بررسی رابطهٔ بین مقاومت غلتشی و نشست خاک در انبارهٔ خاک توسط آزمونگر تک چرخ

ایلیاد الهی حصار۱، محمدعلی حداد درفشی ۲،عارف مردانی۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسیمکانیک ماشینهای کشاورزی،دانشگاه آزاداسلامی واحدبناب Iliyad_elahih@yahoo.com
۲- استادیارگروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی،دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب و دانشگاه ارومیه
۳- استادیارگروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی،دانشگاه ارومیه

چکیده

چرخ یکی از اجزاء مهم ماشین است که برقرار کنندهٔ ارتباط بین ماشین و زمین می باشد. بیشتر نیروهای وارده بر ماشین از طریق چرخ ها اعمال می شوند. این نشان دهندهٔ اهمیت مطالعهٔ نیروهای وارده بین چرخ با زمین می باشد. یکی از این نیروهای مهم، مقاومت غلتشی است. در حرکت چرخ های تراکتور بر روی خاک، مقاومت غلتشی باعث افت بخشی از نیروی کششی می شود. از عوامل مهم تشکیل فشردگی خاک که به عنوان پارامتری منفی به حساب می آید بار وارده به چرخ ها می باشد. یکی از پارامترهای اندازه گیری فشردگی خاک مقدار نشست ایجاد شده در آن بر اثر عبور چرخ است. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر مقاومت غلتشی روی نشست خاک است. انجام آزمون های مورد نظر این تحقیق مستلزم در اختیار داشتن یک انبارهٔ خاک و آزمونگر تک چرخ می باشد که برای این منظور از یک انبارهٔ خاک استفاده شد. پارامترهای ورودی آزمون ها سه سطح از سرعت پیشروی ۰/۸، ۱ و ۱/۲ متر بر ثانیه، بار عمودی روی چرخ ۲، ۳ و ۴ کیلونیوتن، سه سطح از لغزش ۸ ، ۱۲ و ۱۵ درصد تعیین شدند.در هر کدام از آزمایش ها نشست خاک برحسب میلیمتر اندازه گیری و مقاومت غلتشی چرخ نیز محاسبه گشت.نتایج به دست آمده از این آزمایشات، نشان داد که با افـزایش لغـزش و بـار عمـودی مقادیر نشست و مقاومت غلتشی خـاک افزایش می یابند. همچنین مشخص شد که سرعت بر مقاومت غلتشی تاثیر چندانی ندارد، گرچه افزایش سرعت باعث کاهش نشست خاک گردید.

کلمات کلیدی: آزمونگر تک چرخ–انبارهٔ خاک–مقاومت غلتشی–نشست خاک

مقدمه

در طول قرن گذشته از ماشین به منظور تولید در کشاورزی استفادههای فراوانی شده و این امرموجب افـزایش عملکرد محصولات کشاورزی شده است. ازآنجایی که خاک به عنوان محیطی برای تغذیه و رشد گیاه می باشد،همواره باید خواص آن مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان در شرایط بهینه محصولات کشاورزی را پرورش داد.اثرات ماشین بر روی خاک کشاورزی کـه بیشتر به خاطر تـردد ماشین صورت می گیـرد نیـز همواره باید مد نظر قرار بگیرد. عملیـات زراعی مانند شخم اثـرات مفید وگاهاً هم اثـرات منفی روی سـاختمان خـاک بـاقی می گذارد.از بین رفتن علف های هرز و کنترل آن ها و برگرداندن بقایای گیاهی به تودهٔ خاک و تشکیل خاکدانه ها از اثرات مثبت شخم است.از طرفی دیگر ممکن است خاکدانه های موجود در خاک توسط فشار چرخ های تراکتور و ماشین آلات سنگین از بین برود و اثرات منفی روی ساختمان خاک باقی بگذارد. بسیاری دیگر از این تأثیرات نا مطلوب همواره وجود داشته و این نشانگر اهمیت بررسی روابط بین ماشین و خاک و یافتن راهی برای بهبود این اثرات نامطلوب می باشد.

ادغام و ترکیب متوالی ادوات کشاورزی در حال گسترش بوده و ابزارهای بزرگتری به منظور عملیات زراعی شامل خاکورزی، کاشت و داشت، برداشت و حمل ونقل به کار می روند. در نتیجه فرصت برای متناسب نمودن عملیات زراعی با شرایط خاک مطلوب به واسطهٔ عبور و مرور ادوات سنگین کشاورزی، در حال کاهش است. مقاومت غلتشی چـرخ های ادوات کشاورزی مانند تراکتور یکی از عوامل تلف کننده نیروی کششی می باشد. همچنین اهمیت نشست خـاک در نتیجهٔ تردد ماشین های کشـاورزی که منجـر به فشـردگـی خـاک می شود، تشخیص و از بین بردن عوامل آن روز به روز در حال افزایش است. سابقهٔ فعالیت به منظور رسیدن به این هدف به سال ها پیش بر می گردد. محققان مختلفی در سال های گذشته در زمینهٔ بهبود روابط بین ماشین و خاک که در رابطه با مقاومت غلتشی چرخ و نشست خاک می باشند مطالعاتی انجام داده اند.

استافورد و ماتوسدر سال ۱۹۸۱ فشردگی ایجاد شده در خاک توسط تایرهای بادی، در محیط شبیه سازی شدهٔ آزمایشـگاهی یعنـی انبارهٔ خاک را با اندازه گیری چگالی حجمی در قسمت های مختلف خاک مورد بررسی قرار دادند. آن ها رطوبت خاک را نیز مد نظر قرار دادند و مشاهده کردند که با کاهش سرعت پیشروی و در زمینی که به نسبت رطوبت بالایی دارد نشست خاک بیشتر بوده و به مراتب فشردگی نیز افزایش می یابد. این پدیده مربوط می شود به تنش برشی که در نتیجهٔ لغزش چرخ ایجاد می شود، تـأثیری که در سـرعت های بـالا کمتر است. همچنین تـأثیر سـرعت پـیشروی در قسمت هایی از خاک که چگالی حجمـی پـایین تـری دارد بزرگتر است (Stafford and Mattos, 1981).چارمن در سـال ۱۹۹۴ تأثیرات سرعت پیشروی تراکتـور و بـار روی تـایر را بـر روی فشردگی خاک در محیط انبارهٔ خاک مورد بـررسی قرار داد. تحقیقات او برای اندازه گیری فشردگی زیر تایرهای عقـب تراکتـور دو چرخ محرک که بدون هیچ گونه نیروی کشش مالبندی می باشد صورت گرفت. نتایج نشان داد که افزایش بار روی تایر در سرعت

پیشروی مشخص، باعث افزایش شاخص مخروط، چگالی حجمی و نشست خاک می شود. همچنین نتایج نشان داد کـه تـأثیر بـار روی مقادیر فوق به مراتب بیشتر از تأثیر سرعت پیشروی می باشد(Çarman, 1994). زوز و گریسودر سال ۲۰۰۳ بـه بررسـی اثـر سرعت پیشروی تراکتور بر مقاومت غلتشی چرخ ها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تأثیر سرعت پیشروی تراکتور بـر مقاومـت غلتشی چرخ ها در سرعت های معمول در مزرعه کم مـی باشـد(Zoz and Grisso, 2003).کاترمـارش در سـال ۲۰۰۷ در واحـد مهندسی ارتش امریکا طی پژوهشی بر روی خاک شنی خشک به بررسی اثر سرعت پیشروی چرخ بـر مقاومـت غلتشـی پرداختـه است. سرعت های پیشروی مد نظر او بین ۱/۲ و ۴/۶ متر بر ثانیه متغیر بود و آزمایشات را در سه سطح از بـار عمـودی انجـام داد. آزمونگر تک چرخ مورد استفاده توسط این محقق، از قابلیت تامین سرعت های بالا برخوردار بوده است. نتایج آزمـایش هـای وی، حاکی از تأیید تأثیر سرعت پیروی بر مقاومت غلتشی چرخ مخصوصاً در سرعت های بالا بوده است.(Coutermarsh, 2007)

طبق تحقیقات کورجنلوما و همکاراندر سال ۲۰۰۹، در حرکت تایر روی یک سطح سخت، به دلیل انعطاف تایر بر مقاومت غلتشی غلبه می‌شود. ولی تحت شرایط غیرجاده‌ای(زمین کشاورزی)، مقاومت غلتشی به دلیل تراکم عمودی خاک و جابجایی افقی خاک بـزرگترین بخش از نیـروی مقاومت حرکت را شامل میشود که این امر باعث افزایش نشست خاک می شود (Kurjenlouma et al., 2009).

با مطالعه و بررسی تحقیقات گذشته می توان به اهمیت موضوع رابطهٔ بین مقاومت غلتشی و نشست خاک پی برد. این دو به عنوان پارامترهای منفی همواره باعث هدر رفت انرژی، افزایش مصرف سوخت و همچنین تخریب ساختمان خاک می شوند. با مطالعهٔ تحقیقات گذشته می توان پی برد که در این زمینه تحقیقات کمی صورت گرفته و این جنبهٔ جدید بودن تحقیق حاضر و نوآوری آن را نشان می دهد. این مطالعه به منظور رسیدن به درک صحیحی از این دو پارامتر و چگونگی کاهش دادن آن ها با تنظیم پارامترهای ورودی به هنگام عملیات کشاورزی می باشد.

مواد و روش ها

انجام آزمون های مربوط به مطالعهٔ روابط چـرخ و خـاک در شـرایط کنترل شده در قالب آزمونگـرهای تک چـرخی مطـرح می شود که در محیط انباره های خاک صورت می گیرند. کلیهٔ آزمایش های مربوط به بررسی رابطهٔ بین مقاومت غلتشی و نشست خاک، با استفاده از یک آزمونگر تک چرخ موجود در انبارهٔ خاک صورت گرفت. انبارهٔ خاک مورد استفاده در این تحقیق، در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه، گروه مکانیک ماشین های کشاورزی قرار دارد. این انبارهٔ خاک دارای ۲۴ متر طول، ۲ متر عرض و ۱ متر ارتفاع می باشد. موتور محرک حامل مجموعه دارای توان۲۲ کیلووات می باشد که با استفاده از اینورتور مربوط به آن و وارد کردن فرکانس های مشخص می توان سرعت های خطی مختلفی را در حامل ایجاد کرد. آزمونگر تک چرخ دارای ۴ بازوی افقی می باشد که باعث اتصال چرخ به حامل شده اند. بر روی هر یک از این بازوها نیروسنج هایی با ظرفیت ۲۰۰ کیلوگرم وصل شده است.

علاوه بر چهار بازوی افقی، یک بازوی عمودی نیز در قسمت بالای چرخ وجود دارد که به منظور اعمال بار عمودی بر روی چرخ می باشد. نیروسنج قرار گرفته روی این بازو نیز دارای ظرفیت ۲۰۰۰ کیلوگرم می باشد. مقادیر نیروهای اندازه گیری شده توسط این نیروسنج ها در نمایشگرهای دیجیتالی مربوطه نشان داده می شود. داده های نشان داده شده در این نمایشگرها از طریق سامانهٔ دیتالاگر به لپ تاپ انتقال داده شده و در آنجا ثبت می گردند. برای اعمال لغزش از یک موتور الکتریکی با توان ۵ کیلووات که بر روی آزمونگر تک چرخ نصب شده است استفاده می گردد. تصویر آزمونگر تک چرخ و حامل به همراه منضمات آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

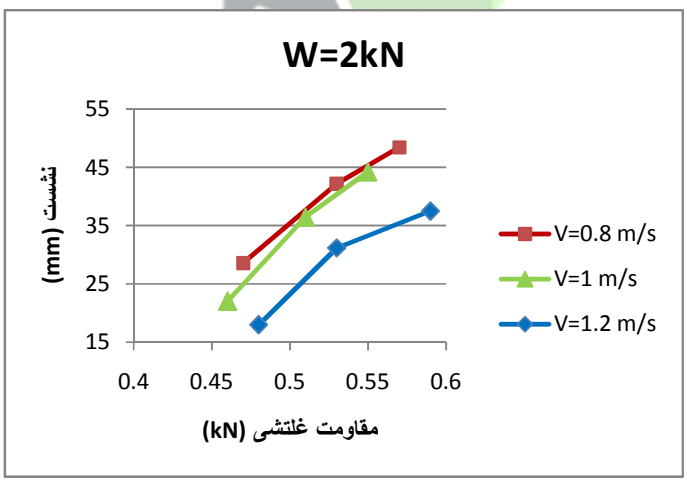
شکل۱– نمایی از حامل به همراه منضمات آن

پارامترهای ورودی آزمایشات بار روی چرخ، لغزش و سرعت پیشروی هر کدام در سه سطح و با سه تکرار در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی مد نظر قرار گرفتند. در این طرح بارهای استاتیکی ۲، ۳ و ۴ کیلونیوتن به عنوان بار عمودی وارد بر چرخ اعمال شدند. مقادیر سرعت پیشروی نیز ۰/۸، ۱ و ۱/۲ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. لغزش اعمالی نیز در سطوح ۸ درصد، ۱۲ درصد و ۱۵ درصد انتخاب شد. با ترکیبی از این مقادیر و با سه تکرار کلاً ۸۱ تیمار برای انجام آزمایش در اختیار بود. بعد از انجام هر آزمایش با عبورچرخ، و اندازه گیری مقاومت غلتشی، با استفاده از صفحهٔ پلکسی گلاس مشبک و کولیس دیجیتال نشست خاک اندازه گیری شد. این صفحه بر روی مسیر رد تایر قرار می گرفت و با استفاده از کولیس دیجیتال بیشترین عمق نشست خاک با میانگین گیری از سه نقطه اندازه گیری می شد. شکل ۲ صفحهٔ پلکسی گلاس و کولیس دیجیتال مورد استفاده را نشان می دهد.

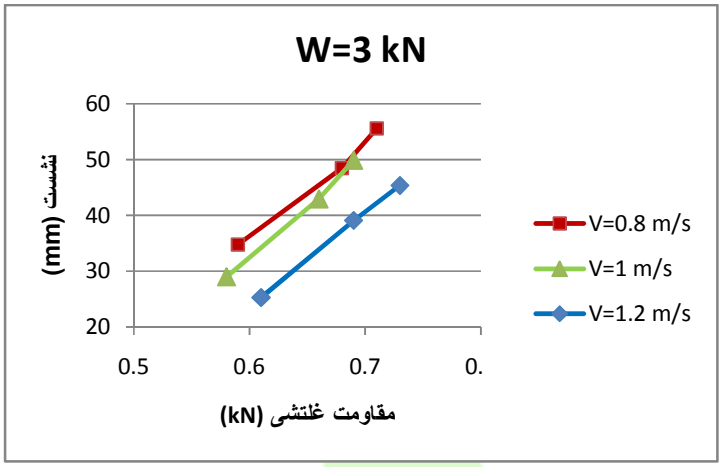
شکل ۲– صفحهٔ پلکسی گلاس و کولیس دیجیتال

نتایج و بحث

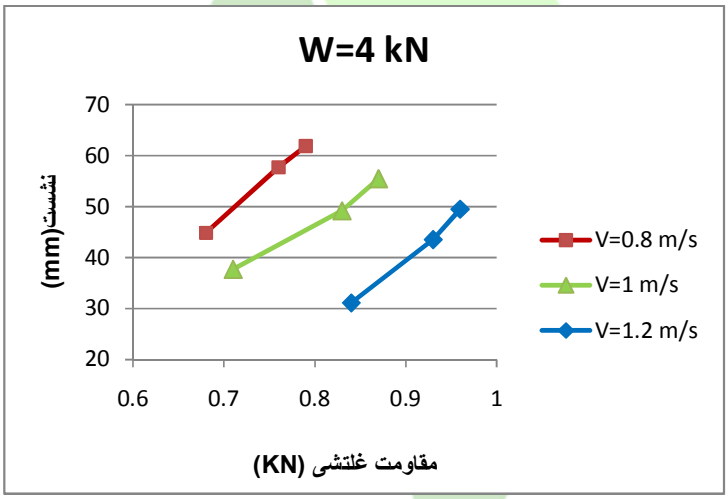
تحلیل نهایی در تحقیق فوق بررسی تاثیر مقاومت غلتشی بر روی نشست خاک می باشد. این دو به عنوان پارامترهای خروجی آزمایش ها می باشند. داده های خام به دست آمده از آزمایشات در نرم افزار اکسل مرتب شده و نمودارهای مربوطه رسم گردید. شکل های ۳، ۴ و ۵ نشان دهندهٔ تاثیر مقاومت غلتشی بر روی نشست خاک می باشد. همان طور که مشخص است هر کدام از این نمودارها در یک بار ثابت، یعنی بار ثابت ۲ کیلونیوتن برای شکل ۳، بار ثابت ۳ کیلونیوتن برای شکل ۴ و بار ثابت ۴ کیلونیوتن برای شکل ۵ رسم شده اند.واضح است که هر چه مقاومت غلتشی بیشتر شود، خاک نیز دچار نشست بیشتری در سطح خارجی خود می شود. با در نظر گرفتن بارهای ثابت در هر نمودار مشاهده می شود که بیشترین مقدار نشست خاک با در نظر گرفتن سطوح لغزش مربوط به شکل ۵ می باشد که در آن بار ثابت چهار کیلونیوتن می باشد. همچنین با افزایش بار و کاهش سرعت به طور همزمان نشست خاک بیشتر می شود.



شکل ۳– تأثیر مقاومت غلتشی بر نشست خاک در بار ثابت دو کیلو نیوتن



شکل ۴– تأثیر مقاومت غلتشی بر نشست خاک در بار ثابت سه کیلو نیوتن



شکل۵– تأثیر مقاومت غلتشی بر نشست خاک در بار ثابت چهار کیلو .

تایـرها زمـانی که بر روی سطح زمین می غلتند از طـریق اصطکاک داخـلی انـرژی خود را از دست می دهند. زمانی که چرخ ها می چرخند تا ماشین حرکت خود را به سمت جلو ادامه دهد، تایرها دچار تغییر شکل می شوند تا سطح تماس خود را با جاده یا زمین حفظ کنند. بخشی از تایر که با سطح زمین در تماس می باشد را منطقهٔ تماس می نامند. تمام نیروهای لازم برای شتاب گیری و ترمزگیری چرخ از این منطقه عبور داده می شود و تایر در این منطقه تغییر شکل پیدا می کند.زمانی که تایر تغییر شکل پیدا می کند ترکیبات لاستیک که در آن وجود دارند انرژی را به صورت حرارت آزاد می کنند. اگـر تایـر یک ماشین را که برای مدتی در حرکت بوده است لمس کنیم، مشخص می شود که چه مقدار حرارت و انرژی تلف شده است. این مقدار انرژی لازم که

تایر نیاز دارد تا تغییر شکل مطلوب را پیدا کند، مقاومت غلتشی می نامند که بیشتر به دلیل تأثیر خواص غیر کشسان می باشد. در حرکت تایر روی سطح نرم به دلیل تغییر شکل پلاستیک خاک رد تایر روی خاک باقی می ماند. با نفوذتایر به داخل خاک، خاک زیر چرخ متراکم شد، به سمت کناره ها و جلوی چرخ حرکت کرده و موج کمانی ایجاد می کند که این تغییر فرم پلاستیک خاک عامل اصلی ایجاد مقاومت غلتشی در خاک نرم می باشد. با بالارفتن مقاومت غلتشی نیروهای عبورداده شده از منطقهٔ تماس نیز بیشتر شده و خاک دچار تغییر شکل بیشتری می شود که این عامل باعث افزایش نشست در سطح خاک می شود.

نتیجه گیری کلی

مقاومت غلتشی به عنوان یک عامل هدر رفت انرژی تأثیر به سزایی در نشست ایجاد شده در خاک دارد و این دو دارای رابطه ای منطقی با یکدیگر می باشند. به طوری که همواره با افزایش مقاومت غلتشی، نشست خاک نیز بیشتر می شود. پارامترهای ورودی سرعت پیشروی، بار عمودی و لغزش نیز هر کدام به نوبهٔ خود بر نشست خاک موثر می باشند. به طوری که با کاهش سرعت پیشروی، افزایش بار عمودی و افزایش لغزش چرخ، نشست خاک نیز بیشتر می شود. بنابراین با تنظیم مطلوب این پارامترها، می توان مقدار فشردگی ایجاد شده در خاک را تا حدی کنترل کرد.ابعاد و وزن ماشین های کشاورزی و همچنین ابعاد تایرهای مورد استفاده در این ماشین ها از قبیل تراکتور در هنگام کار بر روی خاک های کشاورزی، تأثیر نسبتاً بالایی در ایجاد تراکم و فشردگی ایجاد شده در خاک دارند. به طوری که با طراحی صحیحی از ماشین های کشاورزی و همچنین انتخاب ابعاد مناسب برای تایرهای آن ها می توان فشردگی ایجاد شده در خاک را در حد چشمگیری کاهش داد.

منابع

[1] Stafford, J.V. Mattos, D.C. The effect of forward speed on wheel-induced soil compaction: Laboratory simulation and field experiments, Journal of Agricultural Engineering Research, 1981, Volume 26: 333-347.

[2] Çarman. K. Tractor forward velocity and tire load effects on soil compaction, Journal of Terramechanics, 1994 – Elsevier. Volume 31: 11-20

[3] Zoz, F.M. Grisso, R.D. Tractionand tractor performance. ASAE Distinguished Lecture Series. 2003. Publication Number 913C0403.

[4] Coutermarsh Barry, Velocity effect of vehicle rolling resistance in sand. Journal of Terramechanics, 2007, Volume 44: 275–291.

[5]Kurjenluoma, J. Alakukku, L. Ahokas, J. Rolling resistance and rut formation by implement tires on tilled clay soil, Journal of Terra-mechanics,2009, Volume 46: 267-275.

[6] Mardani, A. Shahidi, k. Rahmani, A. Mashoofi, B. Karimmaslak, H. Studies on a long soil bin for soil-tool interactions, CercetăriAgronomiceîn Moldova, 2010, Volume 142: 5-10.

Investigation of interaction effect between rolling resistance and soil sinkage inside soi bin facility using single wheel-tester

Abstract

Wheel is one of the important components of a machine which connects the vehicle to the land. Most of the forces applied to a machine are done through wheels. Rolling resistance of a drive wheel has an important role in losing part of the traction forces applied through a tractor. Soil compaction, as an undesired factor, is mainly build up by imposed forces on a drive wheel. The main objective of this study is to investigate the effect of the rolling resistance on a wheel sinkage into the soil. This research was performed by using a single wheel moving in a soil bin. The input parameters were forward wheel speed in 3 levels: 0.8, 1, and 2 m/second, vertical forces in 3 levels: 2, 3, and 4 KN, and finally, slippage in also 3 levels: 8, 12, and 15 percent. In each single experiment, the soil sinkage was measured in mm and wheel rolling resistance was calculated.

Results of these experiments indicated that with increasing of slippage and vertical forces, soil sinkage and rolling resistance were also increased. It was also appeared that, although increased forward speed reduced soil sinkage but did not affect rolling resistance, significantly.

Key words: Single wheel tester, Soil bin, Rolling resistance, Soil sinkage.