در
زراعت و باغبانی شماره ۷۳، زمستان ۱۳۸۵
پژوهش و سازندگی

تاثیر تیغه‌های سطحی بر مقاومت کششی زیر شکن و شرایط فیزیکی خاک

• **حمیدرضا گازر**
استادیار پژوهش بخش تحقیقات مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
• **محمد لغوی**
دانشیار بخش مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۸۵
Email:hgazor@yahoo.com

چکیده

تراکم بیش از حد لایه‌های زیرین خاک مشکلی جدی است که بر روی صفات فیزیکی مطلوب خاک زراعی تاثیر منفی می‌گذارد. به لحاظ شکل خاص هندسی و نیز شرایط فیزیکی خاک زیر شکن‌ها تا یک عمق معین قادر هستند خاک را به طرف بالا و جلو حرکت دهند و از آن به بعد خاک به طرف جوانب تیغه حرکت می‌کند. این عمق به نام عمق بحرانی نامیده می‌شود. در تحقیق حاضر اثرات بکارگیری دو تیغه سطحی در عمق ۲۵ سانتی‌متر و در سه فاصله بین تیغه‌ای ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰سانتی متر بر مقاومت کششی، سطح خاک بهم خورده ، مقاومت ویژه و شاخص مخروطی در مقایسه با عملکرد یک زیر شکن منفرد در عمق ۵۰ سانتی‌متر و در خاک دارای بافت لومی رسی در منطقه باجگاه شیراز آزمون گردید. نتایج حاصله نشان داد که استفاده از تیغه‌های سطحی در جلوی شاخه اصلی زیرشکن در فواصل بین تیغه‌ای ۵۰ و۷۵ سانتی‌متر موجب کاهش معنی‌دار مقاومت کششی و افزایش سطح خاک به هم خورده می‌شود. همچنین نتایج حاصله در مورد شاخص مخروطی نشان داد که وقتی از این تیغه‌ها در جلوی تیغه اصلی استفاده می‌شود، این پارامتر در اعماق ۳۰ تا سانتی متر ۴۰ به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و عمق بحرانی افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: زیرشکن، عمق بحرانی، تیغه های سطحی

Pajouhesh & Sazandegi No:73 pp: 105-111

Influence of shallow tines on draft requirement of subsoiler and soil physical conditions

By:H. R. Gazor.,Assist. Prof. Agricultural Engineering Research Institute.Karaj. Iran., M. Loghavi.,Associate, Prof. department of Farm Power and Machinary, College of Agriculture, Shiraz, University.

Soil compaction is a serious problem in agricultural fields and has negative effects on suitable physical conditions. Depending on the soil physical condition and special geometrical shape of these implements, soil can move upwards and forwards up to a specified depth and then soil moves to sideways at lower depth. This depth is called critical depth. The present study was conducted to investigate the effects of these shallow tines at three tine spacing (50, 75 and 100

www.SID.ir

cm) and operating at 25 cm depth, on draft and soil physical condition in a clay loam soil in the Badjgah region of Shiraz in comparison with a conventional subsoiler operating at 50 cm depth. Analysis of the results indicated that use of shallow tines in front of the main shank had positive effects on draft and soil physical conditions. Using these tines at 50 and 75 cm spacing reduced implement draft and increased soil disturbance significantly as compared with the subsoiler shank alone. It was also concluded that when the tines were spaced at 50 cm and 75 cm, the soil cone index had significant reduction in 30 – 40 cm depth and increased critical depth.

Key words: Subsoiler ,Critical depth, Shallow tines

مقدمه

تراکم خاک امکان نفوذ آب و هوا را به شدت کاهش داده و قابلیت نفوذ و گسترش ریشه گیاهان در خاک را محدود می‌سازد. Goddard و همکاران در طی یک تحقیق بدین نتیجه رسیدند که به‌علت تردد ماشین آلات در سطح مزرعه و نیز انجام خاک‌ورزی به‌صورت تکراری در طی سالیان متمادی خاک دچار تراکم می‌گردد. این تراکم به بیان ساده عبارت است از کاهش فضای خالی بین ذرات خاک که با افزایش جرم مخصوص ظاهری آن همراه می‌باشد و بر عملکرد محصول تاثیر منفی دارد(۷).

Box وLangdale در تحقیق خود بدین نتیجه رسیدند که به وسیله زیرشکنی مقدار نفوذ پذیری خاک نسبت به آب و هوا بهبود پیدا می‌کند و به‌دلیل همین امر از فرسایش آبی تا حد قابل ملاحظه‌ای کاسته می‌شود(۵). Chambers و همکاران اعلام کردند که فشردگی خاک روی بالا رفتن جرم مخصوص ظاهری خاک و کاهش میزان محصول در هکتار اثر معنی داری دارد و این پدیده به وسیله زیر شکنی بطور قابل توجهی بر طرف می‌گردد(۶). دو محقق بصورت جداگانه در تحقیقات خود مشاهده کردند که تیغه‌های باریک خاک ورزی تا یک عمق معینی قادر هستند که خاک را بطرف جلو ، کنار و بالا حرکت دهند و در پائین تر از این عمق دیگرتیغه قادر به بالا آوردن خاک نمی‌باشد و آن را به اطراف می‌راند. این عمق بنام عمق بحرانی[۱] نامیده می‌شود(۸ ،۱۳).

Spoor و Fry چگونگی بهم خوردگی خاک توسط تیغه‌های باریک را در سه حالت بالاتر از عمق بحرانی، عمق بحرانی و پائین تر مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق نتیجه گرفته شد که عمق بحرانی کارکرد تیغه‌ها به عواملی چون عمق خاک ورزی، پهنای تیغه و نیز شرایط خاک بستگی دارد و اگر تیغه در بالاتر از عمق بحرانی کار می‌کند خاک کمتر به جوانب تیغه فشرده می‌شود. درحالی‌که فشردگی خاک به جوانب، درحالتی که تیغه در عمق بحرانی و پائین تر کار می‌کند، زیادتر می‌باشد(۱۱). در یک تحقیق اثر تیغه‌های سطحی برروی مقاومت کششی و سطح بهم خورده خاک یک زیر شکن بالدار[۲] بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که اضافه کردن تیغه‌های سطحی علاوه بر اینکه تاثیر معنی داری بر مقاومت کششی ندارد، در اغلب موارد باعث کاهش آن می‌شود. علاوه بر آن میزان سطح مقطع خاک بهم خورده نیز با استفاده از تیغه‌های سطحی افزایش می‌یابد(۱۲). Mielke و همکاران اثر قرارگیری یک تیغه سطحی بال دار را بر روی عملکرد زیر شکن مورد ارزیابی قرار دادند. از این تحقیق نتیجه‌گیری شد که در تمام موارد اضافه کردن تیغه سطحی در جلوی زیر شکن موجب افزایش گسیختگی در خاک می‌شود. علاوه بر اینکه این تمهید اثر معنی‌داری بر مقاومت کششی ندارد، انجام زیر شکنی با این روش همچنین موجب می‌شود که عمق بحرانی در زیر شکن افزایش پیدا کرده و میزان بهم خوردگی خاک افزایش یابد(۹).

در سال‌های اخیر در ایران نیز پژوهش‌هایی به منظور کاهش نیروی مقاومت کششی زیرشکن‌ها و بهبود خواص فیزیکی خاک انجام شده و در آنها از ادوات جدیدی نظیر گاو آهن‌های کج ساق به اشکال مختلف استفاده و نتایج آن با زیرشکن‌های مرسوم مقایسه شده است(۱،۳).

در این تحقیق تاثیر تیغه‌های سطحی قرار گرفته در جلوی زیرشکن و اثر فواصل بین تیغه‌ای آنها ، بر مقاومت کششی[۳] و خصوصیات فیزیکی خاک شامل سطح مقطع خاک بهم خورده[۴] ، مقاومت ویژه[۵] و شاخص مخروطی[۶] خاک بررسی می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

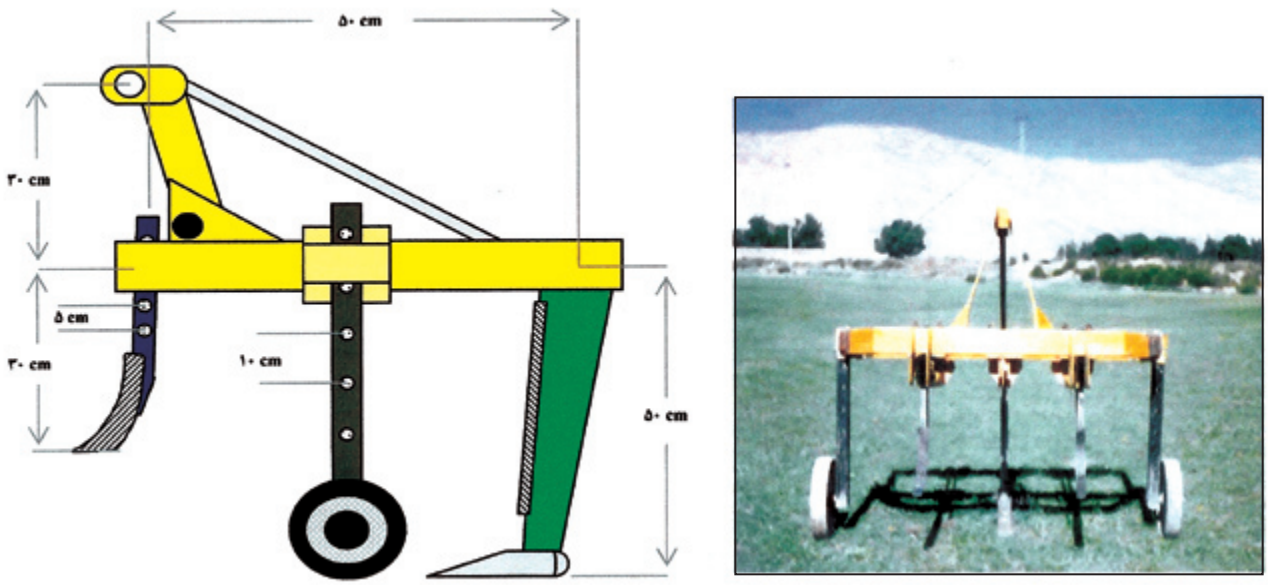
طی تحقیقی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، اثرات دو تیغه سطحی با ضخامت ۵/۲ سانتیمتر و عرض تیغه ۴ سانتیمتر در ۵۰ سانتیمتر جلوتر در شاخه اصلی، بر مقاومت کششی، سطح مقطع خاک بهم خورده، مقاومت ویژه و شاخص مخروطی در سه فاصله بین تیغه‌ای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتیمتر و عمق کار ۲۵ سانتیمتر در مقایسه با یک زیر شکن یک شاخه منفرد با عرض ساقه ۵/۲ سانتیمتر و عرض تیغه ۶/۵ سانتیمتر و عمق کار ۵۰ سانتیمتر آزمون گردید. در شکل ۱ زیرشکن تک شاخه و در شکل ۲ زیر شکن به همراه تیغه‌های سطحی به صورت تصویر حقیقی و شماتیک از نمای کناری ملاحظه می‌گردند.

خاک محل آزمایش از نوع لومی رسی و رطوبت آن هنگام آزمایش ۱۳/۵٪ بر پایه خشک بود. به منظور انجام تحلیل‌های آماری از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده گردید و داده‌ها با نرم افزار MSTAT-C تجزیه وتحلیل شدند. مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون دانکن انجام شد(۲).

برای اندازه‌گیری مقاومت کششی از دینامومتر فنری ثبات و روش دو تراکتوری مطابق دستورالعمل RNAM[۷] استفاده گردید که این دستگاه بین دو تراکتور محرک (جاندیر ۳۱۴۰) و حامل وسیله(رومانی ۶۵۰ U) قرار گرفته و در دو مرحله، ابتدا در حالتی که وسیله در داخل خاک قرار داشت طی یک مسافت ۲۰ متری مقاومت کششی اندازه‌گیری شد، پس از آن در حالتی که وسیله از خاک بیرون آورده شده بود مقاومت غلتشی نیز مجدداً اندازه‌گیری شد. از تفاضل دو مقدار یاد شده مقدار مقاومت کششی خالص بر حسب کیلوگرم بدست آمد و به کیلو نیوتن تبدیل گردید(۱۰). به هنگام انجام آزمایشات سرعت پیشروی حدود ۲ km/h ودنده مورد استفاده

شکل۱- زیر شکن یک شاخه

توسط تراکتور حامل ۲ سنگین بود. برای اندازه‌گیری سطح مقطع خاک بهم خورده ، ابتدا به وسیله بیل مکانیکی در جهت عمود بر مسیر حرکت زیر شکن اقدام به تهیه یک پروفیل عرضی شد. سپس با استفاده از یک متر و یک چوب تراز در فواصل ۱۰ سانتیمتر اقدام به اندازه‌گیری عمق خاک بهم خورده شد که نهایتاً از مجموع مساحت ذوزنقه‌های ترسیمی‌مساحت کل سطح مقطع خاک بهم خورده بر حسب متر مربع بدست آمد. از تقسیم مقدار مقاومت کششی بر سطح مقطع خاک بهم خورده مربوط به هر تیمار، مقدار مقاومت ویژه برحسب کیلو نیوتن بر متر مربع بدست آمد. برای اندازه‌گیری تغییرات شاخص مخروطی خاک از وسیله‌ای بنام فرو سنج مخروطی[۸] استفاده گردید. این دستگاه مقدار مقاومت خاک در برابر نفوذ



شکل ۲- زیر شکن یک شاخه به همراه دو تیغه سطحی در جلو

www.SID.ir

جسم مخروطی را بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری می‌کند که با توجه به لزوم استاندارد مقدار بدست آمده به کیلو پاسکال تبدیل گردید. بوسیله دستگاه مذکور، مقاومت خاک از سطح تا عمق ۵۰ سانتیمتر در فواصل ۱۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد(۴).

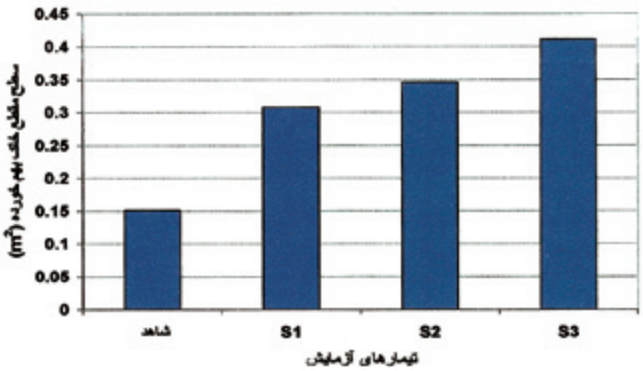
بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) مشخص شد که مقاومت کششی، سطح مقطع خاک به‌هم خورده و مقاومت ویژه تیمارهای آزمایش دارای اختلاف بسیار معنی‌داری(سطح احتمال ۱٪) با یکدیگر می‌باشند.

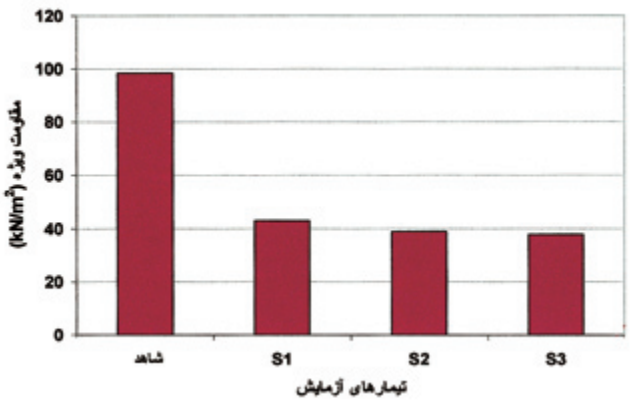
با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) ملاحظه می‌شود در حالتی که تیغه‌های سطحی در فاصله بین تیغه ای ۵۰ و ۷۵ سانتیمتر قرار دارند، مقاومت کششی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با زیر شکن تنها کاهش می‌یابد. این کاهش ناشی از اثر بهینه تیغه‌های سطحی بر روی لایه های سطحی خاک می‌باشد که با سست کردن آن باعث می‌شوند بار مقاومتی کمتری روی تیغه اصلی زیر شکن قرار گیرد. همانطورکه ملاحظه می‌شود با اضافه شدن فاصله بین تیغه‌های سطحی، مقاومت کششی زیادتر می‌شود و در تحلیل این مسئله می‌توان اذعان داشت که با زیاد شدن فاصله بین تیغه‌های سطحی از یکدیگر، از یک فاصله معین به بعد اثر این تیغه‌ها بر روی لایه‌های سطحی خاک کمتر شده است (شکل ۳).

همچنین از جدول فوق نتیجه‌گیری می‌شود که اضافه شدن تیغه‌های سطحی در جلوی زیر شکن عموماً موجب افزایش سطح مقطع خاک بهم خورده و کاهش مقاومت ویژه می‌شود. این دو پارامتر در حالتی که تیغه‌های سطحی ۱۰۰ سانتیمتر با یکدیگر فاصله دارند به ترتیب دارای بیشترین سطح بهم خورده خاک و کمترین مقاومت ویژه می‌باشند (شکل‌های ۴ و ۵).

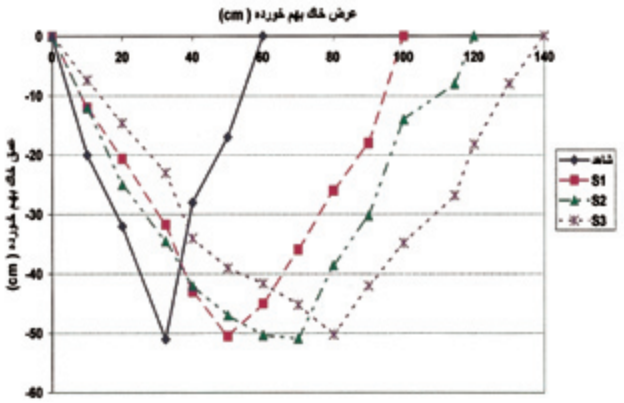
علاوه بر آن تغییرات پروفیل‌های سطح خاک بهم خورده نیز در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد. همانگونه که در شکل مشخص می‌باشد با اضافه شدن تیغه‌های سطحی عرض خاک بهم خورده زیاد می‌گردد و در حالتی که تیغه‌ها دارای فاصله بین تیغه‌ای ۱۰۰سانتیمتر باشند عرض خاک بهم



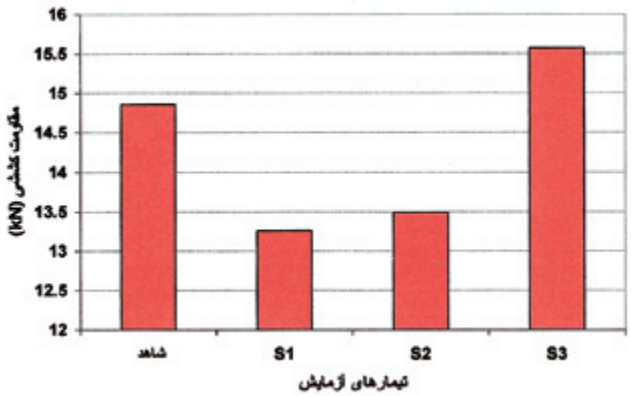
شکل ۴- مقایسه روند تغییرات سطح مقطع خاک بهم خورده تیمارهای آزمایش



شکل ۵- مقایسه روند تغییرات مقاومت ویژه تیمارهای آزمایش

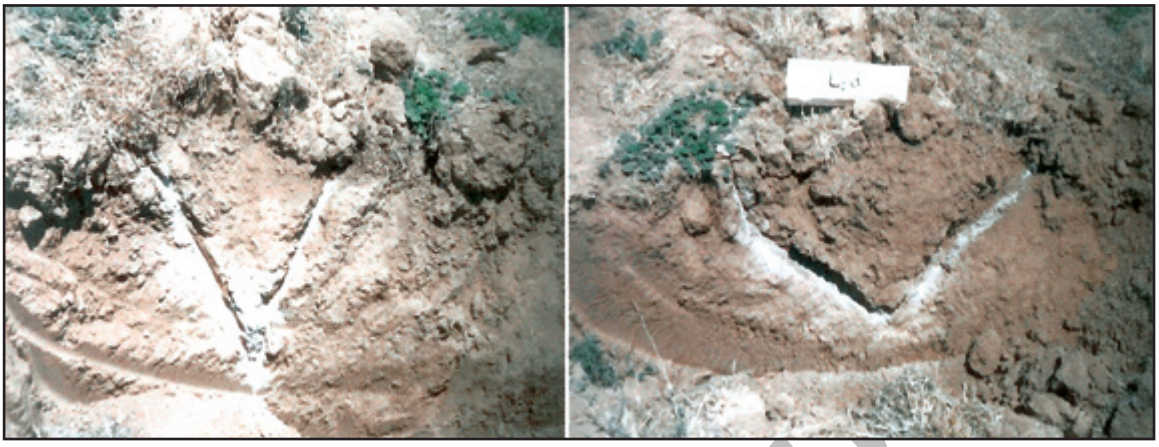


شکل ۶- تغییرات سطح مقطع خاک بهم خورده در تیمارهای آزمایش



شکل ۳- مقایسه روند تغییرات مقاومت کششی تیمارهای آزمایش

Archive of SID
www.SID.ir



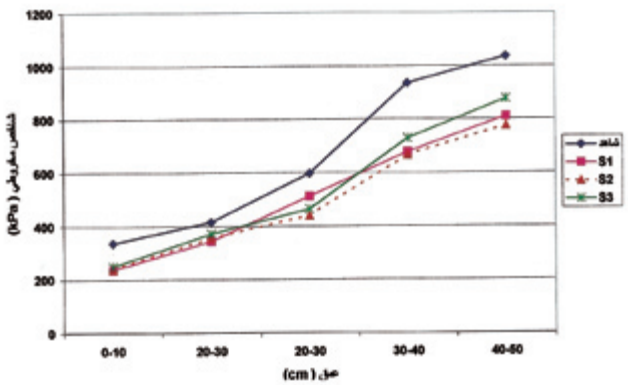
شکل ۷- تصاویر سطح مقطع خاک بهم خورده توسط زیر شکن تنها (چپ) و زیر شکن به همراه دو تیغه سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۷۵ سانتیمتر(راست)

خورده به حدود ۱۴۰سانتیمتر می‌رسد. نظیر نتایج فوق برای زیر شکن بالدار نیز در تحقیق Spoor وGodwin نیز مشاهده گردید(۱۲). نمونه ای از تصاویر سطح خاک به‌هم خورده برای کاربرد زیرشکن تنها و زیرشکن به همراه دو تیغه سطحی در فاصله بین تیغه‌ای ۷۵سانتیمتر در شکل ۷ ملاحظه می‌شود.

در ارتباط با شاخص مخروطی نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که تیمارها در اعماق ۳۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر از نظر شاخص مخروطی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ با یکدیگر بودند.

همچنین با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) ملاحظه می‌گردد که کاربرد تیغه های سطحی باعث کاهش شاخص مخروطی در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد. این روند کاهشی در اعماق صفر تا ۳۰سانتیمتر در بین تیمارها معنی دار نیست و عمده تفاوت معنی‌دار در اعماق ۳۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر حاصل شده است. نتایج حاصله نیز موید آنست که تیمارهای دارای تیغه‌های سطحی از عمق بحرانی خارج شده و در مقایسه با تیمار شاهد، فشردگی خاک به اطراف شاخه اصلی کمتر شده است.

با توجه به نتایج حاصل شده بهترین فاصله بین تیغه‌ای برای تیغه‌های سطحی ۵۰ و ۷۵ سانتیمتر می‌باشد زیرا در این فواصل شاخص مخروطی دارای حداقل مقدار بوده (شکل ۸) و مجموع اثر تیغه اصلی و تیغه‌های سطحی بر مقاومت کششی، مقاومت ویژه و به‌هم خوردگی خاک به حداکثر مقدار خود می‌رسد.



شکل ۸- مقایسه روند تغییرات شاخص مخروطی تیمارهای آزمایش در عمق‌های مختلف

با توجه به نتایج بدست آمده موارد ذیل از تحقیق نتیجه‌گیری، توصیه و پیشنهاد می‌شود:

۱- کاربرد تیغه‌های سطحی اثر مناسبی بر روی کاهش مقاومت کششی، افزایش سطح بهم خورده خاک و در نتیجه بهبود نفوذپذیری خاک دارد این تاثیر در فواصل بین تیغه ای ۵۰ و ۷۵ سانتیمتر بارزتر می‌باشد.

۲- کاربرد تیغه‌های سطحی در فاصله بین تیغه‌ای ۷۵ سانتیمتر و عمق کار ۲۵سانتیمتر دارای مطلوب‌ترین نتیجه در بین تیمارهای آزمایش بوده و قابل توصیه می‌باشد.

۳- پیشنهاد می‌شود که اثر این تیغه‌ها بر روی زیر شکن‌ها با تعداد بیشتر تیغه‌های اصلی نیز آزمایش گردد.

۴- با توجه به اهمیت یکنواختی خاک به‌هم خورده در عملیات خاک ورزی پیشنهاد می‌شود، در تحقیقات آتی در صورت بکارگیری توام تیغه های سطحی و زیر شکن‌ها این شاخص نیز ارزیابی گردد.

۵- پیشنهاد می‌شود که پس از انجام زیرشکنی به صورت فوق با حذف عملیات شخم اولیه، کاشت محصولاتی نظیر چغندر قند، ذرت و پنبه انجام و اثر آن بر روی عملکرد محصول نیز ارزیابی گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس پارامترهای مقاومت کششی ، سطح مقطع خاک بهم خورده و مقاومت ویژه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		مقاومت کششی	سطح مقطع خاک بهم خورده	مقاومت ویژه
تکرار	۲	۰/۲۵۱	۰/۰۲۷	۰/۷۳۱
تیمار	۳	۶/۷۳۶**	۰/۱۳۶**	۹۱/۱۴۰**
خطای آزمایش	۶	۰/۱۳۳	۰/۰۱۳	۱۴/۱۴۳
ضریب تغییرات(٪)	-	۷/۶۵۹	۱۱/۱۳۶	۹/۴۳۲

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های مقاومت کششی ، سطح مقطع خاک بهم خورده و مقاومت ویژه

تیمارهای آزمایش	مقاومت کششی (kN)	سطح مقطع خاک بهم خورده (m^2)	مقاومت ویژه (kN/ m۲)
شاهد (C)	۱۴/۸۶a	۰/۱۵۱c	۹۸/۴۱a
S۱	۱۳/۲۶b	۰/۳۰۸b	۴۳/۰۵b
S۲	۱۳/۴۹b	۰/۳۴۶ab	۳۸/۹۹c
S۳	۱۵/۵۷a	۰/۴۱۱a	۳۷/۸۸c

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

تیمار شاهد(C) : زیر شکن یک شاخه بدون تیغه‌های سطحی

S۱ : زیر شکن یک شاخه به همراه تیغه‌های سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۵۰ سانتی‌متر

S۲ : زیر شکن یک شاخه به همراه تیغه‌های سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۷۵ سانتی‌متر

S۳ : زیر شکن یک شاخه به همراه تیغه‌های سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۱۰۰ سانتی‌متر

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص مخروطی خاک در اعماق مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS) در اعماق مختلف				
		۴۰-۵۰cm	۳۰-۴۰ cm	۲۰-۳۰cm	۱۰-۲۰cm	۰-۱۰ cm
تکرار	۲	۳۲۱۱/۲۳۴	۴۳۴۱/۵۳۰	۸۷۱۲/۴۳۸	۵۴۰۲/۸۱۳	۷۲۱۳/۵۶۱
تیمار	۳	۸۰۲۳/۸۰۶*	۳۸۹۳/۴۳۶*	۲۳۱۰/۷۶۷n.s	۲۴۵۹/۱۱۸n.s	۵۷۹۷/۴۵۴n.s
خطای آزمایش	۶	۵۴۴/۵۱۱	۲۳۶/۶۷۸	۲۷۰/۶۸۱	۵۵۹/۳۲۷	۵۶۴/۷۵۹
ضریب تغییرات(٪)	-	۱۶/۱۵۰	۲۱/۲۱۷	۱۴/۱۳۹	۱۷/۲۰۷	۱۹/۲۸۷

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

n.s عدم وجوداختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین های شاخص مخروطی تیمارها در اعماق مختلف خاک

تیمارهای آزمایش	شاخص مخروطی (kPa)				
	۴۰-۵۰cm	۳۰-۴۰ cm	۲۰-۳۰cm	۱۰-۲۰cm	۰-۱۰ cm
شاهد (C)	۱۰۳۶a	۹۳۵a	۵۹۷a	۴۱۶a	۳۳۷a
S۱	۸۱۰ab	۶۷۷b	۵۱۲a	۳۴۴a	۲۳۷a
S۲	۷۷۶b	۶۶۶b	۴۴۱a	۳۵۷a	۲۴۱a
S۳	۸۷۶ab	۷۲۸ab	۴۶۴a	۳۷۲a	۲۵۰a

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

تیمار شاهد(C) : زیر شکن یک شاخه بدون تیغه‌های سطحی

S۱ : زیر شکن یک شاخه به همراه تیغه‌های سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۵۰ سانتی‌متر

S۲ : زیر شکن یک شاخه به همراه تیغه‌های سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۷۵ سانتی‌متر

S۳ : زیر شکن یک شاخه به همراه تیغه‌های سطحی با فاصله بین تیغه‌ای ۱۰۰ سانتی‌متر

پاورقی‌ها

1- Critical depth
2- Winged subsoiler
3- Draft
4- Soil disturbance
5- Specific draft
6- Cone index
7- Regional Network for Agricultural Machinery
8- Cone penetrometer

منابع مورد استفاده

۱- اسحاق بیگی، ع. ۱۳۸۲؛ طراحی ساخت و ارزیابی زیر شکن کج ساق، مقایسه مدل‌های ریاضی و ارایه یک مدل جدید برای نیروهای برش خاک. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲- بصیری ، ع. ۱۳۷۳؛ طرح‌های آماری در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز.

۳- روستا پور، ا. ر. ۱۳۷۸؛ ساخت یک دستگاه زیرشکن کج ساق به منظور خاک ورزی عمیق و مقایسه عملکرد آن با زیرشکن‌های معمولی و ساقه خمیده. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

4-Anonymous, 1995; Soil cone penetrometer. ASAE standard, S313.2. Agricultural Engineering Year Book : 683.

5-Box , J.E. and G. W. Langdale. 1984; The effects of in row subsoil tillage and soil water on corn yields in the southeastern costal plain of the United States. Soil and Till. Res. 4: 67-78.

6-Chambers, R. , S. Nathojina and E. Mckyes. 1990; Crop rotation and subsoiling on compacted clay soils. ASAE paper No. 90-1102, ASAE, St. Joseph, MI 49085, U.S.A.

7-Goddard, T.W., D. S. Chanasyk and H. P. Harrison. 1991; A review of agricultural ripping activities in Alberta. special report, Farming for future, Project No. 88-0404.

8-Kostritsyn, A.K. 1956; Cutting of a cohesive medium soil with knives and cones. N.I.A.E. Translation, Silsoe, Bed ford , England.

9-Mielke, L.N., R.D. Grisso, L.L. Bashford and A.M. Parkhurst. 1994; Bi-level subsoiler performance using tandem shanks. Applied Engineering in Agriculture. 5(1): 24-28.

10-RNAM. 1983; Test codes and procedures for farm machinery. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Technical series, No. 12.

11-Spoor, G. and R. K. Fry .1983; Soil disturbance generated by deep working low rake angle narrow tines. J. Agric. Engng. Res. 28: 217-234.

12-Spoor, G. and J. Godwin. 1978; An experimental investigation in to the deep loosening of soil by rigid tines. J. Agric. Engng. Res. 23: 243-258.

13-Zelenin, A.N. 1950; Basic physics of the theory of soil cutting. N.I.A.E. Translation, Silsoe, Bedford, England.

Archive of SID
www.SID.ir