

نتایج ده‌ساله اثر فاصله کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی پایه‌های ون (*Fraxinus excelsior L.*) در جنگلکاری

کامبیز اسپهبدی^{۱*}، سیفالله خورنکه^۲ و مجتبی محمودی^۱

^۱استادیار پژوهش و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۰، تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۰)

چکیده

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت گونه ون در جنگلکاری، اثر سه تیمار فاصله کاشت $۱/۵ \times ۱/۵$ ، ۲×۲ و $۲/۵ \times ۲/۵$ متر بر صفات کمی و کیفی پایه‌های ون بررسی شد. این تحقیق در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در عرصه‌ای در جنگل‌های شرکت چوب و کاغذ مازندران واقع در ۱۳ کیلومتری جنوب شهر ساری، با شیبی حدود ۵ درصد، در جهت شمال غربی و ارتفاع ۲۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. بعد از یک دوره ده ساله، صفات زنده‌مانی، قطر یقه، قطر برابرسینه، ارتفاع و کیفیت پایه‌ها بررسی شد. نتایج ده‌ساله نشان داد که اثر فاصله کاشت بر زنده‌مانی ون در سطح ۹۵ درصد، بر قطر یقه و قطر برابرسینه در سطح ۹۹ درصد و بر حجم در هکتار توده در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شد. اختلاف بین فاصله‌های کاشت از نظر ارتفاع پایه‌های ون معنی‌دار نبود. کمترین میانگین زنده‌مانی پایه‌های ون در سن ده سالگی به فاصله کاشت $۱/۵ \times ۱/۵$ متر مربوط بود و تفاوت بین دو فاصله دیگر معنی‌دار نبود. میانگین قطر برابرسینه ون در فاصله‌های کاشت $۱/۵ \times ۱/۵$ ، ۲×۲ و $۲/۵ \times ۲/۵$ متر به ترتیب ۲/۷۵، ۳/۵۶ و ۳/۸۱ سانتی‌متر به دست آمد. میانگین حجم در هکتار با افزایش فاصله کاشت افزایش یافت. اثر فاصله کاشت بر ضریب قدکشیدگی و ارتفاع شروع دوشاخه‌شدن و فراوانی پایه‌های دوشاخه معنی‌دار شد ($p < 0.01$). اثر فاصله‌های کاشت بر شادابی و کیفیت تنه پایه‌های ون معنی‌دار نشد. بیشترین مقدار ضریب قدکشیدگی، کمترین درصد دوشاخه شدن و بیشترین ارتفاع شروع دوشاخه شدن به فاصله کاشت $۱/۵ \times ۱/۵$ متر مربوط بود.

واژه‌های کلیدی: ون، فاصله کاشت، جنگلکاری، قطر، ارتفاع، کیفیت، حجم.

مقدمه و هدف

افزایش فزاینده جمعیت، نیاز به چوب را در ایران و بسیاری از کشورهای جهان افزایش داده است. مساحت اندک جنگل‌های طبیعی در بسیاری از کشورهای جهان مانند ایران و تولید اندک آنها در مقایسه با نیاز رو به رشد مردم به کاغذ، نئوپان، فیبر و ام‌دی‌اف سبب شد که برنامه‌های گسترده‌ای برای تولید چوب از طریق جنگلکاری‌ها تدوین و اجرا شود. پیش‌بینی می‌شود که جنگلکاری‌ها تا سال ۲۰۴۰ حدود ۴۶ درصد از تقاضای چوب جهان را تأمین کنند (Booth & Jovanovic, 2002). در ایران بسیاری از گونه‌های سوزنی‌برگ و تعدادی از گونه‌های پهن‌برگ بومی به‌عنوان گونه‌های تندرشد برای جنگلکاری مورد توجه قرار گرفته است. اما اثر نامناسب برخی از سوزنی‌برگان مانند زربین بر برخی از خصوصیات خاک (محمدنژاد و همکاران، ۱۳۸۷) گزارش شده است. به‌علاوه در بسیاری از پژوهش‌های خارجی نیز تأثیرات نامطلوب سوزنی‌برگان بر خاک گزارش شده است (Ammer *et al.*, 2006). از این‌رو جنگلکاری با گونه‌های بومی بیشتر از گذشته مورد توجه سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور قرار گرفته است. ون (*Fraxinus excelsior* L.) درختی از خانواده Oleaceae است که از آستارا در غرب تا دره گلیداغی در شرق کرانه‌های جنوبی دریای خزر انتشار دارد (ثابتی، ۱۳۷۳). ون کمتر تشکیل گروه می‌دهد و بیشتر به‌صورت انفرادی زیست می‌کند و در جامعه‌های راش، راش-افرا، افرا-نمدار و بلوط حضور دارد. با آنکه کمتر از ۰/۵ درصد فراوانی و ۰/۳ درصد از حجم سرپای گونه‌های درختی جنگل‌های شمال را به خود اختصاص داده است (رسانه و همکاران، ۱۳۸۰)، به‌دلیل استقرار خوب در عرصه‌های جنگلی، مقاومت نسبی در مقابل آفات و امراض (اسپهدی و همکاران، ۱۳۸۷) و همچنین کیفیت بسیار خوب چوب، به‌صورت گسترده در برنامه جنگلکاری در جنگل‌های شمال مورد استفاده قرار می‌گیرد. تنظیم فاصله کاشت در جنگلکاری به‌دلایل مختلف مانند اثر آن بر کیفیت چوب، استقرار توده و هزینه تولید در هکتار (Savill & Evans, 1997; Ozcelik & Eler, 2009; Uner *et al.*, 2009)، مقدار مرگ و میر نهال‌ها، مراقبت‌های پرورشی و تنک کردن مورد توجه قرار گرفته است

(Ezell *et al.*, 2001). در یک بررسی گزارش شد که با افزایش فاصله کاشت از حالت معمول ۲×۲ متر به ۳×۲ متر، نه تنها هزینه‌های جنگلکاری ۴۰ درصد کاهش می‌یابد، بلکه دست کم یک مرحله تنک کردن غیراقتصادی در سن کم ضرورت نمی‌یابد (Cook David, 1963). در بیشتر مناطق اروپا، به‌طور معمول پهن‌برگان را در فاصله‌های ۲×۲ یا ۳×۳ متر می‌کارند (Kerr, 2003)، با این حال بر اساس اصول جنگل‌شناسی برای تولید تنه درجه یک، تأکید شد که تراکم نهال گونه‌های پهن‌برگ دست کم ۲۵۰۰ اصله در هکتار باشد (Evans, 1984). اما برای ارتقای کیفیت تنه گونه‌های ون، بلوط و توس، فاصله ۲×۲ متر پیشنهاد می‌شود (Kerr & Evans, 1993; Evans, 1997). Kerr (2003) فواصل کاشت مختلف از ۰/۷۷ تا ۴/۸۶ متر را برای گونه ون در دو منطقه در انگلستان بررسی کرد. به گزارش او با اینکه تا پنج سالگی رقابت اصلی بین پایه‌ها شروع نشد، در هر دو منطقه، ارتفاع، قطر ساقه و حجم تنه با افزایش فاصله کاشت کاهش یافت. در پژوهشی مشابه در ترکیه (Cicek, 2004) پیشنهاد شد که برای تولید تنه بلند و با کیفیت، بهتر است فاصله کاشت را کمتر در نظر گرفت. چنانچه گونه‌های ون در فاصله ۲×۳ متر یا بیشتر کاشته شود، درختانی با تنه ضعیف تولید خواهد شد. Yaming (2009) در بررسی اثر فاصله کاشت بر خصوصیات چوب گونه *Fraxinus mandshurica* در ۱۰ سالگی، گزارش کرد که در بررسی فاصله‌های کاشت ۱×۱، ۱/۵×۱/۵، ۲×۲ و ۳×۳ متر، با کاهش فاصله کاشت، ارتفاع نهال افزایش یافت، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. (Cicek *et al.*, 2010) در بررسی اثر فاصله کاشت و تیمارهای خاک‌ورزی بر رشد و زنده‌مانی نهال گونه *Fraxinus angustifolia* در ترکیه، فاصله‌های کاشت ۲/۵ × ۱/۲، ۱/۶×۲/۵، ۳×۲ و ۳×۳ متر و شخم زدن عرصه کاشت را بررسی کردند. براساس نتایج اثر فاصله کاشت تا سه سالگی بر زنده‌مانی و خصوصیات کمی گونه مورد نظر معنی‌دار نبود. اما رشد نهال در عرصه‌های شخم‌خورده بیشتر از عرصه‌های شخم‌نخورده بود. در ایران اولین تحقیق در زمینه فاصله کاشت در جنگل‌های فریم در سال ۱۳۵۱ انجام گرفت (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳). در آن تحقیق فیشویک از کارشناسان FAO برای

(۱۳۹۰) در بررسی اثر فاصله‌های ۲×۲ ، ۳×۲ ، ۳×۳ ، ۴×۳ ، ۴×۴ ، ۵×۴ ، ۵×۵ ، ۶×۵ و ۶×۶ متر بر خصوصیات کمی و کیفی گردو گزارش کرد که تا ده‌سالگی در جنگلکاری گردو با هدف زراعت چوب، فواصل کمتر از ۴×۳ متر مناسب نیست، زیرا از زنده‌مانی نهال‌ها کاسته می‌شود.

در مورد ون، اخلاصی (۱۳۸۰ب) در طرح پژوهشی در منطقه بشل شیرگاه، فواصل کاشت ۱×۱ ، ۲×۲ ، ۲×۳ و ۳×۳ متر را بررسی کرد. او در گزارش مقدماتی گفته است تا ۱۵ سالگی اثر فواصل کاشت بر صفات قطر برابرسینه و ارتفاع ون معنی‌دار نشد. با این حال در مورد گونه ون در پژوهش‌های قبلی، اثر فاصله‌های کاشت $۱/۵ \times ۱/۵$ و $۲/۵ \times ۲/۵$ متر بررسی نشد. به علاوه شرایط متفاوت اکولوژیک مناطق تحقیق نیز ممکن است در تأثیر فاصله کاشت بر صفات کمی و کیفی مؤثر باشد. به همین دلیل در تحقیق حاضر، علاوه بر فاصله کاشت معمول سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (۲×۲ متر)، فاصله‌های دیگری مانند $۱/۵ \times ۱/۵$ و $۲/۵ \times ۲/۵$ متر نیز بررسی شد. بنابراین از اهداف مهم این تحقیق، معرفی مناسب‌ترین فاصله کاشت در جنگلکاری ون برای افزایش کمی و کیفی تولید چوب آن در جنگل‌های پایین‌بند چوب و کاغذ مازندران است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در عرصه‌ای در ۱۳ کیلومتری جنوب شهر ساری، با شیب حدود ۵ درصد، جهت شمال غربی و ارتفاع ۲۵۰ متر از سطح دریا که تحت مدیریت شرکت چوب و کاغذ مازندران است اجرا شد. عرصه تحقیق در مختصات $۱۰^{\circ} ۰۶' ۵۳''$ طول شرقی و $۳۸^{\circ} ۲۷' ۳۶''$ عرض شمالی واقع شده است.

بر اساس اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ریگ چشمه ساری- ارتفاع ۳۰۰ متر از سطح دریا) در عرصه تحقیق، متوسط حداکثر دما $۲۷/۴$ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دما ۲ درجه سانتی‌گراد است. نزولات آسمانی در تمام ماه‌های سال مشهود بوده و از نظر زمانی و مکانی متفاوت است، به طوری که آذر با ۱۰۷ میلی‌متر باران و خرداد با ۴۴ میلی‌متر باران به ترتیب بیشترین و کمترین بارندگی را دارند. در مجموع منطقه طرح با بیش از ۸۴۸ میلی‌متر بارندگی سالانه، دارای آب و هوای معتدل و مرطوب است.

گونه بلندمازو دو فاصله کاشت ۱×۱ و ۱×۲ متر را در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سنگده ساری پیاده کرد، اما تحقیق، به دلیل صدمات فیزیکی ناشی از وجود دام و نیز دخالت انسان به سرانجام نرسید. بنان (۱۳۶۳) فاصله مناسب کاشت برای سوزنی‌برگان را ۲×۲ ، $۲ \times ۲/۵$ یا ۲×۳ متر پیشنهاد داد. درستکار (۱۳۶۳) فاصله کاشت برای جنگلکاری در جنگل‌های کوهستانی را ۲×۲ و ۲×۳ متر و برای جنگل‌های جلگه‌ای ۳×۴ متر پیشنهاد کرد. جزیره‌ای (۱۳۶۴) برای پهن‌برگان نهال کوتاه فاصله $۱/۵ \times ۱/۲۵$ متر، برای نهال‌های میانه، فاصله $۲ \times ۲/۵$ متر و برای نونهال‌های راش فاصله $۰/۸ \times ۰/۸$ متر را مناسب دانست.

سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور به‌طور معمول برای جنگلکاری با گونه‌های پهن‌برگ در شمال ایران مانند توسکا، افرا و ون، فاصله کاشت را ۲×۲ متر در نظر می‌گیرد. با این حال تحقیق و بررسی برای تعیین فاصله کاشت مناسب برای جنگلکاری با گونه‌های مختلف در حال اجراست. در بررسی اثر فاصله کاشت بر چوب گونه صنوبر دورگه ارو-آمریکن گزارش شد که در پانزده سالگی، مرگومیر درختان با افزایش فاصله کاشت از ۳×۳ متر به ۵×۵ متر، کاهش یافت (ضیایی و گرجی بحری، ۱۳۷۵). امانی و همکاران (۱۳۷۵) در بررسی جنگل‌شناسی توده دست کاشت ۱۰ ساله افراپلت در امامزاده عبدالله آمل بیان کردند که در ده سالگی، ۳۶ درصد پایه‌های افراپلت از بین رفتند و اکنون گونه‌ها به‌طور متوسط در فاصله ۲×۳ متر از هم قرار دارند. در گزارش‌های مقدماتی طرح تحقیقاتی بررسی اثر فاصله کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی گونه توسکای بیلاقی در سنگ‌بن لاجیم، از بین فواصل ۱×۱ ، ۲×۲ ، ۲×۳ و ۳×۳ متر، بهترین فاصله از نظر مقدار تولید چوب و کیفیت آن، فاصله ۳×۲ تعیین شد (اخلاصی، ۱۳۸۰الف). قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۳) در یک طرح پژوهشی، اثر فاصله‌های کاشت ۱×۱ ، ۱×۲ ، ۲×۲ ، ۲×۳ و ۳×۳ متر را برای جنگلکاری با گونه‌های توسکا و افرا در جنگل‌های پایین‌بند تنکابن بررسی و گزارش کردند که برای هر دو گونه یادشده، فواصل کاشت ۲×۳ و ۳×۳ متر مناسب است و کاشت در فاصله‌های بیشتر، سبب کاهش کیفیت و در فاصله‌های کمتر، موجب کاهش زنده‌مانی می‌شود. رضایی

طول تنه از محل یقه تا شروع دوشاخه شدن اندازه‌گیری شد. قطر یقه، قطر برابرسینه و ارتفاع نهال‌ها طی ۱۰ سال اندازه‌گیری شد. کیفیت تنه به‌صورت رتبه از ۱ تا ۴ به‌ترتیب به ضعیف‌ترین و بهترین کیفیت داده شد. ضریب قدکشیدگی از نسبت ارتفاع به قطر برابرسینه به‌دست آمد. حجم تک‌پایه از حاصل ضرب سطح مقطع در ارتفاع پایه (به سیلو) در ضریب کاهش ۰٫۵ تعیین شد. برای فاصله کاشت ۱/۵ متر، حجم تک‌پایه در ۴۴۴۴ درخت در هکتار، برای فاصله ۲ در ۲ متر در ۲۵۰۰ درخت در هکتار و برای فاصله ۲/۵ متر در ۱۶۰۰ درخت در هکتار ضرب شد تا حجم در هکتار به‌دست آید. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به فراوانی پایه‌های دوشاخه در فواصل مختلف کاشت از طریق آزمون مربع کای و تجزیه و تحلیل شادابی و کیفیت تنه پایه‌های ون در فواصل مختلف کاشت از طریق آزمون کروسکال والیس انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌های کمی از آزمون فیشر استفاده شد. داده‌ها در محیط spss تجزیه و تحلیل شد.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری‌شده در سال دهم اجرای طرح، اثر فاصله کاشت بر زنده‌مانی ون را در سطح ۵ درصد و اثر فاصله کاشت بر قطر یقه و قطر برابرسینه را در سطح ۱ درصد معنی‌دار نشان داد. اثر فاصله کاشت بر حجم در هکتار توده نیز معنی‌دار شد ($p < 0.01$)، اما اثر فاصله کاشت بر ارتفاع پایه‌های ون معنی‌دار نشد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس و میانگین مربعات اثر فاصله کاشت بر صفات کمی ون

منابع تغییر صفات	بلوک	فاصله کاشت	خطا
درجه آزادی	۲	۲	۴
زنده‌مانی	۶۹،۵۸	۱۳۴۰،۲۲*	۳۹،۲۷
قطر یقه	۲۲۱،۳۱	۱۷۳،۷۱**	۴،۴۱
قطر برابر سینه	۶،۴۸	۲،۳۲**	۰،۴۸
ارتفاع	۶۴،۳۲	۳،۸۹ ^{ns}	۱،۰۳
حجم در هکتار	۷۶۱۸،۷۵	۱۰۹۲،۷۸**	۲۳۰،۸۱

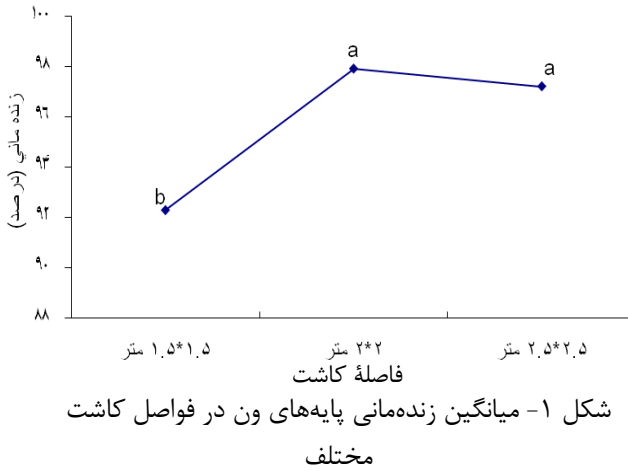
* و **: تفاوت معنی‌دار بین تیمارها به‌ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

منطقه تحقیق از نظر زمین‌شناسی متعلق به نهشته‌های دوران سوم زمین‌شناسی (پالئوژن و نئوژن) است. غالب رسوبات منطقه، مربوط به میوسن، به‌صورت آهک، مارن و ماسه‌سنگ است که به‌طور دگرشیب تشکیلات کرتاسه را پوشانده‌اند. خاک عرصه تحقیق در رده‌بندی آمریکایی در زیرگروه بزرگ Typic Eutrudepts قرار می‌گیرد. بافت خاک سنگین، اسیدیته ۶٫۸۳ و مقدار فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ۳/۲ و ۲۰۷ میلی‌گرم است. درصد ماسه، سیلت و رس به‌ترتیب ۲۲، ۲۷ و ۴۰ درصد و نسبت C/N حدود ۱۰ است. پوشش گیاهی منطقه شامل گونه‌های درختی افرا، توسکا، ممرز، انجیلی و درختچه‌های ازگیل، آلوی جنگلی، ولیک و تمشک و پوشش علفی آن شامل انواع گرامینه، قیاق، گزنه، اقطی و در برخی مناطق، جگن است. عملیات حذف گیاهان مزاحم مانند تمشک در پنج سال اول، سالی یک تا دو بار انجام پذیرفته است.

تیمارهای تحقیق شامل فاصله کاشت در سه سطح ۱٫۵×۱٫۵، ۲×۲ و ۲٫۵×۲٫۵ متر است. به‌دلیل شیب ملایم عرصه در جهت شمال غربی، تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نهال‌های یکساله ون به‌صورت ریشه‌لخت در زمستان سال ۱۳۷۶ از نهالستان تلوکلا در مجاورت عرصه تحقیق تهیه و در گودهایی به ابعاد ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متر در عرصه تحقیق غرس شد. تعداد نهال در هر کرت (تیمار) ۸۰ اصله، فاصله بین کرت‌ها ۳ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۴ متر منظور شد.

در سال دهم اجرای تحقیق، زنده‌مانی نهال‌ها با بررسی وضعیت همه پایه‌های غرس‌شده و شمارش تعداد پایه‌های زنده ثبت شد. پایه‌هایی زنده تلقی شدند که برگ‌های سبز در شاخه آنها دیده شده باشد. در ارزیابی صفات کمی و کیفی پایه‌ها، یک ردیف کناری کرت‌ها به‌دلیل تأثیر حاشیه‌ای حذف و ۴۸ پایه باقی‌مانده بررسی شد. کیفیت پایه‌ها بر اساس شادابی آنها با درج کدهای ترتیبی از ۱ تا ۴ ثبت شد. برای پایه‌های تقریباً خشک ولی سرپا کد ۱، برای پایه‌هایی که بیش از دوسوم تاج آنها خشک یا رنگ‌پریده بود کد ۲، برای پایه‌هایی که کمتر از یک‌دوم تاج آن خشک شده بود کد ۳ و برای پایه‌هایی با شاخه و برگ مناسب و شاداب کد ۴ منظور شد. تعداد پایه‌های دوشاخه ثبت و

(جدول ۲). میانگین حجم در هکتار ون در دهسالگی با افزایش فاصله کاشت کاهش یافت (جدول ۲).



شکل ۱- میانگین زنده‌مانی پایه‌های ون در فواصل کاشت مختلف

میانگین زنده‌مانی پایه‌های ون در دهسالگی در تیمارهای ۱،۵×۱،۵، ۲×۲ و ۲،۵×۲،۵ متر به ترتیب ۹۲،۳۱، ۹۷،۹۲ و ۹۷،۲۲ درصد بود و آزمون مقایسه میانگین‌ها (دانکن ۵ درصد) فاصله‌های ۲×۲ و ۲،۵×۲،۵ متر را از نظر زنده‌مانی در گروه برتر قرار داد (شکل ۱). میانگین قطر یقه ون در دهسالگی در فاصله‌های کاشت یادشده به ترتیب ۴،۴۶، ۴،۶۰ و ۴،۶۸ سانتی‌متر و میانگین قطر برابرسینه به ترتیب ۲،۷۵، ۳،۵۶ و ۳،۸۱ سانتی‌متر بود. بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها کمترین قطر برابرسینه متعلق به فاصله کاشت ۱،۵×۱،۵ بود. ارتفاع پایه‌های ون در سن یادشده در فاصله‌های مذکور به ترتیب ۴،۴۸، ۴،۶۳ و ۴،۷۸ متر شد

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات کمی ون در فاصله‌های مختلف کاشت (دانکن ۵ درصد).

فاصله کاشت	۱،۵×۱،۵ متر	۲×۲ متر	۲،۵×۲،۵ متر	صفات
درجه آزادی	۲	۲	۴	
قطر یقه (سانتی‌متر)	۴،۴۶ (۰،۲)b	۴،۶۰ (۰،۲)a	۴،۶۸ (۰،۳)a	
قطر برابرسینه (سانتی‌متر)	۲،۷۵ (۰،۲)b	۳،۵۶ (۰،۱)a	۳،۸۱ (۰،۲)a	
ارتفاع (متر)	۴،۴۸ (۰،۲)a	۴،۶۳ (۰،۱)a	۴،۷۸ (۰،۱۶)a	
حجم در هکتار (سیلو)	۲۰،۷۶ (۲،۵۵)a	۱۴،۳۹ (۱،۰۱)b	۱۳،۱۸ (۱،۴۴)b	

حروف نامشابه اختلاف معنی‌دار بین فواصل کاشت را بر اساس آزمون دانکن ۵ درصد نشان می‌دهد. حروف داخل پرانتز انحراف معیار میانگین را نشان می‌دهد.

جدول ۳- تجزیه واریانس و میانگین مربعات ضریب قدکشیدگی و ارتفاع دو شاخه شدن پایه‌های ون

خطا	فاصله کاشت	بلوک	منابع تغییر	صفات
۴	۲	۲	درجه آزادی	
۰،۲۲	۴،۸۴**	۳،۸۲	ضریب قدکشیدگی	
۵۰،۷۲	۲۴۷،۹۰**	۱۰۴،۴۵	ارتفاع دوشاخه شدن	

* و **: تفاوت معنی‌دار بین تیمارها به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

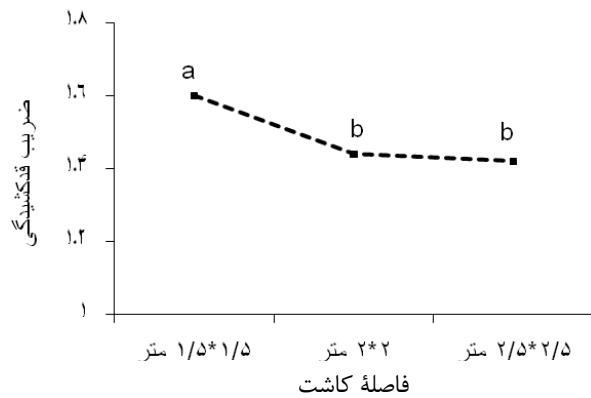
اثر فاصله کاشت بر ضریب قدکشیدگی و ارتفاع دوشاخه شدن پایه‌های ون در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین مقدار ضریب قدکشیدگی به فاصله کاشت ۱،۵×۱،۵ متر مربوط شد و اختلاف بین فاصله‌های ۲×۲ و ۲،۵×۲،۵ متر معنی‌دار نشد (جدول ۴). بیشترین ارتفاع شروع دوشاخگی ۱۷۸،۰۸ سانتی‌متر بود و در فاصله کاشت ۱،۵×۱،۵ متر مشاهده شد. بین دو فاصله کاشت ۲×۲ و ۲،۵×۲،۵ متر از نظر ارتفاع دوشاخه شدن تفاوت معنی‌دار دیده نشد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین ارتفاع دوشاخگی پایه‌های ون در فاصله‌های مختلف کاشت (دانکن ۵ درصد).

فاصله کاشت	۱،۵×۱،۵ متر	۲×۲ متر	۲،۵×۲،۵ متر	صفات
ارتفاع دوشاخگی	۱۷۸،۰۸ (۱۲،۸۶)a	۱۴۵،۶۱ (۹،۰۷)b	۱۲۳،۸۴ (۹،۰۱)b	

حروف نامشابه وجود اختلاف معنی‌دار بین فواصل کاشت بر اساس آزمون دانکن ۵ درصد را نشان می‌دهد. حروف داخل پرانتز انحراف معیار میانگین را نشان می‌دهد.

نتایج آزمون مربع کای نشان داد که از نظر فراوانی پایه‌های دوشاخه و ن، تفاوت بین فواصل مختلف کاشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). کمترین درصد فراوانی پایه‌های دوشاخه و ن در فاصله کاشت $۱٫۵ \times ۱٫۵$ متر دیده شد. نتایج آزمون کروسکال-والیس نیز نشان داد که از نظر میانگین رتبه مربوط به شادابی و نیز کیفیت تنه پایه‌های و ن، تفاوت بین فواصل مختلف کاشت معنی‌دار نشد (جدول ۶).



شکل ۲- مقایسه تغییرات ضریب قد کشیدگی پایه‌های و ن در فواصل مختلف

جدول ۵- نتایج آزمون مربع کای (χ^2) برای مقایسه فراوانی پایه‌های دوشاخه و ن در فواصل مختلف کاشت

فاصله کاشت (متر)	مربع کای (χ^2)	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	مشخصه‌ها
$۱٫۵ \times ۱٫۵$	۴۵	۲	۰٫۰۰۱	فراوانی پایه‌های دوشاخه
۲×۲	۱۴۳	۲	۰٫۰۰۱	فراوانی مورد انتظار
$۲٫۵ \times ۲٫۵$	۱۰۲	۲	۰٫۰۰۱	باقی مانده
	۹۶	۲	۰٫۰۰۱	درصد پایه‌های دوشاخه
	۶	۲	۰٫۰۰۱	
	-۵۳	۲	۰٫۰۰۱	
	۲۷٫۵۶	۲	۰٫۰۰۱	
	۵۲٫۹۶	۲	۰٫۰۰۱	
	۵۰٫۷۵	۲	۰٫۰۰۱	

جدول ۶- نتایج آزمون کروسکال-والیس برای مقایسه شادابی و کیفیت تنه پایه‌های و ن در فواصل مختلف کاشت

صفات	میانگین رتبه		
	فاصله کاشت (متر)	مربع کای (χ^2)	درجه آزادی
شادابی	$۱٫۵ \times ۱٫۵$	۱۸۴٫۹۴	۲
	۲×۲	۱۵۹٫۶۹	۲
	$۲٫۵ \times ۲٫۵$	۱۶۸٫۹۲	۲
کیفیت	$۱٫۵ \times ۱٫۵$	۱۳۹٫۹۴	۲
	۲×۲	۱۶۳٫۲۷	۲
	$۲٫۵ \times ۲٫۵$	۱۵۲٫۰۳	۲

بحث

اسیدیته آن $۶٫۸۳$ و مقدار فسفر و پتاسیم به ترتیب $۳٫۲$ (بسیار کم) و ۲۰۷ میلی‌گرم است. درصد ماسه، سیلت و رس به ترتیب ۲۲ ، ۲۷ و ۴۰ درصد است که در مجموع از نظر حاصلخیزی در حد متوسط و ضعیف است. با توجه به یافته‌های *Chapeskie et al. (1989)* مبنی بر اینکه در خاک‌های حاصلخیز، فواصل کاشت زودتر از خاک‌های کم حاصل تأثیر خود را نشان می‌دهد. انتظار می‌رفت که نهال‌های و ن در عرصه بشل شیرگاه رشد کمی و کیفی بیشتری نسبت به عرصه این تحقیق داشته باشند. پایه‌های و ن در منطقه بشل شیرگاه به آفت سپردار بید (بهداد، ۱۳۶۶) مبتلا شدند که این آفت ضمن وارد کردن آسیب جدی به پایه‌های و ن، خود مانع از سیر طبیعی رشد و ن می‌شود.

براساس یافته‌های این تحقیق، اختلاف بین فاصله‌های کاشت پایه‌های و ن در ده‌سالگی در عرصه این تحقیق که در ارتفاع ۲۵۰ متری از سطح دریا در دامنه جنوب غربی واقع است، از نظر زنده‌مانی معنی‌دار شد. در حالی که در تحقیقی که اخلاصی (۱۳۸۰) ب) برای بررسی اثر سه فاصله کاشت ۱×۱ ، ۲×۲ و ۳×۳ متر بر پایه‌های و ن در ارتفاع حدود ۳۰۰ متر از سطح دریا در منطقه بشل شیرگاه سوادکوه انجام داد، اثر فاصله کاشت در ۱۵ سالگی بر صفات کمی و کیفی پایه‌های و ن معنی‌دار نشد. عرصه بشل شیرگاه تقریباً مسطح، خاک آن دارای بافت تقریباً سبک و عمیق، با زهکشی مناسب بود. در حالی که خاک عرصه این تحقیق دارای بافت سنگین و

هکتار توده با کاهش فاصله کاشت افزایش یافت که دلیل این مسئله، افزایش تعداد در هکتار در فاصله $۱/۵ \times ۱/۵$ متر (۴۴۴۴ اصله) نسبت به دیگر فاصله کاشت بود (۱۶۰۰ تا ۲۵۰۰ اصله) که در جنگلکاری نیز کاملاً طبیعی است و در گزارش‌های مختلف (Pinkard & Neilsen, 2003) نیز آمده است. در همین زمینه (Khan & Chaudhry, 2007) گزارش کردند که حجم در هکتار صنوبر دلتوئیدس با افزایش فاصله کاشت کاهش یافت ولی حجم تک‌پایه با افزایش فاصله کاشت افزایش پیدا کرد. با توجه به گزارش (Cicek, 2004) در ترکیه برای تولید ارتفاع و ساقه باکیفیت، پیشنهاد می‌شود که فاصله کاشت کمتر در نظر گرفته شود و حتی بسیاری از محققان گفتند که برای گونه ون فاصله کاشت را بیشتر از ۲×۳ متر در نظر نگیرند تا درختانی با تنه ضعیف تولید نشود. البته افزایش تراکم کاشت سبب افزایش مرگ‌ومیر نیز می‌شود. این نتیجه را قبلاً قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۳) نیز برای گونه افرالپت گزارش کرده‌اند، به نحوی که از بین فواصل کاشت ۱×۱ ، ۲×۲ ، ۳×۲ و ۳×۳ متر، بیشترین زنده‌مانی در ۱۵ سالگی در فاصله‌های کاشت ۲×۲ متر و ۳×۲ متر مشاهده شد و در فاصله کاشت ۱×۱ متر افزایش تلفات و مرگ‌ومیر نهال‌ها دیده شد. به همین دلیل با اینکه در اروپا برای بیشتر پهن‌برگان فاصله ۳×۳ متر پیشنهاد شد، اما برای ارتقای کیفیت تنه گونه‌های ون، بلوط و توس، فاصله ۲×۲ متر پیشنهاد شد (Kerr & Evans, 1993; Kerr, 1995; Evans, 1997). سازمان جنگل‌ها نیز فاصله کاشت را برای گونه‌های جنگلی (به جز بلوط) ۲×۲ متر در نظر می‌گیرد. تحقیقات قبلی و پژوهش محققانی مانند بنان (۱۳۶۳)، درستکار (۱۳۶۳) و جزیره‌ای (۱۳۶۴) در گذشته و پژوهش امانی و همکاران (۱۳۷۵) نیز بر کاشت در فاصله ۲×۲ متر تأکید دارند. از این‌رو اگر هزینه‌های جنگلکاری عامل محدودکننده نباشد (Ezell et al., 2001) و اهدافی مانند افزایش زی‌توده یا ارتقای کیفیت تنه ون دنبال شود، بهتر است ون در فاصله کاشت کمتر از ۲×۲ متر یعنی $۱/۵ \times ۲$ متر کاشت شود. در این صورت عملیات پرورشی در سنین بالای ده سال برای کنترل ضریب قدکشیدگی و تحریک رویش قطری ضروری به‌نظر می‌رسد.

در تحقیق حاضر اثر فاصله کاشت بر قطر یقه و قطر برابرسینه معنی‌دار شد، اما اثر آن بر ارتفاع پایه‌های ون معنی‌دار نشد. مشابه این نتیجه برای گونه‌های مختلف گزارش شد. مثلاً با افزایش فاصله کاشت از ۲×۲ تا ۶×۶ متر، قطر نهال *Pinus contorta* افزایش یافت، اما بین فاصله کاشت‌ها از نظر ارتفاع پایه‌ها، اختلاف معنی‌داری دیده نشد (Cochran & Walter, 1998). Harset et al. (2001) فواصل کاشت ۱×۱ ، ۲×۲ ، $۳/۲ \times ۲/۸$ ، ۳×۳ ، ۴×۴ و ۵×۵ متر را برای توسکا قشلاقی در حاشیه دریای سیاه بررسی کردند و نتیجه گرفتند که در ۱۵ سالگی از نظر قطر برابرسینه، فواصل ۳×۳ و ۵×۵ متر در بهترین وضعیت بودند، ولی فواصل کاشت از نظر رشد ارتفاعی مؤثر نبود. بر اساس تئوری‌های مربوط به رقابت درختان در تراکم کاشت، رشد ارتفاعی به‌طور نسبی کمتر از رشد قطری تحت تأثیر رقابت درختان در فواصل کاشت مختلف قرار می‌گیرد (Daniel et al., 1979; Campos et al., 1990; Gomes, 1994; Silva, 1990). در عوض رویش قطری با افزایش تراکم کاشت کاهش می‌یابد (Harper, 1977; Drew & Flewelling, 1979). محققان مختلف این موضوع را که ارتفاع کمتر از قطر، تحت تأثیر تغییرات فاصله کاشت قرار می‌گیرد گزارش کرده‌اند. در فاصله‌های کاشت بیشتر یا تراکم کاشت کمتر، ریشه گیاهان دسترسی آسان‌تری به آب و مواد مغذی خاک دارد (Hegazy et al., 2008). برخی محققان اعتقاد دارند که فاصله‌های بیشتر، ممکن است آهنگ رشد قطری را نسبت به رشد ارتفاعی شتاب دهد (Jonestone, 1985). در خصوص قطر یقه و قطر برابرسینه، ضعیف‌ترین وضعیت متعلق به فاصله کاشت $۱/۵ \times ۱/۵$ متر بود. این نتیجه به دلیل رقابت شدید بین پایه‌ها برای دریافت نور است که سبب شد پایه‌های ون بیشتر از آنکه رشد قطری داشته باشند، انرژی خود را صرف افزایش ارتفاع کنند. در عوض کمترین تعداد پایه‌های دوشاخه در این فاصله دیده شد و همچنین دوشاخه شدن در ارتفاع بیشتری در تنه ایجاد شد که این نتیجه به ارتقای کیفی تنه در فاصله‌های کمتر انجامید. ضمن اینکه با توجه به ضریب قدکشیدگی، رشد ارتفاعی ون نیز در این فاصله کاشت تحریک شد. به‌علاوه حجم در

منابع

- احیاء جنگل و درختکاری کشور (جلد اول)، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۲۶ ص.
- رسانه، یدالله، محمدحسن مشتاق کهنویی و پرویز صالحی، ۱۳۸۰. بررسی کمی و کیفی جنگل‌های شمال، خلاصه مقالات همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار، ۱: ۷۹-۵۵.
- رضایی، سیدعلی‌اکبر، ۱۳۹۰. تأثیر فاصله کاشت در کمیت و کیفیت جنگلکاری گردو (*Juglans regia* L.)، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹ (۲): ۲۰۶-۲۲۱.
- ضیایی، سیدفخرالدین و یوسف گرجی بحری، ۱۳۷۵. بررسی اثر فاصله کاشت بر تولید ده کلن صنوبر دورگه اروپا-آمریکایی در پایگاه تحقیقات خوشامیان، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام مازندران، ۲۵ ص.
- قلی‌زاده، محمدنبی، صادق پورمرادی و رضا مهدوی، ۱۳۸۳. تعیین فواصل مناسب کاشت دو گونه درختی افرا و توسکا در مناطق پایین‌بند جنگل‌های شمال، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲ (۳): ۳۳۷-۳۲۷.
- محمدنژاد کیاسری، شیرزاد، خسرو ثاقب‌طالبی، رامین رحمانی، ابراهیم عادل و فرهاد نجفی، ۱۳۷۸. تغییرات فصلی و شدت نسبی نور روی جنگلکاری و جنگل‌های طبیعی (مطالعه موردی جنگل‌های دارابکلای نکا)، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۲: ۲۶-۱۷.
- Ammer, S., K. Weber, C. Abs, C. Ammer & J. Prielzel, 2006. Factors influencing the distribution and abundance of earthworm communities in pure and converted Scots pine treatments, *Applied Soil Ecology*, 33: 10-21.
- Booth, T.H. & T.M. Jovanovic, 2002. A new world climatic mapping program assist species selection, *Forest Ecology and Management*, 163: 111-117.
- Campos, J.C.C., H.G. Leite, R.N. Souza & B.R. Vital, 1990. Relations among spacing, volume and wood weight in plantations of *Eucalyptus*, *Revista Arvore*, 14: 119-133.
- Chapeskie, D.J., D.F. Galley, J.R. Mihell, N.W. Quinn & H.H. Struik, 1989. A Silviculture Guide for the White pine and Red pine Working Groups in Ontario, Ministry of Natural Resources, Forest Resources Group, Science and Technology Series, volume 6: 102 pp.
- اخلاصی، غضنفر، ۱۳۸۰-الف. بررسی اثر فاصله کاشت بر کمیت و کیفیت چوب گونه توسکا، گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ۱۹ ص.
- اخلاصی، غضنفر، ۱۳۸۰-ب. بررسی اثر فاصله کاشت بر کمیت و کیفیت چوب گونه ون، گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، ۲۵ ص.
- اسپهدی، کامبیز، حمیدرضا قبادیان، شیرزاد محمدنژاد کیاسری، حسن بریمانی ورنیدی، سیف‌الله خورنکه، سید احسان ساداتی و قاسمعلی کریم‌نژاد، ۱۳۸۷. بررسی مناسب‌ترین ترکیب و تراکم افرا و ون در جنگلکاری، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی (فاز ۵ سال اول)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی ایران، شماره فروست ۸۷/۱۱۶۱، ۴۸ ص.
- امانی منوچهر، غضنفر اخلاصی، محمد اسماعیل‌نیا و مجید حسنی، ۱۳۷۵. نتایج اولیه بررسی‌های کمی و کیفی و جنگل‌شناسی در توده دست کاشت پلت در امام‌زاده عبدالله آمل، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۳۱: ۲۱-۶.
- بهداد، ابراهیم، ۱۳۶۶. آفات و بیماری‌های درختان و درختچه‌های جنگلی و گیاهان زینتی ایران، انتشارات نشاط اصفهان، ۸۲۴ ص.
- بنان، غلامعلی، ۱۳۶۳. تبدیل جنگل‌های مخروطه و کم‌ارزش به جنگل‌های سوزنی‌برگ یا پهن‌برگ، مجموعه مقالات سمینار جنگلکاری، احیاء جنگل و درخت‌کاری کشور (جلد اول)، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۵ ص.
- ثابتی، حبیب‌الله، ۱۳۷۳. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های جنگلی ایران، انتشارات دانشگاه یزد، ۸۱۰ ص.
- جزیره‌ای، محمدحسن، ۱۳۶۴. فاصله کاشت نهال در جنگلکاری و درختکاری، ارائه‌شده در گردهمایی کارشناسان جنگلکاری در مازندران شرقی و گرگان، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی (بخش کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۵ ص.
- درستکار، حسن، ۱۳۶۳. روش‌های کاربردی جنگلکاری در اراضی جنگلی مخروطه، مجموعه مقالات سمینار جنگلکاری،

- Jonestone, W.D., 1985. Thinning lodgepole pine. *In: Lodgepole pine, the species and its management: Symposium proceedings, 8-10 May 1984, Spokane, Wash. Edit by D.M. Baumgartner, R.G. Krebill, J.T. Arnott, and G.F. Weetman. Wash. State Univ. Pullman, Wash, 253-262.*
- Kerr, G., 2003. Effects of spacing on the early growth of planted *Fraxinus excelsior* L., *Canadian Journal of Forest Research*, 33(7): 1196-1207.
- Kerr, G., 1995. Silviculture of ash (*Fraxinus excelsior* L.) in southern England, *Forestry*, 68: 63-71.
- Kerr, G. & J. Evans, 1993. Growing broadleaves for timber, Forestry Commission, Handbook 9, HMSO, London, 95 pp.
- Khan, G.S. & A.K. Chaudhry, 2007. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (*Populus deltoides*) trees under agroforestry system, *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 44(2): 321-327.
- Ozcelik, R. & U. Eler, 2009. Effects of release cutting on the development of young natural Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich) stands of western Mediterranean region of Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 30: 179-182.
- Pinkard, E.A. & W.A. Neilsen, 2003. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning, *Forest Ecology and Management*, 20: 215-227.
- Savill, P. & J. Evans, 1997. Plantation Silviculture in Europe, Oxford University Press Inc., New York, 298 pp.
- Silva, J.F., 1990. Genetic variability in progenies of *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnh) and its interaction with spacing, MS Thesis, University Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brazil.
- Uner, B., O. Oyar, A.A. Var & O.L. Altnta, 2009. Effect of thinning on density of *Pinus nigra* tree using X-ray computed tomography, *Journal of Environmental Biology*, 30: 359-362.
- Yaming, T., 2009. Effect of initial spacing on growth of *Fraxinus mandshurica* Plantation, *Forestry Science & Technology*, 5: 243-258.
- Cicek, E., 2004. Silvicultural evaluations of some stand characteristics in narrow leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantations, (in Turkish with English abstract). *Gazi University Journal of Forest* 4: 205-219.
- Cicek, E., F. Yilmaz, F. Tilki & N. Cicek, 2010. Effects of spacing and post-planting treatments on survival and growth of *Fraxinus angustifolia* seedlings, *Journal of Environmental Biology*, 31: 515-519.
- Cochran, P.H. & G. Dahms Walter, 1998. Lodgepole pine development after early spacing in the Blue Mountains of Oregon. Research Paper, PNW-RP-503. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 24 pp.
- Cook David, B., 1963. Spacing and layout for coniferous plantations in the Northeast, *Journal of Forestry*, 61(4): 273-277.
- Daniel, T., J. Helms & F.S. Baker, 1979. Principles of Silviculture, 2nd ed. McGraw-Hill, New York, 500 pp.
- Drew, T.J. & J.W. Flewelling, 1979. Stand density management: an alternative approach and its application to Douglas- fir plantations, *Forest Science*, 25: 58-532.
- Evans, J., 1997. Silviculture of hardwoods in Great Britain, *Forestry*, 70: 309-315.
- Evans, J., 1984. Silviculture of broadleaved woodland. Forestry Commission Bulletin 62, HMSO, London, 232 pp.
- Ezell, A.W., D.J. Moorhead & A.J. London, 2001. Planting southern pines: a guide to species selection and planting techniques, Mississippi State University Extension Service, Publication 1776, 15 pp.
- Gomes, R.T., 1994. The effect of spacing on growth and water relations of *Eucalyptus* spp. in the Cerrado region of Minas Gerais, MS Thesis, University Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brazil.
- Harper, J.L., 1977. Population Biology of Plants, Academic Press, London, 892 pp.
- Harset, A., M. Kucuk & F. Ulu, 2001. Spacing trials on black alder (*Alnus glutinosa* L.) in eastern Black Sea Region of Turkey (Results of seventeenth year), Eastern Black Sea Forestry Research Institute, Traboson, Turkey, 7 pp.
- Hegazy, S.S., M.I. Aref, H. Al-Mefarrej & L.I. El-Juhany, 2008. Effect of spacing on the biomass production and allocation in *Conocarpus erectus* L. trees grown in Riyadh, Saudi Arabia, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 15(2): 315-322.

Ten years effect of planting space on some quantitative and qualitative characteristics of ash (*Fraxinus excelsior* L.) in reforestation

K. Espahbodi^{*1}, S. Kharankeh² and M. Mahmudi¹

^{1,2}Assistant Prof. and Expert, Agricultural and Natural Resources Research Center of Mazandaran, I. R. Iran

(Received: 29 January 2012, Accepted: 30 December 2012)

Abstract

In order to determine the most suitable spacing of ash, (*Fraxinus excelsior* L.), the effect of three levels of planting spaces (1.5×1.5, 2×2 and 2.5×2.5 meters) on quantitative and qualitative characteristics of ash were examined. Statistical design used was random completely block design with three replicates. The site is located in north-west aspect, 250 m a.s.l and 5 percent slope in south of Sari in Mazandaran province. After termination of ten years period, survival, height, diameters and some quality traits of trees were measured and recorded. The results showed that the effect of planting space on tree survival ($p<0.05$), tree collar diameter and diameter at breast height and volume per hectare ($p<0.01$) were significant. But the difference between treatments was not significant in tree height. The lowest percentage of survival was related to spacing of 1.5×1.5 meters interval of trees and there was no significant difference between two other treatments. Mean diameters of trees were 2.75, 3.56 and 3.81 centimeters and related to 1.5×1.5, 2×2 and 2.5×2.5 meters spacing of treatment, respectively. The mean volume per hectares increased with decreasing of planting space. The effect of planting space on h/d was significant ($p<0.01$). But the percentage of forking was not significantly affected by planting space. Maximum rate of h/d and minimum percentage of forking were seen in space of 1.5×1.5 meters.

Key words: Ash, Plantation, Space of planting, Survival, Diameter, Height, Volume.