

مقایسه موم‌های اپی کوتیکولی سطح سوزن‌ها و ساقه‌های کاج الدار با دو شکل طبیعی به وجود آمده از آن*

Comparison of epicuticular wax on the needles and stems of *Pinus eldarica*
with its two naturally generated forms

فاطمه شایان‌مهر**، سید غلامعلی جلالی، فائزه قناتی و داود کرتولی‌نژاد

گروه جنگلداری و گروه علوم گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس

پذیرش: ۱۳۸۶/۶/۲۵

دریافت: ۱۳۸۵/۱۰/۱۲

چکیده

پژوهش حاضر روی ویژگی‌های میکرومورفولوژی موم و کوتیکول سوزن‌ها و ساقه کاج‌های الدار (*Pinus eldarica*)، کله‌قندی و تویی انجام شده است. نتایج میکروسکوپ SEM نشان داد که سطح ساقه و اتاقک‌های زیر روزه با کریستال‌های موم لوله‌ای در هر سه نوع کاج پوشیده شده است. سطح زیرین سوزن‌ها نیز که بیشتر توسط موم‌های بی‌شکل یا ورقه‌ای پوشیده شده، از نظر مقدار و نیز ساختار در کاج تویی با سایرین متفاوت بوده است. اما بارزترین تفاوت مربوط به سطح رویی سوزن‌های کاج تویی بوده که از نظر ساختار نسبت به دو کاج دیگر متکامل‌تر به نظر می‌رسد. در این سطح، کریستال‌های لوله‌ای روی توده‌های بی‌شکل موم به چشم می‌خورند در حالی که در کاج الدار، موم‌ها اغلب بی‌شکل یا ورقه‌ای هستند و کاج کله‌قندی نیز دارای گرانول‌های به هم پیوسته می‌باشد. نتایج این تحقیق حاکی از نوعی سیر تکاملی موم‌ها از کاج الدار به سمت کله‌قندی و تویی است.

واژه‌های کلیدی: میکرومورفولوژی، کریستال‌های لوله‌ای، کوتیکول، کاج تویی، کاج کله‌قندی

* بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول به راهنمایی دکتر سید غلامعلی جلالی ارائه شده به دانشگاه تربیت

مدرس

** مسئول مکاتبه (E-mail: fshayanmehr@yahoo.com)

مقدمه

یاخته‌های بشره در سطوح خارجی ساقه‌ها، برگ‌ها و ریشه‌ها بنابر موقعیت خود با یک لایه محافظ با ضخامت‌های مختلف از مواد لیپیدی که در آن کوتین و یا سوبرین موجود است، پوشیده شده‌اند (Hauke & Schreiber 1998, Matas *et al.* 2003, Neinhuis *et al.* 2001, Bird & Gray 2003). این لایه حفاظتی، در قسمت‌های هوایی گیاه، کوتیکول نامیده می‌شود. موم‌ها که سطوح کوتیکول گیاهان را احاطه می‌کنند تنوع شیمیایی و فراساختمانی (ultra structure) قابل ملاحظه‌ای داشته و امروزه اهمیت خاصی در سیستماتیک و رده‌بندی دارند (Barthlott *et al.* 1998, Jetter & Riederer 2000, Whang & Pak 2001)، زیرا گونه‌های مختلف، حتی اگر در شرایط مشابهی رویده باشند، موم‌هایی با ساختمان متنوع (از جمله دانه‌ای، لوله‌ای، ورقه‌ای، میله‌ای، دودکشی و ...) تولید نموده که مقدار آن نیز در هر گونه متفاوت است (Cameron *et al.* 2002, Barthlott *et al.* 1998). موم‌ها در آب غیرمحلول بوده و نسبت به تجزیه مقاوم‌اند و به طوری که آن‌ها را در فسیل‌هایی چون ذغال‌سنگ و سنگ‌های رسی که قرن‌های متمادی بدون تجزیه باقی مانده‌اند، می‌توان یافت (Mösle *et al.* 1998, Guignard *et al.* 2004). فرآیند تولید موم در گیاهان ژنتیکی بوده و مقاومت به خشکی، آفات و بیماری‌ها که ناشی از افزایش مقدار موم و ترکیبات آن بر سطح گیاه می‌باشد، به نوبه خود متأثر و بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی در گیاهان مختلف است و پتانسیل استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب ژنوتیپ برتر را دارد (Cameron *et al.* 2002, Schreiber *et al.* 1997).

گونه مورد مطالعه در این تحقیق، کاج الدار (*Pinus eldarica* Medw.) بوده که رویشگاه طبیعی آن در یک محیط نیمه‌بیابانی جنوب تفلیس گرجستان، روی کوه کم ارتفاعی به نام Eller Oukhi، در ارتفاع ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد. کاج الدار، کاج کمیاب با پراکنش محلی است که تنها سطحی حدود ۵۵۰ هکتار را پوشانده که ۱۱۰ هکتار آن کمابیش خالص است. این کاج که از بقایای دوره الیگوسن است، در گذشته سطوح بیشتری را پوشانده بود (Mirov 1967). تاریخ احتمالی ورود این درخت به ایران را برخی از صاحب نظران، حدود ۸۰۰ سال پیش تخمین زده‌اند، در حالی که برخی دیگر، با توجه به بنای تخت جمشید، تاریخ آن را به زمان هخامنشیان نسبت می‌دهند. به طور کلی، وجود درختان تنومند این گونه، در نقاطی نظیر کاشمر، نیشابور، تربت جام و زنجان قدمت آن را در این سرزمین تایید می‌کند (سردابی ۱۹۸۹، میریادین و همکاران ۱۹۹۴). یکی دیگر از مناطقی که کاج الدار در آن کاشته شده و به خوبی با شرایط محیطی سازگار شده است منطقه نشتیفان خواف است. در این منطقه برخی از پایه‌های کاج الدار از حالت و فرم طبیعی پایه‌های مادری خود، فاصله گرفته و

دچار تغییراتی از نظر ظاهری شده‌اند که باعث به وجود آمدن پایه‌هایی با تاج توپی شکل و کله‌قندی (مخروطی) شده‌اند و تحت عنوان همین نام‌ها یعنی کاج توپی و کله‌قندی مشهورند. زیبایی و جذابیت ظاهری و قامت کوتاه آن‌ها نسبت به پایه‌های مادری کاج الدار، باعث شده که توسط افراد محلی به طور گسترده تولید شده و به سایر شهرها جهت کاشت در فضای سبز، به فروش برسند. از آنجا که تاکنون هیچ پژوهشی در زمینه تغییرات میکرومورفولوژی گونه نام برده شده، صورت نگرفته و اطلاعات مدونی در مورد کاج‌های به وجود آمده در منابع ذکر نشده است، لذا تحقیق حاضر در جهت مقایسه برخی ویژگی‌های میکرومورفولوژی موم‌های اپی‌کوتیکولی سوزن‌های کاج توپی، کله‌قندی و الدار انجام شده است.

روش بررسی

جهت انجام مقایسه موم و کوتیکول، تعداد هفت نهال سه ساله از هر یک از کاج‌های توپی، کله‌قندی و الدار، از منطقه نشتیفان خواف در دی ماه ۱۳۸۴ تهیه و به گلخانه منتقل گردید. نمونه‌های مورد نیاز جهت مطالعه میکروسکوپی به صورت تکه‌های بریده شده از سوزن‌ها و ساقه‌ها (تقریباً سه میلی‌متری) بوده که با چسب نقره، روی استاب‌های (stub) آلومینیومی چسبانده شده و به مدت پنج دقیقه در هوای اتاق خشک گردیدند. سپس استاب‌ها در دستگاه لایه نشانی طلا، نوع Sputter Coater مدل SCDOOS (ساخت شرکت BAL-TEC کشور سوئیس) قرار داده شده و روی نمونه‌ها روکشی از طلای خالص کشیده شد و با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نگاره (Scanning Electron Microscope) مدل XL30 (ساخت شرکت فیلیپس هلند) بررسی گردیدند. بزرگنمایی میکروسکوپ بین $92 \times$ تا $30000 \times$ و ولتاژ آن ۲۵ کیلوولت بوده است (Tomaszewski 2004, Barthlott *et al.* 1998).

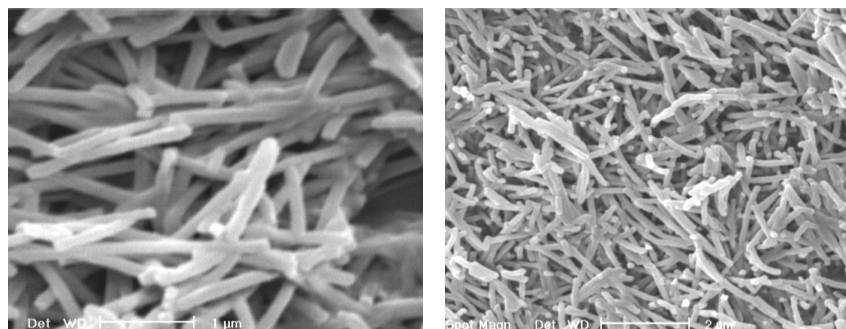
نتیجه

نتایج حاصل از بررسی‌های موم و کوتیکول در سطح سوزن‌ها و ساقه‌های این کاج‌ها، حاکی از وجود تفاوت‌هایی در سطح زیرین (abaxial surface) و بویژه سطح رویی (adaxial surface) سوزن‌ها می‌باشد که در ذیل توصیف شده است. همچنین نوع ساختارهای شناسایی شده از هر یک، بر اساس روش طبقه‌بندی بارتلوت و همکاران (۱۹۹۸) نامگذاری گردیده است.

- سطح ساقه و اتاقک‌های روزنه‌ای

سطوح ساقه‌ها در هر سه نوع کاج نام برده توسط لایه متراکمی از کریستال‌های لوله‌ای (tubular crystalloids) در ابعاد و اندازه‌های مشابه (به قطر ۲۰۰ نانومتر و طول ۱-۲ میکرومتر)

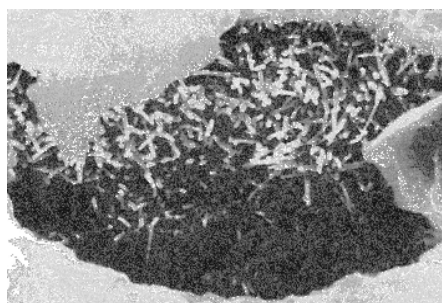
پوشیده شده است. این کریستال‌های لوله‌ای، بدون جهت‌گیری خاص و به طور نامنظم، روی هم، به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سطح کوتیکول تنها در برخی نقاط، به سختی قابل رویت است (شکل ۱).



شکل ۱- سطح ساقه در هر سه نوع کاج: کریستال‌های لوله‌ای.

Fig. 1. Stem surface of all three forms of pine: tubular crystalloids.

همچنین سطوح خارجی اتاقک‌های روزنه‌ای نیز به وسیله لایه متراکم کریستال‌های لوله‌ای پوشیده شده که از نظر ابعاد، جهت‌گیری و نحوه قرارگیری کریستال‌ها، دقیقاً مشابه موم‌های سطوح خارجی ساقه بوده و این الگو در هیچ یک از سه نوع کاج تفاوتی را نشان نداده است (شکل ۲).

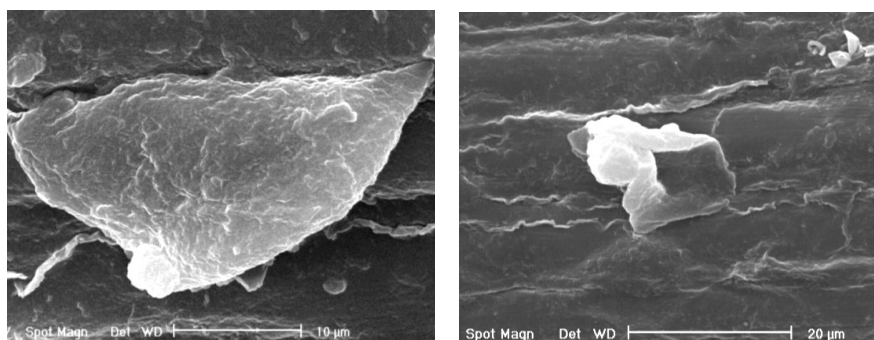


شکل ۲- سطح خارجی اتاقک‌های زیر روزنه: کریستال‌های لوله‌ای.

Fig. 2. Exterior surface of stomata chambers: tubular crystalloids.

- سطح رویی و زیرین سوزن‌ها

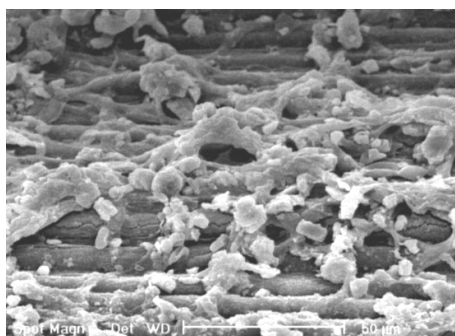
سطح زیرین سوزن‌های کاج کله‌قندی فاقد کریستال‌های موم بوده و تنها در برخی نقاط به صورت بسیار پراکنده و جزیی، توده‌های از موم بی‌شکل (amorphous wax) به ابعاد ۱۰-۳۵ میکرومتر ظاهر می‌شوند (شکل ۳، چپ). در سطح کوتیکول حقیقی نیز، خطوط مواجی به چشم می‌خورد که موم‌های اپی کوتیکولی در طول این خطوط، در حال تشکیل شدن هستند (شکل ۳، راست).



شکل ۳- سطح زیرین سوزن‌های کاج کله‌قندی: توده‌های بی‌شکل موم به صورت بسیار پراکنده (چپ) و خطوط مواجی که موم‌های اپی کوتیکولی در امتداد آن‌ها در حال تشکیل هستند (راست).

Fig. 3. Abaxial needle surface of conical-shaped pine: masses of amorphous and so scattered wax (left) and the corrugated lines with epicuticular waxes are forming along them (right).

سطح رویی سوزن‌های کاج کله‌قندی دارای گرانول‌هایی به ابعاد تقریبی ۱۸-۳ میکرومتر بوده که به صورت شبکه‌هایی به یکدیگر متصل‌اند (interconnected granules). حفره‌های روزنه نیز در برخی موارد مرکز این شبکه‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل ۴). در کل، مقدار موم در سطح رویی بسیار بیشتر از سطح زیرین سوزن‌های کاج کله‌قندی بوده است.

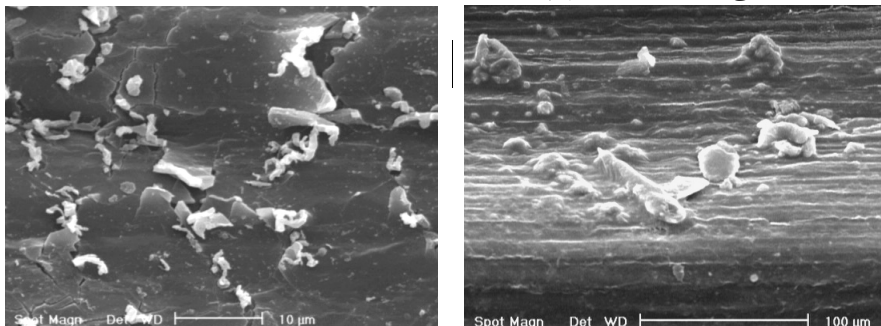


شکل ۴- سطح رویی سوزن‌های کاج کله‌قندی: شبکه‌هایی از گرانول‌ها که اغلب روزنه‌ها را احاطه می‌کنند.

Fig. 4. Abaxial needle surface of conical-shaped pine: interconnected granules usually surround stomata.

در سطح زیرین سوزن‌های کاج الدار، مقادیر بیشتری از موم‌های بی‌شکل، در مقایسه با کاج کله‌قندی مشاهده گردید. این موم‌ها به صورت پراکنده و با اندازه‌های متفاوت از قطعات

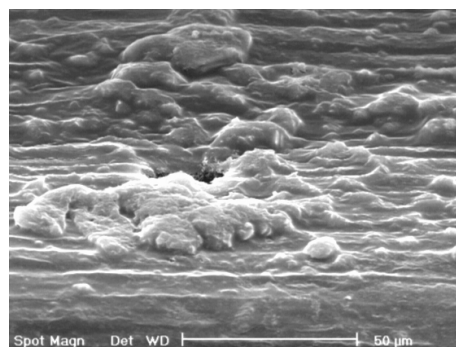
کوچک به هم چسبیده تا تکه‌های ۲۰ میکرومتر که در کنار یکدیگر مجتمع شده‌اند، تشکیل شده است (شکل ۵، راست). علاوه بر این، در برخی نقاط ورقه‌های صاف (smooth layer) که حاشیه آن‌ها به سمت خارج برگشته و حتی گاه بین آن‌ها ترک و شیارهایی به وجود آمده است، نیز دیده می‌شوند (شکل ۵، چپ).



شکل ۵- سطح زیرین سوزن‌های کاج الدار: موم‌های بی‌شکل و پراکنده (راست) و ورقه‌های صاف با حاشیه برگشته به خارج (چپ).

Fig. 5. Abaxial surface of Mondell pine: amorphous and scattered waxes (right) and smooth layer with retorted edges (left).

در سطح رویی سوزن‌های کاج الدار، در مقایسه با سطح زیرین آن، موم‌های بی‌شکل بیشتری مشاهده شد. این موم‌ها از دانه‌هایی (granules) کوچک به ابعاد ۵ میکرومتر تا قطعات ۶۰ میکرومتر دیده می‌شوند که معمولاً به یکدیگر متصل هستند. همچنین در امتداد خطوط برجستگی‌های طولی سوزن، موم‌های در حال تشکیل، مشاهده می‌گردد (شکل ۶).

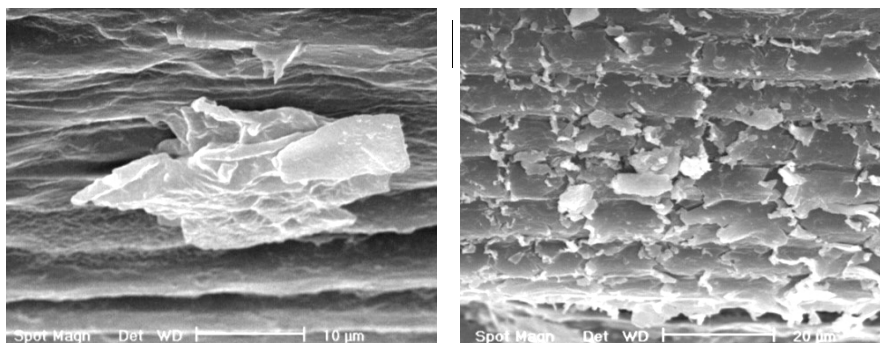


شکل ۶- سطح رویی سوزن‌های کاج الدار: موم‌های بی‌شکل و دانه‌های کوچک.

Fig. 6. Adaxial surface of Mondell pine: amorphous waxes and fine granules.

در سطح زیرین سوزن‌های کاج تویی، ورقه‌های تقریباً مستطیلی به صورت سیله مانند و تکه تکه، با مرزهای کاملاً مشخص، جدا شده‌اند و بیرون زدگی‌ها و برگشتگی‌های حاشیه در

مقایسه با کاج الدار بسیار بیشتر به چشم می‌خورد. ابعاد این ورقه‌های مستطیلی ۱۰-۲۰ میکرومتر است (شکل ۷، راست). در برخی دیگر از نقاط، ورقه‌های موم به خوبی، سطوح خارجی کوتیکول را نشان داده و فاقد ترک یا شکاف است و روی آن‌ها گاهی موم‌های بی‌شکل با ابعاد ۱۰-۳۰ میکرومتر رویت می‌شود (شکل ۷، چپ).



شکل ۷- سطح زیرین سوزن‌های کاج توپی: موم‌های بی‌شکل (چپ) و ورقه‌های مستطیلی (راست).

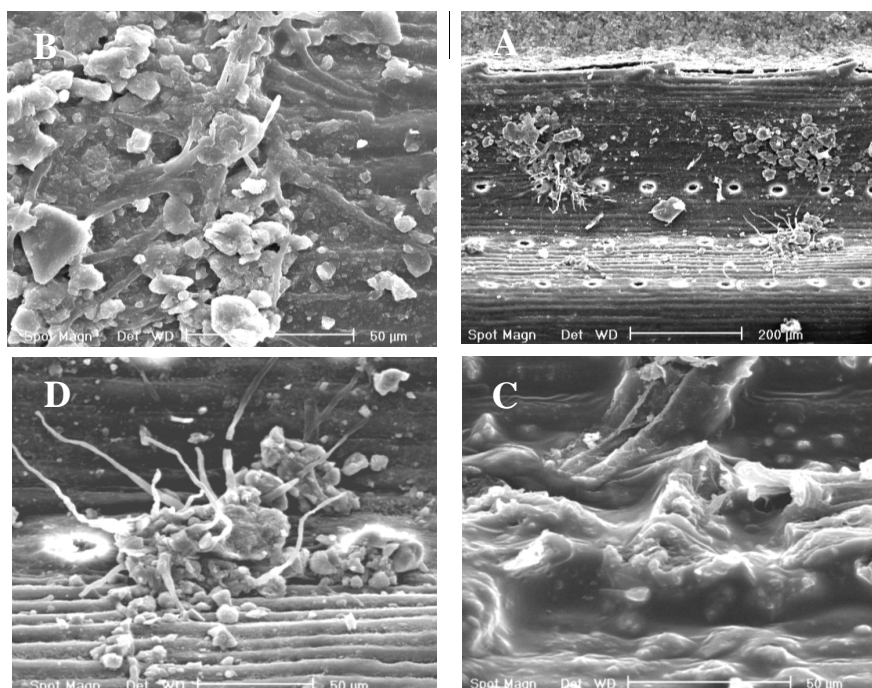
Fig. 7. Abaxial needles surface of ball-shaped pine: amorphous waxes (left) and rectangular layers (right).

در سطح رویی سوزن‌های کاج توپی، موم‌ها اغلب به سه حالت زیر دیده می‌شوند: موم‌هایی به شکل تخته سنگ با ابعاد حداکثر ۳۰ میکرومتر که در برخی نقاط مجتمع هستند (شکل ۸، B)، توده‌های بی‌شکل، با ابعاد حدود ۷۵ میکرومتر و ارتفاع ۳۰ میکرومتر که روی آن‌ها کریستال‌های لوله‌ای به طول تقریبی ۵۰ میکرومتر با مقطع دایره‌ای (نامنظم) به صورت شعاعی خارج می‌شوند. این توپول‌ها در طول محور خود همواره قطر آن‌ها کاهش یافته و دارای انحنا و خمیدگی‌های زیادی هستند (شکل ۸، D). در برخی دیگر از نقاط، موم به صورت عسلی و مواج (soft waxes) سطح کوتیکول را می‌پوشاند (شکل ۸، C).

بحث

ارزیابی‌های انجام شده در این مطالعه، وجود اختلاف‌های قابل ملاحظه میان هر یک از سه کاج نام برده از لحاظ ساختار لایه‌های موم را تایید می‌نماید. بارزترین تفاوت در این کاج‌ها، مربوط به سطح فوقانی سوزن‌های کاج توپی است که موم‌ها در این سطح به سه حالت زیر دیده شدند: الف) بیرون زدگی‌های تخته سنگ مانند در برخی نقاط خاص، ب) تجمعات موم‌های بی‌شکل که توپول‌های دارای اعوجاج به صورت شعاعی از آن خارج می‌شوند و ج) توده‌های موم عسلی و مواج. این در حالی است که در سطح رویی کاج کله‌قندی شبکه‌ای از

موم‌های گرانولی، بویژه در اطراف روزنه‌ها ظاهر می‌شوند و کاج الدار نیز در سطح رویی، تنها توده‌هایی از موم‌های بی‌شکل به صورت بیرون‌زدگی از سطح کوتیکول را نشان می‌دهد. مقایسه سطوح زیرین این کاج‌ها نشان داد که موم بی‌شکل در هر سه وجود داشته که مقدار آن در کاج کله‌قندی، کمتر از سایرین بوده است. تنها ساختار مشاهده شده در سطح زیرین کاج کله‌قندی ساختار بی‌شکل بوده است، در حالی که در کاج الدار و توپی علاوه بر این، ساختار ورقه‌ای یا لایه‌ای نیز مشاهده می‌شود، که در کاج الدار این ساختار بیشتر شبیه به لایه‌های صاف در طبقه‌بندی بارتلوت و همکاران (۱۹۹۸) است، در کاج توپی این ورقه‌ها به خوبی از هم جدا شده و حالتی شبیه به لایه‌های شکاف‌دار (fissured layers) را نشان می‌دهد. البته به نظر می‌رسد که مقدار موم در سطح زیرین کاج توپی بیشتر از کله‌قندی و الدار باشد.



شکل ۸- سطح رویی سوزن‌های کاج توپی: A. نمای کلی سطح سوزن، B. موم‌های تخته سنگی، C. موم عسلی و موج، D. توده‌های بی‌شکل موم که کریستال‌های لوله‌ای به صورت شعاعی از آن‌ها خارج می‌گردند.

Fig. 8. Adaxial surface of ball-shaped pine: A. perfect view of needle surface, B. rock shape waxes, C. Soft wax, D. Mass of amorphous waxes, which tubular crystalloids come out radially.

ویژگی مشترک در سطح فوقانی و تحتانی هر یک از کاج‌ها این است که موم‌ها هیچ‌گاه، کلیه سطوح کوتیکول را نپوشانده، بلکه به صورت بسیار پراکنده و موضعی (local) ظاهر شدند. اما سطح کوتیکول ساقه و نیز اتافک‌های زیر روزنه کاملاً توسط کریستال‌های لوله‌ای پوشیده شده بود. قطر این کریستال‌ها در تمام طول محور میله ثابت بوده و از نظر ظاهری و نحوه قرارگیری بر سطوح کوتیکول بسیار شبیه به لوله‌های بتادی‌کتون (β -diketone tobules) در طبقه‌بندی *بارتلوت* و همکاران (۱۹۹۸) هستند. این کریستال‌ها بسیار نامنظم و بدون جهت‌یافتگی خاصی بر سطح کوتیکول قرار داشته، به طوری که گویی بر سطح کوتیکول پاشیده شده‌اند. بنابراین، سطوح پیوسته و صاف کوتیکول ساقه، تنها در برخی از قسمت‌ها و به سختی قابل مشاهده هستند. لوله‌های بتادی‌کتون از جمله موم‌های خاص سوزنی‌برگان بوده که اغلب در زیر میکروسکوپ الکترونی، با کریستال‌های میله‌ای با مقطع دایره‌ای (terete rodlets) اشتباه گرفته می‌شوند (Barthlott *et al.* 1998).

در اطراف روزنه‌ها، لایه ضخیمی از موم بی‌شکل با درخشش زیادی در تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی SEM دیده می‌شود که احتمالاً به دلیل ترکیبات متفاوت و ویژه آن موم‌ها می‌باشد (Müller & Riederer 2005) (شکل ۸: A و D).

وجود کریستال‌های لوله‌ای خاص موجود بر سطح سوزن‌های کاج توپ‌ی، تنها روی توده‌های مجتمع موم بی‌شکل، تشکیل شده‌اند و در هیچ مکانی به طور مستقیم بر سطح کوتیکول دیده نشدند. به نظر می‌رسد این کریستال‌های لوله‌ای، از موم‌های بی‌شکل به وجود آمده باشند و ساختار نهایی موم در سطح کوتیکول کاج توپ‌ی باشند. اگرچه شباهت‌هایی میان کریستال‌های موم موجود در این کاج‌ها با کریستال‌های طبقه‌بندی شده توسط *بارتلوت* و همکاران (۱۹۹۸) وجود دارد، اما اغلب این کریستال‌ها را نمی‌توان به طور مستقیم به یکی از اشکال موم در این طبقه‌بندی نسبت داد. به طور کلی، ساختار کریستال‌های میله‌ای در کاج توپ‌ی و وجود ساختار ویژه شبکه‌های گرانولی در کاج کله‌قندی و نیز بی‌شکل بودن موم‌ها در کاج الدار، نوعی سیر تکاملی موم‌ها را از کاج الدار به سمت توپ‌ی اثبات می‌کند. تکامل و تحول موم از نظر ساختار و مقدار در کاج به وجود آمده و جدید توپ‌ی می‌تواند یک استراتژی خوب در جهت کاهش تبخیر و تعرق و هدررفت آب و نیز افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و خشکی محیط باشد (Cameron *et al.* 2002, Müller & Riederer 2005, Schreiber *et al.* 1997). امروزه سهولت استخراج و آنالیز و ارزیابی موم و نیز نقش موم‌های کوتیکولی در مقاومت به خشکی، آفات و بیماری‌ها به همراه سایر خصوصیات (بو، بویژه شکل و ترکیب شیمیایی کریستال‌های) موم‌ها باعث شده که از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و حتی رده‌بندی سیستماتیک استفاده کنند (Cameron *et al.* 2002).

منابع

جهت ملاحظه منابع به متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نگارندگان: فاطمه شایان‌مهر و داود کرتولی‌نژاد (عضو باشگاه پژوهشگران جوان و دانشجوی) و دکتر سید غلامعلی جلالی، مازندران، نور، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۳۵۶-۴۶۴۱۴ و دکتر فائزه قناتی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

**COMPARISON OF EPICUTICULAR WAX ON
NEEDLES AND STEMS OF *Pinus eldarica* WITH ITS
TWO NATURALLY GENERATED FORMS**

**F. SHAYANMEHR^{*}, S. Gh. JALALI, F. GHANATI and
D. KARTOOLINEJAD**

Forestry & Plant Biology Departments, Tarbiat Modares University

Received: 02.01.2007

Accepted: 16.09.2007

Plant cuticles are covered by epicuticular waxes with considerable ultrastructural and chemical diversity and have great systematic significance. *Pinus eldarica* is a rare pine found naturally only in desert environment southeast of Tbilisi (Georgia). This tree have been probably introduced to Iran about 800 years ago and gradually altered in both shape and size in Nashtifan-Khaf, and changed into two forms of conical and ball-shaped with smaller stature, which are known as these names. This study, was conducted on wax and cuticle micromorphological features of aforesaid pines needles and stems. SEM results showed that, stem and epistomatal chambers surface was covered with tubular wax crystalloids in all three pines. The abaxial surface of needles, covered by amorphous or layers wax structures, was different in ball-shaped pine with others. But the obvious difference was related to adaxial surface of ball-shaped pine which seems to be more developed

* Corresponding author (E-mail: fshayanmehr@yahoo.com)

structure than the others. In this surface, tubular crystalloids are seen on amorphous masses of wax, whereas, Mondell pine has an amorphous or layer structures, and conical-shaped pine also has interconnected granules. The results of this study indicate some developmental trends of wax structure from Mondell pine to conical and ball-shaped pines.

Key words: Micromorphology, Tubular crystalloids, Cuticle, Ball-shaped pine, Conical-shaped pine

To observe the figures, refer to the Persian text.

References

- BARTHLOTT, W., NEINHUIS, C., CUTLER, D., DITSCH, F., MEUSEL, I., THEISEN, I. and WILHELMI, H. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular wax. *Botanical Journal of the Linnean Society* 126: 237-260.
- BIRD, S.M. and GRAY, J.E. 2003. Signals from the cuticle affect epidermal cell differentiation. *New Phytologist* 157: 9-23.
- CAMERON, K.D., TEECE, M.A., BEVILACQUA, E. and SMART, L.B. 2002. Diversity of cuticular wax among *Salix* species and *Populus* species hybrids. *J. Phytochemistry* 60: 715-725.
- GUIGNARD, G., POPA, M.E. and BARALE, G. 2004. Ultrastructure of early Jurassic fossil plant cuticles: *Pachypteris grandinarui* Popa. *Tissue and Cell* 36: 263-273.
- HAUKE, V. and SCHREIBER, L. 1998. Ontogenetic and seasonal development of wax composition and cuticular transpiration of Ivy (*Hedera helix* L.) sun and shade leaves. *Planta* 207: 67-75.
- JETTER, R. and RIEDERER, M. 2000. Composition of cuticular waxes on *Osmunda regalis* Fronds. *Journal of Chemical Ecology* 26 (2): 399-412.
- MATAS, A., SANZ, M.J. and HEREDIA, A. 2003. Studies on the structure of the plant wax nonacosan-10-ol, the main component of epicuticular wax conifers. *International Journal of Biological Macromolecules* 33: 31-35.

-
- MIRBADIN, A., SHEIBANI, H.A., MOHAMMADI, M. and MIRKAZEMI, S.Z. 1994. The physiological weakness causes of *Pinus eldarica* in Chitgar park. Research Institute of Forests & Rangelands Publication. Tehran, 61 pp. (In Persian).
- MIROV, N.T. 1967. The genus *Pinus*, University of California, Berkley, The Roland Press Company, New York, 602 pp.
- MÖSLE, B., COLLINSON, M.E., FINCH, P., STANKIEWICZ, B.A., SCOTT, A.C. and WILSON, R. 1998. Factors influencing the preservation of plant cuticles: a comparison of morphology and chemical composition of modern and fossil examples. *Pergamon* 29(5-7): 1369-1380.
- MÜLLER, C. and RIEDERER, M. 2005. Plant surface properties in chemical ecology. *Journal of Chemical Ecology* 31(11): 2621-2651.
- NEINHUIS, C., KOCH, K. and BARTHLOTT, W. 2001. Movement and regeneration of epicuticular waxes through plant cuticles. *Planta* 213: 427-434.
- SARDABI, H. 1989. Monograph on *Pinus eldarica*. Research Institute of Forests & Rangelands Publication. Tehran, 68-100 (In Persian).
- SCHREIBER, L., SCHORN, K. and HEIMBURG, T. 1997. ²H NMR study of cuticular wax isolated from *Hordeum vulgare* L. leaves: identification of amorphous and crystalline wax phases. *Eur. Biophys. J.* 26: 371-380.
- TOMASZEWSKI, D. 2004. The wax layer and its morphological variability in four european *Salix* species. *Flora* 199: 320-326.
- WHANG, S.S. and PAK, J.H. 2001. Cuticle micromorphology of leaves of *Pinus* (Pinaceae) from Mexico and Central America. *Botanical Journal of Linnean Society* 135: 349-373.
-

Addresses of the authors: F. SHAYANMEHR, Dr. S. Gh. JALALI and D. KARTOOLINEJAD, Natural Resource Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran and Dr. F. GHANATI, Plant Science Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.