بررسی اثر عمق و سرعت بر مقاومت کششی سه نوع خاک ورز اولیه(کدمقاله ۲۰۳)

لیلا ندرلو[۱] ، رضا علیمردانی[۲] ، اسداله اکرم[۳] ، پیام جوادی کیا[۴] ، حسن زینالی خانقاه[۵]

چکیده

بررسی اثر عمق شخم و سرعت پیشروی بر مقاومت کششی سه نوع ادوات خاکورزی اولیه با استفاده از یک لودسل کششی در خاک لوم رسی در منطقه کرج انجام شد. ادوات شامل سه گاوآهن برگردان دار، بشقابی و قلمی هر کدام با یک عامل خاک ورز بودند. در این بررسی از طرح کرت های نواری خرد شده استفاده شد. سرعت پیشروی در سه سطح و عمق شخم نیز در سه سطح بود و آزمون ها در سه تکرار انجام شد. برای اندازه گیری سرعت پیشروی واقعی از یک حسگر سرعت از نوع نوری استفاده شد. افزایش معنی داری در کشش همه ادوات با افزایش عمق شخم و سرعت پیشروی مشاهده شد. میانگین مقاومت کششی در تیمارها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شد. نتایج نشان داد که گاوآهن برگرداندار در حداکثر عمق شخم و سرعت پیشروی، بیشترین مقاومت کششی و گاوآهن بشقابی در حداقل عمق شخم و سرعت پیشروی، کمترین مقاومت کششی را داشت. روابط بین مقاومت کششی و سرعت به طور گرافیکی در این مقاله ارائه شده است.

کلیدواژه: مقاومت کششی، سرعت پیشروی، عمق شخم، لودسل کششی، گاوآهن

۱- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
پست الکترونیک: naderlu_78@yahoo.com
۲- استاد گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران
۴- عضو هیأت علمی گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه
۵- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

مقدمه

عوامل زیادی بر مقاومت کششی ادوات تأثیر دارند که شامل نوع خاک و شرایط آن، ویژگی های مربوط بـه تراکتـور و ادوات می باشد. عمق خاک، نوع خاک و رطوبت آن تأثیر بسزایی در مقاومت کششی دارند. خاک های رسی نسبت به لومی یا شنی دارای مقاومت کششی بیشتری هستند. همچنین در دامنه خاصی از درصد رطوبت، خاک دارای کمترین مقدار مقاومت کششی اسـت کـه مقادیر بالاتر و پایین تر از این دامنه دارای مقاومت بیشتری است. عمق برش، عرض برش، شکل ادوات، ترتیب قرار گیری ادوات و سرعت پیشروی عواملی هستند که ممکن است مقاومت کششی را تحت تأثیر قرار دهند. افزایش سـرعت پیـشروی در اکثـر ادوات خاک ورزی مقاومت کششی را افزایش می دهد که این مقدار به نوع و طرح ادوات و شرایط خاک بستگی ارد(۲).

همه داده های کشش در استاندارد های **ASAE**، غالباً بر روی خاکهای آمریکا متکی است. عرض کار ادوات، عمق عملیات و سرعت پیشروی تراکتور از عواملی هستند که بر کشش ادوات خاک ورزی تاثیر می گذارند[۲]و[۵]. کشش همچنین بستگی به شرایط خاک و هندسه ادوات خاک ورزی دارد (آپادیایا و همکاران ۱۹۸۴). اثر سرعت روی کشش ادوات بستگی به نوع خاک و ادوات دارد.

این قضیه به طور گسترده گزارش شده است که عوامل کشش روی ادوات بطور معنی داری با سرعت و روابط متغیری از نوع خطی تا درجه دوم (گریسو[۱] و همکاران ۱۹۹۴) افزایش می یابد. الجنوبی[۲] و همکاران(۱۹۹۸) اندازه گیری کشش را برای عملیات خاک ورزی اولیه بر روی خاک لوم شنی انجام دادند و افزایش معنی داری در کشش برای همه ادوات با افزایش عمق گزارش شد.

تانیگوچی[۳] و همکاران(۱۹۹۹) در کشور ژاپن، اثر سرعت پیشروی و ضمایم مجاز گاوآهن از جمله پیش بر و پیش خیش را بر کشش گاوآهن برگرداندار در خاک های خاکستر آتشفشان انیوا، با استفاده از یک مخزن خاک تحقیق کردند. نتایج نشان داد که کشش با افزایش سرعت پیشروی افزایش یافت. اما میزان تغییرات با سطوح مختلف سرعت متفاوت بود. خرد کردن خاک با افزایش سرعت هنگام استفاده از ضمایم گاوآهن افزایش یافت.

کشش و توان مورد نیاز عوامل مهمی برای اندازه گیری و ارزیابی عمل ادوات خاک ورزی است و بنابراین داده هـای قابـل ملاحظه و ضروری در هنگام تلاش برای هماهنگ کردن صحیح یک ابزار خاک ورزی با تراکتور هستند[۴]. تحقیقات زیادی برای اندازه گیری کشش و توان مورد نیاز ادوات خاک ورزی تحت شرایط خاک های مختلف انجام شده است. تانگ[۴] و همکاران(۲۰۰۶) یک مدل شبیه سازی کامپیوتری برای پیش بینی اثرات زاویه شیب یک گـاوآهن چیـزل و جـرم مخـصوص ظـاهری خـاک بـر نیروهای کشش و توان مالبندی موردنیاز انجام دادند. هدف از این تحقیق اندازه گیری اثر سرعت و عمق بر کشش سه نـوع ادوات استفاده شده در خاک لوم رسی در منطقه کرج بود.

مواد و شیها

قطعه ای به ابعاد ۳۰۰ m × ۳۰ برای انجام آزمایش ها در مزرعه تحقیقاتی پـردیس کـشاورزی و منـابع طبیعـی دانـشگاه تهران در نظر گرفته شد. قطعه مورد نظر به ابعاد ۳×۳۰m تقسیم بندی شد. هر کدام از کرتها طبق نقشه آماده شده مطابق طـرح آزمایشی انتخاب شده علامت گذاری شد. خاک محل آزمایش لوم رسی و محصول قبلی برداشت شده از مزرعه ذرت بود. رطوبـت مورد نیاز جهت انجام آزمایش ها از طریق بارندگی یکنواخت تا عمق ۳۰ **cm** تأمین شد. نمونه های خـاک در طـول آزمـون هـا خاک ورزی برای تعیین محتوای رطوبتی جمع آوری شدند. نمونه ها با استفاده از یک ترازو وزن شدند و وزن هر نمونه ثبـت شـد. سپس نمونه ها در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و محتـوای رطـوبتی بـر پایـه وزن خشک محاسبه شد. مقادیر شاخص مخروطی به وسیله کاربرد نفوذ سنج پشت تراکتوری طراحی و ساخته شـده توسـط علیمردانـی (۱۹۹۷) در عمق ادوات بدست آمد. مخروط استفاده شده مطابق استاندارد **ASAE** با زاویه مخروطی ۳۰درجه و قطـر **mm** ۱۹/۸۳ بود. جدول ۱ طبقه بندی خاک همراه با مقادیر متوسط شاخص مخروطی و محتوای رطوبتی برای آزمایش ها را نشان می دهد.

1- Grisso
2- Al-Janobi
3-Taniguchi
4- Tong

ادوات خاک ورزی: یک مجموعه ادوات خاک ورزی شامل گاوآهن های برگرداندار و بشقابی تک خیش و یک گاوآهن چیزل تک شاخه در این آزمایش برای پیش بینی کشش مورد نیاز در گستره ای از سرعت و عمق ها استفاده شد. این ادوات معرف ادوات خاک ورزی اولیه استاندارد هستند که بسیار معمول برای آماده سازی بستر بذر در ایران استفاده می شوند.

گاوآهن برگرداندار تک خیش مستقیماً به اتصال سه نقطه تراکتور متصل می شد ولی گاوآهن بشقابی و چیزل توسط یک قاب واسطه ای طراحی و ساخته شده توسط عباس زاده (۱۳۸۵) به اتصال سه نقطه تراکتور متصل شدند[3]. مشخصات ادوات در جدول ۲ داده شده است.

جدول ۱- طبقه بندی خاک، شاخص مخروطی و محتوای رطوبتی مزرعه آزمایش

ترکیبات خاک	درصد	طبقه بندی
شن	۲۸	لوم رسی
سیلت	۳۹/۴	
رس	۳۲/۶	
مشخصات خاک	محدوده (Mpa)	متوسط(Mpa)
شاخص مخروطی		
در عمق ۰-۱۵۰ mm	۱/۰۵۶ -۱/۵۸۴	۱/۳۲
در عمق ۱۵۰-۳۰۰ mm	۱/۸۶۴ -۲/۷۹۶	۲/۳۳
رطوبت خاک(٪ وزن خشک)	۱۳/۱ -۱۷/۸	۱۴/۶۹

جدول ۲- مشخصات ادوات استفاده شده

ادوات	خصوصیات
گاوآهن برگرداندار	نوع استاندارد معمولی، تک خیش، عرض کار ۳۶۰ mm
گاوآهن بشقابی	تک بشقابی، قطربشقاب ۶۶۰ mm، زاویه تمایل 22^{o}، زاویه برش 45^{o}
گاوآهن چیزل	تک شاخه، سطح مقطع $50 \times 25\ mm^{2}$ و زاویه حمله 30^{o}

شرح و بسط آزمایشات: برای انجام آزمون ها از یک تراکتور جان دیر ۳۱۴۰ و یک تراکتور میتسوبیشی **MT250D** با توان **۲۰ KW** استفاده شد. سیستم اندازه گیری متشکل از یک دیتالاگر قابل برنامه ریزی مدل **(CR10X)** ساخت شرکت کمپل آمریکا، یک لودسل کششی S شکل به ظرفیت ۲۰ کیلو نیوتن و یک حسگر سرعت از نوع نوری (ساخت شرکت تبریز پژوه) با فاصله عکس العمل ۲۰ میلیمتر می باشد. لودسل توسط زنجیرهایی از یک طرف به مالبند تراکتور جلویی(جاندیر) و از طرف دیگر به جلوی تراکتور حامل ادوات(میتسوبیشی) بسته شد. برای کالیبراسیون لودسل، از دستگاه کشش استفاده شد. این دستگاه که قابلیت انجام آزمایش های مختلف از جمله آزمایش کشش را دارد و ساخت شرکت سوییسی **Amesler**، مدل **Type10z1032** می باشد. حسگر نوری سرعت بر روی چرخ عقب تراکتور حامل ادوات نصب شد. از آنجاییکه تراکتور حامل ادوات لغزش نداشت این حسگر برای اندازه گیری سرعت واقعی بکار رفت. حسگر سرعت قبل از شروع آزمایش ها روی سطح خاک کالیبره شد. بدین ترتیب که زمان لازم برای طی فاصله مشخص اندازه گیری شده و سرعت بدست آمده با داده های حاصل از حسگر مقایسه گردید و درصد خطای حسگر در حدود ۰/۰۵ – ۰/۰۳ درصد بدست آمد. لغزش تراکتور جاندیر در هر آزمون با اندازه گیری زمان صرف شده برای طی مسافتی معین با بار و بدون بار محاسبه شد. محدوده لغزش در تمام آزمایش ها ۱۱-۸ درصد بود. پس از انجام همه آزمونها، بار دیگر توسط هر یک از ادوات در حالیکه اتصال سه نقطه کاملاً در وضعیت بالا قرار داشت، با همان سرعت آزمایش ها تکرار شد تا مقاومت غلتشی تراکتور حامل بدست آید. از اختلاف مقاومت کششی ثبت شده توسط دیتالاگر و مقاومت غلتشی،

مقاومت کششی ادوات بدست آمد. تنظیم برنامه دیتالاگر به طوری شد که عمل اندازه گیری هر ۰/۵ ثانیه یکبار انجام شود و سپس هر ۳ ثانیه از ۶ داده بدست آمده میانگین گرفته و یک داده ثبت شد. داده برداری ها ظرف مدت یک روز انجام شد.

برای بررسی اثر عمق و سرعت بر مقاومت کششی ادوات مختلف از طرح کرت های نواری خرد شده استفاده شد. در این طرح از داده های مربوط به سرعت های مشابه موجود در همه تکرارها و ادوات استفاده گردید. در این طرح گاوآهن به عنوان عامل A در سه سطح گاوآهن برگرداندار، بشقابی و چیزل، عمق به عنوان عامل B در سه سطح ۱۷،۱۳و ۲۳ سانتیمتر برای گاوآهن برگردار، ۷، ۱۷ و ۲۴ سانتیمتر برای گاوآهن بشقابی و ۱۰، ۱۷ و ۲۴ سانتیمتر برای گاوآهن چیزل و سرعت به عنوان عامل C در سه سطح ۰/۶۵۹۴، ۱/۰۹۹ و ۱/۵۳۸۶ متر بر ثانیه بودند. آزمایشها در سه تکرار و در کل با ۸۱ نمونه داده انجام گرفت. یک کرت آزمایشی به ابعاد **۳۰m** ۳۰ برای هر تیمار استفاده شد. از ابتدا و انتهای هر بلوک منطقه ای به طول ۵ متر به عنوان یک سطح تمرین قبل از شروع جریان آزمایش برای کنترل تراکتور و ادوات جهت رسیدن به سرعت و عمق مورد نیاز استفاده شد.

نتایج و بحث

برای بررسی اثر عمق و سرعت بر مقاومت کششی ادوات مختلف از طرح کرتهای نواری خرد شده استفاده شد. جدول ۳ مقادیر متوسط کشش در طول آزمون های خاک ورزی را نشان می دهد. این نتایج یک افزایش معنی داری را در کشش همه ادوات با افزایش در عمق خاک ورزی نشان می دهد. نتایج بررسی اثر عمق و سرعت بر مقاومت کششی ادوات مختلف از طرح کرت های نواری خرد شده نشان داد که با افزایش عمق و سرعت پیشروی در همه ادوات مقاومت کششی افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ آمده است. اثر بلوک(تکرار)، گاوآهن، عمق و سرعت بر مقاومت کششی در سطح ۱٪ معنی دار شد. همچنین اثر متقابل گاوآهن و عمق، اثر متقابل گاوآهن و سرعت و اثر متقابل سرعت و عمق نیز در سطح ۱٪ معنی دار بودند. اثر متقابل گاوآهن،سرعت و عمق نیز در سطح ۱٪ نیز معنی دار شد.

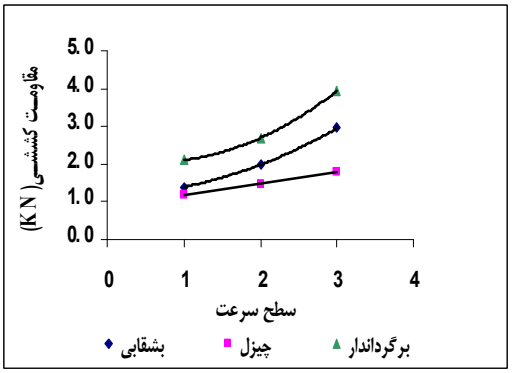
جدول ۳- مقادیر متوسط کشش در طول آزمونهای خاک ورزی

نوع اذوات	سرعت (m/s)	مقومت کششی (KN)								
		عمق اول			عمق وم			عمق وم		
		تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم
برگرداندار	۰/۶۵۹۴	۱/۳۹۴	۱/۵	۱/۴۳۶	۲/۰۱۵	۲/۱۳۳	۲/۲۵۳	۲/۶۲۴	۲/۷۴۹	۲/۸۶۴
	۱/۰۹۹	۱/۹۳۸	۱/۸۷۵	۲/۰۱۵	۲/۶۲۵	۲/۵	۲/۶۱	۳/۶۳۴	۲/۵۵۶	۳/۴۹۴
	۱/۵۳۸۶	۳/۰۷۵	۳/۱۲۵	۳/۱۵	۳/۵۷۱	۳/۴۱۸	۳/۶۳۸	۵/۳۱۵	۴/۷۲۵	۵/۴۱۲
بشقابی	۰/۶۵۹۴	۰/۴۲۳	۰/۳۷۹	۰/۴۸۵	۱/۴۳۸	۱/۳۸۳	۱/۳۱	۲/۳۹۲	۲/۳۳۴	۲/۴۱
	۱/۰۹۹	۰/۶۵۲	۰/۵۶۹	۰/۶۶۵	۱/۹۴۹	۱/۹۱۱	۲/۰۸۲	۳/۲۸۹	۳/۳۴۸	۳/۳۷
	۱/۵۳۸۶	۰/۹۴۴	۰/۹۹۹	۱/۰۳۵	۲/۶۲۹	۲/۷۸	۲/۹۲۲	۵/۰۳۱	۵/۰۷۵	۵/۱۳۴
چیزل	۰/۶۵۹۴	۰/۷۳۸	۰/۹۹۴	۰/۵۷	۱/۰۲۶	۱/۲۰۶	۱/۱۵۵	۱/۴۳۷	۱/۵۲۴	۱/۹۷۲
	۱/۰۹۹	۰/۷۹۵	۰/۶۴۴	۰/۹۰۹	۱/۴۹۹	۱/۶۵۹	۱/۳۳۹	۲/۰۲۱	۲/۱۶۶	۲/۲۶۹
	۱/۵۳۸۶	۱/۱۳۹	۰/۹۱۲	۱/۰۳۲	۱/۷۰۳	۱/۸۴۶	۱/۹۳۷	۲/۴۰۳	۲/۵۳۷	۲/۶۶۵

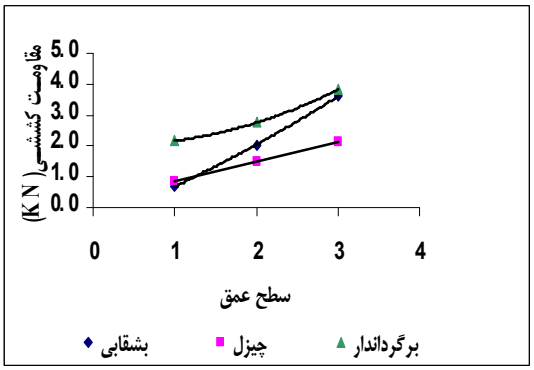
جدول۴- تجزیه واریانس مقاومت کششی سه گاوآهن در سطوح مختلف عمق و سرعت در طرح کرت های نواری خرد شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
بلوک	۲	۰/۰۶۹	**۵/۵۳۲
گاوآهن(A)	۲	۱۳/۸۳۳	**۱۱۰۹/۱۰۲
خطایA	۴	۰/۰۱۳۸۵	۱/۰۸۹
عمق(B)	۲	۲۵/۴۹۵	**۲۰۴۴/۰۸۵
خطایB	۴	۰/۰۱۷۹۹	۱/۴۴۳
گاوآهن×عمق(AB)	۴	۰/۷۴۱	**۱۳۹/۵۵۱
خطای AB	۸	۰/۰۱۷۴۶	۱/۴
سرعت(C)	۲	۱۲/۵۳۳	**۱۰۰۴/۸۵۷
گاوآهن×سرعت(AC)	۴	۰/۹۳۴	**۷۴/۸۹۶
عمق×سرعت(BC)	۴	۰/۷۷۳	**۶۱/۹۴۳
گاوآهن×عمق×سرعت(ABC)	۸	۰/۱۸۹	**۱۵/۱۷
خطای کل	۳۶	۰/۰۱۲۴۷	

** اثر معنی داری بر مقاومت کششی در سطح ۰/۰۱ دارد.

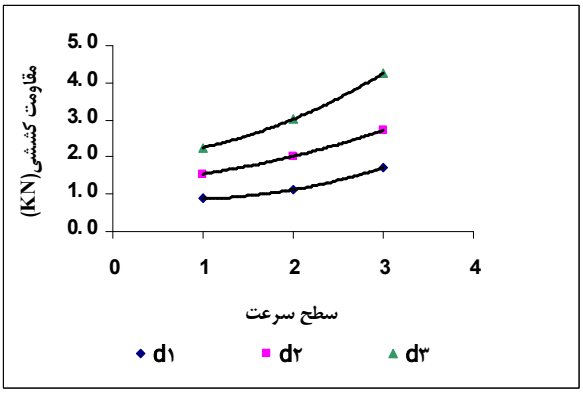


شکل۱- تغییرات مقاومت کششی ادوات در سرعت های مختلف



شکل۲- تغییرات مقاومت کششی ادوات در عمق های مختلف

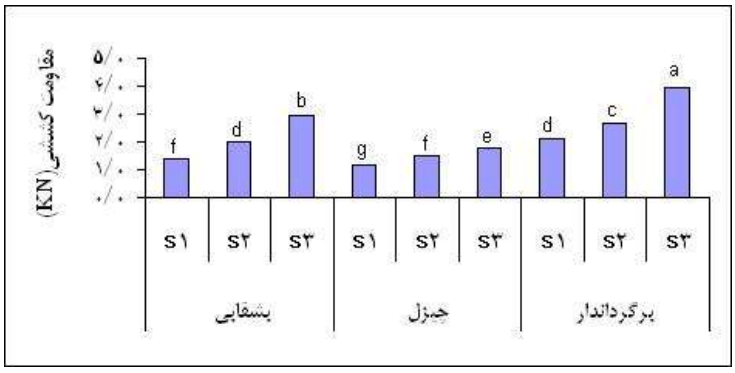
شکل۱ تغییرات میانگین مقاومت کششی ادوات در سرعت های مختلف را نشان می دهد. همانطور که دیده می شود با افزایش سرعت، میانگین مقاومت کششی هر یک از ادوات نیز افزایش یافته است. این امر اغلب به علت شتاب بیشتری است که به هنگام جابجا شدن به ذرات خاک داده می شود. شکل ۲ نیز تغییرات میانگین مقاومت کششی ادوات در عمق های مختلف را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود میانگین مقاومت کششی هر یک از ادوات با افزایش عمق نیز افزایش داشته است. چون با افزایش عمق شخم احتمال برخورد تیغه ها به لایه های فشرده تر خاک افزایش می یابد. میانگین مقاومت کششی گاوآهن بشقابی در عمق اول(۷ سانتیمتر) تقریباً با میانگین مقاومت کششی چیزل برابر است زیرا در عمق کم به علت وزن کم گاوآهن بشقابی و چرخش بشقابها درون خاک تمایل به خروج از خاک را داشت.



شکل ۳- تغییرات میانگین مقاومت کششی هر عمق در سرعت های مختلف

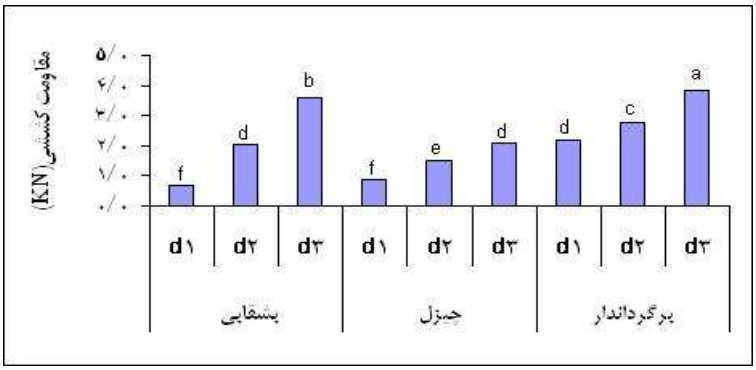
شکل تغییرات میانگین مقاومت کششی هر عمق در سرعت های مختلف را نشان می دهد که در عمق ثابت افزایش سرعت میانگین مقاومت کششی افزایش یافته است. این عکس العمل افزایشی در مقاومت کششی، با افزایش در عمق و سرعت خاک ورزی برای همه ادوات تست شده در مزرعه مطابق نتایج تحقیق انجام شده توسط الجنوبی[1] و همکاران (۱۹۹۸) بود.

مقایسه میانگین مقاومت کششی در تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در شکل ۴ و ۵ نشان می دهد که گاوآهن برگرداندار در حداکثر سرعت و عمق، بیشترین مقاومت کششی و گاوآهن بشقابی در حداقل سرعت و عمق، کمترین مقاومت کششی را داشت. شکل۶ مقایسه میانگین مقاومت کششی ادوات را در سطوح عمق برای سرعت های مختلف نشان می دهد که در حداکثر عمق و سرعت، مقاومت کششی حداکثر و در حداقل عمق و سرعت، مقاومت کششی حداقل وجود داشت.

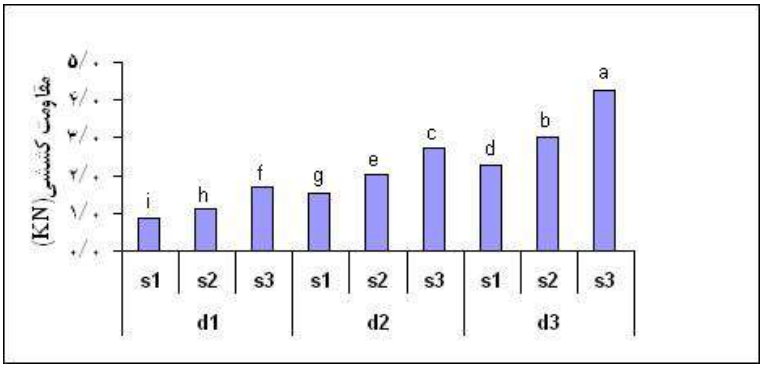


شکل۴- مقایسه میانگین مقاومت کششی ادوات در سرعتهای مختلف

[1]- Al-Janobi



شکل ۵- مقایسه میانگین مقاومت کششی ادوات در عمقهای مختلف



شکل ۶- مقایسه میانگین مقاومت کششی در عمقها و سرعتهای مختلف

گاو آهن برگرداندار کشش مورد نیاز بیشتری از گاو آهن بشقابی برای عمق و گستره سرعت یکسان به واسطه اثر شکل ا و هندسه متفاوت ادوات و اندازه های متفاوت عناصر خاک ورز ادوات نشان داد.

نتیجه گیری

آزمون های مزرعه ای به منظور تعیین اثرات سرعت و عمق روی کشش سه گاوآهن خاک ورزی اولیه استاندارد استفاده شده برای تهیه بستر بذر در خاک لوم رسی انجام شد. آزمون خاک از مزرعه نشان داد که شرایط خاک در یک گسترده کاری خوب برای عملیات خاک ورزی است. یک افزایش معنی داری در کشش برای همه ادوات خاک ورزی با افزایش در سرعت پیشروی و عمق خاک ورزی مشاهده شد. گاو آهن برگرداندار کشش مورد نیاز بیشتری از گاو آهن بشقابی برای عمق و گستره سرعت یکسان به واسطه اثر شکلها وهندسه متفاوت ادوات و اندازه های متفاوت عناصر خاک ورز ادوات نشان داد. مقایسه میانگین مقاومت کششی در تیمارها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که گاوآهن برگرداندار در حداکثر عمق و سرعت، بیشترین مقاومت کششی و گاوآهن بشقابی در حداقل عمق و سرعت، کمترین مقاومت کششی را داشت. مقایسه میانگین مقاومت کششی در عمق ها و سرعت های مختلف بدون در نظر گرفتن نوع ادوات نشان داد که در حداکثر عمق و سرعت، بیشترین مقاومت کششی و در حداقل عمق و سرعت کمترین مقاومت کششی وجود داشت. مقایسه میانگین مقاومت کششی ادوات در سرعت های مختلف بدون در نظر گرفتن عمق نشان داد که گاوآهن برگرداندار در حداکثر سرعت، بیشترین مقاومت کششی و گاوآهن چیزل در حداقل سرعت، کمترین مقاومت کششی را داشت. مقایسه میانگین مقاومت کششی ادوات در عمقهای مختلف بدون در نظر گرفتن سرعت

نشان داد که گاوآهن برگرداندار در حداکثر عمق بیشترین مقاومت کششی و گاوآهن چیزل و بشقابی در حداقل عمق کمترین مقاومت کششی را داشتند.

پیشنهادات

۱- کالیبراسیون لودسل در فواصل زمانی مشخص، با توجه به میزان استفاده از آن تکرارشود.

۲- برای تعین معادله مقاومت ویژه ادوات در بافتهای مختلف خاک و در رطوبتهای مختلف نیز آزمونهای مربوطه انجام شود.

۳- یک قاب چند منظوره با انعطاف پذیری بیشتر برای اتصال انواع بیشتری از گاوآهن ها، طراحی و ساخته شود.

منابع:

۱- افکاری سیاح، ا. ح. ۱۳۷۶. مدل کامپیوتری پیش بینی نیروی کششی گاوآهن های برگرداندار، بشقابی و چیزل. مجله علمی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، جلد ۷، شماره ۱و۲، صفحه ۱۰۹-۹۵.

۲- شفیعی، س. ا. ۱۳۷۱. اصول ماشینهای کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول.

۳- عباس زاده، ر. ۱۳۸۵. آزمون و ارزیابی دینامومتر اتصال سه نقطه. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۴- علیمردانی، ر. ۱۳۸۱. سیستم های تراکتور و ادوات خاک ورزی. ترجمه. نشر علوم کشاورزی.

۵- کیهانی، ع و طباطبایی فر، س. ا. ۱۳۸۵. مکانیک عملکرد تراکتور و ادوات خاک ورزی. ترجمه. انتشارات دانشگاه تهران.

6- Alimardani, R.1997.Design and constraction of tractor mounted penetrometer. The Joint international conference on Agricultural Enginearing technology. Dhaka, Bangladesh.

7- Al-Janobi, A.A., S.A. Al-Suhaibani. 1998. Draft of primary tillage implements in sandy loam soil. Transaction of ASAE.Vol.14(4):343-348

8- Al-Suhaibani, S., A. Al-Janobi.1997. Draught requirements of tillage implements operating on sandy loam soil. Jurnal of Agricultural Enginearing Researches 66:177-182.

9- SAE Standards, D 497.5 FEB2006, Agricultural machinery management data.

10- Grisso, R.D., J.V.Perumpral and F.M. Zoz.2007. Spreedsheet for matching tractors and drawn implements. ASAE Transactions. Vol.23(3):259-265.

11- Grisso,R. D., M. Yasin and M. F. Kocher.1994. Tillage implement forces operating in silty clay loam.ASAE paper No.94-1532.St.Joseph,Mich.,ASAE.

12- Taniguchi ,T., J.T. Makanga , K. Kishimoto.1999. Draft and manipulation by a moldboard plow under different forward speed and body attachments , Transaction of ASAE. Vol.42(6):1577- 1521.

13- Tong, J.,B. Z. Moayad.2006.Effect of rack angle of chisel cutting on soil cutting factors and power requirement: A computer simulation.Soil and Tillage Research 88: 55-64.

14- Upadhyaya,S. K., T. H. Williams, L. J. Kemble and N. E. Collins. 1984. Energy requirement for chiseling in coastal plain soils. Transactions of ASAE 27(6): 1643-1649.

Effect of Depth and Speed on Draft of Three Primary Tillage Implements

L. Naderloo, R. Alimadani, A. Akram, P. Javadikia and H. Zeinali khanghah

Abstract:
The investigation of tillage depth and forward speed effects on draft of three major primary tillage implements were conducted by using a traction loadcell on clay loam soil. Implements included a moldboard plow, a disk plow and a chisel plow each of them with one tillage unit. The strip split plot used in this study. Each of forward Speed and tillage depth was in three level and tests were conducted in three replication. Significant increase in draft was observed for all the implements with an increase in depth. Comparing of average draft in treatments with Duncan's multiple range test shown that the moldboard plow in high speed and depth had highest draft and disk plow at low speed and depth had lowest draft. The relationships between draft and speed are presented graphically.
Keywords: Depth, Forward speed, Tillage depth, Traction loadcell, Plow.