فصلنامه (علمی – پژوهشی)

زیست شناسی تکوینی

سال دهم، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۶

# مطالعه بهم پیوستگی سازمان یافته اجزای گل و پولینی و رویش و رشد گرده در استبرق (Asclepiadoideae) (*Calotropis procera* (Aiton) W. T.)

**فاطمه نژاد علیمرادی[۱]، فرخنده رضا نژاد[۲*]**

[۱] گروه زیست شناسی دانشگاه پیام نور کهنوج، کرمان، ایران

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

[*] Email:frezanejad@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲۹

## چکیده

درختچه استبرق (*Calotropis procera* (Aiton) W. T.) (زیر تیره Asclepiadoideae) یکی از گونه‌های دارویی ارزشمند در عرصه‌های منابع طبیعی و بیابانی است که به طور گسترده در نقاط گرم و خشک نواحی جنوب استان کرمان پراکنش دارد. هم‌پیوستگی سازمان یافته گل در این زیر تیره به حد نهایی در نهاندانگان رسیده است. بهم‌پیوستگی گل، پولینی و رویش و رشد دانه‌های گرده بررسی شد. گل‌های منظم دو جنسی و پنج بخشی دارای کاسه گل ضخیم سفید- صورتی کرمی وجام نعلبکی شکل سفید- بنفش متصل در غنچه که طی نمو این اتصال‌ها باز شده اما هنوز بخش‌های قاعده‌ای به هم متصل هستند. پرچم‌ها از طریق لوله پرچمی و بساک‌ها بهم و از طریق کلاله به مادگی متصل هستند. لوله پرچمی، مادگی را بدون اتصال احاطه کرده است. میله پرچم‌ها دارای ریل راهنما و تاج برای جلب و حرکت گرده‌افشان‌ها می‌باشد. بساک دو خانه و هر خانه دارای یک پولینی است که دو تودهک (پولینی) دو نیمه بساک مجاور از طریق گیره و بازوها به هم متصل هستند و دستگاه پولینی را تشکیل می‌دهند. بنابراین دانه‌های گرده بصورت منفرد پراکنده نمی‌شوند، همچنین پولینی‌ها نیز همیشه بصورت دوتایی منتقل می‌شوند. بساک‌ها به سطوح کلاله‌ی ۵ بخشی پیوستگی دارند و ژینوستوم را تشکیل می‌دهند. مادگی دو برچه‌ای با بخش قاعده‌ای آزاد و انتهایی به هم‌پیوسته است. بهم‌پیوستگی بخش‌های مختلف اغلب از نوع ثانوی یا postgenital است. دانه‌های گرده روی محیط پایه در ۳۰°C، رویش و رشد بالایی دارند که بصورت یکطرفه می‌باشد. یک یا هر دو پولینی دستگاه پولینارم رویش و رشد نشان دادند.

**کلیدواژه‌ها**: استبرق، بساک، تاج، ژینوستوم، لوله پرچمی.

## مقدمه

پیوستگی اندام‌های گل که موجب تغییر همزمان و جفت و جور شدن همه اندام‌های گل می‌شود یک ویژگی مهم تکاملی و نموی است که در تیره خرزهره (به ویژه زیر تیره استبرق یا Asclepiadoideae) و تیره ارکیده به حداکثر رسیده است. ارتباط یا اتصال اجزای

گل به یکدیگر برای تشکیل یک ساختار پیچیده، به هم پیوستگی سازمان یافته (synorganization) نامیده می‌شود که در تکامل یافته‌ترین حالت بصورت یک واحد پیچیده (کمپلکس) منفرد یا یک اندام مجزا عمل می‌کند. تشکیل این ساختار پیچیده متصل به هم، به سه روش انجام می شود: ۱- طی بنیان‌گذاری اجزای گل و از طریق اتصال و در هم شدن مریستم بنیادی هر یک از اجزای مجاور (congenital fusion)، ۲- پیوستگی اندام‌ها یا بخشی از اندام‌های آزاد گل پس از بنیان‌گذاری و طی پیوستگی اپیدرم آنها بطور پسین (ثانوی) انجام می‌شود (postgenital fusion). گاهی این دو نوع با هم در مادگی و در موقعیت‌های ویژه گل رخ می‌دهند، و ۳- گاهی نیز این پیوستگی بدون اتصال اجزا و از طریق روی هم قرار گرفتن و یا تغییرات معماری غیر از اتصال است [۱۲].

یک ویژگی جالب پیوستگی postgenital توانایی آن برای دوباره باز شدن اجزای بهم پیوسته در زمان شکوفایی گل پس از بسته شدن محکم آنها در جوانه گل است [۱۰]. گلبرگ‌ها بطور کامل یا جزئی در جوانه گل برخی گیاهان (همچنین به طور جزئی طی شکوفایی گل) مانند آستریدها (Araliaceae، Asteraceae، Campanulaceae)، گنتیال (آپوسیناسه‌های ابتدایی)، روییاسه و لامیده‌های ابتدایی بصورت postgenital بهم پیوسته هستند. پیوستگی postgenital، معمول ترین نوع در پیوستگی درون برچه‌ای و بین برچه‌ای و نیز در پیوستگی بساک‌ها می‌باشداما بطور نادر در اتصال پرچم و مادگی نقش دارد [۱۲].

سرده استبرق یا *Calotropis* که مطابق رده‌بندی‌های جدید در تیره خرزهره یا Apocynaceae و زیر تیره Asclepiadoideae قرار دارد [۹] در ایران دارای دو گونه*C. procera* و *C. gigantea* است که نوع اول در تمام نواحی و سواحل جنوب و نوع دوم در بلوچستان می‌روید [۳]. گل‌ها واقع در گرزن شبه چتر محوری یا انتهایی است. کاسه و جام گل دارای ۵ لوب است. ویژگی‌های رویشی و ساختار گل و نیز وضعیت پیوستگی اجزا در جنس‌های زیادی از این تیره مطالعه شده است [۱،۴،۹،۲۰]. برخی محققین به چند ریختی (پلی مورفیسم) ساختار گل یا ژنوم (با استفاده از روش مولکولی RAPD) در جمعیت‌های مختلف گونه *C. procera* اشاره کردند [۷،۲۰] اما هیچ مطالعه اختصاصی روی ساختار گل *C. procera* و چگونگی سازمان یابی و اتصال اجزای گل انجام نشده است که پراکنش وسیعی در مناطق جنوبی کشور به ویژه استان‌های کرمان و هرمزگان دارد و نقش مهمی در تثبیت خاک ایفا می‌کند. *Calotropis procera* ترکیبی از کلمه یونانی *kalos* به معنی زیبا و *tropis* به معنی کف قایق (Keel of boat) است که اشاره به صفحات درخشان و زرق و برق دار گل است. همچنین*procera* از ترکیب دو کلمه *pro* به معنی برای و *cera* به معنی موم گرفته شده است که اشاره به ظاهر مومی گیاه دارد [۱۷]. تمام بخش‌های گیاه به‌ویژه دانه‌ها و شیرابه، دارای آلکالوئیدها و گلیکوزیدهای متنوعی‌اند که تعداد زیادی از آنها در داروسازی و نیز به‌عنوان حشره‌کش‌ها استفاده می‌شوند. خواص تب بر، ضد سرطان، ضد ایدز، ضد باکتری، سیتوتوکسیک، ضد ویروس و .... بخش های مختلف آن گزارش شده است. همچنین در حفظ آب خاک و باند کننده خاک عمل می کند و بعنوان یک شاخص نشر سولفور دی اکسید در هوا عمل می کند [۷،۱۸]. گزارش شده است گیاه استبرق جهت جداسازی و برداشت فلزات سنگینی همچون کادمیم

از فاضلاب‌های صنعتی یا آب‌های آلوده زیرزمینی نیز به‌کار برده می‌شود [۱۶]. از تارها و پوشش ابریشمی دانه‌های *C. procera*، در بافت پارچه استبرق، بویژه پرده‌ی کعبه در گذشته استفاده می‌شده است [۳]. در قرآن کریم نیز در سوره‌های کهف، دخان، الرحمن و انسان ذکر شده است که لباس بهشتیان از دیبای ابریشمی ستبر (استبرق) بافته شده‌است (قرآن کریم)[۲].

رویش گرده در محیط in vitro یکی از مهم‌ترین روش‌های راحت و قابل اطمینان برای امتحان زیست‌پذیری گرده‌های تازه یا ذخیره شده، به‌کار می‌رود. این یک ابزار ارزشمند برای پاسخ به سؤالات پایه‌ای در تولید مثل جنسی است. محیطی که برای کشت in vitro گرده مورد استفاده قرار می‌گیرد در گونه‌های مختلف متفاوت است و گستره‌ای از محیط‌های ساده (ساکارز و بوریک اسید) تا محیط‌های پیچیده را شامل می‌شود [۱۴]. زیست‌پذیری گرده ممکن است که در مراحل مختلف نموی تحت تأثیر قرار بگیرد اما بیشترین بر هم‌کنش مستقیم بین دانه‌های گرده و محیط بعد از آزاد شدن از بساک رخ می‌دهد. همان‌طور که قابل انتظار است بیشتر فاکتورهایی که بر قابلیت زیست‌گرده اثر می‌گذارند در این مرحله عمل می‌کنند اما در برخی حالت‌ها، وقوع تنش‌های مختلف در طول نمو گرده درون بساک ممکن است به شدت بر زیست‌پذیری گرده اثر بگذارد.

مطالعات محدودی روی رویش و رشد پولینی‌ها در دو گونه این جنس وجود دارد که بیشتر به اثر هورمون‌ها [۱۹]، اثر سیکلوهگزیمید و اکتینومایسین D [۱۵] و اثرترکیبات محیط کشت [۵] روی رویش و رشد گرده می‌باشدکه مربوط به محققین هندی و چینی است، بنابراین مطالعه در همان مناطق انجام شده است و جمعیت‌های ایران بررسی نشده است. بعلاوه، در هیچکدام از این مطالعات به چگونگی رشد دستگاه پولینی (پولینی‌های مربوط به دو بساک مجاور) اشاره نشده است. در این مطالعه ساختار گل و پولینی و رویش و رشد دستگاه پولینی مطالعه می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### مطالعه ساختار گل و دستگاه پولینی

نمونه‌های گیاهی استبرق شامل گل در مراحل مختلف نموی و بویژه گل‌های بالغ در فاصله زمانی اردیبهشت تا شهریور (مرحله گل بالغ) از سه ایستگاه مختلف در فاصله جیرفت تا کهنوج جمع‌آوری شدند. در آزمایشگاه بیشتر مطالعات (مطالعه اجزای گل و چگونگی اتصال آنها، دستگاه پولینی) با میکروسکوپ تشریحی (استریو میکروسکوپ) انجام شد. همچنین از میکروسکوپ نوری و الکترونی نگاره برای مطالعه ساختار دانه‌های گرده در پولینی نیز استفاده شد.

### مطالعه و رشد دانه‌های گرده به‌صورت in vitro

آماده سازی محیط کشت گرده مطابق روش Ebadi و همکاران [۶] انجام شد: ۲۰ گرم ساکارز، یک گرم آگار، ۰/۰۱ گرم بوریک اسید، ۰/۰۱گرم نیترات پتاسیم، ۰/۰۳ گرم نیترات کلسیم، ۰/۰۲ گرم سولفات منیزیم را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و در ماکروفر قرار داده شد تا محلول به‌طور کامل شفاف شد. قبل از سرد شدن محلول را در ظروف پتری ریخته و در محیط آزمایشگاه محیط کشت سرد و جامد شد.

تودهک (پولینی)های گرده با کمک پنس جدا و روی محیط کشت در دمای ۲±۲۸ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. بعد از گذشت ۲٤ ساعت از کشت،

رویش و رشد دانه‌های گرده در پولینی‌ها مطالعه و از نمونه‌های مناسب عکس‌برداری انجام شد.

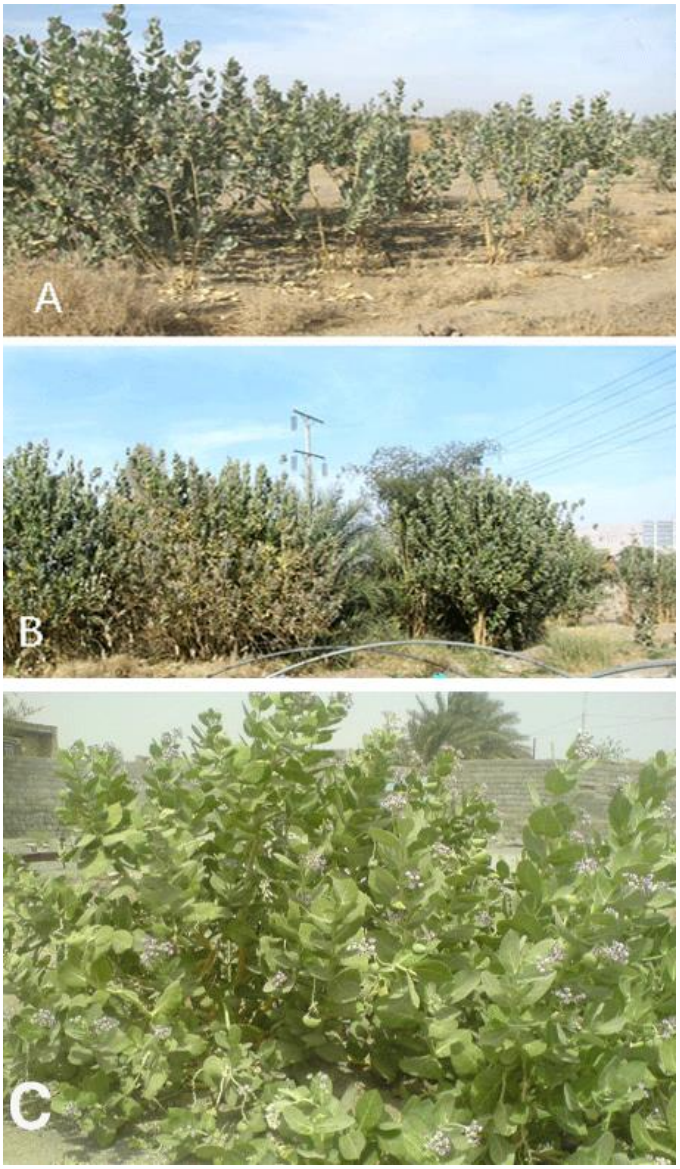
**آماده‌سازی دانه‌های گرده برای مطالعه میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM)**

ابتدا یک نوع نوار چسب مخصوص که دارای یک سطح چسبناک بود را روی پایه‌های آلومینیومی چسبانده و پولینی‌های مورد آزمایش را بر روی آن پخش کرده و پس از پوشش‌دهی توسط طلا، توسط میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) متصل به کامپیوتر مطالعه و عکس‌برداری شدند.

## نتایج

**ساختار گل در استبرق**

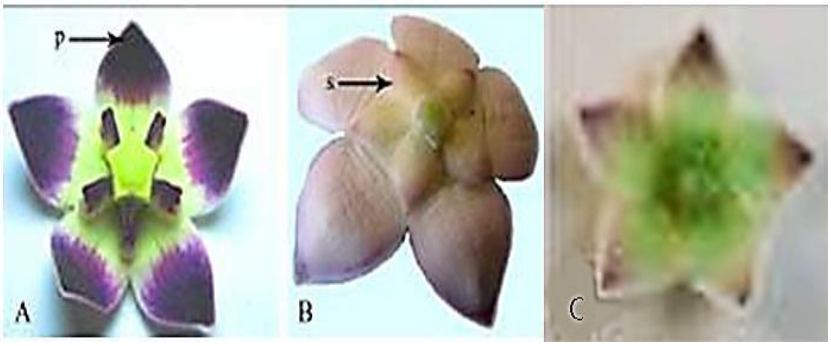
گیاه استبرق بسته به سن بصورت درختچه‌های کوچک تا بزرگ در مناطق گرم جیرفت و کهنوج پراکنش به نسبت وسیعی دارد شکل ۱A, B).




**شکل ۱A, B. ریخت درختچه‌ای استبرق (*Calotropis procera*) در مسیر جیرفت– کهنوج به هم پیوستگی سازمان یافته ساختار گل**

گل‌های منظم دو جنسی دارای برگه (براکته) پای گل و گلپوش متشکل از ۵ کاسبرگ و ۵ گلبرگ متناوب با یکدیگر هستند که کاسبرگ‌ها از هم جدا هستند اما لبه آنها با هم هم پوشانی دارد بطوری که ظاهر پیوسته‌ای دارند. گلبرگ بویژه در غنچه بصورت پیوسته هستند که طی نمو گل و باز شدن آن، برگه از گل جدا شده و می‌ریزد و اتصال بخش‌های بالایی جام گل باز شده اما هنوز بخش‌های پایینی متصل هستند (شکل 2A-J). کاسبرگ‌ها به رنگ‌های سفید تا صورتی هستند و اغلب سطح شکمی و پشتی آنها از کرک پوشیده شده‌است. جام پیوسته‌گلبرگ، کرک دار و نعلبکی‌شکل است که در گل بالغ گلبرگ‌ها از سطح خارجی به رنگ سفید تا صورتی و از سطح داخلی، در بخش پایین گلبرگ سفید و در رأس گلبرگ، به رنگ ارغوانی مشاهده می‌شوند (شکل 3A-C). قطر گل حدود ٤-۳ و طول آن حدود ۲/۵-۱/۵ سانتیمتر می‌باشد (شکل‌های ۲و ۳).

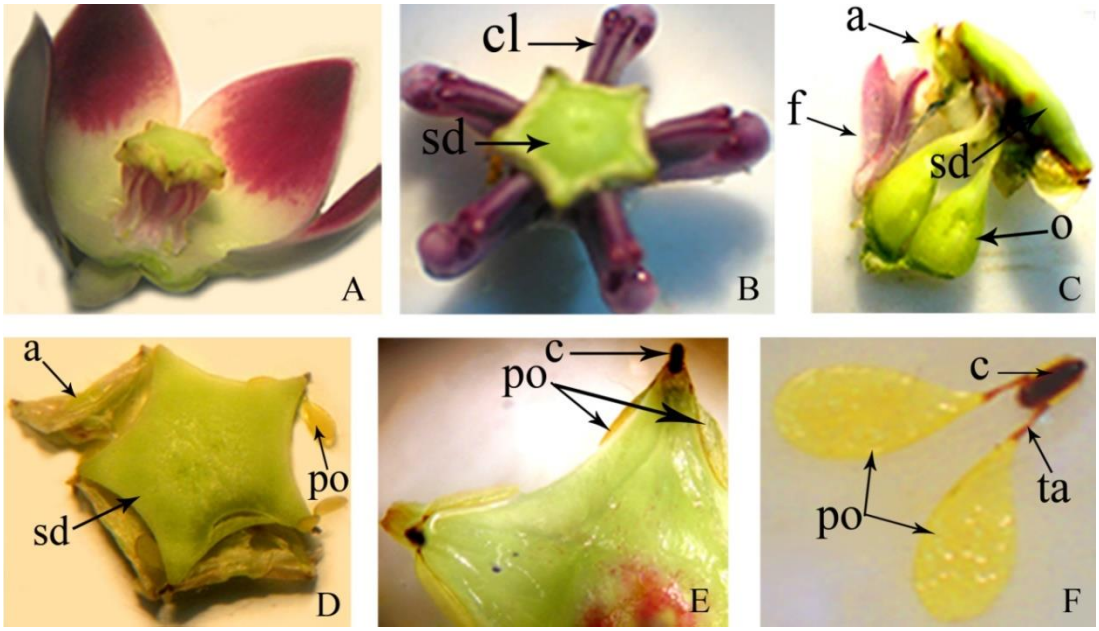
**شکل 2A-J. ساختار گل استبرق (C. procera )، در مراحل نموی مختلف، ریزش برگه‌ی پای گل و کرک های کاسبرگ ها طی نمو قابل مشاهده است.**




**شکل 3A-B. ریخت‌شناختی گل‌پوش در استبرق (C. procera)، A- C – به ترتیب سطح درونی گلبرگ (A)، سطح بیرونی کاسه و جام (B)، و سطح ساختار درونی کاسه (C). s= کاسبرگ‌ها، p= گلبرگ‌ها.**

دستگاه زایشی در گیاه استبرق ساختاری بسیار پیچیده دارد. نافه از ۵ پرچم تشکیل شده‌است که از بخش انتهایی به سر کلاله متصل شده و تشکیل ژینوستم را می‌دهد. پرچم‌ها به هم پیوسته و تشکیل لوله پرچمی را می‌دهند که تخمدان‌ها را بدون اینکه با آنها اتصال پیدا کند با معماری سازمان یافته احاطه کرده است (شکل ٤A-C). تاج از ۵ لوب متراکم، جانبی، ارغوانی رنگ، گوشتی با منشأ پرچمی تشکیل شده است (شکل ٤B). مادگی از دو برچه تشکیل می‌شود که فقط در بخش فوقانی، یعنی در ناحیه‌ی خامه و کلاله به هم می پیوندند و در ناحیه تخمدان که فوقانی است آزاد و مستقل از هم هستند (شکل ٤C).

از پیوستگی کلاله‌های دو برچه، صفحه‌ای پنج وجهی ضخیم به وجود می‌آید که بساک‌های پرچم‌ها بر آن تکیه می‌کنند (شکل ٤D). هر بساک دارای دو خانه یا دو کیسه گرده است که در هر کیسه دانه‌های گرده‌ی چسبیده به هم دیده می‌شوند و این مجموعه‌ی گرده‌ای را یک تودهک (پولینی) می‌نامند. دو پولینی (polinium) (هر یک از یک نیمه بساک) از طریق بازوی اتصال (translator arm) به گیره (clip) متصل هستند در نتیجه دو پولینی دو نیمه بساک مجاور (از پرچم های متفاوت) از طریق بازوهای خود به گیره و در نتیجه به یکدیگر متصل شده و یک رابط پل مانند را تشکیل می‌دهند که این مجموعه دستگاه پولیناریوم (pollinarium apparatus) نامیده می‌شود (شکل F – ٤D). در حد واسط تاج ها، در زیر محل دستگاه پولیناریوم، شیارهایی دیده می‌شود که میزان کمی فرورفته هستند و ریل راهنما نامیده می شوند (شکل ٤A –C).

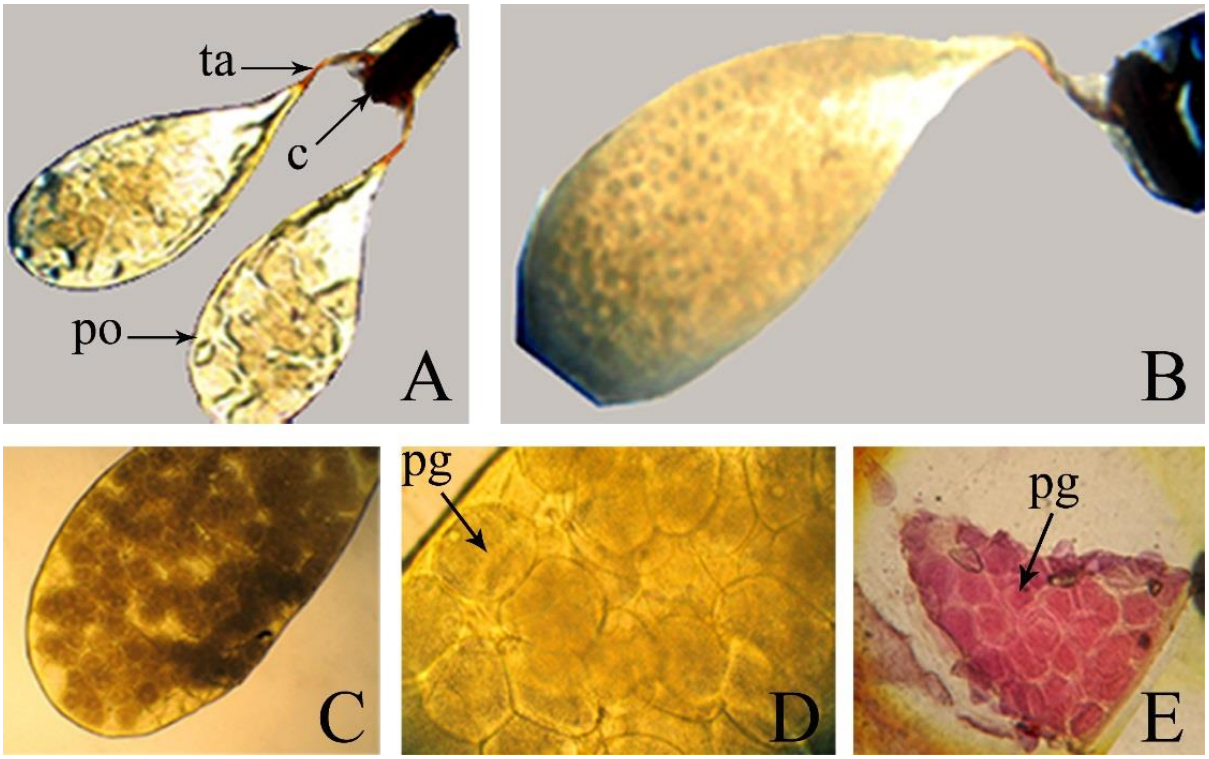



**شکل ٤A – F. ساختار گل در گیاه استبرق با میکروسکوپ تشریحی (استریو میکروسکوپ)، A– اجزای گل (تاج جدا شده است)، B– ساختار ژینوستم و تاج ۵ لوبی، C– ساختار (مجموعه) زایشی از قاعده که تخمدان‌ها (O) قابل رؤیت می باشند، D– ساختار کلاله بالغ با کیسه‌های بساک جدا شده E– ساختار بخشی از سر کلاله از سطح زبرین که نحوه‌ی اتصال پولینی ها را نشان می دهد، F– ساختار دستگاه (مجموعه) پولینی‌ها (پولیناریوم)، Sc اتاق کلاله، Cl لب تاج، F میله (لوله) پرچمی، Po پولینی، Sd دیسک کلاله‌ای، O تخمدان، C گیره، Ta بازوی انتقال دهنده.**

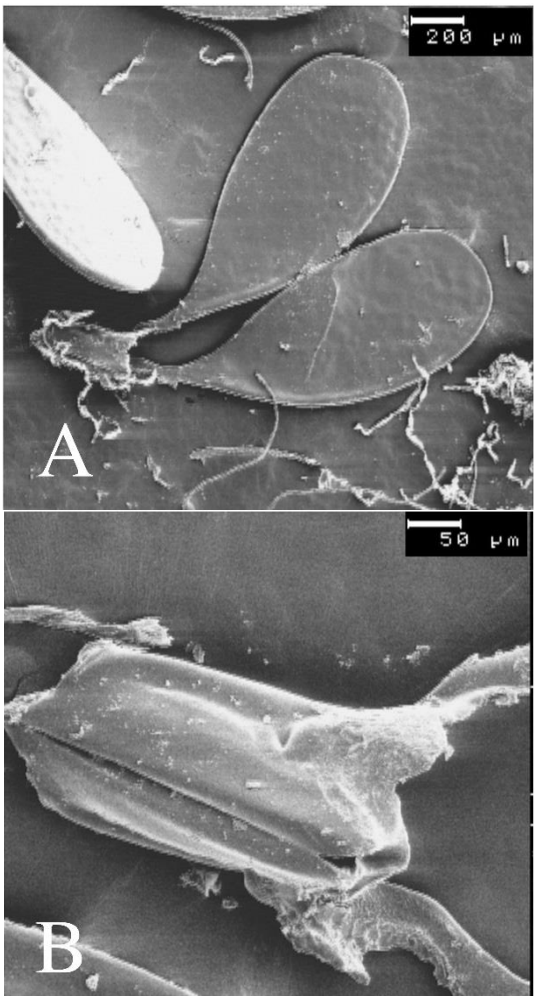
**ساختار دستگاه پولینی**

به دلیل آنکه ضخامت هر پولینی زیاد نیست مطالعه دستگاه پولینی (پولیناریوم) با میکروسکوپ نوری و بدون برش گیری امکان پذیر است. در هر کیسه بساک، دانه های گرده که شکل خاصی ندارند و به نسبت چند وجهی هستند توسط مایعی چسبناک به هم می‌چسبند و یک توده گرده‌ای (پولینی) را تشکیل می‌دهند که دو پولینی دو نیمه بساک مجاور، توسط بازوی پولینی در رأس هر شیار بال مانند توسط جسم کوچک قهوه‌ای (گیره) بهم متصل و دستگاه پولینی پولیناریوم را می‌سازند ( شکل‌های ٤D- E و ٥A- E).

هیچ ساختار سلولی در بخش گیره یا بازو دیده نمی شود. هر پولینی یک توده بال مانند (خوشه انگوری) آویخته است که قاعده آن در محل بازوی رابط باریک و رأس آن بدون هیچ ضمایم اضافی پولینی پهن و گسترش یافته است (شکلA-B ٥). مطالعه میکروسکوپ الکترونی نگاره‌ی ساختار پولینی نیز این اجزاء و این ویژگی‌های ساختاری را تأیید می‌کند اما به دلیل پوشش طلا کوبی شده سطح پولینی، دانه‌های گرده دیده نمی‌شوند (شکلA-B٦).




**شکل ٤A- E ریخت شناختی ساختار پولینی با میکروسکوپ نوری، A– ساختار مجموعه پولینی (بزرگنمایی 4x) (c: گیره ، ta: بازوی رابط، po: پولینی)، B – ساختار نیمه مجموعه پولینی (10x)، C,D– ساختار بخشی از پولینی واجد دانه‌های گرده به ترتیب10X و 40X (pg: دانه گرده)، E– ساختار برش تشریحی بخشی از پولینی رنگ آمیزی شده با هماتوکسیلین (10x).**




**شکل ٤A- B. ریخت شناختی ساختار پولینی با میکروسکوپ الکترونی نگاره، A – ساختار دستگاه پولینی،B – ساختار قاعده پولینی (پایک) و بخشی از بازوی حامل پولینی‌ها (ترانسلاتور)، مقیاس ها بزرگ نمایی را نشان می‌دهند. مقیاس‌ها بزرگنمایی را نشان می‌دهند.**

**رویش و رشد گرده در پولینی‌ها**

مطالعه رویش و رشد گرده‌ها روی محیط کشت نشان داد که در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، رویش در پولینی‌ها بالا بوده و در بیش از ۷۰ درصد پولیناریوم‌ها، پولینی‌ها قابلیت رویش و رشد دارند اما نمونه‌هایی هم وجود دارند که در آنها یکی یا هر دو پولینی دستگاه پولینی رویش نکرده است. طول رشد لوله گرده در مدت رویش و رشد پولینی‌ها به حدود ۱/٤ میلی‌متر رسید. تغییر در رویش و رشد لوله گرده بیشتر به مرحله نموی و زمان جمع‌آوری پولینی بستگی دارد. بهترین درصد رویش و رشد مربوط به پولینی‌هایی است که گل‌ها تازه باز شده باشند (شکل 5A-F). در همه نمونه‌های مطالعه شده، در هر پولینی، رویش و رشد دانه‌های گرده یکطرفه است و به سمت بیرون دستگاه پولینی است (شکل 5A-F).

## بحث

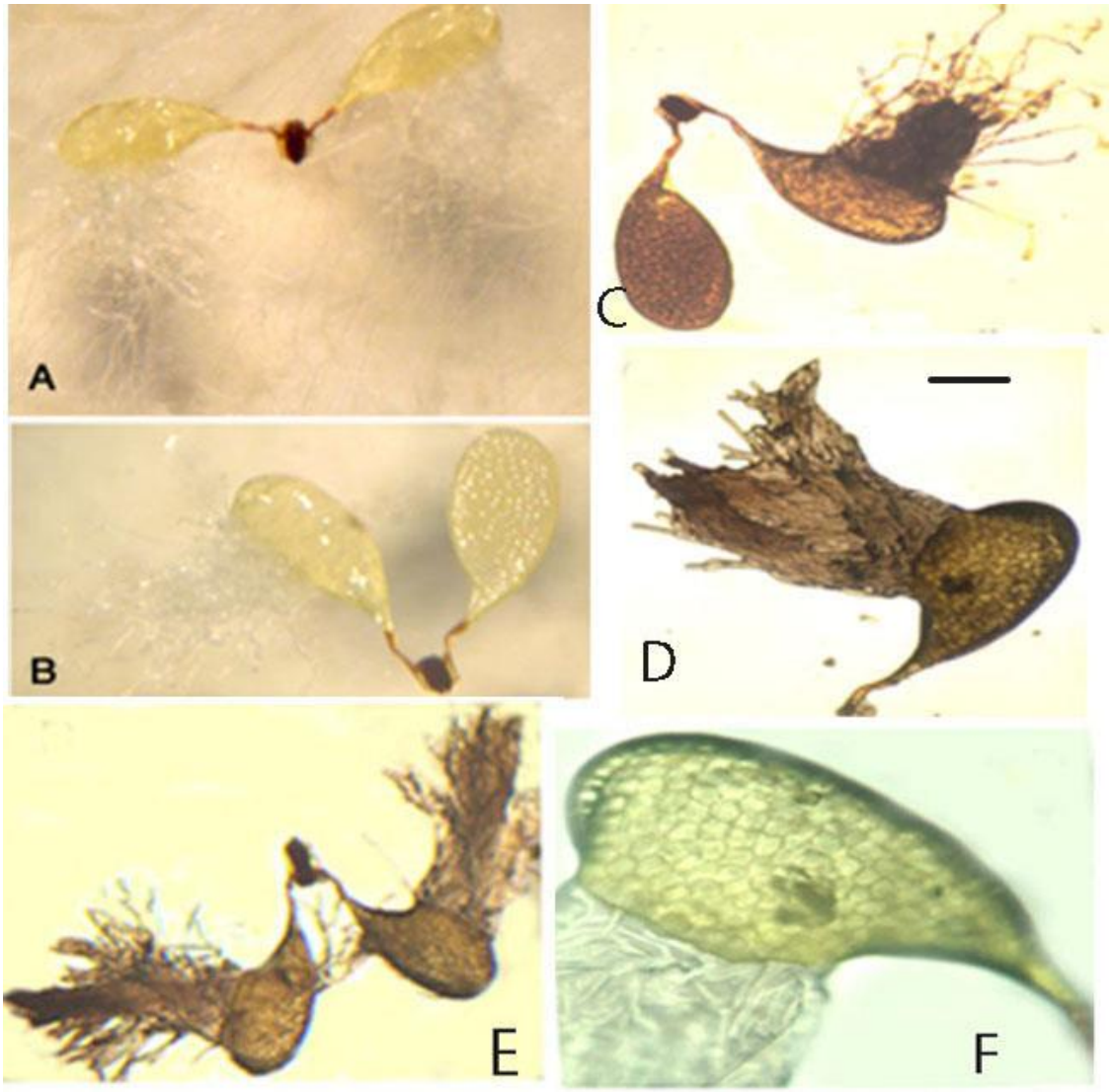
از مهم‌ترین ویژگی‌های استبرق ( *Calotropis procera*)، ساختار گل و بویژه ساختارهای زایشی آن می‌باشد که از جمله می‌توان به تشکیل ژینوستم، تاج، کلاله پنج وجهی، بساک دو حجره‌ای، پولینی و دستگاه پولیناریوم اشاره کرد.

پیچیدگی گل در اسکله‌پیادها به وسیله سه ساختار ژینوستوم، پولیناریوم (دستگاه پولینی) و تاج ایجاد می شود. این ساختارها، اندام گلی پایه‌ای نیستند بلکه اندام‌های با هم سازمان یافته (synorganized) هستند که از هم (پیوسته) سازمان یافتگی ساختارهای دیگر ایجاد شدند. این ساختارهای جدید که حاصل یک ویژگی تکاملی هستند فقط در تعداد محدودی از گیاهان وجود دارند (برای مثال تیره ارکیده و تیره خرزهره) و در گروهای دیگر نهاندانگان وجود ندارند [۸،۱۲]. برخی از این ساختارهای جدید خیلی انعطاف پذیر بوده و ممکن است تغییرات درون گونه‌ای نشان دهند [۸،۱۲].

در تاکسون های ابتدایی تیره خرزه، درجه پیوسته سازمان یابی به نسبت پایین است. پولیناریا (دستگاه پولینی)، پولینی و ژینوستم وجود ندارد. بخش انتهایی مادگی بطور معمول ترشحی نیست. تاج اولیه ممکن است بصورت لوب‌های متناوب با گلبرگ‌ها (آلترنی پتال) بوجود آمده باشد. پرچم ها به جام گل متصل و

دارای دو کیسه گرده در هر نیمه بساک هستند. گرده‌ها نیز در زیر تیره های ابتدایی تر بصورت منفرد یا تتراد هستند. اولین آثار انتقال دهنده (ترانس لیتور) در برخی جنس‌های ابتدایی زیرتیره آپوسینوئیده دیده می‌شود که فقط دارای نقش ترشحی بود اما هنوز گرده ها منفرد یا مانند *Apocynum* بصورت تتراد هستند [۱۲].

در زیرتیره‌های پیشرفته‌تر (Periplocoideae)، انتقال دهنده قاشقی شکل و دانه‌های گرده بصورت تتراد آزاد یا تترادهای فشرده در پولینی‌های نرم (بدون دیواره پولینی) در بخش مقعر قاشق مانند قرار دارند. در زیرتیره Secamonoideae و Asclepiadoideae دستگاه پولینی (پولیناریا) توسط گیره (کلیپ) به گرده افشان متصل می‌شود. در Secamonideae، دستگاه انتقالی فقط گیره را دارد و دانه‌های گرده بصورت تتراد درون پولینی‌های نرم بدون دیواره قرار دارند. در Asclepiadoideae، دستگاه انتقالی، دو بازو و دیواره




**شکل A-F 5. ساختار پولینی و گرده‌های در حال رویش و رشد با میکروسکوپ تشریحی یا استریو میکروسکوپ(A, B) و میکروسکوپ نوری (C- F). در برخی پولیناریوم‌ها، فقط یکی از دو پولینی‌ها رشد کرده است (یادآوری می‌شود دو پولینی یک پولیناریوم از دو نیمه بساک مجاور هستند)، در همه نمونه‌ها رشد یکطرفه دانه‌های گرده دیده می‌شود. مقیاس برابر ۴۰۰ میکرومتر است.**

پولینی نیز وجود دارد و از اینرو پولینی‌ها سخت هستند (استثنا *Fockea* است که دانه‌های گرده بصورت تتراد درون پولینی بدون دیواره و نرم‌قرار دارند) [۱۲]. بنابراین، پیشرفته ترین دستگاه انتقالی و نیز هم سازمان‌یابی تکاملی در این زیره دیده می‌شود که استبرق یا *Calotropis* نیز در این زیرتیره وجود دارد.

به هم پیوستگی سازمان یافته جام گل و نافه منجر به تشکیل تاج و سیستم کانال ته نشست شهد می‌شود. بهرحال، بر اساس مطالعات گونه مورد مطالعه، ارتباطی بین جام گل و پرچم ها دیده نشد و بنظر می‌رسد که تاج، لوله پرچمی احاطه کننده مادگی و ریل‌های راهنما توسط تغییرات و معماری پرچم بوجود آمده باشند. به هم پیوستگی سازمان یافته نافه و مادگی منجر به تشکیل ژینوستم و پلاناریا شده است. هم سازمان یافتگی بساک‌های (پرچم‌های) مجاور منجر به تشکیل ریل های راهنما (شکاف) برای اتصال پلاناریا به پیکره گرده افشان و نیز به دام اندازی پولینی های چسبیده به پیکره حشره به درون اتاق‌های (حفرات) کلاله ای شده است. برخلاف حالت معمول و تیپ علف بند که بساک‌ها چهار خانه هستند که هر خانه معادل کیسه گرده است در این گونه در هر نیمه بساک، فقط یک پولینی وجود دارد که معادل یک کیسه گرده می‌باشد. Endress در ۲۰۱۶ ذکر کردند که در *Asclepias* در هر نیمه بساک که یک پولینی (کیسه گرده) تشکیل می شود کیسه دیگر به حاشیه‌های بساک (anther flanks) تغییر و سازمان یافته که ریل راهنما و تاج را ایجاد می‌کنند. در گونه مورد مطالعه، احتمال می‌دهیم که ریل راهنما از تغییرات بساک و تاج از تغییرات و سازمان یابی میله پرچم‌ها ایجاد شده باشند و بساک دو خانه در تشکیل پولینی‌ها شرکت می‌کند که نیاز به مطالعات تکوینی و نموی بیشتر دارد. بر عکس زیر تیره Secamonoideae در هر نیمه بساک دارای دو کیسه گرده است و در نتیجه چهار پولینی دارد [۱۲].

تاج خاستگاه گلبرگی دارد و از اینرو روی جام در موقعیت متناوب با گلبرگ‌ها قرار دارد. بهرحال، در برخی از تاکسون‌های این تیره آپوسیناسه و تیره های دیگر گنتیانال‌ها (گنتیاناسه)، خاستگاه پرچمی دارد و یا از نظر عملکردی و ریختی در ارتباط با نافه است.

یک جنبه مهم تکامل پولینی استفاده اقتصادی گرده موجود (در دسترس) و قابلیت بخش نر ( male fitness) است که یک اصل مهم زیست‌شناسی گل است [۱۳]. تغییرات ساختاری مختلفی در جهت تکامل زیست‌شناسی گل رخ داده است که ظهور پولینی یک ویژگی مهم در این رابطه است [۱۲].

Harder و Johnson در ۲۰۰۸ عمل و تکامل گرده‌های مجتمع (Aggregated) در تیره Apocynaceae (به ویژه در Asclepiadoideae) و Orchidaceae را مطالعه و نشان دادند که کاهش (اتلاف) گرده طی گرده‌افشانی در گیاهان دارای پولینی نسبت به گیاهان دارای گرده کروی (گرانولی) پایین‌تر است [۱۲].

Tahir (۱۹۹٤) گزارش کرد که تاج به عنوان گیرنده یا نگاهدارنده شهد گل عمل می‌کند و از طریق منفذ رأسی دسترسی حشرات را به شهد گل فراهم می‌کند [۲۱]. مطالعه گونه مورد نظر نشان داد که در منفذ بخش راسی تاج شهد زیاد و بی‌رنگی وجود دارد که با شیرابه سفید قاعده پرچم متفاوت است. تشکیل تاج به طور قابل توجهی متفاوت و اغلب پیچیده است و به طور معمول از ویژگی‌های تاج در جداسازی و تشخیص جنس‌های خانواده استبرق استفاده می‌شود

[۲۱].

در تیره خرزه (Apocinaceae) اندازه گل خیلی متغیر است و بین چند میلی‌متر تا ٤٠ سانتی‌متر (*Stapelia gigantean*) نوسان دارد که این تغییرات مربوط به جام است اما ساختارهای تولید مثلی به نسبت کوچک هستند. اندام‌های گل ضخیم و سفت هستند که برای هم سازمان‌یافتگی بالا و تناسب دقیق بخش‌های گل لازم است [۹]. در گونه مورد مطالعه اندازه گل معمولی بوده (قطر حدود ٤-۳ و طول حدود ۲/۵-۱/۵) اما بطور مشابه اجزای گل بویژه گل پوش ضخیم و کرک‌دار هستند. مطالعه ساختار اجزای گل نشان داد که رنگ‌های ایجاد شده در برخی اجزای گل از جمله جام گل، تاج و تا حدودی کاسه گل به رنگ بنفش هستند که بطور معمول این رنگ‌ها در ارتفاعات، محل‌هایی که میزان پرتو فرابنفش زیاد است و نیز محل‌هایی که تنش‌های گرما و سرما بالا است تشکیل می‌شود. همچنین در مقایسه با ضخامت کاسه گل در اغلب گیاهان، در این جنس ضخامت کاسه و جام گل و میزان کرک‌ها بویژه در کاسبرگ‌ها زیاد می‌باشد. همه ویژگی‌های ذکر شده دال بر مکانیزم‌های سازشی گیاه در زیستگاه‌های گرم و خشک آن می‌باشد.

دمای مناسب جهت رویش و رشد گرده‌ها نیز ۲۸±۲ بود که در مقایسه با اغلب گیاهان دمای به‌نسبت بالایی می‌باشد اما با شرایط اکولوژیکی گیاه که در دمای بالای مناطق گرم و خشک گل و دانه تولید می‌کند مطابقت دارد. مطالعات محدودی روی رویش و رشد پولینی‌ها در دو گونه این جنس وجود دارد که بیشتر به اثر هورمون‌ها [۱۹]، اثر سیکلوهگزیمید و اکتینومایسین D [۱۵] و اثرترکیبات محیط‌کشت [۵] روی رویش و رشد گرده می‌باشد که مربوط به جمعیت‌های دیگری است که واکنش جمعیت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. بعلاوه در این مطالعه، چگونگی رشد دستگاه پولینی (پولینی‌های مربوط به دو بساک مجاور)، بررسی شد که نتایج نشان داد دو پولینی در همه شرایط واکنش یکسانی نشان نمی دهند و ممکن فقط یکی از دو پولینی دستگاه پولیناریا رویش و رشد داشته باشد در صورتی که دیگری هیچ رشدی نشان ندهد و ممکن است میزان رشد نیز در دو پولینی یکسان نباشد. بهرحال، نتایج نشان داد بشرطی که زمان جمع‌آوری پولینی‌ها مناسب باشد میزان رویش و رشد بالا است و پولینی‌ها حتی روی محیط پایه نیز رویش و رشد بالایی نشان می‌دهند.

## منابع


[۱] ضعیفی، م. (۱۳۷۸). فلـور ایـران، جلـد ۲۸، تیـره اسـتبرق (Asclepiadaceae)، مؤسسـه تحقیقـات جنگل‌ها و مراتع. تهران.

[۲] قرآن کریم، سوره‌های کهف (آیـه‌ی ۳۱ )، دخـان (آیه‌ی ۵۳)، الـرحمن (آیـه‌ی ٥٤)، انسـان (آیـه‌ی ۲۱).

[۳] قهرمان، ا. (۱۳۷۳). کورموفیت‌های ایران. جلد ۳، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

[4] Bhatnagar S. 1975. Floral polymorphism in sympatric populations of Calotropis procera (Ait.) R.Br. Acta Botanica Indica 3: 43–46.

[5] Bin Z., Tang D., Zhou R. 2016. Study on pollen germination and pollen tube growth of Calotropis gigantea, Chinese Journal of Tropical Agriculture, 5: 32-37.

[6] Ebadi, A., Rezaei, M., Fatahi, R., 2010. Mechanism of seedlessness in Iranian seedless barberry (Berberis vulgaris L. var. asperma). Sci. Hortic. 125, 486–493.

[7] El-Bakry, A.A., Hammad, I.A. & Rafat, F.A. 2014. Polymorphism in Calotropis procera: preliminary genetic variation in plants from different phytogeographical regions of Egypt.Rend. Fis. Acc. Lincei, 25: 471- 477.
[8] Endress, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
[9] Endress M.E. 2004. Apocynaceae: Brown and now. Telopea 10: 525–541.
[10] Endress P.K. 2006. Angiosperm floral evolution: morphological developmental ramework. Advances in Botanical Research 44: 1–61.
[11] Endress ME, Liede-Schumann S, Meve U. 2014. An updated classification for Apocynaceae. Phytotaxa 159: 175–194. Endress ME. 2004. Apocynaceae: Brown and now. Telopea 10: 525–541.
[12] Endress, P.K. 2016. Development and evolution of extreme synorganization in angiosperm flowers and diversity: a comparison of Apocynaceae and Orchidaceae. Ann. Bot. 117: 749–767.
[13] Harder L.D., Johnson S.D. 2008. Function and evolution of aggregated pollen in angiosperms. International Journal of Plant Sciences 169: 59–78.
[14] Jayaprakash P., Sarla N. 2001. Development of an improved medium for germination of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. pollen in vitro. Journal Experimental of Botany, 52, 851-855.
[15] Malik CP and Singh MB. 1977. Dehydrogenases and isocitrate lyase activity during pollen germination in *Calotropis procera*, 86 (6): 371–374.
[16] Pandey, P. K., Verma, Y., Choubey, S., Pendey, M. and Chandrasekhar, K. 2008. Biosorptive removal of cadmium from contaminated groundwater and industrial effluents. Bioresource Technology 99. 4420-4427.
[17] Parsons, W. T. and Cuthbertson E. G. 2001. *Noxious weeds of Australia* (2 ed.). CSIRO Publishing. Ausrtalia.
[18] Qureshi, A. A., Prakash, T., Patil, T ., Swamy, A. H. M., Gouda, A. V., Prabhu, K. and Setty, S. R. 2007. Hepatoprotective and antioxidant activities of flowers of *Calotropis procera* (Ait) R. Br. in CCL4 induced hepatic damage. Indian Journal of Experimental Biology 45: 304-310.
[19] Shukla SN, Tewari MN. 1973b. Interaction of growth regulators in pollen tube elongation of *Calotropis procera*. Ind J Exp Biol 11:591–592.
[20] Sobrinho, M. S., Tabatinga, G. M., Machado, I. C., and Lopes, A. V. 2013. Reproductive phenological pattern of *Calotropis procera* (Apocynaceae), an invasive species in Brazil: annual in native areas; continuous in invaded areas of caatinga. *Acta Botanica Brasílica* **27**, 456–459.
[21] Tahir, A. 1994. pollination ecology of some asclepiads (Asclepaidaceae) from Pakistan. PhD Thesis, University of Karachi, Karachi, Pakistan.
[22] Tao, L. P., Gilbert, M. G. and Stevens, W. D. 1995. Asclepiadaceae. Flora of China 16: 189–27.