

تحقیقات پایه جهت استقرار نهالهای زیتون در شرایط دیم*

حسین سردابی^۱

چکیده

هدف از اجرای پژوهش کمک به استقرار و ریشه‌دوانی عمیق‌تر نهالهای بذری زیتون (*O. europaea* L.) رقم زرد در سنین اولیه کاشت و در شرایط دیم با استفاده از نهالهای بذری و گلدانی است که قبل از جنگلکاری تحت تنش فشردگی و خشکی خاک قرار گرفته باشند. خاک فشرده اغلب باعث محدودیت توسعه ریشه نهالها، به‌ویژه در محیط بسته (گلدان) می‌شود. فرضیه تحقیق آن بود که ریشه‌های تحت تنش و دارای محدودیت رشدی ممکن است پس از کاشت در محیط باز و عرصه جنگلکاری، در حجم بیشتری از لایه‌های خاک توسعه یابند. این بدین معنی است که ریشه‌ها به ذخایر بیشتری از آب و مواد غذایی دسترسی پیدا خواهند کرد و به عبارت دیگر امکان موفقیت‌آمیز جنگلکاری در شرایط دیم. این تحقیق از دو مرحله گلخانه‌ای و مزرعه‌ای تشکیل یافته است. آزمایش در سال ۱۳۸۱ با تهیه ۳۶ عدد لوله پولیکا و انباشتن نصف آنها با خاک فشرده در سطح شاهد و نصف دیگر در سطح متوسط (معادل وزن مخصوص ظاهری به ترتیب ۱/۳ و ۱/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب)، آغاز گردید. سپس نهالها به لوله‌های پولیکا منتقل شدند. بعد از جابجایی گلدانها به درون گلخانه، نهالها در دو سطح آبیاری (دوره آبیاری) سه و شش روزه که نماینده به ترتیب خاک دارای رطوبت زیاد و کم می‌باشند، تیمار شدند (در هر سطح فشردگی خاک دوباره گلدانها به دو گروه تقسیم شدند و هر گروه توسط یکی از تیمارهای آبیاری آزمایش شدند). پس از تحت تنش قرار گرفتن نهالها به مدت حدود دو ماه، در نیمه اول فروردین ۱۳۸۲ به عرصه جنگلکاری منتقل شدند و در قالب روش آماری فاکتوریل و در طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی و در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. خاک مزرعه شنی و دارای بیش از ۵۰ درصد قلوه سنگ (gravel)

* این مقاله از طرح تحقیقاتی شماره ۸۱-۰۳۱۰۱۲۹۰۰۰-۰۵ مصوب مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع استخراج شده است.

۱- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران، پست الکترونیکی: sardabi@rifr-ac.ir

بود. نهالها تا پایان پاییز سال ۱۳۸۲ به صورت دیم در عرصه رها شدند و از آن به بعد توسط بیل هیدرولیکی تراکتور از خاک خارج شدند و صفات کمی آنها شامل زنده‌مانی، ارتفاع، عمق ریشه‌دوانی، وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک برگها به اندام هوایی، و نسبت وزن خشک ریشه‌ها به اندام هوایی اندازه‌گیری و محاسبه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط روشهای آماری تجزیه واریانس و آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگینها با بکارگیری نرم افزار SPSS انجام شد.

با وجود طولانی بودن دوره خشکی و گرما در سال ۱۳۸۲، خوشبختانه زنده‌مانی نهالها صد در صد بوده است که نشانگر بردباری زیاد این گونه به خشکی است. متأسفانه نهالهایی که تحت تنش بیشتر فشردگی و خشکی خاک قرار گرفته بودند، صفات کمی اندامهای هوایی و ریشه آنها به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار نگرفتند، اما خوشبختانه اثر متقابل تیمارهای آبیاری و فشردگی خاک، بیشتر بر رشد اندامهای هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی معنی‌دار بود.

دو عامل عمده باعث استمرار زنده‌مانی و رشد نهالهای زیتون در شرایط دیم شدند:

- ۱- عملیات آماده‌سازی محل کاشت با شخم عمیق خاک در دو جهت عمود بر هم.
- ۲- خصوصیت فیزیولوژیکی سیستم ریشه و اندام هوایی و توانایی گیاه، به‌ویژه ریشه بر تنظیم اسمزی.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خاک، دیم، ریشه، زیتون، فشردگی.

مقدمه

در بسیاری از کشورهای جهان علاقه‌مندی به درخت زیتون و محصولات آن افزایش یافته است. دلایل این امر بدین قرار است: ۱- به جز مسائل کشاورزی و اقتصادی، اهمیت آن از نظر زیست محیطی و سلامتی انسان، ۲- مقاومت در برابر خشکی و استعداد رویش در خاکهای کم عمق و با کیفیت نامطلوب در مناطق خشک و نیمه خشک، ۳- واکنش خوب درخت به عملیات به زراعی با وجود برخورداری از ظاهری خشن، ۴- بردباری زیاد در برابر شوری و کمبود بارندگی و منابع آب، ۵- بهبود شرایط زیست محیطی بر اثر جلوگیری از فرسایش خاک به علت سیستم ریشه‌دوانی و افزایش رطوبت هوا به علت تبخیر و تعرق، ۶- اهمیت از نظر حفظ منظر و مسائل اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی، به‌ویژه در مناطق مدیترانه‌ای، و ۷- افزایش تقاضای میوه و روغن زیتون در جهان به علت اثرات درمانی بهداشتی استفاده مداوم محصولات زیتون توسط مردم (Moreno و Fernandez, ۱۹۹۹).

برای توسعه جنگلکاری، به‌ویژه درختان و درختچه‌های چندمنظوره به‌صورت دیم در مناطق نیمه خشک و نیمه مرطوب ایران علاوه بر بکارگیری سیستمهای مناسب سطوح آبگیر باران، جلوگیری از تبخیر رطوبت سطحی خاک، استفاده از گونه‌های مقاوم در برابر خشکی، کاشت در خاکهای رسوبی عمیق، افزایش نفوذپذیری خاک با استفاده از دستگانه‌های شخم زن و زیرشکن، استفاده از گیاهان دارای استعداد ژنتیکی ریشه‌دوانی عمیق و غیره، استفاده از روشهایی برای تحریک بیشتر گیاهان جهت ریشه‌دوانی عمیق نیز امکان‌پذیر می‌باشد. خاک فشرده باعث محدودیت توسعه ریشه نهالها در محیط بسته (گلدان) و تحریک آن جهت ریشه‌دوانی عمیق و افقی پس از انتقال نهال گلدانی به محل اصلی کاشت و در نتیجه، استقرار بهتر نهالها در محیط باز می‌گردد. در صورت موفقیت این مسأله و تحقق این فرضیه، انقلاب بزرگی در امر

جنگلکاری دیم گونه‌های درختی و درختچه‌ای پدید خواهد آمد. در نتیجه، درصد قابل توجهی از سطح جنگلکاری با استفاده از روش جدید افزایش خواهد یافت.

ریشه‌دوانی عمیق به‌طور کلی برای گیاهان، به‌ویژه در شرایط دیم مطلوب است، زیرا موجب افزایش میزان دسترسی گیاه به ذخیره آب و مواد غذایی موجود در خاک می‌گردد. محدودیت رشد ریشه به علت مقاومت مکانیکی خاک، یکی از وسیعترین و جدیترین چالشهای ناشی از فشردگی خاک بر اثر عملیات کشاورزی است (Scott و Erickson، ۱۹۶۴، Taylor و همکاران، ۱۹۶۶ و ۱۹۷۲، Boone و همکاران، ۱۹۷۸). بسیاری از بررسیها نشان داده است که با افزایش مقاومت مکانیکی خاک ناشی از فشردگی لایه‌های آن در مزرعه، عمق و تراکم ریشه‌دوانی کاهش پیدا می‌کند (Phillips و Kirkham، ۱۹۶۲، Taylor و Burnett، ۱۹۶۳، Trowse، ۱۹۶۶، Sheesley و همکاران، ۱۹۷۴، Voorhees، ۱۹۷۷). با افزایش مقاومت مکانیکی خاک، میزان ریشه‌دوانی به علت افزایش مقاومت ذرات خاک نسبت به جا به جایی، کاهش می‌یابد (Clark و همکاران، ۲۰۰۳). در صورتی که درجه فشردگی خاک خیلی زیاد باشد، معمولاً موجب کاهش میزان توسعه ریشه در داخل بستر خاک می‌گردد. به هر حال، ممکن است در حالی که در لایه سطحی خاک انشعاب ریشه زیاد باشد، در قسمت فشرده عمیقتر خاک، توسعه ریشه به شدت محدود باشد (Boone و همکاران، ۱۹۸۴). ازدیاد ریشه‌ها در سطح خاک (به میزان زیاد تحت تأثیر تغییرات میزان رطوبت و دما است) ممکن است باعث کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها گردد (So، ۱۹۸۷).

محدودیت رشد ریشه باعث کاهش محصول دهی گیاهان می‌گردد. به‌عنوان مثال پنبه (Taylor و همکاران، ۱۹۶۴، Carter و همکاران، ۱۹۶۵، Lowry و همکاران، ۱۹۷۰)، ذرت خوشه‌ای (Taylor و همکاران، ۱۹۶۴)، سویا (Rogers و Thurlow، ۱۹۷۳)، نهالهای کاشته شده درختان حاره‌ای آمازون (Woodward، ۱۹۹۶)، درختان بالغ جنگلهای حاره‌ای (Whitman و همکاران، ۱۹۹۷) و صنوبر (Blinn و Smidit، ۲۰۰۲).

در بسیاری از موارد، به‌ویژه در محیط‌های خشک، افزایش استرس رطوبتی گیاه به همراه کاهش رشد ریشه، به‌عنوان عوامل عمده محدودیت رشد گیاه محسوب می‌شوند.

به‌طور کلی ریشه‌ها به هنگام برخورد با لایه‌های فشرده خاک و توقف رشد طولی آنها، اقدام به ایجاد ریشه‌های فرعی می‌نمایند. در واقع ریشه‌ها به جای رشد عمودی و نفوذ به داخل اعماق خاک، با توسعه ریشه‌های فرعی، رشد افقی خواهند نمود. به عبارت دیگر ریشه‌ها به هنگام برخورد به موانعی مانند سنگ، سخت لایه‌ها و لایه‌های فشرده خاک، تغییر مسیر داده و دنبال راه‌های دیگری جهت نفوذ بهتر و آسانتر به داخل خاک خواهند بود. بنابراین در صورت وجود ترک‌ها، کانال‌های عبور کرم‌های خاکی، افق‌های سبکتر خاک، کانال‌های حاصل از پوسیدگی ریشه‌های قدیمی، کانال مربوط به موجودات خاکزی و غیره، حداکثر استفاده را می‌نمایند (Russell, ۱۹۷۷). به‌عنوان مثال Sardabi (۱۹۹۷) به منظور آزمایش اثر فشردگی خاک‌های جنگلی بر رشد سه گونه جنگلی کاج رادیاتا، اکالیپتوس ویمینالیس و آکاسیای سیاه (*Acacia mearnsii*) در محیط گلخانه (گلدانی)، مشاهده نمود که ریشه تمام گونه‌های جنگلی پس از برخورد با لایه‌های بسیار فشرده، تغییر مسیر داده و در امتداد افقی رشد نموده و پس از خارج شدن از ستون خاک موجود در داخل گلدان‌های استوانه‌ای (پولیکا)، در حد فاصل ستون خاک و دیواره گلدان، روی سطح خاک رشد می‌نمایند و گاهی دوباره ریشه‌ها از سطح خاک به داخل ستون خاک نفوذ می‌نمایند. گاهی ریشه‌ها وارد حدفواصل لایه‌های مختلف فشرده خاک موجود در داخل گلدان که چسبندگی ذرات خاک کمتر است، شده‌اند. این امر دلالت بر این دارد که اغلب ریشه‌ها خاک‌های سبکتر و همراه با تخلخل کافی را ترجیح می‌دهند و در صورت برخورد به موانعی نظیر خاک‌های فشرده، مسیرهای راحت‌تر و قابل دسترس‌تر را جستجو می‌نمایند. برخی از گونه‌ها مانند اکالیپتوس ویمینالیس دارای توان ضخیم نمودن ریشه‌ها در خاک‌های فشرده است تا قدرت کافی جهت شکافتن خاک و نفوذ به اعماق خاک را پیدا نماید. البته ریشه‌ها در

خاکهای فشرده اغلب دارای رشد فرعی بیشتری نسبت به رشد طولی هستند و نسبت به شرایط عادی ضخیمتر هستند (Sardabi, 1997).

هدفهای اجرای پژوهش عبارتند از: کمک به استقرار بهتر نهالها در عرصه‌های جنگلکاری، و در شرایط دیم، کمک به ریشه‌دوانی عمیق نهالها در محیط باز جهت استفاده حداکثر از مواد غذایی و رطوبت موجود در خاک و در نهایت کمک به توسعه جنگلکاری زیتون به‌عنوان گونه چند منظوره در شرایط دیم.

مواد و روشها

عملیات اجرایی آزمایش در پاییز ۱۳۸۱ آغاز شد. آزمایش شامل دو مرحله گلخانه‌ای و مزرعه‌ای بود. ابتدا ۳۶ عدد لوله پولیکا به طول ۶۵ و قطر ۱۰ سانتیمتر به‌عنوان گلدان اصلی تهیه شد. دیواره گلدان از یک طرف و در امتداد طول آن توسط دستگاه فرز برقی به‌صورت سرتاسری بریده شد، آنگاه به وسیله سه حلقه سیم نصب شده در ابتدا، وسط و انتهای لوله و بکارگیری چسب نواری مخصوص، دیواره عایق بندی و یک پارچه شد تا استخراج نهال زیتون در پایان مرحله گلخانه‌ای به آسانی انجام گردد. آنگاه لوله‌ها به دو گروه تقسیم شدند (۱۸ عدد) و هر گروه به یکی از دو سطح فشرده‌گی خاک شاهد و متوسط اختصاص داده شدند (به ترتیب معادل وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ و ۱/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب).

برای فشردن خاکها ابتدا خاک مورد نظر را که در هوای آزاد خشک شده و یکدست و بدون سنگریزه بود، میانگین درصد رطوبت آن را با استفاده از دستگاه اتو (۱۰۵ درجه سانتیگراد) اندازه‌گیری کرده، آنگاه با توجه به میزان ۱۷ درصد رطوبت خاک که برای فشردن خاکها مطلوب است (Sardabi, 1997)، آب کافی به خاک خشک اضافه نموده و با آن مخلوط شد. برای پخش یکسان رطوبت در داخل توده خاک مرطوب، خاک را در داخل کیسه پلاستیکی ۵۰ کیلویی دو لایه قرار داده و در آن را محکم بسته و حداقل

تا یک هفته بدین ترتیب نگهداری شد. برای اطمینان از میزان رطوبت خاک در هر کیسه، از هر کدام نمونه کوچکی خارج نموده و درصد رطوبت آن به روش بالا کنترل شد. برای فشرده کردن خاک مرطوب در لوله پولیکا با ارتفاع ۵۰ و قطر ۱۰ سانتیمتر (حجم حدود ۳۶۷۵ سانتیمتر مکعب) و با در نظر گرفتن وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمار فشردگی مورد نظر، از فرمول زیر استفاده می شود:

$$\text{وزن خاک مرطوب} = \text{وزن مخصوص ظاهری خاک خشک} \times (1 + \text{درصد رطوبت خاک}) \times \text{حجم گلدان}$$

برای انجام دقیق و یکنواخت عمل فشردگی، لوله از قاعده به بالا به پنج قسمت ۱۰ سانتیمتری تقسیم شده و با رنگ علامت گذاری شدند. آنگاه خاک مورد نظر با توجه به یک پنجم وزن کل، در پنج نوبت فشرده شدند. برای فشردن خاک در هر ۱۰ سانتیمتر ارتفاع لوله، از یک پتک فلزی استوانه‌ای دارای یک دسته بلند فلزی در وسط استفاده شد. سطح بالایی هر لایه فشرده خاک، خراش داده شد تا لایه ۱۰ سانتیمتری بعدی به خوبی با لایه ۱۰ سانتیمتری قبلی متصل گردد. قاعده گلدان نیز به وسیله یک لایه پلی اتیلنی دارای چند منفذ (جهت زهکشی) پوشیده شد تا خاک از ته گلدان خارج نگردد.

انتقال نهالهای زیتون به درون گلدانها یا لوله های محتوی خاکهای فشرده در تاریخ ۱۶ بهمن ۱۳۸۱ انجام گرفت. گلدانهای محتوی یکی از سطحهای فشردگی خاک به دو زیر گروه تقسیم شدند (در مجموع چهار زیر گروه) و هر زیر گروه به یکی از دو دور آبیاری سه و شش روزه (به ترتیب نماینده خاک مرطوب و تحت تنش رطوبت) تیمار شدند. پس از نگهداری نهالها به مدت دو ماه در گلخانه و اضافه کردن کود مایع زربار به آنها در سه نوبت در طول این دوره، به عرصه پیش بینی شده در باغ ملی گیاه شناسی

ایران جا به جا شدند و در قالب روش آماری فاکتوریل در طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی و در سه تکرار چیده شدند (شکل شماره ۱).

I_2C_1	I_1C_2	I_2C_2	I_1C_1	تکرار ۱
I_1C_2	I_2C_1	I_1C_1	I_2C_2	تکرار ۲
I_1C_1	I_2C_1	I_2C_2	I_1C_2	تکرار ۳

شکل شماره ۱- طرح آماری آزمایش جنگلکاری دیم زیتون به روش فاکتوریل در طرح

پایه بلوکهای کامل تصادفی

(سطح فشردگی شاهد = C_1 , سطح فشردگی متوسط = C_2 , دور آبیاری سه روزه = I_1 ,

دور آبیاری شش روزه = I_2)

قبل از جا به جایی نهالها، آماده سازی عرصه انجام گرفت که شامل شخم عمیق توسط تراکتور و در دوجبهت عمود بر هم در اواخر اسفند ۱۳۸۱ و حفر چاله های کاشت توسط مته تراکتور تا عمق ۶۰ سانتیمتری سطح خاک در ۱۱ فروردین سال ۱۳۸۲ در سه ردیف موازی (در هر ردیف نیز ۱۲ چاله و به فاصله سه متر از هم تهیه شدند). سایر برنامه های اجرایی به قرار زیر بود:

- آبیاری نهالها بلافاصله پس از کاشت در تاریخ ۱۲ فروردین ۱۳۸۲، در یک نوبت.

- شروع مرحله دیم از تاریخ ۱۲ فروردین سال ۱۳۸۲ که تا پایان دوره رویش در

فصل پاییز ادامه داشت.

- وجین علفهای هرز در طول دوره رویش در چند نوبت و به شعاع حدود یک متر

نسبت به یقه نهال.

- پخش مخلوط کود اسبی و خرده چوب به عنوان مالچ در اطراف یقه نهال و به

شعاع حدود نیم متر در ۲۴ تیر ۱۳۸۲ (شکل شماره ۲).



شکل شماره ۲- محل اجرای آزمایش جنگلکاری دیم زیتون در باغ ملی گیاهشناسی ایران (کاربرد مالچ مخلوط کود اسیبی و خرده چوب به شعاع نیم متر نسبت به یقه نهال)

دفع آفات (ملخ) در اواخر تیر ۱۳۸۲.

برداشت نهالهای یک ساله توسط بیل هیدرولیکی تراکتور از داخل خاک (شامل اندامهای هوایی و ریشه‌ها) در پایان دی ۱۳۸۲.

اندازه‌گیری ارتفاع اندام هوایی، عمق ریشه‌دوانی، وزن خشک اندامهای هوایی و ریشه‌ها در آغاز بهمن ۱۳۸۲. ارتفاع اندام هوایی توسط خط‌کش تا دقت یک میلیمتر اندازه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها تا دقت ۰/۰۱ گرم و پس از خشک کردن در اتو با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت سه روز، برآورد گردید.

- ثبت داده‌ها به صورت کامپیوتری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel97 و SPSS9 و انجام محاسبات لازم به منظور آماده کردن داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آماری.

-تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و روشهای تجزیه واریانس و آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگینها.

نتایج

نتیجه تجزیه واریانس، خصوصیات آماری میانگین کل صفات کمی نهالها و معنی‌دار بودن اختلاف میانگین صفات کمی نهالها در دو سطح آبیاری و فشردگی خاکها به ترتیب در جدولهای شماره ۱ تا ۳ به نمایش گذاشته شده است.

از آنجایی که میزان زنده‌مانی نهالهای زیتون در تمام تیمارها و تکرارها ۱۰۰ درصد بوده است، از گنجاندن داده‌ها در جدول شماره ۱ صرف‌نظر شده است. به عبارت دیگر، میان تیمارها از نظر زنده‌مانی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای فشردگی و آبیاری به‌صورت مستقل اثر معنی‌داری بر صفات کمی نهالها نداشته‌اند، ولی اثر متقابل آنها بر برخی از صفات کمی معنی‌دار بوده است. از هفت صفت کمی نهالهای مورد مطالعه، فقط چهار صفت ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک برگها و نسبت وزن خشک ریشه‌ها به وزن خشک اندام هوایی به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و فشردگی خاک قرار گرفتند (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱- نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آزمایش جنگلکاری دیم زیتون

صفات نهالها	تیمارها		
	آبیاری	فشردگی خاک	اثر متقابل آبیاری و فشردگی خاک
ارتفاع اندام هوایی (سانتیمتر)	ns	ns	*
عمق ریشه‌دوانی (سانتیمتر)	ns	ns	ns
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	ns	ns	*
وزن خشک برگها (گرم)	ns	ns	*
وزن خشک ریشه‌ها (گرم)	ns	ns	ns
نسبت وزن خشک برگها به اندام هوایی	ns	ns	ns
نسبت وزن خشک ریشه‌ها به اندام هوایی	ns	ns	*
در صد زنده مانی	ns	ns	ns

(NS = معنی دار نیست، * = معنی دار در سطح پنج درصد)

در مورد سه صفت کمی ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک برگها، بیشترین میانگین به نهالهایی تعلق گرفت که در گلخانه تحت تأثیر تیمار رطوبت و فشردگی زیاد یا رطوبت و فشردگی کم قرار گرفته بودند. کمترین میانگین سه صفت یاد شده نیز به نهالهایی تعلق داشت که در گلخانه تحت تیمار تنش خشکی و فشردگی زیاد خاک قرار گرفته بودند. بیشترین میانگین صفت نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی، برعکس سه صفت یاد شده به نهالهایی تعلق داشت که در گلخانه تحت تأثیر تنش خشکی و فشردگی زیاد قرار گرفته بودند (جداول شماره ۲ و ۳).

جدول شماره ۲- خصوصیات آماری میانگین کل صفات کمی نهالها در آزمایش

جنگلکاری دیم زیتون

حدود اعتماد ۹۵ درصد				
مرز بالایی	مرز پایینی	خطای معیار	میانگین	متغیرهای وابسته
۶۳/۲۱۴	۵۳/۲۵۵	۲/۴۴۵	۵۸/۲۳۵	ارتفاع اندام هوایی (سانتیمتر)
۴۱/۷۱۳	۳۳/۱۶۲	۲/۰۹۹	۳۷/۴۳۸	عمق ریشه دوانی (سانتیمتر)
۱۹/۷۳۱	۱۴/۲۱۹	۱/۳۵۳	۱۶/۹۷۵	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
۶/۶۵۲	۴/۸۳۳	۰/۴۴۷	۵/۷۴۲	وزن خشک برگها (گرم)
۸/۸۸۱	۷/۰۲۴	۰/۴۵۶	۷/۹۵۲	وزن خشک ریشه ها (گرم)
۰/۳۵۷	۰/۳۲۲	۰/۰۰۹	۰/۳۳۹	نسبت وزن خشک برگها به اندام هوایی
۰/۶۵۲	۰/۴۷	۰/۰۴۵	۰/۵۶۱	نسبت وزن خشک ریشه ها به اندام هوایی
.	.	.	۱۰۰	درصد زنده مانی

جدول شماره ۳- خصوصیات آماری میانگین صفات کمی نهالهای زیتون در سطوح مختلف فشردگی و رطوبت خاک

مغز بالایی	حدود اعتماد ۹۵ درصد		خطای معیار	میانگین	سطوح فشردگی	سطوح آبیاری	متغیرهای وابسته
	مغز پایینی	مغز بالایی					
۶۷/۹۳۱	۴۸/۰۱۳	۴/۸۸۹	۵۷/۹۷۲ b	۱	۱		
۷۴/۵۱۴	۵۴/۵۹۷	۴/۸۸۹	۶۴/۵۵۶ a	۲			ارتفاع اندام هوایی (سانتیمتر)
۷۳/۷۵۹	۵۳/۸۴۱	۴/۸۸۹	۶۳/۸ a	۱	۲		
۵۶/۵۷	۳۶/۶۵۲	۴/۸۸۹	۴۶/۶۱۱ c	۲			
۴۵/۴۰۷	۲۸/۳۰۴	۴/۱۹۸	۳۶/۸۵۶ a	۱	۱		
۴۴/۰۲۳	۲۶/۹۲۱	۴/۱۹۸	۳۵/۴۷۲ a	۲			عمق ریشه‌دوانی (سانتیمتر)
۴۰/۵۸۴	۲۳/۴۸۲	۴/۱۹۸	۳۲/۰۳۳ a	۱	۲		
۵۳/۹۴	۳۶/۸۳۸	۴/۱۹۸	۴۵/۳۸۹ a	۲			
۲۱/۴۸۱	۱۰/۴۵۷	۲/۷۰۶	۱۵/۹۶۹ b	۱	۱		
۲۵/۳۵۵	۱۴/۳۳۲	۲/۷۰۶	۱۹/۸۴۳ a	۲			وزن خشک اندام هوایی (گرم)
۲۵/۹۴۸	۱۴/۹۲۵	۲/۷۰۶	۲۰/۴۳۷ a	۱	۲		
۱۷/۱۶۳	۶/۱۳۹	۲/۷۰۶	۱۱/۶۵۱ c	۲			
۷/۴۱۸	۳/۷۸	۰/۸۹۳	۵/۵۹۹ b	۱	۱		
۸/۲۴۴	۴/۶۰۵	۰/۸۹۳	۶/۴۲۴ b	۲			وزن خشک برگها (گرم)
۸/۷۹۱	۵/۱۵۳	۰/۸۹۳	۶/۹۷۲ a	۱	۲		
۵/۷۹۳	۲/۱۵۴	۰/۸۹۳	۳/۹۷۳ c	۲			
۹/۱۹۶	۵/۴۸۲	۰/۹۱۱	۷/۳۳۹ a	۱	۱		
۹/۹۷	۶/۲۵۷	۰/۹۱۱	۸/۱۱۳ a	۲			وزن خشک ریشه‌ها (گرم)
۱۰/۸۸۳	۷/۱۷	۰/۹۱۱	۹/۰۲۷ a	۱	۲		
۹/۱۸۸	۵/۴۷۴	۰/۹۱۱	۷/۳۳۱ a	۲			
۰/۳۶۳	۰/۳۰۲	۰/۰۱۷	۰/۳۳۸ a	۱	۱		نسبت وزن خشک برگها به وزن خشک اندام هوایی
۰/۳۶۲	۰/۲۹۱	۰/۰۱۷	۰/۳۲۷ a	۲			
۰/۳۸۳	۰/۳۱۲	۰/۰۱۷	۰/۳۴۸ a	۱	۲		
۰/۳۸۱	۰/۳۱	۰/۰۱۷	۰/۳۴۶ a	۲			
۰/۷۱۵	۰/۳۵۲	۰/۰۸۹	۰/۵۳۳ b	۱	۱		نسبت وزن خشک ریشه‌ها به وزن خشک اندام هوایی
۰/۶۱	۰/۲۴۷	۰/۰۸۹	۰/۴۲۹ c	۲			
۰/۶۵۹	۰/۲۹۶	۰/۰۸۹	۰/۴۷۸ c	۱	۲		
۰/۹۸۶	۰/۶۲۳	۰/۰۸۹	۰/۸۰۴ a	۲			

(میانگینهای با حروف انگلیسی مشابه دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند).

بحث

رشد و توسعه اغلب گیاهان به هنگام برخورد به لایه‌های فشرده و دارای مقاومت مکانیکی خاک، به‌ویژه هنگامی که میزان فشردگی بالا باشد، دچار محدودیت یا توقف می‌شود. رشد طولی ریشه اغلب گونه‌ها هنگامی که مقاومت خاک به فروروی (Penetration resistance) به ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوپاسکال برسد، به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و هنگامی که از ۴۰۰۰ کیلوپاسکال تجاوز کند، به‌طور کامل متوقف می‌شود (Kirkegaard, ۱۹۹۰). این پدیده در خاکهای با بافت سنگین چنانچه با تنش خشکی یا اشباع رطوبتی همراه باشد، مشکل آفرین خواهد بود زیرا به ترتیب موجب افزایش مقاومت مکانیکی خاک و خفگی ریشه‌ها بر اثر پدیده غرقابی می‌گردد (Sardabi, ۱۹۹۷).

از آنجایی که ریشه‌ها به هنگام برخورد با لایه‌های بسیار فشرده خاک تغییر مسیر داده و به دنبال راههای دیگری (مانند ترکها، کانالهای حاصل از پوسیدگی ریشه‌های قدیمی، کانالهای موجودات خاکزی، افقهای سبکتر خاک) جهت نفوذ بهتر و آسانتر به داخل خاک می‌باشند (Russell, ۱۹۷۷ و Sardabi, ۱۹۹۷)، می‌توان از چنین پدیده‌ای در امر توسعه جنگلکاری و فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک و در شرایط دیم استفاده کرد. به عبارت دیگر، چنانچه نهالها را در مراحل اولیه رشد و نمو تحت تنش فشردگی و خشکی قرار دهیم و بعد به عرصه فاقد فشردگی خاک منتقل کنیم، امکان ریشه‌دوانی عمیقتر و متراکمتر در عرصه مورد نظر زیاد است. در نتیجه، نهالها به

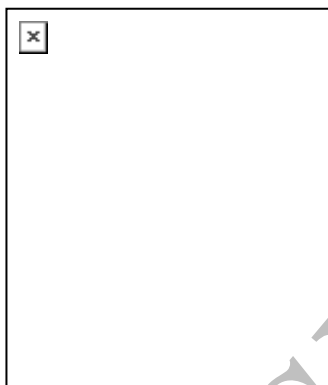
حجم بیشتری از آب و مواد غذایی دسترسی پیدا خواهند کرد و می‌توانند به صورت دیم به زندگی و رشد خود ادامه دهند.

در این آزمایش با وجود طولانی بودن دوره خشکی و گرما در سال ۱۳۸۲، خوشبختانه زنده‌مانی نهالها صد در صد بوده است که نشانگر بردباری بالای این گونه به خشکی است. نهالهایی که تحت تنش فشردگی و خشکی خاک در گلخانه قرار گرفته بودند، صفات کمی اندامهای هوایی و ریشه آنها در مزرعه به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار نگرفتند. نتایج این تحقیق با دستاوردهای پژوهشی Gomez و همکاران (۱۹۹۹) هم‌خوانی دارد. خوشبختانه اثر متقابل تیمارهای آبیاری و فشردگی خاک بیشتر بر رشد اندامهای هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی معنی‌دار بود. این آزمایش نشان می‌دهد که تنش خشکی و فشردگی بر خلاف انتظار اثر مثبت بر رشد اندام هوایی در مزرعه نداشته است، زیرا بیشترین رشد به نهالهایی تعلق دارد که کمتر تحت تنش خشکی و فشردگی قرار گرفته بودند. تنها نقطه امیدوار کننده نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی است که بیشترین مقدار آن به نهالهایی تعلق دارد که بیشتر تحت تنش خشکی و فشردگی خاک قرار گرفته بودند. از طرف دیگر نتایج تحقیقات Nuzzo و همکاران (۱۹۹۷) نشان می‌دهد که تنش خشکی موجب کاهش حجم خاک مورد استفاده توسط ریشه‌ها، سطح برگها و محصول دهی زیتون می‌گردد. بیشترین اثر خشکی، کاهش معنی‌دار رشد اندام هوایی می‌باشد که در مقایسه با درختان آبیاری شده، این پدیده موجب افزایش نسبت رشد ریشه به رشد اندام هوایی در درختان تحت تنش خشکی می‌گردد. این یافته‌ها با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

روی هم رفته تنش فشردگی و خشکی که افزایش دهنده مقاومت مکانیکی خاک در برابر ریشه‌دوانی نهال زیتون در گلخانه بود، نتوانست در مرحله استقرار نهال در شرایط دیم و مزرعه اثر چشمگیر و معنی‌داری داشته باشد. مقایسه میانگین کل صفات کمی نهالهای زیتون کاشته شده در آزمایش مزرعه‌ای با سه اصله نهال زیتون گلدانی اضافی (ارتفاع گلدان معادل ۱۵ سانتیمتر) که تحت تیمار تنش خشکی و فشردگی خاک

قرار نگرفته بودند (جدول شماره ۴ پیوست)، نشان می‌دهد که گرچه کمیت برخی از صفات نهالهای مورد آزمایش مانند ارتفاع اندام هوایی، عمق ریشه‌دوانی و وزن خشک اندام هوایی نسبت به نهالهای اضافی بیشتر بود، ولی از نظر کمیت‌هایی مانند وزن خشک برگها، وزن خشک ریشه‌ها، نسبت وزن خشک برگها به وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک ریشه‌ها به وزن خشک اندام هوایی و درصد زنده‌مانی، بدون تفاوت یا دارای تفاوت ناچیز بودند (شکل شماره ۳).





شکل شماره ۳- مقایسه اندام هوایی و سیستم ریشه نهالهای زیتون در تیمارهای مختلف فشردگی خاک و آبیاری

جدول شماره ۴- مقایسه میانگین کل صفات کمی نهالهای زیتون کاشته شده در قالب طرح آماری و نهالهای اضافی کاشته شده در خارج طرح آماری (بدون تیمار تنش)

نوع نهالها		صفات کمی
آزمایش مزرعه‌ای	غیر از آزمایش مزرعه‌ای	
۴۸	۵۸/۲۳۵	ارتفاع اندام هوایی (سانتیمتر)
۲۷/۵	۳۷/۴۳۸	عمق ریشه‌دوانی (سانتیمتر)
۱۳/۸۹	۱۶/۹۷۵	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
۵/۱۶	۵/۷۴۲	وزن خشک برگها (گرم)
۷/۶۵	۷/۹۵۲	وزن خشک ریشه‌ها (گرم)
۰/۳۷	۰/۳۳۹	نسبت وزن خشک برگها به اندام هوایی
۰/۵۶	۰/۵۶۱	نسبت وزن خشک ریشه‌ها به اندام هوایی
۱۰۰	۱۰۰	در صد زنده‌مانی

دو عامل عمده زیر با توجه به مشاهدات و منابع علمی مورد بررسی، باعث استمرار زنده‌مانی و رشد نهالهای زیتون در شرایط دیم شدند:

- ۱- عملیات آماده‌سازی محل کاشت با شخم عمیق خاک در دو جهت عمود بر هم. دلیل بسیار روشن بر این ادعا، خشک شدن چند نهال اضافی گلدانی کاشته شده در حاشیه محل آزمایش (فاقد عملیات شخم) بعد از حدود دو ماه از آغاز آزمایش یاد شده، می‌باشد.
- ۲- خصوصیت فیزیولوژیکی سیستم ریشه و اندام هوایی و توانایی گیاه، به‌ویژه ریشه بر تنظیم اسمزی. سیستم ریشه زیتون به گونه‌ای آفریده شده است که بتواند از مقدار بارانی که در رویشگاه طبیعی آن می‌بارد استفاده کند و برای جذب آب از لایه‌های عمیق مناسب نیست. اغلب ریشه‌های اصلی به موازات لایه سطحی خاک رشد می‌نمایند و فاقد ریشه اصلی غالب هستند. بخش وسیعی از ریشه‌ها کم قطراند که موجب افزایش استعداد جذب می‌گردد. متراکمترین بخش ریشه‌ها نزدیک تنه است. ریشه‌ها می‌توانند پس از دوره طولانی خشکی به سرعت وارد عمل شده و آبی که در نهایت در دسترس قرار می‌گیرد، به سرعت جذب کنند. قابلیت هدایتی ریشه‌های زیتون (از نظر آب) در شرایط خشکی کاهش نمی‌یابد که شکل دیگری از سازگاری زیاد این گونه به تنش آب است (Fernandez و Moreno, ۱۹۹۹). آخرین تحقیقات در مورد ریشه‌دوانی زیتون نشان می‌دهد که سیستم ریشه در بالاترین لایه‌های خاک پدید می‌آیند. دانشمندان حداکثر تراکم طول ریشه (Root length density) درختان هفت ساله زیتون را که در منطقه بیابانی مصر با بارندگی سالیانه ۱۵۰ میلی‌متر زندگی می‌کردند، در لایه‌ای به عمق ۰/۱۵ تا ۰/۳ متر یافتند که به فاصله ۰/۳ متر از تنه قرار داشت (Abd-El-Rahman و همکاران، ۱۹۶۶، به نقل از Fernandez و Moreno, ۱۹۹۹). در تحقیق دیگری در شرایط دیم و در مورد درختان ۱۲ ساله زیتون رقم مانزانیلا، گزارش شده که بیشتر ریشه‌ها دارای قطر کمتر از ۰/۵ میلی‌متر می‌باشند. بیشترین تراکم طول ریشه (۰/۷ سانتیمتر در یک سانتیمتر مکعب خاک) در فاصله ۰/۴۵ متری تنه و در لایه سطحی خاک قرار داشت، گرچه مقادیر قابل توجهی تراکم طول ریشه در عمق

۱/۴ تا ۱/۶ متر و به فاصله یک متر از تنه نیز یافت شده است (Nunez-Aguilar و همکاران، ۱۹۸۰ به نقل از Moreno و Fernandez، ۱۹۹۹). نتایج تحقیقات یاد شده با نتایج بدست آمده در این آزمایش مطابقت دارد، زیرا بیشترین تراکم ریشه در لایه سطحی خاک و در عمق ۲۷/۵ سانتیمتری قرار داشت.

جذب آب توسط ریشه‌ها با تنظیم اسمزی که موجب افزایش شیب پتانسیل آب بین ریشه‌ها و خاک می‌گردد، افزایش می‌یابد (Fernandez و Moreno، ۱۹۹۹). افزایش پتانسیل اسمزی با تورم کامل سلولی (Turgor) که ناشی از تنظیم فعال اسمزی است، یک راهکار بنیادی در درختان زیتون تحت تنش آب می‌باشد. شیب بالای پتانسیل رطوبتی بین برگها و ریشه‌ها، درختان زیتون را توانا می‌سازد که حتی در شرایط تنش بسیار زیاد آب (رطوبت پتانسیل خاک برابر ۲/۵- مگاپاسکال یا ۲۵- بار) و با فرض قابل توجه بودن قابلیت ذخیره آب در خاک، آب جذب کنند و در دوره‌های طولانی مدت خشکی زنده بمانند (Dichio و همکاران، ۲۰۰۳). Dichio و همکاران (۱۹۹۷) علاوه بر عامل فوق، ضخیم و زمخت بودن دیواره سلولی را نیز عامل بردباری زیتون در برابر تنش خشکی به حساب می‌آورند. Fernandez و همکاران (۱۹۹۷) بسته شدن روزنه‌های سلولی (Stomata) زیتون به هنگام تنش خشکی را نیز پدیده مهمی جهت جلوگیری از هدر رفت رطوبت و افزایش بردباری آن در برابر خشکی می‌دانند. گیاهان تحت تنش خشکی، به‌ویژه زیتون، دارای برگهای ضخیمتر و تعداد روزنه‌های کمتر نسبت به گیاهان مشابه در شرایط آبیاری می‌باشند که این پدیده موجب افزایش بردباری گیاهان تحت تنش می‌گردد (Barker و همکاران، ۲۰۰۰).

پیشنهادها

۱- از آنجایی که در گلخانه، درصد رطوبت حاصل از اجرای تیمار دور آبیاری زیاد (شش روزه) در حدی نبود که موجب بروز تنش در نهالهای تحت تیمار بشود، تکرار

آزمایش به همراه اعمال تنش افزونتر فشردگی و رطوبت ضروری است. ضرورت دارد که تنش رطوبت با کنترل پتانسیل رطوبتی خاک در دامنه‌ای نزدیک به نقطه پژمردگی، برقرار شود.

۲- لزوم تکرار آزمایش با همان اهداف یاد شده در پژوهش کنونی، اما به جای یک رقم از چند رقم زیتون مقاوم در برابر خشکی استفاده شود و از نهالهای معمولی که تحت تنش فشردگی و رطوبت قرار نگرفته‌اند، به‌عنوان شاهد استفاده شود.

۳- نتایج بدست آمده از این تحقیق، برای جنگلکاری زیتون رقم زرد در شرایط دیم مناطق نیمه خشک ایران قابل تعمیم است، به شرط اینکه عرصه مورد نظر دارای خاک عمیق و زهکشی مطلوب باشد، قبل از کاشت در دو جهت عمود بر هم شخم عمیق شود، چاله کاشت به‌صورت اصولی و مناسب کاشت دیم آماده شود و اطراف یقه به شعاع حد اقل نیم متر مالچ پاشی شود تا تبخیر سطحی خاک به حد اقل برسد.

منابع مورد استفاده

- 1- Abd-El-Rahman, A.A., Shalaby, A.F., and Balegh, M.S. 1966. Water economy of olive under desert conditions. *Flora, B, Bd.* 156: 202-219.
- 2- Barker, E.A., Procopiou, J. and Janoudi, A., 2000. The leaf and fruit cuticles of selected drought tolerant plants. In: M.J. Bukovac (ed.) International Symposium on Growth and Development of Fruit Crops. East Lansing, Michigan, USA, 19-21 June, 1997. *Acta Horticulturae*, 527: 85-93.
- 3- Boone, F.R., Bouma, J. and De Smet, L.A.H., 1978. A case study on the effect of soil compaction on potato growth in a loam sand soil. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 26: 405-420.
- 4- Boone, F. R., Kroesbergen, B. and Boers, A., 1984. Soil conditions and growth of spring barley on a tilled and untilled marine loam soil. A joint study of the Westmaas Research Group on New Tillage Systems. Center for Agricultural Publishing and Documentation, The Netherlands. Agricultural research report No. 925: 124-166.
- 5- Carter, L.M., Stockton, J.R., Tavernetti, J.R. and Colwich, R.F., 1965. Precision tillage for cotton production. *Transaction of ASAE*, 8(2): 177-179.

- 6- Clark, L.J., Whalley, W.R. and Barraclough, P.B., 2003. How do roots enetrate strong soil. *Plant and Soil*, 255: 93-104.
- 7- Dichio, B., Nuzzo, V., Xiloyannis, C., Celano, G. and Anelopoulos, K., 1997. Drought stress-induced variation of pressure-volume relationships in *Olea europaea* L. cv. "Coratina". In: II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. *ISHS Acta Horticulturae*, 449: 401-410.
- 8- Dichio, B., Xiloyannis, C., Anelopoulos, K., Nuzzo, V., Bufo, S.A. and Celano, G., 2003. Drought induced variations of water relations parameters in *olea europaea*. *Plant and Soil*, 257: 381-389.
- 9- Fernandez, J.E. and Moreno, F., 1999. Water use by the olive tree. In: M.B. Kirkham (ed.) *Water use in crop production*. Haworth Press, Inc.: 101-162.
- 10- Fernandez, J.E., Moreno, F., Giron, I.F. and Blazquez, O.M., 1997. Control of water consumption by the olive tree. In: II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. *ISHS Acta Horticulturae*, 449: 83-90.
- 11- Gomez, J.A., Giraldez, J.V., Pastor, M. and Fereres, E. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil and Tillage Research* 52 (3-4): 167-175.
- 12- Kirkegaard, J.A., 1990. The effects of compaction on the growth of Pigeon Pea on clay soils. University of Queensland. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, 289 p.
- 13- Lowry, F.E., Taylor, H.M. and Huck, M.G., 1970. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 34: 306-309.
- 14- Nunez-Aguilar, I., Arrue-Ugarte, J.L., Moreno, F. and Martin-Aranda, J. 1980. Sustraccion de humedad en la zona radicular del olivo (variedad manzanillo). Tecnicas de seguimiento y primeros resultados obtenidos. *Proceedings of the VII Simposio de Bioclimatologia. Avances sobre la Investigacion en Bioclimatologia*: 515-524.
- 15- Nuzzo, V., Xiloyannis, C., Dichio, B., Montanaro, G. and Celano, G. 1997. In: II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. *ISHS Acta Horticulturae* 449: 75-82.
- 16- Phillips, R. E. and Kirkham, D., 1962. Soil compaction in the field and corn growth. *Agronomy Journal*, 54: 29-34.49.
- 17- Rogers, H.T. and Thurlow, D.L., 1973. Soybeans restricted by soil compaction. *Highlights of agriculture research*. Auburn University Agricultural Experiment Station, Auburn, AL 20 (10).

- 18- Russell, R. S., 1977. Plant root systems: Their function and interaction with the soil. McGraw-Hill (UK), Maidenhead, Berkshire, England: 298 p.
- 19- Sardabi, H., 1997. An investigation of the relationship between penetration resistance, soil physical properties and the growth of selected tree species. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Forestry. The Australian National University: 144 p.
- 20- Scott, T. W. and Erickson, A. E., 1964. Effect of aeration and mechanical impedance on the root development of alfalfa, sugar beets and tomatoes. *Agronomy Journal*, 56: 575-576.
- 21- Sheesley, R., Grimes, D.W. and McClellan, W. D., 1974. Influence of wheel traffic on yield and stand longevity of alfalfa. *Californian Agriculture*: 28: 6-8.
- 22- Smidit, M.F. and Blinn, Ch.R. 2002. Harvest caused soil disturbance decreased suckering capacity of quaking aspen (*Populus tremuloies* Michx.) following growing season harvest in Minnesota, USA. *Forest Ecology and Management* 163: 309-317.
- 23- So, H.B., 1987. Soil physical factors limiting crop establishment. In: Wood, I. M., Hazard, W. H. and From, F. R. (eds.) Wood. Proceedings of Crop Establishment Workshop, AIAS Occasional Publication No. 34: 154-165.
- 24- Taylor, H. M. and Burnett, E., 1963. Influence of soil strength on root growth habits of plants. *Soil Science*, 98: 174-180.
- 25- Taylor, H.M., Locke, L.F. and Box, J.E., 1964. Pans in southern Great Plains soils: their effects on yield of cotton and grain sorghum. *Agronomy Journal*, 56: 542-545.
- 26- Taylor, H. M., Roberson, G. M., Parker, J. R. and Jessie, J., 1966. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. *Soil Science*, 102: 18-22.
- 27- Taylor, H. M., Huck, M.G. and Klepper, B., 1972. Root development in relation to soil physical conditions. In: D. Hillel (ed.) Optimising the soil physical environment toward greater crop yields. Academic Press, N. Y. and London: 57-77.
- 28- Trowse, A. C., 1966. Alteration of the infiltration permeability capacity of tropical soils by vehicular traffic. In: proceedings of First Pan-American Soil Conservation Congress. Sao Paulo, Brazil: 1103-1109.
- 29- Voorhees, W. B., 1977. Soil compaction: how it influences moisture, temperature, yield, root growth. *Crops and Soils Magazine*, 29: 7-10.

- 30- Whitman, A.A., Brokaw, V.L. and Hagan, J.M. 1997. Forest damage caused by selection logging of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in northern Belize. *Forest Ecology and Management* 92: 87-96.
- 31- Woodward, C.L. 1996. Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth in Amazonian Ecuador. *Forest Ecology and Management* 82 (1-3): 197-209.

Archive of SID