

Morphological study of ovary, fruit, seed and seed hairs (fibers) in *Calotropis procera*

Fatemeh Nejad-Alimoradi^{1*}, Rezanejad, Farkhondeh²

¹ Department of Biology, Payamnoor University, Tehran, Iran

² Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Abstract

Calotropis procera (Aiton) is a highly tolerant shrub to drought and salt stresses with remarkable distribution ability in dry and hot areas of southern of Kerman province, Iran. Due to its pharmacogenetic features, this shrub is used in traditional medicine for the treatment of various diseases. In addition, due to its importance in phytoremediation, this species is a useful bio-indicator for monitoring pollution in urban and suburban areas. In this research, the structure of ovary and fruit, structure and ultrastructure of seed and its hairs (fibers) were studied with stereo, light and scanning electron microscopy (SEM). The results showed that the gynoecium has two free and superior ovaries with numerous anatropous ovules and marginal placentation. The fruits are oval shaped follicles, which their pericarp become swollen during maturity and split and invert to release hundreds of flat and brown seeds. The seeds have a tuft of silky white hairs at one end. These white fibers attached to the seeds serve to wind dispersal. The seed coat has reticulated ornamentation at early developmental stages and then during maturation, the leaf-like ornamentations differentiate among which the small prominent structures are developed.

Keywords: *Calotropis procera*, follicle, seed ornamentation, silky hair

* Corresponding Author: alimoradih60@yahoo.com

مطالعه ریخت‌شناختی تخمدان، میوه، دانه و تارهای دانه در استبرق (*Calotropis procera*)

فاطمه نژادعلیمرادی^{۱*}، فرخنده رضا نژاد^۲

^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۲ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

چکیده

استبرق (*Calotropis procera*) گیاهی بسیار مقاوم به تنش‌های خشکی و شوری با قابلیت رشد و پراکنش قابل توجه در مناطق گرم و خشک نواحی جنوب استان کرمان است. به دلیل اینکه گیاه دارای ترکیبات دارویی مختلف می‌باشد، در درمان بیماریهایی متعدد در طب سنتی نقش دارد. همچنین به دلیل اهمیت آن در فرآیند گیاه‌پالایی، این گیاه یک شاخص زیستی مفید برای کنترل آلودگی در مناطق شهری و حومه است. در این پژوهش ساختار تخمدان و میوه و ساختار و فراساختار دانه و تارهای آن با استفاده از استریو میکروسکوپ، نوری و الکترونی (نگاره) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که مادگی آن دو برچه‌ای با بخش قاعده‌ای آزاد و انتهایی به هم پیوسته است که دارای تخمک‌های واژگون فراوان با تمکن حاشیه‌ای می‌باشد. میوه تخم‌مرغی شکل و از نوع برگه (فولیکول) می‌باشد که طی بلوغ متورم شده و ضمن شکوفایی، فرابر آن بصورت برگشته (برعکس) در می‌آید تا صدها دانه‌ی پهن و قهوه‌ای رنگ را آزاد کند. دانه‌ها دارای یک دسته تارهای سفید ابریشمی در یک انتها هستند. این فیبرهای سفید که به دانه‌ها وصل شده‌اند به پراکندگی دانه توسط باد کمک می‌کنند. تزئینات سطح دانه در مراحل نموی مختلف متفاوت بوده و در ابتدا به صورت تزئینات شبکه‌ای بوده و در پایان بلوغ به تزئینات برگ‌مانند سازمان می‌یابند که در لابه‌لای آنها ساختارهای ریز برجسته‌ای وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: استبرق، برگه، تار ابریشمی، تزئینات دانه

* نگارندهٔ مسئول: نشانی پست الکترونیک: alimoradih60@yahoo.com، شمارهٔ تماس: ۰۹۱۳۲۴۹۸۸۹۰

مقدمه

استبرق (*Calotropis procera*) که در تیره خرزهره یا Apocynaceae و زیر تیره Asclepiadoideae قرار دارد، درختچه‌ای چندساله و همیشه سبز، با چوب نرم و خشکی‌زی است که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری آسیا و آفریقا پراکنش دارد (Endress and Bruyns, 2000). این گیاه به‌علت تولید شیرابه زیاد، معمولاً به‌عنوان علف‌هرز شیری شناخته می‌شود. تمام بخش‌های گیاه، از جمله ریشه، ساقه، برگ و گل‌های استبرق در سیستم طب سنتی استفاده می‌شوند (Verma, 2016; Molahinejad, et al., 2019). گزارش شده است که بخش‌های مختلف گیاه دارای ترکیبات فیتوشیمیایی متنوعی مانند کالوتروپین، کالوتروپازین، کالوتوکسین، استروئیدها، دی و تری‌تریپنوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات پلی‌فنلی، آنتوسیانین‌ها، فلاونولها، مادارین‌ها و رزین‌ها هستند. همچنین در گزارش‌های جدید، خواص هیدروکربن‌ها و پروتئین‌های آن مطالعه شده است (Oloumi, 2014; Parihar and Balekar, 2016; Nadeem et al., 2019). از جمله خواص دارویی گیاه می‌توان به فعالیت ضد میکروبی، کرم‌کشی، ضدالتهاب، ضدافزایش بیلی‌روبین، ترمیم زخم، ضد دیابت، ضد سرطان و آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد (Mali et al., 2019).

در ایران دارای دو گونه *C. procera* و *C. gigantea* است که *C. procera* در تمام نواحی و سواحل جنوب از جمله خوزستان، اندیمشک، بین شوش و دهلران، دزفول، فارس، حدفاصل بین برازجان و دالکی و همچنین بین بوشهر و کازرون،

جنوب کرمان، در نزدیکی خلیج فارس و بندرعباس، چاه‌بهار، ایرانشهر و نیکشهر یافت می‌شود (Mozaffarian, 1991; Zaeifi, 2001). اما *C. gigantea* در بلوچستان می‌روید (قهرمان ۱۳۷۳). *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 (Parsons and Cuthbertson, 2001). این گیاه در زبان عربی دیباج نامیده می‌شود. به‌هم‌پیوستگی سازمان‌یافته (synorganization) گل در این زیرتیره به حد نهایی در نهادانگان رسیده است. پیچیدگی گل در اسکله‌پیاده‌ها به‌وسیله سه ساختار ژینوستوم، پولیناریوم (دستگاه پولینی) و تاج ایجاد می‌شود. این ساختارهای جدید که حاصل ویژگی تکاملی هستند فقط در تعداد محدودی از گیاهان وجود دارند (برای مثال تیره ارکیدها و تیره خرزهره) و در گروه‌های دیگر نهادانگان وجود ندارند (Endress, 2016; Nejadalimoradi and Rezanejad, 2018). برخی از این ساختارهای جدید خیلی انعطاف‌پذیر هستند و ممکن است تغییرات درون‌گونه‌ای نشان دهند (Endress, 2016). گل‌ها واقع در گرزن شبه‌چتر محوری یا انتهایی هستند که کاسه و جام گل دارای پنج لوب است (Tao et al., 1995). میوه استبرق از نوع برگه یا فولیکول است که در هنگام شکوفایی، دانه‌های زیادی رها می‌کند. دانه‌ها دارای یک دسته تارهای سفید ابریشمی در یک انتها هستند که تک‌سلولی و طولی حدود ۲/۵

در قرآن کریم نیز در سوره‌های کهف، دخان، الرحمن و انسان یاد شده است که لباس بهشتیان از دیبای ابریشمی ستبر (استبرق) بافته شده است (قرآن کریم). از جمله کاربردهای مهم استبرق استفاده احتمالی آن در گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده و استفاده از زیست‌توده به‌عنوان منبع انرژی تجدید پذیر است. پتانسیل گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده در برخی جنس‌های این تیره از جمله پرپوش (*Catharanthus roseus*) نیز گزارش شده است (Askary Mehrabadi, et al., 2014). تجمع بیشتر سرب و کادمیم در برگ‌های استبرق نسبت به ریشه‌ها گزارش شده است. به‌علاوه، این گیاه پتانسیل آلودگی قوی دارد و ممکن است گزینه مناسبی برای کنترل زیستی علف‌های هرز و حشرات باشد (Hassan et al., 2015). با توجه به کاربردهای یاد شده و نیز مقاومت بالای ساختار رویشی، گل و میوه استبرق در برابر افزایش دما و خشکی مطالعه ساختار زایشی و نمو آن در خوروتوجه است. گیاه استبرق در مناطق جنوبی استان کرمان که در فصول گرم، گیاهانی اندکی را به‌صورت سبز و پایا می‌توان دید، در تمام طول سال در حال گلدهی و میوه‌دهی است. همچنین، با توجه به اینکه، ویژگی‌های تشریحی گیاهان در مقایسه با ویژگی‌های ریختی کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند یا به‌عبارتی بیشتر ثابت هستند، مطالعات تشریحی و نموی گل، میوه و دانه علاوه بر اینکه در تهیه اطلس گیاهان منطقه مفید است، به شناسایی شباهت‌ها و تفاوت‌های شاخص گیاهان تیره خرزهره و به‌ویژه زیر تیره Asclepiadoideae که دارای سازمان‌یافتگی‌های ویژه و منحصر به فرد گل هستند، کمک می‌کند.

تا ۴/۵ سانتی‌متر دارند. این فیبرهای سفید که به دانه‌ها وصل شده‌اند، به‌عنوان سازشی برای پراکنندگی باد استفاده می‌شوند (Ibrahim et al., 2016). ویژگی‌های ریخت‌شناختی ساختارهای مختلف دانه، طیف گسترده‌ای از صفات را فراهم می‌کند که می‌توانند نقش مهمی در شناسایی گونه‌ها داشته باشند و به‌طور سنتی برای حل مشکلات سیستماتیک و تبارشناختی استفاده می‌شود. داده‌های میکرومورفولوژی و فراساختاری اطلاعات مفیدی برای تکامل و طبقه‌بندی گیاهان دانه‌دار در اختیار قرار می‌دهد و نقش مهمی در سیستم‌های مصنوعی نوین نهان‌انگاز دارند (Gabr, 2014). به‌جز پژوهش‌های بسیار کمی که در مصر درباره سطح پوشش بذری برخی گونه‌های زیر تیره استبرق انجام شده است (Heneidak and Hassan, 2005; Gabr, 2014)، هیچ مطالعه اختصاصی دیگری روی ساختار میوه، دانه و تارهای دانه *C. procera* که پراکنش وسیعی در مناطق جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های کرمان و هرمزگان دارد و نقش مهمی در تثبیت خاک ایفا می‌کند، انجام نشده است. استبرق پتانسیل این را دارد که از آن به‌عنوان منبع فیبر استفاده شود. دو نوع فیبر لیفی و ابریشمی از استبرق به دست آمده است. فیبرهای لیفی زمانی که با پنبه مخلوط شوند (نسبت ۱:۱) نخی با کیفیت خوب تولید می‌شود، درحالی‌که از تار ابریشمی برای تهیه الیاف محکم استفاده می‌شود (Ibrahim et al., 2016). از تارها و پوشش ابریشمی دانه‌های *C. procera*، در بافت پارچه استبرق، به‌ویژه پرده‌ی کعبه در گذشته استفاده می‌کردند (قهرمان، ۱۳۷۳).

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

بررسی ساختار میوه و دانه

نمونه‌های گیاهی استبرق شامل میوه و دانه در مراحل مختلف نموی و به‌ویژه میوه‌های بالغ در فاصله زمانی مردادماه تا مهرماه (مرحله میوه بالغ) از سه ایستگاه مختلف در فاصله جیرفت تا کهنوج جمع‌آوری شدند. در آزمایشگاه بیشتر بررسی‌ها (بررسی اجزای مادگی، میوه، دانه و تارهای دانه) با میکروسکوپ تشریحی (استریومیکروسکوپ مدل TL2، شرکت Olympus، آلمان) و نوری (مدل BH2، شرکت Olympus، آلمان) انجام شد. همچنین، از میکروسکوپ الکترونی نگاره برای بررسی ساختار دانه و تارهای دانه نیز استفاده شد.

آماده‌سازی دانه‌ها و تارهای دانه برای بررسی میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM)

برای بررسی دانه‌های بالغ و خشک با میکروسکوپ الکترونی نگاره، ابتدا نوعی نوارچسب مخصوص که دارای سطحی زبر است، روی پایه‌های آلومینیومی چسبانده و دانه‌های مورد آزمایش روی آن پخش شد. سپس، پایه‌های آلومینیومی واجد دانه توسط واحد پوشش‌دهنده طلا (sputter coating unit) پوشش‌دهی و با میکروسکوپ الکترونی (SEM (JSM- 6330 F)) متصل به کامپیوتر مطالعه و عکس‌برداری شدند (Rezanejad and Majd, 2012).

نتایج

ریخت‌شناسی ساختارهای رویشی و زایشی استبرق

استبرق گیاهی درختچه‌ای، پایا، همیشه‌سبز با ساقه افراشته و شیرابه‌ای سفیدرنگ است که به‌علت وجود لوله‌های شیرابه‌ای متعدد چوب آن سست، سبک و شکننده است و اغلب هنگام خشک شدن

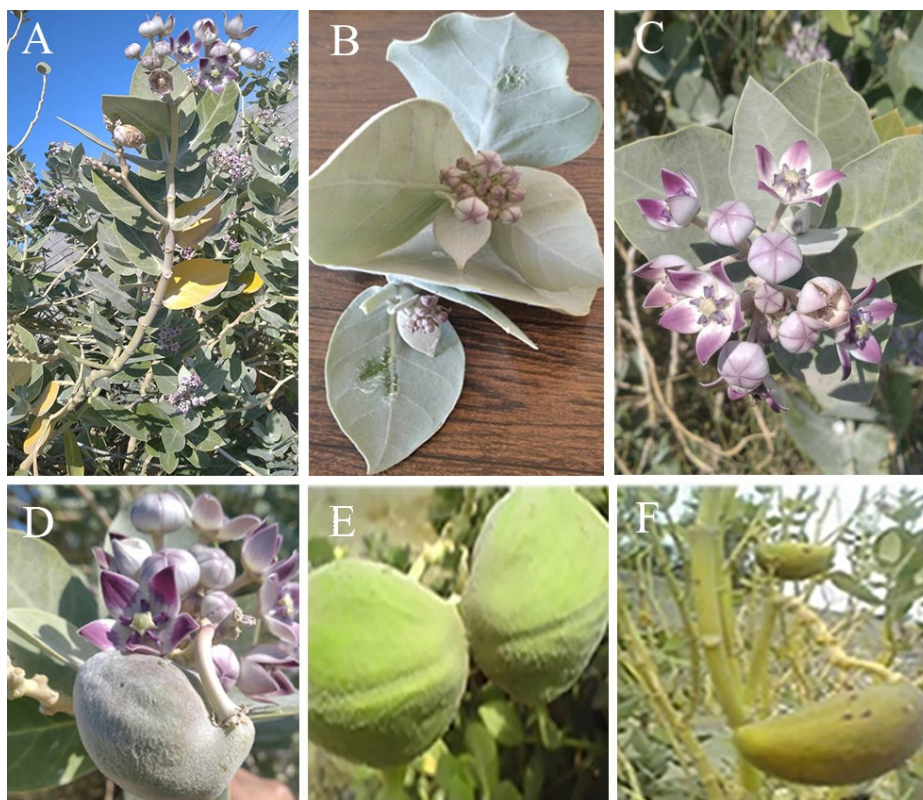
توخالی و سبک به نظر می‌رسد (هنگام سوختن چوب، دود از طرفین لوله‌ها خارج می‌شود). شاخه‌ها و برگ‌ها پوشیده از کرک‌های نمدی سفید رنگ است (شکل ۱A-F) که به علت سازش با شرایط گرم و خشک منطقه است. گیاه به‌صورت خودرو در نواحی گرمسیری و معتدل گرم جیرفت و کهنوج پراکنش به نسبت وسیعی دارد. برگ‌ها متقابل، فاقد دم‌برگ، گوشتی، ضخیم و اندکی چرمی‌شکل هستند که نقش حفاظتی و سازشی آنها را نشان می‌دهد (شکل ۱B-D).

گیاه در تمام طول سال گل می‌دهد. زمان اوج گل‌دهی از نیمه اردیبهشت‌ماه تا نیمه خردادماه است، درحالی‌که بیشینه زمان میوه‌دهی از مرداد تا مهرماه است. گل‌ها به‌صورت گل‌آذین ظاهر می‌شوند و به‌طور معمول روی شاخه‌های انتهایی و برخی مواقع روی شاخه‌های کناری قرار دارند (شکل ۱A-D). گاهی اوقات روی یک گیاه همه‌ی مراحل یعنی غنچه‌ی گل، گل شکوفا، گل بالغ، میوه جوان و میوه بالغ دیده می‌شود (شکل ۱D, E). در هر گل‌آذین به‌طور معمول یک گل بارور به مراحل پایانی نمو می‌رسد که یک یا دو میوه را تولید می‌نماید (شکل ۱E, F).

ساختار گل‌آذین پیچیده است و ظاهر خوشه‌گرن یا چترگرن را نشان می‌دهد. گل‌ها روی محور گل‌دهنده یا گل‌آذین در مراحل مختلف نمو دیده می‌شوند و میوه بالغ و غنچه‌های گل با هم روی محور گل‌دهنده دیده می‌شوند (شکل ۱D). همان‌طور که در شکل ۱ و به‌ویژه شکل ۱D دیده می‌شود گل انتهایی نخستین گلی است که باز می‌شود و حتی در این شکل به میوه تبدیل شده

دمگل‌ها مقداری بیشتر شده و ظاهر خوشه ایجاد می‌کنند. در نتیجه در هر گل آذین، گل‌ها را در مراحل مختلف نموی می‌توان دید (شکل ۱A-D).

است، بنابراین نظم کلی گرز را نشان می‌دهد. از طرفی گل‌ها دارای دمگل و به‌طور تقریبی در یک سطح جمع شده‌اند که ظاهر چترمانند را نشان می‌دهند. به‌هرحال، طی رشد و نمو فاصله بین



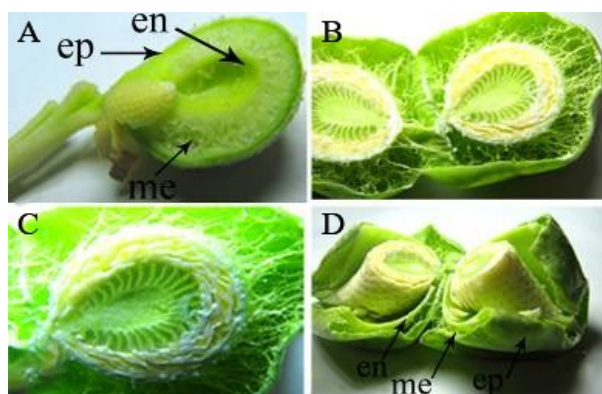
شکل ۱- ریخت‌شناسی ساختارهای رویشی و زایشی استبرق (*C. procera*) در مراحل نموی مختلف؛ A-D: گیاه با گل آذین‌های انتهایی و جانبی در مراحل مختلف گل‌دهی و نیز تشکیل میوه، D: تشکیل میوه منفرد در محل گل آذین نیز دیده می‌شود، E و F: نمو یک یا دو میوه در مراحل نموی مختلف در محل گل آذین.

ساختار تخمدان

روی این تیغه قرار دارند و این مجموعه حجم عمده‌ای از تخمدان را تشکیل می‌دهد (شکل ۲B و C). هر تخمک دارای یک بند چند سلولی رشدیافته و تخمک واژگون است که محل اتصال آن با جسم تخمک و جدار تخمدان به ترتیب جفت و ناف نامیده می‌شود (شکل ۲D). همچنین، بررسی ساختار تخمدان پس از انجام لقاح و طی بلوغ آن با استفاده از برش‌های دستی و استریومیکروسکوپ

مادگی دو برچه‌ای است که هر برچه دارای کلالة سرمانند و خامه به نسبت کوتاه و تخمدان رشد یافته است (شکل ۲A). بخش قاعده‌ای برچه‌ها اتصال از نوع ثانوی یا postgenital دارد. تخمدان دارای تمکن جداري یا حاشیه‌ای است به‌طوری‌که در محل اتصال دو لبه برچه، تیغه رشدیافته‌ای ایجاد می‌شود و تخمک‌های واژگون به تعداد بسیار زیاد

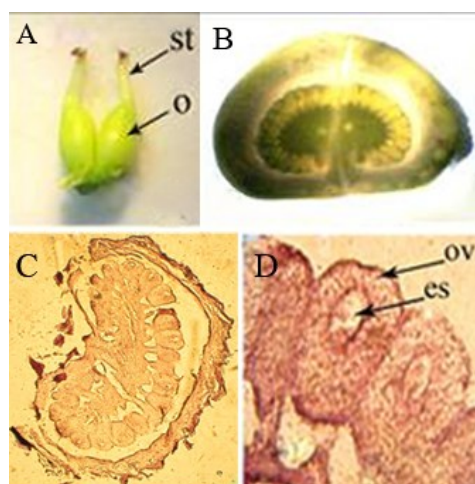
می‌یابد و طی نمو به میوه، فیبرهای میان‌بر آن گسترش یافته و قابل رؤیت می‌شود و سرانجام کل فرابر به صورت یک لایه به نسبت نازک غشایی در می‌آید که میوه برگه را تشکیل می‌دهد (شکل B-۳D).



شکل ۳- ساختار تخمدان (میوه) در استبرق (*C. procera*)؛ A: برش طولی میوه جوان با میان‌بر گوشتی، آبدار و تا حدودی اسفنجی، محور واجد تخمک‌ها برای رؤیت حفره درون تخمدان (میوه در حال نمو) عقب کشیده شده است، B-D: برش عرضی میوه نابالغ (B) و بالغ (C) و برش فرابر، رشد و ارتباط آن با تخمک‌ها (دانه‌های در حال نمو) توجه شود، ep: برون‌بر، me: میان‌بر، en: درون‌بر.

میوه‌های برگه می‌افتد و در مراحل بلوغ یک میوه باقی می‌ماند (شکل ۵B-E). فرابر میوه به علت وجود کرک‌های روی سطح آن به رنگ سبز-خاکستری دیده می‌شود که در اغلب موارد کاسه گل پایا و تا مراحل پایانی نمو میوه در قاعده آن باقی می‌ماند (شکل ۵F). برگه‌ها تخم‌مرغی‌شکل، نیمه‌کروی یا کشیده و نوک‌تیز هستند (شکل A-۵J). شکوفایی میوه برگه همان‌طور که در شکل ۵G

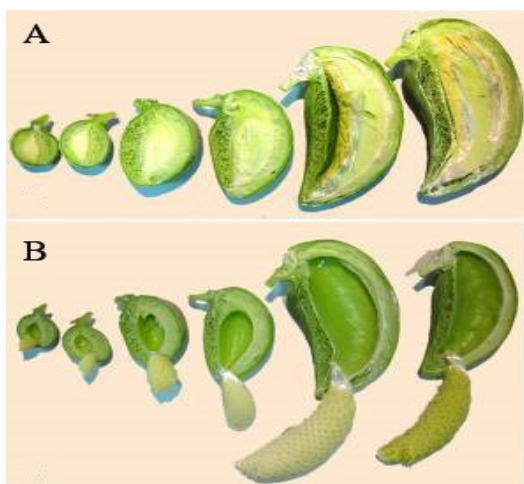
نشان می‌دهد که در تخمدان جوان، فرابر رشد یافته و حجم عمده تخمدان را تشکیل می‌دهد به طوری که در بافت گوشتی آن رشته‌های فیبری (حالت اسفنج‌مانند) به طور آشکار دیده نمی‌شوند (شکل ۳A). با افزایش بلوغ و رشد و گسترش تخمک‌ها، میزان گوشتی شدن تخمدان کاهش



شکل ۴- ریخت‌شناسی ساختار برچه و تخمدان در استبرق (*C. procera*) با استفاده از استریومیکروسکوپ (A) و میکروسکوپ نوری (B-D)؛ A- نمای بیرونی برچه، B- برش عرضی (دستی) تخمدان، ۴x؛ C-D: برش عرضی (میکروتومی) تخمدان با تخمک‌های واژگون به ترتیب 10x و 40x؛ o: تخمدان، st: خامه، Ov: تخمک، es: کیسه جنینی.

ریخت‌شناسی ساختار میوه در مراحل نموی مختلف هر برچه، میوه برگه را تولید می‌کند که فرابر در میوه‌های جوان، گوشتی، حجیم و دارای ساختارهای فیبری کمی است. طی نمو میوه، تیغه‌ی حامل دانه‌ها رشد یافته و باوجود افزایش اندازه‌ی میوه، فرابر فیبری و کاهش یافته می‌شود (شکل‌های B و ۴A و ۵G-J). به واسطه‌ی دو برچه‌ای بودن گل، برگه‌ها به طور معمول در ابتدا به صورت جفت ظاهر می‌شوند (شکل ۵A)، اما طی نمو اغلب یکی از

دانه بالغ، دارای پوش سخت و چوبی است و رویان آن از نوع بدون آلبومن (لپهای) است و حجم عمده‌ی رویان را لپه‌ها تشکیل می‌دهند (۹A-D). همچنین، رویان دارای مریستم ریشه‌ای (ریشه‌چه)، محور زیرلپه (هیپوکوتیل) و مریستم ساقه نیز است. محور زیرلپه رشد درخور توجیهی دارد و در انتهای آن مریستم ریشه‌ای قرار دارد. طی رویش و با جذب آب، پوست دانه شکافته شده و ریشه‌چه از محل سفت خارج می‌شود (۹E-F). لپه‌ها ضمن رویش از خاک خارج می‌شوند، بنابراین گیاه رشد روی زمینی (اپی‌ژین) دارد (۹F).



شکل ۴- ساختار میوه و دانه‌ها در استبرق (*C. procera*) طی مراحل نموی در نمای طولی؛ A: اتصال تیغه به طرفین میوه قابل مشاهده است، B: تیغه حامل دانه‌ها بیرون آورده شده است.

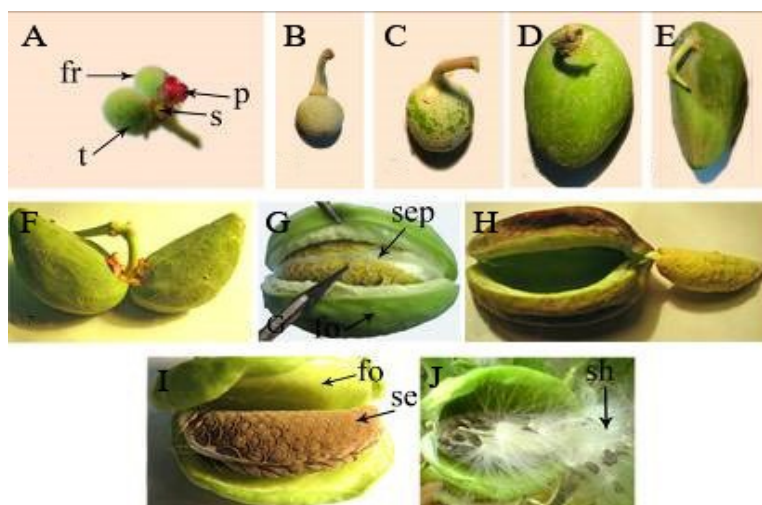
بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی نگاره در مراحل مختلف نشان داد که در دانه‌های جوان تارها به دانه متصل هستند و ضمن پوشش‌دهی با طلا از دانه جدا نمی‌شوند و تارها تا حدودی به هم متصل هستند (شکل ۱۰A-D). در بخش مرکزی پوشش دانه برجستگی‌هایی قابل رؤیت است. تزئینات سطح

نشان داده شده است از محل اتصال دو لبه‌ی برچه با هم یا محل اتصال دو لبه‌ی برچه با تیغه‌ی حامل دانه‌ها صورت می‌گیرد. هنگامی که برگه باز می‌شود، تیغه تنها از دو انتهای برگه به آن اتصال دارد (شکل ۵I) و در مراحل پایانی نمو میوه و انتشار دانه‌ها به شکل یک تیغه چوبی شکل به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ که از دو انتها به برگه اتصال دارد، بر روی گیاه دیده می‌شود (شکل ۶A-C). سطح تیغه دارای فرورفتگی‌هایی است که دانه‌ها در این فرورفتگی‌ها قرار می‌گیرند (شکل ۶C).

ساختار و نمو دانه و تارهای دانه

همان‌طور که در شکل ۷ و ۸ نشان داده شده است، هنگامی که میوه برگه باز می‌شود تیغه‌ی حامل دانه‌ها فقط از دو انتهای برگه به آن اتصال دارد (شکل‌های ۷A و ۸A). تعداد تخمک‌های تبدیل شده به دانه زیاد است و دانه‌ها با یکدیگر هم‌پوشانی دارند (شکل‌های ۷A, B, C-۸A). محور وسطی میوه، شیارها و برجستگی‌هایی دارد و تارهایی که از دانه خارج می‌شوند در دو شیار مجاور هم قرار می‌گیرند (شکل ۷G). دانه‌ها حاوی یک دسته تار ابریشمی ظریف و به رنگ سفید در یک انتها هستند که در هر دسته، تارها به صورت دو بخشی و با طول متفاوت هستند (شکل ۷D-E). دانه‌ها پهن، بیضی شکل و اندکی پرزدار هستند که در بخش میانی، محلی که رویان قرار دارد متورم و محدب و در اطراف نازک و حالت بال مانند دارد (شکل‌های ۷D, ۸C, ۹E). طی نمو، پوش (پوست) دانه‌ها از سفید به زرد (شیری‌رنگ) و سرانجام به قهوه‌ای تغییر می‌کند، اما رنگ تارها ثابت و سفیدرنگ است (شکل‌های ۷, ۸ و ۹).

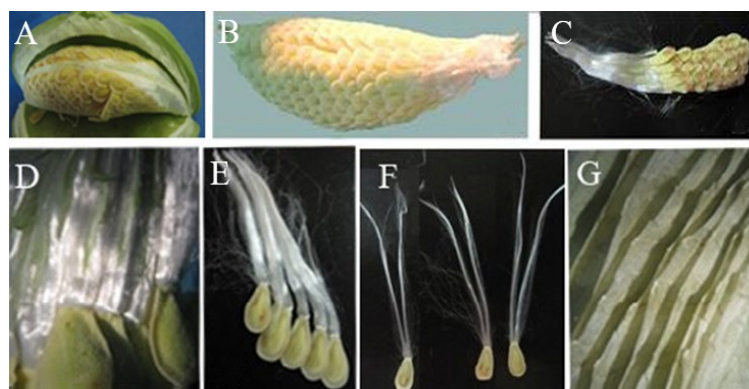
دانه به صورت شبکه‌ای، فرورفته و تا حدودی نامنظم هستند. (۱۰B).



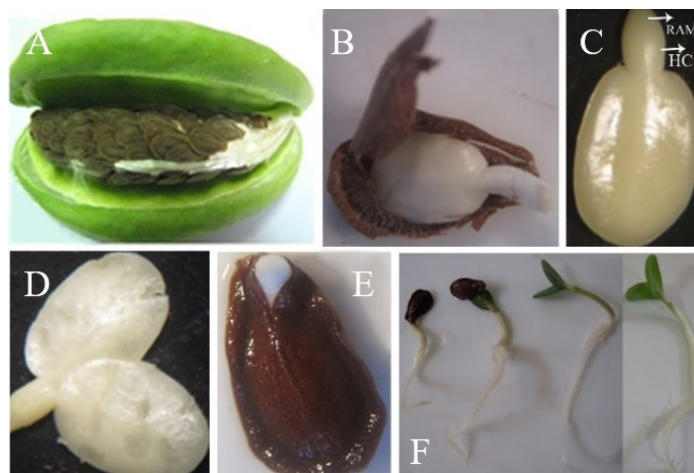
شکل ۵- ریخت‌شناسی ساختار میوه در استبرق (*C. procera*) در مراحل نمودی مختلف؛ A: میوه دوتایی جوان، B-E: ساختار میوه منفرد جوان و بالغ، F: میوه برگه دوتایی بالغ همراه با بقایای کاسبرگی، G: محل شکوفایی برگه، H: میوه برگه‌ای که تیغه واجد دانه آن بیرون آورده شده است، I، J: میوه شکوفا، fo: برگه؛ fr: میوه؛ p: بقایای گلبرگ؛ s: کاسبرگ پایا؛ se: دانه؛ sep: تیغه واجد دانه‌ها؛ sh: تار ابریشمی؛ t: کرک.



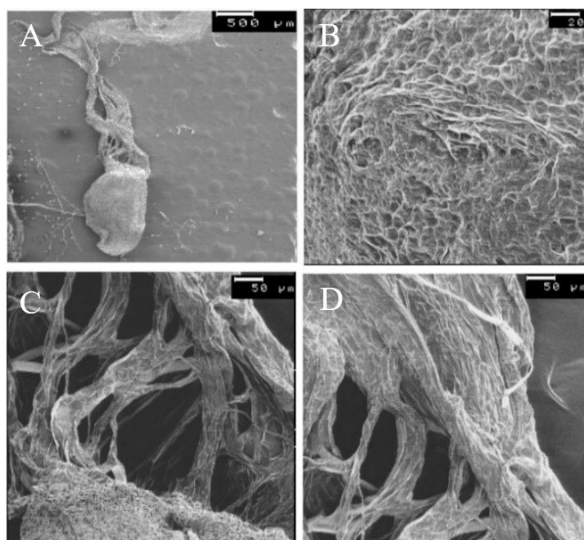
شکل ۶- ریخت‌شناسی میوه شکوفا و تیغه حامل دانه‌ها در استبرق (*C. procera*) در مراحل نمودی مختلف، A، B: مراحل نمودی مختلف ساختار تیغه برگه، C: ساختار تیغه که در آن محل اتصال تارهای ابریشمی با پیکان نشان داده شده است، fo: برگه؛ se: دانه؛ sep: تیغه؛ sh: تار ابریشمی.



شکل ۷- ساختار و نمو دانه در استبرق (*C. procera*)، A: میوه برگه‌ی جوان واجد تیغه حامل دانه‌های جوان، B: تیغه حامل دانه‌های جوان، C-F: ساختار دانه جوان و تار، G: ساختار تیغه که در آن محل اتصال تارهای ابریشمی قابل رؤیت است.



شکل ۹- ساختار دانه و جنین در مراحل نمودی مختلف در استبرق (*C. procera*)، A: میوه بالغ شکوفا حاوی دانه‌های بالغ، B: اجزاء دانه بالغ (پوشش دانه و جنین)، C و D: جنین (ریشه‌چه و لپه‌ها)، E و F: مراحل جوانه‌زنی بذر تا تشکیل دانه‌رست (گیاه‌چه)، HC: محور زیر لپه؛ RAM: مریستم انتهایی ریشه.

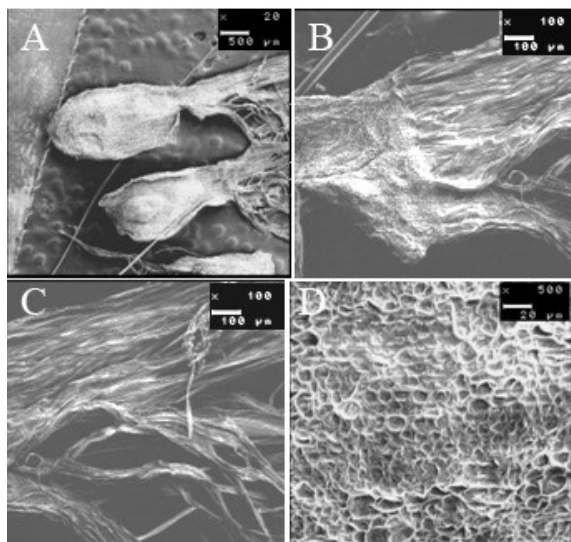


شکل ۱۰- ریخت‌شناسی ساختار دانه و تار استبرق (*C. procera*) با میکروسکوپ الکترونی نگاره، A: ساختار دانه جوان و تارهای متصل به آن (Scale bar: 500 μm)، B: ساختار برجستگی‌های بخش مرکزی پوشش دانه جوان (Scale bar: 20 μm)، C و D: ساختار تارهای به هم پیوسته و محل اتصال آنها به دانه (Scale bar: 50 μm).

سپس دانه‌ها بالغ شده و در قسمت مرکزی دانه‌ها که محدب و برجسته‌تر است رویان قرار دارد و به علت رشد بیشتر لپه‌ها، حجم عمده دانه را رویان تشکیل می‌دهد (۱۲A). برخلاف بخش مرکزی که رشد یافته است، حاشیه‌ی دانه نازک و بال‌مانند است (D و ۱۲A). میزان تزئینات در بخشی از

در دانه‌های نیمه‌بالغ، جنین رشد بیشتری کرده‌است به طوری که برجستگی آن در مرکز دانه به خوبی نمایان است. تارها بیشتر از هم جدا می‌شوند و تزئینات سطح پوشش دانه با وضوح بیشتری قابل مشاهده هستند و این تزئینات به صورت شبکه‌های حفره‌مانند و منظم دیده می‌شوند (D-۱۱A).

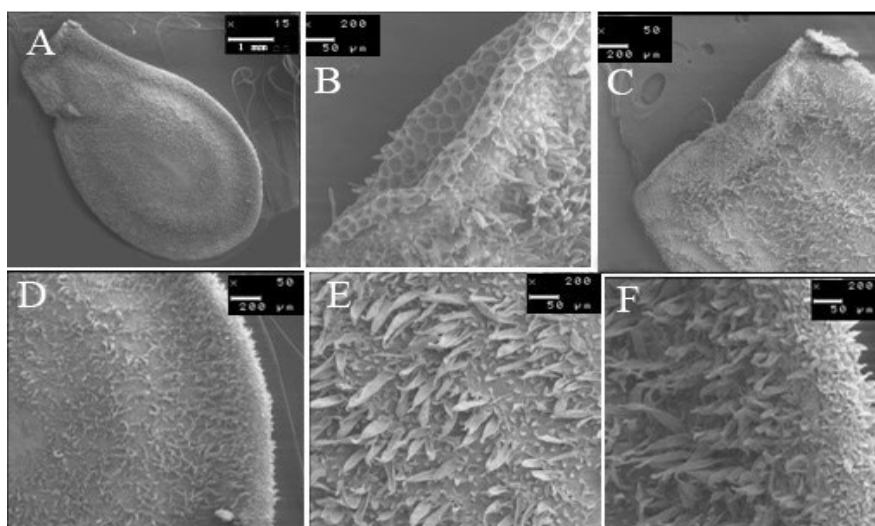
ویژه‌ای روی تارها دیده نمی‌شود و در لبه‌ها دارای برجستگی هستند (۱۳A-C).



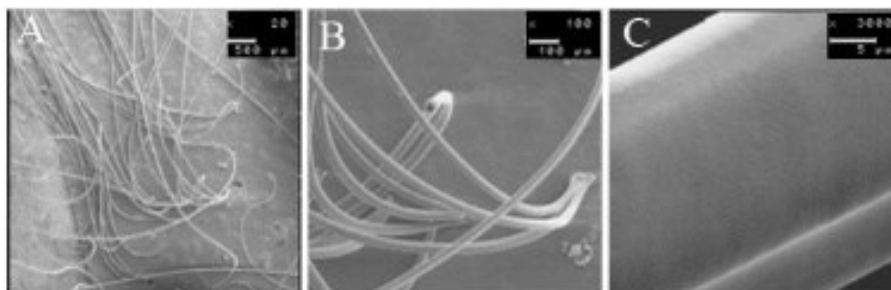
شکل ۱۱- ریخت‌شناسی ساختار دانه و تار با میکروسکوپ الکترونی نگاره، A و B: ساختار دانه نیمه‌بالغ و تارهای متصل به آن (به ترتیب 100 μm، 500 μm)، C: ساختار تارهای جدا از هم (Scale bar: 100 μm)، D: ساختار تزئینات شبکه‌ای سطح دانه نیمه‌بالغ (Scale bar: 20 μm).

پوست دانه و به‌ویژه در لبه‌های دانه بیشتر می‌شود که در میان آنها ذرات برجسته زگیل‌مانند دیده می‌شود. در این مرحله اتصال تارها با دانه (D-F و ۱۲A). در این مرحله اتصال تارها با دانه سست بوده به‌طوری‌که ضمن طلاهدی جدا می‌شوند (C و ۱۲B). تزئینات سطح رویی و داخلی پوشش دانه متفاوت است. درحالی‌که در سطح داخلی به صورت تزئینات شبکه‌ای است (۱۲B)، تزئینات سطح رویی دانه بیشتر به صورت ساختارهای پرزمانند رشد یافته دیده می‌شوند که در میان آنها نیز ساختارهایی با میزان رشد کمتری به صورت زگیل‌مانند وجود دارد (F و ۱۲E).

بررسی میکروسکوپ الکترونی نگاره نشان می‌دهد تارهایی که در دانه‌های جوان به صورت دو دسته چسبیده به دانه هستند، در دانه‌های بالغ از دانه جدا شده‌اند و معمولاً به صورت تعداد زیادی از مجموعه‌های سه‌تایی قرار دارند. هیچ‌گونه تزئینات



شکل ۱۲- ریخت‌شناسی ساختار دانه با میکروسکوپ الکترونی نگاره، A-C: نمای بیرونی و درونی دانه بالغ و محل اتصال تارها (Scale bar: (A) 1mm, (B) 50 μm, (C) 200 μm) D-F: ساختار تزئینات لبه و بخش مرکزی پوشش دانه، برجستگی‌های بخش مرکزی پوشش دانه بالغ (Scale bar: (D) 200 μm, (E) 50 μm, (F) 50 μm).



شکل ۱۳- ریخت‌شناسی ساختار تار با میکروسکوپ الکترونی نگاره (Scale bar: (A) 500 μm, (B) 100 μm, (C) 5 μm).

بحث

یک ساختار پیچیده، به هم پیوستگی سازمان یافته نامیده می‌شود که در تکامل یافته‌ترین حالت به صورت یک واحد پیچیده (کمپلکس) منفرد یا یک اندام مجزا عمل می‌کند (Endress, 2016). در پژوهش دیگری که در مورد اجزای گل انجام شد گزارش شده است که از مهمترین ویژگی‌های استبرق (*C. procera*)، ساختار گل و به ویژه ساختارهای زایشی آن است که از جمله می‌توان به تشکیل ژینوستم، تاج، کلاله پنج‌وجهی، بساک دوحجره‌ای، پولینی و دستگاه پولیناریوم اشاره کرد که مجموعه آنها بهم پیوستگی سازمان یافته‌ای را برای جلب بهتر حشرات نشان می‌دهند (Nejadalimoradi and Rezanejad, 2018). تخمدان فوقانی با تمکن حاشیه‌ای و میوه برگه (فولیکول) یک‌برچه‌ای است. تیغه‌ی حامل تخمک‌ها (دانه‌ها) رشد یافته و حجم عمده‌ی تخمدان را تشکیل می‌دهد. این تیغه در محل اتصال دو لبه برچه تشکیل می‌شود و تعداد زیادی تخمک روی آن قرار می‌گیرند. همچنین، این تیغه در طول میوه برگه امتداد دارد و به دو انتهای میوه متصل است. فرابر تخمدان جوان رشد یافته و گوشتی است که با افزایش نمو اسفنجی، چوبی و کاهش یافته می‌شود و تشکیل میوه برگه یا فولیکول را می‌دهد

استبرق (*C. procera*) گیاهی مقاوم به تنش‌های خشکی و شوری با پراکنش در خورتوجه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. مطالعات اکوفیزیولوژیکی بر فیزیولوژی برتر استبرق که نشان‌دهنده کاهش میزان هدایت روزنه‌ای با نرخ فتوسنتزی بالا در شرایط تنش کم‌آبی است، تأکید کرده‌اند (Coelho *et al.*, 2109). گیاه به‌علت دارا بودن تار ابریشمی و شیرابه سفیدرنگ آلکالوئیدی، خواص صنعتی و دارویی متعدد دارد و بنابراین، دارای ارزش اقتصادی است. به‌علت اینکه گیاه به تنش‌های زیست‌محیطی به خوبی سازگار شد است و آزادانه از طریق بذر و مکنده‌های ریشه حتی در شرایط نامطلوب تکثیر می‌شود، یک انتخاب ایمن است که به عنوان ابزاری برای گیاه‌پالایی استفاده می‌شود و شاخص زیستی مفیدی برای کنترل آلودگی در مناطق شهری و حومه است (Hassan *et al.*, 2015). پیوستگی اندام‌های گل که باعث تغییر هم‌زمان و جفت‌وجور شدن همه اندام‌های گل می‌شود یک ویژگی مهم تکاملی و نموی است که در تیره خرزهره (به‌ویژه زیر تیره استبرق یا Asclepiadoideae) و تیره ارکیده به بیشینه رسیده است. اتصال اجزای گل به یکدیگر برای تشکیل

(فصل گرم و خشک) میزان رشد میوه افزایش می‌یابد. به‌طور کلی تولید سالانه گل برای هر درختچه در مقایسه با تعداد کم میوه‌ها بسیار زیاد است. حجم بافت میوه نسبتاً زیاد و حاوی یک بافت اسفنجی است که حدود ۷۰ درصد از کل حجم میوه را اشغال می‌کند. در زمان بلوغ، رنگ میوه از سبز تیره به سبز یا سبز مایل به زرد تغییر می‌یابد (El-Tantawy, 2000).

قابل ذکر است که تعداد میوه‌ها در مقایسه با تعداد بسیار زیاد گل‌ها، بسیار کم است که ممکن است به نبود تعداد کافی از گرده‌افشان‌ها نسبت داده شود (El-Tantawy, 2000). همچنین، احتمال می‌دهیم میزان زیست‌پذیری دانه‌های گرده، اثر عوامل محیطی به‌ویژه دمای بالا و صرفه‌جویی ژنتیکی گیاه برای جلوگیری از تشکیل تعداد زیاد میوه و در نتیجه مصرف انرژی برای نمو این ساختار، باعث می‌شود که در هر گل‌آذین به‌طور معمول یک گل بارور به مراحل پایانی نمو برسد و یک یا دو میوه را تولید نماید. این ویژگی با توجه به تعداد زیاد دانه‌ها در میوه اختلالی در بقای نسل ایجاد نمی‌کند. از طرفی بذر استبرق بسیار کارآمد است و درصد جوانه‌زنی آن در طیف گسترده‌ای از شرایط محیطی (دما، تنش آب، نور و کیفیت نور، شوری و غیره) به بیشتر از ۹۰ درصد می‌رسد. قابلیت زنده بودن یا زیست‌پذیری بالای بذر استبرق برای جبران نرخ پایین تولید میوه و دانه است. شانس یا فرصت مهاجرت و قدرت پراکنش گونه‌های گیاهی به تعداد میوه و تولید بذر و همچنین، تعداد دانه حاصلخیز و استقرار گیاهچه بستگی دارد (El-Tantawy, 2000).

که میوه خشک شکوفا است. دانه‌ها بدون آلبومن و دارای لپه‌های رشدیافته و نیز تارهای ابریشمی رشدیافته است. بررسی‌های مروری ما روی ساختار این تیغه و وضعیت تخمک‌ها و دانه‌ها، هیچ پژوهشی را در این باره نشان نداد. به‌هر حال، مسأله‌ای درخور توجه این است که با وجود رشد زیاد این تیغه در همه‌ی جهات، این تیغه ساختار تخمدان را به دو خانه تقسیم نمی‌کند و حالت تمکن کناری و یک خانه بودن تخمدان حفظ می‌شود.

گزارش شده‌است که میوه از یک جفت فولیکول تشکیل شده که در بخشی از قاعده بهم متصل شده‌است و حاوی دانه‌های زیادی (۳۵۰-۵۰۰ در هر میوه) است. دانه‌ها سبک، مسطح و واژ تخم‌مرغی، به‌رنگ قهوه‌ای تیره و در یک انتها متصل به تار (پاپوس) ابریشمی سفید بلند (۳ سانتی‌متر یا طولانی‌تر) هستند که به دانه‌ها کمک می‌کنند تا از یک مکان به مکان دیگر برای پراکنش گیاه پرواز کنند (Verma, 2016). استبرق تقریباً در تمام طول سال گل تولید می‌کند. این پدیده (گلدهی در سرتاسر سال) در بیشتر گیاهان نادر است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که با افزایش دمای هوا تعداد گل‌ها پس از بارندگی افزایش می‌یابد (El-Tantawy, 2000). بیشترین تعداد گل در نیمه اردیبهشت تا نیمه خرداد و کمترین تعداد در بهمن‌ماه مشاهده می‌شود. گزارش شده است که تعداد متوسط گل در هر درختچه در پایان فصل مرطوب بسیار زیاد و به حدود هزار گل در هر درختچه می‌رسد. تعداد میوه‌های رسیده بسیار کم و بین ۴-۱۸ میوه به ازای هر درختچه متغیر است. پس از گرده‌افشانی و تورم تخمدان‌ها، با افزایش دما

به‌خوبی مشخص شده است که فیبرهای طبیعی نسبت به فیبرهای مصنوعی در صنعت نساجی از جنبه‌های مختلفی برتری دارند. فیبرهای طبیعی در هوای خشک به راحتی شارژ (باردار) نمی‌شوند و برای تهویه و جذب تعرق در هوای گرم مناسب هستند. اگرچه پنبه منبع اصلی فیبرهای طبیعی در نساجی سراسر جهان است، اما گیاهان دیگر از جمله استبرق باتوجه‌به اینکه می‌توانند در خاک ضعیف رشد کنند و در مقابل آفات مقاوم‌تر هستند، مزایایی نسبت به محصولات زراعی دارند (Ibrahim *et al.*, 2016). گزارش شده‌است که تارهای ابریشمی دانه در اقدامات جراحی و در گذشته نیز برای پر کردن بالش کاربرد داشته است. استبرق برای تولید انرژی زیستی و سوخت‌های زیستی در مناطق نیمه خشک مفید است. این گیاه هیدروکربن‌های ارزشمندی را ارائه می‌دهد که می‌تواند به جایگزین مناسبی برای سوخت‌های دیزلی تبدیل شود. بخش‌های مختلف گیاه (لاتکس، ساقه، برگ و غلاف) به‌عنوان منبع هیدروکربن‌ها ارزیابی شده است. استبرق به‌عنوان گیاهی میزبان برای تولید پروانه توصیه می‌شود (Hassan *et al.*, 2015).

در پژوهشی که در زمینه اهمیت تاکسونومیکی ویژگی‌های دانه گونه‌های خاصی از طایفه Asclepiadeae در مصر انجام شد، گزارش شده است که ویژگی‌های تشریحی پوسته دانه نقش ارزشمندی در تعیین ارتباطات رده‌بندی ایفا می‌کنند. همچنین، شکل، اندازه و تزئینات سطح دانه کاربرد تاکسونومیکی در خورتوجهی دارند، درحالی‌که رنگ دانه می‌تواند کاربرد کمی به‌عنوان یک صفت تاکسونومیک داشته باشد (Heneidak

برای توصیف مکانیسم شکوفایی میوه گزارش شده است که گازها (O_2 و N_2) حدود ۷۰ درصد از حجم کل میوه را اشغال می‌کنند. میوه‌هایی که به طور مصنوعی سوراخ شده‌اند، به‌طورکامل در شکوفایی با شکست مواجه شدند. اعتقاد بر این است که تجمع گازها در میوه نقش اساسی در شکوفایی میوه دارد. پیشنهاد حاضر با این حقیقت که گسترش گازها در پاسخ به افزایش دما در طول فصل گرم و خشک به فشار زیاد (۱۹۵٫۷ میلی‌متر جیوه) در داخل میوه منجر می‌شود، اثبات شده است که باعث شکوفا شدن آن در درز شکمی می‌شود (El-Tantawy, 2000). دانه‌ها از اواسط تابستان (مرداد) تا پایان فصل خشک (نیمه آبان)، بسته به میزان رسیدگی میوه، محتوای رطوبت بذر و شدت باد همراه با سایر عوامل اقلیمی پراکنده می‌شوند. گزارش شده‌است هر دانه دارای یک دسته از تارهای ابریشمی است که طول آنها متفاوت و تقریباً ۴ سانتیمتر است. میانگین بلندترین طول تار در *procera* (۴ سانتیمتر) و میانگین کوتاه‌ترین آن در *Glossonema boveanum* مشاهده شد (Heneidak and Hassan, 2005). حضور این تارهای ابریشمی شبه چتر نجات روی بذرهای استبرق به همراه توده کوچک بذر (۵/۷۶ میلی‌گرم) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تسهیل‌کننده پراکندگی دانه توسط باد در نظر گرفته شده است. میزان تارهای ابریشمی موجود در میوه بالغ متغیر است و به ۴/۷ گرم می‌رسد. آزمایش‌ها برای به دست آوردن الیاف از میوه احتمال استفاده از میوه استبرق را به عنوان منبع الیاف طبیعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان می‌دهد. (El-Tantawy, 2000).

(and Hassan, 2005). شکل دانه در دو گونه *Asclepias procera* و *Calotropis procera* تخم‌مرغی و قهوه‌ای تیره، بافت دانه در دو گونه *Asclepias* صاف و بدون کرک، اما در استبرق با چین‌های فراوان و نسبتاً پرزدار است. سطح دانه از یک سو پهن و از طرف دیگر محدب است. دانه‌ها حاشیه‌های بال‌مانند باریکی دارند. نتایج به‌دست آمده از ویژگی‌های ریخت‌شناختی ظاهری و بررسی‌های فراساختاری مربوط به دانه و تارهای دانه نشان داد سطح دانه طی نمو تزئینات متعددی پیدا می‌کند که در مرحله بلوغ این تزئینات بزرگ و پرزمانند هستند و در بین آنها برجستگی‌های ریزتری دیده می‌شود. به‌علاوه، در سطح روی دانه، تزئینات شبکه‌ای دیده می‌شود. تارها که در دانه‌های جوان متصل به دانه و به‌صورت دو دسته‌ای و هر دسته متشکل از چندین رشته هستند، در دانه‌های بالغ از دانه جدا شده و هر تار به‌صورت مجموعه‌ای از ساختارهایی سه‌تایی دیده می‌شوند که دارای سطحی صاف و بدون تزئینات هستند.

نتیجه‌گیری

استبرق تقریباً در تمام طول سال گل تولید می‌کند. این پدیده (گلدهی در سرتاسر سال) در بیشتر گیاهان نادر است. به‌طور کلی تولید سالانه گل برای هر درختچه در مقایسه با تعداد کم میوه‌ها بسیار زیاد است. تخمدان فوقانی با تمکن حاشیه‌ای است. تیغه حامل تخمک‌ها که در محل اتصال دو لبه برچه قرار، حجم عمده‌ی آن را تشکیل می‌دهد. فرابر تخمدان رشدیافته و گوشتی است که با افزایش نمو اسفنجی، چوبی و کاهش یافته می‌شود و سرانجام تشکیل میوه برکه یا فولیکول را می‌دهد.

دانه‌ها بدون آلومین و دارای لپه‌های رشدیافته و تارهای ابریشمی رشدیافته است. سطح دانه طی نمو تزئینات متعددی پیدا می‌کند که در مرحله بلوغ این تزئینات بزرگ و سازمان‌یافته شده و به‌صورت پرزمانند یا برگ‌مانند در می‌آیند که در لابه‌لای آنها ساختارهای ریز برجسته‌ای وجود دارد. تارها در دانه‌های جوان دو دسته‌ای و هر دسته متشکل از چندین رشته است، درحالی‌که در دانه‌های بالغ از دانه جدا شده و به‌صورت مجموعه‌های سه‌تایی دیده می‌شوند که دارای سطحی صاف و بدون تزئینات هستند. با توجه به پایداری، دوام و بقای گیاه در برابر تنش‌های زیست‌محیطی و رویش بسیار خوب آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک، این گیاه می‌تواند به شکل گیاهی چند منظوره در احیای عرصه‌های مرتعی ایفای نقش کند. از طرفی، با وجود کاربردهای مهم گیاه از جمله: استفاده احتمالی در گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده، دارا بودن تار ابریشمی و منبع تولید فیبر، پتانسیل آلوپاتی قوی گیاه و کاندیدای کنترل زیستی علف‌های هرز و حشرات، وجود شیرابه سفیدرنگ آلكالوئیدی و خواص صنعتی و دارویی متعدد و بنابراین ارزش اقتصادی بالای گیاه، متأسفانه کار اساسی در زمینه کشت و پرورش این گیاه در ایران انجام نشده است. امید است پژوهش حاضر و پژوهش‌های مشابه بتوانند سرآغاز توجه بیشتر به گونه *C. procera* در ایران باشند و با آگاهی از ویژگی‌های اکولوژیک و اعمال مدیریت صحیح بتوان بستر مناسبی را برای کاهش روند تخریب رویشگاه‌های طبیعی این گونه گیاهی فراهم کرد.

References

- Askary Mehrabadi, M., Amini, F. and Sabeti, P. (2014) Evaluation of phytoremediation of petroleum hydrocarbon and heavy metals with using *Catharanthus roseus*. Iranian Journal of Plant Biology 6(21): 111-126 (In Persian).
- Coelho, M. R., Rivas, R., Ferreira-Neto, J. R. C., Pandolfi, V., Bezerra-Neto, J. P., Benko-Iseppon, A. M. and Santos, M. G. (2019) Reference genes selection for *Calotropis procera* under different salt stress conditions. PloS One 14(4): e0215729.
- El-Bakry, A. A., Hammad, I. A. and Rafat, F. A. (2014) Polymorphism in *Calotropis procera*: preliminary genetic variation in plants from different phytogeographical regions of Egypt. Rendiconti Lincei 25(4): 471-477.
- El-Tantawy, H. (2000) Flowering and Fruiting Eco-physiology of *Calotropis procera* (Ait.) WT Ait., and importance of Gas in Fruit dehiscence. Taeckholmia 20(1): 69-80.
- Endress, M. E. and Bruyns, P. V. (2000) A revised classification of the Apocynaceae. The Botanical Review 66(1): 1-56.
- Endress, P. K. (2016) Development and evolution of extreme synorganization in angiosperm flowers and diversity: a comparison of Apocynaceae and Orchidaceae. Annals of Botany 117(5): 749-767.
- Gabr, D. G. (2014) Seed morphology and seed coat anatomy of some species of Apocynaceae and Asclepiadaceae. Annals of Agricultural Sciences 59(2): 229-238.
- Ghahraman, A. (1994) Cormophytes of Iran. University Publishing Center, Tehran (In Persian).
- Hassan, L. M., Galal, T. M., Farahat, E. A. and El-Midany, M. M. (2015) The biology of *Calotropis procera* (Aiton) WT. Trees 29(2): 311-320.
- Heneidak, S. and Hassan, A. R. (2005) Taxonomic significance of the seed characters of certain species of tribe Asclepiadeae in Egypt. Taeckholmia 25(1): 91-109.
- Ibrahim, A. H., Al-Zahrani, A. A. and Wahba, H. H. (2016) The effect of natural and artificial fruit dehiscence on floss properties, seed germination and protein expression in *Calotropis procera*. Acta physiologiae plantarum 38(1): 15.
- Mali, R. P., Rao, P. S. and Jadhav, R. S. (2019) A Review on Pharmacological Activities of *Calotropis Procera*. Journal of Drug Delivery and Therapeutics 9(3): 947-951.
- Molahinejad, F., Ezzati Ghadi, F., Ramezani Ghara, A. and Rezaei Zarchi, S. (2019) Simultaneous effects of *Calotropis procera* (Willd.) R. Br. dried latex and vitamin C on the serum factors of type 1 diabetic rats. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 34(6): 986-996. (In Persian).
- Mozaffarian V. Plant Systematics: Amir Kabir: University Press; 1991. (In Persian).
- Nadeem, M., Mumtaz, M. W., Danish, M., Rashid, U., Mukhtar, H., Anwar, F. and Raza, S. A. (2019) *Calotropis procera*: UHPLC-QTOF-MS/MS based profiling of bioactives, antioxidant and anti-diabetic potential of leaf extracts and an insight into molecular docking. Journal of Food Measurement and Characterization, 13(4): 3206-3220.
- Nejadalmoradi, F. and Rezanejad F. (2018) The survey of synorganization floral parts and pollinium and pollen germination and tube growth in *Calotropis procera* (Asclepiadoideae). Journal of Developmental Biology 10(1): 21-32. (In Persian).
- Parihar, G. and Balekar, N. (2016) *Calotropis procera*: A phytochemical and pharmacological review. Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, 40(3): 115-131.

- Parsons, W. T. and Cuthbertson E. G. (2001) Noxious weeds of Australia (2 ed.). CSIRO Publishing. Australia. 705.
- Oloumi, H. (2014) Phytochemistry and ethno-pharmaceutics of *Calotropis procera*. Ethno-Pharmaceutical Products 1(2): 1-8.
- Rezanejad, F. and Majd, A. (2012) The development of inflorescence, flower and pollen in *Tajetes patula* (Asteraceae): flower structural traits in plant-pollinator relationships. Iranian Journal of Plant Biology 4(12): 51-66 (in Persian).
- 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 Brasilica 27(2): 456-459.
- Tao L. P., Gilbert M. G. and Stevens W. D. (1995) *Asclepiadaceae*. Flora of China 16: 228-236.
- Verma, S. (2016) *Calotropis procera* (Asclepiadaceae): A Review. International Journal of Scientific Research in Science and Technology 2(6): 487-490.
- Zaeifi, M. (2001). The flora of *Hormozgan province*. Bandar Abbas, Iran: Research Centre of Agriculture and Natural Resources Publications.