




Paper Type: Original Article

## Development of male and female reproductive organs in Moldavian dragonhead, *aTrachyspermum ammi* (L.) Sprague (Apiaceae)

Reyhaneh Saeidi<sup>1,\*</sup> , Golnaz Tajadod<sup>1</sup>, Sayeh Jafari Marandi<sup>1</sup>, Maryam Peyvandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PhD Student Biology Department, College of Bioscience, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran; [reyhaneh.saeidi68@gmail.com](mailto:reyhaneh.saeidi68@gmail.com).

<sup>2</sup> Assistant Professor Biology Department, College of Bioscience, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran; [Tajadodg@gmail.com](mailto:Tajadodg@gmail.com).

<sup>3</sup> Assistant Professor Biology Department, College of Bioscience, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran; [s\\_jafari@iau-tmb.ac.ir](mailto:s_jafari@iau-tmb.ac.ir).

<sup>4</sup> Associate Professor Biology Department, College of Bioscience, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran; [maryapeyvanidi@gmail.com](mailto:maryapeyvanidi@gmail.com).

### Citation:

Saeidi, R., Tajadod, G., Jafari Marandi, S., & Peyvandi, M. (2024). Development of male and female reproductive organs in Moldavian dragonhead, *aTrachyspermum ammi* (L.) Sprague (Apiaceae). *The quarterly scientific journal of applied biology*, 36(4), 90-101.

Received: 24/02/2023

Accepted: 12/06/2023

## Abstract

**Introduction:** Ajowan, belonging to Apiaceae, is one of the most medicinal plants in Iran and is naturally distributed in Ethiopia, Egypt, and India. Despite the homogeneity of flower characteristics in the family, nevertheless, a high diversity of flower morphology can be seen in this genus. Given the pharmacological importance of Ajowan, the developmental stages of its male and female organs were examined.

**Methods:** Flower buds in different developmental stages were harvested, fixed in FAA, and maintained in 70% Ethanol. After performing various steps, including clarification and embedding in paraffin, microtomy sections were made. The Hematoxylin-eosin was used to stain the slices.

**Results:** Based on the results, the initiation pattern of floral organ development is acropetal, in which the sepals initiate first, followed by petals, and finally, stamens. Initiation of gynoecium occurs with delay to the stamen. Isostemonous stamens, secretory tapetum layer, tetrahedral microspore tetrad, spindle shape microspores, mature pollen with two-celled and three germinal furrows.

**Conclusion:** Asynchrony of microspore development was observed in the anthers of the same plant flowers and the pollen sacs of the same anther. Also, the development of male and female gametophytes was not synchronized in the same flower. Inferior ovary, anatropous ovules, the linear type of megaspore tetrad, polygonum type of functional megaspore formation, and embryo sac development are other characteristics of this plant.

**Keywords:** Anatropous ovule, Anther, Microspore, Pollen and embryo sac development, Tetrad.



## مطالعه‌ی تکوین اندام زایشی نر و ماده در گیاه زنیان (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague (تیره‌ی کرفسیان: Apiaceae)

ریحانه سعیدی<sup>۱\*</sup>، گلناز تجدد<sup>۲</sup>، سایه جعفری مرندی<sup>۳</sup>، مریم پیوندی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکترا، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، شعبه تهران شمال، تهران، ایران.

<sup>۲</sup>استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، شعبه تهران شمال، تهران، ایران.

<sup>۳</sup>استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، شعبه تهران شمال، تهران، ایران.

<sup>۴</sup>دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی، شعبه تهران شمال، تهران، ایران.

### چکیده

**مقدمه:** گیاه زنیان متعلق به تیره‌ی کرفسیان، یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی کاربردی در صنایع داروسازی ایران است که به طور طبیعی در ایتوبی، مصر و هندوستان پراکنش دارد. خصوصیات کلی گل‌ها در این تیره معمولاً یک‌نواخت است. با این وجود، تنوع بالای ریخت‌شناسی گل در این تیره دیده می‌شود. با توجه به اهمیت دارویی زنیان، تکوین اندام زایشی نر و ماده مورد مطالعه قرار گرفت.

**روش‌ها:** گل‌ها و غنچه‌ها در مراحل مختلف نمو برداشت و سپس در الکل ۷۰٪ نگهداری شدند و برش‌های میکروتومی از نمونه‌ها پس از انجام مراحل مختلف شامل شفاف‌سازی و قالب‌گیری در پارافین صورت گرفت. از هماتوکسیلین-انئوزین برای رنگ‌آمیزی برش‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** بر اساس نتایج، بنیان‌گذاری اندام‌های گل در گیاه زنیان به صورت مرکزگرا می‌باشد که در آن ابتدا کاسبرگ‌ها، سپس گلبرگ‌ها و در نهایت پرچم‌ها بنیان‌گذاری می‌شوند. تکوین مادگی با تاخیر نسبت به پرچم‌ها انجام می‌شود. پرچم‌ها ایزوستمون، لایه مغذی ترشچی، تتراد میکروسپورها از نوع تراهدرال، میکروسپورها بیضی‌شکل و دانه‌های گرده دوسلولی و سه شیاره می‌باشند.

**نتیجه‌گیری:** ناهم‌زمانی تکوین میکروسپورها در بساک‌های گل‌های یک‌پایه و کیسه‌های گرده یک بساک مشاهده شد؛ هم‌چنین تکوین گامتوفیت نر و ماده در یک گل هم‌زمان نمی‌باشد. تخمدان زیرین، دوبرچه‌ای، تخمک واژگون، تتراد مگاسپور خطی، تشکیل مگاسپور عملکردی و کیسه رویانی نوع علف هفت‌بند از دیگر ویژگی‌های این گیاه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: بساک، تکوین گرده و کیسه رویانی، تتراد، تخمک واژگون، میکروسپور.

### ۱- مقدمه

گل‌ها در تیره‌ی کرفسیان (Apiaceae) معمولاً چندتقارنی (polysymmetric)، تتراسیکلیک (tetracyclic) و پنج‌پری هستند و تخمدان به صورت زیرین و دوبرچه‌ای می‌باشد. بر اساس این یکنواختی، این طور انتظار می‌رود که تکوین گل‌ها در میان گونه‌ها همگن باشد. با این وجود مطالعات مختلف نشان داده است که برخلاف انتظار، تنوع بالای ریخت‌شناسی گل در این تیره دیده می‌شود [1]. تکوین گل در بسیاری از گونه‌ها و سرده‌های

این تیره از سالیان دور مورد بررسی قرار گرفته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مطالعات ساتلر [2]، اربار [3]، پایر [4]، سوچارت [5] و جوخمان [6] اشاره کرد.

زنیان با نام علمی *Trachyspermum ammi* (L.) Sprague متعلق به تیره چتریان (Apiaceae) می‌باشد که در کتب طب سنتی با نام‌های مختلف نانخواه، انیسون بری، بادیان رومی معرفی شده است [7]. زنیان که با اسامی انگلیسی *Ajowan*، *Ajwain*، *Carum* و *Bishopweed* شناخته می‌شود، گیاهی علفی، یک‌ساله، معطر، ایستاده و منشعب با گل‌آذین چتر است. چترها اغلب با شعاع‌های شش تا هشت‌تایی، برگ‌ها (bracts) و برگک‌ها (bracteoles) اغلب سه تا پنج‌تایی، خطی باریک و گاهی تقسیم شده هستند. اجزای گل پنج‌پری، کاسه‌ی گل دندانه‌دار و گلبرگ‌ها به رنگ سفید با نوک‌چالدار است که در راس به داخل خمیده می‌باشد. میوه زنیان خشک و شیزوکارپ است [7].

در سالیان اخیر ویژگی‌های تکوینی و تولیدمثلی گونه‌های مختلف این تیره مورد توجه واقع شده‌اند. بررسی منابع نشان داد که ویژگی‌های تکوینی اندام زایشی گیاه زنیان تنها به صورت محدود در برخی پژوهش‌ها مورد توجه قرار گرفته است [8]؛ با این وجود پژوهش‌های متعددی در زمینه تکوین گامتوفیت نر و ماده و جنین‌زایی در گونه‌های مختلف این تیره مانند *Glehnia littoralis* [9]، *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch [10]، *Pimpinella anisum* [11]، *Seseli resinosum* [12]، *Pyncocycla nodiflora* Decne. ex Boiss. [13]، *Angelica sinensis* [14]، *Angelica Dahurica* [15] انجام شده است.

بر اساس مطالعات پیشین، تکوین اندام‌های زایشی در گونه‌های مختلف این تیره مانند *Bupleurum chinense*، چند گونه از جنس *Angelica* و *Saposhnikovia divaricate* دارای ویژگی‌های مشابهی هستند که می‌توان به تکوین دیواره بساک از نوع دولپه‌ای، تتراد میکروسپور نوع تراهدرال و تکوین کیسه رویانی از نوع علف هفت‌بند اشاره کرد [15-18]. به طور کلی گیاهان گل‌دار بر اساس تعداد لایه‌های میانی دیواره بساک به چهار نوع دیده می‌شوند که شامل نوع پایه، نوع دولپه‌ای، نوع تک‌لپه‌ای و نوع کاهش یافته هستند. در نوع دولپه‌ای که اعضای تیره کرفسیان نیز به آن تعلق دارند، دیواره بساک از لایه‌های اپیدرمی، مکانیکی، میانی (به تعداد یک عدد) و مغذی تشکیل شده است [19]. حدود ۷۰٪ نهان‌دانگان، دانه‌های گرده دو سلولی دارند، در درحالی‌که ۳۰٪ آن‌ها، دانه‌های گرده سه سلولی دارند. هر دو نوع دانه گرده، یک سلول رویشی واحد و یک سلول زایشی واحد دارند که در گروه دوم، سلول زایشی دو گامت نر را تولید می‌کند. تقسیم هسته‌ای در سلول زایشی امکان دارد تحت دو وضعیت اتفاق بیفتد. در وضعیت سه سلولی، تقسیم سلول زایشی زمانی صورت می‌گیرد که دانه‌های گرده هنوز درون بساک حضور دارند در درحالی‌که در وضعیت دو سلولی، تقسیم سلول زایشی پس از شکوفایی بساک و رها شدن دانه‌های گرده انجام می‌شود [20]. در دولپه‌ای‌ها، دانه‌های گرده دو سلولی را می‌توان در ۱۹۵ تیره مشاهده کرد در درحالی‌که در ۹۸ تیره، دانه‌های گرده به صورت سه سلولی رها می‌شوند [21].

سرده *Trachyspermum* دارای ۲۰ گونه معطر یک‌ساله است. اعضای این جنس در آفریقای شمالی و آسیای مرکزی، هند و غرب چین رویش دارند. منشأ زنیان را شبه‌قاره هند و منطقه مدیترانه دانسته‌اند [22]. این گونه در اتیوپی، مصر و هندوستان به صورت بومی و در ایران، افغانستان و پاکستان به صورت کاشته شده پراکنش دارد [7]. این گیاه در صنایع غذایی، بهداشتی و دارویی دارای اهمیت زیادی می‌باشد [22]؛ هم‌چنین از مهم‌ترین گیاهان دارویی کاربردی در صنایع داروسازی ایران می‌باشد که در تولید داروهای ضد سرطان، ضد ترومبولیت، آنتی باکتریال، کاهنده فشارخون، ضد سرفه و محافظ کبد کاربرد دارد [23]. قسمت مورد استفاده آن در طب سنتی دانه (بذر) آن است که به‌عنوان ضد تهوع، ضد نفخ، مدر، مقوی معده، کاهش‌دهنده کلسترول خون و تسکین‌دهنده اسپاسم به کار می‌رود [24]. با توجه به اهمیت دارویی زنیان، بررسی ساختار تولیدمثلی و زایشی می‌تواند به افزایش دانش ما در ارتباط با اصلاح نژاد، زادآوری و تکثیر این گیاه ارزشمند کمک کند.

## ۲- مواد و روش‌ها

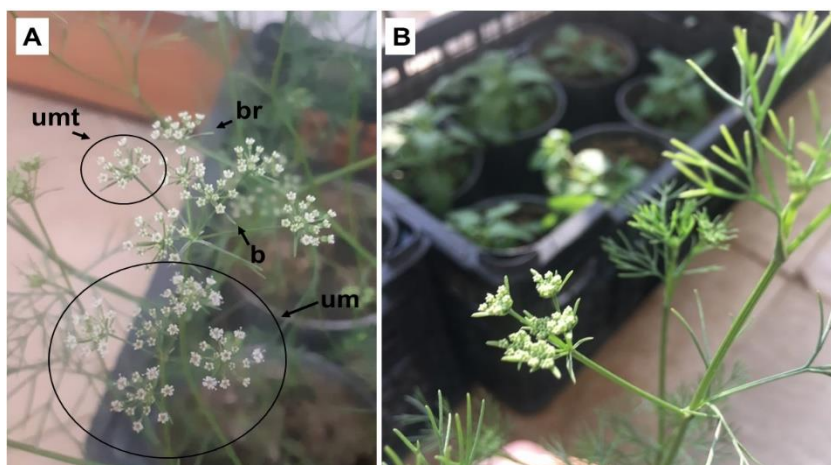
بذر گیاه زنیان از شرکت پاکان بذر اصفهان (ایران) تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی در اردیبهشت ۱۳۹۹ کاشته شد. با شروع مرحله گل‌دهی گیاهان در اوایل تابستان و کمی قبل از آن، راس ساقه‌ی گل دهنده، غنچه و گل در سنین مختلف، جمع‌آوری گردید و در محلول FAA 70 با نسبت حجمی ۵:۵:۹۰ تثبیت شد. این محلول شامل فرمالین، اسید استیک گلاسیال و اتانل ۷۰٪ بود. به منظور بررسی‌های ریخت‌شناسی و ویژگی‌های گل، نمونه‌های گل و گل‌آذین به صورت تازه با استفاده از استریومیکروسکوپ (Olympus) و هم‌چنین با چشم غیر مسلح مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌های تثبیت‌شده در اتانل ۷۰٪، در وقت‌های مختلف و رو به افزایش اتانل گذاشته شدند. پس از آن به منظور شفاف‌سازی، از نسبت‌های مختلف

گزیلن-تولون استفاده شد. به این صورت که این محلول موجب جانشین‌سازی اتانل توسط گزیلن می‌شود. پس از آن مراحل پارافین‌دهی توسط مخلوط‌های گزیلن-پارافین، قالب‌گیری در پارافین خالص و آرایش بلوک پارافینی انجام شد. از بلوک‌های پارافینی حاوی نمونه‌ها، برش‌های مناسب ۸-۱۰ میکرونی جهت مطالعه مراحل تکوینی تهیه شد. برای این منظور از میکروتوم DC (Mainz, Co., Cut 4040 و Germany) استفاده گردید. رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین-انوزین و بر اساس روش ینگ [25] صورت گرفت. برای هر مرحله تکاملی بیش از ۱۰ نمونه مورد مطالعه قرار گرفت. برای بررسی و تهیه عکس از نمونه، میکروسکوپ نوری نیکون (Tokyo, Nikon و Japan) مورد استفاده قرار گرفت.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- تکوین پرچم و دانه گرده

شکل ۱ گیاه زنیان در مرحله گل‌دهی را نشان می‌دهد که در آن گل‌آذین چتر و چترک‌ها قابل مشاهده می‌باشند. هر چتر مرکب از تجمع چند چترک ایجاد می‌شود؛ گل‌های هر چترک از لحاظ مرحله نمو یکسان نمی‌باشند. مریستم انتهایی گیاه در زمان مناسب گل‌دهی وارد فاز زایشی می‌شود (شکل ۲-۱A). پریموردیوم‌ها بر روی مریستم انتهایی ظاهر می‌شوند که در نهایت چتر را تشکیل می‌دهند (شکل ۲-۱D).



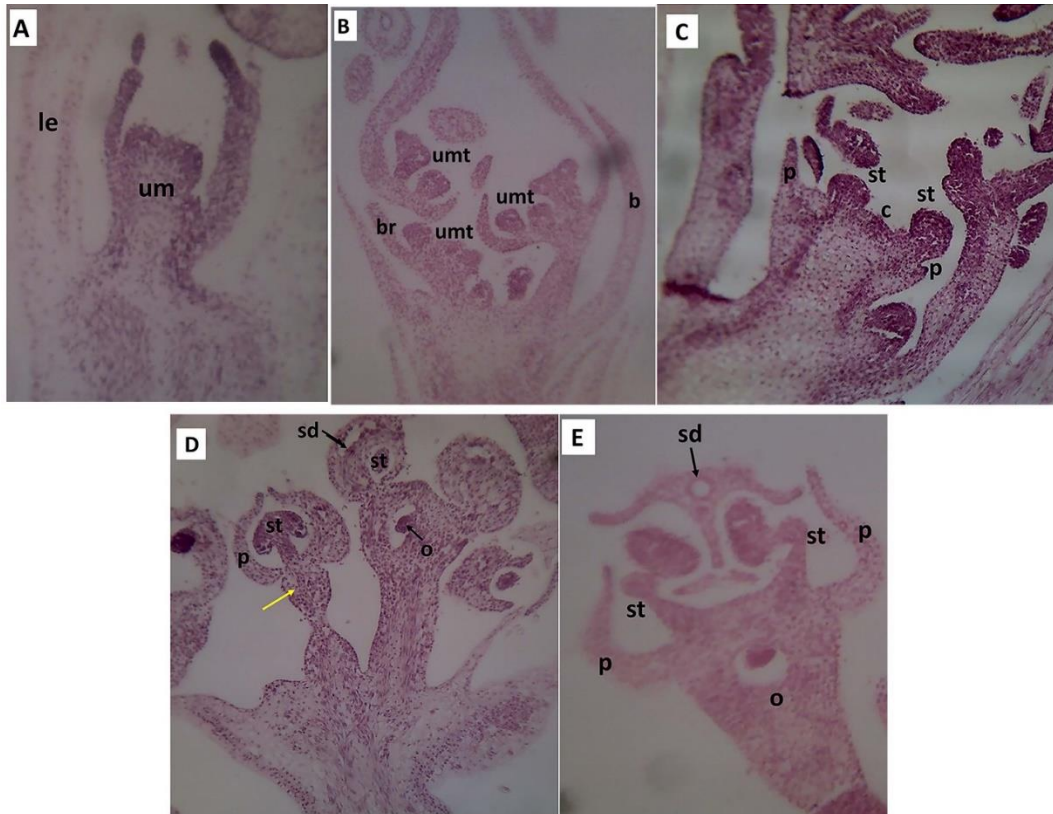
شکل ۱- گیاه زنیان در مرحله گل‌دهی؛ A: گل‌آذین چتر مرکب و چترک‌ها. B: غنچه‌ها در گل‌آذین. رنگ سفید

گلبرگ‌ها در حالت غنچه مشخص است. um: گل‌آذین چتر umt؛ چترک؛ b: برگه؛ br: برگک.

Figure 1- Blooming of Ajwan; A: compound umbel inflorescence and umbellet. B: buds on the inflorescence. White color of petals is visible in bud status. um: umbel; umb: umbellet; b: bract; br: bracteole.

ناهم‌سانی نمو گل‌ها در چترک و حتی چترها در شکل‌های ۲-۱B تا ۲-۱D به‌وضوح قابل مشاهده است. پیدایش چترک‌های پیرامونی زودتر از چترک‌های میانی انجام می‌شود (شکل ۲-۱B). بخش زایشی نر در گیاه زنیان دارای ۵ پرچم پیرامونی (ایزوستمون) است که متناوب با گلبرگ‌ها قرار می‌گیرند. میله‌ی پرچم از مراحل ابتدایی نمو به‌صورت تاشده و خمیده درون غنچه هستند که در مرحله شکوفایی بساک و باز شدن کامل گل، میله‌های پرچم کشیده شده و در بیرون گل قرار می‌گیرند (شکل ۲-۱E). پرچم‌ها نمو زودرس دارند.

بر اساس شدت رنگ‌پذیری بافت‌ها، برگک‌ها و کاسبرگ‌ها نسبت به گلبرگ‌ها و پرچم‌ها از نظر مرحله تمایزی پیشرفته‌تر هستند (شکل‌های ۲-۱C و ۲-۱D). در مراحل اولیه‌ی پدیدار شدن پریموردیوم پرچمی، گلبرگ‌ها نیز دارای سلول‌های پارانشیمی با رنگ‌پذیری بالا می‌باشند که بیانگر فعال بودن تقسیمات سلولی به‌منظور توسعه‌ی بافت گلبرگ می‌باشد، اما هم‌چنان نسبت به پریموردیوم پرچمی، کمرنگ‌تر می‌باشند. در این مرحله، باوجود این‌که تا حدودی محدوده و شکل بافت‌های تشکیل‌دهنده گلبرگ مشخص شده است، اما اثری از ایجاد مجرای ترش‌حی دیده نمی‌شود (شکل ۲-۱D).

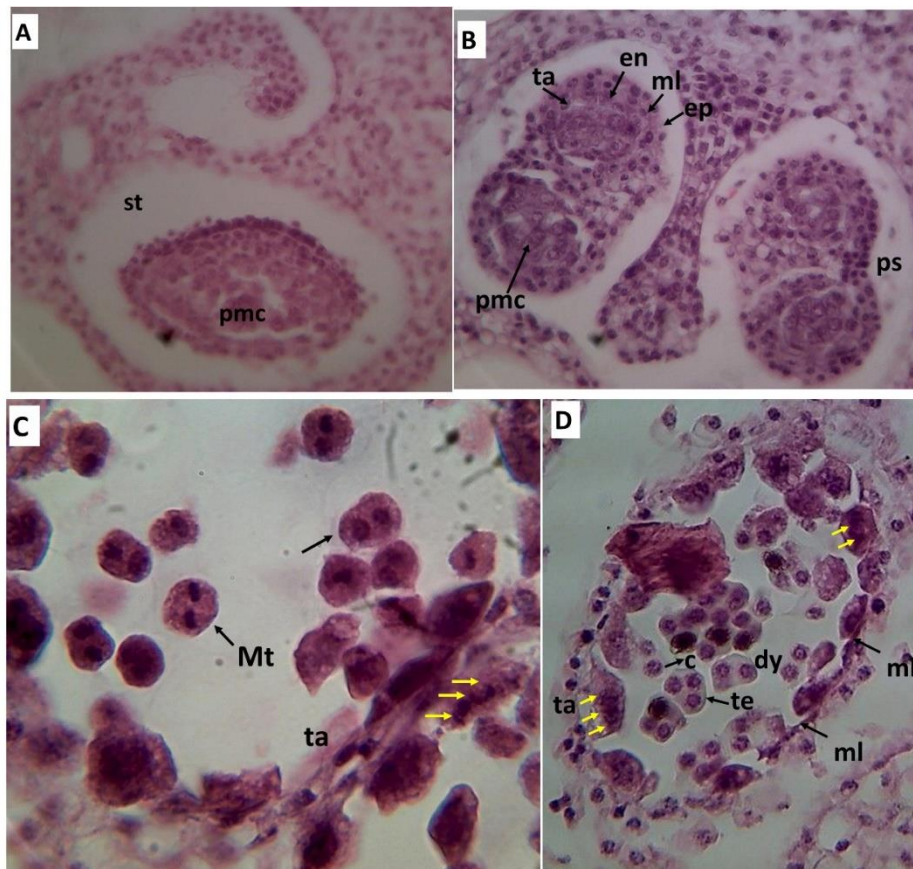


شکل ۲- مراحل تکوین مریستم زایشی زنیان تا تشکیل گل، رنگ آمیزی هماتوکسیلین-انئوزین؛ A: برش طولی مریستم زایشی در مراحل ابتدایی ( $\times 10$ )؛ B: برش طولی گل آذین، تشکیل پریموردیوم‌های چترک ( $\times 40$ )؛ C: برش طولی غنچه ( $\times 40$ )، تشکیل پریموردیوم‌های پرچمی گلبرگی، بساک‌ها؛ D: برش طولی بخشی از یک چتر. گل نر (فلش زرد)؛ E: برش طولی غنچه‌ی گل. um: چتر؛ umt: چترک؛ b: برگه؛ br: برگک؛ le: برگ؛ p: گلبرگ؛ st: پرچم؛ o: تخمک؛ sd: مجرای ترشچی.

Figure 2- Developmental stages of reproductive meristem in Ajwan stained with hematoxylin-eosin; A: Longitudinal section of reproductive meristem at initial formation stage ( $\times 10$ ). B: Longitudinal section of inflorescence, Formation of umbellet primordium ( $\times 40$ ). C: Longitudinal section of bud ( $\times 40$ ), forming primordium of stamen, petals, and anthers. D: Longitudinal section of the umbel, male flower (yellow arrow). E: Longitudinal section of bud. um: umbel; umt: umbellet; b: bract; br: bracteole; le: leaf; p: petal; st: stamen; o: ovule; sd: secretory duct.

در بساک جوان، بافت هاگزا در مرکز هر کیسه گرده و لایه‌های دیواره‌ای در پیرامون شروع به تقسیم و تمایز می‌کنند (شکل‌های ۳-۱ تا ۳-۲). هنگامی که تمایز لایه‌های دیواره بساک و سلول‌های مادر گرده در حال شکل‌گیری می‌باشد، مجرای ترشچی در گلبرگ دیده می‌شود (شکل‌های ۳-۱ تا ۳-۲). لایه‌های جدار شامل لایه‌های اپیدرم، مکانیکی (اندوتسیوم)، میانی (گذر) و مغذی (تاپی) می‌باشند (شکل ۳-۱). در مراحل اولیه، سلول‌های اپیدرمی مستطیلی هستند (شکل ۳-۱). سلول‌های لایه مغذی از نوع ترشچی هستند و طی تکوین بساک، در جای خود باقی‌مانده و نقش مهمی در تکوین میکروسپور دارند (شکل‌های ۳-۱ تا ۳-۲). این لایه، به‌مرور از مرحله دانه‌های گرده تک‌هسته‌ای، شروع به تجزیه می‌کنند. مواد مغذی موجود در لایه میانی و لایه مغذی، هضم شده و به مصرف تغذیه‌ی دانه گرده طی مراحل تکوین می‌رسند. در مراحل مختلف نمو دانه گرده، سلول‌های لایه مغذی حاوی سیتوپلاسم و رنگ‌پذیری بالایی هستند که بیانگر فعالیت ترشچی زیاد آن‌ها به‌منظور بلوغ دانه‌های گرده است (شکل‌های ۳-۱ تا ۳-۲).



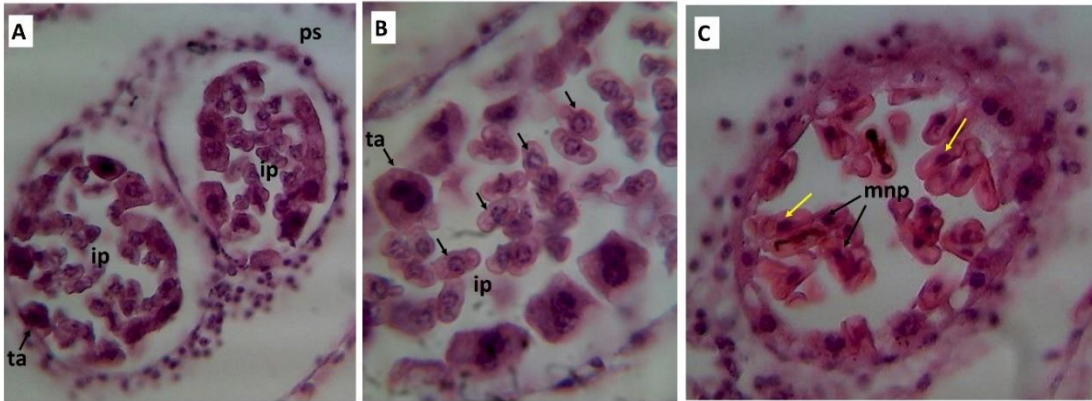


شکل ۳- مراحل تکوین بساک گیاه زنبان تا ایجاد تتراد، رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین؛ A و B: برش طولی بساک، لایه‌های دیواره بساک در حال شکل‌گیری است ( $\times 40$ ). C: تقسیمات میوزی سلول‌های مادر گرده ( $\times 100$ )، سلول‌های لایه مغذی سه هسته‌ای (فلش زرد). D: شکل‌گیری دیاد و تتراد ( $\times 40$ )، سلول‌های مغذی دوهسته‌ای (فلش زرد). Ps: کیسه گرده؛ پرچم؛ pmc: سلول مادر گرده؛ ep: اپیدرم؛ en: لایه مکانیکی؛ ml: لایه میانی؛ ta: لایه مغذی؛ dy: دیاد؛ te: تتراد؛ c: کالوز؛ Mt: متافاز؛ m: میکروسپور.

Figure 3- Developmental stages of anther to tetrad formation in Ajwan stained with hematoxylin-eosin A, B: Longitudinal section of anther and forming of wall layers ( $\times 40$ ). C: meiosis stages of PMC ( $\times 100$ ), tri-nuclear tapetum cells (yellow arrow). D: forming of dyad and tetrad, two-nuclear tapetum cells (yellow arrow) ( $\times 40$ ). Ps: pollen sac; st: stamen; PMC: pollen mother cell; ep: epiderm; en: endothecium; ml: middle layer; ta: tapetum; dy: dyad; te: tetrad; c: calluse; Mt: metaphase I; m: microspore.

شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴ برخی مراحل تقسیم میوز سلول‌های مادر گرده تا تشکیل تتراد را نشان می‌دهد. این سلول‌ها با انجام دو میوز متوالی بدون سیتوکینز، در ابتدا دیاد و سپس تتراد را ایجاد می‌کنند. تترادها از نوع چهاروجهی (تتراهدرال) هستند و به‌وسیله دیواره کالوز احاطه می‌شوند (شکل ۳-۳). سلول‌های لایه مغذی در هنگام تشکیل دیاد و تتراد واکنش داده و افزایش حجم و تراکم می‌یابند (شکل ۳-۴). رنگ‌پذیری بالای این سلول‌ها حاکی از تقسیمات میوزی بدون سیتوکینز دارد که موجب تشکیل سلول‌هایی با دوهسته با بیشتر از دو هسته می‌شود (شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴).

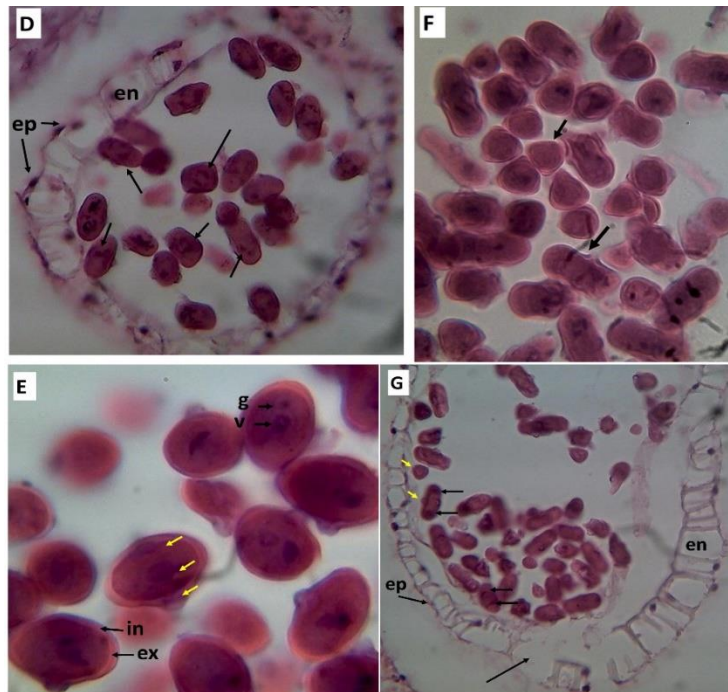
شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۴ مراحل بعد از تتراد تا بلوغ دانه گرده و شکوفایی بساک را نشان می‌دهد. با هضم و تجزیه دیواره کالوزی تتراد در مراحل بعدی، میکروسپورها آزاد می‌شوند. میکروسپورهای رها شده در ابتدا به‌صورت کروی نامنظم شکل ۴-۱ و دیواره مجزا قابل تشخیص هستند و به تدریج به شکل بیضی درمی‌آیند (شکل‌های ۴-۲ و ۴-۳). با افزایش حجم و واکنش شدن سیتوپلاسم، میکروسپورها وارد فاز تک‌هسته‌ای مرکزی می‌شوند (شکل ۴-۴). میکروسپورهای تک‌هسته‌ای بزرگ هستند و هسته‌ها در مرکز قرار می‌گیرند سپس هسته‌ها به‌مرور به سمت لبه سلول کشیده می‌شوند (شکل ۴-۴). پس از آن، میکروسپورها میتوز نامساوی را گذرانده (شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶) و دو سلول رویشی (بزرگ) و زایشی (کوچک) ایجاد می‌کنند (شکل‌های ۴-۷ تا ۴-۸). هسته زایشی رنگ‌پذیری بیشتری دارد. در مرحله شکوفایی بساک، دانه‌های گرده بالغ با سه شیار آزاد می‌شوند (شکل ۴-۹). در برش‌های مورد مطالعه موارد مشکوک به دانه‌های گرده سه‌سلولی مشاهده شد، اما به دلیل عدم اطمینان و شواهد کافی در این مورد، دانه‌های گرده که به‌وضوح وجود دو سلول در آن‌ها تایید می‌شود، مورد استناد قرار گرفت (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴- مراحل رهاسازی میکروسپورها از تتراد تا بلوغ دانه‌های گرده و شکوفایی بساک گیاه زنیان، رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-آنوزین؛ A: برش طولی بساک به همراه میکروسپورهای نابالغ در ابتدا کروی و سپس بیضی شکل (۱۰×). B: میکروسپورهای نابالغ در حال تغذیه و رشد (۴۰×). C: میکروسپور در مرحله پیشرفته‌تر تک‌هسته‌ای، ابتدا هسته در مرکز (mnp) و سپس به سمت کناره کشیده (فلش زرد) و وارد فاز تقسیم می‌شود (۴۰×).

Figure 4- Developmental stages of microspores releasing from tetrad to pollen maturing and anther blooming in Ajwan stained with hematoxylin-eosin; A: Longitudinal section of the anther (×10), Primarily round and then spindle shape. B: immature microspores feeding and growing phase (×40). C: more developmental phase of mononuclear microspore with a nucleus in the center and then margin (yellow arrow) for dividing (×40).

در مرحله نهایی بلوغ دانه گرده و شکوفایی بساک، دانه‌های گرده به شکل بیضی هستند (شکل‌های ۴-F و ۴-G) تیغه‌های جداکننده دو حفره‌ی بساک در حال تجزیه است و دیواره بساک تنها شامل لایه مکانیکی با آثار و بقایای لایه اپیدرمی است که به‌صورت نامنظم و برجستگی‌های ژله‌ای بر روی لایه مکانیکی قرار دارند (شکل‌های ۴-D و ۴-G).

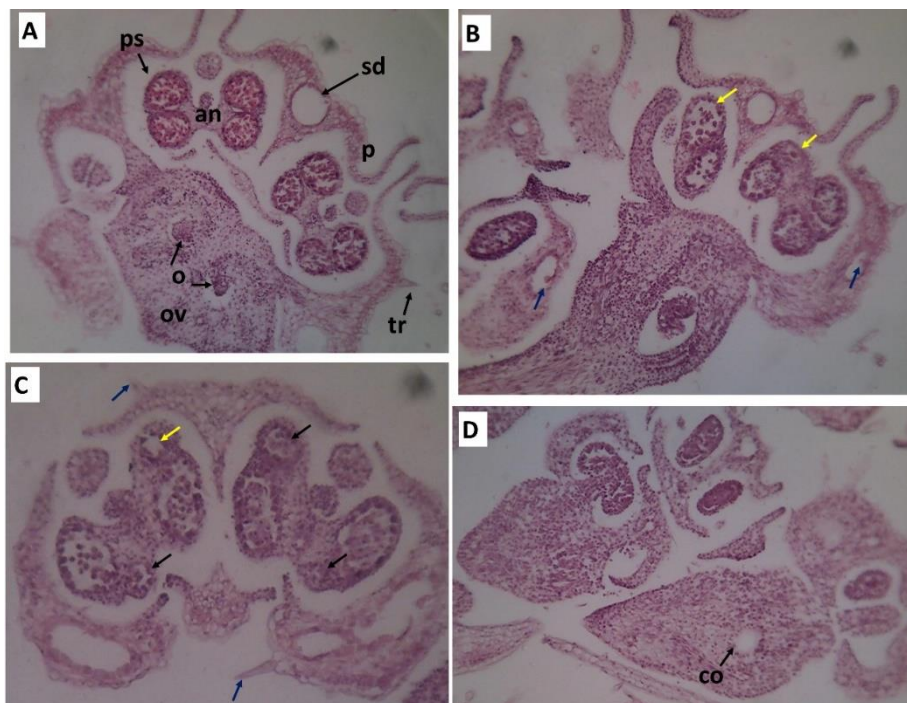


ادامه شکل ۴- D: مراحل تقسیم میتوز دانه‌های گرده (۴۰×). E و F: دانه‌های گرده بالغ در دونمای قطبی و استوایی (۱۰۰×). فلش زرد نشان دهنده هسته مولد (در E) و اسپرم (در F) است. G: شکوفه بساک (۱۰×) است. Ip: گرده نابالغ؛ ps: کیسه گرده؛ ta: لایه مغذی؛ ep: اپیدرم؛ en: لایه مکانیکی؛ mnp: میکروسپور تک‌هسته‌ای در مرکز؛ p: منفذ؛ in: اینتین؛ ex: آگزین؛ g: هسته زایشی؛ v: هسته رویشی

Figure 4- (Continue); D: mitotic stages of pollen grains (×40). E, F: polar and equatorial view of mature pollen grains (×100). yellow arrow indicates generative nucleus (in E) and sperms (in F). G: anther blooming (×10). Ip: immature pollen; ps: pollen sac; ta: tapetum; ep: epidermis; en: endothecium layer; mnp: mononuclear microspore in center; p: pore; ex: exine; in: intine; g: reproductive nucleus; v: vegetative nucleus.



بررسی برش‌های مختلف نشان می‌دهد که کیسه‌های گرده یک بساک و هم‌چنین بساک‌های مختلف دارای اندازه‌های متفاوتی هستند و حتی در برخی از بساک‌ها یک یا دو کیسه گرده تحلیل می‌رود (شکل‌های A-۵ تا D-۵). تقسیم میوز سلول‌های مادر گرده و تکوین میکروسپورها در بساک‌های گل‌های یک‌پایه گیاهی و هم‌چنین کیسه‌های گرده یک بساک، هم‌زمان (synchronous) نمی‌باشد (شکل‌های A-۵ تا D-۵). هم‌چنین در برخی برش‌های مطالعه شده، گل‌های هر مافرودیت مشاهده شدند که از نظر عملکردی نر بوده و فاقد تخمک و یا تخمک تحلیل رفته می‌باشند



(شکل‌های ۲-D و ۵-D).

شکل ۵- برش‌های طولی (B و D) و عرضی از گل (A و C) گیاه زنیان، رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-انوزین (۱۰×): A: بساک‌ها با چهار کیسه‌های گرده تقریباً هم‌اندازه و هم‌فاز، تخمدان دو برچه‌ای هر کدام با یک پریموردیوم تخمکی. B: بساک با سه کیسه گرده فعال. کیسه‌های گرده دو بساک از لحاظ مراحل تمایزی هم‌فاز نیستند (فلش زرد). فلش آبی: مجرای ترشچی و مواد ترشح شده. C: کیسه‌های بساک با اندازه‌های مختلف و بعضی توخالی. کرک: کرک: فلش آبی. D: گل با اندام زایشی نر و عدم تشکیل تخمک و خامه. Sd: مجرای ترشچی؛ p: گلبرگ؛ an: بساک؛ ps: کیسه گرده؛ tr: کرک؛ o: تخمک؛ ov: تخمدان؛ co: حفره تخمدان.

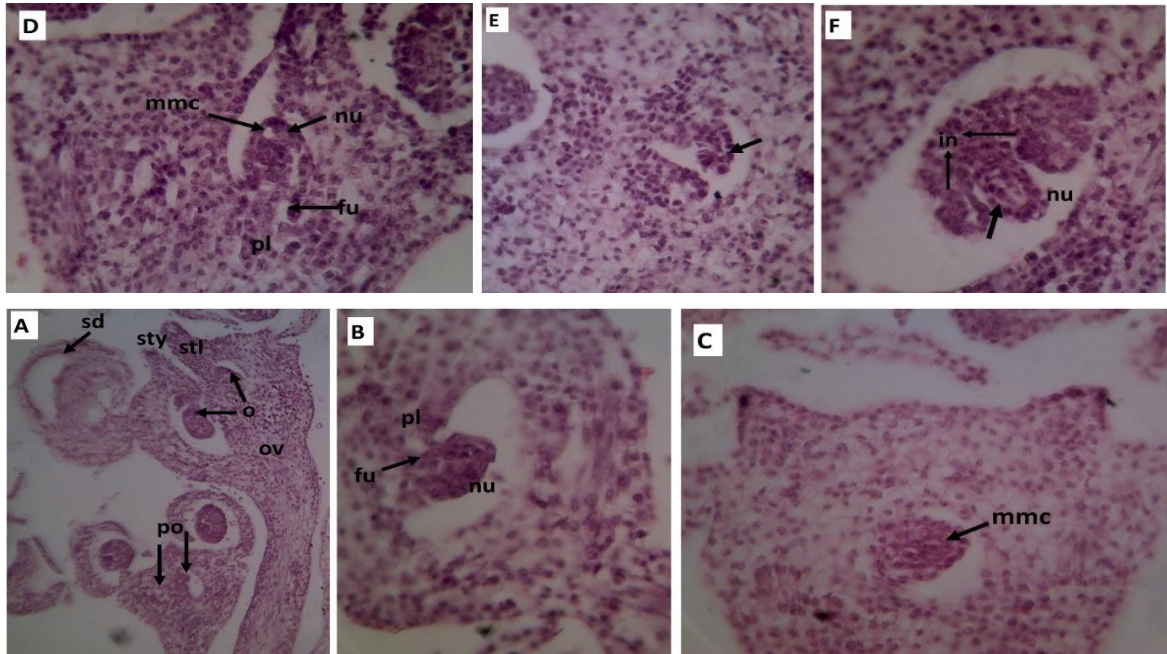
**Figure 5- Longitudinal sections (B, D) and cross sections (A, C) of Ajwan flower stained with hematoxylin-eosin (x10).** A: Anthers with four pollen sacs are almost the same size and phase. Ovary with two carpels, each with one ovule primordium. B: anther with three active pollen sacs, pollen sacs of two anthers are not in the same developmental phase (yellow arrow). Blue arrow: extraction and secretory duct. C: pollen sacs in different sizes. Some of them are empty. D: male flower, not formation of style and ovule. Sd: secretory duct; p: petal; an: anther; ps: pollen sac; tr: trichome; o: ovule; ov: ovary; co: ovary cavity.

در گیاه زنیان نیز همانند سایر اعضای این تیره، مجاری ترشچی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند. سلول‌های ترشچی احاطه‌کننده مجرای ترشچی، در مراحل ابتدایی تمایز سلول‌های مادر گرده، رنگ‌پذیری بیشتری داشته و سیتوپلاسم متراکمی دارد که نشان‌دهنده فعالیت ترشچی آن به سمت داخل مجرا می‌باشد (شکل‌های A-۵ و B-۵). در مراحل بعدی، این سلول‌ها تجزیه می‌شوند (شکل ۵-C). در نهایت تنها بقایایی از آن‌ها در پیرامون مجرا قابل مشاهده است. گلبرگ‌ها کاملاً توسعه می‌یابند و از یکدیگر فاصله می‌گیرند. در شکل ۵-C منشأ اپیدرمی کرک‌های گلبرگی به وضوح قابل مشاهده می‌باشد.



۲-۳- تکوین تخمک و کیسه رویانی

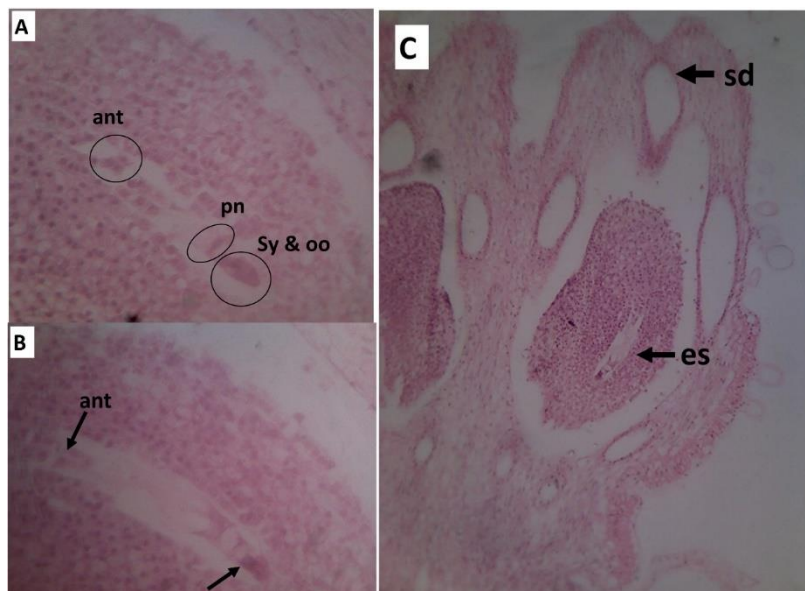
در گیاه زنیان، تکوین مادگی با تاخیر نسبت به پرچم‌ها انجام می‌شود. هنگامی که پریموردیوم‌های پرچمی به صورت برجستگی‌هایی روی مریستم زایشی پدیدار می‌شوند، توده‌ی میانی مریستم زایشی که دارای بافتی با سیتوپلاسم متراکم و رنگ‌پذیری بالا می‌باشد، در جهت تشکیل مادگی تمایز می‌یابد (شکل ۲-۳).



شکل ۶- برش‌های طولی گل کامل (A) و تخمدان (B تا F) گیاه زنیان (۴۰×)، رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین؛ A: شکل‌گیری پریموردیوم تخمکی (گل پایین)، B: پریموردیوم تخمکی بافت خورش و شروع تشکیل بند از جفت، C و D: تشکیل سلول مادر مگاسپور، E تا F: تقسیم سلول مادر مگاسپور، ایجاد تتراد خطی و شروع تخریب سه سلول قطب سفتری. Sd: مجرای ترشچی؛ o: تخمک؛ ov: تخمدان؛ sty: استیلوپود؛ mmc: سلول مادر مگاسپور؛ nu: خورش؛ pl: جفت؛ fu: بند؛ in: پوسته تخمک؛ po: پریموردیوم تخمکی.

Figure 6- Longitudinal sections of flower (A) and ovary (B-F) of Ajwan stained with hematoxylin-eosin (×40); A: ovule primordium formation (down). B: ovule primordium, nucellus, and initiation of funicule from placenta. C, D: megaspore mother cell formation. E, F: division of mmc, linear tetrad and degeneration of tri micropollar megaspores. Sd: secretory duct; o: ovule; ov: ovary; sty: stylopode; MMC: megaspore mother cells; nu: nucellus; pl: placenta; fu: funicule.

شکل ۶- D ایجاد حفره تخمدانی را نشان می‌دهد. تخمدان زیرین، دو برچه‌ی مادگی به صورت طولی به هم چسبیده و خامه‌ها آزاد هستند. قاعده خامه‌ها پهن است و دو برجستگی غده‌ای شکل (استیلوپود) را به وجود می‌آورند (شکل ۶-۱).



شکل ۷- تشکیل کیسه رویانی در تخمک گیاه زنبان، رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ائوزین؛ A و B: تشکیل کیسه رویانی هشت هسته‌ای نوع علف هفت‌بند ( $\times 100$ ). C: تخمدان حاوی تخمک در مرحله کیسه رویانی. Sd: مجرای ترشچی؛ ant: سلول‌های پائنی یا آنتی‌پودال؛ pn: سلول دوهسته‌ای؛ es: کیسه رویانی؛ sy: سلول‌های سینرژید؛ oo: سلول تخم‌زا.

Figure 7- Embryo sac formation in Ajwan stained with hematoxylin-eosin. (A, B) Iformation of eight nuclear embryo sacs, Polygonum type ( $\times 100$ ). (C, D) ovary with two carpels containing ovule in embryo sac stage. Sd: secretory duct; ant: antipodes; es: embryo sac; sy: synergid cells; np: nucleus polar; oo: ovule cell.

پریموردیوم تخمکی از گروهی از سلول‌ها به نام خورش که از جفت منشا می‌گیرند (شکل‌های ۶-B تا ۶-D). ظهور اولین آثار تشکیل تخمک به صورت پریموردیوم تخمکی، قبل از کامل شدن تخمدان و تشکیل خامه با ایجاد برجستگی کوچک کم‌ویش کروی در جدار تخمدان شکل می‌گیرد (شکل ۶-A). در بعضی از برچه‌ها دو پریموردیوم تخمکی شکل می‌گیرد که یکی از آن‌ها در مراحل بعدی تحلیل می‌رود (شکل ۶-A) و سلول‌های اپیدرمی اطراف قاعده خورش، به سرعت تقسیم شده و دو پوششی متشکل از سلول‌های چندلایه‌ای ایجاد می‌کنند (شکل‌های ۶-F و ۶-E) در حالی که سلول‌های داخل بافت خورش، به تقسیمات خود ادامه داده و تا یک لایه سلولی اطراف سلول آرکتوسپوری را ایجاد نمایند. سلول آرکتوسپور با هسته درشت و سیتوپلاسم متراکم، به عنوان سلول مادر مگاسپور عمل می‌کند (MMC) (شکل‌های ۶-C تا ۶-D).

سلول مادر مگاسپور با انجام میوز تتراد را ایجاد می‌کنند. در گیاه زنبان، تتراد مشاهده شده از نوع خطی می‌باشد (شکل‌های ۶-F و ۶-E). سه مگاسپور قطب سفی در مرحله بعدی، محو شده و تنها مگاسپور قطب بنی به عنوان مگاسپور عملکردی باقی مانده و کیسه رویانی نوع علف هفت‌بند را ایجاد می‌کند (شکل‌های ۶-F و ۶-E). کیسه رویانی هشت هسته‌ای از نوع علف هفت‌بند می‌باشد و سه هسته (آنتی‌پودال‌ها) در قطب بنی قرار گرفته، یک سلول دوهسته‌ای در قسمت میانی و سه هسته دیگر (یک سلول تخم‌زا و دو سلول سینرژید) در قطب سفی قرار می‌گیرند (شکل‌های ۶-A و ۶-B).

#### ۴- بحث

بنیان‌گذاری اندام‌های گل در گیاه زنبان به صورت مرکزگرا می‌باشد که در آن ابتدا کاسبرگ‌ها، سپس گلبرگ‌ها و در نهایت پرچم‌ها بنیان‌گذاری می‌شوند. جوان‌تر بودن بافت گلبرگ نسبت به کاسبرگ‌ها به واسطه رنگ‌پذیری بیشتر و در نتیجه فعال‌تر بودن تقسیمات سلولی، علاوه بر گیاه زنبان در گیاهان مختلف این تیره نیز مورد تایید قرار گرفته است که می‌توان به گونه *Pycnocycla nodiflora* Decne. Ex Boiss. [13] و گیاهان سرده‌هایی مانند *Carum*، *Heracleum* و *Anethum* اشاره کرد [4]، [6]، [26]. حضور مجاری ترشچی علاوه بر اندام رویشی در بخش‌های مختلف زایشی گیاهان این تیره مانند کاسبرگ، گلبرگ، تخمدان و میوه نیز وجود دارد که از اختصاصات این تیره می‌باشد. در گیاه زنبان نیز، این مجاری که از نوع شیزوژن می‌باشد، در اندام‌های مختلف مشاهده شد [13]. وجود مجرای ترشچی در دیواره تخمدان در گونه‌های دیگر این تیره نیز گزارش شده است مانند کرفس سفید [27] که بیانگر فعالیت ترشچی بالا در گیاهان این تیره به عنوان گیاهان دارویی ارزشمند است.

خمیدگی پرچم به درون گل تا پیش از شکوفایی کامل گل، ویژگی است که در گیاه زنبان و هم‌چنین گیاهان دیگری از این تیره مانند *Pycnocycla nodiflora* [13] دیده می‌شود. بلوغ پرچم‌ها با چهاروجهی شدن آن‌ها همراه است. شیاری طولی بساک را به دو قسمت تقسیم می‌کند که هر قسمت دارای دو کیسه‌گرده می‌باشد. لایه‌های جدار دیواره بساک در گیاهان تیپ علف هفت‌بند که گیاه زنبان نیز متعلق به این تیپ می‌باشد، از چهار لایه لاپیدرمی، مکانیکی، میانی و مغزی تشکیل می‌شود [21]. در برخی گونه‌های این تیره مانند *Pycnocycla nodiflora* [13]، همانند بیشتر نهان‌دانگان سلول‌های اپیدرمی در مرحله بلوغ بساک و قبل از شکوفایی آن تجزیه و محو می‌شوند [28]. در گیاه زنبان و برخی سرده‌های دیگر این تیره، لایه اپیدرمی هرچند به صورت چروکیده و ژله‌ای نازک برجسته شده، اما تا آخرین مراحل بلوغ و شکوفایی بساک، بر روی لایه مکانیکی باقی می‌ماند، مانند *Cuminum cyminum*، *Daucus muricatus* [8]، [29]، *Bunium persicum* (Boiss) B. fedtsch. [10]. این لایه دارای نقش‌های مهمی مانند دفاعی، تنظیم روابط آبی و جذب گرده‌افشان‌ها است [30]. لایه میانی معمولاً در اوایل بلوغ دانه‌گرده و تحت فشارهای ناشی از تقسیمات بافت‌هاگزا، متلاشی می‌شوند و یا سازمان‌یابی خود را از دست می‌دهند [13]. در گیاه زنبان نیز همانند کرفس سفید (*Hausknechta elymaitica*) [11] و سگ‌دندان کره‌ای (*Pycnocycla nodiflora*) [13]، لایه میانی تا انتهای مرحله تتراد قابل مشاهده است و پس از آن این لایه تجزیه و هضم می‌شود. در برخی گونه‌های این تیره مانند بادیان رومی (*Pimpinella anisum* L.) عدم نمو لایه میانی گزارش شده است [14] و در گونه‌ای مانند

*Glehnia littoralis* [9] لایه میانی در مرحله بلوغ دانه گرده حتی پس از متلاشی شدن لایه مغذی باقی می ماند. متلاشی شدن و تخریب لایه مغذی در گونه‌های مختلف گیاهی، معمولاً در مرحله تتراد یا بعد از آن در مرحله دانه گرده تک‌هسته‌ای شروع می‌شود [16]، [17]؛ اما در گونه *Glehnia littoralis* از تیره‌ی کرفسیان، شروع تخریب تدریجی این لایه در مرحله دانه گرده تک‌هسته‌ای می‌باشد و در مرحله شکل‌گیری دانه گرده بالغ، به طور کامل متلاشی و محو می‌شود [9]. تعداد هسته سلول‌های لایه مغذی در زنیان نیز مشابه گونه‌های مختلف تیره کرفسیان یک و دوهسته‌ای است [16]، [31-33]. با این وجود، شواهدی از وجود لایه مغذی بیشتر از سه هسته نیز در زنیان دیده شد. در گونه *Seseli resinosum*، نیز علاوه بر سلول‌های یک و دوهسته‌ای، سلول‌های سه و چهارهسته‌ای نیز گزارش شده است [12].

سلول‌های مادر گرده، از تقسیم و تمایز سلول‌های توده هاگزا شکل می‌گیرند که با گذراندن مراحل میوزی و تشکیل دیواره کالوزی در اطراف، تراسپورها را ایجاد می‌کنند. نوع تتراد در گیاه زنیان همانند اغلب گونه‌های این تیره از نوع تتراهدراست مانند بادیان رومی [14]، سگ‌دندان کره‌ای [13]، *Glehnia littoralis* [9]، *Angelica* sp. [9]، *Bupleurum chinense*، *Saposhnikovia divaricate* [15]، [16]، [18]، [32]، [31]؛ اما در گونه‌ای مانند *Seseli resinosum* علاوه بر تتراد تتراهدراست، نوع ایزوبایلترال نیز گزارش شده است [12]. هم‌چنین زرینی و همکاران [11]، در کرفس سفید، نوع تتراهدراست را به‌عنوان نوع رایج تتراد میکروسپوری معرفی کرده‌اند، اما وجود تتراد نوع تراگونال و خطی را نیز در این گونه تایید کردند. میکروسپورها پس از رهایی از تتراد، به کمک سلول‌های لایه تاپی تغذیه می‌شوند و فرآیند بلوغ را ادامه می‌دهند. میکروسپورهای رها شده از تترادها در ابتدا کرووی و با هسته‌ای در مرکز می‌باشند که به تدریج، هسته به یک سمت رانده‌شده و با طی تقسیم میتوز، دو هسته نامساوی ایجاد می‌کند که هسته رویشی بزرگ‌تر و هسته زایشی کوچک‌تر است. دانه‌های گرده بالغ به شکل بیضی و در مرحله دو سلولی از بساک آزاد می‌شوند. رها شدن دانه گرده از بساک در مرحله دوسلولی از ویژگی‌های دولپه‌ای‌های پیشرفته است [21]. با این وجود رها شدن دانه‌های گرده سه سلولی در گونه‌هایی از این تیره مانند در گونه‌های دیگر مانند زیره ایرانی (*Bunium persicum*)، *Glehnia littoralis*، کرفس سفید (*Hausknechta elymaitica*) [9-11]، اما در گیاهان دیگری از این تیره مانند غازیانی (*Falcaria vulgaris* Bernh.) دانه‌های گرده دوسلولی گزارش شده است [34]. در گیاه زنیان نیز احتمال وجود دانه‌های گرده سه سلولی را نمی‌توان نادیده گرفت چراکه در میان برش‌های مورد مطالعه، دانه‌های گرده مشکوک به دارا بودن سه سلول مشاهده شد.

اندازه کیسه‌های گرده در هر بساک می‌تواند یکسان نباشد و حتی در برخی بساک‌ها، هر چهار کیسه گرده، فعال نبوده و ممکن است تنها یک یا دو کیسه گرده مراحل اسپرماتوژنز را طی کنند. متفاوت بودن مراحل مختلف تقسیم گامتوفیت نر و میوز در بساک‌های مختلف یک گل و حتی کیسه‌های گرده یک بساک در زنیان، مشابه با گونه‌های دیگری از این تیره مانند *Glehnia littoralis* می‌باشد [9]؛ اما در گونه‌ای مانند *Angelica dahurica* [15]، این تقسیمات در کیسه‌های گرده مختلف، هم‌فاز هستند. جو و همکاران [9] عدم تطابق زمانی تقسیمات در بساک‌های گیاه *Glehnia littoralis* را یک استراتژی تولیدمثلی می‌دانند که منجر به طولانی‌تر کردن زمان گرده‌افشانی و دگر لقاحی می‌شود.

تخمندان در این گیاه زیرین و تمکن محوری می‌باشد. تمکن در بیشتر تخمک‌های واژگون از نوع محوری و قاعده‌ای می‌باشد، تخمک واژگون با تمکن راسی به‌ندرت در این نوع تخمک‌ها گزارش شده است مانند گونه مانند *Glehnia littoralis* [9]. در تمکن محوری، کناره‌های برچه در محور تخمدان به هم می‌رسند. نوع تخمک در گیاه زنیان همانند بسیاری از اعضای این تیره واژگون و با دیواره نازک است، مانند *Glehnia littoralis* [9]، *Angelica* sp. [9]، *Bupleurum chinense*، *Saposhnikovia divaricate* [15]، [17]، [18]، [32]، [31] و بادیان رومی [11].

تشکیل سلول مادر مگاسپور در زنیان از نوع علف هفت‌بند است که در این تیپ، سه مگاسپور سُفتی از بین رفته و مگاسپور بُنی به‌عنوان مگاسپور عملکردی و فعال در تشکیل کیسه رویانی باقی می‌ماند [35]. موقعیت سلول عملکردی گونه زنیان نیز بُنی می‌باشد که نوع معمول تیپ علف هفت‌بند است و در گونه‌های مختلف این تیره نیز گزارش شده است. گزارش‌ها مربوط به گونه‌های مختلف این تیره [10]، [11]، [13]، [14] بیانگر این است که کیسه رویانی به لایه درونی پوسته‌ی تخمک می‌چسبد، در نتیجه اولین لایه درونی که بعد از کیسه رویانی قابل تشخیص است، به لایه سلولی اندوتلیوم تمایز می‌یابد. این سلول‌ها هسته بزرگ و گسترش شعاعی دارند و همانند لایه مغذی در بساک، دارای نقش تغذیه‌ای در تکوین گامتوفیت ماده می‌باشند [36]. تتراد مگاسپوری در گیاه زنیان همانند اغلب گونه‌های این تیره، از نوع خطی است. به‌عنوان مثال تتراد خطی در گونه‌های در گونه *Seseli resinosum* [12]، بادیان رومی [11] گزارش شده است؛ اما در مواردی مانند گونه *Glehnia littoralis*، نوع تتراد خطی و T شکل گزارش

شده است [9]. مشابهت ویژگی‌های تکوینی گامتوفیت نر و ماده بین گونه‌های مختلف تیره مانند *Bupleurum mucronatum*، *Seseli resinosum*، *Trachyspermu ammi* و *Pimpinella spp*، *Ferula sinkiangensis*، *Cuminum cyminum* (زنیان) پیش‌تر نیز عنوان شده است [12].

وجود گل‌های هرمافروdit و گل‌های نر از لحاظ عملکردی در یک گیاه، در تیره کرفسان بسیار رواج دارد [1]. در گیاه زنیان نیز همانند بسیاری از گونه‌های این تیره، علاوه بر گل‌های دوجنسی، گل‌های هرمافروdit نیز دیده می‌شوند. هم‌چنین در این گیاه، بساک‌های خالی و نقص در نمو تخمک نیز در برخی گل‌ها مشاهده شد. نرعقیمی ناشی از عملکرد لایه مغذی می‌تواند منجر به تولید میکروسپورهای ناهنجار و یا بساک‌های خالی می‌شود و یا بر شکوفایی بساک تاثیر می‌گذارد. ماده عقیمی، شامل ناهنجاری در تکوین مادگی و تخمک می‌باشد. نقص در مادگی، معمولاً در گل‌های کوچک حاشیه گل‌آذین گل‌های ضعیف در مراحل اولیه نمو رخ می‌دهد که در گیاه زنیان نیز مشاهده شد. خامه‌ها نمو نمی‌یابند یا این‌که نمو آن‌ها به اندازه طبیعی نمی‌رسد. ناهنجاری در تکوین تخمک نیز شامل کیسه رویانی خالی و پوسته‌ی تخمک غیرطبیعی می‌باشد. برخی از این نقص‌ها به محدود بودن منابع مغذی در دسترس گیاه، گرده‌افشانی ناموفق، باروری ناموفق مربوط می‌شوند [9]. در این مطالعه شواهدی از وجود این ناهنجاری‌ها و نقص عملکردی مشاهده شد که اثبات آن منوط به بررسی وسیع و جامع می‌باشد. بررسی سیستم تولیدمثلی و گرده‌افشانی، نرعقیمی و ماده عقیمی می‌تواند به‌عنوان موضوعی مهم برای مطالعات آینده جهت تکثیر و به‌نژادی این گیاهان دارویی مهم مورد توجه قرار بگیرد.

## ۵- نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های مطالعه‌ی کنونی، گیاه زنیان دارای خصوصیات تکوینی شامل نمو دیواره کرده تیپ دولپه‌ای، لایه مغذی ترش‌حی، سیتوکینز تیپ هم‌زمان در میوز میکروسپوروسیت، تتراد میکروسپوری تتراهدرا، دانه‌گرده دوسلولی، تخمک واژگون، دو پوششی و با دیواره نازک، تتراد مگاسپوری خطی و تکوین کیسه رویانی با تیپ علف هفت‌بند می‌باشد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال تشکر می‌گردد.

## اعلام تعارض منافع

تعارض منافی برای اعلام وجود ندارد.

## منابع

- [1] Ajani, Y., Bull-Hereñu, K., & Claßen-Bockhoff, R. (2016). Patterns of flower development in Apiaceae–Apioidae. *Flora: morphology, distribution, functional ecology of plants*, 221, 38–45. DOI:10.1016/j.flora.2016.02.004
- [2] Sattler, R. (1973). *Organogenesis of flowers, a photographic text-atlas*. University of Toronto Press.
- [3] Erbar, C., & Leins, P. (1985). Studien zur organsequenz in apiaceen-bluten. (Studies on primordial sequence in Apiaceae flowers.). *Bot. jahrb.*, 105(3), 379–400.
- [4] Payer, J.-B. (1853). *Organogenesis of the families Myrtaceae, Punicaceae, Philadelphae, Loaseae and Umbelliferae*. Annales des Sciences Naturelles.
- [5] Schuchardt, P. O. (1881). *Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Blütenstandes und der Blüthe der Umbellifloren*. Leipzig.
- [6] Jochmann, E. C. G. G. (1854). *De umbelliferarum structura et evolutione nonnulla* (Vol. 15). Storchii.
- [7] Mozafarian, W. A. (2016). The need to know the medicinal plants correctly in order to achieve better results. *National conference of medicinal plants*. Civilica. (In Persian). <https://civilica.com/doc/624140>
- [8] Sehgal, C. B. (1965). The embryology of *Cuminum cyminum* (L.) Spargue (= *Carum copticum* Clarke). *Biological sciences*, 31(5–6), 175–201.
- [9] Zhou, C., An, K., Zhang, X., Tong, B., Liu, D., Kong, D., & Bian, F. (2023). Sporogenesis, gametophyte development and embryogenesis in *Glehnia littoralis*. *BMC plant biology*, 23(1), 114. DOI:10.1186/s12870-023-04105-1
- [10] Kazemivash, N., Majd, A., Jafari, S., & Rezayat, S. M. (2020). Investigation of vegetative structure and development of generative organs in *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch. *Journal of plant research (iranian journal of biology)*, 33(3), 718-733. (In Persian). [https://plant.ijbio.ir/article\\_1696\\_b57334b55620443addc60278a2a39cb7.pdf](https://plant.ijbio.ir/article_1696_b57334b55620443addc60278a2a39cb7.pdf)



- [11] Zarini, M., Majd, A., Tajadod, G., Mehrabian, S., & Jafari Marandi, S. (2017). Investigation the structure of vegetative organs and development of reproductive organs of *Haussknechtia elymaitica* Boiss. *Developmental biology*, 9(2), 73-88. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/193142/en>
- [12] Kaplan, A., & Iris, H. (2016). Male and female gametophyte development of *Seseli resinosum* (Apiaceae). *Journal of applied biological sciences*, 10(3), 1-8.
- [13] Sheikhbahaei, Nafiseh Rezanejad, Farkhondeh Mirtadzadini, S. M. (2014). The morphological and anatomical studies of inflorescence and male flower in *Pycnocycla nodiflora* Decne. *Journal of plant biology*, 6(19), 73-96. (In Persian). <https://civilica.com/doc/1376726/>
- [14] Jonoubi, P., Majd, A., Marouf, A., & Amini, S. (2015). Investigation the structure of vegetative organs and development of reproductive organs of *Pimpinella anisum* L. *Nova biologica reperta*, 2(3), 151-165. (In Persian). DOI:10.21859/acadpub.nbr.2.3.151
- [15] Rong, H., Zuo-xi, H., & Zheng-yi, T. (2009). Study on Megasporogenesis, Microsporogenesis and Development of Female and Male Gametophytes of *Angelica Dahurica*. *Journal of sichuan normal university(natural science)*, 32(3), 354-357.
- [16] Zhang, D., Wang, L., & Zhuo, L. huan. (2011). Embryology of *Iris mandshurica* Maxim. (Iridaceae) and its systematic relationships. *Plant systematics and evolution*, 293(1-4), 43-52. DOI:10.1007/s00606-011-0427-1
- [17] Yankova-Tsvetkova, E., & Semerdjieva, I. (2015). On the reproductive biology of *Angelica archangelica* L. (Apiaceae). *Int. j. adv. res. biol.sci. international journal of advanced research in biological sciences*, 2(3), 270-277. [www.ijarbs.com](http://www.ijarbs.com)
- [18] Yuan, Q., & Shen, J. (2005). Megasporogenesis and gametophyte microsporogenesis as well as male and female gametophyte development of *saposhnikovia divaricata*. *ACTA botanica boreali-occidentalia sinica*, 25(6), 1065. <http://xbzwx.alljournal.net/xbzwxben/article/abstract/200506234>
- [19] Evert, R. F. (2006). *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development*. John Wiley & Sons.
- [20] Chalabian, F. (2007). *Plant morphology and anatomy*. Aeizh Press. (In Persian). <https://db.ketab.ir/bookview.aspx?bookid=1439017>
- [21] Batygina, T. B. (2005). *Embryology of Flowering Plants: Terminology and Concepts*. CRC Press.
- [22] Nagalakshmi, S., Shankaracharya, N. B., Pura Naik, J., & Jagan Mohan Rao, L. (2000). Studies on chemical and technological aspects of ajowan (*Trachyspermum ammi* (L.) Syn. *Carum copticum* Hiern) seeds. *Journal of food science and technology*, 37(3), 277-281.
- [23] Esmaeili, A., & Ghobadianpour, S. (2016). Vancomycin loaded superparamagnetic MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles coated with PEGylated chitosan to enhance antibacterial activity. *International journal of pharmaceutics*, 501(1-2), 326-330. DOI:10.1016/j.ijpharm.2016.02.013
- [24] Sefidkon, F. (2001). Essential oil content and chemical composition of *foeniculum vulgare* mill. At different stage of plant growth. *Iranian journal of medicinal and aromatic plants research (ijmapr)*, 10(1), 85-104. (In Persian). [https://ijmapr.areeo.ac.ir/article\\_118383.html?lang=en](https://ijmapr.areeo.ac.ir/article_118383.html?lang=en)
- [25] Yeung, E. C. (1984). Histological and Histochemical Staining Procedures. *Laboratory procedures and their applications*, 1, 689-697. DOI:10.1016/b978-0-12-715001-7.50083-4
- [26] Payer, J.-B. (1857). *Treatise on comparative organogeny of the flower*. Victor Masson.
- [27] Jonoubi, P., Majd, A., Marouf, A., & Amini, S. (2015). Investigation the structure of vegetative organs and development of reproductive organs of *Pimpinella anisum* L. *Nova biologica reperta*, 2(3), 151-165. DOI:10.21859/acadpub.nbr.2.3.151
- [28] Mariath, J. E. A., Santos, R. P., & Bittencourt Jr, N. S. (2006). Flor. In *anatomia vegetal, b. appezzato-da-glória and s. m. carmello-guerreiro* (pp. 329-373). Federal University of Viçosa.
- [29] Al-Attar, A. A. A. (1979). Morphological and embryological investigation of *Daucn muricatus* (L.) L. (Caucalideae: Umbelliferae). *Proceedings of the indian academy of sciences - section b*, 88(6), 435-443. DOI:10.1007/BF03046132
- [30] Rezanejad, F. (2008). The structure and ultra structure of anther epidermis and pollen in *Lagerstroemia indica* L. (Lythraceae) in response to air pollution. *Turkish journal of botany*, 32(1), 35-42.
- [31] Manchao, Z., Yaozhi, W., & Huibin, D. (1991). *Anther development of Angelica sinensis*. *Acta Borealis Occidentalia Sinica*.
- [32] Ying, C., Xia, C. A. I., Zheng-Hai, H. U., & Ling-Ling, T. (2008). Studies on the development of embryo and endosperm and its influence on the germination of seeds of *Bupleurum chinense*. *Bulletin of botanical research*, 28(1), 14-19.
- [33] Wang, Z., & Ren, Y. (2007). Advances in the study of the angiosperm ovule. *Chinese bulletin of botany*, 24(1), 49-59.
- [34] Abdullahi, A., & Kordi, F. M. (2017). Study of Stamen and gynoecium ontogeny in floral *Falcaria vulgaris*. *Iranian journal of plant biology*, 9(3), 63-78. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/160056/en>
- [35] Shi, D.-Q., & Yang, W.-C. (2011). Ovule development in Arabidopsis: progress and challenge. *Current opinion in plant biology*, 14(1), 74-80.
- [36] Schneitz, K., Balasubramanian, S., & Schiefthaler, U. (1998). Organogenesis in plants: the molecular and genetic control of ovule development. *Trends in plant science*, 3(12), 468-472.