

## بررسی مشخصات الیاف و ترکیبات شیمیایی پالونیا (*Paulownia fortunei*) در منطقه گرگان<sup>۱</sup>

سیدضیا الدین حسینی<sup>۲</sup> الیاس افرا<sup>۳</sup>

### چکیده

درخت پالونیا (*Paulownia fortunei*)، از جمله درختان پهن برگ خارجی است که تا کنون در منطقه گرگان به صورت سازگار رشد کرده است. درخت ۸ ساله پالونیای مورد بررسی، دارای صد در صد جوان چوب بوده است که طول الیاف آن در حلقه سالیانه اول ۰/۸۰۰ و در حلقه هشتم ۱/۱۱ میلی متر است و رشد سریع پستکامبیومی طول الیاف از حلقه ششم آغاز می شود. قطر و ضخامت الیاف در حلقه اول به ترتیب ۳۱ و ۴/۱۴ و در حلقه هشتم ۳۳/۱۸ و ۵/۹۸ میکرومتر حاصل شده است. ضریب تغییرات برای ضخامت دیواره الیاف، بیشترین و برای قطر الیاف، کمترین مقدار است. قطر الیاف، کمترین تغییرات را از حلقه سالیانه اول تا هشتم داشته و تغییرات شاخص فیبر در چوب از ۲۶ تا ۳۴ بوده است. مواد استخراجی قابل حل در آب داغ به مقدار متوسط ۶/۹۴ درصد از همه بیشتر، ولی مواد استخراجی قابل حل در استن به مقدار ۵/۰۵ درصد و همچنین استن + الکل به مقدار ۴/۸۸ درصد تقریباً مشابه بوده است. مقدار متوسط لیگنین در چوب ۲۹/۷۷ درصد بوده که با لیگنین سوزنی برگان قابل مقایسه است، مقدار متوسط سلولز و همی سلولز نیز به ترتیب ۴۵/۵۵ و ۲۴/۶۶ درصد به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی: پالونیا، الیاف، لیگنین، سلولز، همی سلولز، پستکامبیومی و مواد استخراجی.

<sup>۱</sup> - تاریخ دریافت: ۸۳/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۳/۹/۲

<sup>۲</sup> - دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (E-mail: Zihoss@yahoo.com)

<sup>۳</sup> - دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

## مقدمه

امروزه تامین مواد اولیه صنایع چوب و کاغذ از درختان با رشد سریع بسیار مورد توجه جهانیان قرار گرفته است. اگرچه گونه‌های با رشد سریع، زود به قطر قابل بهره برداری می‌رسند، اما با توجه به مرفولوژی الیاف که درصد زیادی از تنه توسط جوان چوب اشغال می‌شود، استفاده از آنها برای انواع مصارف خالی از اشکال نیست. پالونیا، از درختان با رشد سریع است که پس از ۵ الی ۶ سال می‌توان از آن چوب کار به دست آورد. رشد قطری آن به طور متوسط از ۳ الی ۹ سانتی‌متر و رشد حجمی آن ۰/۱۵ تا ۰/۱۶ مترمکعب در سال تخمین زده شده است (۴). اگرچه رویشگاه طبیعی این درخت کشور چین است، اما این کشور از اقدامات گسترده جنگلکاری نیز غافل نبوده، به طوری که تا سال ۱۹۸۵ در سطحی برابر با ۱/۳ میلیون هکتار با روش کشاورزی- جنگلداری<sup>۱</sup> اقدام به جنگلکاری کرده است (۳). این درخت در انواع خاک‌ها به خوبی رشد می‌کند، اما خاک‌های ماسه‌ای و سبک با زهکشی مناسب برای آن توصیه می‌شود. پالونیا در حدود ارتفاعی بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و حرارت بین ۲۴ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۵۰۰ میلی‌متر به خوبی رشد می‌کند. درخت پالونیا تقریباً نزدیک به یک دهه است که در جنگل پژوهشی دانشگاه گرگان در ارتفاع ۲۵۰ متر از سطح دریا که دارای متوسط بارندگی ۵۰۰ میلی‌متر در سال و خاک قهوه‌ای جنگلی با pH برابر با ۷/۵ است، سازگار و بدون هیچ‌گونه آثار بیماری یا آفت رشد کرده است. فرد رایت<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) رشد قطری پالونیا تومنتوزای<sup>۳</sup> چهار ساله در جنوب کارولینا در آمریکا را ۵ سانتی‌متر در سال ذکر کرده و چوب آن را به علت تراکم کم برای تهیه خمیر کاغذ توصیه کرده است. وی با توجه به مشخصات الیاف پالونیا آن را برای تهیه کاغذهای ظریف مناسب می‌داند. همچنین میانگین طول الیاف پالونیا فورتونه‌ای<sup>۴</sup> ۱/۰۴ میلی‌متر و

قطر فیبر و ضخامت آن را به ترتیب ۳۵/۴۶ و ۵/۱۹ میکرومتر محاسبه شده است (۱)، در حالی که میانگین طول الیاف پالونیا فورتونه‌ای پنج ساله را ۰/۸۹۶ میلی‌متر و قطر و ضخامت الیاف آن را به ترتیب ۳۳/۷۸ و ۶/۳۲ میکرومتر به دست آورده‌اند (۴). انستیتوی تحقیقاتی جهانی پالونیا در کارولینای شمالی در آمریکا، نتایج پژوهش خود را بر روی پالونیا الونگاتا<sup>۵</sup> بدین قرار ذکر می‌کند: تخلخل بین ۷۵-۸۸ در حالی که تخلخل کاج تدا ۶۲ درصد و صنوبر ۷۳ درصد است، مقدار سلولز بین ۴۹-۴۶ درصد، همی سلولز ۲۵-۲۲ درصد، لیگنین آن بین ۲۳-۲۱ درصد و جرم مخصوص آن  $0.7265 \text{ gr/cm}^3$ . درخت پالونیا به علت کاشت محدود در ایران کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این بررسی سعی شده تا مشخصات الیاف، مواد استخراجی و ترکیبات شیمیایی پالونیا فورتونه‌ای که در منطقه گرگان تاکنون با موفقیت رشد کرده است، مورد مطالعه قرار گیرد. این اطلاعات می‌تواند برای ترسیم دورنمای چگونگی استفاده از این چوب در صنایع چوب و کاغذ کشور راهنمای خوبی باشد تا در جهت تامین مواد اولیه تصمیمات مناسب اتخاذ شود.

## مواد و روش‌ها

سه پایه درخت سالم، بدون عیب و مستقیم از جنگل پژوهشی دانشگاه گرگان قطع و از ارتفاع ۱/۲۰ متری آن سه دیسک، هر دیسک به قطر ۵ سانتی‌متر، بریده شد. دیسکی به ضخامت ۲ سانتی‌متر از هر یک از دیسک‌ها جدا و از هر حلقه رویش سالیانه تراشه‌ای به ضخامت ۲، پهنای ۱۰ و طول ۲۰ میلی‌متر بریده شد. مجدداً از تراشه‌ها چوب‌های کوچک‌تری به ابعاد چوب کبریت جدا شد، سپس خرده چوب‌های حاصل از حلقه‌های سالیانه مشابه مربوط به سه دیسک، با هم در لوله آزمایشی جای داده شدند. آنگاه به روش فرانکلین عمل وابری الیاف صورت گرفت که پس از رنگ‌آمیزی، بر روی لام تثبیت شدند. اندازه‌گیری مشخصات ۳۰ رشته فیبر متعلق به سه دیسک با

۱- Agroforestry

۲- Fred Wright

۳- *Paulownia tomentosa*۴- *Paulownia fortunei*۵- *Paulownia elongata*

در سنین پایین را به دلیل زاویه کوچک فیبریل با وجود قرار گرفتن در بخش جوان چوب آسان تر می‌سازد، چرا که بین طول الیاف و زاویه فیبریل در دیواره همبستگی منفی وجود دارد (۸)، بدین معنی که زاویه فیبریل در الیاف بلندتر کوچک‌تر است و بخشی از پدیده‌های فیزیکی و مکانیکی چوب به آن مرتبط می‌شود. از جانب دیگر، با توجه به فرمول شیوکورا که اگر نتیجه معادله ۱ برابر با ۱ درصد و یا کمتر از آن شود، پایان جوان چوب تلقی خواهد شد. در اندازه‌گیری‌های طول الیاف سال‌های متفاوت از یکم تا هشتم، عدد کمتر از یک درصد حاصل نشد (جدول ۲). بنابراین کل چوب پالونیا هشت ساله در منطقه جوان چوب قرار می‌گیرد.

که در آن:

$$I(\%) = \frac{T_{n+1} - T_n}{T_n} \times 100 \quad (1)$$

$I(\%) =$  درصد افزایش طول الیاف،

$T_{n+1} =$  طول الیاف در حلقه رویش سالیانه شماره  $n+1$ ،

$T_n =$  طول الیاف در حلقه رویش سالیانه شماره  $n$  است.

شاخص الیاف اعم از سوزنی برگ و پهن برگ که به طور متوسط از ۲۰ تا ۱۵۰ متغیر است، با نسبت طول فیبر به قطر آن نشان داده می‌شود. در پالونیا این شاخص برای حلقه سالیانه اول و ۲۶ و برای حلقه سالیانه هشتم ۳۴ به دست آمده است.

برای مقایسه میانگین‌های ضخامت الیاف آنالیز واریانس و سپس آزمون دانکن صورت گرفت که اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد منحصرًا بین ضخامت دیواره الیاف از حلقه سالیانه چهارم تا هشتم حاصل شد. این نتیجه نشان می‌دهد که رشد شدید و تغییرات ضخامت الیاف در چهار سالگی آغاز می‌شود. بررسی آماری برای مقایسه میانگین قطر الیاف سال‌های متفاوت صورت گرفت که بین هیچکدام آنها اختلاف معنی‌داری به دست نیامد. این یافته مستقل بودن گسترش حجمی الیاف را بدون توجه به حلقه رویش سالیانه مورد تایید قرار می‌دهد (جدول ۲).

میکروسکوپ نوری صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری و تعیین مرز جوان چوب از رابطه شیو کورا<sup>۱</sup> (۱۹۹۶) استفاده شد. برای تعیین مواد استخراجی و همچنین ترکیبات شیمیایی چوب، از سه نقطه دیسک به ترتیب: مجاور مغز (I)، بخش میانی (M) و بخش مجاور پوست (O)، پس از علامت‌گذاری بر روی هر یک از دیسک‌ها از آن جدا و به آرد چوب ۶۰ مش تبدیل شد. آرد چوب بخش‌های مشابه از سه دیسک با هم مخلوط شدند. تعیین مواد استخراجی چوب بر مبنای آیین‌نامه تاپی<sup>۲</sup> به شماره ۸۸-OM-۲۰۴ T صورت گرفت. حلال‌های مورد استفاده برای مواد استخراجی عبارت بودند از محلول استن، الکل + استن و آب داغ که هر یک به‌طور جداگانه و بر روی آرد چوب‌های جداگانه مورد استفاده قرار گرفتند. برای تعیین لیگنین از دستورالعمل ۸۸-OM-۲۲۴ T و برای تعیین سلولز از دستورالعمل ۸۸-OM-۲۶۴ T آیین‌نامه تاپی استفاده شد. برای بررسی آماری اطلاعات از آنالیز واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

## نتایج

آنالیز واریانس بین میانگین طول الیاف حلقه‌های سالیانه از یک تا ۸ نشان داد که بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، ملاحظه شد که اختلاف بین طول الیاف حلقه‌های سالیانه ۶ و ۷ و همچنین ۷ و ۸ در سطح ۱ معنی‌دار است (جدول ۱). اختلاف معنی‌دار در بین میانگین طول الیاف دیگر حلقه‌های مجاور مشاهده نشد. بنابراین چنین استنباط می‌شود که رشد پستگامبیومی<sup>۳</sup> الیاف در حلقه‌های سالیانه پایین‌ناچیز است و بتدریج در حلقه ششم شدت می‌یابد. وجود الیاف با طول نسبتاً زیاد در حلقه سالیانه اول به مقدار ۰/۸ میلی‌متر، آغاز بسیار جالبی است که استفاده از چوب پالونیا

۱- Shiokura

۲- TAPPI

۳- Postcambial growth

جدول ۱ - تجزیه واریانس طول الیاف پالونیا

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	( واریانس ) MS
طول الیاف	۷	۱/۷۸	۰/۲۵۵
خطا	۲۲۸	۴/۲۹	۰/۰۱۸
جمع	۲۳۵	۶/۰۷	

جمع کل آزمایش‌ها  $X_{00} = ۲۳۴/۶۴$  مشاهدات  $n = ۲۴۰$   
 مجموع مربعات کل  $TSS = ۶/۰۷۹$  فاکتور تصحیح  $CF = ۲۲۹/۳۹۹$   
 مجموع مربعات خطا  $ESS = ۴/۲۹$  مجموع مربعات تیمار  $VSS = ۴/۲۹۱$

جدول ۲ - میانگین تغییرات طول، قطر و ضخامت الیاف در چوب پالونیا ی ۸ ساله (*Paulownia fortunei*) منطقه گرگان

شماره حلقه سالانه	میانگین طول الیاف میلی‌متر	ضریب تغییرات در صد	میانگین قطر الیاف میکرومتر	ضریب تغییرات در صد	میانگین ضخامت الیاف میکرومتر	ضریب تغییرات در صد
۱	۰/۸۰۰	۹/۸	۳۱/۰۰	۱۵/۰۸	۴/۱۴	۲۴/۸۴
۲	۰/۸۹۵	۱۱/۱۳	۳۰/۸۵	۱۲/۸۹	۴/۳۸۳	۲۲/۶۶
۳	۰/۹۲۰	۱۵/۸۴	۳۱/۳۸۱	۱۰/۳۵	۵/۸۱	۱۹/۸۷
۴	۰/۹۴۸	۱۲/۹۸	۳۱/۲۷۳	۹/۷۸	۴/۶۲۸	۲۲/۶۰
۵	۰/۹۸۷	۱۳/۸۵	۳۲/۱۲۶	۱۱/۱۸	۵/۶۵۱	۱۸/۴۱
۶	۱/۰۰۳	۱۵/۲۷	۳۴/۵۲۳	۱۸/۲۷	۶/۰۱۵	۲۴/۷۳
۷	۱/۰۹۷	۱۳/۴۴	۳۱/۴۹	۱۷/۲۴	۵/۸۹۳	۲۰/۵۰
۸	۱/۱۱۳	۱۵/۸۹	۳۳/۱۸۳	۱۴/۳۲	۵/۹۸۳	۲۴/۲۰

مواد استخراجی گفته می‌شود. در تعیین مواد استخراجی چوب پالونیا با استفاده از حلال‌های استن خالص، استن + الکل و آب داغ برای قسمت‌های مجاور مغز و بخش میانی چوب، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشته، در حالی که بین بخش میانی و مجاورت پوست اختلاف معنی‌دار نبوده است. بنابراین مواد استخراجی در پالونیا ی ۸ ساله از مغز پوست با توجه به سه نوع حلال روند افزایشی داشته است (جدول ۳). اگرچه مقدار لیگنین از مرکز تنه پوست روند کاهشی داشته، اما اختلاف بین آنها معنی‌دار نبوده است. مقدار سلولز از مرکز تنه به سمت پوست دارای روند افزایشی بوده که اختلاف بین آنها معنی‌دار حاصل نشده است. آب داغ توانسته از همه بیشتر مواد استخراجی

در اندازه‌گیری‌های مشخصات الیاف، درصد ضریب تغییرات آنها محاسبه شد که این تغییرات برای ضخامت دیواره الیاف از همه بیشتر و برای قطر الیاف از همه کمتر (شکل ۱) و برای میانگین طول الیاف بین آن دو قرار گرفته است (شکل ۲). از نتایج چنین بر می‌آید که ضخامت دیواره الیاف بیشتر از همه در معرض تغییرات قرار می‌گیرد. مواد استخراجی طیف گسترده‌ای از ترکیبات را در برمی‌گیرد که می‌توان به کمک محلول‌های قطبی و غیر قطبی از چوب استخراج کرد. در معنی ظریف‌تر ترکیبات استخراجی به موادی گفته می‌شود که قابل حل در حلال‌های آلی‌اند همچنین به کربوهیدرات‌ها و دیگر مواد غیر آلی که به وسیله آب از چوب استخراج می‌شوند هم

آوردن مقدار لیگنین زیاد به دلیل وجود صد در صد جوان چوب، (۱۰) و انجام آزمایش‌ها بر روی آن بوده است. شاید یکی از مشکلات تبدیل چوب پالونیا به خمیر کاغذ در مقام مقایسه با سایر پهن برگان، ناشی از همین مورد باشد.

را در خود جای دهد، این به دلیل حل شدن مواد پکتیکی، کربوهیدرات‌ها و بخشی از همی سلولزها در آب بوده است. اگرچه لیگنین به دست آمده از مغز به سمت پوست از مقدار ۲۸ تا ۳۱ درصد روند کاهشی داشته، ولی با توجه به مقدار زیاد آن قابل مقایسه با لیگنین سوزنی برگان است. به دست

جدول ۳- مواد استخراجی و ترکیبات شیمیایی، مجاور مغز (I)، وسط (m) و مجاور پوست (O) در چوب پالونیا (*Paulownia fortunei*)

موقعیت	تکرار	مواد استخراجی (درصد)			ترکیبات شیمیایی (درصد)		
		استن	استن+الکل	آب داغ	لیگنین	سلولز	همی سلولز
مجاور مغز (I)	۱	۴	۳/۵	۶/۵	۳۱	۴۴	۲۵
	۲	۳	۴	۵/۵	۳۰	۴۵	۲۵
	۳	۴	۳/۵	۶/۵	۳۳	۴۵	۲۲
	میانگین	۳/۶۶	۳/۶۶	۶/۱۶	۳۱/۳۳	۴۴/۶۶	۲۴
وسط (m)	۱	۶/۵	۵/۵	۸	۳۰	۴۵	۲۵
	۲	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۲۸	۴۵/۵	۲۶/۵
	۳	۵	۵/۵	۸/۵	۳۱	۴۵/۵	۲۳/۵
	میانگین	۶	۵/۸۳	۷/۶۶	۲۹/۶۶	۴۵/۳۳	۲۵
مجاور پوست (O)	۱	۶	۵/۵	۶	۲۹	۴۶	۲۵
	۲	۵	۴/۵	۷/۵	۲۸	۴۷	۲۵
	۳	۵/۵	۵/۵	۷/۵	۲۸	۴۷	۲۵
	میانگین	۵/۵	۵/۱۶	۷	۲۸/۳۳	۴۶/۶۶	۲۵

می‌شود قابل توجه است. اولین حلقه رویش سالیانه چوب پالونیا با داشتن طول الیاف نسبتاً خوب زمینه را برای استفاده از آن به عنوان چوب کار با وجود صد درصد جوان چوب فراهم آورده است. اگرچه وجود لیگنین زیاد در چوب پالونیا ممکن است در صنایع فرآورده‌های مکانیکی چوب نقش مثبت داشته باشد، اما در تهیه خمیر کاغذ هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد و از بازده خمیر می‌کاهد. مواد استخراجی این چوب صرف‌نظر از نوع ترکیبات، زیاد است و در جریان تهیه خمیر کاغذ خود نوعی مانع در نفوذ مایع پخت به داخل چپس چوب محسوب می‌شود، بنابراین اگر طول مناسب الیاف آن در نظر گرفته نشود، لازم است در تبدیل شیمیایی به نکات منفی آن هم توجه شود.

## بحث و نتیجه گیری

پالونیا، درخت سریع‌الرشدی است و اگرچه جنگلکاری آن در منطقه گرگان هنوز جوان است، ولی تاکنون به خوبی از خود سازگاری نشان داده است. چوب پالونیای ۸ ساله هنوز صد درصد جوان چوب به حساب می‌آید. از اندازه‌گیری‌های الیاف آن چنین استنباط می‌شود که تواتر تقسیم زیاد سلول‌های مادری کامبیوم در آن نتوانسته است اثر منفی بر روی رشد پستکامبیومی الیاف آن باقی بگذارد، به طوری که میانگین طول الیاف حلقه رویش سالیانه اول آن از ۰/۸ میلی‌متر شروع می‌شود. این در مقام مقایسه با میانگین طول الیاف اولین حلقه سالیانه دیگر پهن‌برگان مناطق معتدله که به طور متوسط از ۰/۶ تا ۰/۸ میلی‌متر شروع

## منابع

- ۱- امیدى انوش، ۱۳۷۸. بررسی تاثیر فاصله کاشت بر خصوصیات آناتومیک چوب پالونیا، (*Paulownia fortunei*) - پروژه کارشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۲- بصیری عبدالله، ۱۳۷۲. طرح‌های آماری در علوم کشاورزی، چاپخانه مرکز نشر، دانشگاه شیراز.
- ۳- سجودی محمد ابراهیم، نوروز علی حسن عباسی، ۱۳۶۶. پالونیا درخت شگفت‌انگیز چین، مجله جنگل و مرتع، ۵(۲): ۲۱-۱۹.
- ۴- یدالهی صغری، آرزو بهفر، ۱۳۷۶. بررسی خصوصیات آناتومی و میزان پیشرفت جوان چوب در پالونیا، (*Paulownia fortunei*) - پروژه کارشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- 5- Chen, H.L., and S.Y. Wang. 1996. A New Technique For The Demarcation Between Juvenile and Mature Wood in *Cryptomeria Japonica*. IAWA J. 17: 125-131.
- 6- Paulownia - Technical info.... <http://rds.yahoo.com>.
- 7- Paulownia - response... Fred Wright <[fwright@SCESCADE.NET](mailto:fwright@SCESCADE.NET)>.
- 8- Panshin, A.J. and Carl de Zeeuw. 1980. Textbook of Wood Technology, McGraw-Hill Book Company, Hamburg, London.
- 9- World Tree Technologies <http://rds.yahoo.com>.
- 10- Zobel, B.J. & J.P. van Buijtenen. 1989. Wood Variation. Its Causes and Control. Springer Verlag, Berlin.

## A Study of Fiber Characteristics and Chemical Composition in Paulownia (*Paulownia fortunei*) of Gorgan Region

S.Ziaeddin Hosseini<sup>1</sup> E. Afra<sup>2</sup>

### Abstract

Paulownia (*Paulownia fortunei*) is one of the exotic trees which has been successfully growing in Gorgan region since twenty five years ago. The eight years old paulownia trees have born hundred percent juvenile wood, in which fiber length for the first and eighth annual rings were measured 0.800 and 1.11 mm respectively. Postcambial growth of fiber length begins starting from the sixth annual ring. Fiber diameter and thickness in the first annual ring were 31.00 and 4.14 and in the eighth annual ring 33.18 and 5.18 micrometers respectively. A maximum coefficient of variation was found for fiber thickness, while a minimum value obtained for fiber diameter. Minimum fiber diameter variation was observed starting from first to eighth annual rings, in which fiber indices were measured 26 and 34 respectively. Water soluble extractive material was measured 6.94%, the most among all solutions. Aceton and aceton+alcohol soluble and extractable materials were 5.05% and 4.88% respectively, very similar to each other. Average lignin content was calculated as 29.77%, that is pretty high and comparable with coniferous, lignin content. Cellulose and hemicellulose contents were measured as 45.55% and 24.66% respectively.

**Keywords:** Paulownia, Fiber, Lignin, Cellulose, Hemicellulose, Postcambial, Extractive material.

---

1-Associate Professor, Faculty of Forestry and Wood Technolog, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (E-mail: Zihoss@yahoo.com)

2- Ph.D. Scholar, Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

---