فصلنامه (علمی)

زیست شناسی تکوینی

سال شانزدهم، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۲ ص. ۸۶-۷۹

مقاله پژوهشی

ساختار گل‌آذین و میوه در گیاه سودا یا توت آمریکایی (*Maclura pomira*): مطالعه بکرزایی (پارتنوژنز) آن

رزا عرب[۱*]، فرخنده رضانژاد[۲]

[۱] گروه زیست شناسی، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

[۲] گروه زیست شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

[*] (نویسنده مسئول مکاتبات): Rozaarab.iau@gmail.com

تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۲

https://doi.org/10.30495/jdb.2023.1989907.1370

چکیده

Maclura pomifera (تیره توت، Moraceae) که بنام سودا یا توت آمریکایی شناخته می‌شود درختی دو پایه، با ارتفاع حدود 8-5 متر است که میوه‌های آن شیرابه بسیار چسبناکی دارد. در مناطق مختلف شهر کرمان، همه پایه‌های مشاهده شده، ماده بودند که بدون وجود پایه نر، دانه تولید کردند. گزارش شده است که برخی گیاهان تیره توت، دارای قابلیت بکرزایی بوده و بدون فرایند لقاح، میوه و دانه تشکیل می‌دهند. در این مطالعه، ساختار گل‌آذین و گل بررسی شد و در زمان شکوفایی گل‌ها و پذیرندگی مادگی برای گرده‌افشانی، برخی گل‌ها با کاغذ مومی بسته شدند تا از گرده‌افشانی جلوگیری شود. حضور گرده در بافت‌های مادگی با میکروسکوپ فلورسنت بررسی شد. گل‌آذین ماده کروی متراکم و دارای حدود ۷۰-۶۰ گل با گلپوش (پریگون) تک‌ردیفی شبیه کاسبرگ‌ها است. کاسبرگ‌ها چهارتایی، ابتدا صورتی‌رنگ و طی نمو گوشتی و سبز می‌شوند که مادگی را احاطه و همراه با آن طی نمو تشکیل میوه شفت‌مانند را می‌دهند. مادگی تک برچه‌ای با خامه بلند و تک‌دانه‌ای می‌باشد. مجموعه میوه‌های شفت‌مانند گل‌آذین، میوه کاذب و مجتمع سیبی شکل (pomaceous) را ایجاد می‌کنند. مطالعه گل‌های بسته شده و باز نشان داد که اثری از دانه‌های گرده روی مادگی توسط رنگ آبی‌آنیلین دیده نشد. هر دو نوع میوه تشکیل شده از گل‌آذین‌های بسته و باز، حدود ۱۸-۸ دانه زایا تولید که در پرلیت بدون هیچ تیماری، دانه‌رست‌ها را تولید کردند. تشکیل دانه، بدون گرده‌افشانی و لقاح در این گونه، پدیده بکرزایی را تایید می‌نماید و این مطالعه، اولین گزارش در مورد رخداد بکرزایی در گونه مورد مطالعه است.

کلیدواژه‌ها: تیره توت، گیاه سودا، بکرزایی، گرده‌افشانی، *Maclura pomifera*.

مقدمه

ارزش اقتصادی تیره توت بعلت داشتن میوه با ارزش آن است که غنی از مواد تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی بویژه ترکیبات ایزوفلاونی مانند osajin و pomiferin می‌باشد. تیره توت تنوع زیادی از نظر ویژگی‌های ریختی و تاریخچه زندگی بویژه از نظر گل‌آذین، سیتم‌های زادآوری و سیندرم گرده‌افشانی نشان می‌دهد [۱، ۲]. مطالعات ساختاری روی خانواده توت امکان پاسخگویی به سوالات جالب درمورد تکامل، رده‌بندی، و جغرافیای زیستی را فراهم می‌کند. این خانواده بزرگ که ۳۷ جنس و حدود ۱۱۰۰ گونه دارد دارای انتشار جهانی می‌باشد اما بیشترین تنوع آن در نواحی حاره‌ای (تروپیکال) دیده می‌شود. این تیره به پنج تبار شامل Moreae، Artocarpeae، Dorstenieae، Castilleae و Ficeae زیر تقسیم می‌شود. گونه‌های خانواده Moraceae دوپایه یا تک پایه بوده که گل‌های تک یا دو جنس آنها بصورت گل‌آذین دیده می‌شوند. ویژگی‌هایی مانند تعداد اجزای گل و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر برای هر جنس انحصاری هستند [۳]. این تیره با گل‌آذین‌های خوشه یا سنبله و اجزای چهار تایی گل مشخص می‌شود [۲، ۳].

گیاه سودا یا توت آمریکایی *Maclura pomifera* (Raf.) (Schneid) که Osage orange یا Osage نیز نامیده می‌شود دارای ویژگی‌های زایشی منحصربفرد است. این جنس ابتدا در تبار Moreaea ثبت شده بود و بر اساس مطالعات Clement و Weiblen در ۲۰۰۹ به تبار Maclureae منتقل شد [۲، ۳]. گل‌آذین سرمانند بوده و طی نمو یک میوه شفت‌مانند را ایجاد می‌کند. مجموعه این میوه‌های شفت‌مانند یک میوه سیبی شکل (pomaceous) کاذب را تشکیل می‌دهند که در واقع یک میوه مجتمع است [۴، ۵].

بکرمیوگی یا پارتنوکارپی به معنای وسیع شامل فرآیندهایی است که امکان تولید میوه‌های بدون دانه را فراهم می‌کند. چنین میوه‌هایی برای پرورش‌دهندگان مناسب هستند زیرا مستقل از گرده‌افشانی کارآمد (موفق) هستند. همچنین بدلیل خوردن آسان‌تر این میوه‌ها، برای مصرف‌کنندگان نیز مفید هستند. بهرحال، بدلیل اینکه امکان بقای نسل وجود ندارد مشکل‌ساز هستند و مغایرت با تولید مثل و تشکیل دانه دارد. در یک مطالعه روی ۹۶ تاکزون که شامل گیاهان تیپ وحشی و اهلی و نیز گیاهان یک دانه یا چند دانه، نشان داد که ۶۶ درصد این تاکزون‌ها متعلق به گونه‌های چند دانه بودند که در این گیاهان، تعداد تاکزون‌های کشت شده، شش برابر گیاهان بیشتر از تاکزون‌های وحشی بود. این نتایج، نشان‌دهنده فشار انتخابی برای پارتنوکارپی در طول اهلی‌سازی و تکثیر گیاهان است. در تاکزون‌های تک دانه، تعداد تاکزون‌های وحشی و کشت شده مساوی بود. وقوع پارتنوکارپی در گونه‌های وحشی نشان می‌دهد که بی‌دانه بودن ممکن است یک نقش سازشی داشته باشد. بنظر می‌رسد در گونه‌های تک دانه، میوه‌های بدون دانه برای کاهش شکار دانه از طریق مکانیسم‌های فریبنده (deceptive)، تشکیل شوند. در گونه‌های چند دانه‌ای، پارتنوکارپی ممکن است در رژیم‌های گرده‌افشانی غیربهینه نیز تعداد خیلی کمی دانه تشکیل داد که فرصتی برای تولید و پراکندگی دانه‌ها (حتی به مقدار کم) فراهم کند [۶]. اگر چه در پارتنوکارپی میوه‌های بدون دانه تشکیل می‌شود در بکرزایی یا پارتنوژنز، نمو رویان بدون دخالت گامت نر است. این پدیده که بخشی از فرایند آپومیکسی است، موجب تشکیل تشکیل دانه توسط فرایند غیر جنسی است [۷].

در گونه‌های که تولید مثل جنسی دارند، لقاح مضاعف، ژنوم گامت‌های نر و ماده را کنار یکدیگر قرار می‌دهد و منجر به تشکیل دانه می‌شود که نتیجه لقاح مضاعف تشکیل رویان و اندوسپرم می‌باشد. در چندین گونه حیوانی، گامت‌های ماده قادر به رویان‌زایی در فقدان لقاح هستند که این فرایند بکرزایی (پارتنوژنز) نامیده می‌شود. در گیاهان، نمو رویان در غیاب لقاح در مواردی گزارش شده است که میوز انجام نمی‌شود (آپومیوز یا حذف میوز) و منجر به نمو آپومیکتیک می‌شود [۸، ۹]. بنابراین، در گیاهان، بکرزایی بطور معمول همراه با آپومیوز بوده و اندوسپرم بصورت خودمختار (اتونوم) (با یا بدون لقاح سلول مرکزی) تشکیل می‌شود که نوعی تولید دانه کلونال می‌باشد و بعنوان آپومیکسی شناخته می‌شود (مقاله آرابیدوپسیس و پارتنوکارپی). وقوع این پدیده در گیاهان ابتدایی از جمله جلبک‌ها و خزه‌ها بطور طبیعی رخ می‌دهد اما همچنین در ۱۰ درصد سرخس‌ها و یک درصد گیاهان گل‌دار دیده می‌شود. بکرزایی بطور معمول در ارتباط با مکانیزمی است که تعداد کروموزوم‌های دیپلوئید را حفظ می‌کند و یا سبب بازآرایی کروموزم‌های دیپلوئید می‌شود زیرا فرزندان هاپلوئید بطور معمول زیست‌پذیر نیستند و از بین

می‌روند. گزارش شده است که جدود ۴۰۰ گونه از تیره‌های مختلف گیاهی قادر هستند که از طریق آپومیکسی، بدون لقاح دانه تولید کنند و این پدیده چندین بار در گیاهان ظاهر شده است (مقاله پارتنوکارپی). این پدیده می‌تواند فوایدی برای گیاه داشته باشد از جمله اینکه اجازه می‌دهد که گیاه حتی در فقدان گرده‌افشانی و گرده‌افشان‌ها دانه و رویان را تولید کند، سبب تولید گیاهان مشابه (کلونال) می‌شود، در مواردی که بدون میوز انجام می‌شود از خرج انرژی توسط میوز جلوگیری می‌شود، هزینه‌های مربوط به تولید دانه گرده را در گیاهانی که رویش پایین گرده را دارند یا نرعقیم هستند می‌کاهد و همچنین اجازه به اجاد ژنوتیپ‌های بسیار سازش‌یافته به یک محیط ویژه را می‌دهد (بویژه در گونه‌های آپومیکس بوجود آمده از هیبریدهای پلی‌پلوئید). با توجه به این ویژگی‌ها، این پدیده در کشاورزی جالب توجه بوده و بدلیل ثبات صفات خیلی مورد علاقه متخصصان تولید و تکثیر گیاهان می‌باشد [۱۰]. Firett در۲۰۱۸ گزارش کردند که آپومیکسی گامتوفیتی اغلب در سه خانواده آستراسه، رزاسه و پواسه وجود دارد اما در گونه‌های تیره‌های گیاهی دیگر از جمله تیره توت (موراسه) نیز وجود دارد. در این خانواده، تولید رویان‌های نابجا غالب بوده و در *Ficus*، *Morus* و *Streblus* ثبت و گزارش شده است [۱۰، ۱۱].

با توجه به پراکنش *M. pomifera* در برخی مناطق شهر کرمان و مشاهده پایه‌های ماده این گونه که بطور جالب توجه، بدون وجود گیاهان نر میوه و دانه تولید می‌کنند هدف از انجام این مطالعه دلیل (دلایل) تشکیل میوه و دانه در این گونه بدون دخالت پایه‌های نر بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه بازدیدهای میدانی مختلفی در ۵-۴ منطقه از استان کرمان که زیستگاه ۳-۱ پایه از *M. pomifera* بود طی ۳-۲ سال انجام شد. طی مشاهداتی که طی چرخه زندگی گیاه انجام شد تشکیل گل و میوه هر سال مشاهده شد. از آنجایی که گیاه دو پایه بوده و روی پایه‌های ماده هیچ اثری (حتی بصورت رشد نیافته) از گل‌های نر دیده نشد و از طرفی ضمن بازدیدهای میدانی در مناطق رویش پایه‌های ماده و نیز در سایر مناطق شهر، پایه نر مشاهده نشد، مطالعات دقیق‌تر تایید انجام یا عدم انجام گرده‌افشانی انجام شد. بدین منظور، در سه منطقه از رویشگاه‌های گیاه، شاخه‌های حاوی گل‌آذین‌ها، قبل از شکوفایی، با کاغذ مومی پوشانده شدند. سایر گل‌ها (گل‌های باز) بعنوان شاهد انتخاب شدند. پس از باز شدن کاغذ مومی و طی شدن مراحل نمو، در میوه‌های بالغ، میزان دانه‌های تشکیل شده در میوه‌هایی که در زمان گرده‌افشانی پوشانده شده بودند و نیز میوه‌های باز بررسی و شمارش شد.

همچنین، برخی گل‌آذین‌ها (هم در گل‌های باز و هم پوشانده شده) در زمان پذیرندگی دانه‌های گرده بمدت ۲۴ ساعت در محلول کارنوی تثبیت و تا زمان مطالعه در الکل ۷۰% نگه‌داری شدند. گل‌آذین‌ها به ترتیب در سری‌های الکل رو به کاهش (۵۰%، ۳۰%) و آب مقطر هر مرحله به مدت ۱۰ دقیقه آب‌دهی شدند سپس نمونه‌ها در محلول سود ۸ مولار به مدت یک شب قرار داده شدند تا بافت‌ها به طور کامل نرم و قابل له کردن شدند. نمونه‌ها به آرامی از محلول سود به آب جاری و سپس آب مقطر انتقال یافتند. سپس، نمونه‌ها به رنگ آبی آنیلین انتقال یافتند و با ورق آلومینیومی ظروف محتوی نمونه‌ها را پوشانده و حداقل ۲ ساعت در شرایط تاریکی قرار داده شد. پس از رنگ‌آمیزی حدود ۲۰ گل ماده، از رنگ خارج و روی لام گذاشته شدند. چند قطره رنگ آبی آنیلین روی نمونه‌ها ریخته، لامل راگذاشته،و پس از له کردن جزئی با انگشت شست، با کمک میکروسکوپ فلورسنت، وجود یا عدم وجود دانه‌های گرده روی بافت‌های مادگی بررسی شد [۱۲].

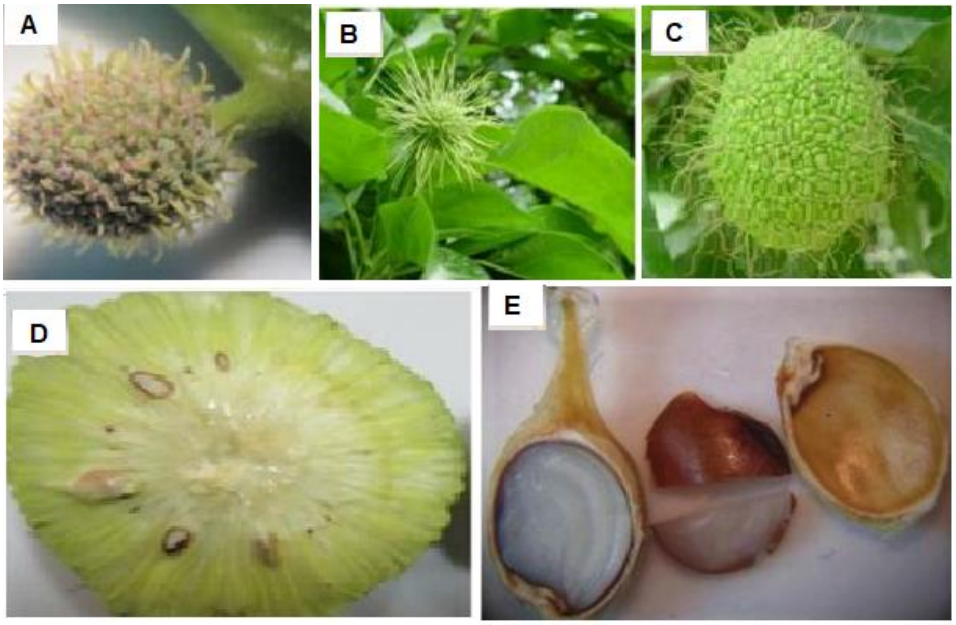
مطالعه وجود ساختار دانه و رویان درون آن با استفاده از روش‌های معمول سلول- بافت‌شناختی انجام شد. همچنین، به منظور زیست‌پذیری دانه‌ها و رویش آنها، مطالعات رویش دانه با استفاده از دانه‌های رویش یافته درون پرلیت انجام شد.

نتایج

گونه *M. pomifera* در کرمان بنام سودا شناخته می‌شود اما بنام توت آمریکایی نیز معروف است. این گونه بصورت درختی و به ارتفاع حدود 8-5 متر است که پایه‌های نر و ماده از یکدیگر جدا هستند. گونه در مناطق مختلفی از شهر کرمان مشاهده شد که همه پایه‌های مشاهده شده، ماده بودند. در مناطق مورد مطالعه (دانشکده فنی، مشتاقیه، سلمان فارسی، بیمارستان راضیه،

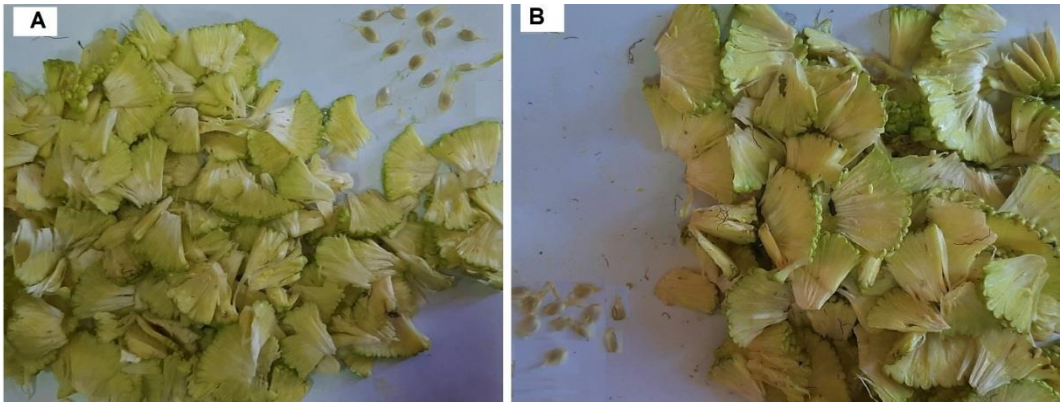
ناصریه) بطور معمول یک یا دو پایه در کنار هم دیده شدند (شکل ۱). گل‌آذین حالت سر مانند (کروی شکل) داشته و دارای حدود ۷۰-۶۰ گل ماده می‌باشد که هر گل جوان ظاهر صورتی داشته و دارای گلپوش (پریگون) ۴ تایی می‌باشد که شبیه کاسبرگ بوده و طی نمو گوشتی و سبز می‌شود که که تخمدان را احاطه و حفاظت می‌نماید. مادگی تک برچه‌ای با تخمدان یک خانه، تخمک منفرد و خامه بلند می‌باشد. مجموعه پریگون و مادگی طی نمو یک میوه شفت‌مانند را ایجاد می‌کند. مجموعه این میوه‌های شفت‌مانند یک میوه مجتمع سیبی شکل (pomaceous) کاذب را تشکیل می‌دهند که در واقع یک میوه مجتمع است (شکل ۲).

شکل ۱. نمای گیاه *M. pomifera* با ظاهر درختی، میوه‌های بطور تقریبی بالغ روی گیاه دیده می‌شوند.



شکل ۲A-E. ساختار گل‌آذین و میوه در *M. pomifera*. طی نمو، گل‌آذین از رنگ صورتی به سبز تغییر می‌یابد و به یک میوه مجتمع سیبی شکل تمایز می‌یابد که یک میوه کاذب بوده و از رشد پریگون ایجاد شده است. هر میوه واقعی ظاهر شفت مانند دارد که تک دانه‌ای می‌باشد. خامه بلند در میوه در حال نمو قابل توجه است.

مطالعات دقیق میدانی نشان داد که هیچ پایه نری در مجاورت و یا حتی در شهر از این گونه دیده نشد، از طرفی همانطور که در شکل‌های ۲ و ۳ دیده می‌شود درختان میوه و دانه تشکیل دادند. از حدود ۷۰-۶۰ گل تشکیل شده روی گل‌آذین، بطور متوسط حدود ۱۸-۷ دانه تشکیل شد (شکل‌های ۲ و ۳). به منظور بررسی حضور یا عدم گرده و نقش گرده‌افشانی در تشکیل دانه، برخی گل‌آذین‌ها در زمان پذیرندگی گرده توسط کاغذ مومی پوشانده شدند که دانه‌های گرده احتمالی نتوانند روی بافت‌های مادگی قرار گیرند (شکل ۴). مطالعات سلول بافت‌شناختی بافت‌های مادگی در گل‌های پوشیده شده با کاغذ مومی و گل‌های باز با کمک میکروسکوپ فلورسنت انجام شد. این مطالعات حضور هیچ گرده‌ای را روی بافت‌های مادگی (کلاله، خامه و تخمدان) نشان نداد (شکل ۵).



شکل ۳A, B. میوه بالغ خرده شده و دانه‌های تشکیل شده درون آن در *M. pomifera*، A و B بترتیب شاهد و بسته شده با کاغذ مومی

شکل ۴A, B. برخی شاخه‌های پوشیده شده با کاغذ مومی به منظور جلوگیری از قرارگیری دانه‌های گرده روی بافت‌های مادگی در *M. pomifera*

شکل ۵A, B. ساختار مادگی با رنگ‌آمیزی آبی آنیلین تحت میکروسکوپ فلورسنت در *M. pomifera*، در هر دو نمونه شاهد (A) و تیمار (B گلهای بسته شده با کاغذ مومی)، هیچ اثری از گرده دیده نشد.

به منظور بررسی زایایی دانه‌های تشکیل شده، رویش دانه و تشکیل دانه‌رست مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حدود نیمی از دانه‌های کشت شده، بدون استفاده از هیچ پیش‌تیماری، رویش کردند و دانه‌رست را ایجاد کردند (شکل ۶).

شکل ۶. دانه‌رست دو ماهه *M. pomifera*

بحث و نتیجه‌گیری

گونه *M. pomifera* درختی دو پایه است که گل‌آذین‌های ماده در آن، بصورت فشرده روی محور گل‌آذین قرار دارند و ساختاری کروی یا سر مانند ایجاد کردند. گلپوش تک‌ردیفی و ساختاری شبیه کاسبرگ دارد که پایا و چهارتایی می‌باشد و طی نمو با مادگی احاطه شده درون آن میوه شفت‌مانند را تشکیل می‌دهد. مجموع این میوه‌های شفت‌مانند میوه‌ای با ظاهر و اندازه میوه پرتقال ایجاد می‌کند که یک میوه مجتمع کاذب است و سیبی‌شکل نامیده می‌شود. ساختار کلاله و خامه بدلیل بلندی خامه قابل توجه بوده و در همه مراحل نموی گل‌آذین و تشکیل میوه تا زمان بلوغ کامل وجود دارد. تبار Moreae که توت (*Morus*) و سودا (*M. pomifera*) در آن وجود دارند با ویژگی‌هایی همچون گل‌آذین‌های سنبله یا خوشه مانند، قطعات چهارتایی گل و گل‌های تک جنسی ویژگی قابل توجهی نسبت به بقیه گونه‌های تیره موراسه نشان می‌هد. در تبار Dorstenieae و Castilleae، گل‌آذین‌ها دو جنسی می‌باشند و در تبار Ficeae که فقط جنس فیکوس در آن قرار دارد با داشتن گل‌آذین synconium مشخص می‌شود که یک گل‌آذین بسته شده است که در آن، گل‌های درونی، فقط برای گرده‌افشان‌ها و پارازیت‌ها تمایز یافته‌اند. گل‌ها در این تبار دو جنسی یا تک جنسی با اثراتی از جنس مقابل می‌باشند (4, 13 ;2). بهرحال، Clement and Weiblen (2009)، بدلیل داشتن برخی ویژگی‌های دیگر در این جنس، همچون گل‌آذین کروی شکل (گلومرول) و بساک‌های راست و خمیده، این جنس را در یک تبار تک تیپی مجزا بنام Maclureae قرار دادند. مطالعات روی ساختار میوه متفاوت بوده و انواع، فندقه (achene)، فندقه‌چه (Nutlet) و شفت معرفی شده است. مطالعات (13) ، روی *M. tinctoria* نشان داده است که میوه‌چه‌ها شفت بوده و دارای فرابر گوشتی هستند و مزوکارپ و یک لایه اسکلریدی (پیرن) دانه را احاطه می‌کنند که مشابه با نتایج این مطالعه است.

یکی از ویژگی‌های شگفت‌انگیز و منحصربفرد در گیاهان وجود لقاح مضاعف است که طی آن دو نوع تخم تشکیل و طی تمایز و تکوین رویان و اندوسپرم را تشکیل می‌دهند. بهرحال، گزارش‌هایی در گیاهان مختلف و حتی در چندین گونه حیوانی، وجود دارد که بدون لقاح رویان تشکیل می‌شود. این فرایند که بکرزایی (پارتنوژنز) نامیده می‌شود سبب تشکیل دانه‌های مشابه (کلونال) می‌شود (مقاله آرابیدوپسیس و پارتنوکارپی). وجود این پدیده، بدلیل عدم استفاده از دانه‌های گرده و گرده‌افشان، هزینه‌های مربوط به تولید دانه گرده را در گیاهانی که رویش پایین گرده را دارند یا نرعقیم هستند می‌کاهد و همچنین اجازه به ایجاد ژنوتیپ‌های بسیار سازش‌یافته به یک محیط ویژه را می‌دهد (بویژه در هیبریدهای پلی‌پلوئید) و در واقع سبب ثبات برخی صفات مورد علاقه متخصصان تولید و تکثیر گیاهان می‌باشد (10). بنظر می‌رسد پارتنوکارپی نوعی جایگزینی لقاح باشد که در قدیمی‌ترین گیاهان اهلی شده از جمله درخت نان (breadfruit or *Artocarpus altilis*)، فیکوس و توت (خانواده توت) بطور غالب دیده می‌شود

(10; 9;11,14,15). وجود این گزارش‌ها و تایید بکرزایی در تیره توت و نیز شواهد بدست آمده در این مطالعه، که گونه مورد مطالعه بدون گرده‌افشانی میوه و دانه تولید کرد نشان می‌دهد که در *M. pomifera*، نیز بکرزایی وجود دارد و برای اولین بار، وقوع این پدیده در گونه مورد مطالعه گزارش می‌شود.

مطالعات مختلف به نقش هورمون‌ها و جهش‌های ژنی در تحریک بکرزایی اشاره کرده است. اکسین بعنوان اولین هورمونی شناسایی شد که قادر به تحریک پارتنوکارپی در مرکبات و سپس در توت‌فرنگی فرنگی شد. این مطالعات نشان داد که تخمدان‌ها سیگنال‌های اکسین را تولید می‌کنند که نمو میوه‌های اصلی (botanical friuit) و نیز غیرحقیقی (accessory fruits) تحریک می‌کند. بنابراین، استفاده مواد شبه اکسین برون‌زاد نیز اثرات مشابهی دارد. در مطالعات بعدی اثرات مشابهی برای اسید جیبرلیک (در رزها و سیب‌ها) و سیتوکنین‌ها (در خربزه و کیوی) نیز شناسایی شد. بر خلاف این هورمون‌ها، آبسیزیک اسید و اتیلن، اثری تحریکی روی این پدیده ندارند (9). همچنین، گزارش شده است عواملی مانند روش‌های تولید مثلی، پلی‌پلوئیدی و عوامل محیطی نیز روی این عوامل اثر دارند. مطالعات جدید به پاسخ تنش (stress response)، حالت‌پذیری فنوتیپی (phenotypic plasticity) و انعطاف‌پذیری اپی‌ژنتیکی برای سازش به شرایط محیطی، نیز اشاره کرده‌اند

References

[1] Zerega NJ, Supardi N, Motley TJ. Phylogeny and recircumscription of Artocarpeae (Moraceae) with a focus on Artocarpus. Systematic Botany. 2010 Dec 1;35(4):766-82.

[2] Clement WL, Weiblen GD. Morphological evolution in the mulberry family (Moraceae). Systematic Botany. 2009 Jul 1;34(3):530-52.

[3] Berg CC. Moreae, Artocarpeae, and Dorstenia (Moraceae). Published for the Organization for Flora Neotropica by the New York Botanical Garden; 2001.

[4] Arab R, Majd A, Tajadod G, Rezanejad F, Mirzaei M. The morphological and anatomical studies of inflorescence, flower, embryo and fruit development in Maclura pomifera (Moraceae). Cogent Biology. 2019 Jan 1;5(1):1663698.

[5] Boone MJ, Davis CN, Klasek L, del Sol JF, Roehm K, Moran MD. A test of potential Pleistocene mammal seed dispersal in anachronistic fruits using extant ecological and physiological analogs. Southeastern Naturalist. 2015 Mar;14(1):22-32.

[6] Picarella ME, Mazzucato A. The occurrence of seedlessness in higher plants; insights on roles and mechanisms of parthenocarpy. Frontiers in Plant Science. 2019 Jan 18;9:1997.

[7] Albertini E, Barcaccia G, Mazzucato A, Sharbel TF, Falcinelli M. Apomixis in the era of biotechnology. Plant Developmental Biology-Biotechnological Perspectives: Volume 1. 2010:405-36.

[8] Guitton AE, Berger F. Loss of function of MULTICOPY SUPPRESSOR OF IRA 1 produces nonviable parthenogenetic embryos in Arabidopsis. Current Biology. 2005 Apr 26;15(8):750-4.

[9] Joldersma D, Liu Z. The making of virgin fruit: the molecular and genetic basis of parthenocarpy. Journal of Experimental Botany. 2018 Feb 20;69(5):955-62.

[10] Firetti F. Apomixis in Neotropical vegetation. Vegetation. 2018 Mar 14;7:129-49

[11] Karantzi AD, Kafkaletou M, Christopoulos MV, Tsantili E. Peel colour and flesh phenolic compounds at ripening stages in pollinated commercial varieties of fig (Ficus carica L.) fruit grown in Southern Europe. Journal of Food Measurement and Characterization. 2021 Apr;15(2):2049-63.

[12] Hosseini N, ZamaniBahramabadi E Rezanejad, F. Study of some pollen genotypes viability and comparison of natural and manual pollination in pistachio (Pistacia vera L.). Developmental Biology. 2020 Jan 21;12(1):13-26.

[13] Oyama SD, Souza LA. Morphology and anatomy of the developing fruit of Maclura tinctoria, Moraceae. Brazilian Journal of Botany. 2011; 34:187-95. 15- Vijverberg K, Ozias-Akins P, Schranz ME. Identifying and engineering genes for parthenogenesis in plants. Frontiers in plant science. 2019 Feb 19;10:128.

[14] Hörandl, E. Geographical Parthenogenesis in Alpine and Arctic Plants. Plants, (2023) 12:(4), 844.

Journal of Developmental Biology
Vol. 16, No.1, Winter 2024

Investigating the amounts of phenolic compounds, flavonoids production and antioxidant activity in calluses obtained from different cultivars of chicory (Cichorium intybus L.)

Arab R.[1*], Rezanejad F.[2]

[1] Department of Biology, Islamic Azad University of Bam, Kerman, Iran
[2] Department of Biology, Shahid Bahonar university of Kerman, Kerman, Iran

* (Corresponding author): Rozaarab.iau@gmail.com

https://doi.org/10.30495/jdb.2023.1989907.1370

Received: June .2023 Accepted: July.2023

Abstract

Maclura pomifera (Moraceae), known as souda or American mulberry, is *dioecious*, about 5-8 meters long that its fruits have a very sticky sap. In different areas of Kerman city, no male tree was observed and all distributed plants were female. Interestingly, these female trees, produced seeds. It has been reported that some species Moraceae produce fruits and seeds without fertilization, a phenomenon called parthenogenesis. In this study, the structure of inflorescences and flowers were investigated. Further, some flowers were covered with wax paper bags to prevent pollination. The presence of pollen in pistil tissues was studied with a fluorescent microscopy. The dense and spherical female inflorescence has about 60-70 flowers with a single- whorled perianth similar to the sepals. The sepals were tetrameric and pink at young first and become fleshy and green during growth. The pistil and perianth (sepals) surrounding it together developed to a drupe like fruit. The pistil was unicarpellate and long style. The drupe-like fruits form each inflorescence formed accessory fruit, atypical fruit, with pomaceous view. No pollen grains were observed on pistil tissues (stigma, style and ovary) by aniline blue staining. The fruits of both closed (by wax paper bags) and open inflorescences produced about 8-18 seeds. The seeds was viable and during germination produced seedlings in perlite media without any chemical or physical treatment. Seed formation without pollination and fertilization in this species confirms the parthenogenesis phenomenon; this study is the first report about the occurrence of parthenogenesis in *M. pomifera*.

Keywords: Moraceae, souda plant, parthenogenesi, pollination, *Maclura pomifera*.