دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده علوم زراعی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته بیوتکنولوژی

بررسی تنوع ژنتیکی ارقام وحشی و برخی ارقام زراعی انار با استفاده از نشانگر مولکولی AFLP

اساتید راهنما

دکتر غفار کیانی

دکتر علی دهستانی کلاگر

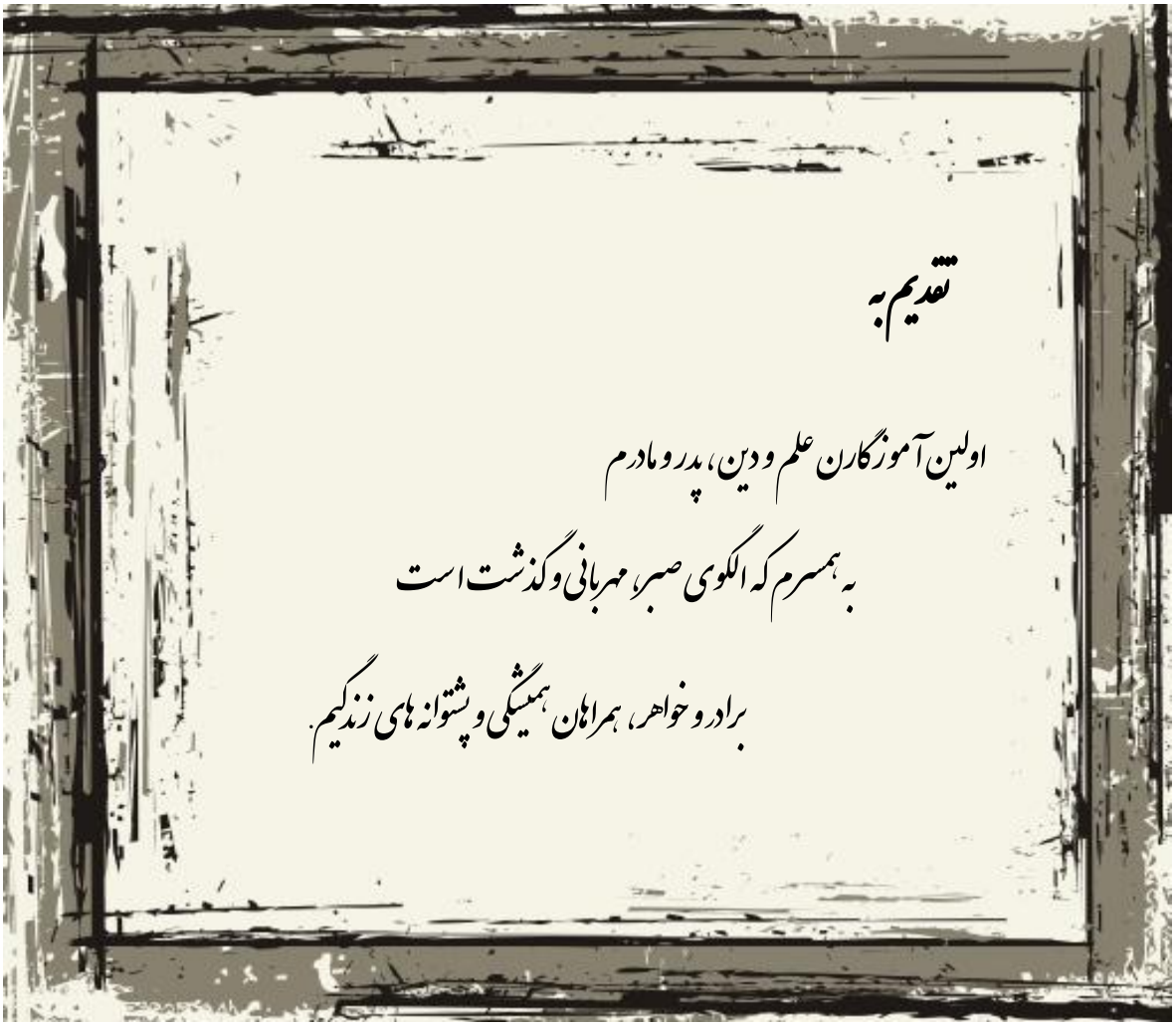
استاد مشاور

مهندس سید حمیدرضا هاشمی

نگارش:

رضا نظیفی گلیردی

بهمن ۱۳۹۱


تقدیم به
اولین آموزگارن علم و دین، پدر و مادرم
به همسرم که الگوی صبر، مهربانی و گذشت است
برادر و خواهر، همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم.

تقدیر و تشکر

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمون مان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت.

از پدر عزیز و مادر فداکارم به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتی، و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند، بی نهایت سپاسگزارم.

سپاسگزارم از اساتید راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر غفارکیانی و دکتر علی دهستانی که همواره و همه جا اشارات و راهنمایشان چون فانوسی در این تاریک راه، کارگشا و راه گشا بود و آنچه کردند برای من همیشه ماندگار. جز آرزوی بهروزی و پیروزیشان بضاعتی ام نیست برای امتنان.

از جناب آقای مهندس هاشمی به پاس بذل لطف و مشاوره ی استادانشان سپاسگزارم و همواره بذل لطف الهی را در کارهایشان مسئلت دارم.

از صبر و بردباری اساتید بزرگوار آقایان دکتر کاظمی تبار و دکتر باقری که زحمت مطالعه و داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند و نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر شریف که مدیریت جلسه دفاع ام را پذیرفته اند، بسیار سپاسگزارم.

رضا نظیفی گلیردی

بهمن ۱۳۹۱

فهرست مطالب

فصل اول ۱

۱ مقدمه و کلیات ۳

۱-۱ مقدمه ۳

۱-۲ کلیات ۶

۱-۲-۱ پیشینه تاریخی انار ۶

۱-۲-۲ مورفولوژی انار ۸

۱-۲-۳ گیاه شناسی انار ۱۰

۱-۲-۴ سطح زیر کشت انار در جهان و ایران ۱۰

۱-۲-۵ اهمیت مطالعه انار ۱۱

۱-۲-۶ نشانگر و انواع آن ۱۲

۱-۲-۷ واکنش زنجیرهایی پلیمراز ۱۴

۱-۲-۸ انواع نشانگرهای DNA ۱۵

۱-۲-۹ نشانگر AFLP ۲۰

۱-۲-۱۰ معیار انتخاب نشانگر به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ۲۵

۱-۲-۱۱ روش‌های آماری به منظور محاسبه تنوع ژنتیکی ۲۶
۱-۲-۱۲ تجزیه واریانس مولکولی ۲۸
۲ بررسی منابع ۳۱
۳ مواد و روش‌ها ۳۷
۳-۱ مواد گیاهی مورد آزمایش ۳۷
۳-۲ استخراج دی.ان.اِ ژنومی ۳۸
۳-۲-۱ تعیین کیفیت و کمیت دی.ان.اِ ۴۰
۳-۳ اجرای مراحل AFLP ۴۲
۳-۳-۱ هضم دی.ان.اِ ژنومی ۴۲
۳-۳-۲ اتصال سازگارسازهای دو رشته‌ای به انتهای قطعه‌های چسبنده ۴۵
۳-۳-۳ تکثیر پیش انتخابی ۴۷
۳-۳-۴ تکثیر انتخابی ۵۰
۳-۳-۵ برنامه ترموسایکلر برای تکثیر ۵۳
۳-۳-۶ واسرشته کردن محصولات پی.سی.آر ۵۴
۳-۳-۷ الکتروفورز عمودی (ژل پلی‌اکریلامید) ۵۵
۳-۴ آماده سازی دستگاه الکتروفورز ۵۵
۳-۴-۱ آماده سازی ژل ۵۶

۳-۴-۲ گرم کردن ابتدایی ژل ۵۶
۳-۴-۳ بارگذاری نمونه‌ها ۵۷
۳-۴-۴ رنگ آمیزی نیترات نقره ۵۷
۳-۵ مشاهده باندها و تجزیه و تحلیل داده‌ها ۵۸
۳-۶ تحلیل آماری داده‌ها ۵۹
۳-۶-۱ امتیازدهی باندها ۵۹
۳-۶-۲ ضرایب مبتنی بر داده‌های صفر و یک به منظور تشکیل ماتریس شباهت ۶۰
۳-۶-۳ انتخاب الگوریتم گروه‌بندی ۶۰
۳-۶-۴ بررسی کارایی الگوریتم و ضرایب ماتریس تشابه ۶۱
۳-۶-۵ Bootstrapping ۶۱
۳-۶-۶ آزمون مانتل ۶۱
۳-۶-۷ تجزیه به‌مولفه‌های اصلی ۶۲
۳-۶-۸ تجزیه واریانس مولکولی AMOVA ۶۲
۳-۶-۹ شاخص‌های مورد بررسی ۶۲
۴ نتایج و بحث ۶۶
۴-۱ نتایج استخراج دی.ان.اِ ۶۶
۴-۲ نتایج مرحله هضم دی.ان.اِ ۶۶

۴-۳ نتایج مرحله پیش انتخابی ۶۷
۴-۴ نتایج مرحله انتخابی ۶۸
۴-۵ تجزیه وتحلیل داده‌های نشانگر اِ.اف.ال.پی ۶۸
۴-۶ مقایسه قطعات تکثیر شده مربوط به ترکیبات آغازگری مختلف ۷۰
۴-۷ ظرفیت اطلاعات چندشکلی ۷۱
۴-۸ تجزیه خوشه‌ای ۷۳
۴-۸-۱ محاسبه بهترین ضریب تشابه و الگوریتم خوشه‌بندی ۷۳
۴-۸-۲ تحلیل ماتریس تشابه ۷۴
۴-۸-۳ رسم دندروگرام و انتخاب بهترین تعداد خوشه ۷۴
۴-۸-۴ آزمون صحت دندروگرام با استفاده از تکنیک Bootstrapping ۷۶
۴-۹ تجزیه به‌مولفه‌های اصلی ۷۷
۴-۱۰ پیشنهادات ۸۴
۵ فهرست منابع مورد استفاده ۸۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: بعضی از فرم‌های میوه انار ۹

شکل ۱-۲: مراحل اصلی واکنش زنجیره ایی پلیمراز ۱۵

شکل ۱-۳ :مراحل تکنیک AFLP ۲۳

شکل ۱-۴: معیارهای لازم برای انتخاب نشانگر مناسب در بررسی تنوع ۲۵

شکل ۳-۱: نقشه مکان‌های مختلف نمونه برداری ۳۷

شکل ۳-۲: پروفایل الکتروفورز ژل آگارز مربوط به دی.ان.اِ رقیق شده ژنومی ۴۲ ژنوتیپ انار ۴۳

شکل ۳-۳: پروفایل ژل الکتروفورز مرحله پیش انتخابی مربوط به نمونه انار ۵۰

شکل ۴-۱: پروفایل ژل الکتروفورز دی. ان. اِ استخراجی بر روی ژل آگارز ۰/۷ درصد. ۶۶

شکل ۴-۲: پروفایل ژل مربوط به هضم دی.ان.اِ ژنومی به همراه ۵۰۰ نانوگرم نمونه‌های شاهد ۶۷

شکل ۴-۳: پروفایل ژل اکریلامید مربوط به مرحله انتخاب بهترین ترکیب آغازگری (۱۶ ترکیب) ۶۹

شکل ۴-۴ :پروفایل ژل اکریلامید مربوط به ترکیب آغازگری E-ACC, M-CTC ۷۰

شکل ۴-۵: گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گیاه انار با استفاده از نشانگر AFLP ۷۶

شکل ۴-۶: نمایش دو بعدی تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس مولفه اول و دوم داده‌های AFLP .. ۷۸

شکل ۴-۷: نمایش سه بعدی تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس سه مولفه اول داده‌های AFLP ۷۹

فهرست جداول

جدول ۳-۲ :واکنش هضم آنزیم *ECO*RI ۴۳

جدول ۳-۳: واکنش هضم توسط آنزیم برشی *MSE*1..... ۴۴

جدول ۳-۴: شرایط انجام واکنش اتصال ۴۶

جدول ۳-۵: توالی همه اولیگونوکلئوتیدهای مورد استفاده تا مرحله پیش انتخابی..... ۴۸

جدول ۳-۶: شرایط انجام واکنش مرحله پیش انتخابی ۴۹

جدول ۳-۷: برنامه ترموسایکلر مرحله پیش انتخابی ۴۹

جدول ۳-۸: ترکیبات آغازگری مورد استفاده در مرحله تکثیر انتخابی ۵۲

جدول ۳-۹: شرایط انجام واکنش مرحله تکثیر انتخابی..... ۵۳

جدول ۳-۱۰ : برنامه ترموسایکلر مرحله تکثیر انتخابی ۵۴

جدول ۴-۲: ضرایب کوفنتیک حاصل از الگوریتمها با ضرایب تشابه ۷۴

جدول ۴-۳ :تجزیه به مولفه‌های اصلی مربوط به نشانگر AFLP ۷۷

جدول ۴-۴ :مقایسه واریانس درون و بین گروه ها بر اساس AMOVA..... ۸۰

فهرست پیوست

پیوست ۱: پروفایل ژل الکتروفورز دی. ان. اِ استخراجی بر روی ژل آگارز ۰/۷ درصد..... ۹٤
پیوست ۲ :پروفایل ژل مربوط به هضم دی.ان.اِ ژنومی ۹٤
پیوست ۳ :پروفایل ژل اکریلامید مربوط به مرحله انتخاب بهترین ترکیب آغازگری..... ۹۵
پیوست ۴ :پروفایل ژل اکریلامید مربوط به ترکیب آغازگری E-ACC, M-CTC..... ۹٦
پیوست ۵: ماتریس ضرایب تشابه جاکارد بر اساس داده‌های حاصل از AFLP..... ۹۷
پیوست ۶: گروه بندی ژنوتیپ‌های گیاه انار با استفاده از نشانگر AFLP..... ۹۸
پیوست ۷: نمایش سه بعدی تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس سه مولفه اول داده‌های AFLP ۹۹
پیوست ۸ :بافر شستشو برای استخراج DNA..... ۱۰۰
پیوست ۹: بافر استخراج CTAB ۱۰۰
پیوست ۱۰: بافرTE..... ۱۰۱
پیوست ۱۱: تهیه محلول های پایه ۱۰۱
پیوست ۱۲: طرز تهیه ژل اکریل آمید ۶ درصد ۱۰۱
پیوست ۱۳: طرز تهیه محلول بایند سایلن..... ۱۰۲
پیوست ۱۴: محلول APS ده درصد..... ۱۰۲

پیوست ۱۵ :طرز تهیه محلول TBE۵X ۱۰۲

پیوست ۱۶: محلول تثبیت‌کننده ۱۰۲

پیوست ۱۷: محلول رنگ‌آمیزی ۱۰۳

پیوست ۱۸: محلول ظهور ۱۰۳

چکیده:

انار (*Punica granatum* L.) گیاهی بومی ایران می‌باشد که از دوران باستان برای مصارف اقتصادی، زینتی و دارویی در دنیا کشت شده است. به رغم اینکه انار از مهمترین محصولات صادراتی ایران به شمار می‌رود، اما هیچگونه روش دقیقی برای تعیین اصالت ژنتیکی و حفظ ذخایر توارثی گران‌بهای آن در کشور وجود ندارد. در پژوهش حاضر برای بررسی روابط ژنتیکی ۴۷ ژنوتیپ انار، شامل ۹ ژنوتیپ زراعی و ۳۸ ژنوتیپ وحشی که از مناطق مختلف استان مازندران، گیلان و گلستان گرد آوری شده بود از نشانگر AFLP استفاده گردید. با استفاده از ۱۰ ترکیب آغازگری تعداد ۸۲۵ نوار (باند) بدست آمد، که تعداد ۶۹۷ نوار چندشکلی نشان دادند. از بین آغازگرهای مورد استفاده، ترکیب آغازگری E-ACG , M-CTT با ۱۴۸ نوار بیشترین تعداد نوار و ترکیب آغازگری E-ACC , M-CTG با ۴۰ نوار کمترین تعداد نوار را تولید کردند. مقدار متوسط محتوای اطلاعات چند شکلی (PIC) برای تمامی آغازگرها برابر با ۰/۲۱ بدست آمد. بر اساس تجزیه مولفه های اصلی، سه مولفه اول در مجموع ۵۷٪ واریانس کل را توجیه کردند. متوسط شاخص نشانگر (MI) برابر ۱۷/۳۳می‌باشد که بیشترین آن مربوط به ترکیب آغازگری M-CAC و E-AAG می‌باشد براساس دندوگرام مربوط به داده‌های حاصل از نشانگر AFLP نمونه‌ها در ۵ گروه مجزا قرار گرفتند. تنوع درون گروهی ۴۷ ژنوتیپ با ۸۵٪ از کل واریانس درون جمعیتی، نشان‌دهنده ناهمگنی و تنوع بالای بین نمونه‌ها می‌باشد، در گروه‌بندی ناحیه‌ای واریانس بین گروه‌ها ۱۵٪ تنوع کلی را بیان می‌کند که این نشان‌دهنده همگنی بین سه ناحیه گلستان، مازندران، گیلان و ارقام زراعی است. کمترین و بیشترین تنوع درون گروهی مربوط به ارقام زراعی و ارقام وحشی مازندران به ترتیب با واریانس ۱۶٪ و ۳۶٪ از کل واریانس درون جمعیتی را داراست، می‌باشد. میانگین نمونه‌های مورد آزمون ۰/۵۴ بود که به وضوح نشان دهنده تنوع ژنتیکی بین نمونه‌های وحشی است

کلید واژه: تجزیه واریانس مولکولی، تنوع ژنتیکی، انار، AFLP

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱ مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. درختچه‌ای پر شاخ و برگ با پاجوش‌های زیاد، بدون کرک، با شاخه‌های نامنظم و کم و بیش خاردار و نیمه برگریز می‌باشد که در اقلیم‌های گرمسیری و مدیترانه‌ای ارتفاع آن به دو تا پنج متر می‌رسد (رنجبر، ۱۳۸۱). خانواده انار شامل یک جنس Punica و دو گونه granatum (بومی ایران) و گونه protoponica (بومی سوکوترا در اقیانوس هند) می‌باشد. تمام ارقام خوراکی و زینتی انار جزء گونه granatum محسوب می‌شوند. امروزه این گیاهان در اکثر نقاط دنیا به ویژه اسپانیا، یونان، مراکش، افغانستان، هندوستان، چین، ژاپن، ترکمنستان و ازبکستان کشت می‌شود (وزوایی، ۱۳۶۷). شواهد تاریخی دال بر این است که ایران مرکز تنوع و پیدایش انار بوده است (بهزادی شهربابکی، ۱۳۷۷). همچنین ایران بزرگترین تولید کننده و صادر کننده انار در دنیاست و سطح زیرکشت آن در کشور ۶۴۰۰۰ هکتار و میزان تولید آن ۷۰۵۰۰۰ تن با متوسط عملکرد حدود ۸/۷ تن در هکتار می‌باشد (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، ۸۴-۸۳).

هرچند تعداد گونه‌های جنس Punica بسیار کم است، اما تنوع مورفولوژیکی بسیار بالایی در داخل ارقام و ژنوتیپ‌های موجود در کشور مشاهده می‌شود. برای اجرای موفق یک پروژه اصلاحی آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم ضروری است. مسئله مهم در بررسی تنوع ژنتیکی این است که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ ژنتیکی چقدر با یکدیگر متفاوت می‌باشند و همچنین چه مقدار تنوع در داخل گونه‌ها وجود دارد (بوتلین و تریگنزا، ۱۹۹۸). میزان و چگونگی توزیع تنوع ژنتیکی جمعیت‌های گیاهی، منعکس‌کننده برهمکنش فرایندهای تکاملی مختلف مانند جریان‌ژنی، موتاسیون، رانده‌شدن ژنتیکی و انتخاب طبیعی می‌باشند. آگاهی از تنوع ژنتیکی یک گونه می‌تواند به اصلاحگر برای چگونگی جمع آوری و استفاده از منابع ژنتیکی

مختلف و پیش بینی فواید ژنتیکی بالقوه، در برنامه‌های اصلاحی کمک کند. از طرفی به رغم اینکه اغلب محصولات باغبانی جزء مهمترین محصولات صادراتی ایران به شمار می‌روند، ۰اما هیچگونه شناسنامه دقیقی برای تعیین اصالت ژنتیکی و حفظ حقوق مالکیت این ذخایر توارثی گران‌بها در کشور وجود ندارد.

تولید مواد گیاهی گواهی شده در درختان میوه نیاز به استفاده از تکنیک‌های سریع و قابل اطمینانی برای شناسایی ژنوتیپ‌های جدید و قدیم دارد. روش‌های قدیمی برای شناسایی ارقام و منابع بر پایه‌ی مشاهدات فنوتیپی بوده‌اند، اما بدلیل دوره رشد طولانی درختان میوه و اینکه در معرض تغییرات محیطی قرار دارند، این روش‌ها خیلی قابل اتکا نیستند. امروزه تعیین اصالت ژنتیکی محصولات باغی از سطح مورفولوژی و فنولوژی فراتر رفته و بوسیله روش‌های نوین بیوتکنولوژی در سطح ژنوتیپ گیاه (DNA[۱]) صورت می‌گیرد.

در حال حاضر با بکارگیری همزمان اطلاعات ژنوتیپی و فنوتیپی امکان تعیین دقیق هویت ارقام مهم باغی کشور میسر شده است. استفاده از روش‌های جدید در برنامه‌های شناسایی ارقام، فرایند شناسایی را بوسیله انگشت نگاری هر ژنوتیپ در هر مرحله رشدی و بطور مستقل از فاکتورهای محیطی تسریع می‌کند.

نشانگرهای RAPD، RFLP، AFLP و اخیرا SSRها وISSR ها بطور گسترده‌ای در این امر مورد استفاده قرار گفته‌اند (دونمان، ۱۹۹۴). نشانگر چندشکلی طول قطعات حاصل از تکثیر (AFLP) در سال ۱۹۹۵ توسط وس و همکاران معرفی شد. آنان مدعی بودند که نشانگر مذکور، علاوه بر دارا بودن مزایای RFLP، مثل دقت و تکرارپذیری دارای ویژگی‌های مثبت روش های مبتنی بر واکنش زنجیره‌ای پلیمراز نیز می‌باشد. این نشانگر نیز ابزاری موثر برای مطالعه تنوع و ارتباط ژنتیکی میان افراد گونه‌ها و اعضای سلسله گیاهی به شمار می‌رود افزون بر این، این روش کارایی زیادی برای مطالعات فیلوژنی، نقشه یابی پیوستگی ژن ها و شناسایی ارقام دارد.

[۱] Deoxi nocloeic acid

نظر به اهمیت فوق العاده این گیاه ارزشمند و با توجه به اینکه این گیاه بومی ایران می‌باشد، تهیه شناسنامه مولکولی برای ارقام و ژنوتیپ‌های موجود در کشور گام ارزنده‌ای در شناسایی و حفظ ذخایر توارثی خواهد بود. تحقیق حاضر با توجه به اهمیت انار به عنوان یک محصول تجاری خوراکی و داروئی و بررسی تنوع ژنتیکی در آن طراحی گردید. به منظور بررسی تنوع ژنتیکی در درون و بین این دسته‌ها از نشانگر AFLP استفاده شد و انتظار می‌رود از ترکیب آغازگری شناخته شده در این پژوهش بتوان به عنوان ابزار قدرتمندی در شناسایی روابط و خویشاوندی موجود در بین ژنوتیپ‌های انار استفاده نمود.

۱-۲ کلیات

۱-۲-۱ پیشینه تاریخی انار

انار از زمان‌های قدیم در ایران کشت می‌شده است. برطبق نظریه دکاندول و بنابر شواهد موجود انار بومی ایران و کشورهای هم‌جوار می‌باشد و به طور طبیعی، به تدریج در مناطق آسیای مرکزی تا هیمالیا، خاورمیانه، آسیای صغیر و حوزه مدیترانه گسترش یافته است (وزوائی، ۱۳۷۷). پراکندگی وسیع انارهای وحشی در سواحل دریای خزر و همچنین جنگل‌های جلگه‌ای و نقاط استپی مانند جنگل‌های غرب در لرستان، کردستان، چهارمحال و بختیاری، فارس، بلوچستان و در دامنه‌های جنوبی البرز، در دره‌های شرق و غرب منجیل و دره لوشان تأییدی بر این مطلب است. گل و میوه انار برای کارتاژی‌ها (فینیقیه‌ها) جنبه تقدس داشته و با این انگیزه از انار، باغ‌هایی ایجاد نموده بودند. آنان انار را مالوس پونیکوس یا سیب کارتاژ می‌نامیدند. هومر، شاعر یونانی در قرن هفتم قبل از میلاد از درخت انار در کتاب ادیسه نام برده است. یونانیان قدیم بر این عقیده بودند که آفرودیت الهه عشق، این گیاه را در یونان کاشته و وجود آن سبب گشایش و فراوانی می‌گردد. تئوفراست، پدر علم گیاه شناسی، ۳۰۰ سال قبل از میلاد حضرت مسیح (ع) بر درخت انار شرح نگاشته است. در انجیل آمده که سلیمان نبی باغی از انار داشته است. از انار در قرآن مجید نیز به دفعات یاد شده است (آیات ۹۹ و ۱۴۱ سوره انعام و آیه ۶۸ الرحمن). انار در بین مسلمانان به میوه بهشتی معروف است و همچنین در کلام معصومین (ع) از آن یاد شده است (بهزادی شهربابکی، ۱۳۷۷؛ شاکری، ۱۳۸۲).

واویلوف[1] دانشمند روسی مرکز تنوع گیاهان مختلف را به هشت منطقه تقسیم نمود و معتقد بود که مراکز تنوع، خواستگاه پیداش گیاهان نیز می‌باشند. ایران در طبقه‌بندی واویلوف جزء مرکز شماره چهار قرار دارد و مبدأ بسیاری از میوه‌های معتدله، نیمه گرمسیری از جمله انار، گیلاس، گردو، بادام، به و انجیر ذکر گردیده است. بنا به نوشته مورخین انار به همراه انگور و انجیر در ایران باستان تحت کشت و کار بوده است و خوراکی آن حتی قبل از اینکه خواص میوه‌هایی چون بادام، هلو و زردآلو برای مردم آن زمان روشن باشد، شناخته شده بود. میزان سطح زیرکشت، پراکندگی و تنوع ارقام، کمیت و کیفیت محصول، آشنایی کشاورزان به مسائل کاشت، بومی این مرز و بوم می‌باشد (وزوائی، ۱۳۶۷). داشت و برداشت و شیوه انبارداری سنتی همگی گویای این واقعیت است که انار اولین بار احتمالاً از طریق ایران توسط جهانگردان و بازرگانان به یونان راه یافته و از طرف مشرق توسط شخصی به نام چانگ از طریق سمرقند و هندوستان به چین و توسط دریانوردان رومی به اروپا و آفریقا برده شد. در عین حال برخی از مورخین انتقال درخت انار و گسترش آن در سطح قاره اروپا را به مسلمانان شهر گرانادا در اسپانیا نسبت می‌دهند. لازم به ذکر است که نام انگلیسی میوه انار از نام این شهر مشتق شده است و عرب‌های مسلمان پس از فتح سرزمین اسپانیا، کشت انار را در انجا معمول کردند. انار در سال ۱۵۲۱ میلادی به وسیله مبلغین مذهبی به مکزیک و در سال ۱۷۲۹ میلادی به کالیفرنیای آمریکا برده شد. در سال‌های بعد همزمان با پیشرفت تمدن و انتقال ارقام مرغوب، سطح زیر کشت آن در بسیاری از کشورها توسعه چشمگیری یافت و هم اکنون در ۳۵ کشور جهان با سطح زیرکشت متفاوت و در پاره‌ای موارد به صورت تک درخت وجود دارد (بهزادی شهربابکی، ۱۳۷۷).

[1] Vavilof

۱-۲-۲ مورفولوژی انار

انار درخت یا درختچه‌ای است پر شاخ و برگ با شاخه‌های نامنظم، کم و بیش خاردار و پاجوش‌های زیادی که در مناطق سردسیری و نیمه گرمسیری به صورت خزان‌کننده و در نواحی گرمسیری به صورت همیشه سبز بوده و به ارتفاع دو تا پنج متر می‌رسد ولی چنانچه بصورت تک تنه هرس شود یا در داخل درختان جنگلی و گودی رودخانه‌ها قرار گیرد، ارتفاع آن به ۱۲ متر هم می‌رسد (بهزادی شهربابکی، ۱۳۷۷).

برگ‌های انار کشیده، باریک، متناوب، گل‌ها دو جنسی با دُمگل، بصورت منفرد و دستجات ۲ تا ۱۵ تائی بهم چسبیده روی درخت مشاهده می‌شوند. دارای ۵ تا ۷ کاسبرگ، گلبرگ‌ها دارای قاعده‌ای باریک بوده که به دیوار داخلی نهنج چسبیده و تعداد آن‌ها مساوی دندانه‌های کاسه گل می‌باشد. گلبرگ‌ها بعد گرده افشانی می‌ریزند. در حالیکه کاسبرگ‌ها عضو دائمی در گل و میوه هستند. پرچم‌ها به تعداد زیاد روی دیسکی به صورت قاعده قرار گرفته‌اند. گل‌ها دارای دو فنوتیپ متفاوت می‌باشند. نوع اول گل‌های مثمر با مادگی بلند و بطری شکل، که تکامل می‌یابند و به میوه تبدیل می‌شوند و دیگری گل‌های غیر مثمر با مادگی کوتاه، که شیپوری شکل (زنگوله‌ای) و تکامل نیافته هستند و می‌ریزند. در گل‌های مثمر قسمت انتهای دم گل از همان اوایل ظهور کاملاً برجسته است. در حالیکه این موضوع در گل‌های زنگوله‌ای یا غیرمثمر کاملاً حالت معکوس دارد. تعداد گل‌های زایا نیز به مراتب کمتر از گل‌های نازا بوده و به صورت‌های منفرد و مجموعه‌ای در اوایل شروع گلدهی و گاهی تا زمان برداشت میوه روی درخت دیده می‌شوند. انار درخت بسیار پرگلی است که تعداد معدودی از گل‌های مثمر آن تبدیل به میوه شده و بقیه می‌ریزند. از گل‌های ظاهر شده روی درخت (مثمر و غیرمثمر) حدود ۵ درصد تبدیل به میوه می‌شوند. گل‌ها ۴۰ تا ۶۰ روز پس از شروع فصل رشد در سه تا چهار سری به فواصل ۱۰ تا ۱۵ روز از همدیگر باز می‌شوند. از نظر زمانی سری اول گل‌ها که در روی