

Study of Stamen and gynoecium ontogeny in floral *Falcaria vulgaris* Bernh.

Ahmad Abdullahi, Fatemeh Mahmoudi Kordi*

Department of biology, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

Abstract

Falcaria vulgaris is a biennial herbaceous pastureland plant belongs to Apiaceae family, which has been recorded in Iranian traditional medicine. In this report developmental reproductive steps were studied. Flower buds at different developmental stages were collected and fixed in FAA then maintained in Ethanol (%70). After preparation and embedding samples in paraffin, the samples were sectioned by microtome and stained with Hematoxyline-Eosine respectively. Results showed that initiation patterns of flower and floral organ development is acropet. Stamen and gynoecium formation occurred with the time interval. Several schizogenical secretion channels exist in the ovary wall. The flower consists of five sepals, five isolated petals, five stamens and the inferior ovary with two carpels. The anthers are tetra sporangiate type and pollen grains are binuclear and have three colpates. Ovule is anatropous, unitegmic and tenuinucellate. Embryo sac is formed corresponding to the polygonum type.

Keywords: *Falcaria vulgaris*, Floral development , Gynoecium, Pollen grain

* Corresponding Author: ac.mahmoodi@azaruniv.ac.ir

بررسی آنتوژنی پرچم و مادگی در گل *Falcaria vulgaris* Bernh.

احمد عبداللهی، فاطمه محمودی کردی *

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

چکیده

گیاه غازایاقی (*Falcaria vulgaris*) یکی از گیاهان مرتعی، یکساله و پایا از تیره *Apiaceae* (چتریان) است که در طب سنتی ایران، گیاهی با خواص دارویی شناخته می‌شود. در پژوهش حاضر مراحل تشکیل گل و اجزای آن در گیاه غاز ایاقی بررسی شدند. گل‌ها و غنچه‌ها در مراحل مختلف نمو برداشت شدند و در FAA تثبیت و سپس در الکل ۷۰ درصد نگه‌داری شدند. نمونه‌ها پس از آماده‌شدن و قالب‌گیری در پارافین، با میکروتوم برش‌گیری و با هماتوکسیلین-ائوزین رنگ‌آمیزی شدند. نتایج نشان دادند توالی بنیان‌گذاری اندام‌های گل از ترتیب راس‌گرایی پیروی می‌کند و تشکیل پرچم و مادگی با فاصله زمانی اندکی رخ می‌دهد. ساختار گل شامل پنج کاسبرگ، پنج گلبرگ سفید جدا، پنج پرچم، تخمدان دو برچه‌ای، دوخانه‌ای و زیرین است. کانال‌های ترش‌حی شیزوژنی در دیواره تخمدان مشاهده شدند. میکروسپورزایی از نوع هم‌زمان و بساک از نوع چهارکیسه‌ای است. دانه‌گرده، دوسلولی و سه‌شیری است. تخمک از نوع واژگون، تک‌پوسته‌ای و کم‌خورش است. نمو کیسه رویانی براساس الگوی تک‌اسپوری و نوع پلی‌گونوم انجام می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنتوژنی گل، تخمک، دانه‌گرده، غازایاقی

* نگارنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: ac.mahmoodi@azaruniv.ac.ir، شماره تماس: ۰۴۱۳۴۳۲۷۵۰۰

of Agriculture Animal and Plant Health

(Kubeczka, Inspection, 2012) ترکیب شیمیایی
(Monfared *et al.*, K. H., 1979) اثر آنتی‌اکسیدانی
(al, 2012) و تاثیر عوامل بیماری‌زا بر این گیاه
(Koubek, 2011) انجام شده است. اما تا کنون
پژوهشی درباره ریخت‌زایی و چگونگی تشکیل
اندام‌های رویشی و زایشی گیاه انجام نشده است. در
پژوهش حاضر مراحل تشکیل گل، دانه‌های گرده،
تخمک و کیسه رویانی بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

بررسی‌های تکوینی نیازمند جمع‌آوری منظم و
دقیق نمونه‌های گیاهی است تا امکان بررسی همه
مراحل مد نظر فراهم باشد. گیاه *F. vulgaris* هر
ساله از اواسط بهار تا اواسط تابستان (بسته به شرایط
مکان رویش)، به مرحله گل‌دهی وارد می‌شود.
هرگونه تاخیر در جمع‌آوری نمونه می‌تواند به
از دست رفتن بخشی از مراحل ابتدایی تکوین منجر
شود. با توجه به زمان رویش و همچنین ظهور
نخستین جوانه‌های گل آذین‌ساز تا مرحله رسیدن
میوه، موارد لازم پیش‌بینی شد و از پایان اردیبهشت
تا پایان مرداد، اندام‌های گیاهی از رویشگاه طبیعی
واقع در مراتع چمن‌باشی، روستای گویجه‌سلطان،
از توابع شهرستان ورزقان استان آذربایجان شرقی با
مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۶۲ دقیقه طول
شرقی و ۳۸ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی جمع
آوری شدند. تعدادی گیاه کامل (شامل: بخش‌های
رویشی و زایشی) برای تهیه نمونه هرباریومی،
جمع‌آوری و طبق راهنما برای نگهداری در

مقدمه

نموگل، یکی از مباحث پیچیده زیست‌شناسی
است که به صورت تشکیل توده‌ای کوچک از
سلول‌های تمایز نیافته شروع می‌شود؛ اما به ساختاری
پیچیده سازمان می‌یابد که در آن اندام‌های مختلف،
موقعیت‌های مشخص و دقیقی را اشغال می‌کنند.
به علاوه، هر اندام، انواع سلول‌ها، سازمان‌یابی و
عملکرد ویژه خود را دارد. بررسی ساختار و نمو
گل و ویژگی‌های گرده‌افشانی آن در پیشرفت
روش‌های دو رگ‌گیری، انجام بررسی‌های ژنتیکی
و در نتیجه، بهبود کیفیت گل و گیاه مفید است.
همچنین مجموعه‌ای مناسب برای درک تمایز
سلولی و سازوکارهای سلولی لازم برای اندام‌زایی
است (Rezanejad and Majd, 2012).

گیاهان تیره *Apiaceae* (چتریان) بیشتر در
نیم‌کره شمالی انتشار دارند و در مناطق استوایی
گرمسیری بسیار کمیاب هستند. ایران یکی از مراکز
اصلی تجمع و پراکنش انواع بی‌شماری از تیره
چتریان است (Ghahreman, 1993). در ایران ۱۱۴
جنس و ۴۲۰ گونه از این تیره وجود دارد
(Mozaffarian, 2003). گیاه غازایاقی با نام علمی
Falcaria vulgaris Brnth. گیاهی علفی و پایا با
خواص شناخته‌شده دارویی و خوراکی از تیره
چتریان است (Korman, 2011). نام فارسی این
گیاه، پنجه‌غازی و در زبان ترکی به نام غازایاقی
معروف است (Khazaei and Salehi, 2006).
این گیاه، خودرو است و تاکنون اهلی نشده است
(Piya *et al.*, 2012). پژوهش‌هایی درباره گسترش
جغرافیایی این گیاه (United States Department

ساختار چهارلویی پیدا می‌کند که هر لوپ (لب)، یک میکروسپورانژیوم یا کیسه گرده را به وجود می‌آورد. (شکل ۱-E). سلول‌های لایه حاشیه‌ای با تعدادی تقسیمات پریکلینال (موازی با سطح)، لایه‌های دیواره بساک را به وجود می‌آورند. این لایه‌ها از بیرون به درون شامل اپیدرم، لایه مکانیکی، لایه میانی و لایه مغذی یا تاپی هستند. سلول‌های هاگزی با تقسیمات میتوزی، سلول‌های مادر گرده را به وجود می‌آورند (شکل ۱-F).

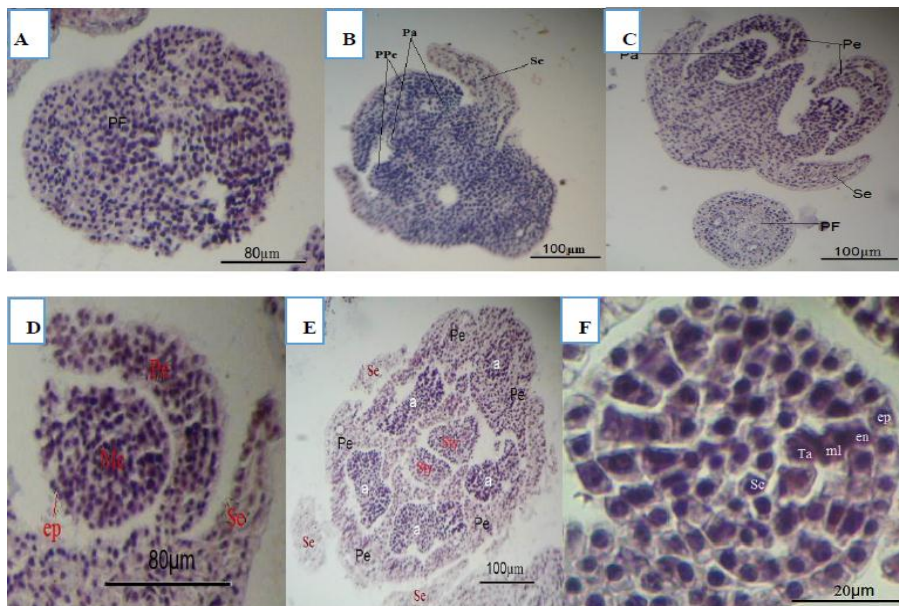
در مرحله بعد به دنبال تقسیم میتوزی در توده سلول‌های هاگزی که مرکز کیسه گرده را پر می‌کنند، سلول‌های مادر گرده (میکروسپوروسیت‌ها) ایجاد می‌شوند که آماده ورود به تقسیم میوزند و با اندازه درشت‌تر، سیتوپلاسم متراکم و هسته بزرگ و مشخص از سلول‌های اطراف قابل تشخیص هستند (شکل‌های ۲-A و B). با شروع میوز دیواره کالوزی در اطراف آنها تشکیل می‌شود (شکل ۲-B). در فرآیند میکروسپورزایی، هر سلول مادر میکروسپور، با گذراندن میوز I و تشکیل دیاد (شکل ۲-C و D) و سپس میوز II و تتراد (شکل ۳)، چهار میکروسپور را به وجود می‌آورد. تقسیم سیتوپلاسم از نوع هم‌زمان است. تترادهای میکروسپور از نوع چهار وجهی هستند و با دیواره‌های کالوزی احاطه می‌شوند. تخصص یافتگی سلول‌های لایه‌های دیواره میکروسپورانژ هم‌زمان با میوز رخ می‌دهد و اندازه یاخته‌های لایه تاپی که نقش اصلی آنها رساندن مواد مغذی به میکروسپوره‌های در حال نمو است، در مرحله تتراد افزایش می‌یابد.

هرباریوم آماده شدند. برای بررسی اندام‌های زایشی و بررسی به صورت برش‌های میکروتومی، نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، درون محلول تثبیت‌کننده FAA قرار گرفتند؛ سپس تا انجام سایر مراحل آزمایش در الکل ۷۰ درصد نگهداری شدند. پس از انجام مراحل متداول برای آماده کردن نمونه‌ها (Xue and Li, 2005)، نمونه‌ها در قالب‌های پارافینی قالب‌گیری و با دستگاه میکروتوم روتاری (مدل 4050، شرکت Micro tec، کشور آلمان) به ضخامت ۵ تا ۱۰ میکرون برش‌گیری شدند. شفاف کردن نمونه‌ها و رنگ آمیزی مضاعف هسته و سیتوپلاسم، با هماتوکسیلین و اتوزین مطابق روش Yeung (۱۹۸۴) انجام شد؛ سپس نمونه‌های مد نظر با میکروسکوپ نوری بررسی و عکس‌برداری شدند.

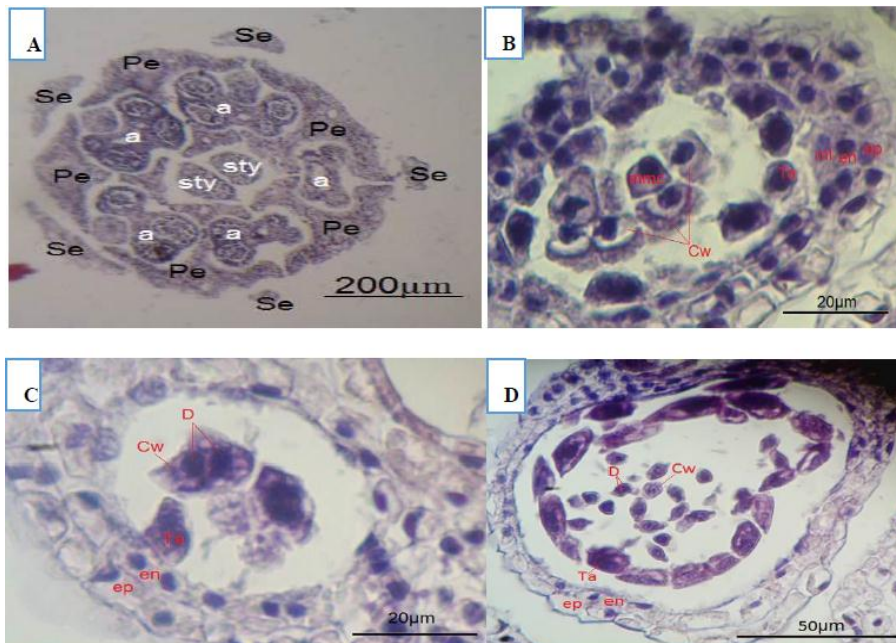
نتایج

تکوین گل: در مرحله ظهور پریموردیوم گل، سلول‌ها بدون تمایز و هسته‌ها با رنگ‌پذیری زیاد دیده می‌شوند. در این مرحله بین سلول‌های سازنده گلبرگ‌ها و پرچم‌ها تمایزی دیده نمی‌شود (شکل‌های ۱-A تا C)

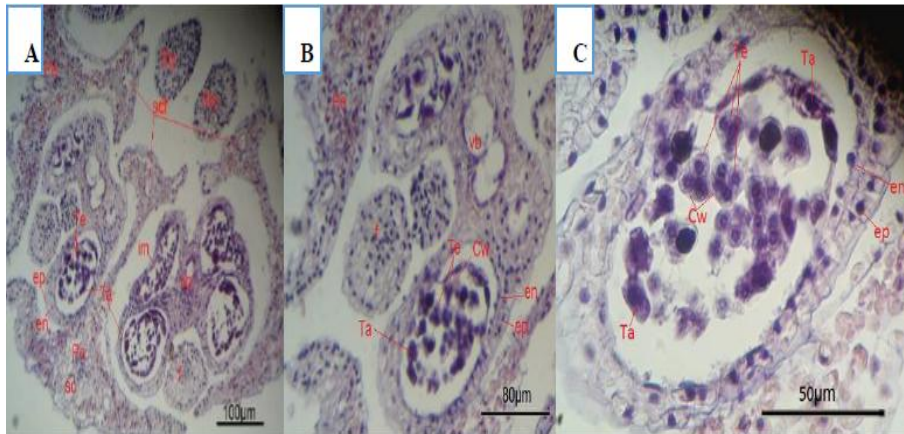
تشکیل پرچم و تکوین بساک: در مراحل ابتدایی نمو، تمایز ویژه‌ای در بافت بساک دیده نمی‌شود و سلول‌ها همگن‌اند؛ به طوری که بساک جوان از یک توده سلول‌های مرستمی بدون تمایز تشکیل می‌شود که یک لایه اپیدرمی، آن را احاطه کرده است (شکل‌های ۱-C و D). در ابتدا بساک دایره‌ای تا بیضی شکل است و هم‌زمان با نمو،



شکل ۱- گل و تشکیل بساک: A و B (پریموردیوم گل)، C و D (سلول‌های مریستمی سازنده بساک)، E (برش عرضی گل در مرحلهٔ ایجاد دیواره‌های بساک)، F (دیواره‌های بساک)، PF (پریموردیوم گل)، Pa (پریموردیوم پرچم)، PPe (پریموردیوم گلبرگ)، Se (کاسبرگ)، Pe (گلبرگ)، Sty (خامه)، a (بساک)، Mc (سلول مریستمی)، en (لایهٔ مکانیکی)، ml (لایهٔ میانی)، Ta (لایهٔ تاپی) و Sc (سلول هاگ‌زای)



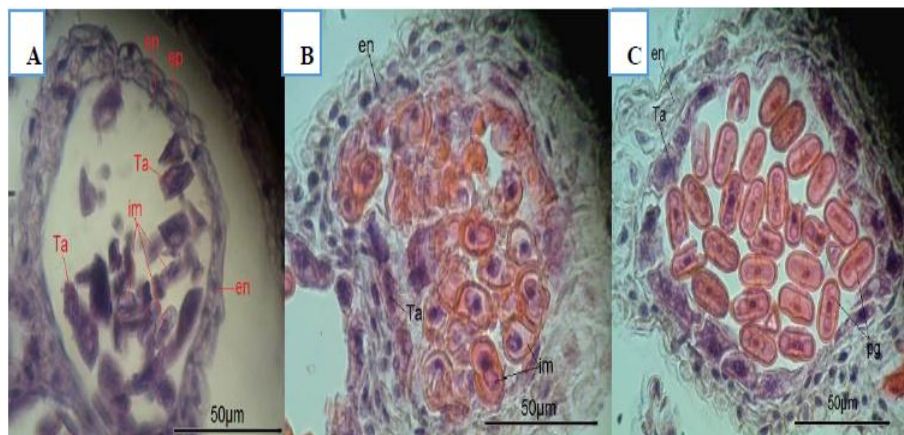
شکل ۲- تشکیل کیسهٔ گرده تا مرحلهٔ دیاد: A (برش عرضی گل در مرحلهٔ میوزا)، B (کیسهٔ گرده و سلول مادر میکروسپور در آغاز میوزا)، C و D (کیسهٔ گرده و پایان میوزا و تشکیل دیاد و از بین رفتن لایهٔ میانی، Se (کاسبرگ)، Pe (گلبرگ)، Sty (خامه)، a (بساک)، ep (اپیدرم)، en (لایهٔ مکانیکی)، ml (لایهٔ میانی)، Ta (لایهٔ تاپی)، Cw (دیوارهٔ کالوزی) و D (دیاد)



شکل ۳- تکوین کیسه گرده و مرحله تتراد: A (برش عرضی گل در مرحله میوز II)، B (بساک درحال تشکیل تتراد)، C (کیسه گرده و تترادهای درون آن) Pe (گلبرگ)، Sty (خامه)، ep (اپیدرم)، en (لایه مکانیکی)، Ta (لایه تاپی)، Cw (دیواره کالوزی)، Te (تتراد)، vb (دستجات آوندی)، f (میله) و Sd (مجرای ترشچی)

بساک‌ها میکروسپورهای نابالغی دارند که به تدریج شکل دانه گرده بالغ پیدا کرده و در یک فضای فشرده و بدون فاصله از هم قرار می‌گیرند. لایه مغذی به صورت رشد یافته، لایه گذر (موقت) که قبل از مرحله دیاد تجزیه می‌شود و لایه اپیدرم کاهش یافته و چسبیده روی لایه مکانیکی دیده می‌شوند (شکل ۴).

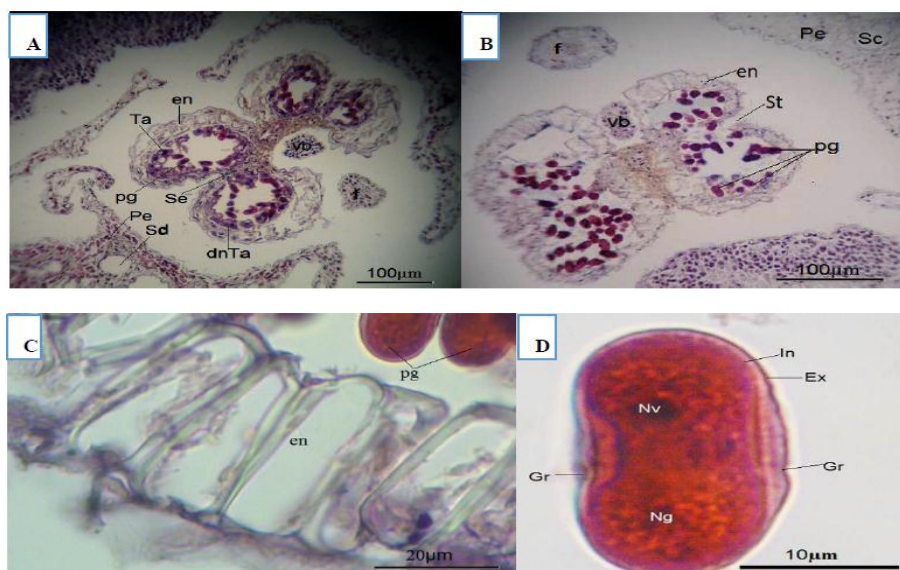
در مرحله بعد، دیواره کالوزی تجزیه می‌شود؛ میکروسپورهای تتراد از هم جدا می‌شوند و دانه‌های گرده جوان را ایجاد می‌کنند. افزایش اندازه دانه گرده و تغییر شکل پس از تجزیه دیواره کالوزی در شکل ۴-A مشاهده شده است. لایه اپیدرمی بساک در مرحله میکروسپورهای درحال بلوغ از لایه مکانیکی تشخیص داده نمی‌شود، همچنین لایه مغذی به مقدار اندک رشد یافته است.



شکل ۴- تشکیل دانه گرده بالغ: A (تجزیه کالوز و آزاد شدن دانه‌های گرده نابالغ و حذف تدریجی لایه اپیدرم)، B (دانه‌های گرده نابالغ با هسته مرکزی و حرکت سلول‌های تاپی در بعضی جاها بین آنها (تاپی آمیبی))، C (دانه‌های گرده بالغ و تاپی در اطراف آن)، ep (اپیدرم)، en (لایه مکانیکی)، Ta (لایه تاپی)، im (میکروسپور نابالغ) و pg (دانه گرده)

آن به میزان چشمگیری بزرگ شده‌اند و ضخیم‌شدگی‌های فیبری را روی دیواره‌های شعاعی و مماسی داخلی خود ایجاد کرده‌اند و بقایایی از سلول‌های اپیدرمی روی آنها مشاهده می‌شود. در محل شکوفایی، گسستگی سلول‌های لایه مکانیکی که تزینات فیبری ندارند، به رهاکردن دانه‌های گرده منجر می‌شود (شکل ۵).

دانه‌های گرده بالغ آزادشده از بساک، بیضی‌شکل هستند و دو هسته رویشی و زایشی دارند (شکل ۵). همه بساک‌های مشاهده‌شده در مقطع عرضی گل در مرحله شکوفایی طولی قرار دارند. تیغه جداکننده دو حفره بساک در هر نیمه بساک، تجزیه می‌شود؛ در نتیجه، دو کیسه گرده به شکل یک ساختار واحد در می‌آیند و خانه گرده را تشکیل می‌دهند (شکل ۵). در این مرحله دیواره بساک تنها شامل لایه مکانیکی است که سلول‌های



شکل ۵- ادامه بلوغ و رهاسازی دانه گرده: A (بساک با دانه گرده رسیده)، B (از بین رفتن رابط بین دو خانه بساک و یکی شدن حفره‌ها)، C (لایه مکانیکی با ضخیم‌شدگی فیبری و U شکل و آثاری از سلول‌های اپیدرمی که در حال باز شدن است)، D (دانه گرده بالغ با هسته رویشی و زایشی و شیارهای رویشی)، en (لایه مکانیکی)، Ta (لایه تاپی)، vb (دسته آوندی بساک)، f (میله)، Sd (مجرای ترشحی)، Pe (گلبرگ)، pg (دانه گرده)، dnTa (تاپی دوهسته‌ای)، St (محل شکوفایی بساک)، Se (رابط بین دو خانه بساک)، Ex (اگزین)، In (انتین)، Gr (شیار رویشی)، Nv (هسته رویشی) و Ng (هسته زایشی)

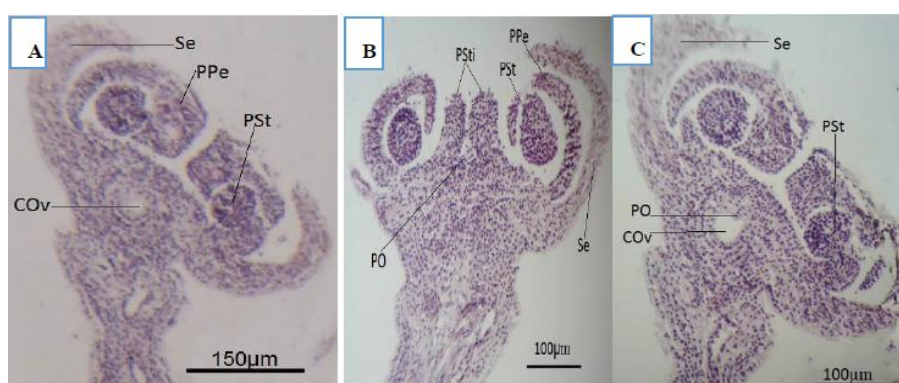
در پایین به وجود می‌آورد (شکل ۶-A). به این ترتیب تشکیل پرچم و مادگی با فاصله زمانی اندکی رخ می‌دهند (شکل ۶-B). در مرحله دوم، هنگامی که پریموردیوم تخمکی از محل جفت ایجاد می‌شود، سلول‌های پریموردیومی به داخل مهاجرت

مراحل تشکیل دستگاه زایشی ماده: برش‌های

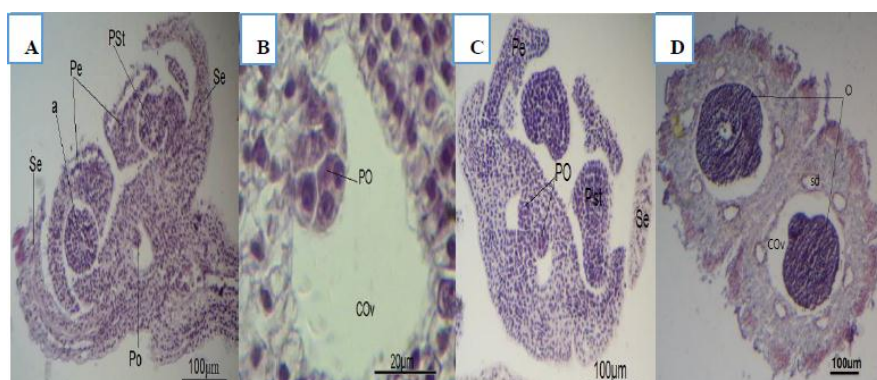
طولی گل نشان می‌دهند در مرحله تشکیل برچه، اندکی پس از تشکیل پریموردیم پرچم، توده مریستمی به شکل یک برآمدگی نیم‌کروی در قسمت مرکزی ظاهر می‌شود و حفره تخمدانی را

جسم تخمکی به تدریج پوسته تخمکی و بافت خورش تشکیل می‌شوند (شکل ۸). سلول‌های مریستمی تشکیل دهنده مادگی با تقسیمات میتوزی افزایش می‌یابند و پریموردیوم‌های دو برچه رشد می‌کنند و محفظه تخمدان دوبرچه‌ای را به وجود می‌آورند (شکل ۷-C). رنگ پذیری زیاد و تراکم سلول‌های پریموردیوم تخمکی، آنها را از سایر سلول‌ها متمایز می‌کند (شکل‌های A-۹ تا C).

می‌کنند و پریموردیوم ایجادکننده کلالة دو شاخه را به وجود می‌آورند. رنگ پذیری زیاد سلول‌ها و جهت حرکت به سمت داخل مریستم تشکیل دهنده دیده می‌شود (شکل ۶-A). تشکیل کلالة دو شاخه و خامه تقریباً هم‌زمان با تخمک (پریموردیوم تخمک) انجام می‌شود (شکل‌های A-۶ و B و شکل‌های A-۷ تا C). در مرحله سوم از مراحل تکوین مادگی، هر تخمک پس از تشکیل پایه و



شکل ۶- مرحله اول تکوین مادگی و ایجاد حفره تخمدان: A (پریموردیوم گل و ایجاد حفره تخمدانی)، B (شکل گیری پریموردیوم کلالة و تخمک پس از پریموردیوم پرچم)، C (بنیان تخمکی که به صورت برآمدگی در سطح شکمی تخمدان تشکیل شده است)، Se (کاسبرگ)، PPe (پریموردیوم گلبرگ)، PSt (پریموردیوم پرچم)، PSti (پریموردیوم گلبرگ)، COV (حفره تخمدان)، PO (پریموردیوم تخمک)

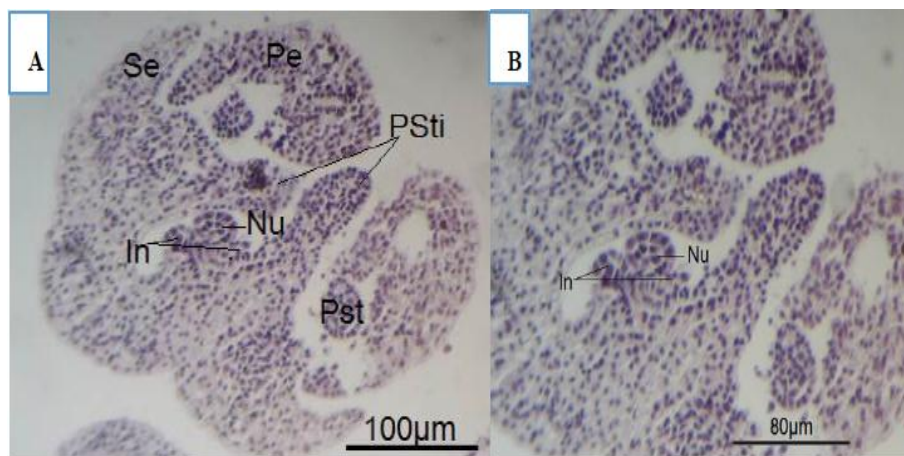


شکل ۷- مرحله دوم تکوین مادگی و تشکیل بنیان تخمک و تخمدان دوخانه‌ای: A (گل در حالت پریموردیوم تخمک)، B (حفره تخمدان با بزرگ‌نمایی بیشتر)، C (تخمدان دوخانه‌ای و تشکیل بنیان تخمکی در هر کدام از آنها)، Se (کاسبرگ)، Pe (گلبرگ)، PSt (پریموردیوم پرچم)، COV (حفره تخمدان)، PO (پریموردیوم تخمک)، a (بساک)، Sd (مجرای ترشحي)، O (تخمک)

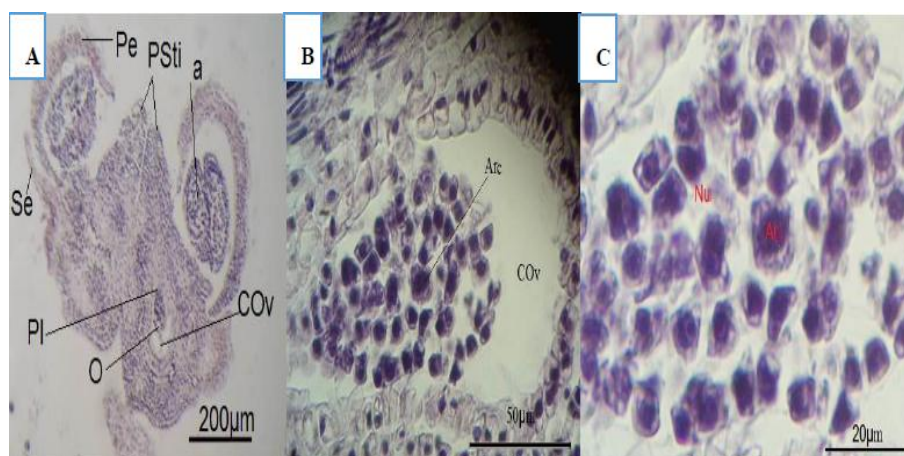
به شکل خطی، مجاور هم قرار می‌گیرند (شکل ۱۰). از چهار سلول حاصل از میوز، سلول باقی‌مانده در موقعیت شالازی، مگاسپور عملکردی یا سلول مادر کیسه رویانی نامیده می‌شود و آغازکننده کیسه رویانی هشت‌هسته‌ای است و هم‌زمان با به‌وجود آمدن مگاسپور فعال، شکل‌گیری دیواره کیسه رویانی (آندوتلیوم) نیز آغاز می‌شود (شکل ۱۰-C).

در مرحله چهارم، یکی از سلول‌های خورش تمایز یافته و سلول مادر مگاسپور (آرکنسپور) را به وجود می‌آورد. مگاسپوروسیت با حجم زیاد، هسته درشت، متراکم و حجیم از سایر سلول‌های خورش متمایز و کاملاً قابل تشخیص است (شکل ۹).

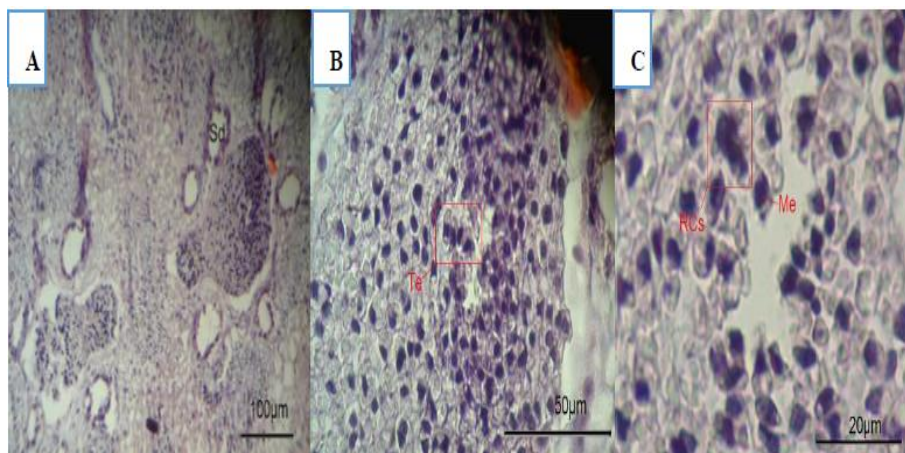
در مرحله پنجم تکوین مادگی، سلول مگاسپوروسیت دو تقسیم میوزی را می‌گذراند و دیاد هاپلوئید و سپس چهار سلول تتراد ایجاد می‌کند که



شکل ۸- مرحله سوم تکوین مادگی، A (تشکیل بافت خورش و پوسته تخمک)، B (همان مرحله با بزرگ‌نمایی بیشتر)، Se (کاسبرگ)، Pe (گلبرگ)، PSTi (پریموردیوم کلاله)، In (پوسته تخمک)، Nu (خورش)، PSt (پریموردیوم پرچم)



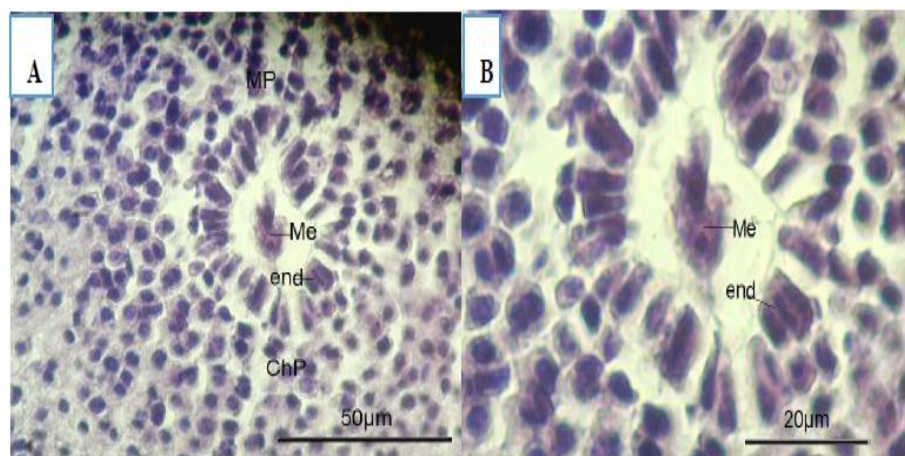
شکل ۹- مرحله چهارم تکوین مادگی و تشکیل آرکنسپور: A (برش طولی گل در مرحله تشکیل آرکنسپور)، B (تبدیل یکی از سلول‌های خورش به آرکنسپور)، C (تخمک هنگام تشکیل آرکنسپور با بزرگ‌نمایی بیشتر)، Se (کاسبرگ)، Pe (گلبرگ)، PSTi (پریموردیوم کلاله)، Nu (خورش)، PI (جفت)، a (بساک)، O (تخمک)، Arc (آرکنسپور) و COV (حفره تخمدان)



شکل ۱۰- مرحله پنجم تکوین مادگی و تشکیل مگاسپور عملکردی: A (مادگی دوخانه‌ای و تخمک‌های درون آن در حال تقسیم میوز و تشکیل تتراد)، B (اواخر میوز II و تشکیل تتراد خطی)، C (از بین رفتن سلول قطب سفتی و باقی ماندن مگاسپور عملکردی در سمت شالازی و تشکیل دیواره آندوتلیوم)، Sd (مجرای ترش‌چی)، Te (تتراد)، Me (مگاسپور عملکردی) و RCS (سلول‌های مگاسپوری حذف‌شده)

خورش فضای خالی بیشتری شکل می‌گیرد و لایه آندوتلیومی، منظم‌تر می‌شود (شکل ۱۱). در ادامه، هسته سلول بنیادی کیسه رویانی، سه تقسیم متوالی میتوزی انجام می‌دهد. هم‌زمان با تغییرات نمودی برای تشکیل کیسه رویانی، کانال‌های ترش‌چی از نوع شیروژنی، اطراف هر پرچه کامل می‌شوند (شکل ۱۰- A).

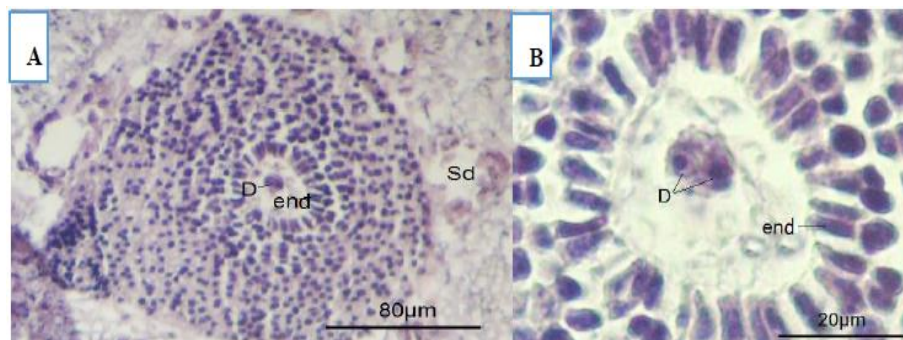
با توجه به اینکه از رویدادهای مهم در تشکیل کیسه رویانی و نخستین مرحله برای تبدیل مگاسپور زایا به کیسه رویانی، افزایش حجم این سلول است، به این ترتیب در مرحله ششم حجم این سلول تا چندین برابر سلول‌های بافت خورش افزایش می‌یابد و در امتداد محور سفتی-شالازی کشیده می‌شود. به تدریج بین سلول مادر کیسه رویانی و سلول‌های



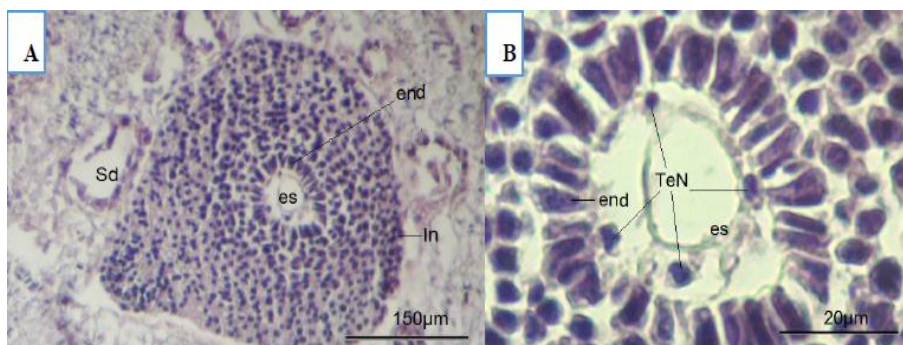
شکل ۱۱- مرحله ششم تکوین مادگی و واکنش و کشیده شدن سلول مادر کیسه رویانی: A و B (افزایش حجم سلول مگاسپور عملکردی و آمادگی برای تقسیم میتوز)، MP (قطب سفتی)، ChP (قطب شالازی)، Me (مگاسپور عملکردی) و end (آندوتلیوم)

هشتم، دومین تقسیم میتوزی، تشکیل کیسه رویانی چهارهسته‌ای را موجب می‌شود (شکل ۱۳) و در مرحله نهم، سومین تقسیم میتوزی، کیسه رویانی هشت هسته‌ای را ایجاد می‌کند (شکل ۱۴).

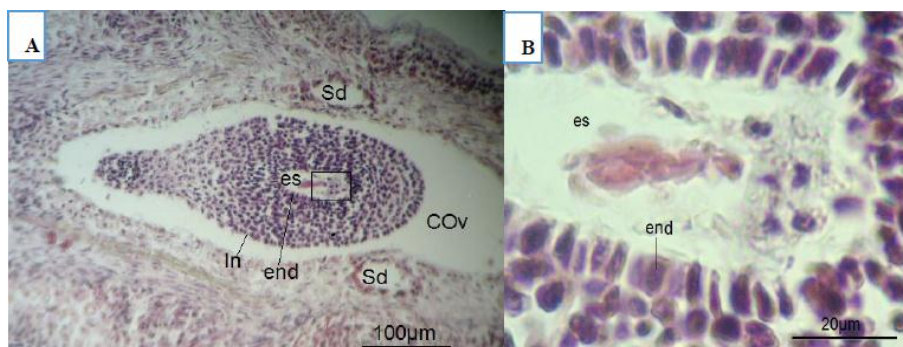
در مرحله هفتم از تکوین مادگی، مگاسپور عملکردی، نخستین تقسیم میتوزی را انجام می‌دهد که نتیجه آن تشکیل کیسه رویانی با دو هسته هاپلوئیدی حجیم است (شکل ۱۲). در مرحله



شکل ۱۲- مرحله هفتم تکوین مادگی و نخستین تقسیم میتوز: A) تخمک در حال تقسیم اول میتوز، B) دیاد کیسه رویانی، end (آندوتلیوم)، D (دیاد)، Sd (مجرای ترشعی)



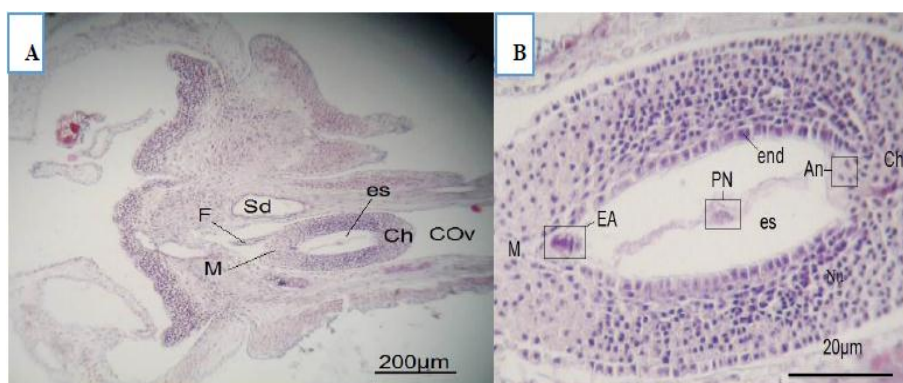
شکل ۱۳- مرحله هشتم تکوین مادگی و تقسیم دوم میتوز: A) تخمک در حال تقسیم دوم میتوز، B) هسته‌های چهارتایی کیسه رویانی، end (آندوتلیوم)، Sd (مجرای ترشعی)، es (کیسه رویانی)، In (پوسته تخمک) و TeN (هسته‌های چهارتایی)



شکل ۱۴- مرحله نهم تکوین مادگی و تقسیم سوم میتوز و ایجاد کیسه هشت هسته‌ای: A) تخمک در حال تقسیم سوم میتوز، B) کیسه رویانی هشت هسته‌ای، end (آندوتلیوم)، Sd (مجرای ترشعی)، es (کیسه رویانی)، In (پوسته تخمک) و COV (حفره تخمدان)

قرار دارند و تا حدی تخم‌زا را دربر گرفته‌اند. در قطب شالازی، سلول‌های آنتی‌پود دیده می‌شوند. دو هسته قطبی به سوی میانه کیسه رویانی حرکت می‌کنند و هسته دوتایی (هسته ثانویه) را می‌سازند. به این ترتیب محل هفت سلول هشت‌هسته‌ای کیسه جنینی تعیین می‌شود (شکل ۱۵). در این مرحله، تخم‌زا آماده لقاح است و در صورت آماده‌بودن شرایط دیگر، از جمله رویش لوله گرده سازگار و وقوع لقاح، جنین به وجود می‌آید. در گیاه بررسی شده، سلول‌ای آنتی‌پود تقسیم می‌شوند و تعداد آنها افزایش می‌یابد؛ به طوری که در برش‌های مختلف، تعداد آنها بین ۶ تا ۸ عدد متغیر است.

در مرحله دهم و آخرین مرحله از تکوین مادگی و ایجاد کیسه جنینی هفت سلولی، کیسه رویانی که به طور کامل تشکیل شده است، مرحله سازمان‌دهی سلولی را می‌گذراند و هسته‌هایی که در مرحله قبلی ایجاد شده‌اند، ساختار سلولی می‌یابند. سلولی شدن در کیسه رویانی، هم‌زمان با مهاجرت هسته‌های قطبی انجام می‌شود. به تدریج سه هسته به سمت مجرای سفت مهاجرت می‌کنند و دستگاه تخم را می‌سازند. این دستگاه شامل یک سلول مرکزی به نام تخم‌زا و دو سلول مجاور آن یا قرینه‌ها است. سلول تخم‌زای کروی شکل در قطب سفیدی تشخیص داده می‌شود و دو سلول قرینه، تقریباً کروی یا بیضی شکل هستند و در دوسوی تخم‌زا



شکل ۱۵- مرحله دهم تکوین مادگی و سازمان‌دهی کیسه رویانی هشت سلولی: A (برش طولی گل در حالت سلولی شدن هسته‌های کیسه رویانی و تشکیل سلول تخم‌زا)، B (کیسه رویانی و تشکیل سلول تخم‌زا با بزرگ‌نمایی بیشتر)، end (آندوتلیوم)، Sd (مجرای ترشچی)، es (کیسه رویانی)، COv (حفره تخمدان)، F (بند)، M (سفت)، Ch (شالاز)، EA (دستگاه تخم‌زا)، PN (هسته‌های قطبی)، An (آنتی‌پودها) و Nu (بافت خورش)

(Sheikhabaei *et al.*, 2014). در گیاه غازایاقی،

لایه تاپی بیشتر از نوع ترشچی است و در مراحل پایانی آمیبی نیز مشاهده می‌شود. لایه تاپی تا مراحل پایانی نمو میکروسپورها در دیواره بساک حضور دارد که این با نتایج پژوهش‌های Majd و همکاران (۲۰۱۴) و

بحث

مراحل تکوین بساک: در نهاندانگان دو نوع

اصلی نمو لایه تاپی بساک تشخیص داده شده‌اند که شامل ترشچی (سلولی یا جداری) و آمیبی (پلاسمودیومی) هستند (Batygina, 2002)

سمت اپیدرم قرار دارد. باز شدن کیسه گرده به دلیل شکافتگی در این لایه است (Naderi, 2015).

بررسی‌های تصاویر میکروسکوپی نشان دادند که میکروسپورزایی در این گیاه، مشابه بیشتر دولپه‌ای‌ها، از نوع هم‌زمان است که با بررسی‌های Majd و همکاران (۲۰۱۴) و Naderi و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. تترادها از نوع چهاروجهی‌اند که با دیواره کالوزی احاطه می‌شوند و گاهی کیسه‌های گرده یک بساک و بساک‌های مختلف یک گل از نظر مراحل تقسیم میوز هماهنگ نیستند و هر کدام در مرحله‌ای عقب‌تر یا جلوتر نسبت به دیگری به سر می‌برند که این حالت در بررسی Sheikhbaehi و همکاران (۲۰۱۴) نیز نتیجه‌گیری شده است. یک نظریه پیشرفته در این مورد بیان می‌کند که در سیتوکینز هم‌زمان، تنها تترادهای چهاروجهی تشکیل می‌شوند که در نتایج پژوهش حاضر نیز تایید شد (Batygina, 2002). در سیتوکینز متوالی، همه انواع تترادهای میکروسپور، به استثنای چهاروجهی تشکیل می‌شوند (Seyedi and Mirazi, 2012).

دانه‌های گرده ممکن است دوسلولی یا سه سلولی باشند. در دولپه‌ای‌ها، دانه‌های گرده دوسلولی در ۱۹۵ تیره معمول است؛ در حالی که انواع سه سلولی در ۹۸ تیره دیده می‌شوند. هر دو نوع دانه گرده در نظم‌هایی در سطوح مختلف مجموعه تبارزایی (فیلوژنتیک) گیاهان گل‌دار وجود دارند (Batygina, 2002). میکروسپورها در زمان آزاد شدن از تترادها بدون واکنش هستند و سیتوپلاسم متراکم و شکل منظم دارند. بر اثر تقسیم

Naderi و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. سلول‌های لایه تاپی که هسته درشت دارند و بیشتر دو هسته‌ای هستند، در ارتباط مستقیم با دانه‌های گرده قرار دارند. گاهی سلول‌های تاپی، بین دانه‌های گرده در حال تجزیه و حرکت مشاهده شدند که این مسئله، نوع پلاسمودیومی سلول‌های تاپی را در بخشی از دوره تکوین دانه‌های گرده نشان می‌دهد. وجود لایه تاپی آمیبی در گیاهان مختلف از جمله تیره آفتاب‌گردان (Asteraceae) و برگ‌بیدی (Commelinaceae) گزارش شده است (Batygina, 2002).

پس از تقسیم توده هاگزا، سلول‌های حاصل بزرگ می‌شوند و به سلول‌های مادر گرده سازمان می‌یابند. با آغاز میوز و آمادگی سلول‌های مادر گرده برای تقسیم (ابتدای میوز I)، تشکیل دیواره کالوزی ویژه، اطراف سلول‌های مادر گرده آغاز می‌شود و تا تشکیل تراسپورها باقی می‌ماند. این دیواره، سلول‌های در حال تقسیم را از برهم کنش با سلول‌های دیگر مصون می‌دارد. چهار سلول در یک دیواره کالوزی مشترک قرار می‌گیرند و همچنین با کالوز از هم جدا می‌شوند. تشکیل و پایداری این دیواره با نتایج Hoseini و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. قبل از رها شدن دانه گرده، لایه مکانیکی (آندوتسیوم) ضخیم می‌شود و برای آزاد شدن دانه‌های گرده الزامی است. این ضخیم‌شدگی هم‌زمان با تجزیه شدن سلول‌های تاپی رخ می‌دهد (Chehregani Rad, et al., 2014). لایه نزدیک‌تر به اپیدرم، ضخیم نمی‌شود. شکل ضخیم‌شدگی، U شکل است و شکاف آن به

عملکردی است و سپس به کیسه رویانی بالغ تمایز می‌یابد. در کیسه رویانی بالغ، سه سلول در مجاورت سفت تمایز می‌یابد که شامل یک سلول تخم‌زا و دو سلول قرینه است. دو هسته آزاد و قطبی در بخش میانی کیسه رویانی قرار دارند که به سمت دستگاه تخم‌زا حرکت می‌کنند و یکی شدن آنها قبل از لقاح انجام می‌شود و هسته ثانویه را تشکیل می‌دهند. قبل از لقاح، سلول تخم‌زا سیتوپلاسمی متراکم و متمایز دارد و کیسه جنینی درون بافت خورش با اندازه‌ای بزرگ دیده می‌شود.

کیسه رویانی در نمونه بررسی شده، الگوی نموی علف هفت‌بند یا پلی‌گونوم را دنبال می‌کند که متداول‌ترین الگوی نموی ۷۰ درصد از نهان‌دانگان است (Chehregani rad *et al.*, 2010a). لبه‌های پوسته تخمک به هم می‌رسند و سد پوستکی را با منشاء تخمکی می‌سازند. به‌طور کلی سدهای تخمکی، هنگام تشکیل کیسه رویانی به وجود می‌آیند و در زمان ورود لوله‌گرده به حفره تخمدان به‌طور کامل نمو می‌یابند. در گونه بررسی شده، سد تخمکی در مراحل ابتدایی شکل می‌گیرد و در پایان رشد تخمک کامل می‌شود که با نتایج پژوهش Naderi و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. روند تکوین مادگی در پژوهش حاضر از جمله مگاسپورزایی، کیسه رویانی مونواسپوری، تخمک تک‌پوسته‌ای و کم‌خورش، تشکیل لایه آندوتلیوم و نوع کیسه رویانی با یافته‌های Rezanejad (۲۰۰۸) در بررسی گیاه اطلسی و یافته‌های Naderi (۲۰۱۵) در بررسی گیاه *Ferulago angulata* هم‌خوانی دارد.

میتوز در هسته میکروسپورها، دو هسته نابرابر ایجاد می‌شوند که هسته بزرگ‌تر، رویشی و هسته کوچک‌تر، زایشی است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهند که دانه‌های گرده، بیضی‌شکل هستند و در زمان انتشار، سه شکاف رویشی و در مرحله دوهسته‌ای یا دو سلولی از بساک آزاد می‌شوند که از ویژگی‌های دولپه‌ای‌های پیشرفته است (Batygina, 2002; Naderi 2015).

تکوین تخمک: نتایج پژوهش حاضر نشان

دادند که در گیاه *F. vulgaris* تخمک از نوع واژگون (Carmichael and Sarena, 1999) تک‌پوششی و از نوع کم‌خورش است. تخمک در تک‌لپه‌ای‌ها و بیشتر جداگلبرگان (بجز گیاهان تیره چتریان) معمولاً دو پوسته و در پیوسته گلبرگان (بجز راسته پامچال) تنها یک پوشش دارد (Ghahreman, 1994). تخمک که در ابتدا به صورت برجستگی کوچکی در جدار تخمدان تشکیل می‌شود (Chehregani rad *et al.*, 2010a)، با رشد سریع یکی از یاخته‌های خورش سلول آرکسپوری (مادر مگاسپور) به وجود می‌آید و تقسیمات میوزی سلول مادر مگاسپور به تشکیل تتراد منجر می‌شود که در گیاه غازایاقی، تتراد از نوع خطی است (Chehregani rad *et al.*, 2010a; Tavakoli *et al.*, 2015) در نهایت پس از حذف سه سلول حاصل یکی از آنها برای ایجاد مگاسپور فعال باقی می‌ماند. مگاسپور عملکردی از نوع بنی (شالازی) است که با گزارش Chehregani rad و همکاران (۲۰۱۰b) و Rezanejad (۲۰۰۸) منطبق است. کیسه رویانی هشت‌هسته‌ای حاصل، مگاسپور

(*Euphorbia esula*). Canadian Journal of Botany 77(4): 599-610.

Chehregani rad, A., Hajisadeghian, S. and Mohsenzadeh, F. (2010a) Study on the developmental stages of ovule and pollen grains of *Inula aucheriana* DC, Journal of Plant Biology 2(6): 15-28 (in Persian).

Chehregani rad, A., Hosseini, N., Nazemi, M. and Lari Yazdi, H. (2010b) Study on pollen grain and ovule developmental properties in *Centaurea iberica* Trevir. ex Spreng. Journal of Plant Biology 2(5): 63-74 (in Persian).

Chehregani Rad, A., Mohsenzadeh, F., Ekhtari, S. and Tajik Esmaeili, S. (2014) Ovule and megagametophyte development in *Adonis flammea* Jacqu: Report of ovule and embryo abortion. Journal of Cell and Tissue 4(4): 397-405 (in Persian).

Ghahreman, A. (1993) Iran chormophyta. University Press Center, Tehran (in Persian).

Ghahreman, A. (1994) Basic Botany vol. 2, University of Tehran Press, Tehran. (in Persian).

Hoseini, N., Zamani Bahramabadi, E. and Rezanejad, F. (2015) Study of morphological and anatomical traits of male flower, developmental stages of anther and pollen grain of pistachio (*Pistacia vera* L.) Iranian Journal of Plant Biology 28(1):116-125 (in Persian).

Khzaei, M. and Salehi, H. (2006) Protective effect of *Falcaria vulgaris* extract on ethanol induced gastric ulcer in rat. Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics 5(1): 43-46.

Korman, B. L. (2011) Biology and Ecology of Sickleweed (*Falcaria vulgaris*) in the Fort Pierre National Grassland of South Dakota. MSc thesis, South Dakota State University, Brookings, United States of America.

جمع بندی

بررسی‌های انجام شده نشان دادند که بیشتر ویژگی‌های مراحل تکوین دانه گرده و تخمک در گیاه *Falcaria vulgaris* با نتایج بررسی‌های تکوینی تاکنون انجام شده بر سایر گیاهان تیره چتریان مشابهت دارد. پنج پرچم گل قبل از سایر اندام‌های گل ظاهر می‌شوند و بساک‌ها ۴ کیسه گرده دارند و لایه مغذی آنها از نوع ترشحی است. تترادهای میکروسپور از نوع چهاروجهی هستند. دانه‌های گرده در زمان انتشار، دویاخته‌ای هستند و سه شکاف رویشی دارند. تخمدان زیرین بوده و هر یک از دو برچه، محتوی دو تخمک از نوع آویخته و ازگون، تک پوسته‌ای و با خورش کم است. آندوتلیوم از یک لایه سلولی تشکیل شده است. نمو کیسه رویانی براساس الگوی مونوسپوریک و نوع پلی گونوم انجام می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان بابت حمایت مالی پژوهش حاضر، بخشی از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته زیست‌شناسی سلولی و تکوین گیاهی، سپاسگزاری می‌کنند.

References

- Batygina, T. B. (2002) Embryology of flowering plants. Science Publishers, Michigan.
- Carmichael, J. S. and Selbo, S. M. (1999) Ovule, embryo sac, embryo, and endosperm development in leafy spurge

- Koubek, T. (2011) Population biology of plants infected by systemic pathogens. United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection. Weed Risk Assessment for *Falcaria vulgaris* Bernh. (Apiaceae)-Sickleweed United States, Version 1.
- Kubeczka, K. H. (1979) Germacrene-d from *Falcaria vulgaris*. *Phytochemistry* 18(6): 1066-1067.
- Majd, A., Rangin, A., Tajadod, G., Mehrabian, S. and Mirzai, M. (2014) The study of reproductive organs development in *Scrophularia striata* Boiss. *Journal of Cell and Tissue* 5(3): 233-243 (in Persian).
- Monfared, K., Ebrahimi, Z., Rafiee, S. and Jafari, M. (2012) Phenolic content and antioxidant activity of *Falcaria vulgaris* extracts. *Analytical Chemistry Letters* 2(3): 159-170.
- Mozaffarian, V. (2003) Plant classification (dicotyledons). Amir-Kabir press, Tehran (in Persian).
- Naderi, B. (2015) The comparison of anatomical structures from vegetative to reproductive steps in chavill plant (*Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss). MSc thesis, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran (in Persian).
- Piya, S., Nepal, M. P., Neupane, A., Larson, G. E. and Butler, J. L. (2012) Inferring introduction history and spread of *Falcaria vulgaris* Bernh.(Apiaceae) in the United States based on herbarium records. In *Proceedings of the South Dakota Academy of Science* 9: 113-129.
- Rezanejad, F. (2008) Development of ovule, female gametophyte, embryo and endosperm in petunia hybrid grandiflora. *Research Journal of University of Isfahan "Science"* 31(2): 57-66 (in Persian).
- Rezanejad, F. and Majd, A. (2012) The development of inflorescence, flower and pollen in *Tajetes patula* (Asteraceae): flower structural traits in plant-pollinator relationships. *Journal of Plant Biology* 4(12): 51-66 (in Persian).
- Seyedi, S. R. and Mirazi, N. (2012) Evaluation of embryology characters in some species of Apiaceae. MSc thesis, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran (in Persian).
- Sheikhbahaei, N., Rezanejad, F. and Mirtadzadini, S. M. (2014) The morphological and anatomical studies of inflorescence and male flower in *Pycnocycla nodiflora* Decne. ex Boiss. (Apiaceae). *Iranian Journal of Plant Biology* 6(19): 73-96 (in Persian).
- Tavakoli, M., Chehregani, A. and Lari Yazdi, H. (2015) Study on different concentrations effects of lead acetate on ovule developmental stages on eggplant (*Solanum melongena* L.) *Iranian Journal of Biology* 28(1): 63-71 (in Persian).
- United States department of agriculture animal and plant health inspection (2012) Weed risk assessment for *Falcaria vulgaris* Bernh. (Apiaceae)-Sickleweed United States, Version 1.
- Xue, C. Y. and Li, D. Z. (2005) Embryology of *Megacodon stylophorus* and *Veratrilla baillonii* (Gentianaceae): description and systematic implication. *Botanical Journal of the Linnean Society* 147: 317-331.
- Yeung, E. C. (1984) Histological and histochemical staining procedures. In: *Cell culture and somatic cell genetics of plants* (Ed. Vasil, I. K.) 689-697. Academic Press, Orlando, Florida.