

ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی زراعت پالونیا (*Paulownia fortunei*) در اراضی شیب‌دار  
(تحقیق موردی: منطقه توسکستان-گرگان)

محمد هادی معیری<sup>۱\*</sup>، نیشتمان حاتمی<sup>۲</sup> و تقی طبرسا<sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۲- دانشجوی دکتری علوم جنگل و جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۳- استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۲

### چکیده

افزایش جمعیت جهان و نیاز فزاینده به چوب، موجب گرایش دولت‌ها به زراعت چوب شده است. این پژوهش در جنگلکاری گونه پالونیا فورتونی در منطقه توسکستان گرگان به منظور بررسی کمی و کیفی درختان پالونیا انجام شد. سطح منطقه مورد پژوهش سه هکتار و حاصل رشد ثانویه درختان قطع شده قبلی و سن این توده شش سال است. ابتدا قطر تمام درختان و ارتفاع ۲۰ درصد آن‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، سپس برای محاسبات رویش درختان توده تعداد ۱۲ درخت قطع و از آن‌ها دیسک تهیه شد. به علاوه مشخصات کیفی درختان نیز ثبت شد. برای توده مورد نظر، حجم، رویه زمینی، ضریب پایداری و دانسیته چوب محاسبه شد و با استفاده از داده‌های رویشی رابطه سن و ارتفاع، سن و قطر مشخص شدند. سپس برای توده مورد نظر جدول آنالیز تنه تهیه شد. نتایج نشان داد که میانگین قطر توده ۱۰/۹ سانتی‌متر، میانگین ارتفاع، ۹/۱۳ متر، رویه زمینی توده ۱۶/۷ مترمربع در هکتار، دانسیته چوب پالونیا ۰/۲۴ و ۶۴/۹ درصد درختان توده وضعیت پایدار دارند. تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی عرصه‌های جنگلکاری بستر مناسبی را برای شناخت دقیق‌تر تأثیر این عرصه‌ها بر روند تکامل اکوسیستم و نحوه مدیریت بهینه آن‌ها برای تأمین چوب مورد نیاز منطقه و بهره‌گیری از خدمات زیست‌محیطی آن‌ها فراهم خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: پالونیا، جنگلکاری، رویش، مشخصه کمی.

## مقدمه

ساختمان‌ها و در صنایع برای تولید در و پنجره، قفسه و کمد، جعبه‌های میوه و جعبه‌های پستی، تخته چن‌دلا، روکش‌سازی، میز و صندلی، کابینت آشپزخانه، خمیر و کاغذ، پل‌های چوبی، صنایع‌دستی، رنگرزی، داروسازی و کودسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این نظر جایگزین مناسبی برای چوب نراد، تیک و ساچ و سرخ چوب و بسیاری دیگر از چوب‌های رزین‌دار و تانن‌دار به حساب می‌آید (Bahrinejad and khazaeian, 2013). در ایران در سال‌های اخیر به منظور جنگلکاری و تولید چوب علاقه‌مندی به گونه پالونیا به‌خصوص در اراضی شیب‌دار و کم‌بازده که هزینه آماده‌سازی آنها بالا است افزایش یافته است. به این منظور پژوهش‌های زیادی در زمینه رشد و تعیین ویژگی‌ها و خصوصیات گونه پالونیا و سازگاری آن با شرایط ایران انجام شده است. در این راستا Riahifar و همکاران (2008)، برای بررسی رویش دو گونه صنوبر و پالونیا در یک جنگلکاری پنج‌ساله در حوزه شرکت چوب و کاغذ مازندران با اندازه‌گیری مشخصه‌های قطر برابر سینه و ارتفاع این دو گونه را از نظر میزان رویش قطری و ارتفاعی مورد بررسی و مقایسه قرار داده‌اند که در نتیجه آن متوسط رویش سالانه ارتفاعی پالونیا ۱/۲۳ متر برای فواصل کاشت مختلف و متوسط رویش قطری در فواصل سه، چهار و پنج‌متری به ترتیب ۲/۵، ۲/۷ و ۲/۲ سانتی‌متر گزارش شده است. Hassanzad Navroodi و همکاران (2007)، در بررسی توان رشد پالونیا در استان گیلان، متوسط رویش قطری و ارتفاع توده دست کاشت سه‌ساله این گونه را به ترتیب ۴/۱۲ سانتی‌متر و ۲/۶۱ متر عنوان کرده‌اند. (Saeedi and Azadfar, 2010) در بررسی تأثیر فاصله کاشت بر مشخصه‌های رویشی درختان پالونیا عنوان کرده‌اند که بیش‌ترین میانگین رویش قطری در دوره ۱۴ ساله در فاصله کاشت ۷×۷ متر به

نیاز فزاینده به چوب و کاهش منابع چوبی سبب ایجاد و تشدید یک رویکرد جدید به انجام جنگلکاری با گونه‌های تندرشد شده است (Swamy et al., 2006). با توجه به محدودیت توان تولید چوب در جنگل‌ها و دوره برداشت طولانی آن و هم‌چنین هزینه زیاد عملیات کاشت و برداشت محصولات کشاورزی در اراضی کم‌بازده و شیب‌دار، گونه‌های تندرشد جنگلی گزینه مناسبی برای کاشت در این نوع اراضی هستند. از طرف دیگر درختان تندرشد و پربازده در ایجاد اشتغال و تأمین درآمد برای مردم و تشویق کشاورزان به جنگلکاری می‌توانند مؤثر واقع شوند. درخت پالونیا که یکی از گونه‌های تندرشد غیربومی است از سال‌ها پیش وارد ایران شده و مراحل سازگاری خود را طی کرده و در تولید صنایع چوب کاربرد دارد. هم‌چنین از نهال این گونه برای فضای سبز و زیباسازی شهر استفاده می‌شود. پالونیا گونه بومی کشور چین است که از ۲۶۰۰ سال پیش به‌خوبی شناخته‌شده و به‌عنوان یک گونه با نیاز آبی کم (قابل کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک است) مطرح است (Jimenez et al., 2005). امروزه به این درخت به‌عنوان گونه‌ای تند-رشد و تولیدکننده کوتاه‌مدت محصولات چوبی توجه فزاینده‌ای در بسیاری از مناطق جهان 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 به‌خوبی رشد می‌کند (Bergmann, 2003). چوب این درخت در عین سبکی از دوام و استحکام بالائی برخوردار است که می‌توان، به مواردی مانند عدم ترک برداشتن، اعوجاج پیدا کردن، خشک شدن سریع و مقاومت آن نسبت به آفات، قارچ‌ها، رطوبت و نوسان حرارتی اشاره کرد. به دلیل سبکی و دوام طولانی برای تیرهای افقی سقف

مقدار ۲/۹ سانتی‌متر و بیش‌ترین میانگین ارتفاع و میانگین رویش کل حجمی نیز در همین فاصله کاشت به‌ترتیب به مقدار ۱/۵۵ متر و ۱/۵۹ مترمکعب برای هر درخت است. در طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا، گرگان (2016) Mohammadi and Moayeri و Mohammadi و همکاران (2012)، میانگین حجم یک اصله درخت را در فواصل کاشت ۶×۱۰، ۵×۸، ۳×۶، را به‌ترتیب ۰/۹۴، ۱/۰۳ و ۰/۹۷ مترمکعب و موجودی حجمی توده پالونیا ۱۸ ساله را به‌ترتیب ۵۲۵/۹۸، ۲۵۹/۷۳ و ۱۶۱/۴ مترمکعب در هکتار محاسبه کرده است. Modir-Rahmati و همکاران (2014)، در بررسی ارقام مناسب صنوبر و پالونیا در ارتفاعات مناطق کوهستانی شمال کشور در منطقه رستم‌آباد گیلان با بررسی ۱۴ گونه و کلن از ارقام پرمحصول و تند رشد صنوبر و پالونیا برای تعیین میزان سازگاری و موفقیت آن‌ها در این منطقه، میانگین قطر در سن پنج‌سالگی گونه پالونیا را ۷/۱ سانتی‌متر به‌دست آورد و Eshaghi Rad (2014)، در بررسی تأثیر آبیاری بر رشد ارتفاعی نهال‌های یک‌ساله گونه پالونیا تومنتوزا (*Paulownia tomentosa*) در شرایط اقلیمی و خاکی استان آذربایجان غربی، در تیمارهای مختلف آبی و دوره‌های مختلف آبیاری به این نتیجه رسیده است که بیش‌ترین مقدار رشد ارتفاعی نهال‌ها در تیمارهای مختلف مربوط به ماه اول بوده و با وجود افزایش مقدار آبیاری و کاهش دوره آبیاری اختلاف معنی‌داری در میانگین رشد کل ارتفاعی نهال‌ها حاصل نشده است و در نهایت بهترین رژیم آبیاری برای رشد مناسب نهال‌های یک‌ساله پالونیا تومنتوزا را آبیاری ۱۰ لیتر در دوره شش‌روزه پیشنهاد کرده است. Faal Khah و همکاران (2017)، در تحقیقی برای بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی درختان تبریزی (*Populus nigra L.*) در فواصل کاشت مختلف، قطر برابرسینه و ارتفاع درختان و

مشخصه‌های کیفی را اندازه‌گیری کرده و هم‌چنین ضرایب شکل طبیعی و مصنوعی توده‌ها را بررسی و روابط بین پهنای دواير سالیانه و فاصله کاشت را با تهیه دیسک بررسی کرده‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از آن بوده است که بیش‌ترین میانگین قطر برابرسینه و ارتفاع درختان در فواصل کاشت ۱×۳ متر و ۱×۱٫۵ متر بود ولی میانگین حجم محاسبه‌شده در فواصل کاشت مختلف اختلاف معنی‌دار نداشته‌اند. هم‌چنین Yadav و همکاران (2013)، ویژگی‌های بیوتکنولوژیکی پالونیا، زیست‌توده زراعی *Paulownia elongata* را پس از ۳۰ ماه تقریباً ۹۲ کیلوگرم درخت گزارش کرده است. Wu و همکاران (2014)، بعد از بررسی اثرهای شدت‌های مختلف هرس تنه روی رشد و شکل تنه *Paulownia fortunei* نشان دادند که شدت هرس متوسط روی درختان پالونیای سه‌ساله متوسط ارتفاع تنه را به‌طور معنی‌داری افزایش داده، به‌طوری‌که متوسط ارتفاع تنه در تیمارها ۹/۱۶ متر بوده که بالاتر از CK (بدون هرس) ۵/۷ متر است و اثر هرس بر روی قطر برابرسینه با شدت و زمان آن متفاوت است و هم‌چنین متوسط کل حجم تنه در هشت سال بعد از هرس تا حدود ۷۰ درصد افزایش یافته است و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که هرس این درخت در یک سن مناسب به‌طور معنی‌داری ارتفاع و حجم کل تنه را بهبود بخشیده درحالی‌که رشد تنه اصلی را تضمین می‌کند. Kiaei (2013)، در تعیین ویژگی‌های تکنولوژیکی کشت چوب پالونیا (پالونیا فورتونی) در فواصل مختلف، ضریب لاغری و انعطاف‌پذیری پالونیا را در محدوده دامنه پهن‌برگان و سوزنی‌برگان مشابه قرار داده است. در نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شیمیایی و مورفولوژیکی نشان داده شده است که پالونیا قابلیت تولید کاغذ را دارد ولی فاقد قدرت مکانیکی موردنیاز است. از مقادیر ویژگی‌های فیزیکی

گرگان به علی‌آباد قرار دارد. ارتفاع محل ۴۴۰ متر از سطح دریای آزاد و متوسط بارندگی بر اساس آمارهای موجود (متوسط ده‌ساله ۸۵-۹۵) ۹۱۰ میلی‌متر و بیش‌ترین درجه حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد در تیرماه و کم‌ترین ۴- درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه است. طول دوره خشکی دو ماه تیر و مرداد است. وزش باد از شمال غربی به سمت جنوب شرقی است. تشکیلات زمین‌شناسی از جنس رسوبات بادرفتی (لس) و جنس خاک شنی-رسی است و غنی از مواد آلی و pH خاک ۷/۷-۷/۸ از سطح تا عمق ۹۰ سانتی‌متر از خاک متغیر است. اراضی شیب‌دار در دامنه شیب غربی و شرقی و شیب آن ۶۰-۱۰ درصد متغیر است (Moayeri et al., 2017).

#### روش پژوهش

##### روش آماری و شیوه نمونه‌برداری

ابتدا توسط آماربرداری صددرصد و با استفاده از خط-کش دو بازو قطر برابرسینه تمام درختان تا دقت سانتی‌متر در طبقات قطری ۵ سانتی‌متری و توسط آماربرداری تصادفی سیستماتیک مشخصه ارتفاع با استفاده از شیب‌سنج در جهت شیب در هر ردیف و به تعداد یک درخت به ازای هر پنج درخت در طبقات ارتفاعی یک‌متری اندازه‌گیری شد. در بررسی مشخصه‌های کیفی برای تمام درختان تقارن تاجی، چندشاخگی، انحنای ساقه، وضعیت سلامت ساقه و شادابی ثبت شد (Sadeghzadeh Hallaj and Rostaghi, 2011, Tabari et al., 2007). تراکم درختان با توجه به تعداد درختان موجود در عرصه و سطح موردنظر تعیین شد. برای محاسبه دانسیته درختان پالونیا جنگلکاری‌شده، ابتدا قطعاتی به ابعاد ۱×۱×۱ سانتی‌متر از ارتفاعات مختلف درختان نمونه تهیه شد. سپس وزن تر (جرم) قطعات با استفاده از ترازو دیجیتال و حجم قطعات نمونه از طریق روابط

این گونه تراکم خشک داخل آن ۰/۲۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، چگالی اولیه ۰/۲۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و چگالی هوای خشک ۰/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است. (Jensen, 2016) در پژوهش خود تحت عنوان بررسی پایداری چوب پالونیا برای پیشه‌زراعی در سامانه‌های کشاورزی اروپایی به بررسی مناسب بودن این گونه برای کشت در سامانه‌های کشاورزی مخلوط در اروپا پرداخته است و نیازهای زیست‌محیطی و فن‌های کاشت و رشد گونه‌ها و ارقام را بررسی کرده است. نتایج نشان داد که گونه‌های پالونیا و هیبریدها، رشد موفقیت‌آمیزی داشته‌اند. در این پژوهش نرخ رشد بیشتر از یک متر در سال بوده است. اهداف اصلی از انجام این تحقیق عبارت‌اند از بررسی و اندازه‌گیری مشخصه‌های کمی و کیفی درختان گونه پالونیا که بعد از یک دوره قطع شدن به صورت جست دوباره رشد کرده‌اند، در جنگلکاری منطقه توسکستان و همچنین بررسی شرایط منطقه مزبور برای کاشت این گونه به منظور تولید چوب برای رفع نیاز چوبی منطقه در موارد مختلف و استفاده از این گونه در جنگلکاری‌های آتی است.

#### مواد و روش‌ها

##### مشخصات منطقه مورد بررسی

جنگلکاری پالونیا با فاصله کاشت ۴×۵ متر و مساحت ۲/۹۱ هکتار که دارای رشد ثانویه بوده به‌طوری‌که یک‌بار در سال ۱۳۸۶ قطع شده و برای بار دوم در سال ۱۳۹۳ سال پژوهش موردنظر که سن شش‌ساله را دارا هستند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این جنگلکاری در منطقه توسکستان استان گلستان واقع شده و مربوط به بخش خصوصی شرکت تعاونی باغ سبز گلستان است و در مسیر جاده توسکستان ۱۷ کیلومتری جنوب شرقی گرگان و به فاصله ۱۰ کیلومتر از جاده آسفالتی

سن، رویش قطری از تقسیم قطر به سن و رویش حجمی از تقسیم حجم به سن محاسبه شد و ضریب قد کشیدگی درختان از نسبت ارتفاع به قطر برابرسینه درخت ( $h/d$ ) محاسبه شد. بررسی وضعیت پایداری فیزیکی درختان پالونیا بر اساس ضریب قد کشیدگی آن ها طبق روش طبقه‌بندی (Burschel and Huss, 1987) مطابق جدول ۱ صورت گرفت (Namiranian, 2000, Akhavan and Namiranian, 2007).

هندسی محاسبه شد. سپس مقدار وزن‌تر (جرم) و حجم هر قطعه در رابطه ۱ قرار داده و دانسیته محاسبه شد.

$$p=m/v \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه  $p$ ، دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)،  $m$ ، وزن‌تر (گرم) و  $v$ ، حجم (سانتی‌متر مکعب) است.

در ادامه برای محاسبه رویش متوسط ارتفاعی، قطری و حجمی، رویش ارتفاعی از تقسیم ارتفاع به

جدول ۱- طبقات ضریب قد کشیدگی و پایداری درخت

Table 1. Form factor and tree stability classes

ضریب قد کشیدگی Form factor	مقدار پایداری Rate of stability
$100 >$	خیلی ناپایدار Very unstable
80-100	ناپایدار Unstable
$< 80$	پایدار Stable
$< 45$	رویش در فضای باز Outdoor growing

(2009)، پس از محاسبه حجم دقیق هر درخت در سنین مختلف، از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$F = \frac{V}{g_{1/3} \times h} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه،  $F$ ، ضریب شکل درخت،  $V$ ، حجم درخت، (مترمکعب)  $h$ ، ارتفاع درخت (متر) و  $g$ ، سطح مقطع درخت (متر مربع) است.

برای محاسبه حجم دقیق درختان، قبل از قطع، قطر در محل قطع و قطر در ارتفاع برابرسینه آن‌ها به وسیله خط‌کش دوبازو (با دقت سانتی‌متر) و ارتفاع درخت سرپا با استفاده از شیب‌سنج سونتو (با دقت دسی‌متر) و پس از قطع، طول درخت از محل قطع تا جوانه انتهایی به وسیله متر (با دقت دسی‌متر)

برای محاسبه رویه‌زمینی توده سطح مقطع هر درخت با استفاده از قطر آن در سنین مختلف محاسبه و در نهایت با توجه به تعداد درختان، رویه زمینی با فرمول رابطه ۲ محاسبه شد.

$$G = ((D^2 \times \frac{\pi}{4}) / 10000) \times N \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه،  $G$ ، سطح مقطع درخت (مترمربع در هکتار)،  $D$ ، قطر درخت (سانتی‌متر) و  $N$ ، تعداد درخت است.

همچنین ضریب شکل درختان توده که عبارت است از نسبت حجم درخت به حجم استوانه‌ای که ارتفاع آن برابر ارتفاع درخت و سطح قاعده آن برابر با سطح مقطع درخت در ارتفاع برابرسینه (Zobeiry, )

بودن سن در دیسک‌های تهیه‌شده از هر یک از درختان، با تخصیص مدل‌های مناسب ارتفاع در تمام سنین برای همه درختان مورد تحقیق، مدل مناسب در نرم‌افزار Curve Expert انتخاب شد. در انتها محاسبات مربوط به رویش حجمی متوسط و جاری سالیانه، بر اساس تجزیه و تحلیل‌های توصیفی و یا استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SPSS، MINITAB، Curve Expert صورت گرفت.

### نتایج

#### نتایج بررسی قطر توده درختان

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میانگین قطر درختان اندازه‌گیری شده ۱۱/۹ سانتی‌متر بود. جزئیات آماره‌های توصیفی قطر و ارتفاع در جدول ۲ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری شد. هم‌چنین قطر درختان پس از قطع، از ارتفاع برابر سینه تا نوک درخت در فواصل دو متری توسط خط‌کش دوبازو مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و حجم مقطوعات تا قطر پنج سانتی‌متر با استفاده از فرمول هوبر محاسبه شد. با توجه به ضریب شکل درختان پالونیا، اندازه‌گیری قطر تمام درختان و محاسبه ارتفاع تمام درختان از طریق منحنی ارتفاع و مدل، حجم درختان و توده جنگلی به‌دست آمد. پس از محاسبه هر یک از مقادیر میانگین قطر، میانگین ارتفاع، رویه زمینی، متوسط حجم یک درخت، اختلاف حجم در دوره‌های سنی، رویش متوسط حجم برحسب سن و حجم در هکتار، جدول محصول برای هر سال از سن درخت تنظیم شد. در بررسی روابط بین مشخصه‌های توده، رابطه قطر برابر سینه و ارتفاع درختان یعنی منحنی ارتفاع توده بررسی شد. برای تعیین رابطه سن و ارتفاع درخت با توجه به معلوم

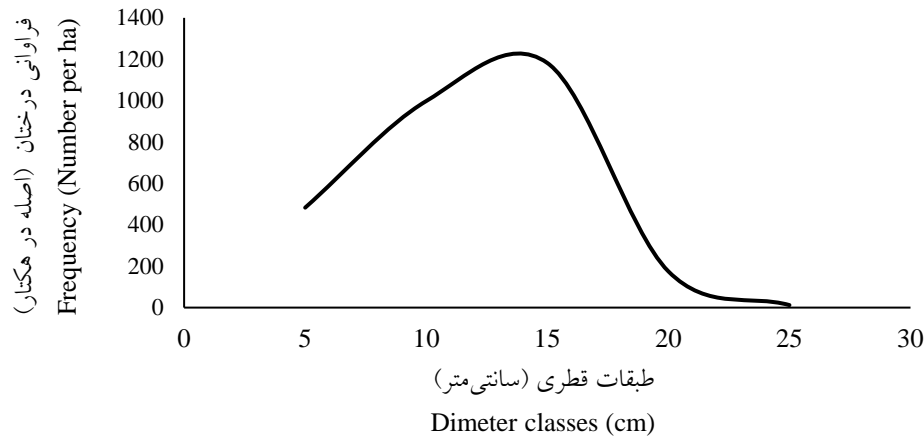
جدول ۲- آماره‌های توصیفی قطر و ارتفاع درختان پالونیا در توده جنگلی

Table 2. Descriptive statistics of diameter and forest stand height of Paulownia

آماره‌های توصیفی Descriptive statistics	قطر توده جنگلی (سانتی‌متر) Forest diameter (cm)	ارتفاع توده جنگلی (متر) Forest stand height (m)
میانگین با حد اطمینان ۹۵ درصد Average with 95% confidence level	11.9	9.312
انحراف معیار Standard deviation	4.05	1.356
واریانس Variance	16.42	1.840
کمترین Minimum	2	9.2
بیشترین Maximum	27	9.42
چولگی Skewness	-0.46	-0.153
کشیدگی Kurtosis	-0.25	-0.0494

شکل ۱، نمودار تعداد در طبقات قطری پنج سانتی‌متری را نشان می‌دهد. تعدادی از پایه‌ها به دلیل شرایط رویشگاهی بهتر و یا توانایی بالاتر در رقابت خود را به طبقات بالاتر قطری رسانده‌اند که تعداد این

درختان کمتر از درختان با طبقات قطری میانی و پایین‌تر بوده و موجب کشیده شدن نمودار به طرف راست شده‌اند.



شکل ۱- نمودار پراکنش قطری درختان پالونیا

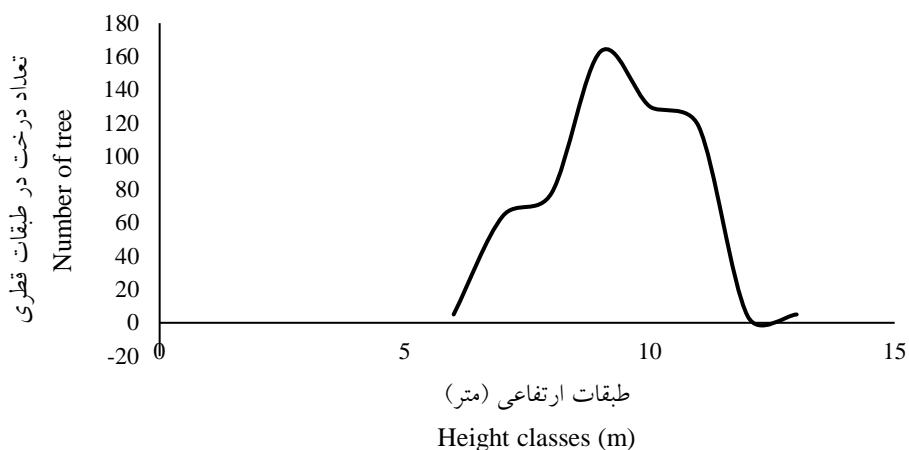
Figure 2. Diameter scatter plot of Paulownia

نتایج بررسی ارتفاع نمودار پراکنش تعداد درختان در طبقات ارتفاعی یک متری تشکیل شد که در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین ارتفاع توده با سطح اطمینان ۹۵ درصد، برابر

۹/۳۱۲ متر، واریانس برابر ۱/۸۴۰ و انحراف معیار برابر ۱/۳۵۶ است.

#### نتایج بررسی ارتفاع

نتایج بررسی ارتفاع نمودار پراکنش تعداد درختان در طبقات ارتفاعی یک متری تشکیل شد که در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین ارتفاع توده با سطح اطمینان ۹۵ درصد، برابر



شکل ۲- پراکنش تعداد درختان در طبقات ارتفاعی

Figure 2. Distribution number of trees in height classes

ناپایدار) و تعداد ۹۸ درخت (۱۷/۳ درصد) در طبقه پایداری ۱ (طبقه خیلی ناپایدار) قرار دارند. جدول‌های ۴ و ۵ نتایج ضریب قد کشیدگی و پایداری را نشان می‌دهد. نمودار ابر نقاط ضریب قد کشیدگی (h/d) نشان می‌دهد که با افزایش قطر برابر سینه ضریب قد کشیدگی کاهش یافته و توده پایدارتر خواهد شد (شکل ۳).

نتایج اندازه‌گیری سطح مقطع برابر سینه درختان جنگلی سطح مقطع در هکتار توده ۱۶/۷۰ مترمربع در هکتار به دست آمد. نتایج آماری سطح مقطع در جدول ۳ نشان داده شده است.

نتایج ضریب قد کشیدگی و پایداری درختان نتایج نشان داد از بین ۵۶۷ درخت نمونه که ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شده است تعداد ۳۶۸ درخت (۶۴/۹ درصد) در طبقه پایداری ۳ (طبقه پایدار)، تعداد ۱۰۱ درخت (۱۷/۸ درصد) در طبقه پایداری ۲ (طبقه

جدول ۳- نتایج آماری سطح مقطع توده جنگلی درختان پالونیا (مترمربع در هکتار)

Table 3. Statistical results of basal area of Paulownia stand (m<sup>2</sup>/ha)

کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار	اشتباه معیار
Minimum	Maximum	Average	Standard deviation	Standard error
0.0003	0.057	0.012	0.007	0.00012

جدول ۴- میانگین قطر و درصد پایه‌ها درختان در طبقات مختلف پایداری بر اساس ضریب قد کشیدگی

Table 4. Average of diameter and number percent in different stability class regarding to form factor coefficient

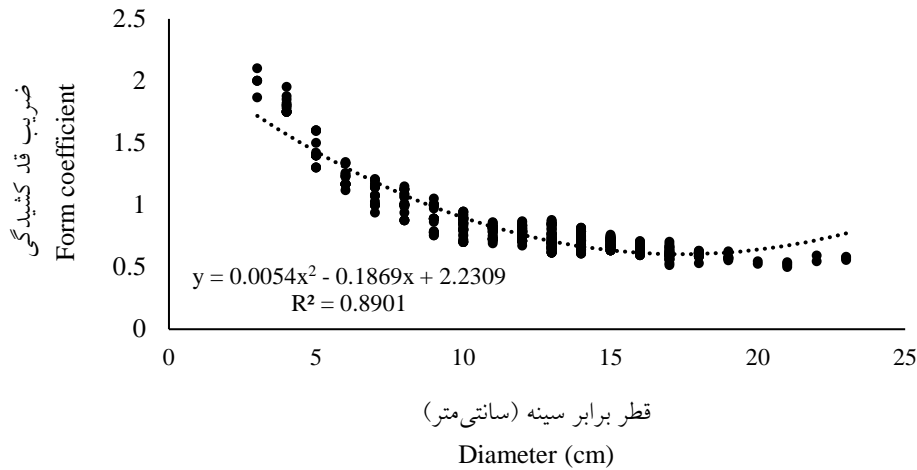
وضعیت پایداری	ضریب قد کشیدگی	درصد پایه‌ها	میانگین قطر
Stability	Form factor coefficient	Number percent	Average of diameter
خیلی ناپایدار Very unstable	>100	17.3	6.10
ناپایدار Unstable	80-100	17.8	10.85
پایدار Stable	<80	64.9	14.43

جدول ۵ - نتایج پایداری درختان پالونیا

Table 5. Result of Stability of Paulownia

درصد	فراوانی	طبقات پایداری
Percent	Frequency	Stability classes
17.3	98	1
17.8	101	2
64.9	368	3
100	100	کل Total





شکل ۳- نمودار ابر نقاط ضریب قد کشیدگی  
 Figure 3. Scatter plot of form coefficient

#### نتایج بررسی رابطه سن و ارتفاع درخت

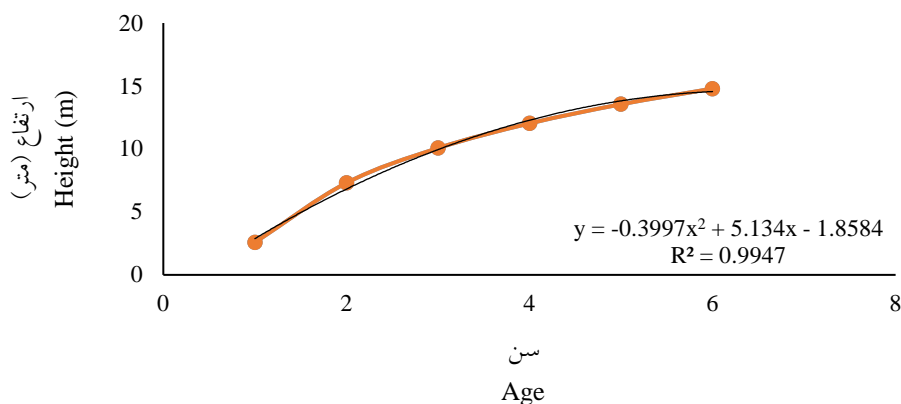
به منظور تعیین مقادیر سن و ارتفاع درختان مورد تحقیق، با توجه به قطر و سن دیسک ارتفاع برابر سینه تمامی درختان نمونه، میانگین قطر در هر سن در دیسک ارتفاع برابر سینه محاسبه شد و نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

#### نتایج بررسی‌های کیفی

نتایج به دست آمده از بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای کیفیت درختان نشان داد که کیفیت ۹۷ درصد از تنه درختان در توده مورد نظر از نوع درجه ۱ و سالم بوده و تنها کیفیت ۲ درصد از درختان از نوع درجه ۲ و ناسالم بوده‌اند.

#### نتایج آنالیز تنه

بررسی آنالیز تنه ۱۲ درخت از درختان توده با توجه به پراکنش در طبقات قطری و میانگین آن‌ها در جدول ۸ آمده است.



شکل ۴ - رابطه بین سن و ارتفاع درختان نمونه درختان پالونیا  
 Figure 4. Relationship between age and height of sampel tree of Paulownia

محاسبه میانگین حجم درختان در سنین مختلف  
 رابطه سن و حجم و جدول ۷ نتایج آنالیز تنه را نشان  
 می‌دهد.  
 میانگین حجم درختان در سنین مختلف با توجه به  
 مشخص بودن قطر و طول هر یک از قطعات در تمام  
 سنین با استفاده از فرمول هوبر محاسبه شد. جدول ۶

جدول ۶- رابطه بین سن و حجم درخت در توده پالونیا

Table 6. The relationship between age and volume of the tree in stand of Paulownia

حجم (مترمکعب) Volume (M <sup>3</sup> )	سن (سال) Age (yaer)
0.005	1
0.015	2
0.039	3
0.073	4
0.116	5
0.147	6

جدول ۷ - نتایج آنالیز تنه درختان پالونیا

Table 7. The results trunk analyzes in stand of Paulownia

قطر با پوست (سانتی‌متر) Dimeter with bark (cm)	6	5	4	3	2	1	ارتفاع از بن (متر) High form butt (M)
22.27	21.72	19.75	16.53	12.1	8.28	4.48	0.04
18.37	17.79	15.99	12.9	9.43	6.00	3.59	1.3
16.43	15.92	14.39	11.96	9.06	5.85	4.59	3.3
14.81	14.31	12.92	10.53	7.64	4.66	2.18	5.3
12.02	11.50	9.95	7.51	5.32	3.76	-	7.3
10.95	11.55	8.70	5.33	4	1.4	-	9.3

نتایج ضریب شکل درختان در سنین مختلف  
 ضریب شکل درختان در هر سن محاسبه شد (جدول  
 برای محاسبه ضریب شکل دقیق درختان در هر سن و  
 استفاده از آن در محاسبات مربوط به برآورد حجم،  
 ۸).

جدول ۸- نتایج محاسبه ضریب شکل درختان پالونیا

Table 9. Resluts form factor calculation of Paulownia stand

ضریب شکل Form factor	سن (سال) Age (yaer)
0.53	1
0.49	2
0.49	3
0.45	4
0.46	5
0.46	6

نتایج تراکم و دانسیته درختان

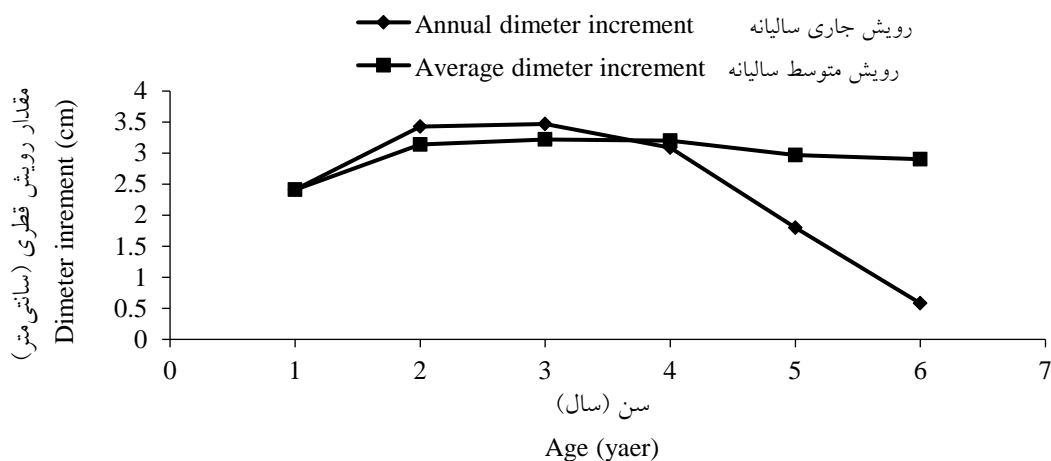
با توجه به تعداد کل درختان، مقدار تراکم درختان ۱۳۴۲/۴۱ در هکتار است، هم‌چنین مقدار دانسیته آن‌ها ۰/۲۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب در حالت تر، ۰/۲۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب در حالت هوای محیط و ۰/۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب در حالت خشک به‌دست‌آمد.

نتایج مربوط به رویش قطری جاری و سالانه

نتایج حاصل از رویش قطری جاری و سالانه در شکل ۵ نشان داده شده است.

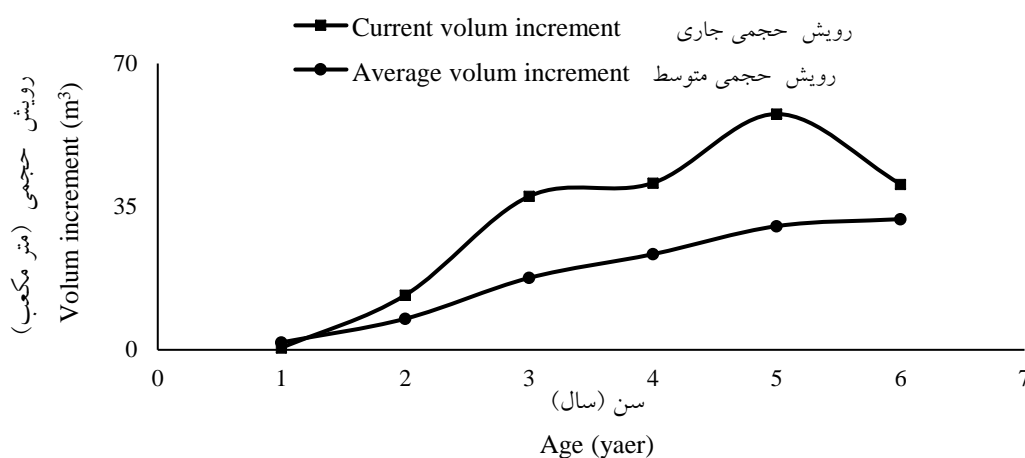
نتایج بررسی رویش حجمی توده پالونیا (سن بهره‌برداری مطلق)

بررسی رویش‌های جاری و متوسط سالانه حجمی نشان داد که رویش جاری حجمی درختان در ۵ سالگی به بیشترین مقدار خود رسید و متوسط رویش سالانه حجمی در طول ۶ سال سن مورد بررسی در حال افزایش بوده و به بیشترین مقدار خود نرسیده است و از آنجایی‌که رویش حجمی و تقاطع دو نمودار رویش جاری و متوسط سالانه مشخص‌کننده سن بهره‌برداری مطلق (دیدگاه جنگلبانان) است، از این رو بر اساس نتایج جدول محصول و رسم منحنی‌های رویش حجمی متوسط و جاری، در این پژوهش درختان پالونیا به سن بهره‌برداری مطلق نرسیده‌اند (شکل ۶).



شکل ۵- رویش قطری جاری و سالانه توده پالونیا

Figure 5. Current annual diameter increments of Paulownia stand



شکل ۶- رویش حجمی جاری و سالانه در هکتار توده پالونیا

Figure 6. Annual current and volume increment of Paulownia stand

## بحث

بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی توده پالونیا در رشد ثانویه آن‌ها، یعنی پس از یک دوره قطع و رویش مجدد آن‌ها، نشان‌دهنده رشد بالا و قابل قبول بوده است. در بررسی آماره‌های توصیفی درختان، نمودار پراکنش درختان در طبقات قطری تقریباً شبیه منحنی نرمال است که نشان‌دهنده یک توده جنگلی خالص و همسال پالونیا است. این توده ۶ ساله و در دوره دوم رویشی است. میانگین قطری آن ۱۱/۹ سانتی‌متر بوده که به دلیل آماربرداری صددرصد قطر درختان، بدون اشتباه معیار است و میانگین ارتفاعی آن ۹/۳۱ متر با اشتباه معیار  $\pm 0/056$  متر و اشتباه آماربرداری  $\pm 0/002$  متر است. رویه زمینی  $16/70$  مترمربع در هکتار است. از این گونه در این سن و با این مشخصات قطری می‌توان در صنایع مختلف استفاده کرده و با توجه به کمبود گرده‌بینه‌های با قطر مناسب و گسترش استفاده از چوب در صنایع مختلف به‌ویژه ساختمان‌سازی و نیاز به گونه‌های تندرشد استفاده از این گونه لازم و ضروری به نظر می‌رسد (Mehdinia et al., 2011).

پراکنش این درختان در طبقات ارتفاعی تقریباً نشان‌دهنده تمایل این درختان به سمت راست بوده که بیانگر رقابت درختان برای رسیدن به نور در اشکوب بالاتر است. با توجه به اینکه توده موردنظر همسال است میانگین حسابی شاخص مناسبی برای مشخصه ارتفاع جنگل است (Zobeiry, 2009). بررسی ضریب قدکشیدگی و پایداری درختان نشان داد که توده موردنظر وضعیت پایداری خوبی دارد و می‌توان در زراعت چوب‌بر روی پرورش دوباره جست‌ها و تشکیل یک توده در این گونه سرمایه‌گذاری کرد. Modir-Rahmati و همکاران (2014)، میانگین قطر این گونه را در یک دوره پنج‌ساله ۷/۱ سانتی‌متر و میانگین ارتفاع آن را ۴/۲۶ متر، (Saeedi and Azadfar (2010)،

میانگین قطر را در ۱۴ سالگی ۴۱ سانتی‌متر در فاصله کاشت ۷×۷ متر، میانگین ارتفاع را در دوره ۱۴ ساله ۲۱/۶۶ متر، حجم تک‌درخت را در این سن ۱/۵۱ مترمکعب در فاصله کاشت ۶×۵ متر، حجم در هکتار در سال را ۲۴/۶۵ مترمکعب برآورد کرده‌اند و Mohammadi و همکاران (2012)، میانگین قطر را در فاصله کاشت ۸×۵ متر ۳۹/۹ سانتی‌متر در دوره ۱۸ ساله و میانگین ارتفاع را در این دوره ۱۹/۶ متر برآورد کرده‌اند. (Bergmann (2003 میانگین قطر را در ۵-۶ سالگی ۳۰-۴۰ سانتی‌متر، Jimenez و همکاران (2005)، حجم تک‌درخت پالونیا را در سن ۵-۷ سالگی یک مترمکعب و (Rao (1986)، میانگین قطر را در ده‌سالگی ۳۰-۴۰ سانتی‌متر و حجم تک‌درخت پالونیا را در این سن ۰/۳-۰/۵ مترمکعب برآورد کرده‌اند. نتایج حاصله از بررسی‌های کیفی با مقدار ۹۷/۳۴ درصد پایه سالم و درجه یک و ۲/۶۶ درصد پایه ناسالم و درجه دو نشان داد که توده در وضعیت سلامت خوبی بوده است. دانسیته گونه مورد بررسی در دمای محیط در این تحقیق در حدود ۰/۲۲ بوده که با نتایج (Bergmann (2003 و Mohammadi و همکاران (2012)، همسو است. بررسی رابطه سن و قطر درختان نشان داد که با افزایش سن مقدار قطر افزایش می‌یابد که این افزایش در این سنین اولیه چشمگیر بوده که می‌توان آن را مربوط به خصوصیات اکولوژیکی و ژنتیکی این گونه دانست که در سنین اولیه دارای رشد قابل توجهی است. بررسی رابطه سن و ارتفاع درختان نشان داد که افزایش رشد ارتفاعی در سنین اولیه چشمگیر بوده و سپس به‌مرور کم می‌شود که به دلیل خصوصیات اکولوژیکی و ژنتیکی این گونه است. رابطه سن و ارتفاع به‌صورت منحنی چندجمله‌ای درجه ۲ با ضریب تبیین ( $R^2: 0/994$ ) است. این نتایج با نتایج (Saeedi and Azadfar (2010)

در ۵ سالگی به بیشترین خود رسیده که مقدار آن ۵۷/۶۶ مترمکعب است و رویش متوسط حجمی تا سن شش‌سالگی روند افزایشی را نشان می‌دهد و مقدار آن در این سن ۳۱/۹۵ مترمکعب است که هنوز به بیشترین مقدار خود نرسیده است. تعیین سن بهره‌برداری مطلق که بر اساس رویش جاری و متوسط حجم تعیین می‌شود، ولی در این پژوهش با توجه به این‌که این دو رویش تا سن شش‌سالگی باهم برابر نشده‌اند و رویش متوسط سالیانه هنوز به حداکثر نرسیده است، نمی‌توان سن بهره‌برداری مطلق را برای این گونه مشخص کرد که با نتایج Mohammadi and Moayeri (2016) همسو است که توده پالونیای ۱۴ ساله هنوز به بیشترین رویش متوسط حجمی به‌منظور تعیین سن بهره‌برداری مطلق نرسیده‌اند. در بررسی میانگین رویش ارتفاعی، رویش موردنظر توده ۲/۱۱ متر است که این امر به‌دلیل جوان بودن و در سن رشد بودن آنان است. متوسط حجم یک اصله درخت در ۶ سالگی ۰/۱۴ مترمکعب بوده که با توجه به تعداد پایه ۱۳۲۴ درخت در هکتار، ۱۸۵/۳۶ مترمکعب تولید چوب در هکتار خواهد داشت که با توجه به این‌که این جنگل دارای رشدی ثانویه بوده و شاخه‌زاد است حجم قابل قبولی را ارائه می‌کند.

تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی عرصه‌های جنگلکاری بستر مناسبی را برای شناخت دقیق‌تر تأثیر این عرصه‌ها بر روند تکامل اکوسیستم و نحوه مدیریت بهینه در مناطق جنگلکاری شده فراهم کرده و استفاده از این گونه‌های تندرشد به‌جای بهره‌برداری بی‌رویه و تخریب جنگل‌های باارزش و کندرشد پهن-برگ پیشنهاد می‌شود.

و Mohammadi and Moayeri (2016) همسو است. میانگین رویش قطری جاری سالانه توده ۲/۴۶ سانتی‌متر است. بررسی رویش قطری درختان پالونیا نشان داد که بیش‌ترین مقدار رویش جاری در سنین اولیه رشد و در سن ۳ سالگی، به‌مقدار حدود ۳/۴۷ سانتی‌متر به اوج می‌رسد و بعد از آن روند کاهشی پیدا می‌کند. هم‌چنین رویش متوسط سالیانه قطری در سن ۴ سالگی، با مقدار حدوداً ۳/۲۲ سانتی‌متر به بیشترین می‌رسد و در سن ۴ سالگی مقدار رویش متوسط و جاری قطری برابر می‌شود که این با نتایج Mohammadi and Saeedi and Azadfar (2010) و Moayeri (2016) هم‌راستا هستند. نتایج محاسبه ضریب شکل در سنین مختلف نشان داد که ضریب شکل در این درختان با توجه به روند افزایشی بودن حجم درخت در ابتدا و به‌دلیل این‌که درخت در سنین اولیه رشد نسبت به سنین بعدی از حالت تقریباً استوانه‌تری برخوردار است افزایش می‌یابد، ولی این روند در طول زندگی درختان یکسان نمی‌ماند و قابل‌تغییر است و با توجه به کم بودن سن درخت نمی‌توان روند دقیق و مشخصی را در این مورد تشخیص داد و قضاوت کرد. میانگین حجم یک اصله درخت در این توده در سن ۶ سالگی برابر با ۰/۱۴ مترمکعب و موجودی حجمی برابر با ۱۹۱/۷۱ مترمکعب در هکتار است که بالا بودن آن می‌تواند به دلیل شاخه‌زاد بودن و چندپایه بودن اصله‌ها و تعداد در هکتار بالای آن‌ها باشد. با استفاده از نتایج این جدول و روابط آماری که بین هر یک از متغیرهای برآوردشده وجود دارد می‌توان از آن‌ها در نتایج پژوهش‌های دیگر استفاده کرد. رویش جاری حجمی

## References

- Akhavan, R. & M. Namiranian, 2007. Slenderness coefficient of five major tree species in the Hyrcanian forests of Iran.

- Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(2): 165-180. (In persain).
- Bahrinejad, R. & A. Khazaeian, 2013. Industrial applications of spruce poplar and

- palonium fast growing species, Proceedings of the 2th National Conference on Sustainable Agriculture and Environment, Hamadan, Iran. 9 p. (In persain).
- Bergmann, B. A., 2003. Five years of paulownia field trials in North Carolina, *New Forests*, 25(3): 185-199.
  - Burschel, P. & J. Huss, 1987. Grundriss des Waldbaus. Verlag Paul Parey, Humburg und Berlin, 352 p.
  - Eshaghi Rad, J., 2014. Determination of optimal irrigation on establishment and height growth of one-year Paulownia tomentosa seedlings, *Journal of Zagros Forests Researche*, 1(1): 109-124. (In persain).
  - Faal-Khah, I., E. Ramezani Kakroudi, A. Alijanpour & A. B. Shafiei, 2017. The effect of spacing on quantitative and qualitative characteristics of black poplar (*Populus nigra* L.), *Journal of Forest Research and Development*, 2(4): 337- 351. (In persain).
  - Hassanzad Navroodi, I. & T. Rostami, 2007. Evaluation of the growth potential of Paulownia furtunei in Guilan province. Proceedings of Conference on Improving the Triple Bottom Line Returns from Small-scale Forestry, Ormoc, the Philippines, pp: 197-204.
  - Jensen, B. J., 2016. An investigation into the suitability of Paulownia as an agroforestry species for UK & NW European farming systems. Submitted to the Department of Agriculture & Business Management, SRUC, in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science, 214 p.
  - Jimenez, L., A. Rodrí'guez, J. L. Ferrer, A. Pe' rez & V. Angulo, 2005. La Paulownia: una planta dera'pido crecimiento Como materia prima para la fabricacio'n de papel, *Afinidad*, 62 (516): 100-105.
  - Kiaei, M., 2013. Technological properties of Iranian cultivated paulownia wood (paulownia fortunei), *Cellulose chemistry and technology*, 47 (9-10): 735-743.
  - Mehdinia, M., T. Tabarsa & M. M. Sadeghian, 2011. Investigation the Plywood Manufacturing of Paulownia (paulownia tomentosa) with Urea and Phenol Formaldehyde Adhesives, *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 2(1): 81-89. (In persain).
  - Moayri, M. H., N. Hatami & T. Tabarsa, 2017. Evaluation of quantitative and qualitative characteristic of paulownia Plantation on slopes (Case study: Tooskestan Region- Gorgan). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, vice presidency for research and technology, 37 p. (In persain).
  - Modir-Rahmati, A. R., R. Ghasemi, M. Calagary & R. Baghery, 2014. Study of adaptability and growth of different Poplar and Paulownia clones in the mountainous region of northern Iran (Rostam-Abad, Guilan province), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4): 736-748. (In Persian)
  - Mohammadi, A. & M. H. Moayeri, 2016. Determining the harvest age (Economic) of even- aged stands of Paulownia plantation in Dr. Bahramnia's Forestry Plan, *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 23(2): 203-223. (In Persian)
  - Mohammadi, A., M. H. Moayeri & H. Heydari, 2012. Determination of the absolute harvesting age of Paulownia even-aged stands in Dr. Bahramnia's Forest Management Project, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3): 393-401. (In Persian)
  - Namiranian, M., 2000. A study of dimaention character of Beech species Gorazbon district, Kheyroudkenar forest, *Iranian Journal Natural Resources*, 53(1): 87-96.
  - Rao, A. N., 1986. Paulownia in china: cultivation and utilization. Asian Network for Biological Sciences, Republic of Singapore and international Development Research Center, Canada, 65 p.
  - Riahifar, N., A. Fallah, K. Mohammadi Samani & Y. Gorji Mahlebani, 2008. Comparing the growth of Paulownia fortunei and Populus deltoides plantations under different spacing in northern Iran, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(3): 444-454. (In Persian).
  - Sadeghzadeh Hallaj, M. H. & A. A. Rostaghi, 2011. Study on growth performance of Turkish pine (Case study: Arabdagh afforestation plan, Golestan province), *Iranian Journal of Forest*, 3(3): 201-2012. (In Persian)
  - Saeedi, Z. & D. Azadfar, 2010. Effect of spacing on growth characteristics of Paulownia fortune (case study: Dr. Bahram Nia forest management plan, Gorgan), *Iranian Journal of Forest*, 2(2): 151-163. (In Persian)

- Swamy, S. L., A. Mishra & S. Pur, 2006. Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of populus deltoids under an agrisilviculture system, *Bioresource Technology*, 97(1): 57-68.
- Tabari, M., Kh. Sagheb Talebi & M. Zobeiry, 2007. The effect of environmental factors on improving quality characteristics Eldar pine green space in Tehran, *Journal of environmental studies*, 33:68-73. (In Persian)
- Wu, L., B. Wang, J. Qiao, H. Zhou, R. Wen, J. Xue & Z. Li, 2014. Effects of trunk-extension pruning at different intensities on the growth and trunk form of *Paulownia fortunei*, *Forest Ecology and Management*, 327: 128-135.
- Yadav, N. K., B. N. Vaidya, K. Henderson, J. F. Lee, W. M. Stewart, S. A. Dhekney & N. Joshee, 2013. A Review of *Paulownia* Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree, *American Journal of Plant Sciences*, 4(11): 2070-2082.
- Zobeiry, M., 2009. Forest Inventory (Measurement of Tree and Stand), Tehran University Publications, 424 p. (In Persian)

## Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of *Paulownia fortunei* cultivation on steep lands (Case study: Tooskestan region–Gorgan)

M. H. Moayeri<sup>\*1</sup>, N. Hatami<sup>2</sup> and T. Tabarsa<sup>4</sup>

1- Associate Professor, Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

2- PhD Student of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

3- Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

Received: 23.06.2017

Accepted: 5.01.2018

### Abstract

Increasing the world's population and increasing demand for timber have led governments to stick to wood farming. This research was conducted on the paulownia Furtoni species cultivation in Gorgan, Tuskestan area, to study of its quantitative and qualitative features. The study area is 2.9 hectares and also is outcome of the secondary growth of prior cut trees and the age of 6 years. The diameter of all trees and height of 20 percent of them were measured. Then, for the growth calculations 12 trees were chosen and cut down as well as preparing discs and recording the qualitative characteristics all of trees. After that, volume, basal area, form factor and wood density were calculated. Using by increment information, the relationship between age and height, age and diameter and trunk analysis table were determined. Results showed that average of stand diameter, average of trees height, Basel area, density of paulownia wood and stability were 11.9 cm, 9.31 m, 16.7 m ha<sup>-1</sup>, 0.22 and 64.9 percent respectively. Determination of the qualitative and quantitative characteristics of the cultivated areas are a suitable basis for a better understanding of the impact of these areas on the evolution of ecosystems and their optimal management to provide the required wood for the region and utilize their environmental services

**Keywords:** Paulownia, Plantation, Increment, Quntaitive characteristic.

---

\* Corresponding author:

Email: moayeri38@yahoo.com