جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳
ص ۴۳۷-۴۵۱

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۲/۲۶

بررسی تطبیقی آناتومی چوب چهار گونهٔ درختچه‌ای در منطقهٔ سراب

❖ **محمد امامی‌نسب؛** دانشجوی کارشناسی‌ارشد بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **رضا اولادی*؛** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

در این پژوهش، شباهت‌ها و تفاوت‌های آناتومی چوبِ چهار گونهٔ درختچه‌ای از منطقهٔ سراب استان آذربایجان شرقی برای درک بهتر تطبیق‌پذیری بافت چوبی با اقلیم خشکِ منطقه بررسی شد. این درختچه‌ها عبارت‌اند از: پرند (*Pteropyrum olivieri*)، نسترن کوهی (*Rosa canina*)، ارجنگ (*Rhamnus pallasii*)، و گز انگبین (*Tamarix gallica* L) که آناتومی چوب یکی از آن‌ها (سَردهٔ *Pteropyrum*) برای نخستین بار است که در جهان گزارش می‌شود. پس از تهیهٔ مقاطع میکروسکوپی از بافت چوبی و رنگ‌آمیزی آن‌ها، ویژگی‌های آناتومی چوب این گونه‌ها با هم مقایسه شدند. نتایج نشان دادند که بیشترین تشابه بین نسترن کوهی و پرند وجود دارد؛ در حالی که گزانگبین و ارجنگ کمترین شباهت‌های آناتومی چوب را با هم داشتند. ویژگی‌های آناتومی چوب این گونه‌ها که در مقابله با تنش‌های خشکی نقش دارند ـ بسته به نحوهٔ پراکنش درختچه‌ها در منطقهٔ مورد مطالعه ـ متفاوت بودند. از ویژگی‌های آن‌ها می‌توان به وجود و شدت ضخامت مارپیچی در آوندها، وجود تراکئیدهای آوندی/ دورآوندی، و اندازه و نحوهٔ چینش آوندها در حلقهٔ رویشی اشاره کرد. گونهٔ گز که فقط در حاشیهٔ آب‌گیر گسترش یافته بود کمترین تجهیزشدگی را برای مقابله با تنش خشکی در بافتش نشان داد. در حالی که درختچه‌های ارجنگِ رشدیافته در سخت‌ترین شرایط، بیشترین تطبیق‌پذیری را با شرایط خشک داشتند.

واژگان کلیدی: آوند، تراکئیدهای آوندی، ساختار چوب، ضخامت مارپیچی، فیزیولوژی درخت

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶-۳۲۲۴۹۳۱۱
Email: oladi@ut.ac.ir

مقدمه

مقایسهٔ آناتومی چوب فقط به دو طریق میسر می‌شود: شناسایی چوب و مطالعات تکاملی. مطالعات تکاملی خود به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود: آناتومی چوب سیستماتیک و آناتومی چوب اکولوژیکی [۱]. به طور کلی، بیشتر ویژگی‌های آناتومی چوب را می‌توان بر اساس اهمیت عملکردشان در استراتژی بقای گونه‌ها تفسیر کرد. در پهن‌برگان، این ویژگی‌ها در واقع تعادل بهینه‌ای است بین کارآمدی هدایت هیدرولیکی آب و مواد معدنی از ریشه به برگ‌ها، جلوگیری از مسدودشدن عناصر هادی چوب[1]، و حفظ استحکام مکانیکی درخت [۲]. حفظ این تعادل در مناطق خشک و سرد اهمیت بیشتری دارد، زیرا در این مناطق احتمال تشکیل حباب هوا در سیستم آوندی بیشتر است [۳]. در طی روند تکامل گیاهی، گونه‌های چوبی تغییراتی در آناتومی چوب خود ایجاد می‌کنند تا بیشترین سازگاری را با چنین اقلیم‌هایی داشته باشند. در چند دههٔ گذشته، پژوهش‌هایی که در صدد یافتن ارتباط بین آناتومی چوب و عوامل محیطی‌اند افزایش یافته است. با این حال، بیشتر این پژوهش‌ها بر گونه‌های درختی تمرکز یافته‌اند [۴]. ولی مطالعات آناتومی روی گونه‌های درختچه‌ای بسیار محدود بوده است [۵]؛ به‌خصوص در ایران، که بیشتر پژوهش‌ها و تألیفات انجام‌شده بر روی آناتومی چوب درختان در منطقهٔ هیرکانی متمرکز بوده است [۶]. چون درختچه‌ها معمولاً در محیط‌هایی غالب می‌شوند که شرایط رویشگاهی و اقلیمی مساعدی ندارند، این گیاهان باید با شرایط آب و هوایی که در آن رشد می‌کنند سازگاری مناسبی داشته باشند [۷]. از این رو، با وجود شباهت‌های آناتومی چوب دو گونه از یک سَردهٔ درختچه‌ای که در دو منطقهٔ جغرافیایی متفاوت رشد کرده‌اند، تفاوت‌های معنی‌داری هم بین ساختار چوب آن‌ها برای دستیابی به سازگاری حداکثری با محیط دیده شده است [۸].

بخش زیادی از درختان و درختچه‌های کشور در مناطق خشک و در قلمرو رویش گیاهی ایرانی و تورانی قرار دارند [۹]. منطقهٔ رویشی ایرانی و تورانی به چند زیرحوزه تقسیم شده که یکی از آن‌ها زیرحوزهٔ آتروپاتنی است. پوشش گیاهی در این زیرحوزه اساساً شامل گیاهان خشکی‌زی (گزروفیت)[2] است که این ویژگی از غرب به شرق و از شمال به جنوب به‌تدریج افزایش می‌یابد. ویژگی بارز این زیرحوزه وجود انواع گوناگونی از درختچه‌زارها و درخت‌زارهای تنک است [۱۰]. از میان درختچه‌های متنوع موجود در این حوزه، چهار درختچه که در منطقهٔ مورد بررسی (سراب) گستردگی بیشتری داشتند برای این پژوهش انتخاب شدند. این چهار درختچه عبارت‌اند از: پرند (*Pteropyrum olivieri*)، گز انگبین (*Tamarix gallica* L)، نسترن کوهی (*Rosa canina* L.)، و ارجنگ (*Rhamnus pallasii*) که در ادامه به‌اختصار شرح داده می‌شوند.

سَردهٔ پرند (*Pteropyrum*) چهار یا پنج گونه در آسیانهٔ میانه و جنوب غرب آسیا دارد که سه گونهٔ آن در ایران است. این درختچه در ایران پراکنش چشمگیری در اغلب رویشگاه‌های بیابانی دارد [۱۱]. با این حال، ویژگی‌های آناتومی چوب این سَرده تاکنون در هیچ منبع علمی داخلی یا بین‌المللی و حتی در بانک اطلاعات آناتومی چوب، insidewood، گزارش نشده است.

سَردهٔ گز (*Tamarix*) شامل ۵۰-۶۰ گونه در اوراسیا و افریقاست [۵]. گز در ایران نیز گونه‌های متعددی دارد و اغلب آن‌ها مخصوص نواحی استپی و

1. Cavitation

2. Xerophyte

شوره‌زارند. گز دو اثر نامطلوب برای محیطی دارد که در آن رشد می‌یابد: افزایش شوری خاک و افزایش مصرف آب [۱۲]. با این حال، برای تثبیت شن و تثبیت بستر رودخانه‌ها استفاده می‌شود. گز انگبین یا گز معمولی در مناطق مرطوبی چون کنارهٔ رودخانه‌ها رشد کرده و در غرب و شمال غربی ایران پراکنده است. شایان ذکر است از آنجا که شناسایی دقیق و تمایز گونه‌های درختچه‌ای گز مشکل است، دربارهٔ حضور این گونهٔ گز در شمال غربی ایران در بین پژوهشگران اختلاف نظر وجود دارد. با این حال، در این پژوهش، نمونهٔ مورد بررسی گز انگبین شناسایی شد.

سَردهٔ رز (Rosa) شامل حدود ۱۹۰ گونهٔ درختچه‌ای است که به‌طور گسترده‌ای در سرتاسر رویشگاه‌های معتدل و نیمه‌استوایی نیمکرهٔ شمالی رشد می‌یابند [۱۳]. این سَرده در ایران نیز گونه‌های متعددی دارد. بعضی از آن‌ها در ارتفاعات و جنگل‌های خزر می‌رویند و بعضی مخصوص نواحی استپی‌اند. تشخیص آن‌ها به‌علت داشتن ارقام و واریته‌های متعدد مشکل است [۱۴]. نسترن کوهی (*Rosa canina* L.) گونه‌ای از این سَرده است که در مناطق خشک، دشت‌های سنگی، و مراتع رشد می‌کند. این درختچه بومی اروپا و رشته‌کوه‌های البرز در ایران است و با توجه به اقلیم محلی ارتفاعی بین ۳ تا ۵ متر می‌یابد [۱۵].

سَردهٔ رامنوس (Rhamnus) شامل ۱۵۰ گونه است که به شکل درختچه یا درختان کوچک‌اند. سَردهٔ رامنوس به‌طور کامل جزء گیاهان دارویی شناخته شده است و برای اهداف درمانی استفاده می‌شود. این سَرده در نقاط گوناگون ایران می‌روید و گونه‌های متفاوت آن خواه در جنگل‌های شمال و خواه در نقاط استپی کشور انتشار دارد. *Rhamnus pallasii* درختچه‌ای است با ساقه‌های خارمانند و برگ‌های باریک که از یک نقطه خارج می‌شوند [۱۴].

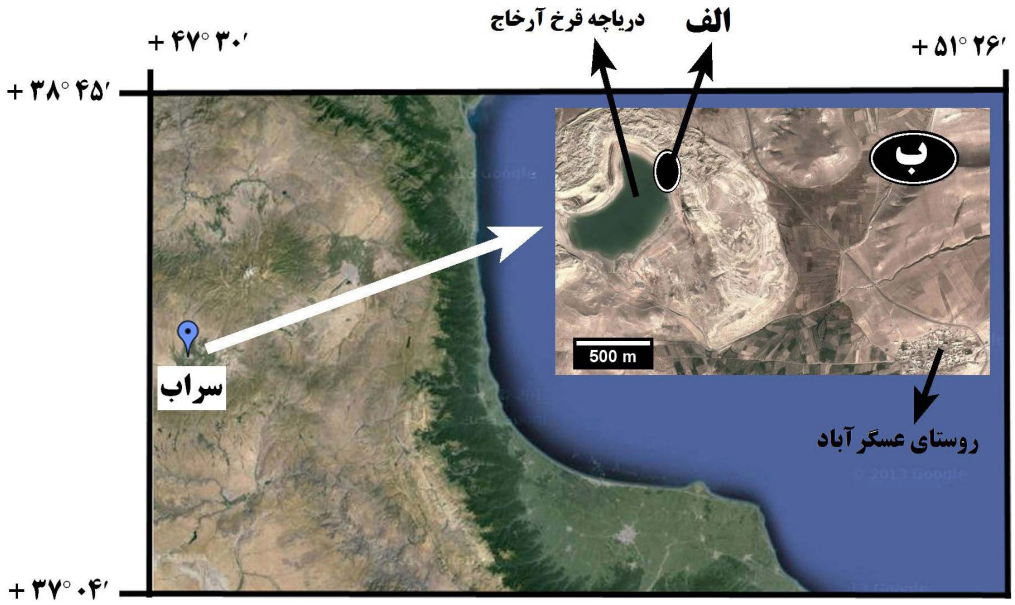
با توجه به اهمیت درختچه‌ها در بوم‌سازگان، از جمله مقاومت در برابر شرایط محیطی سخت، به‌خصوص شوری و خشک‌سالی، افزایش دوام خاک، اصلاح ریزاقلیم، و اصلاح هوای نزدیک سطح خاک، بررسی این گونه‌ها از جنبه‌های گوناگون ضروری است. همچنین، تشریح چوب آن‌ها لازم به‌نظر می‌رسد. علاوه بر این، بررسی آناتومی چوب این گونه‌ها در مناطقی از ایران که کمتر به آن‌ها توجه شده می‌تواند به تکمیل بانک اطلاعاتی تشخیص چوب در سطح ملی و بین‌المللی کمک کند. در نهایت، پژوهش‌هایی که از منظر اکولوژی و به شکل تطبیقی، آناتومی چوب چندین گونهٔ چوبی را در یک منطقه مقایسه می‌کنند به فهم ارتباط بین ویژگی‌های آناتومی و اقلیم کمک می‌کنند.

بنابراین، هدف این پژوهش بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های آناتومی چهار گونهٔ درختچه‌ای از زیرحوزهٔ آتروپاتنی است که در شرایط آب و هوایی یکسان ولی شرایط رویشگاهی متفاوت (میزان دسترسی متفاوت به آب و ریزاقلیم‌های متفاوت) رشد کرده‌اند.

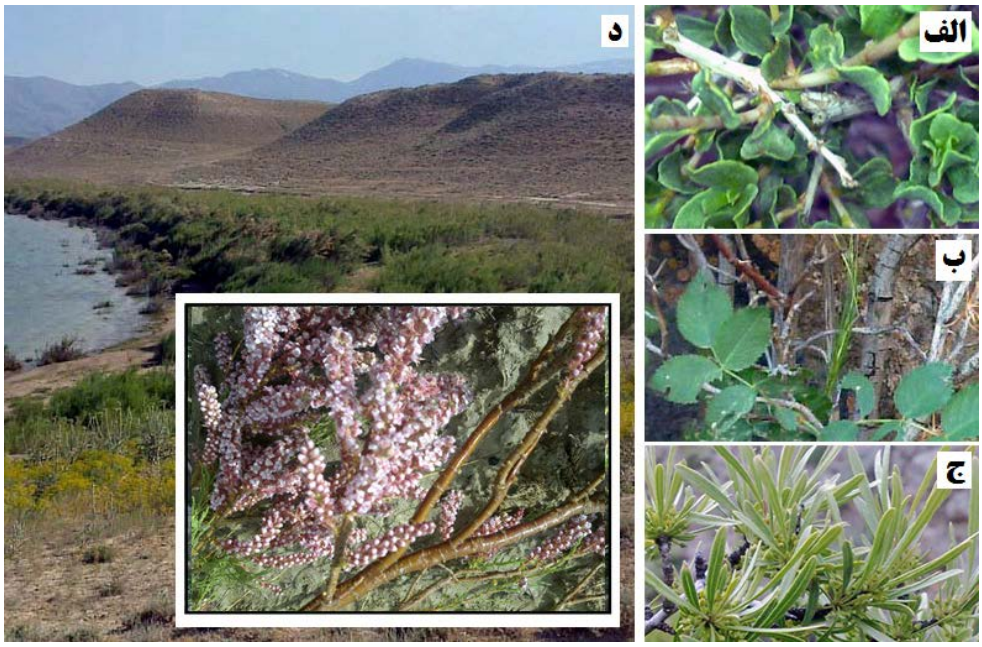
مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه به نام قرخ آرخاج در پانزده کیلومتری شرق شهرستان سراب قرار دارد (۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه طول و ۳۷ درجه و ۵۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ۱۶۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا). منطقهٔ سراب، به‌سبب قرارگرفتن بین دو رشته‌کوه بزقوش در جنوب و ارتفاعات سبلان در شمال، آب و هوای کوهستانی با تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد دارد و از نقاط سردسیر کشور به‌شمار می‌رود. تعداد روزهای یخبندان در این منطقه ۱۵۰ روز در سال، مقدار بارندگی سالانهٔ آن ۲۴۳ میلی‌متر، و میانگین

سالیانهٔ دمای هوا ۸/۶ درجهٔ سانتی‌گراد است (ایستگاه هواشناسی سراب، دورهٔ ۱۳۶۶-۱۳۸۴). اقلیم این منطقه فراسردِ نیمه‌خشک است. سد خاکیِ قرخ آرخاج در منطقهٔ مورد مطالعه واقع شده است (شکل‌های ۱ و ۲ د). این سد چندین سال پیش، با عملیات خاک‌برداری و با هدف تأمین آبِ چند روستا ایجاد شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد بررسی. گونهٔ گز انگبین از منطقهٔ «الف»، و درختچه‌های پرند، نسترن کوهی، و ارجنگ از منطقهٔ «ب» جمع‌آوری شدند.



شکل ۲. برگ یا گل درختچه‌های مورد بررسی. الف) پرند؛ ب) نسترن کوهی؛ ج) ارجنگ؛ د) گز انگبین (سد خاکی قرخ آرخاج در شرق شهرستان سراب در سمت چپ تصویرِ د مشخص است).

چهار گونهٔ درختچه‌ای از این ناحیه انتخاب شدند (شکل ۲). یکی از گونه‌ها، یعنی گز انگبین، فقط در حاشیهٔ سد رشد یافته بود و گونه‌های دیگر همگی دور از سد و در بین صخره‌ها دیده می‌شدند. بر اساس ویژگی‌های مورفولوژی گیاهی، این گونه‌ها پرند، نسترن کوهی، و ارجنگ شناسایی شدند. پس از تهیهٔ تصاویری از این درختچه‌ها، از قسمت میانی ساقه‌های آن‌ها به اندازهٔ ۱۰-۳۰ سانتی‌متر بریده شد. ساقه‌هایی انتخاب شدند که به‌صورت صاف و عمودی رشد کرده و عاری از هر گونه آسیب مکانیکی و زیستی بودند.

ساقه‌ها به‌همراه چندین نمونه برگ و گل به آزمایشگاه بیولوژی و آناتومی چوب دانشگاه تهران منتقل شدند و از هرکدام از نمونه‌ها چند دیسک کوچک بریده شد و برای نرم‌شدن به مدت ۲۴ ساعت داخل آب مقطر قرار گرفتند. پس از نرم‌شدن بافت نمونه‌ها به کمک میکروتوم لغزشی، از قسمت بیرونی چوب (نزدیک پوست) هرکدام از گونه‌ها، مقاطع شعاعی، مماسی، و عرضی به ضخامت تقریبی ۱۰ µm تهیه شد و پس از انجام مراحل شست‌وشو در آب ژاول و رنگ‌آمیزی با سافرانین ۰/۵ درصد محلول در آب، سایر مراحل نیز طبق روش [۶] انجام شد. لام‌های تهیه‌شده برای تثبیت کامل چسب به مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه در محیط اتاق قرار داده شدند و سپس عکس‌برداری و مطالعات میکروسکوپی بر روی آن‌ها انجام شد. در آخر، با نرم‌افزار Image J مقیاس‌گذاری عکس‌ها و اندازه‌گیری‌های کمی انجام گرفت. ویژگی‌های میکروسکوپی نمونه‌ها بر اساس فهرست ویژگی‌های میکروسکوپی برای شناسایی پهن‌برگان انجمن بین‌المللی آناتومی چوب[1] [۴] بررسی شدند. در نهایت، تعداد شباهت‌های ویژگی‌های آناتومی گونه‌های مورد بررسی به‌صورت دو به دو و در گروه‌های سه‌تایی شمرده شدند.

برای وابری الیاف، تراشه‌های چوبی در ابعاد چوب کبریت، به‌طور تصادفی از قسمت‌های بیرونی ساقهٔ نمونه‌ها انتخاب و از روش فرانکلین [۱۶] استفاده شد. پس از رنگ‌آمیزی الیاف وابری‌شده، به اندازهٔ خیلی کم و تکرار ۵ بار، از محلول الیاف وابری‌شده بر روی لام ریخته شد و پس از گذاشتن لامل بر روی آن بلافاصله در زیر میکروسکوپ مشاهده و عکس‌برداری شدند. استخراج داده‌های کمی موجود در فهرست شناسایی انجمن بین‌المللی آناتومی چوب مثل طول، قطر آوند و فیبر، و مانند آن‌ها به کمک نرم‌افزار Image J انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های میکروسکوپی چهار گونهٔ درختچه‌ای مورد بررسی، بر اساس فهرست ویژگی‌های میکروسکوپی برای شناسایی پهن‌برگان (انجمن بین‌المللی آناتومی چوب) در جدول ۱ آمده است. تعداد ویژگی‌های مشترک آناتومی چوب گونه‌های مورد بررسی در حالت مقایسهٔ دو گونه با هم در جدول ۲ آمده است. بیشترین تشابه بین نسترن کوهی و پرند دیده شد. در حالی که گز انگبین و ارجنگ کمترین تشابهات آناتومی چوب را با هم داشتند. در حالت گروه‌بندی سه‌تایی گونه‌ها، گروه نسترن‌کوهی و پرند و ارجنگ با ۱۵ ویژگی مشترک و گروه گز انگبین و ارجنگ و نسترن کوهی با ۹ ویژگی مشترک به‌ترتیب بیشترین و کمترین گروه مشابه بودند.

1. IAWA

جدول ۱. ویژگی‌های آناتومی چوب گونه‌های درختچه‌ای مورد بررسی (شمارهٔ ویژگی بر اساس شمارهٔ ارائه‌شده در فهرست شناسایی پهن‌برگان تهیه‌شده از سوی انجمن بین‌المللی آناتومی چوب است).

شمارهٔ ویژگی	نام علمی / نام فارسی	Rosa canina / نسترن کوهی	Rhamnus pallasii / ارجنگ	Pteropyrum olivieri / پرند	Tamarix gallica / گز انگبین
	حلقهٔ رشد				
۱	حلقهٔ رشد مشخص	+	+	+	+
	تخلخل				
۳	چوب بخش روزنه‌ای	+		+	
۴	چوب نیمهٔ بخش روزنه‌ای	+		+	+
۵	چوب پراکندهٔ آوند		+		
	چیدمان آوند				
۷	الگوی مورب یا شعاعی		+		
۸	الگوی شعله‌ای		+		
	گروه‌بندی آوندها				
۹	آوندها غالباً منفرد (۹۰ درصد یا بیشتر)	+		+	+
۱۱	آوندها عموماً خوشه‌ای		+		
	شکل کلی آوندهای منفرد				
۱۲	گوشه‌دار	+	+		
	دریچهٔ آوندی				
۱۳	ساده	+	+	+	+
	منافذ بین آوندی: چیدمان و اندازه				
۲۲	منافذ بین آوندی متناوب	+	+	+	+
۲۳	شکل منافذ بین آوندی چندضلعی		+		
۲۴	بسیار ریز: کوچک‌تر از ۴ میکرون	+			
۲۵	کوچک: بین ۴ تا ۷ میکرون	+	+	+	+
۲۶	متوسط: بین ۷ تا ۱۰ میکرون	+	+	+	
۲۷	درشت: بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون	+			
	منافذ بین آوند و اشعه				
۳۰	منافذ بین آوند و اشعه با هالهٔ مشخص؛ مشابه منافذ بین آوندی	+		+	+
۳۱	منافذ بین آوند و اشعه با هالهٔ تحلیل‌رفته تا ساده: شکل منافذ گرد یا گوشه‌دار		+		
	ضخامت مارپیچی				
۳۶	حضور ضخامت مارپیچی در آوند	+	+	+	

ادامه جدول ۱. ویژگی‌های آناتومی چوب گونه‌های درختچه‌ای مورد بررسی (شمارهٔ ویژگی بر اساس شمارهٔ ارائه‌شده در فهرست شناسایی پهن‌برگان تهیه‌شده از سوی انجمن بین‌المللی آناتومی چوب است).

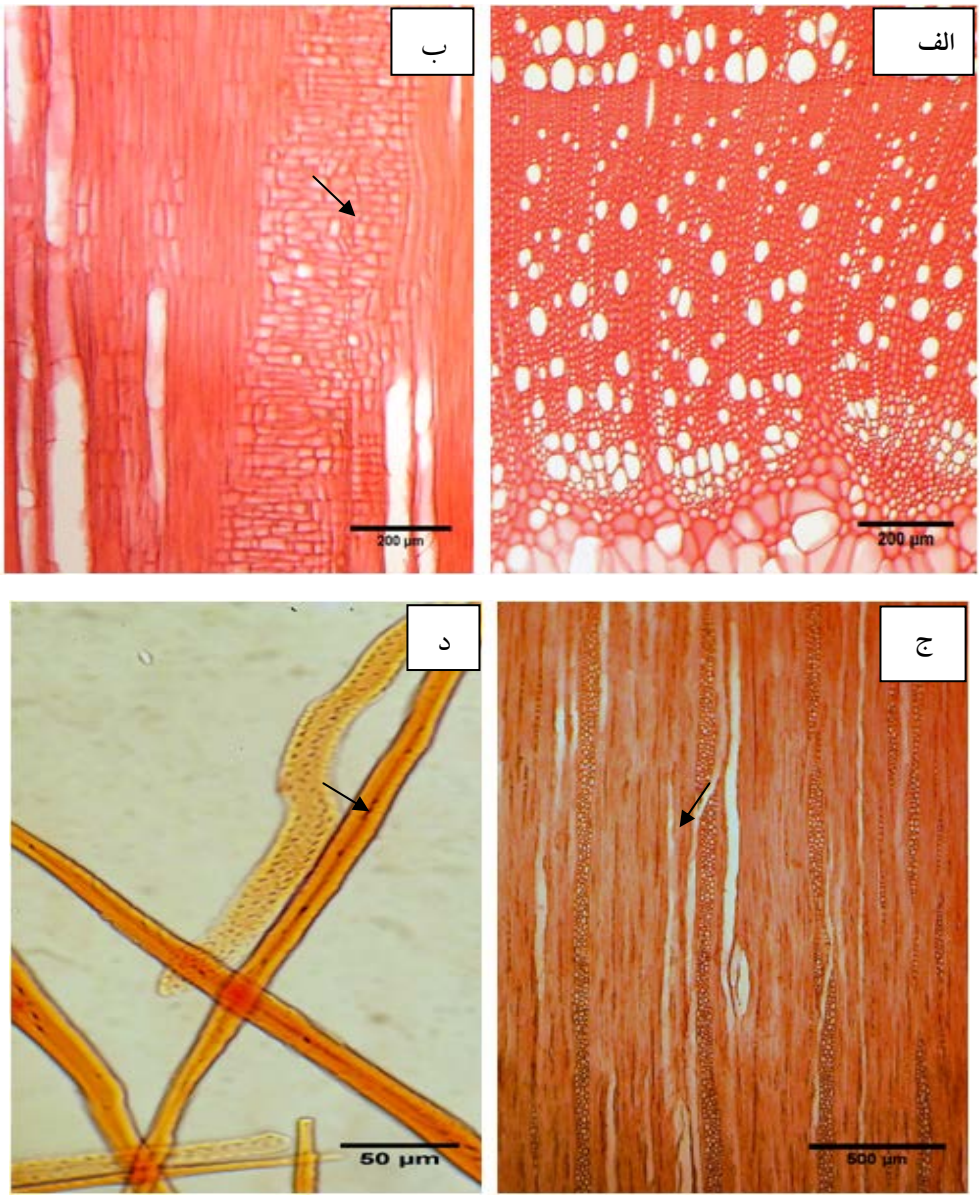
شمارهٔ ویژگی	نام علمی	Rosa canina	Rhamnus pallasii	Pteropyrum olivieri	Tamarix gallica
	نام فارسی	نسترن کوهی	ارجنگ	پرند	گز انگبین
۳۷	ضخامت مارپیچی در سرتاسر عنصر آوندی		+		
۳۹	ضخامت مارپیچی فقط در عناصر آوندی باریک‌تر	+		+	
	میانگین قطر مماسی حفره‌های آوندی				
۴۰	کمتر از ۵۰ میکرون	+	+	+	+
۴۱	بین ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون	+		+	+
۴۲	بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرون				+
۴۵	عناصر آوندی در ۲ سایز قطری گوناگون، چوب بخش روزنه‌ای نیست.	+			
	تعداد عناصر آوندی در هر میلی‌متر مربع سطح				
۴۸	۲۰ تا ۴۰ آوند				+
۴۹	۴۰ تا ۱۰۰ آوند			+	+
۵۰	بیش از ۱۰۰ آوند	+		+	+
	میانگین طول آوند				
۵۲	کمتر از ۳۵۰ میکرون	+	+	+	+
۵۳	بین ۳۵۰ تا ۸۰۰ میکرون	+			
	تیل و رسوبات داخل عناصر آوندی				
۵۸	صمغ و سایر رسوبات در داخل عناصر آوندی چوب درون				+
	تراکئیدها و فیبرها				
۶۰	حضور تراکئیدهای آوندی/ دورآوندی	+	+	+	
	فیبرهای بافت زمینه				
۶۱	فیبرها با منافذ ساده تا هاله‌ای کوچک	+	+	+	+
۶۳	منافذ روی هر دو دیوارهٔ شعاعی و مماسی فیبرها وجود دارند.	+			
	فیبرهای تقسیم‌شده و نوارهای فیبری شبیه پارانشیم				
۶۵	حضور فیبرهای تقسیم‌شده			+	
۶۶	حضور فیبرهای تقسیم‌نشده (معمولی)	+	+		+
	ضخامت دیوارهٔ فیبر				
۶۹	فیبرها با دیوارهٔ نازک تا ضخیم	+	+	+	+
۷۰	فیبرها با دیوارهٔ بسیار ضخیم		+		
	میانگین طول فیبر				

ادامه جدول ۱. ویژگی‌های آناتومی چوب گونه‌های درختچه‌ای مورد بررسی (شمارهٔ ویژگی بر اساس شمارهٔ ارائه‌شده در فهرست شناسایی پهن‌برگان تهیه‌شده از سوی انجمن بین‌المللی آناتومی چوب است).

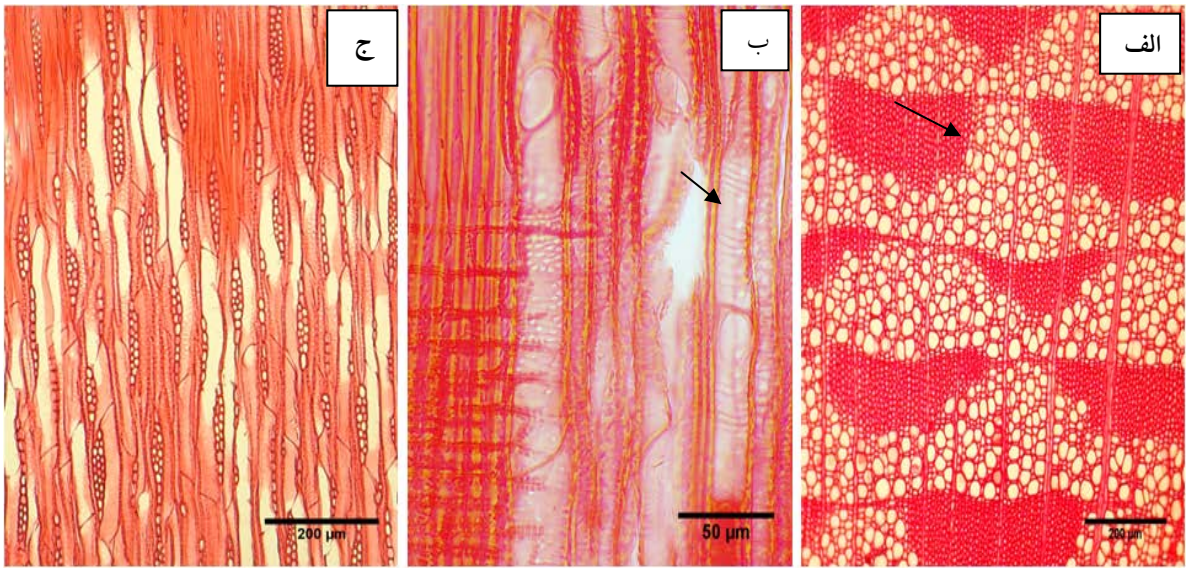
شمارهٔ ویژگی	نام علمی / نام فارسی	Rosa canina / نسترن کوهی	Rhamnus pallasii / ارجنگ	Pteropyrum olivieri / پرند	Tamarix gallica / گز انگبین
۷۱	کمتر و مساوی با ۹۰۰ میکرون	+	+	+	+
۷۲	بین ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ میکرون	+			
	پارانشیم‌های محوری آوندگریز				
۷۶	پارانشیم‌های محوری پراکنده	+			+
	پارانشیم‌های محوری آوندگرا				
۷۸	همراه آوندی نامشخص	+	+	+	
۷۹	گردآوندی				+
	نوع سلول‌های پارانشیم‌های طولی/ طول رشتهٔ پارانشیم				
۹۰	پارانشیم‌های طولی دوکی‌شکل	+			+
۹۱	دو سلول در هر رشته پارانشیم	+	+	+	
۹۲	چهار (۳-۴) سلول در هر رشته پارانشیم	+		+	
۹۳	هشت (۵-۸) سلول در هر رشته پارانشیم	+		+	
۹۴	بیش از هشت سلول در هر رشته پارانشیم		+		
	پهنای اشعه				
۹۷	از ۱ تا ۳ سلول	+	+	+	
۹۸	اشعه‌های بزرگ معمولاً ۴ تا ۱۰ ردیفه	+			+
	ارتفاع اشعه				
۱۰۲	بیش از ۱ میلی‌متر	+			+
	ترکیب سلولی اشعه				
۱۰۴	تمام سلول‌های اشعه از نوع خوابیده		+		
۱۰۶	سلول‌های بدنهٔ اشعه از نوع خوابیده با یک ردیف سلول‌های مربعی/ ایستاده در حاشیهٔ اشعه		+		
۱۰۹	سلول‌های خوابیده، ایستاده، و مربعی مخلوط با هم در اشعه به صورت ترکیبی	+		+	+
	دیوارهٔ سلول‌های اشعهٔ منگنه‌مانند (دارای دیواره‌های گسسته)				
۱۱۳	دیوارهٔ سلول‌های اشعهٔ منگنه‌مانند (دارای دیواره‌های گسسته)	+			
	تعداد اشعه در هر میلی‌متر				
۱۱۴	کمتر یا مساوی ۴ عدد	+			+
۱۱۵	بین ۴ تا ۱۲ عدد				
۱۱۶	بیشتر یا مساوی ۱۲ عدد		+	+	
	ساختار مطبق				
۱۲۰	پارانشیم‌های محوری/ عناصر آوندی حالت مطبق دارند.				+

جدول ۲. تعداد ویژگی‌های مشترک آناتومی چوب گونه‌های مورد بررسی

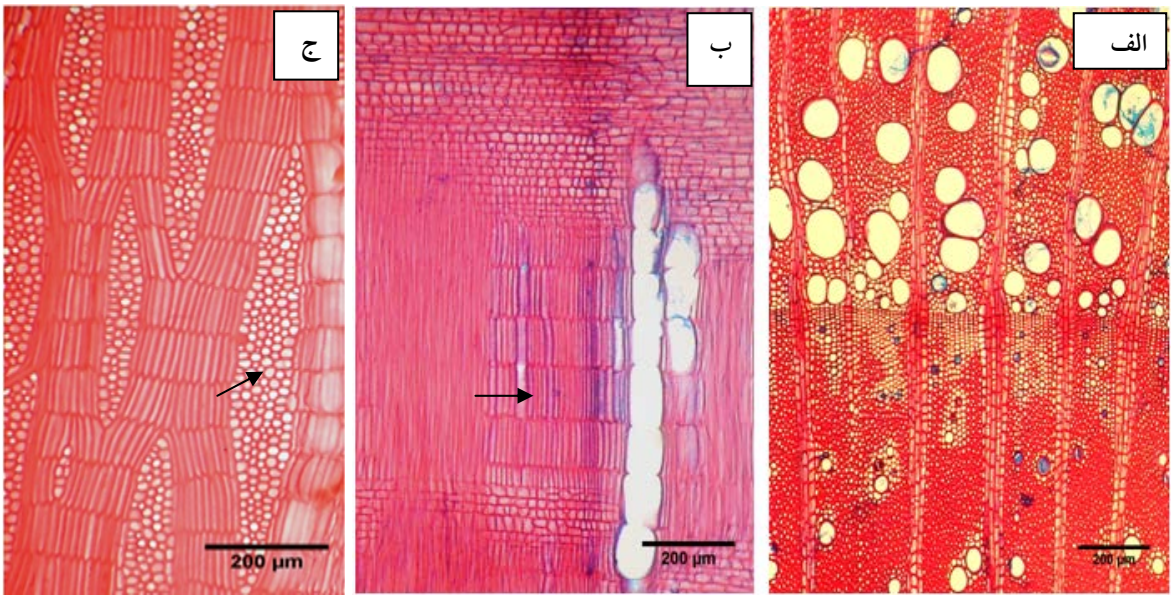
	پرند	ارجنگ	گز انگبین
نسترن کوهی	۲۴	۱۷	۲۱
پرند		۱۶	۱۶
ارجنگ			۱۰



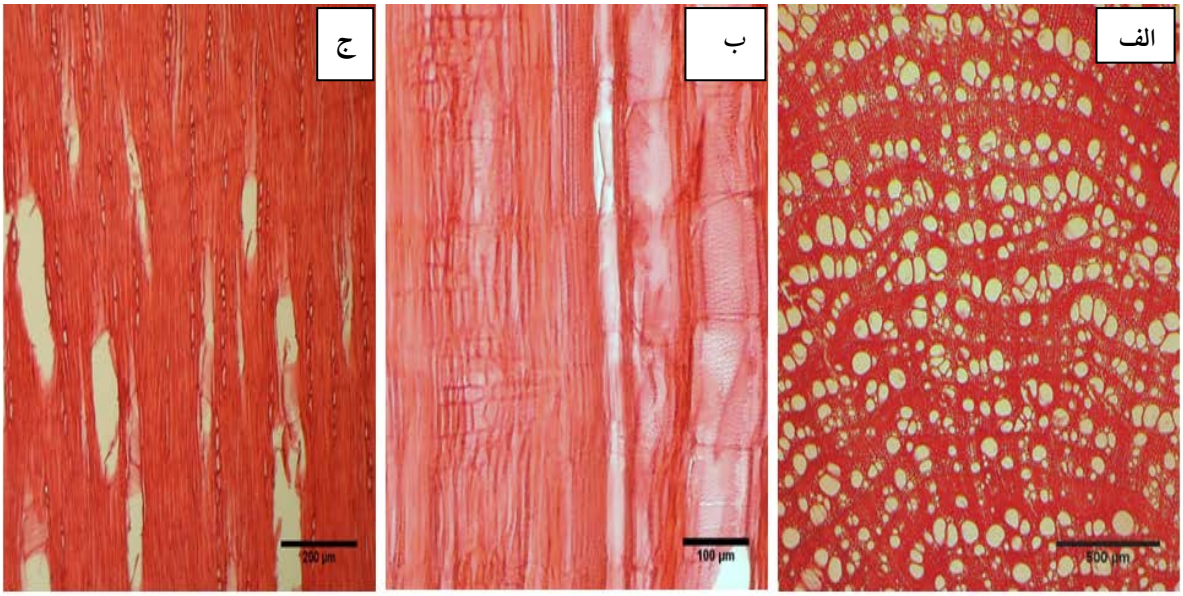
شکل ۳. مقاطع میکروسکوپی گونهٔ نسترن کوهی (Rosa canina). الف) مقطع عرضی؛ ب) اشعهٔ ناهمگن (فلش) در مقطع شعاعی؛ ج) اشعهٔ خیلی بلند (فلش) در مقطع مماسی؛ د) تراکئید دورآوندی (فلش) در الیاف وابری‌شده



شکل ۴. مقاطع میکروسکوپی گونهٔ ارجنگ (Rhamnus pallasii). الف) گروه‌بندی آوندها به‌صورت خوشه‌ای (فلش) در مقطع عرضی؛ ب) ضخامت مارپیچی (فلش) بر روی دیوارهٔ آوندها در مقطع شعاعی؛ ج) مقطع مماسی



شکل ۵. مقاطع میکروسکوپی گونهٔ گز انگبین (Tamarix gallica). الف) مقطع عرضی؛ ب) پارانشیم‌های دوکی‌شکل (فلش) در مقطع شعاعی؛ ج) سلول‌های پارانشیمی دوکی‌شکل (فلش) در مقطع مماسی



شکل ۶. مقاطع میکروسکوپی گونهٔ پرند (Pteropyrum olivieri). الف) مقطع عرضی؛ ب) مقطع شعاعی؛ ج) مقطع مماسی.

بحث و نتیجه‌گیری

بسیاری از ویژگی‌های آناتومی چوب جزء خصایص ذاتی آن گونه محسوب می‌شوند و با تغییرات کوتاه‌مدت اقلیمی تغییر نمی‌کنند، ولی این ویژگی‌ها در واقع نتیجهٔ تطبیق درازمدت گونه با اقلیم منطقهٔ رویشی در طی روند تکامل است [۳، ۱۷]. هر عضو گیاه به‌طور ایده‌آل برای انجام فرایندهای فیزیولوژیکی در شرایط محیطی خاصی طراحی شده است. در محیط‌های خشک، بقای گیاه به توانایی‌اش در هماهنگ‌کردن ساختار و عملکرد برای مقاومت در برابر خشکی بدون وجود آسیب دائمی بستگی دارد [۱۸]. تغییرات ساختاری که در گیاهان برای رسیدن به این هدف رخ می‌دهد عمدتاً مربوط به نگه‌داری آب (ذخیرهٔ آب و کاهش از دست دادن آن) و استحکام مکانیکی بافت‌هاست [۱۹]. اختلاف‌ها و شباهت‌های آناتومی چوب این چهار گونهٔ درختی مذکور را می‌توان تا حدودی از این منظر تفسیر کرد. در میان درختچه‌های مورد بررسی فقط گز انگبین در حاشیهٔ آب‌گیر رشد کرده است. تفاوت نیازمندی‌های اکولوژیکی این گونه در مقایسه با سه گونهٔ دیگر در بافت چوبی آن تجلی یافته و باعث شده که آناتومی چوب این درختچه بیشترین تفاوت را با دیگر درختچه‌های آن منطقه از خود نشان دهد. از مهم‌ترین این تمایزها می‌توان به وجود صمغ و سایر رسوبات در داخل عناصر آوندی چوب درون، بزرگ‌تربودن قطر آوندها، وجود پارانشیم‌های محوری مطبق، وجود پارانشیم‌های محوری گردآوندی، نبود تراکئیدهای آوندی/ دورآوندی، و نبود ضخامت مارپیچی در گونهٔ گز انگبین اشاره کرد.

یک ویژگی مهم چوب‌های مناطق خشک و سرد وجود ضخامت‌های مارپیچی در آوندهاست. در چوب‌های این مناطق، ضخامت مارپیچی باعث افزایش مقاومت مکانیکی آوند می‌شود [۲۰]. علاوه بر افزایش مقاومت‌های مکانیکی، پیکرهٔ مارپیچی با افزایش سطح دیوارهٔ آوند و در نتیجه افزایش سطح اتصال آب به دیواره [۲۱، ۲۲] باعث جلوگیری از وقوع و گسترش حباب هوا در آوند می‌شود [۲۳]. در آوندهای سه گونهٔ پرند، نسترن کوهی، و ارجنگ

ضخامت مارپیچی دیده شد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که خشک و سردبودن اقلیم منطقهٔ مورد بررسی باعث شده فقط گونه‌هایی که آوندهایشان به‌واسطهٔ وجود ضخامت مارپیچی امکان مقابله با تنش خشکی را دارند در آن منطقه گسترش یابند. از سوی دیگر، گز انگبین به‌دلیل مجهزنبودن به ضخامت مارپیچی فقط در مکان‌هایی رشد یافته که خطر تنش خشکی حداقل است. علاوه بر این، دسترسی راحت‌تر این درختچه به آب باعث شده که امکان بزرگ‌تربودن اندازهٔ آوندهایش در مقایسه با دیگر گونه‌ها فراهم باشد، زیرا خطر انسداد جریان انتقال آب و ازکارافتادگی آوندهای درشت‌تر تحت شرایط خشک‌تر بیشتر است [۲۴، ۲۵]. کوچک‌تربودن آوندهای سه گونهٔ دیگر، خطر ایجاد حباب هوا در آن‌ها را کاهش می‌دهد و کم‌بودن مساحت آوندها در این گونه‌ها با افزایش تعدادشان در واحد سطح جبران می‌شود [۲۵].

حضور تراکئیدهای آوندی در درختچه‌های خزان‌کنندهٔ مناطق خشک بسیار محتمل است [۳]. این عناصر سلولی که در مجاورت آوندهای چوب پایان دیده می‌شوند آخرین و قوی‌ترین سد دفاعی حلقهٔ رویشی برای جلوگیری از انسداد کامل جریان انتقال آب محسوب می‌شوند. اگر گونه‌های دارای تراکئید آوندی در مناطقی رشد بیابند که در انتهای فصل رویش تحت تنش خشکی قرار بگیرند، بیشتر آوندهای حلقهٔ رویشی ممکن است به‌طور کامل مسدود شوند [۲۶]. از این رو، نقش تراکئیدهای آوندی در انتقال آب در چنین شرایطی بیشتر می‌شود. وجود تراکئیدهای آوندی در سه گونهٔ پرند، نسترن کوهی، و ارجنگ و نبودن آن در گز انگبین تأیید دیگری بر این واقعیت است که بافت چوبی سه گونهٔ نخست برای مقابله با تنش‌های خشکی مجهزترند.

صمغ موجود در آوندهای گز انگبین از پارانشیم‌های گردآوندی این گونه به درون آوندها ترشح می‌شود. این نوع پارانشیم‌ها در سه گونهٔ دیگر بررسی‌شده دیده نشد. دربارهٔ نقش فیزیولوژی پارانشیم‌های همراه آوندی نظرهای متفاوتی وجود دارد. زیمرمان[1] اعلام کرد که این نوع پارانشیم‌های محوری نقشی مانند تراکئیدهای آوندی/ دورآوندی دارند و به انتقال ایمن سیال و جلوگیری از انسداد آوندها کمک می‌کنند [۲]. با این حال، بعدها ماوسس و همکاران[2] این نظریه را رد کردند [۲۷]. با توجه به مشاهدات این پژوهش نیز نقش پارانشیم‌های گردآوندی در افزایش ایمنی هدایت آب تأیید نمی‌شود، زیرا در سه گونه‌ای که بیشترین تطابق آناتومی چوب با شرایط تنش خشکی را از خود نشان دادند (پرند، نسترن کوهی، و ارجنگ) این نوع پارانشیم‌ها دیده نشد؛ در حالی که در گز کوهی که بافت چوبی‌اش ویژگی‌های حفاظتی کمتری دارد به‌وفور حضور داشت.

گونهٔ ارجنگ در مقایسه با دیگر درختچه‌های مورد بررسی در سخت‌ترین شرایط توپوگرافی زمین نیز رشد یافته بود. این گونه در بین تخته‌سنگ‌ها و مکان‌های صعب‌العبوری که دیگر درختچه‌ها امکان رشد نداشتند نیز دیده می‌شد. قابلیت تطبیق این درختچه با سخت‌ترین شرایط رویشگاهی ناشی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد بافت چوبی آن است. استراتژی متفاوت بقای این درختچه در مقایسه با دیگر گونه‌های مورد بررسی و به‌خصوص گز انگبین ـ که در مناطق مناسب‌ترِ رویش گسترش یافته بود ـ باعث شده است که از منظر آناتومی چوب نیز بیشترین تفاوت را با گز انگبین نشان دهد. از ویژگی‌های منحصربه‌فرد ارجنگ که در بقیهٔ گونه‌ها دیده نشد می‌توان به گروه‌بندی خوشه‌ای آوندها و

1. Zimmermann
2. Mauseth

وجود ضخامت مارپیچی در تمام آوندها اشاره کرد. گروه‌بندی خوشه‌ای آوندها در مقایسه با آوندهای منفرد قابلیت بیشتری برای مقابله با پدیدهٔ انسداد آوندی، به‌خصوص در مناطق خشک و صحرا، دارد [۲۱]. اگر یک عنصر آوندی در مجموعه آوندهایی که به شکل گروهی استقرار یافته‌اند مسدود شود، آوندهای فعال مجاور جریان انتقال آب را همچنان حفظ خواهند کرد. این فرضیه به‌طور عملی نیز به اثبات رسیده است [۱۸]. از طرف دیگر، ضخامت مارپیچی ـ که پیش از این در مورد اهمیت آن در مقابله با تنش خشکی بحث شد ـ در تمام آوندهای ارجنگ دیده شد؛ در حالی که در دو گونهٔ پرند و نسترن کوهی، این ویژگی فقط در آوندهای باریک‌تر (چوب پایان) وجود داشت و آوندهای درختچهٔ گز اصلاً دارای ضخامت مارپیچی نبودند. این دو ویژگی مهم آناتومی چوب در گونهٔ ارجنگ نشان می‌دهد که چوب این درختچه در مقایسه با گونه‌های دیگر بیشترین امکان مقابله با تنش‌های خشکی را داشته و این قابلیت، امکان رشد آن را در سخت‌ترین ریزاقلیم‌ها فراهم کرده است.

در این پژوهش، علاوه بر معرفی سیستماتیک آناتومی چوب چهار گونهٔ درختچه‌ای ایران که ویژگی‌های یکی از آن‌ها (سَردهٔ پرند ـ *Pteropyrum*) برای نخستین بار در جهان گزارش می‌شود، تلاش شد از منظر بوم‌شناسی برخی اختلاف‌های ساختار چوب این گونه‌ها تحلیل و بررسی شود. در این راستا، بیشتر به ویژگی‌هایی پرداخته شد که نقش فیزیولوژیکی آن‌ها در تطبیق با اقلیم ـ به‌خصوص تنش‌های خشکی ـ شناخته‌شده‌تر و مهم‌ترند. دیگر شباهت‌ها یا اختلاف‌های آناتومی چوب این گونه‌ها بیشتر از منظر تبارزایی (فیلوژنی)[1] قابل تفسیر بوده که در چهارچوب توانایی و اهداف این پژوهش قرار نمی‌گیرد. علاوه بر این، شایان ذکر است که تطابق‌پذیری گونه‌های درختچه‌ای با محیط اطراف بالا بوده و استقرار یک گونهٔ درختچه‌ای در منطقه‌ای خاص، علاوه بر ویژگی‌های آناتومی چوب مورد بررسی، به عوامل درونی و بیرونی دیگری نیز بستگی دارد؛ به طوری که مثلاً گونهٔ گز انگبین گونه‌ای به‌شدت مهاجم است و در مناطق جغرافیایی با اقلیم گرم و خشک نیز پراکندگی زیادی دارد.

به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که در مناطق خشک و کم‌بارش، شدت و نحوهٔ گسترش درختچه‌ها تا حد زیادی به قابلیت بافت چوبی آن‌ها برای مقابله با تنش‌های خشکی وابسته است. بررسی ویژگی‌های آناتومی چوب گونه‌های چوبی در دیگر بوم‌سازگان خشک ایران (مثلاً اقلیم‌های خشک و گرم و یا صحرا) می‌تواند به درک چگونگی تطابق درختان و درختچه‌ها با تنش‌های خشکی و شناسایی مقاوم‌ترین و مناسب‌ترین گونه‌ها در چنین اقلیم‌هایی کمک کند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از کسانی که در تهیه و شناسایی نمونه‌ها یاری‌شان کردند، به‌خصوص جناب آقای مهندس حسین صادق‌زاده، کارشناس ارشد مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، و آقای رضا امامی‌نسب ابراز می‌دارند.

1. Phylogeny

References

[1]. Eo, J.K., and Hyun, J.O. (2013). Comparative anatomy of the needles of *Abies koreana* and its related species. Turkish Journal of Botany, 37: 553-560.

[2]. Zimmermann, M.H. (1983). Xylem structure and the ascent of sap. Springer, Berlin.

[3]. Carlquist, S. (2001). Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood, 2nd Ed., Springer-Verlag, Berlin, Germany.

[4]. Wheeler, E.A., Baas, P., and Gasson, P.E. (1989) . IAWA-list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Journal, 10: 219–332.

[5]. Schweingruber, F.H., Börner, A., and Schulze, E.D. (2011). Atlas of Stem Anatomy in Herbs, Shrubs and Trees, Vol. 1, Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York.

[6]. Parsapajouh, D., and Schweingruber, F.H. (1993) . Atlas of the Woods of North of Iran, Tehran University Publications, Tehran.

[7]. Serdar, B., Terzioglu, S., Merev, N., Gercek, Z., and Birturk, T. (2010). Wood anatomy of four dwarf shrub species of Ericaceae in Turkey : Ecological and phyletic aspects. Fresenius Environmental Bulletin, 19(10): 2232 – 2238.

[8]. Serdar, B. (2013). Comparative wood anatomy of *Rhodothamnus* species. Turkish Journal of Botany, 37: 571-574.

[9]. Mozaffarian, V. (2000). Yazd Flora, Yazd Institute Publication, Yazd.

[10]. Bakhshi Khaniki, G. (2011). Trees and Shrubs of Iran, Payam Nur Publication, Tehran.

[11]. Mozaffarian, V. (2005). Trees and Shrubs of Iran, Farhang Moaser Publication, Tehran.

[12]. Wiesenborn, W.D. (1996). Saltcedar impacts on salinity, water, fire frequency, and flooding. In: Proceedings of the Saltcedar Management Workshop, Rancho Mirage, California, 9-12.

[13]. Bruneau, A., Starr, J.R., and Joly, S. (2007). Phylogenetic relationships in the genus *Rosa*: new evidence from chloroplast DNA sequences and an appraisal of current knowledge. Systematic Botany, 32: 366-378.

[14]. Sabeti, H. (1999). Iranian Forests, Trees and Shrubs, University of Science and Industry, Tehran.

[15]. Rahnavard, A., Asadian, G., Tavana, A., and Taghavi, M. (2013). Evaluation of biochemical compounds *Rosa cannia* L. in North of Iran (Ramsar and Tonekabon Heights). Journal of Medicinal Plants Research, 7(45): 3319-3324.

[16]. Franklin, G.L. (1945). A rapid method of softening wood for microtome sectioning. Tropical Wood Journal, 88: 35-36.

[17]. Schweingruber, F.H., Börner, A., and Schulze, E.D. (2006). Atlas of Woody Plant Stems: Evolution, Structure, and Environmental Modifications, Springer-Verlag, Berlin.

[18]. Maximov, N.A. (1931). The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. Journal of Ecology, 19: 272–282.

[19]. De Micco, V., and Aronne, G. (2007). Anatomical features, monomer lignin composition and accumulation of phenolics in one-year-old branches of the Mediterranean *Cistus ladanifer* L. Botanical Journal of the Linnean Society, 155: 361–371.

[20]. Sperry, J.S. (2003). Evolution of water transport and xylem structure. International Journal of Plant Sciences, 164:S115–S127.

[21]. Carlquist, S. (1989). Adaptive wood anatomy of chaparral shrubs. In: Keely JE (ed) The California chaparral: paradigms re-examined. Los Angeles Country Museum of Natural History. Contributions, Los Angeles, 25–35.

[22]. Kohonen, M.M., and Helland, A. (2009). On the function of wall sculpturing in xylem conduits. Journal of Bionic Engineering, 6: 324–329.

[23]. Lens, F., Sperry, J.S., Christman, M.A., Choat, B., Rabaey, D., and Jansen, S. (2011). Testing

hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. New Phytologist, 190: 709–723.

[24]. Christman M. A., Sperry J. S., and Smith D.D. (2012). Rare pits, large vessels and extrem e vulnerability to cavitation in a ring-porous tree species. New Phytologist, 193(3): 713-20.

[25]. Oladi, R., Matini Behzad, H., Sharifi, Z., and Masoumi, A. (2013). Comparing wood anatomy of field elms (*Ulmus carpinifolia* Borkh.) native to Gorgan and Kom ijan. Journal of Natural Resources, 66(1): 69-81.

[26]. Carlquist, S., and Hoekman, D.A. (1989). Wood anatom y of Myoporaceae: ecological and systematic considerations. Aliso, 11: 317-335.

[27]. Mauseth, J.D., and Plem ons Rodriguez, B.J. (1997). Presence of paratracheal water storage tissue does not alter vessel characters in cactus wood. American Journal of Botany, 84: 815-822.