

بررسی تأثیر فاصله کاشت بر عملکرد صنوبر و یونجه در کشت تلفیقی*

فرهاد اسدی^۱، محسن کلاگری^۱، رفعت اله قاسمی^۱ و رضا باقری^۱

چکیده

گونه‌های مختلف صنوبر جهت تولید چوب در بسیاری از مناطق کشور کاشته می‌شوند. این درختان به طور سنتی با فاصله اندک کشت می‌شوند که در چنین وضعیتی فضای کافی برای رویش مناسب درختان وجود ندارد. از سوی دیگر افزایش فاصله کاشت به دلایل مختلف مورد اقبال عمومی قرار نمی‌گیرد و کشاورزان قبل از پذیرش هر سیستم جدید، اهمیت زیادی را برای کسب درآمد مستمر قائل می‌شوند. از این رو علاوه بر تولیدات چوبی، درآمد مکمل از زمین یکی از عوامل مؤثر در پذیرش کشت تلفیقی صنوبر محسوب می‌گردد. بنابراین در این تحقیق کشت تلفیقی صنوبر در فواصل کاشت بیشتر با محصولات علوفه‌ای جهت افزایش بهره‌وری مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه نهالهای کلن صنوبر *Populus nigra betulifolia* در قالب یک طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار با فواصل کاشت درختان شامل ۴×۳، ۶/۶۶×۳، ۸×۳ و ۱۰×۳ متر صنوبر با یونجه به همراه دو تیمار صنوبر خالص (۴×۳ متر) و یونجه خالص در سال ۱۳۷۷ کاشته شدند و تا سال ۱۳۸۲ مورد مطالعه قرار گرفتند. مساحت هر پلات ۱۲۰۰ متر مربع بود. کلیه عملیات داشت انجام شد و تعداد ۱۰ مؤلفه رویشی مربوط به درختان و یونجه در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شدند و با استفاده از روشهای تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی و تجزیه علیت مورد تحلیل قرار گرفتند. این تحقیق به منظور ارزیابی تولید یونجه و چوب صنوبر در کشت تلفیقی انجام گردید. نتایج نشان دادند که بیشترین رویش ارتفاعی درختان متعلق به تیمارهای مخلوط ۳×۴، ۳×۸ و ۳×۶/۶۶ متر به ترتیب با رویش ۱۵۱، ۱۴۱ و ۱۳۶ سانتیمتر بود. از نظر موجودی حجم چوب در هکتار بیشترین مقادیر مربوط به همان تیمارها و به ترتیب با ۳۱/۷، ۲۰ و ۱۹ متر مکعب بود. همچنین از نظر تولید ماده خشک یونجه در هر هکتار بیشترین مقادیر در تیمارهای یونجه خالص، ۳×۱۰ و ۳×۸ متر به ترتیب با ۷۵۰۷، ۴۷۸۸ و ۴۲۶۵ کیلوگرم حاصل شد. کلیه مقادیر هر صفت که تفاوت‌های معنی‌داری را نشان داده بودند، در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. برای صفاتی مانند رویش قطری و قطر شاخه درختان اختلاف‌های معنی‌داری مشاهده نشد. ضمن آن که برای برخی از صفات اثر زمان و اثر متقابل تیمار در زمان معنی‌دار بود.

* این مقاله از طرح تحقیقاتی شماره ۰۷۸۸-۰۳۱۰۶۹۰۹۰۸-۰۳۱۰۶۹-۰۳۱۰۶۹ مصوب مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع استخراج شده است.

۱- اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، پست الکترونیکی: F. Asadi @ rifr-ac.ir

واژه‌های کلیدی: کشت تلفیقی، عملکرد صنوبر، عملکرد یونجه، تجزیه علیت

مقدمه

تغییرات قیمت محصولات کشاورزی و خطرپذیر بودن تک کشتی چه به لحاظ اقتصادی و چه به لحاظ اکولوژیکی، گرایش به سمت افزایش تنوع محصول را گسترش داده است. با پرورش انواع محصولات، کشاورزان گزینه‌های بیشتری برای فروش خواهند داشت. چنین نگرشی در شیوه‌های استفاده از سرزمین با دیدگاه تولید چوب در جنگل‌کاریهای مصنوعی نیز پسندیده تر خواهد بود، چرا که افزایش تنوع محصول با گیاهان یک ساله یا چند ساله به همراه کشت درخت در استفاده مطلوب از منابع و نهاده‌ها، همچنین افقهای مختلف خاک در حفظ و پایداری خاک و بهبود بهره‌وری مؤثرتر است (Thevathasan و Gordon, ۱۹۹۷).

دستیابی به روشهای تولید چوب بیشتر در جنگلداری پایدار می‌تواند یک راهکار اساسی جهت کاهش فشار بر جنگلهای باقیمانده باشد. صنوبرکاری در مناطق مختلف کشور یکی از مهمترین روشهای بهره‌وری از زمین جهت نیل به این هدف است که از دیرباز در حاشیه مزارع، باغها و به‌طورعام در حاشیه رودخانه‌های کشور گسترش داشته است. ویژگی صنوبرکاری با وضعیت موجود به سبب دیر بازده بودن آن نسبت به محصولات زراعی و علوفه‌ای، مانع گسترش این فعالیت ارزشمند گردیده است (اسدی، ۱۳۷۳). از این رو اعمال روشهایی که بتوانند در همان سالهای اولیه عایدی مناسبی برای زارع داشته باشند و توأم با آن به کشت درخت به‌عنوان یک مؤلفه اصلی بپردازند، پیشینه نسبتاً طولانی به ویژه در کشورهای در حال توسعه دارد. این روش که از آن به تلفیق جنگل و زراعت (Agroforestry) تعبیر می‌شود دارای سیستمها و مؤلفه‌های مختلفی است که یکی از آنها کشت تلفیقی جنگل و زراعت به‌صورت دالانی (Hedgrow Intercropping) است. اجرای این سیستم بهره‌وری از زمین دارای دستورات عملی و ضوابطی برای انتخاب درخت و گیاه همراه در عرصه و شرایط اقلیمی

مورد نظر است. درخت مناسب جهت کشت در سیستمهای تلفیقی باید دارای خصوصیاتمانند امکان استقرار در رویشگاه مورد نظر، تنه صاف، تاج باریک، ریشه عمیق، استحکام در برابر باد، اثرات منفی کم بر روی گیاه همراه و ارزشهای اقتصادی و اجتماعی و غیره باشد. یافتن نوعی از درختان که همه خصوصیات فوق را داشته باشند، میسر نیست، بنابراین برآیند خصوصیات فوق باید توجیه پذیر باشد. یک گونه درختی در سیستمهای کشت تلفیقی باید بدون حضور سایر گونه‌های درختی (برخلاف آنچه که در عرصه‌های طبیعی دیده می‌شود) و در همسایگی گیاه کف قادر به ادامه حیات باشد (شامخی، ۱۳۷۶).

در مرکز بین المللی تحقیقات آگروفارستری که ۲۰ سیستم متفاوت بررسی می‌شوند تا سال ۱۹۹۰ بیش از ۴۰ درصد تحقیقات به مطالعه کشت تلفیقی دالانی اختصاص داشته است (Singh و همکاران، ۱۹۹۰).

با وجود پیش‌بینی درآمدهای زیادتر به‌ویژه در سالهای اولیه در کشتهای تلفیقی، نگرش صرفاً اقتصادی در سیستمهای آگروفارستری پسندیده نیست. از آنجا که در چنین سیستمهایی حداقل دو مؤلفه درخت و گیاه همراه در کنار هم زندگی می‌کنند، اثرات متقابل و دستیابی به حداکثر بهره‌وری و پایداری از دیدگاه بوم‌شناختی به همراه نگرشهای اقتصادی باید مد نظر قرار گیرد (Singh و همکاران، ۲۰۰۱).

از آنجا که تاکنون در مورد واکنش گیاهان همراه با صنوبرها و ارزیابی مناسبترین فاصله کاشت آنها مطالعات خاصی در کشور انجام نشده، برای کشاورزان انتخاب دقیق گیاه همراه و فاصله کاشت صنوبر مشکل است. از این روی ضرورت مطالعه اثرات متقابل درختان صنوبر در ارتباط با محصولات زراعی و علوفه‌ای مختلف و در فواصل کاشت متفاوت احساس می‌گردد.

صنوبر درختی سریع‌الرشد است که نسبت به سایر گونه‌های خزان‌کننده یا همیشه سبز بیوماس بیشتری را تولید می‌کند (Dickmann و Stuart، ۱۹۸۳). این درختان

همچنین همراه با محصولات کشاورزی به‌عنوان یک منبع قابل توجه تولید درآمد در برخی از کشورهای در حال توسعه مطرح هستند (Misra و همکاران، ۱۹۹۶). در جنوب هند صنوبرها به‌صورت کشت تلفیقی کوچک مقیاس با گندم، سویا (Soybean) و سایر محصولات کشت می‌گردند. در این کشور کاشت گونه‌های گندم، سویا، و سنبل هندی در کنار درختان صنوبر در فواصل $۳/۷۵ \times ۵$ ، $۲/۵ \times ۵$ ، $۱/۲۵ \times ۵$ ، ۱×۵ ، $۳/۷۵ \times ۱۰$ (ردیفهای دوتایی)، $۲/۵ \times ۱۰$ (ردیفهای دوتایی)، و ۱×۱۰ متر و اثرات متقابل آنها مورد بررسی قرار گرفته است (Misra و همکاران، ۱۹۹۶). در یک بررسی دو گونه از بقولات در فواصل ۲۵×۲۵ سانتیمتر با و یا بدون کشت قلمه صنوبر در فواصل $۰/۵ \times ۲$ متر و $۰/۵ \times ۳$ متر مورد بررسی قرار گرفتند که براساس نتایج حاصل بعد از ۲ سال حضور بقولات منجر به افزایش ارتفاع، قطر و تولید ماده خشک صنوبر در هکتار گردید، اما محصول بقولات در پایان سال دوم در کنار صنوبر کاهش یافت، ولی در سال اول هیچ‌گونه کاهشی مشاهده نگردید (Ranasingh و Mayhead، ۱۹۹۰). همچنین Dhukia و همکاران (۱۹۸۹) تولید باقلا را تحت زیر کشت گونه‌های مختلف صنوبر مورد مطالعه قرار دادند.

به اعتقاد Shanmughave (۲۰۰۴)، آزمایشهای میدانی کشت تلفیقی محصولات زراعی با درختان به طور قابل ملاحظه‌ای مشکل‌تر از تحقیقات مربوط به محصولات کشاورزی یکساله هستند، ضمن آنکه ارزیابی نتایج چنین آزمایشهایی نیز وضعیت پیچیده‌ای دارد.

به منظور نشان دادن چگونگی اثرات متقابل دو گیاه مختلف در یک تحقیق و مقایسه با تک کشتی، وجود تیمارهای شاهد از هر دو گونه ضرورت دارد (Stamps و Linit، ۱۹۹۹). بدون تیمار شاهد امکان بررسی اثرات مثبت و منفی دو گونه بر هم وجود ندارد، بنابراین مشکل اصلی در این مرحله یافتن منطقه مناسب، زمان کافی، نیروی کافی و بودجه مناسب برای تحقیق است (Roger و Rao، ۱۹۹۰).

در هر حال صنوبرها به طور موفقیت آمیزی در کشت تلفیقی دالانی با محصولاتی نظیر جو، گندم، ذرت، کدو، و یونجه در فواصل کاشت مختلف مورد مطالعه قرار گرفتند.

در سیستمهای کشت تلفیقی چون با مؤلفه‌های زیادتری سروکار داریم، با بررسی روابط علت و معلولی بین صفات با استفاده از تجزیه علیت می‌توان اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف را بر یکدیگر ارزیابی نمود. در این بررسی جمع جبری اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیر مستقل بر صفت وابسته همان ضریب همبستگی ساده است (Mirzaie - Nadoushan، ۲۰۰۱).

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در اراضی مرکز تحقیقات البرز وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع انجام شد. این مرکز در ۷ کیلومتری جنوب شهر کرج واقع است. خاک ایستگاه از رسوبهای آبرفتی شنی رسی با عمق متوسط ۶۰ سانتیمتر تشکیل شده و pH آن برابر ۷/۷ می‌باشد.

به منظور تولید نهال از کلن صنوبر *Populus nigra betulifolia*، تعداد ۳۰۰۰ قلمه با قطر ۲ سانتیمتر و طول ۲۵ سانتیمتر انتخاب شده و در بهار سال ۱۳۷۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات البرز کرج کاشته شدند. برای انتقال نهالها به زمین اصلی، ابتدا در عرصه‌ای به مساحت ۲/۵ هکتار، عملیات آماده‌سازی زمین انجام شد و پس از حفر چاله‌های با عمق ۶۰ سانتیمتر، نهالهای مناسب در قالب یک طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۶ تیمار و در مجموع ۱۸ پلات با ابعاد ۳۰ متر در ۴۰ متر در اسفند ۱۳۷۷ کاشته شدند. تیمارها شامل فواصل کاشت درختان صنوبر با ابعاد ۴×۳، ۶/۶۶×۳، ۸×۳، و ۱۰×۳ متر با یونجه به همراه دو تیمار شاهد یونجه خالص و صنوبر

خالص (۴×۳ متر) بود، جدول شماره (۱). در پاییز سال ۱۳۷۸ عملیات کاشت یونجه همدانی آغاز شد. به این ترتیب که پس از آماده‌سازی زمین، بذریاشی یونجه در تیمارهای مختلف به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار در حد فاصل ۰/۵ متری ردیفهای کاشت صنوبر انجام و دیسک زده شد (شکل شماره ۶). مسیر آبیاری یونجه و صنوبر به دلیل نیازهای آبی متفاوت این دو گونه به صورت جداگانه طراحی شد، به طوری که بتوان بدون هرگونه آبیاری یونجه صنوبرها را آبیاری نمود. در هر سال در طول فصل رویش یونجه، ۳ یا ۴ برداشت با ماشین انجام شد و کلیه یونجه‌ها در هر برداشت پس از خشک شدن در هوای آزاد، به صورت جداگانه وزن شده و یادداشت شدند. در این مدت ضمن اجرای یک هرس سبک در سال دوم و یک هرس نیمه سنگین درختان در سال چهارم اجرای طرح، اندازه‌گیری‌هایی نیز از مؤلفه‌های رویشی نهالهای صنوبر شامل وضعیت رویش ارتفاعی و رویش قطری نهالها، مساحت تاج درختان، زاویه شاخه نهالها، تعداد شاخه‌های طویل‌تر از ۳۰ سانتیمتر، طول آنها و متوسط قطر شاخه‌های هر تیمار انجام گردید.

جدول شماره ۱- مشخصات تیمارهای مختلف کشت تلفیقی صنوبر و یونجه

ردیف	تیمارها (فواصل کاشت)	تعداد درخت در هر پلات	تعداد درخت در هر هکتار	مساحت هر پلات به متر مربع	مساحت زیر کشت یونجه به متر مربع
۱	۳×۴	۱۲۱	۸۳۳	۱۲۰۰	۹۰۰
۲	۳×۶/۶۶	۷۷	۵۰۰	۱۲۰۰	۱۰۱۸/۸
۳	۳×۸	۶۶	۴۱۶	۱۲۰۰	۱۰۵۰
۴	۳×۱۰	۵۵	۳۳۳	۱۲۰۰	۱۰۸۰
۵	۳×۴ صنوبر خالص	۱۲۱	۸۳۳	۱۲۰۰	-
۶	یونجه خالص	-	-	۱۲۰۰	۱۲۰۰

علاوه بر تعیین مقادیر تولید ماده خشک یونجه در هوای آزاد برای هر تیمار و هر

فصل رویش (شکل شماره ۷)، به منظور تعیین صفات تعداد پایه یونجه و ارتفاع ساقه‌های آن در قطعات نمونه یک متر مربعی در هر پلات تعداد ۶ قطعه نمونه در نظر گرفته شد، به طوری که این قطعات نمونه به صورت تصادفی سیستماتیک (در سه ردیف وسطی) و به فاصله ۶ متر از هم در سطح پلات پخش شدند. برای پلاتهای مربوط به تیمارهای با فواصل کاشت زیاد و تیمار یونجه خالص سعی شد از نزدیکترین تا دورترین فاصله به درختان از هر طرف به عنوان قطعه نمونه انتخاب شود. در این قطعات نمونه تعداد پایه یونجه و ارتفاع آنها اندازه‌گیری شد و متوسط هر قطعه نمونه در هر پلات محاسبه گردید. از اعداد بدست آمده جهت تجزیه و تحلیل آماری و تعیین تفاوت‌های آنها در هر تیمار استفاده شد. شکل شماره ۸ نمایی از رویش یونجه در فضای بین درختان را در سال دوم تحقیق نشان می‌دهد.

در مجموع صفاتی که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند شامل وزن خشک یونجه در هوای آزاد به کیلوگرم، میانگین تعداد پایه یونجه و ارتفاع ساقه‌های یونجه در قطعات نمونه یک متر مربعی به سانتیمتر، قطر درختان و رویش قطری آنها به میلیمتر، ارتفاع درختان و رویش ارتفاعی آنها به سانتیمتر، محاسبه حجم تک درخت و نیز حجم درختان به متر مکعب در هکتار، میانگین تعداد شاخه‌های درختان، زاویه شاخه، قطر شاخه به سانتیمتر، طول شاخه به سانتیمتر و مساحت تاج درختان به متر مربع بودند.

لازم به ذکر است که به دلیل کند رشد بودن گونه صنوبر مورد بررسی در سالهای اولیه (قاسمی و مدیررحمتی، ۱۳۸۲) و از آنجا که یکی از دلایل انتخاب این گونه همین کند رشدی آن در سالهای اولیه و افزایش سرعت رشد در سالهای بعدی بود، هر گونه مقایسه اقتصادی بین تیمارهای مختلف مستلزم ادامه رویش درختان و رسیدن آنها به حداکثر رویش سالانه در فصول رویش بعدی است. بنابراین در اینجا تنها تغییرات صفات مختلف یونجه و صنوبر طی ۵ سال رویش و اثرات متقابل آنها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

نتایج

به منظور مقایسه تغییرات ویژگی‌های مربوط به صنوبر و یونجه در تیمارها و سالهای مختلف آزمون تجزیه واریانس برای تک تک صفات انجام شد. در جداول شماره ۲ و ۳ 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 × زمان نشان داده شده است و جداول شماره ۴ و ۵ مقادیر میانگین صفات و گروه‌بندی تیمارها را نشان می‌دهد که به ترتیب زیر تفسیر می‌گردد:

جدول شماره ۲- مقادیر آماره‌های مختلف صفات مورد مطالعه حاصل از تجزیه واریانس (۱)

ردیف	صفات	میانگین مربعات	سطح معنی‌داری، Prob (۲)	ضریب تغییرات (%)	دامنه تغییرات
۱	حجم چوب m ³ /ha	۱۸۱/۴	(ns) ۰/۰۵۳	۳۶/۰۸	۶/۴۹-۳۴/۱۵
۲	رویش ارتفاعی صنوبر به cm	۶۵۶۷/۱۲۵	(ns) ۰/۰۵۱	۳۸/۸۵	۱۹-۳۰۶/۷۵
۳	رویش قطری صنوبر به mm	۱۰۹/۰۲۵	(ns) ۰/۰۷۰	۲۹/۸۸	۶-۴۲/۰۵
۴	مساحت تاج صنوبر به m ²	۱/۲۹۵	(*) ۰/۰۲۰	۱۹/۰۸	۱/۴۱۳-۳/۹۷۰
۵	زاویه شاخه صنوبر به درجه	۳۸۷۶۷	(**) ۰/۰۰۱	۳/۴۹	۲۹-۳۸
۶	طول شاخه صنوبر به cm	۱۸۶/۶۶۷	(**) ۰/۰۰۱	۱۰/۰۹	۱۲۰-۲۵۰
۷	تعداد شاخه صنوبر	۲۶۷۶۷	(ns) ۰/۱۴۶	۱۷/۸۶	۱۴-۲۸
۸	قطر شاخه صنوبر به cm	۰/۰۳۹	(ns) ۰/۶۸۳	۱۸/۳۶	۱-۲/۵
۹	ارتفاع پایه های یونجه به cm	۲۰۷/۰۳۵	(**) ۰/۰۱۴۹	۸/۳۰	۵۵-۸۸
۱۰	تعداد پایه یونجه در قطعات نمونه	۲۰۵/۷۴۳	(*) ۰/۰۵۲	۹/۸۴	۵۸/۳-۹۲/۵

۱- درجه آزادی برای بلوک معادل ۲، برای تیمار ۴ و برای خطا ۲۸ است.
 ۲- * و ** به ترتیب سطح معنی‌داری ۵ درصد و یک درصد و ns عدم معنی‌داری.

جدول شماره ۳- سطح معنی‌داری و درجات آزادی منابع تغییرات برای مقادیر رویش قطری صنوبر، رویش ارتفاعی صنوبر و تولید در هکتار یونجه

منابع تغییرات	درجه آزادی	رویش قطری صنوبر به میلی‌متر	رویش ارتفاعی صنوبر به سانتیمتر	تولید در هکتار یونجه به کیلوگرم
تیمار	هر سه مورد ۴	۱۰۹/۰۲۵ ns	۶۵۶۷/۱۲۵ *	۳۹۵۲۳۶۱۱ **
تکرار	هر سه مورد ۲	۲۹/۶۵۰ ns	۴۷۵۱/۶۵۲ ns	۸۳۹۵۵۶۲ **

۶۴۴۶۹۲۶**	۲۵۲۳۸/۳۶۲**	۳۶۲/۶۶۳**	۳ و ۴۲	زمان
۲۷۶۰۷۴۴**	۵۶۷۲/۵۶۶*	۳۱/۹۱۵*	۱۲ و ۱۶۸	تیمار × زمان
۶۵۴۵۳۷	۲۵۸۰/۲۳۴	۴۴/۷۲۲	۳۸ و ۴۸ ۲۸	خطا
۱۷/۵۱	۳۸/۸۵	۲۹/۸۸	-	ضریب تغییرات

جدول شماره ۴- میانگین صفات مورد مطالعه صنوبر و مقایسه آنها به روش LSD در سطح ۵ درصد

ردیف	تیمارها					صفات
	۱۰×۳	۸×۳	۶/۶۶×۳	۴×۳ صنوبر خالص	۴×۳ با یونجه	
۱	B ۱۲/۴۸۳	AB ۱۹/۴۳	AB ۲۰/۰۷۳	B ۱۲/۸۵	A۳۱/۶۷۷	حجم چوب در هکتار به m ³
۲	AB ۱۲۴/۸۴۰	A ۱۴۴/۱۸۰	A ۱۳۶/۱۳۳	B ۹۷/۶۳۷	A ۱۵۱/۰۱	رویش ارتفاعی صنوبر به cm
۳	A ۲۳/۶۲۸	A ۲۵/۴۵۰	A ۲۳/۶۸۹	B ۱۶/۴۱۱	AB ۲۲/۷۴۴	رویش قطری صنوبر به mm
۴	BC ۲/۱۵۳	A ۳/۲۰۳	A ۳/۱۱۳	AB ۲/۶۵۷	C ۱/۶۴۸	مساحت تاج به m ²
۵	A ۳۶/۶۶۷	A ۳۶/۶۶۷	A ۳۵/۰۰	B ۲۹/۶۶۷	B ۲۹/۶۶۷	زاویه شاخه صنوبر به درجه
۶	B ۱۸۰/۰۰	B ۱۸۳/۳۳	A ۲۲۰/۰۰	BC ۱۵۳/۳۳	C ۱۲۶/۶۶۷	طول شاخه صنوبر به cm
۷	AB ۱۸/۳۳	B ۱۴/۶۶۷	AB ۱۷/۰۰	A ۲۲/۶۶۷	AB ۱۶/۶۶۷	تعداد شاخه صنوبر
۸	A ۱/۳۶۷	A ۱/۵۰۰	A ۱/۴۶۷	A ۱/۵۰۰	A ۱/۲۳۳	قطر شاخه به cm

جدول شماره ۵- میانگین صفات مورد مطالعه یونجه و مقایسه آنها به روش LSD در سطح ۵ درصد

صفات	تیمارها					یونجه خالص
	۱۰×۳	۸×۳	۶/۶۶×۳	۴×۳	۳	
۱ وزن یونجه در هکتار به kg	A ۷۵۰۷/۲۹	B ۴۷۸۸/۱۳	BC ۴۲۶۵/۲۱	C ۳۹۹۱/۰۴	D ۲۵۴۹/۱۷	
۲ ارتفاع ساقه یونجه به cm	A ۷۹/۰۶	A ۷۵/۵۵	AB ۷۳/۳۳	BC ۶۲/۷۸	C ۶۰/۰۰	
۳ تعداد ساقه یونجه در هر m ²	A ۸۶/۳۹	AB ۷۸/۰۶	AB ۷۷/۲۲	B ۶۷/۵۰	B ۶۶/۳۹	

الف: صفات مربوط به صنوبر

۱- حجم چوب

مقادیر حجم چوب مورد بررسی مربوط به میزان حجم موجود چوب در هکتار در پایان فصل رویش سال ۱۳۸۲ است. براساس مقادیر موجود در جدول شماره ۴، تیمار فاصله کاشت ۳×۴ متر با یونجه با ۳۱ متر مکعب در هکتار بیشترین عملکرد حجمی را داراست. بعد از تیمار مزبور تیمارهای ۳×۶/۶۶ و ۳×۸ متر با حدود ۲۰ متر مکعب و تیمارهای ۳×۴ متر صنوبر خالص و ۳×۱۰ متر با کمترین میزان (حدود ۱۲/۵ متر مکعب) قرار می‌گیرند.

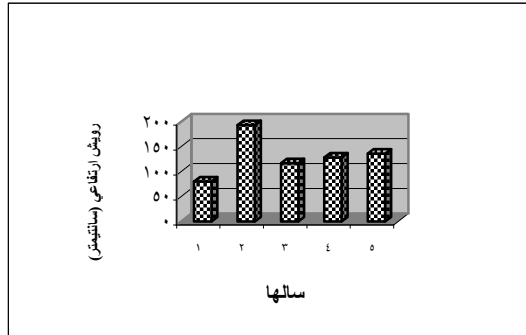
۲- رویش ارتفاعی صنوبر

رویش ارتفاعی تیمارهای ۳×۴ متر صنوبر با یونجه، ۳×۸ متر و ۳×۶/۶۶ متر به ترتیب با مقادیر ۱۵۱، ۱۴۴ و ۱۳۶ سانتیمتر در گروه A، تیمار ۳×۱۰ متر با ۱۲۵ سانتیمتر در گروه AB و تیمار ۳×۴ متر صنوبر خالص با ۹۸ سانتیمتر رویش سالانه ارتفاعی در گروه B قرار گرفتند.

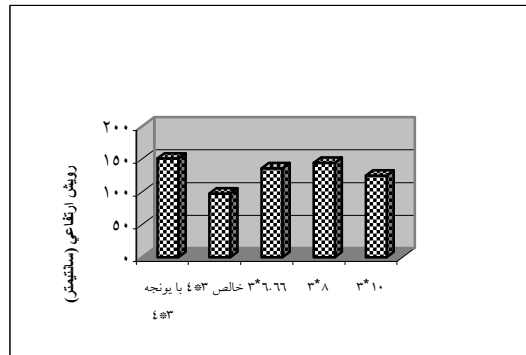
از نظر تفاوت میانگین رویش ارتفاعی تیمارها بین سالهای مختلف، براساس جدول

شماره ۳ اختلاف معنی‌داری بین سالهای مختلف در سطح یک درصد وجود دارد و از این نظر رویش میانگین کلیه تیمارها در سال دوم به میزان ۱۹۳ سانتیمتر دارای بیشترین میزان، سال پنجم اجرای طرح با ۱۳۶ سانتیمتر، سال چهارم با ۱۲۷ سانتیمتر و سال سوم با ۱۱۶ سانتیمتر در مکان دوم و سال اول نیز با تنها ۷۹ سانتیمتر رویش ارتفاعی در مکان آخر قرار گرفتند. شکل شماره ۱ میانگین رویش ارتفاعی صنوبر در سالهای مختلف و شکل شماره ۲ میانگین رویش ارتفاعی نهالها را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همچنین شکل شماره ۳ تراکم میانگین رویش ارتفاعی صنوبر را در تیمارها و سالهای مختلف نشان می‌دهد. روند تغییرات رویش ارتفاعی صنوبر حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار بین سالها (زمان) و تیمارها (فواصل کاشت) است، به طوری که براساس جدول شماره ۳ اثر متقابل مزبور در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

بنابراین از نظر رویش ارتفاعی دو نتیجه مهم حاصل شده است. اول آنکه پس از یک رویش حداکثر در سال دوم، در بقیه سالها روند رویش نسبتاً ثابت برقرار بوده و دوم آنکه اثر متقابل سال و تیمار (فواصل کاشت) معنی‌دار بوده است، به طوری که در سالهای اولیه، فواصل کاشت کمتر باعث افزایش رویش ارتفاعی و حصول چوبهای کم قطر تیری گردیده است.



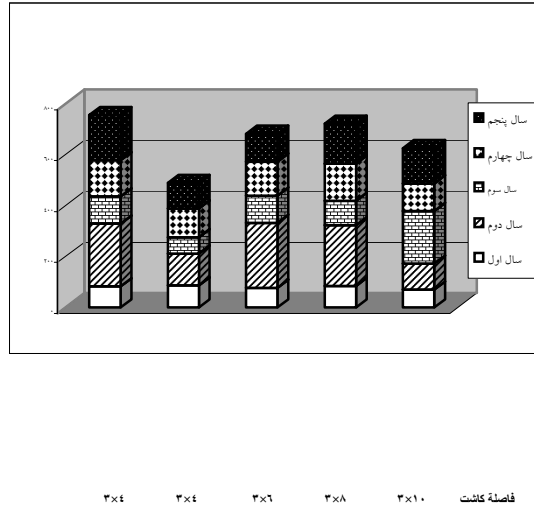
شکل شماره ۱- میانگین رویش ارتفاعی صنوبر در سالهای مختلف



۴۰۳ ۴۰۳ با یونجه ۳۰۶ ۳۰۸ ۳۰۱۰

تیمارها

شکل شماره ۲- میانگین رویش ارتفاعی صنوبر در تیمارهای مختلف

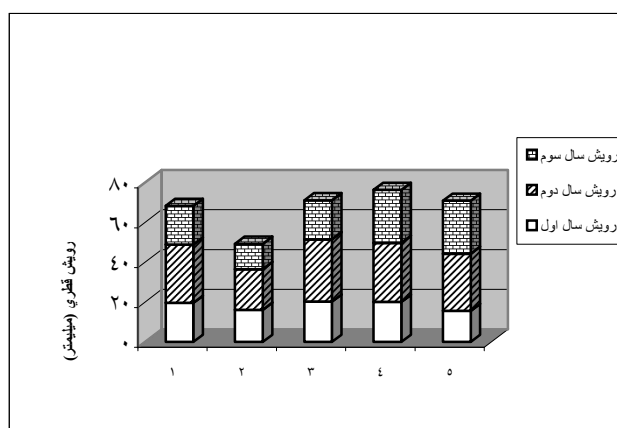


رویش ارتفاعی (سانتیمتر)

شکل شماره ۳- تراکم میانگین رویش ارتفاعی صنوبر در تیمارها و سالهای مختلف به سانتیمتر

۳- رویش قطری صنوبر

مقادیر رویش قطری صنوبر نیز مانند رویش ارتفاعی، میانگین تفاوت قطر هر سال نسبت به سال گذشته است. براساس جدول تجزیه واریانس، سطح معنی داری تفاوت میانگین رویش قطری تیمارها ۰/۰۷ است و اختلاف معنی داری بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ وجود ندارد. شکل شماره ۴ میانگین رویش قطری صنوبر را در سالها و تیمارهای مختلف نشان می دهد.



فصله کشت ۳×۴ ۳×۴ ۳×۶×۶ ۳×۸ ۳×۱۰

شکل شماره ۴- تراکم میانگین رویش قطری صنوبر در سالها و تیمارهای مختلف

روند تغییرات رویش قطری حاکی از وجود اثر متقابل معنی دار بین سالها (زمان) و

تیمارها (فواصل کاشت) است، به طوری که براساس جدول شماره ۳ اثر متقابل مزبور در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، همچنین بین سالهای مختلف نیز طبق جدول شماره ۳ از نظر رویش قطری اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد، به طوری که سال دوم رویش با ۲۷ میلیمتر در مقام نخست و سالهای سوم و اول به ترتیب با ۲۰ و ۱۸ میلیمتر در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

۴- مساحت تاج درختان

مقادیر مساحت تاج درختان پس از اندازه‌گیری قطر تاج در دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی و تعیین میانگین آن با استفاده از فرمول $(\frac{3}{14}) \times \text{قطر دوم} \times \text{قطر اول}$ به متر مربع محاسبه شد. جدول تجزیه واریانس برای این صفت، اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد را بین تیمارها نشان می‌دهد و گروه‌بندی آنها براساس جدول شماره ۴ نشان می‌دهد که تیمارهای 3×8 متر و $3 \times 6/66$ متر با حدود $3/2$ متر مربع در گروه A، تیمار 3×4 متر صنوبر خالص با میانگین $2/66$ متر مربع در گروه AB، تیمار 3×10 متر با میانگین $2/15$ متر مربع در گروه BC و تیمار 3×4 متر با یونجه با میانگین $1/64$ متر مربع در گروه C قرار گرفته‌اند. مشاهده اعداد مزبور بیانگر افزایش مساحت تاج در تیمارهای با فاصله کاشت متوسط است.

۵- زاویه شاخه صنوبر

جدول تجزیه واریانس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از نظر زاویه شاخه صنوبرها در سطح یک درصد است. گروه‌بندی میانگینهای این صفت نشان می‌دهد که تیمارهای 3×10 ، 3×8 و $3 \times 6/66$ با حدود میانگین زاویه ۳۶ درجه در گروه A و تیمارهای 3×4 با یونجه و 3×4 صنوبر خالص با میانگین زاویه شاخه ۲۹ درجه در

گروه B قرار گرفتند. از این نظر می‌توان ادعا نمود که فواصل کاشت بیشتر منجر به افزایش زاویه شاخه صنوبرها شده است.

۶- طول شاخه‌های طویل تر از ۵۰ سانتیمتر

جدول تجزیه واریانس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از نظر طول شاخه صنوبر در سطح یک درصد است. گروه‌بندی تیمارها به روش LSD نشان می‌دهد که تنها تیمار ۳×۶/۶۶ متر با میانگین طول ۲۲۰ سانتیمتر دارای طویل‌ترین شاخه‌ها بوده و در گروه A قرار می‌گیرند و تیمارهای ۳×۸ متر و ۳×۱۰ متر به ترتیب با میانگین ۱۸۳ و ۱۸۰ سانتیمتر در گروه B، تیمار ۳×۴ متر صنوبر خالص با میانگین ۱۵۳ سانتیمتر در گروه BC و تیمار ۳×۴ متر با یونجه با میانگین ۱۲۶ سانتیمتر در گروه C قرار می‌گیرند. تجزیه واریانس تعداد شاخه‌ها و قطر شاخه‌های بیش از ۵۰ سانتیمتری صنوبر اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداده است.

ب- صفات مربوط به یونجه

۱- ارتفاع ساقه یونجه

جدول تجزیه واریانس بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد است. گروه‌بندی مقادیر میانگین تیمارها نشان می‌دهد که تیمارهای یونجه خالص و ۳×۱۰ متر به ترتیب با میانگین ۷۹ و ۷۵ سانتیمتر در گروه A، تیمار ۳×۸ متر با میانگین ۷۳ سانتیمتر در گروه AB، تیمار ۳×۶/۶۶ متر با میانگین ۶۳ سانتیمتر در گروه BC و تیمار ۳×۴ متر با یونجه با میانگین ۶۰ سانتیمتر در گروه C قرار می‌گیرند.

۲- تعداد ساقه یونجه

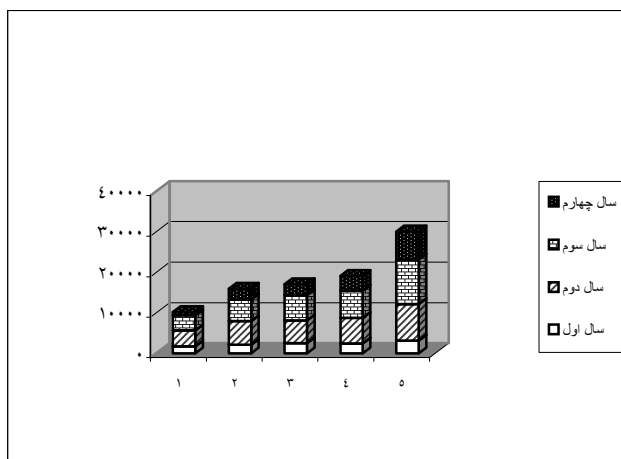
جدول تجزیه واریانس سطح معنی‌داری تفاوت میانگین تیمارهای مختلف را از نظر این

صفت معادل ۰/۰۵۲ ارائه کرده است. گروه‌بندی مقادیر میانگین تیمارها طبق جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که تیمار یونجه خالص با میانگین ۸۶/۴ در گروه A، تیمارهای ۳×۱۰ و ۳×۸ به ترتیب با ۷۸ و ۷۷ در گروه AB و تیمارهای ۳×۶/۶۶ و ۳×۴ به ترتیب با ۶۷ و ۶۶ عدد در گروه B جای می‌گیرند.

۳- وزن یونجه در هکتار

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 بین تیمارهای مختلف را در سطح یک درصد نشان می‌دهد. گروه‌بندی تیمارها نشان می‌دهد که تیمار یونجه خالص با میانگین ۷۵۰۷ کیلوگرم وزن خشک یونجه در سال و در هکتار در گروه A، تیمار ۳×۱۰ متر با میانگین ۴۷۸۸ کیلوگرم در گروه B، تیمار ۳×۸ متر با میانگین ۴۲۶۵ کیلوگرم در گروه BC، تیمار ۳×۶/۶۶ متر با میانگین ۳۹۹۱ کیلوگرم در گروه C و تیمار ۳×۴ متر با تولید میانگین ۲۵۴۹ کیلوگرم ماده خشک یونجه در سال و در هکتار کمترین میزان را دارا بوده و در گروه D قرار گرفته است.

مشاهده روند تغییرات تولید یونجه حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار بین سالها (زمان) و تیمارها (فواصل کاشت) است. براساس جدول شماره ۳ نه تنها سالهای مختلف تولید یونجه تفاوت معنی‌داری با هم دارند که در سطح یک درصد معنی‌دار است، بلکه اثر متقابل سال و تیمار هم در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. بر این اساس سال سوم پس از کاشت یونجه با میانگین تولید ۶۶۰۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان و سالهای دوم، چهارم و اول به ترتیب با مقادیر ۶۱۵۱، ۳۳۳۰ و ۲۳۹۵ کیلوگرم در هکتار در مکانهای بعدی قرار گرفتند. شکل شماره ۵ میانگین تولید یونجه به کیلوگرم ماده خشک در هکتار را برای سالها و تیمارهای مختلف نشان می‌دهد.



تولید در هکتار (کیلوگرم)

یونجه خلص ۳×۱۰ ۳×۸ ۳×۶ ۳×۴

شکل شماره ۵- میانگین تولید یونجه به کیلوگرم در هکتار برای سالها و تیمارهای مختلف

تجزیه همبستگی

جهت تعیین روابط بین صفات مختلف از تجزیه همبستگی استفاده شد. به این منظور کلیه همبستگیهای دوگانه بین صفات مختلف و سطح معنی داری آنها محاسبه شد (جدول شماره ۶). مطابق این جدول از میان صفاتی که با متغیر تولید یونجه در هکتار

بیشترین میزان همبستگی را داشتند و از سطح معنی‌داری بالایی نیز برخوردار بودند می‌توان به ارتفاع ساقه یونجه، تعداد پایه یونجه، و رویش ارتفاعی نهالهای صنوبر اشاره کرد.

از میان صفاتی که با متغیر ارتفاع نهال بیشترین ضریب همبستگی را داشته و از سطح معنی‌دار قابل قبولی برخوردار بودند به ترتیب می‌توان به قطر نهال با ضریب همبستگی مثبت ۰/۷۸۸، ارتفاع ساقه یونجه با ضریب همبستگی ۰/۵۲۴-، حجم تک درخت با ضریب همبستگی ۰/۶۲۳ اشاره کرد که در این رابطه به نظر می‌رسد که هر چه ارتفاع نهالها بیشتر باشد از ارتفاع ساقه یونجه کاسته می‌شود. از آنجا که ضریب همبستگی مورد بررسی به تنهایی نمی‌تواند روابط علت و معلولی بین صفات را نشان دهد و قادر به تفکیک اثرات مستقیم و غیر مستقیم هر یک از صفات مستقل بر متغیر وابسته نیست، در چنین مواردی از تجزیه علیت (Path Analysis) استفاده می‌گردد.

تجزیه علیت

در تجزیه علیت اثر مستقیم هر یک از صفات مستقل بر عملکرد به همراه اثر غیر مستقیم آن صفت بر عملکرد از طریق سایر صفات، به طور جداگانه مشخص می‌شود. به این منظور از نرم‌افزار Path استفاده شد و یکبار صفت حجم تک درخت و برای بار دیگر صفت تولید یونجه در هکتار به عنوان صفت وابسته یا عملکرد انتخاب شدند. جدول شماره ۷ اثرات مستقیم، غیر مستقیم و اثرات کل یا ضریب همبستگی ساده متغیرهای مستقل را بر تولید در هکتار یونجه نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶- مقادیر همبستگی دو گانه بین کلیه صفات مورد مطالعه یونجه و صنوبر و سطح معنی دار بودن آنها

صفات	تولید یونجه در هکتار	قطر نهال	ارتفاع نهال	رویش قطری نهال	رویش ارتفاعی نهال	ارتفاع ساقه یونجه	تعداد پایه یونجه	زاویه شاخه نهال	قطر شاخه نهال	طول شاخه نهال	تعداد شاخه نهال	مساحت تاج نهال	حجم چوب در هکتار	حجم تک درخت
تولید یونجه	۱/۰۰	۰/۰۵۷	۰/۰۹۱	۰/۱۹۰	۰/۲۷۷	۰/۷۸۶	۰/۷۷۶	۰/۴۲۲	۰/۰۲۵	۰/۲۹۵	۰/۰۸۴	۰/۰۲۴	۰/۲۴۲	-۰/۰۱۷
در هکتار	۰/۰۰	۰/۶۶	۰/۴۸۹	۰/۲۱۰	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۱۷	۰/۹۳۰	۰/۲۸۶	۰/۵۷۷	۰/۷۳۷	۰/۳۸۵	۰/۹۵۲
قطر نهال	۰/۰۵۷	۱/۰۰	۰/۷۸۸	۰/۲۰۴	۰/۲۳۵	۰/۳۳۴	۰/۰۲۶	۰/۶۰۷	-۰/۵۳۳	۰/۳۷۴	-۰/۴۵۴	-۰/۲۵۳	۰/۸۴۸	۰/۸۹۹
ارتفاع نهال	۰/۶۶	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۷۹	۰/۰۷۱	۰/۲۳۳	۰/۵۹۶	۰/۰۱۶	۰/۰۳۲	۰/۱۷۰	۰/۰۸۹	۰/۳۶۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
رویش قطری	۰/۰۹۱	۰/۷۸۸	۱/۰۰	-۰/۲۸۶	۰/۸۰۰	-۰/۵۲۴	-۰/۳۳۰	-۰/۳۲۶	۰/۴۳۵	-۰/۲۰۵	۰/۲۵۵	۰/۲۸۶	۰/۳۹۷	۰/۶۲۳
رویش ارتفاعی	۰/۴۸۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۷	۰/۴۹۷	۰/۰۴۵	۰/۲۳۰	۰/۲۳۵	۰/۱۰۵	۰/۴۶۳	۰/۳۵۹	۰/۰۵۷	۰/۱۴۳	۰/۰۱۳
ارتفاع ساقه	۰/۱۹۰	۰/۲۰۴	۰/۲۸۶	۱/۰۰	۰/۲۲۴	۰/۱۳۹	۰/۰۲۶	۰/۱۳۳	-۰/۲۵۳	۰/۲۹۴	-۰/۰۱۰	-۰/۰۵۴	۰/۷۸۴	۰/۷۶۸
یونجه	۰/۲۱۰	۰/۱۷۹	۰/۰۵۷	۰/۰۰	۰/۱۴۰	۰/۶۲۰	۰/۹۲۸	۰/۶۳۳	۰/۳۶۳	۰/۲۸۷	۰/۹۷۳	۰/۸۹۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
تعداد پایه	۰/۲۷۷	۰/۲۳۵	۰/۸۰۰	۰/۲۲۴	۱/۰۰	۰/۳۵۹	۰/۰۹۹	۰/۰۷۷	-۰/۴۷۲	۰/۰۴۰	-۰/۰۱۵	-۰/۳۰۸	۰/۳۸۶	۰/۲۳۶
یونجه	۰/۰۳۲	۰/۰۷۱	۰/۴۹۷	۰/۱۴۰	۰/۰۰	۰/۱۹۳	۰/۷۲۵	۰/۷۸۵	۰/۰۷۶	۰/۸۸۸	۰/۹۵۹	۰/۲۶۴	۰/۱۵۲	۰/۳۹۷
تعداد پایه	۰/۷۸۶	۰/۳۳۴	-۰/۵۲۴	۰/۱۳۹	۰/۳۵۹	۱/۰۰	۰/۹۲۴	۰/۶۹۸	-۰/۰۷۸	۰/۵۲۶	-۰/۱۵۷	۰/۰۹۵	-۰/۲۰۶	۰/۲۵۳
یونجه	۰/۰۰۱	۰/۲۳۳	۰/۰۴۵	۰/۶۲۰	۰/۱۹۳	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۷۸۱	۰/۰۴۴	۰/۵۷۷	۰/۷۳۷	۰/۴۶۲	۰/۳۶۴
تعداد پایه	۰/۷۷۶	۰/۰۲۶	-۰/۳۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۹۹	۰/۹۲۴	۱/۰۰	۰/۵۲۱	۰/۰۷۲	۰/۳۷۴	-۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۷۵	-۰/۲۹۲
یونجه	۰/۰۰۱	۰/۵۹۶	۰/۲۳۰	۰/۹۲۸	۰/۷۲۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۶	۰/۸۰۰	۰/۱۶۹	۰/۷۹۷	۰/۷۷۶	۰/۳۹۷	۰/۲۹۱

ادامهٔ جدول شمارهٔ ۶

صفات	تولید یونجه در هکتار	قطر نهال	ارتفاع نهال	رویش قطری نهال	رویش ارتفاعی نهال	ارتفاع ساقه یونجه	تعداد پایه یونجه	زاویه شاخه نهال	قطر شاخه نهال	طول شاخه نهال	تعداد شاخه نهال	مساحت تاج نهال	حجم چوب در هکتار	حجم تک درخت
زاویه شاخه نهال	۰/۴۲۲	۰/۶۰۷	-۰/۳۲۶	۰/۱۳۳	۰/۰۷۷	۰/۶۹۸	۰/۵۲۱	۱/۰۰	-۰/۰۹۹	۰/۷۰۴	-۰/۴۲۷	۰/۲۶۵	-۰/۱۴۹	۰/۵۷۷
قطر شاخه نهال	۰/۱۱۷	۰/۰۱۶	۰/۲۳۵	۰/۶۳۳	۰/۷۸۵	۰/۰۰۴	۰/۰۴۶	۰/۰۰	۰/۷۲۶	۰/۰۰۳	۰/۱۱۳	۰/۳۴۰	۰/۵۹۷	۰/۰۲۴
طول شاخه نهال	۰/۰۲۵	-۰/۰۳۳	۰/۴۳۵	-۰/۲۵۳	-۰/۴۷۲	-۰/۰۷۸	۰/۰۷۲	-۰/۰۹۹	۱/۰۰	۰/۷۰۰	۰/۴۳۷	۰/۷۸۰	-۰/۴۴۷	-۰/۳۷۰
تعداد شاخه نهال	۰/۹۳۰	۰/۰۳۲	۰/۱۰۵	۰/۳۶۳	۰/۰۷۶	۰/۷۸۱	۰/۸۰۰	۰/۷۲۶	۰/۰۰	۰/۸۰۴	۰/۱۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۹۵	۰/۱۷۴
مساحت تاج نهال	۰/۲۹۵	۰/۳۷۴	-۰/۲۰۵	۰/۲۹۴	۰/۰۴۰	۰/۵۲۶	۰/۳۷۴	۰/۷۰۴	۰/۷۰۰	۱/۰۰	-۰/۱۳۴	۰/۴۷۰	-۰/۱۶۷	۰/۴۲۱
حجم چوب در هکتار	۰/۲۸۶	۰/۱۷۰	۰/۴۶۳	۰/۲۸۷	۰/۸۸۸	۰/۰۴۴	۰/۱۶۹	۰/۰۰۳	۰/۸۰۴	۰/۰۰	۰/۶۳۵	۰/۰۷۷	۰/۵۵۳	۰/۱۱۸
تولید یونجه در هکتار	۰/۰۸۴	-۰/۴۵۴	۰/۲۵۵	-۰/۰۱۰	-۰/۰۱۵	-۰/۱۵۷	-۰/۰۷۳	-۰/۴۲۷	۰/۴۳۷	-۰/۱۳۴	۱/۰۰	-۰/۰۱۰	-۰/۲۰۹	-۰/۳۶۴
ارتفاع ساقه یونجه	۰/۵۷۷	۰/۰۸۹	۰/۳۵۹	۰/۹۷۳	۰/۹۵۹	۰/۵۷۷	۰/۷۹۷	۰/۱۱۳	۰/۱۰۳	۰/۶۳۵	۰/۰۰	۰/۲۸۷	۰/۱۱۶	۰/۱۸۲
زاویه شاخه نهال	۰/۰۲۴	-۰/۲۵۳	۰/۲۸۶	-۰/۰۵۴	-۰/۳۰۸	۰/۰۹۵	۰/۰۸۰	۰/۲۶۵	۰/۷۸۰	۰/۴۷۰	-۰/۰۱۰	۱/۰۰	-۰/۴۲۳	-۰/۱۱۷
قطر شاخه نهال	۰/۷۳۷	۰/۳۶۴	۰/۰۵۷	۰/۸۹۴	۰/۲۶۴	۰/۷۳۷	۰/۷۷۶	۰/۳۴۰	۰/۰۰۱	۰/۰۷۷	۰/۲۸۷	۰/۰۰	۰/۱۱۶	۰/۶۷۷
طول شاخه نهال	۰/۲۴۲	۰/۸۴۸	۰/۳۹۷	۰/۷۸۴	۰/۳۸۶	-۰/۲۰۶	۰/۰۷۵	-۰/۱۴۹	-۰/۴۴۷	-۰/۱۶۷	-۰/۲۰۹	-۰/۴۲۳	۱/۰۰	۰/۶۶۹
تعداد شاخه نهال	۰/۳۸۵	۰/۰۰۰	۰/۱۴۳	۰/۰۰۰	۰/۱۵۲	۰/۴۶۲	۰/۳۹۷	۰/۵۹۷	۰/۰۹۵	۰/۵۵۳	۰/۱۱۶	۰/۱۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰۰
مساحت تاج نهال	-۰/۰۱۷	۰/۸۹۹	۰/۶۲۳	۰/۷۶۸	۰/۲۳۶	۰/۲۵۳	-۰/۲۹۲	۰/۵۷۷	-۰/۳۷۰	۰/۴۲۱	-۰/۳۶۴	-۰/۱۱۷	۰/۶۶۹	۱/۰۰
حجم تک درخت	۰/۹۵۲	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۳۹۷	۰/۳۶۴	۰/۲۹۱	۰/۰۲۴	۰/۱۷۴	۰/۱۱۸	۰/۱۸۲	۰/۱۷۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

جدول شماره ۷- اثرات مستقیم، غیر مستقیم و اثرات کل یا ضریب همبستگی ساده متغیرهای مستقل بر تولید یونجه

ردیف	صفت	اثر مستقیم بر حجم تک درخت	کل اثرات غیر مستقیم از طریق سایر صفات	اثر کل یا ضریب همبستگی ساده
۱	قطر نهال	-۱/۸۶۲	۱/۹۱۹	۰/۰۵۷
۲	ارتفاع نهال	-۴/۱۲۰	۴/۲۱۱	۰/۰۹۱
۳	رویش قطری نهال	-۴/۱۲۰	۴/۳۰۹	۰/۱۸۹
۴	ارتفاع ساقه یونجه	-۲/۴۱۳	۳/۱۹۹	۰/۷۸۶
۵	مساحت تاج درخت	۱/۶۹۷	-۱/۶۷۳	۰/۰۲۴
۶	حجم تک درخت	۸/۱۹۶	-۸/۲۱۳	-۰/۰۱۷

جدول شماره ۸- اثرات مستقیم، غیر مستقیم و اثرات کل یا ضریب همبستگی ساده متغیرهای مستقل بر حجم تک درخت

ردیف	صفت	اثر مستقیم بر تولید یونجه	کل اثرات غیر مستقیم از طریق سایر صفات	اثر کل یا ضریب همبستگی ساده
۱	قطر نهال	۰/۶۸۳	۰/۲۱۶	۰/۸۹۹
۲	ارتفاع نهال	۰/۰۲۹	۰/۵۹۴	۰/۶۲۳
۳	رویش قطری نهال	۰/۶۶۲	۰/۱۰۶	۰/۷۶۸
۴	ارتفاع ساقه یونجه	۰/۲۲۹	۰/۰۲۴	۰/۲۵۳
۵	مساحت تاج درخت	۰/۰۷۰	-۰/۱۸۷	-۰/۱۱۷
۶	تولید یونجه در هکتار	-۰/۳۶۶	۰/۳۴۹	-۰/۰۱۷

در جدول شماره ۷ ارتفاع نهال دارای بیشترین اثر مستقیم منفی بر تولید یونجه است (-۴/۱۲۰) ولی همین صفت دارای یکی از بیشترین اثرات غیر مستقیم مثبت (۴/۲۱۱) از طریق سایر صفات بر تولید یونجه می باشد. از این رو جمع جبری دو مقدار فوق خود را به صورت ضریب همبستگی ساده (۰/۰۹۱) نشان می دهد. در هر

حال به‌رغم وجود همبستگی ساده اندک بین ارتفاع نهال و تولید یونجه در کشت تلفیقی، با تجزیه علیت مشخص شد که اثر مستقیم ارتفاع بر تولید یونجه منفی و زیاد است و بنابراین می‌توان انتظار داشت که با افزایش بیشتر ارتفاع از میزان تولید یونجه کاسته شود. در جدول شماره ۸ وجود ضریب همبستگی بالا بین قطر درخت و حجم تک درخت (۰/۸۹۹) با تجزیه علیت مشخص شد که اثر مستقیم قطر نهال بر حجم تک درخت ۰/۶۸۳ بوده و اثر غیر مستقیم قطر از طریق سایر صفات ۰/۲۱۶ است که جمع این دو به ۰/۸۹۹ رسید.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که کشت خالص یونجه از نظر دستیابی سریع زارع به درآمد ارجحیت دارد، لیکن از نظر تولید بیوماس در سالهای اول تا سوم طرح، تیمار فاصله کاشت ۳×۴ متر صنوبر با یونجه عملکرد بهتری داشته و طی سالهای بعد تیمار ۳×۸ متر صنوبر با یونجه ضمن تولید چوبهای با ارزش، مقادیر قابل توجهی یونجه به طور سالیانه تولید نموده است. از آنجا که هدف سیستمهای کشت تلفیقی ارائه نگرش بوم‌شناختی و ترویج کشت درخت در اراضی کشاورزی مستعد فرسایش است و به کشت درخت به‌عنوان یک مؤلفه اساسی در پایداری و استمرار تولید اهمیت داده می‌شود، بنابراین براساس دیدگاههای Kort و Turnock (۱۹۹۹) تلفیق کشت درختان صنوبر و محصولات زراعی - علوفه‌ای موجب افزایش تنوع درآمدی کشاورزان می‌گردد، به طوری که صنوبرها به دلیل رشد سریع، تکثیر آسان و بازار مناسب، درآمد آنها را در آینده تضمین خواهند کرد. علاوه برآن بسیاری از مزایای محیطی نظیر کنترل فرسایش با کشت صنوبر در اراضی زراعی قابل حصول خواهد بود.

مشاهده همبستگی صفات مورد بررسی در این تحقیق با مقادیر عملکرد مانند تولید یونجه و رویش درخت، همچنین نیاز به نور بیشتر در گیاه یونجه، عملیات هرس در این

تحقیق را ضروری ساخت، بنابراین اثر دو هرس سبک و نیمه سنگین طی سالهای دوم و چهارم اجرای طرح منجر به افزایش قطر و ارتفاع نهالها و در نهایت افزایش حجم درختان در سالهای بعد شده است، لیکن بر روی تولید یونجه اثر مستقیمی مشاهده نگردید. دلیل عدم مشاهده تأثیر مستقیم هرس بر روی تولید یونجه را می‌توان به وجود نور کافی قبل از هرس در تیمارهای مورد بررسی در سالهای اولیه دانست.

مشاهده بیشترین مقدار حجم چوب سرپا در هکتار به متر مکعب در فاصله کاشت ۳×۴ متر همراه با یونجه (۳۰ متر مکعب) به خاطر وجود تعداد بیشتری از درختان در واحد سطح در این تیمار بوده است. ولی از نظر حجم چوب تک درخت مشاهده شد که تیمار ۳×۸ متر صنوبر با یونجه (۰/۰۵ متر مکعب) بهترین وضعیت و تیمار ۳×۴ متر صنوبر همراه با یونجه با میانگین ۰/۰۳۹ متر مکعب برای هر درخت کمترین میزان را داشته است. از نظر قطر درختان نیز چنین وضعیتی مشاهده شد، لیکن از نظر ارتفاع درختان، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشده بود. این نتایج با گزارش Roger و Johnson، ۱۹۸۴ مطابقت دارد. تحلیل وضعیت مقادیر رویش قطری این است که پس از گذشت چهار 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، میزان رویش قطری، کمتر از فواصل کاشت زیاد است.

از نظر میزان تولید یونجه نیز تیمار ۳×۸ متر بر تیمار ۳×۴ متر صنوبر با یونجه ارجحیت بیشتری دارد. روند تولید یونجه نشان می‌دهد که اگر از تیمار یونجه خالص که همیشه بیشترین میزان را داراست و اصولاً سایر مزایای کشتهای تلفیقی را ندارد، صرف‌نظر کنیم، با افزایش فاصله کاشت، همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد به دلیل افزایش سطح زیر کشت یونجه مقادیر بیشتری حاصل گردید. لیکن به لحاظ آماری تیمارهای ۳×۱۰ متر و ۳×۸ متر برابر بودند. در چنین وضعیتی انتخاب تیمار ۳×۸ متر به دلیل

وجود درختان بیشتر و حصول چوب بیشتر ارجحیت خواهد داشت. در مورد روابط علت و معلولی مشخص شد که در بین صفات مختلف، ارتفاع نهال دارای بیشترین اثر مستقیم منفی بر روی تولید یونجه است و از این رو کلن انتخاب شده صنوبر (*Populus nigra betulifolia*) به دلیل کند رشد بودن در سالهای اولیه و افزایش رویش آن از ۵ سالگی به بعد، براساس نتایج تحقیقات قاسمی و مدیررحمتی (۱۳۸۲) در شرایط کرج بهترین گزینه بوده است. همچنین این کلن هم در تحقیقات مزبور و هم در تحقیق حاضر در مقابل آفات و امراض مقاومت نشان داده است. از آنجا که کلن مورد بررسی تا سال پنجم شتاب رشد قابل توجهی نداشته و براساس پیش فرضهای تحقیق حاضر، در سالهای آتی ضمن افزایش رشد، تولیدات چوبی با کیفیت و کمیت قابل عرضه به صنایع چوب را ارائه خواهد نمود، هر گونه مقایسه اقتصادی بین تیمارهای مختلف منوط به رسیدن درختان به سن قابل بهره برداری اقتصادی است.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق بدون کمک شورای پژوهشهای علمی کشور و مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع میسر نبود. بنابراین لازم می‌دانیم از مساعدت و همکاری این مؤسسات صمیمانه سپاسگزاری نماییم.

منابع مورد استفاده

- ۱- اسدی، ف.، ۱۳۷۳. بررسی علل اقتصادی اجتماعی کاهش سطح صنوبرکاریها در منطقه زنجانرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج. ۱۰۹ صفحه.
- ۲- شامخی، ت.، ۱۳۷۶. آگروفارستری پیشرفته، جزوه درسی مقطع دکتری دانشکده

منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.

۳- قاسمی، ر. و مدیر رحمتی، ع.، ۱۳۸۲. آزمایش سازگاری و بررسی میزان تولید چوب کلن‌های مختلف صنوبر (کلن‌های تاج بسته) در منطقه کرج. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. تهران. فصلنامه پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۱ (۳): ۳۹۰-۳۵۹.

- 4- Dickman, D. I., and Stuart, K. W., 1983. The culture of Poplars. Dept. of Forestry, Michigan State University, East Lansing.
- 5- Duhkia, R. S., Ram, S., and Bagarwa, K. S., 1989. Forage productivity of Faba Bean under various species of poplar (*Populus deltoides*) tree in an agroforestry system. FABIS Newsletter, 25: 31-32.
- 6- Kort, J., and Turnock, R., 1999. Carbon reservoir and biomass in Canadian prairie shelterbelts. Agroforestry Systems. 44: 175-186.
- 7- Mirzaie- Nadoushan, H., Rezaie, M. B and Jaimand, K., 2001. Path analysis of the essential oil-related characters in *Mentha* spp. Flavour and Fragrance Journal. 16: 340-343.
- 8- Misra, K. K., Rai, P. N., and Jaiswal, H. R., 1996. Effect of spacing and plant density on the growth of poplar (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh). Indian Forester. January: 65-68.
- 9- Ranasingh, O. M. S. H. K., and Mayhead, G. J., 1990. The effect of Intercropping *Populus* 'RAP' With Beans. Forestry. Vol 63. No. 3: 271-277.
- 10- Rao, M. R., and Roger, J. H., 1990. Agroforestry field experiments: discovering the hard facts part two: agronomic considerations. Agroforestry Today. 2: 11-15.
- 11- Roger, M. K., and Johnson, R.I., 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; 1984. 11 p.
- 12- Shanmughave, P., 2004. Thechniques in Forestry. The Diamond printing press, Jaipur 302 004 (Raj) India. 182 P.
- 13- Singh, H. P., Kohli, R. K., and Batish, D. R., 2001. Allelopathic interference of *Populus deltoides* with some winter season crops. Agronomie 21:139-146.
- 14- Singh, K., Singh, V., Hussain, A., and Kotharia, S. K., 1990. Aromatic plants as efficient Intercrops under poplars (*Populus deltoides* Bartram Ex. Marshall). Indian Forester. 116 (3): 189-193.
- 15- Stamps, W. T., and Linit, M. J., 1999. The problem of experimental design in temperate agroforestry. Agroforestry Systems. 44: 187-196.
- 16- Thevathasan, N. V., and Gordon, A. M., 1997. Poplar leaf biomass

distribution and nitrogen dynamics in a poplar - barlet intercropped system in Southern Ontario, Canada. *Agroforestry System*. 37: 79-90.



شکل شماره ۶- عملیات آماده‌سازی فضای بین درختان برای کاشت یونجه در سن یک سالگی نهالها



شکل شماره ۷- عملیات برداشت و توزین یونجه در سال سوم و در تیمار فاصله کاشت ۶۶/۶×۳ متر



شکل شماره ۸- نمایی از رویش یونجه در فضای بین درختان در سال دوم در تیمار فاصله کاشت ۸×۳ متر