DOI: 10.22092/spj.2024.365780.1372

"نهال و بذر"
جلد ۳۹، شماره ۴، سال ۱۴۰۲

مقاله مروری

مروری بر تاریخچه کشت، ذخایر ژنتیکی، گزینش ارقام و بهبود خصوصیات درخت و میوه به (*Cydonia oblonga* Mill.) در ایران

A Review on Cultivation History, Genetic Resources, Selection of Cultivars and Improvement of Tree and Fruit Characteristics of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in Iran

حمید عبداللهی*

دانشیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵

چکیده

عبداللهی، ح. ۱۴۰۲. مروری بر تاریخچه کشت، ذخایر ژنتیکی، گزینش ارقام و بهبود خصوصیات درخت و میوه به (*Cydonia oblonga* Mill.) در ایران. **نهال و بذر ۳۹:** ۴۹۳-۴۴۵

منشاء درخت به (*Cydonia oblonga* Mill.) در منطقه‌ای بین دریای خزر و دریای سیاه بوده و تا نواحی تالش و بخشی از استان‌های گیلان و اردبیل در ایران ادامه دارد. بر این اساس، مراکز تنوع متعدد این گونه از جمله مرکز تنوع فلات ایران، در طی ۴۰۰۰ هزار سال آغاز کشت این درخت، در اطراف مرکز پیدایش آن شکل گرفته است. کشور ایران با توجه به وجود ژرم‌پلاسم بسیار متنوع و غنی درخت به، از کشورهای عمده تولید این میوه در جهان بوده و با توجه به استقبال عمومی و خواص درمانی آن، کشت این درخت میوه و ارقام جدید آن رو به افزایش است. با توجه ژرم‌پلاسم متنوع و غنی درخت به در مناطق مختلف ایران، در برنامه‌های مختلف جمع‌آوری و انتخاب ژنوتیپ‌ها، ارقام برتر آن نظیر به رقم اصفهان، ویدوجا و بهتا، گزینش و به تدریج در دهه اخیر، ارقام محلی و بومی که از ارزش تجاری کمتری برخوردار بودند، حذف شدند. مهم‌ترین اهداف برنامه های به نژادی درخت به در دو دهه اخیر، اصلاح برای مقاومت به بیماری آتشک، پاکوتاهی و عادت باردهی، گزینش برای مقاومت به کلروز آهن و پوسیدگی طوقه، شناسائی و گزینش ارقام خودگشن و انتخاب ارقام گرده‌زای مناسب، اصلاح برای انبارمانی و کیفیت میوه، گزینش انواع برتر از نظر متابولیت‌های ثانویه و خصوصاً ترکیبات فنلی، و در نهایت آغاز برنامه‌های دورگ گیری با هدف تولید ارقامی با عادت باردهی تیپ اسپور و کیفیت برتر میوه بوده است. در این مقاله مروری، با توجه به پیشرفت‌ها و برنامه‌های پژوهشی متعدد صورت گرفته در بیش از چند دهه در کشور برای بهبود و ارتقاء کیفیت ارقام و گزینش پایه‌های جدید درخت به، به بیان جامع تر کلیه پژوهش های انجام شده و پیشرفت‌های به دست آمده این زمینه پرداخته شده و در نهایت برای بیان مسیر پیش‌روی پژوهشگران، به نیازهای آتی و برنامه‌های اولویت‌دار پژوهشی برای این محصول تبیین شده است.

واژه‌های کلیدی: به، مرکز پیدایش ، مرکز تنوع، بیماری آتشک، عادت رشد، خودگشنی

* نگارنده مسئول: h.abdollahi@areeo.ac.ir تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۲۵۴۱

2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

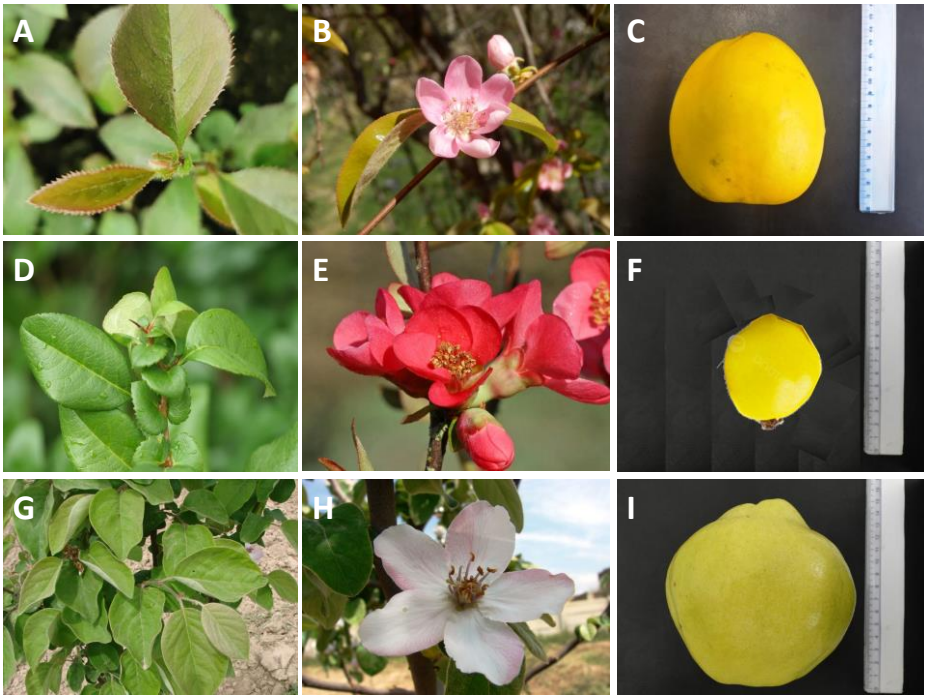
تاریخچه کشت و اهلی سازی

درخت به با نام علمی *Cydonia oblonga* Mill. بعد از سیب و گلابی به عنوان سومین درخت میوه دانه‌دار در سطح ایران و برخی از کشورهای جهان مورد توجه و کشت و کار قرار گرفته است (Bell and Leitão, 2011). گونه درخت به، تنها عضو جنس *Cydonia* است و سایر انواع درخت به، نظیر گونه‌های مختلف به ژاپنی (*Chaenomeles* spp.) و به چینی (*Pseudocydonia sinensis* (Thouin) C.K. Schneid.) متعلق به سایر جنس‌های نزدیک به این گونه می‌باشند (Abdollahi, 2024) (شکل ۱).

منشاء پیدایش (Center of origin) درخت به در ناحیه‌ای بین دریای خزر و دریای سیاه گسترش یافته و این مرکز پیدایش تا بخش‌های جنوبی‌تر، نظیر منطقه تالش، در استان گیلان در ایران ادامه دارد (Abdollahi, 2019). به نظر می‌رسد طی هزاران سال گسترش تمدن‌های اولیه از ایران، بین‌النهرین و سوریه، انواع اولیه و برتر درخت به مورد گزینش قرار گرفته و به تدریج به نقاط دوردست‌تر توسعه یافته است. بر اساس نظر خوشبخت و همر (Khoshbakht and Hammer, 2006)، اهلی سازی درخت به از مرکز پیدایش آن در قفقاز، از ۴۰۰۰ سال پیش آغاز شده است. این توسعه و گسترش انواع اولیه درخت به، سبب ایجاد چندین مرکز تنوع (Center of diversity) در نزدیکی و حواشی مرکز پیدایش گونه به شده است.

در حال حاضر مهمترین مراکز تنوع کنونی گونه به را می توان، فلات ایران، ناحیه شرق دریای خزر و بویژه ترکمنستان، جنوب روسیه و نواحی شمالی دریای سیاه و شبه جزیره کریمه، آسیای صغیر یا ترکیه کنونی، یونان و اروپای شرقی به حساب آورد (Abdollahi, 2019) (شکل ۲). به نظر می‌رسد انواع مختلف درختان به در ابتدا در تمدن‌های بسیار باستانی و پیش از تاریخ از مرکز پیدایش آن انتخاب و طی گسترش تمدن‌های اولیه، توسط بذر و کاشت انواع بذری، توسعه یافته است. شواهد ذکر شده در کتیبه‌های گلی کشف شده در اطراف کاخ پرسپولیس مبنی بر کشت درختان گلابی و به در نواحی اطراف تخت جمشید، شاید اولین شواهد تاریخی مبتنی بر اهلی سازی درخت به در ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در ایران باستان باشد (Curtis and Tallis, 2005).

دیگر شواهد تاریخی از جمله مینیاتورهای ایران باستان نشان دهنده این است که دربار پادشاهان (Abdollahi, 2021a) و همچنین کشور گشائی‌ها نظیر حمله اسکندر مقدونی (۳۵۶ تا ۳۲۳ پ. م) به آسیا و از جمله ایران (Janick, 2005)، و احتمالاً جهانگردان و شرق شناسانی که در دوره‌های مختلف اقدام به بازدید و توصیف ژرم‌پلاسم و انواع مختلف درختان میوه سرزمین‌های مختلف از جمله نواحی مختلف ایران باستان نموده‌اند، نقش به‌سزائی در توسعه انواع اولیه درخت به و دیگر درختان میوه، از فلات ایران به نواحی غربی و به‌ویژه



شـــکل ۱- مقایســـه شـــکل برگ، شـــکوفه و میوه در ســـه گونه به چینی (*Pseudocydonia sinensis* (Thouin) C.K. Schneid.) (A, B, C)، به ژاپنی (*Chaenomeles japonica* Sargenti) (D, E, F) و به معمولی (*Cydonia oblonga* Mill.) (G, H, I). با توجه به شباهت ظاهری میوه به چینی با به معمولی، به نظر می‌رسد میوه به تولیدی در کشور چین متعلق به گونه به چینی یا *P. sinensis* باشد (Abdollahi, 2024)

Fig. 1. Comparison of the forms of the leave, bloom and fruit in three species of Chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* (Thouin) C.K. Schneid.) (A, B. C), Japanese quince (*Chaenomeles japonica* Sargenti) (D, E, F) and common quince (*Cydonia oblonga* Mill.) (G, H, I). According to the similarity of the fruit forms in Chinese and common quinces, it seems that quince fruits produced in China belongs to the *P. sinensis* species (Abdollahi, 2024)

غرب اروپا، مقدونیه، یونان باســـتان و امپراطوری بیزانس یا روم شرقی و سپس از آنجا به امپراطوری روم غربی یا ایتالیای کنونی و نواحی شـــمالی‌تر تحت تصـرف این امپراطوری داشـته‌اند (Janick, 2005; Morgan, 2015; Abdollahi, 2019). به نظر می‌رسـد گسـترش درخت به در نواحی تحت تصـــرف امپراطوری روم غربی، قرن‌ها و یا شـــاید بیش از هزار ســـال بعد از شـــناخت و توســـعه این درخت در نواحی اروپای شـــرقی، مقدونه و یونان اتفاق افتاده است (Brunn, 1963).

شـــکـل ۲- مرکز پیـدایش (Center of origin) (دایره زرد در غرب دریـای خزر) و مرکز تنوع (Center of diversity) گونـه بـه معمولی یـا *Cydonia oblonga* Mill. در منطقـه فلات ایران (A)، ترکمنستان و آسیای مرکزی (B)، آسیای صغیر یا ترکیه کنونی (C)، شمال دریای سیاه، شبه جزیره کریمه و جنوب روسیه (D)، یونان (E)، اروپای شرقی به ویژه شبه جزیره بالکان (F) و در نهایت ایتالیا (G). پس از توسـعه درخت به در امپراطوری روم غربی یا ایتالیای کنونی، و اسـپانیا، این درخت توسـط مهاجرین به آمریکای شمالی و آمریکای لاتین گسترش و سبب توسعه کشت این درخت در برخی از کشورهای این قاره شد (Brunn, 1963; Abdollahi, 2019).

Fig. 2. Center of origin (yellow ring in the west of Caspian Sea) and center of diversity of common quince or *Cydonia oblonga* Mill. in the plateau of Iran (A), Turkmenistan and Cntral Asia (B), Asia Minor or present Turkey (C), Northern Coasts of Black Sea, peninsula of Crimea and Sothern Russia (D), Greece (E), Eastern Europe and mainly in Balkan peninsula (F) and finally in Italy (G). After extension of quince cultivation in the Western Roman Empire or present Italy, quince tree was spread by immigrants to the North America and Latin America and caused the development of the cultivation of this tree in some countries of this continent (Brunn, 1963; Abdollahi, 2019).

بر همین اساس نواحی اصلی یا مراکز اصلی تنوع درخت به در حال حاضـــر در مناطقی از جهان استقرار دارند که سابقه توسعه این درخت در آنهـا بـه پیش از تـاریخ بـازگشـــتـه و در تمدن‌هایی نظیر تمدن روم غربی که از تاریخ و قدمـت کمتری نســبـت بـه تمدن‌هـای شـــرقی برخوردار است، از تنوع بسیار کم‌تری برخوردار اســـت (Abdollahi, 2019). پس از آن، انواع برتر و اهلی شده درخت به از نواحی ایران باستان و ارمنسـتان، به نواحی غربی توسـعه یافته اسـت (Zohary and Hopf 2000) و این نشـان دهنده این اسـت که ژنوتیپ‌های موجود در ناحیه قفقاز و حتی نواحی تالش و ســواحل جنوبی دریای خزر در ایران، خصوصاً در نواحی مختلف استان

گیلان، همچنان دخائر توارثی ارزشمند، شناخته نشده و توسعه نایافته‌ای هستند که امکان پیدا کردن صفات جدید و خصوصیات اصلاحی ارزشمندی که تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است در این ژرم‌پلاسم بسیار محتمل است. ارزیابی‌های ژرم‌پلاسم به استان‌های گیلان و اردبیل و توصیف برخی از خصوصیات منحصر به فرد آنها بیانگر این پتانسیل اصلاحی در ژرم‌پلاسم درخت به در این مناطق است (Abdollahi, 2024).

بر اساس شواهد تاریخی و مستندات موجود، پس از گسترش درخت به در امپراطوری روم غربی و یا ایتالیای کنونی، به تدریج توسعه انواعی از آن در فرانسه، اسپانیا و انگلستان آغاز شد (Büttner, 2001). در فرانسه انواع به نظیر به آنژه (Angers)، به سیبی و به گلابی شکل انتخاب و برای پایه‌های درختان گلابی مورد گزینش مقدماتی قرار گرفتند. پس از آن با توجه به تداخل ایجاد شده در صادرات پایه‌های فرانسه به کشور انگلستان، ایستگاه ایست مالینگ (East Malling) اقدام به دسته‌بندی، گزینش و معرفی اولین پایه‌های رویشی همگروه درخت به کرد و سبب توسعه استفاده از گونه درخت به، صرفاً به عنوان پایه در بسیاری از کشورهای اروپای غربی شد (Tukey, 1964). به موازات گسترش انواع برتر درخت به در اروپای شرقی، مهاجرت اروپائیان از دو ناحیه انگلستان و اسپانیا به قاره آمریکا، به ترتیب سبب انتقال، شناسائی و توسعه کشت این درخت در آمریکای شمالی و آمریکای لاتین شده است (Brunn, 1963; Abdollahi, 2019). با توجه به سرمای شدید نواحی شمالی کشور آمریکا و حساسیت نسبی این درخت در مقایسه با درختان سیب و گلابی به سرماهای زمستانه، کشت این درخت در آمریکای شمالی محدود به نواحی معتدل آمریکالی شمالی و در آمریکای لاتین، از جمله در کشورهایی نظیر آرژانتین شد (Abdollahi, 2024).

گزینش ارقام تاریخی درخت به در ایران

شواهد تاریخی متعددی از جمله تنوع ژنتیکی تاریخی یک درخت در یک منطقه جغرافیائی، بررسی دانه‌های گرده موجود در ظروف و وسائل به جای مانده از دوره‌های تاریخی، کتیبه‌های گلی، نقاشی‌های دیواری باستانی و یا مینیاتورهای دوره‌های مختلف تاریخی و همچنین سفرنامه‌های جهانگردان مختلف، از جمله مدارکی است که می‌تواند در جهت شناسایی و بررسی اهلی سازی، تاریخچه کشت و توسعه یک گونه مورد استفاده قرار گیرد (Curtis and Tallis, 2005; Abdollahi, 2021a; Janick, 2005; Morgan, 2015; Abdollahi, 2019). فلات ایران از گذشته بسیار دور سرزمین اقوام و تمدن‌های بسیار باستانی نظیر تمدن نوشیجان در ملایر، شهر سوخته در سیستان و بلوچستان، تمدن ایلام در شمال خوزستان، تمدن منائیان در بوکان، کردستان و جنوب آذربایجان غربی، تمدن پارسوا در پیرانشهر، تمدن الیپی و لولوبیان در کرمانشاه،

کردستان و آذربایجان و بسیاری از تمدن‌های دیگر بوده است (Behzadi, 1990).

نکته حائز اهمیت در این است که تمدن‌های اولیه و پیش از تاریخ ایران، اغلب در نواحی غرب، شمال غرب و بخش‌هائی از استان‌های شمالی مستقر بوده و ناحیه جنوب قفقاز که مرکز پیدایش درخت به می‌باشد، تحت پوشش برخی از این تمدن‌ها بوده است. در این دوره که عصر برنز (۳۴۰۰ تا ۳۳۰۰ سال قبل از میلاد) را شامل شده و دوره گذر از عصر حجر و زندگی بدون تمدن به تمدن آهن بوده است، شهرهای اولیه در پیرامون فلات مرکزی ایران شروع به پیدایش می کنند (Vila *et al*., 2020). احتمال این می‌رود که شکل‌گیری تمدن‌های اولیه در نواحی پیرامونی فلات ایران که ذخائر ژنتیکی مختلفی از درختان میوه جنگلی نظیر انجیر، انار، گلابی، به، گردو و شماری از دیگر گونه‌ها را تحت پوشش قرار می‌داده است، نقطه آغازین توجه تمدن‌های اولیه به استفاده از میوه‌های آنها جهت مصرف خوراکی بوده است.

پس از ورود آریائی‌ها به سرزمین ایران از نواحی شمالی، اولین پادشاهی ایران باستان که پادشاهی مادها بوده در دوره ۷۲۸ تا ۵۵۰ پیش از میلاد در این سرزمین شکل می‌گیرد که بر اساس نظر جانیک (Janick, 2005)، اهلی سازی درخت به پس از درختان باستانی‌تر نظیر درختان زیتون و انار و انجیر در این مناطق صورت گرفته، که می‌تواند همزمان با پادشاهی مادها در فلات ایران باشد. بر اساس کتیبه‌های گلی تخت جمشید در اطراف کاخ پرسپولیس، کشت درختان گلابی و به مورد توجه بوده است (Curtis and Tallis, 2005). این امر نشان‌دهنده این است که انتقال و کشت انواع برتر درخت به از مرکز پیدایش آن در ناحیه قفقاز و تالش در شمال غرب ایران، و کشت آن در نواحی مرکزی فلات ایران تا دوره هخامنشی (۵۵۰–۳۳۰ سال پیش از میلاد) تکمیل شده و کشت این درخت به نواحی جنوبی‌تر فلات ایران گسترش یافته است.

حمله اسکندر مقدونی در این دوره به ایران، از جمله عوامل اصلی انتقال گونه‌های مختلف درختان میوه از خاورمیانه و از جمله کشور ایران به اروپا بوده است (Janick, 2005). به نظر می‌رسد توسعه و کشت انواع برتر درخت به در این دوره بر اساس استفاده از دانه یا بذر بوده که با توجه به خودگشنی نسبی درخت به در برخی از ژنوتیپ‌ها (Sadeghnejad *et al*., 2024; Westwood, 1993) و هموزیگوسیتی بیش‌تر این درخت در مقایسه با دیگر درختان میوه دانه‌دار نظیر سیب و گلابی (Sadeghnejad *et al*., 2024; Nikzad Gharehaghaji 2014a; Nikzad Gharehaghaji 2014b)، سبب این شده که درختان بذری گسترش یافته، از شباهت و کیفیت میوه برتری در مقایسه با درختان میوه دگرگشن که دارای هتروزیگوسیتی بالائی می‌باشند برخوردار باشد. چنانچه شواهد جاری ارزیابی ژرم‌پلاسم درخت به کشور و ذخایر ژنتیکی آن در مناطق مختلف نیز حاکی از میوه

بزرگ و عدم وجود تیپ‌های وحشی در اغلب ژنوتیپ‌های بومی این درخت در مناطق مختلف فلات ایران است (Abdollahi *et al*., 2013; Alipour *et al*., 2014).

شواهد تاریخی پیوسته دیگری مبنی بر کشت و پروش درخت به از دوره هخامنشیان در این بررسی مشاهده نشده است، لیکن بدون شک این روند اهلی‌سازی و توسعه به صورت تدریجی در هر دوره و علی‌الخصوص توسط امپراطوری‌ها و پادشاهان حاکم بر فلات ایران صورت گرفته است. ابن‌سینا، حکیم و فیلسوف ایرانی (۹۸۰–۱۰۳۷ پس از میلاد) در کتاب قانون، در موارد متعدد به خواص درمانی و خصوصیات داروئی برگ و میوه درخت پرداخته است (Avicenna, 1973). این امر نشان دهنده گسترش پیوسته و توسعه کشت درخت به از دوره هخامنشیان به بعد تا پس از اسلام در بخش‌های مختلف فلات ایران بوده است. ابن‌سینا، در این کتاب به خواص درمانی متعدد میوه تازه، عصاره دمنوش بخش‌های مختلف درخت به، برای سلامتی و بیماری‌های مختلف پرداخته که حاکی از دردسترس بودن این گونه در مناطق مختلف ایران تا آن دوره است.

پس از این دوره، با حمله مغول در دوره ۱۲۱۹ تا ۱۲۵۶ میلادی، حدود یک هزار سال تاریخ مینیاتور ایران باستان، به صورت مدارکی تاریخی و ارزشمند از ذخائر ژنتیکی درختان میوه ایران و اهمیت آن در دربار حاکمین و امپراطوری‌های مختلف مشخص می‌گردد (Abdollahi, 2021a). شواهد ارائه شده در این مینیاتورها حاکی از آن است که بر اساس تسلط فرهنگ مغول و اهمیت و ارزش میوه گلابی در امپراطوری چین، این میوه در کنار میوه انار، دو میوه غالب تمامی مینیاتورهای دوره‌های ایلخانیان (۱۲۵۶ تا ۱۳۵۶ میلادی) و تیموریان (۱۳۷۰ – ۱۵۰۶ میلادی) بوده است. لیکن با تسلط امپراطوری صفویه (۱۵۰۱- ۱۷۳۶ میلادی) و تغییر مذهب توسط این امپراطوری، به دلیل توجه بیش‌تر مذهب شیعه به این میوه، علاوه بر دو میوه انار و گلابی، میوه به نیز به عنوان یکی از میوه‌های غالب در بسیاری از آثار هنری این دوره، به ویژه نقاشی‌های دیواری کاخ‌های دوره صفویه در اصفهان و در مینیاتورهای رضا عباسی (۱۵۶۵ -۱۶۳۵ میلادی) آشکار می شود (Abdollahi, 2019; Abdollahi, 2021a) (شکل ۳). مینیاتورهای این دوره، حاکی از شباهت نسبی، گردن‌دار بودن و تنوع گسترده در ارقام و ژنوتیپ‌های به در این دوره است (Abdollahi, 2021a). بنابراین، با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های درخت به منشاء گرفته از نواحی گیلان و اردبیل و همچنین نواحی تالش در استان گیلان اغلب از انواع به سیبی یا گلابی شکل و فاقد گردن می‌باشند (Naeimi *et al*., 2020; Alipour *et al*., 2014; Alipou, 2013).

شکل ۳- دو مینیاتور مربوط به دوره صفویه (۱۵۰۱- ۱۷۳۶ میلادی) نقاشی شده توسط رضا عباسی (۱۵۶۵- ۱۶۳۵ میلادی) در بردارنده تصاویر میوه درخت به (بخش‌های بزرگ‌نمائی شده)، که نوع میوه با گردن آن از سایر انواع میوه‌های موجود در مینیاتورهای آن دوره به خوبی متمایز است. وجود گردن بر روی میوه، از جمله خصوصیات متمایزکننده، پایدار و یکنواخت در اغلب ارقام و ژنوتیپ‌های منطقه اصفهان از جمله معروف‌ترین رقم به ایران، معروف به رقم گورتون اصفهان یا رقم به اصفهان است که به نظر می‌رسد این رقم از میراث ژنتیکی بسیار دور درخت به از منطقه اصفهان می‌باشد.

Fig. 3. Two miniatures from the Safavid dynasty period (1501-1736 AD) painted by Reza Abbasi (1635-1565 AD) with the quince images (magnified sections); the type of fruit with its neck is well distinguished from other types of quince fruits in the miniatures. The neck on the fruits is distinguishing characteristics, stable and uniform traits in most quince cultivars and genotypes of the Isfahan region such as the most prominent quince cultivars in Iran, known as cv. Gorton of Isfahan or cv. Isfahan, which seems this cultivar is from a very distant genetic heritage of the quince tree from Isfahan region.

بر اساس گزارش خرمدل آزاد و همکاران (Khoramdel Azad *et al.*, 2013) و همچنین ترکاشوند و همکاران (Torkashvand *et al.*, 2021)، به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌ها و ارقام به مورد استفاده در اطراف پایتخت صفویه در اصفهان، همانند دیگر ارقام و ژنوتیپ‌های زیر مناطق تنوع ژنتیکی درخت به، در جمعیت‌های مستقل و جدا از یکدیگر بوده اند. همچنین بر اساس مشاهدات و مقایسه برخی از ژنوتیپ‌ها و ارقام به کشور آذربایجان موجود در کلکسیون درخت به ایران،

احتمال اینکه ارقام و ژنوتیپ‌های مناطق مرکزی ایران از جمعیت‌های درخت به مناطق شمالی‌تری در مرکز پیدایش آن در قفقار و نواحی نزدیک‌تر به شمال کشور آذربایجان و یا گرجستان منشاء گرفته باشند، وجود دارد. چنانچه ژنوتیپ‌های درخت به منطقه گیلان و اردبیل نیز بر اساس مشاهدات، اغلب فاقد گردن و دارای شکل سیبی می‌باشند (Naeimi *et al*., 2020). نکته دیگر اینکه در دوره صفویه احتمالاً تکثیر درخت به از طریق پیوند بود، به این دلیل که بر اساس شواهد و مستندات و همچنین مقایسه شکل میوه در مینیاتورهای تاریخی که به عنوان تصاویر مستند از نحوه زندگی و خصوصیات میوه‌های آن دوره محسوب می‌شود، ارقام میوه آن دوره از جمله گلابی شاه میوه که در آن عصر به گلابی عباسی معروف بوده است و همچنی برخی از ارقام به در آن دوره، از جمله به گورتون اصفهان یا همان به رقم اصفهان، به شمس و سایر ارقام، ظاهراً از آن دوره تاریخی همچنان در اصفهان مورد تکثیر و کشت قرار گرفته‌اند (Abdollahi, 2021a; Abdollahi, 2021b).

کشت و پرورش درخت به با استفاده از ارقام سنتی و ژنوتیپ‌های محلی و ارقام بومی هر منطقه تا دهه‌های اول قرن چهاردهم شمسی در کشور همچنان ادامه داشت. در یک بررسی عمومی که از کلیه مناطق میوه‌کاری کشور انجام گرفت، چنین ذکر می‌شود که نهضت باغداری مدرن ایران از سال ۱۳۳۰ با تشکیل اداره بررسی‌های باغبانی و سپس موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر آغاز شد. درویشیان (Darvishian, 1985) در رابطه با انواع درختان به کاشته شده در نطنز، از هیچ رقم بومی یا تجاری نام نبرده است، این در حالی است که در ناحیه نهاوند به دو نوع به پیوندی اصفهان و بذری اشاره می‌کند. همچنین در این بررسی در کلکسیون درختان میوه بسطام، سه نوع به گورتون اصفهان (به اصفهان)، به شمس کرج و به خرو نیشابور مورد اشاره قرار می‌گیرد. در ادامه این بررسی توسط درویشیان (Darvishian, 1986) مناطق شمال غرب کشور از طارم تا اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی از نظر ارقام درختان میوه مختلف مورد بررسی و گزارش قرار گرفته است. نتایج این بررسی‌ها نشان داده است، اگرچه در رابطه با شماری از درختان میوه از سال ۱۳۳۰ که آغاز نهضت باغداری مدرن ایران در آن دوره ذکر شده است، از درختان میوه مختلفی که از طریق کلکسیون‌های مختلف اداره بررسی‌های باغبانی و موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، چه از طریق واردات و چه از طریق انتخاب برخی ارقام بومی و محلی مورد گزینش قرار گرفته است، سیب بیش از سایر محصولات در جای‌جای کشور از نظر استفاده از ارقام جدید توسعه یافته و کشت درختان میوه هسته‌دار و همچنین گلابی و به همچنان در شرایط سنتی باقی مانده است.

درویشیان (Darvishian, 1986) در رابطه با کشت‌های گلابی از ارقام محلی و بومی هر منطقه و به ندرت از ارقام وارداتی نام برده است، در

حالی که در رابطه با درخت به، صرفاً به کشت‌های به در سطوح مختلف در استان‌های شمال غرب کشور اشاره می‌کند. بر این اساس احتمال آن می‌رود که اولاً بر خلاف سیب و گلابی، شناسائی ارقام درخت به از روی شکل میوه و برگ و یا سایر خصوصیات مورفولوژیک امری بسیار دشوار و تقریباً همه ارقام به دیررس تا بسیار دیررس بوده، و ثانیاً کشت‌های درخت به همانند بسیاری از دیگر محصولات نظیر گوجه سبز و نظیر آن، به دلیل کیفیت نسبی ژنوتیپ‌های بذری که آنهم به دلیل هموزیگوسیتی و خودگشنی در برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های این درخت می‌باشد (Sadeghnejad *et al*., 2024)، ارقام به محلی و ناحیه‌ای و یا ژنوتیپ‌های بذری که صرفاً به دلیل تعلق آنها به یک ناحیه، به صورت رقم مورد گسترش محدودی قرار گرفته‌اند، محدود بوده است. در بررسی درویشیان (Darvishian, 1985) تنها از یک رقم به، به نام به ژاپنی با تاکید بر عدم تعلق این رقم به گونه به ژاپنی نام برده است، که به نظر می‌رسد که از ارقام محلی بوده و به منظور بازاریابی رقم برای فروش، توسط نهالستان‌دارها با نام به ژاپنی معروف شده است. همچنین در این گزارش، رقم به غالب منطقه میاندوآب را به رقم اصفهان ذکر می‌کند.

در بررسی بعدی درویشیان (Darvishian, 1987) از نواحی شمال شرق، شامل استان گلستان و استان خراسان بزرگ (خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی) آن دوره، گرچه از کشت‌های نسبتاً قابل توجه درخت به در ناحیه خراسان ذکر به عمل می‌آورد، لیکن به خرو نیشابور را به عنوان رقم به بومی برخی از مناطق ذکر می‌کند. در بررسی‌های بعدی توسط عبداللهی و همکاران (Abdollahi *et al*., 2013) و علیپور و همکارن (Alipour *et al*., 2014) مشخص شد که ژنوتیپ‌های بذری بسیار زیادی از این درخت، به صورت جمعیت‌های مستقل از سایر استان‌ها و دیگر مناطق به خیز کشور در این استان وجود دارد (Khoramdel Azad *et al*., 2013).

درویشیان (Darvishian, 1987) تنها از حضور به اصفهان یا همان به گورتون اصفهان، به خرو نیشابور و به ترش محلی در باغ‌های آستان قدرس رضوی ذکر به عمل می‌آورد که نشان دهنده این است که به رقم خرو نیشابور از به ترش خراسان که گاهی به نام به ترش نیشابور نامیده می‌شود، مستقل است. این در حالی است که در بررسی درویشیان (Darvishian, 1987)، ارقام سیب و گلابی جدید و گزینش یافته بومی (نظیر ارقام گلابی شاه میوه و نطنزی)، به صورت وسیعی در مناطق مختلف استان خراسان در آن دوره کشت می‌شده‌اند. شاید یکی دیگر از دلائل عدم توسعه کشت‌های مدرن درخت به و عدم استفاده از رقم مشخص در بیشتر مناطق، علاوه بر کیفیت نسبی میوه ژنوتیپ‌های بذری این درخت، استفاده از آن برای فرآوری و نه تازه‌خوری بوده، به صورتی که کیفیت ظاهری میوه آن در مقایسه با میوه درختان گلابی و سیب

از اهمیت کمتری برخوردار بوده است. نکته دیگر اینکه در این بررسی، سطح زیر کشت درخت به در آن دوره در استان خراسان در حدود هشت هزار هکتار بود که حاکی از اهمیت این درخت در آن سال‌ها و کاهش تدریجی آن طی دهه‌های بعدی، به دلیل خسارت بیماری آتشک خصوصاً در سال‌های ۱۳۸۵ به بعد است (Zohur and Rahmani Moghadam, 2004).

در سه مجموع منتشر شده توسط درویشیان (Darvishian, 1985; Darvishian,1986; Darvishian, 1987) تحت عنوان اطلس میوه و سازش آن با محیط ایران، گرچه مناطق گسترده‌ای از ایران از نظر انواع درختان میوه مورد بررسی قرار گرفته، لیکن نواحی اطراف اصفهان به عنوان یکی از اصلی‌ترین مناطق کشت و پرورش درخت به و همچنین ذخائر ژنتیکی درخت به مد نظر نبوده است. خوشبختانه در بررسی بعدی رضوی و همکارن (Razavi *et al*., 1999) و برنامه جمع‌آوری و ارزیابی ژرم-پلاسم مناطق مختلف کشور جهت گزینش برای تحمل به بیماری آتشک تعداد زیادی از ژرم‌پلاسم بومی و محلی این منطقه در دو برنامه مستقل مورد بررسی قرار گرفت (Abdollahi *et al*., 2013). ارزیابی بعدی و برنامه‌های پژوهشی این ژرم پلاسم در قسمت های بعدی این مقاله، با تفصیل بیشتری مورد بحث قرار گرفته است. سه مجموعه انتشار یافته توسط درویشیان (Darvishian, 1985; Darvishian,1986; Darvishian, 1987) را بدون شک می‌توان به عنوان آخرین شواهد و مستندات از تنوع ژنتیکی گسترده گونه درخت به در مناطق مختلف کشور دانست و متاسفانه با گسترش ارقام تجاری و یکنواخت‌سازی باغ‌های مدرن امروزی، تقریباً بخش عمده‌ای از ارقام محلی و بومی دچار فرسایش ژنتیکی کامل شده اند و در حال حاضر هیچگونه اثری از آنها وجود ندارد.

با توجه به این تنوع ژنتیکی وسیع درخت به و ژرم پلاسم متنوع و غنی فلات ایران در تکامل و اهلی‌سازی این گونه، کشور ایران از گذشته به عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده این محصول در جهان محسوب می شود. به طوری که بر اساس آمار سال ۲۰۲۱ سازمان خوار و بار جهانی (FAO) ایران با تولید بیش از ۸۲ هزار تن میوه به، پس از کشورهای ازبکستان، چین و ترکیه، بیشترین تولید این محصول را به خود اختصاص داده است (FAO, 2021). بر اساس اطلاعات ارائه شده در آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی ایران در سال ۱۴۰۰، سطح زیر کشت درخت به در کشور حدود ۱۲ هزار هکتار بود و مقدار تولید این محصول نیز به حدود ۱۱۰ هزار تن افزایش یافته و عملکرد حدود ۱۰ تن در هکتار بود (Anonymous, 2021).

مقایسه آمار سطح زیر کشت، تولید کل و عملکرد باغ‌های به در کشور طی ده سال گذشته، نشان‌دهنده توسعه حدود ۳۰۰۰ هکتار باغ‌های این محصول طی سال‌های اخیر در مناطق معتدله استان‌های جنوبی‌تر نظیر استان کرمان و فارس و همچنین استان‌های اصفهان،

یزد و بخشی از استان کردستان بوده است. رقم عمده تجاری درخت به در حال حاضر به اصفهان است (Abdollahi, 2024)، که در یک دهه اخیر دو رقم ویدوجا و بهتا نیز معرفی و رقم اول در سطح گسترده‌تری در قالب باغ‌های الگوئی در اختیار تولیدکنندگان قرار گرفته است (Abdollahi, 2021b). اگرچه هنوز در برخی از مناطق، مثل شمال استان فارس و استان کردستان، بخشی از باغ‌های جدید به ارقام محلی نظیر به کوزه‌ای یا گلابی شکل و یا به شیشه‌ای که در اصطلاح تولیدکنندگان محلی معروف است، اختصاص دارد.

کلکسیون‌های ذخائر ژنتیکی درخت به ایران

در سه مجموعه انتشار یافته توسط درویشیان (Darvishian, 1985; Darvishian,1986; Darvishian, 1987) علاوه بر توصیف ارقام بومی و محلی درختان میوه مختلف، به بیان ذخائر ژنتیکی و کلکسیون‌های درختان میوه موجود در مراکز تحقیقاتی آن دوره نیز پرداخته شده است که دو مرکز اصلی آن مشتمل بر کلکسیون ذخائر ژنتیکی درختان میوه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج و ایستگاه تحقیقات باغبانی ساوه است. او در هیچ کدام از این دو مرکز اصلی، علی‌رغم ذکر وجود کلکسیون های متنوع و غنی از ارقام بومی و وارداتی سیب و گلابی، هیچگونه کلکسیونی از ارقام و یا ژنوتیپ‌های درخت به را نام نبرده است. درویشیان (Darvishian, 1987) در بررسی ارقام درختان میوه استان خراسان بزرگ، سه رقم گورتون اصفهان، به خرو نیشابور و به ترش محلی را در باغ‌های آستان قدس رضوی را نام می‌برد، که شاید اولین کشت شناسنامه‌دار ارقام تجاری به کشور در یک باغ تا آن دوره در کنار یکدیگر به همت آقای مهندس قوام بود.

پس از آن اقدامی در جهت جمع‌آوری و واردات ارقام و یا پایه‌های درخت انجام نشد، تا اینکه اولین پایه‌های رویشی درخت به شامل پایه‌های رویشی کوئینس A، کوئینس B، کوئینس C، کوئینس BA29 و کوئینس آدامز توسط بخش تحقیقات باغبانی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در دهه هفتاد شمسی همراه با پایه‌های رویشی سیب به همت دکتر مصطفی مصطفوی وارد و ارزیابی مقدماتی شد (Abdolahi, 2017, 2010). شاید این مجموعه را بتوان به عنوان اولین کلکسیون واقعی پایه‌های درخت به در ایران که در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمالشهر کرج ایجاد شد، معرفی کرد. متاسفانه به دلیل حساسیت پایه به نسبت به خاک‌های آهکی اغلب مناطق ایران و ناسازگاری با شمار قابل توجهی از ارقام تجاری گلابی بومی ایران نظیر رقم لوئیزبون، این پایه‌ها مورد توجه چندانی قرار نگرفت، لیکن پیوند شماری از ارقام به روی پایه کوئینس A و کوئینس BA29 از برتری نسبی برخوردار بودند (Abdollahi, 2024).

بیماری آتشک برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۶۸ در کرج توسط ذاکری و شریف‌نبی

(Zakeri and Sharifnabi, 1991) گزارش شد و بلافاصله خسارت‌های گسترده‌ای را به ویژه روی درختان به و گلابی در استان‌های آذربایجان غربی، تهران (مجموعه دو استان تهران و البرز کنونی)، قزوین و در نهایت خراسان و اصفهان به بار آورد (شکل ۴).

شکل ۴- خسارت بسیار شدید بیماری آتشک (*Erwinia amylovora* (Burrill, 1882) Winslow *et al*., 1920) در باغ تجاری به رقم اصفهان در منطقه بینالود در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۸۲ (A)، آغاز خسارت و گسترش بیماری آتشک در باغ تجاری به رقم اصفهان در منطقه نطنز استان اصفهان در سال ۱۳۹۲ (B).

Fig. 4. Very severe damage caused by fire blight (*Erwinia amylovora* (Burrill, 1882) Winslow *et al*., 1920) disease in the commercial quince orchard of cultivar Isfahan in Binaloud region of Khorasan province Razavi in 2003 (A), The beginning of damage and the spread of fire blight disease in the commercial quince orchard of cultivar Isfahan in Natanz region of Isfahan province in 2013 (B).

در استان آذربایجان غربی بیماری آتشک توسط مزارعی و همکاران (Mazarei *et al*., 1994)، در استان گیلان توسط علی و کاظم‌پور (Ali and Kazempour, 2004) و در استان فارس توسط سهندپور و قاسمی (Sahandpour and Ghasemi, 2004.) و در خراسان رضوی (شکل ۴-A) توسط ظهور و رحمانی مقدم (Zohur and Rahmani Moghadam, 2004) گزارش شد. گرچه گزارش رسمی از انتشار بیماری آتشک در استان اصفهان در مقالات منتشر نشده است، لیکن بیماری آتشک در اواخر دهه هشتاد شمسی در منطقه نطنز خسارات بسیار شدیدی را به درختان به منطقه رحمت‌آباد وارد کرد (شکل ۴-B). این خسارت گسترده سبب اولین ارزیابی حساسیت به بیماری آتشک در شماری از ارقام به توسط معروفی و مصطفوی

(Maroofi and Mostafavi, 1996) شد. گرچه خسارت بیماری آتشک روی درختان به، در مقایسه با دیگر درختان میوه دانه‌دار، شدیدتر است، لیکن به دلیل سطح گسترده‌تر باغ‌های سیب و گلابی، اولین برنامه‌های مدون جمع‌آوری ژرم‌پلاسم برای گزینش در رابطه با مقاومت به آتشک روی این دو محصول متمرکز شد (Abdollahi and Majidi Heravan, 2005; Davoudi *et al*., 2005).

با کاهش نسبی خسارت بیماری آتشک روی ارقام تجاری درخت سیب در دهه هشتاد شمسی و حذف بسیاری از ارقام گلابی بومی و یا وارداتی حساس و بسیار حساس به بیماری آتشک تا این دوره (Abdollahi, 2010)، جمع‌آوری و ارزیابی مقدماتی ژرم‌پلاسم به استان‌های اصفهان، خراسان رضوی و شمالی، آذربایجان غربی، گیلان، اردبیل و تهران مورد توجه قرار گرفت (Abdollahi *et al*., 2013). در نتیجه این تلاش‌ها، دو کلکسیون شامل کلکسیون جامع ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به روی پایه به در بخش تحقیقات باغبانی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ مشتمل بر بیش از ۵۰ نمونه ژنتیکی و کلکسیون ژنوتیپ‌های به بومی استان اصفهان درکنار شاهد رقم اصفهان روی پایه ولیک یا زالزالک گونه *Crataegus atrosanguinea* Pojark. که در استان اصفهان به عنوان پایه تجاری درخت به استفاده می‌شود، در ایستگاه تحقیقات باغبانی مبارکه احداث شد.

این دو کلکسیون احداث شده، به عنوان اولین کلکسیون‌های واقعی ذخائر ژنتیکی این گونه به، بخشی از تنوع بسیار گسترده این درخت را پوشش می‌داد که پشتوانه اولین ارزیابی‌های مورفولوژیک صفات رویشی و زایشی، تنوع نشانگرهای مولکولی، گزینش برای مقاومت به بیماری آتشک و پوسیدگی طوقه، بررسی خصوصیات ارگانولپتیک و کیفیت میوه، بررسی امکان گزینش ارقام جدید با خاصیت تازه‌خوری، ارزیابی برای مقاومت به خاک‌های آهکی و کلروز آهن در رقم یا پایه، ارزیابی برای میزان متابولیت‌های ثانویه و به‌ویژه ترکیبات فنلی، بررسی عادت رشد و پاکوتاهی و میزان اسپور زائی، ارزیابی قدرت انبارمانی و عارضه‌های انباری به نظیر قهوه‌ای شدن سطحی، بررسی آلل‌های خودناسازگاری و سطح بروز این صفت در ارقام و در نهایت آغاز اولین برنامه دورگ گیری برای اصلاح ارقام جدید در درخت به در کشور را فراهم کرد. در ادامه مباحث، به برنامه‌های پژوهشی انجام شده بر اساس ذخائر ژنتیکی جمع‌آوری شده پراخته می شود.

بهبود خصوصیات کمی و کیفیت میوه ارقام درخت به ایران

با توجه به اینکه درخت به در مقایسه با دیگر درختان میوه دانه‌دار از سطح کشت کمتری برخوردار است و همچنین در بسیاری از کشورها از جمله کشورهای اروپائی و آمریکا که سابقه طولانی در اصلاح ارقام سایر درختان میوه دارند، این درخت صرفاً به عنوان پایه برای

درختان گلابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه تحقیقات انجام شده در زمینه اصلاح این گونه در مقایسه با درختان سیب و گلابی بسیار محدود است (Abdollahi, 2024). لیکن تنوع وسیع این درخت در منطقه قفقاز تا تالش و همچنین استان اردبیل و دیگر نواحی تنوع ژنتیکی آن در ایران از جمله استان اصفهان، گیلان و مازندران، کردستان و کرمانشاه و خراسان رضوی، امکان بالقوه ارزشمندی را در راستای گزینش، دورگیری و در نهایت معرفی انواع جدید و برتر این درخت در اختیار اصلاح‌گران درختان میوه کشور قرار داده است.

بر اساس اولویت‌بندی صفات مهم در درخت به، شاید تحمل به بیماری آتشک را بتوان در صدر صفات در برنامه اصلاحی مهم برای گزینش انواع برتر این درخت در نظر گرفت (Sahin et al., 2020). همچنین ژنوتیپ‌ها، رقم‌های محلی و انواع وحشی این درخت میوه در نواحی مختلف ایران از عادت رشد مختلف، پاکوتاهی و کیفیت میوه متنوع برخوردار است که می‌تواند در راستای دیگر صفات در برنامه‌های اصلاحی این درخت مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس در ادامه بحث، به بیان مهمترین برنامه‌ها و محورهای پژوهشی در زمینه اصلاح درخت به در کشور از ابتدا تاکنون که قریب به سه دهه دارای سابقه است، پرداخته می شود.

بهبود مقاومت به بیماری آتشک

پیرو دو برنامه گزینشی ارقام بومی و وارداتی درختان سیب (Abdollahi and Majidi Heravan, 2005) و گلابی (Davoudi *et al.*, 2005)، برای مقاومت به بیماری آتشک و موفقیت‌های به دست آمده در مورد این دو گونه، درخت به نیز در اولویت جمع‌آوری ژنوتیپ‌ها و ارقام برای ارزیابی مقاومت قرار گرفت. بنابراین، همزمان با دو برنامه پژوهشی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر در استان خراسان رضوی توسط مرحوم مهندس محمود عدلی و استان اصفهان توسط آقای مهندس ایوبعلی قاسمی، کلیه ژنوتیپ‌ها و ارقام جمع‌آوری شده این دو پژوهش در کلکسیون ملی ذخائر ژنتیکی درخت به در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمالشهر کشت و ارزیابی مقاومت بر اساس استانداردهای ارزیابی مقاومت به بیماری آتشک در شرایط گلخانه کنترل شده با جداسازی سویه‌های بیماری‌زای داخلی و وارداتی (Abdollahi and Akbari Mehr, 2008; Abdollahi *et al.*, 2008) (شکل ۵-A) انجام شد. همچنین نقش دو پایه به معمولی و ولیک گونه *Crataegus atrosanguinea* Pojark در گزینش ژنوتیپ‌ها و ارقام به بیماری آتشک توسط مهرابی‌پور و همکاران (Mehrabipour *et al.*, 2010) انجام شد. بیماری در کلکسیون تحقیقاتی با آلودگی طبیعی سالانه نیز در بررسی‌های دیگری توسط قهرمانی و همکاران (Ghahremani *et al.*, 2014) و مهرابی‌پور و همکاران (Mehrabipour *et al.*, 2012) گزارش شد (شکل ۵-B).

شکل ۵- ارزیابی حساسیت ارقام و ژنوتیپ‌های بومی درخت به مناطق مختلف کشور نسبت به بیماری آتشک در شـرایط گلخانه، قبل از تزریق باکتری عامل بیماری آتشـک (*Erwinia amylovora* (Burrill, 1882) Winslow *et al*., 1920) (A) و بعد از تزریق باکتری عامل بیماری و ظهور نکروز سرشاخه و پیشرفت آن در سـرشـاخه (فلش های زرد رنگ) (B) (Abdollahi and Akbari Mehr, 2008; Abdollahi *et al*., 2008). ارزیابی حساسیت ارقام و ژنوتیپ‌های بومی درخت به مناطق مختلف کشور نسبت به بیماری آتشک در شرایط باغ کلکسیون در سال ۱۳۹۰ در شرایط آلودگی طبیعی. ژنوتیپ نیمه متحمل KVD1 که بعداً با نام رقم ویدوجا معرفی شـد، در سال‌های متعدد، بیماری آتشک را در حد آلودگی سـرشـاخه‌های یکسـاله نشـان داد (C) و در ژنوتیپ SVS1، بیماری تا شـاخه‌های چند سـاله و تا ضـعف و نابودی بخش‌های عمده درخت پیشـروی داشـت (Mehrabipour *et al*., 2012; Ghahremani *et al*., 2014) (D)

Fig. 5. Evaluation of the susceptibility of native quince cultivars and genotypes of different regions of Iran to the fire blight disease in greenhouse conditions, before the inoculation of the causal bacterium (*Erwinia amylovora* (Burrill, 1882) Winslow *et al*., 1920) (A) and after inoculation of causal bacterium, and the appearance of necrosis and its progress in the shoots (yellow arrows) (B) (Abdollahi and Akbari Mehr, 2008; Abdollahi *et al*., 2008). Evaluation of the susceptibility of the native quince cultivars and genotypes of the different regions of Iran to the fire blight disease in the collection orchard in 2011 under natural infection conditions. Moderately resistant genotype KVD1, which was later released as cv. Viduja, showed fire blight disease exclusively on the shoots in many years (C) and in SVS1 genotype, the disease extended to old branches and caused general weakness and destruction of major parts of the tree (D) (Mehrabipour *et al*., 2012; Ghahremani *et al*., 2014)

بررسی‌های بعدی نشان داد که بر خلاف درختان سیب و گلابی، که ارزیابی‌های گلخانه‌ای ارتباط بسیار نزدیکی با ارزیابی‌های باغی در رابطه با حساسیت به بیماری آتشک نشان می‌دهد (van der Zwet and Keil, 1979; Le Lezec and Paulin, 1984; Abdollahi and Majidi Heravan, 2005; Davoudi *et al*., 2005)، در درخت به، برای یک جمع‌بندی بهتر و قابل اطمینان‌تر در رابطه با حساسیت به این بیماری، مجموعه‌ای از شاخص‌ها شامل فراوانی سرشاخه‌های آتشک زده به کل سرشاخه‌های تولیدی درخت، عمق پیشرفت بیماری آتشک در شاخه یکساله و همچنین میزان نفوذ عمومی بیماری آتشک در شرایط باغی در کل درخت که به عنوان شاخص بلتسویل در کلکسیون ذخائر ژنتیکی ایالات متحده آمریکا (van der Zwet and Keil, 1979) مورد استفاده قرار گرفت، بهتر است مورد بررسی و جمع‌بندی قرار گیرد (Ahmadi *et al*., 2013; Ghahremani *et al*., 2014).

معمولا پایه‌های مورد استفاده برای تکثیر تجاری درخت به در کشور شامل پایه‌های بذری معمولی، پایه‌های گونه ولیک یا زالزالک گونه *C. atrosanguinea* Pojark. و به صورت محدودتری دو پایه رویشی کوئینس A و کوئینس BA29 می‌باشند (Abdollahi, 2024). با توجه به گسترش بسیار زیاد گونه ولیک *Crataegus* spp. در جهان و در بخش‌های مختلف البرز و زاگرس در ایران (Sabeti, 1994)، استفاده از گونه‌های بسیار متنوع این جنس برای اصلاح پایه برای درختان گلابی و به‌ویژه درخت به می تواند از برنامه‌های پژوهشی مهم محسوب شود. بنابراین، در یک برنامه جمع‌آوری ژرم‌پلاسم درخت به توسط اکبری بیشه و همکارن (Akbari Bisheh *et al*., 2014)، گونه‌های مختلف این جنس از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و پس از ارزیابی بر اساس خصوصیات مورفولوژیک و مولکولی (Akbari Bisheh *et al*., 2014; Torkashvand *et al*., 2017) برای حساسیت به بیماری آتشک نیز توسط کشاورزی (Keshavarzi, 2015) در شرایط گلخانه و کلکسیون تحقیقاتی ارزیابی و گزارش شد.

لازم به ذکر است با توجه به گسترش بسیار زیاد گونه درخت به از نظر تنوع در مناطق مختلف کشور (Sabeti, 1994)، وجود سطوح متفاوتی از رشد و انواع بسیار پابلند تا بسیار پاکوتاه (Akbari Bisheh *et al*., 2014)، سطوح متفاوت پلوئیدی در یک گونه این جنس (Torkashvand *et al*., 2017)، سازگاری پیوند این گونه با دو گونه گلابی (Abdollahi *et al*., 2012; Abdollahi *et al*., 2018)، و به (Tatari *et al*., 2020; Mirabdulbaghi *et al*., 2023a; Abdollahi 2024) و در نهایت تحمل بسیار بالای این گونه به تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی، لازم است بهبود شرایط جوانه‌زنی بذر، بررسی تکثیر رویشی گونه‌های مختلف آن از طریق رویشی با استفاده از قلمه و کشت بافت،

و در نهایت سازگاری ارقام مختلف ارقام تجاری درخت به و گلابی کشـــور در یک برنامه ملی جامع و طولانی مدت ، مورد بررســـی و تحقیق قرار گیرد.

بهبود برای پاکوتاهی و عادت باردهی

پژوهش های انجام شـــده نشـــان داده اند که قدرت رشـــد نهائی یک درخت از نظر ژنتیکی تحت تاثیر دو عامل اصلی قدرت رشد القائی پایه و همچنین قدرت و عادت رشـــد ذاتی رقم یا ژنوتیپ و یا کلون پیوندی روی آن پایه اســـت (Tukey, 1964). اولین گزینش‌ها برای اســـتفاده از قدرت پاکوتاهی مختلف پایه‌های مختلف گونه به با وارد کردن پایه‌های کوئینس A، کوئینس B، کوئینس C، کوئینس BA29 و کوئینس آدامز توسط دکتر مصطفی مصطفوی از ایستگاه ایست مالینگ (East Malling) انگلستان و ارزیابی مقدماتی آنها صـــورت گرفت (Abdolahi, 2024). ارزیابی‌های متعددی در کشور روی کاربرد این پایه‌ها توسط داوری‌نژاد و همکاران (Davarynejad *et al*., 2008) و عبداللهی و همکاران (Abdollahi *et al*., 2012; Abdollahi *et al*., 2018) و برای گونه گلابی و تاتاری و همکاران (Tatari *et al*., 2020a) انجام شده است. در رابطه با ارقام تجاری گلابی به دلیل وجود ناســـازگاری این پایه ها با برخی از ارقام و همچنین حســـاســـیت پایه‌های گونه به نســـبت به خاک‌های قلیائی، نتایج چندان رضـــایت بخش نبود، لیکن تجارب میدانی اخیر روی پیوند ارقام جدید و ژنوتیپ‌های امید بخش به گزینش شـــده خصـــوصـــاً رقم پاکوتاه ویدوجا و برخی ژنوتیپ‌های امیدبخش و در دســـت معرفی منشـاء گرفتـه از منطقـه نطنز و کـاشـــان کـه دارای خصـوصـیت پاکوتاهی و عادت رشـد به شـدت اسـپور در درخت به می‌باشـند، برای اولین بار در ســـال اخیر امکان کشـــت متراکم درخت به را با استفاده از این ارقام روی دو پایه رویشی کوئینس A و کوئینس BA29 نشان داده است (شکل ۶). بنابراین، یکی از اولویت‌های تحقیقاتی آینده در زمینه به‌نژادی و به‌باغی درخت به، اســـتفاده از کشـــت‌های متراکم تا بســـیار متراکم این درخت است که نتایج مقدماتی به دست آمده نوید امکان موفقیت بالایی در ســـطح کاربردی در باغ‌های به کشور را می دهد.

علاوه بر پاکوتاهی موجود در پایه‌های وارداتی ســـری کوئینس، ارقـام و ژنوتیـپ‌هـای داخلی نیز دارای قدرت رشـــد متفاوتی می‌باشـــند. این تفاوت زمانی بیشتر اهمیت پیدا می کند که ارزیابی ســـطح تحمل به کلروز آهن و قدرت جذب مواد غـذائـی مـخـتـلـفـی نـیـز در ارقـام و ژنوتیـپ‌هـای موجود در کلکســـیون ملی ارقـام و ژنوتیپ‌های درخت به کشـــور مشـــاهده و مورد ارزیابی قرار گرفت. (Abdollahi *et al*., 2010; Mirabdulbaghi and Abdollahi, 2014; Mirabdulbaghi and Abdollahi, 2015; Mirabdulbaghi *et al*., 2023b;). بر اساس یک مدرک نادر ارائه شـــده توســـط توکی (Tukey, 1964)، منشاء پایه گزینش شده کوئینس C، یک ژرم‌پلاسم بذری منطقه قفقاز است.

شکل ۶- مقایسه کشت متراکم درخت به رقم تجاری معرفی شده ویدوجا (A)، رقم فجر (B) و رقم تجاری اصفهان روی پایه کوئینس A در شرکت کشاورزی و باغداری فجر اصفهان در منطقه نطنز با تراکم حدود ۲۵۰۰ درخت در هکتار. درختان شش ساله بوده و به فرم محور مرکزی تغییر یافته تربیت شده‌اند. با توجه به شاخه‌های بلند و فاقد اسپور به رقم اصفهان، امکان کشت‌های متراکم این رقم روی این پایه دشوارتر از ارقام و ژنوتیپ‌های دارای قدرت رشد کمتر و عادت باردهی اسپور می‌باشد

Fig. 6. Comparison of the intensive cultivation of the quince trees, including released commercial cv. Viduja (A), cv. Fajar (B) and commercial cv. Isfahan on Quince A rootstock in Fajar-e-Isfahan Agriculture and Horticulture Holding in Natanz region with a density of about 2500 trees ha^{-1}. The trees are six years old and have been trained as modified central leader form. Due to the long and spurless branches of the cv. Isfahan, the intensive cultivation of this cultivar is more difficult than cultivars and genotypes with lower vigour and spur bearing habit

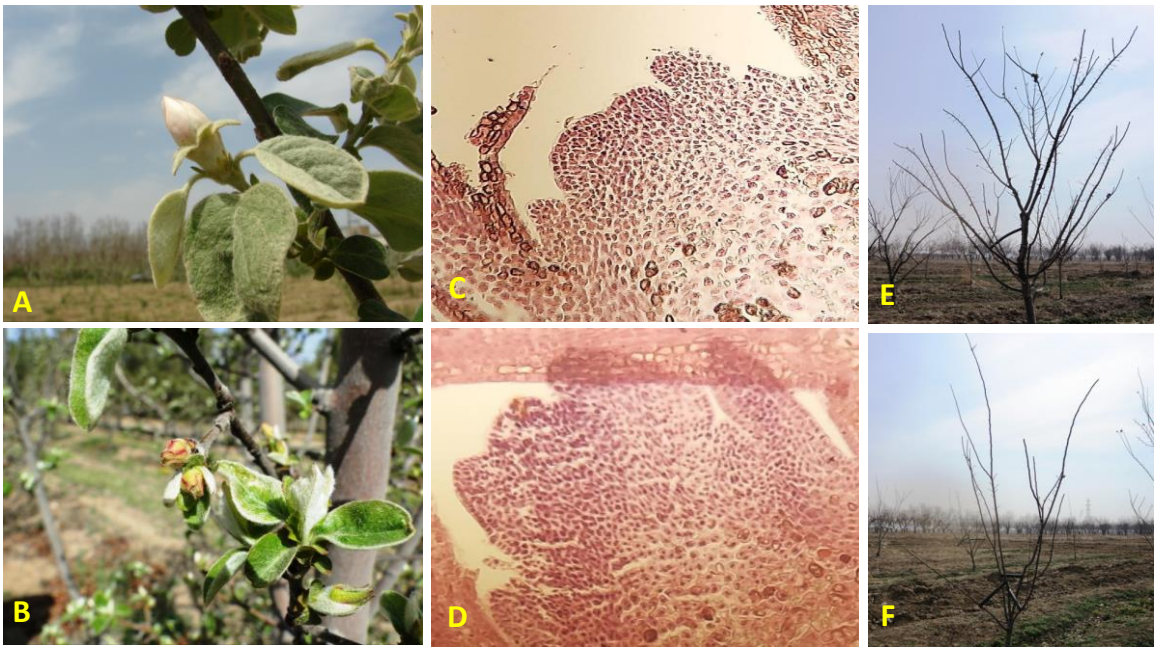
مقایسه فرم عمومی، رنگ و بزرگی برگ در این پایه با برخی از ژرم‌پلاسم جمع‌آوری شده در کلکسیون ملی ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به کشور نیز حاکی از شباهت برگ برخی از ژنوتیپ‌های منطقه غرب گیلان و آستارا با برگ‌های پایه کوئینس C است. همچنین وجود نوع خاصی از پاکوتاهی که با پاکوتاهی و عادت رشد و باردهی ژنوتیپ‌های منطقه کاشان و نطنز متفاوت است، در این ژنوتیپ‌ها (Naeimi *et al.*, 2020; Alipour *et al.*, 2014)، می‌تواند بیانگر پتانسیل اصلاحی دیگری برای پایه به و گلابی، علاوه بر پتانسل تنوع ژنتیکی جنس ولیک (*Crataegus* spp.) در کشور در برنامه‌های بلند مدت ملی باشد.

یکی دیگر از اهداف برنامه های اصلاحی نزدیک و گاهی وابسته با پاکوتاهی، عادت باردهی در درخت به می‌باشد. بر اساس مشاهدات و تجارب میدانی، درخت به داری دو نوع عادت گلدهی روی اسپور و شاخه‌های یک‌ساله می باشد (شکل ۷-A و شکل ۷-B). وستوود (Westwood, 1993) بیان کرد که درخت به بر خلاف سیب و گلابی، تمایز

گلدهی روی شاخه سال جاری دارد و تشکیل اندام گل در همان ابتدای بهار است. اولین شواهد برای رد این نظریه توسط اسومی و همکاران (Esumi *et al*, 2007a; Esumi *et al*, 2007b) در رابطه با ژنوتیپ‌هائی از درخت به گونه *C. oblonga* Mill. ارائه شد که تمایز و تشکیل اندام گل همانند سیب و گلابی در سال قبل در جوانه‌های بسته درخت به است، بخشی از تمایز کاسبرگ‌ها و گلبرگ‌ها در طول زمستان و به‌ویژه در انتهای آن بوده و سپس گل به صورت منفرد در انتهای یک شاخه کوتاه رشد کرده روی شاخه سال جاری و یا اسپور ظاهر می‌شود (شکل ۷-A و ۷-B). صادق‌نژاد (Sadegnejad, 2024) تمایز جوانه‌های گل در تعداد قابل توجهی از ژرم‌پلاسم به مناطق مختلف کشور را بررسی و بیان کرد کرد که همانند نظریه اسومی و همکارن (Esumi *et al*, 2007a; Esumi *et al*, 2007b) در رابطه با ژنوتیپ‌های درخت به ایران نیز تمایز جوانه در سال قبل و تخت شدن گنبد مریستمی و تشکیل پریموردیای کاسبرگ‌ها و گلبرگ‌ها در انتهای زمستان است (شکل ۷-C و ۷-D). از سوی دیگر به طور معمول جوانه‌های زایشی اسپور، معمولاً گلدهی اندکی دیرتر از شاخه‌های یکساله داشته که این امر در تمایز اندام گل نیز توسط صادق‌نژاد (Sadegnejad, 2024) گزارش شد.

در بررسی مورفولوژیک ارقام و ژنوتیپ‌های به مناطق مختلف کشور توسط علیپور و همکاران (Alipour *et al*., 2014)، تفاوت قابل توجهی در عادت رشد آنها از ارقام و ژنوتیپ‌های دارای عادت رشد اسپور نظیر به رقم ویدوجا، تا ارقامی با قدرت اسپورزائی بسیار کم نظیر به رقم اصفهان مشاهده و گزارش شد (شکل ۷-E و ۷-F). بر این اساس و با توجه به سهولت هرس و فرم‌پذیری بسیار بهتر ارقام دارای عادت باردهی تیپ اسپور، پاکوتاهی نسبی این ارقام به دلیل عدم تولید بازوهای بلند فاقد اسپور و در مواردی، دیرتر بازشدن گل‌های اسپور نسبت به گل‌های شاخه یکساله، یکی از برنامه‌های گزینشی اصلی در کنار تحمل به بیماری آتشک، استفاده از پتانسیل عادت باردهی تیپ اسپور در برنامه‌های اصلاحی درخت به طی سه دهه اخیر در کشور بوده است که به رقم ویدوجا، در این راستا معرفی شد.

تاتاری و همکاران (Tatari *et al*., 2024) نیز نشان دادند که به رقم ویدوجا از عملکرد میوه و کارآئی عملکرد بالاتری در مقایسه با دیگر ارقام و ژنوتیپ‌های به در استان اصفهان برخوردار بود، که این یکی از دلائل اصلی معرفی این رقم در مقایسه با رقم نسبتاً کم‌بار اصفهان بود. همچنین با توجه به پتانسیل بالای اسپورزائی در شمار قابل توجهی از ژنوتیپ‌های به منطقه نطنز و کاشان و ناحیه کوه‌های کرکس در استان اصفهان، انجام ارزیابی‌ها و جمع‌آوری تکمیلی ژرم‌پلاسم به این منطقه، امری ضروری و انجام برنامه‌های دورگ گیری برای دستیابی به انواع برتری از درخت به با عادت باردهی



شکل ۷- مقایسه گلدهی درخت به روی شاخه یکساله (A) و اسپور (B)، جوانه رویشی تمایز یافته تخت شده برای تشکیل پریموردیای اندام گل در ابتدای زمستان در جوانه روی شاخه یکساله ژنوتیپ اردبیل-۱ (C) و روی اسپور ژنوتیپ گیوی (D) (Sadeghnejad, 2024). مقایسه اسپور زائی زیاد و عادت رشد تیپ اسپور در رقم ویدوجا (E) و عادت رشد کم اسپور رقم ترش (F) (Alipour *et al*., 2014)

Fig. 7. Comparison of the blooming of quince tree on one year old shoot (A) and on spur (B), flattened differentiated vegetative bud to form primordial of flower organ at the beginning of winter in the bud on the one-year old shoot Ardabil-1 genotype (C) and on the spur of Givi genotype (D) (Sadegnejad, 2024). Comparison of high spur production and spur type growth habit in cv. Viduja (E) and low spur growth habit of cv. Torsh (sour) (F) (Alipour *et al*., 2014)

اسپور، اندازه میوه بزرگ و کیفیت میوه مطلوب و بازارپسندتر در ادامه تحقیقات انجام شده ضروری به نظر می‌رسد. نکته حائز اهمیت در این است که در بررسی مولکولی ژنوتیپ‌های به منطقه نطنز در استان اصفهان، ژنوتیپ‌ها و دانهال‌های بذری این منطقه در جمعیت‌های مجزائی از ارقام و ژنوتیپ‌های به مناطق نزدیک به شهر اصفهان گروه بندی شدند (Khoramdel Azad *et al*., 2013) که بیانگر اهمیت مضاعفی بر لزوم جمع‌آوری و انجام برنامه‌های دورگ گیری بین این جمعیت‌های درخت به است.

بهبود تحمل به کلروز آهن

درخت به از درختان بسیار حساس در بین درختان میوه دانه‌دار و همچنین درختان معتدله به

کلروز ناشی از کمبود آهن فعال در برگ و تجمع و غیرقابل استفاده شدن آهن در سلول‌های برگ بوده که به صورت کلروز برگی نمایان می‌شود (Westwood, 1993; Abdollahi *et al*., 2010, Abdollahi, 2024). زردبرگی و کلروز ناشی از کمبود آهن فعال در برگ‌های درخت به در صورت عدم کنترل، غیر قابل برگشت شده و به صورت نکروز حاشیه و یا تمامی برگ تظاهر پیدا می‌کند (Abdollahi, 2021b). بررسی‌ها نشان داده است که گرچه گونه به در شرایط کلی نسبت به کلروز آهن حساسیت قابل توجهی دارد، لیکن سطوح حساسیت متفاوتی بین ارقام و ژنوتیپ‌های این درخت قابل مشاهده است (Abdollahi *et al*., 2010). این تفاوت در سطح حساسیت ارقام و ژنوتیپ‌ها، می‌تواند به عنوان منبع ژنتیکی برای گزینش انواع متحمل‌تر در برنامه‌های اصلاحی رقم و پایه در این درخت مورد بهره‌برداری قرار گیرد. در طی بررسی‌های مقدماتی و اولیه ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به ایران نسبت به تعیین سطح میزان آهن در بخش‌های مختلف درخت پرداخته شد. این بررسی با توجه به عدم وجود گزارش معتبر مبنی بر سطح آستانه کمبود عنصر آهن به عنوان اصلی‌ترین منبع بروز کلروز آهن در برگ‌های این درخت انجام گرفت (Mirabdulbaghi and Abdollahi, 2015). موسوی و میرعبدالباقی (Musavi and Mirabdulbaghi, 2017)، تعداد ۲۸ ژنوتیپ درخت به مناطق مختلف ایران در نسبت‌های مختلف آهک خاک از ۱۳ تا ۱۸ درصد برای مقاومت به کلروز ارزیابی و مقایسه کردند. بر اساس نتایج حاصل ۱۵ ژنوتیپ، سطح تحمل بالاتری بر اساس میزان جذب عناصر و از جمله آهن نشان دادند. در بررسی دیگر میرعبدالباقی (Mirabdulbaghi, 2020) به منظور ارزیابی میزان اثربخشی غلظت عناصر آهن در گل در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف درخت به، گروه‌بندی میزان تحمل دانهال‌های درخت به برای کربنات کلسیم انجام و ارقام و ژنوتیپ‌های مورد نظر در سه گروه طبقه‌بندی شدند.

میرعبدالباقی و همکاران (Mirabdulbaghi *et al*., 2022; Mirabdulbaghi *et al*., 2023a) با مقایسه دو پایه بذری به و ولیک یا زالزالک گونه *C. atrosanguinea* Pojark. که در استان اصفهان به عنوان پایه تجاری درخت به استفاده می‌شود، گزارش کردند که جذب برگی پایه ولیک در پیوند با ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط خاک سنگین آهکی مناسب‌تر از پایه‌های بذری به بود. تحمل ترکیب پیوندی پایه ولیک با ژنوتیپ امیدبخش KVD2 در شرایط خاکی با حدود ۲۸درصد کربنات کلسیم نسبت به دیگر ارقام و ژنوتیپ‌های پیوندی بیشتر بود. از سوی دیگر تاثیر میزان آهک خاک بر روی جذب عناصر و انبارمانی ارقام تجاری و معرفی شده و همچنین ژنوتیپ‌های امیدبخش درخت به ایران نیز

گزارش شده است (Mirabdulbaghi *et al*, 2023b).

با توجه به وجود تنوع گسترده برای صفات مختلف از جمله پاکوتاهی در ژنوتیپ‌های درخت به مناطق مختلف ایران (Abdollahi, 2024) و وجود تفاوت بسیار گسترده در قدرت جذب آهن و سایر عناصر در این ژنوتیپ‌ها بر اساس گزارشات متعدد ذکر شده در بررسی‌های فوق، مشخص است که این تنوع ژنتیکی می‌تواند در اصلاح و گزینش ارقام جدید با آستانه تحمل بالاتر به کلروز آهن و همچنین اصلاح و گزینش پایه‌های جدید درخت به برای دو گونه گلابی معمولی و به مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور در یک برنامه تحقیقاتی، ژنوتیپ‌های دارای تحمل بالاتر به کلروز آن از طریق خوابانیدن کپه‌ای تکثیر و در ادامه لازم است با پیوند ارقام مختلف تجاری درخت گلابی و به روی آنها، امکان معرفی پایه‌های جدید از میان جمعیت‌های مورد بررسی، مورد ارزیابی نهائی قرار گیرد.

بهبود مقاومت به پوسیدگی طوقه

تحقیقات و گزارشات زیادی در رابطه با حساسیت درخت به نسبت به بیماری پوسیدگی طوقه فیتوفترائی ناشی از حمله قارچ *Phytophthora cactorum* و یا سایر گونه‌های این جنس انجام نشده است. لیکن در بررسی‌های محدودی نظیر گزارش گریگل و همکاران (Grígel *et al*., 2019) روی گونه‌های مختلف قارچ گونه *Phytophthora*، این قارچ به عنوان یک عامل بیماری‌زا روی درخت به و عاملی برای ایجاد پوسیدگی ریشه گزارش شده است. در بررسی‌های مشاهده‌ای در کلکسیون ذخائر توارثی درخت به در ایستگاه تحقیقاتی باغبانی در کرج نیز در ارزیابی مقدماتی قارچ *P. cactorum* از محل طوقه و حتی بخش‌های بالاتر آن در محل اتصال پایه و پیوند جدا سازی شد. گرچه در میان انواع مختلف درختان میوه، حساسیت به قارچ عامل پوسیدگی طوقه به عنوان یکی از بیماری‌های شایع بوده و استفاده از روش‌های به‌باغی نظیر جلوگیری از تماس آب با طوقه و کنترل رشد علف‌های هرز، همراه با تیمارهای پیش‌گیری کننده به عنوان روش‌های مرسوم و مورد توصیه است، لیکن استفاده از پایه‌ها و ارقام مقاوم و یا متحمل نیز یکی از روش‌های بسیار مهم در جلوگیری از توسعه این بیماری شناخته شده است.

به طور تجربی، مشاهده شده است که درختان به پیوند شده روی پای ولیک یا گونه *C. atrosanguinea*. علی‌رغم تماس مستقیم و طولانی مدت با آب آبیاری، با بیماری‌های پوسیدگی طوقه درگیر آلوده نمی شوند. همچنین در درخت به، زمانی که روی پایه‌های مربوط به گونه *C. oblonga* Mill. پیوند شده باشد، قارچ *P. cactorum* علاوه بر طوقه بخش‌های پائینی تنه را هم آلوده و سبب زردی و کلروز شدید درختان خواهد شد (Abdollahi, 2024). بر این اساس یکی

از اهداف برنامه های گزینش و اصلاح درخت به گزینش پایه‌ها و حتی ارقام جدید این درخت است که واجد تحمل به قارچ عامل پوسیدگی طوقه باشند. در این راستا صادقی گرماردوی و همکاران (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2024) حساسیت ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به نسبت به پوسیدگی طوقه حاصل از قارچ *P. cactorum* را بررسی و مقایسه کردند و علاوه بر معرفی یک ژنوتیپ از منطقه آستارا به عنوان ژنوتیپ بسیار حساس، ژنوتیپ PH2، یک ژنوتیپ با منشاء شمیرانات در استان تهران و رقم خسرو از استان خراسان را متحمل‌تر از سایر ژنتیپ ها گزارش کردند. بررسی‌های میدانی در رابطه با شدت خسارت پوسیدگی طوقه در کلکسیون ارقام و ژنوتیپ‌های به کشور نیز حاکی از آستانه تحمل مطلوب و بالاتر ژنوتیپ PH2 که با عنوان رقم بهتا مورد معرفی شده است، می‌باشد. بر این اساس در برنامه‌های اصلاحی، رقم جدید بهتا، ضمن دارا بودن عادت رشد بهتر نسبت به رقم اصفهان و همچنین کیفیت میوه بسیار مطلوب و بازارپسند، می‌تواند به عنوان یکی از منابع ژنتیکی تحمل به بیماری پوسیدگی مورد توجه بیشتر و ارزیابی‌های دقیق‌تر قرار گیرد.

بهبود خودسازگاری/خوداناسازگاری

در منابع مربوط به میوه‌کاری قدیم، درخت به را درختی کاملاً خودسازگار معرفی کرده‌اند (Westwood, 1993). این درحالی است که تجارب میدانی نشان داده است که در قطعات و یا باغ‌هائی که به صورت تصادفی کشت دو یا چند رقم در کنار یکدیگر است، باردهی این قطعات نسبت به کشت‌های یکدست در اغلب سال‌ها باردهی بهتری داشتند (Abdollahi, 2024; Tatari, 2023a). در یک ارزیابی اولیه توسط تاتاری و همکاران (Tatari *et al.*, 2018) وجود خوداناسازگاری در برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به و تاثیر مثبت دگرگرده افشانی و وجود رقم گرده‌زا در افزایش تشکیل میوه و باردهی برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های به مورد گزارش دقیق قرار گرفت. تاتاری (Tatari, 2023a) گزارش کرد که در بررسی خودگرده‌افشانی به رقم اصفهان، هیچگونه تشکیل میوه مشاهده نشد و تشکیل میوه صرفاً در تیمارهای گرده‌افشانی آزاد و گرده‌افشانی دستی با رقم به لیموئی به دست آمد. طلائی و همکاران (Talaei *et al.*, 2020) نیز به بررسی آلل‌های احتمالی خوداناسازگاری در مکان ژنی آن در ارقام و ژنوتیپ‌های به کشور پرداختند و گزارش کردند که اولین آلل مکان ژنی خوداناسازگاری این گونه (*S1*) شناسایی و در بانک داده‌ها با کد MF281258 به ودیعه گذاشته شده است (Talaei *et al.*, 2020).

در گزارشات و مرور منابع بعدی، وجود طیف گسترده‌ای از ارقام کاملا خوداناسازگار تا ارقام کاملاً خودسازگار در درخت به، در حد یک فرضیه کاملاً اثبات نشده، مورد اشاره قرار گرفته است (Abdollahi, 2021b). بر این اساس اینکه در درخت به سازکارخوداناسازگاری گامتوفیتیک

تاچه حد فعال بوده و در کدام یک از ارقام خودناسازگاری به صورت جدی مانع از رشد لوله گرده دارای آلل مشابه خواهد شد، همچنان مورد سئوال بود. بر این اساس در بررسی صادق‌نژاد و همکاران (Sadeghnejad *et al*., 2024) علاوه بر شناسائی و به ودیعه گذاری دو آلل جدید *S4* و *S5* با کدهای دسترسی MW139301.1 و OP884648.1، تعداد قابل‌توجهی از ارقام و ژنوتیپ‌های کلکسیون ذخائر توارثی درخت به از نظر تنوع ژنتیکی و نوع آلل مکان ژنی خودناسازگاری و هموزیگوسیتی و یا هتروزیگوسیتی مورد بررسی قرار گرفتند. بر پایه اطلاعات این پژوهش، تعداد قابل توجهی از ارقام و ژنوتیپ‌ها در این مکان ژنی از دو آلل یکسان برخوردار بوده که خود می‌تواند دلیلی بر وجود خودسازگاری نسبی در شماری از ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به باشد.

بررسی‌های تجربی نشان داده است که در باغ‌های یکدست درخت به، میزان باردهی از سالی به سال دیگر به شدت متغیر و تحت تاثیر شرایط آب و هوایی زمان گلدهی قرار می‌گیرد (Abdollahi, 2024). بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که میزان خودناسازگاری و یا خودسازگاری درخت به تا حد قابل توجهی بر اساس شرایط آب و هوائی دوره گلدهی متغیر است. بر اساس این مشاهدات و همچنین نتایج وجود مکان ژنی خودناسازگاری و آلل‌های خودناسازگاری در این درخت، سازکارهائی که به طور نهائی تعیین کننده شدت خودسازگاری این درخت در یک سال می‌شود، همچنان ناشناخته باقی مانده است. از سوی دیگر، از نتایج آللی به دست آمده توسط صادق‌نژاد و همکاران (Sadeghnejad *et al*., 2024) استنباط می‌شود که این گونه در سایر مکان‌های ژنی نیز به دلیل وجود سطوحی از خودسازگاری حداقل در برخی از سال‌ها و یا تعدادی از ارقام و ژنوتیپ‌ها، از میزان بالاتری از هموزیگوسیتی برخوردار باشد.

این خصوصیت درخت به، می‌تواند دلیل اصلی وجود تنوع ژنتیکی بالای ژنوتیپ‌های بذری درخت به دارای کیفیت مطلوب تا نسبتاً مطلوب میوه در مناطق مختلف کشور باشد. به این معنی که بر خلاف درخت گلابی که در بررسی‌های قبلی مشاهده شده است که در صورت استفاده از نتاج بذری بومی، درصد بسیار بالائی از نتاج به فرم اجداد وحشی خود برگشته و از کیفیت میوه بالائی برخوردار نخواهند بود، در درخت به استفاده از ژنوتیپ‌های بذری بومی چه در دورگ گیری های کنترل شده و یا در نتاج حاصل از گرده‌افشانی آزاد، احتمال وجود نتاج با کیفیت مطلوب جهت گزینش‌های بعدی بسیار محتمل‌تر است. از طرفی در دیگر درختان میوه دانه‌دار نظیر سیب و گلابی، در برنامه‌های اصلاحی، انتخاب والدین مناسب و صفات دارای توارث‌پذیری بالای کیفیت میوه و فاصله ژنتیکی مناسب از اجداد وحشی از اهمیت بالاتری در مقایسه با درخت به برخوردار است.

بهبود انبارمانی و کیفیت میوه

ارقام و ژنوتیپ‌های بومی درخت به ایران از نظر کیفیت میوه و قدرت انبارمانی در سه گروه قابل طبقه‌بندی می‌باشند (Abdollahi, 2024). گروه اول ژنوتیپ‌های با میوه بسیار نرم و بافت میوه آبدار مربوط به جمعیت‌های درخت به منطقه گیلان و استان‌های شمالی کشور است که خرم‌دل آزاد و همکاران (Khoramdel Azad *et al*., 2013) و همچنین ترکاشوند و همکاران (Torkashvand *et al*. 2021) در بررسی روابط خویشاوندی ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به ایران با استفاده نشانگر توالی‌های ساده تکراری، این جمعیت در خوشه مستقلی از جمعیت درخت به دیگر مناطق طبقه‌بندی شدند. در این گروه بافت میوه علاوه بر نرمی، به سمت مرکز میوه رگه رگه بوده و برخلاف ارقام و ژنوتیپ‌های به اصفهان و خراسان از عطر و طعم چندانی برخوردار نیستند (شکل ۸-A) (Abdollahi, 2024). در مناطقی از استان گیلان انواعی از این ژنوتیپ‌های درخت به، بسیار زودرس‌تر از سایر انواع بوده و به دلیل وجود بافت بسیار نرم و آبدار، به نام پنبه به معروف می‌باشند (Abdollahi, 2024). این ژنوتیپ‌های به، در برنامه‌های اصلاحی برای کیفیت میوه و انبارمانی از جایگاهی برخوردار نبوده، لیکن صفاتی نظیر پاکوتاهی و تحمل به خاک‌های آهکی در آنها شاخص‌تر است (Abdollahi *et al*., 2010; Alipour *et al*., 2014).

در گروه دوم ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به، انواعی با بافت سفت و یکنواخت و فاقد رگه‌های شعاعی در بافت قرار دارند که این گروه ژنوتیپ‌های اغلب از نظر آبداری بافت، کم آب‌تر و دارای عطر و طعم بیشتری از ژنوتیپ‌های به کشور می‌باشند (Abdollahi *et al*., 2019). ارقام و ژنوتیپ‌های به استان‌های اصفهان و خصوصاً رقم تجاری اصفهان، ارقام معرفی شده ویدوجا و بهتا و همچنین ژنوتیپ‌های اصفهان در این گروه قرار می گیرند (شکل ۸-B و ۸-C) و در بررسی‌های مولکولی خرم‌دل آزاد و همکاران (Khoramdel Azad *et al*., 2013) و همچنین ترکاشوند و همکاران (Torkashvand *et al*. 2021) در جمعیت‌های مستقلی طبقه‌بندی شدند. از نظر تشابه بافت میوه، ژنوتیپ‌های به استان خراسان نیز بافت شبیه به ژنوتیپ‌های به استان اصفهان داشته، لیکن اغلب ارقام و ژنوتیپ‌های خراسان بسیار گس و از نظر ظاهری در سطح پائین‌تری از ارقام و ژنوتیپ‌های اصفهان طبقه‌بندی می‌شوند. قابلیت انبارمانی در این دو گروه به دلیل سفتی بافت میوه، کم‌آبی نسبی در مقایسه با ارقام و ژنوتیپ‌های دیگر مناطق کشور و ضخامت پوست بیشتر است (Abdollahi, 2024). لیکن در بین ارقام و ژنوتیپ‌های این مناطق و به‌ویژه اصفهان نیز تفاوت‌هائی وجود دارد که در انتهای این بخش به آن پرداخته خواهد شد.

شـــکل ۸- بافت نرم و رگه‌های شـــعاعی میوه به ژنوتیپ AS2 با منشـــاء غرب اســـتان گیلان (A)، بافت یکنواخت و دارای سفتی قابل توجه در رقم به ویدوجا منشاء گرفته از ژنوتیپ‌های بذری استان اصفهان (B)، رقم ساحل برج مقاوم منشاء گرفته از استان خراسان رضوی (C) و بافت نسبتاً سفت و آبدار میوه در ژنوتیپ امیدبخش درخت به با کد گیوی منشاء گرفته از ژنوتیپ‌های بذری استان اردبیل (D)

Fig. 8. Soft tissue and radial veins of quince fruit of AS2 genotype originated from the west of Guilan province (A), uniform tissue and significant firmness in the cv. Viduja originated from the seedlings of Isfahan province (B), the cv. Sahel Borj Moghavem originated from Khorasan Razavi province (C) and relatively firm and juicy tissue of the fruit in the promising quince genotype Givin originated from the seedling genotypes of Ardabil province (D)

در گروه سوم، ارقام استان اردبیل قرار دارد که از نظر بافت میوه، صـــاف و فاقد رگه‌های شـــعاعی بوده، لیکن از نظر آبداری، همانند ژنوتیپ‌های اســـتان گیلان آبدار و فاقد گســـی می باشـــند، لیکن از نظر عطر و طعم متفاوت از آنها محســـوب می‌شـــوند (شـــکل ۸-D) (Abdollahi *et al*., 2019). در این گروه انواعی از ژنوتیپ‌ها به با میوه دارای بافت ســـیب مانند، مزه ملس و آبدار وجود دارد که به نظر می‌رسد افق جدیدی را در رابطه با گزینش و اصـــلاح

ارقام جدید درخت به با هدف تازه‌خوری در پیش روی اصلاح‌گران این درخت میوه باز کرده است. نعیمی و همکاران (Naeimei *et al*., 2020) خصوصیات رشد و کیفیت میوه ژنوتیپ‌های به شمال غرب کشور ارزیابی کردندو بیان داشتند که چهار ژنوتیپ گیوی، AD1، ASH و AS1 به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش تعیین شدند که همگی در گروه ژنوتیپ‌های دارای بافت آبدار و فاقد گسی و با امکان تناسب برای مصرف تازه‌خوری به گزینش شده بودند. در این گروه از ژنوتیپ‌های درخت به، به دلیل استحکام بهتر بافت نسبت به ژنوتیپ‌های به گیلان، همچنین ضخامت نسبی پوست میوه، قدرت انبارمانی نسبتاً مطلوبی وجود دارد، لیکن در مقایسه با ژنوتیپ‌های به اصفهان، رقم تجاری به اصفهان و ارقام معرفی شده ویدوجا و بهتا کمتر است.

علاوه بر وجود این تنوع ژنتیکی در خصوصیات ارگانولپتیک میوه، آبداری بافت و خاصیت انبارمانی جمعیت‌های مختلف درختان به مناطق کشور، در درون هر جمعیت نیز تفاوت‌های قابل توجهی گزارش شده است. تاتاری (Tatari, 2021) خصوصیات انبارمانی سه رقم به ترش، اصفهان و ویدوجا را رازیابی کرد و گزارش کرد که به رقم اصفهان از سفتی بافت بیشتری برخوردار بود و زمان مناسب برداشت میوه رقم ویدوجا ۱۸۵ روز بعد از تمام گل گزارش شد که در مقایسه با دو رقم ترش و اصفهان، زودرس‌تر و بافت میوه نرم‌تری دارد. تاتاری (Tatari, 2023b) درگزینش برای انبارمانی ارقام تجاری و معرفی شده درخت به نیز گزارش کرد که به رقم بهتا در برخی خصوصیات از جمله سفتی بافت میوه در زمان رسیدن کامل و همچنین میزان از دست رفت آب میوه نسبت به رقم اصفهان برتر بود. تاتاری (Tatari, 2021) با ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش به اصفهان نیز بیان داشت که بیشترین شاخص طعم در ارقام به اصفهان و ویدوجا بود. در نتیجه، نگهداری میوه ارقام به اصفهان و ویدوجا و ژنوتیپ امیدبخش KVD4 به مدت چهار ماه و میوه ژنوتیپ KVD2 به مدت پنج ماه در سردخانه بر اساس شاخص‌های کیفیت میوه و همچنین شاخص‌های بیوشیمیائی قابل توصیه شد.

به طور کلی، عمر انباری و قابلیت انبارمانی میوه در بین ارقام و ژنوتیپ‌های به مناطق مختلف کشور نشان دهنده کمترین قابلیت انبارمانی در ژنوتیپ‌های به استان گیلان و در حد متوسط در ژنوتیپ‌های استان اردبیل است (Naeimei *et al*., 2020). ارقام استان خراسان رضوی دارای قابلیت انبارمانی بالا بوده، لیکن از نظر کیفیت میوه در سطح بسیار پائین‌تری در مقایسه با ارقام و ژنوتیپ‌های به استان اصفهان قرار دارند. در بین ژنوتیپ‌های استان اصفهان نیز برخی ژنوتیپ‌ها خصوصاً ژنوتیپ‌های منطقه فلاورجان نظیر دو ژنوتیپ SVS1 و SVS2، ضمن تشابه نسبی با ژنوتیپ‌های استان اردبیل از نظر کیفیت و آبداری میوه و همچنین کمی سطح قابض

بودن بافت، از پائین‌ترین قابلیت انبارمانی در بین ژنوتیپ‌های به جمع‌آوری شده از استان اصفهان می‌باشند (Abdollahi, 2024). جمع بندی نتایج این قسمت نشان می دهد که برنامه‌های اصلاحی و گزینشی ارقام جدید و ژنوتیپ‌های امیدبخش درخت به می‌تواند در دو شاخه گزینش ارقام برای تازه‌خوری با قابلیت انبارمانی متوسط و گزینش ارقام برای فرآوری با قابلیت انبارمانی بلندمدت متمرکز شود. در این راستا، در این قسمت منابع ژنتیکی و جمعیت‌های مورد نظر برای دستیابی به این اهداف به صورت مفصل مورد تحلیل قرار گرفت که می‌تواند در آینده نقشه راه برنامه‌های پژوهشی تکمیلی، دورگ‌گیری‌ها و یا جمع‌آوری و ارزیابی ژرم‌پلاسم درخت به در کشور باشد.

بهبود متابولیت‌های ثانویه

درخت به یکی از منابع سرشار برای ترکیبات فنلی بوده و یکی از درختان میوه معتدله محسوب می‌شود که ضمن توجه به آن به صورت میوه برای فرآوری و تازه‌خوری (در ژنوتیپ‌های استان اردبیل و گیلان)، به عنوان یک گیاه داروئی نیز قابل توجه است (Khoubnasabjafari and Jouyban, 2011). این خصوصیات داروئی به از فراوانی انواع متابولیت‌های ثانویه و به‌ویژه ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در بخش‌های مختلف درخت منشاء می‌گیرد (Amirahmadi *et al*., 2017; Ghozati *et al*., 2016; Silva *et al*., 2004; Silva *et al*., 2005; Silva *et al*., 2008) به طوری که ابن‌سینا در کتاب قانون در بخش‌های متعدد از خصوصیات درمانی میوه، برگ و پوست درخت به ذکر به عمل آورده است (Avicenna, 1973). امیر احمدی و همکاران (Amirahmadi *et al*., 2017) و قضاتی و همکارن (Ghozati *et al*., 2016) به ترتیب به بررسی تنوع و برتری ترکیبات فلاونوئیدی و فنل کل در برگ و میوه ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به مناطق مختلف ایران پرداختند. در یکی بررسی کلی، ژنوتیپ‌هائی که خصوصیات وحشی بیشتری نشان داده و خاصیت قابض‌تری داشتند، از میزان متابولیت‌های ثانویه بالاتری نیز برخوردار بودند. مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2016; Moradi *et al*., 2017) به بررسی ترکیبات فنلی میوه ژنوتیپ‌های به مناطق مختلف پرداختند و تنوع قابل توجهی را در بین میزان این ترکیبات در ارقام و ژنوتیپ‌های به کشور گزارش کردند. علاوه بر این، برگ درخت به پس از خشک کردن به صورت چای به قابل استفاده است (Gheisari and Abhari, 2014; Khademi *et al*., 2013).

امیر احمدی و همکاران (Amirahmadi *et al*., 2017) و قضاتی و همکارن (Ghozati *et al*., 2016) به ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل برگ و میوه ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به مناطق مختلف ایران پرداخته شد و برخی از ژنوتیپ‌های امیدبخش استان اصفهان به عنوان بهترین منابع تامین متابولیت‌های ثانویه و با بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل شناسایی

شدند. این نتایج با نتایج تاتاری (Tatari, 2021) که گزارش کردند در میان ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش به اصفهان، ژنوتیپ KVD4 در زمان برداشت بیشترین و رقم اصفهان، رقم ویدوجا و ژنوتیپ KVD2 به ترتیب کمترین محتوای فنل کل راداشتند، مطابقت دارد. با توجه به کاربردهای درمانی برگ و میوه درخت به و کاربرد تجاری هر دو بخش به صورت گیاه داروئی، لازم است کاربرد بخش‌های مختلف این درخت از جنبه داروئی با دقت بیشتری مد نظر قرار گیرد و خصوصاً در رابطه با کاربرد برگ درخت به صورت دمنوش یا چای به، با توجه به تفاوت قابل ملاحظه مشاهده شده در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام مختلف، ژنوتیپ‌هائی با خاصیت درمانی بیشتر در این رابطه گزینش و معرفی شوند.

برنامه‌های دورگ گیری برای تولید ارقام جدید

با توجه به احداث و ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به در کلکسیون‌های موجود (Abdollahi *et al.*, 2013)، اولین برنامه دورگ گیری درخت به بین ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارقام معرفی شده این درخت توسط تاتاری و همکاران (Tatari *et al.*, 2024)، انجام و دورگ های بین ارقام و ژنوتیپ‌ها و همچنین دانهال‌های گرده‌افشانی آزاد رقم ویدوجا و دو ژنوتیپ KVD2 و KVD4 مورد استفاده قرار گرفتند. در این برنامه که نتایج حاصل از آن در مرحله ارزیابی مقدماتی می‌باشند، همبستگی مثبتی بین تحمل به کلروز آهن و فعالیت آنزیم کاتالاز و همچنین برخی از خصوصیات رویشی تاج درخت تاکنون گزارش شده است. با توجه به عادت رشد تیپ اسپور و پتانسیل باردهی بالای رقم ویدوجا و همچنین پاکوتاهی ژنوتیپ امیدبخش KVD4 انتظار می‌رود از بین نتایج حاصل از این برنامه، ژنوتیپ های امیدبخش و مطلوبی از نظر عادت رشد، پاکوتاهی، عملکرد میوه بالا و در عین حال کیفیت میوه مطلوب گزینش و معرفی شوند.

علاوه بر دورگ گیری های درون گونه‌ای درخت به، دورگ گیری های بین گونه‌ای درخت به با گونه‌های نزدیک از جمله درخت سیب با نام جنس *Cydomalus* وجود دارد که در سال‌های اخیر توسط شماری از تولیدگنندگان نهال با عنوان به قرمز و به صورت بسیار محدود مورد تکثیر قرار گرفته است. میوه این گونه دورگ ها، شبیه به و دارای لپ قرمر رنگ است. لیکن از نظر عطر و طعم فاقد عطر و طعم میوه به و حتی درخت سیب است و کشت آن بر اساس ارزیابی‌های مقدماتی ی قابل توصیه نیست.

نشانگرهای مولکولی و بیوشیمیائی ساختارهای مقاومت به بیماری آتشک

بر خلاف درخت سیب و گلابی که ارزیابی تمایز و تفکیک ارقام در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف به دلیل تنوع برگ، فرم میوه، زمان رسیدن و رنگ میوه با سهولت نسبی امکان پذیر است، در درختان به با توجه به زمان رسیدن اغلب ارقام در محدوده مهر تا آبان ، شکل برگ

نسبتاً یکسان در بسیاری از ارقام و ژنوتیپ‌ها و همچنین رنگ زرد میوه در کلیه ارقام و ژنوتیپ‌ها، امکان تمایز ارقام بسیار دشوار است (Abdollahi 2024). بر این اساس پس از احداث کلکسیون ژرم‌پلاسم به کشور، این کلکسیون به طور جامع در سه برنامه ارزیابی توسط خرمدل‌آزاد و همکاران (Khoramdel Azad *et al*., 2013)، علیپور و همکاران (Alipour *et al*., 2018) به ترتیب توسط مارکر توالی‌های ساده تکراری (SSR) و RAPDs و پس از آن همچنین توسط ترکاشوند و همکاران (Torkashvand *et al*. 2021) توسط مارکر توالی‌های ساده تکراری ارزیابی شدند. عبداللهی و همکاران (Abdollahi *et al*., 2021) نیز با مارکر های توالی‌های ساده تکراری ارقام به اصفهان، ویدوجا و بهتا و ژنوتیپ‌های گزینش شده و برتر کلکسیون را با استفاده از ۱۵ جفت آغازگر سیب و گلابی مقایسه و وجه مایز آنها را گزارش کردند. در این بررسی الگوی باندی این ارقام و ژنوتیپ‌ها به صورت موازی با صفات دستورالعمل ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری (Khandan *et al*., 2011) مورد مقایسه قرار گرفت. در بررسی ترکاشوند و همکاران (Torkashvand *et al*. 2021) ارقام و ژنوتیپ‌های به ایران همراه با ارقامی از کشور آذربایجان، ترکیه و اروپا مقایسه شدند و گزارش شد که دو مسیر تکاملی برای این درخت از مرکز پیدایش آن در ناحیه قفقاز تا تالش، یکی به سمت غرب و دیگری به سمت جنوب قابل تشخیص است که از نظر خصوصیات درخت، عادت رشد و خصوصاً عطر و طعم میوه کاملاً از یکدیگر متمایز هستند.

از دیگر نشانگرهای مهم در ارزیابی و اصلاح درخت به، نشانگرهای وابسته به تحمل به بیماری آتشک می‌باشد. گرچه بررسی‌های قبلی نشان داده است که درخت به یکی از میزبان‌های بسیار حساس نسبت به بیماری آتشک است و دستیابی به ارقام متحمل در این گونه بسیار دشوار به نظر می‌رسد، لیکن حسنی و همکاران (Hassani *et al*., 2016) با توجه به اهمیت نقش ژن‌های PR در مقاومت به بیماری‌های مختلف به جداسازی، توالی یابی و به ودیعه گذاری *PR-1a*، *PR5*، *PR8*، *PR3-ch1*، *PR3-ch3*، *PR3-ch4* و *PR3-ch5* در ژنوتیپ‌های ASP1، ASP2، AS2، KVD2، ساحل برج مقاوم، خسرو و ترش، ارقام اصفهان و بهتا و همچنین پایه‌های کوئینس A و کوئینس آدامز پرداختند و شمار قابل توجهی از آلل‌های مکان‌های ژنی خانواده ژنی *PR* را در درخت به تعیین توالی و مشخص نمودند. علاوه بر مارکرهای مولکولی، مارکرهای بیوشیمیائی نیز در ارزیابی مقاومت به بیماری آتشک در درختان سیب و گلابی و ساختارهای مرتبط بسیار موثر بوده و حتی به نحو موثرتری به بیان ساختارهای مقاومت پرداخته است (Abdollahi *et al*., 2015). بر خسروی‌نژاد و عبداللهی (Khosravi Nejad and Abdollahi, 2023) به بررسی بافت شناسی تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در تنش

اکسیداتیو برهمکنش ژنوتیپ‌های درخت به با باکتری عامل بیماری آتشک پرداختند و گزارش کردند که واکنش دفاعی درخت به در مقابل عامل بیماری آتشک بر خلاف درخت گلابی که در بیشتر ارقام به صورت تجمع گونه فعال اکسیژن پراکسید هیدروژن، صورت می‌گیرد، در درخت به کاملاً متمایز از گونه گلابی می‌باشد.

تنش اکسیداتیو از عوامل موثر در اثر متقابل عوامل بیمارگر با میزبان می‌باشد و باکتری عامل بیماری آتشک یا *E. amylovora* دارای سه پروتئین موثره اصلی شامل HrpN، HrpW و DspA/E است که با انتقال به سلول میزبان سبب ایجاد تنش اکسیداتیو و نکروز می‌شوند (Bhattacharjee, 2011; Taheri Shahrestani *et al.*, 2017). بررسی‌های قبلی نشان داده است که از میان سه پروتئین موثره ذکر شده، پروتئین HrpN علاوه بر نقش در بیماری‌زائی سبب تحریک سامانه دفاع اکتسابی میزبان شده و تلاش‌هائی برای انتقال ژن *hrpN* به میزبان‌های بیماری آتشک برای افزایش مقاومت به این بیماری در درخت سیب گزارش شده است (Norelli *et al.*, 1999). بنابراین پیرو استقرار و بهینه سازی ریزازدیادی ژنوتیپ‌های امیدبخش درخت به توسط خسروی‌نژاد و همکاران (Khosravinezhad *et al.*, 2016) نسبت به انتقال ژن *hrpN* در پلاسمید pBI121 با پیشرانه CaMV35S اقدام شد (Habashi *et al.*, 2012) و از ۱۵ لاین ژنوتیپ امیدبخش KVD2، شش لاین به عنوان گیاهان تراریخت احتمالی مورد گزینش و بررسی‌های بعدی قرار گرفتند.

ارقام معرفی شده و ژنوتیپ‌های امید بخش به ایران

در کتاب میشناه (Mishnah) یا همان میشنا (Mishna) به جمع‌آوری و بیان سنت‌های شفاهی یهودیان در حدود پنج تا شش قرن پرداخته شده است (Denby, 1933). در این کتاب نه تنها به بیان پیوند درختان و مزایای آن اشاره شده است، بلکه درختان گلابی، به و ولیک یا همان زالرالک را در یک گروه و به عنوان درختان غیرمتفاوت، معرفی شده‌اند. شاه عباس اول (۱۵۸۸- ۱۶۲۹ بعد از میلاد) برای اولین بار به تجمیع یهودیان در اصفهان اقدام کرد و چنانچه در عنوان گزینش ارقام تاریخی درخت به در ایران آورده شد، اولین حضور و تجلی انواع مختلف درخت به در مینیاتورهای ایران باستان از دوره صفویه و با توجه بیشتر فرهنگ تشیع به درخت به در این دروه آغاز شده است (شکل ۳). شاید اولین اقدامات تاریخی برای گزینش انواع برتر و ایجاد ارقام اولیه این درخت در اصفهان از دوره صفویه و بر اساس شواهد تاریخی فوق‌الذکر صورت گرفته است که همچنان استان اصفهان به عنوان یکی از مراکز اصلی تنوع و به اصفهان، به عنوان اصلی‌ترین رقم درخت به ایران شناخته شده است. درویشیان (Darvishian, 1985) در بررسی کلکسیون درختان میوه بسطام، سه نوع به گورتون اصفهان (اصفهان)، به شمس کرج و به

خرو نیشابور را مورد اشاره قرار داده است و به نظر می‌رسد این ارقام، سه رقم اصلی تاریخی به برای قرن‌ها بوده است. منیعی (Manee, 1994)به شمس را متعلق به منطقه اصفهان معرفی می‌کند که بررسی‌های اخیر نشان داده که این رقم در منطقه اصفهان به طور کامل دچار فرسایش ژنتیکی شده و تنها در کلکسیون درخت به نورثرن پریوری (Northern Priory) نگهداری و از آنجا مجدد به باغ ملی گیاهشناسی ایران انتقال که نسخه‌هائی از آن در کلکسیون اصلی درخت به در کرج (Abdollahi, 2024) و اخیراً در اصفهان کشت شده است.

پس از این دوره تاریخی، هیچ اقدامی در راستای گزینش و یا اصلاح ارقام درخت به در کشور صورت نگرفته است تا اینکه جمع‌آوری، احداث و ارزیابی خصوصیات ژرم‌پلاسم درخت به کشور، شرایط را برای گزینش و معرفی ارقام جدید این درخت فراهم کرد (Abdollahi *et al.*, 2013). بر اساس این تلاش‌ها، در مرحله اول پنج ژنوتیپ بذری شامل KVD1، KVD2، PH2، KVD4 و NB2 از میان جمعیت درختان به مناطق مختلف استان اصفهان و بر اساس بیش از ۱۳ سال ارزیابی خصوصیات رویشی و زایشی انتخاب و به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش برای معرفی مورد انتخاب اولیه قرار گرفتند. لازم به ذکر است بر اساس ارزیابی‌های تکمیلی، ژنوتیپ NB4 توسط تاتاری (Tatari, 2023b) و تاتاری و همکاران (Tatari *et al.*, 2024) نیز در سال‌های اخیر به عنوان یکی از ژنوتیپ‌های امیدبخش برای منطقه اصفهان مد نظر قرار گرفته است و در فهرست ژنوتیپ های امید بخش درحال معرفی می‌باشند. بر اساس این اطلاعات، اولین رقم معرفی شده درخت به ژنوتیپ KVD1 با نام رقم ویدوجا بود که بر اساس عادت رشد تیپ اسپور، پتانسیل باردهی بسیار بالای آن در مقایسه با رقم به اصفهان، تحمل نسبی در مقابل بیماری آتشک به دلیل سرشاخه‌های زیاد و پیشرفت عامل بیماری صرفاً در شاخه‌های جاری و یک ساله در منطقه کرج، و همچنین کیفیت میوه مطلوب و شکل بازارپسند آن در سال ۱۳۹۰ معرفی شد (Abdollahi, 2024).

این رقم در برخی نهالستان‌های کشور در حال تکثیر است. علی‌رغم مزایای فراوان رقم ویدوجا، این رقم تا حدی زودگل است که البته با توجه به دیرگل بودن درخت به، در مناطقی با خطر سرمازدگی کم، ایراد جدی برای آن محسوب نمی‌شود. علاوه بر اینکه برای درشت شدن میوه، با توجه به باردهی سالیانه فراوان آن، نیاز به تنک کردن میوه و یا مراقبت و تغذیه ویژه دارد. پس از رقم ویدوجا، ژنوتیپ PH2، با توجه به شباهت و نزدیکی بسیاری از خصوصیات آن به رقم اصفهان از جمله کیفیت مطلوب میوه، وجود گردن ضخیم و شکل بازارپسند، فراوانی شاخه‌های اسپور در طول بازو در مقایسه با رقم اصفهان و درنتیجه پتانسیل باردهی بالای آن، در کنار دیرگل بودن آن در مقایسه با رقم ویدوجا، و همچنین کیفیت بالای ارگانولپتیک میوه (Abdollahi *et al.*, 2019)

در سال **۱۳۹۵** به نام رقم بهتا معرفی شد رقم بهتا در ارزیابی صادقی گرماردوی و همکاران (Sadeghi Garmaroodi *et al*., 2023) برای مقاومت به پوسیدگی طوقه، از ارقام با تحمل بالا ارزیابی و گزارش شد.

در حال حاضر علاوه بر سه ژنوتیپ امیدبخش KVD2، KVD4 و NB2 و ژنوتیپ NB4 که توسط تاتاری و همکاران (Tatari *et al*., 2024) انتخاب مقدماتی شده است، چهار ژنوتیپ گیوی، AD1، ASH و AS1 در بررسی نعیمی و همکاران (Naeimei *et al*., 2020) روی ارزیابی خصوصیات رشد و کیفیت میوه ژنوتیپ‌های به شمال غرب کشور در فهرست ژنوتیپ‌های امیدبخش در مرحله ارزیابی نهائی می‌باشند. به نظر می‌رسد از بین این چهار ژنوتیپ، در آینده نزدیک تعدادی رقم جدید درخت به با مصرف تازه خوری و فاقد گسی معرفی شود.

افق‌ها و نیازهای تحقیقاتی پیش‌رو

مقایسه روند توسعه باغ‌ها و تحقیقات انجام گرفته در درختان میوه دانه‌دار نشان می‌دهد که درخت به در مقایسه با درختان سیب و گلابی تا قبل از دو دهه اخیر روند کندتری را به خود اختصاص داده است. شاید مهمترین دلیل این امر سطح زیر کشت پائین این میوه در مقایسه با دیگر درختان میوه دانه‌دار بوده است. بهره‌وری باغ‌های درخت به، در مقایسه با دیگر درختان میوه معتدله سبب شده است تا پس از روند کاهش تولید و زوال باغ‌ها در دهه ۷۰ و ۸۰ شمسی در نیمه شمالی کشور، توسعه باغداری این محصول به سمت استان‌های جنوبی‌تر کشور گسترش یافته و روند تحقیقات تازه‌ای نیز با جمع‌آوری ژرم‌پلاسم مناطق مختلف کشور آغاز شده است. این توسعه تحقیقات و اهداف اصلاحی مورد نظر آن در عناوین فوق به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. بر این اساس در درجه اول، لازم است در برنامه‌های تحقیقاتی آتی، اهداف اصلاحی ذکر شده همچنان مد نظر قرار گرفته و تکمیل شوند.

در راستای برنامه‌های اصلاح رقم، با توجه به شناخت ایجاد شده در رابطه با خصوصیات ارقام و ژنوتیپ‌های مناطق مختلف کشور، لازم است علاوه بر برنامه‌های دورگ گیری بین ارقام و ژنوتیپ‌های به استان اصفهان که تاکنون توسط تاتاری و همکاران (Tatari *et al*., 2020b)، انجام شده است، در محدوده گسترده‌تری از ارقام و ژنوتیپ‌ها انجام شود. مهمترین اهداف اصلاحی در برنامه‌های دورگ گیری می‌تواند شامل اصلاح برای عادت باردهی و اسپورزائی همراه با کیفیت میوه، تحمل نسبی به بیماری آتشک و عارضه کلروز ناشی از کمبود آهن باشد. علاوه بر اینکه با توجه به گزینش ژنوتیپ‌های امیدبخش برای مصرف تازه‌خوری، معرفی نهائی این ژنوتیپ‌های امیدبخش و انجام برنامه‌های دورگ گیری بین این ژنوتیپ‌ها و ارقام و یا ژنوتیپ‌های دارای عادت باردهی تیپ اسپور از اهم برنامه‌های اصلاحی درخت به می‌تواند باشد. همچنین با توجه به پاکوتاهی

برخی ژنوتیپ‌ها، خصوصاً ژنوتیپ‌های درختان به از منطقه نطنز، گزینش و معرفی و همچنین استفاده از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های دورگ گیری می‌تواند افق تحقیقاتی جدیدی را در زمینه امکان کشت متراکم تا بسیار متراکم باغ های درخت به روی پایه کوئینس A و جنس ولیک در تراکم‌های بالای دو تا سه هزار درخت در هکتار در پیش روی محققان این محصول قرار دهد.

علاوه بر صفات مرتبط با باردهی ارقام و ژنوتیپ‌های به، تحمل به کلروز آهن در برنامه‌های اصلاح رقم و همچنین در برنامه‌های اصلاح پایه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس چنانچه ژنوتیپ‌هائی از این درخت دارای تحمل نسبی به خاک‌های آهکی باشند می‌تواند به صورت مستقیم و یا در برنامه‌های دورگ گیری با ژنوتیپ‌های پاکوتاه، برای معرفی پایه‌های جدید مورد استفاده قرار گیرد. از دیگر برنامه‌های اصلاحی که می‌تواند اثر بخشی بالائی در برنامه‌های اصلاح پایه به داشته باشد، اصلاح و گزینش برای پاکوتاهی است. با توجه به وجود پاکوتاهی در برخی از ژنوتیپ‌های درختان به نطنز و همچنین گیلان، این ژنوتیپ‌ها می‌تواند به عنوان والدین مناسبی در برنامه‌های دورگ‌گیری و حتی گزینش مستقیم برای پایه در باغداری به و همچنین گلابی مد نظر قرار گیرند. در این راستا با توجه به سازگاری مطلوب‌تر ژنوتیپ‌های استان گیلان، به نظر می‌رسد استفاده از این ژرم‌پلاسم مطلوبیت بیشتری در مقایسه با ژنوتیپ‌های به منطقه نطنز در این رابطه خواهند داشت. این برنامه اصلاحی از این بابت دارای اهمیت بیشتر است که با توجه به قلیائی بودن خاک‌های ایران و حساسیت نسبی اغلب پایه‌های وارداتی به این خاک‌ها، عملاً امکان انتقال از کشت نیمه متراکم به کشت متراکم تا فوق متراکم در باغداری گلابی روی پایه‌های موجود، مقدور نیست.

علاوه بر برنامه‌های اصلاحی که مستقیماً به گونه به یا *C. oblonga* Mill. باز می‌گردد، جنس ولیک نیز به دلیل کاربرد آن به عنوان پایه برای درخت به، می‌تواند از اهداف اصلاحی غیرمستقیم این گونه محسوب شود. نکته حائز اهمیت در این رابطه تنوع بسیار گسترده گونه‌های مختلف جنس ولیک و تحمل بسیار بالای این گونه به شرایط تنش‌های زنده و غیرزنده و همچنین تنوع در قدرت رشد گونه‌های مختلف آن است. بر این اساس با توجه به سخت جوانه‌زنی بذر در گونه‌های مختلف این گونه، لازم است ابتدا امکان تکثیر جنسی و غیر جنسی گونه‌های مختلف این جنس با استفاده از روش‌های ریزازدیادی و یا قلمه مورد ارزیابی قرار گیرد. پس از آن سازگاری ارقام مختلف به بر روی گونه‌های مختلف، علاوه بر گونه *C. atrosanguinea*. که از دیرباز در نهالستان‌های استان اصفهان برای درخت به رقم اصفهان مورد استفاده قرار می گیرد، مورد بررسی قرار گیرد. انجام چنین برنامه گزینشی می‌تواند منجر به گزینش طیفی از پایه‌های درخت به با

قدرت رشـــد متفاوت شـــده و همچنین با توجه به سـازگاری و پاکوتاهی برخی از ارقام گلابی روی پـایـه ولیـک، می‌توانـد منجر بـه امکـان ایجـاد ســـامانه‌های کشـــت متراکم تا فوق متراکم در درخت گلابی، علاوه بر درخت به شود.

سپاسگزاری

نگـارنـده بر خود لازم می‌دانـد از زحمـت پیشـکســوتان بخش تحقیقات باغبانی موســسـه اصـــلاح و تهیه نهال بذر و اداره کل تحقیقات باغبانی از جمله مرحوم مهندس عباسعلی منیعی، مرحوم مهنـدس محمود درویشـــیـان و دکتر مصطفی مصطفوی که پایه‌گذار اولین بررسی‌ها و گزینش‌های درخت به ایران بودند، قدردانی به عمل آورد. همچنین نگارنده مقاله بدین وسیله از زحمات کلیه افراد کارگروه تحقیقات درخت به ویژه آقای مهندس ایوبعلی قاسمی، مرحوم آقای مهندس محمود عدلی، خانم دکتر مریم تاتاری، آقـای دکتر مشـــهیـد هنـاره و آقـای مصـــطفی محمدی گرمارودی که بیش از سه دهه تحقیقات این محصـــول را در بخش تحقیقـات بـاغبـانی موســســه تحقیقات اصـــلاح و تهیه نهال و بذر و میوه‌های معتدله وســـردســـیری و ایســـتگاه های تحقیقاتی پی‌گیری و به انجام رســـانیدند، کمال تشـــکر و قدردانی را دارد. نگارنده همچنین بر خود لازم می‌داند از زحمات خانم دکتر مهســـا خرم‌دل آزاد وآقای دکتر مهدی علیپور که در ارزیابی نشـــانگرهای مولکولی و مورفولوژیک کلکســـیون درخت به، تلاش و اهتمام فراونی داشتند، سپاسگزاری کند.

تعارض منافع

نگارنده اعلام می‌داردکه هیچگونه تعارض منافعی ندارد.

References

Abdollahi, H. and Majidi Heravan, E. 2005. Relation between fire blight resistance and different vegetative and reproductive traits in apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars. *Seed and Plant Journal, 21*, pp.501-513. (in Persian). DOI:10.22092/spij.2017.110656

Abdollahi, H. and Akbari Mehr, H. 2008. Evaluation of fire blight resistance in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes, I. isolation, evaluation and selection of causal bacteria (*Erwinia amylovora*) isolates. *Seed and Plant Jornal 24*, pp.515-528. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.110835

Abdollahi, H., Ghasemi, A. and Mehrabipour, S. 2008. Evaluation of fire blight resistance in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes. II. resistance of genotypes to the disease. *Seed and Plant Jornal, 24*, pp.529-541. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.110836

Abdollahi, H. 2010. Pear: botany, cultivars and rootstocks. Iranian Agricultural Ministry

Publications, Tehran, Iran. 210 pp. (in Persian).

Abdollahi, H., Ghasemi, A. and Mehrabipour, S. 2010. Interaction effects of rootstock and genotype on tolerance to iron deficiency chlorosis in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from central regions of Iran. *Seed and Plant Jornal 26*, pp.1-14. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.110966

Abdollahi, H., Atashkar, D. and Alizadeh, A. 2012. Comparison of the dwarfing effects of two hawthorn and quince rootstocks on several commercial pear cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science, 43*, pp.53-63. (in Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2012.24860

Abdollahi, H., Alipour, M., Khorramdel Azad, M., Ghasemi, A., Adli, M., Atashkar, D., Akbari, M. and Nasiri, J. 2013. Establishment and primary evaluation of quince germplasm collection from various regions of Iran. *Acta Horticulturae, 976*, pp.199-206. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.976.25

Abdollahi, H., Ghahremani, Z., Erfaninia, K. and Mehrabi, R. 2015. Role of electron transport chain of chloroplasts in oxidative burst of interaction between *Erwinia amylovora* and host cells. *Photosynthesis Research 124*, pp.231–242. DOI: 10.1007/s11120-015-0127-8

Abdollahi, H. 2017. Quince (*Cydonia oblonga*) germplasm and breeding strategies in Iran. *Acta Horticulturae, 1315*, pp.213-220. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1315.33

Abdollahi, H., Mohammadi, M., Atashkar, D. and Alizadeh, A. 2018. Comparison of growth and yield of some commercial pear cultivars on two dwarf hawthorn (*Crataegus atrosanguinea*) and quince a rootstocks. *Seed and Plant Production Journal, 34*, pp.1-21. (in Persian). DOI: 10.22092/sppj.2018.118099

Abdollahi, H. 2019. A review on history, domestication and germplasm collections of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in the world. *Genetic Resources and Crop Evolution, 66*, pp.1041-1058. DOI: 10.1007/s10722-019-00769-7

Abdollahi, H., Alipour, M. and Mohamadi Garamroudi, M. 2019. Physicochemical attributes and their relationship with organoleptic properties of fruits of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes collected from different regions of Iran. *Seed and Plant Journal, 35*, pp.25-46. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2019.125806.1092

Abdollahi, H., Alipour, M. and Mohammadi Garmaroud, M. 2019. Physicochemical attributes and their relationship with organoleptic properties of fruits of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes collected from different regions of Iran. *Seed and*

Plant Journal, 35, pp.25-46. DOI: 10.22092/spij.2019.125806.1092

Abdollahi, H. 2021a. An illustrated review on manifestation of pome fruit germplasm in the historic miniatures of ancient Persia. *Genetic Resources and Crop Evolution 68*, pp.2775-2791. DOI: 10.1007/s10722-021-01244-y

Abdollahi, H. 2021b. Quince. Pp. 183-246. In: Mandal, D., Wermund, U., Phavaphutanon, L. and Cronje, R. (eds.). *Temperate Fruits; Production, Processing, and Marketing*. CRC Press, New York, USA. DOI: 10.1201/9781003045861

Abdollahi, H., Alipour, M., Khoramdel Azad, M. and Taghizadeh, A.A. 2021. Identification of effective morphological and molecular markers for discrimination and identification of commercial cultivars and promising genotypes of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) tree. *Iranian Journal of Horticultural Science, 52*, pp.69-83. (in Persian). DOI: 10.22059/ijhs.2019.279010.1642

Abdollahi, H. 2024. Quince cultivation; scientific and applied principles. Horticultural Sciences Research Institute Publication, Karaj, Iran. 423 pp. (in Persian)

Ahmadi, S., Alipour, M., Abdollahi, H. and Atashkar, D. 2013. Comparison of efficiency of indices for fire blight susceptibility evaluation in quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in orchard condition. *Seed and Plant Journal, 29*, pp.331-347. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111160.

Akbari Bisheh, H., Abedi, B., Karimi, M.R., Abdollahi, H. and Shoorc, M. 2014. Evaluation of genetic diversity in some species of wild hawthorns (*Crateagus* spp.) in various regions of Iran by means of morphological markers. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, *44*, pp.511-516.

Ali, B. and Kazempour, M. N. 2004. Presentation of *Erwinia amylovora* from Guilan province. Pp. 422. In: Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, Tabriz, Iran (Abstract).

Alipour, M. 2013. Morphological, physiological and molecular assessment of some Iranian quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes. M. Sc. Thesis. Islamic Azad University. Science and Research Branch. Tehran, Iran. 186 pp.

Alipour, M., Abdollahi, H., Abdousi, V., Ghasemi, A. A. Adli, M. and Mohammadi, M. 2014. Evaluation of vegetative and reproductive characteristics and distinctness of some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from different regions of Iran. *Seed and Plant Journal, 30*, pp. 507-529. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111226

Alipour, M., Nadi, S., Abdollahi, H., Hossein Ava, S., Abdossi, V. and Hassani, M. 2018. Evaluation of genetic diversity of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes

from various regions using RAPD molecular markers. *Modern Genetic Journal*, *13*, pp.169-174. (in Persian). DOI: 20.1001.1.20084439.1397.13.1.15.2

Amirahmadi, Z., Abdollahi, H. and Ayyari, M. 2017. Variations in flavonoid compounds of the leaves and fruits of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from northern regions of Iran. *Iranian Journal of Horticultural Science, 48*, pp.329-337. (in Persian) DOI: 10.22059/ijhs.2017.134753.859

Anonymous, 2021. Statistic Yearbook of Agricultural Products, Volume III: Horticultural Products. Deputy of Economic Planning, Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. 163 pp.

Avicenna, A.A. 1973. The canon of medicine of Avicenna. New York, AMS Press, USA. 612 pp.

Behzadi, R. 1990. Ancient peoples in Central Asia and the Iranian plateau, Publication of the Iranian Ministry of Foreign Affairs, Institute Press, Tehran, Iran. 374 pp.

Bell, L. R. and Leitão, M.J. 2011. *Cydonia*. Pp. 1-16. In: Chittaranjan, K. (ed.) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. DOI: 10.1007/978-3-642-16057-8-1

Bhattacharjee, S. 2011. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. Pp. 1-30. In: Dutta Gupta, S. (ed.). Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. DOI: 10.1201/9781439854082-2

Brunn, S.D. 1963. A cultural plant geography of the quince. *Professional Geography, 15*, pp.16-18. DOI: 10.1111/j.0033-0124.1963.016_w.x

Büttner, R. 2001. *Cydonia*. Pp. 458–460. In: Hanelt, P. (ed.) *Mansfelds Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops*. Springer, Berlin, Germany.

Curtis, J. and Tallis, N. 2005. Forgotten empire: the world of ancient Persia. The British Museum Press, London, UK. 272 pp.

Danby, H. 1933. Mishnah; translated from the Hebrew with introduction and brief explanatory notes. Oxford University Press, Oxford, United States of America. 644 pp.

Darvishian, M. 1985. The fruit atlas and its adaptation to Iran's environment; First phase: Alborz, Alvand and Karkas mountains. Publication of Iranian Research Organization for Science and Technology, Teharn, Iran. 138 pp.

Darvishian, M. 1986. The fruit atlas and its adaptation to Iran's environment; First phase: Zagros mountains and North West of Iran. Publication of Iranian Research Organization for Science and Technology, Teharn, Iran. 119 pp.

Darvishian, M. 1987. The fruit atlas and its adaptation to Iran's environment; First phase: Binaloud and Hezar Masched mountains. Publication of Iranian Research Organization for Science and Technology, Teharn, Iran. 185 pp.

Davarynejad, G.H., Shahriari, F. and Hassanpour, H. 2008. Identification of graft incompatibility of pear cultivars on quince rootstock by using isozymes banding pattern and starch. *Asian Journal of Plant Sciences, 7*, pp.109-112. DOI: 10.3923/ajps.2008.109.112

Davoudi, A., Majidi, E., Rahimian, H. and Valizade, M. 2005. The intensity of disease of pear cultivars to fire blight with use the standard system of USDA. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, *Water and Soil Science, 9*, pp.159-168.

Esumi, T., Tao, R. and Yonemori, K. 2007a. Comparison of early inflorescence development between Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) and quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 76*, pp.210-216. DOI: 10.2503/jjshs.76.210

Esumi, T., Tao, R. and Yonemori, K. 2007b. Relationship between floral development and transcription levels of *LEAFY* and *TERMINAL FLOWER 1* homologs in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) and quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 76*, 294-304. DOI: 10.2503/jjshs.76.294

FAO. 2021. Food and agriculture organization production yearbook. Food and Agriculture Organization Publication, Rome, Italy.

Ghahremani, Z., Alipour, M., Ahmadi, S., Abdollahi, H., Mohamadi, M., Ghasemi, A.A. and Adli, M. 2014. Selecting effective indices for evaluation of fire blight resistance inquince germplasm under orchard settings. *Acta Horticulturae 1056*, pp.247-251. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1056.41

Gheisari, H.R. and Abhari, K. 2014. Drying method effects on the antioxidant activity of quince (*Cydonia oblonga* Miller) tea. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia 13*, pp.129-134. DOI: 10.17306/J.AFS.2014.2.2

Ghozati, E., Abdollahi, H. and Piri, S. 2016. Comparison of total phenolic contents of the leaves and fruits of quince genotypes and its effects on the fire blight resistance. *Seed and Plant Journal, 32*, pp.331-345. DOI: 10.22092/spij.2016.113062

Grígel, J., Černý, K., Mrázková, M., Havrdová, L., Zahradník, D., Jílková, B. and Hrabětová, M. 2019. Phytophthora root and collar rots in fruit orchards in the Czech Republic. *Phytopathologia Mediterranea, 58*, pp, 261-275. DOI:

10.14601/Phytopathol_Mediter-10614

Habashi, A.A., Dashti, S., Abdollahi, H. and Kermani M.J. 2012. Comparing vacuum Agroinoculation and common Agroinoculation in two pear (*Pyrus communis* L.) cultivars "Bartlett" and "Harrow Delight". *Annals of Biological Research, 3* pp.3200-3207.

Hassani, M., Salami, S.A., Nasiri, J., Abdollahi, H. and Ghahremani, Z. 2016. Phylogenetic analysis of PR genes in some pome fruit species with the emphasis on transcriptional analysis and ROS response under *Erwinia amylovora* inoculation in apple. *Genetica, 144*, pp.9-22. DOI: 10.1007/s10709-015-9874-x

Janick, J. 2005. The origin of fruits, fruit growing and fruit breeding. *Plant Breeding Reviews, 25*, pp.255-320. DOI: 10.1002/9780470650301.ch8

Kehsavarzi, M. 2015. Evaluation of genetic diversity in hawthorn (*Crataegus* spp.) for identification of fire blight tolerant genotypes. Horticultural Sciences Research Institute, Karaj Iran. 85 pp.

Khademi, F., Danesh, B., Delazar, A., Mohammad Nejad, D., Ghorbani, M. and Soleimani Rad, J. 2013. Effects of quince leaf extract on biochemical markers and coronary histopathological changes in rabbits. *ARYA Atherosclerosis Journal. 9*, pp.223-31.

Khandan, A., Abdollahi, H. and Hajnajari, H. 2011. National guidelines for distinction, uniformity and stability examination in quince (*Cydonia oblonga* Mill.). Seed and Plant Certification and Registration Institute Publication, Karaj, Iran. (in Persian). 40 pp.

Khoramdel Azad, M., Nasiri, J. and Abdollahi, H. 2013. Identification of genetic diversity of selected Iranian quince genotypes using SSRs derived from apple and pear. *Biochemical Genetics, 51*, pp.426-442. DOI: 10.1007/s10528-013-9575-z

Khoshbakht, K. and Hammer, K. 2006. Savadkouh (Iran); an evolutionary centre for fruit trees and shrubs. *Genetic Resourses and Crop Evolution 53*, pp.641-651. DOI: 10.1007/s10722-005-7467-8

Khosravi Nejad, F. and Abdollahi, H. 2023. Histology of reactive oxygen species generation in oxidative burst of interaction between quince (Cydonia oblonga Mill.) genotypes with causal bacteria of fire blight disease. *Seed and Plant Journal, 39*, pp.49-27. DOI: 10.22092/spj.2023.362408.1311

Khosravinezhad, F., Abdollahi, H., Kashefi, B., Hassani, M. and Salehi, Z. 2016. Study on in vitro propagation of some promising quince (*Cydonia oblonga*) cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science, 47*, pp.135-144. DOI: 10.22059/ijhs.2016.58219

Khoubnasabjafari, M. and Jouyban, A. 2011. A review of phytochemistry and bioactivity of quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Journal of Medicinal Plants Research, 5*, pp.3577-3594.

Le Lezec, M. and Paulin, J.P. 1984. Shoot susceptibility to fire blight of some apple cultivars. *Acta Horticulturae, 151*, pp.277-287. DOI:10.17660/ActaHortic.1984.151.39

Manee, A. 1994. Pear and quince and their growing. Iran Technical Publication Company. Tehran, Iran. 113 pp. (in Persian).

Maroofi, A. and Mostafavi, M. 1996. Evaluation of the resistance of apple, pear and quince varieties to fire blight. *Acta Horticulturae, 411*, pp.395-400. DOI: 10.17660/ActaHortic.1996.411.80

Mazarei, M., Zakeri, Z. and Hassanzadeh, N. 1994. Fire blight situation on fruit trees in West Azerbaijan and Ghazvin provinces. *Iranian Journal of Plant Pathology, 30*, pp.25-32. (in Persian).

Mehrabipour, S., Abdollahi, H. and Adli, M. 2012. Response of some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from Guilan and Khorasan provinces to fire blight disease. *Seed and Plant Journal, 28*, pp.67-84. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111092

Mehrabipour, S., Abdollahi, H., Hassanzadeh, N. and Ghasemi, A.A. 2010. The role of some quince stock (*Cydonia oblonga*) genotypes in susceptibility to fire blight disease. *Applied Entomology and Phytopathology, 78*, pp.25-42.

Mirabdulbaghi, M. 2020. Evaluating the effectiveness of concentration of iron and zinc elements in flower at full bloom to some leaf parameters, growth traits and yield of quince cultivars seedlings (*Cydonia oblonga* Mill.) from Iran grown in calcareous soils. *Plant Productions, 43*, pp.159-170. DOI: 10.22055/ppd.2019.26943.1645

Mirabdulbaghi, M. and Abdollahi, H. 2014. Foliar nutrient response in some Iranian quince genotypes. *Journal of Horticulture and Forestry, 6*, pp.92-98. DOI: 10.5897/JHF2014.0363

Mirabdulbaghi, M. and Abdollahi, H. 2015. Leaf morpho-physiology and leaf-Fe content of selected quince genotypes from different parts of Iran. *Agriculturae Conspectus Scientificus, 79*, pp.103-107.

Mirabdulbaghi, M., Akbari, H. and Abdollahi, H. 2022. Effect of leaf nutrient uptake on fruit quality and shelf life of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars grafted on hawthorn (*Crataegus* spp.) rootstock. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 23*, pp.409-424 DOI: 20.1001.1.16807154.1401.23.2.10.0

Mirabdulbaghi, M., Akbari Bisheh, H., Abdollahi, H. and Zarghami, R. 2023a.

Hawthorn rootstock (*Crataegus* spp.) affects scion nutrition and nutrient composition of fruit of some selected quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes. *Erwerbs-Obstbau, 4*, pp.729-743. DOI:10.1007/s10341-022-00685-8

Mirabdulbaghi, M., Tavusi, S., Abdollahi, H. and Zarghami, R. 2023b. Fruit mineral content and post harvest quality of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) as affected by soil lime stress. *Erwebs obstbau, 3*, pp.2623-2631. DOI: 10.1007/s10341-023-00978-6

Moradi, S., Koushesh Saba, M., Mozafari A.A. and Abdollahi, H. 2016. Antioxidant bioactive compounds changes in fruit of quince genotypes over cold storage. *Journal of Food Science, 81*, pp.1833-1839. DOI: 10.1111/1750-3841.13359

Moradi, S., Koushesh Saba, M., Mozafari, A.A. and Abdollahi, H. 2017. Physical and biochemical changes of some Iranian quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes during cold storage. *Journal of Agricultural Science and Technology, 19*, pp.377-388.

Morgan, J. 2015. The book of pear: the definitive history and guide to over 500 varieties. Ebury Press, London, UK. 304 pp.

Musavi, S. and Mirabdulbaghi, M. 2017. Tolerance to lime induced iron-chlorosis in some selected quince genotypes. *Jordan Journal of Agricultural Sciences,13*, pp.341-354.

Naeimi, K., Abdollahi, H. and Miri, S.M. 2020. Evaluation of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) seedlings originated from North West of Iran and preliminary selection of promising genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science, 50*, pp.967-981. DOI: 10.22059/ijhs.2018.250070.1382

Nikzad Gharehaghaji, A., Abdollahi, H., Arzani, K., Shojaeiyan, A., Padasht, M.N., Dondini, L. and De Franceschi, P. 2014a. Contribution of western and eastern species to the Iranian pear germplasm revealed by the characterization of *s*-genotypes. *Acta Horticulturae, 1032* pp.159-167. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1032.21

Nikzad Gharehaghaji, A., Arzani, K., Abdollahi, H., Shojaeiyan, A., Dondini, L. and De Franceschi, P. 2014b. Genomic characterization of self-incompatibility ribonucleases in the Central Asian pear germplasm and introgression of new alleles from other species of the genus *Pyrus*. *Tree Genetic and Genomics, 10*, pp.411-428. DOI: 10.1007/s11295-013-0696-7

Norelli, J.L., Borejsza-Wysocka, E., Momol, M.T., Mills, J.Z., Grethel, A., Aldwinckle, H.S., Ko, K., Brown, S.K., Bauer, D.W., Beer, S.V., Abdul-Kader, A.M. and Hanke, V. 1999. Genetic transformation for fire blight resistance in apple. *Acta Horticulturae, 489*, pp.295-296 DOI: 10.17660/ActaHortic.1999.489.50

Razavi, F., Arzani, K. and Vezvaei, A. 1999. Identification of native quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from various regions of Isfahan province. *Seed and Plant Journal, 15*, pp.354-374. (in Persian).

Sabeti, H. 1994. Trees and shrubs of Iran. Yazd University Press, Yazd, Iran. 810 pp. (in Persian).

Sadeghi Garmaroodi, H., Abdollahi, H. and Mohammadi Garmaroodi, M. 2023. Selection of resistant genotypes of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) to root and crown rot caused by the pathogen, Phytophthora cactorum, in the lab condition. *Scientia Horticulturae, 310*, 111747. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111747.

Sadeghnejad, S. 2024. Histological and molecular analysis of flower buds differentiation and self-compatibility in cultivars and genotypes of quince tree (*Cydonia oblonga* L.). Ph. D. Thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch. Tehran, Iran. 83 pp.

Sadeghnejad, S., Abdollahi, H., Davoodi, D., Tatari, M. and Khosroshahli, M. 2024. Identification of self-incompatibility alleles in quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *PLoS One, 19*, e0297595. DOI: 10.1371/journal.pone.0297595

Sahandpour, A. and Ghasemi, A. 2004. Occurrence of the fire blight of pome trees in Fars province. Pp. 429. In: Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, Tabriz, Iran (Abstract).

Şahin, M., Mısırlı, A. and Ozaktan, H. 2020. Determination of fire blight (*Erwinia amylovora*) susceptibility in Turkey's Cydonia oblonga Mill. Germplasm. *European Journal of Plant Pathology, 157*, pp.227–237. DOI: 157. 10.1007/s10658-020-01971-5

Silva, B. M., Andrade, P. B., Martins, R. C., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R. M. and Ferreira, M. A. 2005. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit characterization using principal component analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*, pp.111-122. DOI: 10.1021/jf040321k

Silva, B.M., Andrade, P.B., Goncalves, A.C., Seabra, R.M., Oliveira, M.B. and Ferreira, M.A. 2004. Influence of jam processing upon the contents of phenolics, organic acids and free amino acids in quince fruit (*Cydonia oblonga* Miller). *European Food Research and Technology, 218*, pp.385–389. DOI: 10.1007/s00217-003-0845-6

Silva, B.M., Valentão, P., Seabra, R.M. and Andrade, P.B. 2008. Quince (*Cydonia oblonga* Miller): an interesting dietary source of bioactive compounds. Pp. 243-266. In: Papadopoulos, K.N. (ed.) *Food Chemistry Research Developments*. New York Nova Science Publication.

Taheri Shahrestani, A., Abdollahi, H., Yakhchali, B., Mehrabi, R., and Eini Gandomani, O. 2017. Response of pear cultivars to invasion of mutant strains of fire blight causal agent (*Erwinia amylovora*) based on H_2O_2 generation. *Seed and Plant Journal, 33,* pp.315-333. (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.116680

Talaei, Z., Abdollahi, H., Sorkhi, B., Tatari, M. and Torkashvand, M. 2020. Evaluation of diversity and isolation of the first self-incompatibility allele in indigenous quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes of Iran. *Modern Genetics Journal, 15*(2), pp.93-101. (in Persian). DOI: 20.1001.1.20084439.1399.15.2.3.6

Tatari, M. 2021. Effect of harvest time on quality and postharvest life of some quince fruit cultivars (*Cydonia oblonga* Mill.) in cold storage conditions. *Research in Pomology*, *5*, pp.11-23.

Tatari, M. 2023a. Effect of self- and cross-pollination on fruit set and other characteristics of Isfahan quince cultivar. *Journal of Agricultural Science and Technology, 25*, pp.941-952, DOI: 10.22034/jast.25.4.12

Tatari, M. 2023b. Postharvest quality of new quince cultivar and promising genotype (*Cydonia Oblonga* Mill.) in response to harvesting time and length of the cold storage period. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, *6*, pp.1-14. DOI:10.22077/jhpr.2022.4875.1254

Tatari, M., Abdollahi H. and Mousavi A., 2018. Effect of pollination on dropping of flowers and fruits in new quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivar and promising genotypes. *Scientia Horticulturae, 231,* pp.126-132. DOI:10.1016/j.scienta.2017.10.045

Tatari, M., Jafari, A., Shirmardi, M. and Bagheri, Z. 2024. Growth and yield characteristics of some selected quince (*Cydonia Oblonga* Mill.) cultivars and promising genotypes. *Agriculturae Conspectus Scientificus, 89*(1), pp.7-15.

Tatari, M., Mahlouji, M., and Ghorbani, E. 2020b. Determination of the appropriate harvest time and storability of some cultivars and promising genotypes of quince (*Cydonia Oblonga* Mill.) in cold storage conditions. *Journal of Horticultural Science, 33*, pp.639-653. DOI: 10.22067/jhorts4.v33i4.74752

Tatari, M., Rezaei, M., and Ghasemi, A. 2020a. Quince rootstocks affect some vegetative and generative traits. *International Journal of Fruit Science, 20*, pp.S668–S682. DOI: 10.1080/15538362.2020.1764462

Torkashvand, M., Akbari Bisheh, H., Taghizadeh, A.A. and Abdollahi, H. 2017. The study of genetic diversity of some species and sub-species of hawthorn (*Crataegus* spp.) in Iran using SSR markers. *Modern Genetics Journal, 12*, pp.365-376. DOI:

20.1001.1.20084439.1396.12.3.5.9

Torkashvand, M., Zeinolabedini, M., Abdollahi, H., Vatanpou Azghandi, A. and Ebrahimi, A. 2021. Determination of genetic relationship of quince cultivars and genotypes collected from various centers of origin and diversity of this species by using SSR markers. *Seed and Plant Journal*, *37*, pp.127-147. DOI: 10.22092/sppi.2021.354388.1226

Tukey, H.B. 1964. Dwarfed fruit trees. Cornell University Press, Ithaca, USA. 562 pp.

van der Zwet, T., and Keil, H. L. 1979. Fire blight: a bacterial disease of rosaceous plants. United States Department of Agriculture, Agricultural Handbook Number 510. 650 pp.

Vila, E., Mashkour, M., Casanova, M. and Vallet, R. 2020. The Iranian plateau during the Bronze Age: development of urbanisation, production and trade. MOM Éditions, France. 356 pp.

Westwood, M.N. 1993. Temperate zone pomology physiology and culture. Timber Press Inc., Portland, Oregon, USA. 624 pp.

Zakeri, Z., and Sharifnabi, B. 1991. Pear fire blight disease in Karaj. Pp. 157. In: Proceedings of the 10th Iranian Plant Protection Congress, Kerman, Iran. (Abstract).

Zohary, D. and Hopf, M. 2000. Domestication of plants in the old world. Oxford, UK. 243 pp.

Zohur, A. and Rahmani Moghadam, N. 2004. Outbreak of fire blight in Khorasan province. Pp.423. In: Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, Tabriz, Iran. (Abstract).

Review Article

A Review on Cultivation History, Genetic Resources, Selection of Cultivars and Improvement of Tree and Fruit Characteristics of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in Iran

H. Abdollahi*

Associate Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Abdollahi, H. 2023. A review on cultivation history, genetic resources, selection of cultivars and improvement of tree and fruit characteristics of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars in Iran**.** *Seed and Plant, 39*, pp. 445-443 (in Persian).

The origin of the quince tree (*Cydonia oblonga* Mill.) is the regions between the Caspian Sea and the Black Sea, and it continues to Talash and part of Guilan and Ardabil provinces in Iran. Thus, several centers of diversity of this species, including the center of diversity of the Iranian plateau, have been formed around its center of origin during 4000 years since the beginning of the cultivation of this tree. Due to the existence of very wide and rich germplasm of the quince tree, the country of Iran is one of the major and important countries in production of this fruit in the world, and due to the public acceptance and its medicinal properties, the cultivation of this tree and its commercially released cultivars is increasing. Considering the wide and rich germplasm of quince tree in different regions of Iran, different collection programs and selection of genotypes have been carried out, and superior cultivars such as cv. Isfahan, cv. Viduja and cv. Behta were selected and commercially released during the recent decades. Local and native cultivars, which had less commercial values, have been gradually eliminated. The most important aims of quince tree breeding program in the last two decades has been focused on breeding for resistance to fire blight disease, selecting dwarf and spur bearing habit genotypes, selection for tolerance to iron chlorosis and resistance to crown rot, identification and selection of self-compatible cultiavrs and selection of best pollinizer cultiavrs, breeding for storage and fruit quality, selecting superior cultivars for secondary metabolites and especially phenolics, and finally starting hybridization programs with the aim of developing cultivars with spur-type bearing habit with the superior fruit quality. In this review article, the progresses and and a reviewe of numerous research programs carried out over several decades in Iran, have been considerd and presented.

Keywords: Quince, center of origin, center of diversity, fire blight disease, growth habit, self-compatability.

The quince tree (*Cydonia oblonga* Mill.), after apples and pears, has been cultivated as the third pome fruit tree in Iran and some countries of the world (Bell and Leitão,

2011). The center of origin of the quince tree is the region between the Caspian Sea and the Black Sea, and this center of origin also covers the southern parts, such as Talash region, of Guilan province in Iran (Abdollahi, 2024). It seems that during thousands of years of expansion of early civilizations from Iran, Mesopotamia and Syria, early and superior types of quince trees were selected and gradually developed to more distant areas. The establishment of early civilizations in the peripheral areas of the Iranian plateau covered various genetic reserves of several fruit trees and the initial point of attention of early civilizations was the use of quince fruits, for food consumption about 4000 BC and even earlier before. The development and cultivation of superior types of quince trees in the ancient period was based on the use of seeds, which due to the relative self-compatiblity of the quince tree in some genotypes, the high homozygosity has been caused the extension of seedling trees with superior fruit quality compared to other pome fruit trees such as apples and pears.

Based on the documents, cultivation of native cultivars and local genotypes of quince tree continued until the first decades of the 14th century in the various regions of Iran (Darvishian, 1985). Darvishian (1985) in his surveys on the native quince cultivars of various region of Iran, mentioned to several cultivars including, cv. Isfahan, cv. Shams and cv. Kharv Neishabour, that seems these cultivars have been among the oldest native quince cultivars of Iran. Darvishian (1985) named three cultivars of Gorton Isfahan, Kharv Neishabur and Shams as the first selected and certified commercial quince cultivars in Iran. Until then, no action was taken to collect and import quince cultivars, until the first clonal rootstocks of this tree including quince A, B, C, BA29 and Adams were introduced and were preliminary evaluated (Abdolahi, 2024). This collection can be introduced as the first valid collection of quince tree in Iran, which was established in the Kamalshahr Horticultural Research Station in Karaj. In the next studies quince germplasm from different regions from Isfahan, Guilan, Ardabil, Tehran, Khorasan were collected and evaluated for various charachteristics and resistances (Razavi *et al*., 1999; Abdollahi *et al*., 2013).

The most important aims of quince breeding program in the last two decades have been breeding for resistance to fire blight disease, breeding for selecting dwarf spur bearing habit, selection for tolerance to iron chlorosis and resistance to crown rot, identification and selection of self-compatible cultiavrs and selection of best pollinizer cultiavrs, breeding for storage and fruit quality, selecting superior cultivars in terms of secondary metabolites and especially phenolics, and finally starting hybridization programs with the aim of producing cultivars with spur-type bearing habit with the superior fruit quality.The researches conducted on different aspects of quince tree breeding, until now, have led to selction and commercially release of cv. Viduja with dwarf growth habit and high spur bearing habit, which is higher yieldind compared to the cv. Isfahan, as well as the cv. Behta with high fruit quality and greater spur production. In the orchard evaluations for fire blight resistance, cv. Viduja has demonstrated higher disease resistance and high yield potential. This cultivar also has been used in hybridization program for obtaining dwarf, high bearing quince cultivars.

In addition to cv. Viduja and cv. Behta and other promising genotypes that have been introduced from Isfahan province, four genotypes have also been selected from the northwest of the Iran, including; Givi, AD1, ASH and AS1, which are being evaluated as promising genotypes. Cultivar Behta in both orchard and greenhouse evaluations has demonstrated acceptable levels of resistance to crown rots. In self-incompatiblity evaluations, *S1*, *S4* and *S5* alleles from self incompatibility locus were sequenced and deposited in data bank, also both self-compatible and self-incompatible quince cultivars and genotypes were reported in quince genotypes of Iran. The evaluation of the total antioxidant capacity of leaves and fruits of quince cultivars and genotypes from different regions of Iran showed that some of the promising genotypes of Isfahan province are the best sources of secondary metabolites and have the highest total antioxidant capacity.

All of the above mentioned quinces breeding objectives should be continued in more comprehensive research and breeding programs including the survey and complementary collection of germplasm, intra/inter specific hybridization programs, as well as the use of hawthorn (*Crataegus* spp.) rootstocks for dwarfing, drought and salinity tolerance.

References

Abdollahi, H., Alipour, M., Khorramdel Azad, M., Ghasemi, A., Adli, M., Atashkar, D., Akbari, M. and Nasiri, J. 2013. Establishment and primary evaluation of quince germplasm collection from various regions of Iran. *Acta Horticulturae, 976*, pp.199-206. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.976.25

Abdollahi, H. 2024. Quince cultivation; scientific and applied principles. Horticultural Sciences Research Institute Publication, Karaj, Iran. 423 pp. (in Persian)

Bell, L. R. and Leitao, M.J. 2011. *Cydonia*. Pp. 1-16. In: Chittaranjan, K. (ed.) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. DOI: 10.1007/978-3-642-16057-8-1

Darvishian, M. 1985. The fruit atlas and its adaptation to Iran's environment; First phase: Alborz, Alvand and Karkas mountains. Publication of Iranian Research Organization for Science and Technology, Teharn, Iran. 138 pp.

Razavi, F., Arzani, K. and Vezvaei, A. 1999. Identification of native quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from various regions of Isfahan province. *Seed and Plant Journal, 15*, pp.354-374. (in Persian).

*Corresponding author: author: h.abdollahi@areeo.ac.ir **Tel**.: +982636702541

Received: 06 November 2023
Accepted: 15 January 2024

2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.