محاسبه و آزمون نیرو،توان و گشتاور لازم برای برش ضربه ای خاک توسط تیلر دوار

آذر خدابخشی کولایی[۱]، ، داود کلانتری [۲]،سید رضا موسوی سیدی[۳]

۱– دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲و۳– عضو هیئت علمی رشته مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده:

در این کار تحقیقاتی، آزمایشاتی بر روی دو نوع تیغه تیلر دوار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شده است. بافت خاک لومی با رطوبت ۵درصد بود. این آزمایشات با دو نوع تیغه L و C انجام شدند. تیغه ها از ارتفاعات مختلف رها شدند. ارتفاعات پرتاب تیغه و فاصله افقی تیغه تا تکیه گاه به دقت یادداشت گردید، سپس با در دست داشتن مقادیر اندازه گیری شده و با استفاده از روش ریاضی، سرعت برخورد تیغه به خاک محاسبه و از طریق آن نیرو، توان و گشتاور لازم برای برش ضربه ای خاک تعیین گردید. این آزمایش می تواند به ارائه یک مدل برای اندازه گیری توان و گشتاور مورد نیاز تیلر دوار برای برش ضربه ای خاک منجر شود. همان گونه که محاسبات نشان می دهند، با افزایش جرم موثر و فاصله افقی تیغه تا تکیه گاه (شعاع روتور) ، نیرو، گشتاور و توان افزایش می یابند، در حالی که با افزایش طول بازوی حامل تیغه (طول تیغه متصل به فلانج) نیرو و توان کاهش می یابند. در آزمایشات و محاسبات انجام شده ملاحظه گردید که سه مقادیر نیرو، گشتاور و توان در تیغه L شکل بیشتر از تیغه C شکل بود.

کلمات کلیدی: توان،جرم موثر،سرعت تیغه، گشتاور، نیرو

مقدمه:

تیلر دوار به عنوان ابزار خاک ورز فعال که توسط شفت PTO رانده می شوند، توصیف می گردد. سرعت برش خاک همواره بالاتر از سرعت پیش روی وسیله است. توان کل موردنیاز برای تیلرهای دوار، حتی آنهایی که نیاز به کشش کم یا منفی دارند، بالا می باشد. شرایط خاکی که با استفاده از تیلر دوار به وجود می آید مشابه شرایطی است که توسط گاوآهن و دیسک به وجود می آید. روتور یک نیروی رو به جلو به دستگاه اعمال می کند که منجر به کشش منفی و انرژی مخصوص منفی موردنیاز برای کشش می شود. درحالی که سایر ادوات خاکورزی که نیروی مورد نیاز برای حرکت وسیله از زمین تامین می شود، دارای کشش مثبت هستند

(yatsuk et al,1981; Srivastava et al, 2006) انرژی و توان مورد نیاز، یکی از مسائل پراهمیت در مدیریت ماشین های کشاورزی و سیستم های تولید محصول است. بهره برداری حداکثر از انرژی موجود یکی از اهداف اصلی در سیستم های کشاورزی نوین است. طراحی بهینه ماشین های کشاورزی باید متناسب با توان تراکتور موجود، در راستای رسیدن به این هدف در نظر گرفته شود(Matyashin, yu,1968). این امر به افزایش بازده موثر مزرعه ای ، صرفه جویی در زمان عملیات مزرعه ای و افزایش استفاده از توان تراکتور منجر می شود. اندازه گیری مجموع توان موردنیاز در غالب انرژی ویژه موردنیاز در واحد حجم خاک شخم خورده، بیان شده است. بهینه سازی انرژی ویژه موردنیاز ادوات، یکی از معیارهای بازده عملکرد در آماده سازی زمین به شمار می رود. در راستای صرفه جویی در مصرف توان و افزایش ذخیره انرژی در ماشین های کشاورزی در حین کار بر روی خاک، محققین بی شماری تحقیقات خود را انجام دادند و بر روی تأثیر جهت گردش ادوات دوار در صرفه جویی انرژی ممارست کردند. در تلاش برای تعیین انرژی موردنیاز ادوات خاکورزی، شماری از مدل ها توسعه یافتند که پارامتر های ورودی و خروجی را به هم مرتبط می ساختند. این مدل ها نیروهای وارد بر ابزار خاک ورز را در رابطه با هندسه ابزار، خصوصیات فیزیکی خاک و ماهیت توزیع خاک بر روی ابزار را پیش بینی می کردند.

لیسونوف یک معادله عمومی برای قدرت موردنیاز یک تیلر دوار ارائه کرد: $N = N_c + N_t \pm N_p +$ $N_T + N_r$ که در آن N_c= قدرت موردنیاز جهت برش خاک، N_t = قدرت مورد نیاز برای پرت کردن لایه بریده شده خاک، N_p= قدرت موردنیاز به صورت کششی یا فشاری جهت حرکت دادن تیلر دوار، N_T= قدرت هدر رفته در سیستم انتقال نیرو، N_r= قدرت لازم جهت چرخاندن تیلر دوار در حالت بدون بار بود. *گوش* در سال ۱۹۶۷ در گزارشی به بررسی میزان گشتاور مصرفی تیلرهای دوار پرداخت، وی جهت دستیابی به معادله ای که به وسیله آن بتوان گشتاور موردنیاز دستگاه را به صورت تابعی از سرعت زاویه ای محور دوار، عمق کار و سرعت پیش روی تراکتور به دست آورد، از روش آنالیز ابعادی کمک گرفت. تابع اولیه آن به صورت رابطه زیرمی باشد:

$$T = K\ (\omega^a)(D^b)(V^c)$$

نهایتا معادله دیگری به این شکل تعریف کرد: $T = \left(150 \text{ تا } 120\right) + \left(7500 \text{ تا } 8900\right)\frac{DV}{\omega}$

:

با توجه به این رابطه می توان نتیجه گرفت که افزایش طول برش و یا شتاب واحد حجم بریده شده منجر به بالا رفتن انرژی ویژه مورد نیاز می گردد. در سال ۱۹۹۳ گاپتا و ویسواناتان (Gupta and Visvanathan, 1993)، به ارائه مدل ریاضی جهت پیش بینی قدرت مصرفی تیلر های دوار در خاک های اشباع شده پرداختند. در مدل فوق فرض بر این بود که انرژی موردنیاز توسط تیلرهای دوار به چهار بخش مختلف تقسیم می شود؛ انرژی موردنیاز جهت برش خاک، انرژی مورد نیاز به منظور پرتاب قطعه خاک بریده

شده، انرژی لازم جهت غلبه بر نیروی اصطکاک تیغه و خاک و انرژی لازم جهت غلبه بر نیروی اصطکاک حرکت لایه های خاک بر روی یکدیگر. به دلیل پیچیدگی و گستردگی روابط از ذکر آن ها خودداری می شود و فقط به این موضوع بسنده می شود که طی آزمایش های انجام شده، مدل ریاضی فوق از قابلیت بالایی در پیش بینی انرژی موردنیاز نسبت به مقادیر واقعی اندازه گیری شده دارا بوده است.

لذا در تحقیق حاضر به بررسی مورد اول، یعنی انرژی لازم برای برش خاک که شامل اندازه گیری نیرو، توان و گشتاور می باشد، با استفاده از روش ریاضی و تجربی پرداخته شده است.

مواد و روش ها:

برای انجام این طرح از یک وسیله کوچک استفاده شده است که شامل دو تخته چوب ام دی اف به عنوان تکیه گاه و چوب سومی در وسط به شکل لولایی (توسط بلبرینگ) است. به انتهای چوب میانی هر بار دو نمونه تیغه C شکل و L شکل متصل شده است. مشخصات و شکل آن در زیر قابل مشاهده است.

طول چوب ها:۰.۷متر ،وزن چوب:۰.۸ کیلوگرم،وزن تیغه L شکل:۱ کیلوگرم و وزن تیغه C شکل:۰.۸۴ کیلوگرم

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شده است. بافت خاک به صورت لومی گزارش شده است.

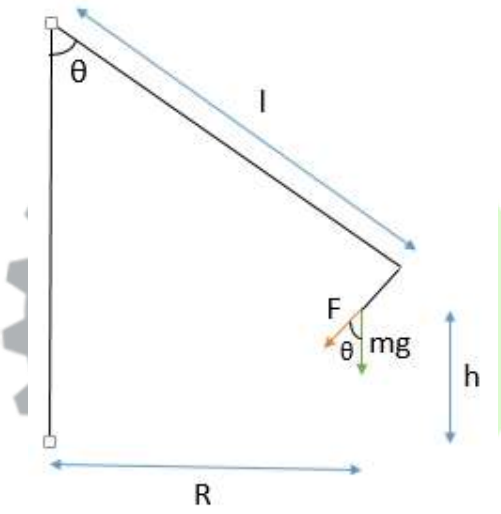
شکل۱.نمایی از وسیله مورد آزمایش

تعیین نیروی لازم برای برش خاک:

انرژی پتانسیل فقط به جرم تیغه و ارتفاع بستگی دارد، با تساوی قرار دادن انرژی های جنبشی و پتانسیل، می توان سرعت برخورد تیغه را با زمین محاسبه کرد.

$$V = C = \sqrt{2gh} \qquad (۱)$$

با توجه به شکل زیر نیروی لازم برای برش خاک به دست می آید. تیغه یک حرکت آونگی را در طول مسیر خود می پیماید که از فرمول زیر محاسبه می شود:



شکل ۲.نیرو در لحظه برخورد تیغه با خاک

$$F = mg \sin\theta \qquad (۲)$$

با توجه به شکل(۲):

$$\sin\theta = \frac{R}{l} \qquad (۳)$$

با جایگذاری معادله (۳) در معادله (۲) می توان نیرو را به فرم زیر نوشت:

$$F = \frac{mgR}{l} \qquad (۴)$$

که در آن m جرم موثر تیغه و بازو بر حسب کیلوگرم و R فاصله افقی نوک تیغه تا تکیه گاه بر حسب متر و l طول بازو برحسب متر است.

تعیین گشتاور لازم برای برش خاک:

حال برای تعیین گشتاور می توان نوشت:

$$T = F.l \qquad (۴)$$

با قرار دادن معادله (۳) در (۴) گشتاور به شکل زیر تعیین خواهد شد:

$$T = mgR \qquad (۵)$$

تعیین توان لازم برای برش خاک:

$$P = F.V \qquad (۶)$$

با جایگذاری معادلات (۱) و (۳) در معادله (۶) معادله به فرم زیر در می آید:

$$P = \frac{mgR}{l}.\sqrt{2gh} = \sqrt{2}\,\frac{mR}{l}(h^{\frac{1}{2}})(g)^{3/2} \qquad (۷)$$

در کلیه محاسبات جرم موثر را از طریق فرمول زیر به دست آورده شده و در معادلات قرار گرفته است:

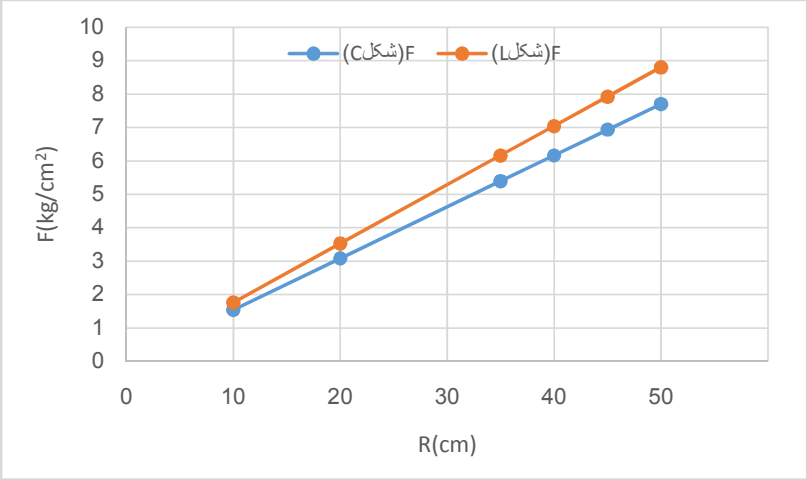
$$M = M_{\text{تیغه}} + \frac{1}{3}M_{\text{چوب}} \qquad (۸)$$

جرم چوب=۰.۸کیلوگرم، جرم تیغه C شکل:۰.۸۴کیلوگرم و جرم تیغه L شکل:۱کیلوگرم

$M_2=1+1/3(0.8)=1.26kg$ (برای تیغه L) و $M_1=0.84+1/3(0.8)=1.1\ kg$ (برای تیغه C)

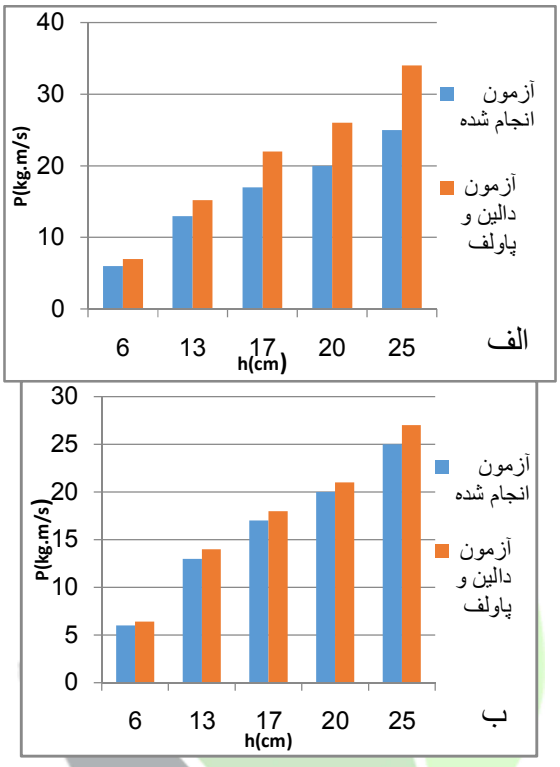
نتایج و بحث:

با توجه به معادلات (۳) و (۵) و (۷) نیرو، گشتاور و توان رابطه ای مستقیم با جرم موثر داشته است. لذا هر چقدر جرم تیغه بیشتر باشد، نیرو، گشتاور و توان بالاتری برای برش خاک نیاز است. همچنین هر چقدر ارتفاع پرتاب تیغه بیشتر باشد، مقادیر بالاتری از توان موردنیاز است. در تیلر دوار در حال کار h عمق کاری دستگاه است که هر چه قدر بیشتر باشد، قدرت و توان بیشتری برای بریدن خاک نیاز است. نیرو، توان و گشتاور رابطه ای مستقیم با R (شعاع روتور) دارند.لذا همان گونه که در شکل (۳) نشان داده شده با افزایش شعاع روتور، میزان نیرو افزایش یافته و نمودار نیرو در تیغه L شکل بالاتر از تیغه C شکل است که همان گونه که پیش تر بیان شد، به دلیل جرم بیشتر آن است. در حالت کلی انرژی کمتری برای برش خاک با تیغه های C شکل مورد نیاز است که دلیل آن کاهش انرژی فشاری در راستای پیش روی تراکتور هنگام استفاده از تیغه های C شکل است. l در این آزمایش طول بازوی حامل تیغه ها (طول تیغه متصل به فلانج) بود که هر چه بلندتر باشد، نیرو و توان کمتری نیز برای برش خاک نیاز است.



شکل ۳:تاثیر شعاع روتور بر نیروی برش

نمودار توان بر حسب ارتفاع در شکل (۴) نشان داده شده است.در این شکل نمودار حاصل از این آزمایش با نمودار توان دالین و پاولف(۱۹۵۰) مقایسه شده است.در هر دو نمودار، با افزایش عمق کار، توان افزایش می یابد. همچنین توان در تیغه L شکل بالاتر از تیغه C شکل می باشد.



شکل۴:مقایسه نمودار های توان آزمایش و دالین و پاولف

الف)تیغه L شکل ب) تیغه C شکل

نتیجه گیری:

هر سه مقادیر اندازه گیری شده نیرو، گشتاور و توان در برش ضربه ای خاک با R (شعاع روتور) و جرم موثر آن نسبت مستقیم دارند. این آزمایش با دو نوع تیغه L و C شکل انجام شد.کلیه مقادیر برای تیغه C شکل کمتر از L شکل گزارش شد. نمودار توان حاصل از این آزمایش با نمودار دالین و پاولف مقایسه شد و تطابق نسبتا خوبی بین دو نمودار ملاحظه گردید.

منابع:

1. Lisunov, E.A, 1968. Expenditures of energy for rotary tilling soil. Mech. I Electrif. Sots. Sel’khoz. 10:36-37

2. Matyashin, Yu, 1968. Means of decreasing energy requirements of rotary tillers. Vestink Sel'khozyaisvennoi Nauki No. 9, 131-133.
3. Ghosh, B.N, 1967. The power requirement of a rotary cultivator. J. Ag. Eng. Res. 12(1): 5-12.
4. Gupta, C.P and R.Visvanathan, 1993. Power requirement of rotary tiller in saturated soil. Transactions of the ASAE. 36(4): 1009-1012.
5. Srivastava, A, C.E, Geonng, R.P, Rohrbach, 2006. Engineering Principals of Agricaltural Machines. 2nd ed, Michigan st, Josef Press.
6. Yatsuk, E.P, I.M, Ponov, D.N, Efimov, et al, 1981. Rotary soil working machines (Construction, calculation and design), 1st ed, New Delhi, Amerined press.

The experiment and calculation of force, power and torque requirement

For soil impact cut of rotary tiller

Azar Khodabakhshi[1], Davood Kalantari[2] ,Seyed Reza Mousavi[3]

1-MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Sari University of Agricultural Scien and Natural Resources
2,3- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Sari University of Agricultural Science and Natural Resources
Email:azar_khodabakhshi@yahoo.com

Abstract

In this research work, the experiments were done on two kinds of rotary tiller blades in research field of Sari University of Agricultural science and Natura resources. Soil texture was loam and its moisture of content was 5percent. Experiments were done with two kinds of C shape and L shape blades. The blades were dropped at different heights and the values of heights and the horizontal distance of blade from the support were recorded precisely. With having these values and with using of mathematics calculations, the speed of blade collision to soil, the force, the power and the torque requirement for soil impacting cut were determined. This experiment can propose a good model for measuring force, power and torque requirement of rotary tiller. As it shown in calculations, with increasing the effective mass and the horizontal distance of blade axis from support (rotor radius) , force, power and torque are increasing; while with increasing the length of flange attaching to blade, force and power values are decreasing. The experiments and calculations show that the values of force, power and torque for L shape blade were higher than C shape blade.

Key words: power, effective mass, blade speed, force, torque