بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی حفاظتی بر جرم مخصوص ظاهری خاک

اصغر محمودی[1*]، آرمان جلالی[2]، مصطفی ولیزاده[3] و ایرج اسکندری[4]

۱- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز. a_mahmoudi@tabrizu.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه بیوتکنولوزی، دانشگاه تبریز

۴- مربی و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات دیم مراغه

چکیده:

خاک‌ورزی با مهیا کردن وضعیت مناسب خاک، برای جذب رطوبت و دمای کافی برای جوانه‌زنی و رشد بذر و هم‌چنین با کاهش مقاومت به نفوذ خاک، سبب توسعه آسان‌تر ریشه می‌گردد. با توجه به مزایای خاک‌ورزی حفاظتی و کمبود تحقیق علمی روی ادوات خاک‌ورزی حفاظتی وارداتی و تولید داخل و اهمیت فاکتورهای سرعت و عمق خاک‌ورزی بر عملکرد انواع خاک‌ورزها، این تحقیق در قالب طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در دو شهرستان بستان‌آباد و هشترود اجرا گردید. فاکتور اصلی عمق خاک‌ورزی (در دو سطح ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) و فاکتور فرعی سرعت خاک‌ورزی (در چهار سطح، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت برای شهرستان بستان‌آباد و ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت برای شهرستان هشترود) در چهار تکرار با استفاده از خاک‌ورز مرکب آگرومت پنج شاخه ساخت شرکت سازه کشت بوکان، با استفاده از دو دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹ به ترتیب در شهرستان-های بستان‌آباد و هشترود، انجام گرفت. در این تحقیق اثر هر دو فاکتور روی ویژگی جرم مخصوص ظاهری خاک (در دو عمق نمونه‌برداری ۱۰-۵ و ۲۰-۱۵ سانتی‌متر) بررسی شد. در شهرستان‌های بستان‌آباد و هشترود، اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک، به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. اثر عمق نمونه‌برداری بر جرم مخصوص ظاهری خاک در هشترود و بستان‌آباد به ترتیب با سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار گردید. در حالت کلی نتایج نشان داد که با افزایش سرعت خاک‌ورزی، جرم مخصوص ظاهری خاک، کاهش پیدا کرد و روش‌های خاک‌ورزی عمیق باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک شدند. می‌توان نتیجه گرفت

بهترین سرعت، خاک‌ورزی ۱۰ کیلومتر بر ساعت و عمق ۱۰ سانتی‌متر برای دستگاه آگرومت پنج شاخه در هر دو شهرستان می‌باشد.

کلمات کلیدی: جرم مخصوص ظاهری، خاک، خاک‌ورزی حفاظتی، سرعت، عمق

مقدمه

جرم مخصوص ظاهری خاک، بستگی به ساختار خاک و چگالی ذرات خاک (شن، رس، سیلت) دارد. بسیاری از سنگ‌ها دارای چگالی ظاهری ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به صورت ایده‌آل می‌باشند. یک خاک با بافت متوسط، با حدود ۵۰ درصد منافذ، دارای حدود ۱/۳۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب جرم مخصوص ظاهری است. جرم مخصوص ظاهری معمولاً با افزایش عمق خاک افزایش می‌یابد تا زمانی که سطح زیرین دارای کمبود مواد آلی، تراکم و مقاومت به نفوذ قابل مقایسه‌ای با سطح خاک باشد، در این صورت فضای منافذ خاک کاهش یافته است (Arshad *et al.*, 1996).

جرم مخصوص ظاهری خاک یکی از مهم‌ترین خواص فیزیکی خاک است که تحت تأثیر سیستم خاک‌ورزی قرار دارد (Voorheese and Linstrom, 1984). جرم مخصوص ظاهری با نوع محصول کشاورزی و مدیریت مزرعه تغییر می‌کند و متأثر از پوشش خاک، مواد آلی، ساختار و تخلخل خاک است. هرگونه عملیات برای بهبود ساختار خاک با کاهش جرم مخصوص ظاهری همراه خواهد بود، در حالی که در بعضی مواقع، ممکن است آنی و زودگذر باشند. هر سیستم خاک‌ورزی که سبب پوشش خاک توسط بقایا گردد (خاک‌ورزی حفاظتی) باعث افزایش مواد آلی خاک می‌گردد که این به نوبه‌ی خود سبب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Arshad *et al.*, 1996).

جرم مخصوص ظاهری خاک‌های شخم خورده، غالباً کم‌تر از آن شخم نخورده یا کم شخم خورده است همچنین گزارش شده که جرم مخصوص ظاهری خاک در سطح خاک شخم خورده کمتر از عمق خاک است. (Celik and Altikat, 2010) البته در این رابطه نباید نوع و نحوه کاربرد وسایل به‌کار رفته در خاک‌ورزی را از نظر دور داشت. زیرا تردد ماشین‌ها و ادوات سنگین موجب ایجاد یک لایه سخت در زیر قسمت شخم خورده می‌شود که با فشرده ساختن خاک، موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری می‌گردد. نتیجه این عمل کاهش نفوذپذیری خاک، کم شدن توسعه ریشه‌های گیاهی و کاهش عملکرد محصول می‌باشد (Lindstrrom and onstad, 1984). اختلاف موجود در خواص فیزیکی خاک ناشی از روش‌های خاک‌ورزی، عموماً ناپایدار بوده و خلل و فرج ایجاد شده در اثر خاک‌ورزی پس از بارندگی یا آبیاری از بین می‌رود (Ahuja *et al.*, 1998). (Krol *et al.*, 2013) در تحقیق انجام گرفته روی اثر خاک‌ورزی بر خواص فیزیکی خاک به این نتیجه رسیدند که افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش خلل و فرج در اثر استفاده مکرر عملیات خاک‌ورزی در عمق زیاد حادث می‌شود و جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق خاک، افزایش می‌یابد. در تحقیقی دیگر روی اثر خاک‌ورزی بر خواص فیزیکی خاک به این نتیجه رسیدند که در خاک شخم خورده،

سطح خاک نرم‌تر از خاک زیرین می‌باشد (Osunbitan *et al*., 2005). تخلخل، پایداری و ساختمان خاک، تحت تأثیر فشردگی خاک قرار می‌گیرد (Mohajer and Asoudar, 2011).

بی‌ثباتی به وجود آمده در ساختمان خاک و فشردگی آن و مصرف زیاد انرژی، از معایب خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. با توجه به مزایای خاک‌ورزی حفاظتی و واردات و تولید انواع خاک‌ورزهای حفاظتی در داخل کشور و انجام تحقیقات کم‌تر روی عملکرد این ادوات در سطح کشور، این تحقیق در قالب طرح آزمایشی اسپلیت پلات (کرت‌های خرد شده) بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با فاکتورهای سرعت خاک‌ورزی در چهار سطح، عمق خاک‌ورزی در دو سطح و در چهار تکرار با استفاده از خاک‌ورز مرکب آگرومت ۵، ساخت شرکت سازه کشت بوکان که در منطقه آذربایجان‌شرقی بیش‌تر رواج یافته، در دو شهرستان بستان‌آباد و هشترود، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از دستگاه آگرومت ساخت شرکت سازه کشت بوکان که مشخصات آن در شکل ۱ و جدول ۱ ارایه شده است، در دو شهرستان بستان‌آباد (روستای آلوار) و هشترود (روستای قویون قشلاق)، در مزارعی با نوع بافت خاک ماسه لومی خوب دانه‌بندی شده، که در سال زراعی ۹۱-۹۰ توسط زارعین زیر کشت گندم بودند، در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار به مرحله‌ی اجرا گذاشته شد. فاکتور اصلی عمق خاک‌ورزی (در دو سطح ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) و فاکتور فرعی سرعت خاک‌ورزی در چهار سطح (۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت در شهرستان بستان‌آباد و ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ کیلومتر بر ساعت در شهرستان هشترود) در نظر گرفته شد. جرم مخصوص ظاهری خاک (در دو عمق ۵-۱۰ و ۱۵-۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک) اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مشخصات خاک‌ورز حفاظتی

تیغه‌ها : نوک تیغه و باله‌ها (چپ و راست) همگی به صورت جدا با پیچ وصل شده‌اند و می‌توانند به صورت مستقل عوض گردند. دیسک‌های مقعر : دو جفت دیسک مقعر با لبه‌های دندانه‌دار، که دیسک‌های هر جفت خلاف جهت هم، روی یک ساقه فنری نصب شده‌اند، از آن جا که توپی دیسک‌های مقعر یک واحدند هر دوی آن‌ها می‌توانند به طور هم‌زمان به عمق کاری یکسان با دیگری برسند که باعث کار آرایی پیوسته و منظم خاک‌ورز می‌گردد. غلتک قفسه‌ای : خاک‌ورز مرکب به یک غلتک قفسه‌ای دندانه‌ای مضرس به قطر ۳۰۰ میلی‌متر مجهز می‌باشد. این غلتک‌ها دست‌یابی به عمق کاری دقیق‌تر را تسهیل می‌نمایند.

شکل ۱. آگرومت ۵ شاخه.

جدول۱. مشخصات دستگاه خاک‌ورز حفاظتی آگرومت ۵ شاخه.

Agromet 5	
عرض کار (سانتی‌متر) Working width	190
ساقه دوباره نشین خودکار Number of tins	5
تعداد دیسک Number of disks	4
قطر دیسک (cm) Disks Diameters	40
قدرت مورد نیاز (اسب بخار) Power required	75
وزن دستگاه (کیلوگرم) weight	600

بعد از برداشت گندم کشت شده و بعد از جمع‌آوری بقایای روی خاک، با استفاده از استوانه‌های نمونه‌برداری به قطر ۴/۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۵ سانتی‌متر و حجم ۹۴/۵ سانتی‌متر مکعب، نمونه‌های دست نخورده از عمق‌های ۵-۱۰ و ۱۵-۲۰ سانتی‌متر برداشته شد. برای نمونه‌برداری ابتدا به اندازه‌ی ۵ سانتی‌متر از سطح خاک به آرامی کنار زده شد. استوانه نمونه برداری در سطح خاک قرار گرفته و با استفاده از چکش مخصوص در خاک فرو برده شد. سپس به آرامی، خاک‌های اطراف استوانه و بالای آن را کنار زده و استوانه از خاک بیرون آورده شده و درپوش بالایی آن قرار داده شد. خاک‌های طرف دیگر با استفاده از کاردک تمیز شده و بعد از قرار دادن درپوش طرف دیگر توزین گشت. سپس در پلاستیکی که قبلاً برای آن مسیر و کرت مشخص شده بود قرار داده شد. برای

جلوگیری از خروج رطوبت، از پلاستیک‌های ZIPKIP استفاده گردید. نمونه‌برداری جرم مخصوص ظاهری در دو مرحله قبل و بعد از ارزیابی انجام گرفت.

در آزمایشگاه نمونه‌ها در آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت توزین و از رابطه۱ جرم مخصوص ظاهری محاسبه شد.

جرم مخصوص ظاهری (BD) به صورت وزن خشک خاک (W_d) در آون به حجم نمونه‌ی (V) دست نخورده – کـه بسـتگی به ذرات خاک دارد – تعریف می‌گردد (Marshall and Holmez, 1999) :

$$BD= W_d /V \qquad (۱)$$

BD= جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب).

W_d= وزن خشک خاک (گرم).

V= حجم نمونه‌ی دست نخورده (سانتی‌متر مکعب).

با توجه به معنی‌دار نبودن خطای فاکتور اصلی (عمق خاک‌ورزی) نسبت به خطای فاکتور فرعی (سرعت خاک‌ورزی) تجزیه آماری به صورت فاکتوریل انجام گرفت و عمق نمونه‌برداری به عنوان فاکتور سوم در نظر گرفته شد.

مقایسه میانگین داده‌ها با روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq ۰/۰۱$) انجام گرفت.

تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌ها و رسم نمودارها به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16.0 و Excel انجام گرفت.

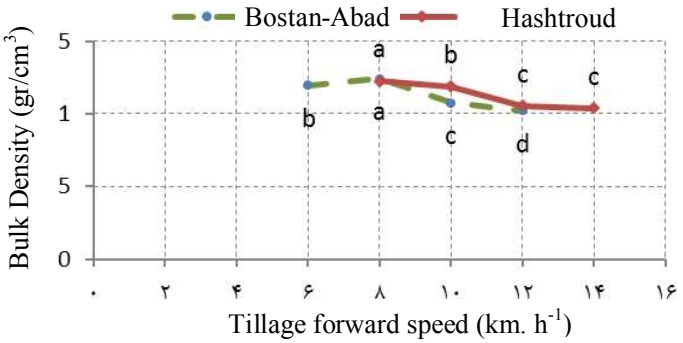
نتایج وبحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سرعت خاک‌ورزی (S)، عمق خاک‌ورزی (D) و عمق نمونه برداری (Sa) بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک (BD) در جدول ۲ نشان داده شده است. در بستان‌آباد، اثر سرعت خاک‌ورزی، اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی (S × D) در سطح احتمال یک درصد ($P \leq ۰/۰۱$) و اثرعمق خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شده، ولی اثرات متقابل S × Sa، D × Sa و S × D × Sa معنی‌دار نشدند. در هشترود اثر سرعت خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq ۰/۰۱$) و اثر عمق خاک‌ورزی و اثر متقابل سرعت و عمق خاک-ورزی(S × D) در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شده، ولی اثرات متقابل S × Sa، D × Sa و S × D × Sa معنی-دار نشدند.

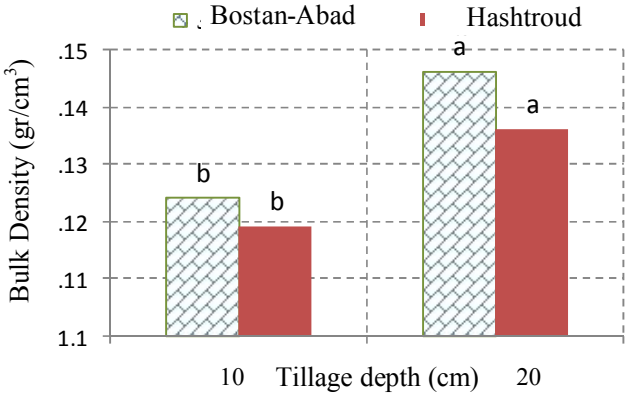
جدول۲. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر سرعت خاک‌ورزی (S)، عمق خاک‌ورزی (D) و عمق نمونه برداری (Sa) بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در بستان‌آباد و هشترود.

تیمارها Treatment	درجه آزادی Degree of freedom	جرم مخصوص ظاهری Bulk density	
		بستان‌آباد Bostan-Abad	هشترود Hashtroud
سرعت (S) Forward Speed	3	0.164^{**}	0.140^{**}
عمق خاک‌ورزی (D) Tillage depth	1	0.008^{*}	0.005^{*}
S × D	3	0.020^{**}	0.004^{*}
عمق نمونه برداری (Sa) Sample Depth	1	0.008^{*}	0.029^{**}
S × Sa	3	$^{ns}0.004$	$^{ns}0.002$
D × Sa	2	$^{ns}0.004$	$^{ns}0.001$
S × D × Sa	3	$^{ns}0.006$	$^{ns}0.006$
خطا Error	48	0.002	0.002
ضریب تغییرات (٪) C.V.	-	3.86	4.99

**، * و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۲. اثر سرعت خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک.



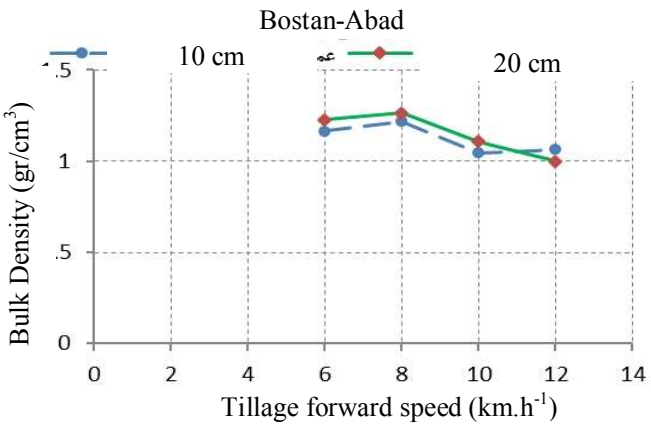
شکل۳. اثر عمق خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک.

بر اساس نتایج، با افزایش سرعت خاک‌ورزی، میزان جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد (شکل ۲ و ۳) که یکی از دلایل کاهش وزن مخصوص در سرعت‌های بالاتر این است که وقتی کافی برای اعمال وزن تراکتور و دستگاه بر خاک وجود ندارد تا تراکم به وجود آید هم‌چنین افزایش جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق خاک‌ورزی مشاهده شد. در بررسی اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در شهرستان بستان‌آباد (شکل ۴ و ۵)، با افزایش سرعت و کاهش عمق خاک‌ورزی، کاهش در میزان جرم مخصوص ظاهری مشاهده شد. یکی از دلایل این کاهش، ایجاد تخلخل زیاد در خاک است. بدین معنی که با افزایش سرعت خاک‌ورزی، خاک بیش‌تر جابجا شده و در نتیجه خلل و فرج خاک افزایش یافته و میزان جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. از نظر اثر عمق خاک‌ورزی روی جرم مخصوص ظاهری خاک، با افزایش عمق خاک‌ورزی، افزایش در میزان جرم مخصوص ظاهری مشاهده شده است. یکی از دلایل این افزایش، فضای کم برای جابجایی ذرات خاک در عمق می‌باشد.. از دلایل دیگر می‌توان به وقوع عمق بحرانی اشاره نمود. بدین صورت که با افزایش عمق کاری دیگر خاک به سمت بالا در قسمت پایین واحد خاک‌ورز هدایت نمی‌گردد و خاک صرفاً به طرفین (عمود بر جهت حرکت) فشار داده می‌شود. که در نتیجه این فشار سبب تراکم خاک در سطح زیرین و کاهش تخلخل می‌گردد که این منجر به افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق بیش‌تر می‌شود، ولی در بالای عمق بحرانی یا نزدیک به سطح خاک، که به سمت بالا دانه-های خاک هدایت می‌شوند موجب پراکندگی خاک به طرفین و در نتیجه کاهش جرم خصوص خاک و تخلخل خاک می‌گردد. علت ثابت ماندن میزان جرم مخصوص ظاهری در هشترود با افزایش سرعت از ۱۰ به ۱۲ کیلومتر بر ساعت، مربوط به محدوده جرم مخصوص ظاهری می‌باشد، که دیگر نمی‌تواند از یک مقدار کمتر گردد. در بستان‌آباد، کم‌ترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار، S_4D_2 با مقدار ۰/۹۸۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب حادث شده و بیش‌ترین میزان در تیمار S_2D_2 با مقدار ۱/۲۶۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. در هشترود بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار S_1D_2 با مقدار ۱/۳۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و کم-ترین میزان مربوط به تیمار S_3D_1 به مقدار ۱/۰۲۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد (جدول۳).

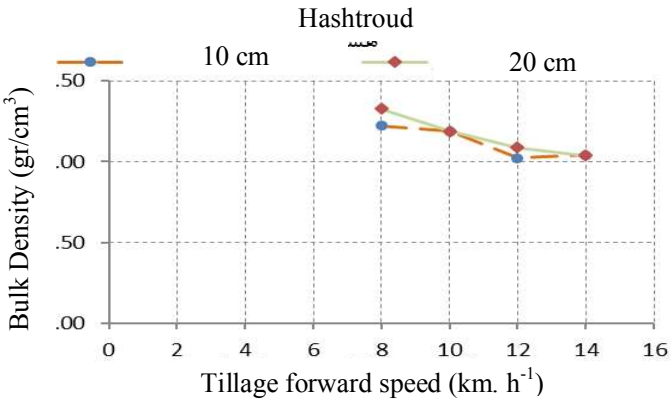
جدول۳. مقایسه میانگین مربوط جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌ها و سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی.

مکان Field	عمق Depth / سرعت Forward Speed	۶ کیلومتر بر ساعت 6 Km h^{-1}	۸ کیلومتر بر ساعت 8 Km h^{-1}	۱۰ کیلومتر بر ساعت 10 Km h^{-1}	۱۲ کیلومتر بر ساعت 12 Km h^{-1}	۱۴ کیلومتر بر ساعت 14 Km h^{-1}
بستان‌آباد Bostan-Abad	۱۰ سانتی‌متر (D_1) 10 Centimeter	c1.17	b1.22	e1.05	de1.07	----
	۲۰ سانتی‌متر (D_2) 20 Centimeter	ab1.23	a1.26	d1.11	f1.00	----
هشترود Hashtroud	۱۰ سانتی‌متر (D_1) 10 Centimeter	-----	a1.22	b1.19	d1.02	d1.04
	۲۰ سانتی‌متر (D_2) 20 Centimeter	-----	a1.33	b1.19	cd1.09	d1.04

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهند.

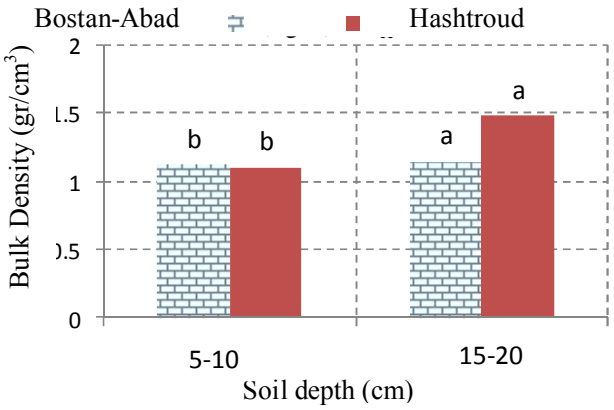


شکل ۴. جرم مخصوص ظاهری خاک در سرعت و عمق‌های مختلف خاک‌ورزی- بستان‌آباد.



شکل ۵. جرم مخصوص ظاهری خاک در سرعت و عمق‌های مختلف خاک‌ورزی – هشترود.

در ارتباط با اثر عمق نمونه برداری بر جرم مخصوص ظاهری خاک (شکل ۶)، با افزایش عمق خاک، افزایش در میزان جرم مخصوص ظاهری مشاهده می‌شود. یکی از دلایل این افزایش فشردگی در اثر تردد ادوات و ماشین‌های کشاورزی در سطح خاک می‌باشد. این فشردگی همچنین به دلیل استفاده از خاک‌ورزی در عمق ثابت از بین نرفته و در نتیجه با افزایش عمق خاک‌ورزی میزان جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد.



شکل ۶. اثر عمق نمونه‌برداری بر جرم مخصوص ظاهری خاک.

برای تعیین مناسب‌ترین سرعت و عمق خاک‌ورزی از لحاظ میزان جرم مخصوص ظاهری، تجزیه مرکب انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب اثر سرعت خاک‌ورزی (S)، عمق خاک‌ورزی (D)، عمق نمونه‌برداری (Sa) و مکان خاک‌ورزی (L) بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر مکان خاک‌ورزی، سرعت خاک‌ورزی و اثرات متقابل S × L، S × D و S × Sa، S × L (شکل۷ و ۸) و اثر متقابل سه‌گانه S × Sa × L در سطح احتمال یک درصد ($P \leq ۰/۰۱$) و

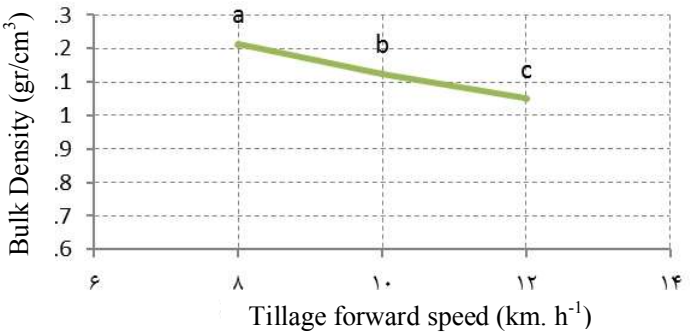
اثر عمق نمونه‌برداری و اثر متقابل سه‌گانه $S \times D \times L$ در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شدند. ولی اثر عمق خاک‌ورزی و اثرات متقابل $D \times Sa$، $S \times D \times Sa$، $D \times L$، $Sa \times L$، $D \times Sa \times L$ و $S \times D \times Sa \times L$ معنی‌دار نبودند.

در ارتباط با اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی (شکل ۸)، با افزایش سرعت خاک‌ورزی، در هر دو عمق خاک‌ورزی، جرم مخصوص ظاهری کاهش یافت. این کاهش در شکل ۷ که مربوط به اثر سرعت خاک‌ورزی روی جرم مخصوص ظاهری خاک می‌باشد به صورت معنی‌دار می‌باشد. علت تغییر ترکیب در سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت، محدوده کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌باشد. بدین معنی که بیش از این مقدار جرم مخصوص ظاهری کاهش نمی‌یابد، زیرا که، خاک در حالت طبیعی و بدون فشردگی دارای یک مقدار جرم مخصوص ظاهری است. به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین میزان جرم مخصوص ظاهری در ترکیب تیماری S_1D_2 و S_3D_2 با مقادیر ۱/۲۱ و ۱/۰۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب حادث شده است.

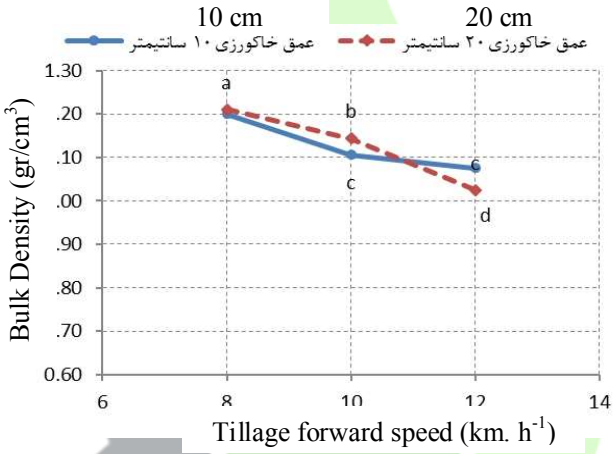
جدول۳. تجزیه واریانس مرکب و اثر متقابل سرعت خاک‌ورزی، عمق خاک‌ورزی، عمق نمونه برداری و مکان خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک.

تیمارها Treatments	درجه آزادی Degree freedom	جرم مخصوص ظاهری Bulk Density
مکان (L) Field	1	0.022**
خطا error	6	0.013
سرعت (S) Forward Speed	2	0.213**
S × L	2	0.048**
عمق خاک‌ورزی (D) Tillage depth	1	ns0.000
D × L	1	ns0.001
S × D	2	0.017**
S × D × L	2	0.010*
عمق نمونه برداری (Sa) Soil Depth	1	0.013*
Sa × L	1	ns0.000
S × Sa	2	0.016**
D × Sa	1	ns0.000
S × Sa × L	2	0.023**
D × Sa × L	1	ns0.001
S × D × Sa	2	ns0.007
S × D × Sa × L	2	ns0.002
خطا error	66	0.002
ضریب تغییرات (٪) C.V.	-	18.10

**، * و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند.

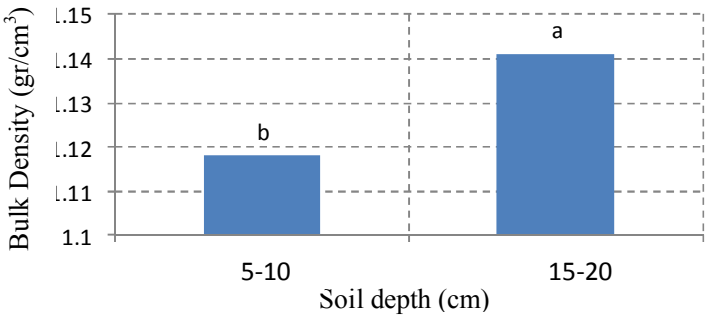


شکل ۷. اثر سرعت خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک.

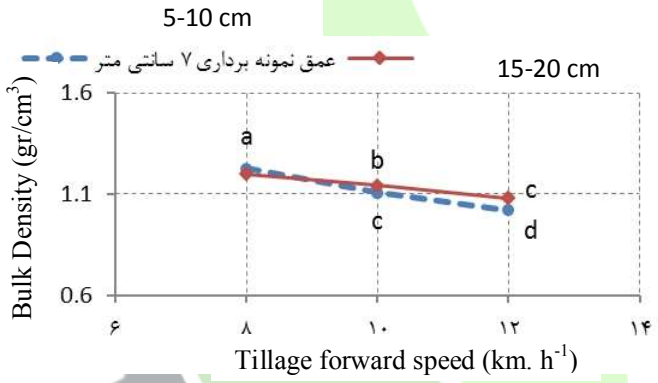


شکل ۸. مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در سرعت و عمق مختلف خاک‌ورزی در تجزیه مرکب.

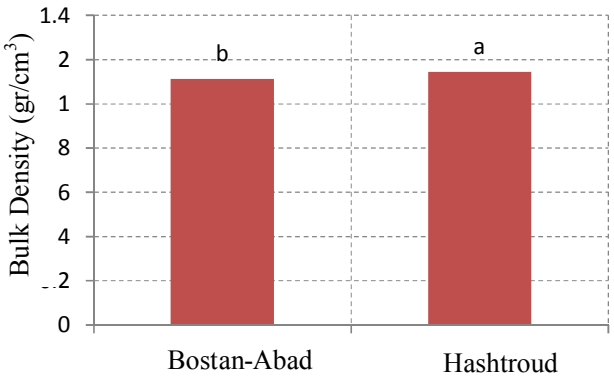
با توجه به شکل ۱۰، در ارتباط با اثر متقابل سرعت و عمق نمونه‌برداری روی جرم مخصوص ظاهری خاک، با افزایش سرعت خاک‌ورزی جرم مخصوص ظاهری کاهش یافته و با افزایش عمق خاک‌ورزی جرم مخصوص افزایش یافته است که در شکل ۹ نیز این نتیجه مشاهده می‌گردد. در سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت در عمق ۱۵–۲۰ سانتی‌متر جرم مخصوص ظاهری کم‌تر از عمق ۵–۱۰ سانتی‌متر می‌باشد ولی معنی‌دار نیست.



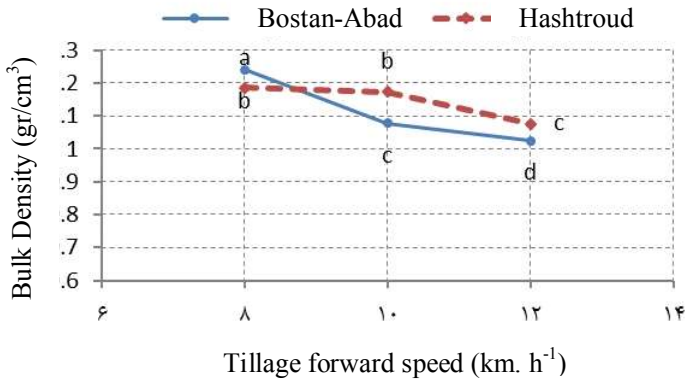
شکل ۹. اثر عمق نمونه برداری بر جرم مخصوص ظاهری خاک (تجزیه مرکب).



شکل ۱۰. مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی و عمق نمونه برداری در تجزیه مرکب.



شکل ۱۱. جرم مخصوص ظاهری خاک در مکان‌های مختلف خاک‌ورزی در تجزیه مرکب.



شکل ۱۲. مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در سرعت و مکان‌های مختلف خاک‌ورزی در تجزیه مرکب.

جدول ۴. مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در تجزیه مرکب در سرعت، عمق خاک‌ورزی و مکان خاک‌ورزی.

مکان Field	سرعت Forward Speed / عمق Depth	۸ کیلومتر بر ساعت 8 Km h-1	۱۰ کیلومتر بر ساعت 10 Km h-1	۱۲ کیلومتر بر ساعت 12 Km h-1
بستان‌آباد Bostan-Abad	۱۰ سانتی‌متر 10 Centimeter	b1.22	e1.05	de1.07
	۲۰ سانتی‌متر 20 Centimeter	a1.26	d1.11	f0.98
هشترود Hashtroud	۱۰ سانتی‌متر 10 Centimeter	bc1.19	c1.17	de1.08
	۲۰ سانتی‌متر 20 Centimeter	bc1.18	bc1.18	de1.07

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهند.

جدول۵. مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی، عمق نمونه‌برداری و مکان‌های مختلف خاک‌ورزی در تجزیه مرکب.

مکان Field	عمق Depth / سرعت Forward Speed	۸ کیلومتر بر ساعت 8 Km h^{-1}	۱۰ کیلومتر بر ساعت 10 Km h^{-1}	۱۲ کیلومتر بر ساعت 12 Km h^{-1}
بستان‌آباد Bostan-Abad	۱۰ سانتی‌متر 10 Centimeter	a1.24	e1.04	e1.02
	۲۰ سانتی‌متر 20 Centimeter	a1.25	d1.11	e1.02
هشترود Hashtroud	۱۰ سانتی‌متر 10 Centimeter	ab1.21	c1.17	e1.02
	۲۰ سانتی‌متر 20 Centimeter	cd1.15	bc1.17	cd1.17

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهند.

نتیجه گیری

جرم مخصوص ظاهری خاک ، با افزایش سرعت، کاهش و با افزایش عمق خاک‌ورزی، افزایش یافته است. مناسب‌ترین سرعت خاک‌ورزی با توجه به نتایج بدست آمده از جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ، ۱۰ کیلومتر بر ساعت و عمق خاک-ورزی ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. در استفاده از این دستگاه در دو منطقه بستان‌آباد و هشترود، در کل، سرعت خاک‌ورزی ۱۰ کیلومتر بر ساعت و عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر توصیه می‌گردد.

نتایج این بخش نیز با نتایج حاصل از مطالعات (Boydas and Turgut, 2007; Raper, 2002; Abbaspour et al., 2005) ، در رابطه با بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های مختلف مطابقت کامل دارد. مطابق پژوهش‌های انجام گرفته، افزایش عمق خاک‌ورزی و عمق خاک باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری ولی افزایش سرعت خاک‌ورزی، باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد.

منابع

1. Abbaspour, Y., A. Khalilian, R. Alimardani, A. Kyhani, and H. Sasati, 2006. A comparison of energy requirement of uniformdepth and variable depth tillage as affected by travel speed and soil moisture. Iranian Agricultural Science, 37(4), 573-583.
2. Arshad, M. A., B. Lowery, and B. Grossman, 1996. Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America.
3. Ahuja, L. R., F. Fiedler, G. H. Dunn, J. G. Benjamin, and A. Garrison, 1998. Changes in Soil Water Retention Curves Due to Tillage and Natural Reconsolidation. Soil Science Society of America Journal, 62(5), 1228-1233.
4. Alvarenga, R. C., B. Fernandes, and T. C. Silva, 1987. effect of different methods of soil prepration and maize residue management on bulk density, total porosity and pore size distribution in arid latosal revise ceres. Agron Journal, 8(34), 569-577.
5. Boydas, M. G., and N. Turgut, 2007. Effect of Tillage Implements and Operating Speeds on Soil Physical Properties and Wheat Emergence. Turk J Agric For, 31, 399-412.
6. Carter, L. M., and R. F. Colwick, 1971. Evaluation of tillage systems for cotton production systems. asae, 14, 1116-1121.
7. Cassel, D. K., C. W. Raczkowski, and H. P. Denton, 1995. Tillage Effects on Corn Production and Soil Physical Conditions. Soil Science Society of America, 59(5), 1436-1443.
8. Celik, A., and S. Altikal, 2010. Effects of various strip width and tractor forwards speeds in strip tillage on soil physical properties and yield of silageorn, International Journal of Agricultural science. 169-179
9. Kral, A., J. Lipiel, M. Tursk, and J. Kus, 2013. Effect of organic and convertional management on physical properties of soil aggregates. International Journal of Agro-Physics. 27, 15-21.
10. Lindstrom, M. J., and C. A. Onstad, 1984. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. Journal of Soil and Water Conservation, 39(2), 149-152.
11. Marshall, T. J., J. W. Holmes, and C. W. Rose, 1999. Soil Physics (3 ed.). Syndicate of University of Combridge.
12. Mohajer- Mazandarani, F,. and M. A. Asoudar, 2012. Effect of different tillage systems and pressure wheel on wheat yeild in Izeh city, Khuzestan priviance. Agriculture engineering Institute, 11(1), 1-18
13. Osunbitan, J. A., D. J.Oyedele and K. O.Adekalu, 2005. Tillage effects on bulk density hydraulic conductivity and strength of a loam sand soil in southwestern Nigeria. Soil & Tillage Research, 82: 57-64.
14. Raper, R. L. 2002. The influence of implement type, tillage depth and tillage timing on residue burial. American Society of Agricultural Engineers, 45(5), 1281-1286.

15. Voorhees, W. B., and M. J. Linstorm, 1984. Long term effects of tillage methods on soil tilth independant of wheel trafic compaction. Soil Science Society of America Journal, 48(1), 152-156.
16. Voorhees, W. B. 1983. Relative Effectiveness of Tillage and Natural Forces in Alleviating Wheel-Induced Soil Compaction. Soil Science Society of America, 47(1), 129-133.

E

ffects of Forward speed and Depth of Conservation tillage on Soil Bulk density

Asghar Mahmoudi[1*], Arman Jalali [2], Mostafa Valizadeh[3] and Iraj Eskandari[4]

1- Associate Professor, Department of Agricultural Machine Engineering, Tabriz University of Tabriz. a_mahmoudi@tabrizu.ac.ir

2- Ph.D Student, Department of Agricultural Machine Engineering, Tabriz University of Tabriz

3- Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Tabriz University of Tabriz.

4- Faculty member, Dryland Agriculture Research Institute, Maragheh, Iran.

Abstract

Tillage assists seed growth and germination through providing appropriate conditions for soil to absorb sufficient temperature and humidity. Moreover, the loosened soil makes root penetration easier. With regard the advantages of protective tillage as well as to absence of adequate scientific research on imported protective tillage devices and those which are made inside the country, and considering the importance of tillage depth and speed in different tiller performanc , this investigation was carried out based on random blocks in the form of split plot experimental design. The main factor was tillage depth (10 and 20cm at both levels) and the sub factor was tillage speed, (6, 8, 10, 12 km per hour on four levels for Bostan Abad and 8,10,12,14 km per hour for Hashtroud). It was carried out using conservation tillage implement made in Sazeh Keshte Bukan Company, which is mostly used in Eastern Azerbaijan and by using Massey Ferguson 285, 399 tractors in Bostan Abad and Hashtroud, respectively. In this study, the effect of both factors on the feature of the bulk density of the soil at the sampling depth of 5-10 and 15-20 cm was examined. In Bostan Abad and Hashtroud, the interaction between speed and depth of tillage on soil bulk density, were significant at 1% and 5% of probability level, respectively. Although the effect of sampling depth on soil bulk density, were significant at 1% and 5% of probability level, respectively. On the whole, the results indicated that the increase in the speed of tillage, soil bulk

density, was reduced, the speed of 10 kilometers per hour was the best for this implement work. Also with an increasing depth of tillage, the bulk density increased.

Keywords: bulk density, Soil, Conservation tillage, Speed, Depth