Nova Biologica Reperta 6(2): 184-197 (2019)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press

یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۱۸۴ الی ۱۹۷ (۱۳۹۸)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

رویان‌شناسی درخت عرعر، یک گونه مهاجم از ایران

فاطمه موسوی[۱] و احمد مجد[۲،۳]

[۱]مرکز زیست فضا و محیط زیست پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران؛ [۲]گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛ [۳]گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

مسئول مکاتبات: فاطمه موسوی، moosavi@ari.ac.ir

چکیده. تیره تک نیا Simaroubaceae متعلق به راسته Sapindales شامل ۲۲ سرده و ۱۰۹ گونه است. گونه *Ailanthus altissima* یا درخت پردیس، گونه ای بسیار مهاجم است که از لحاظ سیستماتیکی متعلق به تیره عرعریان است. برخی از صفات تولیدمثلی برای بقا و گسترش گونه های مهاجم در محیط های جدید ضروری هستند و بررسی سیستم تولید مثلی این گونه ها در نوع خود جالب توجه است. تا به امروز، هیچ نوع بررسی رویان شناختی روی این گونه انجام نشده است و دانش ما در رابطه با رویان شناسی این گونه بسیار محدود است. یک مطالعه در رابطه با رویان شناسی گونه *A. altissima* و مقایسه تکوین بساک در گل های نر و ماده انجام شد تا دیدگاهی را در زمینه تعیین خصوصیات رویان شناختی در این گونه ارائه دهد. نتایج آزمایش‌های بافت‌شناسی نشان داد گل های نر دارای مادگی ناقص و بساک های چهارخانه ای هستند. پس از میوز سیتوکینز از نوع همزمان است که تتراد های چهاروجهی را ایجاد می نماید. نمو دیواره بساک از نوع دولپه ای و تاپی از نوع ترشحی است. گل های ماده دارای استامینود (پرچم های عقیم) هستند که سلول های مادر میکروسپور خیلی زود قبل از ورود به مرحله میوز تجزیه می شوند. تخمک ها واژگون، دوپوسته ای و پرخورش هستند. نمو کیسه رویانی از نوع علف هفت‌بند و نمو رویان از نوع گل مغربی است. نمو اندوسپرم هسته ای آزاد است. هیپوستاز مشخص و کلاهک خورشی تشکیل می شوند. این مشاهدات درک ما را از رویان شناسی و تشریح رویان گونه *A. altissima* به عنوان یک گونه مهاجم افزایش خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: تخمک، درخت پردیس، بساک، رویان، هیپوستاز

The embryology of *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae): an invasive species from Iran

Fateme Mousavi[1] & Ahmad Majd[2,3]

[1]Space Biology and Environment Center, Aerospace Research Institute, Ministry of Science, Research and Technology, Tehran, Iran; [2]Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran; [3]Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
Correspondent author: Fateme Mousavi, moosavi@ari.ac.ir

Abstract. Simaroubaceae is a monophyletic family in the order Sapindales with 22 genera and 109 species. *Ailanthus altissima* (Mill) Swingle, also known as the tree of heaven, is a highly invasive species, which systematically belongs to Simaroubaceae. Reproductive characteristics are essential for the deployment and maintenance of invasive species in new environments and examination of the reproductive system of these species is interesting. To date, no embryological investigations had been directed to *A. altissima* and our knowledge on the embryology of this species was very limited. A study was carried out on the embryology of *A. altissima* and the comparison of anther development in male and female flowers in order to gain insights into defining embryological features in this species. According to the results of histological analysis, male flowers have rudimentary gynoecia and anthers are tetrasporangiate. Cytokinesis in meiosis is simultaneous resulting in tetrahedral tetrads. Anther wall development follows the dicotyledonous type and the tapetum is secretory. Female flowers have staminodes and microspore mother cells are degraded too early before entering the course of meiosis. Ovules are anatropous, bitegmic, and crassinucellate. The development of the embryo sac follows the polygonum type. Embryos follow the Onagrad type. The endosperm development is nuclear type. A well-developed hypostase is present and a nucellar cap is formed. These observations will advance our understanding of embryology and embryo anatomy in *A. altissima* as an invasive species.

Keywords. anther, embryo, hypostase, ovule, tree of heaven

Received 15.08.2018/ Revised 01.10.2018/ Accepted 11.11.2018/ Published 01.08.2019

دریافت ۱۳۹۷/۰۵/۲۳/ اصلاح ۱۳۹۷/۰۷/۰۹/ پذیرش ۱۳۹۷/۰۸/۲۰/انتشار ۱۳۹۸/۰۵/۱۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

مقدمه

تیره عرعریان Simaroubaceae متعلق به راسته Sapindales شامل ۲۲ سرده و ۱۰۹ گونه است که اکثریت اعضای این تیره به طور گسترده در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری توزیع شده اند، این تیره با حضور کواسینوئیدها و متابولیت های ثانویه که مسئول طیف وسیعی از فعالیت های بیولوژیکی هستند شناخته می شود. (Alves *et al*., 2014) در تیره عرعریان از لحاظ ریخت شناسی، گل ها به طور کلی دوجنس یا تک جنس و اغلب همراه بقایایی از اندام زایشی جنس مخالف هستند (Hua & Thomas, 2008).

سردهٔ *Ailanthus* متعلق به تیره عرعریان، با حدود ده گونه، پراکنش وسیعی در سرتاسر آسیا و استرالیای شمالی دارد. مهم‌ترین گونه ها در این سرده عبارتند از: *Ailanthus altissima* (Mill) Swingle، *Ailanthus excelsa* (Roxb.)، *Ailanthus integrifolia*، *Ailanthus triphysa*، *Ailanthus vilmoriniana* و *Ailanthus giraldii* (Kundu & Laskar 2010 Baily, 1964).

گونه *A. altissima* (Mill) Swingle که به عنوان درخت پردیس یا عرعر هم شناخته می شود در حال حاضر به سرعت در بسیاری از مناطق به ویژه ایالات متحده آمریکا، اروپا، و اخیرا در ایران گسترش یافته است. درخت پردیس درختی دوپایه است که گل های نر و ماده آن روی درختان جداگانه ایجاد می شوند (Mousavi *et al*., 2016). گل‌ها در این گونه از لحاظ عملکردی تک‌جنس اما از لحاظ ریخت‌شناسی دوجنس و همراه با بقایایی از اندام‌های تولیدمثلی جنس مخالف هستند. همچنین گل‌ها دارای تقارن شعاعی و دارای تعداد اجزا گل برابرهستند. گل‌های نر شامل پنج کاسبرگ جدا از هم اما در قاعده متصل، جام گل پنج پار یا ۵ تایی، یک دیسک ده لوبی، نافه آبدیپلواستمونوس، ۱۰ پرچم عمل‌کردی و ناجور شکل، میله‌های پرچم‌های آنتسپالوس بلندتر از نوع آنتپتالوس، بساک‌ها پایه چسب، میله‌ها بلند و بقایای یک مادگی ۵ تایی هستند. گل‌های ماده دارای کاسه و جام ۵ تایی، یک دیسک ۱۰ لوبه میان‌پرچمی (بین مادگی و نافه)، نافه آبدیپلواستمونوس، ۱۰ پرچم هترومورف و نازا، میله‌های پرچم‌های آنتسپالوس بلندتر از نوع آنتپتالوس و برچه‌ها ۳ تا ۵ تایی با مادگی فوقانی هستند. همچنین خامه‌ها از نوع آپوکارپ اما به صورت پست‌جنیتالی به هم متصل شده‌اند و در راس تشکیل یک سر کلاله‌ای با یک کامپیتوم را داده‌اند، برچه‌ها آزاد هستند. بساک‌های نازا، کوچک، چهار لوبه و پارانشیمی فاقد هر گونه کیسه گرده‌ای و گرده هستند (Mousavi *et al*., 2010; Mousavi *et al*., 2011). صفات تولیدمثلی برای بقا و گسترش گونه های مهاجم در محیط های جدید ضروری است (Correia *et al*., 2014). گزارش هایی در رابطه با خصوصیات رویان شناختی برخی از اعضای تیره عرعریان موجود است (Clayton, 2008). به هر حال تا به امروز هیچ مطالعه رویان شناختی روی این گونه منتشر نشده است و دانش ما در رابطه با رویان شناسی گونه *A. altissima* بسیار محدود است. بنابراین با توجه به عدم وجود اطلاعات رویان شناختی در رابطه با این گونه، هدف از مقاله حاضر بررسی مقایسه تکوین بساک در گل های نر و ماده و تعیین خصوصیات رویان شناسی گونه *A. altissima* به عنوان یک گونه مهاجم از ایران بود.

مواد و روش ها

غنچه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها در مراحل مختلف نموی از درختان کشت شده *A. altissima* در یک فضای سبز شهری واقع در میدان آرژانتین جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در تثبیت‌کننده FAA (اتانول ۹۵ درصد، آب مقطر، فرمالدئید ۴۰ درصد، استیک اسید گلاسیال به نسبت ۱:۲:۷:۱۰) به مدت ۲۰ تا ۲۴ ساعت قرار گرفتند. نمونه‌ها در اتانول ۷۰ درصد ذخیره شدند. برای مشاهده نمونه‌ها توسط میکروسکوپ نوری از روش‌های استاندارد قالب‌گیری پارافینی و تهیه برش های متوالی توسط دستگاه میکروتوم چرخشی استفاده شد. برش ها با ضخامت ۱۰-۸ میکرومتر با استفاده از روش رنگ آمیزی مضاف هماتوکسیلین و ائوزین رنگ آمیزی شدند و پس از آبگیری توسط سری های اتانولی رو به افزایش تا ۱۰۰ درصد، برش ها جهت شفاف سازی به زایلن یا تولوئن انتقال پیدا کرده و بر روی لام های شیشه ای چسبانده شدند. نمونه ها با استفاده از میکروسکوپ نوری (Olympus BH-2) مورد بررسی قرار گرفتند و عکسبرداری از لام های مناسب توسط یک دوربین دیجیتال انجام گرفت.

نتایج

تکوین بساک در گل های ماده

در بساک گل های ماده، سلول های پروتودرمی واقع در نهادهای پرچمی از طریق تقسیمات آنتی کلینال اپیدرم را ایجاد می-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

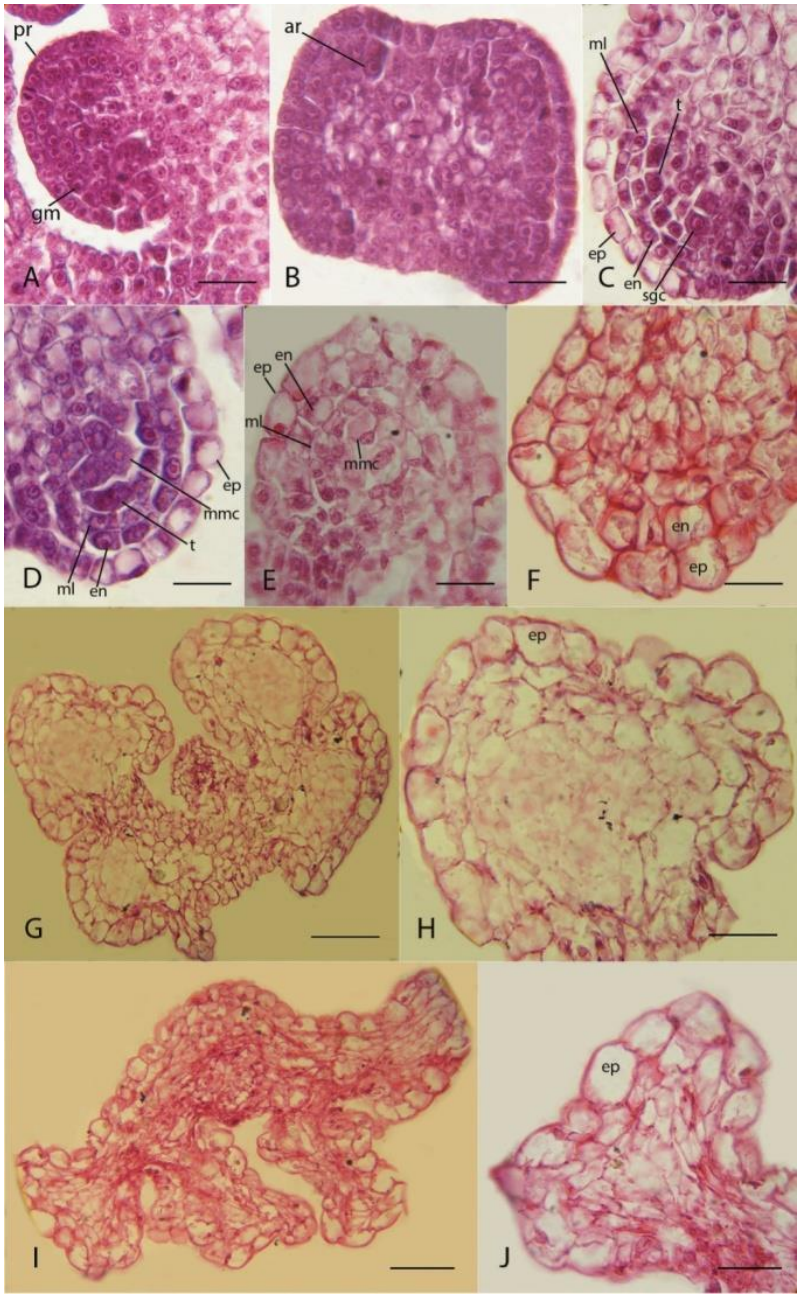
نمایند (شکل ۱ C–A) و سلول‌های مریستم زمینه، سلول‌های آرکئوسپوری را بوجود می‌آورند (شکل۱ B). سلول‌های آرکئوسپوری با تقسیمات مماسی سلول‌های هاگزا را به سمت داخل و سلول‌های حاشیه‌ای اولیه را به سمت خارج ایجاد می-نمایند. سلول‌های حاشیه‌ای اولیه متحمل تقسیمات مماسی می‌شوند تا دو لایه حاشیه‌ای ثانویه را ایجاد نمایند لایه حاشیه‌ای ثانویه خارجی با تقسیمات مماسی و لایه‌های میانی و مکانیکی را ایجاد می نماید، لایه حاشیه‌ای ثانویه داخلی به تاپی نمو می‌یابد (شکل ۳ C). سلول‌های هاگزا توسط تعدادی تقسیم میتوز به سلول‌های مادر میکروسپور تمایز می‌یابند (شکل ۱ D). سلول‌های تاپی تک‌هسته-ای هستند (شکل ۱ C). سلول‌های مادر میکروسپور، لایه میانی و تاپی خیلی زود قبل از ورود میکروسپوروسیت‌ها به میوز تجزیه می‌شوند (شکل ۱ E). همزمان با نمو بساک، سلول‌های روپوست افزایش حجم داده، واکوئلی شده (شکل ۱ H–E) و کم و بیش مسطح می‌شوند (شکل ۱ I, J). سلول‌های لایه مکانیکی تک‌هسته-ای هستند که همزمان با تجزیه سلول‌های مادر میکروسپور واکوئلی شده (شکل ۱ E) و به صورت مماسی طویل می‌شوند اما دیواره آن‌ها فاقد ضخیم‌شدگی‌های فیبری است (شکل ۱ F)، سپس لایه مکانیکی شروع به تجزیه نموده (شکل ۱ G، H) و تنها بقایایی از آن در بساک بالغ مشاهده می‌شود (شکل ۱ I، J). لایه میانی تک-لایه‌ای است (شکل ۱ C) که همزمان با تجزیه سلول‌های مادر میکروسپور این لایه تجزیه می‌شود (شکل ۱ E). بنابراین دیواره بساک بالغ در گل‌های ماده شامل لایه روپوست و بقایای تجزیه شده سایر لایه‌ها است (شکل ۱ J).

تکوین تخمک

مگاسپورزایی، مگاگامت زایی و رویان شناسی در گل های ماده

سلول‌های آرکئوسپوری اولیه در زیر پروتوردم و در منقطه پریموردیوم راسی خورش، یک سلول حاشیه‌ای (پوشاننده) و یک سلول آرکئوسپوری ثانویه را ایجاد می‌نمایند (شکل ۲ A). سلول حاشیه‌ای متحمل تقسیمات بیشتری شده و تشکیل یک بافت حاشیه‌ای چندین لایه‌ای (۴-۸ لایه) را می‌دهد (شکل ۲ I–B)، سلول آرکئوسپوری ثانویه هم به سلول هاگزا نمو می‌یابد (شکل ۲ B). اندازه سلول هاگزا افزایش یافته و به مگاسپوروسیت (سلول مادر مگاسپور) تمایز می‌یابد (شکل ۲ C). سلول مادر مگاسپور کشیده و دارای قطبیت است؛ سیتوپلاسم آن متراکم و دارای هسته مشخص بوده و هسته به سمت قطب میکروپیلی و یا بنی تغییر مکان می‌دهد (شکل ۲ B، C). سپس سلول مادر مگاسپور متحمل میوز I و II می‌شود که به ترتیب تشکیل یک دیاد و یک تتراد خطی از مگاسپورها را می‌دهد (شکل ۲ G–E). مگاسپور بنی در تتراد عمل‌کردی است و سه مگاسپور قطب سفتی تجزیه می‌شوند (شکل ۲ H). بواسطه رشد سریع این مگاسپور به خرج مگاسپورهای در حال تحلیل اندازه این مگاسپور به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (شکل ۲- I). مگاسپور عمل‌کردی متحمل میتوزهای متوالی می-شود و کیسه رویانی ۸ هسته‌ای را ایجاد می‌نماید. کیسه رویانی بالغ شامل سه سلول متقاطر در قطب سفتی و یا بنی، دوسلول همراه، یک سلول تخمزا در قطب بنی و یا سفتی و دو هسته قطبی در مرکز کیسه رویانی است (شکل ۳ F–A). پس از آخرین تقسیم میتوز سلول مادر مگاسپور، یک هسته از قطب بنی و یک هسته از قطب سفتی به سمت هم حرکت نموده و تشکیل هسته ثانویه قطبی را می‌دهند (شکل ۳ B،A)، از ترکیب این هسته‌های ثانویه، سلول مرکزی حاصل می‌شود که بزرگترین سلول کیسه رویانی محسوب می‌شود (شکل ۳ C). سلول‌های آنتی‌پدال خیلی زود و قبل از لقاح تجزیه می‌شوند سلول تخمزا تازه تمایز پیدا کرده فاقد واکوئل است و از لحاظ اندازه بزرگتر از سلول‌های همراه است (شکل ۳ D، E). سپس این سلول حجیم شده، قطبیت آشکاری را نشان داده و یک واکوئل بزرگ مرکزی حجم عمده سلول را اشغال نموده و هسته به کناره رانده می‌شود (شکل ۳ G). هسته آندوسپرم اولیه از لقاح سلول مرکزی با یکی از اسپرم‌های لوله گرده تشکیل می‌شود. اولین تقسیم هسته آندوسپرم مقدم بر تشکیل سلول تخم است. این تقسیمات بدون تشکیل دیواره است و نمو آندوسپرم از نوع هسته-ای آزاد است (شکل ۴ D–A). با ورود اسپرم دیگر به سلول تخمزا، این سلول به صورت دو هسته‌ای مشاهده می‌شود (شکل ۳ H) بعد از ترکیب این دو هسته، سلول تخم بزرگ و واکوئله شده (شکل ۳ I) و با یک تقسیم عرضی دو سلول را ایجاد می‌نماید: سلول قاعده‌ای و سلول راسی (شکل ۵ A). سلول قاعده‌ای به آویز و سلول راسی به پیش‌رویان نمو می‌یابد. در یاخته آویز اولین تقسیم عرضی است که تولید دو سلول به نام m و ci را می‌نماید (شکل ۵ B). در حالی که اولین تقسیم یاخته انتهایی به صورت عمودی است که دو سلول با نام q را ایجاد می‌نماید (مرحله پیش‌رویان دو سلولی) (شکل ۵ B). هر کدام از سلول‌های q با یک تقسیم طولی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]



شکل ۱– نمو بساک در گل‌های ماده (*Ailanthus altissima*). **A.** پریموردیوم پرچمی با سلول‌های پیش پوست و مریستم زمینه. **B.** برش عرضی بساک جوان با سلول‌های آرکئوسپوری. **C.** تقسیمات مماسی سلول‌های آرکئوسپوری و ایجاد سلول‌های هاگزا، لایه حاشیه‌ای ثانویه خارجی نیز متحمل تقسیمات مماسی شده و لایه-های میانی و مکانیکی را ایجاد می نماید، لایه حاشیه‌ای ثانویه داخلی به تاپی نمو می‌یابد. **D.** تمایز سلول‌های هاگزا به سلول‌های مادر میکروسپور. **E.** تجزیه سلول‌های مادر میکروسپور، لایه میانی و تاپی. **F.** طویل شدن مماسی سلول‌های لایه مکانیکی و افزایش حجم سلول‌های اپیدرمی. **G.** بساک بالغ. **H.** تجزیه لایه مکانیکی در بساک بالغ. **I.** جمع شدن و چروکیدگی بساک بالغ. **J.** جمع شدن و چروکیدگی بساک بالغ در نمایی بزرگ.

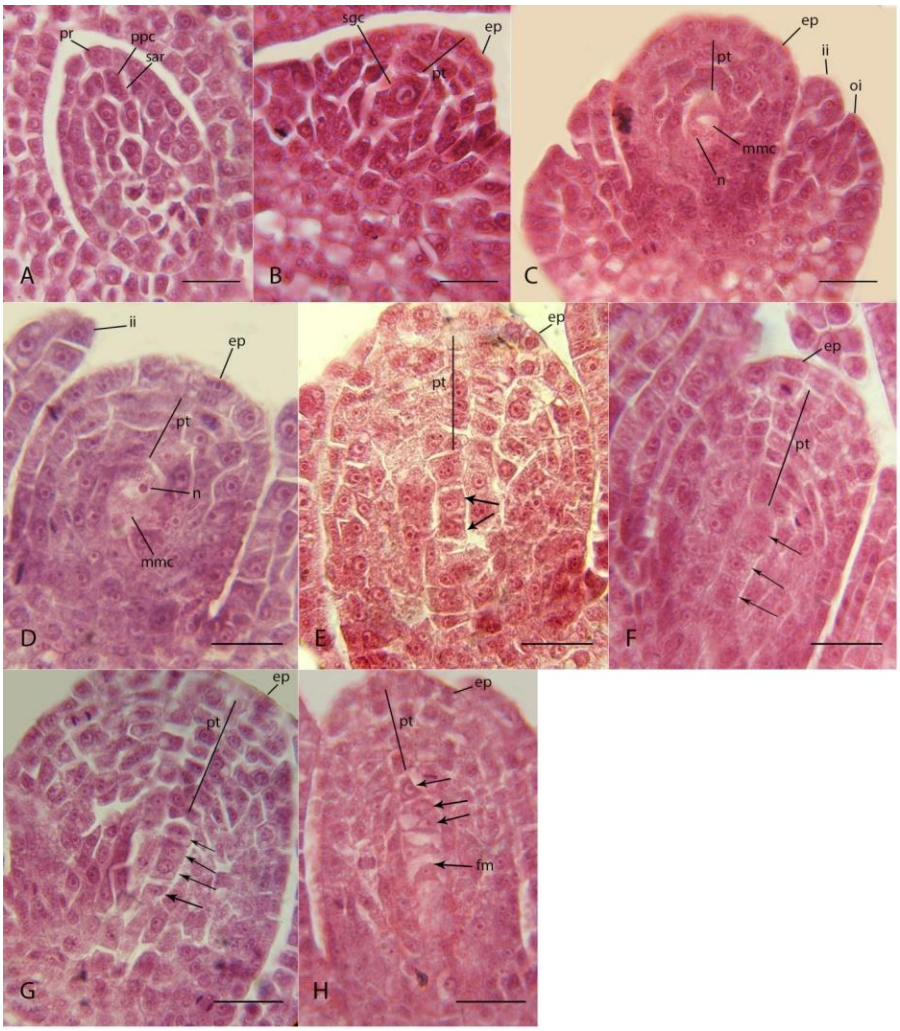
Fig. 1. Anther development in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A.** Stamen primordium with ground meristem and protodermal cells. **B.** Cross section of a young anther with archeosporial cells. **C.** Periclinal division of archeosporial cells and producing sporogenous cells, the endothecium and the middle layer are derived from the periclinal division of the outer secondary parietal cells (Dicotyledonous type). **D.** Differentiation of sporogenous cells into microspore mother cells. **E.** Degeneration of microspore mother cells, middle layer and tapetum. **F**. Tangentially elongation of endothecial cells and epidermal cells enlargement. **G.** Mature anther. **H.** Degeneration of endothecial cell layer in mature anther. **I, J**. shrinkage and collapse of the anther locules. Abbreviations: pr, protodermis; gm, ground meristem; ar, archesporial cell; ep, epidermis; en: endothecium; ml, middle layer; sgc, sporogenous cell; t: tapetum; mmc, microsporemother cell. Scale bars: 40 µm.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

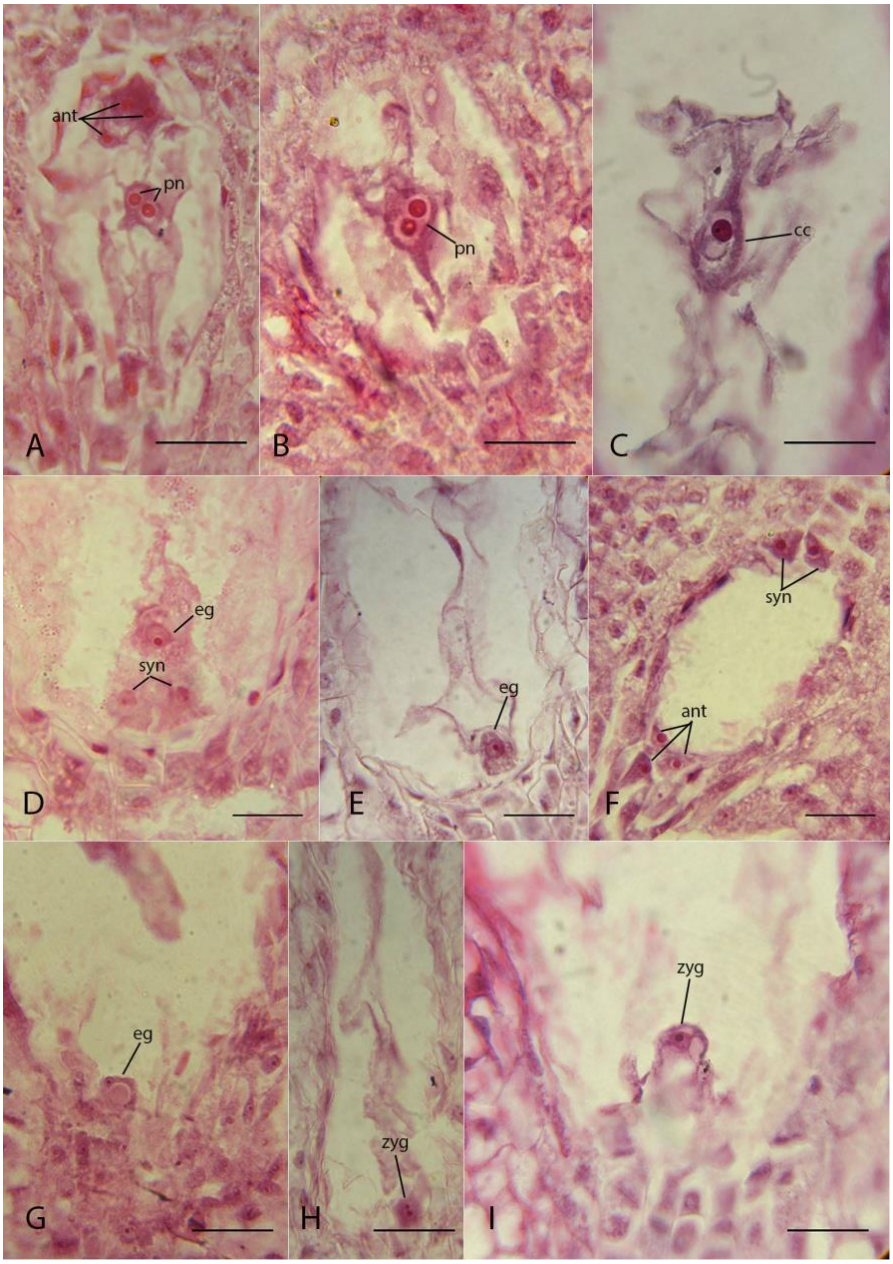
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]

[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]



شکل ۲- مگاسپورزایی در گل‌های ماده (*Ailanthus altissima*). **A.** پریموردیوم تخمکی با سلول‌های پروتودرمی و تقسیم سلول آرکئوسپوری اولیه و ایجاد دو سلول حاشیه‌ای و آرکئوسپوری ثانویه. **B.** سلول آرکئوسپوری ثانویه به سلول هاگزا نمو یافته و سلول حاشیه ضمن تقسیمات بیشتر، یک بافت حاشیه‌ای چندین لایه‌ای را ایجاد می‌نماید. **C.** افزایش اندازه سلول هاگزا و تمایز آن به سلول مادر مگاسپور با قرارگیری هسته آن به سمت قطب سفتی. **D.** افزایش اندازه سلول هاگزا و تمایز آن به سلول مادر مگاسپور با قرارگیری هسته آن به سمت قطب بنی. **E.** مرحله میوز I سلول مادر مگاسپور و ایجاد حالت دیاد. **F.** یک دیاد و سلول دو هم در حال تقسیم. **G** . مرحله میوز II سلول مادر مگاسپور و ایجاد حالت تتراد. **H.** تحلیل سه سلول قطب سفتی و تمایز هسته و افزایش اندازه سلول مگاسپور عمل‌کردی. pr: پروتودرم؛ ppc: سلول حاشیه ای اولیه؛ sar: سلول آرکئوسپوری ثانویه؛ sgc: سلول هاگزا؛ n: هسته؛ pt: بافت حاشیه ای؛ oi: پوسته خارجی؛ ii: پوسته داخلی؛ fm: مگاسپور عمل‌کردی؛ ep: اپیدرم؛ mmc: سلول مادر میکروسپور. مقیاس: ۴۰ میکرومتر.

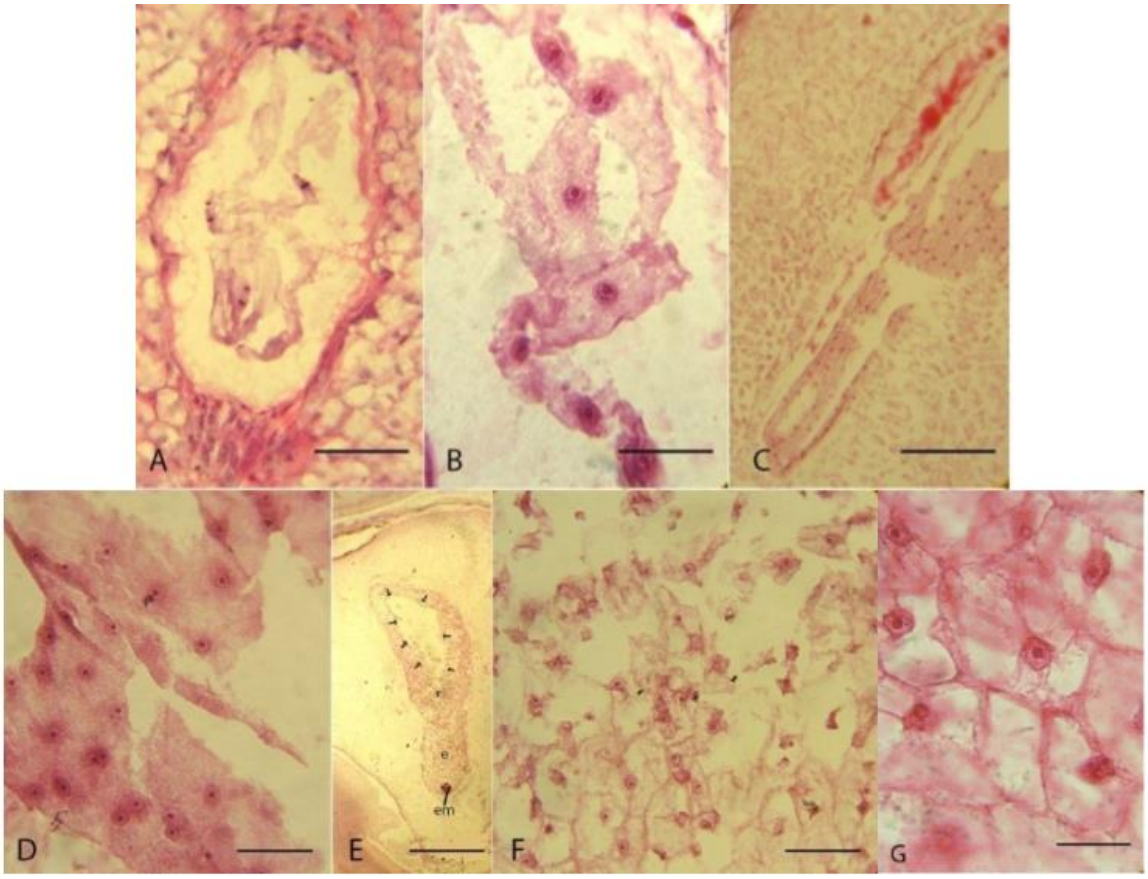
Fig. 2. Megasporogenesis in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A.** An ovule primordium with protodermal cells and division of primary archeosporial cell to produce secondary archeosporial cell and parietal cell. **B.** Development of secondary archeosporial cell into sporogenous cell, more division of sporogenous cell led to formation of a multi-layerparietal tissue. **C.** The enlargement of sporogenous cell and its differentiation into megaspore mother cell with the position of the nucleus towards the micropolar pole. **D.** The enlargement of sporogenous cell and its differentiation into megaspore mother cell with the position of the nucleus towards the chalazal pole. **E.** Meiosis I of megaspore mother cell and producing dyad state. **F.** A dyad, the second cell is dividing. **G.** Meiosis II of megaspore mother cell and producing liner tetrads. **H.** Degeneration of the three megaspores on the micropolar pole and the development of the chalazal one into the megagametophyte (functional megaspore). Abbreviations: pr, protoderm; ppc, primary parietal cell; sar, secondary archesporial cell; sgc, sporogenous cell; n, nucleus; pt, parietal tissue; oi, outer integument; ii, inner integument; fm, functional megaspore; ep, epidermis; mmc, microsporemother cell. Scale bars: 40 µm.



شکل ۳- مگاگامت‌زایی در گل‌های ماده (*Ailanthus altissima*). **A.** کیسه رویانی با هسته‌های قطبی قبل از آمیزش سیتوپلاسم‌ها و سه سلول آنتی‌پدال در قطب سفتی. **B.** هسته‌های قطبی پس از آمیزش سیتوپلاسم‌ها. **C.** ترکیب هسته‌های قطبی و ایجاد سلول مرکزی. **D.** دستگاه تخمزا شامل سینرژیدها و سلول تخمزا در قطب سفتی. **E.** سلول تخمزا در قطب سفتی. **F.** کیسه رویانی با سه سلول آنتی‌پدال و دو سینرژید. **G.** حجیم شدن یک سلول تخمزا در قطب بنی و قطبیت آشکار آن. **H.** لقاح سلول تخمزا و ایجاد سلول تخم ۲n. **I.** بزرگ و واکوئله شدن سلول تخم در قطب بنی. ant: سلول آنتی پدال؛ pn: هسته های قطبی؛ cc: سلول مرکزی؛ eg: سلول مرکزی؛ syn: سینرژید؛ zyg: زیگوت. مقیاس: ۴۰ میکرومتر.

Fig. 3. Megagametogenesis and fertilization in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A.** Embryo sac with polar nuclei and three antipodal cells before the fusion of cytoplasm. **B.** Polar nuclei after the fusion of cytoplasm. **C.** The fusion of two polar nuclei and the formation of a diploid central cell. **D**. The egg apparatus with two synergids and an egg cell on the micropolar pole. **E**. An egg cell at the chalazal pole. **F**. Embryo sac with three antipodal cells and two synergids. **G**. Egg cell enlargement and polarization at the chalazal pole. **H**. The fertilization of the egg cell and the formation of the zygote (2n). **I**. The enlargement and vacuolation of zygote at the chalazal pole. Abbreviations: ant, antipodal cell; pn, polar nuclei; cc, central cell; eg, egg cell; syn, synergid; zyg, zygote. Scale bars: 40 µm.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]



شکل ٤- نمو آندوسپرم در گل‌های ماده (*Ailanthus altissima*). **A**. تقسیمات متوالی هسته آندوسپرم اولیه (مرحله متافاز). **B**. اوایل مرحله آندوسپرم هسته‌ای. **C** و **D**. افزایش تقسیمات در مرحله آندوسپرم هسته‌ای. **E** و **F**. جداربندی آندوسپرم هسته‌ای به روش به سوی مرکز (پیکان‌ها جهت را نشان می‌دهند). **F**. جداربندی آندوسپرم از نمای نزدیکتر. **G** . آندوسپرم جداربندی شده. em : رویان. ؛ ۴۰ میکرومتر.

Fig. 4. Endosperm development in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A.** Repeated divisions of the primary endosperm nucleus (metaphase phase). **B.** Early stages of nuclear endosperm development. **C, D**. The increase of divisions at the nuclear endosperm. **E, F**. Wall formation and cellularization of endosperm in a centripetal manner. (Arrows indicate the direction of cellularization). **G**. Cellular endosperm. Abbreviations: em: embryo. Scale bars: 40 µm.

عمود بر جهت اولین تقسیم، پیش رویان چهارسلولی را ایجاد می-نمایند (مرحله کوادرانت). سپس هر کدام از سلول‌های کوادرانت با یک تقسیم عرضی، مرحله اکتانت را ایجاد می‌نماید و سلول m هم متحمل یک تقسیم عمودی می‌شود (شکل ۵ C). چهار سلول بالایی اکتانت، راس ساقه و لپه‌ها را ایجاد می‌نمایند و چهار سلول پایینی، محور زیر لپه را بوجود می‌آورند. با ادامه تقسیمات پیش-رویان به تدریج وارد مرحله رویان گویچه‌ای می‌شود (شکل ۵ D). ضمن تقسیمات مماسی سلول‌های مرحله اکتانت، یک لایه خارجی به نام درماتوژن و یک لایه داخلی از سلول‌ها تمایز می‌یابد در این مرحله یک تقسیم عمودی در سلول ci رخ می‌دهد (شکل ۵ E) . بواسطه تقسیمات سریعی که در رویان گویچه‌ای رخ می‌دهد رویان گویچه‌ای به سرعت افزایش حجم داده (شکل ۵ F) و با ادامه تقسیمات و تشکیل پریموردیوم‌های لپه‌ای، رویان وارد مرحله گذر و سپس قلبی شکل می‌شود (شکل ۵ G، H). رویان بالغ دارای دو لپه رشدیافته و بزرگ، یک کلاهک ریشه‌ای و رشته‌های پروکامبیومی است که به درون لپه‌ها گسترش یافته‌اند. لپه‌ها دارای سلول‌های بزرگی هستند که با مواد ذخیره‌ای که جنبه تغذیه‌ای دارد پر شده‌اند (شکل‌های ۵ I و ۶ D–A). در اواخر مرحله رویان گویچه‌ای،آندوسپرم جداربندی شده و سلولی می‌شود. تشکیل دیواره به روش به سوی مرکز است (شکل ۴ G–E). سلول‌های آندوسپرم تک‌هسته‌ای بوده و دارای دیواره نازک هستند، محتوی این سلول‌ها در مرحله رویان بالغ تک‌لپه‌ای، با مواد غذایی ذخیره‌ای پر می‌شود که باعث می‌شود بسیار رنگ‌پذیر باشند (شکل ۶ D).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

هر برچه مادگی آپوکارپ پنج برچه‌ای، شامل یک تخمک است. تخمک واژگون، دوپوسته‌ای و پر خورش است (شکل ۷ D). پوسته داخلی ابتدا بنیانگذاری می‌شود و پوسته خارجی دیرتر بنیانگذاری شده و نسبت به پوسته داخلی کوتاهتر است (شکل۷ D–A). ضخامت هر دو پوسته داخلی و خارجی، سه لایه سلولی است (شکل ۷ C). هیچ منبع آوندی در پوسته‌های داخلی و خارجی مشاهده نمی‌شود اما در طول مرحله تتراد مگاسپور، رشته آوندی بندی تمایز می‌یابد که تنها به محل بن گسترش می‌یابد. سفت کیسه رویانی توسط پوسته داخلی ایجاد می‌شود و به صورت زیکزاگ است (شکل ۷ G). هر دو پوسته در تشکیل پوشش دانه سهیم هستند (شکل ۶ E). در طول مگاسپورزایی سلول‌های روپوست خورش به صورت مماسی تقسیم شده و یک کلاهک خورشی برجسته را ایجاد می‌نمایند (شکل ۷ F). همچنین در هنگام نمو کیسه رویانی، بافتی به نام هیپوستاز در قاعده خورش و پوسته سازمان می‌یابد که شامل سلول‌هایی با دیواره ضخیم و دارای مواد ذخیره‌ای هستند (شکل۷ I ، H).

درگل‌های نر، سلول های پیش پوست واقع در نهادهای پرچمی از طریق تقسیمات شعاعی روپوست را ایجاد می‌نمایند (شکل ۱۰ A) چندین سلول آرکئوسپوری در زیر پیش پوست تخمک جوان تمایز می‌یابد (شکل ۸ B) این سلول‌ها افزایش حجم داده، هسته آن‌ها کناری شده و واکوئله می‌شوند که بدین ترتیب تمایز یافته و از حالت مریستمی خارج می‌شوند (شکل ۸ C). این سلول‌ها خیلی زود دستخوش تجزیه شده، بافت تخمک به صورت چروکیده و تحلیل رفته مشاهده می‌شود و در قسمت مرکزی این تخمک ناقص، حفره کوچکی ایجاد می‌شود (شکل ۸ D).

بحث

مطالعات بافت شناسی اندام های تولیدمثلی گونه *A. altissima* در مطالعه پیشین (Mousavi *et al*., 2011) و مطالعه حاضر نشان داد که خصوصیات رویان شناختی این گونه به شرح زیر است:

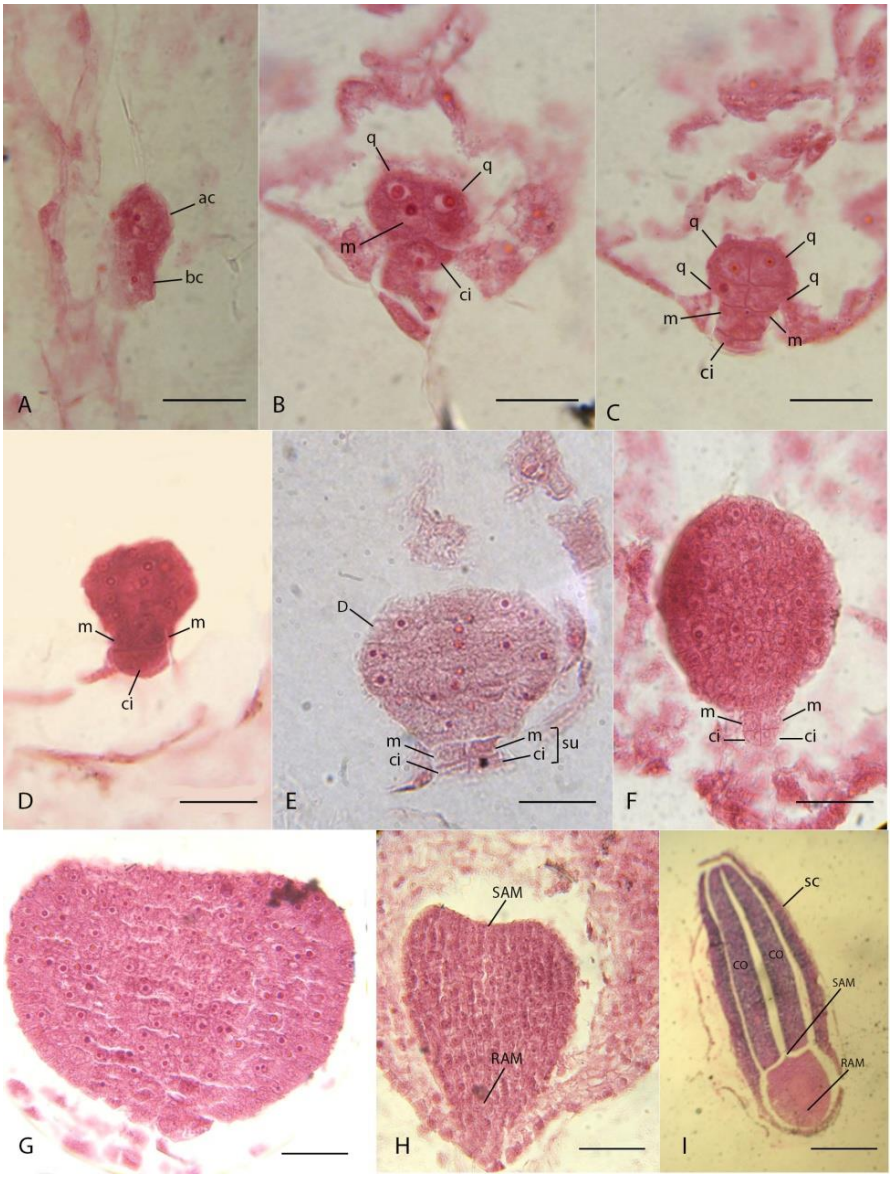
بساک‌ها در گل‌های نر چهارحفره ای، نمو دیواره بساک از نوع تیپ دولپه، دیواره بساک در ابتدا ۵ لایه و در حالت بالغ شامل لایه مکانیکی فیبری و لایه بشره‌ای است، لایه‌های میانی تجزیه می‌شوند، تاپی از نوع ترشحی و دوهسته‌ای، سیتوکینز در سلول‌های مادر میکروسپور از نوع همزمان، تترادهای میکروسپور از نوع چهاروجهی و شکوفایی بساک از نوع طولی. بساک در گل‌های ماده از نوع چهار حفره ای، نمو دیواره بساک از نوع تیپ دولپه، دیواره بساک بالغ شامل لایه مکانیکی و بقایای تجزیه شده سایر لایه‌ها است، لایه مکانیکی فاقد ضخیم‌شدگی فیبری، تجزیه زودهنگام سلول‌های مادر میکروسپور، لایه میانی و سلول‌های تاپی. تخمک در گل‌های ماده واژگون، دوپوسته‌ای و پرخورش، دارای چندین سلول آرکئوسپوری، تتراد مگاسپور بنی از نوع خطی، کیسه رویانی از نوع مونواسپوری پلی‌گونوم، سلول‌های آنتی‌پدال موقتی و دستگاه تخمزا متشکل از دو سلول همراه و یک سلول تخمزا، اندوسپرم از نوع هسته‌ای آزاد و تشکیل اندوسپرم مقدم بر تشکیل رویان که در نهایت اندوسپرم جداربندی می‌شود، وجود کلاهک خورشی و هیپوستاز به خوبی نمو یافته، خاتمه رشته آوندی در انتهای بنی تخمک و نمو رویان از تیپ گل مغربی، در گل‌های نر، تخمک‌های ناقص دارای چندین سلول آرکئوسپوری که پس از خارج شدن از خالت مریستمی به سرعت دستخوش تجزیه و تحلیل می‌شوند. مطالعات مروری ما نشان داد که تشریح رویان برخی از اعضای تیره Simaroubaceae بررسی شده است (Wiger, 1935) وگزارش هایی از تشریح رویان برای سرده‌های *Ailanthus* (Narayana, 1957)، *Samadera* (Nair & Joseph 1957)، *Brucea* (Nair & Sukumaran, 1960) و *Leitneria* (Pfeiffer, 1912) در دسترس است اما در رابطه با سایر سرده‌ها و گونه‌ها گزارشی منتشر نشده است. با توجه به گزارش های موجود، ویژگی‌های زیر به نوعی باید برای این تیره در نظر گرفته شود: دیواره بساک شامل یک لایه روپوست، یک لایه مکانیکی فیبری، دو تا سه لایه میانی و یک تاپی ترشحی چندسلولی (دو سلولی در *Ailanthus excelsa*)؛ میکروسپورزایی همزمان، تترادهای گرده چهاروجهی و تقاطعی، تخمک‌ها واژگون یا نیمه‌واژگون، پرخورش و دوپوسته‌ای، پوسته داخلی تشکیل میکروپیل زیگزاگ را می‌دهد؛ خورش چندهسته‌ای و اپیدرم خورشی ضمن تقسیم یک کلاهک خورشی را ایجاد می‌نماید، آرکئوسپوریوم چند سلولی یا تک‌سلولی (*Ailanthus*)، تنها یک سلول آرکئوسپوری نمو می‌یابد؛ تترادهای مگاسپورها در آرایش خطی (تتراد T–شکل برای گونه *Ailanthus integrifolia* گزارش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

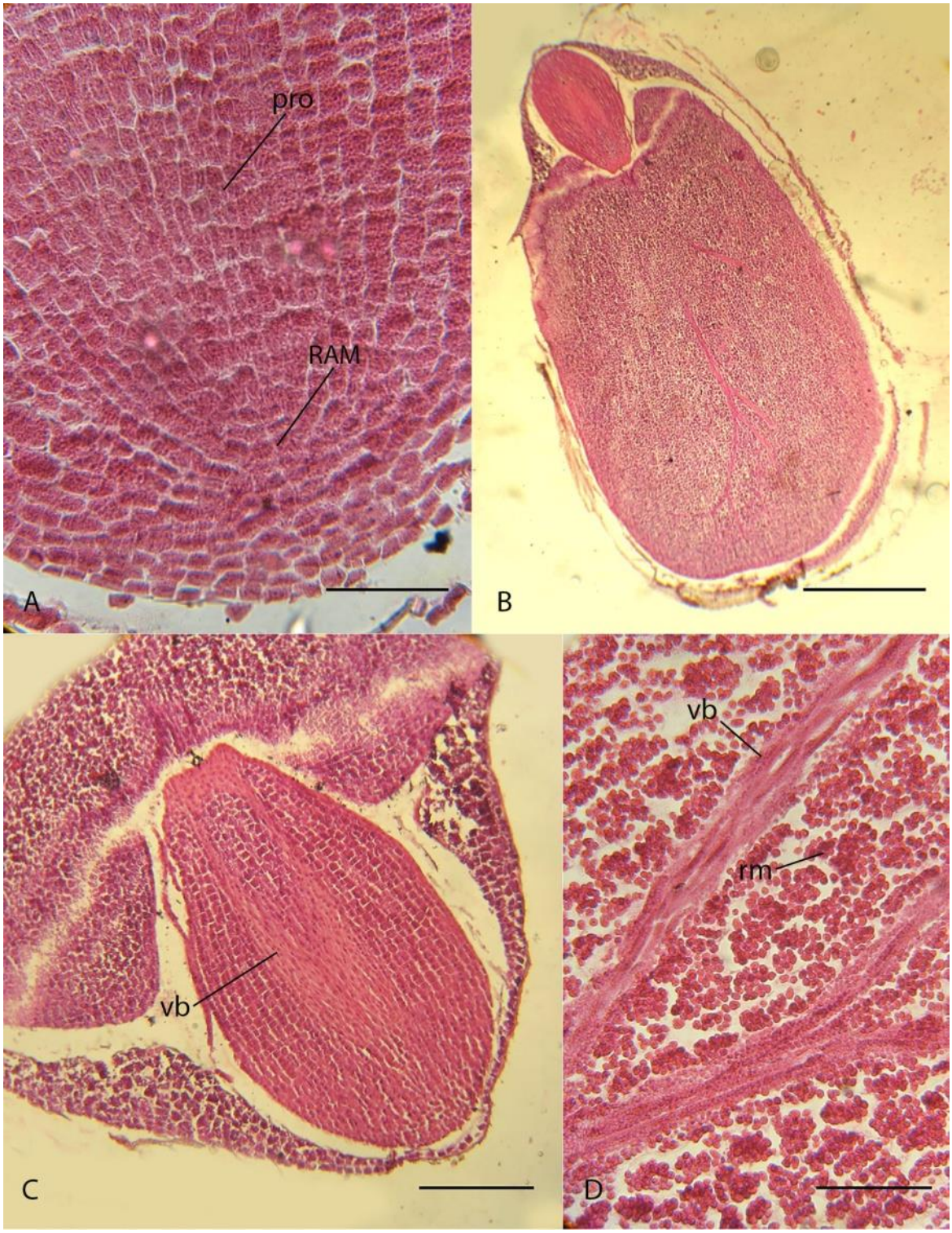
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]

[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]



شکل ۵- نمو رویان در گل‌های ماده (*Ailanthus altissima*). **A**.تقسیم عرضی سلول تخم و ایجاد دو سلول راسی و قاعده‌ای. **B**. تقسیم عمودی یاخته راسی و تقسیم عرضی یاخته قاعده‌ای که منجر به ایجاد پیش‌رویان دوسلولی می‌شود. **C**. مرحله اکتانت یا پیش‌رویان هشت‌سلولی وتقسیم طولی سلول m. **D**. اوایل مرحله رویان گویچه‌ای. **E**. تمایز لایه درماتوژن و یک لایه داخلی از سلول‌ها ضمن تقسیمات مماسی سلول‌های مرحله اکتانت، در این مرحله یک تقسیم عمودی در سلول ci رخ می‌دهد. **F**. اواخر مرحله رویان گویچه‌ای. **G**. رویان در مرحله گذر. **H**. رویان در مرحله قلبی شکل و تمایز مریستم راس ساقه و ریشه. **I**. رویان بالغ (لپه‌ای) با لپه‌های کاملا رشد یافته. ac: سلول راسی؛ bc: سلول قاعده ای؛ su: سوسپانسور؛ D: درماتوژن؛ pro: پروکامبیوم؛ RAM: مریستم راس ریشه؛ vb: دستجات آوندی؛ rm: مواد غذایی ذخیره ای. مقیاس: ۴۰ میکرومتر.

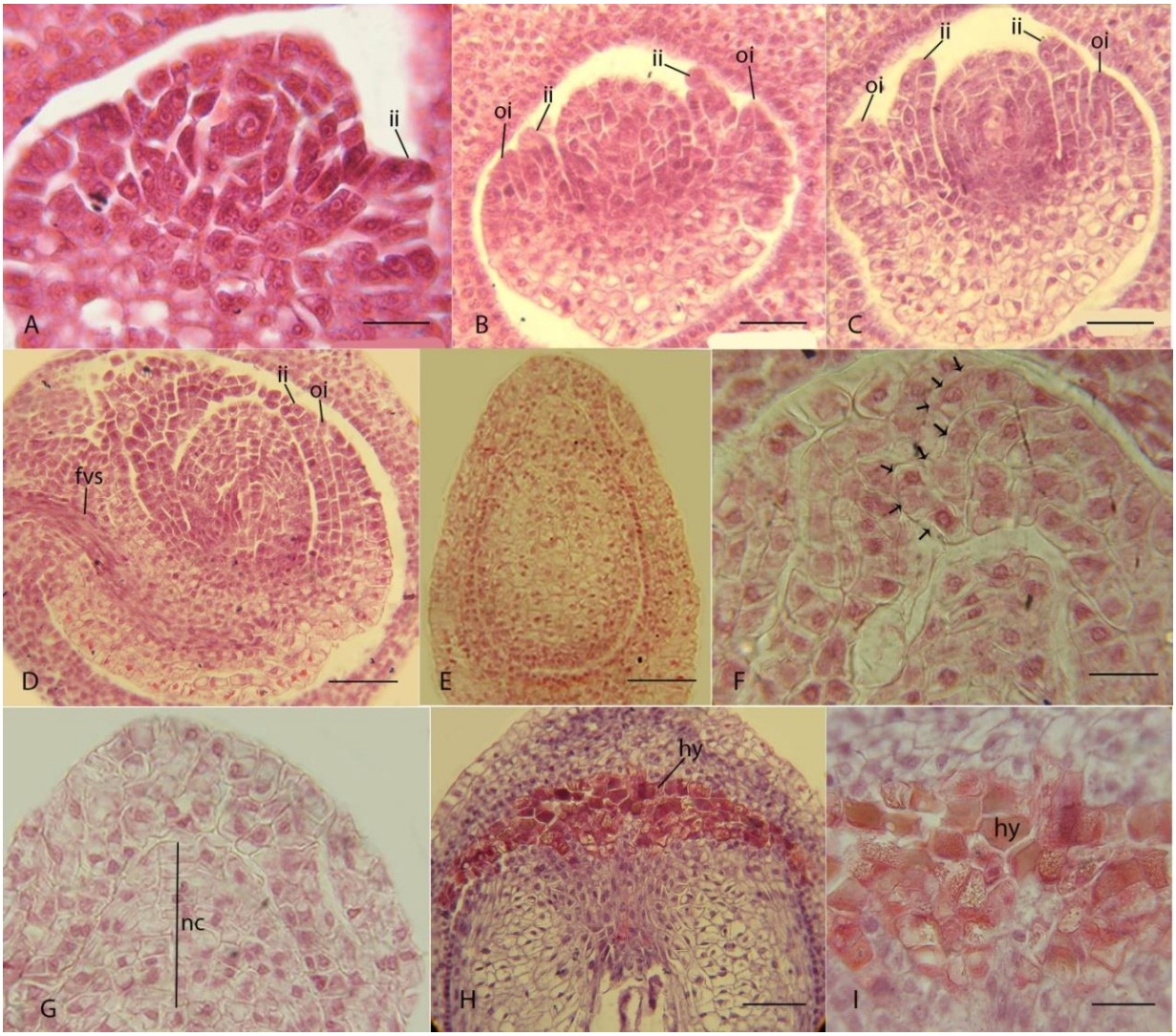
Fig. 5. Embryo development in in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A**. The transverse division of the zygote produces two cells. **B**. The apical cell divides vertically and gives rise to a two-celled proembryo, the basal cell divides transversely into two cells, ci and m. **C**. octant stage (8-celled proembryo) and vertical division of cell m. **D**. early globular embryo stage. **E**. Periclinal division of octant gives rise to dermatogens cell layer and an internal cell layer, at this stage, a vertical division occurs in ci. **F**. Late globular embryo stage. **G**. Transitional stage embryo. **I**. Heart stage embryo; shoot apical meristem (SAM) and root apical meristem (RAM) become specified at this stage. **J**. Advanced stage of seed formation (embryo cotyledonary stage). Abbreviations: ac, apical cell; bc, basal cell; su, suspensor; D, dermatogen; pro, procambium; RAM; root apical meristem; vb, vascular bundle; rm, reserve food material. Scale bars: 40 µm.



شکل ٦– نمو رویان در گل‌های ماده (*Ailanthus altissima*) **A**. ریشه‌چه در رویان بالغ (لپه‌ای) . **B**. رشته‌های پروکامبیومی گسترش یافته به درون یک لپه. **C**. بافت پروکامبیومی (آوندی) در ریشه‌چه. **D**. انشعابات پروکامبیومی یا آوندی لپه در نمای نزدیکتر. e: اندوسپرم؛ em: رویان. مقیاس: ۴۰ میکرومتر.

Fig. 6. Embryo development in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A**. radicle in the embryo cotyledonary stage. **B**. The procambial strands extending into the cotyledon. **C**. Procambial tissue in the radicle. **D**. Procambial branches with more magnification. Abbreviations: e, endosperm; em, embryo. Scale bars: 40 µm.

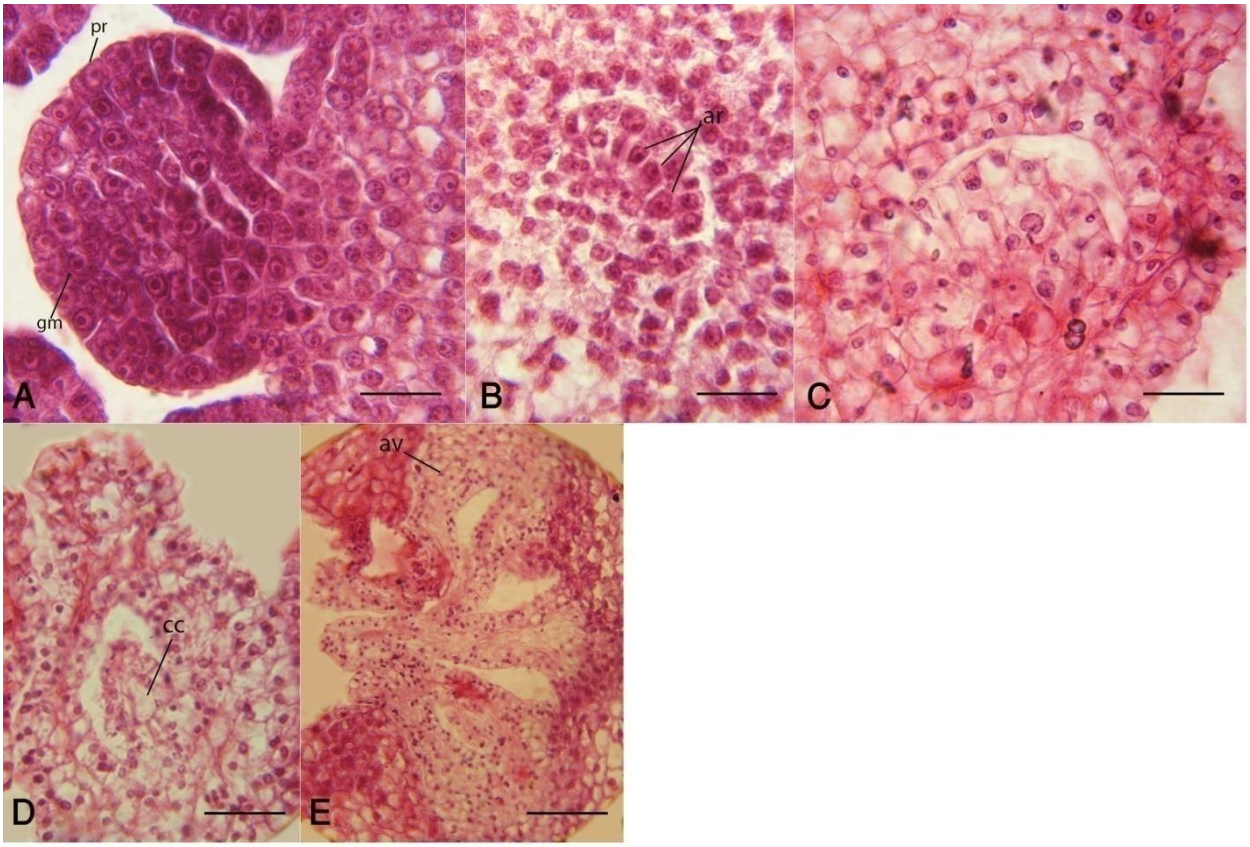
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]



شکل ۷- نمو پوسته‌های تخمک در (*Ailanthus altissima*). **A.** بنیانگذاری پوسته‌های داخلی. **B.** بنیانگذاری پوسته‌های خارجی و رشد پوسته‌های داخلی. **C.** رشد بیشتر پوسته‌های داخلی و خارجی. D. رشد بیشتر پوسته‌ها و نزدیکتر شدن پوسته‌های داخلی به هم برای تشکیل سفت، در این مرحله، خاتمه رشته آوندی در انتهای بنی تخمک مشاهده می‌شود. **E، F.** تشکیل سفت زیگزاگ تو سط پوسته‌های داخلی. **G.** تقسیمات مماسی سلول‌های روپوست خورش و ایجاد کلاهک خورشی. **H.** تشکیل هیپوستاز در قاعده خورش و پوسته‌ها. **I.** سلول‌های تشکیل دهنده هیپوستاز با جدار ضخیم و مواد ذخیره‌ای. ii: پوسته داخلی؛ oi: پوسته خارجی؛ fvs: دستجات آوندی بند؛ hy: هیپوستاز؛ nc: کلاهک خورشی. مقیاس: ۴۰ میکرومتر.

Fig. 7. The development of ovule integuments in female flowers (*Ailanthus altissima*). **A-C**. Longitudinal sections of young ovules showing inner and outer integuments initiation. **D**. The growth of inner integuments around the nucellus and the formation of the micropyle. **E, F**. The formation of zig-zag micropyle by inner integuments. **G**. The periclinal divisions of the nucellar epidermis cells and formation of a prominent nucellar cap. **H**. The formation of hypostase at the base of the nucellus and integuments. **I**. The hypostase consisting of thick-walled and reserved materials-containing cells**.** Abbreviations: ii, inner integument; oi, outer integument; fvs, funicular vascular bundle; hy, hypostase; nc, nucellar cap. Scale bars: 40 µm.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]



شکل ۸- نمو تخمک در گل‌های نر (*Ailanthus altissima*). **A**. پریموردیوم تخمکی با پیش پوست و سلول‌های مریستم زمینه. **B**. تمایز چندین سلول آرکئوسپوری در زیر روپوست. **C.** تمایز سلول‌های تخمک و خارج شدن آن‌ها از حالت مریستمی. **D.** تحلیل سلول‌های تخمک و ایجاد یک حفره مرکزی. **E.** برش طولی گل با تخمک‌های ناقص. pr: پروتودرم؛ gm؛ مریستم زمینه؛ ar؛ سلول ارکئوسپوری؛ cc: حفره مرکزی. مقیاس: ۴۰ میکرومتر.

Fig. 8. Ovule development in male flowers (*Ailanthus altissima*). A. An Ovule primordium with protodermal and ground meristem cells. **B**. The differentiation of several archeosporial cells in the hypodermis. **C**. The differentiation of ovule cells and their exit from meristem state. **D**. The decomposition of ovule cells and the creation of a central cavity. **E**. The longitudinal section of flower, showing abortive ovules. Abbreviations: pr, protodermis; gm, ground meristem; ar, archesporial cell; cc, central cavity. Scale bars: 40 µm.

شده است)؛ مگاسپور بنی به کیسه رویانی تیپ هفت بند نمو می‌یابد؛ لقاح شالازوگامی، مزوگامی و یا پوروگامی (Wiger *et al.*, 1953)، اما در سرده‌های *Samadera* و *Brucea* تنها پوروگامی تایید شده است؛ نمو اندوسپرم مقدم بر نمو رویان و از نوع هسته‌ای است (Clayton, 2008). بنابراین ویژگی‌های رویان‌شناختی گونه *A. altissima* قرابت و اشتراکات بسیار زیادی با ویژگی‌های رویان‌شناختی ثبت شده از این تیره به ویژه در دو گونه *S. indica* و *B. Amarissima* دارد (Nair & Joseph, 1957; Nair & Sukumaran 1960).

به نظر می‌رسد تشکیل هیپوستاز که یک بافت لیگنینی است و در قاعده تخمک در برخی از راسته‌های گیاهی مشاهده می‌شود و کلاهک خورشی که از سلول‌های روپوست راسی خوروش ایجاد می‌شود از ویژگی‌های مشخصه تخمک در اعضای این تیره باشند در گونه‌های *S. indica* و *B. Amarissima* هم گزارش شده است. عنوان شده است که هیپوستاز شامل سلول‌هایی است که قهوه‌ای و چوب پنبه‌ای یا چوبی می‌شوند اما فاقد تمایز در شکل هستند (Corner, 1976). در تحقیق دیگری هیپوستاز را سلول‌های خورشی با دیواره‌های ضخیم در انتهای بنی کیسه رویانی تعریف نمودند (Tilton, 1980). همچنین اظهار شده است که هیپوستاز در بالای سیستم آوندی بنی واقع می‌شود و بسته به شکل قاعده خورش ممکن است به صورت مجموعه‌ای از سلول‌ها یا یک صفحه سلولی فنجان مانند یا دیسک مانند باشد (Bouman, 1984). مطابق با Endress (1994)،هیپوستاز منطقه‌ای با دیواره‌های سلولی چوبی شده (لیگنینی) است که اغلب بین دستجات آوندی و قاعده کیسه رویانی توسعه می‌یابد (Teichman, 1993; Martinsa *et al.*, 2016). برخی از مطالعات نشان داده است این

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

بافت در مهار رشد تهاجمی اندام مکنده اندوسپرم در قسمت بنی دانه در حال نمو نقش ایفا می‌کند. در برخی از گونه‌ها، پلی-ساکاریدهای نامحلول فراوانی در دیواره‌های سلولی هیپوستاز یافت می‌شوند که اشاره به نقش این بافت در ذخیره کربوهیدرات در طول نمو آندوسپرم دارد. بسیاری از محققین معتقدند که عمل‌کرد اصلی هیپوستاز تامین مواد مغذی برای مگاگامت‌زایی است، هر چند محققان دیگر در رابطه با این فرایند اختلاف نظر دارند (Pereira & Bittencourt, 2016). هیپوستاز در شمار قابل ملاحظه‌ای از آرایه‌های Anacardiaceae هم مشاهده می‌شود. Anacardiaceae یکی از تیره‌های متعلق به راسته Sapindales است که تیره Simaroubaceae هم در این راسته جای دارد. برای مثال در گونه Lithraea*molleoides* از تیره Anacardiaceae، در ناحیه بنی، یک منطقه فنجانی شکل از سلول‌های پارانشیمی تانن‌دار، هیپوستاز را تشکیل می‌دهند (Carmello-Guerreiro & Paoli, 2005).

استقرار دستگاه تخمزا در هر دو قطب سفتی و یا بنی می‌تواند نشان‌دهنده انجام هر دو نوع لقاح پوروگامی و یا شالازوگامی در گونه *A. altissima* باشد. همانطور که قبلا توسط Wiger (1935) هر سه نوع لقاح شالازوگامی، مزوگامی و پوروگامی در این تیره گزارش شده است.

تخمک در گونه *A. altissima* از نوع واژگون و میکروپیل به صورت زیگزاگ است که توسط پوسته‌های درونی ایجاد می‌شود. تخمک‌های نهاندانگان اغلب از نوع واژگون است و به ندرت انواع خمیده، راست و نیمه‌واژگون مشاهده می‌شوند. لوله گرده به راس بافت خورش توسط سفت هدایت می‌شود که اغلب توسط پوسته درونی یا توسط هر دو پوسته در تخمک‌های دوپوسته یا توسط یک پوسته در تخمک‌های تک‌پوسته‌ای ایجاد می‌شود. سفت زیگزاگ نوع ویژه‌ای از سفت است که در آن، پوسته خارجی روی پوسته داخلی را می‌پوشاند به روشی که دو قسمت کانال سفتی در وسط تراز نیستند بلکه دارای یک شکل زیگزاگ هستند. این نوع از سفت بیشتر در تخمک‌های خمیده یافت می‌شود (Endress, 2011).

نمو رویان در گونه *A. altissima* از تیپ گل مغربی است. تیپ گل مغربی نمو رویان در شکل معمول آن در تیره Onagraceae دیده می‌شود. Johansen (۱۹۵۰) ۱۵ تنوع از این تیپ رویانی را در سرده‌های *Alyssum* L. (Brassicaceae)، *Capsella* Medik. (Brassicaceae)، *Catalpa* Scopoli (Bignoniaceae)، *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae)، *Heloniopsis* A.Gray (Melanthiaceae)، *Lilium* L. (Liliaceae)، *Juncus* L. (Juncaceae)، *Lotus* L. (Nelumbonaceae)، *Lythrum* L. (Lythraceae)، *Mentha* L. (Lamiaceae)، *Myosurus* L. (Ranunculaceae)، *Ruta* L. (Rutaceae)، *Sonerila* Roxb. (Melastomataceae)، *Trifolium* L. (Fabaceae) و *Veronica* L. (بارهنگیان) گزارش نمود. نمو رویان نوع گل‌مغربی در اعضای تیره Anacardiaceae و برخی از اعضای تیره Rutaceae (از راسته Sapindales) هم گزارش شده است (Czapik & Izmailow, 2001; Tobe, 2011; Gonzalez, 2016).

حضورگل های تک‌جنس از لحاظ عمل‌کردی (اما از لحاظ ریخت‌شناسی دوجنس) که در گونه *A.altissima* در مطالعه حاضر هم بررسی شد، به نظر می‌رسد در تیره‌های Kirkiaceae، Anacardiaceae، Burseraceae و دیگر اعضای راسته Sapindales متداول باشد (Bachelier & Endress, 2008). برای مثال در گونه *Handeliodendron bodinieri* (H.Lév.) Rehder از تیره Sapindaceae (راسته Sapindales) با گل‌های دوجنسی کاذب، پرچم‌ها در گل‌های ماده کوچک، مسطح و نازا هستند و مادگی در گل‌های نر کوچک و نازک بوده، رشد و توسعه نمی‌یابد، تخمک‌های گل‌های نر کوچک و چروکیده هستند و معمولا در مرحله کیسه رویانی دو سلولی شروع به تجزیه نموده، پوسته‌ها و خورش جذب شده و به تدریج ناپدید می‌شوند (Cao *et al*., 2008).

در مجموع مطالعه حاضر اطلاعات مفیدی را در رابطه با ویژگی-های رویان‌شناختی گونه *A. altissima* به عنوان یک عضو از تیره Simaroubaceae برای اولین بار ارائه داد این اطلاعات می‌تواند درک ما را از سیستم تولیدمثلی این گونه مهاجم به عنوان یکی از اعضای تیره Simaroubaceae افزایش دهد.

سپاسگزاری

نگارندگان از دکتر فرخ قهرمانی‌نژاد برای نظرات ارزشمندشان قدردانی می‌کنند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]
[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]

REFERENCES

Alves, I.A., Miranda, H.M., Soares, L.A. and Randau, K.P. 2014. Simaroubaceae family: botany, chemical composition and biological activities. – Rev. Bras. Farm. 24: 481-501.

Bachelier, J.B., and Endress, P.K. 2008. Floral Structure of *Kirkia* (Kirkiaceae) and its Position in Sapindales. – Ann. Bot. 102: 539-550.

Baily, L.H. 1964. Manual of cultivated plants. The Macmillan Co, New York, pp: 611.

Bouman, F. 1984. The ovule. In B. M. Johri (Ed), Embryology of angiosperm. Berlin: Springer Verlag. pp: 530.

Cao, L.M., Xia, N.H. and Deng, Y.F. 2008. Embryology of *Handeliodendron bodinieri* (Sapindaceae) and its systematic value: development of male and female gametophytes. – Plant. Syst. Evol. 274: 17-23.

Carmello-Guerreiro, S.M. and Paoli, A.A.S. 2005. Anatomy of the Pericarp and Seed-coat of Lithraea molleoides (Vell.) Engl. (Anacardiaceae) with Taxonomic Notes. – Braz. Arch. Boil. Technol. 48: 590-610.

Clayton, J.W. 2008. Evolutionary history of Simaroubaceae (Sapindales): Systematics, biogeography and diversification. Ph.D thesis, University of Florida.

Correia, M., Castro, S., Ferrero, F., Crisóstomo, J.A. and Rodríguez-Echeverría, S. 2014. Reproductive biology and success of invasive Australian acacias in Portugal. – Bot. J. Linn. Soc. 174: 574-588.

Corner, E.J.H. 1976. The seeds of dicotyledons. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press. pp: 1-320.

Czapik, R. and Izmailow, R. 2001. Zygotic Embryogenesis. Structural aspects. In: Bhojwani and Soh [eds.], Current trends in the embryology of angiosperms, 197–222. The Netherlands, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Endress, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge: Cambridge University Press. pp: 1-420.

Endress, P.K. 2011. Evolutionary diversification of the flowers in angiosperms. – Am. J. Bot. 98: 370-96.

Gonzalez, A.M. 2016. Floral structure, development of the gynoecium, and embryology in *Schinopsis balansae* Engler (Anacardiaceae) with particular reference to aporogamy. – Int. J. Plant. Sci. 177: 326–338.

Hua, P. and Thomas, W.W. 2008. Simaroubaceae. – In: Flora of China: Oxalidaceae through Aceraceae. Vol. 11. Missouri. Botanical Garden Press, St. Louis. pp: 100-104.

Kundu, P., and Laskar, S. 2010. A brief resume on the genus *Ailanthus*: chemical and pharmacological aspects. – Phytochem. Rev. 9: 379-412.

Martinsa, F.M., Cunha-Netoa, I.L. and Pereirab, T.M. 2016. Floral morphology and anatomy of *Dalechampia alata* Klotzsch ex Baill. (Euphorbiaceae), with emphasis on secretory structures. – Braz. J. Biol. 76: 233-244.

Mousavi, F., Rezanejad, R., Majd, A. and Irian, S. 2010. Flower and Fruit morphology in *Aianthus. altissima*. – J. Develop. Biol. 7: 25-32.

Mousavi, F., Rezanejad, F., Majd, A. and Irian, S. 2011. Flower structure and anther and pollen development n *Aianthus altissima* (Simaroubaseae). – J. Sci. (Kharazmi University) 10: 1033-1046.

Mousavi, F., Majd, A., Shahali, Y., Ghahremaninejad, F., Kardar, G. and Pourpak, Z. 2016. Pollinosis to tree of heaven (*Ailanthus altissima*) and detection of allergenic proteins: a case report. – Ann. Allergy. Asthma. Immunol. 116: 374-375.

Nair, N.C. and Joseph, T.C. 1957. Floral morphology and embryology of *Samadera indica*. – Bot. Gaz. 119: 104-115.

Nair, N.C. and Sukumaran, N.P. 1960. Floral morphology and embryology of *Brucea amarissima*. – Bot. Gaz. 121: 175-185.

Narayana, L.L. 1957. Embryology of two Simaroubaceae. – Curr. Sci. 26: 323-324.

Pereira, E.J. and Bittencourt, N.S. 2016. Comparative ovule ontogeny in some members of the *Tabebuia alliance* (Bignoniaceae). – Int. J. Plant. Sci. 177: 481-497.

Pfeiffer, W.M. 1912. The morphology of *Leitneria floridana*. – Bot. Gaz. 53: 189-203.

Teichman, I.V. 1993. Development and structure of the seed of *Ozoroa paniculosa* (Anacardiaceae) and taxonomic notes. – Bot. J. Linn. Soc. 111: 463-470.

Tilton, V.R. 1980. Hypostase development in *Ornithogalum caudatum* (Liliaceae) and notes on other types of modifications in the chalaza of angiosperm ovules. – Can. J. Bot. 58: 2059-2066.

Tobe, H. 2011. Embryological evidence supports the transfer of *Leitneria floridana* to the family Simaroubaceae. – Ann. Mo. Bot. Gard. 98: 277-293.

Wiger, J. 1935. Embryological studies on the families Buxaceae, Meliaceae, Simaroubaceae, and Burseraceae. Ph.D. thesis, University of Lund, Lund.

*****

How to cite this article:

Mousavi, F. Majd, A. 2019. The embryology of *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae): an invasive species from Iran. – Nova Biol. Reperta 6: 184-197.

موسوی، ف. و مجد، ا. ۱۳۹۸. رویان شناسی درخت عرعر، یک گونه مهاجم از ایران. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۶: ۱۹۷-۱۸۴.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1398.6.2.15.2]

[DOI: 10.29252/nbr.6.2.184]