

تأثیر کوتاه مدت تسطیح اراضی بر فشردگی خاک (۵۲۲)

امین اله معصومی، حسن علی بیگی و عباس همت^۱

چکیده

عمل تسطیح با جابجایی و برش خاک همراه است که در نتیجه تغییراتی در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ایجاد خواهد داشت. در تحقیق حاضر، اثر تسطیح زمین با استفاده از یک لولر مجهز به سامانه کنترل لیزری بر خواص فیزیکی و مکانیکی یک خاک نسبتاً سنگین (لوم رسی سیلتی) مورد بررسی قرار گرفت. زمین مورد مطالعه در ابعاد ۱۰×۱۰ متر شبکه‌بندی شد. نمونه‌گیری‌ها در هر یک از نقاط رئوس شبکه انجام گرفت. اثر فشردگی و زمان بر مقاومت خاک و کیفیت شخم مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور مقایسه فشردگی حاصل از تسطیح در زمان‌های قبل، ۳ ماه و ۵ ماه پس از تسطیح، مقادیر مقاومت به نفوذ با استفاده از یک فروسنج اندازه‌گیری و مقایسه شدند. ضمناً پس از تسطیح و در دو زمان ۳ و ۵ ماه پس از تسطیح، در محدوده بالاترین مقدار برش خاک، شخم انجام گرفت و قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها به عنوان شاخص کیفیت شخم تعیین شد. داده‌ها با روش‌های آماری کلاسیک و زمین‌آمار تحلیل و بررسی شدند و نقشه‌های تهرپذیری مکانی متغیرهای اندازه‌گیری شده بیان‌یابی به روش کریجینگ و با استفاده از نرم‌افزار GS⁺ ترسیم شدند. نتایج نشان داد که بین مقادیر مقاومت به نفوذ خاک اندازه‌گیری شده در لایه‌های مختلف، قبل و پس از تسطیح اختلاف معنی‌ار ($P < 0.05$) وجود داشت. روند افزایش مقاومت خاک با گذر زمان در بیشتر لایه‌ها مشاهده گردید. اما بین مقادیر قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها تعیین شده در دو زمان متفاوت اختلاف معنی‌داری وجود نشان نداد که احتمالاً به علت رطوبت کم خاک در زمان تسطیح، فاصله زمانی کم بین دو زمان نمونه‌گیری و ارتفاع خاکبرداری کم بود.

کلیدواژه: تسطیح، سامانه لیزری، مقاومت به نفوذ، میانگین قطر وزنی کلوخه

^۱ - به ترتیب استادیار، دانشجوی سابق و استاد گروه اشنه‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، پست الکترونیک: masoumi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

تسطیح اراضی کشاورزی به منظور بالا بردن بازده آبیاری و افزایش کیفی و کمی محصول بدست آمده در توسعه کشاورزی نقش مؤثر دارد و همواره مورد توجه محققین بوده است [۱۷]. کار تسطیح به دقت کاربر ماشین برای کم شدن حجم عملیات نیاز دارد از جمله در مقدار خاک برداری و خاک ریزی و انتخاب مسیر حرکت ماشین، در سیستم‌های جدید به کمک کنترل سامانه لیزری این مشکل تا حدی مرتفع شده است. جانیش و همکاران (۱۹۸۷) منافع استفاده از سیستم تسطیح لیزری اراضی را در مصر بررسی کردند [۱۴]. ایشان دریافتند که صرفه جوئی در هزینه، انرژی و آب مصرفی برای آبیاری از مزایای استفاده از این سیستم می‌باشد. چون عمل تسطیح با جابجایی و برش خاک همراه است، در نتیجه تغییراتی در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک خواهد داشته و یکنواختی خواص فوق را در سطح مزرعه از بین می‌برد [۱۳]. از مهمترین خواص فیزیکی خاک که در امور زراعی اهمیت دارند می‌توان به چگالی ظاهری خاک، مقاومت خاک‌دانه‌ها، توزیع اندازه ذرات خاک، مقاومت به نفوذ و سختی خاک اشاره نمود. معمولاً شاخص مخروطی برای بیان چگونگی فشردگی و مقدار مقاومت نفوذپذیری خاک گزارش می‌شود. محدوده بحرانی از نظر مقدار شاخص مخروطی برای محیط رشد ریشه گیاه ۲ مگاپاسکال می‌باشد [۸]. تحقیقات نشان می‌دهد که مقاومت نفوذپذیری خاک به طور معنی داری با تغییر رطوبت و چگالی ظاهری خاک بستگی دارد و این ویژگی بر اثر تسطیح افزایش یافته و بمرور زمان بیشتر می‌شود [۱۲]. میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌های خاک^۱ بعنوان شاخصه‌ای از کیفیت شخم پارامتر مناسبی برای ارزیابی ساختمان خاک بشمار می‌رود [۱۵].

برای بررسی بهتر اثر تسطیح و گذر زمان بر خصوصیات ذکر شده خاک تهیه نقشه تغییر پذیری مکانی آنها نیاز می‌باشد [۱۶]. مطالعات انجام شده تا کنون بیشتر با آمار کلاسیک توجیه گردیده که این علم قادر به توصیف تغییرات مکانی و مانی نمی‌باشد. زمین آمار شاخه‌ای از علم آمار کاربردی است که با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه برداری شده، قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمین‌گرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاط نمونه برداری نشده می‌باشد [۴]. میان‌یابی روشی برای تخمین مقادیر نامعلوم با استفاده از مقادیر معلوم در نقاط همجوار می‌باشد. تغییر نما توسط مدل‌های مختلفی بررسی می‌شود. نمودارهای تغییر نما با پارامترهای آن یعنی اثر قطعه‌ای^۲، دامنه تاثیر^۳ و سقف (آستانه)^۴ مشخص می‌وند و ابزاری است که تغییرات فاصله‌ای یک متغیر خاص را نشان می‌دهد. همچنین توسط آن می‌توان بسیاری از جنبه‌های تغییرپذیری خاک را درک کرد [۶]. اعتبار تغییرنما در واقع تخمین هر نقطه نمونه برداری شده در ناحیه با استفاده از مقادیر نمونه‌های همسایه، با روش کریجینگ بررسی می‌شود سپس به منظور درک این نکته که مدل فرضی و پارامترهای آن بدرستی تغییرات فاصله‌ای مقادیر اندازه بری شده را لحاظ می‌کنند مقادیر تخمینی با مقادیر واقعی مقایسه می‌شوند [۳].

در این تحقیق سعی شده است با اندازه‌گیری برخی خواص فیزیکی از قبیل مقاومت به نفوذ و پایداری خاک‌دانه‌ها در خاک قبل و بعد از تسطیح در یک زمین زراعی از بعضی اثرات کوتاه مدت تسطیح بر این خواص اطلاعاتی کسب شود و نتایج حاصل از عمل تسطیح از لحاظ آماری بررسی و نقشه تغییرپذیری متغیرها به کمک زمین‌آمار ترسیم شود.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش

این تحقیق در زمین زراعی مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در جوزدان نجف آباد (لورک) انجام گردید. خاک مورد آزمایش از گروه تیپیک هاپل آرچید^۵ بوده و بافت آن لوم رسی سیلتی^۱ با ترکیب ۳۰ درصد رس، ۴۴ درصد

2-Mean weight diameter

۱- Nugget effect

۲- Range

۳- Sill

۴- Typic Haplargids

سیلت و ۲۶ درصد شن بود [۵]. در زمین مورد آزمایش قبلاً گندم کشت شده بود و هیچ گونه عملیات زراعی پس از برداشت تا زمان تسطیح روی آن انجام نشده بود.

زمین مورد مطالعه با شبکه بندی منظم به ابعاد ۲۰*۲۰ متر نشانه گذاری شد [۱]. سپس در نقاط نشانه گذاری، اختلاف ارتفاع نقاط با استفاده از تراز یاب (نیوو) مدل wild nak2 اندازه گیری شد. برای محاسبه شیب مناسب جهت تنظیم ماشین تسطیح ابتدا از داده های نقشه برداری برای به دست آوردن شیب طبیعی زمین استفاده شد و سپس توسط برنامه محاسبه ریاضی سل و گراد حجم خاک برداری و خاک ریزی در زمین مورد آزمایش محاسبه شد [۷]. برای انجام تسطیح زمین آزمایش از یک لولر به عرض کار ۳/۵ متر مجهز به سامانه کنترلی لیزری استفاده شد. لندولر مورد استفاده با نام تجاری ادوات کشاورزی نوروزی و از نوع کششی با وزن ۲۰۵۰ کیلوگرم نیرو ود. تیغه برش خاک که با کمک بالچه های کناری مخزن خاک را هم تشکیل می داد توسط مالبنده تراکور متصل شده و در سطح مزرعه کشیده می شد. تسطیح با کمک یک تراکتور نیوهلند با توان ۱۵۵ اسب بخار به وزن ۵۴۵۰ کیلوگرم نیرو انجام شد. برای کم شدن اثر ترافیک ناشی از کار ماشین سنگین بر روی خاک سعی شد خاک حتی الامکان خشک باشد

یک قسمت از زمین مورد مطالعه به ابعاد ۴۰*۹۰ متر (۰/۳۶ هکتار) تقسیم و با شبکه بندی منظم ۱۰*۱۰ متر نشانه گذاری شده که در هر شبکه بندی ۵۰ نقطه که محل رئوس سلول های شبکه بود [۱۱]. با نشانه گذاری در خارج از زمین (در محیط اطراف مین که ماشین عبور نمی کرد)، رئوس شبکه روی زمین بعد از تسطیح برای نمونه گیری مجدد در مکان قبلی بازسازی شد. در هر یک از ۵۰ نقطه رئوس هر شبکه، ابتدا قبل از تسطیح نمونه گیری های مورد لزوم برای اندازه گیری مقادیر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک انجام شد، سپس بعد از تسطیح شبکه بندی بازسازی ده و نمونه گیری های لازم انجام شد.

آزمایش ها

رطوبت خاک

برای تعیین رطوبت نمونه های خاک در هر یک از نقاط مورد آزمایش جمع آوری و درون کیسه های نایلکس در بسته قرار رفت. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، مقدار ۵۰ گرم از هر نمونه، در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. نمونه های خشک مجدداً وزن شدند و از تفاضل وزن خاک خشک و مرطوب، درصد رطوبت بر پایه خشک بدست آمد [۲].

نفوذسنجی

آزمایش نفوذسنجی قبل از تسطیح، ۳ ماه پس از تسطیح و ۵ ماه پس از تسطیح صورت گرفت. آزمایش پس از آبیاری زمین و در اولین زمانی که امکان ورود به زمین وجود داشت انجام گردید. لذا به جز لایه سطحی (۱۰ سانتی متر بالایی خاک) در زمان آزمایش نفوذسنجی خاک تقریباً به حالت اشباع رطوبتی بوده است. استفاده از یک دستگاه فروسنج مخروطی دستی نقاط رئوس شبکه مورد آزمون فروسنجی قرار گرفت. دستگاه برای اندازه گیری شاخص مخروطی لایه ۰ تا ۵۰ سانتی متری با فواصل عمق ۱/۵ سانتی متر تنظیم شد. فروسنج مدل ریمیک سی پی بیست^۲ با زاویه نوک و قطر مخروط به ترتیب ۳۰ درجه و ۱۲/۸ میلی متر ود. سرعت نفوذ در خاک نسبتاً ثابت و مساوی ۲ متر بردقیقه بر اساس استاندارد ASAE بود [۹]. این فروسنج از یک مبدل نیروی S شکل برای اندازه گیری مقاومت استفاده می کرد و مقدار مقاومت را توسط یک ثبت کننده اطلاعات در حافظه خود ذخیره می نمود. اطلاعات ذخیره شده در دیتا لاگر دستگاه با کمک کابل اختصاصی که ضمیمه دستگاه بود به درگاه سریال رایانه انتقال داده شد و توسط نرم افزار مخصوص این دستگاه، به صورت یک فایل با شکل صفحه گسترده استخراج شد و سپس آماده پردازش در برنامه اکسل شد.

پس از انجام آزمایش، نمودار شاخص مخروطی بر حسب عمق برای هر یک از نقاط نمونه گیری شده ترسیم شد و میانگین مقادیر شاخص مخروطی برای تمام این نقاط در لایه های ۵-۰، ۱۰-۵، ۱۵-۱۰، ۲۰-۱۵، ۲۵-۲۰، ۳۰-۲۵، ۳۵-۳۰ سانتی متر به دست آمد.

۵- Silty clay loam (SiCL)

۱- Cone penetrometer (model Rimik CP20)

کیفیت شخم

قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها به عنوان شاخص کیفیت شخم، ۳ و ۵ ماه پس از تسطیح ارزیابی گردید. برای این منظور، زمین مورد آزمایش با یک گاواهن سه خیش سوار شخم زده شد. از آنجا که بیشترین مشکل فشردگی خاک در مناطقی با خاک‌برداری بیشینه مشاهده گردید، لذا مکان‌هایی با عمق خاک‌برداری بیشینه برای آزمایش کیفیت شخم انتخاب شدند. نمونه‌ها در محدوده سه قطعه مجزا از زمین شخم خورده به طول و عرض ۵۰ و عمق ۳۰ سانتی‌متر (معادل عمق شخم گاواهن مزبور) با ملایمت جمع آوری و برای تعیین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده عمران دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل شدند. قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها که شاخص مناسبی از کیفیت شخم است طبق رابطه (۱) محاسبه گردید [۱۰].

$$MWD = \sum_{i=1}^n w_i \bar{x}_i \quad (1)$$

که در آن، w_i در صد وزنی کلوخه‌های گروه i ام، \bar{x}_i میانگین قطر خاک‌دانه‌های گروه i ام است.

تحلیل آماری

داده‌های جمع‌آوری و اندازه‌گیری شده از آزمایش‌های مذکور با استفاده از آمار کلاسیک با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل شدند. در این تحلیل مقایسه‌های بین مقادیر قبل و بعد از تسطیح برای تعیین اثر عمل تسطیح و مقایسه‌های بین زمان‌های بعد از تسطیح برای تعیین اثر گذر زمان انجام شد.

برای تهیه نقشه تغییر پذیری مقاومت به نفوذ خاک زمین مورد آزمایش از میانبایی به روش کریجینگ نقطه‌ای با فرض همسانگرد بودن متغیرهای اندازه‌گیری شده استفاده گردید [۳]. با استفاده از نرم افزار GS+ نیم تغییرنا ترسیم شد و بهترین مدل زمین آماری برازش شده انتخاب گردید، سپس با کمک همین نرم‌افزار اعتبار هر تغییرنا رسم شده به دست آمد و نقشه تغییر پذیری مکانی برای متغیرهای اندازه‌گیری شده بدست آمد.

نتایج و بحث

مقاومت به نفوذ خاک

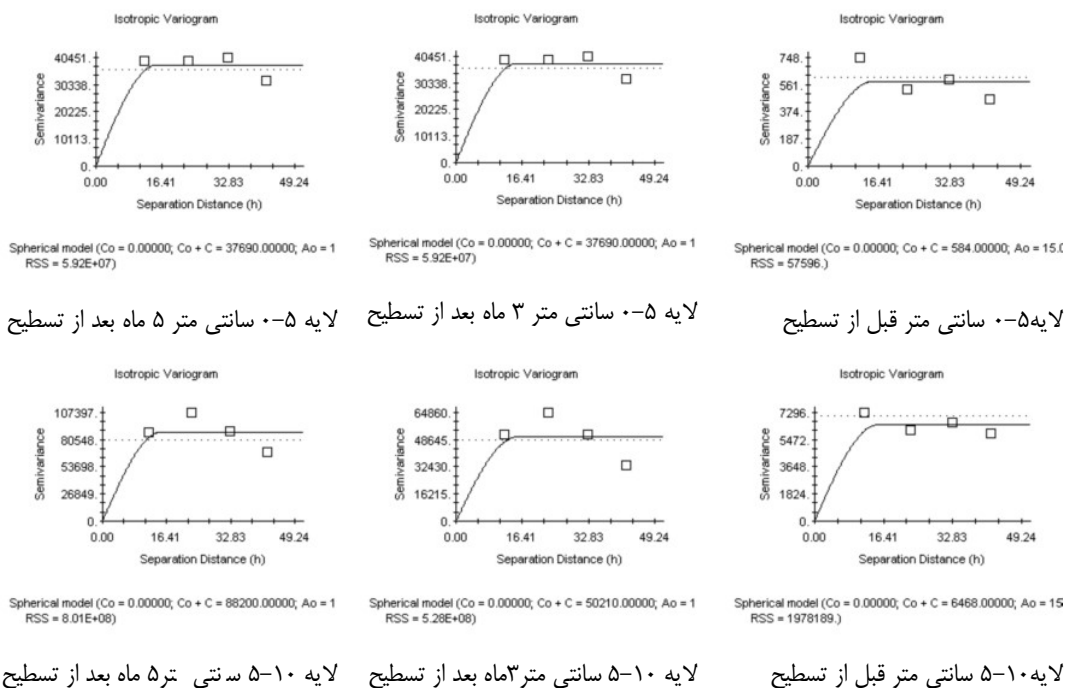
نتایج حاصل از این مقایسات در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که آزمون آماری نشان می‌دهد بین مقادیر مقاومت به نفوذ خاک اندازه‌گیری شده در لایه‌های مختلف، قبل و بعد از تسطیح در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار به وجود آمده است. این نتایج با نتایج کار برای و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد [۱۱]. مقدار مقاومت به نفوذ خاک بعد از تسطیح در مقایسه با مقاومت به نفوذ قبل از تسطیح در لایه‌های مختلف همگی روند افزایشی را نشان می‌دهند. روند افزایش مقاومت بر اثر گذشت زمان در مقایسه بین زمان‌های ۳ و ۵ ماه بعد از تسطیح هم در بیشتر لایه‌ها مشاهده می‌ود و در لایه‌های سطحی اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که پس از تسطیح در لایه زیرین مقدار مقاومت به نفوذ خاک از ۲ مگاپاسکال که به عنوان حد بحرانی مقاومت خاک می‌باشد فراتر رفته است.

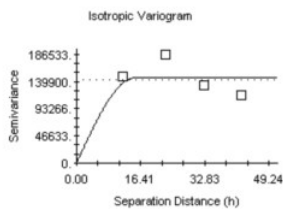
در شکل ۱ منحنی‌های تغییر نمای مربوط به داده‌های مقاومت خاک مشاهده می‌شود، جز در موارد معدودی منحنی‌ها روند خاصی را نشان نمی‌دهند، که نشان‌دهنده تغییر پذیری فضایی ضعیف متغیرهای اندازه‌گیری شده در فاصله شبکه بندی ۱۰*۱۰ متر است. بنابراین از منحنی تغییر نمای کروی با شعاع تاثیر ۱۵ متر (معادل قطر تقریبی شبکه‌بندی ۱۰*۱۰ متر برای اینکه هر نقطه شبکه با نقاط اطرافش تخمین زده شود) و اثر قطعه‌ای صفر و آستانه‌ای در حد برازش به نقطه اول منحنی استفاده شد. به کمک هر یک از شاخص‌های زمین‌آماري محاسبه شده برای هر متغیر، نقشه تغییرپذیری مکانی آن متغیر با میان‌بایی به روش کریجینگ نقطه‌ای بدون ناهمسانگردی رسم گردید. این حالت برای تمام توصیف‌های زمین‌آماري برای تمام متغیرهای ازمه‌گیری شده در این آزمایش وجود داشت. شکل ۲ نقشه‌های تغییر پذیری مکانی مقاومت به نفوذ را در زمین مورد آزمایش نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقیسه میانگین مقاومت به نفوذ انداز گیری شده بر حسب کیلوپاسکال قبل و پس از تسطیح

عمق آزمایش (سانتی متر)	قبل از تسطیح	۳ ماه پس از تسطیح	۵ ماه پس از تسطیح
۰-۵	$14^a \pm 3$	$67.0^b \pm 27$	$1018^c \pm 64$
۵-۱۰	$92^a \pm 12$	$70.9^b \pm 31$	$805^c \pm 40$
۱۰-۱۵	$165^a \pm 17$	$725^b \pm 53$	$846^c \pm 60$
۱۵-۲۰	$259^a \pm 29$	$858^b \pm 54$	$955^b \pm 39$
۲۰-۲۵	$390^a \pm 42$	$1183^b \pm 68$	$1343^c \pm 55$
۲۵-۳۰	$755^a \pm 56$	$1890^b \pm 68$	$1840^b \pm 98$
۳۰-۳۵	$1111^a \pm 56$	$2231^b \pm 62$	$2266^b \pm 79$

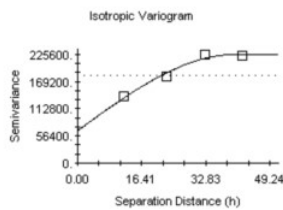
حروف غیر مشابه در هر سطر به معنی تفاوت از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد است.





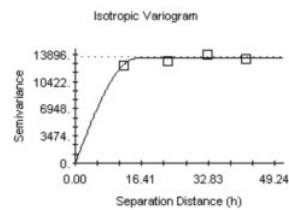
Spherical model ($C_0 = 0.00000$; $C_0 + C = 146700.00000$; $A_0 =$
RSS = $2.82E+09$)

لایه ۱۰-۱۵ سانتی متر ۵ ماه بعد از
تسطیح



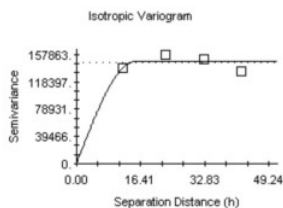
Spherical model ($C_0 = 67500.00000$; $C_0 + C = 225500.00000$;
RSS = $1.24E+08$)

لایه ۱۰-۱۵ سانتی متر ۳ ماه بعد از
تسطیح



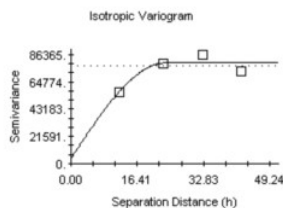
Spherical model ($C_0 = 0.00000$; $C_0 + C = 13400.00000$; $A_0 = 1$
RSS = $410201.$)

لایه ۱۰-۱۵ سانتی متر قبل از تسطیح



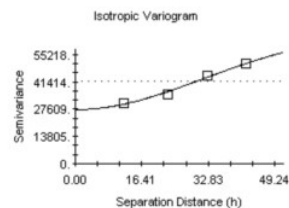
Spherical model ($C_0 = 0.00000$; $C_0 + C = 148100.00000$; $A_0 =$
RSS = $2.96E+08$)

لایه ۱۵-۲۰ سانتی متر ۵ ماه بعد از
تسطیح



Spherical model ($C_0 = 4300.00000$; $C_0 + C = 79910.00000$; A_0
RSS = $8.20E+07$)

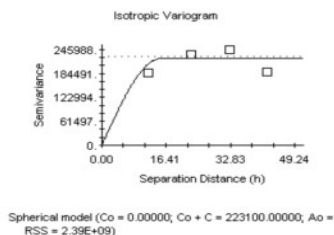
لایه ۱۵-۲۰ سانتی متر ۳ ماه بعد از
تسطیح



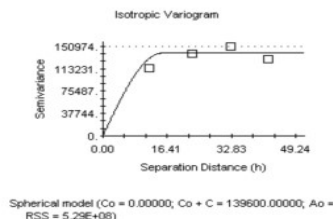
Gaussian model ($C_0 = 27400.00000$; $C_0 + C = 66700.00000$; A
RSS = $3411543.$)

لایه ۱۵-۲۰ سانتی متر قبل از تسطیح

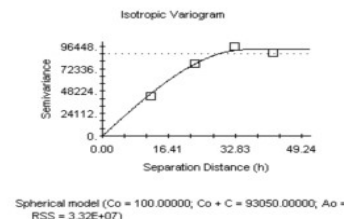
شکل ۱- مدل های تغییر نما برای مقاومت به نفوذ در لایه های مختلف خاک.



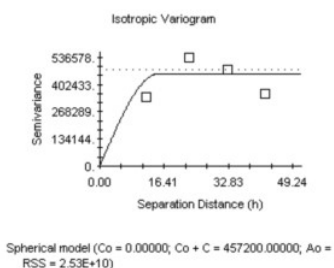
لایه ۲۰-۲۵ سانتی متر قبل از تسطیح
تسطیح



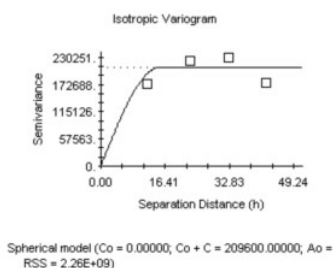
لایه ۲۰-۲۵ سانتی متر ۳ ماه بعد از
تسطیح



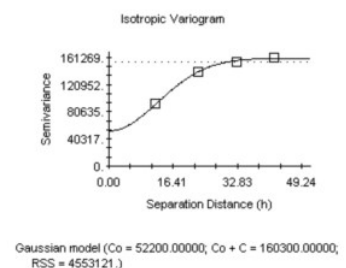
لایه ۲۰-۲۵ سانتی متر قبل از تسطیح



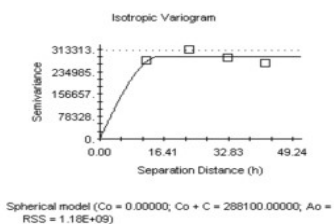
لایه ۲۵-۳۰ سانتی متر ۵ ماه بعد از
تسطیح



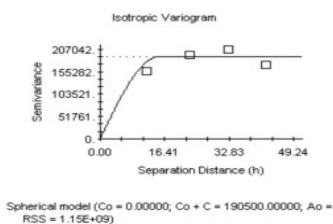
لایه ۲۵-۳۰ سانتی متر ۳ ماه بعد از
تسطیح



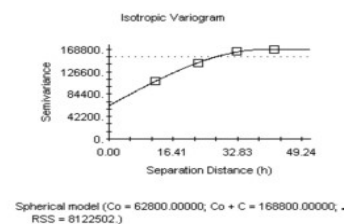
لایه ۲۵-۳۰ سانتی متر قبل از تسطیح



لایه ۳۰-۳۵ سانتی متر ۵ ماه بعد از
تسطیح



لایه ۳۰-۳۵ سانتی متر ۳ ماه بعد از
تسطیح



لایه ۳۰-۳۵ سانتی متر قبل از تسطیح

ادامه شکل ۱- مدل های تغییر نما برای مقاومت به نفوذ در لایه های مختلف خاک.

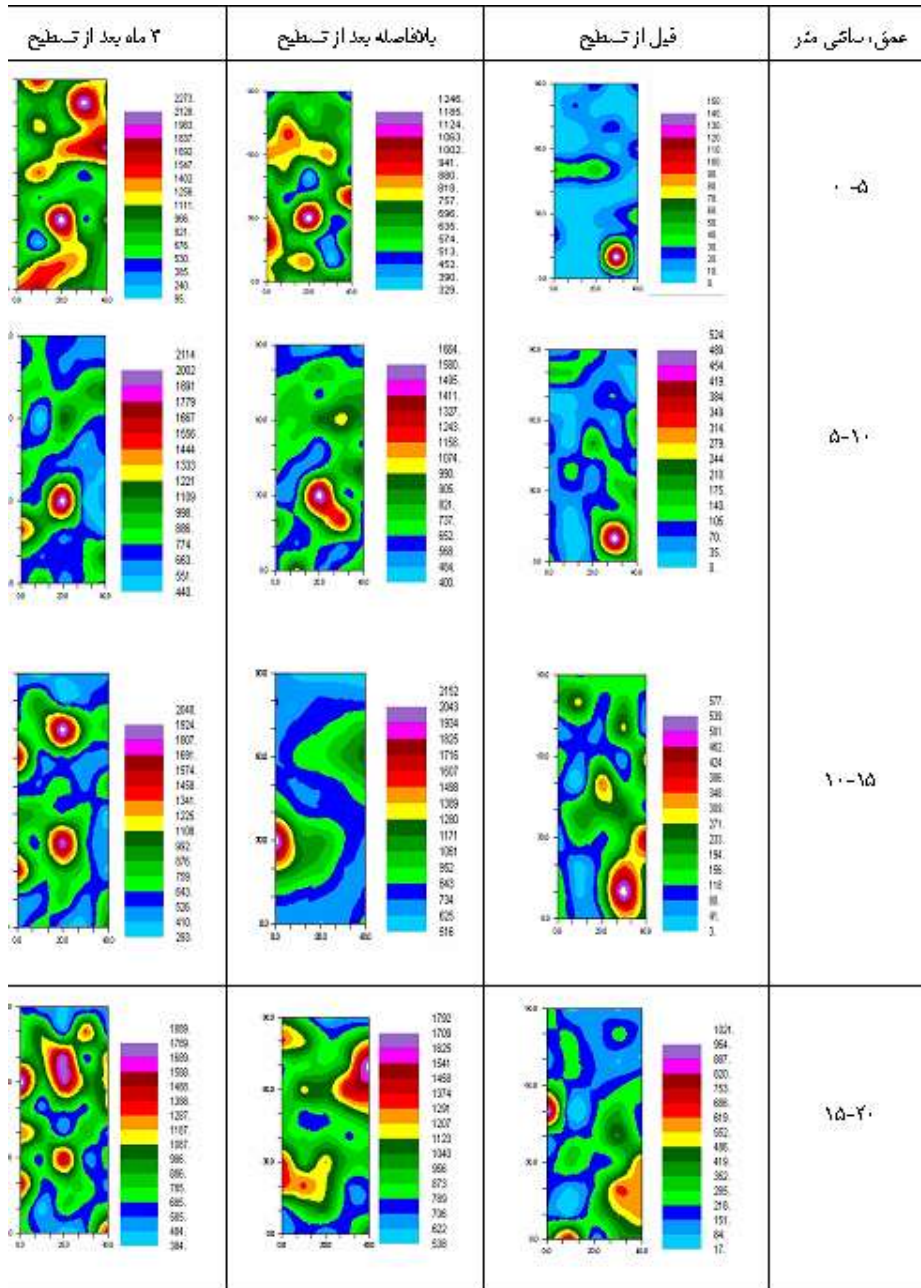
تعیین کیفیت شخم

قطر متوسط وزنی کلوخه ها بعنوان شاخص کیفیت شخم در مزرعه لورک برای ۳ و ۵ ماه پس از تسطیح به ترتیب ۳۶/۶ و ۴۱/۱ میلی متر محاسبه شد و از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد تفاوتی بین آنها مشاهده نشد که احتمالاً به علت فاصله زمانی کم بین دو آزمایش است.

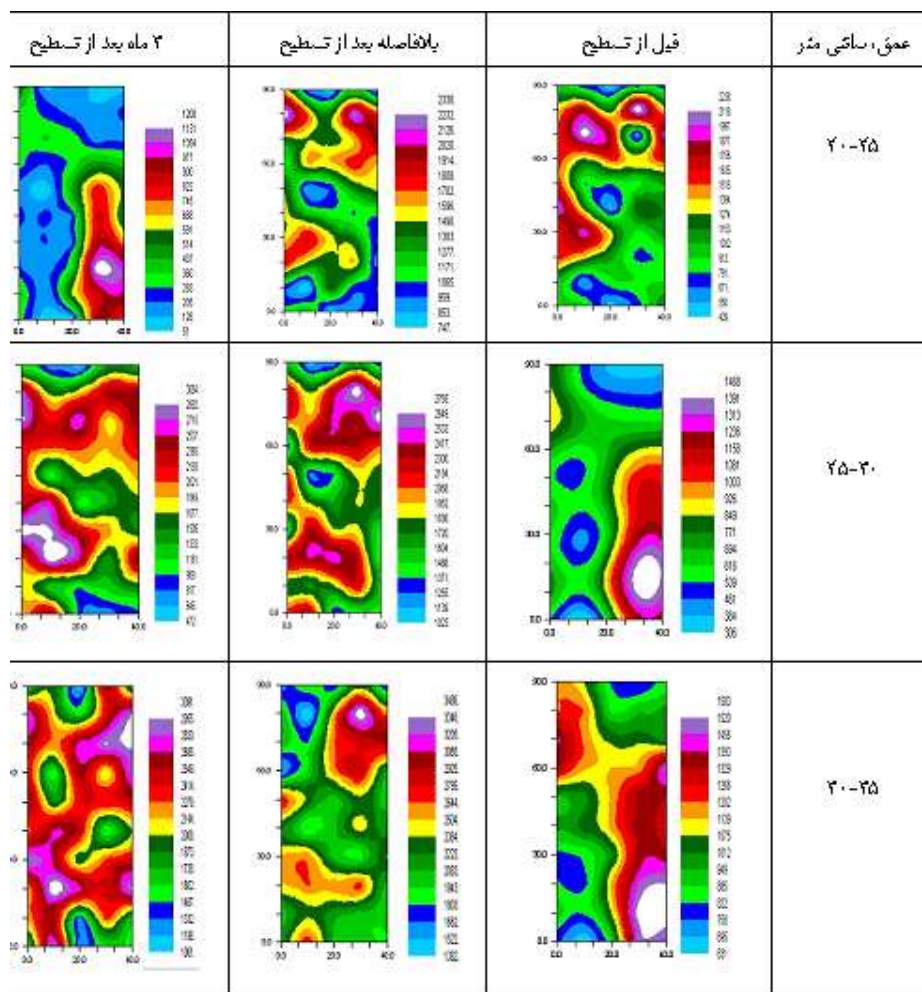
نتیجه گیری

مقدار مقاومت به نفوذ خاک در لایه های مختلف بعد از تسطیح در مقایسه با مقاومت به نفوذ قبل از تسطیح در لایه های مختلف همگی روند افزایشی را نشان می دهند این پدیده در لایه های سطحی بیشتر بوده است که اثر تردد ماشین حین عملیات تسطیح را

نشان می دهد. بین مقادیر قطر متوسط وزنی کلوخه ها ب عنوان شاخص کیفیت شخم در زمان های مختلف پس از تسطیح تفاوتی از لحاظ آماری مشاهده نگردید که احتمالاً ناشی از فاصله زمانی کم بین دو آزمایش ود.



شکل ۲- نقشه تغییر پذیری مقاومت خاک (کیلو پاسکال) در لایه های مختلف زمین آزمایشی



ادامه شکل ۲- نقشه تغییر پذیری مقاومت خاک (کیلو پاسکال) در لایه های مختلف زمین آزمایشی

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از طرح پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان تحت عنوان "اثر عملیات تسطیح لیزری توسط ماشین های تسطیح کششی بر فشردگی خاک مزرعه" و به شماره ۱۱AGB می باشد که بدینوسیله از معاونت پژوهشی و شورای هما هنگی تحقیقات دانشگاه که امکانات اجرای این مطالعه را فراهم نمودند تشکر و قدردانی می گردد. همراهی و راهنمایی صمیمانه آقایان دکتر فتحیان پور و دکتر موسوی قابل تقدیر و تشکر است. از سازمان کشاورزی استان اصفهان که ماشین تسطیح را برای انجام آزمایش در اختیار گذاردند تشکر و قدردانی می گردد. همچنین زحمات آقای مهندس اسماعیلی، آقایان بردباران، مجتبی هاشمی و نوروز علی عزیزی در طول اجرای طرح قابل تشکر و قدردانی است.

منابع:

۱. ابن جلال، ر، ۱۳۸۲. روشهای نوین نقشه برداری. انتشارات دانشگاه شهید چمران. ۴۲۰ صفحه.
۲. بای بوردی، م، ۱۳۷۲. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۷۱ صفحه.
۳. حسنی پاک، ع. ا، ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئو استاتستیک)، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. لغوی، م. ۱۳۸۲. راهنمای کشاورزی دقیق (ترجمه)، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران.
۵. لکزبان، ا. ۱۳۶۸. چگونگی تحول، تکامل و بررسی خصوصیات کانی های خاکهای سری خمینی شهر در مزرعه آزمایشی لورک نجف آباد. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. مدنی، ح، ۱۳۷۳. مبانی زمین آمار، چاپ اول، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، واحد تفرش.
۷. موسوی، س. ف. و ن. حاجیان. ۱۳۷۲. تسطیح مستقیم سطوح آبیاری بدون نیاز به سعی و خطا. مجموعه مقالات سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۴-۶ اردیبهشت، تهران، صفحات ۲۰۴-۱۹۳.
8. Anderson, G. 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *J. Soil Sci.* 31:279-296.
9. ASAE Standards, 45th Ed. 1998. S313.2. Soil Cone Penetrometer. ASAE.
10. Baldok, J. and A. B. D. Kay. 1987. Influencing of cropping history and chemical treatment on the water-stable aggregation at a silt loam soils. *Can. J. Soil. Sci.* 67:501-511
11. Brye, K., N. Slaton., M. Savin., R. Norman and D. Miller. 2003. Short-term effects of land leveling on soil physical properties and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67(5):1405-1417.
12. Dexter, A. R., R. Horn and W. D. Kemper. 1988. Two mechanisms for age-hardening of soil. *J. Soil Sci.* 39:163-175
13. Ferrero, A., B. Usowicz and J. Lipiec. 2005. Effects of tractor traffic on spatial variability of soil strength and water content in grass covered and cultivated sloping vineyard. *Soil. Till. Res.* 84:127-138.
14. Jonish, J., E. Bishay and H. Dregne. 1987. Benefits and costs of laser land leveling in Egypt. *Proceedings of 2nd International Desert Development Conference, Cairo, Egypt, 25-31 January 1987.* 171-185.
15. Pirmoradian, N., A. R. Sepaskhah and M. A. Hajabbasi. 2005. Application of fractal theory to quatify soil aggregate stability as influence by tillage treatments. *Biosystem Engineering.* 90(2):227-234
16. Veronese Ju'nior, V., M. P. Carvalho, J. Dafonte, O. S. Freddi, E. Vidal Va'zquez and O. E. Ingaramo, 2006. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian ferralsol. *Soil. Till. Res.* 85:166-177.
17. WenTao, R., H. ZhongFei., C. HongGuang., Y. ChengTong., L. Yong., W. YuJia., Z. Zhangyo. and L. BaoFa. 2003. Effect of laser-controlled land leveling and baby rice seedling direct planting on saving water. *Trans Chinese Soc. Agric. Eng.* 19(3):72-75.