جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴
ص ۱۲۱-۱۳۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۶

معرفی ویژگی الیاف چوبی و پوستی شش جمعیت ایرانی شاهدانه

❖ **امیر سعادتی؛** دانشجوی کارشناسی‌ارشد بیولوژی و آناتومی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **کامبیز پورطهماسی*؛** دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **سید علیرضا سلامی؛** استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **رضا اولادی؛** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

الیاف طبیعیْ تجدیدپذیر، زیست‌تخریب‌پذیر، و با آلودگی کم شاهدانهٔ فیبری، جایگزینی مناسب برای الیاف چوبی درختان و الیاف مصنوعی است. در این پژوهش، ویژگی‌های الیاف چوبی و پوستی شش جمعیت ایرانی شاهدانه شامل طول، پهنا، پهنای دیواره، پهنای حفره، و شاخص دیوارهٔ فیبر اندازه‌گیری و باهم مقایسه شد. به این منظور، بذر جمعیت‌ها گردآوری و در شرایط کنترل‌شده در گلخانه کشت شد. پس از فصل رویشی، ساقهٔ گیاه با ریشه از خاک گلدان‌ها بیرون کشیده و با چاقو ریشه و شاخه و برگ‌های گیاه بریده شد و ساقه‌های گیاه برای خشک‌شدن در انبار با دمای اتاق ذخیره شد. سپس، الیاف چوبی و پوستی با چاقو و به روش مکانیکی از هم جدا و با بهره‌گیری از روش فرانکلین وابُری شدند. نتایج این پژوهش نشان داد در الیاف چوبی، به جز پهنا و پهنای حفرهٔ فیبر، دیگر ویژگی‌ها در سطح ۵درصد و در الیاف پوستی همهٔ ویژگی‌ها در سطح ۱درصد اختلاف معناداری دارند که بیانگر تنوع بالای جمعیت‌های شاهدانهٔ ایران از دید ویژگی‌های گفته‌شده است. همچنین، همهٔ ویژگی‌های الیاف چوبی و پوستی در برابر هم اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. سرانجام، جمعیت‌های شاخص از نظر هر ویژگی مشخص و برای به‌کارگیری صنعتی در کاربردهای متناظر پیشنهاد شدند و جمعیت‌های سیرجان، کرمان، کاشان، و اراک به دلیل داشتن بیشترین مقدار در ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده، به‌منزلهٔ جمعیت‌های فیبری احتمالی برای پژوهش‌های بیشتر معرفی شدند.

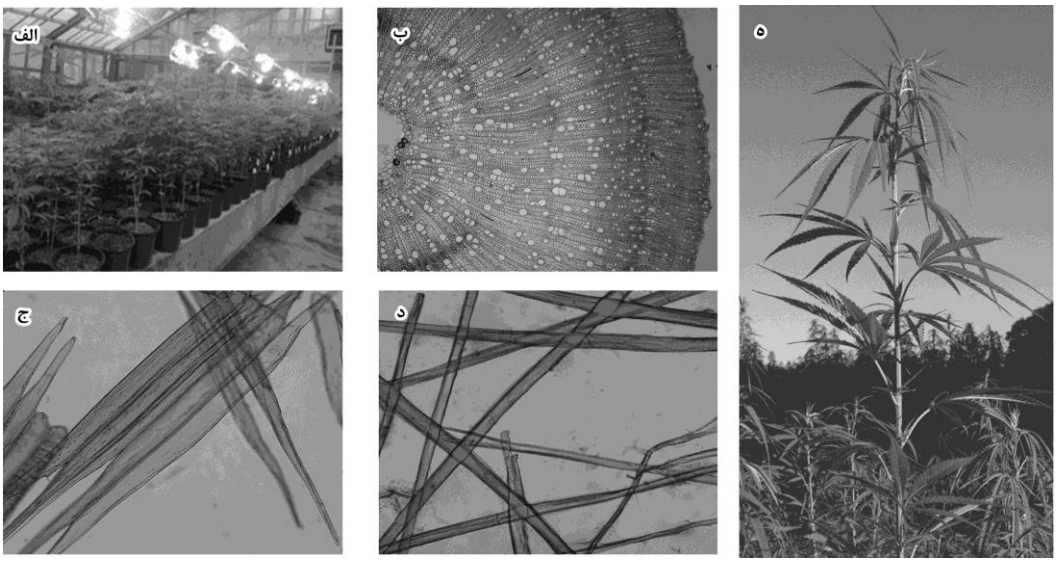
واژگان کلیدی: الیاف پوستی، الیاف چوبی، جمعیت، شاهدانه، ویژگی‌های الیاف.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۲۳۶۰۷۸۰۵، ۳۲۲۴۹۳۱۱ (۲۶) ۹۸+
Email: pourtahmasi@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه، جنگل‌ها نزدیک ۳۱درصد از سطح خشکی‌های جهان را دربر گرفته‌اند. با افزایش جمعیت جهانی و رشد کاربری‌های اقتصادی، میزان دخالت انسان در منابع طبیعی و جنگل‌ها رو به افزایش است. در یک دورهٔ ۵۰۰۰ ساله، سطح کل کاهش جنگل‌های جهانی نزدیک به ۱/۸ میلیارد هکتار تخمین زده شده است [۱] و میانگین کاهش سالیانهٔ جنگل‌ها به ۵/۲ میلیون هکتار در ۱۰ سال اخیر رسیده است [۲]. به دلیل برداشت‌های بی‌رویه، سطح جنگل‌های کشور ما نیز رو به کاهش است و ضرورت یافتن منابع جایگزین برای منابع چوبی جنگل‌ها در کشور احساس می‌شود. منابع طبیعی غیرچوبی، مانند گیاهان یک‌ساله و پساندهای کشاورزی که تجدیدپذیر و زیست‌تخریب‌پذیرند و آلودگی کمی دارند، جایگزین‌های مناسبی برای منابع چوبی جنگل‌ها هستند.

در این میان، شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)، که گیاهی یک‌ساله، دوپایه، و از شاخهٔ نهاندانگان و خانوادهٔ Cannabaceae است، گزینهٔ مناسبی برای این امر است. ساقهٔ شاهدانه یک بخش چوبی در بر گرفته‌شده با کامبیوم آوندی (بافت رویشی) و یک حلقهٔ بیرونی از سلول‌های آبکشی، کورتکس، و بافت اپیدرمی دارد. سلول‌های فیبری در رشته‌های پیوسته با بافت آبکشی (پوستی) گسترش یافته‌اند. ساقهٔ شاهدانه دو نوع فیبر دارد: الیاف بلند و زبرپوستی و الیاف کوتاه و ریزهسته چوبی (شکل ۱). به‌کارگیری صنعتی شاهدانه به جداسازی این الیاف از همدیگر نیاز دارد. *C. sativa*، *C. indica* و *C. ruderalis* گونه‌های شناخته‌شدهٔ شاهدانه‌اند، از این بین، واریته‌هایی که میزان تتراهیدروکانابینول (THC)[1] (ترکیب روان‌گردان اصلی گیاه شاهدانه) کمتر از ۰/۳ـ۰/۲ درصد داشته باشند، شاهدانهٔ فیبری به‌شمار می‌آیند [۳].



شکل ۱. الف) کشت گلخانه‌ای شاهدانه، ب) مقطع عرضی ساقهٔ شاهدانه (۴x)، ج) الیاف چوبی شاهدانه (۴۰x)، د) الیاف پوستی شاهدانه (۴۰x)، ه) گیاه شاهدانه

1. Tetrahydrocannabinol

شاهدانه هزاران سال پیش در آسیا، به‌ویژه خاورمیانه، برای استفادهٔ فیبری کاشته می‌شد. تولید صنعتی شاهدانه در قرن هجدهم در اروپا صورت گرفت و امروزه چین تولیدکنندهٔ پیشرو جهانی شاهدانه است. شاهدانه گیاه بومی ایران است و در بیشتر مناطق کشور به‌صورت طبیعی (وحشی) رشد می‌کند یا کشت می‌شود. بنابراین، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در ایران دارد.

کشت شاهدانه نیز آسان است و تنوع کشاورزی زیستی را در پی دارد. گیاه شاهدانه رشد تند، توانایی رشد در اقلیم‌های گوناگون، توانایی مقاومت به خشکی و هجوم میکروبی، هزینهٔ مادهٔ اولیهٔ کم و درصد زیست‌تودهٔ بالا، بازدهٔ بالای کشت، بازدهٔ بالای وزن خشک، نیاز کم به تقویت‌کننده‌ها، عدم نیاز به آفت‌کش‌ها، توانایی رشد در خاک‌های آلوده، و جلوگیری از رشد عوامل بیماری‌زای خاک، تأثیر مثبت در تناوب زراعی و امکان بهبود کیفیت خاک را دارد [۴ـ۷].

الیاف سلولزی شاهدانه در سال‌های کنونی مورد توجه زیاد تولیدکنندگان در صنایع گوناگون قرار گرفته است. امروزه، این الیاف برای تولید انواع کاغذ (چاپ و تحریر، کندانسور، سیگار، و...) [۸–۱۱]، بسپارهای زیست‌تخریب‌پذیر (صنعت بسته‌بندی) [۱۲]، تخته‌های عایق (ساختمان‌سازی) [۱۳]، صفحه‌های چندسازه‌ای (صنعت ماشین‌سازی) [۱۴]، تخته‌فیبر، و فراورده‌های چندسازه‌ای (صنایع الکترونیکی) استفاده می‌شود [۱۵].

براساس پژوهش‌های انجام‌شده، طول و پهنای الیاف چوبی به‌ترتیب نزدیک ۰/۳۵ـ۰/۶۰ میلی‌متر و ۱۵ـ۳۰ میکرومتر و طول و پهنای الیاف پوستی به‌ترتیب نزدیک ۲ـ۲۰ میلی‌متر و ۱۵ـ۳۰ میکرومتر گزارش شده است [۱۶، ۱۷]. لی و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۱۶] تغییرات ویژگی‌های الیاف در بخش‌های گوناگون ساقهٔ شاهدانه را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که این ویژگی‌ها در بخش‌های گوناگون ساقه متفاوت است. علاوه بر طول ساقه، زمان برداشت و تراکم کشت گیاه نیز موجب ایجاد تغییر در مورفولوژی الیاف شاهدانه می‌شود [۱۸]. ساختار الیاف شاهدانه پس از تیمارهای شیمیایی نیز بررسی و مشاهده شد که به‌دلیل تغییر در ترکیبات شیمیایی الیاف، به‌ویژه سلولز، ساختار الیاف تیمارشده تغییر پیدا کرده است [۱۲]. با وجود این، اندازه‌گیری فراگیر بر روی مورفولوژی الیاف چوبی و پوستی شاهدانه شامل طول، پهنا، پهنای دیواره، پهنای حفره، و شاخص دیوارهٔ فیبر و مقایسهٔ آن‌ها و مشخص کردن همبستگی میان این ویژگی‌ها صورت نگرفته است.

در این بررسی، ویژگی‌های الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های ایرانی شاهدانه اندازه‌گیری و باهم مقایسه و همبستگی بین ویژگی‌ها محاسبه خواهد شد. سپس جمعیت‌های شاخص از نظر هر ویژگی مشخص و برای استفادهٔ صنعتی در کاربردهای گوناگون پیشنهاد داده خواهند شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: بذرهای شش جمعیت شاهدانه (جدول۱) در سال ۱۳۹۰ گردآوری و در شرایط کنترل‌شدهٔ گلخانه‌ـ از نظر دما، رطوبت، و نور ـ در اردیبهشت ۱۳۹۱ کشت شد. پس از سپری شدن فصل رویشی و رسیدن ارتفاع گیاه به میزان مناسب، ساقهٔ گیاه با ریشه از خاک گلدان‌ها بیرون کشیده و با چاقو ریشه و شاخه و برگ‌های گیاه بریده شد و ساقه‌های گیاهان در انبار با دمای اتاق (۲۵درجه) ذخیره شدند تا خشک شوند.

جدول ۱. جمعیت‌های گردآوری‌شده *C. sativa* از بخش‌های گوناگون

ردیف	محل گردآوری (استان، شهرستان)	کد جمعیت
۱	زنجان، ابهر	ABH
۲	مرکزی، اراک	ARA
۳	اردبیل، اردبیل	ARD
۴	اصفهان، کاشان	KAS
۵	کرمان، کرمان	KER
۶	کرمان، سیرجان	SIR

جدول ۲. کد اختصاری ویژگی‌های الیاف

ویژگی الیاف	کد اختصاری
طول فیبر	L
پهنای فیبر	FW
پهنای دیوارهٔ فیبر	WW
پهنای حفرهٔ فیبر	LW
شاخص دیواره	C

وابُری الیاف: ابتدا الیاف پوستی و چوبی بعد از خشک شدن به روش مکانیکی و با چاقو از هم جدا شدند. سپس، وابُری الیاف با بهره‌گیری از روش فرانکلین [۱۹] بدین روش انجام شد:

با یک چاقو، تکهٔ ۵سانتی‌متری از ارتفاع ۳۰درصدی ساقهٔ گیاه برش زده شد. برای وابری الیاف پوستی (با توجه به طول بالای الیاف) با به‌کارگیری چکش و مغار تکه‌های باریک‌تر با همان اندازهٔ ۵سانتی‌متری، از نمونه فراهم شد. برای وابری الیاف چوبی نیز با چکش، مغار، و چاقو نمونهٔ ۵سانتی‌متری به تکه‌های کوچک بخش‌بندی شدند. تکه‌های به‌دست‌آمده به داخل لولهٔ آزمایش جابه‌جا شدند و به اندازهٔ مساوی از استیک اسید و پروکسید هیدروژن به لولهٔ آزمایش افزوده شد؛ به‌گونه‌ای که تکه‌های چوبی همگی در محلول وابری غوطه‌ور شدند. لولهٔ آزمایش دارای نمونهٔ آزمایشی درون اتو با دمای تقریبی ۶۰درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت گذاشته شد. پس از سفیدشدن الیاف، لولهٔ آزمایش از اتو خارج و محلول جداسازی به‌آرامی دور ریخته شد. برای شسته‌شدن محلول جداسازی، اندکی آب مقطر با سه بار تکرار درون لولهٔ آزمایش افزوده شد. پس از شست‌وشو، الیاف چوبی با تکان‌دادن لولهٔ آزمایش و الیاف پوستی جابه‌جاشده به داخل بشر بر روی هات‌پلیت با به‌کارگیری سنگ مگنت وابری شدند.

بررسی‌های میکروسکوپی: در این بررسی، ویژگی‌های الیاف چوبی و پوستی با به‌کارگیری میکروسکوپ‌های Nikon YS 100 و M3 WILD HEERBRUGG اندازه‌گیری شد. با به‌کارگیری

دوربین IXY DIGITAL 510 IS Canon از لام‌های تهیه‌شده در زیر میکروسکوپ عکس گرفته شد. ویژگی‌های الیاف عکس‌های گرفته‌شده با نرم‌افزار Image J 1.46r اندازه‌گیری شد. برای هر ویژگی دست‌کم ۳۰ فیبر از سه لام متفاوت بررسی و اندازه‌گیری شد.

برآورد شاخص دیوارهٔ الیاف: در بین ویژگی‌های کاربردی الیاف زبری فیبر در مقایسه با ضرایب معمول بیومتری الیاف، نقش برجسته‌تری ایفا می‌کند. از آنجا که دستگاه مخصوص اندازه‌گیری زبری الیاف در دسترس نبود، در این بررسی شاخص دیوارهٔ الیاف، که معرف خوبی از زبری الیاف است، با به‌کارگیری رابطهٔ ۱ برآورد شد:

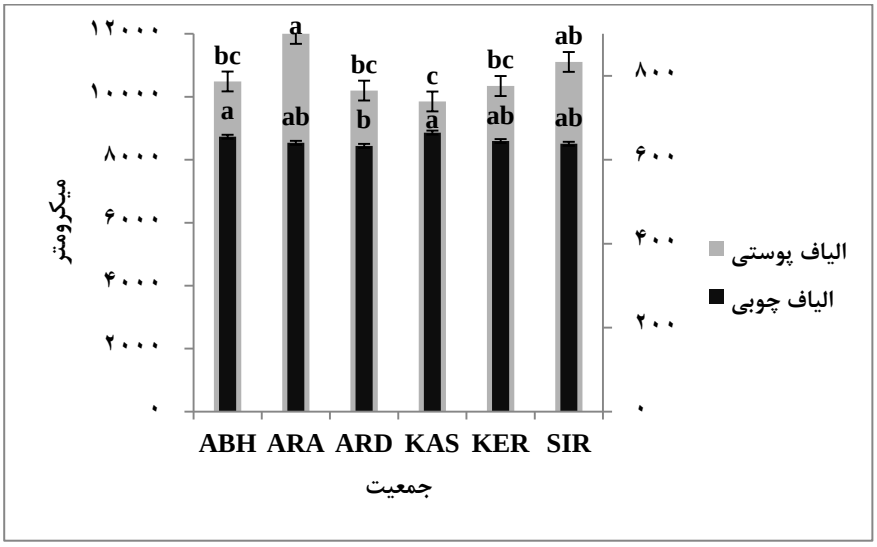
$$C = (FW)^2 - (LW)^2 \quad [۲۰] \qquad (۱)$$

روش آماری: در این بررسی، جمعیت‌های شاهدانه در چارچوب طرح تصادفی جای گرفتند. ویژگی‌های الیاف چوبی و پوستی با نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 سنجش شد. داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند. ضریب همبستگی و معناداری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده نیز با به‌کارگیری از این نرم‌افزار محاسبه شد و با بهره‌مندی از آزمون آماری دانکن میانگین داده‌ها سنجش و گروه‌بندی انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقایسهٔ ویژگی‌های الیاف

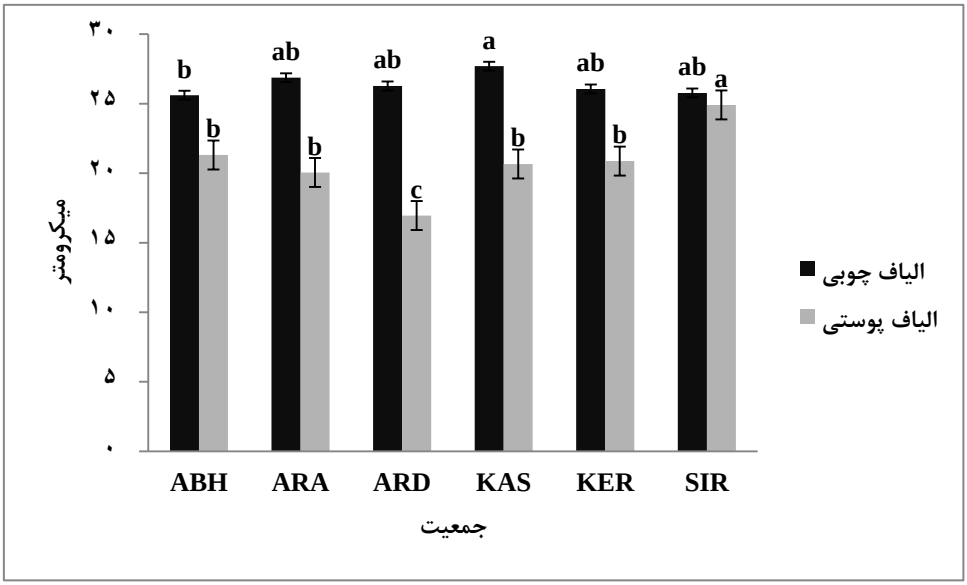
طول الیاف: شکل ۲ سنجش طول الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های گوناگون را نشان می‌دهد. با نگرش به شکل و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دانکن مشخص شد در زمینهٔ طول الیاف چوبی و پوستی، به‌ترتیب، جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۵درصد و ۱درصد دارند و الیاف چوبی و پوستی در برابر هم اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. همچنین، گروه‌بندی دانکن نشان داد در الیاف چوبی جمعیت‌های ABH و KAS بیشترین و ARD کمترین و در الیاف پوستی جمعیت ARA بیشترین و KAS کمترین طول فیبر را دارند.



شکل ۲. سنجش طول الیاف چوبی و پوستی

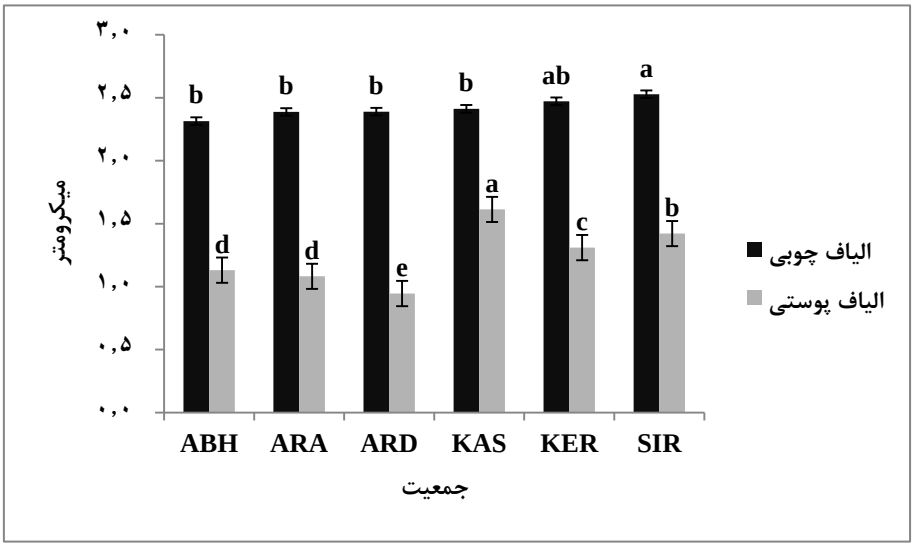
طول مهم‌ترین ویژگی تأثیرگذار الیاف در بیشتر کاربردهاست. در بسپارها، صفحه‌های چندسازه‌ای، تخته‌ها، و به‌ویژه کاغذسازی، مقاومت‌ها بیشتر تحت‌تأثیر طول الیاف است؛ مثلاً در کاغذسازی هرچه طول الیاف بیشتر باشد، مقاومت به پارگی و مقاومت کششی کاغذ، که مهم‌ترین مقاومت‌های کاغذند، افزایش می‌یابند. بنابراین، برای ساخت کاغذهایی با مقاومت به پارگی و مقاومت کششی بالا، الیافی که بیشترین طول را دارند، مناسب‌ترند.

پهنای الیاف: نتایج برآمده از اندازه‌گیری پهنای الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های گوناگون در شکل۳ نشان داده شده است. با نگرش به شکل و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دانکن مشخص شد در زمینهٔ پهنای الیاف چوبی، جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۵درصد ندارند، اما در الیاف پوستی جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. الیاف چوبی و پوستی نیز در برابر هم اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. همچنین، گروه‌بندی دانکن نشان داد در الیاف چوبی جمعیت KAS بیشترین و ABH کمترین و در الیاف پوستی جمعیت SIR بیشترین و ARD کمترین پهنای فیبر را دارند.



شکل ۳. سنجش پهنای الیاف چوبی و پوستی

پهنای دیوارهٔ الیاف: شکل ۴ برایند اندازه‌گیری پهنای دیوارهٔ الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های گوناگون را نشان می‌دهد. با نگرش به شکل و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دانکن مشخص شد در زمینهٔ پهنای دیوارهٔ الیاف چوبی و پوستی، به‌ترتیب، جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۵درصد و ۱درصد دارند و الیاف چوبی و پوستی در برابر هم اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. همچنین، گروه‌بندی دانکن نشان داد در الیاف چوبی جمعیت SIR بیشترین و ABH و ARD کمترین و در الیاف پوستی جمعیت KAS بیشترین و ARD کمترین پهنای دیوارهٔ فیبر را دارند.

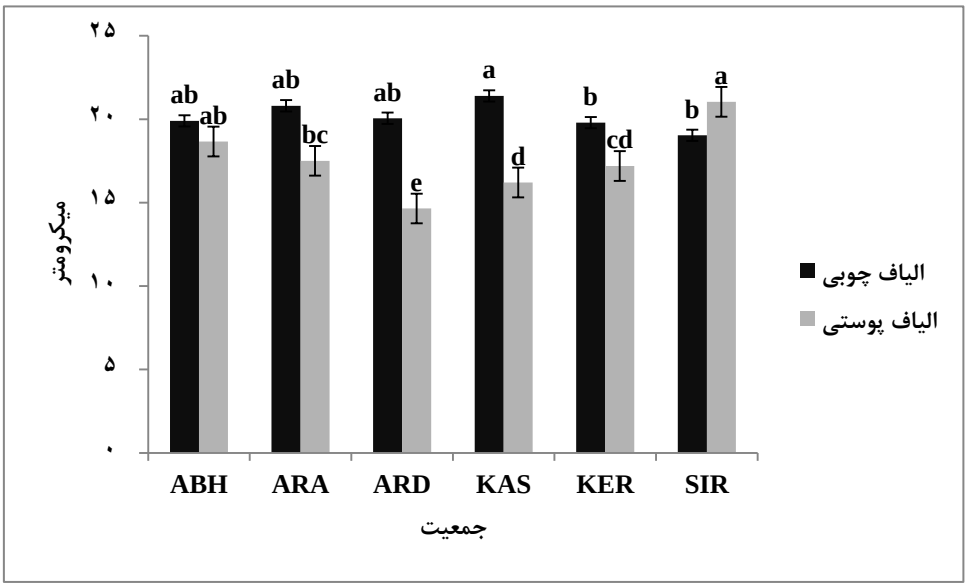


شکل ۴. سنجش پهنای دیوارهٔ الیاف چوبی و پوستی

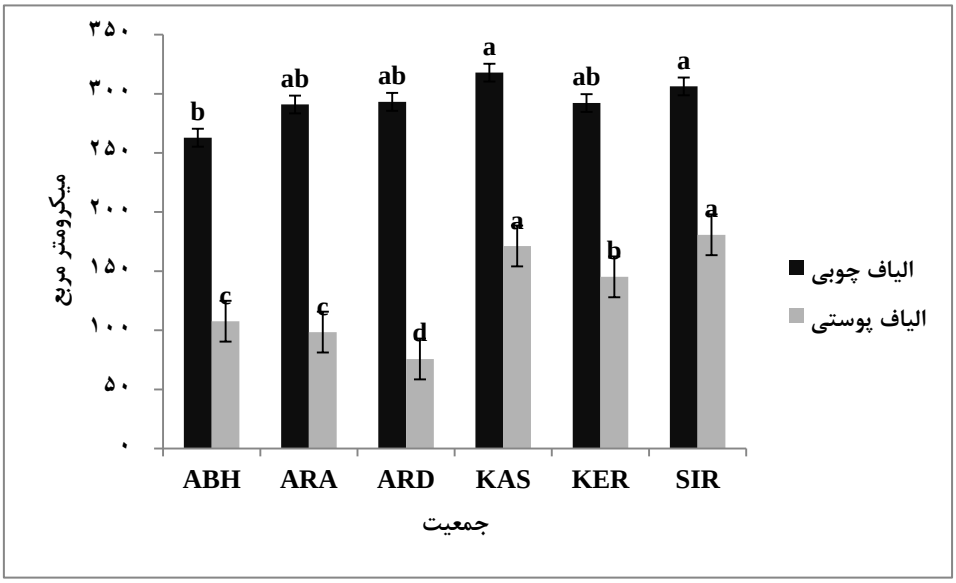
پهنای دیواره از دیگر ویژگی‌های تأثیرگذار الیاف است؛ به‌طورکلی، الیاف با دیوارهٔ پهن‌تر سفتی و دوام فرآوردهٔ نهایی را افزایش می‌دهند. با وجود این، در بعضی از کاربردها، مانند ساخت تخته‌های عایق، به‌کارگیری الیاف سبک‌تر مناسب‌اند، با توجه به اینکه هرچه پهنای دیواره بیشتر باشد، چگالی نیز بیشتر می‌شود، در چنین کاربردهایی الیاف با پهنای دیوارهٔ کمتر مناسب‌ترند.

پهنای حفرهٔ الیاف: شکل ۵ سنجش پهنای حفرهٔ الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های گوناگون را نشان می‌دهد. با نگرش به شکل و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دانکن مشخص شد در زمینهٔ پهنای حفرهٔ الیاف چوبی، جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۵درصد ندارند، اما در الیاف پوستی جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. الیاف چوبی و پوستی نیز در برابر هم اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. همچنین، گروه‌بندی دانکن نشان داد در الیاف چوبی جمعیت KAS بیشترین و SIR و KER کمترین و در الیاف پوستی جمعیت SIR بیشترین و ARD کمترین پهنای حفرهٔ فیبر را دارند. پهنای حفره نیز عامل مهم در میزان چگالی الیاف است و الیافی که پهنای حفرهٔ بیشتری دارند، در ساخت تخته‌های عایق، که به الیاف با چگالی کم نیاز دارند، مناسب‌ترند.

شاخص دیوارهٔ الیاف: شکل ۶ نتایج برآمده از اندازه‌گیری شاخص دیوارهٔ الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های گوناگون را نشان می‌دهد. با نگرش به شکل و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دانکن مشخص شد در زمینهٔ شاخص دیوارهٔ الیاف چوبی و پوستی، به‌ترتیب، جمعیت‌ها اختلاف معناداری در سطح ۵درصد و ۱درصد دارند و الیاف چوبی و پوستی در برابر هم اختلاف معناداری در سطح ۱درصد دارند. همچنین، گروه‌بندی دانکن نشان داد در الیاف چوبی جمعیت‌های KAS و SIR بیشترین و ABH کمترین و در الیاف پوستی جمعیت‌های SIR و KAS بیشترین و ARD کمترین شاخص دیوارهٔ فیبر را دارند.



شکل ۵. سنجش پهنای حفرهٔ الیاف چوبی و پوستی



شکل ۶. سنجش شاخص دیوارهٔ الیاف چوبی و پوستی

شاخص دیوارهٔ الیاف، که براساس روابط موجود میان پهنا فیبر و پهنای حفرهٔ الیاف سنجیده می‌شود، در ساخت بسپارها و کاغذ نقش مهمی دارد. شاخص دیواره، برخلاف طول الیاف، تأثیر منفی در مقاومت کششی کاغذ دارد و هرچه بیشتر باشد، مقاومت کششی کاغذ کاهش می‌یابد. علاوه بر این، شاخص دیوارهٔ الیاف تأثیر منفی در صافیِ سطح کاغذ دارد.

برایند آماری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ الیاف جمعیت‌های شاهدانه: جدول ۳ برایند آماری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ الیاف چوبی و پوستی جمعیت‌های شاهدانه دربرگیرندهٔ کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف از معیار و ضریب تغییرات را نشان می‌دهد.

جدول ۳. برایند آماری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ الیاف جمعیت‌های شاهدانه

ویژگی	واحد	نوع فیبر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف از معیار	ضریب تغییرات
L	میکرومتر	چوبی	۳۵۲/۶	۹۹۰/۱	۶۳۱/۴	۱۰۱/۷	۱۶/۰
		پوستی	۳۶۴۴/۷	۲۳۱۹۷/۳	۱۰۵۵۴/۱	۳۶۳۱/۶	۵۳/۰
FW	میکرومتر	چوبی	۱۳/۸	۵۱/۰	۲۶/۶	۶/۰	۲۲/۴
		پوستی	۸/۳	۴۹/۳	۲۰/۴	۵/۷	۲۹/۶
WW	میکرومتر	چوبی	۱/۰	۵/۱	۲/۴	۰/۶	۲۴/۶
		پوستی	۰/۳	۳/۲	۱/۳	۰/۵	۳۱/۸
LW	میکرومتر	چوبی	۷/۹	۴۳/۷	۲۰/۳	۵/۵	۲۷/۲
		پوستی	۶/۷	۴۳/۷	۱۷/۰	۵/۲	۲۶/۶
C	بدون واحد	چوبی	۲۹/۷	۹۸۶/۷	۲۹۷/۷	۱۳۳/۸	۴۴/۷
		پوستی	۱۵/۳	۵۲۳/۲	۱۳۲/۳	۷۸/۴	۳۳/۸

جدول ۴. ضریب همبستگی و معناداری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ الیاف چوبی

متغییر	W	WW	LW	C
L	-۰/۰۸۵*	-۰/۰۷۳*	-۰/۰۷۸*	-۰/۰۷۹*
W		۰/۴۱۹**	۰/۹۵۰**	۰/۸۰۸**
WW			۰/۲۷۷**	۰/۵۶۱**
LW				۰/۵۹۳**

** = p<۰/۰۱؛ * = p<۰/۰۵

ضریب همبستگی و معناداری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ الیاف چوبی: جدول ۴ ضریب همبستگی و معناداری ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ الیاف چوبی را نشان می‌دهد. نتایج جدول نشان می‌دهد میان طول و دیگر ویژگی‌های الیاف چوبی همبستگی معناداری در سطح ۵درصد وجود دارد. میان پهنای فیبر، پهنای دیواره، پهنای حفره، شاخص دیواره، و دیگر ویژگی‌های الیاف همبستگی معناداری در سطح ۱درصد وجود دارد.

در این بررسی، نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد ویژگی‌های الیاف پوستی و چوبی شاهدانه با یکدیگر ناهمسان است که با یافته‌های بررسی‌های لی و همکاران، (۲۰۱۳) رحمان‌خان و همکاران (۲۰۱۰)، سنگ‌لانگ (۲۰۰۹)، دوت و همکاران (۲۰۰۲) و ون‌درورف و همکاران (۱۹۹۴) همخوانی دارد [۳، ۹، ۱۱، ۱۶، ۱۷]. واکاوی نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که ویژگی‌های الیاف پوستی و چوبی جمعیت‌های گوناگون نیز با یکدیگر ناهمسان است که با یافته‌های بررسی‌های سنگ‌لانگ (۲۰۰۹)، شافر و هونرمیر (۲۰۰۹)، آمادوسی و همکاران (۲۰۰۸)، ون‌درورف و توروئن (۲۰۰۸)، ون‌درورف و همکاران (۱۹۹۴) همخوانی دارد [۴، ۷، ۱۱، ۱۷، ۱۸]،

این پژوهشگران نوع جمعیت و تراکم اولیهٔ کاشت گیاه (فاصلهٔ کاشت) را نشانه‌های ناهمسانی ویژگی‌های گیاه شاهدانه برشمرده‌اند. همچنین، نتایج اندازه‌گیری‌ها طول زیاد الیاف پوستی را در برابر الیاف چوبی نشان داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌ها و مقایسهٔ آن‌ها، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جمعیت‌های ABH، KAS و KER در الیاف چوبی و جمعیت‌های ARA، SIR و ABH در الیاف پوستی، به‌دلیل داشتن طول زیاد نسبت به دیگر جمعیت‌ها، با در نظر گرفتن نوع الیاف، برای کاربردهایی مانند کاغذسازی و بسپارها، که به مقاومت‌های بالا نیاز دارند، مناسب‌ترند. همچنین، جمعیت‌های KAS، ARA و SIR در الیاف چوبی و جمعیت‌های SIR، ABH و KER در الیاف پوستی با داشتن بیشترین پهنای دیواره، در کاربردهایی که به سفتی و دوام بالا نیاز است مانند کاغذسازی، صفحه‌های چندسازه‌ای، بسپارها، نسبت به دیگر جمعیت‌ها مناسب‌ترند. جمعیت‌هایی را که پهنای دیوارهٔ کمتری دارند می‌توان در ساخت تخته‌های عایق به‌کار گرفت. در مورد پهنای حفره، جمعیت‌های KAS، ARA و ABH در الیاف چوبی و جمعیت‌های SIR، ABH و ARA در الیاف پوستی با داشتن پهنای بیشتر نسبت به دیگر جمعیت‌ها، در کاربردهایی مانند ساخت تخته‌های عایق مناسب‌ترند. در مورد شاخص دیوارهٔ الیاف جمعیت‌های SIR، KAS و KER در الیاف چوبی و جمعیت‌های SIR، KAS و KER در الیاف پوستی، با داشتن شاخص دیوارهٔ بیشتر نسبت به دیگر جمعیت‌ها، در کاربردهایی چون کاغذسازی، بسپارها، و صفحه‌های چندسازه‌ای مناسب‌ترند.

درپایان، اگرچه برای اطمینان کامل از فیبری‌بودن ژنوتیپ‌ها باید آزمایش‌های ویژهٔ ژنتیکی صورت گیرد و فقط با اندازه‌گیری ویژگی‌های مرفولوژیکی الیاف نمی‌توان با قاطعیت تمام فیبری بودن یا نبودن ژنوتیپی را مشخص کرد، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های جمعیت‌ها و مقایسهٔ آن‌ها، به دلیل داشتن بیشترین مقدار در ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده، به‌ویژه طول، پهنای دیواره، و شاخص دیوارهٔ فیبر، جمعیت‌های سیرجان، کرمان، کاشان، و اراک را می‌توان به‌منزلهٔ جمعیت‌های فیبری احتمالی برای پژوهش‌های بیشتر معرفی کرد.

References

[1]. Williams, M. (2002). Deforesting the Earth: from Prehistory to Global Crisis. Chicago, USA, University of Chicago Press, 543pp.

[2]. FAO, (2010) .Global Forest Resources Assessment – main report. FAO Forestry Paper No. 163. Rome, www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e00.html (10/12/2013).

[3]. Rahman khan, M. M., Chen, T., Lague, C., Landry, H., Peng, Q., and Zhong, W. (2010). Compressive properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) stalks. Biosystems engineering, 106: 315-323.

[4]. Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., and Venturi, G. (2008). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. Field Crops Research, 107: 161–169.

[5]. Saif Ur Rehman, M., Rashid, N., Saif, A., Mahmood, T., and Han, J. (2013). Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Pakistan perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18: 154–164.

[6]. Piotrowski, S., and Carus, M. (2011). Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products. Nova Institute, 5: 1-6.

[7]. Van der Werf, H., and Turunen, L. (2008). The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. Industrial Crops and Products, 27: 1–10.

[8]. Barbera, L., Pelach, M. A., Perez, I., Puig, J., Mutje, P. (2011). Upgrading of hemp core for papermaking purposes by means of organosolv process. Industrial Crops and Products, 34 (1): 563–571.

[9]. Dutt, D., Upadhyaya, J.S., Ray, A. K., Malik, R. S., and Upadhyaya, M. K. (2002). Development of specialty paper is an art: wax match paper from indigenous raw materials. Part I. Industrial Crops and Products, 61 (12): 1046–1050.

[10]. De Groot, B. (1995). Hemp pulp and paper production: paper from hemp xylem core. Journal of Industrial Hemp, 2 (1): 31–34.

[11]. Van der Werf, H., Harsveld, J., Bouma, A., and Tencat, M. (1994). Quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) stems as a raw material for paper. Industrial Crops and Products, 2: 219-227.

[12]. Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. L., and Cardona, F. (2013). Effects of chemical treatments on hemp fibre structure. Applied Surface Science, 276:13–23.

[13]. Munder, F., and Furll, C. (2004). Effective processing of bast fiber plants and mechanical properties of the fibers. ASAE/CSAE Meeting Paper No. 046091. St. Joseph, Mich., ASAE, 17pp.

[14]. Karus, M., and Kaup, M. (2002). Natural fibres in the European automotive industry. journal of industrial Hemp, 7(1): 119–132.

[15]. Batra S. K. In: Lewin M, Pearce EM, editors. (1998) Handbook of Fibre Chemistry. New York, Marcel Dekker Inc, 3rd ed., 1044pp.

[16]. Li, X., Wang, S., Du, G., Wu, Zh., and Meng, Y. (2013). Variation in physical and mechanical properties of hemp stalk fibers. Industrial Crops and Products, 42: 344–348.

[17]. Sengloung, Th. (2009). Phenological characteristics and fiber properties of THAI Hemp (*Cannabis sativa* L.). A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Botany) Graduate School, Kasetsart University, 130 pp.

[18]. Schafer, T., and Honermeier, B. (2009). Effect of sowing date and plant density on the cell morphology of hemp (*Cannabis sativa* L.). Industrial Crops and Products, 23: 88-98.

[19]. Franklin, G.L. (1945). Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature, 155(3924): 51-59.

[20]. Wimmer, R. (2002). Wood Quality: Causes, Methods, Control, Ch. 2, 36pp.