

## نتایج نهایی کشت تلفیقی صنوبر و یونجه در کرج

فرهاد اسدی\*<sup>۱</sup>، محسن کلاگری<sup>۱</sup>، رفعت ا. قاسمی<sup>۲</sup> و رضا باقری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار پژوهش گروه تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۲</sup>مربی پژوهشیار گروه تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۳</sup>کارشناس ارشد گروه تحقیقات صنوبر و درختان سریع‌الرشد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

(تاریخ دریافت: ۱۰/۱۱/۸۸، تاریخ پذیرش: ۷/۸/۹۰)

### چکیده

در صنوبرکاری‌های سنتی، زارعان به‌طور معمول حاضر به کاهش تعداد نهال در هکتار نیستند و افزایش فاصله کاشت را به‌راحتی نمی‌پذیرند. بررسی‌های علمی نشان داده است که برای تولید چوب‌هایی با کیفیت بیشتر، رعایت فاصله بهینه و زمان بهره‌برداری مناسب به همراه استفاده از فضای بین درختان برای کشت محصولات زراعی به‌ویژه در سال‌های اولیه، موجب ارتقای سطح بهره‌وری و ترغیب بیشتر زارعان به زراعت چوب می‌شود. در این تحقیق، نهال‌های کلن صنوبر *Populus nigra betulifolia* در قالب طرح اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و شش تیمار با فواصل کاشت درختان شامل ۴×۳، ۶/۶۶×۳، ۸×۳ و ۱۰×۳ متر صنوبر با یونجه به همراه دو تیمار شاهد صنوبر خالص (۴×۳ متر) و یونجه خالص کاشته شدند. ویژگی‌های رویشی درختان در یک دوره ۹ ساله و خصوصیات یونجه به مدت ۶ سال اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل آماری شد. نتایج نشان داد که بیشترین رویش ارتفاعی درختان متعلق به تیمارهای مخلوط ۴×۳، ۳×۸ و ۶/۶۶×۳ متر به ترتیب با رویش ۱۵۹، ۱۵۸ و ۱۴۲ سانتی‌متر و بیشترین رویش قطری مربوط به تیمارهای ۶×۳، ۸×۳ و ۱۰×۳ متر به ترتیب با مقادیر ۱۸/۵، ۱۸/۱ و ۱۷/۱ میلی‌متر بود. مقادیر رویش حجمی برای تیمارهای ۴×۳ با یونجه، ۸×۳، ۶×۳، ۴×۳ صنوبر خالص و ۱۰×۳ متر به ترتیب بیشترین تا کمترین مقدار را ارائه دادند. همچنین از نظر تولید ماده خشک یونجه در هر هکتار، بیشترین مقادیر در تیمارهای یونجه خالص، ۱۰×۳ و ۸×۳ متر به ترتیب با ۷۵۰۷، ۴۷۸۸ و ۴۲۶۵ کیلوگرم حاصل شد. به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی، مناسب‌ترین تیمار برای اجرای کشت تلفیقی دالانی در شرایط محل اجرای طرح، تیمار ۶/۶۶×۳ متر تلفیقی صنوبر-یونجه معرفی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** کشت تلفیقی، عملکرد صنوبر، عملکرد یونجه، فاصله کاشت.

## مقدمه و هدف

مدرنیزه شدن کشاورزی با طرح‌هایی مانند یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی و کشت‌های مکانیزه در سطح وسیع به حذف بسیاری از درختان در حاشیه مزارع انجامیده است. این امر به تغییر سیمای مناظر، کاهش حاصلخیزی و افزایش فرسایش خاک و از دست دادن تنوع زیستی منجر می‌شود. این در حالی است که تحقیقات نشان داده است ترکیب مؤلفه‌های درختی و زراعی در اراضی کشاورزی موجب بهبود منظر و افزایش بهره‌وری خواهد شد (Rivest *et al.*, 2009). بهره‌وری سیستم‌های کشت تلفیقی به مجموع تولید هر دو محصول درختی و گیاه همراه بستگی دارد، موضوعی که در تحقیقات گذشته کمتر به آن توجه شده و از بررسی اثر گیاه همراه بر رشد درختان در اراضی زراعی غفلت شده است. به طوری که اغلب پژوهش‌ها فاقد یک تیمار شاهد (به طور مشخص تیمار بدون گیاه همراه) به منظور بررسی اثر آنها بر رشد درختان بوده‌اند. برخی از آزمایش‌ها در اروپا به دلیل همین نقیصه، نتایج متناقضی ارائه داده‌اند (Rivest *et al.*, 2009).

کشت‌های تلفیقی درختان با محصولات زراعی - علوفه‌ای، از مؤثرترین راه‌های بهبود وضعیت معیشتی کشاورزان و احیای اراضی تخریب‌شده کشاورزی محسوب می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۳۸۳). منشأ این سیستم، کشورهای در حال توسعه است که به دلیل افزایش جمعیت و محدودیت اراضی زراعی در این کشورها گسترش یافته است (شامخی، ۱۳۸۵). همچنین به دلیل منافع اکولوژیکی و اقتصادی - اجتماعی در مقایسه با جنگلداری و کشاورزی سنتی و امکان افزایش دامنه‌ای از محصولات بازاری، در کشورهای شمال رواج یافته است (Peng *et al.*, 2009). تحقیقات اخیر مزیت‌های متعددی از جمله کاهش فرسایش خاک، افزایش ازت و ترسیب کربن و ارتقای سطح تنوع زیستی منظر برای کشت‌های تلفیقی مبتنی بر درخت را نشان داده‌اند (Thevathasan & Gordon, 2004). محصول گیاه کف به طور معمول در اثر مجاورت با درختان خزان‌کننده پهن‌برگ در سال‌های اولیه تغییر نمی‌یابد، اما با ادامه رشد درختان و افزایش رقابت، این محصولات کاهش خواهند یافت (Rivest & Olivier, 2007). کاهش محصول کف در اثر رقابت برای نور (Newman *et al.*, Chirko *et al.*, 1996 a, b)

(1998; Miller & Pallardy, 2001; Jose) ، رقابت برای آب ( Jose, 2004; Wanvestraut *et al.*, 2000; *et al.*)، و مواد غذایی به‌ویژه ازت (Allen *et al.*, 2004) با اهمیت‌تر معرفی شده است. در یک تحقیق کشت تلفیقی مبتنی بر درختان صنوبر با سویا در گلف کانادا (Reynolds *et al.*, 2007)، رقابت برای نور عامل اساسی در کم شدن محصول سویا گزارش شده است. در سیستم‌های کشت تلفیقی رقابت درختان و گیاه همراه برای نور، آب و مواد غذایی به کاهش تولید منجر می‌شود. انتخاب گونه مناسب، فاصله کاشت و هرس در کاهش آثار رقابتی مؤثر واقع می‌شوند (Rivest *et al.*, Rivest *et al.*, 2009; Rivest *et al.*, 2008). آنها در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که انتخاب گونه، فاصله درختان، فاصله ردیف‌ها، جهت جغرافیایی و تیمارهای جنگل‌شناسی می‌توانند در کاهش آثار منفی درختان بر محصول کف مؤثر واقع شوند.

با وجود پیش‌بینی درآمدهای بیشتر به‌ویژه در سال‌های اولیه در کشت‌های تلفیقی، نگرش فقط اقتصادی در سیستم‌های پیشرفته زراعی پسندیده نیست. از آنجا که در چنین سیستم‌هایی حداقل دو مؤلفه درخت و گیاه همراه، در کنار هم زندگی می‌کنند، اثر متقابل و دستیابی به حداکثر بهره‌وری و پایداری از دیدگاه بوم‌شناسی در کنار نگرش‌های اقتصادی باید مد نظر قرار گیرد (Singh *et al.*, 2001). کشت تلفیقی صنوبر با گندم و سویا تا سال چهارم تفاوت‌های معنی‌دار بین رویش قطری و ارتفاعی صنوبرها و تولید گندم و سویا را نشان نداد (ساداتی و همکاران، ۱۳۸۷). به نظر می‌رسد با ادامه رشد درختان و افزایش سایه در ردیف‌ها در سال‌های آتی، می‌توان بروز تفاوت‌های معنی‌دار بین تیمارها را انتظار داشت.

در جنوب هند، صنوبرها به‌صورت کشت تلفیقی کوچک‌مقیاس با گندم، سویا و دیگر محصولات کشت می‌شوند. در این کشور کاشت گونه‌های گندم، سویا، و سنبل هندی در کنار درختان صنوبر در فاصله کاشت‌های مختلف و اثر متقابل آنها بررسی شده است (Misra *et al.*, 1996). در یک تحقیق دو گونه از بقولات در فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر با و یا بدون کشت قلمه صنوبر که صنوبرها در فواصل ۲×۰/۵ متر و ۳×۰/۵ متر کاشته شدند، مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بعد از ۲ سال، وجود بقولات به افزایش ارتفاع، قطر و تولید ماده خشک صنوبر

وزن شدند و مقادیر یادداشت شد. علاوه بر آن میانگین تعداد پایه یونجه و ارتفاع ساقه‌های آن در هر تیمار تعیین شد. همچنین از مؤلفه‌های رویشی درختان اندازه‌گیری‌های لازم به‌طور سالانه انجام گرفت. عملیات هرس سبک و نیمه‌سنگین طی سال‌های اجرای طرح برای دادن فضای بیشتر به یونجه صورت گرفت.

هر ساله در پایان فصل رشد، مقادیر قطر و ارتفاع کلیه درختان هر واحد آزمایشی با حذف درختان حاشیه‌ای اندازه‌گیری می‌شد. حجم هر درخت با در دست داشتن میانگین‌های قطر و ارتفاع درختان برحسب متر با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 hf \quad 1$$

V = حجم به متر مکعب

D = قطر برابر سینه به متر

H = ارتفاع از بن تا نوک درخت به متر

F = ضریب شکل درخت که در محاسبات، ۰/۵ منظور شد.

سپس متوسط حجم درخت در هر تیمار محاسبه شد. با ضرب کردن متوسط حجم درخت برای هر تیمار در تعداد در هکتار آن تیمار، متوسط حجم چوب در هر هکتار (حجم کل) به دست آمد. با تقسیم حجم کل بر سن، رویش متوسط حجمی در هر تیمار محاسبه شد. نمونه‌های خاک دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری از هر پلات آزمایشی مورد تجزیه شیمیایی و فیزیکی قرار گرفت. آزمایش‌ها شامل تعیین بافت، هدایت الکتریکی (EC)، pH، کلسیم درصد اشباع (Ca)، منیزیم درصد اشباع (Mg)، پتاسیم محلول در عصاره اشباع (K)، سدیم محلول در عصاره اشباع (Na)، کربن آلی (OC)، ازت کل (N)، نسبت جذب سدیم (SAR) و فسفر جذب شدنی (P) می‌شد. بنابراین ۳۶ نمونه خاک از پلات‌های مختلف بررسی شدند.

### نتایج

جدول‌های ۱ و ۲ آماره‌های مختلف تجزیه واریانس شامل میانگین مربعات و سطح معنی‌داری آنها، ضریب تغییرات و دامنه تغییرات برای صفات مختلف و نیز درجات آزادی، میانگین مربعات و سطح معنی‌داری آن برای تیمار، تکرار، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان و جدول‌های ۳ و ۴ مقادیر میانگین صفات و گروه‌بندی تیمارها را نشان می‌دهند.

در هکتار منجر شد، اما محصول بقولات در پایان سال دوم در کنار صنوبر کاهش یافت، ولی در سال اول کاهش مشاهده نشد (Ranasingh & Mayhead, 1990). همچنین (Duhkia et al., 1989) تولید باقلا را به‌عنوان زیرکشت گونه‌های مختلف صنوبر بررسی کردند. به اعتقاد (Shanmughave, 2004)، آزمایش‌های میدانی کشت تلفیقی محصولات زراعی با درختان، مشکل‌تر از تحقیقات درباره محصولات کشاورزی یکساله است، ضمن آنکه ارزیابی نتایج چنین آزمایش‌هایی نیز پیچیده است. به‌منظور نشان دادن چگونگی تأثیرات متقابل دو گیاه مختلف در یک تحقیق و مقایسه با تک‌کشتی، وجود تیمارهای شاهد از هر دو گونه ضرورت دارد (Stamps & Linit, 1999). بدون تیمار شاهد، امکان بررسی اثر مثبت و منفی دو گونه بر هم وجود ندارد (Rao & Roger, 1990). در هر حال صنوبرها با موفقیت، در کشت تلفیقی دالانی با محصولات مانند جو، گندم، ذرت، کدو و یونجه در فواصل کاشت مختلف، بررسی شدند. در شرایط کرج به دلیل متداول بودن کشت یونجه هفت‌ساله، ضرورت نداشتن شخم در طول هفت سال و نیز نبود آفات مشترک صنوبر و یونجه، گونه مناسبی به‌عنوان زیر کشت تشخیص داده شد. هدف اصلی این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین تیمار کشت تلفیقی صنوبر و یونجه است.

### مواد و روش‌ها

نهال‌های یکنواخت از کلن صنوبر *Populus nigra betulifolia* که در تحقیقات قاسمی و مدیر رحمتی (۱۳۸۲) به‌عنوان بهترین کلن معرفی شده بود، در قالب یک طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۶ تیمار و در مجموع ۱۸ پلات با ابعاد ۳۰ در ۴۰ متر در اسفند ۱۳۷۷ در ایستگاه تحقیقاتی البرز کرج کاشته شدند. تیمارها شامل فواصل کاشت درختان صنوبر با ابعاد ۳×۴، ۳×۶/۶۶، ۳×۸، و ۳×۱۰ متر با یونجه به همراه دو تیمار شاهد یونجه خالص و صنوبر خالص (۳×۴ متر) بود. در پاییز سال ۱۳۷۸، یونجه همدانی کاشته شد. در هر سال ۳ یا ۴ برداشت با ماشین صورت گرفت و کلیه یونجه‌ها در هر برداشت پس از خشک شدن در هوای آزاد، به‌صورت جداگانه برای هر تیمار

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب (اسپلیت پلات در زمان) برای مؤلفه‌های رویش قطری، رویش ارتفاعی و رویش حجمی

میانگین مربعات و سطح معنی‌داری*			درجه آزادی	منابع تغییرات
رویش حجمی	رویش ارتفاعی	رویش قطری		
۱۹/۳۷ns	۰/۲۴۲ns	۳۱/۹۲ns	۲	تکرار
۴۳۰/۱۹**	۰/۶۵۱ns	۹۳/۹۵ns	۴	فاصله کاشت
۶۷/۵۶	۰/۳۴۸	۳۸/۱۹	۸	خطای اصلی
۴۱۲/۹۹**	۲/۱۰۸**	۱۰۸۸/۱**	۶	سال
۴۱/۴۳**	۰/۵۰۵ns	۳۱/۱۶ns	۲۴	سال × فاصله کاشت
۳۵/۷۳	۰/۷۶	۵۶/۴۱	۱۲	خطای فرعی
۱۶/۰۱	۰/۵۵۸	۳۷/۵۵	۴۸	اشتباه کل

\* و \*\* به ترتیب سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری

جدول ۲- میانگین صفات بررسی‌شده صنوبر و مقایسه آنها به روش دانکن در سطح ۵ درصد

ردیف	تیمارها					صفات
	۱۰×۳	۸×۳	۶/۶۶×۳	۴×۳ صنوبر خالص	۴×۳ با یونجه	
۱	C ۶/۴۶	B ۱۱/۰۶	B ۱۰/۹۹	C ۸/۳۳۴	A ۱۸/۳۷	رویش حجمی (متر مکعب)
۲	A ۱/۳۵۳	A ۱/۵۶۴	A ۱/۳۴۷	B ۱/۱۴۹	A ۱/۵۷۰	رویش ارتفاعی صنوبر (متر)
۳	AB ۱۷/۰۶۶	A ۱۸/۱۳۶	A ۱۸/۵۵۳	B ۱۳/۲۰۷	AB ۱۶/۴۳۶	رویش قطری صنوبر (میلی‌متر)
۴	A ۴۵	A ۴۵	A ۴۵	B ۴۰	B ۴۰	زاویه شاخه صنوبر (درجه)
۵	AB 500	A ۵۶۶/۷	AB ۴۸۳/۳	BC ۳۴۰	BC ۴۱۶/۷	طول شاخه صنوبر (سانتی‌متر)
۶	A ۱۲/۶۷	A ۱۱/۶۷	A ۱۲/۳۳	A ۱۱/۳۳	A ۱۲/۶۷	تعداد شاخه صنوبر
۷	C ۳/۶۷	A ۵/۶۷	C ۳/۳۳	C ۳/۴۰	B ۴/۳۳	قطر شاخه (سانتی‌متر)

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (اسپلیت پلات در زمان) برای تولید ماده خشک یونجه

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
۹۵۰۸۹/۴**				
۸۸۸۰۰۶/۸**			۴	فاصله کاشت
۳۴۰۳/۸			۸	خطای اصلی
۹۷۳۰۳۶/۲**			۵	سال
۳۰۷۵۹/۴**			۲۴	سال در فاصله کاشت
۲۲۱۲۳/۱			۱۲	خطای فرعی
۵۹۲۱/۲۷			۴۸	اشتباه کل

\* و \*\* به ترتیب سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری

جدول ۴- میانگین صفات بررسی‌شده یونجه و مقایسه آنها به روش دانکن در سطح ۵ درصد

ردیف	تیمارها					صفات
	یونجه خالص	۱۰×۳	۸×۳	۶/۶۶×۳	۴×۳	
۱	A ۷۵۰۷/۲۹	B ۴۷۸۸/۱۳	C ۴۲۶۵/۲۱	C ۳۹۹۱/۰۴	D ۲۵۴۹/۱۷	وزن یونجه در هکتار (کیلوگرم)
۲	A ۷۹/۰۶	A ۷۵/۵۵	AB ۷۳/۳۳	C ۶۲/۷۸	C ۶۰/۰۰	ارتفاع ساقه یونجه (سانتی‌متر)
۳	A ۸۶/۳۹	AB ۷۸/۰۶	AB ۷۷/۲۲	B ۶۷/۵۰	B ۶۶/۳۹	تعداد ساقه یونجه در هر متر مربع
۴	C ۰/۷۸۶۷	B ۰/۸۸۶۷	AB ۰/۹۴	AB ۰/۹۵۶۷	A ۱/۰۶۶۷	نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک ساقه یونجه

جدول ۵- مقادیر آماره‌های مختلف صفات مورد بررسی حاصل از تجزیه واریانس

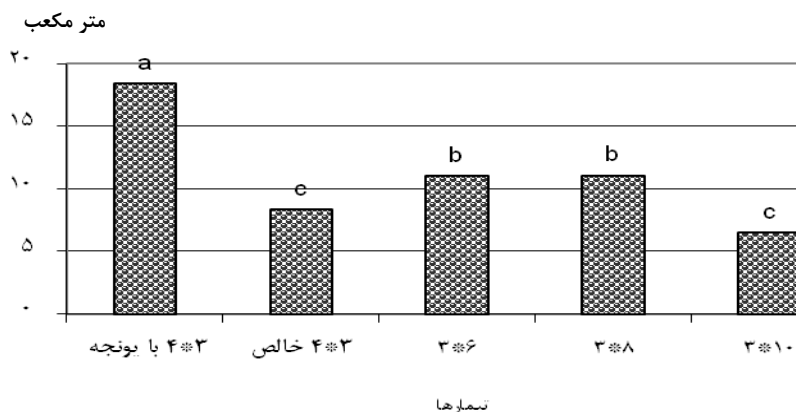
ردیف	صفات	میانگین کل	ضریب تغییرات (%)	دامنه تغییرات
۱	رویش ارتفاعی صنوبر (متر)	۱/۲۹۶	۱۷/۵۴	۱/۱۲۸-۱/۵۹۷
۲	رویش قطری صنوبر (میلی‌متر)	۱۶/۶۸	۱۵/۴۲	۱۳/۲۰ - ۱۸/۱۴
۳	زاویه شاخه صنوبر به درجه	۴۳	۱/۰۲	۴۰-۴۵
۴	طول شاخه صنوبر (سانتی‌متر)	۴۶/۱۳۴	۱۰/۴۹	۳۴-۵۶/۶
۵	تعداد شاخه صنوبر	۱۲/۱۳۴	۱۴/۰۴	۱۱/۳-۱۲/۷
۶	قطر شاخه صنوبر (سانتی‌متر)	۴/۰۸	۲۲/۶۹	۳/۳-۵/۷
۷	ارتفاع پایه‌های یونجه (سانتی‌متر)	۷۰/۱۴۴	۸/۳۰	۵۵-۸۸
۸	تعداد پایه یونجه در قطعات نمونه	۷۵/۱۱۲	۹/۸۴	۵۸/۳-۹۲/۵
۹	رویش حجمی صنوبر (متر مکعب)	۱۱/۰۴۲۸	۲۲/۰۸	۶/۴-۱۸/۴
۱۰	ماده خشک یونجه (کیلوگرم)	۰/۹۲۷۳۶	۱۷/۵۱	۵۸/۳-۱۱۰/۱۶/۷

می‌دهد که تیمارهای  $۳ \times ۶$ ،  $۳ \times ۸$ ، و  $۳ \times ۱۰$  متر به ترتیب با مقادیر  $۱۸/۵۵$ ،  $۱۸/۱۴$ ، و  $۱۷/۰۷$  میلی‌متر رویش قطری سالانه، بهترین وضعیت و تیمارهای  $۳ \times ۴$  با یونجه و  $۳ \times ۴$  خالص به ترتیب با  $۱۶/۴۴$  و  $۱۳/۲۱$  میلی‌متر بدترین وضعیت را داشته‌اند (جدول ۲). روند تغییرات رویش قطری، حاکی از وجود اثر معنی‌دار سال‌ها (زمان) است، به طوری که اثر زمان در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. بر این اساس، سال دوم با  $۲۷/۸۵$  میلی‌متر بیشترین مقدار رویش قطری را داشت و سال‌های سوم، چهارم، اول، پنجم و ششم به ترتیب با  $۲۰/۹۶$ ،  $۲۰/۴۳$ ،  $۱۶/۷۱$  و  $۱۱/۶۱$  میلی‌متر در رده‌های بعدی قرار گرفتند و در سال آخر با کمترین مقدار رویش قطری ( $۰/۸۸$  میلی‌متر) مواجه بودیم.

مقادیر رویش حجمی چوب صنوبر مربوط به تیمارها و سال‌های مختلف با تعیین اختلاف حجم دو سال متوالی برای هر سال تعیین شد. همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود بین تیمارها از نظر رویش حجمی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد که بر این اساس تیمارهای  $۳ \times ۴$  با یونجه،  $۳ \times ۸$ ،  $۳ \times ۶$ ،  $۳ \times ۴$  صنوبر خالص و  $۳ \times ۱۰$  به ترتیب با رویش سالانه  $۱۸/۳۷$ ،  $۱۱/۰۶$ ،  $۱۰/۹۹$ ،  $۸/۳۳$  و  $۶/۴۶$  متر مکعب در سال و در هکتار بیشترین تا کمترین مقدار رویش را داشتند. جدول ۲ گروه‌بندی تیمارها را به روش دانکن نشان می‌دهد. همچنین شکل ۱ وضعیت تولید سالانه چوب در تیمارهای مختلف را به متر مکعب در سال و در هکتار نشان می‌دهد.

از نظر رویش ارتفاعی طبق جدول ۱ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها (فواصل کاشت) مشاهده نمی‌شود. مقادیر میانگین رویش ارتفاعی کلیه تیمارها در جدول ۲ آمده است. از نظر تفاوت میانگین رویش ارتفاعی صنوبرها بین سال‌های مختلف (زمان)، بر اساس جدول ۱ اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد، به طوری که سال‌های چهارم و ششم به ترتیب با مقادیر  $۱/۸۹$  و  $۱/۸۰$  متر در سال در گروه اول و سال هفتم با  $۰/۷۹$  متر در سال در گروه آخر قرار گرفتند. روند تغییرات رویش ارتفاعی صنوبر بر اساس نتایج مندرج در جدول ۱ بیانگر معنی‌دار نبودن اثر متقابل بین سال‌ها (زمان) و تیمارها (فواصل کاشت) است. بنابراین از نظر رویش ارتفاعی دو نتیجه مهم حاصل شده است: اول آنکه پس از یک رویش حداکثر در سال چهارم، در بقیه سال‌ها روند رویش به نسبت ثابت برقرار بوده و دوم آنکه اثر متقابل سال و تیمار (فواصل کاشت) معنی‌دار نبوده است، به طوری که در سال‌های اولیه، فواصل کاشت کمتر سبب افزایش رویش ارتفاعی و حصول چوب‌های کم‌قطر تیری شده است، اما در ادامه، این وضعیت به نفع تیمارهای با فاصله بیشتر متحول شد.

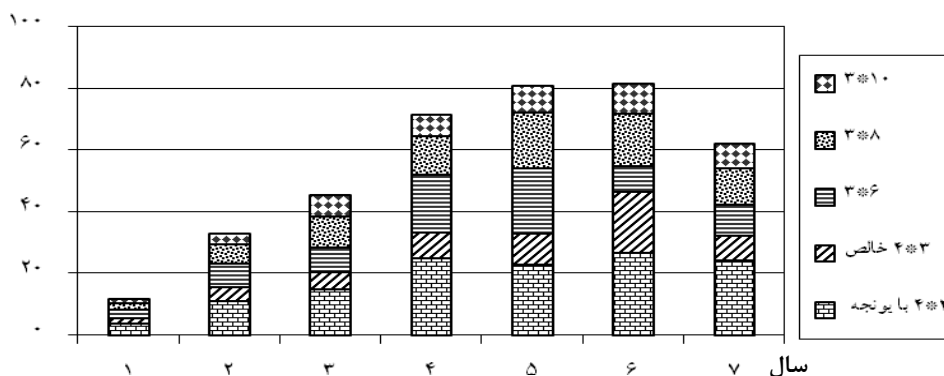
مقادیر رویش قطری صنوبر نیز مانند رویش ارتفاعی، میانگین تفاوت قطر هر سال نسبت به سال گذشته است. بر اساس جدول تجزیه واریانس، سطح معنی‌داری تفاوت میانگین رویش قطری تیمارها  $۰/۵۵$  است و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در سطح  $۰/۰۵$  وجود ندارد. اما مقایسه تیمارها نشان



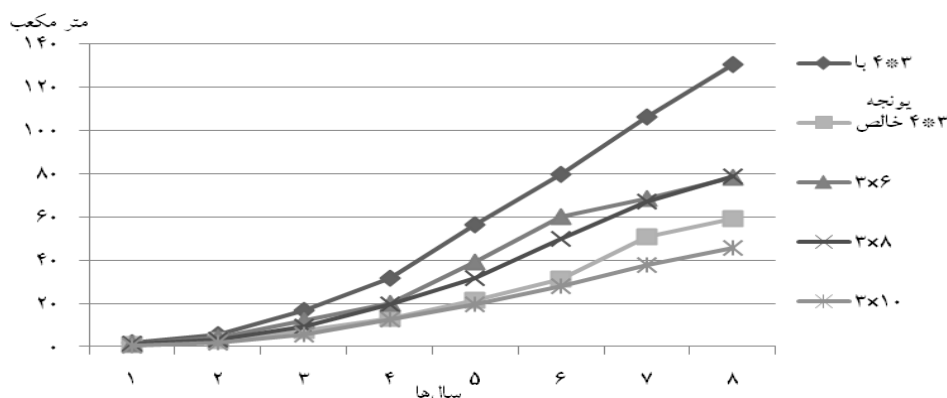
شکل ۱- وضعیت تولید سالانه چوب در تیمارهای مختلف در سال و در هکتار و گروه‌بندی آنها به روش دانکن (حرف a برای بیشترین تا c برای کمترین مقدار)

دادند. در شکل ۲ مقادیر رویش حجمی جاری تیمارها در سال‌های مختلف به متر مکعب در هکتار نشان داده شده است. شکل ۳ روند افزایش موجودی چوب را به متر مکعب در هکتار برای تیمارهای مختلف در هر سال نشان می‌دهد. نکته شایان توجه در این نمودار، شیب یکنواخت تیمار ۴×۳ متر صنوبر با یونجه است که روند صعودی خود را حفظ کرده است. بر خلاف انتظار، فواصل کاشت بیشتر هنوز به شیب مقبولی نرسیده‌اند.

از نظر اثر زمان (سال‌ها) در تولیدات حجمی، جدول ۱ معنی‌دار بودن سال‌ها را در سطح ۱ درصد برای رویش حجمی نشان می‌دهد. بر این اساس سال‌های ششم و پنجم به ترتیب با رویش حجمی جاری برابر با ۱۶/۳۳ و ۱۶/۱۶ متر مکعب در هکتار، بهترین وضعیت را داشتند؛ سال‌های چهارم و هفتم به ترتیب با ۱۴/۲۹ و ۱۲/۴۴ متر مکعب در شرایط متوسط بودند و سال‌های سوم، دوم و اول به ترتیب با ۹/۰۹، ۶/۶۱ و ۲/۳۷ متر مکعب کمترین رویش را نشان



شکل ۲- مقادیر رویش حجمی تراکمی صنوبر تیمارها در سال‌های مختلف به متر مکعب در هکتار



شکل ۳- روند افزایش موجودی چوب به متر مکعب در هکتار مربوط به تیمارها و سال‌های مختلف

مقادیر میانگین تیمارها نشان می‌دهد که تیمارهای یونجه خالص و  $10 \times 3$  متر به ترتیب با میانگین ۷۵ و ۷۳ سانتی‌متر در گروه A، تیمار  $8 \times 3$  متر با میانگین ۶۳ سانتی‌متر در گروه AB، تیمار  $6/66 \times 3$  متر با میانگین ۶۳ سانتی‌متر در گروه BC و تیمار  $4 \times 3$  متر با یونجه با میانگین ۶۰ سانتی‌متر در گروه C قرار می‌گیرند. زمان اندازه‌گیری قبل از چین دوم بوده است.

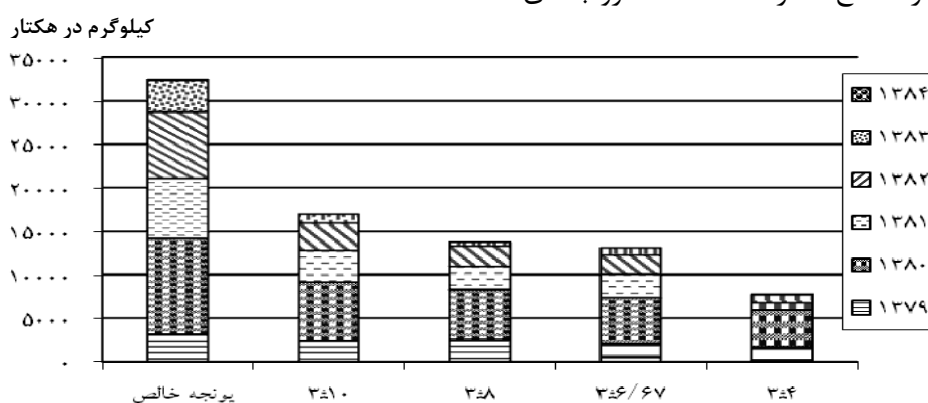
از نظر میانگین تعداد ساقه یونجه در هر متر مربع برای تیمارهای مختلف، گروه‌بندی مقادیر میانگین تیمارها بر اساس جدول ۴ نشان می‌دهد که تیمار یونجه خالص با میانگین  $86/4$  در گروه A، تیمارهای  $3 \times 8$  و  $3 \times 10$  به ترتیب با میانگین ۷۸ و ۷۷ در گروه AB و تیمارهای  $3 \times 4$  و  $3 \times 6/66$  به ترتیب با میانگین ۶۷ و ۶۶ عدد در گروه B جای می‌گیرند.

شکل ۵ نیز روند تغییرات سالانه تولید یونجه را برای هر یک از تیمارها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سال سوم پس از کاشت یونجه برای اغلب تیمارها، بیشترین مقدار را داراست. به‌منظور ارزیابی تأثیرات سایه در خوش خوراکی یونجه، نسبت وزن خشک برگ یونجه به وزن خشک ساقه آن تعیین و در نتیجه اختلاف معنی‌داری بین اثر تیمارها بر این نسبت در سطح ۵ درصد مشخص شد. بر این اساس تیمار  $4 \times 3$  متر با یونجه با میانگین نسبت  $1/0667$  بیشترین مقدار را داشت و در گروه اول قرار گرفت و بعد از آن تیمارهای  $6 \times 3$ ،  $8 \times 3$ ،  $10 \times 3$  و یونجه خالص در گروه‌های دیگر قرار گرفتند (شکل ۶). جدول ۵ مقادیر آماره‌های میانگین، ضریب تغییرات و دامنه تغییرات را برای صفات مختلف نشان می‌دهد.

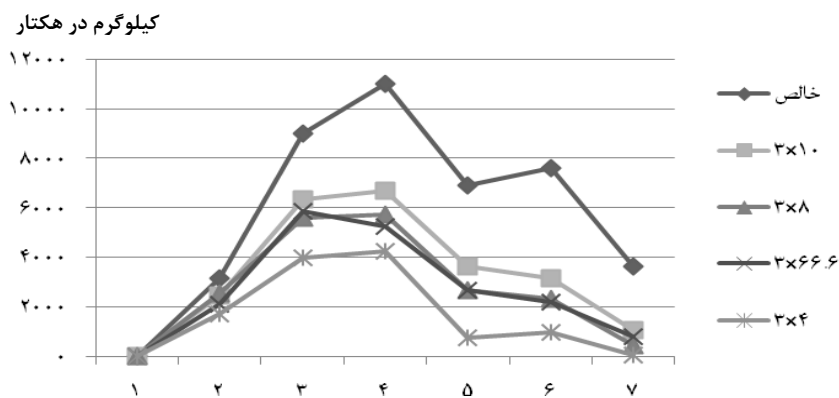
همان‌طور که اشاره شد، برخی صفات رویشی درختان در سال پایانی طرح اندازه‌گیری شدند. جدول ۲ مقادیر میانگین و مقایسه آنها را به روش دانکن نشان می‌دهد.

یکی از مهم‌ترین صفات مورد بررسی در این تحقیق، وزن تولیدی یونجه در هر هکتار به کیلوگرم است. جدول تجزیه واریانس این صفت، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف در سطح ۱ درصد نشان می‌دهد (جدول ۳). گروه‌بندی تیمارها (جدول ۴) نشان می‌دهد که تیمار یونجه خالص با میانگین  $7507$  کیلوگرم وزن خشک یونجه در سال و در هکتار در گروه A، تیمار  $10 \times 3$  متر با میانگین  $4788$  کیلوگرم در گروه B، تیمار  $8 \times 3$  متر با میانگین  $4265$  کیلوگرم در گروه C، تیمار  $6/66 \times 3$  متر با میانگین  $3991$  کیلوگرم در گروه C و تیمار  $4 \times 3$  متر با میانگین  $2549$  کیلوگرم ماده خشک یونجه در سال و در هکتار، کمترین مقدار را دارند و در گروه D قرار می‌گیرند. مشاهده روند تغییرات تولید یونجه حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار بین سال‌ها (زمان) و تیمارها (فواصل کاشت) است. بر اساس جدول ۳، نه تنها سال‌های مختلف تولید یونجه تفاوت معنی‌داری با هم دارند که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، بلکه اثر متقابل سال و تیمار هم در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. بر این اساس، سال سوم پس از کاشت یونجه با میانگین تولید  $6603$  کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار را داشت و سال‌های دوم، چهارم و اول به ترتیب با مقادیر  $6151$ ،  $3330$  و  $2395$  کیلوگرم در هکتار در مکان‌های بعدی قرار گرفتند. شکل ۴ میانگین تولید یونجه به کیلوگرم ماده خشک در هکتار برای سال‌ها و تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد.

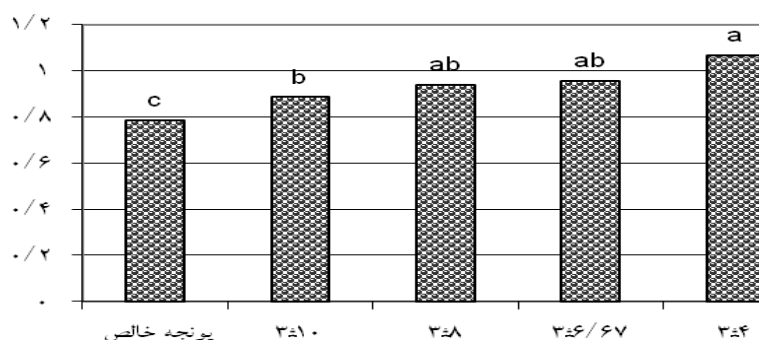
جدول ۴ بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار از نظر ارتفاع ساقه یونجه بین تیمارها در سطح ۵ درصد است. گروه‌بندی



شکل ۴- میانگین تراکمی مقادیر وزن خشک یونجه در تیمارها و سال‌های مختلف به کیلوگرم در هکتار



شکل ۵- تغییرات میانگین تولید یونجه در هکتار در تیمارهای مختلف



شکل ۶- مقادیر نسبت وزن خشک برگ یونجه به ساقه یونجه در تیمارهای مختلف و گروه‌بندی آنها به روش دانکن (حرف a برای بیشترین تا c برای کمترین مقدار)

#### تجزیه خاک

تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش خاک‌شناسی با تجزیه واریانس کلیه متغیرها نشان داد که از نظر pH، EC، درصد ازت کل، کلسیم، پتاسیم، و درصد شن، سیلت و رس، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و عمق نمونه‌برداری در سطح ۵ درصد وجود ندارد، اما فقط برای پتاسیم، عمق ۱۵-۰ با مقدار ۴/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، اختلاف معنی‌داری با عمق ۳۰-۱۵ با ۳/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارد. از نظر سدیم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در سطح ۵ درصد وجود دارد، ولی بین عمق نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از نظر فسفر جذب‌شدنی به دلیل وجود اختلاف بین آزمایش‌های دو آزمایشگاه مختلف فقط به ارائه

مقادیر برخی از تیمارها اکتفا شد (جدول ۶). در هر حال به نظر می‌رسد نتایج آزمایش‌های خاک که در سال پنجم اجرای طرح انجام گرفت، اختلاف عمیقی را بین تیمارها نشان نمی‌دهد و تأثیرات اعمال کشت تلفیقی تا این مرحله از تحقیق نتوانسته بر خاک عرصه تغییراتی ایجاد کند. در جدول ۷ به‌طور خلاصه، مزیت کشت تلفیقی صنوبر با یونجه در مقایسه با تیمارهای خالص نشان داده شده است. این مزیت هم از جنبه‌های تنوع تولید برای زارع اهمیت خواهد داشت و هم به لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی ارزشمند خواهد بود. هر چند قضاوت دقیق‌تر به تحقیقات بیشتری نیازمند است.



جدول ۶- میانگین مؤلفه‌های مختلف تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک برای تیمارها در عمق‌های نمونه‌برداری

ردیف	تیمار	با یونجه ۴×۳		خالص ۴×۳		۶×۳		۸×۳		۱۰×۳		یونجه خالص
		۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	
	عمق	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	
	آزمایش	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	۱۵-۳۰	۰-۱۵	
۱	pH	۷/۷۷	۷/۱۸	۷/۷۳	۷/۷	۷/۷	۷/۷	۷/۷۳	۷/۷	۷/۷۳	۷/۷	۷/۷
۲	(ds/m) EC	۲/۰۱	۱/۷۴	۱/۶۷	۲/۲۳	۲/۲۷	۲/۰۸	۲/۳۲	۱/۸۵	۱/۸۳	۱/۹۴	۲/۰۱
۳	ازت کل (درصد)	۰/۰۹۳	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۳	۰/۰۹۳	۰/۰۷۳	۰/۰۹۳	۰/۰۸۰	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۸۳
۴	کلسیم	۲۳/۰۷	۲۰/۰۳	۲۰/۰۳	۲۹/۱۳	۲۶/۱۰	۲۶/۱۰	۲۹/۱۳	۲۰/۰۳	۲۳/۰۷	۲۳/۰۷	۲۶/۱۰
۵	سدیم	۱۵/۴۰	۱۵/۱۳	۱۳/۸۰	۱۶/۴۳	۱۶/۲۷	۱۵/۳۰	۱۷/۴۷	۱۵/۶۳	۱۳/۱۰	۱۳/۴۰	۱۶/۴۰
۶	پتاسیم	۴/۶۰	۲/۲۳	۴/۲۷	۳/۹۳	۵/۳۳	۲/۹۰	۶/۶۷	۴/۶۰	۳/۶۰	۲/۲۳	۲/۵۷
۷	کربن (درصد)	---	---	---	۰/۵۹	---	۰/۵۵	---	---	۱/۰۷	---	۰/۶۹
۸	فسفر	---	---	---	۵	---	۳/۲	---	---	۵	۵/۸	۳
۹	درصد شن	۴۱/۲۳	۴۶/۵۰	۴۲/۵۳	۴۱/۹۰	۴۶/۵۷	۴۵/۱۷	۴۰/۵۳	۴۲/۵۷	۴۹/۲۰	۵۰/۵۳	۴۵/۲۳
۱۰	درصد سیلت	۳۱	۲۷/۱۳	۲۹	۲۹/۷۳	۳۳/۷۰	۲۹/۰۷	۳۱	۲۹/۸۰	۲۲/۴۰	۲۵/۶۷	۳۳/۷۰
۱۱	درصد رس	۲۷/۷۷	۲۶/۳۷	۲۸/۴۷	۲۸/۳۷	۱۹/۷۳	۲۵/۷۷	۲۸/۴۷	۲۷/۶۳	۲۸/۴۰	۲۳/۸۰	۲۱/۰۷

جدول ۷- میانگین مقادیر تولید ماده خشک یونجه و چوب صنوبر در سال و در تیمارهای مختلف

تولید	تیمارها		۴×۳ متر	۴×۳ متر	۶×۳ متر	۸×۳ متر	۱۰×۳ متر	یونجه خالص
	با یونجه	صنوبر خالص						
ماده خشک یونجه (کیلوگرم در هکتار و سال)	۲۵۵۰	--	۳۹۹۲	۴۲۶۶	۴۷۸۹	۷۵۰۸		
رویش چوب (متر مکعب در هکتار و سال)	۱۸/۳۷	۸/۳۳	۱۰/۹۹	۱۱/۰۶	۶/۴۶	--		

## بحث

در نهایت افزایش حجم درختان در سال‌های نهایی این تحقیق ممکن است به علت اجرای عملیات هرس باشد. هر چند در سال پایانی طرح، مقادیر رویش سیر نزولی پیدا کرد. البته برای بررسی تأثیر هرس، به تحقیقات تخصصی و بیشتری نیاز است. در این تحقیق، اجرای هرس نتوانست بر تولید یونجه اثر مستقیمی نشان دهد. دلیل عدم مشاهده تأثیر مستقیم هرس بر تولید یونجه را می‌توان به وجود نور کافی قبل از هرس در تیمارهای مورد بررسی در سال‌های اولیه نسبت داد. البته تأثیر هرس در تیمارهای با فاصله کاشت کمتر، ممکن است بیشتر باشد.

مشاهده بیشترین مقدار حجم چوب سرپا در هکتار به متر مکعب در فاصله کاشت ۴×۳ متر همراه با یونجه و در نتیجه، رویش حجمی بیشتر (بیش از ۱۸ متر مکعب در سال و در هکتار) به دلیل وجود تعداد بیشتری از درختان در واحد سطح در این تیمار بوده است. ولی از نظر حجم چوب تک‌درخت مشاهده شد که تیمار ۸×۳ متر صنوبر با

نتایج این تحقیق نشان داد که کشت خالص یونجه از نظر دستیابی سریع زارع به درآمد ارجح است، اما از نظر تولید بیوماس در سال‌های اول تا سوم طرح، تیمار فاصله کاشت ۴×۳ متر صنوبر با یونجه عملکرد بهتری داشته و طی سال‌های بعد، تیمار ۸×۳ متر صنوبر با یونجه ضمن تولید چوب‌های با ارزش (بیش از ۱۱ متر مکعب چوب در سال و در هکتار)، مقادیر زیادی یونجه (بیش از ۴ تن یونجه در سال و در هکتار) تولید کرده است (جدول ۷). از آنجا که هدف سیستم‌های کشت تلفیقی، ارائه نگرش بوم‌شناختی و ترویج کشت درخت در اراضی کشاورزی مستعد فرسایش است (به‌ویژه در اراضی حاشیه رودخانه‌ها) و به کشت درخت به‌عنوان یک مؤلفه اساسی در پایداری و استمرار تولید اهمیت داده می‌شود، بر اساس دیدگاه‌های (Kort & Turnock, 1999)، تلفیق کشت درختان صنوبر و محصولات زراعی علوفه‌ای موجب افزایش تنوع درآمدی زارعان می‌شود. افزایش قطر و ارتفاع نهال‌ها و

رحمتی (۱۳۸۲) در شرایط کرج بهترین گزینه بوده است. تا سال پنجم طرح، این کلن هم در تحقیقات مزبور و هم در تحقیق اسدی و همکاران (۱۳۸۳) در مقابل آفات و امراض مقاومت نشان داد. از آنجا که کلن مورد بررسی تا سال پنجم شتاب رشد چندانی نداشت و براساس ویژگی‌های آن، در سال‌های آتی انتظار افزایش رشد وجود داشت، این انتظار برای فواصل کاشت بیشتر، بالاتر بود. اما برخلاف انتظار، تیمار ۴×۳ متر صنوبر با یونجه تولیدات حجمی بسیار بهتری نسبت به دیگر تیمارها نشان داد و عوامل غیرزنده مانند برف و باد سبب آسیب‌دیدگی بیشتر تاج درختان در فواصل کاشت بیشتر و در نتیجه شکستن تعداد بیشتری از درختان در این فواصل کاشت شدند. در خاتمه می‌توان به دو مسئله اساسی اشاره کرد: ۱- افزایش فاصله کاشت برای این درخت غیربومی مقاومت آن را در برابر باد در سال‌های پایانی طرح کاهش داد؛ ۲- برای کشت‌های تلفیقی با استفاده از درختان بومی در فواصل کاشت کمتر از ۱۰×۳ متر یا ۸×۳ متر، می‌توان تیماری مانند ۶×۳ متر را توصیه کرد.

### سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت شورای پژوهش‌های علمی کشور و امکانات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام گرفت. شایسته است از مسئولان هر دو نهاد صمیمانه سپاسگزاری کنیم.

### منابع

اسدی، فرهاد، محسن کلاگری، رفعتا. قاسمی و رضا باقری، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر فاصله کاشت بر عملکرد صنوبر و یونجه در کشت تلفیقی، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۴): ۴۸۰-۴۵۵.

ساداتی، سید احسان، رضا عارفیان و فرهاد اسدی، ۱۳۸۷. تأثیر فاصله کاشت بر تولید صنوبر و گندم در کشت تلفیقی، دومین همایش ملی صنوبر و اهمیت آن در زراعت چوب، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. ۱۸-۱۶ اردیبهشت: ۱۶۴-۱۵۸.

شامخی، تقی (مترجم)، ۱۳۸۵. بی‌شده زراعی (آگروفارستری)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۶۰ ص.

یونجه، بهترین وضعیت و تیمار ۴×۳ متر صنوبر همراه با یونجه برای هر درخت کمترین مقدار را داشته است. این امر ممکن است انتخاب تیمار برتر را از ۴×۳ متر صنوبر با یونجه، به سمت ۸×۳ متر سوق دهد. از نظر قطر درختان، نیز چنین وضعیتی مشاهده شد، اما از نظر ارتفاع درختان، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. این نتایج با گزارش Roger & Johnson (1984) مطابقت دارد. تحلیل وضعیت مقادیر رویش قطری این است که پس از گذشت ۸ سال، بین تیمارها اختلاف معنی‌دار زیادی حاکم نشده است، ولی اثر زمان به دلیل وجود فواصل کاشت مختلف، کاملاً معنی‌دار بود. چون در فواصل کاشت کم به دلیل افزایش رقابت در سال‌های بالاتر، مقدار رویش قطری، کمتر از فواصل کاشت زیاد است.

از نظر مقدار تولید یونجه، تیمار ۸×۳ متر بر تیمار ۴×۳ متر صنوبر برتری دارد. روند تولید یونجه نشان می‌دهد که اگر از تیمار یونجه خالص که همیشه بیشترین مقدار را داراست و اصولاً دیگر مزایای کشت‌های تلفیقی را ندارد، چشم‌پوشی کنیم، با افزایش فاصله کاشت، همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، به دلیل افزایش سطح زیر کشت یونجه، مقادیر بیشتری حاصل شود. اما از نظر آماری تیمارهای ۱۰×۳ متر و ۸×۳ متر به ترتیب در گروه‌های b و c قرار گرفتند. در چنین وضعیتی انتخاب تیمار ۸×۳ متر به دلیل وجود درختان بیشتر و حصول چوب بیشتر (بر اساس جدول ۷، نزدیک به ۲ برابر تیمار ۱۰×۳ متر) برتری خواهد داشت. بر اساس جدول تجزیه واریانس تولید یونجه، مشاهده شد که بین سال‌های مختلف نیز تفاوت‌های چشمگیری در تولید یونجه وجود دارد. یونجه همدانی هفت‌ساله در شرایط کشت تلفیقی با تیمارهای مختلف به‌طور میانگین بیشترین تولید را در سال‌های سوم و دوم داشت، به‌طوری‌که متوسط تولید در تیمارهای کشت تلفیقی در این دو سال با متوسط تولید در تیمار یونجه خالص تفاوت چندانی نشان نداد. این دستاورد ممکن است بیانگر این واقعیت باشد که تا سال سوم، درختان هنوز تأثیر منفی بر تولید زیرکشت یونجه نداشته‌اند. کلن انتخاب‌شده صنوبر (*Populus nigra betulifolia*) به دلیل کندرشد بودن در سال‌های اولیه و افزایش رویش آن از ۵ سالگی به بعد، بر اساس نتایج تحقیقات قاسمی و مدیر

- Ranasingh, O. M. S. H. K. & G. J. Mayhead, 1990. The effect of Intercropping *Populus* 'RAP' With Beans, *Forestry*, 63 (3): 271-277.
- Rao, M.R. & J.H. Roger, 1990. Agroforestry field experiments: discovering the hard facts part two: agronomic considerations, *Agroforestry Today*, 2: 11-15.
- Reynolds, P.E., J.A. Simpson, N.V. Thevathasan & A.M. Gordon, 2007. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in Southern Ontario. Canada, *Ecological Engineering*, 29:362-371.
- Rivest, D., A. Coglisatro, A. Vanasse & A. Olivier, 2008. Production of soybean associated with different hybrid poplar clones in a tree-based intercropping system in southwestern Quebec, Canada, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 131:51-60.
- Rivest, D., A. Coglisatro & A. Olivier, 2009. Tree-Based intercropping systems increase growth and nutrient status of hybrid poplar: A case study from two Northeastern American experiments. *Journal of Environmental management*, 91:432-440.
- Rivest, D & A. Olivieri, 2007. Allelopathic potential of five agroforestry trees, *Forestry Chronicle*, 83 (4): 526-538.
- Roger, M.K. & R.L. Johnson, 1984. Cottonwood plantation growth through 20 years. Res. Pap. SO-212. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 11 pp.
- Shanmughave, P., 2004. The techniques in Forestry. The Diamond printing press, Jaipur 302 004 (Raj) India, 182pp.
- Singh, H.P., R.K. Kohli & D.R. Batish, 2001. Allelopathic interference of *Populus deltoides* with some winter season crops, *Agronomie*, 21:139-146.
- Stamps, W.T. & M.J. Linit, 1999. The problem of experimental design in temperate agroforestry, *Agroforestry Systems*, 44: 187-196.
- Thevathasan, N.V. & A.M. Gordon, 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperature region: experiences from southern Ontario, Canada, *Agroforestry Systems*, 61: 257-268.
- Wanvestraut, R.H., S. Jose, P.K.R. Nair & B.J. Breck, 2004. Competition for water in a pecan (*Carya illinoensis* K.)-cotton (*Gossypium hissutum* L.) alley cropping system in the southern United States, *Agroforestry System*, 60:167-179.
- قاسمی، رفعتا. و علیرضا مدیر رحمتی، ۱۳۸۲. آزمایش سازگاری و بررسی میزان تولید چوب کلن‌های مختلف صنوبر (کلن‌های تاج بسته) در منطقه کرج، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۱(۳): ۳۹۰-۳۵۹.
- Allen, S.C., S. Jose, P.K.R. Nair, B.J. Brecke & C.L. Ramsey, 2004. Competition for <sup>15</sup>N-labeled fertilizer in a Pecan (*Carya illinoensis* K.)-Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) alley cropping system in the Southern United States, *Plant soil*, 263: 151-164.
- Chirko, C.P., M.A. Gold, P.V. Nguyen & J.P. Jiang, 1996 a. Influence of direction and distance from trees on wheat yield and photosynthetic photon flux density (QP) in a *paulownia* and wheat intercropping system, *Forest Ecology Management*, 83: 171-180.
- Chirko, C.P., M.A. Gold, P.V. Nguyen & J.P. Jiang, 1996 b. Influence of orientation on wheat yield and photosynthetic photon flux density (QP) at tree and crop interface in a *paulownia* and wheat intercropping system, *Forest Ecology Management*, 89: 149-156.
- Duhkia, R. S., S. Ram & K. S. Bangarwa, 1989. Forage productivity of Faba Bean under various species of poplar (*Populus deltoides*) tree in an agroforestry system. FABIS Newsletter, 25: 31-32.
- Jose, S., A.R. Gillespie, J.R. Seifert & D.J. Biehle, 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the Midwestern USA. 2. competition for water, *Agroforestry Systems*, 48: 41-59.
- Kort, J. & R. Turnock, 1999. Carbon reservoir and biomass in Canadian prairie shelterbelts, *Agroforestry Systems*, 44: 175-186.
- Miller, A.W. & S.G. Pallardy, 2001. Resource competition across the tree-crop interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri, *Agroforestry System*, 53: 247-259.
- Misra, K.K., P.N. Rai & H.R. Jaiswal, 1996. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh), *Indian Forester*, January: 65-68.
- Newman, S.M., K.Bennett & Y. Wu, 1998. Performance of maize, beans and ginger as intercrops in *paulownia* plantations in China, *Agroforestry Systems*, 39: 23-30
- Peng, X., Y. Zhang, J. Cai, Z. Jiang & S. Zhang, 2009. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau, *Agroforestry Systems*, 76: 569-577.

## Final results of intercropping of poplar and alfalfa in Karaj

F. Asadi<sup>\*1</sup>, M. Calagari<sup>1</sup>, R. Ghasemi<sup>2</sup> and R. Bagheri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran

<sup>2</sup>Senior Research Expert, Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran

<sup>3</sup>Expert of Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran

(Received: 29 January 2010, Accepted: 28 October 2011)

### Abstract

For some reasons, increasing poplar spacing in traditional poplar farming is not accepted by farmers. Scientific investigations has shown that for increasing wood quality, selection of optimum spacing, appropriate harvesting time, and cultivation of agricultural crops between tree rows, specially at early years would increase productivity and poplar cultivation area. Therefore, in this study *populus nigra betulifolia* seedlings were planted as randomized complete block design with three replicates and four mixed poplar and alfalfa treatments with tree spacing including 3X4, 3X6.66, 3X8, and 3X10 m also 2 control treatments namely sole (pure) alfalfa and pure trees (3X4m). Plot size was 1200 square meters. We investigated some important attributes during the years 1998-2008. Irrigation operation was done during the growing seasons. Ten distinctive growth attributes in conjunction with poplar and alfalfa were recorded on the treatments at different stages and suitable times during the study period. The data were analyzed using univariate and multivariate statistical methods. The study is aimed at evaluating the performance of poplar production intercropped with alfalfa. Results showed that the most amount of tree height growth belonged to mixed treatments including 3X4, 3X8 and 3X6.66 m with 159, 158 and 142 cm, respectively. Regarding the wood volume growth per hectare, the most amounts belonged to the same treatments with 18.4, 11.1 and 10.99 cubic meters, respectively. Also the most amount of dry weight production of alfalfa belonged to sole alfalfa, 3X10 and 3X8 m treatments with 7507, 4788 and 4265 kg per hectare, respectively. All of attribute amounts showing differences among treatments were significantly different at 5% level of probability. There was no significant difference among the spacing after 11 intercropping years for branch diameter and annual tree growth diameter. Meanwhile, for some attributes there were significant differences among years and interaction between treatments and years. As a final result, the suitable planting spacing of tree in Poplar/alfalfa intercropping system is 3X6.6 m according to the site conditions.

**Key words:** Intercropping, Poplar yield, Alfalfa yield, Spacing.