مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸
ص ۴۰۱-۴۱۴

مقاله پژوهشی

ارزیابی نقایص فنی در صنوبرکاری‌های مازندران

فرهاد اسدی[۱*]، کامبیز اسپهبدی[۲]، سید احسان ساداتی[۳]

۱. دانشیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.
۲. دانشیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.
۳. استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۰)

چکیده

تولید اندک صنوبرکاری‌های موجود ممکن است ناشی از عملیات کاشت، داشت و برداشت نامناسب باشد. برای روشن شدن نقایص عملیات یادشده، ابتدا در ۳۰ تودهٔ صنوبرکاری منتخب، مشخصات مساحت، قطر، ارتفاع و حجم درختان اندازه‌گیری و محاسبه شد. سپس اطلاعات فاصلهٔ کاشت اولیه، تعداد در هکتار موجود، درصد زنده‌مانی، ارتفاع نهال و غیره به روش پیمایش میدانی جمع‌آوری شد. با استفاده از تجزیهٔ علیت، روابط علت و معلولی بین متغیرهای مستقل و رویش حجمی مشخص شده و اثرهای مستقیم و غیرمستقیم هر یک از مؤلفه‌ها بر رویش تعیین شد. براساس نتایج، مساحت توده‌ها بین ۰/۳ تا ۴ هکتار متغیر بود. در بیش از ۶۰ درصد توده‌ها فاصلهٔ کاشت کمتر از ۲×۲ متر بود. زنده‌مانی در بیشتر توده‌ها کمتر از ۵۰ درصد بود. تنها ۱۰ درصد از توده‌ها رویش بیش از ۲۵ متر مکعب در سال در هکتار داشتند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که کم شدن فاصلهٔ کاشت مهم‌ترین اثر را در کاهش رویش دارد. در میان صفات مختلف در تجزیهٔ همبستگی، دسترسی به آب بیشترین همبستگی مثبت را با رویش نشان داد. همچنین تراکم اولیه بیشترین همبستگی منفی را با قطر و ارتفاع نشان داد. در تجزیهٔ علیت نیز تراکم اولیه بیشترین اثر مستقیم منفی و دسترسی به آب بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت را بر مقدار رویش نشان داد. با توجه به نتایج یادشده، بیشترین نقایص صنوبرکاری‌های موجود به‌ترتیب فاصلهٔ کاشت کم و آبیاری کم است.

واژه‌های کلیدی: افزایش تولید، تجزیهٔ علیت زراعت چوب، فاصلهٔ کاشت.

مقدمه

اهمیت درختان خارج از جنگل در تولید چوب بیشتر از جنگل‌های طبیعی است (Ahuja, 2012). تولید در صنوبرکاری‌های سنتی بین ۱۰ تا ۱۵ متر مکعب در سال و در هکتار برآورد می‌شود. درحالی که براساس بررسی‌های متعدد، امکان تولید بیش از ۲۵ متر مکعب با همان نهاده‌ها میسر است. برای نمونه در ارزیابی رشد و تولید حجمی صنوبرها در اسلواکی و در فاصلهٔ کاشت‌های مختلف، بیشترین رویش متوسط حجمی در فاصلهٔ ۳×۱/۵ متر و معادل ۳۰ متر مکعب در سال و در هکتار بود (Kohan, 1999). با مقایسهٔ رشد هفت کلن صنوبر در دو رویشگاه نزدیک و دور از رودخانه و در فاصلهٔ کاشت ۶×۴ متر، تولید در هکتار معادل ۳۲/۸ متر مکعب در سال برای رویشگاه نزدیک

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۱۱۴۴۶۶۲۴۶۵ ایمیل: farhadasadi14@yahoo.com

رودخانه توسط Zakhariev et al. (1975) گزارش شد، اما در رویشگاه دور از رودخانه این تولید به ۵/۱ متر مکعب کاهش یافت. در تحقیقی دیگر (Hemati & Modirrahmati, 1999) با هفت کلن *P. deltoides* و سه کلن *P. euramericana* در پنج فاصلهٔ کاشت، مشخص شد که در فاصلهٔ کاشت ۴×۴ متر، پنج کلن دلتوئیدس و دو کلن دورگه بعد از ۱۲ سال متوسط رویش حجمی بین ۲۰ تا ۳۱ متر مکعب در هکتار و در سال داشتند. براساس گزارش آنها در قسمت غرب مازندران و در ایستگاه خوشامیان در سال‌های ۱۳۴۹ تا ۱۳۶۳، ۱۰ کلن صنوبر به فاصلهٔ کاشت ۴×۴ متر بررسی شد. کلن‌های 488 *P. euramericana* و I-214 *P. euramericana* بعد از ۱۴ سال به‌ترتیب ۲۵/۶ و ۲۵/۱ متر مکعب در هکتار و در سال تولید داشتند. اما Asadi et al. (2015) برای صنوبرکاری‌های متراکم مردمی استان کرمانشاه رویش سالانهٔ بیش از ۳۸ متر مکعب را گزارش کردند. از این‌رو به نظر می‌رسد تولید ناکافی و اندک صنوبرکاری‌های موجود ممکن است ناشی از عملیات کاشت، داشت و برداشت نامناسب باشد.

تاریخچهٔ به‌نسبت طولانی تولید چوب صنوبر در کشور و تأمین بخش بزرگی از نیازهای چوبی از این گونهٔ باارزش به‌همراه اجرایی شدن طرح استراحت جنگل، همگی حکایت از ضرورت توسعهٔ زراعت چوب دارد. مدیریت صحیح صنوبرکاری‌ها از اساسی‌ترین عوامل موفقیت صنوبرکاری تلقی می‌شود. از سوی دیگر می‌توان اصلاح حاصلخیزی خاک، حفاظت تنوع زیستی، ترسیب کربن و تولید بیوانرژی را از مزایای اکولوژیکی و اقتصادی پرورش صنوبر در اراضی زراعی برشمرد. انتخاب تراکم مناسب درختان، مبتنی بر سرشت گونه یا کلن و خصوصیات رویشگاه و عملیات پرورشی است. هرچه به سن درختان افزوده می‌شود، فواصل کاشت بیشتر از موجودی بیشتری برخوردار می‌شوند (Christersson, 2008). براساس آمار و ارقام موجود، سالانه بیش از ۵۰ میلیون درخت صنوبر در کشت‌های تلفیقی هندوستان بهره‌برداری می‌شوند که سطحی معادل ۳۰۰ هزار هکتار را در بر می‌گیرند و ۳/۶ میلیون متر مکعب چوب هرساله در این اراضی تولید می‌شود (Ahuja, 2012; Sharma et al., 2019). این آمار نشان می‌دهد که تراکم متوسط معادل ۱۶۶ درخت در هکتار و متوسط رویش حجمی در این صنوبرکاری‌ها معادل ۱۲ متر مکعب است. این درحالی است که افزون‌بر تولیدات چوبی، در فضای بین ردیف‌های درختان محصولات زراعی نیز تولید می‌شود. Asadi et al. (2015) در استان کرمانشاه مقادیر رویش سالانهٔ چوب را بین ۱۰/۳ تا ۳۸ متر مکعب در هکتار در توده‌های مختلف محاسبه کردند. همچنین برای درختان همین توده‌ها گزارش شد که به‌دلیل قرابت ژنتیکی این درختان، هر گونه تفاوت رویش ممکن است ناشی از اثر عوامل فنی و نیز خصوصیات رویشگاهی باشد (Alimohammadi et al., 2012). در ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابستهٔ گیلان، نتایج طرح کلکسیون پایهٔ مادر صنوبر پس از ۱۷ سال بررسی، ۱۵ کلن با رویش حجمی سالیانهٔ بیش از ۲۵ متر مکعب در سال را نشان داده است که سه کلن *P. deltoids* 69/55، *P. deltoids* 77/51 و *P. euramericana* I. 214، به‌عنوان ارقام برتر و پر محصول معرفی شدند و هم‌اکنون همین سه کلن در سطح وسیع در صنوبرکاری‌های گیلان و مازندران کشت می‌شوند (Lotfian, 1985). از این‌رو بیشتر صنوبرکاری‌های شمال کشور توسط همین سه کلن ایجاد شده‌اند. در یک تحقیق دیگر Asadi et al. (2012) با بررسی کشت تلفیقی صنوبر و یونجه در تیمارهای مختلف نشان دادند که تیمار ۶×۳ متر صنوبر با یونجه، ضمن تولید چهار تن مادهٔ خشک یونجه در سال و هکتار، ۱۱ متر مکعب چوب نیز تولید کرده و بهترین عملکرد را ارائه داده است.

از نظر تولید چوب، اراضی حاشیهٔ رودخانه‌ای بهترین رویشگاه‌های صنوبر در اروپا معرفی شدند، به‌طوری که حجم چوب در هکتار این توده‌ها در

پانزده تا بیست‌سالگی گاهی به ۶۰۵ متر مکعب می‌رسد (Keca et al., 2012).

در طی سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۶ در اراضی شرکت سهامی جنگل شفارود، ۱۵ کلن از صنوبرهای *P. deltoides* و *P. euramericana* بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که کلن 69/55 *P. deltoides* با ۳۰ متر مکعب بیشترین و کلن riminii *P. euramericana* با ۱۰ متر مکعب در هکتار و در سال کمترین تولید چوب را داشته‌اند (Ghoraani, 1988). در یک تحقیق در استان گیلان مشخص شد که بیشترین مقادیر تولید چوب در فاصلهٔ کاشت‌های ۴×۴ و ۵×۵ متر به‌دست می‌آید (Mohammadi Limaei et al., 2013).

براساس برنامهٔ راهبردی زراعت چوب کشور، استان مازندران باید بیش از ۴۰هزار هکتار بر صنوبرکاری‌های خود بیفزاید (Assareh & Seyed Akhlaghi, 2009). *این* مهم بدون رفع نقایص و ایرادهای فنی محقق نمی‌شود. تعیین نقایص فنی صنوبرکاری می‌تواند در ارائهٔ پیشنهاد برای افزایش تولید در هکتار و بهبود بهره‌وری بسیار مفید و مؤثر باشد. از طرف دیگر با توجه به ممکن نبودن افزایش شدید سطح زیر کشت، می‌توان از راه تعیین عوامل کاهندهٔ تولید در هکتار صنوبرکاری‌های سنتی و رفع آن عوامل، موجب افزایش تولید در واحد سطح و افزایش درآمد روستاییان و کاهش وابستگی به واردات چوب و البته کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی شد. از این‌رو اجرای این تحقیق ضرورت یافت. همان‌طور که در بررسی سوابق تحقیق مشاهده می‌شود، نتایج تحقیقات مختلف حاکی از امکان افزایش عملکرد با رعایت مسائل فنی است. ناهمسانی عملکرد صنوبر در صنوبرکاری‌های مردمی با عرصه‌های تحقیقاتی به حدی است که بررسی علل و کاستی‌های صنوبرکاری‌های مردمی را ضروری ساخته است. تحقیق حاضر سعی دارد با ارزیابی ویژگی‌های مختلف صنوبرکاری‌های سنتی، با تجزیهٔ همبستگی و تجزیهٔ علیت، روابط علت و معلولی متغیرهای فنی (مستقل) و متغیر تولید (وابسته) را تعیین کرده و راهکارهای اصلاحی را ارائه کند.

مواد و روش‌ها

به‌دلیل نبود اطلاعات کافی دربارهٔ پراکنش توده‌های صنوبرکاری مردمی در استان، به‌ناچار با پیمایش زمینی تنها ۳۱ توده (جدول ۱) در محدودهٔ سنی ۸ تا ۱۵ سال شناسایی شد. از این‌رو به‌دلیل محدود بودن جامعهٔ نمونه و تعداد توده‌ها، ۳۰ تودهٔ صنوبرکاریِ دارای قابلیت نمونه‌برداری انتخاب شدند.

برای تعیین وضعیت توده‌های صنوبرکاری، در ۳۰ نمونهٔ توده، سن درختان، مساحت توده، نوع استفاده در گذشته، منشأ تهیهٔ نهال، ارتفاع اولیهٔ نهال، فاصلهٔ کاشت، تعداد در هکتار موجود، روش آبیاری و شدت آن، شدت هرس، میانگین قطر و ارتفاع (متوسط رویش آنها)، حجم با ضرب توان دوم قطر در ارتفاع، ضریب شکل و ربع عدد پی، در هکتار و رویش حجمی در سال و هکتار تعیین و محاسبه شد.

پس از تعیین موارد یادشده در هر یک از توده‌های منتخب، داده‌های کمی و کیفی نمره‌دهی شدند. مقادیر همبستگی بین متغیرها، سطح معنی‌داری آنها و سپس روابط علت و معلولی آنها با استفاده از نرم‌افزار Path analysis (Mirzaie-Nodoushan et al., 2001) تعیین شد. برای تجزیه‌وتحلیل صفات مؤثر در توده‌ها و نیز به‌منظور حذف برخی از اطلاعات غیرضروری به‌نحوی که اطلاعات باقی‌مانده بیشترین واریانس متغیرهای اولیه را دارا باشند، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در نرم‌افزار Pc- Ord استفاده شد. متغیر رویش سالانهٔ چوب در هر توده به متر مکعب در هکتار، از مهم‌ترین متغیرهای بررسی‌شده به‌عنوان متغیر وابسته (عملکرد) در آنالیز علیت انتخاب و اثر مستقیم و غیرمستقیم هر یک از مؤلفه‌های بررسی‌شده بر آن سنجیده شد. با این کار مؤثرترین عوامل تأثیرگذار در رویش مشخص شدند.

جدول ۱- موقعیت و محل توده‌های صنوبرکاری مردمی*

ردیف	نام محل	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ردیف	نام محل	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	سلمان‌شهر	"۳۶°۴۲'۹۸	"۵۱°۱۰'۲۵/۵۸	۱۷	گلوگاه	"۳۶°۴۳'۲۷/۸۰	"۵۳°۴۴'۴۷/۴۳
۲	سلمان‌شهر	"۳۶°۴۱'۵۰/۴۱	"۵۲°۱۰'۶۵/۹۶	۱۸	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۵/۰۳	"۵۲°۵۲'۲۲/۷۹
۳	سلمان‌شهر	"۳۶°۴۱'۴/۸۷	"۵۲°۱۰'۲۰/۲۷	۱۹	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۰/۸۰	"۵۲°۵۲'۳۸/۰۶
۴	چمستان	"۳۶°۲۹'۳۶/۱۳	"۵۲° ۴'۵۸/۶۴	۲۰	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۲/۱۷	"۵۲°۵۲'۳۶/۰۶
۵	چمستان	"۳۶°۲۹'۳۲/۹۵	"۵۲° ۴'۹/۴۳	۲۱	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۴/۸۶	"۵۲°۵۲'۶۲/۳۵
۶	چمستان	"۳۶°۲۹'۳۸/۷۵	"۵۲° ۴'۱۰/۸۴	۲۲	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۵/۹۸	"۵۲°۵۲'۷۳/۳۰
۷	چمستان	"۳۶°۲۹'۵۶/۰۶	"۵۲° ۴'۱۵/۸۱	۲۳	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۴/۷۱	"۵۲°۵۲'۳۹/۴۱
۸	چمستان	"۳۶°۳۰'۴/۰۲	"۵۲° ۴'۱۱/۶۵	۲۴	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۴/۳۶	"۵۲°۵۲'۴۳/۴۹
۹	چمستان	"۳۶°۳۰'۰/۴۱	"۵۲° ۴'۱۳/۸۰	۲۵	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۳۱/۸۴	"۵۲°۵۲'۴۴
۱۰	چمستان	"۳۶°۲۹'۵۵/۰۸	"۵۲° ۴'۱۲/۴۵	۲۶	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۳۴/۹۰	"۵۲°۵۳'۵/۴۴
۱۱	آمل	"۳۶°۳۰'۵۷/۱۱	"۵۲°۱۶'۳۲/۵۱	۲۷	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۶/۲۴	"۵۲°۵۳'۷/۴۹
۱۲	آمل	"۳۶°۳۰'۱۶/۱۹	"۵۲°۱۲'۴۳/۳۸	۲۸	شیرگاه	"۳۶°۳۰'۱۷/۰۴	"۵۲°۳۲'۸/۳۴
۱۳	رویان	"۳۶°۳۱'۳۶/۵۱	"۵۱°۵۷'۲/۰۳	۲۹	شیرگاه	"۳۶°۱۹'۲۴/۶۸	"۵۲°۵۳'۱۱/۱۷
۱۴	رویان	"۳۶°۳۱'۴۲/۳۴	"۵۱°۵۷'۰/۶۳	۳۰	آمل	"۳۶°۱۴'۵۳/۳۱	"۵۲°۲۲'۱۱/۹۷
۱۵	چمستان	"۳۶°۲۹'۴۳/۹۱	"۵۲° ۰۳'۵۵	۳۱	چمستان	"۳۶°۲۹'۳۶/۱۳	"۵۲° ۴'۵۸/۶۴
۱۶	نوشهر	"۳۶°۳۶'۱۸/۰۵	"۵۱°۳۶'۵۵/۷۴				

* بیشتر توده‌های بررسی‌شده از سه کلن *P. deltoids* 69/55، *P. deltoids* 77/51 و *P. euramericana* I. 214 بودند. به‌دلیل ناممکن بودن شناسایی کلن‌ها، تفکیک آنها در توده‌ها امکان‌پذیر نیست.

این تحقیق از نوع کاربردی و به روش توصیفی-همبستگی و شیوهٔ اجرای آن به‌صورت میدانی و تکمیل اطلاعات به‌صورت اندازه‌گیری، مشاهده‌ای، مصاحبه‌ای و محاسباتی بود. از این‌رو هیچ پرسشنامه‌ای توزیع نشد و اطلاعات با حضور مستقیم مجری به‌دست آمد.

نتایج

جدول ۲ مقادیر کمی و کیفی هر یک از متغیرها در ۳۰ تودهٔ مختلف را نشان می‌دهد.

مطابق جدول ۲، مساحت توده‌ها بین ۰/۳ تا ۴ هکتار بود. فقط سه توده مساحت بیش از ۲ هکتار و بیش از ۲۰ توده مساحتی کمتر از ۱ هکتار داشتند.

در گذشته شانزده توده به کشت برنج (شالی) و بقیهٔ توده‌ها به کشت گندم (یازده توده)، کلزا (دو توده) و لوبیا (یک توده) اختصاص داشتند.

از نظر منشأ تهیهٔ نهال، بیست‌ویک توده از منابع نامشخص و متفرقه نهال خود را تهیه کرده بودند. نهال‌های شش توده از ادارهٔ منابع طبیعی و نهال‌های سه توده از شرکت چوب و کاغذ مازندران تهیه شده بود.

از نظر فاصلهٔ کاشت (تراکم اولیه) هفده توده در محدودهٔ تراکم زیاد یا فاصلهٔ کاشت کم ۲×۲ متر و کمتر قرار داشتند و تنها ۱۳ توده در محدودهٔ فاصلهٔ کاشت ۲×۳ تا ۴×۴ متر قرار گرفتند.

تعداد در هکتار موجود نیز در تودهٔ یک بیش از ۶۰۰۰ اصله درخت بود که فاصلهٔ کاشت اولیهٔ آن ۰/۵×۰/۵ متر (تعداد ۴۰۰۰۰ نهال اولیه) بود. در نه توده تعداد درخت موجود بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ اصله بود. در برخی از توده‌ها مانند تودهٔ ۱۶ یا ۲۲، اصلاً

آبیاری توسط زارع انجام نگرفت. اما به‌دلیل واقع شدن در کنار رودخانه، نهر یا چاه آب، منابع آب در دسترس بود. برای مثال توده‌های ۱۶ و ۲۵ در کنار اراضی شالیزاری واقع شده بودند و از آب آن مزارع برخوردار بودند. هرچند آبیاری توسط زارع در آن توده‌ها انجام نگرفته بود.

مطابق جدول ۲، تودهٔ ۲۳ به‌تنهایی با میانگین قطر بیشتر از ۲۵ سانتی‌متر در ردهٔ اول قرار می‌گیرد و میانگین قطری توده‌های ۸، ۱۷، ۱۸، ۲۱ و ۲۲ بین ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر است. از نظر ارتفاع نیز تودهٔ ۲۳ با ارتفاع بیش از ۲۰ متر در ردهٔ اول و توده‌های دیگر در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. درصد زنده‌مانی براساس محاسبهٔ تعداد در هکتار اولیه مبتنی بر فاصلهٔ کاشت اولیه و تعداد در هکتار موجود محاسبه شده است. فقط شش توده درصد زنده‌مانی بیشتر از ۸۰ درصد دارند. درصد زنده‌مانی در ۱۹ توده کمتر از ۵۰ درصد است. براساس شواهد و مصاحبه با صنوبرکاران هیچ‌گونه بهره‌برداری در توده‌های بررسی‌شده صورت نگرفته و درصد زنده‌مانی در شرایط طبیعی محقق شده است. از نظر موجودی چوب در هکتار در توده‌های مختلف، تودهٔ ۸ با بیش از ۴۰۰ متر مکعب چوب در هکتار به‌تنهایی در رتبهٔ اول و تودهٔ ۲۳ نیز با حدود ۳۸۰ متر مکعب چوب در هکتار در رتبهٔ دوم قرار گرفتند. توده‌های ۴، ۲۵ و ۲ نیز با کمتر از ۵۰ متر مکعب چوب در هکتار در رتبهٔ آخر قرار دارند.

براساس جدول ۲، توده‌های مختلف بین ۷ تا ۱۵ سال سن دارند. به این ترتیب که تودهٔ ۵ دارای ۱۵ سال است و توده‌های ۸، ۹، ۲۱ و ۲۲ بین ۱۲ تا ۱۴ سال و توده‌های دیگر نیز بین ۷ تا ۱۲ سال دارند.

از آنجا که موجودی چوب در هکتار به‌دلیل سن متفاوت توده‌ها نمی‌تواند معیار ارزشمندی برای مقایسه باشد، مقادیر رویش سالانهٔ چوب در هکتار برای توده‌های مختلف محاسبه شد که تودهٔ ۸ با بیش از ۳۰ متر مکعب رویش سالانه در هکتار در رتبهٔ اول و توده‌های ۲۲ و ۲۳ نیز با رویش بیش از ۲۵ متر مکعب در هکتار و در سال در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ابتدا ۱۰ مؤلفهٔ اصلی مشخص شدند و مطالعات بعدی روی این مؤلفه‌ها انجام گرفت. در گام بعدی با توجه به واریانس تجمعی موجود مشخص شد که پنج مؤلفهٔ اول بیش از ۸۴/۶ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کنند (جدول ۳).

در جدول ۳ درصد واریانس توجیه‌پذیر و درصد تجمعی واریانس برای پنج مؤلفهٔ اصلی اول ارائه شده است. در جدول ۴، بردارهای ویژهٔ مؤلفه‌های اصلی برحسب متغیرهای اولیه آمده است. توده‌هایی که در مؤلفهٔ اصلی اول ارزش بیشتری دارند آنهایی هستند که قطر، حجم تک‌درخت، ارتفاع و رویش حجمی بیشتری دارند. براساس جدول ۴ این توده‌ها شامل توده‌های ۸، ۲۳، ۴، ۲۵ و ۱ هستند. در مؤلفهٔ دوم توده‌هایی ارزش بیشتری دارند که دارای صفات تراکم اولیه، تعداد در هکتار موجود، زنده‌مانی و دسترسی به آب بیشتری هستند. این توده‌ها طبق جدول ۴ شامل توده‌های ۱، ۲۷، ۱۱ و ۲۲ هستند. به ترتیب یادشده می‌توان ارزش توده‌ها را در هر مؤلفهٔ اصلی تعیین کرد. با توجه به هدف تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و با عنایت به ارزش صفات در هر یک از مؤلفه‌های اول تا سوم می‌توان صفات قطر، حجم تک‌درخت، رویش حجمی، تراکم اولیه، تعداد در هکتار موجود، زنده‌مانی و دسترسی به آب را به‌عنوان مؤثرترین صفات در تفکیک توده‌ها معرفی کرد. با یک نگاه اجمالی می‌توان دریافت که از هشت صفت مهم در ارزش‌گذاری توده‌ها، هفت صفت به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به فاصلهٔ کاشت مرتبط می‌شوند.

جدول ۲- مقادیر کمی و کیفی همهٔ متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در هر یک از توده‌ها

توده	مساحت مترمربع	استفاده در گذشته	مشأ نهال	ارتفاع نهال	فاصلهٔ کاشت اولیه	تعداد در هکتار موجود	سن توده	دسترسی به آب	آبیاری	هرس	قطر cm	ارتفاع m	حجم تک‌درخت m3	رویش (متر مکعب در سال و هکتار)
۱	۴۶۰۰	شالی	متفرقه	۳/۵	۰/۵*۰/۵	۶۰۰۰	۹	۳	غرقابی	بدون هرس	۷	۱۱	۰/۲۱۱۶	۱۴/۱
۲	۴۰۰۰	شالی	متفرقه	۳	۲*۲	۱۸۵۰	۱۱	۰	بدون آبیاری	بدون هرس	۸	۱۰	۰/۰۲۵۱	۴/۲
۳	۷۴۰۰	شالی	متفرقه	۳/۵	۲*۲	۷۵۰	۱۲	۱	غرقابی	بدون هرس	۱۶	۱۵	۰/۱۵۰۷	۹/۴
۴	۳۳۰۰	شالی	متفرقه	۳/۵	۲*۲	۱۲۰۰	۹	۰	بدون آبیاری	بدون هرس	۷	۱۱	۰/۰۲۱۲	۲/۸
۵	۷۵۰۰	شالی	متفرقه	۲/۵	۲*۳	۸۹۰	۱۵	۱	نهری	۳۰ درصد	۱۷	۱۶	۰/۱۸۱۵	۱۰/۸
۶	۱۲۵۷۰	شالی	متفرقه	۳	۴*۴	۶۰۰	۹	۱	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۳	۱۴	۰/۰۹۲۹	۶/۲
۷	۲۰۰۰۰	گندم	منابع طبیعی	۲	۲*۲	۸۰۰	۹	۳	نهری	تا ۵ متری	۲۰	۱۷	۰/۲۶۶۹	۲۳/۷
۸	۱۵۰۰۰	گندم	منابع طبیعی	۲	۳*۲	۹۵۰	۱۳	۴	نهری	بدون هرس	۲۵	۱۸	۰/۴۴۱۶	۳۲/۳
۹	۵۰۰۰	گندم	متفرقه	۴	۲*۲	۱۰۰۰	۱۴	۳	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۷	۱۵	۰/۱۷۰۱	۱۲/۱۵
۱۰	۱۰۰۰۰	لوبیا	چوب و کاغذ	۱/۵	۴*۳	۷۵۰	۱۰	۳	غرقابی	بدون هرس	۲۰	۱۸	۰/۲۸۲۶	۲۱/۲
۱۱	۴۰۰۰۰	شالی	چوب و کاغذ	۳	۴*۴	۳۵۰	۷	۲	نهر-غرقابی	بدون هرس	۲۰	۱۶	۰/۲۵۱۲	۱۲/۶
۱۲	۱۸۰۰۰	شالی	متفرقه	۲/۵	۲*۲	۸۸۰	۹	۲	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۵	۱۴	۰/۱۲۳۶	۱۲/۰۹
۱۳	۷۰۰۰	گندم	متفرقه	۲/۵	۱/۵*۱/۵	۱۱۵۰	۱۱	۲	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۲	۱۲	۰/۰۶۷۸	۷/۰۹
۱۴	۶۵۰۰	کلزا	متفرقه	۳	۲*۲	۱۰۵۰	۱۰	۲	غرقابی	بدون هرس	۱۴	۱۳	۰/۱۰۰۰	۱۰/۵
۱۵	۱۱۰۰۰	کلزا	متفرقه	۳	۲*۲	۸۰۰	۹	۳	غرقابی	بدون هرس	۱۵	۱۴	۰/۱۲۳۶	۱۰/۹۹
۱۶	۵۵۰۰	شالی	متفرقه	۳	۱*۱	۲۱۰۰	۱۱	۳	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۱	۱۱	۰/۰۵۲۲	۹/۹۷
۱۷	۳۳۰۰۰	شالی	منابع طبیعی	۳	۲*۳	۷۰۰	۱۲	۴	نهری غرقابی	بدون هرس	۲۲	۱۷	۰/۳۲۲۹	۱۸/۸۴
۱۸	۸۰۰۰	گندم	چوب و کاغذ	۳	۴*۳	۸۲۰	۱۱	۴	غرقابی	بدون هرس	۲۱	۱۸	۰/۳۱۱۶	۲۳/۲۳
۱۹	۱۱۵۰۰	شالی	متفرقه	۳	۳*۳	۷۸۰	۱۰	۲	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۴	۱۲	۰/۰۹۲۳	۷/۲۰
۲۰	۱۷۵۰۰	گندم	منابع طبیعی	۲/۵	۲*۲	۱۱۰۰	۱۰	۳	نهری	بدون هرس	۱۷	۱۵	۰/۱۷۰۱	۱۸/۷۲
۲۱	۹۸۰۰	گندم	منابع طبیعی	۲/۵	۳*۳	۸۵۰	۱۳	۴	نهری	بدون هرس	۲۱	۱۷	۰/۲۹۴۳	۱۹/۲۴
۲۲	۷۸۰۰	گندم	متفرقه	۴	۲*۲	۱۲۵۰	۱۴	۳	بدون آبیاری	بدون هرس	۲۱	۱۸	۰/۳۱۱۶	۲۷/۸۲
۲۳	۶۵۰۰	شالی	متفرقه	۳	۴*۴	۵۲۰	۱۲	۴	غرقابی	بدون هرس	۲۷	۲۲	۰/۶۲۹۴	۲۷/۲۸
۲۴	۷۴۰۰	شالی	متفرقه	۳/۵	۳*۲	۹۰۰	۱۱	۳	غرقابی	بدون هرس	۱۶	۱۵	۰/۱۵۰۷	۱۲/۳۳
۲۵	۳۳۰۰	شالی	متفرقه	۳	۱/۵*۲	۱۵۰۰	۸	۱	بدون آبیاری	بدون هرس	۷	۱۰	۰/۰۱۹۲	۳/۶۱
۲۶	۷۰۰۰	شالی	متفرقه	۳/۵	۳*۳	۹۸۰	۱۲	۲	نهری	۳۰ درصد	۱۵	۱۴	۰/۱۲۳۶	۱۰/۱۰
۲۷	۷۵۰۰	شالی	متفرقه	۲/۵	۴*۴	۵۷۰	۱۰	۲	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۷	۱۶	۰/۱۸۱۵	۱۰/۳۵
۲۸	۴۲۰۰	گندم	منابع طبیعی	۳/۵	۲*۲	۱۱۵۰	۱۲	۲	نهری غرقابی	بدون هرس	۱۶	۱۴	۰/۰۱۴۱	۱۳/۴۸
۲۹	۳۷۰۰	گندم	متفرقه	۳/۵	۱/۵*۱	۲۳۰۰	۸	۱	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۱	۱۰	۰/۰۴۷۵	۱۳/۶۵
۳۰	۳۵۰۰	گندم	متفرقه	۳	۲*۱	۲۱۰۰	۸	۲	بدون آبیاری	بدون هرس	۱۴	۱۲	۰/۰۹۲۳	۲۴/۲۳

جدول ۳- مقادیر ویژه و درصد واریانس اختصاص‌یافته به مؤلفه‌های اصلی

مؤلفه	درصد تجمعی واریانس	درصد واریانس توجیه‌پذیر	ریشه‌های مخفی (مقادیر ویژه)
۱	۴۳/۱۴۳	۴۰/۴۹	۳/۳۸
۲	۵۸/۶۲	۱۵/۴۸	۲/۳۸
۳	۷۰/۲۲	۱۱/۵۹	۱/۸۸
۴	۷۷/۵۲	۷/۲۹	۱/۵۵
۵	۸۴/۶۲	۷/۰۹	۱/۲۹

تجزیهٔ علیت (Path Analysis)

براساس نتایج حاصل از تجزیهٔ علیت همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، به‌جز صفات قطر که اثر مثبت آن قابل انتظار بود، تراکم اولیه (فاصلهٔ کاشت) بیشترین اثر مستقیم منفی (۰/۱۷۴-) را بر رویش سالانه داشته است؛ اما تعداد در هکتار موجود دارای یکی از بیشترین اثرهای مستقیم مثبت (۰/۳۰۸۷) بر متغیر وابستهٔ رویش بود. در جدول ۶ می‌توان اثرهای مستقیم و غیرمستقیم هر یک از صفات را بر متغیر رویش سالانه مشاهده کرد. در این ماتریس اعداد قطر اصلی همان اثر مستقیم ۱۴ صفت مستقل بر صفت وابسته یا همان رویش سالانه هستند. اما بقیهٔ اعداد اثر غیرمستقیم صفت موجود در ردیف از طریق صفت موجود در ستون بر رویش است. برای مثال اثر غیرمستقیم صفت «دسترسی به آب» از طریق افزایش «حجم در هکتار» معادل ۰/۶۷۸۷۹ و مثبت تعیین شد. یعنی دسترسی به آب با افزایش حجم در هکتار موجب افزایش رویش می‌شود.

در زمینهٔ دسترسی به آب، اثر مستقیم آن بر رویش ۰/۰۰۹۲۱- است، اما به‌دلیل اینکه کل اثرهای غیرمستقیم از طریق صفات دیگر معادل ۰/۷۳۷۷۹ بود، اثر کل یا ضریب همبستگی ساده معادل ۰/۷۴۷۰۰ شد. صفت دیگری که از طریق آن آبیاری بر رویش آثار مثبت داشته، قطر است. برای نمونه دسترسی به آب از طریق قطر به میزان ۰/۴۳۳۱۳ اثر غیرمستقیم مثبت بر رویش سالانه داشت. از این نظر می‌توان اثر مثبت دسترسی به آب بر قطر را بیشتر بررسی کرد.

در ضریب همبستگی نیز رابطهٔ همبستگی این دو متغیر ۰/۷۱۹ است که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. متغیر تعداد در هکتار به‌ظاهر اثر مستقیم مثبت بر رویش دارد، اما به‌واسطهٔ کاهش متغیر قطر اثر مستقیم منفی ۰/۳۲۹۵۲- بر رویش سالانه دارد. دلیل آن نیز اثرهای منفی تراکم زیاد بر رشد قطری درختان است. در جدول ۷ اثر مستقیم هفت صفت حجم در هکتار، قطر، تعداد در هکتار، سن، حجم تک‌درخت، تراکم اولیه و دسترسی به آب بر رویش سالانه در هکتار به همراه اثرهای غیرمستقیم آنها از طریق صفات دیگر نشان داده شده است. ضمن آنکه در همین جدول کل اثر غیرمستقیم به‌همراه صفات دیگر آمده است. در این جدول برای هر ردیف باید اثرهای مستقیم و غیرمستقیم دیده شوند. برای مثال عدد ۰/۴۹۰۳۶ یعنی اثر غیرمستقیم حجم در هکتار از طریق قطر بر رویش معادل ۰/۴۹۰۳۶ است؛ اما عدد ۰/۷۴۸۶۹ یعنی اثر غیرمستقیم قطر از طریق حجم در هکتار بر روی رویش معادل ۰/۷۴۸۶۹ است. در هر ردیف نیز جمع جبری اثرهای غیرمستقیم با اثر مستقیم آن صفت معادل ضریب همبستگی ساده (کل) است.

جدول ۴- ارزش توده‌ها در هر مؤلفهٔ اصلی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

توده	مؤلفهٔ اول	مؤلفهٔ دوم	مؤلفهٔ سوم	مؤلفهٔ چهارم	مؤلفهٔ پنجم
۱	-۳/۳۷۲۴۲	-۵/۵۳۰۷	۱/۳۲۱۳	-۱/۹۳۹۲	-۰/۴۴۰۵
۲	-۳/۶۴۳۱	۱/۱۰۸۹	-۰/۶۹۷۴	-۰/۲۱۳۱	-۰/۳۸۴۵
۳	-۱/۱۹۹۹	۰/۵۲۱۹	۰-/۹۰۲۶	-۰/۷۹۵۹	۰/۶۱۸۵
۴	-۴/۱۴۴۰	۱/۱۲۶۵	-۰/۳۴۴۴	-۰ /۰۵۴۹	۰/۳۱۷۰
۵	۰/۲۰۵۳	۱/۶۵۶۹	-۰/۸۰۱۹	-۲/۰۳۸۵	-۲/۸۱۳۸
۶	-۱/۷۳۲۲	۲/۳۴۰۰	-۰/۴۱۸۹	۰/۰۷۲۵	۰/۵۵۴۵
۷	۳/۰۴۹۴	۰/۵۱۴۶	۳/۷۹۵۰	-۰/۶۱۴۰	-۱/۹۷۱۴
۸	۵/۹۴۶۸	-۱/۲۰۸۶	۱/۴۴۲۱	-۰/۰۹۹۴	-۰/۲۲۴۳
۹	۰/۰۵۴۲	-۰/۷۲۱۰	-۱/۸۷۳۹	-۰/۱۳۲۶	۰/۵۴۰۲
۱۰	۲/۸۷۵۸	۰/۴۴۰۶	۰/۱۶۷۲	۲/۵۴۹۳	-۱/۲۳۳۵
۱۱	۱/۰۷۳۰	۲/۳۲۱۱	۳/۶۴۷۸	-۰ /۸۳۸۸	۲/۷۲۸۴
۱۲	-۰ /۷۷۸۴	۰/۷۱۱۳	۱/۰۶۲۲	-۰/۰۳۶۷	۰/۶۴۲۵
۱۳	-۱/۹۸۷۷	-۰/۰۵۰۵	۰/۳۵۴۵	۰/۹۵۹۹	-۰/۴۵۵۹
۱۴	-۱/۰۹۰۷	-۰ /۱۵۲۲	-۰/۰۲۶۸	۲/۱۱۵۵	-۰/۲۹۱۴
۱۵	-۰ /۵۶۸۲	-۰/۲۲۲۷	۰/۵۲۰۹	۲/۱۷۹۷	۰/۲۲۴۳
۱۶	-۲/۳۸۱۹	-۱/۸۳۰۲	۰/۳۸۱۶	-۰/۷۷۹۳	-۰/۰۵۶۱
۱۷	۲/۶۴۵۹	۰/۱۶۵۲	۰/۴۵۷۱	-۱/۱۵۸۸	۱/۹۰۵۳
۱۸	۳/۱۲۳۴	-۰/۲۲۰۱	-۱/۲۹۳۰	۰/۶۵۷۸	۰/۱۱۰۰
۱۹	-۱/۶۳۶۰	۱/۴۲۳۰	-۰/۲۸۵۷	-۰/۰۴۶۶	۰/۵۷۱۵
۲۰	۰/۹۸۹۹	-۰ /۳۶۱۹	۰/۷۲۸۳	۰/۸۷۷۰	۰/۲۳۷۷
۲۱	۲/۷۷۵۶	-۰ /۱۵۰۷	-۱/۰۸۷۳	۰/۵۲۷۲	-۰/۲۵۲۶
۲۲	۳/۳۰۹۶	-۲/۰۸۹۳	-۲/۰۰۷۹	-۰/۴۷۵۲	۲/۵۰۲۲
۲۳	۵/۳۶۹۵	-۰/۲۶۳۸	-۱/۸۶۴۹	-۱/۰۲۷۷	۰/۵۴۹۴
۲۴	-. /۲۹۱۷	۰/۲۰۱۱	-۰/۹۴۱۱	-۰/۵۴۳۹	۰/۷۸۳۴
۲۵	-۳ /۹۹۲۰	۰/۶۸۷۲	۰/۳۶۴۰	۰/۲۵۷۴	۰/۰۵۰۳
۲۶	-۰/۷۸۸۶	۱/۰۱۴۶	-۱/۶۱۱۸	-۰/۵۹۳۱	۰/۴۵۸۳
۲۷	۰/۱۱۵۷	۲/۵۰۸۷	-۰/۰۹۵۸	-۱/۱۱۴۲	-۲/۳۳۳۵
۲۸	-۰ /۴۲۸۱	-۰/۴۳۶۴	-۱/۱۱۳۷	۰/۴۱۷۴	۰/۰۸۲۳
۲۹	-۲/۷۴۹۹	-۱/۵۱۷۲	۰/۵۱۸۳	۰/۷۹۷۱	-۰/۰۳۹۱
۳۰	-۰/۳۹۷۴	-۱/۹۸۶۴	۰/۶۰۶۸	۱/۰۹۱۲	-۰/۳۷۹۲

جدول ۵- اثرهای مستقیم، غیرمستقیم و اثرهای کل یا ضریب همبستگی سادهٔ متغیرهای مستقل بر رویش سالانه

ردیف	صفت	اثر مستقیم	کل اثر غیرمستقیم از طریق صفات دیگر	اثر کل یا ضریب همبستگی ساده
۱	مساحت توده	-۰/۱۰۳۱۷	۰/۳۱۱۱۷	۰/۲۰۸۰۰
۲	میانگین قطر درختان	۰/۶۰۲۴۱	۰/۱۸۲۵۹	۰/۷۸۵۰۰
۳	میانگین ارتفاع درختان	-۰/۰۰۳۲	۰/۷۱۹۸	۰/۷۲۳۰۰
۴	حجم تک‌درخت	-۰/۲۶۴۵۰	۰/۵۲۶۵	۰/۷۹۱۰۰
۵	تعداد در هکتار	۰/۳۰۸۷۲	۰/۲۴۷۷۲	-۰/۰۶۱۰۰
۶	حجم در هکتار	۰/۹۱۹۷۷	۰/۰۲۴۲۳	۰/۹۴۴۰۰
۷	سن	-۰/۳۵۹۸۶	-۰/۰۸۷۸۶	۰/۲۷۲۰۰
۸	تراکم اولیه	-۰/۱۷۴۵۰	-۰/۰۹۳۵	۰/۰۸۱۰۰
۹	دسترسی به آب	-۰/۰۰۹۲۱	۰/۷۳۷۷۹	۰/۷۴۷۰۰
۱۰	هرس	۰/۰۱۷۰۴	۰/۰۴۴۰۴	۰/۰۲۷۰۰
۱۱	استفاده در گذشته	-۰/۰۲۲۷۷	۰/۳۵۷۲۳	۰/۳۸۰
۱۲	ارتفاع اولیهٔ نهال	-۰/۰۵۴۴۸	-۰/۴۲۷۴۸	-۰/۳۷۳
۱۳	زنده‌مانی	-۰/۰۷۹۸۳	۰/۰۳۸۱۷	۰/۱۱۸
۱۴	کوددهی	-۰/۰۲۲۶۳	۰/۳۵۴۳۵	۰/۳۷۷۰۰

بحث

کم بودن مساحت توده‌ها ممکن است از دلایل نبود سرمایه‌گذاری مالی و ذهنی صنوبرکار برای عرصه باشد. استفاده در گذشته از زمین دارای همبستگی مثبت معنی‌دار با رویش سالانه بوده است. در این خصوص اراضی شالیزاری که به صنوبرکاری اختصاص یافتند، بدترین وضعیت را داشته‌اند. در اراضی شالیزاری خاک رسی سنگین وجود دارد که برای صنوبر مناسب نیست. ارتفاع اولیهٔ نهال با رویش سالانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشته است. از این‌رو هرچه ارتفاع اولیهٔ نهال از حد استاندارد بزرگ‌تر باشد، به‌دلیل نامتناسب بودن حجم ریشه با اندام هوایی، آیندهٔ نهال نامناسب خواهد بود. همچنین منفی بودن اثر مستقیم سن بر مقادیر رویش در تجزیهٔ علیت می‌تواند به‌دلیل اثر منفی تراکم زیاد در رویش سالانهٔ توده‌ها در سنین بیشتر باشد. به این ترتیب که هرچه در سنین بیشتر، تراکم کمتر باشد، رویش سالانه بیشتر خواهد بود.

صنوبرکاری یک فعالیت زراعی است که در آن اقداماتی شامل انتخاب زمین، انتخاب کلن، و عملیات کاشت، داشت و برداشت نیازمند دانش کافی برای اجرای موفقیت‌آمیز آن است. به‌طور خلاصه برای انتخاب زمین اطلاع از نیازهای رویشگاهی و اقلیمی گونه، بارندگی و مقدار آب در دسترس، توپوگرافی، دسترسی به جاده، شکل و ابعاد زمین، نوع استفاده در گذشته از زمین، وجود یا نبود حیوانات اهلی و وحشی اهمیت دارد. برای کاشت نیز مواردی همچون آماده‌سازی زمین، عمق کاشت، تراکم و فاصلهٔ کاشت، قطر هدف، برنامهٔ تنک کردن و فصل کاشت باید مدنظر باشند. برای عملیات داشت، آبیاری، وجین، کوددهی، هرس و مبارزه با آفات و امراض اهمیت دارند. برای عملیات برداشت نیز تعیین سن بهره‌برداری، روش بهره‌برداری سنتی یا مکانیزه، فروش حجمی یا وزنی، استفاده از جدول حجم، اندازه‌گیری و برآورد حجم، تجزیه‌وتحلیل اقتصادی، تعیین مراکز مصرف و پرهیز از فروش چوب به واسطه‌ها، همگی می‌توانند موفقیت صنوبرکاری را تضمین کنند. براساس تحقیقات Sharma et al. (2019)، گسترش سطح صنوبرکاری کاملاً به حد افزایش قیمت چوب مرتبط است.

جدول ۶- ماتریس اثرهای مستقیم و غیرمستقیم ۱۴ صفت مختلف بر رویش

صفات	مساحت توده	میانگین قطر درختان	میانگین ارتفاع درختان	حجم تک‌درخت	تعداد در هکتار	حجم در هکتار	سن	تراکم اولیه	دسترسی به آب	هرس	استفاده در گذشته	ارتفاع اولیه نهال	زنده‌مانی	کوددهی
مساحت توده	-۰/۱۰۳۱۷	۰/۲۷۲۲۹	-۰/۰۰۱۱۹	-۰/۰۹۱۲۵	-۰/۱۰۷۱۲	۰/۱۱۵۸۹	۰/۰۶۹۴۵	۰/۰۴۷۲۹	-۰/۰۰۲۶۵	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۰۲۴۸	۰/۰۱۶۲۳	۰/۰۰۲۱۶	-۰/۰۱۳۳۵
میانگین قطر درختان	-۰/۰۴۶۶۳	۰/۶۰۲۴۱	-۰/۰۰۳۱۲	-۰/۲۴۹۱۶	-۰/۱۶۸۸۷	۰/۷۴۸۶۹	-۰/۱۶۱۲۲	۰/۰۹۰۳۹	-۰/۰۰۶۶۳	۰/۰۰۲۴۰	-۰/۰۰۵۲۶	۰/۰۱۷۱۱	-۰/۰۲۶۴۲	-۰/۰۰۸۶۹
میانگین ارتفاع درختان	-۰/۰۳۷۴۵	۰/۵۷۲۸۹	-۰/۰۰۳۲۸	-۰/۲۴۸۶۳	-۰/۱۵۶۸۳	۰/۷۰۷۳۰	-۰/۱۶۶۲۵	۰/۰۸۵۵۱	-۰/۰۰۶۱۶	۰/۰۰۳۶۰	-۰/۰۰۳۷۳	۰/۰۱۶۱۸	-۰/۰۳۳۶۱	-۰/۰۰۶۵۲
حجم تک‌درخت	-۰/۰۳۵۵۹	۰/۵۶۷۴۷	-۰/۰۰۳۰۸	-۰/۲۶۴۵۰	-۰/۱۳۰۹۰	۰/۷۶۵۲۵	-۰/۱۵۰۷۸	۰/۰۷۲۷۷	-۰/۰۰۶۴۱	۰/۰۰۱۴۵	-۰/۰۰۲۹۱	۰/۰۱۵۶۹	-۰/۰۲۹۳۸	-۰/۰۰۸۰۶
تعداد در هکتار	۰/۰۳۵۸۰	-۰/۳۲۹۵۲	۰/۰۰۱۶۷	۰/۱۱۲۱۵	۰/۳۰۸۷۲	-۰/۱۱۷۷۳	۰/۰۷۶۲۹	-۰/۱۶۶۸۳	۰/۰۰۰۵۳	-۰/۰۰۲۶۴	۰/۰۰۲۳۷	-۰/۰۱۴۵۴	۰/۰۲۸۸۲	۰/۰۰۳۹۱
حجم در هکتار	-۰/۰۱۳۰۰	۰/۴۹۰۳۶	-۰/۰۰۲۵۲	-۰/۲۲۰۰۷	-۰/۰۳۹۵۲	۰/۹۱۹۷۷	-۰/۱۹۲۹۶	۰/۰۲۶۳۵	-۰/۰۰۶۸۰	۰/۰۰۰۱۷	-۰/۰۰۷۰۸	۰/۰۰۹۴۸	-۰/۰۱۲۶۱	-۰/۰۰۶۵۶
سن	۰/۰۱۹۹۱	۰/۲۶۹۸۸	-۰/۰۰۱۵۲	-۰/۱۱۰۸۳	-۰/۰۶۵۴۵	۰/۴۹۵۷۵	-۰/۳۵۹۸۶	۰/۰۳۸۰۴	-۰/۰۰۲۸۶	۰/۰۰۲۰۳	-۰/۰۰۰۱۴	-۰/۰۰۶۸۱	-۰/۰۰۹۹۰	۰/۰۰۳۷۳
تراکم اولیه	۰/۰۲۷۹۶	-۰/۳۱۲۰۵	۰/۰۰۱۶۱	۰/۱۱۰۳۰	۰/۲۹۵۱۳	-۰/۱۳۸۸۸	۰/۰۷۸۴۵	-۰/۱۷۴۵۰	-۰/۰۰۰۱۲	-۰/۰۰۲۲۲	۰/۰۰۲۳۹	-۰/۰۱۲۸۰	۰/۰۴۰۷۹	۰/۰۰۲۹۴
دسترسی به آب	-۰/۰۲۹۷۱	۰/۴۳۳۱۳	-۰/۰۰۲۲۰	-۰/۱۸۴۰۹	-۰/۰۱۷۹۱	۰/۶۷۸۷۹	-۰/۱۱۱۵۶	-۰/۰۰۲۲۷	-۰/۰۰۹۲۱	-۰/۰۰۱۶۷	-۰/۰۰۷۳۵	۰/۰۱۱۸۸	-۰/۰۰۶۳۹	-۰/۰۰۴۴۳
هرس	-۰/۰۰۵۷۸	۰/۰۸۴۹۴	-۰/۰۰۰۶۹	-۰/۰۲۲۴۸	-۰/۰۴۷۸۵	۰/۰۰۹۲۰	-۰/۰۴۲۸۲	۰/۰۲۲۶۹	۰/۰۰۰۹۰	۰/۰۱۷۰۴	۰/۰۰۲۶۶	۰/۰۲۰۴۸	-۰/۰۰۵۴۳	-۰/۰۰۵۸۶
استفاده در گذشته	۰/۰۱۱۲۵	۰/۱۳۹۱۶	-۰/۰۰۰۵۴	-۰/۰۳۳۸۶	-۰/۰۳۲۱۱	۰/۲۸۶۰۵	-۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۱۸۳۲	-۰/۰۰۲۹۸	-۰/۰۰۱۹۹	-۰/۰۲۲۷۷	۰/۰۱۴۲۲	۰/۰۰۸۵۴	-۰/۰۰۱۱۳
ارتفاع اولیه نهال	۰/۰۳۰۷۵	-۰/۱۸۹۱۶	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۷۶۱۸	۰/۰۸۲۴۳	-۰/۱۶۰۰۴	-۰/۰۴۴۹۸	-۰/۰۴۱۰۱	۰/۰۰۲۰۱	-۰/۰۰۶۴۱	۰/۰۰۵۹۴	-۰/۰۵۴۴۸	۰/۰۱۶۲۹	۰/۰۰۸۵۱
زنده‌مانی	۰/۰۰۲۷۹	۰/۱۹۹۴۰	-۰/۰۰۱۳۸	-۰/۰۹۷۳۴	-۰/۱۱۱۴۵	۰/۱۴۵۳۲	-۰/۰۴۴۶۲	۰/۰۸۹۱۷	-۰/۰۰۰۷۴۱	۰/۰۰۱۱۶	۰/۰۰۲۴۴	۰/۰۱۱۱۱	-۰/۰۷۹۸۳	۰/۰۰۱۹۷
کوددهی	-۰/۰۶۰۸۷	۰/۲۳۱۳۲	-۰/۰۰۰۹۴	-۰/۰۹۴۱۶	-۰/۰۵۳۴۱	۰/۲۶۶۷۳	۰/۰۵۹۳۸	۰/۰۲۲۶۹	-۰/۰۰۱۸۱	۰/۰۰۴۴۱	-۰/۰۰۱۱۴	۰/۰۲۰۴۸	۰/۰۰۶۹۵	-۰/۰۲۲۶۳

جدول ۷- اثر مستقیم و غیرمستقیم رویش سالانه از طریق هفت صفت دیگر و اثر کل متغیرهای مستقل بر رویش سالانه

صفت	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق							کل اثر غیرمستقیم به همراه دیگر صفات
		حجم در هکتار	قطر	تعداد در هکتار	سن	حجم تک‌درخت	تراکم اولیه	دسترسی به آب	
حجم در هکتار	۰/۹۱۹۷۷	-	۰/۴۹۰۳۶	۰/۰۳۹۵۲	-۰/۱۹۳۹۶	-۰/۲۲۰۰۷	-۰/۰۰۶۸۰	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۲۴۲۳
قطر	۰/۶۰۲۴۱	۰/۷۴۸۶۹	-	-۰/۱۶۸۸۷	-۰/۱۶۱۲۲	-۰/۲۴۹۱۶	-۰/۰۰۶۶۳	۰/۰۰۲۴۰	۱/۳۸۷۴۱
تعداد در هکتار	۰/۳۰۸۷۲	-۰/۱۱۷۷۳	-۰/۳۲۹۵۲	-	۰/۰۷۶۲۹	۰/۱۱۲۱۵	۰/۰۰۰۵۳	-۰/۰۰۲۶۴	۰/۲۴۷۷۲
سن	-۰/۳۵۹۸۶	۰/۴۹۵۷۵	۰/۲۶۹۸۸	-۰/۰۶۵۴۵	-	-۰/۱۱۰۸۳	-۰/۰۰۲۸۶	۰/۰۰۲۰۳	-۰/۰۸۷۸۶
حجم تک‌درخت	-۰/۲۶۴۵۰	۰/۷۶۵۲۵	۰/۵۶۷۴۷	-۰/۱۳۰۹۰	-۰/۱۵۰۷۸	-	-۰/۰۰۶۴۱	۰/۰۰۱۴۵	۰/۵۲۶۵
تراکم اولیه	-۰/۱۷۴۵۰	-۰/۱۳۸۸۸	-۰/۳۱۲۰۵	۰/۲۹۵۱۳	۰/۰۷۸۴۵	۰/۱۱۰۳۰	-	-۰/۰۰۰۱۲	-۰/۰۹۳۵
دسترسی به آب	-۰/۰۰۹۲۱	۰/۶۷۷۸۹	۰/۴۳۳۱۳	-۰/۰۱۷۹۱	-۰/۱۱۱۵۶	-۰/۱۸۴۰۹	-۰/۰۰۲۲۷	-	۰/۷۳۷۷۹

در توده‌های صنوبرکاری استان مازندران اغلب معیارهای فنی یادشده رعایت نشده است. همان‌طور که در نتایج آمده است در هیچ‌کدام از توده‌ها از کلن‌های صنوبر شناسنامه‌دار استفاده نشده است. ابعاد نهال‌های استفاده‌شده فقط در ۳۰ درصد توده‌ها در محدودهٔ استاندارد قرار داشت. ۷۰ درصد نهال‌ها بلندتر از حد استاندارد بودند. بیش از ۷۴ درصد توده‌ها فاصلهٔ کاشت کمتر از ۳×۴ متر داشتند. به دلیل تراکم زیاد درختان در فاصلهٔ کاشت کم، رقابت شدید بین پایه‌ها به‌صورت طبیعی به کاهش شدید زنده‌مانی نهال‌ها منجر شد. به‌طوری که درصد زنده‌مانی نهال‌ها در برخی از توده‌ها کمتر از ۲۰ درصد بود. با عنایت به صرف هزینهٔ زیاد برای احداث چاله کاشت، خرید نهال و عملیات کاشت برای تعداد زیادی از نهال‌ها (متوسط ۳۰۳۷ نهال و بیشینهٔ ۴۰۰۰۰ نهال در هر هکتار) و میانگین درصد زنده‌مانی ۵۴ درصد که در توده‌ها مشاهده شد، می‌توان ادعا کرد که افزون‌بر هزینهٔ بی‌نتیجه در کاشت نهال‌های فراوان در تراکم زیاد، اثرهای منفی بیشتری بر رویش نهایی ایجاد می‌شود. این اثرها در تجزیهٔ علیت مشاهده شد، به‌نحوی که تراکم اولیه براساس جدول ۵ بیشترین اثر مستقیم منفی را در بین صفات مدیریتی بر رویش داشته است. بنابراین یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین مؤلفه‌ها در افزایش رویش سالانهٔ چوب در هکتار، تراکم اولیه یا فاصلهٔ کاشت است. اثر زیاد فاصلهٔ کاشت در تولید در تحقیقات مختلفی به اثبات رسیده است. در این زمینه Heidari Safari Kochi et al. (2016)، فاصلهٔ کاشت ۲×۲ متر، Riahifar et al. (2009) فاصلهٔ کاشت ۳×۳ متر، Mohammadi Limaei et al. (2013) فاصلهٔ کاشت ۴×۴ متر و Keca et al. (2012) فاصلهٔ کاشت ۶×۳ متر را بهترین فاصلهٔ کاشت در تحقیقات خود معرفی کردند. دلیل اختلاف در معرفی فاصلهٔ کاشت مناسب در تحقیقات مختلف، نبود انواع فاصلهٔ کاشت در یک محیط است. آنچه در تحقیقات گذشته معرفی شده، اغلب براساس مدل‌سازی ارائه شده است. اما نتایج این تحقیق مبتنی بر کسب اطلاعات از توده‌ها و فاصلهٔ کاشت‌های مختلف است. در این تحقیق از نظر مقادیر رویش حجمی، ۱۰ درصد توده‌ها کمتر از ۴ متر مکعب رویش داشتند، ۳۳ درصد توده‌ها رویشی کمتر از ۱۰ متر مکعب داشتند و تنها ۱۰ درصد توده‌ها در وضعیت به‌نسبت مطلوب بیش از ۲۵ متر مکعب رویش داشتند. متوسط رویش توده‌های مختلف نیز ۱۴/۳ متر مکعب در سال و در هکتار بود

که از مقادیر ارائه‌شده توسط Kohan, (1999) (۳۰ متر مکعب)، Zakhariev et al. (1975) (۳۲/۸ متر مکعب)، Ghoraani (1988) (۳۰ متر مکعب)، Hemati & Modirrahmati, (1999) (۲۷ متر مکعب)، Ghasemi & Modirrahmati (2003) (۳۰ متر مکعب) و Asadi et al. (2015) (۳۸ متر مکعب) بسیار کمتر است. این در حالی است که به‌جز نتیجهٔ گزارش اخیر Asadi et al. (2015) در صنوبرکاری‌های مردمی استان کرمانشاه، بقیهٔ گزارش‌ها در عرصه‌های تحقیقاتی حاصل شده است. البته بیشتر بودن رویش در صنوبرکاری‌های سنتی کرمانشاه نسبت به مازندران به‌دلیل آبیاری بیشتر درختان در کرمانشاه است. بنابراین نتایج مزبور ضرورت اصلاح شیوه‌های مدیریتی صنوبرکاری‌ها در مازندران را گوشزد می‌کند.

براساس نتایج این تحقیق، به‌دلیل رعایت نشدن بدیهی‌ترین اصول فنی زراعت چوب در صنوبرکاری‌های مردمی مازندران، مانند تأمین نشدن نیازهای آبی و رعایت نکردن فاصلهٔ کاشت مناسب، کاهش چشمگیری در مقادیر رویش سالانه چوب در هکتار مشاهده شد. رعایت حداقل فاصلهٔ کاشت ۳×۴ متر برای دستیابی به درختان دارای ابعاد مناسب در سن بهره‌برداری ۱۰ سال لازم است. همچنین تأمین حداقل نیاز آبی صنوبرها در فصل رشد با سه تا چهار مرحله آبیاری در ماه‌های خشک در سه تا چهار سال اول ضرورت دارد. افزون‌بر موارد یادشده، رعایت اصول فنی زراعت چوب مانند انتخاب زمین برای صنوبرکاری (دسترسی به مراکز مصرف، به خاک مناسب، به آب مناسب و ...)، انتخاب کلن مناسب (سازگار و شناسنامه‌دار)، تولید نهال استاندارد (توسط قلمه، بذر، ریشه‌جوش)، عملیات کاشت مناسب (تراکم، کشت تلفیقی، بادشکن، کوتاه‌مدت یا علوفه‌ای)، عملیات داشت مناسب (آبیاری، کوددهی، وجین و هرس)، بهره‌برداری (سن مناسب بهره‌برداری، قطر هدف، برآورد حجم، بازاریابی) می‌تواند تولید و درآمد صنوبرکاری را بسیار افزایش دهد. با رعایت اصول فنی زراعت چوب که بخشی از آنها در بالا آمده است، بی‌تردید امکان افزایش رویش و در نتیجه افزایش درآمد وجود دارد. افزون‌بر آن با استمرار رعایت اصول فنی، امکان تغذیهٔ بیشتر صنایع چوبی (افزایش تولید و اشتغال) و کاهش فشار بر جنگل‌های طبیعی وجود خواهد داشت. با افزایش تولیدات چوبی و عرضهٔ فراوان‌تر چوب در بازار از خروج مبالغ زیادی ارز برای واردات چوب نیز ممانعت خواهد شد و پدیدهٔ قاچاق چوب نیز به حداقل خواهد رسید.

سپاسگزاری

این تحقیق نتیجهٔ اجرای طرح پژوهشی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، مصوب مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است. از مساعدت مسئولان و صنوبرکارانی که در تهیهٔ این اطلاعات کمک کردند، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنیم.

References

Ahuja, G. (2012). Poplar - A Multifarious Tree Species For Wood Industries, Rural Livelihoods and Nature Conservation. *Abstracts of Submitted Papers to 24th session of international Poplar commission.* Dehradun, India,. P 62.

Alimohammadi, A., Asadi, F., and Aghdaei, R.T. (2012). Genetic diversity in *Populus nigra* plantations from west of Iran. *Annals of Forest Research. 56*(1): 165-178.

Asadi, F., Calagari, M., Ghasemi, R., & Bagheri, R. (2012). Final result of intercropping of Poplar and alfalfa in Karaj. *Iranian Journal of Forest, 4*(1): 33-44.

Asadi, F., Nouri, F., & Yousefi, B. (2015). Growth variations in Poplar (*Populus nigra* L.) plantations in riverbanks of Kermanshah Province. *Iranian Journal of Foreats and Poplar Research, 23*(2): 209-221.

Assareh, M. H., & Seyed Akhlaghi, S. J. (2009). *Strategic framework for Developing and Promoting Natural Resources Research in Iran, Princilles, Strategies, Approaches*. Tehran: Research Istitute of Forests and rangelands.

Christersson, L. (2008). Poplar plantations for paper and energy in the south of Sweden. *Biomass and Bioenergy, 32*(11), 997-1000.

Ghasemi, R., & Modirrahmati. (2003). Adaptability examination and investigation of production amount of different poplar clones (Crown Closed Clones) in Karaj districht. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 11*(3), 359-390.

Ghoraani, M. (1988). Investigation of adaptability and production amount of different poplar clones in Shafarood forest area. Forests and Rangelands Organization, *Forest and Rangeland*, 5(1), 18-25.

Heidari Safari Koochi, 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.

Hemati, A. & Modir-Rahmati, A.R., (1999). Investigation of the most appropriate spacing for poplar clones in Gilan Province. *Iranian Journal of Forests and Poplar Research. 9*(1), 53-78.

Keca, L., Keca, N., & Pantic, D. (2012), Net present value and internal rate of return as indicators for assessment of cost-efficiency of poplar plantations: a Serbian case study. *International Forestry Review, 14*(2), 145–156.

Kohan, S., (1999). Growth and production of poplar I-214 intensively bred in special cultures on non-flooded alluvia of the Danub. *ZpravyLesnickeho- Vyzkumu, 44*(1), 27-30.

Lotfian, H. (1985). Report of previous Poplar research projects. *Proceedings of the seminar on the importance of poplar*. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 49-118.

Mirzaie-Nodoushan, H., Rezaie, M. B., & Jaimand, K. (2001). Path analysis of the essential oil-related characters in Mentha spp. *Flavour and Fragrance Journal. 16*(4), 340-343.

Mohammadi Limaei, S., Bahramabadi, Z., Rostami Shahraje, T., Adibnejad, M., and Mousavi Koupar, S. A. 2013. Determination of economically optimal rotation age of (*Populus deltoids*) in Guilan Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 11*(3), 63-75.

Riahifar, N., Fallah, A., Mohammadi Samani, K., & Gorji Mahlebani, Y. (2009). Comparing the growth of *Paulownia fortunei* and *Populus deltoides* plantations under different spacing in northern Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 21*(1), 444-454.

Sharma, P., Jha, R., & Gandhi, J. (2019). Poplar Agroforestry Practice: A Responsible Buisiness of Wimco seedlings in North Indian States. *Book of Abstracts of 4th world Congress on Agroforestry*, P 244.

Zakhariev, B., Iliev, S. & Miter, T., (1975). Growth and productivity of some hybrid black poplar clones in Bulgaria on sites close to rivers and dry site away from rivers. *Gorskostopanska Nauka, 12*(2), 16-22.

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 3, Autumn 2019
pp. 401-414

Research Article

Evaluation of technical defects of poplar farmings in Mazandaran province

F. Asadi[1*], K. Espahbodi[2], S. E. Sadati[3]

[1] Associate Professor, Natural Resources Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.
[2] Associate Professor, Natural Resources Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.
[3] Assistant Professor, Natural Resources Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.

(Received: 24 June 2019, Accepted: 1 September 2019)

Abstract

The inadequate production of existing poplar cultivations can be due to unfavorable planting, maintenance, and harvesting operations. In order to clarify the defects in operations, the diameter, height, wood volume and yearly wood volume growth per hectare in thirty stands of poplar trees were measured. Additionally, primary planting spacing, tree number per hectare, etc. were determined by a field survey. The causal and noncausal relationships between the independent variables and the volume growthand . the direct and indirect effects of each component on growth were determined. were . Results showed that the area of the stands varied from 0.3 to 4 hectares. The planting spacing was less than 2×2 m for over 60 percent of the stands,. In most of the stands the percentage of survival was less than 50%. Only 10% of the stands had 25 m^3 wood volume per year and per hectare. . Principle component analysis showed that decreasing the planting distance were the most important parameters reducing the annual growth. Irrigation intensity represented the highest positive correlation with annual growth. Also, initial density displayed the highest negative correlation with diameter and height. Similar results were obtained through path analysis. . According to the results, the main defects of poplar farming are low spacing and more irrigation intervals, respectively.

Key Words: Path analysis, Poplar, Wood farming, Wood production, Spacing.

∗Corresponding author Tel: +98 11 44662465 Email: farhadasadi14@yahoo.com