نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۳، ص ۳۵۹-۳۵۲

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 4, No. 2, Fall - Winter 2014, p. 352-359

اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر برگردان کردن بقایای گیاهی ذرت دانه‌ای و عملکرد کلزا در مغان

جبرائیل تقی نژاد[1*] - ارژنگ جوادی[2]

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی در جاکشت ذرت دانه‌ای بر عملکرد کلزا (هایولا۴۰۱) به‌عنوان کشت پاییزه، آزمایشی در اراضی منطقه مغان با خاک رسی طی سال‌های ۹۱-۸۸ در مغان انجام شد. شیوه تهیه بستر بذر شامل؛ MT: خاک‌ورز برگرداندار و دیسک (روش مرسوم)، SCT: ساقه خردکن، خاک‌ورز قلمی و دیسک، STT: ساقه خردکن و دو بار دیسک، CT: خاک‌ورز قلمی و دیسک و DD: دو بار دیسک سنگین، با به‌کارگیری طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و پنج تیمار ارزیابی شد. پارامترهای اندازه‌گیری شامل جرم مخصوص ظاهری خاک، مقاومت نفوذی خاک، قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD)، درصد رطوبت وزنی، درصد سبز، درصد استقرار بوته، درصد برگردان بقایای گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه بود. نتایج نشان داد جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه ۱۰- ۰ سانتی‌متر تحت تأثیر تیمارهای خاک ورزی قرار نگرفت ولی در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متر تیمار SCT و MT به‌ترتیب با ۱/۲۲ gr cm^{-3} و ۱/۲۱ gr cm^{-3} تواماً در یک سطح آماری کمترین و تیمار DD با ۱/۲۷ gr cm^{-3} بیشترین مقدار این شاخص را داشته است. میانگین مقاومت نفوذی خاک در عمق ۳۰-۱۰ سانتی‌متر در تیمار DD به‌طور معنی‌داری بیشتر از بقیه تیمارها بوده ولی در لایه ۱۰- ۰ سانتی‌متر معنی‌دار نبود. همچنین نتایج نشان می‌دهد درصد برگردان بقایای گیاهی و قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD) در روش‌های مختلف خاک‌ورزی معنی‌دار بود و تیمار MT با ۸۸٪ بیشترین و تیمار DD با ۵۶٪ کمترین برگردان بقایا را نسبت به تیمارهای دیگر داشته است. متوسط قطر وزنی کلوخه‌ها در تیمارهای SCT و DD به‌ترتیب با مقادیر ۱/۱۹ و ۱/۲۴ سانتی‌متر حداقل این شاخص را در بهترین وضعیت داشته و تیمار MT با میانگین ۱/۹۲ سانتی‌متر بیشترین و بدترین وضعیت پودرشدگی خاک را داشته است. بنابراین نتایج نشان داد شیوه برگردان کردن بقایای گیاهی ذرت بر عملکرد کلزا معنی‌دار بود و تیمار SCT با میانگین عملکرد ۲۵۶۳/۸ kg ha^{-1} نسبت به دیگر تیمارها برتری داشته و به‌عنوان شیوه تهیه بستر بذر کلزای پاییزه پس از برداشت ذرت در منطقه می‌توان پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: بقایای ذرت، عملکرد کلزا، کم خاک‌ورزی، مقاومت نفوذی خاک

مقدمه

سیستم خاک‌ورزی مرسوم معایب متعددی دارد از جمله به صرف وقت و هزینه زیاد نیاز داشته و می‌تواند موجب کاهش ذخیره رطوبتی خاک، افزایش فرسایش خاک، مستهلک شدن سریع ماشین‌های کشاورزی و کاهش قابلیت کشت‌پذیری خاک زراعی در طولانی مدت شود. امروزه در نظام‌های خاک‌ورزی جدید که خاک‌ورزی حفاظتی نامیده می‌شود بقایای محصولات کشاورزی در سطح خاک نگهداری می‌شود. در خاک‌ورزی حفاظتی تکنیک‌هایی از قبیل نگهداری بقایای گیاهی در سطح مزرعه، کم‌خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی، تناوب زراعی، کودسبز، کنترل تردد ماشین‌های کشاورزی در سطح مزرعه و استفاده از پشته‌های عریض به‌کار برده می‌شود (Moore *et al*., 2000). کلزا غالباً با خطی‌کارها کشت می‌شود. از طرفی بقایای محصول قبلی که معمولاً یک غله با ۳ تا ۱۰ تن در هکتار کاه و کلش می‌باشد ممکن است در استقرار کلزا اختلال ایجاد کند. مدفون‌کردن کامل بقایا از طریق خاک‌ورزی آسان نیست بنابراین با خردکردن آن‌ها می‌توان به تماس دانه کلزا در خاک و استقرار بوته‌های آن کمک کرد. نتایج تحقیقات باورمن (۱۹۹۱) در بریتانیا نشان داد که اگر شرایط هوا مناسب باشد می‌توان کلزا را در کلش محصول گندم بلافاصله بعد از برداشت از طریق پراکندن بذور کشت کرد.

همت (۲۰۰۹) در تحقیقی در بررسی اثر کاهش عمق خاک‌ورزی اولیه و شدت خاک‌ورزی ثانویه بر تولید کلزای آبی در یک خاک لومی در اصفهان نشان دادند که یک بار عبور رتیواتور تقریباً به اندازه ۴ بار عبور با گاوآهن بشقابی در تهیه بستر بذر کلزا مؤثر بوده و تعداد بوته در واحد سطح در زمان سبز کامل و در زمان برداشت برای هر دو روش تهیه بستر بذر از نظر آماری مشابه بود. اثر تیمارهای خاک‌ورزی

۱- محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)
(*- نویسنده مسئول: (Email: J.Taghinazhad@yahoo.com
۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

بر عملکرد معنی‌دار نبوده و نتایج کلی این‌که عملکرد کلزای پاییزه آبی به کاهش عمق و شدت خاک‌ورزی حساس نبود و با تیمار کم خاک‌ورزی نیز می‌توان تعداد بوته بهینه در واحد سطح را به‌دست آورد و روش بی‌برگردان‌ورزی به عمق ۱۰ سانتی‌متر همراه با یک بار عبور رتیواتور ممکن است به‌علت عملکرد دانه بیش‌تر و کاهش عمق شخم مطلوب‌تر از بقیه نظام‌های خاک‌ورزی (برگرداندار و کولتیواتور ساقه صلب) از نظر زراعی و حفاظت خاک باشد. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی اثرات خاک‌ورزی و تاریخ کشت بر عملکرد، مقدار روغن کلزا و برخی خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک نشان دادند روش‌های خاک‌ورزی و تاریخ کشت اثر معنی‌داری بر عملکرد و مقدار روغن و تعداد کرم خاکی داشته است. گرچه نتایج بیانگر این بود که خاک‌ورزی مرسوم بیش‌ترین عملکرد را داشته است با این حال به‌نظر می‌رسد کاشت کلزا در اوایل پاییز تحت کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی پایداری زراعی بیش‌تری داشته است. در تحقیقی با بررسی اثرات خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی در خاک شنی روی محصول کلزا نشان دادند شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک بعد از اعمال تیمارها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در خاک‌ورزی مرسوم کمتر از کم‌خاک ورزی بوده است همچنین تیمارها از نظر عملکرد ماده خشک و دانه اختلاف معنی‌داری نداشته، منتهی از لحاظ انجام به موقع عملیات تیمار کم‌خاک‌ورزی موجب کاهش تلفات زمانی (با میانگین ۵۵٪)، مصرف سوخت، انرژی و هزینه‌ها در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم گردید (Bonari *et al*., 1995). تحقیقاتی در مناطق نیمه خشک اسپانیا نشان داد کم‌خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل می‌تواند جایگزین خوبی برای خاک‌ورزی مرسوم (برگرداندار و دیسک) در کشت غلات باشد که این روش باعث افزایش مواد آلی خاک و بهبود حاصل‌خیزی خاک گردید (Lopez *et al*., 1997). همچنین پژوهشگرانی طی تحقیقی به این نتیجه رسیدند که اجرای عملیات بدون خاک‌ورزی در مدت طولانی باعث تجمع کربن آلی، مواد غذایی و آنزیم‌های خاک در سطح خاک می‌گردد و از مقدار آن در عمق بیش‌تر از ۲۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد و نفوذپذیری آب در خاک افزایش می‌یابد (Dike *et al*., 1991). رزاقی و همکاران (۲۰۰۷) میزان مصرف انرژی (مستقیم و غیر مستقیم)، نیروی انسانی و کل انرژی در دو نوع زمین با و بدون بقایای گیاهی جهت سه روش خاک‌ورزی اولیه و تهیه بستر بذر را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. تیمارها عبارت بودند از گاو آهن برگرداندار و دوبار دیسک سنگین- گاوآهن قلمی و دوبار دیسک سنگین و تنها دوبار دیسک سنگین. نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری از نظر مصرف انرژی بین تیمارها بود ولی اثر بقایا بر مصرف انرژی معنی‌دار نبود. بنابراین هدف از این تحقیق ارزیابی اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر برگردان‌کردن بقایای گیاهی در جاکشت ذرت دانه‌ای و خواص فیزیکی خاک، درصد سبز و استقرار بوته و عملکرد کلزا در منطقه مغان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از مهر سال ۱۳۸۸ تا خرداد ۱۳۹۱ در مدت سه سال زراعی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی استان اردبیل (مغان) با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۸۸ دقیقه و در ارتفاع ۷۸ متری سطح دریا اجرا شد. براساس آمار ایستگاه هواشناسی کشاورزی مغان متوسط بارندگی طبق آمار ۲۵ ساله پارس آباد ۳۳۲ میلی‌متر گزارش شده است. از نظر خاک‌شناسی، خاک‌های دشت مغان بیشتر از نوع خاک رس می‌باشد (جدول۱).

این تحقیق پس از برداشت مزرعه تکثیری ذرت دانه‌ای که بقایای ذرت جا مانده بود برای کشت پاییزه کلزا با استفاده از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل MT: خاک‌ورز برگرداندار (۲۰- ۲۵ سانتی‌متر) و دیسک (روش مرسوم)، SCT: ساقه خردکن، خاک‌ورز قلمی و دیسک، STT: ساقه خردکن و دو بار دیسک، CT: خاک‌ورز قلمی و دیسک و DD: دو بار دیسک سنگین بود. مشخصات فنی ادوات مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of the soil

عمق Depth (cm)	اسیدیته گل اشباع (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dsm)	درصد کربن آلی OC (%)	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sandy (%)	بافت Texture
0-27	7.4	1.0	0.98	61	29	10	رسی Clay
27-70	8.2	1.3	0.37	63	27	10	رسی Clay

جدول ۲- مشخصات فنی ادوات مورد استفاده

Table 2-Technical specificity of equipment used

نام دستگاه Equipment	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	عرض کار (متر) Width (m)	مشخصات Description
خاک‌ورز برگرداندار Moldboard plow	425	1.2	سوار شونده، چهار خیش، عرض هر خیش ۳۰ سانتی‌متر Mounted, four bottom, work width 30 cm
خاک‌ورز قلمی Chisel plow	480	1.8	سوار شونده، تعداد شاخه‌ها ۵، فاصله شاخه‌ها ۴۰ سانتی‌متر Mounted, five stem, long work 40 cm
ساقه خردکن Stem Crusher	1014	3.0	سوار شونده، دارای ۳۲ تیغه، تیغه‌ها از نوع عمودی، دارای ۱ غلطک Mounted, 32 share, vertical shares, one roller
دیسک سنگین افست Disk harrow offset	2500	3.2	کششی چرخدار، ۲۸ پره، بشقاب‌های گروه جلو کنگره‌ای Harrow pull, 28 blade, front cultured
دیسک معمولی (تاندوم) Tandom disk harrow	630	2.5	کششی چرخدار، ۲۸ پره، بشقاب‌های گروه جلو کنگره‌ای Harrow pull, 28 blade, front cultured
خطی‌کار Drill (agromaster)	1200	4.0	سوارشونده، تعداد ردیف‌های کشت ۳۵، فاصله ردیف cm ۳، شیار بازکن کفشی باریک، پوشاننده فنری Mounted, number row 35, narrow runner opener, spring cover

پس از برداشت ذرت دانه‌ای قطعات زمین با طول و عرض هر کرت به‌ترتیب ۲۰ و ۵ متر با فاصله ۴ متر از هم در هر بلوک انتخاب گردید، طبق نتایج آزمون خاک تمامی کود فسفره (۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم درهکتار)، یک سوم کود نیتروژنه (۱۰۰ کیلوگرم اوره درهکتار) و علف‌کش پیش رویش (ترفلان ۳ لیتر در هکتار) به خاک اضافه شد و میزان بقایای گیاهی باقی‌مانده در سطح خاک (کادر ۱× ۱ مترمربع) قبل و بعد از اعمال تیمارها توزین گردید و قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها تعیین شد. نرخ بذرکاری ۸ کیلوگرم در هکتار، رقم متداول کلزا (هایولا ۴۰۱) و با استفاده از خطی‌کار اگرومستر[1] در عمق ۳-۲ سانتی‌متر در اواخر مهر ماه کشت گردید. پس از کاشت و اولین آبیاری نیز شاخص مخروطی، جرم مخصوص ظاهری، درصد رطوبت وزنی، درصد سبز و در اسفند ماه درصد استقرار بوته کلزا تعیین گردید. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام گرفت. پارامترهای مورد اندازه‌گیری در هر یک از تیمارها شامل موارد زیر بود.

قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها

میزان خردشدگی خاک با ادوات خاک‌ورز اولیه و ثانویه پس از پایان عملیات در هر تیمار با جداسازی خاک به کمک غربال تعیین شد، برای نمونه‌گیری از یک قاب به ابعاد ۵۰ ×۵۰ سانتی‌متر و تا عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر و به‌طور تصادفی از هر کرت دو بار انجام گردید. سپس در آزمایشگاه نمونه‌ها الک شده و وزن کلوخه‌های روی هر یک از الک‌های سری (۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۰و ۰)، یاداشت شده و در نهایت با میانگین دو به دو الک‌ها با استفاده از رابطه (۱) قطر متوسط وزنی کلوخه محاسبه شد (smith *et al.*, 1994).

$$MWD=\sum_{i=1}^{n}\frac{w_i}{w}\times Di \qquad (۱)$$

Wi: وزن خاک خردشده بر روی غربال i ام (kg)

W: وزن کل خاک خردشده در هر نمونه‌گیری (kg)

Di: قطر متوسط شبکه غربال مورد نظر (cm)

میزان بقایای گیاهی

برای تعیین درصد بقایای گیاهی مدفون شده و برجای مانده برسطح خاک پس از شخم و بعد از اجرای عملیات خاک‌ورزی در دو نقطه تصادفی از هر کرت بقایای گیاهی موجود در یک سطح (۱×۱) مترمربعی جمع‌آوری و توزین شد و سپس با استفاده رابطه (۲) درصد برگردانده شدن بقایای گیاهی محاسبه گردید.

$$RS=\frac{Wa-Wb}{Wa}\times 100 \qquad (۲)$$

RS: درصد برگردانده شدن بقایای گیاهی

Wa: وزن خشک علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود قبل از اجرای عملیات (kg)

Wb: وزن خشک علف‌های هرز و بقایای گیاهی موجود بعد از اجرای عملیات (kg)

مقاومت نفوذی خاک

برای اندازه‌گیری مقاومت نفوذی خاک از پنترومتر با زاویه قطر قاعده ۶۰ درجه استفاده شد. به‌منظور بررسی تغییرات این پارامتر در تیمارهای مختلف بعد از اولین آبیاری از هر پلات ۵ نفوذ تا عمق ۴۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و اعداد قرائت شده تا عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متر به

1- Agromaster

صورت ۱۰ سانتی‌متر میانگین‌گیری و نسبت به شاهد منطقه مقایسه شد.

جرم مخصوص ظاهری خاک

به‌منظور بررسی تأثیر تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک بعد از اولین آبیاری از اعماق۱۰- ۰ و ۲۰- ۱۰ سانتی‌متر و در ۲ نقطه از تیمارها با استفاده از روش استوانه نمونه‌برداری تعیین شد سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در گرم‌خانه خشک کرده و با استفاده از رابطه (۳) جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد.

$$\rho=\frac{M}{V}=\frac{4M}{\pi D^2 L} \quad (۳)$$

ρ: جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr\ cm^{-3}$)
M: جرم نمونه خاک خشک (gr)
D: قطر داخلی استوانه نمونه‌گیری (cm)
L: ارتفاع استوانه نمونه‌گیری (cm)
V: حجم استوانه نمونه‌گیری (cm^3)

درصد سبز مشاهده‌ای، استقرار گیاه و پوشش‌گیاهی

برای اندازه‌گیری درصد سبز حدود یک ماه پس از کاشت تعداد بوته‌های سبز شده در دو ردیف کاشت به طول یک متر شمارش و درصد بوته‌های سبز شده برآورد گردید. پس از دوره سرما (زمستان گذرانی) تعداد بوته‌های مستقر شده تخمین و درصد استقرار بوته کلزا در واحد سطح و نهایتاً در اواخر رشد رویشی میزان پوشش گیاهی مشخص گردید.

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر

همزمان با شروع کار تراکتور در هر کرت آزمایشی برای هر یک از ادوات، زمان کل با زمان‌سنج اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه (۴) ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر هر یک از ادوات محاسبه شد (Rozbeh and Logavi, 2007).

$$FCe=\frac{A}{Tt} \quad (۴)$$

A: سطح کار شده برحسب هکتار
Tt: زمان کل صرف شده برحسب ساعت
FCe: ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برحسب هکتار در ساعت

نتایج و بحث

متوسط قطر وزنی کلوخه‌ها

عوامل اندازه‌گیری شده مربوط به عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه پس از پایان عملیات در هر تیمار و میزان رطوبت ۱۲/۸ درصد نشان داد، قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (MWD)، حاصل از کاربرد گاوآهن برگرداندار، قلمی و ادوات مختلف خاک‌ورزی ثانویه تفاوت معنی‌داری داشته است (جدول۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در عمق شخم (۱۵- ۰سانتی‌متر) تیمارهای SCT و DD به‌ترتیب با مقادیر ۱/۱۹ و۱/۲۴ سانتی‌متر کمترین و تیمار MT با ۱/۹۲ سانتی‌متر بیش‌ترین میزان این شاخص را داشت (جدول ۴). نتایج فوق با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Eivani, 2007; Ulger *et al*., 1995). همچنین گزارش شده است مناسب‌ترین بستر بذر زمانی به‌دست می‌آید که ۵۰ درصد مجموع وزنی خاک در محدوده ۵- ۶ میلی‌متر باشد. این مطابقت وقتی حاصل می‌شود که میانگین قطر وزنی کلوخه‌ها (MWD) حدود ۱۲ میلی‌متر باشد (Berntsen and Berre, 2000). همچنین نتایج نشان می‌دهد متوسط قطر وزنی کلوخه‌ها در اثر کاربرد گاوآهن چیزل (تیمارSCT) به‌میزان ۳۸ درصد کمتر از وقتی است که شخم با گاوهن برگرداندار (تیمار MT) پس از پایان عملیات در تیمارها انجام شده بود (جدول۴).

جرم مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذی خاک

نتایج نشان داد پس از پایان عملیات خاک‌ورزی در هر تیمار شاخص جرم مخصوص ظاهری در لایه ۱۰- ۰ سانتی‌متر معنی‌دار نبود که احتمالاً انجام عملیات زراعی مشابه را می‌توان علت آن بیان کرد. ولی در لایه ۲۰- ۰ سانتی‌متر از لحاظ آماری معنی‌داری بود (جدول ۳).

تیمارهای SCT و MT به‌ترتیب با ۱/۲۲ $gr\ cm^{-3}$ و ۱/۲۱ $gr\ cm^{-3}$ تواماً در یک سطح آماری کم‌ترین و تیمار DD با ۱/۲۷ $gr\ cm^{-3}$ بیش‌ترین مقدار این شاخص را داشته است (جدول۴). همچنین نتایج مشابهی توسط محققین برای جرم مخصوص ظاهری خاک در استفاده از گاوآهن‌های برگرداندار و چیزل گزارش شده است (Benjamin and Cruse, 1987; Comia *et al*., 1994).

شاخص مقاومت نفوذی خاک از نظر آماری در عمق ۱۰- ۰ سانتی‌متر معنی‌دار نبود ولی در لایه ۲۰- ۱۰و ۳۰- ۲۰ سانتی‌متر برای تیمارهای مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول۳). تیمار MT (خاک‌ورز برگرداندار و دیسک) با تیمارهای دیگر متفاوت بوده و عملکرد بهتری در کاهش شاخص مخروط خاک در عمق ۳۰- ۱۰ سانتی‌متر داشته است. عدم وجود اختلاف معنی‌دار این شاخص در عمق ۱۰- ۰ سانتی‌متر احتمالاً به‌علت اعمال دیسک در این عمق به تمامی تیمارهای خاک‌ورزی بوده است (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس مرکب سه ساله نشان می‌دهد تأثیر سال برای این شاخص‌ها محسوس نبوده و فقط در لایه ۳۰- ۱۰ سانتی‌متر از لحاظ شاخص مقاومت نفوذی خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود که احتمالاً این تفاوت ناشی از اثر نرخ رطوبتی در زمان اندازه‌گیری باشد (جدول‌های ۳ و۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر نظام‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی ذرت دانه‌ای بر عملکرد و پارامترهای مؤثر در عملکرد کلزا در سال‌های زراعی ۹۱-۸۸

Table 3- Combined analysis of the effect of tillage systems and corn residues on canola yield and agronomic parameters affecting the yield of canola in 2009-2012

				میانگین مربعات Mean of square						
منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	برگردان بقایای گیاهی Residue conversion (%)	میانگین قطر وزنی کلوخه‌ها MWD (cm)	مقاومت به نفوذ Soil resistance (kPa)			جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr cm^{-3})		ارتفاع Height (cm)	عملکرد Yield (kg ha^{-1})
				0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20cm		
Year (Y)	2	12.71^{ns}	0.124^{ns}	113068.90^{ns}	123302.20*	282481.30*	0.001^{ns}	0.003^{ns}	61.25^{ns}	12119709.40**
Replication /Y (E1)	9	29.21	0.372	8190.69	25552.96	49964.37	0.001	0.000	33.26	1997.07
Treatment (T)	4	1897.83**	6.261**	1924.94^{ns}	95210.93**	255562.70*	0.001^{ns}	0.006**	103.34**	29786.48*
T× Y	8	4.63	0.284	5984.71	29429.25	201119.59	0.000	0.001	35.11	6629.93
Error (E2)	36	22.54	1.110	5869.79	10641.77	57154.29	0.001	0.001	11.26	4021.27
C.V. (%)	-	7.10	12.590	17.47	14.71	20.90	2.050	2.060	3.08	2.54

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

*,** Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively, ^{ns} Non. Significant

محققین در بررسی اثر خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی در خاک شنی روی محصول کلزا نشان دادند شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک بعد از اعمال تیمارها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در خاک‌ورزی مرسوم کمتر از کم‌خاک‌ورزی بوده است (Bonari *et al.*, 1995). همچنین مقایسه نتایج مربوط به مقاومت نفوذی خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک نشان می‌دهد گاوآهن برگرداندار در مقایسه با سایر ادوات خاک‌ورزی مورد استفاده برای سست‌کردن تراکم خاک مؤثر بوده است و این نتایج با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Carter, 1996; Arvidsson, 1998).

میزان بقایای گیاهی

نتایج نشان می‌دهد درصد برگردان بقایای گیاهی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌دار داشته است (جدول۳). تیمار شخم با خاک‌ورز برگرداندار و دیسک (روش مرسوم منطقه) با ۸۸٪ برگردان، بهترین و تیمار دو بار دیسک سنگین با ۵۶٪ برگردان نسبت به تیمارهای دیگر کمترین عملکرد را داشت (جدول۴).

جدول٤- مقایسه میانگین اثر سال و نظام‌های خاک‌ورزی بر خواص فیزیکی خاک در سال‌های زراعی۹۱-۸۸

Table 4- Mean comparison of the effects of tillage systems and crop residues on soil physical properties in 2009-2012

سال زراعی	میانگین قطر وزنی کلوخه‌ها MWD (cm)	مقاومت به نفوذ Cone index (kPa)			جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr cm^{-3})	
Cropping season		0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm
1388-1389	1.33	461.8	791.8a	1126.2b	1.18	1.23
1389-1390	1.41	499.4	651.2b	8035.2a	1.17	1.24
1390-1391	1.43	354.5	661.0b	1270.9b	1.16	1.25
Treatment تیمار						
MT	1.92 a	417.8	635.8b	1039.9b	1.16	1.21c
SCT	1.19 cd	449.6	691.1b	1019.9b	1.18	1.22c
STT	1.01 d	442.5	683.5b	1147.5ab	1.17	1.24b
CT	1.58 b	436.1	641.7b	1126.8ab	1.18	1.24b
DD	1.24 c	446.9	854.5a	1386.2a	1.16	1.27a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's test.

جدول۵- مقایسه میانگین اثر نظام‌های خاک‌ورزی و بقایای‌گیاهی ذرت بر سبزشدگی و عملکرد کلزا در سال‌های زراعی۹۱-۸۸

Table 5- Mean comparison of the effects of tillage systems and crop residues on germination and grain yield in 2009-2012

سال زراعی Cropping season	برگردان بقایای‌گیاهی Residue conversion (%)	درصد سبز Germination (%)	استقرار بوته Establishment (%)	پوشش گیاهی Covering (%)	ارتفاع Height (cm)	عملکرد Yield (kg ha^{-1})
1388-1389	66	83	84	88	107.2	1606.2 c
1389-1390	66	83	85	89	110.7	2824.3 b
1390-1391	68	82	86	90	108.9	3055.1 a
تیمار Treatment						
MT	88 a	88	88	90	114.06 a	2521.9 ab
SCT	69 b	84	86	91	107.6 b	2563. 8 a
STT	59 c	81	85	88	107.5 b	2496.2 abc
CT	63bc	81	83	86	108.7 b	2451.3 bc
DD	56 c	79	82	89	106.8 b	2443.4 c

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's test.

به‌عبارتی به‌جز تیمار MT (خاک‌ورز برگرداندار و دیسک) بقیه تیمارها با باقی‌گذاردن حداقل ۳۰ درصد بقایا در سطح خاک به‌عنوان یک روش خاک‌ورزی حفاظتی در کشت کلزا بعد از برداشت ذرت محسوب می‌شوند. عادل‌زاده و سیف امیری (۲۰۰۸) گزارش کردند بیشترین درصد برگردان بقایای گیاهی مربوط به شخم با گاوآهن برگرداندار و دیسک و کمترین میزان مربوط به تیمار فقط دیسک در تهیه بستر بذر بوده است.

درصد سبز مشاهده‌ای، استقرار بوته و پوشش‌گیاهی

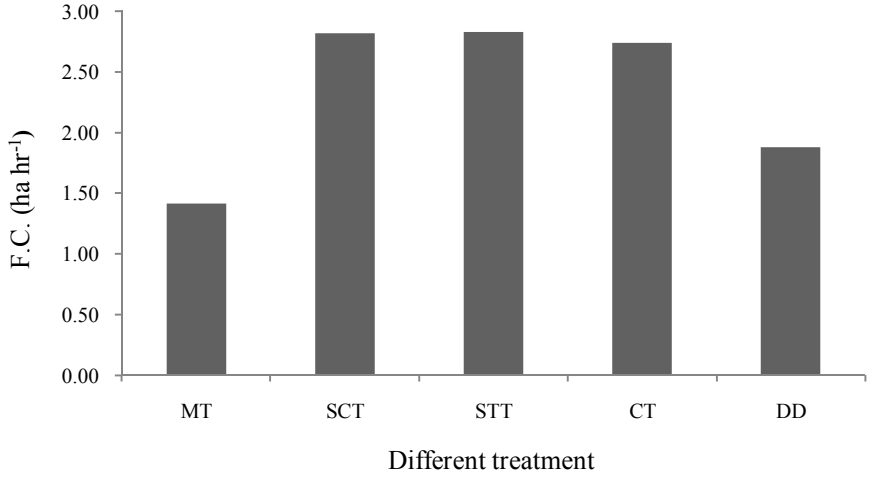
نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد اثر تیمار بر درصد سبز، درصد استقرار بوته و درصد پوشش گیاهی معنی‌دار نبود (جدول ۵). این مطالب بیانگر آن است که عامل تعیین کننده در افزایش درصد سبز شدن گیاه کلزا خردشدگی سطحی خاک در تیمارها بوده است که به‌نحوی در شیوه تهیه بستر به‌کارگرفته شده است، بنابراین مقایسه درصد سبز شدگی و استقرار بوته نشانگر برتری نسبی تیمار SCT نسبت به بقیه تیمارها بوده است که با نتایج تحقیق همت در سال (۲۰۰۹) تا حدودی مشابهت دارد.

عملکرد دانه و ارتفاع بوته

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بوده است (جدول۳). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده برتری تیمار SCT (ساقه خردکن، خاک‌ورز قلمی و دیسک) با عملکرد ۲۵۶۳/۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به دیگر تیمارها بوده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب سه ساله نشان می‌دهد اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر برگردان کردن بقایای گیاهی ذرت دانه‌ای که خشبی و خشن بوده و تأثیر آن بر بهبود سبزشدگی و استقرار بوته کلزا و عملکرد محصول مؤثر بود. همچنین نتایج تأثیر سال بر عملکرد از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. به‌طوری‌که عملکرد خالص محصول تولیدی در سال‌های متوالی اجرای آزمایش به‌ترتیب ۱/۶، ۲/۸۲ و ۳/۰۵ تن در هکتار بود. اختلاف میزان عملکرد در طول سه سال آزمایش می‌تواند ناشی از تفاوت‌های آب و هوایی به‌خصوص بیماری بوته میری کلزا در سال اول تحقیق باشد به‌طوریکه عملکرد تولیدی کلزای منطقه در سال زراعی (۸۹-۸۸) در مجموع به نصف کاهش یافت. این عوامل (آب و هوا و خاک) طبیعتاً بر عملکرد کلزا در طی سه سال آزمایش مؤثر بوده‌اند (جدول ۵). ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی اثرات خاک‌ورزی و تاریخ کشت بر عملکرد کلزا و برخی خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک نشان دادند روش‌های خاک‌ورزی و تاریخ کشت اثر معنی‌داری بر عملکرد داشته است و کاشت کلزا در اوایل پاییز تحت کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی پایداری زراعی بیش‌تری داشته است. نتایج تحقیق همت (۲۰۰۹) نشان داد عملکرد کلزای پاییزه آبی حساس به کاهش عمق و شدت خاک‌ورزی نبود. همچنین مطالعات دیگری نشان می‌دهد عکس العمل کلزا بر خاک‌ورزی (یک‌بار خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) در شرایط بارندگی زیاد و کم بر عملکرد کلزا مؤثر بوده است (Hocking *et al*., 2003).

ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای

شکل ۱ ظرفیت مؤثر روش‌های مختلف تهیه بستر بذر کلزا را نشان می‌دهد که در آن تیمارهای SCT و STT بیشترین و تیمار MT (روش مرسوم منطقه) کمترین ظرفیت مؤثر لازم برای تهیه بستر بذر کلزا بعد از برداشت ذرت داشته است. بنابراین با توجه به نتایج فوق و محدودیت زمانی با وجود بارش‌های متناوب پاییزی در تهیه بستر بذر کلزا بعد از برداشت ذرت، تیمار SCT (ساقه خردکن، خاک‌ورز قلمی و دیسک) به‌دلیل سرعت عملیات بیشتر و هزینه کمتر، بهترین روش تهیه بستر بذر کلزا محسوب می‌شود.



شکل ۱– ظرفیت مؤثر روش‌های مختلف آماده سازی بستر بذر کلزا بعد از برداشت ذرت دانه‌ای

Fig.1. Effective capacity of the various methods of seed bed preparation canola after harvesting corn

نتیجه‌گیری

با توجه به ویژگی‌های خاص خاک و شرایط اقلیمی منطقه برای دستیابی به یک بستر مناسب کلزا بعد از برداشت ذرت موارد ذیل حاصل شد.

اختلاف قطر متوسط وزنی کلوخه‌های حاصل از کاربرد گاوآهن برگرداندار، قلمی در میزان رطوبت ۱۲/۸ درصد با یکدیگر معنی‌داری بود. تیمار خاک‌ورز برگرداندار و دیسک با مقدار ۱/۹۲ سانتی‌متر بیشترین و بدترین وضعیت خردشدگی خاک را داشته است. همچنین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در اثر کاربرد دستگاه قلمی به‌میزان ۳۸ درصد کمتر از شخم با گاوهن برگرداندار بود.

بیشترین میزان عملکرد دانه با ۲۵۶۳/۸ کیلوگرم در هکتار در شرایطی به‌دست آمده است که عملیات تهیه بستر با ساقه خردکن، خاک‌ورز قلمی و دیسک انجام گردید.

از لحاظ درصد برگردان بقایای گیاهی به‌جز تیمار خاک‌ورز برگرداندار و دیسک بقیه تیمارها با باقی‌گذاردن حداقل ۳۰ درصد بقایا در سطح خاک به‌عنوان یک روش خاک‌ورزی حفاظتی در کشت کلزا پس از برداشت ذرت در منطقه می‌توان پیشنهاد نمود.

منابع

1. Adelzade, R., and S. Seifamiri. 2008. Effect of different tillage on yield and yield components of three soybean cultivars grown in the summer in Moghan. Final research report of Agricultural Engineering Research Institute. (In Farsi).
2. Arvidsson, J. 1998. Effects of cultivation depth in reduced tillage on soil physical properties, crop yield and plant pathogens. European Journal of Agronomy 9: 79-85.
3. Benjamin, J. G., and R. M. Cruse. 1987. Tillage effect on shear strength and bulk density of soil aggregate. Soil and Tillage Research 9: 255-263.
4. Berntsen, R., and B. Berre. 2000. Fragmentation and energy efficiency in the preparation of seedbeds. In: Proceedings of 15th Conference of International Soil Tillage Research Organization, 2-7 July 2000, Fort worth, Texas, USA.
5. Bonari, E., M. Mazzoncini, and A. Peruzzi. 1995. Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in a sandy soil. Soil and Tillage Research 33 (2): 91-108.
6. Bowerman, P. 1991. Establishment of winter oilseed rape in the presence of straw of the previous wheat crop. In: McGregor, D. I. (ed.) Proceedings of the 8th International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon, pp.1224-1228.
7. Carter, M. R. 1987. Physical properties of some Prince edward island soils in relation to their tillage requirement and suitability for direct drilling. Canadian Journal of Soil Sicence 67: 473-487.

8. Comia, R. A., M. Stenberg, P. Nelson, T. Rydberg, and I. Håkansson. 1994. Soil and crop responses to different tillage systems. Soil and Tillage Research 29: 335-355.
9. Dike, W. A., E. L. McCoy, and W. M. Edwards, and R. Lal. 1991. Continuous application of no tillage to Ohio Soils. Agronomy Journal 83: 65-73.
10. Eivani, A. 2007. Evaluation of moldboard and disk performance with three soil types and three levels of moisture content. MSc. thesis. Shiraz University. (In Farsi).
11. Hemmat, A. 2009. Reduction in primary tillage depth and secondary tillage intensity for irrigated canola production in a loam soil in center Iran. Journal of Agricultural Science and Technology 11: 275-288.
12. Hocking, P. J., A. Mead, J. Good, and S. M. Diffey. 2003. The response of Canola (*Brassica napus* L.) to tillage and fertilizer placement in contrasting environments in Southern NSW. Australian Journal of Experimental Agriculture 43 (11): 1323-335.
13. Lopes, M. V., and J. L. Arrue. 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. Soil and Tillage Research 44: 35-54.
14. Moore, J., F. W. koeing, B. Beach, and T. Blumenshine. 2000. Conservation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Midwest Plan Service (MWPS-45), 2nd Edition. Iowa State University Ames Iowa. USA.
15. Razzagi, M., N. Alamsi, M. Kharemolhosini, and E. Bigdeli. 2007. Energy consumption of primary tillage and seedbed preparation method. Proceedings of the 4th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 140-141. (In Farsi).
16. Rozbeh, M., and M. Logavi. 2007. Comparing the different methods of seedbed preparation under dry conditions on the yield of wheat and corn. Journal of Agricultural Engineering Research 7 (29): 19-32. (In Farsi).
17. Smith, D. A., B. G. Smis, and D. H. Oneil. 1994. Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment. Food and Agriculture Organization (FAO) Agricultural Services Bulletin.
18. Torabi, H., H. A. Naghadibadi, H. Omidi, H. Amirshekari, and M. Miransari. 2008. Effect of soil tillage, canola (*Brassica napus* L.) cultivars and planting date on canola yield, oil and some biological and physical properties of soil. Archives of Agronomy and Soil Science 54 (2): 175-188.
19. Ulger, A., C., H. Ibrikci, and N. Guzel. 1997. Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. Journal of Plant Nutrition 20 (12): 1697-1709.