بررسی توان مصرفی گاوآهن عمیق *DUAL BENTLEG PLOW* و تعیین اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی خاک

سعید فیروزی[۱]- محمد حسین رئوفت[۲]

چکیده

در تحقیقی که در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به منظـور ارزیـابی یک نـوع گـاوآهن عمیق *Bentleg Plow* به نام *Dual Bentleg Plow* انجام شد، اثر سه سطح زاویه حمله گاوآهن (۷/۵،۱۵و۲۲/۵ درجه) و چهار سطح عمق شخم (۲۵۰،۳۵۰و۴۵۰ میلی متر) بر مقاومت کششی گاوآهن عمیق مذکور و میزان نفوذ تجمعی آب در خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمون کشش نشان داد که اثر متغیرهای مورد بررسی و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار کشش گاوآهن اثر معنی‌دار دارند و به طورکلی با افزایش زاویه حمله بر مقاومت کششی افزوده شد. همچنین با افزایش عمق خاک‌ورزی نیز مقاومت کششی گاوآهن مذکور افزایش یافت. نتایج حاصل از آزمون نفوذ تجمعی آب در خاک نشان داد که پارامترهای مورد بررسی بر میزان نفوذ آب در خاک اثر معنی‌دار و افزایشی داشته‌اند. با افزایش این عوامل بر میزان نفوذ آب در خاک افزوده شد. لذا با توجه به نتایج بدست‌آمده و به منظور صرفه جویی در توان مصرفی، زاویه حمله ۷/۵ درجه بهترین انتخاب بوده و چنانچه افزایش نفوذپذیری آب در خاک مد نظر باشد، بهترین زاویه حمله ۲۲/۵ درجه خواهد بود.

کلمات کلیدی: ***Bentleg Plow*** - **شخم عمیق – زیرشکن**

مقدمه

گرایش روز افزون به شخم عمیق در چند دهه اخیر بیش از پیش اهمیت یافته است. خاک‌های کشاورزی، اغلب به دلیل تراکم بیش از حد به عملیات زیرشکنی نیاز پیدا می‌کنند. تراکم خاک به طور ساده عبارت از کاهش فاصله بین ذرات آن و یا به عبارت ساده افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌باشد. این پدیده منفی، نفوذ آب و ریشه گیاهان زراعی را در خاک کاهش می‌دهد و در نتیجه موجب کاهش عملکرد محصول می‌گردد. در ضمن به طور غیر مستقیم بر فرسایش سطحی خاک افزوده می‌شود. از این‌رو برای کاهش این اثرات، اقدام به زیر شکنی می‌گردد. توان مصرفی زیاد این ادوات ازعوامل مهم در انتخاب آنها می‌باشد(۵).

تیلور و همکاران (۱۹۹۶) در تحقیق خود، تعداد ریشه‌های اصلی گیاه پنبه را در لایه‌های مختلف انواع خاک با درجات متفاوت فشردگی بررسی نمودند. نتایج نشان داد، وقتی میزا ن شاخص مخروطی خاک به $2MP$ می‌رسد، تعداد ریشه‌های نفوذ یافته، به شدت کاهش می‌یابد. راهاوان و همکاران(۱۹۷۹) نیز اثر تردد ماشین‌آلات کشاورزی را بر رشد ریشه ذرت علوفه‌ای بررسی نمودند. بررسی‌های آنها بیانگر این بود که در متراکمترین خاک مورد آزمایش که حاصل از ۱۵ بار تردد چرخهای تراکتور بود میزان نفوذ گاوآهن از نصف عمق نفوذ در خاک فشرده نشده نیز کمتر بوده است. این امر به همراه اختلال در نفوذ آب در خاک از عوامل مهم در کاهش عملکرد ذرت علوفه‌ای ذکر شده است. تحقیقات مشابه کار آنها نیز بیانگر آن بود که عملیات زیر شکنی عملکرد محصولاتی نظیر ذرت و لوبیا را افزایش می‌دهد(۴و۱۱)

پیجن (۱۹۸۲) عنوان کرد که گاوآهن عمیق *Para Plow* توسط طرحی از دکتر ادی از اعضاء انجمن مدیریت آب و خاک انگلستان ساخته شد. ازجمله مزایای این گاوآهن عمیق، سرعت، اطمینان کار و کاهش توان مصرفی است. بر این اساس ساختمان اولیه این گاوآهن از یک ساق و یک بال مورب تشکیل شده بود که بعدها محقق دیگری به‌نام کوکسلی (۱۹۸۱) یک کفشک و تیغه قلمی به انتهای آن اضافه نمود. پیجن(۱۹۸۲و۱۹۸۳) و

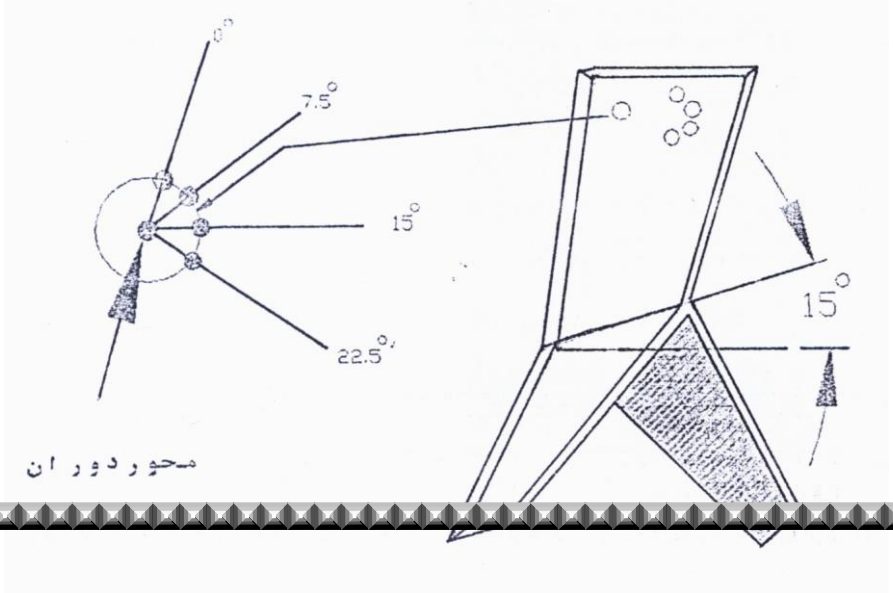
کوکسلی (۱۹۸۱) بیان می‌دارند که از معایب این گاوآهن عمیق، عدم تعادل جانبی و هزینه‌های بالای تولید آن است. در ادامه هاریسون (۱۹۸۸) ضمن معرفی گاوآهن عمیق جدیدی به نام *Bentleg Plow* ، آن‌را اختراعی نوین در امر زیر شکنی می‌داند و راندمان انرژی بالا را یکی از امتیازات آن دانست.

عدم وجود نوک تیغه‌ای و کفشک، وجه تمایز این وسیله از گاوآهن *Para Plow* است. این دو عضو در هنگام حرکت در خاک ایجاد مقاومت اجتناب ناپذیر می‌کنند، از این‌رو در ساختمان گاوآهن *Bentleg Plow* حذف گردیده‌اند. این گاوآهن به‌جای تیغه‌های قلمی با بال‌های مورب خود به خاک فشار می‌آورد و در نتیجه تنش‌های خاک را در یک طرف دیواره شخم متمرکز می‌کند. بررسی‌ها نشان داده‌است که توان مصرفی گاوآهن عمیق *Bentleg Plow* در هر دو نوع منفرد و دو طرفه از ۵ تا ۵۰ درصد کمتر از توان مصرفی ریپر است(۵). در تحقیقی که توسط مجیدی در سال ۱۳۷۴ انجام گرفت، مقاومت کششی گاوآهن*Bentleg Plow* در حدود ۵۰ درصد کمتر از گاوآهن بر گرداندار بدست آمد.

گاوآهن $\mathcal{BL}$ در دو نوع منفرد و دو طرفه ساخته می‌شود. در نوع دوطرفه یا دوبل به دلیل تقارن بین نیروهای وارد بر ساق خیش، خمش در ساق و در نتیجه در شاسی صفر خواهد بود و درنتیجه نسبت به نوع منفرد به ازاء هر دو بال خاک ورز از یک ساق استفاده خواهد شد که در اینصورت نیروی مزاحم و اجتناب ناپذیر ناشی از کشش ساق کاهش خواهد یافت، از این‌رو در این بررسی اثر سطوح مختلف زاویه حمله و عمق خاک‌ورزی بر توان مصرفی گاوآهن $\mathcal{BL}$ نوع دو طرفه مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش تحقیق

با توجه به مزایای گاوآهن$\mathcal{BL}$ دو طرفه نسبت به گاوآهن $\mathcal{BL}$ یک طرفه لذا در ابتدای کار مطابق با ابعاد



گاوآهن $\mathcal{BL}$ منفرد مورد ارزیابی مجیدی(۱۳۷۴) یک گاوآهن $\mathcal{BL}$ دو طرفه ساخته شد. ابعاد و مشخصات این گاوآهن در شکل ۱ نشان داده شده‌است. زاویه بین محور خمش خیش و راستای حرکت که همان زاویه حمله است در حالت عادی ۱۵ درجه می‌باشد که از طریق دوران خیش حول یک لولا در چهار سطح صفر ، ۷/۵، ۱۵و۲۲/۵ درجه قابل تغییر است(شکل ۱). چهار سطح عمق خاک‌ورزی ۲۵۰،۳۵۰و۴۵۰ میلی‌متر نیز به عنوان سطوح متغیر مهم دوم یعنی عمق شخم در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمایش نشان داد که جرم مخصوص ظاهری خاک محل آزمایش با افزایش عمق خاک از ۲۵۰ میلی‌متر به پایین، به نحو قابل توجهی افزایش می‌یابد. این مشاهدات می‌تواند بیانگر آن باشند که لایه‌های متراکم خاک محل در اعماق بیش ز ۲۵۰ میلی‌متر قرار دارد. آزمون‌های اولیه نشان داد که نفوذ گاوآهن در زاویه حمله صفر درجه غیر ممکن است لذا با با در نظر گرفتن سه زاویه حمله (۷،۱۵/۵و۲۲/۵ درجه) و سه سطح عمق خاک‌ورزی (۲۵۰،۳۵۰و۴۵۰ میلی‌متر) وبا احتساب سه تکرار تعداد کرت‌های آزمایشی ۲۷ کرت بود. طرح آزمایشی مورد استفاده عبارت از طرح بلوک‌های کامل تصادفی بوده‌است. خاک محل آزمایش از نوع رسی شنی با ۳۹ درصد رس بوده و رطوبت خاک در هنگام آزمایش ۱۶-۱۴ درصد بوده‌است.

شکل ۱- گاوآهن $\mathcal{BL}$ دو طرفه: زاویه محور خمش در حالت معمول و تمهیدات مربوط به تغییر زاویه حمله

صفات مورد ارزیابی عبارت از مقاومت کششی و میزان نفوذ پذیری آب در خاک مورد آزمایش بود. برای تعیین مقاومت کششی از یک دینامومتر فنری استفاده شد. این دینامومتر از طریق یک زنجیر در فاصله بین تراکتور حامل گاوآهن و تراکتور کمکی(به ترتیب تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و تراکتور جاندیر ۳۱۴۰) قرار گرفت. در هر کرت آزمایشی، تراکتور اصلی(حامل گاوآهن) در حالت خلاص و از طریق دینامومتر به طول ۳۰ متر کشیده می‌شد. در ادامه، تراکتور حامل گاوآهن در حالت بی‌بار در همان مسافت ۳۰ متر کشیده می‌شد تا بدین ترتیب نیروی مقاومت غلتشی لاستیک‌های تراکتور از مقدار نیروی کشش ثبت شده بر روی کاغذ دینامومتر کم شود و مقاومت کششی گاوآهن به طور خالص تعیین گردد(۱).

برای تعیین میزان نفوذ پذیری آب در خاک، از وسیله استوانه مضاعف استفاده شد. بدین ترتیب ارتفاع آب در فاصله بین دو استوانه و درون استوانه داخلی به ترتیب ۲۵ و ۲۲/۵ سانتی‌متر بود. در نتیجه با این روش فقط نفوذ عمقی آب، مورد تعیین قرار می‌گرفت. ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه در فاصله زمانی هر دو دقیقه یک بار و سپس در مدت ۲۰ دقیقه در فاصله‌های زمانی ۵ دقیقه میزان نفوذ آب در خاک اندازه‌گیری گردید و سرانجام نفوذ تجمعی آب در طول زمان ۳۰ دقیقه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. لازم به ذکر است که در تحقیق مختار و همکاران(۱۹۸۵) به منظور ارزیابی گاوآهن *Para Plow* نیز از این روش استفاده شد. در پایان با استفاده از نرم افزار آماری *MSTATC*، تجزیه وتحلیل های مربوطه انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی‌های اولیه نشان داد که نفوذ گاوآهن *BL* دو طرفه در زاویه حمله صفر درجه غیرممکن است. از این‌رو این سطح از سطوح زوایای حمله گاوآهن مورد بررسی حذف گردید. البته در بررسی‌های مجیدی(۱۳۷۴) و هاریسون (۱۹۸۸) نیز این نتیجه حاصل شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زاویه حمله در سطح احتمال ۱٪ بر مقاومت کششی گاوآهن اثر معنی‌دار دارد به نحوی‌که با افزایش زاویه حمله بر مقدار مقاومت کششی گاوآهن افزوده شد(جدول ۱). این موضوع قبلاً در بررسی‌های مجیدی(۱۳۷۴) و هاریسون و لیسکو(۱۹۸۹) در آزمایش با گاوآهن *BL* منفرد، به اثبات رسیده است. در توجیه این روند می‌توان گفت که افزایش زاویه حمله سبب تمایل بیشتر بال تیغه نسبت به راستای حرکت گردیده و در نتیجه تصویر تیغه‌ها بر صفحه عمود بر جهت حرکت افزایش می‌یابد که نتیجه آن، افزایش نیروی عکس‌العمل ناشی از جابجایی خاک بر روی تیغه‌ها ودر نهایت افزایش مقاومت کششی گاوآهن می‌باشد. به این ترتیب ممکن است به نظر آید که با کاهش زاویه حمله تا صفر درجه بهترین نتیجه در مقدار مقاومت کششی حاصل می‌شود اما همانطورکه قبلاً گفته شد، اولاً نفوذ در زاویه حمله صفر درجه غیر ممکن است و ثانیاً با کاهش زاویه حمله سطح تماس تیغه‌ها با خاک افزایش می‌یابد و در نتیجه به دلیل افزایش اصطکاک سطح زیرین بال‌ها با خاک میزان مقاومت کششی زیاد می‌شود. از این‌رو در صورتیکه صرفه‌جویی در توان مصرفی مد نظر باشد بهتر است از زاویه حمله ۷/۵ درجه استفاده گردد.

جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که با افزایش عمق شخم بر مقدار نیروی کشش افزوده شده است. این نتیجه پیش از این نیز توسط مجیدی (۱۳۷۴) و هاریسون و همکاران(۱۹۹۲) در تحقیقات صحرایی بر روی گاوآهن $\mathcal{BL}$ منفرد به اثبات رسیده است. در توجیه این روند می‌توان گفت که اولاً با افزایش عمق خاک‌ورزی، خاک به طور طبیعی متراکم گشته و ثانیاً از آنجائیکه بخشی از نیروی کشش به اصطکاک بین تیغه‌ها و خاک مربوط است بنابراین با زیاد شدن عمق شخم، نیروی ناشی از وزن خاک روی تیغه‌ها بیشتر شده که در نتیجه آن، مقدار نیروی اصطکاک به طور خطی افزایش پیدا می‌نماید.

اثرات متقابل زاویه حمله و عمق خاک‌ورزی بر مقدار نیروی کشش معنی‌دار گردیده است. شکل ۱ این موضوع را نشان می‌دهد. این موضوع در بررسی مجیدی (۱۳۷۴) بر روی گاوآهن $\mathcal{BL}$ منفرد نیز نشان داده شده است.

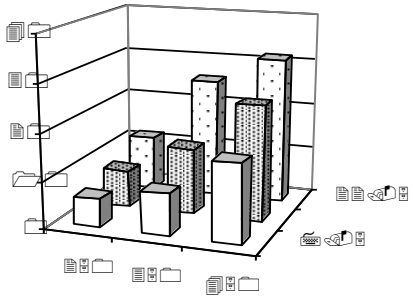
نتایج مقایسه میانگین‌های نفوذ تجمعی آب در خاک شخم خورده با گاوآهن $\mathcal{BL}$ دو طرفه نشان می‌دهد که به طور کلی نفوذ تجمعی آب نسبت به زمین شخم نخورده به میزان قابل توجهی افزایش نشان می‌دهد که البته به توجه به

نتایج مقایسه میانگین‌های نفوذ تجمعی آب در خاک شخم خورده با گاوآهن $\mathcal{BL}$ دو طرفه نشان می‌دهد که به طور کلی نفوذ

جدول ۱- اثر عمق خاک‌ورزی بر مقاومت کششی گاوآهن $\mathcal{BL}$ دو طرفه

میانگین نیروی کشش در سطوح مختلف عمق خاک‌ورزی(KN)	زاویه حمله (درجه)				
	۲۲/۵ (R3)	۱۵ (R2)	۷/۵ (R1)		
۸/۴۵۹ A	۱۱/۶۷ f	۷/۹۶۹ b	۶/۰۱۳ a	۲۵۰ (D1)	عمق خاک‌ورزی(mm)
۱۶/۱۸ B	۲۵/۴۹ e	۱۴/۱۷ d	۸/۸۶۲ b	۳۵۰ (D2)	
۲۴/۲۲ C	۳۱/۴۱ g	۲۴/۶۰ e	۱۶/۶۳ c	۴۵۰ (D3)	
	۲۲/۸۶ C	۱۵/۵۸ B	۱۰/۵ A	میانگین نیروی کشش در زوایای حمله مختلف	

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.



تجمعی آب نسبت به زمین شخم نخورده به میزان قابل توجهی افزایش نشان می‌دهد که البته به توجه به خاصیت شخم این امر، بدیهی به نظر می‌رسد زیرا در اثر عملیات شخم، تخلخل خاک و شرایط هدایت هیدرولیکی آن افزایش پیدا می‌نماید(۱۳).

با توجه به جدول و نمودار ۲ در خصوص اثر معنی‌دار عمق خاک‌ورزی بر نفوذ تجمعی آب باید گفت که ازآنجائیکه در روش اندزه‌گیری نفوذ تجمعی آب به روش استوانه مضاعف، بیشتر تکیه بر نفوذ عمقی آب در خاک است لذا طبیعی است که با افزایش عمق شخم بر میزان نفوذ تجمعی آب در خاک افزوده گردد.

بررسی‌ها همچنین نشان داد که با افزایش زاویه حمله گاوآهن، بر میزان نفوذ تجمعی آب در خاک، افزوده شد. در خصوص این امر می‌توان گفت در یک سرعت پیشروی مفروض، با افزایش این زاویه حمله، به دلیل تمایل تیغه نسبت به راستای حرکت، سرعت حرکت خاک بر روی تیغه‌ها افزایش خواهد یافت که البته این موضوع تخلخل و جابجای بیشتر خاک را حتی در سطوح فوقانی خاک موجب خواهد شد. بنابراین افزایش نفوذ تجمعی آب در خاک با افزایش زاویه حمله قابل توجیه است. لازم به ذکر است در تحقیق مجیدی (۱۳۷۴) بر روی گاوآهن $\mathcal{BL}$ منفرد، این اثر معنی‌دار نگردید.

نتایج و پیشنهادات

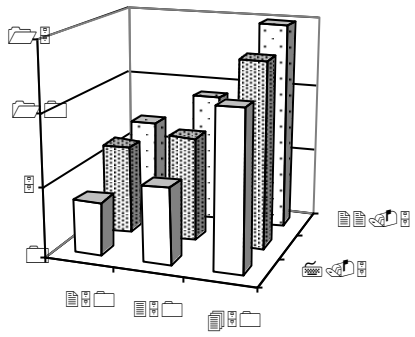
بر اساس نتایج حاصله، به طور کلی با افزایش زاویه حمله بر مقدار مقاومت کششی و نفوذ تجمعی آب در خاک افزوده شد. به علاوه همین روند در خصوص نفوذ تجمعی آب در خاک مشاهده گردید. چنانچه صرفه‌جویی

در توان مصرفی مد نظر باشد بهتر است که از زاویه حمله ۷/۵ درجه استفاده گردد و در مقابل برای دستیابی به حد اکثر نفوذپذیری آب در خاک، باید از زاویه حمله

جدول ۲- اثر زاویه حمله و عمق خاک ورزی بر نفوذ تجمعی آب در خاک

میانگین نفوذ تجم ر سطوح مختلف ع ورزی(cm)	زاویه حمله (درجه)				
	۲۲/۵ (R3)	۱۵ (R2)	۷/۵ (R1)		
۵/۶۹ A	۶/۹۳ f	۶/۳۳ b	۳/۸ a	۲۵۰ (D1)	عمق خاک‌ورزی(
۷/۳۷ B	۹/۲۴ e	۷/۴۷ d	۵/۳۹ b	۳۵۰ (D2)	
۱۳/۱۳ C	۱۴/۹۲ g	۱۳/۲۹ e	۱۱/۱۸ c	۴۵۰ (D3)	
	۱۰/۳۷ C	۹/۰۳ B	۶/۷۹ A	میانگین تجمعی آب در زوایای مختلف	

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.



۲۲/۵ درجه استفاده نمود. اما با توجه به رفتار متضاد این دو صفت نسبت به تغییرات زاویه حمله، به نظر می‌رسد که زاویه حمله۱۵ درجه تعادلی بین توان مصرفی و نفوذ تجمعی آب در خاک بر قرار می‌کند.

در خصوص تأثیر عمق خاک‌ورزی نیز همانطورکه مشاهده شد با افزایش عمق شخم بر مقاومت کششی افزوده شد که البته در مورد تعیین عمق شخم بهینه نمی‌توان پیشنهادی معقول داشت زیرا این امر به نیاز گیاه و شرایط خاک بستگی خواهد داشت.

منابع مورد استفاده:

۱-مجیدی ایرج. ح. ۱۳۷۴. بررسی توان مورد نیاز گاوآهن *Bentleg Plow* و اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

2-Anonymous. 1987. Ripping of hard pan without erosion. Alberta Report (January 5).

3-Coocksley, J. 1981. A new concept in soil care. Arable Farming (August).

4-Gameda, S. Raghavan, G. S. V. , Theriault, R. and E. McKyes, 1983. Effect of subsoil compaction on corn production. ASAE. Paper No. 83-1043.ASAE. St. Joseph, MI:49085.

5-Harrison, H. P. , Chanaysk, D. S. and J. C. Keinholz. 1992. Deep tilling with a bentleg plow. International Conference on Agricultural Engineering. Uppsala, Sweden, Paper No. 9201-106.

6-Harrison, H. P. and Z. J. Liscko. 1989a. Soil reacting renches and dynamics for three models of bentleg plos. Transactions of the ASAE. 32(1):50-53.

7-Mukhtar, S. , Barker, J. L. , Horton, R. and D. C. Erbach. 1985. Soil water infiltration as affaected by the use of the paraplow. Transactions of the ASAE. 28(6):1811-1816.

8-Pidgeon, J. D. 1982. "Paraplow" A rational approach to sil management. Proc. 9th Conference of the Internatinal Soil Tillage Research Organization. ISTRO, Osijek, Yogoslavia:63-638.

9-Pidgeon, J. D. 1983. " Paraplow" A new approach to soil loosening. ASAE Paper No. 82-2136. ASAE, St. Joseph, MI:49085.

10-Rghavan, G. S. V. , McKyes, E. , Baxtor, R. and G. Gendron.1979. Traffic- Soil – Plant (maize) relations. J. Terramechanics. 16(4):181-189.

11-Reeder, R. C. Wood, R. K. and C. L. Frinck.1983. Five Subsoiler designs and their effaects on soil properties and crop yields. Transactions of the ASAE. 36(6):1525-1531.

12- Taylor, H. m. , Robertson, G. M. and J. J. Parker.1966. Soil strength – root penetration rlations for medium to coarse – textured soil materials. Soil Sci. 102:18-22.

13-Wischmeier, W. H. 1973. Conservation tillage to control water erosion. Soil Conserv. Soc. Am., Ankeny, IA:133-141.