خاک‌ورزی دقیق به عنوان سیستم جایگزین برای خاک‌ورزی در عمق یکنواخت، جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی (۲۷۶)

یوسف عباسپور گیلانده[۱] ، رضا علیمردانی[۲] ، احمد خلیلیان[۳] ، علیرضا کیهانی[۴] ، سیدحسین اداتی[۵]

چکیده

بسیاری از خاک های مناطق مختلف دنیا دارای لا ه ی فشرده شده‌ای می‌باشند که از بین بردن این لایه نیز به خاک‌ورزی عمیق دارد که سالیانه هزینه بالایی را به خود اختصاص می‌دهد. خاک‌ورزی دقیق (زیرشکنی در عمق متغیر) که خصوصیات فیزیکی خاک را در نواحی مختلف مزرعه تا عمق‌های مختلفی اصلاح می‌کند، از لحاظ کاهش هزینه‌ها، مصرف سوخت و انرژی موردنیاز می‌تواند بسیار مفید باشد. آزمایش ها در سه نوع بافت (شنی، شنی لومی، لومی شنی) به‌منظور مقایسه انرژی مورد نیاز خاک‌ورزی در عمق یکنواخت (زیرشکنی در عمق ثابت) با خاک‌ورزی دقیق انجام شد. ا به کاربردن خاک‌ورزی دقیق در مقایسه با خاک‌ورزی در عمق یکنواخت به ترتیب ۵۰ و ۳۰ درصد در خاک لومی شنی و ۲۶ و ۸/۵ درصد برای خاک شنی لومی و ۲۱ و ۸ درصد برای خاک شنی در انرژی خاک‌ورزی و سوخت مصرفی صرفه‌جویی گ دید.

کلیدواژه: خاک‌ورزی دقیق، انرژی موردنیاز خاک‌ورزی، خاک ورزی در عمق یکنواخت

۱- استادیار گروه مهندسي مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد گروه مهندسي مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسي بیوسیستم کشاورزي، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- استاد گروه مهن سی کشاورزی و بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه کلمسون، کارولینای جنوبی، ایالت متحده آمریکا
۴- دانشیار گروه مهندسي مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسي بیوسیستم کشاورزي، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۵- استادیار گروه مهندسی مکانیک ، دانشکده فنی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

مقدمه

فشردگی خاک یکی از مسایل و مشکلات جدّی بسیاری از خاکها در مناطق مختلف دنیا می‌باشد. تغییرات عمق و ضخامت لایه فشرده شده در برخی از این مناطق به‌گونه‌ای می‌باشد که این پراکندگی حتّی در داخل یک مزرعه هم به میزان بسیار زیادی مشاهده می‌شود [۳, ۷, ۹, ۱۰]. خاکهای مناطق جلگه‌ای ساحلی جنوب شرقی آمریکا دارای لایه فشرده شده‌ای می‌باشند که در عمق ۴۶- ۱۵ سانتی‌متر قرار گرفته‌اند. ضخامت این لایهٔ محدود کنندهٔ رشد ریشه از ۱۵- ۵ سانتی‌متر متغیّر می‌باشد. کشاورزان در بسیاری از مناطق دنیا و بخصوص در مناطق جلگه ای ساحلی هرساله از خاک‌ورزی در عمق یکنواخت به‌منظور مدیریت فشردگی خاک استفاده می‌نمایند. با وجود این، کشاورزان این مناطق نمی‌دانند که آیا مزرعه آنها سالیانه به زیرشکنی نیاز دارد یا نه؟ و همچنین چه قسمتهایی از مزرعه و در چه عمقی نیازمند شخم می باشد. انرژی بسیار بالایی به‌منظور از بین بردن لایه فشرده شده خاک یا سخت لایه خاک موردنیاز می باشد که از بین بردن این لایه به گسترش رشد ریشه و همچنین تحمل به خشکی گیاه بسیار کمک خواهدکرد. استفاده از مدیریت خاک‌ورزی دقیق (خاک‌ورزی در عمق متغیّر بر اساس نیاز یک ناحیه خاص) می‌تواند صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مدیریت فشردگی خاک ایجاد نماید. خاک‌ورزی دقیق، خصوصیات فیزیکی خاک را تنها در نقاطی اصلاح می‌نماید که در آن نقاط عملیات خاک‌ورزی به‌منظور رشد موثر ریشه محصول موردنیاز می‌باشد.

مطالعه ریپر (۱۹۹۹) نشان داد که هزینه زیرشکنی به میزان ۳۴ درصد با استفاده از خاک‌ورزی دقیق در مقایسه با خاک‌ورزی در عمق یکنواخت کاهش پیدا کرد [۹]. همچنین فولتون و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که میزان سوخت مصرفی با اعمال مدیریت خاک‌ورزی دقیق یا خاک‌ورزی در عمق متغیّر به میزان ۵۰ درصد کاهش پیدا کرد[۴]. فنّاوری لازم برای خاک‌ورزی دقیق یا خاک‌ورزی در عمق متغیّر توسط خلیلیان و همکاران (۲۰۰۲) ارائه شده است و اصول این سیستم جدید توسط برخی از محقّقان دیگر نیز مورد مطالعه قرار گرفته است [۷, ۹, ۱۱]. با این وجود، این روش یک فنّاوری نوپا می باشد و اطّلاعات بسیار کمی در ارتباط با مقاومت کششی ادوات و انرژی موردنیاز خاک‌ورزی در عمق متغیّر موجود می‌باشد. توسعهٔ این اطلاعات گام اولیّه در مدیریّت اقتصادی فشردگی خاک و مطالعهٔ تطابق این فنّاوری و پذیرش از سوی کشاورزان منطقه می‌باشد.

مواد و روشها

از یک دستگاه فروسنج مجهز به سیستم مکان‌یاب جهانی تفاضلی(DGPS) که روی یک تراکتور شش چرخ نصب شده بود، به‌منظور اندازه‌گیری مقاومت به نفوذ خاک استفاده گردید [۲, ۸]. از یک تراکتور جاندیر کمک جلو با توان مشخصهٔ ۱۰۵ اسب بخار و مجهز به ابزار اندازه‌گیر به‌منظور جمع‌آوری داده‌های مربوط به انرژی خاک‌ورزی در جریان انجام عملیّات خاک‌ورزی استفاده گردید. سیستم ابزار اندازه‌گیری تراکتور مجهز به دینامومتر اتصال سه‌نقطه، سوخت سنج، حسگر اندازه‌گیری دور موتور (RPM)، حسگرهای مختلف اندازه‌گیری سرعت (سیستم رادار، چرخ پنجم و حسگر صوتی)، سیستم مکان‌یاب جهانی تفاضلی، واحد جمع کنندهٔ داده و همچنین حسگر نوری می‌باشد که از آن حسگر برای مشخص کردن ابتدا و انتهای کرت آزمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷]. از یک سیستم کنترل عمق مجهز به سیستم مکان‌یاب جهانی تفاضلی به منظور کنترل عمق خاک‌ورزی مطابق با عمق و ضخامت لایهٔ فشرده شده (که از روی داده‌های شاخص مخروطی بدست می‌آید) در این تحقیق مورد استفاده قرار گردید.

آزمایشهای مزرعه‌ای در داخل یک مزرعه با سه نوع بافت خاک در مرکزتحقیقات و ترویج دانشگاه کلمسون در نزدیکی شهر بلک ویل ایالت کارولینای جنوبی آمریکا انجام شد. مزرعهٔ آزمایشی به وسعت ۲/۵ هکتار دارای سه نوع بافت لومی شنی فیسویل، شنی لومی فوکی و شنی لیک لند بود. مزرعه آزمایشی به کرت های ۱۵×۴ متر تقسیم شد. بعد از آن نمونه‌های خاک از هر کرت به‌منظور بدست آوردن بافت خاک جمع‌آوری گردید.

یک سری کامل از داده‌های شاخص مخروطی با استفاده از یک فروسنج مخروطی در سرتاسر مزرعه بدست آمد. در هر کرت آزمایشی مقادیر شاخص مخروطی برای ۹ نقطه به فاصله ۱/۵ متر از یکدیگر بدست آمد. براساس ۹ دادهٔ بدست آمده برای عمق که از روی داده‌های شاخص مخروطی در داخل هر کرت آزمایشی بدست آمدند، عمق متوسط خاک‌ورزی برای هر کرت تعیین گردید. در داخل هر کرت آزمایشی عمق خاک‌ورزی ه بایستی موجب از بین بردن لایهٔ سخت خاک شود، عمقی از خاک که دارای مقادیر شاخص مخروطی بالای ۲/۰۷ مگاپاسکال بود تعیین گردید [۷ ,,۵].

آزمایشهای مزرعه‌ای به منظور مقایسه انرژی مورد نیاز حاک ورزی دارای ۱۲ تیمار بود که در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در داخل هر بافت انجام گردید. تیمارها شامل دو تیمار خاک‌و زی (خاک‌ورزی در عمق یکنواخت و خاک‌ورزی دقیق)، سه تیمار سرعت پیشروی تراکتور (۶، ۸ و ۹/۵ کیلومتر بر ساعت) و دو سطح رطوبت خاک (نسبتاً خشک و مرطوب) بود. آزمایشها در حالت نسبتاً خشک خاک مزرعه زمانی انجام گرفت که هیچ بارندگی در ماه نو مبر ۲۰۰۴ به مدت دو هفته وجود نداشت. در حالت مرطوب خاک مزرعه آزمایشها سه روز بعد از بارندگی به میزان ۲۹ میلی متر در اواخر ماه نوامبر ۲۰۰۴ انجام گرفت.

نحوهٔ اعمال تیمارهای خاک‌ورزی در داخل هر بافت به این صورت بود که پس از میانگین‌گی ری از ۹ داده بدست آمده برای عمق در هر کرت آزمایشی، عمق متوسط خاک‌ورزی برای هر کرت تعیین گردید. با استفاده از این داده ها ۳ ناحیه خاک‌ورزی (بلوک) برای هر نوع خاک بدست آمد که در هر ناحیه یا بلوک، عمق مورد استفاده برای تیمارخاک‌ورزی دقیق یکسان بود و در هر بلوک تیمارهای خاک‌ورزی در ارتباط با تیمارهای سرعت پیشروی و محتوی رطوبتی خاک ۳ بار تکرار گردیدند. عمق خاک‌و زی برای خاک‌ورزی در عمق یکنواخت ۴۶ سانتی‌متر بود که از سوی کشاورزان منطقه به عنوان خاک‌ورزی معمول در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷ , ۴].

نتایج و بحث

عمق پیش‌بینی شده خاک‌ورزی در خاک فیسویل از ۴۶–۲۰ انتی‌متر تغییر می‌کرد و در دو نوع خاک دیگر عمق خاک‌ورزی از ۴۶–۲۸ انتی‌متر متغیّر بود. سه عمق خاک‌ورزی در هر نوع خاک تعیین شد که اساس تشکیل بلوک‌ها در هر نوع خاک را شامل می‌شد. این عمق‌ها برای خاک فیسویل ۲۰ و ۳۰ و ۳۶ نتی‌متر برای خاک فوکی ۲۸ و ۴۰ و ۴۶ نتی‌متر و برای خاک لیک لند ۲۸ و ۳۸ و ۴۶ سانتی‌متر بود.

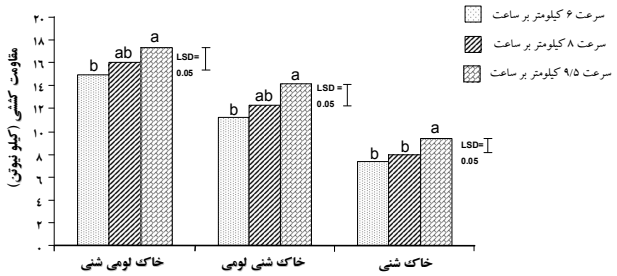
تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS [۱۳] به‌وضوح اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای خاک‌ورزی در سطح احتمال ۱٪ نشان اد. همچنین سوخت مصرفی (لیتر بر هکتار) در خاک فیسویل در سطح احتمال ۱٪ برای دو تیمار خاک‌ورزی معنی‌دار بود. بین مقادیر سوخت مصرفی برای دو نوع خاک دیگر (فوکی و لیک‌لند) در سطح احتمال ۵٪ بین خاک‌ورزی در عمق یکنواخت و خاک‌ورزی دقیق اختلاف معنی‌دار مشاه ه شد. مقایسه بین انرژی خاک‌ورزی و سوخت مصرفی برای دو نوع سیستم خاک‌ورزی ذکر شده در خاک فیسویل نشان داد که با استفاده از سیستم خاک‌ورزی دقیق به‌ترتیب به‌میزان ۵۰ و ۳۰ درصد در انرژی موردنیاز و سوخت مصرفی صرفه‌جویی می‌شود. همچنین برای خاک فوکی به ترتیب ۲۱ و ۸ درصد و برای خاک لیک‌لند ۲۶/۱ و ۸/۵ درصد در انرژی موردنیاز و مصرف سوخت صرفه‌جویی گردید. این صرفه‌جویی در سوخت مصرفی با اسـ ه از مدیریّت خاک‌ورزی دقیق کمتر از مقادیر گزارش شده توسط فولتون و همکاران (۱۹۹۶) می‌باشد. همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از خاک‌ورزی دقیق بخصوص در خاک فیسویل که دارای درصد رس بالاتری نسبت به بقیّه خاک‌ها می‌باشد، موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی می‌گردد. بدلیل اینکه تمامی کرت‌های آزمایشی واقع شده در داخل این نوع خاک به عمق شخم کمتر از ۴۰ سانتی‌متر نیازمند می‌باشند و علاوه بر آن ۶۰ درصد نواحی واقع شده در داخل این نوع خاک به عمق شخم کمتر از ۳۰ سانتی‌متر نیاز دارند. مقایسه نتایج مطالعات انجام شده توسط فولتون و همکاران (۱۹۹۶) و ریپر (۱۹۹۹) و همچنین نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که در مناطق جلگه‌ای ساحلی با درصد رس بالا لایه فشرده شده خاک به صورت طبیعی در اعماق کمتر خاک ایجاد می‌گردد و درصد صرفه‌جویی بالا در سوخت مصرفی و انرژی مورد نیاز در این نوع خاک‌ها بیشتر به این علت می‌باشد که با اعمال خاک‌ورزی دقیق خاک در عمق کمتری شخم ه می‌شود [۴, ۹].

نتایج همچنین نشان داد که با افزایش عمق خاک‌ورزی، مقاومت کششی در تمام خاک‌ها افزایش پیدا کرد. در خاک فیسویل بدلیل وجود لایه عمیق رسی زیر لایهٔ فشرده شده عمق خاک‌ورزی دارای تاثیر معنی‌داری روی سوخت مصرفی بود. در مورد خاکهای فوکی و لیک‌لند از لحاظ سوخت مصرفی تأثیر معنی‌داری در خاک‌ورزی به عمق ۳۸ و ۴۶ سانتی‌متر مشاهده نشد[۱].

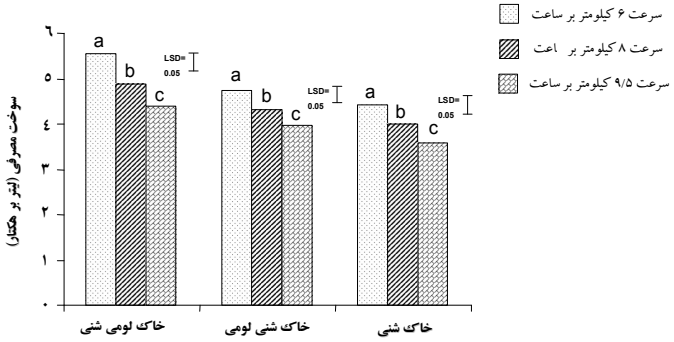
شکل ۱ تأثیر سرعت بر مقاومت کششی را در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد. با افزایش سرعت حرکت تراکتور مقاومت کششی هم افزایش پیدا کرد هر چند که در برخی خاکها و در بین برخی تیمارهای سرعت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

شکل ۲ تأثیر سرعت پیشروی بر سو ت مصرفی در خاک‌های مختلف را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی تراکتور، سوخت مصرفی (لیتر بر هکتار) در تمام بافت‌ها کاهش پیدا کرد. به نظر می‌رسد که این تأثیر به این دلیل باشد که با افزایش سرعت پیشروی، تراکتور در مدّت زمان کمتری واحد سطح مزرعه را طی می‌کند و در نتیجه مقدار سوخت مصرفی در

واحد سطح کمتر می‌باشد. با وجود این عمق خاک‌ورزی دارای تأثیر بیشتری روی مقاومت کششی و توان مالبندی نسبت به سرعت حرکت تراکتور تشخیص داده شد.

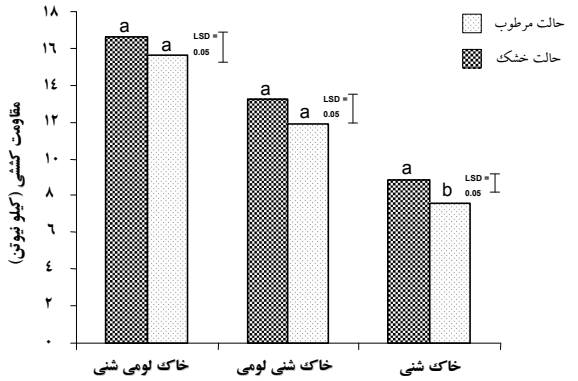


شکل ۱- تاثیر سرعت بر مقاومت کششی زیرشکن در خاک‌های مختلف



شکل ۲- تأثیر سرعت بر سوخت مصرفی در خاک‌های مختلف

هرچند که تأثیر محتوی رطوبتی خاک روی نیروی کششی و سوخت مصرفی در خاک فیسویل (لومی شنی) و فوکی (شنی لومی) معنی دار نبود ولی با افزایش محتوی رطوبتی خاک نیروی کششی و سوخت مصرفی در این خاکها کاهش پیدا کرد. شکل ۸ تأثیر محتوی رطوبتی خاک بر مقاومت کششی زیرشکن در بافت‌های مختلف ارائه می‌کند. این نتیجه مشابه نتیجه بدست آمده توسط ریپر و همکاران (۲۰۰۴) می باشد که برای خاک‌های جلگه‌ای ساحلی ارائه شده است [۱۲]. در خاک لیک‌لند (شنی) نیروی کششی و سوخت مصرفی به طور معنی‌داری با افزایش محتوی رطوبتی کاهش پیدا کردند و این امر می‌تواند بدلیل تغییرات در شاخص مخروطی خاک باشد که در مقایسه با دیگر خاک‌ها تنها در این نوع خاک مقادیر شاخص مخروطی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رطوبت قرار گرفتند. نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است که شاخص مخروطی و جرم مخصوص ظاهری خاک با افزایش محتوی رطوبتی کاهش پیدا می‌کنند و به نظر می‌رسد که استفاده از تغییرات مقادیر شاخص مخروطی به‌منظور توجیه اثر محتوی رطوبتی خاک بر مقاومت کششی منطقی باشد [۱۲].



شکل ۳- تاثیر محتوی رطوبتی خاک بر مقاومت کششی زیرشکن در خاک‌های مختلف

می توان نتایج تحقیق را به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- استفاده از خاک‌ورزی دقیق در خاک با بافت لومی شنی صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را در انرژی موردنیاز به‌میـزان ۵۰٪ و همچنین سوخت مصرفی به‌میزان ۳۰٪ در مقایسه با خاک‌ورزی در عمق یکنواخت ایجاد کرد. همچنین این صرفه‌جویی در انرژی و سوخت مصرفی در خاک شنی لومی به ترتیب ۲۱٪ و ۸٪ و برای خاک شنی ۲۶/۱٪ و ۸/۵٪ تخمین زده شد.

۲- میزان مقاومت کششی همراه با افزایش سرعت پیشروی در تمامی خاک‌ها افزایش پیدا کرد. ولی اثر عمق خاک‌ورزی روی مقاومت کششی و توان مالبندی بیشتر از سرعت پیشروی بود.

۳- تأثیر محتوی رطوبتی روی مقاومت کششی و سوخت مصرفی در خاکهای لومی شنی و شنی لومی معنی‌دار نبـود بـا وجـود این مقاومت کششی و سوخت مصرفی با افزایش محتوی رطوبتی خاک کاهش پیدا کردند.

منابع

1- Al-Janobi, A.A. and S.A. Al-Suhaibani. 1998.Draft of primary tillage implements in sandy loan soil. *Applied Engineering in Agriculture 14*(4): 343 – 348.

2- ASAE Standards, 2004a. ASAE S313.3 FEB04:soil cone penetrometer. In: Hahn, R.H., Purschwitz, M.A., Rosentreter, E.E. (Eds.), ASAE Standards 2004.ASAE, St. Joseph, MI.

3- Clark, R.L., 1999. Evaluation of the potential to develop soil strength maps using a cone penetrometer. Presented at the 1999 ASAE Annual International Meeting, Paper No.99-3109, American Society of Agricultural Engineers. 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA.

4- Fulton, J.P., L.G. Wells, S.A. Shearer, and R.I. Barnhisel. 1996. Spatial variation of soil physical properties: a precursor to precision tillage. Presented at the 1996 ASAE Annual International Meeting, Paper No.96-1012, American Society of Agricultural Engineers. 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA.

5- Garner, T.H., A. Khalilian, and M.J. Sullivan. 1989. Deep tillage for cotton in Coastal Plain soils costs /returns. 1989 Proceedings, Beltwide Cotton Production Research Conferences, pp.168-171, January 1989, Nashville, TN.

6- Gill, W. R. and G. E. Vanden Berg. 1968. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agricultural handbook 316. Washington, D.C.: USDA-Agric. Res. Service.

7- Gorucu, S., A. Khalilian, Y.J. Han, R.B. Dodd, F.J. Wolak, and M. Keskin. 2001. Variable depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in Coastal Plain region of South Carolina. ASAE Paper No. 011016. St. Joseph, Mich.: ASAE.

8- Khalilian, A., Y. J. Han, R. B. Dodd, Mike J. Sullivan, S. Gorucu and M. Keskin. 2002. A Control System for Variable Depth Tillage. ASAE Paper No. 021209. St. Joseph, Mich.: ASAE.

9- Raper, R.L. 1999. Site-specific tillage for site-specific compaction: Is there a need? Proceedings of the International Conference of Dryland Conservation/Zone Tillage, Beijing, China,1999.

10- Raper, R.L., E.B. Schwab, and S.M. Dabney. 2000a. Spatial variation of the depth of rootrestricting layers in Northern Mississippi soils. Second Int. Conf. Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, FL. pp. I-249-256.

11- Raper, R.L., E.B. Schwab, and S.M. Dabney. 2000b. Site-specific measurement of site-specific compaction in the Southeastern United States. Proceedings of the 15th ISTRO Conference, Ft. Worth, TX. July 3-7.

12- Raper, R.L., A. K. Sharma. 2004. Soil moisture effects on energy requirements and soil disruption of subsoiling a coastal plain soil. Transactions of the ASAE 47(6): 1899-1905.

13- SAS Institute Inc., SAS/STAT® User's Guide, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.

Precision Tillage as a Substitute System for Uniform-Depth Tillage for Energy Savings

Abstract

Most soils of the world have a compacted layer which requires alleviating by costly annual deep tillage operations. Site-specific variable-depth tillage which modifies soil physical properties to the specific depth of compacted layer has potential to reduce costs, labor, fuel, and energy requirements. Tests were conducted on three different coastal plain soils to compare energy requirement of site-specific tillage compared to uniform-depth conventional tillage operations. The energy saving of 50% and fuel saving of 30% were achieved by variable-depth tillage as compared to uniform-depth tillage in loamy sand soil type. The energy savings and fuel savings were 26% and 8.5% for sandy loam soil and 21% and 8% for sandy soil respectively.

Keywords: Precision tillage, Tillage energy, Uniform-depth tillage, Energy saving.