تاثیر رطوبت بر شاخص مقاومت مکانیکی خاک اندازه‌گیری شده با یک فروسنج افقی چند نوکی

طیبه رهنما و عباس همت
دانش آموخته کارشناسی ارشد و استاد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،کد پستی 84156-83111
tayebeh.rahnama@gmail.com; ahemmat@cc.iut.ac.ir

چکیده

تراکم خاک یکی از عوامل محدود کننده ی رشد گیاهان در مزارع می باشد . مقاومت مکانیکی خاک به عنوان شاخصی از تراکم خاک می تواند استفاده شود. در این پژوهش، فروسنج افقی چند نوکی که قاد ر به اندازه گیری مقاومت مکانیکی خاک در سه عمق 10 و 20 و 30 سانتی‌متر بود، طراحی و ساخته شد . مقاومت مکانیکی افقی توسط نوک های منشوری با زاویه راس 30 درجه اندازه گیری شد . این نوک های منشوری بصورت افقی به بارسنج های S– شکلی که در درون جعبه ای در پشت ساقه ی قرار گرفته بودند، وصل شدند. سنسور در مزرعه ای با خاک لوم رسی سیلتی در چهار سطح رطوبت 0/5 PL، 0/7PL، 0/9 PL و 1/1 PL (PL: رطوبت در حد خمیری) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که محتوای رطوبت تاثیر معنی‌داری بر میانگین شاخص مقاومت افقی داشت . با افزایش در محتوای رطوبت خاک، مقادیر شاخص مقاومت افقی خاک بطور خطی کاهش یافت. عمق بحرانی (Critical depth) ساقه حسگر، جایی که گسیختگی خاک از ترد به جریان خمیری تغییر می کند، بطور معنی‌داری با کاهش محتوای رطوبت افزایش یافت . یک رابطه خطی با ضریب تبین 0/74 بین مقادیر شاخص مقاومت افقی و محتوای رطوبت در عمق 10 سانتی‌متر بدست آمد. این ضریب همبستگی در دو عمق 20 و 30 سانتی‌متر به ترتیب برابر 0/95و 0/96 بود. این نشان داد که همبستگی رطوبت و شاخص مقاومت افقی اندازه گیری شده در زیر عمق بحرانی ساقه حسگر جایی که جریان خمیری در خاک رخ می‌دهد، بیشتر است.

کلمات کلیدی: کشاورزی دقیق، تراکم خاک، فروسنج افقی، عمق بحرانی.

مقدمه

تراکم خاک یکی از فاکتورها ی موثر در تخریب خواص فیزیکی خاک می باشد . تراکم ساختار خاک های زراعی را تغییر می دهد و سبب تغییر در خواص اساسی خاک برای رشد گیاه و تولید محصول و مح یط زیست می شود . مقاومت مکانیکی خاک به عنوان شاخصی از تراکم خاک می تواند استفاده شود . به طور مرسوم از فروسنج عمودی برای تخمین مقاومت مکانیکی خاک ها استفاده می شود . اما این روش ایستگاهی و وقت گیر برای مزارع بزرگ مناسب نمی باشد. برای تهیه نقشه تغییر پذیری مکانی تراکم خاک در حال حرکت، ازحسگر های تک و چند نوکی جهت اندازه گیری مقاومت مکانیکی افقی خاک استفاده شده است.

Alihaseyeh et al. (1990) یک فروسنج افقی را با هدف تامین سیگنال پیوسته برای کنترل خودکار یک ابزار خاک‌ورز ساختند. نوک های مخروطی یا منشوری شکل روی س‌اقه حسگر سوارشدند و با بارسنج های اندازه گیری نیروی مقاومت مکانیکی متصل شدند . ارزیابی مزرعه ای نشان داد که مقادیر مقاومت های اندازه گیری شده با فروسنج افقی همبستگی خوبی با فروسنج مخروطی عمودی داشت.

Hemmet et al. (2009) حسگری را با هدف بررسی تاثیر گیسختگی ا یجاد شده در خاک توسط فروسنج نوک منشوری افقی ساختند. آنها در طراحی خود از یک نوک منشوری با زاویه رأس ۳۰ درجه و سطح مقطع ۳۲۴ میلی‌مترمربع، که با یک بارسنج فشاری حمایت می شد استفاده کردند. اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک به صورت افقی و پیوسته انجام شد. نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد که مقادیر مقاومت مکانیکی افقی خاک، اندازه‌گیری شده توسط حسگر علاوه بر درجه تراکم خاک به نوع گسیختگی که حسگر در خاک اعمال می‌کند، بستگی دارد. همبستگی معنی‌داری (R^2=0/75) بین مقادیر شاخص مقاومت افقی و شاخص مخروط در عمق ۳۰ سانتی‌متر (گسیختگی فشاری) وجود داشت، ولی رابطه معنی‌داری بین این مقادیر در عمق ۲۰ سانتی‌متری (گسیختگی ترد) مشاهده نشد.

Chukwu and Bowers (2005) فروسنج افقی تک نوک که توسط Alihamseyeh et al. (1990) ساخته شده بود را اصلاح کردند، به طوری‌که حسگر قادر بود مقاومت مکانیکی افقی خاک را در سه عمق به طور هم‌زمان اندازه‌گیری کند.

Glancey et al (1996) بیان کردند که با کاهش مقدار رطوبت، پیوستگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک افزایش می یابد. همچنین مشخص گردید که مقاومت مکانیکی خاک با افزایش جرم مخصوص ظاهری و مکش رطوبتی خاک افزایش می‌یابد [Hemmat and Adamchuk., 2008].

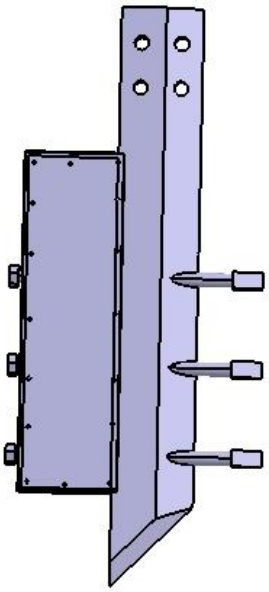
هدف از این پژوهش بررسی تاثیر رطوبت بر مقاومت مکانیکی افقی اندازه گیری با یک فروسنج افقی جند نوکی در سه عمق 10، 20 و 30 سانتی‌متر و عمق بحرانی ساقه فروسنج می باشد.

مواد و روش‌ها

حسگر اندازه گیری مقاومت افقی خاک در سه عمق 10و 20 و 30 سانتی متر طراحی شد. نیروهای مقاومت افقی خاک توسط نوک های منشوری که 4 سانتی متر جلوتر از ساقه حسگر قرار گرفته و توسط میله رابط به بارسنج های S- شکل در پشت ساقه حسگر متصل میشدند، دریافت میشد. ابعاد نوک منشوری فروسنج افقی بر اساسASAE S313.3 مربوط به نوک مخروطی فروسنج عمودی انتخاب شد. این منشور ها از جنس فولاد AISI 316 با قاعده مربع شکل به طول ضلع 18 میلی‌متر و مساحت سطح قاعده 324 میلی‌متر مربع (18 × 18 میلی‌متر) و زاویه راس 30 درجه ساخته شد.

قطعه زمینی نسبتاً مسطح به مساحت 25×60 متر مربع در مزرع ه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در جوزدان نجف آباد انتخاب گردید. بافت خاک در ایستگاه مورد نظر لوم رسی سیلتی بود. زمین مورد نظر از یکسال قبل مورد کشت قرار نگرفته بود و به عنوان یک زمین دست نخورده محسوب می‌شد.

آزمایش‌ها در چهار سطح رطوبتی0/5PL، 0/7PL، 0/9PL و1/1PL انجام شد. زمین مورد نظر بر اساس این چهار سطح رطوبتی آماده شد. آزمایش ها در کرت هایی با عرض 3 متر و طول 10 متر انجام شد و بین هر کرت فاصله 2 متری برای عبور تراکتور در نظر گرفته شد. بین بلوک ها نیز یک فاصله 6 متری برای دور زدن تراکتور قرار داده شد. مقاومت مکانیکی عمودی خاک با استفاده از فروسنج مخروطی استاندارد (Rimik CP20) با زاویه نوک و قطر مخروط به‌ترتیب 30 درجه و 12/83 میلی متر اندازه‌گیری شد.



شکل1- شکل شماتیک از فروسنج افقی مجهز به سه نوک منشوری

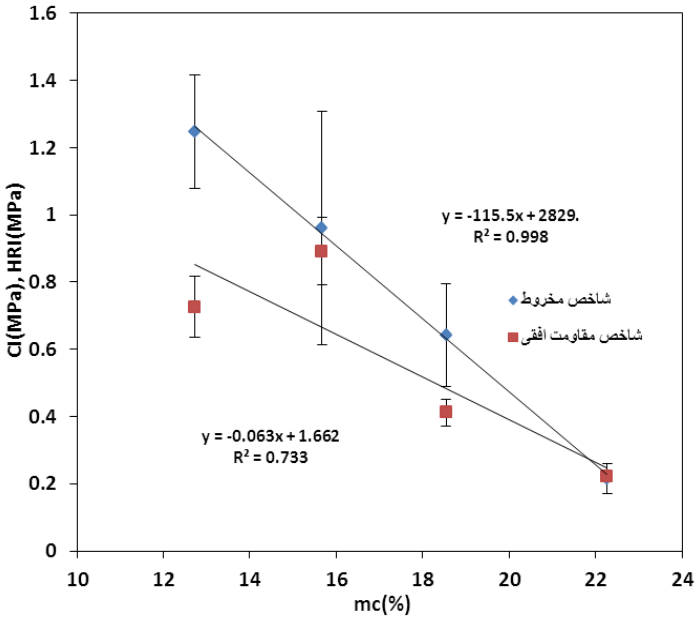
نتایج و بحث

تاثیر رطوبت بر مقاومت مکانیکی افقی و عمودی

تغییرات شاخص مخروط (CI) و شاخص مقاومت افقی (HRI) خاک با رطوبت در سه عمق 20،10 و 30 سانتی-متر به ترتیب در سه شکل 2 ،3 و 4 نشان داده شده است. یک رابطه ی خطی با ضریب همبستگی 0/74 بین HRI و رطوبت در عمق 10 سانتی‌متر بدست آمد . با کاهش رطوبت شاخص مقاومت افقی افزایش می یابد . تغییرات CI در عمق 10 سانتی‌متر با رطوبت خطی بود و ضریب همبستگی آن 0/98 بود. شاخص مخروط با کاهش رطوبت در این لایه افزایش یافت . نتایج نشان داد که برازش منحنی خطی برای شاخص مخروط در عمق 10 سانتی‌متر بهتر بود.

در عمق 20 سانتی‌متر نیز یک رابطه ی خطی بین تغییرات HRI و CI و رطوبت وجود دارد . با کاهش رطوبت، شاخص مقاومت افقی و شاخص مخروط افزایش می یابند . در عمق 30 سانتی‌متر، نیز باکاهش محتوای رطوبت، افزایش درشاخص مخروط و شاخص مقاومت افقی با رابطه خطی به ترتیب با ضریب همبستگی بالای 0/96 و 0/95 رخ می دهد. مقایسه شیب منحنی های نشان داد که هر چه عمق افزایش یابد، شیب منحنی ها نیز افزایش می یابد. یعنی در عمق با کاهش محتوای رطوبت خاک، افزایش در شاخص مقاومت افقی (HRI) با شیب تندتری اتفاق می افتد.

عمق 10 سانتی‌متر (بالای عمق بحرانی) نوک منشوری فروسنج افقی در هر چهار سطح رطوبت در ناحیه گسیختگی ترد حرکت میکند و با توجه به تفاوت در نوع گ‌سیختگی در اطراف نوک فروسنج عمودی و افقی تاثیر رطوبت هم متفاوت است . اما در دو عمق 20 و 30 سانتی‌متر(زیر عمق بحرانی) گسیختگی در ناحیه فشاری قرار دارد و رطوبت تاثیر بیشتری بر روی مقادیر مقاومت افقی خاک اندازه گیری شده دارد.



شکل 2- تغییرات شاخص مخروط (CI) و شاخص مقاومت افقی(HRI) با محتوای رطوبتی وزنی (mc) در عمق 10سا نتی‌متر. میله‌های عمودی ± یک خطا استاندارد می‌باشند.

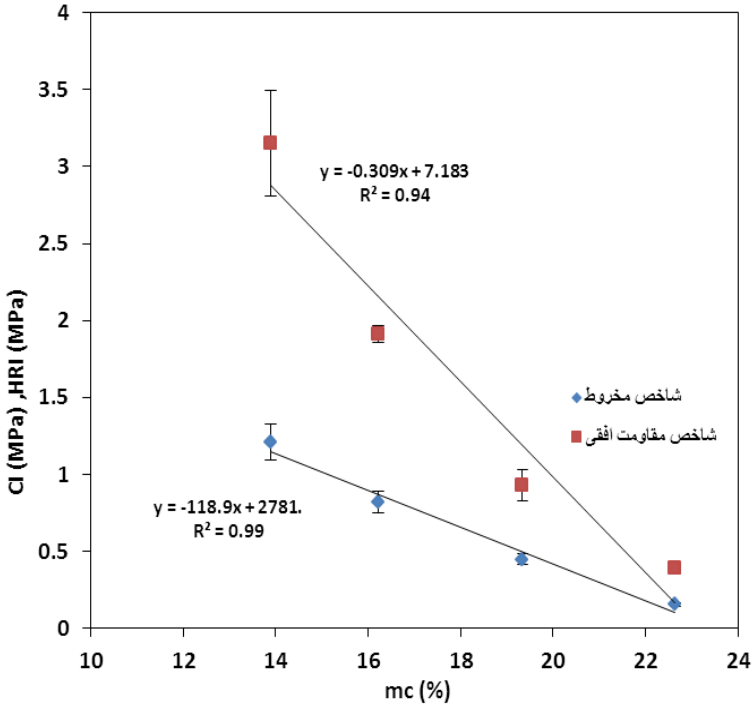
تاثیر رطوبت بر عمق بحرانی

تغییرات عمق بحرانی (dc) با رطوبت خاک در شکل 5 نشان داده شده است. اگر عمق بحرانی در 6 برابر پهنا ساقه حسگر رخ می داد برابر 132 میلی‌متر می شد. این عمق با خط چین روی نمودار نشان داده شده است. ساقه ی حسگر به عنوان ابزار خاک ورز خیلی باریک عمل می کند . تحقیقات Godwin and Spoor (1977) نشان داد که در ابزار خاک ورز خیلی باریک عمق بحرانی حدودا ً 6 برابر پهنا تیغه می باشد اما گ ادوین و اسپور گزارش نمود که یکی از عوامل موثر بر عمق بحرانی، رطوبت است . با کاهش رطوبت، عمق بحرانی عمقی تر می شود [Godwin and Spoor,1977].

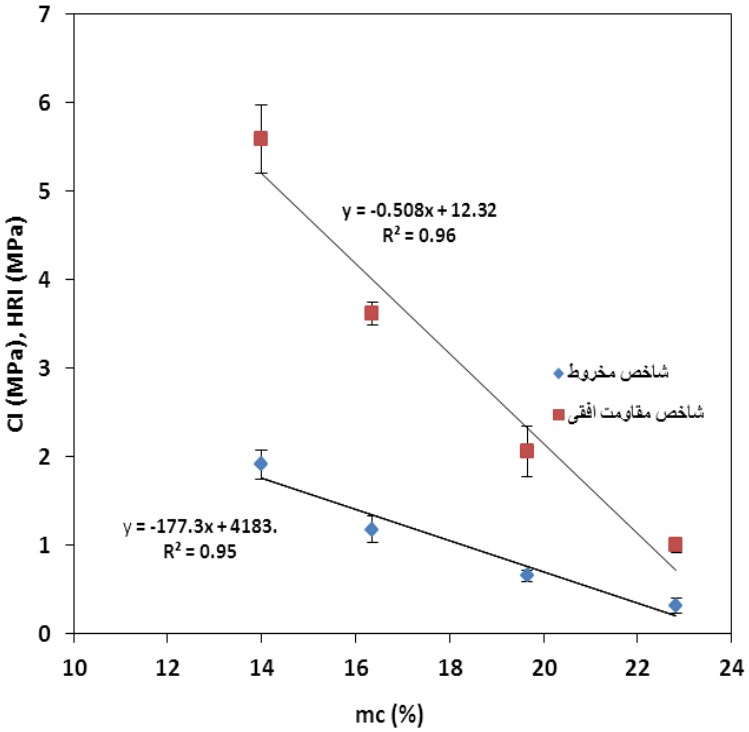
نتایج حاکی از آن بود که در سطح رطوبت 19/14 درصد، مقدارنسبت رعنایی (d/w) به 6 نزدیک تر است. به نظر می رسد که در صورتی که رطوبت خاک حدودا برابرPL 0/9باشد، عمق بحرانی در 6 برابر پهنا ابزار رخ میدهد.

نتیجه گیری

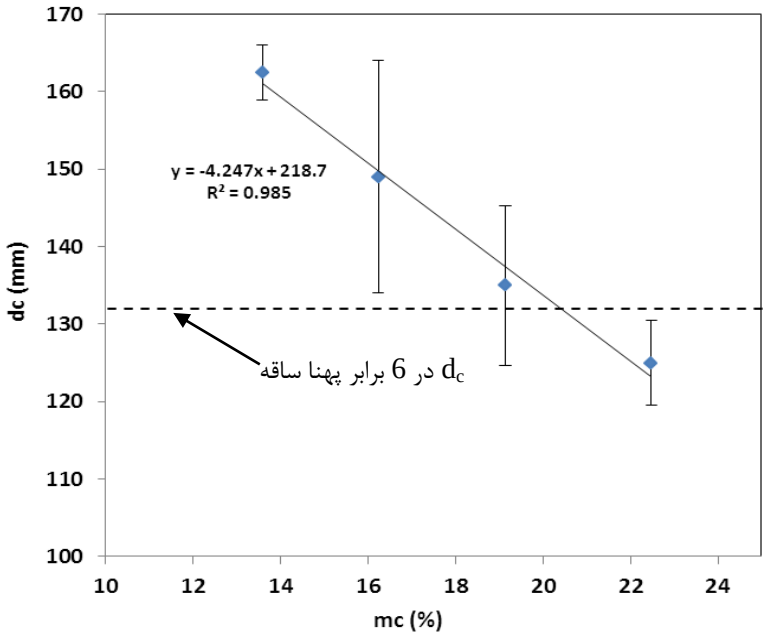
بررسی تغییرات شاخص مقاومت مکانیکی خاک اندازه گیری شده در هر سه عمق 10، 20 و 30 سانتی‌متر نشان داد با کاهش رطوبت، مقاومت مکانیکی خاک به طور معنی داری افزایش یافت . .همچنین نتایج نشان داد همبستگی رطوبت و شاخص مقاومت افقی اندازه گیری شده در زیر عمق بحرانی ساقه حسگر جایی که جریان خمیری در خاک رخ می - دهد، بیشتر است. بررسی تغییرات عمق بحرانی ساقه حسگر، جایی که گسیختگی ایجاد شده در خاک توسط ساقه حسگر از گسیختگی ترد به گسیختگی فشاری تغییر می کند، با رطوبت نشان داد که عمق بحرانی به طور معنی داری با کاهش رطوبت، افزایش می یابد.



شکل3- تغییرات شاخص مخروط (CI) و شاخص مقاومت افقی(HRI) با محتوای رطوبتی وزنی (mc) در عمق 20 سانتی‌متری. میله‌های عمودی± یک خطا استاندارد می‌باشند.



شکل 4- تغییرات شاخص مخروط(CI) و شاخص مقاومت افقی (HRI) با محتوای رطوبتی وزنی (mc) در عمق 30 سانتی‌متر. میله‌های عمودی ± یک خطا استاندار می‌باشند.



شکل5- رابطه عمق بحرانی با محتوای رطوبتی (mc). میله‌های عمودی ± یک خطای استاندارد می‌باشند.

منابع

[1] Alihamsyah, T., E. G. Humphries and C. G. Bowers, Jr. 1990. A technique for horizontal measurement of soil mechanical impedance. *Trans. ASAE*. 33: 73-77.

[2] Chukwu, E. and Jr. Bowers. 2005. Instantaneous multiple-depth soil mechanical impedance sensing from a moving vehicle. *Trans. ASAE*. 48: 885–894.

[3] Glancey, J. L., S. K. Upadhyaya, W. J. Chancellor and J. W. Rumsey. 1996. Prediction of agricultural implement draft using an instrumented analog tillage tool. *Soil Till. Res.* 37: 47– 65.

[4] Godwin, R.J. and G. Spoor. 1977. Soil failure with narrow tines. *Agric. Eng. Res.* 22: 213–228.

[5] Hall, H. E. and R. L. Raper, 2005. Development and concept evaluation of an on-thego soil strength measurement system. *Trans. ASAE*. 48: 469–477.

[6] Hemmat, A., A. Khorsandy, A. A. Masoumi and V. I. Adamchuk. 2009. Influence of failure mode induced by a horizontally operated single-tip penetrometer on measured soil resistance. *Soil Till. Res*. 105: 49–54

[7] Hemmat, A. and V. I. Adamchuk. 2008. Sensor systems for measuring soil compaction: Review and analysis. *Comput. Electron. Agric*. 63: 89–103.