اثر ترکیبات خاک بر رشد و راندمان نهال سرو نقره‌ای و زربین در نهالستان

فاطمه احمدلو[۱*]، مسعود طبری[۱]، احمد رحمانی[۲] و حامد یوسف زاده[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۶/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۲/۳۰)

چکیده

در این تحقیق بهبود رشد و عملکرد نهال‌های سوزنی‌برگ سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و زربین (*C. sempervirens* var. *horizantalis*) در ترکیبات متفاوت مواد آلی در نهالستان کلوده آمل صورت پذیرفت. بذرها در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلدان‌های پلاستیکی و تیمارهای مختلف خاک شامل ۱) خاک رایج نهالستان (شاهد)، ۲) خاک شاهد: کود دامی (۱:۵)، ۳) خاک شاهد: خاک‌برگ (۱:۵)، ۴) خاک شاهد: کود دامی: خاک‌برگ (۱:۱:۵) کاشته شد. نتایج بعد از یک‌سال نشان داد که در هر دو گونه نهال‌های رشد یافته در تیمار ۴، دارای بیشترین میزان رشد اندام هوایی، قطر یقه، شاخص بنیه نهال، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و شاخص کیفیت نهال بود. در اغلب صفات مورد بررسی سرو نقره‌ای پاسخ بهتری نسبت به زربین نشان داد. از نتایج این تحقیق استنتاج می‌شود که مواد آلی سبب افزایش مشخصه‌های رشد و زی توده نهال دو گونه مورد مطالعه گردیده است. پیشنهاد می‌شود در نهالستان‌های جنگلی جهت ارتقای میزان عملکرد و بهبود شاخص کیفیت نهال، به شرایط فیزیکی- شیمیایی خاک بستر کاشت، توجه ویژه اعمال شود.

واژه‌های کلیدی: زربین، زی توده، سرو نقره‌ای، شاخص بنیه نهال، شاخص کیفیت نهال، مواد آلی

مقدمه

مشکلات تخریب روز افزون جنگل‌ها در سال‌های اخیر، محققین را واداشته است تا با اعمال روش‌های مدیریت علمی و جامع از کاهش نگران کننده سطح و کیفیت این منابع ارزشمند جلوگیری شود. انجام عملیات جنگل‌کاری و احیای مناطق تخریب یافته از طریق تولید و تأمین نهال‌های مناسب در نهالستان‌های تولید نهال یکی از این راه‌کارهای مهم است (۳). برخی عوامل بر میزان تولید کمی و کیفی نهال در نهالستان‌ها تأثیر گذارند که از اهم آنها می‌توان به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بستر کاشت اشاره نمود (۳۴ و ۳۵). اگرچه استفاده از کودهای شیمیایی در بهبود مقدار عناصر غذایی، بافت خاک و اندام گیاه و هم‌چنین دست‌یابی به تولید مطلوب‌تر محصول مؤثر است (۳۲ و ۳۹) ولیکن به دلیل محدودیت‌های زیست محیطی و کاهش حاصل‌خیزی خاک در طولانی مدت می‌بایستی به فکر جایگزین‌های بهتری از جمله استفاده از ترکیبات مواد آلی بود (۵). در این راستا، نورشاد و قرآنی (۶)

۱. به ترتیب کارشناس ارشد، دانشیار و دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۲. عضو هیئت علمی خاک‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mahsaahmadloo@yahoo.com

در تحقیق خود گزارش می‌نمایند که ترکیب پرلیت، ضایعات چای، کود حیوانی پوسیده، خاک لوم و خاک‌برگ جنگل (۱:۱:۱:۲:۱) برای *Pinus taeda* و *P. elliottii* و ترکیب ضایعات چای، کود حیوانی پوسیده و خاک‌برگ (۱:۱:۲) برای *Pinus pinea*، بهترین تیمار برای رشد قطری و ارتفاعی هستند. کیانی (۴) نیز ترکیب خاک، ماسه و کود دامی پوسیده (۱:۴:۲) را مناسب‌تر برای افزایش وزن خشک ریشه و ساقه نهال‌های گلدانی و ریشه لخت *Pinus taeda* معرفی می‌نماید. به نظر گوررو و همکاران پوسته کاج و مخلوط فاضلاب شهری تیمارهای مطلوبی برای رشد *P. pinea* و *Cupressus arizonica* هستند (۱۴). جاکوب و همکاران در تحقیقی روی نهال‌های بازکاشتی *Juglans nigra*، *Fraxinus americana* و *Liriodendron tulipifera* دریافتند که در طی دو سال تزریق کود مایع به مقدار ۶۰ گرم در اطراف ریشه میانگین رشد ارتفاعی و قطری نهال‌ها را ۵۲ و ۳۳ درصد در سال اول و ۱۷ و ۲۱ درصد درسال دوم افزایش داد (۱۷). نتیجه مشابه در تحقیق اسکارسون و همکاران مشاهده شد (۲۵). طوری که استفاده از کود مایع به مدت دو سال برای گونه‌های توس (*Betula alba*) و صنوبر آمریکایی(*Populus deltoids*) توانست تقریباً ۷ و ۵ برابر افزایش ارتفاع سالیانه را نسبت به تیمار شاهد فراهم آورد. در واقع مواد آلی با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مانند تسریع فرآیندهای میکروبی میکروارگانیسم‌ها و فراهم نمودن عناصر غذایی قابل جذب برای گیاهان و تأثیر بر جوانه‌زنی، رشد و زی توده، شرایط مناسب برای تولید نهال مطلوب را فراهم می‌نمایند (۵، ۱۱ و ۳۳). کمبود عناصر تغذیه‌ای و مواد آلی در خاک نهالستان کلوده آمل سبب ایجاد کمبود تغذیه‌ای و کاهش عملکرد تولید نهال از لحاظ کمی و کیفی شده است (۲). تحقیق حاضر در نظر دارد تا جهت رفع مشکل فوق، با افزودن ترکیبات مختلفی از مواد آلی در خاک بستر کاشت، اثر آنها را روی شاخص‌های رشد و عملکرد نهال دو گونه سوزنی‌برگ سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و زربین (*C. sempervirens var. horizantalis*) که دارای استفاده گسترده‌ای در طرح‌های جنگل‌کاری و فضای سبز شهری هستند، بررسی نماید.

مواد و روش‌ها

محل مطالعه، نهالستان کلوده واقع در ۱۰ کیلومتری شهر آمل (E ′۱۷ °۵۲ و N ′۳۴ °۳۶)، با ارتفاع ۶ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۸۳۰ میلی‌متر، میانگین دمای حداقل ۶/۶°C و میانگین دمای حداکثر ۲۷/۲°C است. در این تحقیق بذرهای گونه‌های *Cupressus arizonica* و *C.sempervirens var. horizantalis* از مرکز بذر جنگلی خزر آمل با خصوصیات ذکر شده در جدول ۱ و با یک‌نواختی اندازه و وزن تهیه گردید. آنگاه ۴ ترکیب مختلف خاک مطابق جدول ۲ تهیه شد. طرح به صورت کاملاً تصادفی با ۴ تکرار برای هر تیمار و با ۲۰ گلدان پلاستیکی برای هر تکرار با ابعاد ۲۰ × ۱۵ × ۱۵ سانتی‌متر و در کل ۳۲۰ گلدان پلاستیکی برای هر یک از گونه‌ها انجام گرفت. در هر گلدان ۱۰ بذر با توجه به قوه‌نامیه در ۲۱ اسفند ۱۳۸۵ کاشته شد. در شروع آزمایش آنالیز تیمارهای خاک انجام گرفت (جدول ۳). برای ضد عفونی بذرها از قارچ کش کربوکسین تیرام (ویتاواکس) به نسبت دو در هزار استفاده شد. بعد از کامل شدن دوره جوانه‌زنی فقط یک نهال (بهترین نهال) در هر گلدان پلاستیکی برای مشاهده پارامترهای اولیه رشد نهال باقی ماند. مراقبت‌های لازم از جمله آبیاری مصنوعی با رعایت ظرفیت زراعی خاک (در تابستان، هر روز و در سایر فصول، با توجه به شرایط آب و هوایی)، برداشت علف هرز به طور مرتب هر ۱۰ روز (به صورت دستی) و هرس ریشه عمودی ۲ بار در طی دوره انجام گرفت. در طول دورهٔ جوانه‌زنی بذرها و رشد نهال‌ها به همه گلدان‌ها در فصل گرما و دوره رویش با مشاهده تغییر رنگ ساقه نهال‌ها در اثر گرما و بروز قارچ از محلول‌های قارچ کش Dodin (۲ در هزار)، Kaptan (۱ در هزار) + (کود میکرو وکود ماکرو به صورت مخلوط)، Rovral (۲ در هزار) (اپیرودیون +

جدول ۱. خصوصیات بذرهای مورد مطالعه

گونه	مبدأ بذر	قوه‌نامیه (٪)	خلوص (٪)	رطوبت (٪)	تعداد (در کیلوگرم)
سرو نقره‌ای	گرگان	۲۶	۸۷	۱۳/۵	۱۲۸۷۰۰
زربین	گرگان	۳۳	۹۷	۱۳/۱	۱۴۵۳۰۶

جدول ۲. نسبت اجزای خاک و میزان جوانه‌زنی در هر تیمار خاک

تیمارها	خاک لومی	ماسه	سبوس	کود دامی پوسیده جامد	خاک‌برگ	درصد جوانه‌زنی	
						سرو نقره‌ای	سرو زربین
خاک نهالستان (شاهد)(تیمار۱)	۳	۱	۱	–	–	۱۹/۱۳	۲۲/۲۵
خاک شاهد:کود دامی (تیمار۲)	۳	۱	۱	۱	–	۲۱/۸۸	۲۸/۳۸
خاک شاهد:خاک‌برگ (تیمار ۳)	۳	۱	۱	–	۱	۲۲/۸۸	۲۹/۷۵
خاک شاهد:کود دامی: خاک‌برگ (تیمار ۴)	۳	۱	۱	۱	۱	۲۴	۳۱/۱۳

جدول ۳. مشخصات شیمیایی مواد آلی (کود دامی و خاک‌برگ) و نیز تیمارهای خاک مورد مطالعه

	تیمار شاهد (۱)	تیمار۲	تیمار ۳	تیمار ۴	کود دامی پوسیده جامد	خاک‌برگ تجزیه شده
کربن (٪)	۲/۲۸	۳/۸۴	۲/۶۴	۵/۱۶	۴/۴۴	۵/۸۸
ماده آلی (٪)	۳/۹۲۱	۶/۶۰۴	۴/۵۴۰	۸/۸۷۵	۷/۶۳۶	۱۰/۱۱۳
ازت قابل جذب (٪)	۰/۰۳۶	۰/۱۳۴	۰/۰۸۴	۰/۲۲۷	۰/۰۹۴	۰/۷۴۵
نسبت کربن به ازت	۶۳/۳۳	۲۸/۶۵	۳۱/۴۲	۲۲/۷۳	۴۷/۲۳	۷/۸۹
هدایت الکتریکی (dS/m)	۰/۱۹۲	۰/۲۶۵	۰/۲۵۶	۰/۲۲۴	۰/۲۲	۰/۲۴
پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۲۷/۵	۷۶	۴۴	۹۰/۵	۸۷/۸	۷۸
کلسیم تبادلی (mg/kg)	۳۵/۳۵	۳۶/۱۵	۳۹/۶۵	۶۹/۵	۵۷/۰۵	۴۵/۷
منیزیم تبادلی (mg/kg)	۲۹	۴۲	۳۲	۶۹	۴۸/۳	۵۰
فسفر قابل جذب(mg/kg)	۱۱/۷۶	۱۴/۷	۲۵/۲	۵۰/۴	۲۶/۱	۲۳/۲
pH	۸/۲۸	۸/۰۸	۸/۰۱	۷/۹۷	۷/۳۰	۷/۵۸

کاربندازیم) + کود مایع (به صورت مخلوط) و Revral (۲ در هزار) (ایپرودیون + کاربندازیم) موجود در نهالستان جهت ضد عفونی خاک استفاده شد. در طی آزمایش اندازه‌گیری‌های پارامترهای رشد (ارتفاع اندام هوایی و قطر) ۴ مرتبه انجام شد (شهریور، آبان، دی، اسفند). پارامترهای کمی ارتفاع اندام هوایی (ساقه+سوزن) و قطر به ترتیب با دقت ۰/۱ سانتی‌متری و ۰/۱ میلی‌متری (۱۶) و نسبت ارتفاع به قطر (ضریب قد کشیدگی) محاسبه شد (۳۶). نرخ رشد نسبی ارتفاعی

(RGR_H) ($mm\ cm^{-1}\ d^{-1}$) و نرخ رشد نسبی قطری (RGR_D) ($\mu m\ mm^{-1}\ d^{-1}$) همچون نرخ افزایش ارتفاع و قطر نهال طبق معادله ارائه شده در جدول ۴ محاسبه گردید (۲۷). دوازده ماه بعد از کاشت، ۳ نهال در هر ترکیب تیمار (گونه – خاک) به طور تصادفی انتخاب شد و ریشه و ساقه آنها (پس از جدا شدن) در دمای ۷۰°C به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار داد شد و سپس توزین گردید (۱۶). شاخص کیفیت نهال (The seedling quality index (QI)) (۱۳) و شاخص بنیه نهال (Vigor index of seedling) و میزان افزایش بیوماس خشک (Total dry biomass increment (%)) (۱۲ و ۱۶) طبق فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$QI = \frac{T}{RW/SW + D/H} \qquad [۱]$$

QI: شاخص کیفیت نهال، T: وزن خشک کل نهال، RW: وزن خشک ریشه، SW: وزن خشک اندام هوایی؛ D: قطر، H: ارتفاع اندام هوایی است.

$$VI = (H \times RL) \times G \qquad [۲]$$

VI، شاخص بنیه نهال؛ H، ارتفاع اندام هوایی؛RL، طول ریشه؛ G، درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

$$SDBI = \frac{TW - TWC}{TWC} \times ۱۰۰ \qquad [۳]$$

SDBI، درصد افزایش زی توده (خشک) کل؛ TW، وزن خشک کل تیمار کوددهی؛ TWC، وزن خشک کل تیمار شاهد می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار(11.5) SPSS صورت گرفت. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها به وسیله آزمون Levene تست گردید. برای تعیین تأثیر هر یک از تیمارها (خاک و گونه) و نیز آثار متقابل آنها روی متغیرهای اندازه‌گیری شده از تجزیه واریانس دو طرفه استفاده گردید در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارها، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD به دلیل دارا بودن نمونه شاهد استفاده شد. برای آنالیز شاخص‌های رشد و زی توده در نهال‌های بین دو گونه در تیمارهای خاک از آزمون t-test استفاده گردید. آزمون هم‌بستگی Pearson برای ارتباط بین شاخص‌ها و پارامترهای تعریف شده نهال‌های سرو نقره‌ای و زربین استفاده گردید.

نتایج

ارتباط بین پارامترها

آنالیز هم‌بستگی بین شاخص‌های رشد و زی توده، هم‌بستگی مستقیم و معنی‌دار مثبتی در گونه سرو نقره‌ای بین ارتفاع اندام هوایی، قطر، شاخص بنیه نهال، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل، ریشه به اندام هوایی، شاخص کیفیت نهال و درصد افزایش کل بیوماس خشک با تیمارهای مواد آلی وجود دارد. در گونه زربین نیز هم‌بستگی معنی‌داری بین ارتفاع اندام هوایی، قطر، طول کل نهال، طول ریشه به طول اندام هوایی، شاخص بنیه نهال، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و شاخص کیفیت نهال با تیمارهای خاک وجود دارد (جدول ۵).

صفات رشد

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که طول اندام هوایی، قطر نهال و شاخص بنیه نهال در هر دو گونه مورد مطالعه در تیمارهای مختلف خاک، متفاوت بود (جدول ۶). به طور کلی اغلب این شاخص‌ها از اندازه بزرگ‌تری در خاک‌های حاوی مواد آلی در مقایسه با تیمار شاهد بودند (جدول ۷). نتایج تجزیه واریانس نرخ رشد نسبی ارتفاعی نیز نشان دهنده اثر معنی‌دار و جداگانه خاک، گونه و زمان و اثر متقابل خاک و گونه است (جدول ۸). هم‌چنین در هر یک از تیمارهای خاک نرخ رشد ارتفاعی و قطری، یک روند کاهشی را در طول زمان نشان داده است. در هر یک از زمان‌های اندازه‌گیری در هر دو گونه بیشترین نرخ رشد نسبی ارتفاعی متعلق به تیمارهای ۲ و ۴ بود و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۱). نرخ رشد نسبی قطری در گونه زربین در تیمار شاهد بیشترین بوده ولیکن با گذشت زمان یک‌باره کاهش یافته است (شکل ۲).

جدول ۴. معادله محاسباتی و نحوه تعیین واحدهای نرخ رشد نسبی ارتفاعی و قطری

نحوه تعیین واحدهای نرخ رشد نسبی	معادله محاسباتی
فرمول ریاضی LnH_2-LnH_1 برابر است با LnH_2/H_1 با توجه به فرمول ریاضی $Ln\ H_2 = d\ H_2 / H_2$، مشتق واحد H_2 میلی‌متر است. واحد H_1 بر حسب سانتی‌متر می‌باشد که با قرار گرفتن در صورت، توان ۱- می‌گیرد. واحد زمان بر حسب روز (d)	$RGR_H= \frac{LnH_2-LnH_1}{t_2-t_1}$
فرمول ریاضی LnD_2-LnD_1 برابر است با LnD_2/D_1 با توجه به فرمول ریاضی $Ln\ D_2 = d\ D_2 / D_2$، مشتق واحد D_2 میکرومتر است. واحد D_1 بر حسب میلی‌متر می‌باشد که با قرار گرفتن در صورت، توان ۱- می‌گیرد. واحد زمان بر حسب روز (d)	$RGR_D= \frac{LnD_2-LnD1}{t_2-t_1}$

H_1 و H_2 : ارتفاع نهال بر حسب سانتی‌متر — D1 و D2 : قطر نهال بر حسب میلی‌متر

t_2-t_1: (زمان) که بستگی به ترتیب زمان‌های نمونه‌برداری دارد. — Ln : لگاریتم طبیعی

جدول ۵. ضریب هم‌بستگی پیرسون (r) بین شاخص‌های رشد در نهال‌های سرو نقره‌ای و زربین متأثر از تیمارهای خاک

پارامترها	سرو نقره‌ای	سرو زربین
ارتفاع اندام هوایی (سانتی متر)	۰/۶۰۲*	۰/۷۴۲**
قطر (میلی متر)	۰/۷۳۵**	۰/۸۴۴**
طول ریشه (سانتی متر)	۰/۰۵۷	۰/۱۰۸
طول کل نهال	۰/۴۵۳	۰/۷۶۱**
ارتفاع به قطر	۰/۱۷۴	۰/۰۸۵
طول ریشه به طول اندام هوایی	-۰/۴۱۴	-۰/۵۳۳*
شاخص بنیه نهال	۰/۶۸۱**	۰/۸۴۰**
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۰/۶۳۳**	۰/۶۱۵*
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۵۸۲*	۰/۶۰۷*
وزن خشک کل (گرم)	۰/۶۲۳**	۰/۶۴۷**
ریشه به اندام هوایی	-۰/۶۱۲*	-۰/۱۷۳
شاخص کیفیت نهال	۰/۶۶۹**	۰/۶۸۸**
درصد افزایش زی توده خشک کل	۰/۵۴۲*	۰/۳۰۴

** : هم‌بستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. * : هم‌بستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

صفات زی‌توده

نتایج نشان داد که تیمار خاک وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه و شاخص کیفیت نهال سرو نقره‌ای و نیز شاخص کیفیت نهال زربین اثر گذاشت (جدول ۹)، طوری‌که در گونه سرو نقره‌ای تیمار ۴ در اکثر صفات دارای بیشترین مقدار و تیمار شاهد دارای کمترین مقدار بوده است (جدول ۱۰). در گونه زربین نیز افزایش مواد آلی، بهبود شاخص کیفیت نهال در مقایسه با تیمار شاهد را موجب شده است.

مقایسه تفاوت صفات دو گونه

اگرچه افزودن مواد آلی به خاک سبب بهبود شاخص‌های رشد و میزان زی توده نهال‌ها شده است، ولیکن میزان تأثیر آن به تفکیک دو گونه با یکدیگر متفاوت بوده است (جدول ۱۱)،

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف خاک و شاخص‌های رشد در دو گونه سرو نقره‌ای و زربین

شاخص‌های رشد	مجموع مربعات		درجه آزادی		میانگین مربعات		F		Sig.	
	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین
ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	۳۷۴/۲	۲۲۴/۰۰۸	۳	۳	۱۲۴/۷۳	۷۴/۶۶۹	۴/۶۲	۵/۴۸	۰/۰۲۳*	۰/۰۱۳*
قطر (میلی‌متر)	۷/۴۶	۸/۰۷۴	۳	۳	۲/۴۸۶	۲/۶۹۱	۲۵/۵۰۱	۳۹	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*
طول ریشه (سانتی‌متر)	۹/۴۲	۳۵/۶۰۶	۳	۳	۳/۱۴۱	۱۱/۸۶۹	۰/۰۷۱	۰/۷۴	۰/۹۷۵^{ns}	۰/۵۴۹^{ns}
طول کل نهال (سانتی‌متر)	۴۰۰/۵۴	۳۴۳/۳۶۵	۳	۳	۱۳۳/۵۱۴	۱۱۴/۴۶	۱/۵۳۲	۱۲/۳	۰/۲۵۷^{ns}	۰/۰۰۱*
نسبت ارتفاع به قطر	۰/۷۷	۰/۹۹۲	۳	۳	۰/۲۵۷	۰/۳۳۱	۰/۲	۰/۵۲	۰/۸۹۵^{ns}	۰/۶۷۸^{ns}
نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی	۰/۸۱	۰/۶۸۹	۳	۳	۰/۲۶۸	۰/۲۳	۱/۹۴	۱/۶	۰/۱۷۷^{ns}	۰/۲۴۲^{ns}
شاخص بنیه نهال	۵۵۹۰۴۲/۲	۱۲۴۵۶۶۴/۸	۳	۳	۱۸۶۳۴۷/۴	۴۱۵۲۲۱/۶	۴/۸۳۶	۲۴/۴	۰/۰۲*	۰/۰۰۰*

*: معرف معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌هاست. ns: نشان از عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

جدول ۷. میانگین صفات رشد و شاخص بنیه نهال‌های یک‌ساله گلدانی سرو نقره‌ای و زربین تولید شده در ۴ ترکیب مختلف رشد

گونه‌ها	بستر رشد	ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	قطر (میلی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول کل نهال (سانتی‌متر)	ارتفاع به قطر	طول ریشه به طول اندام هوایی	شاخص بنیه نهال
سرو نقره‌ای	(تیمار ۱)	۱۷/۹۱(۲/۴۶)b	۳/۰۶(۰/۱۸)^{b}	۲۱/۱(۴/۴۹)	۳۸/۹۸(۴/۵۶)	۵/۸۱(۰/۵۱)	۱/۲۵(۰/۳۴)	۷۴۴/۵۳(۹۶/۶)^{b}
	(تیمار ۲)	۲۸/۴(۲/۱۸)a×	۴/۵۹(۰/۱۸)^{a}	۲۰/۴(۲/۵۶)	۴۸/۷۴(۴/۳۵)	۶/۲۴(۰/۶۳)	۰/۷۲(۰/۰۶)	۱۰۶۰/۹۵(۷۴/۷۶)^{a}
	(تیمار ۳)	۲۷/۵(۰/۹۴)a	۴/۳۴(۰/۱۷)^{a}	۲۰/۲۱(۳/۷۱)	۴۷/۷۱(۳/۷۱)	۶/۳۷(۰/۳۹)	۰/۷۴(۰/۱۴)	۱۰۸۶/۰۷(۶۰/۸۴)^{a}
	(تیمار ۴)	۳۰/۵۱(۳/۹۱)a	۴/۸۲(۰/۱۲)^{a}	۲۲/۱۷(۱/۹۸)	۵۲/۶۸(۵/۸)	۶/۲۹(۰/۷)	۰/۷۴(۰/۰۵)	۱۲۶۳/۳۹(۱۴۱/۱۲)^{a}
زربین	(تیمار ۱)	۱۶/۷۱(۱/۶)b	۳/۰۴(۰/۰۸)^{c}	۲۳/۴۶(۳)	۴۰/۱۶(۱/۶۴)^{b}	۵/۴۶(۰/۳۹)	۱/۴۹(۰/۳)	۸۹۰/۳۶(۳۴/۲)^{b}
	(تیمار ۲)	۲۱/۵(۲/۵۱)ab	۴/۴۱(۰/۱۶)^{b}	۲۷/۷(۲/۰۴)	۴۹/۲(۱/۷۷)^{a}	۴/۸۶(۰/۴۵)	۱/۳۵(۰/۱۹)	۱۳۹۹/۶۸(۸۴/۳۹)^{a}*
	(تیمار ۳)	۲۳/۷۴(۱/۸۷)a	۴/۵۲(۰/۰۸)^{b}	۲۵/۴۱(۰/۹۹)	۴۹/۱۵(۱/۶۷)^{a}	۵/۲۸(۰/۵)	۱/۰۹(۰/۱)	۱۴۶۳/۰۶(۵۹/۰۳)^{a}*
	(تیمار ۴)	۲۷(۱/۱۱)a	۴/۹۳(۰/۱۸)^{a}	۲۵/۶۸(۱/۳۸)	۵۲/۶۸(۰/۸۳)^{a}	۵/۴۸(۰/۱۷)	۰/۹۶(۰/۰۸)	۱۶۴۱/۳۸(۷۲/۳۵)^{a}

اعداد داخل پرانتز اشتباه از معیار هستند.

حروف مختلف در ستون مبین معنی دار بودن میانگین ها در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

*: نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف صفت مورد مطالعه در تیمار خاک مشابه بین دو گونه می‌باشد.

تیمار (۱): خاک رایج نهالستان (شاهد)، تیمار (۲): خاک شاهد:کود دامی (۵:۱)، تیمار (۳): خاک شاهد: خاک‌برگ (۵:۱)، تیمار (۴):خاک شاهد:کود دامی:خاک‌برگ (۵:۱:۱)

طوری که ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و شاخص کیفیت نهال در سرو نقره‌ای مقدار بیشتری را در تیمار ۳ در مقایسه با زربین نشان داده است، این در حالی است که در این دو تیمار (۲ و ۳) گونه زربین دارای شاخص بنیه نهال بهتری در مقایسه با گونه سرو نقره‌ای بوده است (جدول ۱۱).

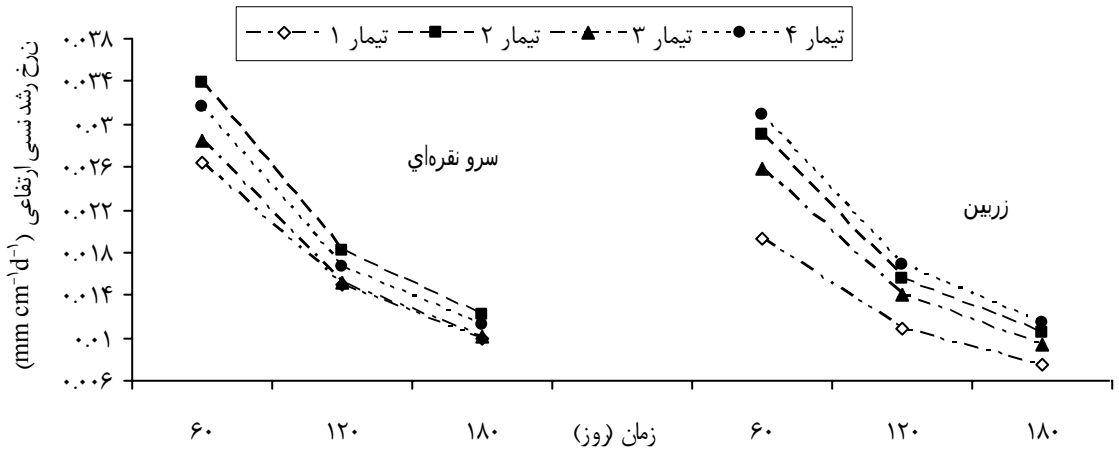
بحث

نتایج تحقیق حاضرحاکی از تأثیر معنی‌دار مواد آلی بر شاخص‌های رشد در هر دو گونه مورد مطالعه است. به نظر

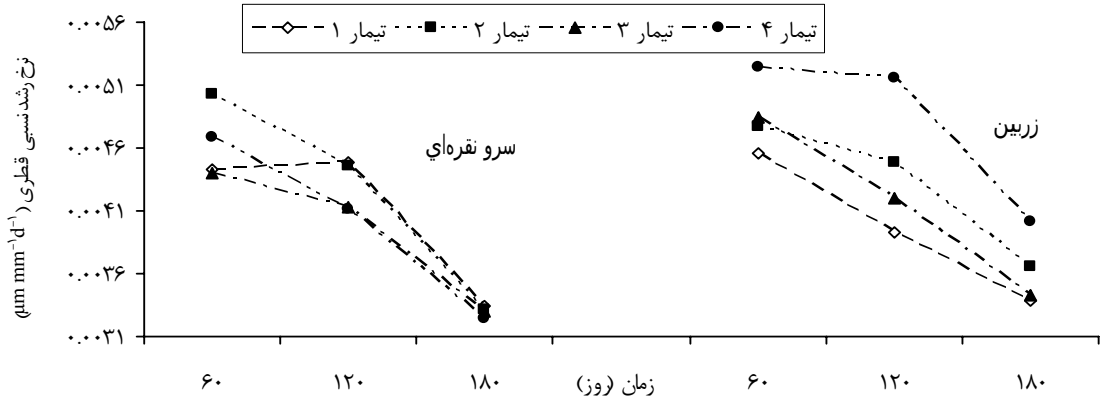
جدول ۸. تجزیه واریانس نرخ رشد نسبی ارتفاعی و قطری بین تیمارهای خاک، زمان و گونه

منابع تغییرات	مجموع مربعات (SS)		درجه آزادی (d.f.)		میانگین مربعات (MS)		F		Sig.	
	نرخ رشد نسبی ارتفاعی	نرخ رشد نسبی قطری	نرخ رشد نسبی ارتفاعی	نرخ رشد نسبی قطری	نرخ رشد نسبی ارتفاعی	نرخ رشد نسبی قطری	نرخ رشد نسبی ارتفاعی	نرخ رشد نسبی قطری	نرخ رشد نسبی ارتفاعی	نرخ رشد نسبی قطری
خاک	۳/۹۹۲	$۶/۴\times۱۰^{-۶}$	۳	۳	۱/۳۳۱	۲×۱۰^{-۶}	۲۹/۴۴۶	۲/۳۵۵	۰/۰۰۰**	۰/۰۷۹ns
گونه	۱/۱۹۳	$۲/۶\times۱۰^{-۶}$	۱	۱	۱/۱۹۳	$۲/۶\times۱۰^{-۶}$	۲۶/۴۰۷	۲/۸۷۲	۰/۰۰۰**	۰/۰۹۴ns
زمان	۰/۵	$۳/۶\times۱۰^{-۵}$	۲	۲	۰/۲۵	$۱/۸\times۱۰^{-۵}$	۵/۵۳۵	۱۹/۷۳۹	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۰*
خاک × گونه	۰/۷۴۴	$۵/۲\times۱۰^{-۶}$	۳	۳	۰/۲۴۸	$۱/۷\times۱۰^{-۶}$	۵/۴۸۹	۱/۹۱۷	۰/۰۰۲*	۰/۱۳۴ns
خاک × زمان	۰/۰۰۷	$۱/۳\times۱۰^{-۶}$	۶	۶	۰/۰۰۱	$۲/۲\times۱۰^{-۷}$	۰/۰۲۶	۰/۲۴۳	۱/۰۰۰ns	۰/۹۶۱ns
گونه × زمان	۰/۰۰۱	$۵/۹\times۱۰^{-۷}$	۲	۲	۰/۰۰۱	$۲/۹\times۱۰^{-۷}$	۰/۰۱۵	۰/۳۲۴	۰/۹۸۵ns	۰/۷۲۴ns
خاک× گونه × زمان	۰/۰۱۲	$۳/۲\times۱۰^{-۶}$	۶	۶	۰/۰۰۲	$۵/۳\times۱۰^{-۷}$	۰/۰۴۴	۰/۵۸۲	۱/۰۰۰ns	۰/۷۴۳ns
خطا	۳/۲۵۴	$۶/۵\times۱۰^{-۵}$	۷۲	۷۲	۰/۰۴۵	۹×۱۰^{-۷}				
کل	۳۱۸/۲۵۲	۰/۰۰۲	۹۶	۹۶						

**: اختلاف در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار است. *: اختلاف در سطح احتمال (P<۰/۰۵) معنی‌دار است. ns: نشان از عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌هاست.



شکل ۱. نرخ رشد نسبی ارتفاعی ($mm\ cm^{-1}\ d^{-1}$) برای گونه‌های مورد مطالعه در بسترهای مختلف رشد



شکل ۲. نرخ رشد نسبی قطری (µm mm_1 d_1) برای گونه‌های مورد مطالعه در بسترهای مختلف رشد

جدول ۹. نتایج تجزیه واریانس تحت تأثیر تیمارهای خاک و زی توده دو گونه سرو نقره‌ای و زربین

زی توده	مجموع مربعات		درجه آزادی		میانگین مربعات		F		Sig.	
	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین	سرو نقره‌ای	زربین
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۵۲/۲۷۷	۵/۲۹۶	۳	۳	۱۷/۴۰۹	۱/۷۶۵	۸/۱۱۸	۲/۷۹	۰/۰۰۳*	۰/۰۸۶ns
وزن خشک ریشه (گرم)	۴/۹۶۳	۱/۳۳۳	۳	۳	۱/۶۵۴	۰/۴۴۴	۶/۸۴۵	۲/۹	۰/۰۰۶*	۰/۰۷۹ns
وزن خشک کل (گرم)	۸۹/۲۵۸	۱۱/۹۲	۳	۳	۲۹/۷۵۳	۳/۹۷۴	۷/۸۶۸	۳/۴۳	۰/۰۰۴*	۰/۰۵۲ns
وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۳	۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۳/۵۶۴	۰/۱۵	۰/۰۴۷*	۰/۹۲۶ns
شاخص کیفیت نهال	۰/۹۰۱	۰/۲۰۷	۳	۳	۰/۳	۰/۰۶۹	۱۷/۶۶۹	۵/۶۸	۰/۰۰۰*	۰/۰۱۲*
درصد افزایش زی توده خشک کل	۲۴/۰۸۶	۵/۶۷۸	۳	۳	۸/۰۲۹	۱/۸۹۳	۴/۶۲	۰/۶۵	۰/۰۲۳*	۰/۶ns

*:: معرف معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌هاست ns : نشان از عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌هاست.

جدول ۱۰. میانگین صفات زی توده نهال‌های گلدانی یک‌ساله سرو نقره‌ای و زربین تولید شده در چهار بستر مختلف رشد

	بستر رشد	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک کل (گرم)	وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه	شاخص کیفیت نهال	درصد افزایش کل بیوماس خشک
سرو نقره‌ای	(تیمار۱)	۱/۵۱(۰/۲۷)^{c}	۰/۶۳(۰/۱۲)^{b}	۲/۱۳(۰/۳۹)^{b}	۰/۴۱(۰/۰۳)^{a}	۰/۲۶(۰/۰۴)^{c}	۰
	(تیمار۲)	۵/۳۲(۰/۷۴)^{ab}*	۱/۸۹(۰/۲۶)^{a}	۷/۲۱(۱)^{a}*	۰/۳۶(۰/۰۱)^{ab}	۰/۷۸(۰/۰۶)^{ab} *	۲/۷۶(۰/۹)^{a}
	(تیمار ۳)	۴/۱(۰/۴۷)^{b}	۱/۴۶(۰/۱۸)^{a}	۵/۵۴(۰/۶۴)^{a}*	۰/۳۶(۰/۰۱)^{ab}	۰/۶(۰/۰۶)^{b}	۱/۸(۰/۶)^{ab}
	(تیمار ۴)	۶/۳۴(۱/۱۴)^{a}	۲/۰۷(۰/۳۵)^{a}	۸/۴۱(۱/۴۹)^{a}	۰/۳۳(۰/۰۱)^{b}	۰/۸۸(۰/۰۹)^{a}	۳/۲(۰/۸)^{a}
زربین	(تیمار۱)	۱/۵۷(۰/۳۶)	۰/۷۸(۰/۱۶)	۲/۳۵(۰/۴۸)	۰/۵۶(۰/۰۹)	۰/۳۲(۰/۰۷)^{b}	۰
	(تیمار۲)	۲/۳۶(۰/۵۸)	۱/۲۵(۰/۱۹)	۳/۶۱(۰/۷۵)	۰/۵۷(۰/۰۷)	۰/۵۲(۰/۰۶)^{a}	۱/۳(۱/۲)
	(تیمار ۳)	۲/۵۷(۰/۳۵)*	۱/۳۱(۰/۲۲)	۳/۸۹(۰/۴۸)	۰/۵۳(۰/۰۸)	۰/۵۲(۰/۰۴)^{a}	۱/۳(۱)
	(تیمار ۴)	۳/۱۷(۰/۲)*	۱/۵۹(۰/۲۱)	۴/۷۶(۰/۳۷)	۰/۵(۰/۰۵)	۰/۶۳(۰/۰۵)^{a}	۱/۵(۰/۷)

ns: اختلاف در سطح احتمال (P<۰/۰۵) معنی‌دار نیست.

اعداد داخل پرانتز اشتباه از معیار هستند.

*: نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف صفت مورد مطالعه در تیمار خاک مشابه بین دو گونه است.

حروف مختلف در ستون مبین معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال (P<۰/۰۵) است.

تیمار (۱): خاک رایج نهالستان (شاهد)، تیمار (۲): خاک شاهد:کود دامی (۱:۵)، تیمار (۳): خاک شاهد:خاک‌برگ (۱:۵)، تیمار (۴):خاک شاهد:کود دامی:خاک‌برگ (۱:۱:۵)

می‌رسد این مسأله به دلیل ایجاد شرایط تهویه‌ای و رژیم رطوبتی مناسب‌تر (بهبود ساختار فیزیکی خاک) و نیز دسترسی آسان‌تر به مواد تغذیه‌ای (بهبود ساختار شیمیایی خاک) باشد (۳۳). در واقع افزودن مواد آلی به خاک، مانند عملکرد هورمون‌های گیاهی، سبب تحریک گیاه در جذب عناصر غذایی و متابولیسم آن در گیاه و افزایش رشد گیاه می‌گردد (۳۷). در تأیید این مطلب محققین دیگری در مطالعه روی کمپوست‌های آلی، افزایش رشد را منتج از بهبود عناصر تغذیه‌ای و افزایش فعالیت متابولیسم گیاه ذکر کرده‌اند. از میان آنها می‌توان به گزارش رومن و همکاران (۲۹) با مطالعه روی گونه‌های *Pistacia lentiscus*، *Pinus halepensis* و *Picea sitchensis*، خزا و همکاران (۲۰) روی نهال‌های سوزنی‌برگ کانتینری، تساکالدمی (۳۸) روی نهال‌های *Pinus halepensis*، استوس و همکاران (۲۷) روی نهال *Pistacia lentiscus* اشاره نمود.

در ارتباط با تأثیر نیتروژن و مواد آلی روی افزایش رشد سایر سوزنی‌برگان به دلیل اثر آنها بر میزان غلظت قندها، پروتئین‌ها، اسیدهای آلی و عناصر معدنی بافت گیاه، می‌توان به تحقیقات (۱۰، ۳۰ و ۳۱) توجه داد. از طرف دیگر، در همین راستا، خاک‌برگ‌ها نیز به دلیل دارا بودن هوموس کافی، عناصر غذایی فراوان و تهویه مناسب، سریع‌تر آزاد شدن عناصر غذایی و دارا

جدول ۱۱. نتایج آزمون t-test بین پارامترهای مورد مطالعه بین دو گونه سرو نقره‌ای و زربین در تیمارهای مختلف خاک

پارامترها	(تیمار ۱)		(تیمار ۲)		(تیمار ۳)		(تیمار ۴)	
	t	Sig.	t	Sig.	t	Sig.	t	Sig.
ارتفاع اندام هوایی (سانتی متر)	۰/۴۶۱	۰/۶۷۶	۳/۷۰۷	۰/۰۳۴*	۱/۷۸۱	۰/۱۷۳	۱/۰۱۸	۰/۳۸۴
قطر (میلی‌متر)	۰/۰۸۳	۰/۹۳۹	۰/۵۳۲	۰/۶۳۱	−۰/۹۶۵	۰/۴۰۶	−۰/۴۱۶	۰/۷۰۵
طول ریشه (سانتی‌متر)	−۰/۳۴۵	۰/۷۵۳	−۱/۶۳۵	۰/۲	−۱/۱۴۷	۰/۳۳۴	−۱/۰۵۷	۰/۳۶۸
طول کل نهال (سانتی‌متر)	−۰/۲۲۳	۰/۸۳۸	−۰/۱۱۲	۰/۹۱۸	−۰/۴۵۸	۰/۶۷۸	۰/۰۰۰	۱
نسبت ارتفاع به قطر	۰/۵۱۹	۰/۶۴	۲/۵۳۴	۰/۰۸۵	۱/۶۵۷	۰/۱۹۶	۰/۴۱۵	۰/۲۵۲
طول ریشه به طول اندام هوایی	−۰/۴۱۹	۰/۷۰۳	−۲/۶۳۹	۰/۰۷۸	−۱/۴۹۵	۰/۲۳۲	−۲/۷۷۵	۰/۰۶۹
شاخص بنیه نهال	−۱/۹۲۴	۰/۱۵	−۳/۲۹۹	۰/۰۴۶*	−۶/۵۹۹	۰/۰۰۷*	−۲/۱۸۶	۰/۱۱۷
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	−۰/۱۳۸	۰/۸۹۹	۹/۳۲۴	۰/۰۰۳*	۱۰/۴۷۸	۰/۰۰۲*	۳/۲۲۶	۰/۰۴۸*
وزن خشک ریشه (گرم)	−۰/۹۴۸	۰/۴۱۳	۴/۲۵۹	۰/۰۲۴*	۰/۵۳۴	۰/۶۳۱	۱/۱۷	۰/۳۲۶
وزن خشک کل (گرم)	−۰/۳۷۵	۰/۷۳۳	۷/۸۴۴	۰/۰۰۴*	۴/۸۷۵	۰/۰۱۶*	۲/۷۵۳	۰/۰۷۱
وزن خشک ریشه به وزن خشک ساقه	−۲/۳۱۹	۰/۱۰۳	−۳/۰۸۳	۰/۰۵۴	−۱/۹۳۹	۰/۱۴۸	−۲/۷۸۷	۰/۰۶۹
شاخص کیفیت نهال	−۰/۶۷۴	۰/۵۴۸	۱۳/۸۰۶	۰/۰۰۱*	۲/۵۴۹	۰/۰۸۴	۲/۳۹۷	۰/۰۹۶
درصد افزایش زی توده خشک کل	۰	۰	۱/۰۶۵	۰/۳۶۵	۰/۴۹۲	۰/۶۵۶	۲/۴۵۹	۰/۰۹۱

*: معرف معنی‌دار بودن میانگین‌هاست.

تیمار (۱): خاک رایج نهالستان (شاهد)، تیمار (۲): خاک شاهد:کود دامی (۱:۵)، تیمار (۳): خاک شاهد:خاک‌برگ (۱:۵)، تیمار (۴):خاک شاهد:کود دامی:خاک‌برگ (۱:۱:۵)

بودن رژیم رطوبتی مناسب، شرایط مطلوبی برای رشد گیاه فراهم می‌نمایند (۱۸). به طور کلی، هم‌بستگی بالا بین تیمارهای خاک و پارامترهای رشد می‌تواند به خاطر افزایش مواد تغذیه‌ای خاک به ویژه نیتروژن باشد. در تحقیق حاضر ممکن است افزایش سایر عناصر تغذیه‌ای خاک از جمله فسفر، پتاسیم و کلسیم نیز به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌ها و سنتز پروتئین در میزان رشد و راندمان نهال مؤثر باشند که با نتایج تحقیقات خزا و همکاران (۲۰) همخوانی دارد. در حقیقت، افزایش مواد تغذیه‌ای سبب جذب بیشتر کربن توسط گیاه می‌شود و با تحریک گیاه از طریق دسترسی به نور بیشتر به دلیل افزایش میزان فتوسنتز، افزایش رشد طولی ساقه فراهم می‌گردد (۱۷، ۲۱ و ۲۲). عدم وجود هم‌بستگی معنی‌دار بین میزان طول ریشه با خاک‌های غنی از مواد آلی در تحقیق حاضر ممکن است به دلیل وجود مواد غذایی کافی در اطراف ریشه باشد که لزوم گسترش بیشتر ریشه برای جذب عناصر غذایی را منتفی می‌نماید (۱ و ۷) و یا این که به خاطر حجم محدود گلدان باشد که رشد بیشتر ریشه را با مشکل مواجه می‌سازد (۲۶).

نتایج این مطالعه افزایش میزان زی توده نهال‌های سرو نقره‌ای و شاخص کیفیت نهال گونه زربین را در تیمارهای مواد آلی نشان می‌دهد. با توجه به این که تیمارهای مواد آلی دارای عناصر تغذیه‌ای (NPK) بیشتری در مقایسه با شاهد می‌باشند می‌توان افزایش میزان زی توده را به این امر نسبت داد. در تأیید این مطلب نیز آیونا و همکاران (۸) (روی *Pinus sylvestris*)، گوررو و همکاران (۱۴) (روی *Pinus pinea* و *Cupressus arizonica*)، نیلسون و جرجنسن (۲۳) (روی *Fagus sylvatica*) به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. هم‌بستگی بالای زی توده با تیمارهای خاک نیز مؤید همین مطلب است. در راستای این نتایج کاکنین و همکاران (۱۹) روی نهال *Picea abies* نیز هم‌بستگی معنی‌داری ($P<0/05$) بین تیمار مواد آلی خاک و زی توده نهال را گزارش کردند طوری که افزایش ذخایر تغذیه‌ای در بافت گیاه منجر به افزایش زی توده شده بود (۹ و ۲۴). البته این یافته‌ها با نتایج ایمو و تایممر (۱۵) مغایرت دارد که در تحقیقات خود زی توده کل نهال‌های *Prosopis chilensis* را مستقل از حاصل‌خیزی در شرایطی با مقادیر مختلف نیتروژن گزارش کردند. دلیل این امر را می‌توان این گونه استدلال نمود

که گونه‌های مختلف عکس‌العمل متفاوتی نسبت به فاکتورهای محیطی نشان می‌دهند.

در مجموع، در راستای پاسخ به اهداف این تحقیق می‌توان اظهار داشت که استفاده از مواد آلی به‌ویژه در تیماری با بیشترین مقدار مواد آلی (تیمار ۴) در خاک نهالستان سبب بهبود شاخص‌های رشد و زی توده نهال‌های دو گونه سرو نقره‌ای و زربین گردیده است. از آن جایی که معمولاً شاخص کیفیت نهال برای ارزیابی وضعیت نهال‌های گونه‌های گیاهی استفاده می‌شود و در مطالعه حاضر این شاخص فقط در تیمار ۲ در گونه سرو نقره‌ای از اندازه بزرگ‌تری نسبت به گونه زربین برخوردار است، لذا با توجه به اختصاصی بودن واکنش هر گیاه به میزان عناصر تغذیه‌ای خاک و هم چنین تأثیر عوامل ژنتیکی، عوامل محیطی و فرآیند متابولیسم و شرایط فیزیولوژیکی درونی گیاه (۲۸)، نمی‌توان با اطمینان بیان کرد که کدام یک از دو گونه مطالعه شده نسبت به تیمارهای خاک پاسخ بهتری داده است. این در حالی است که بسته به مناطق متفاوت اکولوژیک (محلی)، سایر ترکیبات آلی شامل کمپوست ضایعات آلی مسکونی، پسماندهای کشاورزی، کودهای زیستی و ضایعات تفاله نیشکر، پوسته کاج و پوسته نارگیل برای برخی گونه‌های جنگلی ممکن است تولید کمی و کیفی نهال‌ها را بهبود بخشند.

منابع مورد استفاده

۱. رحمانی، ا. و م. خوشنویس. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر کودهای مختلف شیمیایی و دامی بر رشد نهال‌های بلند مازو در نهالستان‌های کلوده آمل و شهر پشت نوشهر. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۳(۱): ۱-۱۹.

۲. رحمانی، ا.، م. خوشنویس و م. نورشاد. ۱۳۸۵. واکنش نهال‌های افرا پلت به کودهای شیمیایی و دامی در دو نهالستان جنگلی شهر پشت چالوس و کلوده آمل. مجله پژوهش و سازندگی ۱۹(۴): ۱۴۳-۱۴۹.

۳. کنشلو، ه. ۱۳۸۰. *جنگل‌کاری در مناطق خشک*. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

۴. کیانی، ب. ۱۳۷۸. مطالعه توان ریشه‌زایی نهال‌های کاج تدا (*Pinus taeda*) در شرایط ریشه لخت و گلدانی. مجله منابع طبیعی ایران ۵۸(۲): ۳۳۳ – ۳۳۸.

۵. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک ونیمه خشک «مشکلات و راه حل‌ها». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۶. نورشاد، م. و م. قرآنی. ۱۳۶۹. *طرح تحقیقاتی انتخاب بهترین مخلوط خاک به منظور تولید نهال‌های کانتینری*. انتشارات دفتر جنگل‌کاری و پارک‌ها، مازندران.

7. Agren, G.I. and O. Franklin. 2003. Root: shoot ratios, optimization and nitrogen productivity. Ann. Bot. 92: 795–800.
8. Auina, A., M. Rudawska, T. Leski, A. Skridalia, E. Riepas and M. Iwanski. 2007. Growth and mycorrhizal community structure of *Pinus sylvestris* seedlings following the addition of forest litter. J. Appl. Environ. Microbiol. 15(73): 4867-4873.
9. Berger, T.W. and G. Glatzel. 2001. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. For. Ecol. Manag. 149: 1-14.
10. Blevins, L.L., C.E. Prescott and V.N. Annette. 2006. The roles of nitrogen and phosphorus in increasing productivity of western hemlock and western redcedar plantations on northern Vancouver Island. For. Ecol. Manag. 234: 116-122.
11. Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. The Nature and Properties of Soils. 12th ed., Prentice Hall, Upper Saddle River. NJ.
12. Dhindwal, A.S., B.P.S. Lather and J. Singh. 1991. Efficacy of seed treatment on germination, seedling emergence and vigour of cotton (*Gossypium hirsutum*) genotypes. Seed Res. 19: 59–61.
13. Dickson, A., A.L. Leaf and J.F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. For. Chronol. 36: 10–13.
14. Guerrero, F., J.M. Gasco and L. Hern_andez-Apaolaza. 2002. Use of pine bark and sewage sludge compost as components of substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* production. J. Plant Nutr. 25(1): 129–141.

15. Imo, M. and V.R. Timmer. 2003. Growth, nutrient allocation and water relations of mesquite (*Prosopis chilensis*) seedlings at differing fertilization schedules. For. Ecol. Manag. 55: 279-294.
16. Iqbal, G.M.A., S.M.S. Huda, M. Sujauddin and M.K. Hossain. 2007. Effects of sludge on germination and initial growth performance of *Leucaena leucocephala* seedlings in the nursery. J. For. Res. 18(3): 226-230.
17. Jocobs, D.F., K.F. Salifu and J.R. Seifert. 2005. Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. For. Ecol. Manag. 214: 28-39.
18. Jones, H.E., M. Madeira, L. Herraez, J. Dighton, A. FabiaÃo, F. GonzaÂlez-Rio, M. Fernandez Marcos, C. Gomez, M. TomeÂ, H. Feith, M.C. MagalhaÃes and G. Howson. 1999. The effect of organic-matter management on the productivity of *Eucalyptus globulus* stands in Spain and Portugal: tree growth and harvest residue decomposition in relation to site and treatment. For. Ecol. Manag. 122:73-86
19. Kaakenin, S., A. Joikkonen, S. Livonen and E. Vapaavuori. 2004. Growth, allocation and chemistry of *Picea abies* seedlings affected by nutrient supply during second growing season. Tree Physiol. 24: 707-719.
20. Khasa, D.P., M. Fung and B. Logan. 2005. Early growth response of container- grown selected woody boreal seedlings in amended composite tailings and tailings sand. Bioresour. Technol. 96: 857-864.
21. Landsberg, J.J. and S.T. Gower. 1997. Applications of physiological ecology to forest management. *In*: Mooney, H.A., (ED.), Academic press., USA.
22. Navarro, R.M., M.J. Retamosa, J. Lopez, A.D. Campo, C. Ceaceros and L. Salmoral. 2006. Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss. J. Ecol. Eng. 27: 93-99.
23. Nilson, C.N. and F.V. Jorgensen. 2003. Phenology and diameter increment in seedling of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. For. Ecol. Manage. 174: 233-249.
24. Nordberg, F., U. Nilsson and G. Orlander. 2003. Effect of different soil treatments on growth and net nitrogen uptake of early planted *Picea abies* (I.) Karst. Seedlings. For. Ecol. Manag. 180: 571-582.
25. O ´ skarsson, H., A. Sigurgeirsson and K. Raulund-Rasmussen. 2006. Survival, growth, and nutrition of tree seedlings fertilized at planting on Andisol soils in Iceland: Six-year results. For. Ecol. Manag. 229: 88–97.
26. Oliet, J.A., R. Planelles, M.L. Segura, F. Artero and D.F. Jacobs. 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. Scientia Hort. 103: 113-129.
27. Ostos J.C., R. Lopez-Garrido, J.M. Murillo and R. Lopez. 2008. Substitution of peat for municipal soild waste- and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effect on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. Bioresour. Technol. 99: 1793–1800.
28. Robinson, D.E., R.G. Wagner and C.J. Swanton. 2002. Effects of nitrogen on the growth of Jack pine competing with Canada blue-joint grass and large-leaved aster. For. Ecol. Manag. 160: 233-242.
29. Román, R, C. Fortún, De Sá ME. García López and G. Almendros. 2003. Successful soil remediation and reforestation of a calcic regosol amended with composted urban waste, J. Arid Land Resour. Manag. 17: 297-311.
30. Salifu, K.F. and V.R. Timmer. 2001. Nutrient retranslocation response of *Picea mariana* seedlings to nitrogen supply. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:905-913.
31. Samuelson, L.J. 2000. Effects of nitrogen on leaf physiology and growth of different families of loblolly and slash pine. New Forests 19: 95–107.
32. Shan J., L.A. Morris and R.L. Hendrick. 2001. The effects of management on soil and plant carbon sequestration in slash pine plantations. J. Appl. Ecol. 38: 932-941.
33. Shibu, M.E., P.A. Leffelaar, H. Van Keulen and P.K. Aggarwal. 2006. Quantitative description of soil organic matter dynamics—A review of approaches with reference to rice-based cropping systems, Geoderma 137: 1–18.
34. Tabari, M., H.R. Saeidi, K. Alavi-Panah, R. Basiri and M.R. Poormadgidian. 2007. Growth and survival response of potted Cupressus sempervirens seedlings to different soils. Int. J. Biol. Sci. 10(8): 1309-1312.
35. Teng Y. and V.R. Timmer. 1996. Modeling nitrogen and phosphorus interactions in intensively managed nursery soil-plant systems. Can. J. Soil Sci. 76: 523-530.
36. Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation—what you can tell by looking. PP. 59-71. *In*: Duryea, M.L. (Ed.), Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis (Chapter 6).
37. Tichy, V. and H.K. Phuong. 1975. On the character of biological effect of humic acids. Humus Planta 6: 379–382.
38. Tsakaldimi, M. 2006. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing (*Pinus halepensis* M.) seedlings. Bioresour. Technol. 97: 1631–1639.
39. Will, R.E., G.T. Munger, Y. Zhang and B.E. Borders. 2002. Effects of annual fertilization and complete competition control on current annual increment, foliar development, and growth efficiency of different Aged (*Pinus taeda*) stands. Can. J. For. Res. 32: 1728-1740.