

## بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی حفاظتی بر میزان مقاومت به نفوذ، رطوبت خاک و پوشش بقایای گیاهی

آرمان جلالی<sup>۱\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۱۰

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

\* مسئول مکاتبه E-mail: [a.jalali@tabrizu.ac.ir](mailto:a.jalali@tabrizu.ac.ir)

### چکیده

با توجه به مزایای خاک‌ورزی حفاظتی 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، با استفاده از دو دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹ به ترتیب در بستان‌آباد و هشترود، انجام گرفت. نتایج نشان داد که در بستان‌آباد، اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی بر میزان بقایای گیاهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش سرعت خاک‌ورزی، میزان بقایا کاهش پیدا کرد و مناسب‌ترین سرعت، ۱۰ کیلومتر بر ساعت حاصل شد. با افزایش عمق خاک‌ورزی میزان بقایا نیز کاهش یافت. در هشترود اثر سرعت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با افزایش سرعت میزان بقایا کاهش یافت. در بستان‌آباد و هشترود اثر عمق نمونه‌برداری بر درصد رطوبت، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. افزایش سرعت خاک‌ورزی تأثیری بر میزان رطوبت خاک نداشت، ولی با افزایش عمق خاک‌ورزی، رطوبت خاک افزایش یافت. اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی روی مقاومت به نفوذ در هر دو شهرستان غیر معنی‌دار بودند ولی عمق نمونه‌برداری در شهرستان هشترود، در سطح احتمال یک درصد بر مقاومت به نفوذ معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، خاک‌ورزی، سرعت خاک‌ورزی، عمق

## Effect of Conservation Tillage Speed and Depth on Crop Residue, Soil Moisture and Soil Resistance

Arman Jalali<sup>1</sup>

Received: 18 Mar 2021

Accepted: 29 Jan 2021

1- Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

\*Corresponding author: [a.jalali@tabrizu.ac.ir](mailto:a.jalali@tabrizu.ac.ir)

### Abstract

Tillage implement and those which are made inside the country, and considering the importance of tillage depth and speed in different tiller performances, 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. Regarding tillage speed effect for studies characteristics at 1% probability level ( $P<0/01$ ) remaining amount of plants was effective. From tillage depth effect in probability level of 5% ( $p<0/05$ ) on plant remaining amount was influential. The mutual effect of tillage amount of remaining plants on was significant at probability level of 1% ( $P<0/01$ ). In Hashtroud, effect of tillage speed remaining amount of plants at probability level of 1% ( $P<0/01$ ). Through an increase in tillage speed, remaining amount of plants. Moreover, the optimum speed was concluded 10km per hour. Through an increase in tillage depth, the amount of remaining plants reduced. Tillage depth had significant effect on soil water content ( $p<0/05$ ). Regarding sampling depth effect on soil water content, was significant at 1% ( $P<0/01$ ) and 5% ( $P<0.05$ ) probability level, respectively. In Hashtroud, tillage depth effect on soil water content at probability level of 1% ( $P<0.01$ ). Depth of sampling was significant on humidity percent at probability level of 1% ( $P<0.01$ ). Through an increase in tillage depth, soil water content increases accordingly. The most appropriate tillage.

**Keyword:** Crop Residue, Conservation tillage, Tillage forward speed, Tillage depth

### How to cite:

Jalali, A. 2021. Effect of Conservation Tillage Speed and Depth on Crop Residue, Soil Moisture and Soil Resistance. Journal of Agricultural Mechanization 6 (1): 23-30.

## ۱- مقدمه

اساس خاک‌ورزی حفاظتی، بر حفظ مقدار کافی بقایای گیاهی در سطح خاک، تردد کم‌تر در زمین و دست‌کاری کم‌تر خاک استوار است. هم‌اکنون، خاک‌ورزی حفاظتی به‌عنوان بهترین روش په‌زراعی و حفظ دو منبع با ارزش آب‌و‌خاک مدنظر متخصصین و بهره‌برداران است. پوشش بقایای گیاهی، به‌صورت بقایای محصول قبل که روی سطح مزرعه پخش شده‌اند، می‌باشد که از خاک و بذر محافظت کرده و خاک را در دوره تولید دوباره محصول، بهبود می‌بخشد. زمانی که از گاواهن برگردان‌دار استفاده می‌شود بقایای محصول دفن می‌گردد و این بقایا به‌عنوان مواد آلی در داخل خاک تجزیه می‌شوند (Ratan & Steward, 2012). مزایای پوشش بقایای گیاهی، شامل محافظت از خاک در مقابل فرسایش بادی و آبی، بهبود خاک مزرعه کشت شده، بالا بردن کیفیت ساختمان خاک، بهبود دادن مواد آلی خاک و مشارکت در از بین بردن علف‌های هرز، حشرات و لاروها و پاتوژن‌های گیاهی می‌باشد.

در تحقیق بر روی اثر بقایا بر عملیات کشاورزی در چین مشاهده کردند که با افزایش سرعت پیشروی از ۸ به ۱۲ km/h مقدار بقایا ۲۶/۵ درصد در سطح زمین کاهش می‌یابد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین در تحقیق در باره اثر نوع دستگاه کم خاک‌ورزی در سرعت بالا در پوشش بقایای گیاهی مشاهده نمودند که نوع دستگاه بر میزان پوشش بقایای گیاهی اثری ندارد (Zeng & Chen, 2018).

(Liu et al., 2010) در تحقیق در باره اثر سرعت خاک‌ورزی و طول بقایا به این نتیجه رسیدند که با در سرعت یکسان بقایا با طول بیشتر، کمتر دفن می‌شوند.

بقایای سرپا، حداکثر مقاومت در مقابل فرسایش آبی و بادی را نشان می‌دهند، ولی بقایای خوابیده، هر چند در برابر ضربات باران از خاک محافظت می‌کنند ولی در صورت وقوع جریان‌ات سطحی آب (روان آب) قادر به حفظ و نگهداری کامل ذرات خاک نیستند. به‌منظور دستیابی به حداکثر حفاظت خاک پوشش ۵۰-۳۰ درصدی سطح خاک مزارع با بقایای گیاهی پس از کاشت محصول ضروری است. این عدد در مزارع فاقد محصول و یا آیش به ۹۰-۸۰ درصد افزایش می‌یابد (Wortman et al., 2008). علاوه بر میزان سطح پوشیده شده با بقایای گیاهی، نحوه توزیع بقایا نیز دارای اهمیت است. به‌عبارت‌دیگر تجمع بقایا در محل‌های خاص و به‌طور غیریکنواخت نمی‌تواند عامل مؤثری در جهت کاهش شدت فرسایش خاک باشد. استفاده از کلش خردکن در انتهای کمباین با قدرت پرتاب کلش در عرض‌های وسیع و یا استفاده از هرس (دندان‌های)، می‌تواند به‌توزیع یکنواخت‌تر بقایا در سطح خاک کمک کند. توزیع غیریکنواخت بقایا در سطح خاک، مانع عملکرد صحیح قسمت‌های مختلف کارنده‌های بی خاک‌ورزی نیز می‌گردد (Dickey et al., 1981).

کاهش فشردگی در اعماق خاک را در استفاده از سیستم بی‌خاک‌ورزی گزارش نمودند. (Lopez et al., 1996)، دریافته‌اند که مقاومت به نفوذ خاک در استفاده از بی خاک‌ورزی افزایش می‌یابد و با مقدار

رطوبت خاک رابطه معکوس دارد. میزان نگهداری آب را می‌توان به‌صورت حجم، اندازه‌گیری و بیان نمود. افزایش در حجم رطوبت نگهداری شده در مزرعه، همیشه به این معنی نیست که آب دسترسی به گیاه افزایش می‌یابد، اگرچه به‌صورت خودکار این دسترسی با افزایش جرم مخصوص ظاهری تا حدی می‌تواند افزایش می‌یابد.

مدیریت بقایای گیاهی از زمان انتخاب نوع محصولات موجود در تناوب گیاهی و انتخاب سیستم ماشینی مناسب به‌طور نظری آغاز و عملاً با برداشت محصول قبلی و آغاز عملیات خاک‌ورزی و کاشت محصول بعدی تداوم می‌یابد. به موازات مسئله فرسایش، کاهش ماده آلی خاک که در اثر عوامل مختلفی رخ می‌دهد، به‌چالش دیگر کشاورزی تبدیل شده است. میزان ماده آلی در اکثر نواحی دیم زیر یک درصد بوده و این امر می‌تواند پیامدهای منفی قابل‌توجهی برای کشاورز را به بار آورد (Wortmann et al., 2008). امروزه مدیریت بقایای گیاهی به‌عنوان یکی از راهکارهای ضروری مدیریتی در پاسخ به نگرانی‌های زیست‌محیطی همچون فشردگی خاک، آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و فرسایش خاک می‌باشد و همچنین به‌عنوان یک گزینه قابل‌اتکا در جهت بهینه‌سازی اقتصادی چرخه تولید محصولات کشاورزی مطرح است. به‌عبارت‌دیگر منافع حاصل از به‌کارگیری سیستم مدیریت بقایای گیاهی نه‌تنها در درون مزرعه، در قالب ارتقا کیفی آب‌و‌خاک و هوا و کاهش هزینه‌های تولید می‌باشد، بلکه خارج از مزرعه نیز در قالب جلوگیری از نشت مواد مغذی و شیمیایی و خاک زراعی به دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی می‌تواند در جهت پایداری تولیدات کشاورزی عمل کند (Dickey et al., 1981).

در این رابطه تحقیقات نشان داد که باقی‌ماندن بقایای گیاهی زراعی در سطح خاک و وجود ریشه‌های انبوه سطحی گیاهان زراعی در خاک به میزان دو سوم، در مقایسه با زمین بدون پوشش و عاری از مواد یاد شده، فشردگی خاک را کاهش می‌دهند (Karlen et al., 1994).

عملیات کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی در بقایای گیاهی باقی‌مانده از محصول قبلی بر سطح زمین، موجب افزایش نفوذپذیری و رطوبت خاک شده و فرسایش آبی و بادی خاک را کاهش می‌دهد. بررسی‌های انجام‌یافته در جنوب آیداهو در آمریکا نشان داد که استفاده از ادوات خاک‌ورزی که ته ساقه‌های گندم را روی خاک باقی می‌گذارند موجب افزایش رطوبت ذخیره شده در حدود چهار سانتی‌متری عمق خاک می‌گردد (Brenge, 1982). باقی‌ماندن بقایای گیاهی در سطح خاک با محافظت از خاک تا موقعی که گندم رشد نموده و پوشش مناسب ایجاد نماید، می‌تواند مانع فرسایش خاک گردد. اغلب کشت گندم در کنتاکی در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی با کاربرد گاواهن چیزل و خاک‌ورزی ثانویه انجام می‌گیرد. نتایج تحقیقات انجام‌یافته در منطقه مذکور حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار در عملکرد گندم در روش خاک‌ورزی متداول و بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) می‌باشد (Herbeck & Murdock, 2009).

### 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 آرایبی 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، جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات دستگاه خاک‌ورز حفاظتی آگرومت ۵ شاخه.

**Table 1. Specifications of Agromet 5 cultivator.**

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



شکل ۱- آگرومت ۵ شاخه

Fig 1. Agromat 5

با توجه به اندازه ذرات مطابق سیستم طبقه‌بندی وزارت کشاورزی ایالت متحده آمریکا<sup>۲</sup>، درصدهای ماسه، لای و رس به ترتیب ۸۸/۴۱، ۶/۳۴ و ۵/۲۵ در شهرستان بستان‌آباد (روستای آلوار) و هشتروود (روستای قویون قشلاق)، در مزارعی که توسط زارعین زیر کشت گندم بودند، در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه بلوک-های 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 هشتروود) در نظر گرفته شدند و ویژگی پوشش بقایا اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

پارامتری از خاک که برای پیش‌بینی تجربی به کار می‌رود، بر اساس نیرویی است که برای فشار دادن مخروط در درون خاک با سرعت ثابت مورد نیاز است (Robati & Shekari, 2009). پارامتری که شاخص مخروط را ارائه می‌دهد عبارت است از:

$$(1) \text{ سطح پایه مخروط (میلی‌متر مربع) / نیروی اعمال (Pa)} \\ \text{شده به مخروط (نیوتن) = شاخص مخروط}$$

با توجه به نتایج دانشگاه داکوتا، در هر دو خاک‌ورزی پاییزه و بهاره جرم مخصوص ظاهری، در عمق ۷-۰ اینچی به مقدار ۰/۱۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش یافت. چیزل پاییزه موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری به میزان نصف چیزل بهاره و یک‌سوم گاوآهن برگردان‌دار بود. رطوبت یک عامل مهم در انتقال فشردگی به اعماق خاک می‌باشد. در بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) و ورز کاشت، میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۸-۰ اینچی نسبت به خاک-ورزی با چیزل و یا گاوآهن برگردان‌دار بیشتر می‌باشد. در سیستم بی خاک‌ورزی (کاشت مستقیم) میزان رطوبت در خاک، کشت شده نسبت به خاک دست‌نخورده افزایش یافته ولی درصد هوای موجود کاهش شدید یافته است. این نتایج در تحقیقات ۱۲ تا ۱۵ ساله به دست آمده‌اند.

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 داخل انواع خاک‌ورزهای حفاظتی و انجام تحقیقات کم‌تر روی عملکرد این ادوات در سطح کشور، این تحقیق در قالب طرح آزمایشی اسپلیت پلات<sup>۱</sup> (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 بیشتر در منطقه آذربایجان شرقی بیش‌تر رواج یافته، در دو شهرستان بستان‌آباد و هشتروود، انجام گرفت.

### ۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از دستگاه آگرومت ساخت شرکت سازه کشت بوکان در دو شهرستان بستان‌آباد (روستای آلوار) و هشتروود (روستای قویون قشلاق)، در مزارعی که توسط زارعین زیر کشت گندم بودند، در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه بلوک-های 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 هشتروود) در نظر گرفته شدند و ویژگی پوشش بقایا اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

<sup>2</sup> USDA

<sup>1</sup> Split Plot

در این طرح از روش برش و توزین در محاسبه درصد بقایا، استفاده شد. تمام بقایای سطح خاک واقع در داخل قاب چوبی، برش داده شد و در داخل پلاستیک جمع‌آوری گردید (شکل ۲).



شکل ۲. قاب چوبی برای اندازه‌گیری بقایای موجود در سطح خاک

Fig 2. Frame for measure crop residue

سپس این نمونه‌ها در آزمایشگاه توزین و از رابطه ۱ درصد پوشش بقایا محاسبه گشت:

$$CRC\% = \frac{C_i}{C} \times 100 \quad (3)$$

که در آن:

CRC: درصد بقایا.

$C_i$ : وزن بقایا داخل هر کرت بعد از عملیات خاک‌ورزی (گرم).

C: وزن بقایا قبل از انجام عملیات خاک‌ورزی در همان کرت (گرم).

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

### ۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر سرعت خاک‌ورزی (S) و عمق خاک‌ورزی (D) روی میزان بقایا (CRC) در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، در شهرستان بستان آباد اثر سرعت خاک‌ورزی و اثر متقابل  $S \times D$  در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) و عمق خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد ( $P \leq 0.05$ ) معنی‌دار شدند، همچنین اثر سرعت خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) در شهرستان هشترود معنی‌دار شده و اثر عمق خاک‌ورزی و اثر متقابل  $S \times D$  معنی‌دار نشد. نمودار میانگین اثرات اصلی و متقابل در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است.

در ارتباط با اثر سرعت خاک‌ورزی (شکل ۴) روی میزان بقایای گیاهی، بیش‌ترین میزان بقایا، با مقدار  $43/09$  درصد در سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت در شهرستان بستان آباد و با مقدار  $41/38$  درصد در سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت در شهرستان هشترود حاصل شد. افزایش

دست‌نخورده خاک از عمق‌های ۵-۱۰ و ۱۵-۲۰ سانتی‌متر برداشته شد. برای نمونه‌برداری ابتدا به‌اندازه ۵ سانتی‌متر از سطح خاک به‌آرامی کنار زده شد. استوانه نمونه‌برداری در سطح خاک قرار گرفته و با استفاده از چکش مخصوص در خاک فروبرده شد. سپس به‌آرامی، خاک‌های اطراف استوانه و بالای آن کنار زده شده و استوانه از خاک بیرون آورده شده و درپوش بالایی آن قرار داده شد. خاک‌های طرف دیگر با استفاده از کاردک تمیز شده و درپوش طرف دیگر نیز قرار داده شده و 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 شد. در آزمایشگاه این نمونه‌ها در آن، در دمای  $10.5$  درجه سانتی‌گراد، به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت توزین شدند. سپس رطوبت خاک محاسبه شد.

رطوبت خاک برابر نسبت وزن آب موجود در نمونه به وزن ذرات جامد نمونه خاک می‌باشد که به‌صورت درصد بیان می‌گردد (Liu & Evett, 2008):

$$SWC = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

$SWC^3$  = درصد رطوبت خاک.

$W_w$  = وزن آب موجود در نمونه (گرم).

$W_s$  = وزن نمونه خاک خشک شده (گرم).

برای تعیین مقاومت به نفوذ، از دستگاه نفوذسنج مخروطی استفاده شد که این وسیله شامل: سنسور نیرو، ثبت‌کننده، پروب، مخروط‌ها و سیستم اندازه‌گیر عمق اولتراسونیک می‌باشد. این وسیله دارای چهار مخروط با زاویه نوک مختلف می‌باشد، برای شروع کار ابتدا پروب مناسب برای استفاده انتخاب شد (به مقطع یک سانتی‌متر مربع، زاویه مخروط ۶۰ درجه). ابتدا در حافظه دستگاه موردنظر تعداد هر مسیر به‌صورت پروژه، هر کرت به‌صورت پلات و تعداد نفوذها در داخل کرت تعیین شد که شامل ۸ پروژه برای قبل از آزمون و ۸ پروژه و هر پروژه شامل ۴ پلات و تعداد نفوذها سه می‌باشد. دستگاه در حال آماده‌به‌کار در شمار پروژه و پلات موردنظر به حالت عمود و با سرعت ثابت ۲ متر بر ثانیه در زمین فروبرده شد تا جایی که صفحه‌نمایش عمق ۳۰ سانتی‌متری را نشان دهد. بعد آن را ذخیره کرده و در همان کرت نفوذ بعدی انجام می‌گرفت.

**روش برش و وزن:** در این روش بقایای گیاهی از یک سطح معین چیده و بریده شده و پس از شستشو و خشک شدن وزن می‌گردند؛ وزن بقایا در واحد سطح بیان می‌شود. شستشو با آب به علت جداکردن خاک و مواد خارجی از نمونه بقایا انجام می‌شود. در برخی موارد از تکان دادن به‌جای شستشو استفاده می‌شود. در هر حال خشک کردن بقایا پیش از توزین به‌منظور تعیین وزن خشک ضروری است (Hickman et al. 1989).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سرعت خاک‌ورزی (S) و عمق

خاک‌ورزی (D) بر بقایای گیاهی

Table 2. ANOVA for effect of tillage speed (S) and tillage depth (D) on crop residues

میزان بقایا Crop residue		درجه آزادی df	منابع تغییر S.V
هشترود Hashtrud	بستان‌آباد Bostan- Abad		
265.72**	174.50**	3	سرعت (S) Speed
11.36 <sup>ns</sup>	55.30*	1	عمق خاک‌ورزی (D) Depth
40.39 <sup>ns</sup>	46.36**	3	S × D
۱۹/19.66	7.42	24	خطا
12.39	5.53	-	ضریب تغییرات (%) C.V.

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

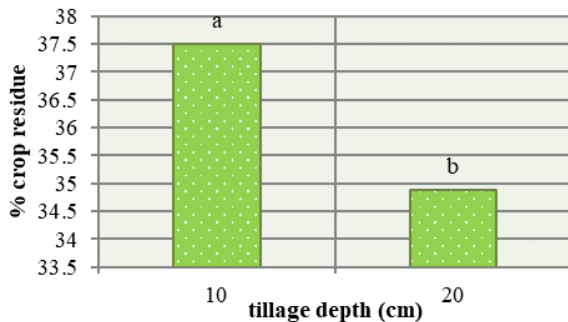
جدول ۳- مقایسه میانگین میزان بقایا در عمق‌های مختلف

خاک‌ورزی.

Table 3. Mean Comparison of residues at different tillage depth

عمق خاک‌ورزی Tillage depth	۱۰ سانتی‌متر 10 cm	۲۰ سانتی‌متر 20 cm
بستان‌آباد Bostan Abad	37.51 a	34.88 b

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهند.



شکل ۴. اثر عمق خاک‌ورزی بر میزان بقایا - بستان‌آباد

Fig 4. Effect of tillage depth on crop residue – Bostan Abad

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان بقایا در سرعت‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 4. Mean Comparison of residues at different tillage speed

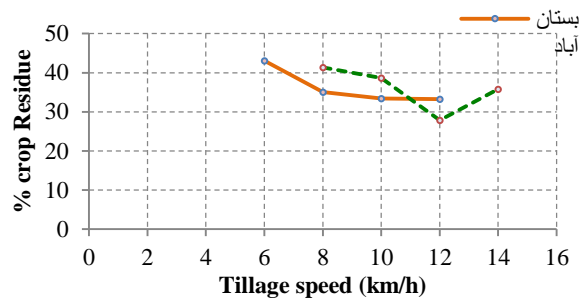
سرعت خاک‌ورزی Tillage speed	۶ کیلومتر بر ساعت 6 km/h	۸ کیلومتر بر ساعت 8 km/h	۱۰ کیلومتر بر ساعت 10 km/h	۱۲ کیلومتر بر ساعت 12 km/h	۱۴ کیلومتر بر ساعت 14 km/h
بستان‌آباد Bostan abad	43.09 a	35.08 b	33.37 b	33.25 b	----
هشترود Hashtrud	----	41.38 a	38.06 ab	27.84 c	35.82 b

حروف متفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ درصد را نشان می‌دهند

سرعت خاک‌ورزی موجب کاهش در درصد پوشش بقایا شده است که این کاهش بعد از سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت در شهرستان بستان‌آباد معنی‌دار نبوده ولی در شهرستان هشترود معنی‌دار بوده و بعد از سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت افزایش یافته است. یکی از دلایل این کاهش می‌تواند گیر کردن بقایا به عوامل خاک‌ورز باشد. بدین معنی که با افزایش سرعت خاک‌ورزی، بقایا همراه خاک‌ورز به انتهای کرت انتقال می‌یابد و همچنین یکی از دلایل افزایش بقایا با افزایش سرعت خاک‌ورزی، عدم وجود وقت کافی برای ماندن بقایا در بین تیغه‌ها می‌تواند باشد (جدول ۴).

در خصوص اثر عمق خاک‌ورزی روی میزان بقایای گیاهی در شهرستان بستان‌آباد (شکل ۴)، بیشترین بقایا در عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متری به مقدار ۳۷/۵۱ درصد حاصل شد و با افزایش عمق خاک‌ورزی، میزان بقایا کاهش یافت (جدول ۳).

در رابطه با بررسی اثر متقابل سرعت و عمق خاک‌ورزی بر میزان بقایا در شهرستان بستان‌آباد (شکل ۶)، با افزایش عمق و سرعت خاک‌ورزی، میزان بقایا کاهش یافته است. با توجه به نمودار ۶، بعد از سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت میزان بقایا افزایش یافته ولی معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۳- اثر سرعت خاک‌ورزی بر درصد بقایا.

Fig 3. Effect of tillage speed on crop residue

با توجه جدول ۵ در شهرستان بستان آباد، اثر عمق خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد ( $P \leq 0.05$ ) و اثر عمق نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار شده ولی اثر سرعت خاک‌ورزی، عمق خاک‌ورزی و اثرات متقابل  $S \times D$ ،  $S \times Sa$ ،  $D \times Sa$  و  $S \times D \times Sa$  غیر معنی‌دار هستند. همچنین در شهرستان هشترود، اثر عمق خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار شده ولی اثر سرعت خاک‌ورزی، و اثرات متقابل  $S \times Sa$ ،  $D \times Sa$  و  $S \times D \times Sa$  غیر معنی‌دار بودند. میانگین درصد رطوبت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تأثیر عمق نمونه‌برداری بر رطوبت خاک (شکل ۶)، نشان داده شده است که با افزایش عمق خاک، رطوبت افزایش پیدا می‌کند و سطح خاک دارای رطوبت کم‌تری می‌باشد. یکی از دلایل پایین بودن رطوبت در سطح خاک، تابش مستقیم خورشید به سطح خاک است که باعث می‌شود رطوبت سطح خاک تبخیر گردد.

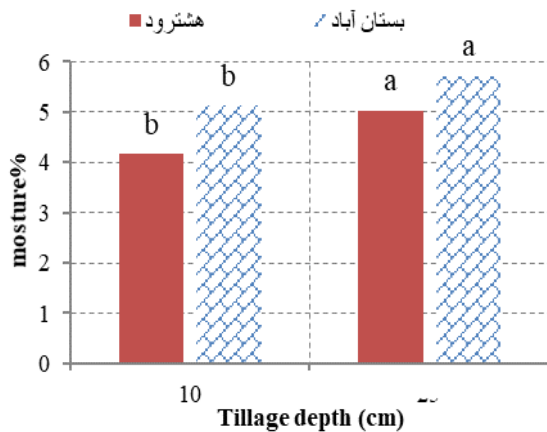
همچنین، بیش‌ترین میزان بقایا در تیمار  $S_1D_1$  با مقدار ۴۶/۸۵ درصد و کمترین میزان بقایا با مقدار ۳۰/۲۴ درصد در تیمار  $S_4D_2$  حاصل شده است. یکی از دلایل کاهش میزان بقایا با افزایش عمق خاک‌ورزی نرم شدن خاک در عمق بیشتر و در نتیجه دفن بقایا در عمق بیشتر می‌باشد. بدین معنی که در عمق خاک‌ورزی کمتر، ممکن است قسمتی از بقایا دفن و قسمت دیگر در سطح خاک باقی بماند، ولی در خاک‌ورزی در عمق زیاد قسمت عمده بقایا دفن شده و قسمت بیرون مانده از خاک کمتر باشد. این نتایج با یافته‌های (Chen *et al.* (2004) مطابقت دارد. همچنین Raper (2004)، در تحقیق اعلام نموده که در ارتباط با سرعت و عمق خاک‌ورزی و بقایای گیاهی مطابق دارد. نتایج حاصل از این بخش، با مطالعات انجام‌یافته توسط (Anonymous و Anonymous (1992 و (Hula (2005) و (1995) مطابقت کامل دارد. به طوری که در این مطالعات، کاهش بقایا، با افزایش سرعت و عمق خاک‌ورزی نتیجه شده بود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر سرعت خاک‌ورزی (S)، عمق خاک‌ورزی (D) و عمق نمونه‌برداری (Sa) بر میزان درصد رطوبت، و مقاومت به نفوذ خاک در بستان آباد و هشترود را نشان می‌دهد

Table 2. ANOVA for effect of tillage speed (S) and tillage depth (D) on moisture and soil resistance in Bostan abad and hashtrud

منابع تغییر S.V	مقاومت به نفوذ Soil resistance			درصد رطوبت %Moisture			
	هشترود Hashtrud	درجه آزادی df	بستان آباد Bostan Abad	درجه آزادی df	هشترود Hashtrud	بستان آباد Bostan Abad	درجه آزادی df
سرعت (S) Speed	1.17 <sup>ns</sup>	3	0.58 <sup>ns</sup>	3	1.12 <sup>ns</sup>	2.64 <sup>ns</sup>	3
عمق خاک‌ورزی (D) Depth	0.56 <sup>ns</sup>	1	0.14 <sup>ns</sup>	1	11.84 <sup>**</sup>	5.62 <sup>*</sup>	1
$S \times D$	0.14 <sup>ns</sup>	3	0.85 <sup>ns</sup>	3	1.67 <sup>ns</sup>	1.14 <sup>ns</sup>	3
عمق نمونه‌برداری (Sa) Sample depth	13.38 <sup>**</sup>	3	0.96 <sup>ns</sup>	4	82.27 <sup>**</sup>	191.01 <sup>**</sup>	1
$S \times Sa$	0.57 <sup>ns</sup>	12	0.33 <sup>ns</sup>	12	1.80 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	3
$D \times Sa$	1.25 <sup>ns</sup>	4	0.07 <sup>ns</sup>	4	2.69 <sup>ns</sup>	0.53 <sup>ns</sup>	2
$S \times D \times Sa$	0.66 <sup>ns</sup>	12	0.46 <sup>ns</sup>	12	1.15 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	3
خطا Error	1.253	117	0.280	39	1.08	0.977	48

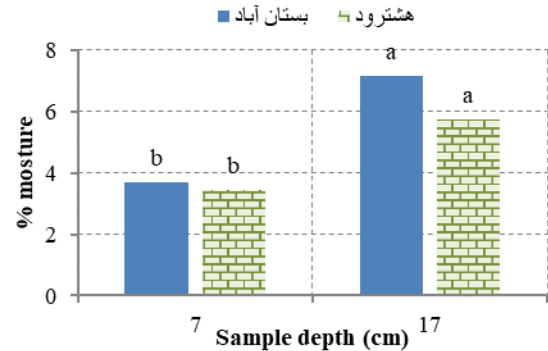
ns و \* و \*\* به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار می‌باشند



شکل ۶. اثر عمق خاک‌ورزی بر درصد رطوبت خاک.  
Fig 6. Effect of tillage depth on soil moisture

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج مربوط به بررسی رطوبت خاک نشان داد که سرعت خاک‌ورزی تأثیری بر درصد رطوبت نداشت البته مقدار کمتری افزایش مشاهده گردید ولی در حد معنی‌دار نبود، ولی افزایش عمق خاک‌ورزی باعث افزایش درصد رطوبت می‌گردد. بر اساس نتایج تأثیر سرعت خاک‌ورزی در میزان رطوبت غیر معنی‌دار می‌باشد، ولی اثر عمق خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری، با افزایش عمق خاک‌ورزی و نمونه‌برداری، افزایش رطوبت حاصل شد. از لحاظ درصد رطوبت توصیه می‌گردد عملیات خاک‌ورزی حفاظتی با سرعت، ۱۰ کیلومتر بر ساعت و عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متری انجام گیرد. با افزایش عمق خاک، میزان مقاومت به نفوذ افزایش می‌یابد. یکی از دلایل افزایش مقاومت به نفوذ می‌تواند افزایش جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق خاک باشد. ولی در کل مقاومت به نفوذ، با افزایش سرعت و عمق خاک‌ورزی، کاهش یافته است. بر اساس نتایج تأثیر سرعت خاک‌ورزی در میزان رطوبت غیر معنی‌دار می‌باشد، ولی اثر عمق خاک‌ورزی و عمق نمونه‌برداری، با افزایش عمق خاک‌ورزی و نمونه‌برداری، افزایش رطوبت حاصل شد. در رابطه با بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی بر میزان بقایا با افزایش عمق و سرعت خاک‌ورزی، میزان بقایا کاهش یافته است. همچنین، بیشترین میزان بقایا در تیمار S<sub>1</sub>D<sub>1</sub> با مقدار ۴۶/۸۵ درصد و کمترین میزان بقایا با مقدار ۳۰/۲۴ درصد در تیمار S<sub>4</sub>D<sub>2</sub> حاصل شده است. یکی از دلایل کاهش میزان بقایا با افزایش عمق خاک‌ورزی، نرم شدن خاک در عمق بیشتر و در نتیجه دفن بقایا در عمق بیشتر می‌باشد. بدین معنی که در عمق خاک‌ورزی کمتر، ممکن است قسمتی از بقایا دفن و قسمت دیگر در سطح خاک باقی بماند، ولی در خاک‌ورزی در عمق زیاد قسمت عمده بقایا دفن شده و قسمت بیرون مانده از خاک کمتر باشد. افزایش سرعت و عمق خاک‌ورزی باعث کاهش در میزان بقایا شده است. با توجه به این‌که در خاک‌ورزی حفاظتی نیاز به حداقل ۳۰ درصد بقایا در سطح خاک می‌باشد، لذا سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت و عمق خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر، توصیه می‌گردد.



شکل ۵- اثر عمق نمونه‌برداری بر میزان درصد رطوبت  
Fig 5. Effect of soil sample depth on %moisture

در رابطه با اثر عمق خاک‌ورزی (شکل ۶) روی درصد رطوبت خاک، مشاهده شد که با افزایش عمق خاک‌ورزی میزان رطوبت افزایش یافته است. یکی از دلایل این افزایش، مخلوط شدن خاک سطحی با خاک زیرین می‌باشد، بدین معنی که خاک زیرین که دارای رطوبت بیشتر نسبت به سطح خاک می‌باشد در اختلاط با خاک سطحی باعث افزایش میزان رطوبت شده است. نتایج حاصل از این بخش با نتایج به دست آمده از مطالعات (Arshad *et al.* (1999)، در رابطه با اثر عمق خاک‌ورزی روی رطوبت خاک و (Boydas & Turgut (2007) و Raper (2002) و (Abbaspour *et al.* (2006)، در رابطه با بررسی اثر سرعت و عمق خاک‌ورزی روی میزان رطوبت خاک در عمق‌های مختلف خاک مطابقت کامل دارد.

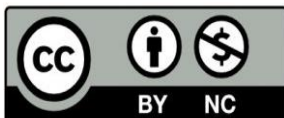
در مقایسه داده‌های قبل و بعد از خاک‌ورزی بستان‌آباد، کمترین مقدار اختلاف در میزان رطوبت خاک، در تیمار S<sub>4</sub>D<sub>1</sub>Sa<sub>1</sub>، دارای افزایش ۰/۱ درصد و بیشترین میزان اختلاف در تیمار S<sub>1</sub>D<sub>2</sub>Sa<sub>2</sub> به مقدار ۵/۰۳ درصد بود. در هشتگرد به ترتیب کمترین و بیشترین میزان اختلاف به مقادیر ۰/۳۵ و ۱/۴۶ درصد در تیمارهای S<sub>3</sub>D<sub>1</sub>Sa<sub>1</sub> و S<sub>3</sub>D<sub>2</sub>Sa<sub>2</sub> حادث شده است. با توجه به این‌که در آزمون بارتلت، واریانس‌ها همگن نبودند، تجزیه مرکب انجام نگرفت.

نتایج بررسی تجزیه واریانس مربوط به اثر سرعت خاک‌ورزی (S)، عمق خاک‌ورزی (D) و عمق نمونه‌برداری (Sa) روی مقاومت به نفوذ (PR) در جدول ۸ نشان داده شده است. در بستان‌آباد، اثرات اصلی (Sa، S و D) و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبودند. ولی در هشتگرد اثر عمق نمونه‌برداری در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی‌دار شده و سایر اثرات غیر معنی‌دار بودند. با افزایش عمق خاک، میزان مقاومت به نفوذ افزایش می‌یابد. یکی از دلایل افزایش مقاومت به نفوذ می‌تواند افزایش جرم مخصوص ظاهری با افزایش عمق خاک باشد. دلیل دیگر می‌تواند فشردگی خاک به‌مرور زمان در اثر کار ادوات کشاورزی در عمق خاک باشد.



## ۵- منابع

- Abbaspour, Y., Khalilian, A., Alimardani, R., Kyhani, A., and Sasati, H. (2006). *A comparison of energy requirement of uniform depth and variable depth tillage as affected by travel speed and soil moisture*. Iranian Agricultural Science, 37(4), 573-583.
- Anonymous. (1992). *Crop Residue and Tillage Roughness Management*. Agriculture and Aquaculture.
- Anonymous. (1995). *Crop Residue Management To Reduce Erosion and Improve Soil Quality*. Agriculture. Agricultural research Service.
- Arshad, M. A., Franzluebbers, A. J., and Gill, K. S. (1999). *Improving barley yield on an acidic Boralf with crop rotation, lime, and zero tillage*. Soil and Tillage Research, 50(1), 47-53.
- Boydas, M. G., and Turgut, N. (2007). *Effect of Tillage Implements and Operating Speeds on Soil Physical Properties and Wheat Emergence*. Turk J Agric For, 31, 399-412.
- Brengle, K. G. (1982). *Principles and Practices of Dryland Farming*. Colorado Associated University Press.
- Chen, Y., Monero, F., Lobb, D.A., Tessier, S., Cavers, C., (2004). *Effects of six tillage methods on residue incorporation and crop performance under a heavy clay soil condition*. Transactions of the ASAE 47 (4), 1003-1010.
- Dickey, E. C., D. P. Shelton, and P. J. Jasa, (1981). *Residue Management for Soil Erosion control*. University of nebraska Lincoln Extension.
- Hula, J., Sindelar, R., and Kovaricek, P. (2005). *Operational effects of implements on crop residues in soil tillage operations*. research Agricultural Engineering, 51(4), 119-124.
- Herbeck, J., and L. Murdock, (2009). *A comprehensive guide to wheat management in kentucky*.
- Hickman, J. S., and D. L. Schoenberger, (1989). *Growing Small Grain Residue*. Manhattan, Kansas: Cooperative extension service.
- Hula, J., R. Sindelar, and P. Kovaricek, (2005). *Operational effects of implements on crop residues in soil tillage operations*. research Agricultural Engineering, 51(4), 119-124.
- Karlen, D. L., N. C. Wollenhaupt, D. C. Erbach, E. C. Berry, J. B. Swan, and N. S. Eash, (1994). *Long-term tillage effects on soil quality*. Soil and Tillage Research, 32, 313-324.
- Liu, J., Chen, Y., & Kushwaha, R. L. (2010). *Effect of tillage speed and straw length on soil and straw movement by a sweep*. Soil and Tillage Research, 109(1), 9-17.
- Liu, C., and J. B. Evett, (2008). *Soil Properties: Testing, Measurement, and Evaluation* (6 ed.). Prentice Hall Higher Education.
- Lopez, M. V., Arue, J. L., and Sanchez-Giron, V. (1996). *A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragón*. Soil and Tillage Research, 37(4), 251-271.
- Raper, R.L., (2004). *The influence of implement type, tillage depth, and tillage timing on residue burial*. Transactions of the ASAE 45 (5), 1281-1286.
- 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.
- Rattan Lal, B., and A. Steward, (2012). *Soil Water and Agronomic Productivity*. In Volume 19 of Advances in Soil Science (p. 578). CRC Press.
- Smika, D. E. (1983). *Soil Water Change as Related to Position of Wheat Straw Mulch on the Soil Surface*. Soil Science Society of America Journal, 47(5), 988-991.
- Wang, Q., Zhu, L., Li, M., Huang, D., & Jia, H. (2018). *Conservation agriculture using coulters: Effects of crop residue on working performance*. Sustainability, 10(11), 4099.
- Wortmann, C. S., R. N. Klein, and W. W. Wilhelm, (2008). *Harvesting crop residues*. University of Nebraska.
- Zeng, Z.; Chen, Y. (2018). *The performance of a fluted coulters for vertical tillage as affected by working speed*. Soil Tillage Res., 175, 112-118.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)