تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳، ص ۱۰۵-۸۵

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد دانه آفتابگردان و ویژگی‌های خاک تحت تأثیر کودهای شیمیایی و دامی و روش‌های مختلف خاک‌ورزی

سیاوش آریافر[۱]، علیرضا سیروس مهر[۲*]، عیسی خمری[۲]، سید احمد قنبری[۲]، اسماعیل سیدآبادی[۲]

۱- دانش آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
* مسئول مکاتبه: asirousmehr@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۹ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.315029.1155**

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کودهای دامی و شیمیایی بر ویژگی‌های خاک و عملکرد دانه آفتابگردان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل اجرا شد. عامل اصلی روش‌های خاک‌ورزی شامل گاوآهن برگردان‌دار + دیسک، پنجه‌غازی + دیسک، و دیسک بود. عامل فرعی سطوح کودی شامل عدم مصرف کود، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیوم فسفات، کود دامی ۲۵ تن در هکتار+دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۵۰ تن در هکتار + دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۲۵ تن در هکتار، کود دامی ۵۰ تن در هکتار بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین تخلخل خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر (۸۲ درصد) با کاربرد دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط خاک‌ورزی پنجه‌غازی + دیسک و در عمق ۴۰ سانتی‌متر (۸۶/۸ درصد) با کاربرد ۵۰ تن کود دامی در هکتار در شرایط پنجه‌غازی + دیسک و بیش‌ترین وزن هزار دانه (۱۴/۲ درصد) و عملکرد دانه (۸۴/۸ درصد) با کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی گاوآهن برگردان‌دار + دیسک بدست آمد. خاک‌ورزی با دیسک به همراه کود دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار جهت حفظ رطوبت خاک مناسب بود و در این راستا، اگر کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی مدنظر قرار بگیرد، کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با دیسک برای حفظ رطوبت خاک توصیه می‌شود. هم‌چنین به منظور افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه می‌توان کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار را در خاک‌ورزی متداول توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: تخلخل، ساختمان خاک، شخم، کود آلی، وزن هزار دانه

مقدمه

پنج محصول روغنی، نخل روغنی، سویا، کلزا، آفتابگردان و زیتون، ۸۰ درصد از تولید روغن جهان را تشکیل می‌دهند (Jaradat, 2016; Zhou *et al*., 2020). آفتابگردان به دلیل پروتئین زیاد موجود در بذور، ممکن است در افزایش مصرف پروتئین غذایی انسان نیز نقش داشته باشد (Adeleke *et al*., 2020). خاک یکی از مهم‌ترین ارکان طبیعت و عوامل تولید می‌باشد که تجدیدناپذیر است و انسان به آن وابسته می‌باشد (Arriaga *et al*., 2017). با افزایش فزاینده جمعیت کره زمین، انسان به منظور تولید بیش‌تر و تأمین تقاضای جمعیت، فشار زیادی را بر خاک وارد کرده است که فرسایش، آلودگی و تخریب خاک و کاهش کیفیت آن را به همراه داشته است (O'Brien and Daigh, 2019). خاک‌های قابل کشت به‌دلیل شیوه‌های کشت ناپایدار در معرض تهدید قابل توجهی هستند و مدیریت محتاطانه خاک برای دستیابی به تولید کشاورزی پایدار ضروری می‌باشد (Houshyar and Esmailpour, 2020). از آنجا که عملیات خاک‌ورزی یکی از اجزای اصلی روش‌های تولید محصولات کشاورزی است با تأثیر مثبت بر خصوصیات زیستی، فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند تأثیر مثبت بر تولید محصولات زراعی داشته باشد؛ بنابراین باید بر روش‌های خاک‌ورزی و تأثیرات آن‌ها بر سلامت خاک تمرکز شود (Arriaga *et al*., 2017).

شدت خاک‌ورزی می‌تواند تا حد زیادی بر خصوصیات خاک و عملکرد گیاه تأثیر بگذارد. این امر به ویژه در خاک‌هایی که مواد آلی کمی دارند، بسیار مهم می‌باشد (Nouraein *et al*., 2019). خاک‌ورزی معمولاً در سرتاسر دنیا به منظور بهبود بهره‌وری محصول از طریق بهینه‌سازی دما و رطوبت خاک، کاهش مقاومت نفوذ بستر بذر و سرکوب علف‌های هرز انجام

می‌شود. با این حال، این مزایا با اشکالاتی نظیر افزایش فرسایش و از بین رفتن مواد آلی خاک همراه است و تحقیقات در مورد چگونگی به حداکثر رساندن مزایا و به حداقل رساندن اشکالات خاک‌ورزی در طیف وسیعی از نظام‌های کشاورزی ادامه دارد (O'Brien and Daigh, 2019). تغییرات خصوصیات خاک ناشی از خاک‌ورزی بر پتانسیل بهره‌وری خاک با تمرکز ویژه بر دمای خاک و محتوی آب خاک، تأثیر می‌گذارند که این دو ویژگی مستقیماً بر رشد گیاهان مؤثر هستند و به طور غیر مستقیم بسیاری از مکانیسم‌های دیگر را در روش‌های زراعی مانند جوانه‌زنی بذر، فعالیت زیستی، چرخه عناصر و انتشار گازهای گلخانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Arriaga *et al*., 2017; O'Brien and Daigh, 2019). خاک‌ورزی شدید با شخم برگردان‌دار نه تنها به فرسایش بیش از حد خاک کمک می‌کند، بلکه باعث کاهش سلامت خاک می‌شود. اکنون با ظهور مواد شیمیایی ساخته دست بشر، خاک‌ورزی حفاظتی (خاک‌ورزی صفر یا حداقل) یک عمل کشاورزی پایدار و یک راهکار حفاظت از خاک در نظر گرفته می‌شود (Arriaga *et al*., 2017).

با کاربرد روش‌های مختلف خاک‌ورزی در گیاه آفتابگردان مشخص شد که بیش‌ترین عملکرد دانه در روش شخم کاهشی در مقایسه با شخم متداول حاصل شد (Nouraein *et al*., 2019). گزارش شده است که وزن هزار دانه آفتابگردان در خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول بیشتر بود (Seddaiu *et al*., 2016). مشخص شده است که درصد روغن آفتابگردان تحت تأثیر روش خاک‌ورزی حفاظتی بیش‌تر از خاک‌ورزی متداول می‌باشد (Usman *et al*., 2020). استفاده از روش خاک‌ورزی متداول باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی شد؛ به‌طوری‌که کربن آلی خاک ۲۰/۴۲ درصد نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی برتری نشان داد (Ghasemi *et al*, 2017). گزارش شده است که چگالی ظاهری خاک در روش خاک‌ورزی حداقل بیش‌تر از خاک‌ورزی متداول است (Rezaenejad and Afyuni, 2001).

کودهای شیمیایی موجب آلودگی محیط زیست و آب‌های زیرزمینی و به‌هم خوردن تعادل عناصر غذایی خاک می‌شوند (Elemike *et al*., 2019). در مقابل کودهای شیمیایی، کودهای آلی باعث افزایش میزان مواد آلی خاک، بهبود فعالیت‌های میکروبی و تنوع زیستی خاک، تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش ذخیره کربن خاک می‌شوند و می‌توانند استفاده از کودهای شیمیایی را به حداقل و یا حتی به صفر برسانند (Kiafar *et al*., 2013). کودهای دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در روش مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد (Asghari Meidani *et al*., 2013). اثرات مفید کود دامی شامل افزایش نفوذپذیری خاک، کاهش جرم مخصوص خاک، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک، افزایش فعالیت‌های زیستی و تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشند و کودهای دامی استفاده پایدار از این خاک را تأمین می‌کنند (Zhang and Schroder, 2014). با بررسی اثر سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر آفتابگردان مشخص شد که با افزایش مقدار کود نیتروژن عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Safahani Langeroodi, 2015). در تحقیقی روی آفتابگردان، کاربرد ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار کود دامی سبب افزایش قطر طبق و عملکرد دانه شد (Ahmadi *et al*., 2012).

با عنایت به اینکه در بسیاری از مزارع، روش خاک‌ورزی متداول (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، پنجه‌غازی و دیسک) رایج است و با توجه به اینکه مطالعه کارایی کودهای آلی و شیمیایی به منظور ارتقای سطح کیفی و کمی گیاهان زراعی و خصوصیات خاک ضروری می‌باشد، لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی، کود شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات و کود دامی بر عملکرد دانه آفتابگردان و ویژگی‌های فیزیکی خاک در شرایط آب و هوایی زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل اجرا گردید. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۴۸۱ متر است و در ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی سه روش مختلف خاک‌ورزی شامل گاوآهن برگردان‌دار + دیسک، پنجه‌غازی + دیسک و دیسک بود و عامل فرعی شش

سطح کودی شامل شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۲۵ تن در هکتار + کود شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۵۰ تن در هکتار + کود شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی ۲۵ تن در هکتار و کود دامی ۵۰ تن در هکتار بود.

مشخصات ادوات مورد استفاده در این تحقیق عبارت‌اند از: گاوآهن برگردان‌دار سه خیش از نوع سوار با عرض کار ۹۰ سانتی‌متر و عمق کار ۳۰ سانتی‌متر، پنجه‌غازی ۹ ردیفه بدون فنر از نوع سوار با عرض کار ۲ متر و عمق کار ۲۰ سانتی‌متر، دیسک تاندوم از نوع سوار دارای ۱۴ بشقاب لبه کنگره‌ای در ردیف اول و ۱۲ بشقاب لبه صاف در ردیف دوم با عرض کار ۳ متر و عمق کار ۱۵ سانتی‌متر. قبل از شروع آزمایش به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، از مزرعه تعدادی نمونه تصادفی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و با هم ترکیب شدند و به آزمایشگاه تجزیه خاک دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل برای اندازه‌گیری خصوصیات خاک با روش‌های استاندارد (Lindsay and Norvell, 1978; Hemke and Spark, 1996) منتقل شدند. نتایج آنالیز ویژگی‌های نمونه خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شد. کود شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات با فرمول شیمیایی $(NH_4)_2HPO_4$ دارای ۴۶ درصد پنتوکسید فسفر (P_2O_5) و ۱۸ درصد نیتروژن می‌باشد. در این تحقیق کود گاوی به عنوان کود دامی استفاده گردید که در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ از یک منبع کود گاوی تهیه شده بود و ویژگی‌های شیمیایی آن با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (Olsen *et al.*, 1954; Lindsay and Norvell, 1978; Hemke and Spark, 1996). نتایج آنالیز ویژگی‌های شیمیایی کود گاوی در جدول ۲ ارائه شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil before the experiment

بافت خاک Soil type	شن Sand	رس Clay	لای Silt	ماده آلی Organic matter	کربن آلی Organic carbon	سدیم Na	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	pH
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(dS/m)	
شنی لومی Sandy loam	58	10	32	2.12	1.23	216.3	208.65	9.92	0.105	1.61	7.29

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در این تحقیق

Table 2- Chemical properties of cow manure used in this research

ویژگی Property	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/cm)	pH	نیتروژن N (٪)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	کلسیم Ca (ppm)	منیزیوم Mg (ppm)	کربن آلی Organic carbon (٪)	ماده آلی Organic matter (٪)
مقدار Amount	12.5	7.75	0.227	4100	9200	3400	1900	4.55	7.84

ابتدا بر اساس نقشه کاشت و نوع خاک‌ورزی زمین مزرعه یک روز قبل از کاشت (۲۶ اسفند سال ۱۳۹۸) آماده‌سازی شد. به این صورت که کرت‌هایی که تیمار خاک‌ورزی یکنواخت داشتند در یک ردیف قرار گرفتند که با حرکت مستقیم تراکتور شخم می‌خوردند و دور زدن تراکتور در خارج از کرت آخر صورت می‌گرفت. بعد از آن کرت‌بندی انجام شد. هر کرت با ابعاد ۳ × ۴ متر دارای ۵ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و عمق کشت ۳ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی ۱ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین تکرارها ۳ متر در نظر گرفته شد. بعد از تهیه کرت‌ها عملیات کاشت بذور آفتابگردان رقم شمس که از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

(کرج) تهیه شده بود در ۲۷ اسفند ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد. رقم شمس آفتابگردان یک هیبرید سینگل‌کراس جدید، متوسط‌رس و مقاوم به بیماری‌های زنگ و سفیدک کرکی است که برای کشت بهاره در مناطق معتدل و سرد و کشت تابستانه در مناطق معتدل مناسب است. کود گاوی و کود دی‌آمونیوم فسفات به صورت نواری در هنگام کاشت، اعمال شدند. آبیاری به صورت کرتی بود و نخستین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور صورت گرفت. دور آبیاری‌های بعدی تا پایان دوره رشد آفتابگردان، هر ۱۴ روز یک بار تنظیم گردید. در مرحله چهار تا پنج برگی به منظور حفظ بوته‌های سالم و قوی عمل تنک انجام شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و منظم در طول دوره رشد و به ویژه اوایل رشد صورت گرفت. صفات مورد مطالعه در این تحقیق به شرح زیر اندازه‌گیری شدند:

به منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه و عملکرد دانه، در زمان رسیدگی محصول پس از تغییر رنگ پشت طبق‌ها به قهوه‌ای و رسیدگی کامل بذور، با رعایت اثر حاشیه در تاریخ ۲۳ تیر ماه سال ۱۳۹۹ برداشت انجام شد. برداشت بوته‌ها به صورت دستی و با ابزار داس از ناحیه طوقه گیاه توسط نیروی کارگری بود. پس از برداشت، طبق‌ها از ساقه جدا شد. سپس ساقه‌ها و طبق‌ها به صورت مجزا در دمای معمولی اتاق و سایه قرار داده شدند تا خشک شوند. ابتدا به طور تصادفی تعداد ۵ طبق انتخاب شد و با جداسازی بذور رسیده در هر کرت با نیروی کارگری، وزن دانه‌های هر کرت توسط ترازوی آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد و به عنوان عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم بر هکتار گزارش گردید. سپس با جداسازی هزار دانه آفتابگردان، وزن هزار دانه با استفاده از ترازو (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک دو هفته قبل از برداشت و چند روز پس از آخرین آبیاری صورت گرفت. بدین‌منظور از عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک، حجم مشخصی از خاک توسط رینگ استوانه‌ای نمونه‌برداری شد. سپس در آزمایشگاه نمونه بلافاصله وزن شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد (Blake, 1995). بعد از گذشت این مدت، نمونه از آون خارج و وزن شد و با استفاده از فرمول ۱ درصد رطوبت حجمی آن محاسبه گردید. در این فرمول، Qt، Vm و Vt به ترتیب عبارتند از: درصد رطوبت حجمی، حجم آب خاک و حجم کل نمونه خاک.

$$Q_t = \frac{V_m}{V_t} \times 100 \qquad (۱$$

جهت اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک (وزن مخصوص ظاهری خاک) در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک، استوانه نمونه‌برداری توسط یک وزنه سنگین به درون خاک فرو برده شد. سپس استوانه را با خاک دست نخورده درون آن، بیرون آورده و خاک‌های اضافی اطراف آن حذف شد. نمونه‌ها برای ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. نهایتاً چگالی ظاهری خاک در هر عمق با فرمول ۲ محاسبه گردید (Marshall *et al.*, 1999). در این فرمول، BD، Wd و V به ترتیب عبارتند از: چگالی ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، جرم خاک خشک بر حسب گرم و حجم کل خاک بر حسب سانتی‌متر مکعب.

$$BD = \frac{W_d}{V} \qquad (۲$$

برای محاسبه تخلخل خاک، چگالی ظاهری و چگالی حقیقی خاک از عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک به‌دست آمدند و نهایتاً با فرمول ۳ تخلخل خاک محاسبه گردید (Danielson and Sutherland, 1986).

$$\text{تخلخل خاک} = (1- (\frac{\text{چگالی ظاهری خاک}}{\text{چگالی حقیقی خاک}})) \times 100 \qquad (۳$$

در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC نسخه ۲/۱ و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

رطوبت حجمی خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود، اثر خاک‌ورزی و برهمکنش آن‌ها رطوبت حجمی خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در رطوبت حجمی خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر نشان داد که در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک، با کاربرد کود دامی ۵۰ تن در هکتار بیش‌ترین میزان رطوبت حجمی خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر (میانگین ۱۷/۸۱ درصد) به‌دست آمد (شکل

a۱). در شـــرایط خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیســـک، کاربرد دی‌آمونیوم فســـفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتـار میزان رطوبـت حجمی خاک در عمق ۲۰ سـانتی‌متر را نسـبت به سـایر تیمارها افزایش داد و بعـد از آن بیش‌ترین مقدار مربوط بـه تیمـار کود دامی ۲۵ تن در هکتار بود (شـکل a۱). در شـرایط خاک‌ورزی با دیســـک، کاربرد دی‌آمونیوم فســـفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجـب بیش‌ترین افزایش در میزان رطوبـت حجمی خـاک در عمق ۲۰ سـانتی‌متر (میانگین ۲۱۷/۰۱ درصـد) شـد و بعد از آن بیش‌ترین افزایش مربوط بـه تیمـار کود دامی ۲۵ تن در هکتـار بود (شکل a۱).

مقایســـه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در رطوبت حجمی خاک در عمق ۴۰ سـانتی‌متر نشـان داد که در شـرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسـک، با کاربرد کود دامی ۵۰ تن در هکتار بیش‌ترین میزان رطوبت حجمی خاک در عمق ۴۰ سـانتی‌متر (با میانگین ۲۷/۸۴ درصـد) به‌دسـت آمد (شـکل b۱). در شرایط خاک‌ورزی با دیسک، کاربرد دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتـار موجـب بیش‌ترین افزایش در میزان رطوبت حجمی خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر (با میانگین ۲۶۴/۱ درصـد) شـد و بعد از آن بیش‌ترین افزایش مربوط به تیمار کود دامی ۵۰ تن در هکتار بود (شـــکل b۱). مقایســـه میـانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در رطوبت حجمی خاک در عمق ۶۰ سـانتی‌متر نشـان داد که در شـرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیســـک، با کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار بیش‌ترین میزان رطوبت حجمی خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر (با میانگین ۳۶/۷۹ درصد) به‌دست آمد (شکل c۱).

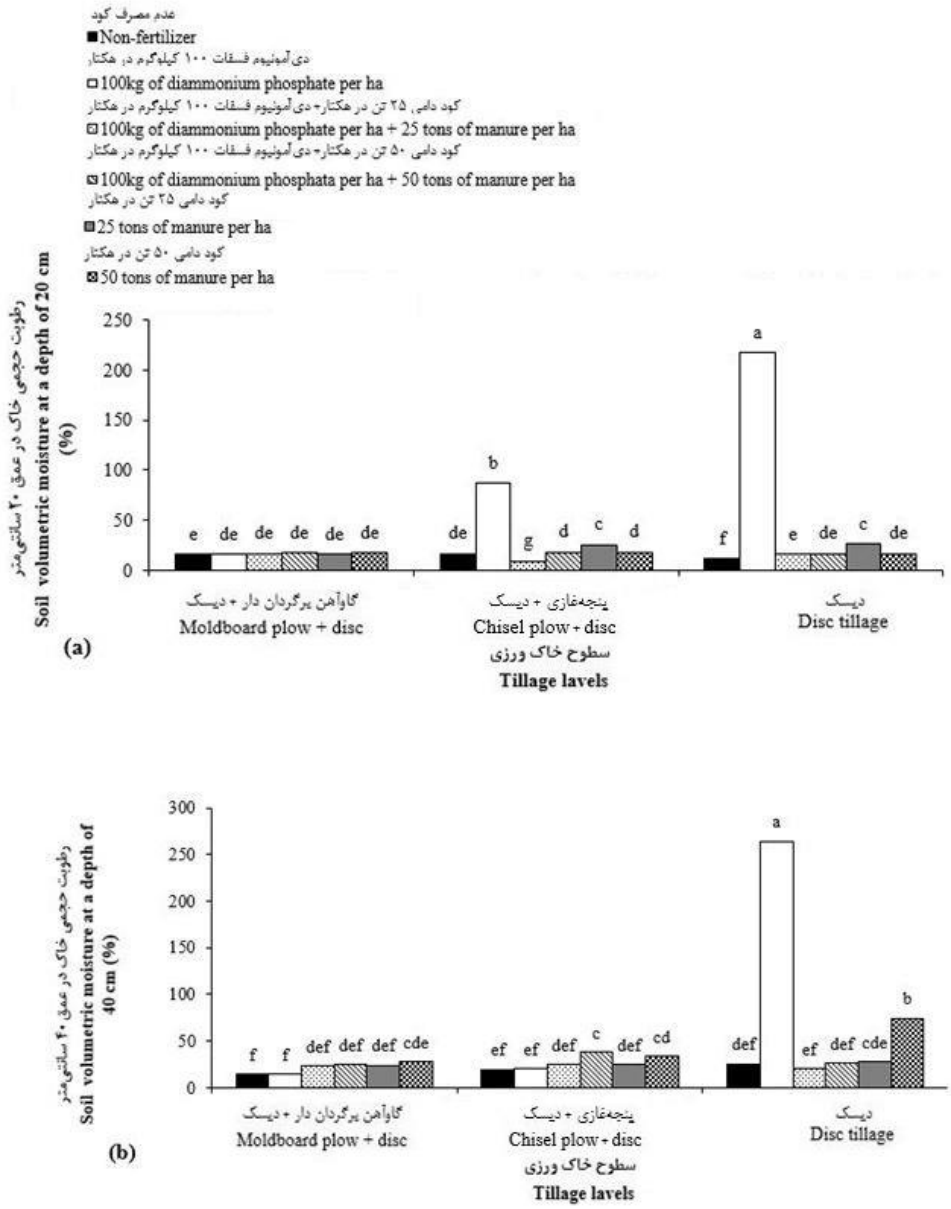
جدول ۳- تجزیه واریانس رطوبت حجمی خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر تحت تأثیر خاک‌ورزی و کود

Table 3- Analysis of variance of soil volumetric moisture at depths of 20, 40, and 60 cm under the influence of tillage and fertilizer

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean of Squares		
		رطوبت حجمی خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر	رطوبت حجمی خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر	رطوبت حجمی خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر
S.O.V	df	Soil volumetric moisture at a depth of 20 cm	Soil volumetric moisture at a depth of 40 cm	Soil volumetric moisture at a depth of 60 cm
تکرار Replication	2	4.984^{ns}	59.4^{ns}	18.064^{ns}
خاک‌ورزی Tillage	2	5346.69**	14356.73**	12985.43**
خطایa Error a	4	0.767	53.554	6.458
کود Fertilizer	5	12059.18**	8305.73**	6424.67**
خاک‌ورزی × کود ×Tilage Fertilizer	10	5205.55**	9756.54**	8938.64**
خطایb Error b	30	0.875	21.814	1.962
ضریب تغییرات CV (/.)		2.9	11.6	3.7

ns و**: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns,**: Non- significant, significant at 1% probability levels, respectively



میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different from each other based on LSD test at the level of 5% probability.

شکل ۱- اثر انواع کود بر رطوبت حجمی خاک در عمق‌های ۲۰ (a)، ۴۰ (b) و ۶۰ (c) سانتی‌متر در سطوح مختلف خاک‌ورزی

Figure 1- Effect of fertilizer types on soil volumetric moisture at depths of 20 (a), 40 (b), and 60 (c) cm at different levels of tillage

جهت حفظ ساختمان، رطوبت و حاصل‌خیزی خاک، سطح خاک‌ورزی دیسک به همراه کود دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر رطوبت خاک در هر سه عمق مناسب بود و بیش‌ترین مقدار رطوبت خاک را نیز به خود اختصاص داده بود. در صورتی که کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی نیز مدنظر قرار بگیرد کاربرد کود دامی ۲۵ تن برای رطوبت عمق ۲۰ سانتی‌متری، کود دامی ۵۰ تن برای رطوبت عمق ۴۰ سانتی‌متری و کود دامی ۵۰ تن در هکتار+ دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای رطوبت عمق ۶۰ سانتی‌متری مناسب بود. در شرایط کاهش خاک‌ورزی، مقداری بقایای گیاهی در سطح خاک باقی مانده که باعث کاهش رولناب و افزایش نفوذپذیری آب در خاک می‌شود؛ در این شرایط با افزودن کود دامی ظرفیت حفظ آب در خاک افزایش یافته و باعث افزایش رطوبت قابل دسترس برای ریشه گیاه می‌شود.

در مطالعه حاضر، در شرایط استفاده از گاوآهن برگردان‌دار میزان رطوبت خاک کاهش شدیدی داشت. در مطالعه تأثیر روش‌های خاک‌ورزی که برای اندازه‌گیری میزان آب خاک و عملکرد ذرت و گندم زمستانه انجام شد، بیش‌ترین رطوبت خاک در تمام فصول در روش بدون خاک‌ورزی و پس از آن در روش خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شد و کم‌ترین مقدار رطوبت مربوط به خاک‌ورزی متداول بود که باعث کاهش عملکرد ذرت و گندم شده بود (Copec *et al*., 2015). در عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متر، رطوبت خاک در تمام روش‌های خاک‌ورزی بسیار کم بود درحالی‌که در روش بدون خاک‌ورزی بیش‌تر از سایر روش‌ها بود. در عمق ۱۵-۲۰ سانتی‌متر، رطوبت خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی متفاوت بود و میانگین رطوبت خاک در روش بدون خاک‌ورزی بالاترین بود، اما تفاوت‌ها کوچک‌تر بود (Copec *et al*., 2015). گزارش شده است که رشد اولیه آفتابگردان (خرداد ماه) در تیمار استفاده از گاوآهن برگردان‌دار بهتر از روش حفاظتی بود ولی در ادامه فصل رشد (مرداد ماه)، رشد آفتابگردان در تیمار حفاظتی به دلیل رطوبت بیش‌تر بهتر بود (Shamabadi, 2013). در این مطالعه در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی حفظ رطوبت خاک می‌تواند به دلیل عدم برگرداندن بقایا و حفظ آن در لایه سطحی خاک از طریق بهبود مواد آلی خاک باشد که در مطالعه دیگر محققان نیز گزارش شده است (Malhi *et al*., 2006; Shamabadi, 2013).

کود آلی از طریق افزایش تخلخل، میزان نفوذ آب به خاک را افزایش داده و از طریق افزایش مواد آلی خاک باعث افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک شده و در نهایت رطوبت خاک را افزایش داده است (Nouraein *et al*., 2019). مطالعات متعددی گزارش کردند که افزایش کود آلی (دامی) در افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک تأثیر معنی‌داری داشت (Nargesi Alaspour *et al*., 2017; Nouraein *et al*., 2019). گزارش شده است که بالاترین میزان رطوبت خاک در شرایط بدون مصرف کود مشاهده شد و با افزایش سطوح کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مقدار رطوبت کاهش یافت (Wang *et al*., 2013; Tesfahunegn, 2019). در این راستا، محققان گزارش کردند که کودهای معدنی (مثل کودهای نیتروژن و فسفر) در بهبود شرایط فیزیکی خاک مانند رطوبت خاک سهیم نیستند، بلکه یک خاک را تخریب می‌کنند حتی اگر عناصر قابل دسترس را به راحتی برای رشد گیاه فراهم کنند (Tesfahunegn, 2019).

چگالی ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود و برهمکنش خاک‌ورزی و کود در سطح احتمال یک درصد چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴). اثر خاک‌ورزی در چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۲۰ سانتی‌متر (سطح احتمال یک درصد)، ۴۰ سانتی‌متر (سطح احتمال یک درصد) و ۶۰ سانتی‌متر (سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در چگالی ظاهری خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر نشان داد که تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیسک، میزان چگالی ظاهری خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر را ۶/۵ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول افزایش داد (شکل a۲).

مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در چگالی ظاهری خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر نشان داد که تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی با دیسک بیش‌ترین میزان چگالی ظاهری خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر (با ۱۱/۵ درصد افزایش) نسبت به عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول داشت (شکل b۲). بیش‌ترین میزان چگالی ظاهری خاک در

عمق ۶۰ سانتی‌متر (با ۱۳/۶ درصد افزایش) در تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی با دیسک نسبت به عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول به دست آمد (شکل c۲). کمترین میزان چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر مربوط به تیمار دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیسک بود (شکل a۲، b۲ و c۲).

برای حفظ ساختمان و حاصلخیزی خاک، اعمال خاک‌ورزی پنجه‌غازی + دیسک به همراه کود دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر چگالی ظاهری خاک در هر سه عمق مناسب بود و کم‌ترین مقدار چگالی ظاهری را نیز به خود اختصاص داده بود. در این شرایط خاک‌ورزی بین سطوح کودی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ بنابراین در صورتی که کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی نیز مدنظر قرار بگیرد، در همین شرایط خاک‌ورزی کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار برای کاهش چگالی ظاهری در هر سه عمق مناسب بود. در شرایط کاهش خاک‌ورزی، مقداری بقایای گیاهی در سطح خاک باقی مانده و نیز رفت و آمد ماشین‌آلات کشاورزی کاهش یافته است که بنابراین از طریق کاهش فشردگی خاک و کاهش حجم منافذ باعث کاهش چگالی ظاهری خاک شده است.

کاهش چگالی ظاهری خاک در تیمارهای کمپوست دامی نسبت به شاهد مشاهده شده است و به بیوماس بیشتر ریشه در خاک نسبت داده شده است (Guo *et al*., 2016). پژوهش‌گران گزارش کردند که نوع کود آلی و مقدار مصرف آن در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک تأثیر معنی‌داری داشت و با مصرف کودهای آلی وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش معنی‌داری یافت. علت آن به تشکیل و ثبات خاکدانه‌ها در اثر تجزیه کود آلی نسبت داده شد که موجب افزایش تخلخل خاک و در نتیجه کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود. هم‌چنین آن‌ها بیان کردند که کود آلی علاوه‌بر افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک، موجب بهبود خواص فیزیکی خاک و فعالیت زیستی شده، چگالی ظاهری خاک را کاهش و تخلخل خاک را افزایش داد (Shirazi *et al*., 2012).

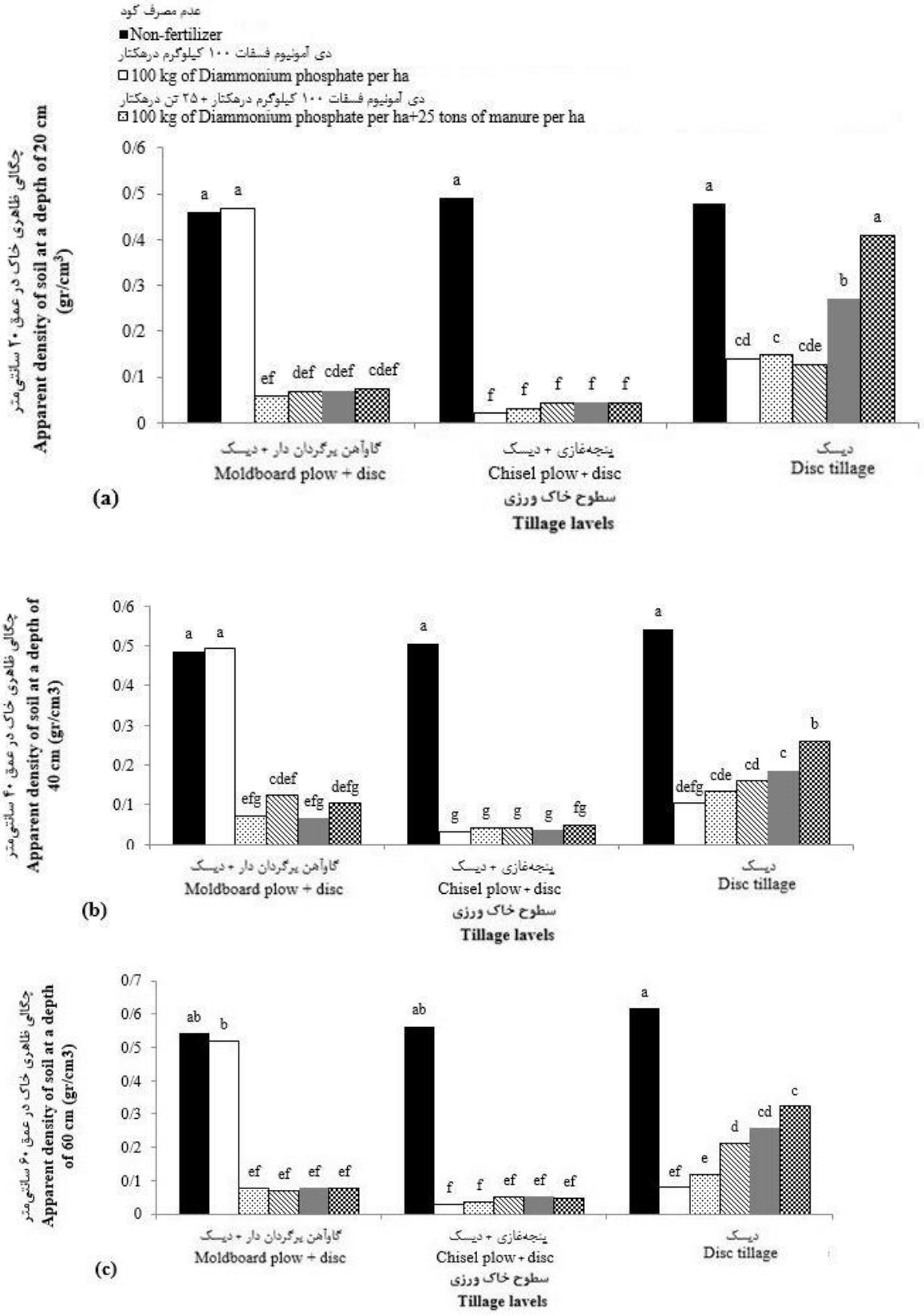
جدول ۴- تجزیه واریانس چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر تحت تأثیر خاک‌ورزی و کود

Table 4- Analysis of variance of apparent density of soil at depths of 20, 40, and 60 cm under the influence of tillage and fertilizer

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean of Squares		
		چگالی ظاهری خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر	چگالی ظاهری خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر	چگالی ظاهری خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر
S.O.V	df	Apparent density of soil at a depth of 20 cm	Apparent density of soil at a depth of 40 cm	Apparent density of soil at a depth of 60 cm
تکرار Replication	2	0.003^{ns}	0.003^{ns}	0.002^{ns}
خاک‌ورزی Tillage	2	0.103^{**}	0.071^{**}	0.09^{**}
خطای a Error a	4	0.003	0.001	0.001
کود Fertilizer	5	0.2^{**}	0.24^{**}	0.306^{**}
خاک‌ورزی × کود Fertilizer×Tillage	10	0.05^{**}	0.037^{**}	0.053^{**}
خطای b Error b	30	0.001	0.000	0.000
ضریب تغییرات CV (٪)		15.5	8.9	7.3

ns و**: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns,**: Non- significant, significant at 1% probability levels, respectively



میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different from each other based on LSD test at the level of 5% probability.

شکل ۲- اثر انواع کود بر چگالی ظاهری خاک در عمق‌های ۲۰ (a)، ۴۰ (b) و ۶۰ (c) سانتی‌متر در سطوح مختلف خاک‌ورزی

Figure 2- Effect of fertilizer types on apparent density of soil at depths of 20 (a), 40 (b), and 60 (c) cm at different levels of tillage

در مطالعه‌ای روی آفتابگردان مشخص شد که چگالی ظاهری خاک به طور قابل توجهی تحت تأثیر خاک‌ورزی و مدیریت پسماند قرار گرفت، اما تحت تأثیر سطوح نیتروژن قرار نگرفت. محققان دلیل این امر را محتوای بیشتر کربن آلی خاک در اثر دفن بقایای گیاهی در خاک نسبت دادند و عدم تأثیر نیتروژن را به دلیل کاربرد کود شیمیایی اوره دانستند (Safahani Langeroodi, 2015).

مشخص شده است که چگالی ظاهری خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی به دلیل تخلخل کمتر و تراکم بیشتر خاک افزایش یافت (Agostini *et al*., 2012). گزارش شده است که در میان تیمارهای خاک‌ورزی اختلاف آماری در چگالی ظاهری خاک نبود، با این‌حال، چگالی ظاهری خاک در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متری خاک در شرایط بدون خاک‌ورزی کاهش یافت (Sessiz *et al*., 2008). در آزمایش لنواع خاک‌ورزی روی آفتابگردان در دو سال زراعی ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ مشخص شد که در هر سطح خاک‌ورزی وقتی عمق خاک افزایش یافت چگالی ظاهری خاک در هر دو سال کاهش یافت و چگالی ظاهری در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود و دلیل تفاوت بین آن‌ها را به تأثیر آبیاری پس از خاک‌ورزی در سال دوم نسبت دادند (Sessiz *et al*., 2008). هم‌چنین دلیل آن می‌تواند احتمالاً فشردگی ناشی از کشت باشد (Roscoe and Buurman, 2003). گزارش شده است که پس از ۱۴ سال تفاوت معنی‌داری در چگالی ظاهری تیمارهای بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول در عمق ۲۰ سانتی‌متر وجود نداشت (Fuentes *et al*., 2009). فشردگی خاک باعث افزایش چگالی ظاهری و کاهش حجم منافذ می‌شود. اگر چگالی ظاهری خیلی زیاد شود، می‌تواند رشد گیاه را محدود کند و موجب کاهش رشد و عملکرد گیاه شود (Sessiz *et al*., 2008).

تخلخل خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود و برهمکنش خاک‌ورزی و کود در سطح احتمال یک درصد تخلخل خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۵). اثر خاک‌ورزی بر تخلخل خاک در عمق‌های ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود ولی بر تخلخل خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در تخلخل خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر نشان داد که کاربرد دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیسک، بیش‌ترین میزان تخلخل خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر (با ۸۲ درصد افزایش در مقایسه با شاهد) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کود دامی ۵۰ تن در هکتار در خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیسک نداشت (شکل a۳).

مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود در تخلخل خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر نشان داد که با کاربرد تیمار کود دامی ۵۰ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیسک، بیش‌ترین مقدار تخلخل خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر (با ۸۶/۸ درصد افزایش) در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول حاصل شد و کمترین مقدار (با ۱۵/۹ درصد کاهش) مربوط به تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی با دیسک بود (شکل b۳). با کاربرد دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با پنجه‌غازی + دیسک، بیش‌ترین تخلخل خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر (با ۱۱۹ درصد افزایش) در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول به دست آمد و کمترین مقدار آن مربوط تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول بود (شکل c۳).

به منظور حفظ ساختمان، رطوبت و حاصلخیزی خاک، سطح خاک‌ورزی پنجه‌غازی + دیسک همراه با تیمار دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر تخلخل خاک در هر سه عمق مناسب بود. با توجه به اینکه در این شرایط خاک‌ورزی بین سطوح کودی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ بنابراین در صورتی که کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی نیز مدنظر قرار بگیرد کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار برای بهبود تخلخل خاک در هر سه عمق مناسب بود. در شرایط کاهش خاک‌ورزی، با توجه به اینکه خاک‌ورزی به میزان کم صورت می‌گیرد در کنار منافذ درشت، منافذ ریز در خاک بیش‌تر ایجاد می‌شوند و وجود بقایای گیاه قبلی و کود دامی نیز در تشکیل و افزایش این منافذ ریز دخیل هستند و در نهایت با افزایش فعالیت میکروبی و حضور جانداران مقدار تخلخل خاک افزایش می‌یابد.

جدول ۵- تجزیه واریانس تخلخل خاک در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر، وزن هزاردانه و عملکرد دانه آفتابگردان تحت تأثیر خاک‌ورزی و کود

Table 5- Analysis of variance of soil porosity at depths of 20, 40, and 60 cm, 1000-seed weight, and seed yield of sunflower under the influence of tillage and fertilizer

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares: تخلخل خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر Soil porosity at a depth of 20 cm	تخلخل خاک در عمق ۴۰ سانتی‌متر Soil porosity at a depth of 40 cm	تخلخل خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر Soil porosity at a depth of 60 cm	وزن هزاردانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	0.019^{ns}	0.147*	0.02^{ns}	0.189*	496.299^{ns}
خاک‌ورزی Tillage	2	0.053*	0.065^{ns}	0.081*	52.989**	1918646.2**
خطای a Error a	4	0.005	0.013	0.006	0.451	368.544
کود Fertilizer	5	0.195**	0.246**	0.24**	59.027**	2405380.5**
خاک‌ورزی × کود Fertilizer×Tillage	10	0.057**	0.038**	0.063**	24.766**	3619696.76**
خطای b Error b	30	0.003	0.002	0.007	0.46	280.029
ضریب تغییرات CV (/.)		7.02	5.7	10.2	2	0.3

ns و *و**: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

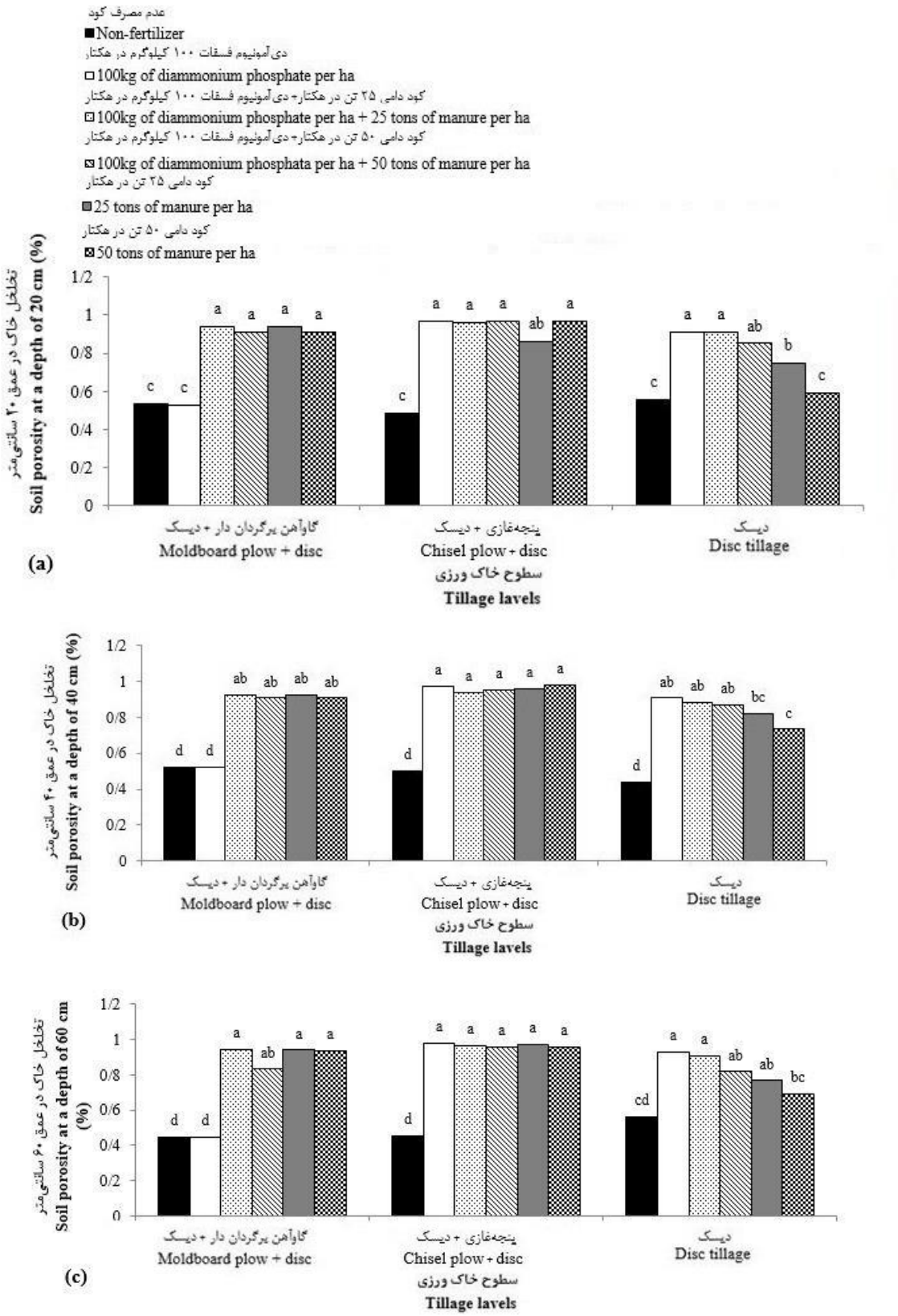
ns ,*,**: Non- significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

در مطالعه بررسی تأثیر خاک‌ورزی بر تخلخل خاک مشاهده شد که خاک‌ورزی عموماً تخلخل خاک را افزایش می‌دهد و در شرایط بدون خاک‌ورزی تعداد منافذ درشت خاک کاهش و تعداد منافذ ریز که مهم‌ترین منافذ برای تأمین رطوبت گیاه می‌باشند، در خاک افزایش می‌یابد (Veiga *et al*., 2007). در بررسی تخلخل خاک در اثر انواع خاک‌ورزی مشخص شد که در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک، تخلخل در خاک‌ورزی متداول بیش‌تر از بدون خاک‌ورزی بود و در بقیه عمق‌ها، تخلخل در شرایط بدون خاک‌ورزی بیش‌تر از خاک‌ورزی متداول بود و این کاهش تخلخل خاک در عمق‌های بیشتر در شرایط خاک‌ورزی متداول را به ایجاد یک سخت کفه فشرده در زیر عمق خاک‌ورزی ناشی از ترافیک مرتبط با خاک‌ورزی نسبت دادند (Rabi *et al*., 2011). وجود درصد حجمی بالای خلل و فرج ریز در شرایط بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی باعث می‌شود آب بیش‌تری در شرایط غیراشباع در خاک حفظ شود. روش بدون خاک‌ورزی تخلخل خاک را در عمق‌های سطحی کاهش داده و فشردگی، چگالی ظاهری خاک و هدایت هیدرولیکی را افزایش می‌دهد که ناشی از کاهش منافذ درشت و افزایش تراکم خاک عنوان شده است (Strudley *et al*., 2008).

در بعضی مطالعات گزارش شده که انواع خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی سنتی) تأثیر معنی‌داری بر تخلخل خاک ندارند (Puget and Lal, 2005). مشخص شده است که کود آلی از جمله دامی باعث افزایش تخلخل خاک می‌شود (Nouraein *et al*., 2019).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس وزن هزار دانه نشان داد که اثر خاک‌ورزی، اثر کود و برهمکنش خاک‌ورزی و کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود نشان داد که در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک، تیمار کود دامی ۲۵ تن در هکتار دارای بیش‌ترین وزن هزار دانه (با ۱۴/۲ درصد افزایش) در مقایسه با عدم تیمار مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول بود (شکل ۴).



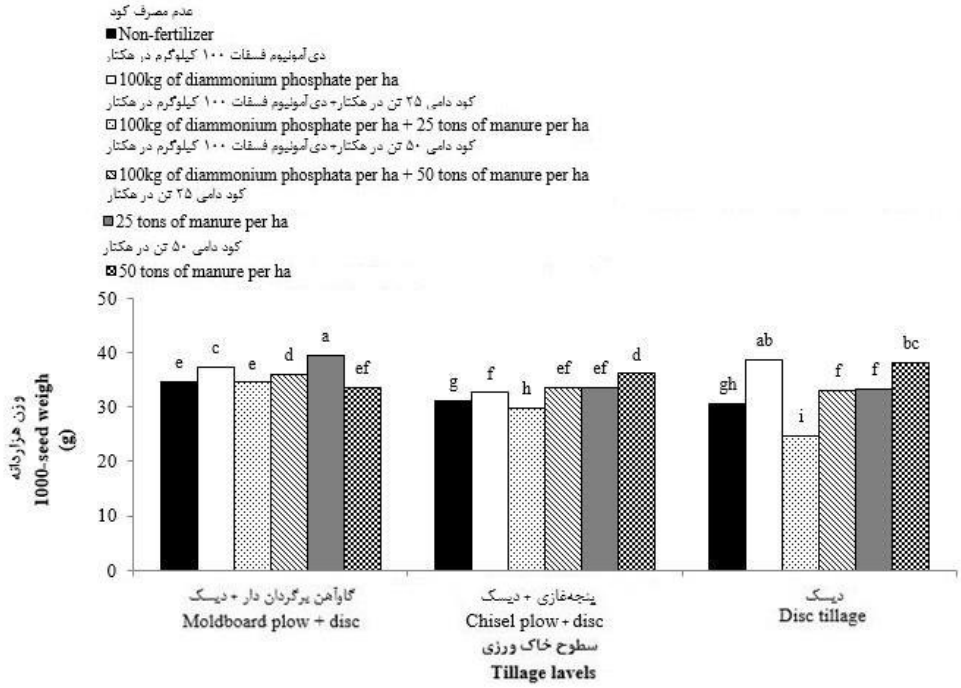
میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different from each other based on LSD test at the level of 5% probability.

شکل ۳- اثر انواع کود بر تخلخل خاک در عمق‌های ۲۰ (a)، ۴۰ (b) و ۶۰ (c) سانتی‌متر در سطوح مختلف خاک‌ورزی

Figure 3- Effect of fertilizer types on soil porosity at depths of 20 (a), 40 (b), and 60 (c) cm at different levels of tillage

اگرچه بیش‌ترین تأثیر مثبت بر وزن هزار دانه با تیمار کود دامی ۲۵ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک به‌دست آمد، با این‌حال به منظور حفظ ساختمان، رطوبت و حاصلخیزی خاک، خاک‌ورزی دیسک با کود دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مناسب بود و بعد از آن با رعایت کشاورزی پایدار، حفظ ساختمان خاک، رطوبت و حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، سطح خاک‌ورزی دیسک به همراه کود دامی ۵۰ تن در هکتار مناسب بود. می‌توان اذعان کرد که خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک موجب کاهش تراکم خاک، بهبود شرایط تهویه‌ای خاک و نفوذ بهتر ریشه به اعماق خاک می‌شود که با افزایش جذب آب و عناصر در این شرایط توسط ریشه، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه آفتابگردان بهبود می‌یابد.



شکل ۴- اثر انواع کود بر وزن هزار دانه آفتابگردان در سطوح مختلف خاک‌ورزی

Figure 4- Effect of fertilizer types on 1000-seed weight of sunflower at different levels of tillage

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different from each other based on LSD test at the level of 5% probability.

در مطالعه‌ای با بررسی سطوح مختلف خاک‌ورزی روی گیاهان آفتابگردان و ذرت مشخص شد که وزن هزار دانه این گیاهان در شرایط بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی حداقل و متداول کم‌تر بود و بین خاک‌ورزی حداقل و متداول تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (Roozbeh and Pooskani, 2003). بیش‌ترین وزن هزار دانه گندم در شرایط خاک‌ورزی حداقل و کم‌ترین مقدار در شرایط بدون خاک‌ورزی مشاهده شد که کاهش وزن هزار دانه در شرایط بدون خاک‌ورزی می‌تواند به دلیل کاهش دمای خاک در این شرایط نسبت داد که موجب کاهش مراحل مختلف رشد و نمو گیاه و نیز کاهش سطح فتوسنتزکننده می‌شود (Sepide dam and Ramroudi, 2016).

کاربرد سطوح مختلف دی‌آمونیوم فسفات در مراحل مختلف رشد، وزن هزار دانه آفتابگردان را افزایش داد (Hassani *et al*., 2012). گزارش شده است که بیش‌ترین وزن هزاردانه در گیاه آفتابگردان از تیمارهای ترکیبی کود دامی و شیمیایی (پنج تن در هکتار کود گاوی + ۹۲ کیلوگرم در هکتار کود اوره) حاصل گردید (Akbari *et al*., 2011). آزادسازی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و منیزیوم از کود دامی مورد استفاده در این طرح می‌تواند دلیلی بر افزایش وزن هزار دانه آفتابگردان باشد. در این زمینه گزارش شده است که آزادسازی عناصر به ویژه فسفر و نیتروژن در مرحله پر شدن دانه‌ها دلیل افزایش وزن

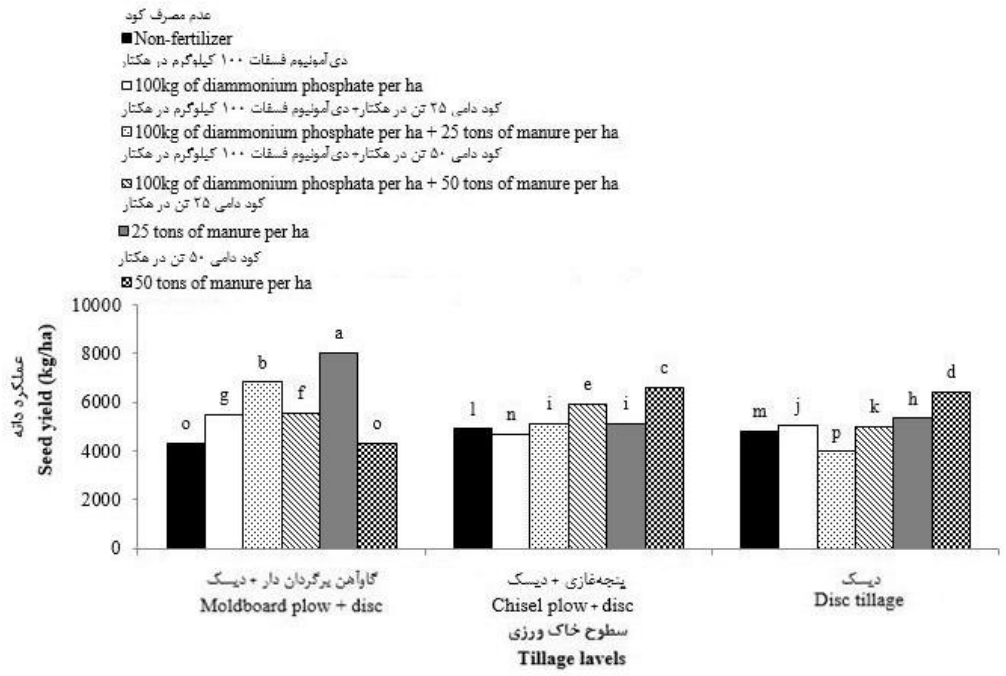
هزار دانه با کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود مرغی + ۲۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده می‌باشد (Fallah *et al*., 2007).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه حاکی از معنی‌دار بودن اثرات خاک‌ورزی و کود و برهمکنش خاک‌ورزی و کود در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش خاک‌ورزی و کود نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (با ۸۴/۸ درصد افزایش) با کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود در شرایط خاک‌ورزی متداول به دست آمد (شکل ۵). کم‌ترین مقدار عملکرد دانه با میانگین ۴۳۳۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک به‌دست آمد (شکل ۵).

با توجه به رعایت کشاورزی پایدار، حفظ ساختمان خاک، رطوبت و حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، سطح خاک‌ورزی پنجه‌غازی + دیسک به همراه کود دامی ۵۰ تن در هکتار مناسب بود. در شرایط کاهش خاک‌ورزی، مقداری بقایای گیاهی در سطح خاک باقی مانده که موجب افزایش رطوبت خاک می‌شود و کود دامی با گذشت زمان تجزیه شده و عناصر غذایی را به خاک اضافه می‌کند؛ افزایش فراهمی عناصر در خاک به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه و نیز افزایش کلروفیل که منجر به بهبود فتوسنتز گیاه می‌شود و اسیمیلات‌های لازم برای تشکیل گل و پر شدن دانه را تأمین می‌کند، می‌توانند منجر به افزایش عملکرد دانه شوند. هم‌چنین افزایش نفوذ آب و رشد ریشه، کاهش تلفات آب از طریق تبخیر از خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و کاهش شستشوی کاتیون‌های خاک می‌توانند سبب افزایش عملکرد دانه شوند.

عملکرد دانه آفتابگردان ارتباط نزدیکی با تعداد گل‌های تلقیح شده دارد و هر چه طبق بزرگ‌تر، تعداد گل‌های طبق زیادتر و تلقیح موفقیت‌آمیز باشد، عملکرد دانه نیز بیش‌تر خواهد شد (Thavaprakash *et al*., 2003). در آزمایشی روی ذرت با کاربرد سطوح مختلف خاک‌ورزی مشخص شد که عملکرد دانه در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن پنجه‌غازی نسبت به خاک‌ورزی متداول بیش‌تر بود (Wasaya *et al*., 2017).



میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different from each other based on LSD test at the level of 5% probability.

شکل ۵- اثر انواع کود بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح مختلف خاک‌ورزی

Figure 5- Effect of fertilizer types on seed yield of sunflower at different levels of tillage

گزارش شده است که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم ایجاد نکردند و در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد کمتری نسبت به خاک‌ورزی غیرحفاظتی تولید شده است. این عملکرد کم‌تر در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی به سفتی خاک در اعماق ۷ تا ۲۰ سانتی‌متری و کاهش نفوذ ریشه به اعماق بیش‌تر خاک نسبت داده شده است (Mousavi Talab and Habibi Asl, 2014)؛ بنابراین می‌توان افزایش عملکرد دانه آفتابگردان را در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک به این دلیل نسبت داد که خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک موجب کاهش تراکم خاک، بهبود شرایط تهویه‌ای خاک و نفوذ بهتر ریشه به اعماق خاک می‌شود که با افزایش جذب آب و عناصر در این شرایط توسط ریشه، رشد رویشی گیاه و در نهایت عملکرد دانه بهبود می‌یابد (Nouraein *et al*., 2019).

کاربرد کود دامی سبب بهبود ساختار خاک، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب، تهویه و زهکشی مناسب، حاصلخیزی و افزایش ماده آلی خاک، آزادسازی و فراهمی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شده و تأثیر مثبت بر محرک‌های رشدی مثل اکسین داشته است (Ahmad and Jabeen, 2009; Ahmadi *et al*., 2012) که در نتیجه محتوی کلروفیل و میزان فتوسنتز را افزایش داده و نهایتاً موجب افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شده است. علاوه بر این کود دامی از طریق جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن، افزایش فعالیت زیستی و بهبود ساختمان خاک می‌تواند موجب افزایش عملکرد شود (Roesty *et al*., 2006). گزارش شده است که مصرف کود دامی و نیز ترکیب آن با کود شیمیایی باعث حاصلخیزی خاک، بهبود جذب عناصر و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در ذرت شده است (Majidian *et al*., 2008). کاربرد کودهای آلی باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه آفتابگردان شد (Ahmad and Jabeen, 2009). کاربرد کود گاوی ۳۰ و ۴۵ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شد (Ahmadi *et al*., 2012). هم‌چنین میزان نیتروژن موجود در دی‌آمونیوم فسفات باعث افزایش دوره رشد رویشی و سبزمانی گیاه شده که این به نوبه خود موجب افزایش میزان فتوسنتز و مواد فتوسنتزی و در نهایت عملکرد دانه می‌شود. گزارش شده است کاربرد سطوح مختلف دی‌آمونیوم فسفات در مراحل مختلف رشد، عملکرد دانه آفتابگردان را افزایش داد (Hassani *et al*., 2012)

نتیجه‌گیری کلی

در کل، کاربرد کود دامی ۲۵ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک منجر به افزایش ۱۴/۲ و ۸۴/۸ درصدی به ترتیب در وزن هزار دانه و عملکرد دانه آفتابگردان در مقایسه با عدم مصرف کود در شرایط خاک‌ورزی متداول شد. بیش‌ترین رطوبت حجمی خاک مربوط به کاربرد کود دی‌آمونیوم فسفات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با دیسک بود. با این‌حال، با در نظر گرفتن حفظ ساختمان خاک، رطوبت و حاصلخیزی خاک و نیز کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، تیمار کود دامی ۵۰ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با دیسک نسبت به سایر تیمارها برتری داشت زیرا باعث افزایش وزن هزار دانه (۱۰/۴ درصد) و رطوبت حجمی خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر (۱۲۱ درصد) شد و از طریق افزایش این صفات منجر به بهبود عملکرد دانه (۴۷/۷ درصد) شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در آفتابگردان می‌تواند از طریق بهبود شرایط خاک (کاهش خاک‌ورزی به ویژه دیسک و کوددهی مناسب از نوع کود دام ۵۰ تن در هکتار) و به وسیله افزایش رطوبت حجمی خاک و افزایش قدرت مخزن (وزن هزار دانه) افزایش یلبد. از این‌رو، کاربرد کود دامی ۵۰ تن در هکتار در شرایط خاک‌ورزی با دیسک برای افزایش عملکرد دانه و بهبود ویژگی‌های خاک توصیه می‌گردد.

References

Adeleke, B.S. and Babalola, O.O., 2020. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science Nutrition, 8*(9), pp.4666-4684. **doi: 10.1002/fsn3.1783**

Ahmadi, S.h., Hassanzadeh Ghort Tappeh, A. and Aghaei Okhchelar, R., 2013. Application of cattle manure on quantitative and qualitative traits in hybrid sunflower cultivars in Urmia region. *Journal of Crop Production*

and Processing, *2*(6), pp.1-8. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.1.1**

Ahmad, R. and Jabeen, N., 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*, *41*(3), pp.1373-1384.

Akbari, P., Ghalavand, A. Modarres Sanavy, S.A.M. and Agha Alikhani, M., 2011. The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Technology, 7*(1), pp.173-184.

Arriaga, F.J., Guzman, J. and Lowery, B., 2017. Conventional agricultural production systems and soil functions. In: Al-Kaisim, M.M., Lowery, B. (Eds.), Soil Health and Intensification of Agroecosytems. Academic Press, Cambridge, pp. 109-125.

Asghari Meidani, J., Karimi, E. and Pormohammad A.R., 2013. Effects of different tillage and cultivation practices on soil moisture and safflower yield in rotation with wheat in rainfed regions. *Quarterly Water and Soil Science*, *23*(1), pp.237-245. [In Persian].

Blake, H., 1995. Methods of soil Analysis, Part II, Physical Properties. Agronomy Handbook No 9, Page, A.L. (Ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp 364.

Copec, K., Filipovic, D., Husnjak, S., Kovacev, I. and Kosutic, S., 2015. Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. *Plant, Soil and Environment, 61*(5), pp.213-219. **doi: 10.17221/156/2015-pse**

Danielson, R.E. and Sutherland, P.L., 1986. Porosity ; in :Klut. A. Method of soil analysis,part 1-Phisical and mineralogical method .part one. American Society of Agronomy, INC. Soil Science Society of America, INC. Madison Wisconsin USA. pp. 377-381.

Elemike, E.E., Uzoh, I.M., Onwudiwe, D.C. and Babalola, O.O., 2019. The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *Applied Sciences, 9*(3), 499. **doi: 10.3390/app9030499**

Fallah, S., Ghalavand, A. and Khajehpour, M.R., 2007. Effects of animal manure incorporation methods and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. *Journal of Crop Production and Processing*, *11*(40), pp.233-242. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.22518517.1386.11.40.19.4**

Fuentes, M., Govaerts, B., De Leon, F., Hidalgo, C., Dendooven, L., Sayre, K.D. and Etchevers, J., 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy*, *30*(3), pp.228-237. **doi: 10.1016/j.eja.2008.10.005**

Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A. and Fanaie, H., 2017. The effect of tillage systems and different sources of fertilizer on corn yield and soil nutrients. *Journal of Hydrology and Soil Science*, *21*(3), pp.97-108. [In Persian]. **doi: 10.29252/jstnar.21.3.97**

Guo, L., Wu, G., Li, Y., Li, C., Liu, W., Meng, J., Liu, H., Yu, X. and Jiang, H., 2016. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a

wheat–maize rotation system in Eastern China. *Soil and Tillage Research, 156*, pp.140-147. **doi: 10.1016/j.still.2015.10.010**

Hassani, S.h., Narimani, F. and Akbari, N.**,** 2012. The effect of different levels of diamonium phosphate fertilizer on different stages of sunflower plant growth in Khorramabad. *Journal of Applied Crop Research, 25*, pp.67-72. [In Persian].

Hemke, P.H. and Spark, D.L., 1996. Potassium. In D. L. Sparks, et al. (Eds.), Method of soil analysis (pp. 551-574). Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, Inc. *American Society of Agronomy*, Inc.

Houshyar, E. and Esmailpour, M., 2020. The impacts of tillage, fertilizer and residue managements on the soil properties and wheat production in a semi-arid region of Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(3), pp.225-232. **doi: 10.1016/j.jssas.2018.10.001**

Jaradat, A.A., 2016. Breeding oilseed crops for climate change. In: *Breeding oilseed crops for sustainable production*. Academic Press, pp. 421-472.

Kiafar, R., Akbazadeh, M. and Khommami, A.M., 2013. Investigation of the effect of some organic fertilizers on the oil of lemon verbena (*Lippia citriodora* L.) and its antibacterial effects. *International Journal of Farming and Allied Science*, *2*(20), pp.866-871.

Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society American Journal*, 42, pp.421-428.

Majidian, M., Qalavand, A., Karimian, N. and Kamgar Haghighi, A.A., 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. *Crop Production (Electronic Journal of Crop Production), 1*(2), pp.67-85. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.2008739.1387.1.2.5.8**

Malhi, S.S., Lemke, R.L., Wang, Z., Farrell, R. and Chhabra, B.S., 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. *Soil Tillage Research*, *90*(1), pp.171-183. **doi:10.1016/j.still.2005.09.001**

Marshall, T.J., Holmes, J.W. and Rose, C.W., 1999. Soil Physics (3 ed.). Syndicate of University of Combridge.

Mousavi Talab, S.F. and Habibi Asl, J., 2014. Investigation of the effect of different tillage methods on yield and water consumption in wheat cultivation in Khuzestan region. *Journal of Agriculture (Research and Construction), 103*, pp.55-60. [In Persian]. **doi:10.22092/aj.2014.101205**

Nargesi Alaspour, N., Akhsari, D. and Fatahi, B., 2017. Interaction zeolite and compost on soil characteristics and performance of Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *4*(9), pp.151-164. [In Persian].

Nouraein, M., Skataric, G., Spalevic, V., Dudic, B. and Gregus, M., 2019. Short-term effects of tillage intensity and fertilization on sunflower yield, achene quality, and soil physicochemical properties under semi-arid conditions. *Applied Sciences*, *9*(24), pp.5482. **doi:10.3390/app9245482**

O'Brien, P.L. and Daigh, A.L.M., 2019. Tillage practices alter the surface energy balance – A review. *Soil and Tillage Research*, *195*, pp.104354. **doi:10.1016/j.still.2019.104354**

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by

extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture*, Washington, DC.

Puget, P. and Lal, R., 2005. Soil organic carbon and nitrogen in aMollisoil in central Ohioas affected by tillage and land use. *Soil Tillage Research*, *80*, pp.201-213. **doi:10.1016/j.still.2004.03.018**

Rabi, G.R., Li, H., He, J., Wang, Q. and Lu, C., 2011. Influence of no tillage controlled traffic system on soil physical properties in double cropping area of North China plain. *African Journal Biotechnology*, *11*(4), pp.856-864. **doi:10.5897/ajb11.2221**

Rezaenejad, Y. and Afyuni, M., 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties and corn yield and elemental uptake. *Journal of Water and Soil Science*, *4*(4), pp.19-29. [In Persian].

Roesty, D., Gaur, R. and Johri, B.N., 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Journal of Plant Science*, *38*, pp.1111-1120. **doi: 10.1016/j.soilbio.2005.09.010**

Roozbeh, M. and Pooskani, M.A., 2003. The effect of different tillage methods on wheat yield when in rotation with corn. *Iranian Journal Agricultural Science*, *34*(1), pp.29-38. [In Persian].

Roscoe, R. and Buurman, P., 2003. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of cerrado oxisol. *Soil Tillage Research*, *70*, pp.107-119.

Safahani Langeroodi A.R., 2015. Sunflower and soil response to seven years of tillage, residue management and nitrogen fertilizer. *Turkish Journal of Field Crops*, *20*(2), pp.194-202. **doi:10.17557/tjfc.36906**

Seddaiu, G., Iocola, I., Farina, R., Orsinid, R., Iezzid, G. and Roggero, P.P., 2016. Long term effects of tillage practices and N fertilization in rainfed Mediterranean cropping systems: Durum wheat, sunflower and maize grain yield. *European Journal of Agronomy*, *77*, pp.166-178. **doi: 10.1016/j.eja.2016.02.008**

Sepide dam, S. and Ramroudi, M., 2016. Effects of tillage systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components and seed protein of wheat. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, *2*(2), pp.33-46. [In Persian].

Sessiz, A., Sogut, T., Alp, A. and Esgici, R., 2008. Tillage effects on sunflower (*Helianthus annuus* L.) emergence, yield, quality, and fuel consumption in double cropping system. *Journal of Central European Agriculture*, *9*(4), pp.697-710.

Shamabadi, Z.A., 2013. Effect of conservation tillage on soil moisture retention and yield of oil sunflower in rainfed conditions. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, *23*(4), pp.1-8. [In Persian].

Shirazi, M.P., Samavat, S., Zolfi Bavariani, M., Fakhri, F. and Moradi, G.H., 2012. Effects of organic matter from different sources on soil physico-chemical properties and crop yield in Boushehr province. *Iranian Journal of Soil Research*, *25*(4), pp.285-293. [In Persian]. **doi:10.22092/ijsr.2012.126493**

Strudley, M.W., Green, T.R. and Ascough II, J.C., 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Tillage Research*, *99*, pp.4-48. **doi:10.1016/j.still.2008.01.007**

Tesfahunegn, G.B., 2019. Soil moisture response to short-term inorganic fertilization on Tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) crop varieties in northern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019, pp.5212309. **doi:**

10.1155/2019/5212309

Thavaprakash, N., Senthilkumar, G., Sivakumar, S.D. and Raju, M., 2003. Photosynthetic attributes and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by different levels and ratios of nitrogen and phosphorus fertilizers. *Acta Agronomica Hungarica, 51*, pp.149-155.

Usman, K., Ud Din, S., Ullah, I., Ghulam, S., Imam Malik, M.W. and Saad, M., 2020. Response of sunflower to sulfur rate and time of application under two tillage systems in a silty clay soil of Dera Ismail Khan Pakistan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *51*(11), pp.1423-1433. **doi: 10.1080/00103624.2020.1763390**

Veiga, M., Horn, R., Reinert, D.J. and Reichert, J.M., 2007. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. *Soil Tillage Research, 92*, pp.104-113.

Wang, B., Liu, W. and Xue, Q., 2013. Soil water cycle and crop water use efficiency after long-term nitrogen fertilization in loess plateau. *Plant, Soil and Environment*, *59*(1), pp.1-7. **doi:10.17221/207/2012-pse**

Wasaya, A., Tahir, M., Ali, H., Hussain, M., Yasir, T.A., Sher, A., Ijaza, M. and sattar, A., 2017. Influence of varying tillage systems and nitrogen application on crop allometry, chlorophyll contents, biomass production and net returns of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research, 170*, pp.18-26. **DOI:10.1016/j.still.2017.02.006**

Zhang, H. and Schroder, J., 2014. Animal manure production and utilization in the US. In: He Z., Zhang H. (eds) Applied manure and nutrient chemistry for sustainable agriculture and environment. *Springer*, Dordrecht.

Zhou, Y., Zhao, W., Lai, Y., Zhang, B. and Zhang, D., 2020. Edible plant oil: Global status, health issues, and perspectives. *Frontiers in Plant Science, 11*, pp.1315. **doi: 10.3389/fpls.2020.01315**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 1, Spring 2024, P. 85-105

Evaluation of sunflower seed yield and soil properties under the influence of chemical and manure fertilizers and different tillage methods

Siavash Aryafar[1*], Alireza Sirousmehr[2], Isa Khammari[2], Seyed Ahmad Ghanbari[2], Esmaeel Seyedabadi[2]

[1] PhD Graduate, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[*]Corresponding Author: asirousmehr@uoz.ac.ir

Received: 14 November 2021 Accepted: 10 December 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.315029.1155**

Abstract

Introduction: Conventional agriculture is based on two related objectives, namely, to maximize both production and income. Soil as a culture medium and reservoir of mineral elements is the most important factor in plant production. Therefore, tillage operations with a positive effect on biological, physical and chemical properties of soil can have a positive effect on crop production. Conservation tillage saves production time and costs, reduces labor demand, increases production against less input, protects soil and water, reduces erosion, improves soil structure and preserves more organic matter by preserving more crop residues. Proper nutrition of the plant using livestock and chemical fertilizers to increase the quantity and quality of crops is very important. Combined use of chemical and livestock fertilizers could reduce the toxic effects of sodium and chlorine in saline soils. In addition to increasing yield, increase the absorption efficiency of nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of different tillage systems and the combination of chemical and livestock fertilizers on some properties of sunflower, an experiment was conducted in the form of split plots with a randomized complete block design in three replications at the research farm of University of Zabol in 2019-2020. The main factor of tillage methods included moldboard plow + disc, chisel plow + disc, and disc. Sub-factor of fertilizer levels included non-fertilizer, 100 kg/ha diamonium phosphate, 25 tons/ha manure + 100 kg/ha diamonium phosphate, 50 tons/ha manure + 100 kg/ha diamonium phosphate, 25 tons/ha manure, 50 tons/ha manure. The specifications of the tools used in this research are: Reversible plow with three mounting miners of working type with a working width of 90 cm and a working depth of 30 cm, 9-row gas-claw without spring with mounting type of working width 2 Meters and working depth 20 cm, mounted tandem disk with 14 congressional edge plates in the first row and 12 flat edge plates in the second row with a working width of 3 meters and a working depth of 15 cm. Before starting the experiment, in order to evaluate the physical and chemical properties of the soil of the test site, a number of random soil samples from the depth of 0 to 30 cm were prepared and combined and sent to the soil analysis laboratory of the Faculty of Water and Soil, University of Zabol. Soil properties were transferred.

Results and Discussion: The results showed that the highest amount was obtained with the application of 100 kg/ha diamonium phosphate in tillage conditions with chisel plow + disc for soil porosity at a depth of 20 cm (82%), with the application of 50 tons/ha manure in tillage conditions with chisel plow + disc for soil porosity at a depth of 40 cm (86.8%), and with the application of 25 tons/ha manure in tillage conditions with moldboard plow + disc for 1000-seed weight (14.2%) and seed yield (84.8%). and grain yield in sunflower can be increased by improving soil conditions (reducing tillage, especially disc and suitable fertilizer of 50 tons per hectare) and by increasing soil moisture and increasing reservoir strength (1000-seed weight) .

Conclusion: According to our finding In this regard, if the reduction of chemical inputs is considered, the application of 25 tons of manure per hectare in disc tillage conditions is recommended to increase crop residues in the soil surface, reduce runoff and maintain soil moisture. Also, in order to increase

grain yield and 1000-seed weight, the use of 25 tons of manure per hectare in conventional farming can be recommended.
Conclusion: The application of phosphate fertilizer significantly increased the absorption of elements. The application of biofertilizer also significantly increased the concentration of nitrogen, potassium, and phosphorus in bean plants. In general, the results of this study showed that the use of biofertilizer and phosphate fertilizer could reduce the adverse effects of drought stress on bean plants and increase the absorption of elements in bean organs.

Keywords: Organic fertilizer, Plowing, Porosity, Seed thousand weight, Soil structure