شاخص‌های توزیع اندازه خاکدانه متأثر از نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی در شرایط مزرعه‌ای

مجید محمودآبادی *: گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
مراد میرزایی: گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
هرمزد نقوی: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷)

چکیده

توزیع اندازه ذرات ثانویه (خاکدانه‌ها)، یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که در مباحث زیست‌محیطی فرسایش قابل‌توجه قرار می‌گیرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نوع و مدیریت مختلف بقایای گیاهی بر شاخص‌های توزیع اندازه خاکدانه‌ها در دو حالت تر و خشک انجام شد. به این منظور، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول، نوع بقایا شامل کاه و کلش جو و بقایای یونجه و عامل دوم، مدیریت‌های مختلف شامل مخلوط یک درصد بقایا با خاک، مخلوط نیم درصد بقایا با خاک، سوزاندن بقایا، باقی‌گذاشتن بقایا در سطح خاک و فقدان کاربرد بقایا (شاهد) بود. پس از گذشت ۹ ماه، شاخص‌های توزیع اندازه خاکدانه‌ها شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD) هر یک در دو حالت تر و خشک، همچنین در صد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA) و خاکدانه‌های پایدار در حالت خشک (DSA) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مخلوط کردن یک درصد کاه و کلش جو با خاک، در بهبود وضعیت توزیع اندازه خاکدانه‌ها بیشترین نقش را دارد؛ به نحوی که در اثر اعمال این تیمار، مقدار شاخص‌های MWD و GMD در حالت تر به ترتیب ۸۷ و ۶۸/۶ درصد و در حالت خشک به ترتیب ۳۳/۶ و ۲۱ درصد، همچنین مقدار WSA و DSA به ترتیب ۸۶/۴ و ۲۳/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت. در مقابل، سوزاندن بقایا در اغلب موارد مقدار شاخص‌های مورد مطالعه را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. یافته‌های این پژوهش، اهمیت رعایت مدیریت صحیح بقایای گیاهی را در اراضی کشاورزی نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: توزیع اندازه ذرات ثانویه، ساختمان خاک، سوزاندن بقایای گیاهی، ماده آلی

۱ـ مقدمه

امروزه مباحث زیست محیطی فرسایش خاک از سوی پژوهشگران به صورت ویژه قابل توجه قرار گرفته‌است. در این زمینه، توزیع اندازه ذرات ثانویه (خاکدانه) در مسائل مربوط به هدررفت عناصر غذایی و انتقال آلاینده‌ها، همچنین چرخه‌ی کربن در خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Barthes et al, 2008 & Zhang et al, 2004). توزیع اندازه ذرات ثانویه، بیانگر وضعیت ساختمان خاک است (محمودآبادی، ۱۳۹۰ الف) که خود از ویژگی‌های پویا و مهم آن محسوب می شود. ساختمان خاک از طریق تأثیر بر چرخه‌ی کربن و سایر عناصر غذایی، نگهداشت و حرکت آب،

* نویسنده مسئول: mahmoodabadi@uk.ac.ir

تهویه، رسانایی گرمایی خاک، مقاومت مکانیکی و مقاومت در برابر فرسایش، بر رشد گیاه و تولید بهینه‌ی محصول نقش بسزایی دارد (Diaz-Zorita et al, 2002). خاکدانه‌ها ذرات ثانویه‌ای هستند که در اثر هماوری ذرات اولیه‌ی رس، سیلت و شن به همراه مواد آلی و عوامل سیمانی و اتصال دهنده تشکیل می شوند (Bronick and Lal, 2005). از آنجا که فرآیند خاکدانه‌سازی در مقیاس و اندازه‌های مختلفی از ذرات رخ می‌دهد و خاکدانه‌های بزرگتر از هماوری خاکدانه‌های کوچکتر تشکیل می‌شود، لذا این امر باعث ایجاد خاکدانه‌ها با توزیع اندازه ذرات متفاوت می‌گردد (Yazdanpanah et al, 2016). توزیع اندازه ذرات ثانویه، یکی از ویژگی‌های مهم فیزیکی خاک است (Skaggs et al, 2001) که می‌تواند شاخص مناسبی برای تشخیص حساسیت خاک در برابر تشکیل سله، تولید رواناب و فرسایش آبی باشد (Barthes et al, 2008 & Mahmoodabadi and Arjmand Sajjadi, 2016). توزیع اندازه‌ی خاکدانه‌ها بر اثرات زیست‌محیطی فرسایش، درجه‌ی حرارت، تخلخل و سایر ویژگی‌های خاک و رشد و عملکرد گیاه، نقش انکارناپذیری دارد (Diaz - Zorita et al, 2007). علاوه بر این، توزیع اندازه ذرات در برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک نیز کاربرد دارد (Hwang, 2004).

بقایای گیاهی اهمیت قابل‌توجهی در توزیع اندازه خاکدانه‌ها دارد. از دیدگاه فیزیکی، وجود بقایای گیاهی از نیروی برخورد قطرات باران بر سطح خاک کاسته و اثرات مخرب یخ زدن و ذوب شدن مکرر برف را تعدیل، و از این طریق به ثبات خاکدانه‌های خاک کمک می‌کند (Mahmoodabadi and Heydarpour, 2014). از دیدگاه شیمیایی، تجزیه‌ی مواد آلی و بقایای گیاهی موجب آزاد شدن پلی ساکاریدها، ترکیبات هومیکی و موسیلاژها می شود که در پیوستگی ذرات خاک به یکدیگر نقش مثبتی دارد. از دیدگاه بیولوژیکی حضور مواد آلی، فعالیت میکروب‌ها (مثل قارچ‌ها) و درشت جانداران (مثل کرم‌های خاکی) را تحریک می‌کند که نتیجه‌ی آن افزایش پایداری خاکدانه است (Blanco-Canqui and Lal, 2009). از این رو، اعمال روش‌های مدیریتی مناسب بقایا پس از برداشت محصول، از اهمیت قابل‌توجهی در مسائل زیست‌محیطی برخوردار است. در برخی مناطق کشورزان بعد از برداشت محصول به سوزاندن بقایای گیاهی می‌پردازند که این کار باعث تولید گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه خسارات زیست محیطی می‌شود. در مورد تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی بر توزیع اندازه ذرات، پژوهش‌هایی در جهان و ایران انجام شده‌است. در این زمینه، مشخص شده که در صورت نگهداشتن بقایای گیاهی پس از برداشت محصول، میانگین وزنی قطر ذرات ثانویه[1] (MWD) در دو حالت تر و خشک در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند (Verhulst et al, 2009). از سوی دیگر، به دلیل اثرات مثبت این روش مطلوب مدیریتی بر افزایش پایداری خاکدانه در مقایسه با سوزاندن، تشکیل سله سطحی نیز کاهش می‌یابد (Chan et al, 2002 & Li et al, 2007). در بررسی تأثیر کاه و کلش گندم، کود دامی، گچ معدنی، سیمان و اسید سولفوریک در یک خاک سدیمی، مشخص شد که مصرف ۴۰ تن در هکتار کاه و کلش به همراه گچ، باعث افزایش معنی‌دار MWD می شود (روستا و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین مخلوط کردن کاه و کلش گندم و سبوس جو، MWD و میانگین هندسی قطر ذرات خاکدانه[2] (GMD) را افزایش می‌دهد (Karami et al, 2012).

1 Mean Weight Diameter
2 Geometric Mean Diameter

در مقایسه با اثرات مطلوب نگهداشتن بقایای گیاهی در مزرعه بر توزیع اندازه خاکدانه، برخی عملیات مخرب نظیر سوزاندن بقایا اثرات منفی بر جای می‌گذارد. یکی از دلایل تخریب فیزیکی خاک در پی عملیات سوزاندن، کاهش اندازه‌ی خاکدانه و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب است و از همین رو، مقادیر کمتر MWD و GMD بعد از سوزاندن بقایای گیاهی گزارش شده‌است (Are et al, 2009). یافته‌های یک بررسی در مکزیک نیز نشان داد که مقدار MWD در هر دو روش الک تر و خشک، با کاهش میزان بقایای نگهداشته شده در سطح خاک کاهش یافت، اگرچه برداشت جزئی بقایا، خاکدانه سازی را در حد قابل قبولی حفظ کرد (Govaerts et al, 2007). میزان ماده آلی خاک‌های کشور ما به طور معمول کمتر از یک درصد بوده که این امر علاوه بر تأثیر شرایط اقلیمی، معلول مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای ازتی و مصرف کم مواد آلی در چند سال اخیر است. این در حالی است که برخی کشاورزان پس از برداشت محصول، به سوزاندن بقایای گیاهی نظیر کاه و کلش مبادرت می‌ورزند که این موضوع به تولید گاز دی اکسید کربن، حذف ماده آلی از خاک و اثرات جبران‌ناپذیری در عوامل زیستی منجر می‌شود. با توجه به اقلیم حاکم بر استان کرمان، بیشتر خاک‌ها دچار فقر ماده‌ی‌آلی است، با این وجود در موارد متعددی به‌ویژه در اراضی زراعی استان، کشاورزان بعد از برداشت محصول به سوزاندن بقایای گیاهی می‌پردازند. با توجه به اهمیت بقایای گیاهی به عنوان یک نهاده درون مزرعه‌ای در بهبود ساختمان خاک و توزیع اندازه ذرات ثانویه، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش نوع و مدیریت‌های مختلف دو نوع بقایا شامل کاه، کلش جو و بقایای یونجه بر برخی شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه در شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

۲ـ مواد و روش

۲ـ ۱ـ کرت‌بندی و تیمارهای مورد مطالعه

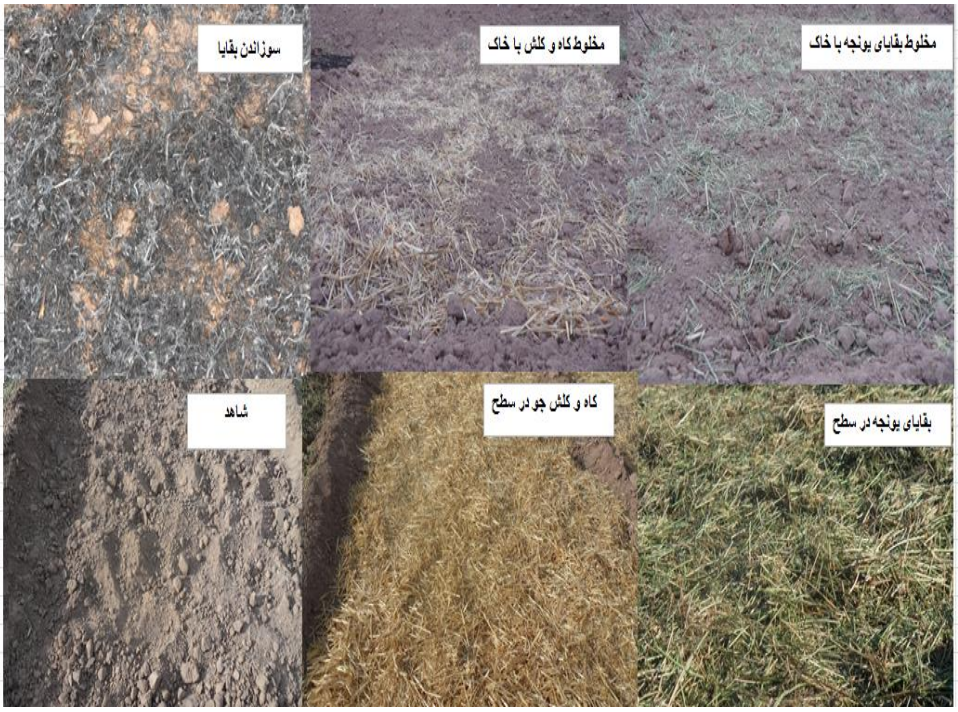
این پژوهش در سال زراعی ۹۱-۹۰ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید باهنرکرمان انجام شد. در ابتدا، زمین مورد استفاده به طور کامل شخم زده شد، سپس تیمارهای آزمایشی اعمال گردید. زمین مورد استفاده به سه بلوک هر یک به ابعاد ۲۲×۳ متر و هر بلوک به تعداد ۹ کرت با ابعاد ۲×۳ متر تقسیم‌بندی شد. فاصله‌ی بلوک‌ها از یکدیگر، یک متر و مرز بین هر کرت با کرت مجاور، نیم متر در نظر گرفته شد و در مجموع تعداد ۲۷ کرت با ابعاد ۲×۳ متر استفاده شد.

آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل سوزاندن بقایا، مخلوط کردن بقایا با خاک به نسبت یک درصد وزنی تا عمق ۲۰ سانتیمتر، مخلوط کردن بقایا به نسبت نیم درصد وزنی تا عمق ۲۰ سانتیمتر، گذاشتن بقایا در سطح به میزان معادل با یک درصد وزنی و شاهد (بدون افزودن هیچ‌گونه بقایا) بود. بقایای گیاهی مورد استفاده شامل بقایای جو و یونجه بود که به صورت ماده‌ی خشک استفاده شد.

۲ـ۲ـ نحوه‌ی اعمال تیمارها

به منظور اعمال تیمار مخلوط کردن بقایا با خاک، ابتدا بقایا خرد، سپس روی سطح خاک پخش شد. پس از آن بقایا تا عمق ۲۰ سانتی‌متر به طور کامل با خاک مخلوط گردید. در تیمار گذاشتن بقایا در سطح، بقایا بر سطح خاک

پخش شد و تا انتهای دوره‌ی آزمایش به صورت دست‌نخورده باقی ماند. برای تیمار سوزاندن بقایا، در ابتدا بقایا بر روی سطح خاک پخش، سپس با استفاده از شعله‌افکن سوزانده شد. در تیمار شاهد، هیچ‌گونه بقایایی به خاک اضافه نشد. از آنجا که در این تحقیق از منابع آلی برای اعمال مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی استفاده شده بود، عملیات خوابانیدن انجام شد؛ به این صورت که هر ۱۰ روز یک بار با استفاده از آب‌پاش دستی، نمونه‌ها به آرامی مرطوب می‌شد. این کار برای ایجاد شرایط مناسب‌تر رطوبتی در تسریع تجزیه‌ی بقایا و جلوگیری از باد بردن آنها انجام شد. در مجموع، این مرحله به مدت نه ماه ادامه داشت. شکل ۱ نمایی از نحوه‌ی اعمال تیمارها را در شرایط مزرعه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۱: نمایی از نحوه‌ی اعمال تیمارهای مخلوط کردن، نگه داشتن سطحی، سوزاندن کاه و کلش جو و بقایای یونجه و شاهد در شرایط مزرعه‌ای

۲ـ۳ـ نمونه‌برداری و تعیین توزیع اندازه ذرات ثانویه

در پایان دوره‌ی آزمایش، نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی انجام شد؛ به این صورت که از نقاط مختلف هر کرت، سه نمونه از عمق صفر تا ۲۰ سانتیمتر برداشت و با هم مخلوط و برای انجام آنالیزهای مربوط به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، نمونه‌ها در معرض هوا خشک گردید و از الک دو میلی‌متری عبور، سپس آنالیزهای مربوطه انجام شد. آزمایش‌ها در این بخش برای تعیین توزیع اندازه ذرات ثانویه، با استفاده از سری الک در دو حالت تر و خشک انجام شد (Page et al, 1992). برای تعیین توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت خشک، از دستگاه شیکر به همراه سری الک استفاده شد؛ به این ترتیب که ۱۰ گرم خاک خشک روی بزرگترین الک ریخته شد و به مدت دو دقیقه شیک گردید. اندازه‌ی الک‌ها در این مرحله بر اساس استاندارد رایج به ترتیب ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳ و ۰/۰۳۸ میلی‌متر در نظر گرفته شد (An et al, 2013 & Kemper and Rosenau, 1986). در پایان هر آزمایش، جرم خاک باقی مانده روی هر الک ثبت شد و بر این اساس جرم خاک مربوط به هر کلاس اندازه‌گیری و در نتیجه توزیع اندازه ذرات در حالت خشک تعیین گردید. همچنین توزیع اندازه ذرات ثانویه در حالت تر نیز تعیین شد؛ به این

صورت که در ابتدا ۱۰ گرم نمونه خاک به آرامی از زیر اشباع ، سپس با استفاده از سری الک‌های ذکر شده به مدت دو دقیقه در آب تکان داده شـــد. بر مبنای داده‌های این قســـمت، توزیع ثانویه‌ی ذرات در حالت تر نیز تعیین گردید. در ادامه، شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه شامل میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و میانگین هند سی این قطر (GMD) با استفاده از روابط زیر تعیین شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} XiWi \qquad (۱)$$

$$GMD = exp\frac{\sum_{i=1}^{n} XiWi}{\sum_{i=1}^{n} Wi} \qquad (۲)$$

که در آنها Wi، جرم خشـــک خاکدانه‌ها در هر کلاس اندازه بر حســـب گرم به وزن کل خاک (۱۰ گرم) و Xi ، میانگین قطر خاکدانه‌های روی هر الک بر حسب میلی‌متر است (Marquez et al, 2004). علاوه بر این دو شاخص، در منابع مختلف مرز ۰/۲۵ میلی‌متر به عنوان مرز خاکدانه‌های ریز و در شت انتخاب شد که بر همین ا ساس، در صد ذرات پایدار در آب بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر[1] (WSA>۰/۲۵) (Puget et al, 2000 & Six et al, 2001) و همین‌طور درصـــد ذرات پایدار بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت خشک[2] (DSA>۰/۲۵) نیز تعیین شد (محمودآبادی، ۱۳۹۰ الف).

۲ـ۴ـ اندازه‌گیری ویژگی‌های بقایای گیاهی

به دلیل اهمیت ترکیب شـــیمیایی بقایای گیاهی، نمونه‌های ماده آلی نیز مورد تجزیه‌ی آزمایشـــگاهی قرار گرفت. برای تعیین میزان سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر موجود در بقایا، ابتدا به روش خاکسترگیری خشک و در نسبت ۱:۵ پودر گیاه به اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال عصاره‌گیری شد. سپس غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از فلیم فوتومتر و غلظت کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی، و میزان فسفر نیز به روش کالیمتری قرائت شد. به علاوه، نیتروژن کل به روش کجلدال و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934) اندازه‌گیری شد.

۲ـ ۵ ـ تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، درصد نسبی تغییر با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$RCP\% = \frac{Xt - Xc}{Xc} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن RCP درصد نسبی تغییر[3]، Xt مقدار شاخص در تیمار مربوطه و Xc مقدار شاخص در تیمار شاهد می‌باشد. به منظور تجزیه‌ی واریانس، شـــاخص‌های توزیع اندازه ذرات خاکدانه در دو حالت تر و خشـــک با اســـتفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. منابع تغییرات در این قســـمت شـــامل نوع و مدیریت بقایا، اثرات متقابل این دو عامل با هم و بلوک بود. مقایسه‌ی میانگین‌ها با ا ستفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج در صد و ر سم شکل‌ها با استفاده از Excel انجام شد.

1 Water Stable Aggregates
2 Dry Stable Aggregates
3 Relative Change Percentage

۳ـ یافته‌ها و بحث

۳ـ۱ـ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و بقایای گیاهی

جدول ۱ برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه را قبل از اعمال تیمارهای بقایا نشان می‌دهد. طبق مثلث بافت خاک، کلاس بافت مورد مطالعه، لومی رسی شنی و هدایت الکتریکی (EC) نیز کمتر از ۵ دسی زیمنس بر متر است. میزان کربن آلی نیز کمتر از یک درصد است. همچنین از بین کاتیون‌های محلول، کلسیم بیشترین غلظت (۲۴/۶ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) و پتاسیم، کمترین غلظت (۰/۰۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) را به خود اختصاص می‌دهد.

جدول ۲ ویژگی‌های شیمیایی دو نوع بقایای استفاده شده را نشان می‌دهد. برای بقایای یونجه، منیزیم با میزان (یک درصد) و سدیم با میزان (۰/۱۲۶ درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عناصر غذایی را داراست و در مورد بقایای جو، کلسیم با میزان (۰/۹۳۳ درصد) و پتاسیم با میزان (۰/۱۳۴ درصد) نیز به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عناصر غذایی را به خود اختصاص داد. همچنین میزان کربن آلی موجود در بقایای جو، بیشتر از میزان کربن آلی موجود در بقایای یونجه است.

جدول ۱: برخی ویژگی‌های خاک مزرعه مطالعه پیش از اعمال تیمارها

ویژگی	واحد	میانگین
شن	%	۱۸/۴
سیلت	%	۵۱/۹
رس	%	۲۹/۷
جرم مخصوص ظاهری	$g\ cm^{-3}$	۱/۳۸
pH	-	۷/۳۴
هدایت‌الکتریکی	$dS\ m^{-1}$	۴/۸۳
سدیم محلول	$meq\ l^{-1}$	۰/۶۷
پتاسیم محلول	$meq\ l^{-1}$	۰/۰۹
کلسیم محلول	$meq\ l^{-1}$	۲۴/۵۸
منیزیم محلول	$meq\ l^{-1}$	۲۰/۸۳
کربن آلی	%	۰/۲۴
نیتروژن کل	%	۰/۰۲
فسفر قابل جذب	$mg\ kg^{-1}$	۱۶/۱۶

جدول ۲: برخی ویژگی‌های شیمیایی بقایای مورد استفاده در آزمایش‌ها

منبع آلی	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	نسبت C:N	فسفر	نیتروژن	کربن آلی
	درصد						درصد	
بقایای یونجه	۰/۴۹۲	۱/۰	۰/۱۲۶	۰/۱۸۹	۱۳/۹	۰/۱۹	۳/۶۵	۵۰/۷
کاه و کلش جو	۰/۹۳۳	۰/۴۶	۰/۱۴۰	۰/۱۳۴	۲۲/۵	۰/۰۸۵	۲/۶	۵۸/۵

۳ـ۲ـ شاخص‌های توزیع اندازه خاکدانه در دو حالت تر و خشک

جدول ۳، نتایج تجزیه‌ی واریانس مربوط به توزیع اندازه ذرات ثانویه را در دو حالت خشک و تر نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که اثر نوع بقایای مصرفی تنها بر شاخص‌های MWD و GMD در حالت تر معنی‌دار است. در حالی که اثر مدیریت بقایا بر تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سطح یک در صد معنی‌دار بود. اثرات متقابل نوع بقایا با مدیریت آن بر شاخص‌های MWD و GMD در حالت تر و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)، تأثیر معنی‌داری (سطح احتمال یک در صد) در پی داشت، ولی اثر آن بر شاخص‌های توزیع اندازه ذرات در حالت خشک معنی‌دار نبود.

۳ـ۲ـ۱ـ میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)

تیمارهای مخلوط نیم، همچنین یک درصد و گذاشتن سطحی بقایا سبب افزایش معنی‌دار MWD نسبت به تیمار شاهد در هر دو حالت تر و خشک گردید (شکل‌های ۲ و ۳). در مقابل، تیمار سوزاندن باعث کاهش MWD نسبت به سایر تیمارها شد و تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد، نشان نداد. بیشترین میزان افزایش MWD در حالت تر، مربوط به تیمار مخلوط یک در صد کاه و کلش جو بود که افزایش ۸۷ در صدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. همچنین در حالت خشک نیز تیمار مخلوط یک درصد کاه و کلش، بیشترین میزان افزایش ـ ۳۳/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد ـ را در پی داشت (جدول ۴). در مقابل در اثر سوزاندن کاه و کلش جو و بقایای یونجه، مقدار MWD در حالت تر به‌ترتیب ۱۲/۸ و ۱۵/۱۲ درصد و در حالت خشک، به‌ترتیب ۸ و ۰/۸ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد (جدول ۴).

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر نوع و مدیریت بقایای گیاهی بر شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه (خاکدانه) در دو حالت تر و خشک (مقادیر میانگین مربعات MS است).

منبع تغییرات	درجه آزادی	MWD_w	GMD_w	MWD_d	GMD_d	WSA >۰/۲۵	DSA>۰/۲۵
نوع بقایا	۱	۰/۰۰۷۳**	۰/۰۰۳۷**	۰/۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۰۹۵^{ns}	۱۵/۴۳^{ns}	۷۰/۶۷^{ns}
مدیریت	۴	۰/۵۸۸**	۰/۲۰۹**	۰/۰۷**	۰/۰۲۱۳**	۵۰۷۵/۷**	۲۵۳/۱**
نوع بقایا ×مدیریت	۴	۰/۲۷۴**	۰/۰۹۸**	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۰۵۵^{ns}	۲۳۳۹/۳۴**	۸۵/۹۳^{ns}
بلوک	۲	۰/۰۰۰۱^{ns}	/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۰۰۷۹^{ns}	۰/۱^{ns}	۱۱۶/۷^{ns}
ضریب تغییرات	-	۶/۴	۴/۰۰۵	۱۳/۲۲	۸/۴۲	۷/۵۸	۱۱/۳۸

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ns عدم معنی‌دار بودن است.

MWD_d: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک

MWD_w: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر

GMD_d: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک

GMD_w: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر

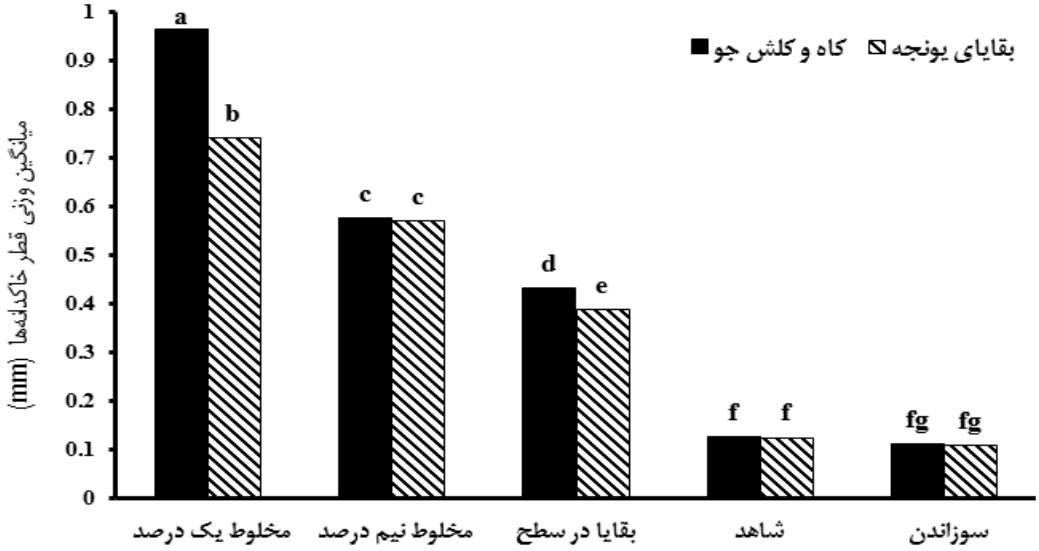
WSA: درصد خاکدانه‌های پایدار در آب بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر

DSA: درصد خاکدانه‌های پایدار بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت خشک

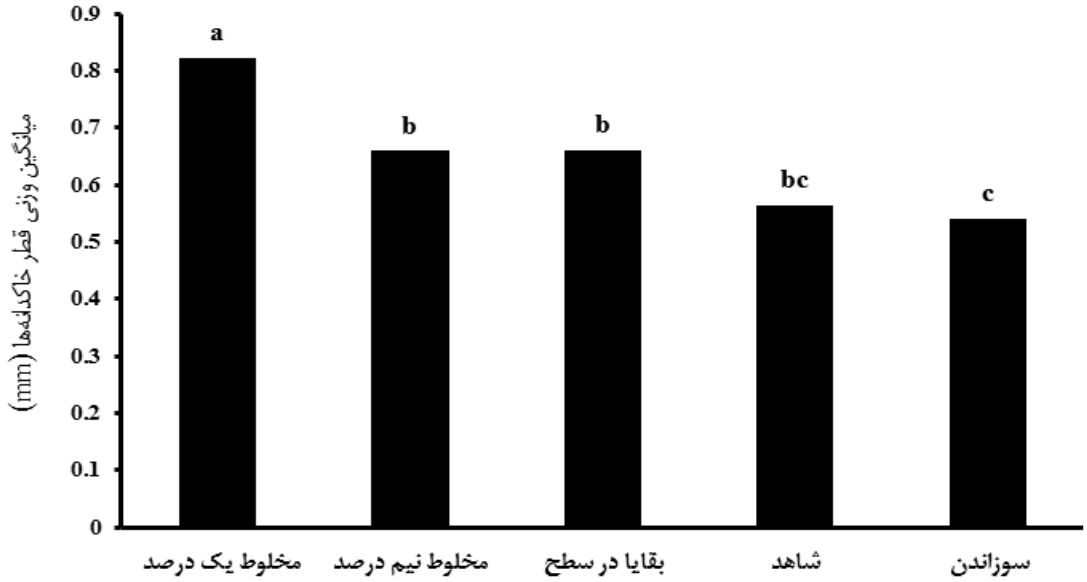
یکی از دلایل احتمالی افزایش MWD را در تیمارهای یاد شده، می‌توان به کربن آلی نسبت داد. کربن آلی به عنوان عامل پیوند دهنده‌ی ذرات به یکدیگر عمل می‌کند و در نتیجه باعث ایجاد خاکدانه‌هایی با میانگین وزنی قطر بیشتر می‌شود. در برخی پژوهش‌ها (Zhang et al, 2014 & Singh et al, 2007)، افزایش MWD به میزان کربن آلی خاک نسبت داده شده که این امر نشان دهنده‌ی بهبود وضعیت خاکدانه سازی خاک از طریق بهبود وضعیت کربن آلی آن است و اینکه کربن آلی به‌عنوان عامل‌های پیوند دهنده عمل می‌کند. از دیگر دلایل افزایش MWD، می‌توان به افزایش فعالیت میکروبی در حین عمل تجزیه‌ی بقایا اشاره کرد؛ به این صورت که در اثر تجزیه‌ی بقایای گیاهی و افزایش فعالیت میکروبی، فشار جزئی دی اکسید کربن در هوای خاک افزایش می‌یابد، از سوی دیگر کاهش pH خاک، سبب انحلال کربنات کلسیم موجود در آن می‌شود (Yazdanpanah et al, 2013)، تأمین یون کلسیم باعث جایگزینی کلسیم به جای سدیم تبادلی می‌گردد و درنهایت ذرات رس را منعقد می‌کند و به تشکیل ذراتی با میانگین وزنی بیشتر منجر می شود (روستا و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین آزاد سازی کلسیم ناشی از تجزیه‌ی بقایای گیاهی نیز ممکن است از دیگر دلایل احتمالی این افزایش باشد. در بررسی جداگانه‌ی تأثیر مواد آلی و معدنی بر اندازه‌ی خاکدانه‌ها، مشخص شد که میانگین وزنی قطر خاکدانه بعد از سه دوره‌ی زمانی ـ یک، چهار و هفت ماه ـ افزایش یافت و اینکه کاربرد جداگانه‌ی کاه و کلش همچنین کاربرد توأم آن همراه با گچ بیشترین میزان MWD را نشان می‌دهد (عنایتی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از دلایل این موضوع، افزایش جمعیت میکروبی و در پی آن فعالیت‌های میکروبی، متابولیت‌های تولید شده به وسیله‌ی آنها از جمله پلی ساکاریدها همچنین میسلیوم‌های قارچی در پی تجزیه‌ی بقایای گیاهی مربوط است که باعث اتصال ذرات خاک به یکدیگر و تشکیل خاکدانه‌های بزرگتر می شود (همان). در مقابل در تیمار سوزاندن بقایا، به‌دلیل کاهش ماده آلی خاک چسبندگی بین ذرات کاهش می‌یابد و به ذرات ریزتر تبدیل می‌شود که نتیجه‌ی این امر، افزایش ذرات با قطر کوچکتر و در نتیجه کاهش MWD است؛ به عبارتی، هر کاهشی در میزان ماده آلی خاک می‌تواند بر ناپایداری ساختمان خاک صدماتی داشته باشد (Mrabet, 2002).

علاوه بر این، نتایج شکل ۲ حاکی از این است که در تیمارهای مخلوط یک در صد و بقایا در سطح تأثیر کاه و کلش جو بر افزایش MWD در حالت تر بیش از بقایای یونجه است که اختلاف معنی‌داری نیز بین آنها مشاهده می‌شود. از دلایل این افزایش، می‌توان به نسبت C:N بالای کاه و کلش جو در مقایسه با بقایای یونجه اشاره کرد (جدول ۲)؛ به عبارتی، هر چه این نسبت بیشتر باشد، سرعت تجزیه‌ی کربن آلی در خاک کمتر می شود. در نتیجه، ذخیره‌ی آن در خاک افزایش می‌یابد و در افزایش اندازه‌ی خاکدانه در خاک نقش بیشتری ایفا می‌کند (Mahmoodabadi and Heydarpour, 2014). درباره‌ی این موضوع، کند بودن سرعت تجزیه با بالا بودن نسبت C:N مرتبط است (Recous et al, 1995). ترکیبات آلی موجود از طریق اتصال پل‌های بین ذرات، باعث افزایش اندازه و پایداری خاکدانه در برابر نیروهای مخرب می‌گردد. علاوه بر این، در اثر افزایش میزان مصرف مواد آلی، خاکدانه سازی افزایش و خاکدانه‌های درشت‌تری در خاک ایجاد می‌شود (Benbouali et al, 2013). مقایسه‌ی شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد که در حالت تر به جز تیمار مخلوط یک درصد کاه و کلش جو، مقادیر MWD تر کمتر از MWD در حالت خشک است. یکی از دلایل احتمالی این یافته را می‌توان به نیروی هیدرولیکی الک و نیروی حاصل از وزن آب نسبت داد؛ به این صورت که در اثر شیک نمودن نمونه‌ها در داخل آب، بخشی از خاکدانه‌های پایدار در حالت خشک خرد و به خاکدانه‌های

ریزتر تبدیل می‌گردد، در نتیجه باعث می‌شـــود خاکدانه‌هایی با میانگین وزنی قطر کمتر در حالت تر ایجاد شـــود (محمودآبادی، ۱۳۹۰ الف).



شکل ۲: تأثیر متقابل مدیریت و نوع بقایا بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر. بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن وجود ندارد.



شکل ۳: تأثیر مدیریت بقایای گیاهی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک. بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن وجود ندارد.

۳ـ۲ـ۲ـ میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD)

بررسی توزیع اندازه خاکدانه‌ها درحالت تر نشان داد که تمامی تیمارهای اعمال شده، باعث شد میزان GMD نسبت به تیمار شاهد افزایش یابد. تیمارهای مخلوط کردن به نسبت‌های مختلف و گذاشتن سطحی، باعث شد این شاخص نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته باشد، ولی بین تیمار سوزاندن و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده

نشد که این امر، تأثیر مثبت تیمارهای مخلوط بقایا با خاک و نگهداری سطحی آنها را بر پایداری خاکدانه بیان می‌کند (شکل ۴). در حالت خشک تیمار مخلوط یک، همچنین نیم در صد بقایا با خاک و تیمار گذاشتن سطحی بقایا باعث افزایش شاخص GMD نسبت به تیمار شاهد شد. با این وجود، بین تیمارهای مخلوط نیم درصد و گذاشتن سطحی بقایا نسبت به تیمار شاهد، تفاوت معناداری مشاهده نشد. این در حالی بود که تیمار مخلوط، یک درصد اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. در این شرایط، تیمار سوزاندن نیز باعث کاهش شاخص GMD نسبت به شاهد گردید، ولی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۵). تیمار مخلوط یک درصد کاه و کلش جو، بیشترین میزان افزایش ـــــ ۶۸/۶ درصد ـــــ شاخص GMD را در حالت تر نشان داد و در حالت خشک نیز تیمار یادشده، باعث افزایش ۲۱ درصدی این شاخص نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). در این زمینه، گزارش شده که مخلوط‌کردن کاه و کلش گندم و سبوس جو میزان GMD را افزایش می‌دهد (Karami et al, 2012). همچنین در مطالعه‌ای سه ساله، دلیل افزایش مقدار GMD خاک به افزایش نسبت ماده آلی به خاک مرتبط دانسته شد (Zhang et al, 2014). در مطالعه‌ی دیگری مشخص شد که کاهش مقدار GMD خاکدانه‌ها پس از سوزاندن بقایا، به دلیل فراوانی کمتر خاکدانه‌های موجود در کلاس اندازه‌ی ۵-۲ میلی‌متر است (Are et al, 2009). همه‌ی این موارد از اثرات منفی سوزاندن، اثر مثبت مخلوط کردن و اثر منفی سوزاندن بقایا بر شاخص GMD به عنوان معیاری از وضعیت خاکدانه‌سازی و ساختمان خاک حکایت دارد.

جدول ۴: درصد نسبی تغییر شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه در دو حالت تر و خشک متأثر از نوع و مدیریت بقایا

نوع بقایا	مدیریت بقایا	MWD_w	GMD_w	MWD_d	GMD_d	WSA >۰/۲۵	DSA>۰/۲۵
کاه کلش جو	**مخلوط نیم درصد**	۷۸/۳	۴۸/۷۳	۳۰/۲	۱۶/۲	۸۰/۷	۱۸/۵
	مخلوط یک درصد	۸۷	۶۸/۶	۳۳/۶	۲۱	۸۶/۴	۲۳/۷
	بقایا در سطح	۷۱	۳۵/۸	۱۷/۳	۱۰	۷۲/۵	۱۵/۷
	سوزاندن بقایا	-۱۲/۸	۱۳/۳	-۸	-۶/۷۵	-۲۹	-۱۲/۵
بقایای یونجه	**مخلوط نیم درصد**	۷۸	۴۷/۷	۶/۱۲	۴	۷۹	۶/۸
	مخلوط یک درصد	۸۳/۱	۶۱	۱۹/۸	۱۰/۸	۸۳/۵	۱۳/۵
	بقایا در سطح	۶۷/۷	۳۳/۷	۱۱/۷	۳/۸	۷۱/۳	۶/۶
	سوزاندن بقایا	-۱۵/۱۲	۹/۳	-۰/۸	۰/۵	-۳۰/۳	۴

مقادیر مثبت و منفی به‌ترتیب مبین افزایش و کاهش نسبت به شاهد است.

MWD_d: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک

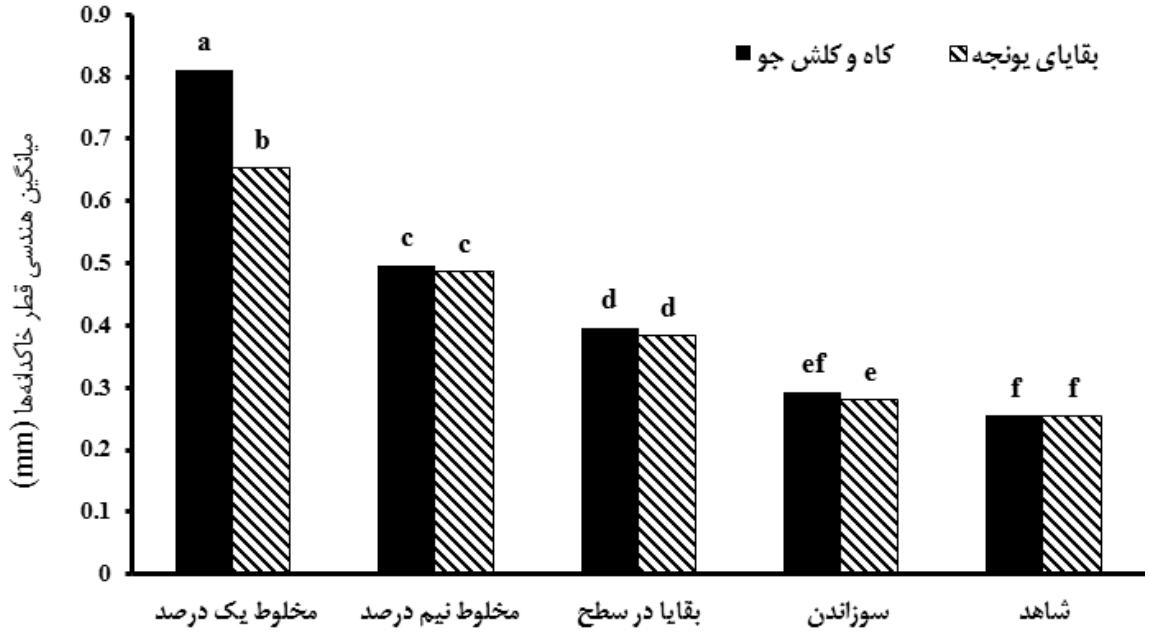
MWD_w: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر

GMD_d: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک

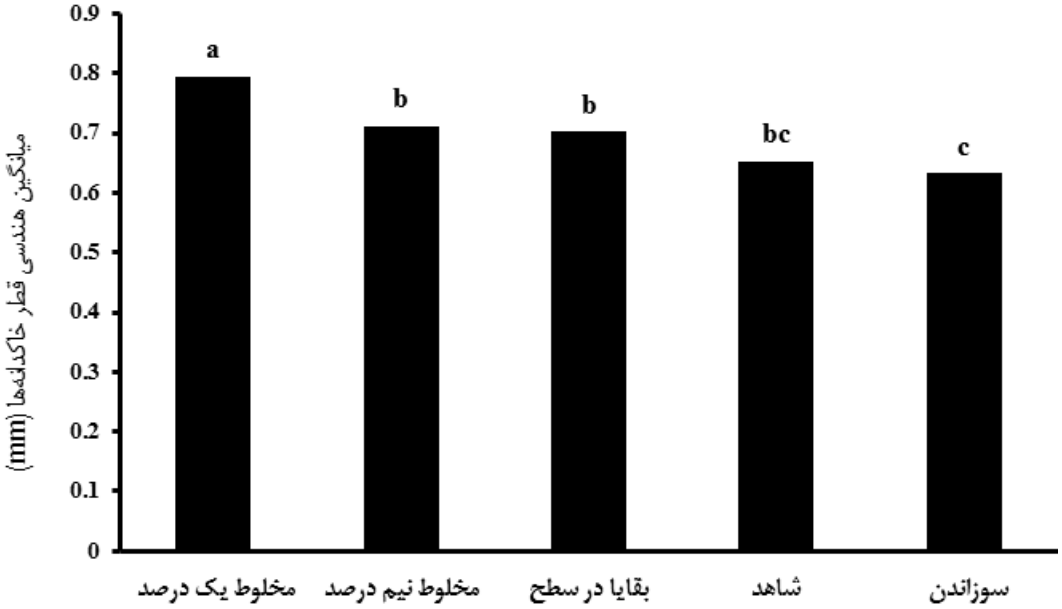
GMD_w: میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر

WSA: درصد خاکدانه‌های پایدار در آب بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر

DSA: درصد خاکدانه‌های پایدار بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت خشک



شکل ۴: اثر متقابل مدیریت و نوع بقایا بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر. بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن وجود ندارد.



شکل ۵: تأثیر مدیریت‌های مختلف بقایا بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک. بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن وجود ندارد.

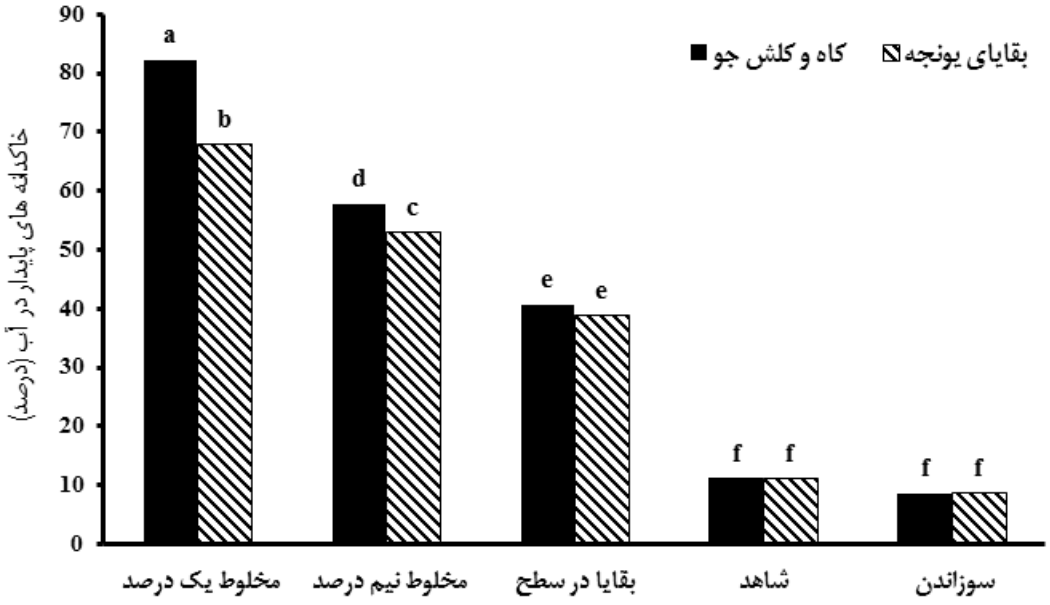
۳ـ۲ـ۳ـ درصد خاکدانه‌های پایدار

نتایج نشان داد که تیمارهای مخلوط نیم، همچنین یک در صد بقایا با خاک و گذاشتن سطحی بقایا باعث افزایش معنی‌دار دو شاخص WAS و DSA نسبت به تیمار شاهد گردید. در مقابل تیمار سوزاندن نسبت به سایر تیمارها، کاهش مقدار این دو شاخص را در پی داشت هرچند اختلاف آن با تیمار شاهد معنی‌دار نبود (شکل‌های ۶ و ۷). بیشترین میزان افزایش (۸۶/۴ درصد نسبت به شاهد) WSA، در اثر اعمال تیمار مخلوط یک درصد کاه و کلش جو مشاهده شد. در اثر

سوزاندن کاه و کلش جو و بقایای یونجه، مقدار WSA به‌ترتیب ۲۹ و ۳۰/۳ درصد کاهش را نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد (جدول ۴). در مورد شاخص DSA نیز مخلوط یک درصد کاه و کلش جو بیشترین میزان افزایش (۲۳/۷ درصد نسبت به شاهد) را در پی داشت (جدول ۴). می‌توان دلیل اصلی افزایش شاخص WSA را در تیمارهای یاد شده به افزایش میزان ماده آلی در این تیمارها نسبت داد. در این زمینه، برخی پژوهشگران دلیل اصلی افزایش شاخص WSA را به افزایش ماده آلی حاصل از عمل مخلوط کردن بقایا با خاک نسبت دادند (Zhang et al, 2014). کربن آلی حاصل از تجزیه‌ی بقایای گیاهی به عنوان عاملی سیمانی کننده عمل می‌کند که به هماوری ذرات اولیه‌ی خاک و تشکیل خاکدانه‌های مقاوم و پایدار منجر می شود. نیروی چسبندگی بیشتر به واسطه‌ی تشدید نیروهای هم‌چسبی بین ذرات معدنی و پلیمرهای آلی، قابلیت خیس شدن خاکدانه‌ها و در نتیجه تخریب و فروپاشی آنها را کاهش می‌دهد (محمودآبادی، ۱۳۹۰ ب). در این راستا، برخی پژوهشگران دلیل اصلی کاهش میزان WSA را در پی عملیات سوزاندن بقایا، به تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک بعد از این عمل نسبت داده‌اند (Are et al, 2009). از آنجا که بعد از عمل سوزاندن، چسبندگی رس‌ها کاهش می‌یابد در نتیجه خاکدانه‌های پایدار در آب نیز کاهش می‌یابد.

از بین ویژگی‌های مؤثر بر توزیع اندازه ذرات، بیشترین نقش مربوط به ماده آلی است (Dominguez et al, 2001). برخی محققان نقش ماده آلی و رس را در افزایش فراوانی خاکدانه‌های پایدار گزارش نموده‌اند (Denef et al, 2001). همچنین درصد خاکدانه‌های پایدار در آب، به میزان کربن و نیتروژن خاک بستگی دارد (Green et al, 2007). از سوی دیگر، سوزاندن بقایا به طور قابل توجهی خاکدانه‌های پایدار در آب را با اندازه‌ی بزرگتر از دو میلی‌متر و کوچکتر از ۵۰ میکرومتر کاهش می‌دهد (Chan et al, 2002).

اثرات مثبت کاربرد مالچ کاه و کلش گندم بر بهبود تخلخل خاک، میزان آب قابل استفاده، خاکدانه‌سازی و جرم مخصوص ظاهری نیز گزارش شده‌است (Mulumba and Lal, 2008). کاربرد بقایای گیاهی، باعث افزایش نگهداشت رطوبت خاک مزرعه می‌شود (Guenet et al, 2010 & Porteaus et al, 2009) و از این جهت شرایط مطلوب‌تری برای افزایش جمعیت میکروبی ایجاد می‌شود. در نتیجه افزایش زیست‌توده‌ی حاصل از برگرداندن بقایا به خاک، عمل تشکیل خاکدانه‌های درشت را به‌خصوص در لایه‌ی سطحی افزایش می‌دهد (Shaver et al, 2003). از طرفی، در اثر مخلوط کردن بقایا نسبت به کاربرد سطحی آنها، بخش بیشتری از بقایا با خاک ترکیب می شود (Singh et al, 2007) که در نتیجه تأثیر بیشتری در بهبود ساختمان خاک دارد. این در حالی است که در منابع متعدد (Hubbert & Are et al, 2009 et al, 2006 & Zhang et al, 2007) در پی سوزاندن بقایای گیاهی، کاهش منافذ درشت و تخلخل کل خاک مشاهده شده‌است. در مجموع بر مبنای نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های توزیع اندازه خاکدانه، چنین می‌توان استنباط کرد که مخلوط کردن بقایا به‌ویژه بقایای کاه و کلش می‌تواند از طریق ایجاد خاکدانه‌های درشت‌تر و پایدارتر، وضعیت بهتری را از نظر ساختمان خاک رقم زند.



شکل ۶ : تأثیر متقابل مدیریت و نوع بقایای گیاهی بر درصد ذرات پایدار در آب بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت تر. بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن وجود ندارد.

در مجموع، بررسی شکل‌های ۲ تا ۷ و مقایسه‌ی روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی نشان می‌دهد که در همه‌ی موارد، مخلوط کردن یک درصد بقایا با خاک نقش بیشتری در بهبود وضعیت ساختمان آن دارد. علاوه بر این، کاربرد سطحی بقایا نیز باعث بهبود وضعیت توزیع اندازه ذرات خاک می‌شود، هر چند کارایی آن کمتر از تیمار مخلوط نمودن بقایا با خاک است.

شکل ۷ : تأثیر مدیریت بقایا بر میزان درصد ذرات پایدار بزرگتر از ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت خشک. بین میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن وجود ندارد.

در صورت مخلوط کردن یک درصد کاه و کلش جو با خاک، مقدار شاخص‌های MWD و GMD در حالت تر به‌ترتیب ۸۷ و ۶۸/۶ درصد و در حالت خشک به‌ترتیب ۳۳/۶ و ۲۱ درصد، همچنین مقدار WSA و DSA به‌ترتیب ۸۶/۴ و ۲۳/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت. همچنین در اثر مصرف بقایای یونجه به‌صورت مخلوط یک درصد، مقدار MWD و GMD در حالت تر به‌ترتیب ۸۳/۱ و ۶۱ درصد و در حالت خشک به‌ترتیب ۱۹/۸ و ۱۰/۸ درصد و مقدار WSA و DSA به‌ترتیب ۸۳/۵ و ۱۳/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کردند. در مقابل در اثر سوزاندن کاه و کلش جو و بقایای یونجه، در اغلب موارد مقدار شاخص‌های مورد مطالعه در این پژوهش نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند که از نقش مخرب سوزاندن بر توزیع اندازه‌ی خاکدانه‌ها و تخریب ساختمان خاک حکایت دارد.

۴ـ نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، تأثیر نوع و مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی بر برخی شاخص‌های توزیع اندازه ذرات ثانویه (خاکدانه) در دو حالت تر و خشک بررسی شد. نتایج نشان داد که از بین دو نوع بقایای گیاهی مورد استفاده، کاه و کلش جو نسبت به بقایای یونجه در بهبود وضعیت توزیع اندازه ذرات بر اساس شاخص‌های توزیع اندازه‌ی خاکدانه تأثیر بیشتری داشت که این امر به میزان کربن بسیار در ترکیب کاه و کلش جو، همچنین نسبت بزرگتر C:N در آن مرتبط می‌باشد. با افزایش میزان مصرف بقایا به خاک اضافه، مقادیر بیشتری از شاخص‌های مربوط به توزیع اندازه‌ی خاکدانه‌ها حاصل شد. همچنین مقایسه‌ی روش‌های مختلف مدیریت بقایای گیاهی روشن ساخت که در همه‌ی موارد، مخلوط کردن یک درصد بقایا با خاک نقش بیشتری در بهبود وضعیت ساختمان آن دارد. علاوه بر این، مشخص شد که کاربرد سطحی بقایا نیز باعث بهبود وضعیت توزیع اندازه ذرات خاک می شود، هر چند کارایی آن کمتر از تیمار مخلوط نمودن بقایا با خاک است. این در حالی است که در اثر سوزاندن کاه، کلش جو و بقایای یونجه، در اغلب موارد مقدار شاخص‌های مورد مطالعه در این پژوهش نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند. در مجموع، مشخص شد که اولویت مدیریت بقایا از نظر بهبود شاخص‌های توزیع اندازه خاکدانه‌ها به‌ترتیب سوزاندن بقایا < شاهد< کاربرد سطحی بقایا< مخلوط نیم درصد بقایا< مخلوط یک درصد بقایا بود. این یافته از منظر مدیریت بقایای گیاهی در نیل به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای دارد. در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود کربن آلی مواجه هستند، برخلاف سوزاندن بقایای گیاهی، افزودن منابع آلی ارزان و در دسترس نظیر بقایای گیاهی حاصل از کشت محصولات کشاورزی به‌ویژه به صورت مخلوط با خاک می‌تواند اثرات مثبت متعددی در بهبود و اصلاح ویژگی‌های خاک در کوتاه‌مدت داشته باشد. یافته‌های این پژوهش، اهمیت رعایت مدیریت صحیح بقایای گیاهی را در اراضی کشاورزی نشان می‌دهد. همچنین اثرات مخرب ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی بر تخریب ساختمان خاک نیز مشهود است.

منابع

۱. روستا، م. ج.؛ عنایتی، ک.؛ و آ. وکیلی، ۱۳۸۹. بررسی آزمایشگاهی تأثیر افزودن ترکیبات معدنی و مواد آلی بر میانگین وزن قطر خاکدانه‌ها در یک خاک شور- سدیمی، *پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*، دوره‌ی ۲۴، شماره‌ی ۳، ۲۳۵ - ۲۲۹.

۲. عنایتی، ک.؛ رو ستا، م. ج.؛ و آ. وکیلی، ۱۳۹۰. بررسی آثار جداگانه و توأم مواد آلی و معدنی بر اندازه خاکدانه‌ها در یک خاک شور و سدیمی با بافت سیلت لوم، *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک*، دوره‌ی ۱۵، شماره‌ی ۵۶، ۱۷۸-۱۶۹.

۳. محمودآبادی، م.، ۱۳۹۰ الف. بررسی توزیع اندازه ذرات و پایداری خاکدانه‌ها تحت کاربرد دو نوع بقایای گیاهی، *حفاظت منابع آب و خاک*، دوره‌ی ۱، شماره‌ی ۲، ۲۸ -۱۵.

۴. محمودآبادی، م. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر کاربرد متوالی مواد آلی و آبیاری با آب سدیمی بر توزیع اندازه ذرات ثانویه خاک، *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، شماره‌ی ۲، ۹۷ -۸۳ .

5. Are, K. S.; Oluwatosin, G. A.; Adeola, O.; & A. O. Ke, 2009. Slash and burn effect on soil quality of an Alfisol: soil physical properties, *Soil and Tillage Research*, 103, 4 - 10.

6. An, S. S.; Darboux, F.; & M. Cheng, 2013. Revegetation as an efficient means of increasing soil aggregate stability on the loess plateau (China), *Geoderma*, 209 - 210: 75-85.

7. Barthes, B. G.; KouoaKouoa, E.; Larre-Larrouy, M. C.; & T. M. Razafimbelo, 2008. de Luca EF, Azontonde A, et al. Texture and sesquioxide effects on water stable aggregates and organic matter in some tropical soils, *Geoderma*, 143, 14 - 25.

8. Benbouali, E. H.; Hamoudi, S. A. A.; & A. Larich, 2013. Short-term effect of organic residue incorporation on soil aggregate stability along gradient in salinity in the lower Cheliff plain (Algeria) , *African Journal of Agricultural Research*, 8 (19), 2144 - 2152.

9. Blanco-Canqui, H.; & R. Lal, 2009. Corn stover removal for expanded uses reduces soil fertility and structural stability, *Soil Science Society of America Journal*, 73 (2), 418 - 426.

10. Bronick, C. J.; & R. Lal, 2005. Soil structure and management: a review, *Geoderma*, 124 (1), 3 - 22.

11. Chan, K. Y.; Heenan, D. P.; & A. Oates, 2002. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management, *Soil and Tillage Research*, 63 (3), 133 - 139.

12. Denef, K.; Six, J.; Paustian, K.; & R. Merckx, 2001. Importance of macro-aggregate dynamics in controlling soil carbon stabilization: short-term effects of physical disturbance induced by dry-wet cycles, *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (15), 2145 - 2153.

13. Diaz-Zorita, M.; Grove, J. H.; & E. Perfect, 2002. Disruptive methods for assessing soil aggregation: a review, *Soil and Tillage Research*, 64 (1), 3 - 22.

14. Diaz-Zorita, M.; Grove, J. H.; & E. Perfect, 2007. Sieving duration and sieve loading impacts on dry soil fragment size distributions, *Soil and Tillage Research*, 94 (1), 15 - 20.

15. Dominguez, J.; Negrin, M. A.; & C. M. Rodriguez, 2001. Aggregate water stability, particle size and soil solution properties in conducive and suppressive soils to Fusarium wilt of banana from Canary island (Spain), *Soil Biology and Biochemistry*, 33(4), 449 - 455.

16. Govaerts, B.; Sayre, K. D.; Lichter, K.; Dendooven, L.; & J. Deckers, 2007. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems, *Plant and Soil*, 291(1-2), 39 - 54.

17. Green, V. S.; Stott, D. E.; Cruz, J. C.; & N. Curi, 2007. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian cerradooxisols, *Soil and Tillage Research*, 92 (1), 114 - 121.

18. Guenet, B.; Neill, C.; Bardoun, G.; & L. Abbadie, 2010. Is there a liner relationship between priming effect intensity and the amount of organic matter input, *Applied Soil Ecology*, 49, 436 - 442.

19. Hubbert, K. R.; Preisler, H. K.; Wohlgemuth, P. M.; Graham, R. G.; & M. G. Narog, 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and water repellency in a steep chaparral watershed, Southern California, USA, *Geoderma*, 130, 284 - 298.
20. Hwang, S., 2004. Effect of texture on the performance of soil particle size distribution models, *Geoderma*, 123 (3), 363 - 371.
21. Karami, A.; Homaee, M.; Afzalinia, S.; Rouhipour, H.; & S. Basirat, 2012. Organic residue management: Impacts on soil aggregate stability and other soil physic-chemical properties, *Agriculture and Ecosystem Environment*, 148, 22 – 28.
22. Kemper, W. D., & R. C. Rosenau., (1986). Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A. Editor, Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 425 - 442.
23. Li, H. W.; Gao, H. W.; Wu, H. D.; Li, W. Y.; Wang, X. Y.; & J. He, 2007. Effects of 15 years of conservation tillage on soil structure and productivity of wheat cultivation in northern China, *Australian Journal of Soil Research*, 45 (5), 344 - 350.
24. Mahmoodabadi, M., & S. Arjmand Sajjadi., (2016). Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion. *Geomorphology*. 253, 159 - 167.
25. Mahmoodabadi, M., & E. Heydarpour., (2014). Sequestration of organic carbon influenced by the application of straw residue and farmyard manure in two different soils. *International Agrophysics*. 28 (2), 169 - 176.
26. Marquez, C. O.; Garcia, V. J.; Cambardella, C. A.; Schultz, R. C.; & T. M. Isenhart, 2004. Aggregate-size stability distribution and soil stability, *Soil Science Society of America Journal*, 68 (3), 725 - 735.
27. Mrabet, R., 2002. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa, *Soil and Tillage Research*, 66, 119 - 128.
28. Mulumba, L. N., & R. Lal., (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 98, 106 - 111.
29. Page, A. L.; Miller, R. H.; & D. R. Jeeney, 1992. Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical Properties, Soil Science Society of American Publication, Madison, 1750 p.
30. Porteaus, F.; Hill, J.; Ball, A. S.; Pinter, P. J.; Kimball, B. A.; Wall, G. W.; et al, 2009. Effect of free air carbon dioxide enrichment (FACE) on the chemical composition and nutritive value of wheat grain and straw, *Animal Feed Science and Technology*, 14, 322 -332.
31. Puget, P.; Chenu, C.; & J. Balasdent, 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates, *European Journal of Soil Science*, 51 (4), 595 - 605.
32. Recous, S.; Robin, D.; Darwis, D.; & B. Mary, 1995. Soil inorganic N availability: effect on maize residue decomposition, *Soil Biology and Biochemistry*, 27 (12): 1529 -1538.
33. Shaver, T. M.; Peterson, G. A.; & L. A. Sherrod, 2003. Cropping intensification in dryland systems improves soil physical properties: regression relations, *Geoderma*, 116, 149 - 164.
34. Singh, G.; Jalota, S. K.; & Y. Singh, 2007. Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice-wheat system in Punjab, India, *Soil and Tillage Research*, 94, 229 - 238.
35. Six, J.; Guggenberger, G.; Paustian, K.; Haumaier, L.; Elliott, E. T.; & W. Zech, 2001. Sources and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates, *European Journal of Soil Science*, 52 (4), 607 - 618.
36. Skaggs, T. H.; Arya, L. M.; Shouse, P. J.; & B. P. Mohanty, 2001. Estimating particle size distribution from limited soil texture data, *Soil Science Society of America Journal*, 65 (4) , 1038 - 1044.
37. Verhulst, N.; Govaerts, B.; Verachtert, E.; Kienle, F.; Limon-Ortega, A.; & Deckers, J. et al, 2009. The importance of crop residue management in maintaining soil quality in zero

tillage systems؛A comparison between long-term trials in rainfed and irrigated wheat systems. 4thWorld Congress on Conservation Agriculture, 4-7 Feb. 71-79.
38. Walkley, A. , & I. A. Black., (1934). An examination of the method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Journal of Soil Science*. 37 (1), 29 - 38.
39. Yazdanpanah, N.; Mahmoodabadi, M.; & A. Cerdà, 2016. The impact of organic amendments on soil hydrology, structure and microbial respiration in semiarid lands, *Geoderma*, 266, 58 - 65.
40. Yazdanpanah, N.; Pazira, E.; Neshat, A.; Mahmoodabadi, M.; & L. Rodríguez Sinobas, 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (II): Impact on nitrogen, phosphorous and potassium redistribution and on microbial respiration, *Agricultural Water Management*, 120, 39 - 45.
41. Zhang, G. S.; Chan, K. Y.; Oates, A.; Heenan, D. P.; & G. B. Huang, 2007. Relationship between soil structure and runoff/soil loss after 24 years of conservation tillage, Soil and Tillage Research, 92, 122 - 128.
42. Zhang, P.; Wei, T.; Jia, Z.; Han, Q.; Ren, X.; & Y. Li, 2014. Effects of straw incorporation on soil organic matter and soil water-stable aggregates content in semiarid regions of northwest China, PLoS ONE, 9 (3): e92839. doi:10.1371/journal.pone.0092839.

Aggregate Size Distribution Indices Influenced by Different Types/Managements of Plant Residues under Field Conditions

Majid Mahmoodabadi*: ***Associate professor, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman***
Morad Mirzaee: ***M.Sc. Student, Department of Soil Science, Agriculture Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman***
Hormozd Naghavi: ***Research Assistant, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center***

Article History (Received: 22/07/2016 Accepted: 15/02/2017)

1- INTRODUCTION

Nowadays, environmental aspects of soil erosion are specifically considered by researchers. In this regard, secondary (aggregate) particle size distribution (SPSD) is so important in different issues such as nutrient loss, pollutant transport and carbon cycle. Aggregate size distribution is known as the representative of soil structure, which is by itself regarded as a dynamic soil feature. The type and application method of plant residues have a significant influence on the aggregate size distribution. Therefore, the accurate utilization of plant residue management after the harvesting procedure is of crucial environmental issues. However, farmers in some parts of the country, burn plant residues remaining after harvesting; this leads to the destruction of soil structure, greenhouse gas emissions and environmental damages. Therefore, the purpose of the current study was to investigate the effects of the type and different managements of plant residues on the aggregate size distribution indices.

2- THEORETICAL FRAMEWORK

Several studies around the world and in Iran have been conducted on the impact of different management methods of crop residues on the aggregate size distribution. In this context, it has been found that through mixing and/or keeping crop residue after harvesting, the mean weight diameter (MWD) of the aggregates increased significantly in both wet and dry cases as compared with the control. On the other hand, due to the positive effects of these two methods of management on the structural stability compared to burning, the formation and development of the surface crust decreases. Compared to the favorable effects of mixing and keeping plant residues in farm on aggregate size distribution, some destructive operations such as burning have negative influences.

3- METHODOLOGY

To obtain the objectives, a field experiment was done as factorial based on RCBD with three replicates. The first factor was the residue type including barely straw and alfalfa residue, and the second factor was different management practices including 1) incorporating one percent of the plant residues into the soil, 2) incorporating 0.5 percent of the plant residues into the soil, 3) surface retention of plant residues, 4) burning of plant residues and 5) control. After nine months, the aggregate size distribution indices including the mean weight diameter (MWD) and the geometric mean diameter (GMD) both at two cases of wet and dry and also water stable aggregates (WSA) and dry stable aggregates (DSA) were measured.

* **Corresponding Author: mahmoodabadi@uk.ac.ir**

* Corresponding Author: mahmoodabadi@uk.ac.ir

4- RESULTS

Results of the variance analysis showed that the influence of plant residue type was just significant on MWD and GMD in wet case, whereas, the effect of plant residue management was significant on all the studied indices. This indicates that the management of plant residues is more important than the type of residues. Also, barley straw was more effective than alfalfa residue in improving the aggregate size indices, which was attributed to higher content of carbon and greater C:N ratio in the composition of barley straw. Also, in all cases, mixing one percent of plant residues with soil showed greater role in improving the soil structure than the other application methods of residues. The incorporation of one percent barely straw led to the highest influence on the improvement of aggregate size distribution, so that due to the application of this treatment as compared with control, MWD and GMD increased respectively by 87% and 68.6% (under wet conditions) and by 33.6% and 21% (under dry conditions), while WSA and DSA were enhanced by 86.4% and 23.7%, respectively. Moreover, the surface application of residues resulted in aggregate size improvement, however, its effectiveness was less than the incorporation method. In contrast, the burning of residues reduced almost all the indices compared to the control.

5- CONCLUSIONS & SUGGESTIONS

In general, the priority of residue application methods regarding the improvement of aggregate size distribution was determined respectively as: burning <control< surface application <mixture of 0.5% residue <mixture of 1% residue. The finding of this research reveals the importance of the correct management of plant residue in the agricultural land. Also, the deleterious effects of crop residue burning on soil structure degradation is evident.

Key Words: Secondary particle size distribution, Soil structure, Plant residue burning, Organic matter.