Research Article

Determination of the optimum felling frequency and sprout density in mid-term white poplar (*Populus alba* L.) cultivations (case study: Dehcheshme village in Farsan county)

Ahmad Fadaei Dehcheshmeh[1], Ali Soltani[1*], Mozhgan Abbasi[1]

Extended Abstract

Background and Objectives: The growing population and increasing demand for wood have led to the depletion of forest resources and a reduction in arable land. Poplars are known as one of the fastest-growing tree species and serve as a primary source of timber in the northern hemisphere. Various poplar species have been cultivated throughout Europe and the Middle East for the production of short-rotation coppice (timber crops) and medium-rotation coppice. After identifying suitable species, it is crucial for poplar growers to determine the optimal spacing for planting seedlings and the frequency of felling to ensure the growth of larger trees. This study investigates the effects of different planting densities and felling frequencies on the productivity of white poplar (Populus alba L.) plantations.

Materials and Methods: This study was conducted in the poplar-growing region east of Deh Cheshmeh Village in Chaharmahal and Bakhtiari Province. It utilized a roughly 5-hectare field divided into 12 equally sized and leveled plots. These plots were classified into two categories: those with young trees (6 to 7 years old) and those with mature trees (15 to 18 years old). Researchers further divided the plots based on the number of past fellings (zero, one, or two) and tree density (low or high). Data on breast height diameter, total height, crown height, crown coverage, and standing volume were collected from 25-square-meter sample areas within each plot. The study employed a completely randomized block design with two factors: felling frequency and planting density.

Results: Analysis of variance within the randomized block design, using tree age as a blocking factor, indicated that trees grown in plots subjected to a single past felling exhibited significantly larger breast height diameter, total height, crown coverage, and standing volume compared to those without prior felling or those that were pruned twice. Trees with two past fellings displayed the highest sprout count, while trees that were felled twice or not at all showed the highest ratio of crown height to total height. Furthermore, the findings highlighted that white poplar trees in lower planting density plots exhibited notably larger dimensions and volume than those in high-density plots.

Conclusion: In summary, optimal cultivation of white poplar trees in the poplar cultivation hub of Chaharmahal and Bakhtiari Province indicates that maintaining a plantation density of fewer than 100 trees per hectare, along with a single prior felling, is advisable.

Keywords: Cutting, Tree height, Sprouting, Standing volume, Yield.

[1]Department of Forest Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

[*]Corresponding author, E-mail: ali.soltani@sku.ac.ir

DOI: 10.21859/jfer.4.1.81
ISSN: 2423-4095
Received: 20.11.2024; Accepted: 26.01.2025
Online Published: 12.03.2025

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

مقاله پژوهشی

تعیین تعداد برش، تراکم کاشت و سن برداشت مناسب در کشت میان‌مدت سپیدار *(Populus alba L.)* (مطالعه موردی: روستای ده‌چشمه فارسان)

احمد فدایی ده‌چشمه[۱]، علی سلطانی[۱*]، مژگان عباسی[۱]

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: رشد جمعیت و نیاز رو به افزایش به چوب و تولیدات چوبی باعث کاهش منابع جنگلی شده و زمین‌های قابل کشت را کاهش داده است. صنوبرها به عنوان یکی از سریع‌الرشدترین درختان و منبع اصلی چوب در نیمکره شمالی شناخته می‌شوند و کشت انواع گونه‌های صنوبر برای تولید چوب در کوتاه (زراعت چوب) و میان مدت از سابقه طولانی در اروپا و خاورمیانه برخوردار است. پس از انتخاب گونه مناسب، اولین سوالی که برای یک صنوبرکار مطرح می‌شود این خواهد بود که قلمه‌های درختان را در چه فاصله‌ای بکارد و تا چند برش آنها را برداشت کند تا درختان با اندازه‌های بزرگ‌تری را نصیبش سازد. هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر تیمارهای مختلف تراکم کشت و تعداد برش بر محصول‌دهی صنوبرکاری‌های سپیدار تاج بسته (کبوده) (*Populus alba* L.) است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در منطقه صنوبرکاری شرق روستای ده‌چشمه، در استان چهارمحال و بختیاری انجام شده است. مزرعه‌ای به مساحت حدود ۵ هکتار به ۱۲ کرت کمابیش با وسعت یکسان و مسطح تقسیم شد. کرت‌ها به دو دسته کرت‌های با درختان جوان (۶ تا ۷ سال) و کرت‌های با درختان مسن (۱۵تا ۱۸ سال) و دو دسته کرت‌های با کشت متراکم و غیرمتراکم تقسیم شدند. درختان این کرت‌ها بسته به اینکه تاکنون برش نخورده (برش صفر) و یا در مرتبه برش اول و دوم بودند (برش‌های یک و دو) و آیا در کرت‌های کم‌تراکم یا متراکم روییده‌اند، تقسیم‌بندی شدند. در این مطالعه، داده‌ها از قطعات نمونه‌ای به مساحت ۲۵ مترمربع در هر کرت جمع‌آوری شدند. مشخصات مورد بررسی شامل قطر برابر سینه، ارتفاع کل، ارتفاع تاج، اندازه مساحت تاج و حجم سرپا درنظر گرفته شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از طرح بلوک کاملاً تصادفی با دو فاکتور (نوبت برش و تراکم کشت) استفاده شد.

یافته‌ها: تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی و با درنظر گرفتن سن درختان به عنوان بلوک نشان داد که درختان روییده در کرت‌های با یک برش به طور معنی‌داری قطر برابر سینه، ارتفاع کل، مساحت تاج و حجم سرپای بیشتری نسبت به درختان بدون برش و یا دوبار برش داشتند. بیشترین تعداد جست متعلق به درختان دوبار برش و بیشترین نسبت ارتفاع تاج به ارتفاع کل درخت متعلق به درختان دوبار برش و بدون برش بودند. همچنین نتایج نشان دادند که درختان سپیدار روییده در کرت‌های با تراکم کم به طور معنی‌داری اندازه‌ها و حجم بیشتری نسبت به درختان روییده در کرت‌های متراکم داشتند.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که درختان سپیدار در قطب کشت صنوبر استان چهارمحال و بختیاری در تراکم‌های کمتر از ۱۰۰ اصله در آر و با یک بار برش کشت و نگهداری شوند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع درخت، جست‌دهی، حجم سرپا، قلمه، محصول‌دهی.

[۱]گروه جنگل، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

[*]پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ali.soltani@sku.ac.ir

DOI: 10.21859/jfer.4.1.81
ISSN: 2423-4095
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲
تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]
[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و تقاضای رو به افزایش تولیدات و مشتقات چوبی، نوسانات شدید و افزایش بهای چوب و محصولات آن، کاهش سطح زمین‌های قابل کشت و تمایل به حراست از اکوسیستم های جنگلی و جلوگیری از نابودی این منابع ارزشمند حیاتی از سوی دیگر باعث شده است تا طرح‌های زراعت چوب بیش از پیش مورد توجه مسئولان قرار گیرد (Haji-Mirsadeghi, 1984).

گونه‌های مختلف صنوبر به عنوان سریع‌الرشدترین درختان و یکی از منابع عظیم تولید چوب در نیمکره شمالی محسوب می‌شوند (Kapur & Dogra 1989). تفاوت‌های آب و هوایی و جغرافیایی تأثیر بسزایی در رشد طولی و قطری صنوبرها دارد. صنوبرها به دلیل رشد سریع و دامنه اکولوژیکی وسیع خود و مصارف مختلف چوب، یکی از مناسب‌ترین درختان برای زراعت چوب و جایگزین مطمئن تأمین چوب هستند (Daneshvar & Modirrahmati, 2008).

گونه سپیدار[1] صنوبر اصلی کشت شده در استان‌های کردستان و چهارمحال و بختیاری است. تولید و کشت این گونه از اواسط دهۀ ۱۳۵۰ شمسی در مراکز منابع طبیعی و نهالستان‌های جنگلی کوهپایه‌های زاگرس شروع شده و تاکنون برای کلن‌هایی از آن طرح‌های سازگاری مختلف اجرا شده و از همین کلن ها بوده‌است که تکثیر سپیدار در بین روستاییان انجام شده است. هم اکنون این کلن ها به صورت ترکیبی و تحت عنوان محلی کبوده و تفکیک نشده کشت می‌شوند. معمولاً کشت سپیدارها به صورت نهال‌های با اندازه تاج متوسط و نهال‌های با منشا قلمه در فاصله‌های مشخص و با سیستم آبیاری غرقابی انجام می‌شود. برش‌های ابتدایی با هدف هرس و یا تنک کردن قبل از دو سالگی انجام می‌شود. به جز این برش‌های اصلاحی، برش‌های بهره‌برداری می‌تواند پس از ۲ الی ۵ سالگی در مورد دوره‌های کوتاه‌مدت و ۵ الی ۳۵ سال برای برش‌های میان‌مدت انجام شود. در برش‌های میان‌مدت، مرسوم‌ترین برش‌ها در منطقه ده‌چشمه فارسان، فاصله زمانی بین برش‌ها می‌تواند بسیار متفاوت باشد. در هر صورت به نظر می‌رسد هرچه فاصله زمانی بیشتر باشد، میزان انباشت چوب نیز بیشتر می‌شود؛ اما در بررسی‌های انباشت چوب، نباید تنها حجم چوب نهایی را درنظر گرفت، بلکه افزایش نسبی چوب و یا کاربردهای مورد انتظار را نیز باید در نظر داشت. در ضمن تعداد جست‌هایی را که کشاورز به جای می‌گذارد نیز در محصول نهایی مورد نظر قرار می‌گیرد. ازعوامل مهم در موفقیت جنگل‌کاری‌ها، فاصله کاشت است (Buyuksari *et al.,* 2011).

فاصله کاشت (و در نتیجه تراکم) مناسب توده، در تولید درختان خوش‌فرم، باکیفیت، دارای تنه راست و کم‌گره در تأمین نیازهای چوبی اهمیت ویژه‌ای دارد. این عامل همچنین، با کاهش نرخ مرگ و میر نهال‌ها در مراحل رویشی بالاتر و افزایش کارایی مراقبت‌های پرورشی، به ویژه تنک کردن در استقرار موفق توده و کاهش هزینه تولید بسیار تأثیر دارد (Benomar *et al.,* 2012). در بیشتر مناطق اروپا، پهن‌برگان را اغلب در فاصله‌های ۲×۲ و یا ۳×۳ متر می‌کارند (Kerr & Evans, 1993). فاصله کاشت بر ضریب قد کشیدگی نیز به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تعیین پایداری توده‌های جنگلی، تأثیر گذار است (Zojaji Tehrani *et al.,* 2011).

در توده‌های جنگلی بسیار انبوه، درختان برای رسیدن به نور به شدت با هم رقابت کرده و نرخ رشد ارتفاعی آنها بیشتر از رشد قطری خواهد شد. در چنین توده‌هایی، ارتفاع درختان زیاد و قطرشان به نسبت کم است (Debell *et al.,* 2001). همچنین تحقیقی درمورد اثر فاصله کشت بر تولید و بیوماس صنوبر در هرسین کرمانشاه انجام شد (Hemmati *et al.*, 2005). نتایج این تحقیق نشان داد کلن‌های مختلف صنوبر در فاصله کاشت ۲×۱ بیشترین بازده تولید را داشتند مطالعات Mokhtari و همکاران (۲۰۱۸) نشان

[1] *Populus alba*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

داد که رشد و حجم درختان در کلون‌های مختلف گونه صنوبر دلتوئیدس[2] استان‌های گلستان و مازندران به طور معناداری تحت تأثیر اقلیم و شرایط خاکی قرار می‌گیرد و فاصله کشت در مرحله بعدی قرار می‌گیرد. مقایسه کلون بیشتر در شرایط مختلف توصیه می‌شود (Fallahnia & Rafighi, 2012).

در پژوهشی به تأثیر فاصله کشت بر ویژگی‌های چوبِ تنه و همچنین ارتفاع، رویش قطری و رویه زمینی درختان پلت در سه فاصله کشت پرداختند. در این بررسی، رابطه مثبت معنی‌داری بین فاصله کشت و رویش قطری سالانه درختان پلت مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین رویه زمینی، به ترتیب در فاصله کاشت ۲×۲متر و ۱×۱ متر دیده شد. در بررسی دیگری دو فاصله کاشت ۱×۱متر و ۲×۲ متر بر مشخصه‌های کمی و کیفی توده‌های صنوبر تبریزی در شهرستان دیواندره در کردستان به این نتیجه رسیدند که فاصله کاشت تأثیر چندانی بر افزایش قطر برابر سینه صنوبر در این منطقه ندارد ولی بر ارتفاع کل درختان تأثیر گذار بود (Alijanpour *et al*., 2014). به‌منظور بررسی اثر فواصل مختلف کاشت بر میزان عملکرد تولید، بیوماس و نوع مصرف چوب گونهٔ سپیدار در صنوبرکاری‌های ده ساله در سایت تحقیقات گیاهان تندرشد بلداجی و روستای کران از توابع شهرستان فارسان در استان چهارمحال و بختیاری تحقیقی انجام شد (Heidari Safari Kouchi *et al*., 2016). بدین منظور چهار قطعه یک هکتاری صنوبرکاری شده با این گونه با چهار فاصله کاشت مختلف(۵/. × ۵/.، ۱×۱، ۲×۲ و ۴×۴متر) انتخاب شد. نتایج نشان داد فاصله کاشت ۵/.×۵/. با ۷۳۵ تن در هکتار تولید و ۴۷۵ تن در هکتار بیوماس بیشترین تولید را دارد و در طرح‌های بلندمدت به صرفه خواهد بود. همچنین فاصله کاشت ۲×۲ متر در کوتاه مدت(۱۰ساله) فواصل کاشت مناسبی برای این گونه در استان است. همچنین تحقیقی در مورد تأثیر فاصله کاشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه توده دست کاشت صنوبر تبریزی در سه فاصله کاشت ۱×۱/۵، نامنظم ×۱/۵ و ۱×۳ متر در دانشگاه ارومیه انجام شد که نتایج نشان داد که بیشترین میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع درختان به ترتیب مربوط به دو توده با فاصله کاشت ۱×۳ متر و ۱×۱/۵ متر بوده است (Faal-Khah *et al*., 2017). همچنین میانگین حجم در فاصله کاشت نامنظم به طور معنی‌داری کمتر از دو توده دیگر بود. Munn و Kongsom (۲۰۰۲) سن بهینه بهره‌برداری درخت اکالیپتوس را در کشور تایلند با فواصل کاشت مختلف مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که با فواصل کشت ۲×۲ و ۳×۳، حداکثر ارزش فعلی مورد انتظار در ۹ سالگی به دست می‌آید. Engindeniz (۲۰۰۳) طول دوره اقتصادی کاشت صنوبر اصلاح‌شده را ۹ تا ۱۱ سال ذکر کرده است و طول این دوره بر اساس عامل‌های متفاوت مانند خصوصیات محل و فضای کاشت است. مناسب‌ترین طول دوره کاشت با مطالعات محلی تعیین می‌شود.

Zhang و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تفاوت‌های ژنتیکی موجود در رقم‌های صنوبر لرزان نه تنها بر مشخصه‌های الیاف چوب درختان اثر می‌گذارد، بلکه طول دوره برداشت کوتاه مدت آنها را بین ۱ تا ۳ سال متغیر می‌سازد. Abedi و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند سن بهینه برداشت صنوبر دلتوییدس بسته به الف) هدف کشت و ب) تراکم کشت تفاوت می‌کند؛ بر اساس این مطالعه که در شمال ایران انجام شد سن بهینه در تراکم‌های کشت ۳ ×۳ متر و ۴×۳ متر برای تولید چوب به ترتیب برابر با ۱۴ و ۱۱ سال و برای ترسیب کربن به ترتیب برابر با ۱۰ و ۸ سال است. Druck و همکاران (۱۹۹۱) در آزمایشی به بررسی عمل تنک کردن بر روی صنوبرهای دورگه در روش شاخه‌زاد در کشور کانادا پرداختند. در این آزمایش چهار شدت مختلف تنک کردن شامل نگهداری یک جست اصلی و قطع کردن مابقی جست‌ها از ارتفاع ۱متری، نگهداری فقط یک جست و حذف کامل سایر جست‌ها، نگهداری ۳ جست و حذف سایر جست‌ها و نگهداری تمامی جست‌ها (تیمار شاهد) مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های به‌دست آمده بعد از ۷ سال تجزیه و تحلیل نشان داد که عمل تنک کردن باعث افزایش قابل

[2] *Populus deltoides*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

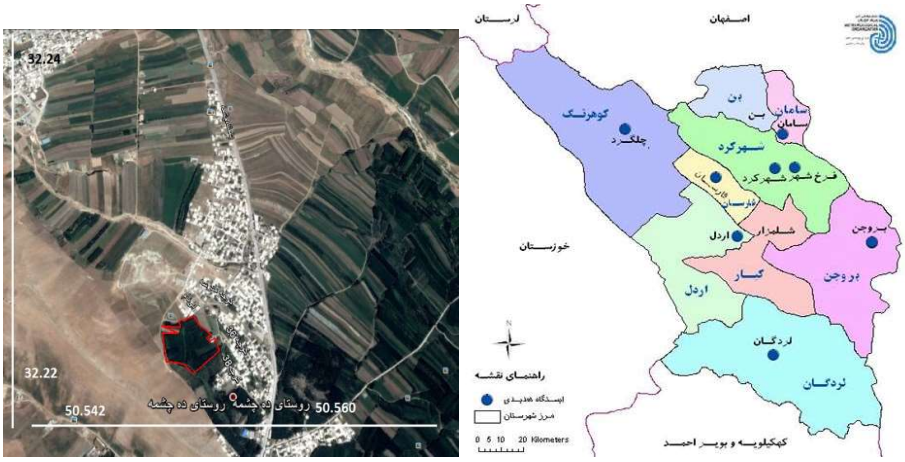
[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

ملاحظه رویش جست‌های اصلی نشده است و در تیمارهای با شدت تنک کردن کمتر و یا عدم تنک کردن (تیمار شاهد) به دلیل تعداد زیاد جست‌های هر پایه به طور معنی‌داری الیاف چوبی بیشتری تولید شده است. این تحقیق قصد دارد با توجه به تغییر اندازه نهال‌ها و تعداد جست‌های به جای مانده پس از هر برش اصلاحی، تراکم و طول دوره بهینه را برای کبوده‌کاری‌های منطقه ده‌چشمه مشخص کند.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

این تحقیق در منطقه صنوبرکاری شرق روستای ده‌چشمه در ۵ کیلومتری شهرستان فارسان استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. مختصات جغرافیایی منطقه مورد نظر بین عرض‌های ۳۲/۲۲۶ و ۳۲/۲۲۹ درجه شمالی و طول‌های ۵۰/۵۴۸ و ۵۰/۵۵۱ درجه شرقی واقع شده است. متوسط بارش سالیانه منطقه ۵۱۲ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۳ درجه سانتی گراد است. در منطقه‌ای با مساحت حدود ۵۱۷۰۰ مترمربع که به صورت خالص گونه سپیدار (با نام محلی کبوده) کشت شده بود به منظور اجرای طرح در نظرگرفته شد. این مساحت به ۱۲ کرت تقریباً مساوی تقسیم شد. آبیاری در تمام قطعات به صورت غرقابی و هر دو هفته یک‌بار انجام می‌شود. ایستایی آب در هفته اول آبیاری کاملاً مشهود است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی روستای ده چشمه. مرز منطقه مورد مطالعه با خطوط قرمز مشخص شده است.

Figure 1-The geographical location of Dehcheshme village. The study area is bordered by a red line.

این تحقیق در اوایل پاییز ۱۳۹۵ انجام شد. تمام ۵/۱۷ هکتار مساحت منطقه مورد مطالعه از سال‌ها پیش کرت‌بندی شده است. سن درختان هر کرت به صورت مجزا از زارعان پرسیده شد. این کرت‌ها بسته به سن توده صنوبرها کمابیش در سال‌های متوالی کشت می‌شوند. لذا به راحتی می‌توان دو گروه کرت‌های با سن ۶ و ۷ سال (کرت‌های جوان) و کرت‌های بین سن ۱۵ و ۱۸ سال (کرت‌های مسن) را در کنار یکدیگر در منطقه یافت. از بین کرت‌های فوق ۱۲ کرت به گونه‌ای انتخاب شدند که کرت‌های جوان و مسن به طور مجزا در کنار یکدیگر قرار گیرند و بسته به اینکه درختانشان تاکنون برش نخورده بودند (برش صفر) و یا در مرتبه برش اول و دوم بودند (برش‌های یک و دو) تقسیم‌بندی شدند. همچنین دو فاصله کشت اصلی در منطقه، متراکم (فاصله کشت ۱×۰/۵ متر) و غیرمتراکم (فاصله کشت ۱× ۱/۵ متر) ثبت شدند. فهرست کرت‌ها به انضمام تعداد برش و سن و متوسط فاصله کشت هر یک در جدول ۱ آمده است.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

روش جمع‌آوری داده‌ها

آماربرداری در ۱۲ کرت تعیین شده انجام گرفت. از آنجا که یکی از متغیرهای مورد آزمایش تراکم کشت بود. آماربرداری در قطعات نمونه‌ای به شکل مربع و در مساحت ۲۵ متر مربعی انجام شد. فاصله مرکز قطعاً نمونه ۲۰ متر بود و شروع این نمونه‌برداری منظم به صورت تصادفی در محل هر کرت انجام شد. در هر قطعه نمونه مشخصه‌های مورد بررسی شامل متوسط قطر برابر سینه (توسط نوار قطرسنج)، ارتفاع کل (با استفاده از شاخص ۳ متری)، ارتفاع تاج و مساحت تاج (با استفاده از شاخص ۳ متری) و حجم سر پا توسط متوسط قطر و ارتفاع به دست‌آمده از قطعات استوانه‌ای تنه به دست آمدند. در این روش میانگین دو قطر بالا و پایین قطعات پارابول تنه به‌دست آمده و میانگین آنها به عنوان قطر میانگین استوانه با همان ارتفاع در نظر گرفته می‌شود. آخرین قطعه قطر بالایی صفر دارد. حجم کل توسط مجموع احجام قطعات پارابلوییید تنه محاسبه شد (فرمول ۱). که در آن dmi قطر کوچک، dMi قطر بزرگ و hi ارتفاع قطعه i ام هستند. n تعداد قطعات پارابلوییید حاصل از تنه درخت هستند.

رابطه (۱) $\sum_{i=1}^{n} \frac{dm_i+dM_i}{2} \times h_i$

جدول ۱- مشخصات کرت‌های ۱۲ گانه مورد مطالعه. (Y) جوان: ۷-۶ ساله، (O) مسن: ۱۸-۱۵ ساله، (D) متراکم (فاصله کشت ۱×۰/۵ متر) و (N) غیرمتراکم (فاصله کشت ۱× ۱/۵ متر).

Table 1- The Characteristics of 12 study plots. (Y) young: 6-7 years old, (O) old: 15-18 years old, (D) dense (cultivation distance of 0.5×1 m), (N) non-dense (cultivation distance of 1× 1.5 m).

شماره کرت Plot number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
تعداد برش Felling frequency	1	0	2	1	2	1	2	1	0	2	0	0
سن کرت Plot age	Y	O	Y	O	Y	Y	O	O	O	O	Y	Y
تراکم درخت Tree density	D	N	N	D	D	N	D	N	D	N	N	D

تجزیه و تحلیل داده‌ها

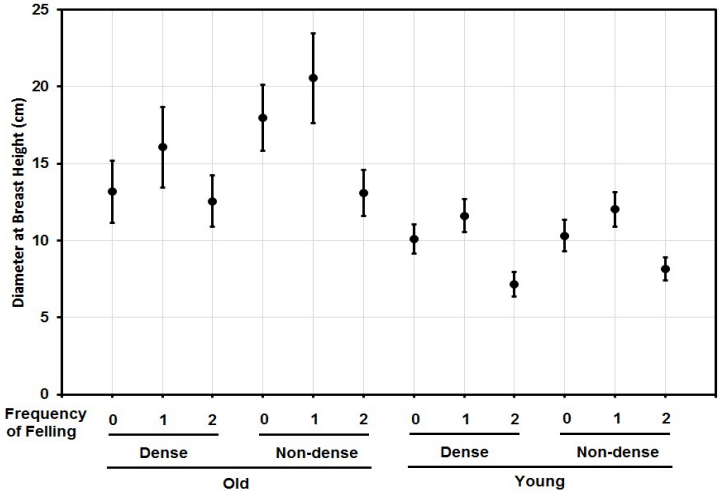
این مطالعه با درنظرگیری پاسخ درختان به صورت قطر برابر سینه، ارتفاع درخت و نسبت ارتفاع به ارتفاع تاج، مساحت تاج، تعداد جست و حجم سرپا، در قالب یک طرح بلوک کاملا تصادفی با دو فاکتور (نوبت برش و تراکم کشت) اجرا شد. عامل سن درختان به عنوان بلوک (عامل تصادفی) در نظر گرفته شد تا از خطای آزمایش بکاهد. مقایسه مقادیر میانگین توسط آزمون Tukey در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد.

نتایج

۱- قطر برابر سینه: نتیجه تقسیم‌بندی براساس قطر برابر سینه درختان صنوبر در ۳۶۴ قطعه نمونه و ۱۲ کرت مورد بررسی در شکل ۲ آمده است که در آن کرت‌ها به دو دسته جوان و مسن، دو دسته متراکم و کم‌تراکم و سه نوع برش: بدون برش (۰)، پس از برش اولیه (۱) و پس از برش ثانویه (۲) تقسیم می‌شوند. تجزیه واریانس مقادیر قطر برابر سینه با استفاده از دو عامل تراکم کشت درخت و تعداد برش با درنظرگیری عامل سن به عنوان بلوک نشان داد که این دو عامل مستقلاً بر قطر برابر سینه اثر گذارند. با این حال اثر این عوامل بر قطر برابر سینه مستقل عمل کرده و اثر متقابل معنی‌داری بر هم نداشتند (جدول ۲). نتایج آزمون توکی مشابه باقی‌مانده‌های قطرهای برابر سینه از مدل نمایی، برای مقایسه مقادیر میانگین قطر برابر سینه کرت‌های با تراکم‌های مختلف و تعداد برش‌های مختلف به‌دست آمد (شکل ۳).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]



شکل ۲- بازه‌های انحراف معیار مقادیر متوسط قطر برابر سینه ۳۶۴ نمونه از ۱۲ کرت صنوبرکاری با گونه سپیدار، تقسیم شده بر اساس سن، تراکم و تعداد برش.

Figure 2- Standard deviation intervals of mean breast diameter of 364 samples from 12 poplar plots, divided based on age, density and frequency of felling.

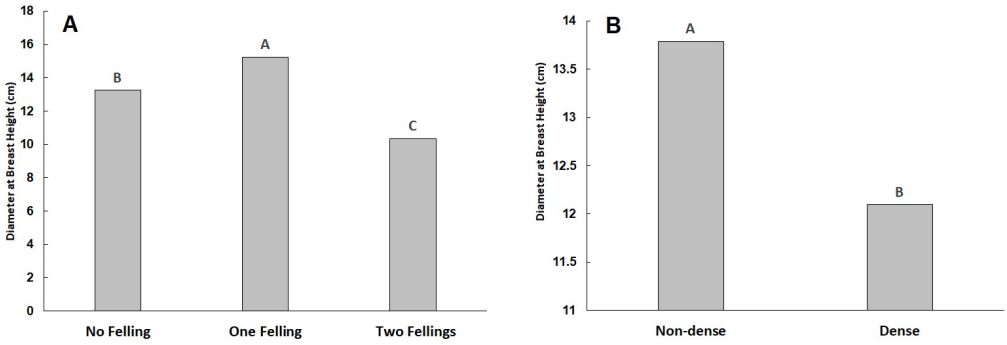
جدول ۲- نتیجه تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده، بر اساس دو عامل اصلی تراکم کشت درختان و تعداد برش به جز عامل نسبت ارتفاع به ارتفاع تاج، عامل سن به عنوان بلوک به آنالیز اضافه شد.

Table 2- The result of analysis of variance of measured variables based on two main factors of planting density and frequency of felling. Except for the ratio of height to crown height, age factor as block was added to the analysis.

منبع تغییرات Source of variation	قطر برابر سینه DBH	ارتفاع height	نسبت ارتفاع به ارتفاع تاج height to crown height ratio	مساحت تاج crown area	تعداد جست Sprout number	حجم سرپا Standing volume
تعداد برش frequency of felling	725.66**	595.13**	1.85**	201.38**	106.11**	0.45**
تراکم Tree density	229.18**	207.96**	0.01**	98.58**	0.11 NS	0.20**
سن (عامل تصادفی) Age (random variable)	2982.26**	2682.06**	----	257.99**	154.16**	2.41**
تعداد برش × تراکم felling frequency × density	30.23NS	9.39NS	0.00**	12.97NS	2.74 NS	0.11**

** تفاوت آماری با ۱٪ احتمال خطا — **statistical difference with an error probability of 1%.

NS بدون تفاوت معنی‌دار آماری — NS No significant statistical difference

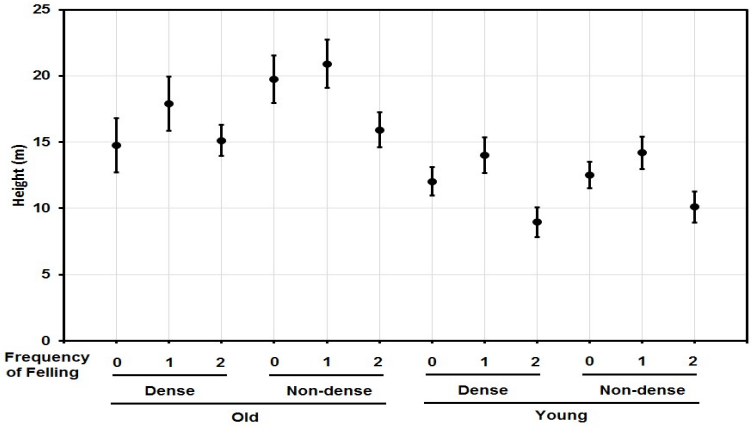


[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

شکل ۳- نتایج آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌های مقادیر قطر برابر سینه تحت تأثیر تیمارهای تعداد برش (A) و تراکم کشت درختان صنوبر (B) با درنظر گرفتن عامل سن به عنوان عامل تصادفی؛ در هر شکل ستون‌های با برچسب‌های حروف لاتین متفاوت با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای مقادیر متفاوت هستند.

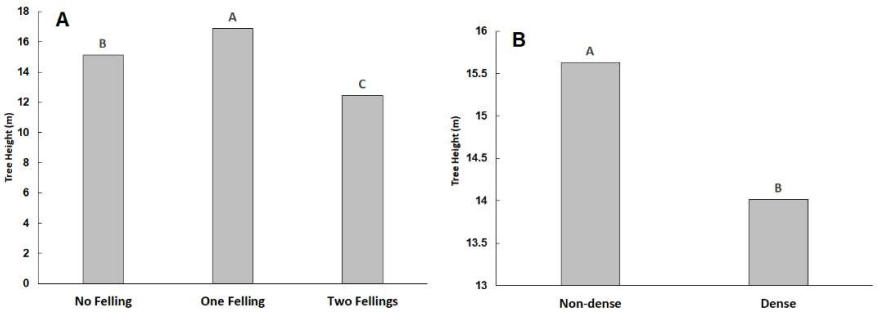
Figure 3- Tukey test results for comparisons of mean DBH values of (A) frequency of felling and (B) density treatments. The age was considered as a block variation. The columns with the same letters are not statistically different (95% confidence level).



شکل ۴- بازه‌های انحراف معیار مقادیر متوسط ارتفاع کل ۳۶۴ قطعه نمونه از ۱۲ کرت صنوبرکاری با گونه سپیدار، تقسیم شده بر اساس سن، تراکم و تعداد برش.

Figure 4- The ranges of standard deviation from mean height values in 364 plots of 12 traces of white poplar, separated by their age, density and frequency of felling.

۲- ارتفاع کل: همانند عامل قطر برابر سینه، بازه پراکنش ارتفاع کل درختان نیز تحت تأثیر عامل سن بیشترین تفاوت را دارد (شکل ۴). نتایج تجزیه واریانس مقادیر ارتفاع کل درختان به دست‌آمده از اعمال عامل‌های تعداد برش و تراکم و استفاده از سن به عنوان عامل تصادفی (بلوک) نشان دادند که تعداد برش و تراکم کشت بر ارتفاع کل صنوبرها اثرگذارند ولی بر یکدیگر اثر متقابلی ندارند (جدول ۲). نتایج آزمون توکی برای طرح آزمایشات فوق نیز نشان داد که نتایج مشابه قطر برابر سینه برای این ارتفاع کل درختان وجود دارد: یعنی برش یک و تراکم کم درختان به طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع کل درختان می‌شوند (شکل۵).

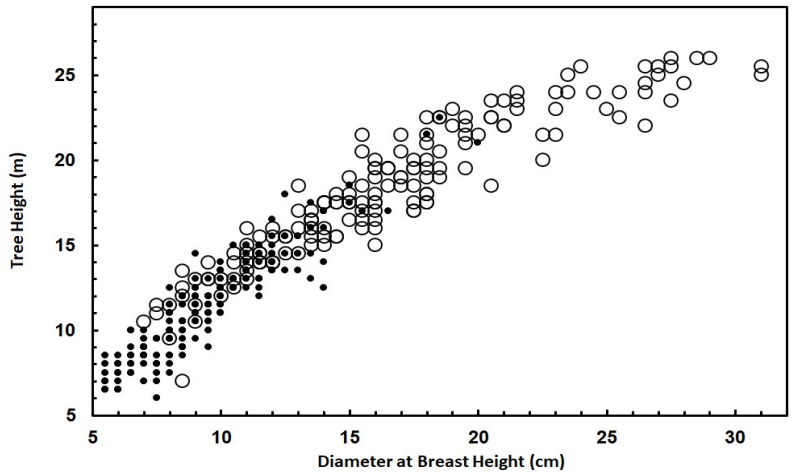


شکل ۵- نتایج آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌های مقادیر ارتفاع کل درختان تحت تأثیر تیمارهای تعداد برش (الف) و تراکم کشت درختان صنوبر (ب) با درنظر گرفتن فاکتور سن به عنوان عامل تصادفی؛ در هر شکل ستون‌های با برچسب‌های حروف لاتین متفاوت با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای مقادیر متفاوت هستند.

Figure 5- Tukey test results for comparisons of mean height values of (A) frequency of felling and (B) density treatments. The age was considered as a block variation. The columns with the same letters are not statistically different (95% confidence level).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

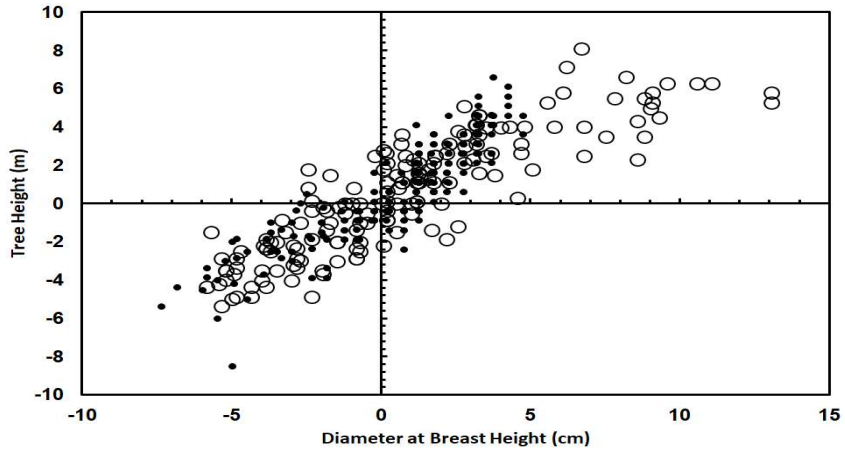


شکل ۶- تمایز ابر نقاط قطر برابر سینه و ارتفاع کل درختان مسن (دوایر توخالی) و درختان جوان (دوایر توپر).

Figure 6- Differentiation of the height dependence to DBH of old (open circles) and young (solid circles) trees.

بدون در نظر گرفتن عامل سن، جداافتادگی ابرنقاط قطر برابر سینه و ارتفاع کل درختان مسن از درختان جوان کاملاً مشخص است (شکل ۶). با این حال با انتقال مقادیر ارتفاع کل به باقی‌مانده از بهترین مدل برازش شده (مدل Weibull) و انتقال مقادیر قطر برابر سینه به باقی‌مانده از بهترین مدل برازش شده (مدل نمایی)، افزایش روی‌هم‌افتادگی نقاط قطر-ارتفاع درختان مسن و جوان کاملاً مشهود می‌شود (شکل۷). این نتیجه مؤید این است که با وجود تمایز اندازه درختان مسن و جوان، اما روی‌هم‌افتادگی بالای ابرنقاط قطر-ارتفاع در شکل۶ و باقی‌مانده این دو متغیر در شکل ۷ می‌تواند به اثرگذاری عوامل دیگری همچون اثر نوبت برش مربوط شود.

۳- نسبت ارتفاع کل به ارتفاع تاج: بازه پراکنش نسبت ارتفاع کل درختان سپیدار به ارتفاع تاج‌شان از ترتیب خاصی پیروی نمی‌کند و به‌نظر می‌رسد این نسبت اندکی در سن‌های جوان بیشتر است (شکل ۸). تجزیه واریانس مشخصه سن، نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نسبت ارتفاع کل به ارتفاع تاج درختان دیده نمی‌شود (P= ۰/۰۸۴).

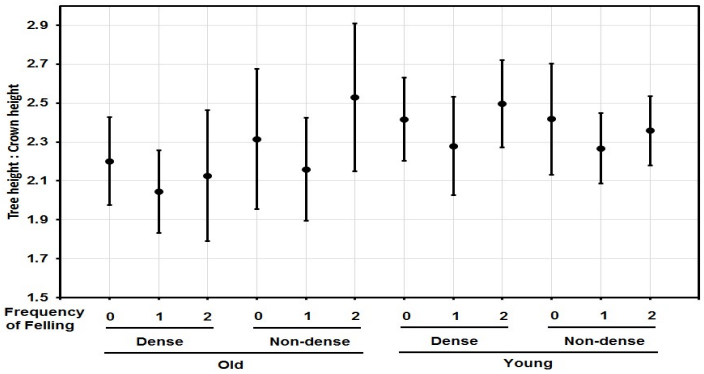


شکل ۷- تمایز ابرنقاط باقی‌مانده قطربرابر سینه و ارتفاع کل درختان مسن (دوایر توخالی) و درختان جوان (دوایر توپر) از بهترین مدل‌های برازش شده.

Figure 7- The scatter points of the residuals of DBH values for old (open circles) and young (solid circles) trees resulting from the best fitted models.

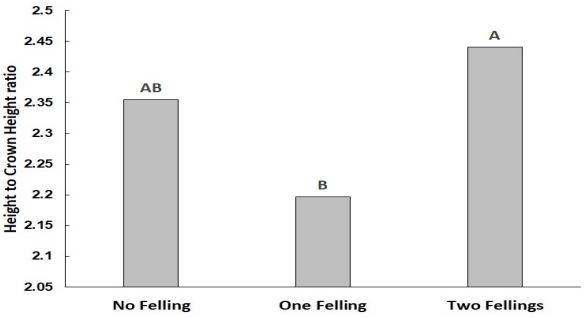
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]



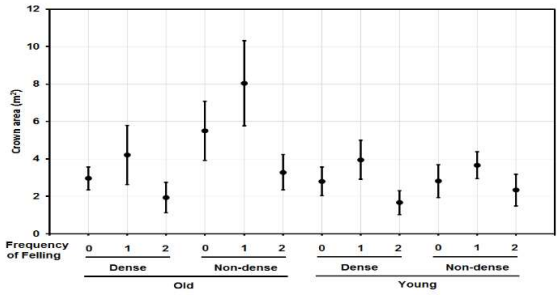
شکل ۸- بازه‌های انحراف معیار مقادیر متوسط نسبت ارتفاع کل درخت به ارتفاع تاج ۳۶۴ قطعه نمونه از ۱۲ کرت صنوبرکاری با گونه سپیدار، تقسیم شده بر اساس سن، تراکم و تعداد برش.

Figure 8- The ranges of standard deviation from height to crown height ratios in 364 plots of 12 traces of white poplar, separated by their age, density and frequency of felling.



شکل ۹- نتایج آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌های مقادیر نسبت ارتفاع کل به ارتفاع تاج درخت تحت تأثیر تیمارهای تعداد برش، ستون‌های با برچسب‌های حروف لاتین متفاوت با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای مقادیر متوسط قطر برابر سینه متفاوت هستند.

Figure 9- Tukey test results for comparisons of height to crown height ratio to frequency of felling treatments. The age was considered as a block variation. The columns with the same letters are not statistically different (95% confidence level).



شکل ۱۰- بازه‌های انحراف معیار مقادیر متوسط مساحت تاج درختان در ۳۶۴ قطعه نمونه از ۱۲ کرت صنوبرکاری با گونه سپیدار، تقسیم شده بر اساس سن، تراکم و تعداد برش.

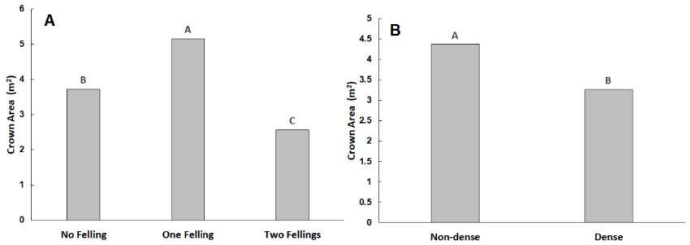
Figure 10- The ranges of standard deviation from crown area values in 364 plots of 12 traces of white poplar, separated by their age, density and frequency of felling.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

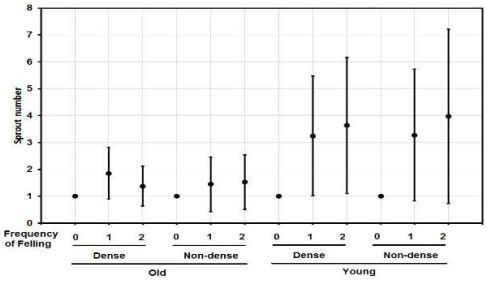
نتایج تجزیه واریانس مقادیر نسبت ارتفاع کل به ارتفاع تاج در بین مشخصه های تراکم و تعداد برش نشان داد که تنها بین سطوح مختلف تعداد برش تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). نتایج آزمون توکی بین میانگین مقادیر نسبت ارتفاع کل به ارتفاع تاج درختان نشان داد؛ تمایز کامل بین برش‌های مختلف وجود ندارد و تنها به طور قطع می‌توان گفت این نسبت در برش دو با سطح اطمینان ۹۵٪ بیشتر از برش یک است (شکل۹).

۴- مساحت تاج: بازه پراکنش مساحت تاج درختان سپیدار نشان دهنده برتری درختان در برش اول است، درضمن کاملاً مشخص است که اثر سن در اندازه مساحت تاج معنی‌دار است لذا به نظر می‌رسد این عامل در بررسی اثر فاصله کشت و تعداد برش باید به عنوان عامل تصادفی در نظر گرفته شود (شکل ۱۰). نتایج تجزیه واریانس مقادیر متوسط مساحت تاج در قطعه نمونه درختان سپیدار بر اساس دو عامل تعداد برش و تراکم کشت و با در نظر گرفتن سن به عنوان متغیر تصادفی نشان داد که هردوی این دو مشخصه اثر معنی‌داری دارند (جدول ۲). نتایج آزمون توکی برای میانگین مساحت تاج نشان داد؛ درختان تعداد برش یک بیشترین سطح مساحت تاج را دارند. درختان برش صفر و دو به ترتیب در مکان‌های بعدی قرار دارند (شکل ۱۱- الف). همچنین درختان کشت‌شده در فواصل بیشتر، مساحت تاج بیشتری را تولید کرده‌اند (شکل ۱۱- ب).



شکل ۱۱- نتایج آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌های مقادیر میانگین مساحت تاج درختان تحت تأثیر تیمارهای تعداد برش (A) و تراکم کشت درختان صنوبر (B)؛ در هر شکل ستون‌های با برچسب‌های حروف لاتین متفاوت با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای مقادیر متفاوت هستند.

Figure 11- Tukey test results for comparisons of mean crown area of (A) frequency of felling and (B) density treatments. The age was considered as a block variation. The columns with the same letters are not statistically different (95% confidence level).



شکل ۱۲- بازه‌های انحراف معیار مقادیر متوسط تعداد جست درختان در ۳۶۴ قطعه نمونه از ۱۲ کرت صنوبرکاری با گونه سپیدار، تقسیم شده بر اساس سن، تراکم و تعداد برش.

Figure 12- The ranges of standard deviation from sprout number values in 364 plots of 12 traces of white poplar, separated by their age, density and frequency of felling

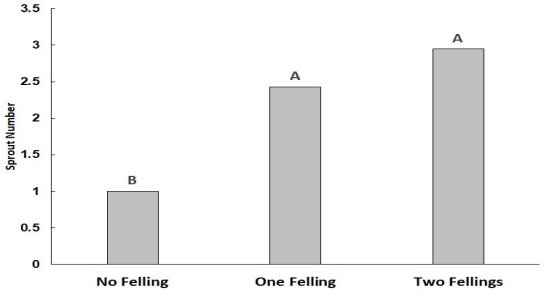
۵- تعداد جست: همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد، درختان در برش‌های اول و دوم کاملاً تعداد جست‌های بیشتری از درختان برش‌نخورده (مقدار صفر) داشتند؛ ضمناً بازه تعداد جست‌ها در درختان جوان به مراتب بیشتر از درختان مسن است (شکل ۱۲). با در نظر گرفتن سن به عنوان مشخصه تصادفی (بلوک)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها مشخصه تعداد برش اثر معنی‌داری بر تعداد جست‌های درختان سپیدار دارد و

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

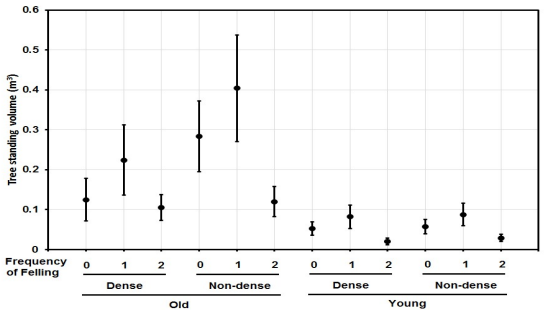
تراکم کشت تأثیری بر این متغیر ندارد (جدول ۲). نتایج آزمون توکی برای میانگین تعداد جست نشان داد که تفاوتی در متوسط تعداد جست در درختان تعداد برش دو و یک وجود ندارد ولی هردوی این درختان به طور معنی‌داری تعداد جست بیشتری نسبت به درختان برش نخورده دارند (شکل ۱۳).

۶- حجم سرپا: بازه انحراف معیار مقادیر حجم درختان سر پا نشان‌دهنده نقش معنی‌دار سن بود. در نگاه اول به‌نظر می‌رسد که حجم درختان در برش‌های اول، از درختان در برش‌های صفر و دومین بیشتر باشد (شکل ۱۴). اثر معنی‌دار سن به عنوان عامل تصادفی کاملاً از تجزیه واریانس حجم درختان به دست آمد. نه تنها هر دو عامل تعداد برش و تراکم کشت اثر معنی‌داری بر حجم سرپای درختان داشتند، بلکه اثر متقابل آنها نیز بر این متغیر رویشی ثابت شد (جدول ۲). نتایج آزمون توکی نشان داد؛ درختان کشت شده در فاصله دور از هم حجم سرپای بیشتری دارند و بیشترین حجم سرپا به ترتیب متعلق به درختان برش اول، برش صفر و برش دوم بودند. نتایج آزمون توکی همچنین نحوه اثر متقابل تراکم کشت و تعداد برش را نشان داد. بدین صورت که افزایش حجم چوب تولید شده در برش‌های صفر و یک، همزمان با کم شدن تراکم درختان کاملاً مشهود است، با این حال این افزایش برای درختانی که برای دومین‌بار برش خورده‌اند صدق نمی‌کند (شکل ۱۵).



شکل ۱۳- نتایج آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌های مقادیر تعداد جست درختان تحت تأثیر تیمارهای تعداد برش با در نظر گرفتن فاکتور سن به عنوان عامل تصادفی، ستونهای با برچسب‌های حروف لاتین متفاوت با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای مقادیر متوسط قطر برابر سینه متفاوت هستند.

Figure 13- Tukey test results for comparisons of sprout number and frequency of felling treatments. The age was considered as a block variation. The columns with the same letters are not statistically different (95% confidence level).

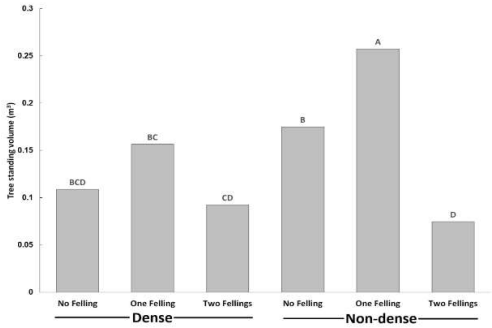


شکل ۱۴- بازه‌های انحراف معیار مقادیر متوسط حجم درختان سرپا در ۳۶۴ قطعه نمونه از ۱۲ کرت صنوبرکاری با گونه سپیدار تقسیم شده بر اساس سن، تراکم و تعداد برش.

Figure 14- The ranges of standard deviation from standing volume values in 364 plots of 12 traces of white poplar, separated by their age, density and frequency of felling.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]



شکل ۱۵- نتایج آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌های مقادیر حجـم درختان تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای همزمان تعداد برش و تراکم کشت درختان صنوبر با درنظر گرفتن فاکتور سن به عنوان عامل تصادفی؛ ستون‌های با برچسب‌های حروف لاتین متفاوت با سطح اطمینان ۹۵٪ دارای مقادیر متفاوت هستند.

Figure 15- Tukey test results for comparisons of standing volumes and frequency of felling × density treatments. The age was considered as a block variation. The columns with the same letters are not statistically different (95% confidence level).

بحث

نتایج این مطالعه بینش ارزشمندی را در مورد اثرات تراکم کاشت و تعداد برش‌های مزارع سپیدار ارائه می‌دهد. تجزیه و تحلیل واریانس تفاوت معنی‌داری را در پارامترهای مختلف رشد از جمله قطر برابر سینه، ارتفاع کل، مساحت تاج و حجم سرپا در گروه های مختلف تیمار به دست داد. استفاده از روش تجزیه واریانس، نشان داد که هر دو عامل تعداد برش (بیشترین اثر) و تراکم کشت بر اندازه قطر برابر سینه درختان اثر معنی‌داری می‌گذارند. از نظر قطر برابر سینه، یافته های این مطالعه با تحقیقات قبلی سازگار است که تأثیر مثبت تنک کردن را بر رشد درخت و افزایش قطر را نشان داده است (Abedi *et al.*, 2018). عملیات تنک کردن شامل حذف درختان انتخاب شده برای کاهش رقابت بین افراد و ارائه فضا و منابع بیشتر برای درختان باقی مانده برای رشد است. با این حال اثر این عوامل بر قطر برابر سینه مستقل عمل کرده و اثر متقابل معنی‌داری بر هم نداشتند. افزایش مشاهده شده در قطر برابر سینه در کرت‌های با یک برش تنک کردن در مقایسه با پلات‌های بدون برش یا با دو دور می‌تواند به تعادل مطلوب بین در دسترس بودن منابع و رقابت نسبت داده شود. درختان باقی مانده در تیمار یک برش احتمالاً دسترسی بهتری به منابع ضروری مانند نور، آب و مواد مغذی داشتند و آنها را قادر می‌سازد تا این منابع را به رشد شعاعی و گسترش قطر ساقه اختصاص دهند. برخلاف این یافته‌ها، پیش از این ذکر شده است که فاصله کاشت تأثیر چندانی بر افزایش قطر برابر سینه درختان صنوبر تبریزی ندارد (Alijanpour *et al.*, 2014).

افزایش قطر درختان در تراکم‌های کمتر کاملاً با اقزایش فضای رشد بیشتر قابل توجیه است و همچنین افزایش متوسط قطر تا برش اول و کاهش بعدی آن می‌تواند به علت افزایش قدرت رویش تا برش اول در قلمه‌های صنوبر به واسطه جوانی بافت‌های گیاهی و کاهش قدرت رویش بعد از برش اول به واسطه پیر شدن بافت‌های زایا باشد. عدم وجود اثر متقابل دو فاکتور در نظر گرفته شده در این تحقیق می‌تواند به این علت باشد که نوبت برش و فاصله کشت در افزایش قطر مستقل عمل می‌کنند؛ یعنی افزایش فاصله کشت در واحد درخت به طور یکسان بر درختان برش‌های صفر، یک و دو اثر مثبت داشته است. علاوه بر این، نتایج نشان داد درختان با دو دور برش بیشترین تعداد جست را تولید می‌کنند. این یافته با مطالعات قبلی مطابقت دارد که نشان داده است چگونه برش مکرر می‌تواند جست‌دهی در درختان را افزایش دهد (Benomar *et al.*, 2012). عملیات تنک کردن باعث ایجاد روزنه در تاج‌پوشش

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

می‌شود که اجازه می‌دهد نور بیشتری به شاخه‌های پایین‌تر برسد و رشد آنها را تحریک کند. افزایش شاخه مشاهده شده در دو بار برش می‌تواند پیامدهایی برای کیفیت و ارزش تجاری چوب برداشت شده داشته باشد (Buyuksari *et al*., 2011). نتایج تجزیه واریانس مقادیر ارتفاع کل و نتایج آزمون توکی نشان داد تعداد برش و تراکم کشت بر ارتفاع کل صنوبرها اثرگذارند ولی بر یکدیگر اثر متقابلی ندارند. بدین گونه که برش یک و تراکم کم درختان به طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع کل درختان می‌شوند. پیش از این ذکر شده است که فاصله کاشت درختان صنوبر تبریزی بر ارتفاع کل درختان تأثیرگذار است (Alijanpour *et al*., 2014). کاهش ارتفاع در کرت‌های با تراکم بیشتر را می‌توان نتیجه کاهش عوامل زیستی پشتیبانی کننده رشد ارتفاعی مانند مقدار عناصر غذایی خاک و کمبود نور فتوسنتز کننده (PAR) دانست و به نظر نمی‌رسد تغییرات میزان نور در دو تیمار تراکم کشت برای درختان تاج باریک سپیدار آنقدر متمایز کننده بوده باشد که سبب تحریک رقابت ارتفاعی این درختان شده باشند. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، درختان در برش‌های اول و دوم کاملاً تعداد جست‌های بیشتری از درختان برش‌نخورده (مقدار صفر) داشتند؛ ضمناً بازه تعداد جست‌ها در درختان جوان به مراتب بیشتر از درختان مسن است. همچنین با در نظر گرفتن سن به عنوان مشخصه تصادفی (بلوک)، نتایج نشان داد تنها مشخصه تعداد برش اثر معنی‌داری بر تعداد جست‌های درختان کبوده دارد و تراکم کشت تأثیری بر این متغیر ندارد. بازه انحراف معیار مقادیر حجم درختان سر پا نشان‌دهنده نقش معنی‌دار سن بود. همچنین نه تنها هر دو عامل تعداد برش و تراکم کشت نیز اثر معنی‌داری بر حجم سرپای درختان داشتند، بلکه اثر متقابل آنها نیز بر این متغیر رویشی ثابت شد. بدین صورت که افزایش حجم چوب تولید شده در برش‌های صفر و یک، همزمان با کم شدن تراکم درختان کاملاً مشهود است. فاصله کاشت ۰/۵×۰/۵ با ۷۳۵ تن در هکتار تولید و ۴۷۵ تن در هکتار بیوماس برای کبوده بیشترین تولید را دارد (Heidari Safari Kouchi *et al*., 2016). همچنین ذکر شده است کلن‌های مختلف صنوبر در فاصله کاشت ۱×۲ بیشترین بازده تولید را داشتند (Hemmati *et al*., 2005).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که درختان سپیدار در قطب کشت صنوبر استان چهارمحال و بختیاری در تراکم‌های کمتر از ۱۰۰ اصله در آروبا یک بار برش کشت و نگهداری شوند. این نتایج می‌توانند به کشاورزان وکشت‌کاران در تصمیم‌گیری‌های مربوط به تعداد برش و تراکم کشت در کشت میان مدت سپیدار کمک کنند. با این حال، لازم به ذکر است که نتایج این مطالعه مربوط به منطقه صنوبرکاری شرق روستای ده‌چشمه در استان چهارمحال و بختیاری هستند و برای مناطق دیگر قابل تعمیم نیستند. در آینده، مطالعات بیشتری در این زمینه با روش‌ها و شرایط مختلف نیاز است تا نتایج قابلیت تعمیم‌پذیری بیشتری داشته باشند. بر اساس نتایج به دست‌آمده، پیشنهادها زیر را می‌توان ارائه داد: باتوجه به این‌که تراکم کاشت کبوده‌ها، اثر متقابل معنی‌داری بر قطر و ارتفاع آنها گذاشته؛ بنابراین توصیه می‌شود کاشت درختان با فواصل بیشتر صورت پذیرد تا شاهدکم‌شدن سن بهره‌برداری باشند. با توجه به این‌که بیشترین قطر، ارتفاع و در نتیجه بیشترین حجم سرپا مربوط به کرت‌هایی بود که یک بار بریده شده بودند و کمترین آن مربوط به کرت‌هایی بود که در نوبت کشت سوم به سرمی‌بردند، لذا توصیه می‌شود در پایان برش دوم کنده‌های باقی‌مانده از مزرعه خارج شود تا مانع جست‌زنی دوباره آنها شود و دوباره شروع به نهال‌کاری کرد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

منابع

Abedi, T., Mohammadi Limaei, S., Bonyad, A.E. & Torkaman, J. 2018. Optimal rotation age of populus deltoides considering economic value of timber harvesting and carbon sequestration. *Austrian Journal of Forest Science*, 135: 315-342.

Alijanpour,A., Shafiei, A.B. & Latify, R. 2014. Effect of planting interval and soil type on qualitative and quantitative characteristics of poplar *(Populus nigra*) plantations in Diwandareh (Kurdistan province, western Iran*). Journal of Forest Science*, 60(3): 89–95.

Benomar, L., DesRochers, A. & Larocque, G.R. 2012. The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones growing in the boreal region of Canada. *Trees*, 26(3): 939-949.

Buyuksari, U., Akbulut, T., Guler, C. & As, N. 2011. Wettability and surface roughness of natural and plantation-grown narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) *Wood. BioResources*, 6(4): 4721-4730.

Daneshvar, H.A. & Modirrahmati, A.R. 2008. Comparison of height, diameter and wood production of 14 poplar clones in Esfahan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 49-60. [In Persian]

Debell, D.S., Keyes C.R. & Gartner, B.L. 2001. Wood density of Eucalyptus saligna grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. *Australian Forest*, 64(2): 106-110.

Druck, N. & Strobl, S. 1991. Type and Timing of Thinning Hybrid Poplar Coppice Affects Growth. *Northern Journal of Applied Forestry*, 8(4): 165-178.

Engindeniz, S. 2003. Determination of Economic and Financial Rotation Lengths of Hybrid Poplar Plantations: The Case of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(4): 325-330.

Faal-Khah, I., Ramezani Kakroudi, E., Alijanpour, A. & Banj Shafiei, A. 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 Persian]

Fallahnia, M. & Rafighi, A. 2012. The effect of initial spacing on bole form and annual growth of (*Acer velutinum*). *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 19(2): 153-159. [In Persian]

Gersonde, R.F. & O'Hara, K.L. 2005. Comparative tree growth efficiency in Sierra Nevada mixed-conifer forests. *Forest Ecology and Management*, 219: 95-108.

Haji-Mirsadeghi, M. 1984. Soil and lands suitable for firing. Forest and Rangelands Organization of Iran press, 39p. [In Persian]

Heidari Safari Kouchi, A., Rostami Shahraji, T., Iranmanesh, Y. & Moradianfard, F. 2016. Comparison of product, biomass and kinds of wood consumption of white poplar (*Populus alba* L.) in four plant spacing. *Iranian Journal of Forest*, 8(2): 141-152. [In Persian]

Hemmati, A. & Modir-Rahmati, A.R. 2005. Effects of spacing on yield of various clones of Populus nigra L. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13 (3), 343-352. [In Persian]

Kapur, S.K. & Dogra, A.S. 1989. Fast growing species for meeting rural and industrial needs of Punjab present status and future needs. *Indian Forester*, 115: 201-208.

Kerr, G. & Evans, J. 1993. Growing broadleaves for timber, forestry commission. London, 95p.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]

Mokhtari, J., Soltani, A., Tabari Kocheksaraee, M., & Sadati, S.E. 2018. Quantitative and qualitative study and index choice to compare four eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh) stands in Gilan and Mazandaran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 26(3): 368-381. [In Persian]

Noori, F.A., Khodakarami, Y. & Modir-Rahmati , A.R. 2015. Comparison of growth and yield of 10 closed-crown *Populus nigra* clones in second utilization period. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(1): 134-142. [In Persian]

Zhang, P., Wu, F., Kang, X., Zhao, C. & Li, Y. 2015. Genotypic variations of biomass feedstock properties for Energy in triploid hybrid clones of *populus tomentosa*. *Bioenergy Research*, 8: 1705-1713.

Zojaji-Tehrani, H., Payam, H., Rashidi Haghi, R., Rabiei-Rahimabadi, S. & Jahangiri-Poordfarazi, R. 2011. An investigation on increment of populus deltoids in west of Guilan province (Case study on afforeastion of Haftdaghnan in Somesara). *Journal of Biology Science*, 5(3): 77-85. [In Persian]

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-03-21]

[DOI: DOI: 10.21859/jfer.4.1.81]