

طراحی و ساخت خاک ورز جدید

علی جمشیدی^۱

چکیده

خاک ورزی مرسوم در شرائط فعلی مستلزم صرف وقت ، هزینه و انرژی بسیار بالائی است که هزینه تولید محصولات ، استهلاک ماشین ها و تعداد عملیات ثانویه را افزایش و اثرات منفی بر ساختمان خاک باقی می گذارد .

بررسی روش های مختلف خاک ورزی متداول ، خصوصاً استفاده از گاواهن برگرداندار و اثرات منفی آن از ضرورت های مهم بخش مکانیزاسیون می باشد و ایجاب می کند تحقیق و مطالعه دقیق تری از مقوله فوق به عمل آید و در صورت لزوم وسیله مناسبی جایگزین گاواهن های برگرداندار شود . ضمن اینکه در نیم قرن گذشته دیگر کشورها این موضوع را مورد مطالعه و متناسب با شرائط مختلف ، روش های خاک ورزی بهتر و ادوات خاک ورز مناسب را ابداع و به کشاورزان معرفی نموده اند .

یکی از ادواتی که می تواند جایگزین مناسبی برای گاواهن های برگرداندار باشد گاواهن زیر شکن مجهز به باله است (*Winged Tine*) که با مصرف انرژی و زمان کمتر و عرض کار بیشتر عملیات خاک ورزی را انجام می دهد و می توان آنرا به گونه ای طراحی نمود که عملیات خاک ورزی ثانویه کمتری مورد نیاز باشد .

با عنایت به مطالب فوق و تحقیقات و مطالعات بعمل آمده در خصوص این نوع خاک ورز ، اقدام به طراحی خاک ورزی نموده ایم که بر اساس برش افقی خاک با یک حرکت در خاک دست نخورده خاک را در سه لایه بریده و کلوخه کوچکتری نسبت به گاواهن برگرداندار ایجاد نماید لذا عملیات خاک ورزی ثانویه کاهش و نتیجه آن صرفه جوئی در زمان ، هزینه و انرژی خواهد بود .

واژه های کلیدی

گاواهن برگرداندار ، خاک ورزی مرسوم ، گاواهن زیر شکن ، *Winged Tine* □ ، نیروی کششی ،

کلوخ های ریز

مقدمه

نخستین مرحله تولید محصولات کشاورزی عملیات خاک ورزی است که شامل دو بخش اولیه و ثانویه می باشد . خاک ورزی اولیه عموماً در عمق بیش از ۱۵ سانتی متری خاک انجام و هدف آن باز نمودن ذرات خاک جهت نفوذ آب و هوا و ایجاد محیط مناسب برای رشد و توسعه ریشه می باشد . لذا طی قرون و اعصار گذشته با توجه به نیاز گیاه و شرائط منطقه ای توسط کشاورزان و تولید کنندگان ابزارها و روش های مختلفی ابداع که در نتیجه آن ادوات بسیار متنوعی از ابزار دستی تا ماشین های مرکب خاک ورزی ساخته شده است .

با ورود تراکتور به کشور ، گاواهن برگرداندار با نام گاواهن اروپائی وارد مزارع کشور شده و کشاورزان بنا به ضرورت کنار گذاشتن ابزار دستی و دامی به استفاده از این گاواهن بعنوان مناسب ترین وسیله خاک ورز مبادرت نموده اند و این وسیله جزء لاینفک ادوات خاک ورزی گردیده است . اگر چه در سال های اخیر کاربرد گاواهن های قلمی در اراضی دیم و استفاده از زیر شکن و حتی کمبینات در مزارع آبی نیز مورد آزمایش و استفاده قرار گرفته ولی حاکمیت گاواهن برگرداندار که اصولاً متناسب با شرائط مرطوب خاک های اروپا می باشد همچنان در مزارع کشور برقرار بوده و تا کنون نیز این مسئله بطور جدی مورد سؤال قرار نگرفته که بهترین وسیله برای سست کردن خاک های خشک و سنگین مزارع ایران کدام است . [۱]

چهار هدف عمده از خاک ورزی (شخم زدن) شامل :

۱ - مبارزه با علف های هرز : که این مهم قبلاً بوسیله گاواهن دنبال شده اما در اوائل نیمه دوم قرن بیستم که علف کش های انتخابی روانه بازار شد دیگر مبارزه با علف بوسیله گاواهن منتفی گردید .

۲ - سست کردن و نرم کردن خاک برای رشد بذر : با ابداع ادوات جدید خاک ورزی ، موضوع سست کردن و نرم کردن خاک نیز با روش های اقتصادی تر امکان پذیر گردید

۳ - مدفون نمودن بقایای گیاهی : در شرائط کنونی که بقایای محصول را برای کشت دوم به آتش می کشند و یا برای خوراک دام جمع آوری می نمایند دیگر احتیاجی به استفاده از گاواهن در این خصوص نمی باشد ضمن اینکه در ایده های جدید جهت کاهش فرسایش آبی و بادی خاک و تبخیر سطحی پیشنهاد میکنند که بقایا را در سطح خاک نگه داشته و از مدفون نمودن آن خودداری کنند (خصوصاً در اراضی دیم) .

۴ - حفاظت خاک و آب : در تحقیقات بعمل آمده و ارائه ایده های جدید خاک ورزی و کاشت ، استفاده از گاواهن برگرداندار سبب فرسایش آبی و بادی خاک شده و در روش های جدید ساختمان خاک را بهتر از روش شخم اصلاح نموده اند . اگر کلوخه ها یک اندازه باشند باد نمی تواند آنها را در سطح مزرعه

جایجا کند همچنین اگر بقایای گیاهی روی سطح خاک داشته باشیم از حرکت خاک توسط باد و آب جلوگیری می شود .

معایب استفاده از گاوآهن برگرداندار :

- مصرف هزینه ، زمان و انرژی زیاد (۳۶۰ - ۲۰۰ مگا ژول برای خاک ورزی مرسوم در صورتی که انرژی مورد نیاز برای خاک ورزی با ادوات دندانان ای ۲۳۰ - ۱۰۰ مگا ژول می باشد) [۱۰]
- ایجاد کلوخه های بزرگ که برای خرد کردن آنها احتیاج به عملیات ثانویه متعدد می باشد
- پس از شخم ، زمین کلوخه ای شده و این کلوخه ها آزادانه به هر طرف رانده می شوند لذا در هنگام دیسک زنی کلوخه ها از بین پره های دیسک فرار میکنند و هر چه این خاک خشک تر ، فشرده تر و سنگین تر باشد فرار کلوخه ها و تراشیده شدن خاک کنار کلوخه ها و پودر شدن خاک افزایش می یابد ضمن اینکه چند مرتبه دیسک زدن باعث فشردگی خاک و زیر خاک کردن کلوخه ها می گردد .
- تخریب ساختمان خاک در نتیجه حرکت ادوات متعدد (پودر شدن خاک و فرسایش آبی وادی)
- استهلاک شدید تراکتور و ادوات خاک ورزی ثانویه بلحاظ وجود کلوخه های بزرگ
- ایجاد سخت لایه بلحاظ تردد بیش از حد ماشین ها بویژه تراکتور
- (*Smearing*) بسته شدن منافذ زیر عمق شخم از طریق حرکت تیغه گاوآهن

باز نمودن ذرات خاک :

عمده ترین هدف خاک ورزی باز نمودن ذرات خاک می باشد که این مهم در شرایط خشک خاکهای ایران بدون نیاز به گاوآهن برگرداندار با حرکت تیغه های زیرشکن در عمق مورد نیاز بدون برگرداندن خاک امکان پذیر می باشد . محدوده خاک خرد شده توسط زیر شکن به شکل V و شکافهای افقی در طرفین کفش زیر شکن بوجود می آید . یکی از نکات مهم در استفاده از این قبیل ادوات جلوگیری از ایجاد کلوخه های بزرگ است . نا گفته نماند یکی از دلایل عدم موفقیت گاوآهن های قلمی در مزارع دیم استفاده از پایه های فتری بوده که در شرایط خشک کارائی مطلوبی نداشته [۱] و بایستی از شاخه های ثابت و اصلاحات اصولی از جمله محاسبه فاصله پایه ها، عمق کار مناسب ، استفاده از باله و... مدد جست .

امکان کم خاک ورزی :

کم خاک ورزی و عدم استفاده از گاوآهن برگرداندار باعث تجمع بقایای گیاهی در لایه های سطحی ، کاهش وزن مخصوص ظاهری ، کاهش سله بندی و کمک به نفوذ پذیری بالا می شود . در واقع اگر شخم تخریبی انجام نگیرد بقایای گیاهی همیشه زمینی را که شخم نخورده پوشش می دهد این پوشش سبب می شود در نزدیکی سطح خاک محیطی برای فعالیت میکروارگانیزم های خاک بوجود آید این محیط نسبت به محیطی که در نتیجه شخم ایجاد می شود بسیار مناسب تر است . [۱]

مطالعات انجام شده :

در مجامع کشاورزی طی پنجاه سال گذشته تاکنون مطالعات بسیاری بر روی روش های مرسوم خاک ورزی و دستیابی به روش هایی که سریعتر ، ارزانتر و مناسبتر باشد انجام شده و ایده های جدیدی مثل خاک ورزی حد اقل ، کشت بدون خاک ورزی ، کشت مستقیم و ... ابداع و به جامعه کشاورزی معرفی

شده است. همچنین مطالعات زیادی بر روی ادوات مختلف انجام شده که تعدادی از آنها در زیر آورده می شود:

- آقای جان گودچیلد کشاورز ایالت بارتلو انگلیس بدلیل عملیات متعدد خاک ورزی، ضیق وقت و بالا بودن هزینه برای کاشت محصولات روغنی خود با همکاری شرکت اوپیکو (Opico) اقدام به طراحی و ساخت یک دستگاه خاک ورز- بذرکار نمود که واحد خاک ورز آن دارای ۷ عدد زیر شکن باله دار با فاصله هر پایه ۵۰ سانتی متر، عمق کار ۹ اینچ، با سرعت ۹ مایل بر ساعت و عملکرد ۶۵ ایکر در روز عملیات سست کردن خاک و کاشت را همزمان انجام می دهد. [۲]

- در سال ۲۰۰۱ در هند دکتر دیباک چاد هاری و همکاران بر روی زاویه نفوذ شیار بازکن ها و کارنده های مختلف در روش خاک ورزی مرسوم و بدون خاک ورزی مطالعه کردند در این تحقیق بر روی تیغه های چیزل، تیغه های باله دار و تیغه های T شکل برای کشت بدون خاک ورزی مطالعه گردید که تیغه های باله دار بهترین حالت خرد کردن و سست کردن خاک زیر خاک سطحی را داشتند. [۳]

- در سال ۲۰۰۱ در اردن دکتر ابوحمد و ابو قودیس بر روی فاکتورهای مختلف خاک ورزی مثل شخم با گاواهن، شخم چیزل و کشت بدون شخم مطالعه کردند که سیستم بدون خاک ورزی بهترین عملکرد را داشت. [۴]

- ابداع گاواهن پارا (Para Plow) که کار آن سست کردن خاک بدون برگرداندن و بالا آوردن می باشد. [۵]

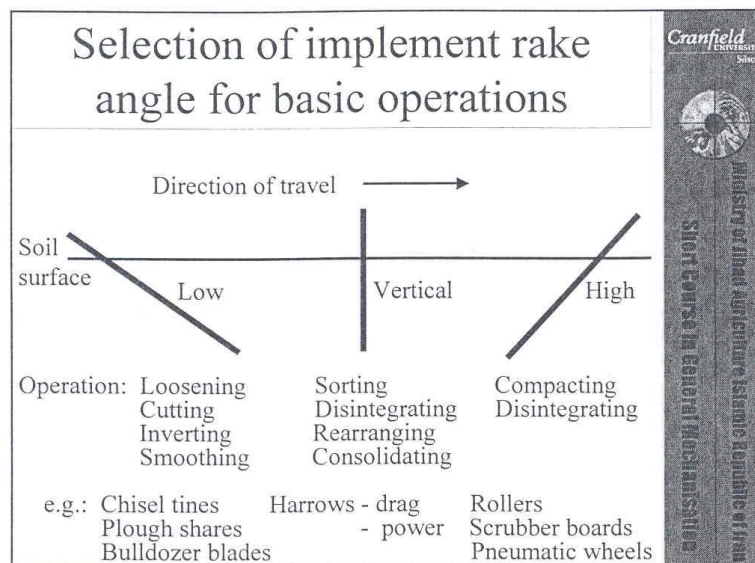
- بر اساس آمار صنعت حمل و نقل در آمریکا در یک دوره ۲۴ ساله از سال ۱۹۶۷ تا ۱۹۹۰ حمل و نقل (فروش) گاواهن برگرداندار از ۳۱ درصد به ۲ درصد و دیسک از ۴۶ درصد به ۲۴ درصد کاهش یافته (فروش ۷۷ درصدی گاواهن و دیسک ۲۵ درصد کاهش یافته) و در عوض فروش ادوات جدید که با راندمان بالاتری کار میکنند افزایش داشته است (کولتیواتورهای مزرعه از ۷ درصد به ۲۰ درصد و گاواهن های چیزل از ۶ درصد به ۱۲ درصد و انواع کمبینات به ۲۹ درصد و زیرشکن به ۳ درصد رسید). [۶]

- پروفیسور اسپور، پروفیسور گادوین و همکاران از سالهای ۱۹۷۰ تا کنون بر روی رفتار تیغه ها، زیر شکن ها و واحدهای خاک ورز بدون باله و باله دار و در کل مسائل مربوط به خاک ورزی در خاک های مختلف در دانشگاه کرانفیلد انگلیس مطالعه و تحقیق نموده و ایده های خوبی برای سست کردن و خرد کردن خاک و در نهایت یک خاک ورزی مناسب ارائه نموده اند که به شرح زیر مورد استفاده در این مقاله قرار گرفته است. [۷، ۸، ۹]

سه عامل کلیدی روی ادوات خاک ورز اثر گذار است: زاویه نفوذ تیغه، عمق کار و عرض کار. زاویه اصطکاک بین فلز و خاک معمولاً حدود ۲۰ درجه است و زاویه حمله کوچکتر نیروی کششی کمتری نیاز دارد.

زاویه کم تیغه باعث سست کردن، بریدن و نرم کردن خاک می گردد. زاویه ۹۰ درجه باعث جدا شدن و عوض شدن دانه بندی خاک و کمی نیز کوبیدن اتفاق می افتد و زاویه زیاد برای کوبیدن و فشردن خاک مناسب است.

اگر زاویه رو به جلو داشته باشیم (زاویه نفوذ کم) عمق بحرانی عمیق و اگر زاویه رو به عقب باشد عمق بحرانی در سطح خاک است لذا با تغییر زاویه حمله ، عمق بحرانی نیز تغییر میکند .



اگر پائین تر از عمق بحرانی کار کنیم انرژی بیشتری مصرف و خاک کمتری بهم می خورد . اگر بتوانیم بهم زنی یا سست کردن خاک را بیشتر کنیم راندمان ماشین بالاتر خواهد رفت . در صورت استفاده از باله ها خاک بیشتر بطرف بالا حرکت می کند . گادوین پیشنهاد می کند ابتدا عملیات خاک ورزی انجام ، سپس زیر شکن زده شود .

علیرغم گاواهن که خاک را بصورت عمودی می برد ایده جدید بر مبنای برش افقی خاک استوار بوده و بدون برگرداندن خاک آن را شکسته و خرد می نماید .

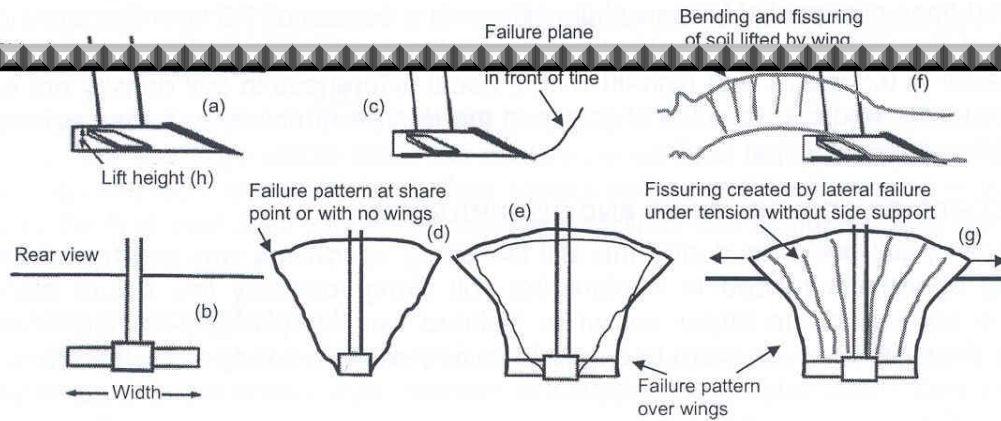
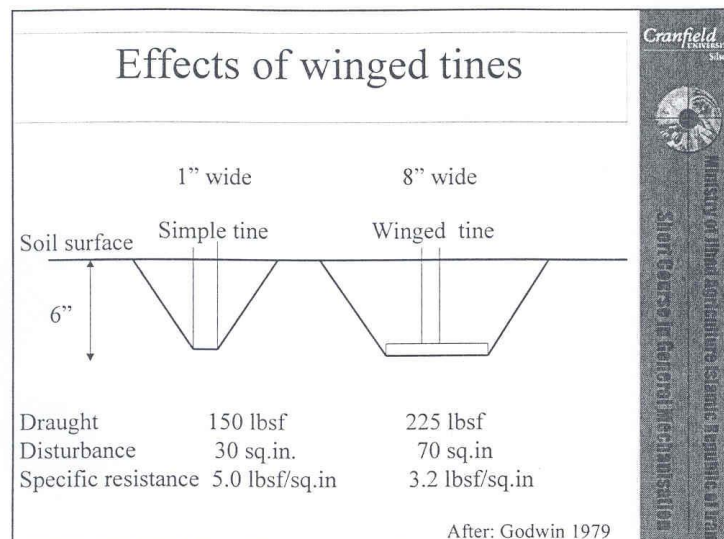


Figure 1: Influence of tine geometry on observed soil profile disturbance.

اثرات نیروها بر روی ادوات :

اولین مسئله عمق است که نتیجه آن نیروهای عمودی ، افقی و کششی بررسی می شود . با افزایش عمق نیروی کششی نیز افزایش می یابد . در آزمایش یک واحد خاک ورز در عمق ۱۰ سانتی متر نیروی کشش مورد نیاز ۱/۵ کیلو نیوتن بود هنگامی که عمق به ۲۰ سانتی متر افزایش یافت نیروی کشش مورد نیاز به ۶ کیلو نیوتن رسید (۴ برابر) لذا نیروی کشش با مربع عمق مرتبط است . لازم به ذکر است که گاوآهن های چیزل مرسوم برای عمق بیشتر از ۲۰ سانتی متر مناسب نمی باشند و نیاز به ادوات جدید و مناسب



داریم .

مقاومت مخصوص خاک در استفاده از تاین ها :

در یک اندازه گیری با یک تیغه با عرض یک اینچ و عمق ۶ اینچ نیروی لازم برای کشش ۱۵۰ پوند بود که سطح مقطع خاک بهم خورده ۳۰ اینچ مربع بود . اگر این نیرو را به سطح مقطع تقسیم کنیم ۵ پوند بر اینچ مربع می باشد این مقدار نیروی لازم برای شکستن یک واحد خاک می باشد . اگر باله به آن اضافه شود نیروی کشش افزایش می یابد ضمن اینکه میزان سست کردن و بهم خوردن خاک از ۳۰ به ۷۰ اینچ مربع افزایش یافت و مقاومت مخصوص آن به ۳/۲ پوند بر اینچ مربع رسید بنابراین با اضافه نمودن باله مقاومت مخصوص

تا ۴۰ درصد کاهش یافت . اگر از پایه های ارتعاشی استفاده شود نیروی کشش ۳۰ - ۴۰ درصد کاهش

می یابد .

نتایج تحقیقات انجام شده مزیت استفاده از خاک ورزی های باله دار (*Winged Tine*) نسبت به نوع بدون باله را مطرح می کند که می تواند با مصرف انرژی کمتر خاک بیشتری را سست نماید . افزودن باله به دو طرف واحد خاک ورز باعث افزایش نیروی کشش در حدود ۳۰ - ۲۰ درصد شده اما در عوض میزان سست کردن و شکستن خاک ۳ - ۴ برابر شده است . [۱۰] در خاک های خشک و متراکم عمق بحرانی پائین تر است . تاین باله دار در خاک های متراکم بهترین عملکرد نسبت به نوع بدون باله داشته است . هر چه خاک خشک تر و مقدار رس آن بیشتر باشد شکستن و خرد کردن بوسیله این نوع خاک ورز بهتر است (اکثر مزارع ایران دارای این شرایط هستند) . فاصله مناسب تاین ها روی شاسی برای نوع بدون باله ۱ - ۱/۵ و برای نوع باله دار ۲ - ۱/۵ برابر عمق کار می باشد .

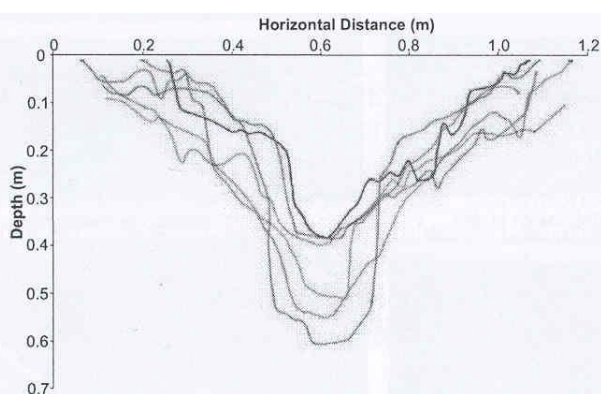


Figure 2: Breakout profiles using a no-wing subsoiler tine in clay restored soil.

پروفیل شکستگی خاک برای تاین های بدون باله [۸]

پروفیل شکستگی خاک برای تاین های باله دار [۹]
مواد و روش ها :

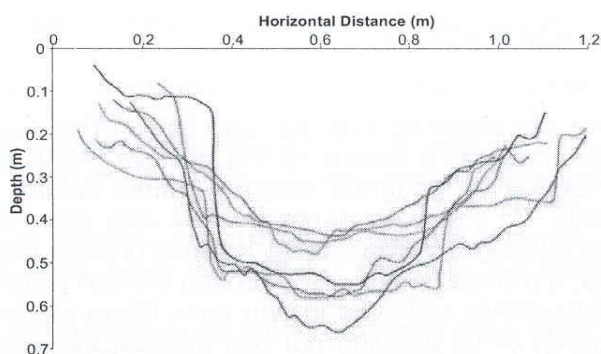
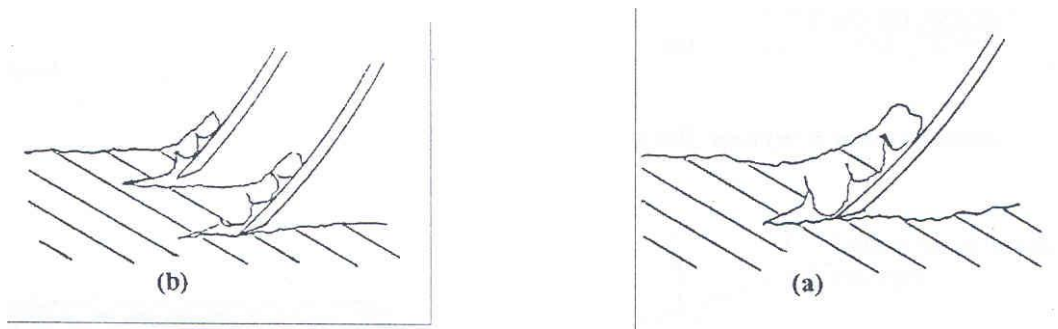


Figure 3: Breakout profiles using a high-lift height winged subsoiler tine in clay restored soil.

طراحی و ساخت خاک ورز جدید : بر اساس مطالب فوق و استفاده از ایده برش افقی خاک و اینکه قبل از انجام عملیات ماشینی در سطح مزرعه ، خاک یک تکه و بهم چسبیده است لذا می توان آنرا لایه لایه بریده [۹] و (برعکس گاواهن برگرداندار) کلوخه های ریز تری تولید نمود ، اقدام به طراحی و ساخت خاک ورزی گردید که در یک حرکت خاک را در سه لایه بریده و بهم می زند .



این دستگاه بر اساس الگوی گاواهن زیر شکن یا خاک ورز باله دار (*Winged Tine*) طراحی شده و دارای سه ردیف پایه می باشد . هر ردیف دارای تعدادی پایه یا ساقه یا خاک ورز باله دار می باشد و هر کدام از ردیف ها مستقل از دیگری یک لایه خاک را بدون برگردان بریده و بهم می زند . لایه اول در عمق ۷ ، لایه دوم در عمق ۱۴ و لایه سوم در عمق ۲۱ سانتی متری عملیات فوق را انجام می دهد لذا با یک حرکت تراکتور در مزرعه ، یک شخم ۲۱ سانتی متری زده شده و اندازه کلوخه های ایجاد شده حداکثر ۷ سانتی متر می باشد که نیاز به عملیات ثانویه نداشته و یا یک بار دیسک زدن کافی است .

عرض کار دستگاه در حال حاضر ۲ متر بوده و برای تراکتور شش سیلندر دو دیفرانسیل فرگوسن مناسب می باشد (بایستی تمام عرض تراکتور را پوشش دهیم تا بوسیله تایرها خاک را دوباره نکوبیم) . در صورت استفاده برای تراکتورهای سنگین عرض کار و عمق آن قابل افزایش می باشد .

با توجه به امکانات موجود بصورت آزمایش یک دستگاه ساخته شد ردیف اول شامل ۵ پایه و ردیف های دوم و سوم هر کدام ۴ پایه دارد و عرض کار هر واحد ۳۵ سانتی متر و زاویه بلند کردن باله ها نیز حدود ۸ درجه می باشد همچنین دو عدد چرخ تثبیت عمق بر روی دستگاه نصب گردید تا از نفوذ عمقی به داخل خاک و تغییرات عمق جلوگیری نماید .

نتایج و بحث :

در آزمایش دستگاه راندمان کار نسبتاً خوب و اندازه کلوخه ها تقریباً یکنواخت بود و با یک مرتبه دیسک زدن زمین آماده کاشت بود راندمان ماشین نیز نسبت به گاواهن برگرداندار افزایش داشت و در ۸ ساعت کار توانست نزدیک به ۱۰ هکتار را شخم بزند اما بدلیل زاویه دار بودن باله ها سطح خاک یکنواخت نبود . بدلیل مشکلات مالی و در دسترس نبودن امکانات لازم مثل فولاد با اندازه مناسب و اینکه یک دستگاه آزمایشی بود جنس پایه و باله ها از فولاد فتر انتخاب شد همچنین قادر به ساختن تیغه یا نوک زیر شکن مورد نیاز برای شکستن اولیه نبودیم و باله ها را طوری به پایه ها نصب کردیم که عمل شکستن و بریدن خاک را انجام می داد لذا نیروی کششی مورد نیاز افزایش یافت .

بدلیل مشکلات مختلف مثل عدم وجود آلیاژ و تکنولوژی مناسب فعلی و هزینه بالای تولید برای ساخت پایه ، نوک و باله در داخل کشور به تعداد کم ، مقرر گردید برای یک دستگاه لوازم مورد نیاز از تولید کنندگان خارجی خریداری و شاسی آن در داخل کشور ساخته شود و پس از انجام تغییرات احتمالی و دست یابی به وسیله ای که بتواند با راندمان بالا و عرض کار مناسب عملیات خاک ورزی را انجام دهد نسبت به تولید انبوه آن اقدام گردد (در آن صورت هم یکی از انتخاب ها می تواند خرید لوازم اصلی از یک تولید کننده معتبر و با تکنولوژی مطرح در این خصوص باشد کما اینکه تکنولوژی تولید تیغه های فولادی در اختیار تعداد معدودی شرکت می باشد) .

فاکتورهای مختلفی در ترکیب این دستگاه می تواند مؤثر باشد : دستگاه دارای دو و یا سه ردیف خاک ورز باشد ممکن است لازم باشد ردیف اول را از یک خاک ورز دیگری مثل دیسک کنگره ای و یا وسیله دیگری استفاده نمود که این دستگاه را قادر به ادامه کار در اراضی با بقایای گیاهی کند که امروزه یکی از مشکلات خاک ورزی در این گونه زمین ها است . بهترین ترتیب قرار گرفتن پایه ها و ردیف ها کدام است ، شاسی دستگاه مستطیلی یا مثلثی باشد و ... که می بایست با دقت و مطالعه بیشتری این دستگاه را طراحی نمود تا در اکثر شرائط و متناسب با امکانات و ویژگی های هر منطقه قابل استفاده باشد .

سیاسگذاری :

بدین وسیله از آقایان مهندس اسکندری مشاور وزیر و مجری محترم طرح محوری گندم و معاونان ایشان آقایان مهندس ساعی و مهندس ناصحی ، مهندس طلعتی رئیس بنگاه توسعه ماشینهای کشاورزی فارس ، آقای مهندس دزفولی کارشناس اداره توسعه مکانیزاسیون فارس و آقای علالدین حسینی تولید کننده ادوات کشاورزی بدلیل حمایت و پشتیبانی از این طرح تشکر و قدردانی می گردد.

فهرست منابع

- ۱ - مرکز توسعه مکانیزاسیون (۱۳۷۸) ضرورت بازنگری به شیوه های مرسوم خاک ورزی در ایران
- ۷ - گادوین و اسپور . دانشگاه کرانفیلد - جزوات دوره آموزشی مکانیزاسیون عمومی (۲۰۰۱)
- ۱۰ - عاکف ، مهدی . باقری ، ایرج . مدیریت خاک
- 2 - www.opico.co.uk , Vario-cast 8 seeder , Opico Data Sheet 12
- 3- Deepak-Chaudhuri. Chaudhuri-d . Performance evaluation of various types of furrow opener on seed drills . *Jornal of Ag.Eng.Res.* 2001, 79:2 , 125-137; 44 ref
- 4 - Abu-Hamdeh-N , Abu-Qudais-M .The economics of mechanical versus weed control in peas and lettuce under different tillage system and irrigation regimes. *Jornal of Ag.Eng.Res.* 2001, 79:2 , 177-185 ; 20 ref
- 5 - Karlheinz Koller , *Techniques of Soil Tillage , Para Plow*
- 6 - *Tillage . FMO . U.S Tillage Industery Shipments , 1967 and 1990*
- 8 - Peof.G.Spoor *Trils to Evaluate the effectiveness of subsoiling treatments on soil structure on mineral sites during the five year aftercare period , M.A.F.F.CONTRACT NO.CIE 9406D Feb.2000*
Soil Management 88 , Improving the effectiveness of tillage operations, Sep.1998

9 - R. Earl Tillage - Soil plant and implement considerations Landwards, Autumn
1998