

ارزیابی تأثیر کوتاه مدت گیاهان پوششی یولاف و خلر در بهبود برخی از ویژگی‌های منتخب خاک

فاطمه احمدنیا^{۱*}، علی عبادی^۲، مسعود هاشمی^۳، اکبر قویدل^۴ و صغری قهرمانی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۸)

چکیده

استفاده مداوم از سیستم‌های تک‌کشتی و خاک‌ورزی بیش از حد، خاک‌های کشاورزی را در بسیاری از مناطق ایران تخریب کرده است. تأثیر کوتاه‌مدت گیاهان پوششی روی ویژگی‌های منتخب خاک در یک مطالعه مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. چهار تیمار آزمایشی شامل، تک‌کشتی یولاف، تک‌کشتی خلر، کشت مخلوط آن‌ها و کنترل بدون گیاه پوششی بود. بالاترین و کمترین زیست‌توده اندام هوایی ۱۹۸/۱۳ و ۱۲۴/۰۶ گرم در مترمربع بود و به ترتیب از کشت مخلوط و تک‌کشتی خلر به دست آمد. زیست‌توده بالا منجر به سرکوب علف‌های هرز در مقایسه با کنترل شد. وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب به میزان ۳۳/۰۴ و ۴۱/۱۲ درصد در تک‌کشتی یولاف و کشت مخلوط کاهش یافت. بالاترین میزان کربن آلی خاک (۱/۲۱ درصد) و بیشترین جمعیت میکروبی ($6/5 \times 10^5$ تعداد در گرم) از تیمار آزمایشی کشت مخلوط به دست آمد. کشت مخلوط، تک‌کشتی یولاف و تک‌کشتی خلر به ترتیب ۵۱/۵۳، ۵۰/۷۲ و ۴۹/۱۱ درصد فشردگی خاک را کاهش دادند. با این حال، جرم مخصوص ظاهری خاک، تخلخل خاک و میزان نفوذ آب تحت تأثیر گیاهان پوششی قرار نگرفت. نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان داد که تغییرات کوتاه مدت در برخی از ویژگی‌های خاک مرتبط با زیست‌توده و گونه‌های گیاهان پوششی است. به طور کلی، ترکیبی از گیاهان پوششی بر تغییر ویژگی‌های خاک تأثیر بیشتری داشت.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، جمعیت میکروبی، زیست‌توده، سلامت خاک، فشردگی خاک

۱- احمدنیا ف.، عبادی ع.، هاشمی م.، قویدل ا.، قهرمانی ص. ۱۴۰۰. ارزیابی تأثیر کوتاه مدت گیاهان یولاف و خلر در بهبود برخی از ویژگی‌های منتخب خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۱. صفحه: ۷۲-۸۷.

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
- ۲- استاد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- ۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی استاک بریج، دانشگاه ماساچوست.
- ۴- دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- ۵- دانشجوی اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

* پست الکترونیک: F.Ahmadnia@uma.ac.ir

مقدمه

خاک بستر تولید محصولات کشاورزی است و تأمین نیازهای بشر به خاک وابسته است. عوامل متعددی از جمله شرایط زیست محیطی و نحوه فعالیت اکوسیستم‌های مختلف در خاک، مانند تجزیه و تبدیل زباله‌های زیستی، چرخه عناصر غذایی و تأثیر آن‌ها بر ریزجانداران خاک در ایجاد یک خاک حاصلخیز مؤثر است (Sing & Ryan, 2015).

گرایش به سیستم‌های تک‌کشتی با افزایش جمعیت کره زمین و صنعتی‌شدن کشاورزی، افزایش یافت (Ghanbari et al., 2010). در بسیاری از نقاط جهان، نظام‌های تک‌کشتی تولید غذا، تحت عنوان کشاورزی رایج با عوارضی مانند بهره‌برداری بیش از حد منابع کشاورزی، جایگزین کشاورزی سنتی چندکشتی شد و بعد از مدت‌ها ظهور اثرات نامطلوب نظام تک‌کشتی، افزایش تمایل به استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار همانند به‌کارگیری و اجرای انواع کشت‌های مخلوط، در اذهان متخصصان پدیدار گشت (Badakhshan et al., 2018). گیاهان پوششی یکی از استراتژی‌های طراحی شده برای تقویت سلامت و کیفیت خاک در سیستم‌های کشاورزی می‌باشند (Finney et al., 2017). سلامت خاک تحت عنوان ظرفیت مستمر برای ایفای نقش به عنوان یک سیستم زنده مهم و حیاتی در درون مرز اکوسیستم و کاربر خاک به منظور حفظ بهره‌وری زیستی، حفظ کیفیت محیط، آب و هوا و ارتقای سلامت گیاهان، حیوان و انسان تعریف می‌شود (Doran et al., 1996). این مفهوم نقش محوری موجودات زنده خاک را در تأمین نیازهای اکوسیستم بیان می‌کند که در سیستم‌های کشاورزی از جمله حفظ و تأمین مواد مغذی، از بین بردن بیماری‌ها، تقویت ساختار و پایداری سازی ساختمان خاک و مدیریت علف‌های هرز حائز اهمیت است (Lehman et al., 2015). گیاهان پوششی غالباً از طریق تأثیر بر کربن آلی خاک، بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Shamsaddin Saiedi et al., 2016; Lamei et al., 2013). همچنین، بخشی از ماده آلی خاک، حاصل کربنی است که از طریق فتوسنتز در بخش‌های مختلف گیاهی تثبیت و ذخیره می‌گردد و در طی فرآیند تجزیه، به هوموس خاک تبدیل می‌شود (Dinakaran & Rao, 2018). ماده آلی خاک شامل ۵۰ تا

۵۸ درصد کربن آلی است (Dinakaran & Rao, 2018). اهمیت ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی و خاک‌های تحت تأثیر این زیست‌توده، از طریق افزودن بقایای گیاهی حاوی کربن به خاک که منجر به افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک، افزایش کربن و عناصر غذایی می‌شوند، آشکار است (Yuste et al., 2007; Wang et al., 2003; Juan et al., 2008). علاوه بر این، ترسیب کربن اتمسفری به عنوان یکی از ساده‌ترین روش‌های کاهش دی‌اکسیدکربن و مشکلات ناشی از آن محسوب می‌گردد (Noel & Bloodworth, 2000; Karami et al., 2019). کربن آلی خاک تحت تأثیر مقدار بارندگی، درجه حرارت، بافت خاک و نوع پوشش گیاهی قرار می‌گیرد (Haghian & Salari, 2018).

به‌طور کلی گیاهان پوششی از طریق کاهش اثرات مخرب نهاده‌های شیمیایی در خاک، جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش تنوع زیستی و میکروبی خاک، کنترل علف‌های هرز، افزایش مواد مغذی، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و افزایش عملکرد محصولات بر سیستم‌های کشاورزی تأثیرگذارند (Esfandiary Ekhlasi et al., 2018; Parmodh et al., 2018; Pfeiffer et al., 2016; Linars et al., 2014; Asghari & Najafian, 2015). بررسی‌های متعددی، تأثیر گیاهان پوششی بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک همانند جرم مخصوص ظاهری، نفوذپذیری خاک، تخلخل خاک، افزایش محتوی رطوبتی و فشردگی خاک به اثبات رسیده است (Hesami et al., 2018; Linars et al., 2014; Almeida et al., 2017; Virto et al., 2012; Haghdoost Ghahremanloo et al., 2019). همچنین، گیاهان پوششی قادرند از طریق ایجاد رقابت برای جذب منابع، در مقابل علف‌های هرز (Lemessa & Wakjira, 2015)، تولید مواد دگرآسیب (Sturm et al., 2018) و تسریع فرآیند بسته‌شدن تاج پوشش گیاهی (Teasdal & Mohler, 1993)، پراکنش و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز را کاهش دهند.

یولاف (*Avena sativa* L.) یکی از مهم‌ترین غلات دانه‌ریز می‌باشد که سطح زیر کشت و تولید قابل توجهی در جهان دارد (Khodabandeh, 2014). گیاه یولاف با سازگاری بالا به شرایط محیطی، از جمله گیاهانی است که در کشت‌های مخلوط لگوم-غلات با اهدافی مانند گیاهان پوششی و تولید علوفه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مورنگو و همکاران (Murungo et al., 2011) بیان داشتند کشت

روش تیتراسیون (Page, 1982)، pH و EC در عصاره گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر و EC سنج (Gupta, Walkley & Black, 1934)، کربن آلی با روش والکی و بلک (2004)، تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر دو قرائته (Dane & Topp, 2002) انجام شد. برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی به شرح جدول ۱ می‌باشد.

طرح آزمایشی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. زمین مورد آزمایش قبل از کشت گیاهان پوششی، به صورت دستی و بدون استفاده از ادوات کشاورزی مکانیزه مسطح گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کشت دو گیاه پوششی یولاف (*Avena sativa* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) به صورت تک‌کشتی و کشت مخلوط دوگانه (یولاف+خلر) و تیمار کنترل (بدون گیاه پوششی) بود. به این منظور، بذور گیاهان پوششی از موسسه پاکان بذر اصفهان (بذور دارای رقم نمی‌باشند و به صورت توده هستند) تهیه و در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۶ متر به صورت دستی در تاریخ ۱۵ فروردین ۱۳۹۷ کشت گردیدند. میزان بذر مصرفی برای گیاه یولاف و خلر به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. نسبت بذر مصرفی در سیستم تک‌کشتی ۱۰۰ درصد و در کشت مخلوط دوگانه یولاف و خلر ۵۰ درصد محاسبه شد. فواصل بین ردیف‌های کاشت گیاهان پوششی ۲۰ سانتی‌متر بود و هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ ردیف کاشت بود. در کشت مخلوط گیاهان پوششی، کشت به صورت ردیف‌های یک در میان انجام شد. هیچ نوع کودی در طول دوره رشد گیاه پوششی استفاده نگردید. آبیاری در طول دوره رشد گیاهان پوششی براساس روال مرسوم منطقه، هفت روز یکبار انجام شد. همچنین به منظور کنترل علف‌های هرز، از هیچگونه کنترل فیزیکی و شیمیایی مانند وجین دستی و علف‌کش‌های شیمیایی استفاده نگردید. شرایط دمایی و میزان بارندگی در طول دوران رشد رویشی گیاهان پوششی به شرح جدول ۲ می‌باشد.

زیست‌توده خشک

به‌منظور سنجش زیست‌توده خشک، گیاهان پوششی و علف‌های هرز به‌طور همزمان قبل از خاتمه رشد گیاهان پوششی در تاریخ ۱۵ تیر ۱۳۹۷ با رعایت اثر حاشیه‌ای از

مخلوط یولاف (*Avena sativa* L.) و ماشک (*Vicia dasycarpa* L.) از طریق ایجاد پوشش مناسبی از زیست-توده گیاهی در سطح خاک، بر حاصلخیزی و کنترل علف-های هرز مؤثر است. خلر (*Lathyrus sativus* L.) به دلیل قابلیت رشد سریع، تحمل به تنش‌هایی همانند خشکی، غرقابی، سرما، آفات و قابلیت بالای تثبیت نیتروژن، در بیشتر مناطق مورد توجه بوده و به عنوان گیاهان پوششی و برای تأمین علوفه کشت می‌گردد (Lamei Heravani & Alizadeh Dizaj, 2014). در یک بررسی احمدنیا و همکاران (Ahmadnia et al., 2019) بیان داشتند کشت‌های مخلوط خلر+ ماشک گل‌خوشه‌ای، چاودار+ ماشک گل‌خوشه‌ای و کشت مخلوط سه‌گانه این گیاهان پوششی، بر افزایش جمعیت میکروبی خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و مدت زمان لازم برای نفوذ آب به خاک مؤثر بود.

نقش حیاتی خاک در تأمین نیازهای انسان و دام، لزوم توجه به کیفیت و سلامت خاک را آشکار می‌سازد. بنابراین، تلاش در حفظ و نگهداری سلامت خاک یکی از عوامل اساسی پیشرفت در زمینه کشاورزی پایدار می‌باشد (Ahmadvand & Hajinia, 2015). هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کشت مخلوط و تک‌کشتی گیاهان پوششی یولاف و خلر در کوتاه مدت بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ۲۰° ۴۸' طول شرقی و ۱۹° ۳۸' عرض شمالی با شرایط آب و هوایی سرد و نیمه خشک اجرا شد. به منظور مطالعه وضعیت خاک مزرعه آزمایشی از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌هایی به صورت تصادفی از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری سطح مزرعه جمع‌آوری و پس از اختلاط، به آزمایشگاه مرکزی آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شده و پس از هوا خشک کردن از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس، پتاسیم قابل جذب با روش فلیم فتومتر، فسفر قابل جذب به روش اولسن و سامرز (Olsen & Sommers, 1982)، نیتروژن کل به روش کج‌دال (Page, 1982)، کربنات کلسیم به

سه لیتر در هکتار به رشد گیاهان پوششی خاتمه داده شد و بقایای حاصل از آن‌ها در سطح خاک کرت‌های آزمایشی جایگذاری و پس از گذشت ۲۰ روز، برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک اندازه‌گیری شد. در طول مدت رشد رویشی گیاهان پوششی و در زمان خاتمه دادن به رشد گیاهان پوششی، از هیچگونه عملیات خاک-ورزی استفاده نگردید. نمونه‌برداری خاک برای ویژگی‌های مورد بررسی در این آزمایش از عمق صفر تا ۱۵ سانتی-متری خاک انجام گرفت (Sintim *et al.*, 2018).

ردیف‌های میانی با استفاده از کودرانی به ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام شد. تفکیک گونه‌های علف‌های هرز انجام نشد و به‌صورت مجموع علف‌های هرز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از جداسازی علف‌های هرز از نمونه‌های گیاهان پوششی، نمونه‌ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شد و پس از حصول وزن ثابت (با گذشت ۴۸ ساعت)، به توزین نمونه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ مدل A&D company limited ساخت ژاپن اقدام گردید. پس از نمونه‌برداری از گیاهان پوششی، به منظور تسریع فرآیند تجزیه، با توجه به کوتاهی فصل زراعی در استان اردبیل با استفاده از علف‌کش پاراکوات به میزان

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مزرعه مورد آزمایش
Table1. Some characteristics of the experimental soil

Soil texture	Sand	Silt	Clay	OC	EC	pH	Calcium carbonate equivalent	Nitrogen	phosphorus	Potassium
			%		m ⁻¹ ds		%		mg kg ⁻¹	
loam	35	42	23	0.6	2.6	7.83	14.45	0.06	8.29	202

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش در سال ۱۳۹۷
Table2: Climatic information of the experimental site in 2018 growing seasons

	Mean Temperature (°C)	Precipitation (mm)
21March-21April	9	9.3
21April-21May	12.3	60.3
22May-21June	16.8	28.2
22June-22July	21.5	3.9
23July-22August	20.3	0.9
23August-22September	17.5	7.3

درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز تا زمان سنجش نگهداری شد)، یک گرم از خاک نمونه با سرم فیزیولوژیک مخلوط گردید و سری رقت ده‌دهی تهیه شد. سپس، از هر رقت تهیه شده به داخل لوله آزمایش حاوی محیط کشت مایع Nutrient Broth منتقل شد و به مدت یک هفته گرماگذاری گردید. پس از گرماگذاری، آلودگی و عدم آلودگی در محیط کشت، یادداشت شد. بیشترین تعداد محتمل باکتری در هر میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری با استفاده از جدول آماری مک‌گریدی محاسبه شد (Ball, 2014).

کربن آلی خاک

نمونه‌برداری از تمامی کرت‌های آزمایشی (سه نمونه از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری در هر کرت) انجام شده و پس از مخلوط کردن، مقدار درصد کربن آلی خاک به روش والکی و بلک (Walkley & Black, 1934) اندازه‌گیری شد.

جمعیت میکروبی خاک

جمعیت میکروبی خاک با استفاده از روش بیشترین تعداد محتمل محاسبه گردید. برای این منظور یک نمونه مرکب (سه نمونه از هر کرت آزمایشی و اختلاط آن‌ها با یکدیگر) تهیه شد. پس از نمونه‌برداری از سطح مزرعه و انتقال آن به آزمایشگاه (نمونه‌ها در یخچال با دمای ۵

میزان نفوذ آب به خاک

برای بررسی میزان نفوذ آب به خاک، ابتدا یک حلقه آلومینیومی به قطر ۱۵ و ارتفاع ۷/۵ سانتی‌متر در زمین عاری از گیاه پوششی (بقایای گیاهان پوششی در مرکز هر کرت آزمایشی پاکسازی شد تا مانع از نفوذ آب به خاک نگردد) و حلقه به‌طوری که نیمی از آن در خاک فرو رود، قرار داده شد. مدت زمان نفوذ ۵۰۰ میلی‌لیتر آب به داخل خاک با کورنومتر ثبت شد و به عنوان زمان نفوذ آب به خاک برای تیمارهای گیاهان پوششی در نظر گرفته شد (Moebius-Clune *et al.*, 2016).

فشرده‌گی خاک

فشرده‌گی در عمق صفر تا ۱۵ سانتیمتری خاک با دستگاه پنترومتر مدل Hand penetrometer Eijkelkam 06.01SA ساخت هلند مورد بررسی قرار گرفت (Lowery & Morrison, 2002).

رطوبت جرمی خاک

به منظور سنجش درصد رطوبت جرمی خاک، یک نمونه از مرکز هر کرت آزمایشی با استفاده از اوگر از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک همزمان با سنجش فشرده‌گی خاک برداشت شد. محاسبه درصد رطوبت جرمی خاک با استفاده از رابطه (۱) انجام گردید (Klute, 1986).

$$\theta m = \frac{W_{sw} - W_{sd}}{W_{sd}} \times 100 \quad (1)$$

وزن W_{sw} وزن تر نمونه اولیه خاک برداشت شده (g)، W_{sd} وزن خاک آون خشک شده (g) و θm درصد رطوبت جرمی می‌باشد.

جرم مخصوص ظاهری خاک

نمونه‌های لازم از هر کرت آزمایشی بوسیله اوگر حاوی سیلندر از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری به‌صورت دست نخورده برداشت و توزین شد. سپس یک طرف سیلندرها را با فویل آلومینیومی پوشش داده و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و مجدداً اقدام به توزین سیلندرها گردید. پس از اندازه‌گیری حجم سیلندر از طریق رابطه (۲)، جرم مخصوص ظاهری خاک برای هر تیمار محاسبه گردید.

$$Pb = \frac{W_{sd}}{V} \quad (2)$$

که در آن W_{sd} جرم خاک خشک (g)، V حجم سیلندر مورد نظر (cm^3)، Pb جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3) می‌باشد (Dane & Toppp, 2002).

درصد تخلخل خاک

به منظور تعیین درصد تخلخل خاک، با در نظر گرفتن عدد ۲/۶۵ به عنوان جرم حقیقی خاک، از رابطه (۳) استفاده گردید (Ardakani *et al.*, 2007)

$$(3) \quad \text{درصد تخلخل} = \frac{\text{چگالی ظاهری} - 2.65}{2.65} \times 100$$

تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده در این پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4، مقایسه میانگین تأثیر تیمارها با استفاده از آزمون $LSD_{5\%}$ و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2019 انجام شد.

نتایج و بحث

زیست‌توده گیاهان پوششی و علف‌های هرز

زیست‌توده خشک گیاهان پوششی، علف‌های هرز و زیست‌توده کل (گیاهان پوششی + علف‌های هرز) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین زیست‌توده خشک گیاهان پوششی به‌ترتیب (۱۹۸/۱۳ و ۱۷۴/۴۰ گرم در متر مربع) از تیمارهای کشت مخلوط خلر با یولاف و تک‌کشتی یولاف و کمترین آن (۱۲۴/۰۶ گرم در متر مربع) از تیمار تک‌کشتی خلر به‌دست آمد (جدول ۴). در طی دوره رشد رویشی گیاهان پوششی، بیشترین زیست‌توده خشک علف‌های هرز از تیمار کنترل بدون گیاه پوششی و تک‌کشتی خلر (به‌ترتیب ۲۱۰/۶۶ و ۱۹۴/۸۰ گرم در متر مربع) و کمترین زیست‌توده خشک علف‌های هرز، از تیمارهای کشت مخلوط خلر با یولاف و تک‌کشتی یولاف (به‌ترتیب ۱۲۴ و ۱۴۱ گرم در متر مربع) به‌دست آمد (جدول ۴). اگرچه از اهداف اصلی آزمایش بررسی تأثیر گیاهان پوششی بر مهار گونه‌های هرز نبود، اما تک‌کشتی یولاف و کشت مخلوط آن با خلر، در شبیه‌سازی با شرایط مزارع کشاورزی در شرایط بدون عملیات وجین دستی علف‌های هرز، توانست با تولید بیشترین میزان زیست‌توده، کنترل مناسبی از علف‌های هرز را داشته باشد. همچنین، نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای تک‌کشتی و کشت مخلوط خلر و یولاف در میزان زیست‌توده کل (گیاهان پوششی + علف‌های هرز) وجود نداشت (جدول ۴). به‌ترتیب میزان زیست‌توده کل تولیدی (گیاهان پوششی + علف‌های هرز) در تیمارهای کشت مخلوط خلر با یولاف (۳۲۲ گرم در

برای جلوگیری از ایجاد بانک بذر علف‌های هرز در خاک- های کشاورزی، غالباً با گونه‌های هرز به صورت‌های مختلفی از جمله وجین دستی در مزارع کوچک مبارزه می‌شود، اما به طور کلی علف‌های هرز نیز به عنوان گیاهانی با پتانسیل بالای سازگاری به شرایط محیطی، قادر به تولید زیست توده گیاهی مناسبی می‌باشند و فقط مشکلات ناشی از پراکنش گسترده این گیاهان و ایجاد خسارت‌های جبران‌ناپذیر بر محصولات کشاورزی، مانع از استفاده از گونه‌های هرز به عنوان گیاهان پوششی می‌گردد.

متر مربع)، تک‌کشتی خلر (۳۱۸ گرم در متر مربع) و تک- کشتی یولاف (۳۱۵ گرم در متر مربع) بود (جدول ۴). تأثیر زیست توده خشک علف‌های هرز در یکسان‌سازی زیست توده کل می‌تواند از دلایل اصلی عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای گیاهان پوششی باشد. هدف از ارائه زیست توده کل (گیاهان پوششی + علف‌های هرز) بیان میزان زیست توده خشک کل رهاسازی شده در سطح خاک به منظور بررسی تأثیر بقایای گیاهی بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک بود. اگرچه

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس زیست توده خشک گیاهان پوششی، علف‌های هرز و زیست توده کل

Table 3. Variance analysis of cover crops, weeds and total biomass

Source of variation	Degree of freedom	Mean squares		
		Cover crops biomass	Weeds biomass	Total biomass (Cover crops+ Weeds)
Block	2	78.7 ^{ns}	38.4 ^{ns}	218.5 ^{ns}
Cover crops	3	23412 ^{**}	5193 ^{**}	8799 ^{**}
Error	6	144.5	127.6	188.2
CV (%)	-	9.68	6.73	4.70

** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

** and ns denote significant and significant difference at $p \leq 0.01$ respectively.

جدول ۴- تغییرات زیست توده خشک گیاهان پوششی، علف‌های هرز و زیست توده کل

Table 4. Variation of cover crops, weeds and total biomass

Cover crops mixture	Cover crops biomass (g.m ⁻²)	Weeds biomass (g.m ⁻²)	Total biomass (g.m ⁻²)
Control	0	210.6 ^a	210.6 ^b
Oat	174.4 ^a	141.0 ^b	315.4 ^a
Chikling pea	124.0 ^b	194.8 ^a	318.8 ^a
Oat+ Chikling pea	198.1 ^a	124.0 ^b	322.2 ^a

میانگین‌های با یک حرف مشترک با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

تیمارهای تک‌کشتی خلر (۱/۱۳ درصد) و یولاف (۱/۱۲ درصد) مشاهده نشد. با توجه به جایگذاری بقایای گیاهی در سطح خاک، احتمال می‌رود بقایای خلر در مقایسه با یولاف به دلیل نسبت کربن به نیتروژن پایین، نسبتاً سریعتر تجزیه شده باشند. اما از سوی دیگر، میزان زیست توده تولید شده در تک‌کشتی یولاف در مقایسه با خلر بیشتر بود. بنابراین، احتمال می‌رود میزان کربن آلی افزوده شده به خاک در تک‌کشتی یولاف در نتیجه

درصد کربن آلی خاک

درصد کربن آلی خاک تحت تأثیر گیاهان پوششی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین درصد کربن آلی خاک تحت تأثیر گیاهان پوششی از تیمار کشت مخلوط خلر با یولاف (۱/۲۱ درصد) به دست آمد (شکل ۱). همچنین، کمترین درصد کربن آلی خاک مربوط به تیمار کنترل بدون گیاه پوششی (۰/۶ درصد) بود (شکل ۱). اختلاف معنی‌داری بین

افزایش نشان داده است (Ahmadvand & Hajinia, 2015). در بررسی‌های حساسی و همکاران (Hesami *et al.*, 2018) بیان شده است که تیمارهای دارای بقایای گیاهی گندم، بیشترین میزان کربن آلی خاک (به ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۴۸) را در اعماق صفر تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی-متری داشته‌اند.

زیست‌توده بیشتر و تجزیه تدریجی باشد. همچنین، این امر در تک‌کشتی خلر می‌تواند ناشی از تجزیه سریعتر بافت‌های گیاهی باشد. بیان شده است که همبستگی معنی‌داری بین بقایای گیاهی و میزان کربن آلی خاک وجود دارد (Singh & Kaur, 2012) و میزان کربن آلی خاک با کاشت گیاهان پوششی ماشک و جو در مقایسه با عدم کاشت گیاهان پوششی، به ترتیب ۴۵ و ۲۴/۳۷ درصد

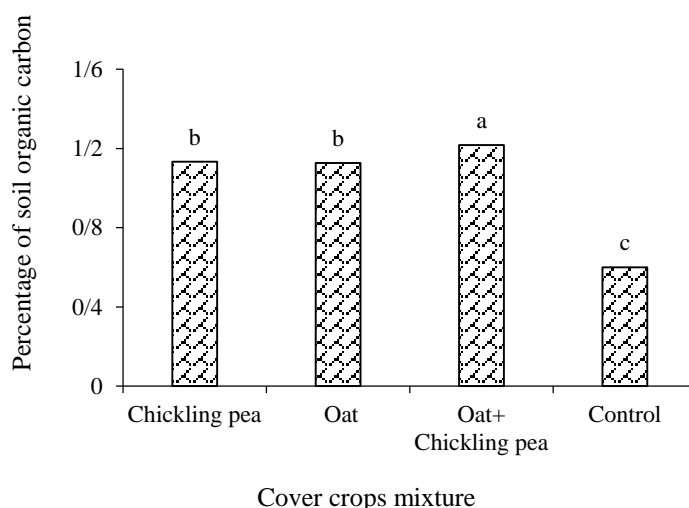
جدول ۵ - نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک

Table 5. Variance analysis of soil chemical and biological properties

Mean squares			
Source of variation	Degree of freedom	Soil organic matter	Soil microbial population
Block	2	0.0004 ^{ns}	14.27×10 ⁸ ^{ns}
Cover crops	3	0.23 ^{**}	12.66×10 ⁷ ^{**}
Error	6	0.001	75.22×10 ⁶
CV (%)	-	3.34	18.99

^{**} و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

** and ns denote significant and significant difference at $p \leq 0.01$ respectively.



شکل ۱- تغییرات درصد کربن آلی خاک تحت تأثیر تک‌کشتی و کشت مخلوط گیاهان پوششی

Fig 1. Variation of percentage of soil organic carbon as affected by cover crops monoculture and intercropping

میانگین‌های با یک حرف مشترک با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

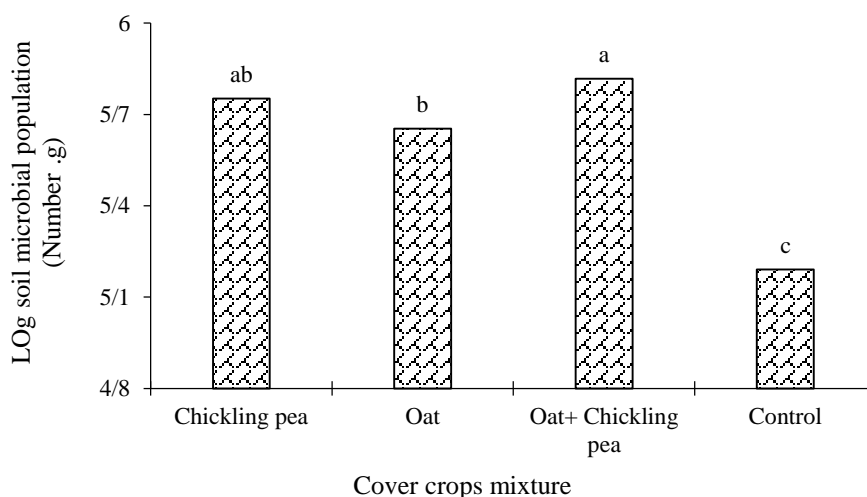
در گرم خاک) بود (شکل ۲). کمترین جمعیت میکروبی خاک (1.5×10^5 تعداد در گرم خاک) نیز در تیمار کنترل (بدون گیاه پوششی) مشاهده شد (شکل ۲). در مقایسه با تیمار کنترل بدون گیاه پوششی، جایگذاری بقایای گیاهان پوششی توانست منجر به افزایش جمعیت میکروبی خاک در کوتاه‌مدت شود. افزایش جمعیت

جمعیت میکروبی

جمعیت میکروبی خاک تحت تأثیر گیاهان پوششی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین جمعیت میکروبی خاک تحت تأثیر گیاهان پوششی مربوط به تیمارهای کشت مخلوط خلر با یولاف و تک‌کشتی خلر (به ترتیب $6/5 \times 10^5$ و $5/6 \times 10^5$ تعداد

تکثیر ریزجانداران خاک می‌گردد (Alear & Bradford, 2005). از سوی دیگر، چایی‌چی و همکاران (Chaichi *et al.*, 2008) گزارش کردند که فعالیت‌های زیستی و افزایش ریزجانداران خاک وابسته به حضور ماده آلی است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از درصد کربن آلی خاک، تیمار کشت مخلوط خلر با یولاف با داشتن بالاترین درصد کربن آلی خاک، توانسته است شرایط مساعدی برای افزایش فعالیت ریزجانداران خاک فراهم نماید. تیمار تک‌کشتی خلر نیز اگرچه دارای بالاترین درصد کربن آلی خاک نبود، اما احتمال می‌رود به دلیل نسبت پایین کربن به نیتروژن در مقایسه با گیاهان غیرلگوم و تجزیه نسبتاً سریع بافت‌های گیاهی، موجب افزایش جمعیت میکروبی خاک در زمان سنجش شده باشد.

میکروبی در این تیمارها، احتمالاً به دلیل فراهمی منابع متنوع و مغذی لازم برای فعالیت ریزجانداران خاک می‌باشد. جمعیت میکروبی نقش بسیار مهمی در بهبود سلامت خاک، چرخه عناصر غذایی و به طور غیرمستقیم در تولید محصولات کشاورزی دارد (Soti *et al.*, 2016). محیط خاک تحت تأثیر تنش‌های محیطی مانند آلودگی‌ها و عملیات‌های خاک‌ورزی می‌تواند به یکی از مهمترین عوامل محدودکننده فعالیت‌های میکروبی خاک تبدیل شود (Khodashenas *et al.*, 2010). افزودن بقایای گیاهی به خاک منجر به افزایش جمعیت میکروبی خاک در اطراف بقایای گیاهی می‌گردد (Alexander, 1977). حضور و تجزیه بقایای گیاهی در سطح خاک با ایجاد شرایط مناسب دمایی و رطوبتی منجر به افزایش رشد و



شکل ۲- تغییرات جمعیت میکروبی خاک تحت تأثیر گیاهان پوششی

Fig 2. Variation of soil microbial population as affected by cover crops

میانگین‌های با یک حرف مشترک با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

سنجش، اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای تک‌کشتی و کشت مخلوط مشاهده نگردید. با این حال، در مقایسه تیمارهای دارای بقایای گیاهان پوششی با تیمار کنترل بدون گیاه پوششی، جرم مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط خلر با یولاف، تک‌کشتی خلر و یولاف (به-ترتیب ۱۴/۴۰، ۵/۴۳ و ۱/۶۳ درصد)، به‌صورت جزئی کاهش یافت. کاهش جزئی و غیر معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط گیاهان پوششی یولاف و خلر می‌تواند به دلیل پراکنش متنوع ریشه این گیاهان در خاک باشد. به‌طور کلی، جرم مخصوص ظاهری خاک و درصد تخلخل از جمله مشخصات فیزیکی خاک هستند

جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل خاک

جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل خاک تحت تأثیر تیمارهای تک‌کشتی و کشت مخلوط گیاهان پوششی قرار نگرفت (جدول ۶). به نظر می‌رسد جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل خاک جزء ویژگی‌های فیزیکی است که تغییرات آن‌ها غالباً در طولانی‌مدت و با حضور ریشه در خاک مشاهده می‌گردد. اگرچه بیان شده است که جرم مخصوص ظاهری خاک تحت تأثیر بقایای گیاهی و نوع بافت خاک قرار می‌گیرد (Hesami *et al.*, 2018)، اما در این آزمایش، با وجود جایگذاری بقایای حاصل از گیاهان پوششی و حضور ریشه این گیاهان در خاک، در زمان

مخلوط خلر با یولاف، نتایج به دست آمده دور از انتظار نبود. همچنین با وجود عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها، افزایش درصد کربن آلی خاک در تیمار کشت مخلوط خلر با یولاف نیز می تواند یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش جزئی زمان نفوذ آب به خاک در مقایسه با تیمار کنترل باشد. پژوهشگران بیان کردند که عوامل متعددی از جمله شخم و پوشش گیاهی، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک، میزان کربن آلی خاک، سطح و پایداری خاکدانه ها، در میزان نفوذ آب به خاک تأثیرگذارند (Almeida *et al.*, 2017). همچنین، با توجه به نوع کاربری و میزان پوشش گیاهی در اراضی کشاورزی، بقایای حاصل از گیاهان پوششی تأثیر چشمگیری در میزان نفوذ قطرات باران و آبیاری دارد. علاوه بر این، پوشش و بقایای گیاهی منجر به کاهش تبخیر و تعرق، فرسایش و رواناب از سطح خاک نیز می گردد (Carlesso *et al.*, 2011; Derpsch *et al.*, 2014). همچنین افزایش ماده آلی در خاک نیز منجر به افزایش فعالیت های بیولوژیکی در خاک شده و باعث حفظ و تغییر در میزان رطوبت ذخیره شده در خاک می گردد (Derpsch *et al.*, 2014). نتایج حاصل از این آزمایش با وجود بهبود کربن آلی خاک و افزایش فعالیت های میکروبی، در نتیجه جایگذاری بقایای گیاهان پوششی، با مطالعات پیشین همخوانی نداشت. از مهمترین دلایل این امر، کوتاهی فصل زراعی، تراکم کاشت و میزان تولید زیست توده خشک گیاهان پوششی می باشد.

که دارای رابطه معکوسی با یکدیگر می باشند (Esfandiary Ekhlal *et al.*, 2018). درصد تخلخل خاک نیز همانند جرم مخصوص ظاهری خاک دارای اختلاف معنی داری در بین تیمارهای مختلف گیاهان پوششی نبود، اما در مقایسه تیمارها در حضور و عدم حضور بقایای حاصل از گیاهان پوششی، کشت مخلوط خلر با یولاف ۶/۳۷ درصد افزایش جزئی در تخلخل خاک داشت. همچنین چایی چی و همکاران (Chaichi *et al.*, 2008) بیان داشتند افزایش ماده آلی در خاک در بلند مدت منجر به افزایش چسبندگی ذرات خاک، تخلخل و نفوذپذیری خاک می گردد. با توجه به نتایج حاصل از کشت گیاهان پوششی بهاری، تأثیر بقایای حاصل از این گیاهان در کوتاه مدت بر جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل خاک مؤثر نبود.

میزان نفوذ آب به خاک

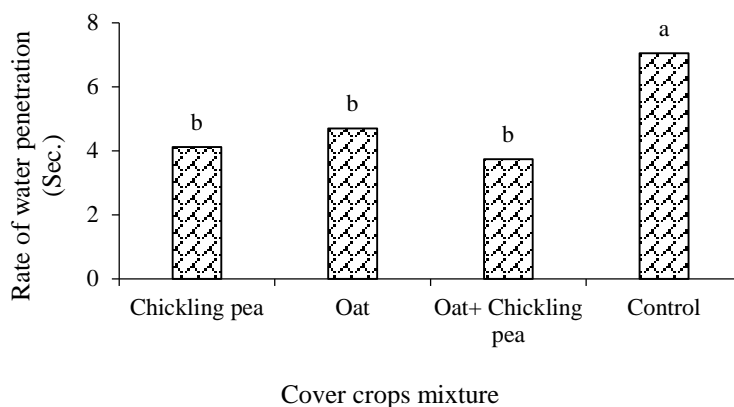
تک کشتی و کشت مخلوط گیاهان پوششی خلر و یولاف، در کاهش زمان نفوذ آب به خاک دارای اختلاف معنی داری با یکدیگر نبودند (شکل ۳). اگرچه اختلاف معنی داری در بین تیمارهای تک کشتی و کشت مخلوط خلر و یولاف وجود نداشت، اما در مقایسه تیمارهای دارای بقایای گیاهان پوششی با تیمار کنترل بدون گیاه پوششی، کشت مخلوط خلر با یولاف (۴۶/۹۹ درصد)، تک کشتی خلر (۴۱/۵۰ درصد) و تک کشتی یولاف (۳۳/۳۶ درصد) زمان نفوذ آب به خاک را کاهش داد (شکل ۳). با توجه به افزایش جزئی درصد تخلخل خاک در تیمار کشت

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس برخی از ویژگی های فیزیکی خاک

Table 6. Variance analysis of soil physical properties

Source of variation	Degree of freedom	Mean squares				
		Bulk density	Porosity soil	Rate of water penetration	Soil compaction	Soil moisture percentage
Block	2	0.079 ^{ns}	112.86 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.12 ^{ns}	8.54 ^{ns}
Cover crops	3	0.018 ^{ns}	26.65 ^{ns}	6.60 ^{**}	0.81 [*]	97.09 ^{**}
Error	6	0.031	45.28	0.51	0.08	4.29
CV (%)	-	15.36	11.97	14.63	23.13	11.07

^{ns} و ^{**} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.
** and ns denote significant and significant difference at $p \leq 0.01$ respectively.



شکل ۳- تأثیر گیاهان پوششی بر میزان نفوذ آب به خاک

Fig 3. Effect of cover crops on rate of water penetration to soil

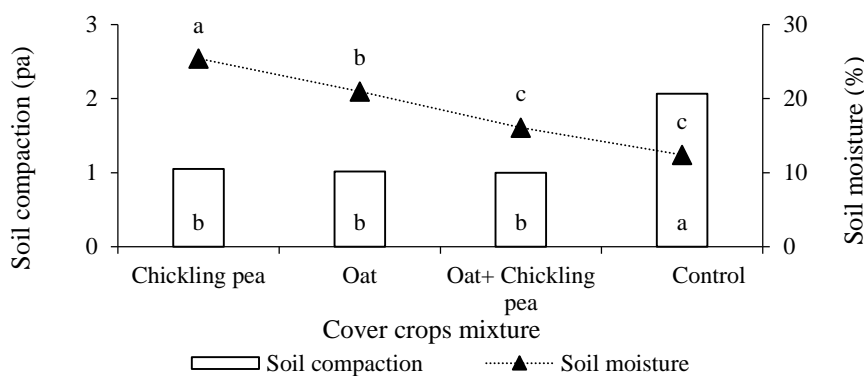
میانگین‌های با یک حرف مشترک با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test.

خاک را کاهش دهد (Gupta *et al.*, 1987). لینارس و همکاران (Linars *et al.*, 2014) گزارش کردند که میزان فشردگی و جرم مخصوص ظاهری خاک با کاشت گیاهان پوششی کاهش یافت. این اثر را می‌توان ناشی از حضور ریشه‌های گیاهان پوششی و همچنین افزایش محتوی کربن آلی خاک، پایداری ساختمان خاک بعد از رشد ریشه غلات نسبت داد (Virto *et al.*, 2012). رطوبت جرمی خاک در زمان سنجش فشردگی خاک تحت تأثیر گیاهان پوششی در تیمار تک‌کشتی خلر دارای بالاترین میزان خود بود. حضور بیشترین جمعیت میکروبی خاک در تیمار تک‌کشتی خلر در نتیجه افزودن زیست‌توده گیاهی می‌تواند از جمله دلایل بهبود رطوبت جرمی خاک در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک باشد.

فشردگی خاک و رطوبت جرمی خاک

کشت مخلوط، تک‌کشتی خلر و یولاف در کاهش فشردگی خاک در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۴). بیشترین فشردگی خاک (۲/۰۶ پاسگال) مربوط به تیمار کنترل بدون گیاه پوششی بود (شکل ۴). تیمارهای کشت مخلوط خلر و یولاف (۵۱/۵۳ درصد)، تک‌کشتی یولاف (۵۰/۷۲ درصد) و تک-کشتی خلر (۴۹/۱۱ درصد) در مقایسه با تیمار کنترل، فشردگی خاک را کاهش دادند (شکل ۴). اگرچه اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای گیاهان پوششی وجود نداشت، اما افزایش میزان کربن آلی خاک و افزایش بسیار جزئی درصد تخلخل خاک در کشت مخلوط خلر با یولاف در مقایسه با سایر تیمارها، می‌تواند در کاهش فشردگی مؤثر باشد. افزودن کربن آلی به خاک می‌تواند فشردگی



شکل ۴- فشردگی خاک و درصد رطوبت خاک تحت تأثیر بقایای گیاهان پوششی

Fig 4. Soil compaction and soil moisture percentage under the influence of cover crop residues

میانگین‌های با یک حرف مشترک با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD multiple range test

همبستگی

براساس آنالیز همبستگی پیرسون، همبستگی معنی‌داری از نظر آماری میان زیست‌توده گیاهان پوششی با درصد کربن آلی خاک ($r=0.964^{**}$)، جمعیت میکروبی خاک ($r=0.835^{**}$)، نفوذ آب به خاک ($r=-0.910^{**}$)، فشردگی خاک ($r=-0.800^{**}$) و درصد رطوبت جرمی خاک در زمان سنجش فشردگی خاک ($r=-0.647^*$) بود (جدول ۷). تأثیر مثبت زیست‌توده گیاهان پوششی، از طریق جایگذاری بقایای گیاهی در سطح خاک موجب بهبود درصد کربن آلی خاک و جمعیت میکروبی خاک گردید. بقایای گیاهی با فشردگی و درصد رطوبت موجود در خاک دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بودند. این موضوع بیانگر آن است که جایگذاری بقایای گیاهی در سطح خاک، موجب کاهش فشردگی خاک می‌گردد. بهبود فشردگی خاک می‌تواند بر ویژگی‌های همانند نفوذ آب به خاک تأثیرگذار باشد. همانطور که نتایج آنالیز همبستگی جدول (۷) نشان می‌دهد، همبستگی معنی‌داری میان درصد کربن آلی خاک با جمعیت میکروبی ($r=0.832^{**}$)، زمان نفوذ آب به خاک ($r=-0.868^{**}$)، فشردگی ($r=-0.867^{**}$) و درصد رطوبت جرمی خاک ($r=0.606^*$) وجود دارد (جدول ۷). علاوه بر این جمعیت میکروبی خاک با میزان نفوذ آب به خاک و فشردگی خاک (به ترتیب $r=-0.806^{**}$ و $r=0.596^*$) از نظر آماری دارای همبستگی معنی‌داری می‌باشد. همچنین نفوذ آب به خاک با فشردگی و درصد رطوبت جرمی خاک (به ترتیب $r=0.660^*$ و $r=0.608^*$) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (جدول ۷). جایگذاری بقایای گیاهی از طریق تأثیر بر درصد کربن آلی خاک توانسته بر صفات فیزیکی مانند نفوذ آب به خاک و فشردگی مؤثر باشد. جایگذاری و تجزیه تدریجی بقایای گیاهی در خاک منجر به افزایش تنوع و فعالیت ریزجانداران خاک و به تبع آن بهبود شرایط محیطی خاک می‌گردد. گرچه تغییرات ایجاد شده در خاک در طی یک فصل زراعی در این پژوهش قابل توجه نبود، اما موجب افزایش نفوذ آب به خاک شد که یکی از عوامل کاهشدهنده فرسایش سطحی خاک در نتیجه آبیاری و برخورد قطرات باران است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از کشت کوتاه‌مدت گیاهان پوششی یولاف و خلر نشان داد که اگرچه بیشترین زیست‌توده خشک گیاهان پوششی از تیمارهای تک‌کشتی یولاف و کشت مخلوط آن با خلر به‌دست آمد، اما تأثیر کشت مخلوط گیاهان پوششی یولاف و خلر در مقایسه با تک‌کشتی یولاف و تیمار کنترل یا بدون گیاه پوششی بر برخی از ویژگی‌های خاک از جمله درصد کربن آلی و جمعیت میکروبی خاک بیشتر بود. از دلایل احتمالی این امر علاوه بر تولید زیست‌توده بالای گیاهی، می‌تواند سودمندی‌های کشت مخلوط در استفاده از منابع محیطی باشد. فشردگی خاک و رطوبت جرمی خاک در زمان اندازه‌گیری فشردگی خاک، از جمله ویژگی‌های فیزیکی بودند که تحت تأثیر گیاهان پوششی قرار گرفتند. بقایای گیاهان پوششی در سطح خاک و حضور ریشه این گیاهان در خاک در مقایسه با تیمار کنترل یا بدون گیاه پوششی منجر به بهبود این ویژگی‌ها در کوتاه مدت شد. به طور کلی از نتایج چنین استنباط می‌گردد، لزوم ایجاد تغییر در ویژگی‌های خاک در کوتاه مدت وابسته به میزان زیست‌توده گیاهی باقی‌مانده در سطح خاک، فراهمی عناصر غذایی حاصل از این بقایا برای فعالیت ریزجانداران خاک و افزایش درصد کربن آلی خاک است. همچنین انتخاب گیاهان پوششی مناسب با توجه به شرایط محیطی منطقه و تراکم مناسب کشت می‌تواند با افزایش تولید ماده خشک همراه باشد و در مقایسه با عدم حضور بقایای گیاهان پوششی در بهبود ویژگی‌های خاک مؤثر باشد.

جدول ۷- نتایج همبستگی پیرسون زیست توده گیاهان پوششی و برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک
 Table 7. Correlations Pearson between cover crops biomass some soil physical, chemical and biological characteristics

	Cover crops biomass	Percentage of soil organic carbon	Soil microbial population	Bulk density	Porosity soil	Rate of water penetration	Soil compaction	soil moisture percentage
Cover crops biomass	1							
Percentage of soil organic carbon	0.964**	1						
Soil microbial population	0.835**	0.832**	1					
Bulk density	-0.24 ^{ns}	-0.204 ^{ns}	-0.255 ^{ns}	1				
Porosity soil	0.247 ^{ns}	0.204 ^{ns}	0.255 ^{ns}	-1.000**	1			
Rate of water penetration	-0.910**	-0.868**	-0.806**	0.5 ^{ns}	-0.5 ^{ns}	1		
Soil compaction	-0.800**	-0.867**	-0.596*	-0.11 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.660*	1	
soil moisture percentage	0.647*	0.606*	0.504 ^{ns}	-0.189 ^{ns}	0.189 ^{ns}	-0.608*	-0.507 ^{ns}	1

** و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.

** and ns denote significant and significant difference at $p \leq 0.01$ respectively.

References

- Ahmadnia f., Ebadi A., Hashemi M., and Ghavidel A. 2019. Investigating the short time effect of cover crops on biophysical properties of soil. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(6): 277-290. (In Persian)
- Ahmadvand G., and hajinia S. 2015. The effect of cover crop and different tillage systems on soil physical properties and yield of potato. *Journal of Crop Production*, 8(4): 163-182. (In Persian)
- Alear L., and Bradford J. 2005. Oxygen effects on carbon, polyphenols, and nitrogen mineralization potential in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 51(1):13-33.
- Alexander M. 1977. Introduction to Soil Microbiology (2nd Ed). John Wiley and Sons Inc, New York, 467p.
- Almeida W.S., Panachuki E., Oliveira P.T.S., Menezes R.S., Sobrinho T.A., and Carvalho D.F. 2017. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 175: 130-138.
- Ardakani M.R., Razavi M., and Zafarian F. 2007. Experimental Methods in plant Ecology (Translate). University of Tehran Press (UTP),180p.
- Asghari Sh., and Najafian M. 2015. Interactive effects of organic matters and earthworm on some physical and chemical properties of Two soils under different compaction conditions. *Applied Soil Research*, 3(1): 89-102. (In Persian)
- Badakhshan C., Amiry Nejad M., Tohidi Nejad A.A. and Parsa Motlagh B. 2018. Evaluation of the replacement of intercropping of *Phaseolus acutifolus* and two millet cultivars (*Panicum miliaceum*) on some characteristics of quantitative and qualitative forage yield. *Crop production publication*,11(2):151-167. (In Persian)
- Ball A.S. 2014. Cell Bacterial Culturing. (Ghavidel, A. and Najirad, S). Published at Ardebil Jihad,118p.
- Carlesso R., Spohr R.B., Eltz F.L.F., Flores C.H. 2011. Runoff estimation in southern Brazil based on Smith's modified model and the Curve Number method. *Agricultural Water Management*, 98: 1020-1026.
- Chaichi M.R., Farhoodi R., Majnoun Hosseini N., Savachebi GH. 2008. Effect of wheat residue management on soil properties and on sunflower yield in double cropping system. *Iranin Journal of Field Crop Science*, 39(1): 11-20. (In Persian)
- Dane J.H., and Topp G.C. 2002. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. Soil Science Society of America Journal., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Derpsch R., Franzluebbers A.J., Duiker S.W., Reicosky D.C., Koeller K., Friedrich T., Sturny W.G., Sá J.C.M., and Weiss K., 2014. Why do we need to standardize no-tillage research? *Soil Tillage Research*, 137:16-22.
- Dinakaran J., and Rao K.S. 2018. Soil organic matter pools: a conundrum. *The Botanica*, 68: 86-898.
- Doran J.W., Sarrantonio M., and Liebig M. 1996. Soil health and sustainability. In Advances in Agronomy, ed. D.L. Sparks, 1-54. San Diego: Academic Press.
- Esfandiary Ekhlash E., Nael M., and Hamzei J. 2018. The effect of integrated management of conservation tillage and *Lathyrus sativus* cover cropping on cucurbita pepo yield and selected soil quality indicators. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(2): 421-434. (In Persian)
- Finney D.M., Buyer J.S., and Kaye J.P. 2017. Living cover crops have immediate impacts on soil microbial community structure and function. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2(4): 361-373. doi:10.2489/jswc.72.4.361.
- Ghanbari A., Ghadiri H., Ghafari-Moghadam M., and Safari M. 2010. Study of maize (*Zea mays* L.) and pumpkin (*Cucurbita* sp.) intercropping and its effect on weed control. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 41(1):43-55. (In Persian)
- Gupta PK. 2004. Soil, Plant, Water and fertilizer analysis. Agro bios, India. 438p.
- Gupta S.C., Schneider E.C., Larson W.E., and Hadas A.1987. Influence of corn residue on compression and compaction behavior of soils. *Soil Science of Society America Journal*, 51: 207-212.
- Haghdooost Ghahremanloo N., Rezaverdinejad V., and Montaseri M. 2020. Experimental study of sunflower organic mulch effect on soil hydraulic and mechanical properties under different compaction energy. *Applied Soil Research*, 8(3): 27-39.

- Haghian I., and Salari A. 2018. Investigation of environmental factors controlling soil organic carbon in rangelands of arid regions (Case study: Yansi region of Gonabad). *Journal of Water and Soil Conservation*, 2(3): 281-289. (In Persian)
- Hesami E., Jahan M., Nassiri-Mahallati M., and Farhoudi R. 2018. Effects of plant residues in two types of soil texture on soil characteristics and corn (*Zea mays* L.) NS640 yield in a reduced - Tillage cropping system. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16:(1). 67-81. (In Persian)
- Juan L., Bing-qing Z., Xiu-ying L., Rui-bo J., and Hwat Big S. 2008. Effect of long- term combined application of organic and mineral fertilizers on microbial biomass, soil enzyme activities and soil fertility. *Agricultural sciences in china*, 7(3): 336- 343.
- Karimi M., Rostami A., and Heydari M. 2019. Carbon sequestration and its relation with some physical and chemical characteristics in soil of natural oak forest and afforestation's in Ilam County. *Journal of Science and Technology*, 21(10): 184-197. (In Persian)
- Khodabandeh N. 2014. Cereals. Published by Institute of printing and publishing, University of Tehran, 538p. (In Persian)
- Khodashenas A., Koocheki A., Rezvani Moghadam P., Lakzian A., and Nassiri Mahallati M. 2010. Evaluation of agricultural practices effect on soil bacterial diversity and abundance. *JWSS- Journal of Water and Soil Scienc*, 14(52): 99-114. (In Persian)
- Klute A. 1986. Water retention: Laboratory Methods. *Methods of Soil Analysis: Part1- Physical and Mineralogical Methods (methods of soil anl.)*, Madison, Wis: *American Society of Agronomy: Soil Science Society of America*, pp. 635–662.
- Lamei Hervani J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields. competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan province in Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 29: 169-183. (In Persian)
- Lamei Hervani J., and Alizadeh Dizaj Kh. 2014. Grass pea (*Lathyrus sativus*) and common vetch (*Vicia sativa*) as suitable green manure after wheat in the cold regions of Iran. *Applied Field Crops Research*, 27(104):106-112.
- Lehman R.M., Cambardella C.A., Stott D.E., AcostaMartinez V., Manter D.K., Buyer J.S., Maul J.E., Smith J.L., Collins H.P., Halvorson J.J., Kremer R.J., Lundgren J.G., Ducey T.F., Jin V.L., and Karlen D.L. 2015. Understanding and enhancing soil biological health: The solution for reversing soil degradation. *Sustainability Journal*, 7(1): 988-1027.
- Lemessa F., and Wakjira M. 2015. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 18(2):123-135.
- Linars R., de-la Fuente M., Junquera P., Lissarrague J.R., and Baeza P. 2014. Effects of soil management in vineyard on soil physical and chemical characteristics. BIO web of conferences, 37th world congress of vine and wine and 12th general assembly of the OIV. 3: 01008. November 2014.
- Lowery B., and Morrison J.E. 2002. 2.8 Soil Penetrometers and Penetrability. *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods (Methods of Soil Analysis 4)*, pp. 363–388.
- Moebius-Clune B.N., Moebius-Clune D.J., Gugino B.K., Idowu O.J., Schindelbeck R.R., Ristow A.J., Van-Es H., MThies J.E., Shayler H.A., McBride M.B., Kurtz K.S.M., Wolfe D.W., and Abawi G.S. 2016. Comprehensive assessment of soil health – The cornell framework, Edition 3.2, cornell university, Geneva, NY.
- Murungo F., Chiduza C., Muchaonyerwa P. 2011. Mulch effects on soil moisture productivity in warm-temperate climate of South Africa. *Soil Tillage and Research*, 112, 58–65. doi:10.1016/j.still.2010.11.005
- Noel D., and Bloodworth H. 2000. Global climate change and the effect of conservation practices in US agriculture. *Global of Environmental Change*, 10(6): 197-209.
- Olsen SR., and Sommers LE. 1982. Phosphorus. In: Page AL. (Ed), *Methods of Soil Analysis, Agronomy. No. 9, Part 2: Chemical and Microbiological Properties (2nd Ed)*. American Society Agronomy, Madison, pp. 403- 430.
- Page AL., Miller RH., and Keeney DR. 1982. *Method of Soil Analysis (part 2: Chemical and Microbiological Properties)*. American society of Agronomy, Madison, 1121p.

- Parmodh S., Atinderpal S., Charanjit S.K., Amandeep S.B., Kulbhusan K.G., Mahendra D., Robert L.S. 2018. The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture-A Review paper. *American Journal of Plant Sciences*, 9: 1935-1951.
- Pfeiffer A., Silva E., Colquhoun J. 2016. Living mulch cover crops for weed control in small-scale applications. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 31: 309-317.
- Shamsaddin Saiedi M., Ghanbari A., Ramroudi M., and Khezri A., 2017. Effects of green manure management and fertilization treatments on the chemical and physical properties and fertility of soil journal. *Journal of Water and Soil Science*, 21(1): 37-49. (In Persian)
- Sing B., and Ryan J. 2015. Managing fertilizers to enhance soil health. International Fertilizer Industry Association. IFA, Paris, France. publications@fertilizer.org. downloaded from IFA's website www.fertilizer.org/Library
- Singh A., and Kaur J. 2012. Impact of conservation tillage on soil properties in rice wheat cropping system. *Agricultural Science Research Journal*, 2(1): 30-41.
- Sintim H.Y., Bandopadhyay S., English M.E., Bary A.I., DeBruyn J.M., Schaeffer C.A., Reganold J.P., and Flury M. 2018. Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 273: 36-49.
- Soti P.G., Rugg S., and Racelis A. 2016. Potential of cover crops in promoting mycorrhizal diversity and soil quality in organic farms. *Journal of Agricultural Science*, 8(8):42-47.
- Sturm D.J., Peteinatos G., and Gerhards R. 2018. Contribution of allelopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. *Weed Research*, 58(5): 331-337.
- Teasdale J.R., and Mohler C.L. 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*, 85(3):673-680.
- Virto I., Imaz M.J., Fernández-Ugalde O., Urrutia I., Enrique A., Bescansa P. 2012. Soil quality evaluation following the implementation of permanent cover crops in semi-arid vineyards. Organic matter, physical and biological soil properties. *Spanish Journal Agriculture Research*, 10(4): 1121-1132.
- Walkley A., and Black I.A. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.
- Wang W.J., Dalal R.C., Moody P.W., and Smith C.J. 2003. Relationships of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 273-284.
- Yuste C.J., Baldocchi D.D., Gershenson A., Goldestein A., Mission L., and Wong S. 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Global Change Biology*, 13: 1-18.

Evaluation of Short-Term Effect of Oat (*Avena sativa* L.) and Chickling Pea (*Lathyrus sativus* L.) Cover Crops on Improving some Soil Properties

Fatemeh Ahmadnia^{1*}, Ali Ebadi², Masoud Hashemi³, Akbar Ghavidel⁴, Soghra Ghahremani⁵

(Received: April 2020

Accepted: August 2020)

Abstract

Continuous use of monoculture systems and excessive tillage has degraded agricultural soils in many regions of Iran. The short-term impact of cover crops on selected soil properties was investigated in a field study in 2018. The experiment was laid out as complete randomized block with three replications. The four experimental treatments included, monoculture of oat and monoculture chickling pea, their mixture, and no cover crop as control. Highest and lowest aerial biomass were 198.1 gm⁻² and 124.1 g m⁻² and obtained from mixed cover crop and sole chickling pea, respectively. The higher biomass resulted in significant weed suppression, compared with control. Weed dry weight reduced by 33.04% and 41.12% in oat monoculture and mixed cover crops, respectively. The highest soil organic carbon (1.21%) and highest microbial population (6.5×10^5 per gram of soil) were obtained from mixed cover crop experimental plots. Cover crop mixture, and monoculture of oat and monoculture chickling pea reduced soil compaction by 51.5%, 50.7%, and 49.1%, respectively. However, soil bulk density, soil porosity, and rate of water infiltration were not affected by cover crop treatments. Results obtained in this study indicated that short-term changes in some soil properties are related to both, biomass and cover crop species. Overall, a mixed of cover crops was more influential on changing soil properties.

Keywords: Biomass, Carbon sequestration, Microbial population, Soil compaction, Soil health

Ahmadnia F., Ebadi A., Hashemi M., Ghavidel A. and Ghahremani S. 2021. Evaluation of short-term effect of oat and chickling pea cover crops in improving selected soil properties. *Applied Soil Research*, 9(1): 72-87.

1. Ph. D student plant physiology, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili.

2. Professor, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili.

3. Professor, Department of Soil Science, Stockbridge School of Agriculture, University of Massachusetts Amherst.

4. Assistant professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili.

5. Ph. D student plant Ecology, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili.

* Corresponding Author Email: F.Ahmadnia@uma.ac.ir