مقایسه برخی شاخص‌های فنی در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم

الیاس دهقان[1*] و مرتضی الماسی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۴)

چکیده

مدیریت عملیات آماده‌سازی زمین برای کشت محصولات مختلف در مناطق گوناگون نیازمند دسترسی به شاخص‌ها و اطلاعاتی در مورد شرایط، چگونگی، مزایا و معایب انجام روش‌های گوناگون خاک‌ورزی است. این تحقیق در تابستان سال۱۳۸۲ در یک خاک رسی حاوی بقایای گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور واقع در شمال اهواز اجرا شد. آزمایش‌ها به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با شش تیمار انجام شد. تیمارها شامل روش‌های خاک‌ورزی مرسوم به‌صورت شخم برگردان به عمق ۲۰cm + *دوبار دیسک + ماله*(T1)، دوبار دیسک سبک به عمق ۱۰cm-۸ + *ماله* (T2)، دوبار دیسک سنگین به عمق۱۵cm-۱۲ + *ماله*(T3) ، کولتیواتور به عمق ۱۰cm+ *ماله*(T4) ، کولتیواتور به عمق ۱۵cm + *ماله*(T5) و گاوآهن دوار به عمق ۵cm (T6) بود. نتایج نشان داد که میزان مصرف سوخت در روش‌های T2 تا T6 به ترتیب به‌میزان ۵۷، ۵۱، ۶۷، ۵۴ و ۶۹ درصد نسبت به‌روش مرسوم، با ۴۹ لیتر در هکتار، کاهش یافت. کل زمان مورد نیاز در سیستم‌های خاک‌ورزی T2 تا T6 به‌ترتیب به‌میزان ۴۲، ۴۶، ۴۲، ۵۴ و ۴۴ درصد نسبت به‌روش مرسوم، با ۴/۴۱ ساعت بر هکتار، کاهش یافت. ظرفیت مزرعه‌ای در روش‌های T2 تا T6 نسبت به‌روش مرسوم، با ۰/۲۲۷ هکتار بر ساعت، به‌ترتیب به‌میزان ۲/۴، ۲/۲، ۲/۴، ۱/۸ و ۲/۳ برابر افزایش یافت. قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها(MWD) در T2 تا T5 نسبت به‌روش مرسوم با میانگین ۱/۹۲ سانتی‌متر، به‌ترتیب به‌میزان ۲۹، ۲۱، ۱۰ و ۵ درصد بیشتر و در T6به میزان ۶ درصد کمتر شد. هزینه خاک‌ورزی T2 تا T6 نسبت به‌روش مرسوم با هزینه ۵۰۰۰۰۰ ریال بر هکتار، به‌ترتیب به‌میزان ۴۰، ۳۲، ۵۴، ۵۰ و۶۰ درصد کاهش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی، دیسک، کولتیواتور، گاوآهن دوار

مقدمه

روش خاک‌ورزی غالباً بیان کننده نوع ماشین‌ها و ادوات به‌کار رفته بوده و دارای روش‌های تعریف شده و گاه تعریف نشده‌ای است که بسته به شرایط آب و هوایی و فیزیکی و شیمیایی خاک، نوع محصول، هدف تولید، زمان و نوع ماشین‌ها و ادوات در اختیار، دارای آثار سودمند و گاه زیانبار است.

سختی انجام کار و انرژی‌خواه بودن عملیات آماده‌سازی زمین باعث شده تا درجه مکانیزاسیون برای خاک‌ورزی در اکثر مناطق ۱۰۰٪ است(۱). طبق تحقیقات انجام شده در حدود۶۰٪ از انرژی مکانیکی در کشاورزی مکانیزه برای عملیات خاک‌ورزی مصرف می‌گردد(۱۳). هم‌چنین خاک‌ورزی، سهم قابل توجهی در هزینه تولید محصولات کشاورزی دارد. بر اساس آمار وزارت کشاورزی، سهم هزینه آماده‌سازی زمین از کل هزینه‌های تولید محصول در خوزستان در سال ۸۶- ۱۳۸۵

۱. عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲. استاد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: elyas_dehghan@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

برای گندم، جو، ذرت و برنج به‌ترتیب برابر۱۱/۰۵، ۱۱/۸، ۱۲/۴۴ و ۱۳/۲۲ درصد بود (۳). گستردگی عملیات خاک‌ورزی و هزینه بالای آن از یک طرف و از طرف دیگر آثار زیانبار خاک‌ورزی بیش از حد و نامناسب، نشان‌دهنده ضرورت بررسی و بازنگری در روش‌های آماده‌سازی زمین است.

استفاده از ماشین‌ها و ادوات گوناگون خاک‌ورزی آثار متفاوتی روی خاک، گیاه و بقایای گیاهی بر جای می‌گذارند. در سیستم کم‌خاک‌ورزی بقایای گیاهی تا حدود زیادی در سطح خاک باقی می‌مانند، لذا وجود بقایا ممکن است در عملیات تهیه بستر و کاشت بذر اختلال ایجاد نمایند. یکی از ادوات مناسب برای کار در این گونه زمین‌ها کولتیواتور پنجه غازی است. کولتیواتورها سبک‌تر از چیزل‌ها هستند و برای کار در عمق کمتر و حدود ۱۲-۷ سانتی‌متر طراحی شده‌اند (۲). کولتیواتورها بیشتر بقایای گیاهی را در سطح خاک به‌جای گذارده یا آنها را تا عمق چند سانتی‌متری با خاک سطحی مخلوط می‌کنند (۱۰). بررسی آثار دیسک بر فشردگی خاک در یک خاک رسی و مقایسه آن با سایر روش‌های خاک‌ورزی نشان داد که در خاک‌ورزی با دیسک، بدون این که لایه فشرده و سختی در زیر لایه شخم ایجاد گردد یک‌نواختی تراکم حجمی خاک حفظ می‌شود. هم‌چنین خاک‌ورزی با دیسک علاوه بر این که مانع فشردگی دوباره می‌شود، به‌نظر می‌رسد باعث جلوگیری از فرونشست دوباره در انواع خاک‌ها نیز می‌شود (۱۹). گاوآهن‌های دوار به‌طور هم‌زمان جای گاوآهن، دیسک و دیگر هرس‌ها را گرفته و پس از عبور از سطح خاک هیچ‌گونه شیار یا پشته‌ای برجای نمی‌گذارند(۱۰).

نتایج پژوهش‌های انجام شده در دنیا روی روش‌های خاک‌ورزی برای محصولات گوناگون نشان داده است که بسته به شرایط محلی، امکانات و اهداف، هر یک از روش‌های خاک‌ورزی مرسوم(۷، ۱۵، ۱۶ و۲۰)، خاک‌ورزی کمینه (۴، ۱۱ و ۱۳) و یا بی‌خاک‌ورزی (۱۲)، می‌تواند بر دیگری برتری داشته باشد.

مقایسه روش‌های خاک‌ورزی توسط خیرالله و همکاران روشن نمود که بیشترین بازده مصرف سوخت و انرژی به‌ترتیب از دیسک، رتیواتور، گاوآهن بشقابی و گاوآهن برگردان‌دار به‌دست آمد(۱۵). ولی مقایسه روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی توسط برخی دیگر از پژوهشگران نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی در برخی مناطق از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست (۱۰، ۱۴ و ۲۲).

دهقان و الماسی با مقایسه اثر روش‌های خاک‌ورزی مرسوم، دوبار دیسک، کولتیواتور و گاوآهن دوار(به عمق ۵ سانتی‌متر) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در منطقه شاوور خوزستان، گزارش نمودند که روش‌های خاک‌ورزی مورد بررسی از نظر عملکرد شلتوک تفاوت معنی‌دار نداشتند (۵).

سکینه و آنیل با بررسی اثر سه روش خاک‌ورزی ۱- شخم برگردان + دوبار دیسک، ۲- خاک‌ورزی سطحی با خاک‌ورز دوار + یکبار دیسک و ۳- دوبار دیسک، بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم در یک خاک رسی لومی در ترکیه گزارش نمودند که بیشترین مقدار MWD به‌ترتیب توسط خاک‌ورزی با دوبار دیسک، خاک‌ورزی با شخم برگردان + دوبار دیسک و خاک‌ورز دوار + یک‌بار دیسک به‌دست آمد. آنها هم‌چنین گزارش نمودند که افزایش MWD و زمختی کلوخه‌ها باعث کاهش جوانه‌زنی بذرهای گندم شد (۱۷). روزبه و لغوی نیز با بررسی روش‌های خاک‌ورزی اولیه با گاوآهن‌های برگردان‌دار و بشقابی و ثانویه با دیسک و خاک‌ورز دوار در داراب، گزارش نمودند که اندازه قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها در روش‌های خاک‌ورزی ثانویه با سه بار دیسک و یکبار خاک‌ورز دوار برابری می‌کند (۶).

انتخاب روش خاک‌ورزی و مدیریت و برنامه‌ریزی عملیات آماده‌سازی زمین برای کشت محصولات مختلف در مزرعه نیازمند دسترسی به شاخص‌ها و اطلاعاتی در مورد شرایط، چگونگی، مزایا و معایب انجام روش‌های گوناگون خاک‌ورزی است. در بررسی روش‌های خاک‌ورزی، بسته به اهداف و شرایط، شاخص‌های گوناگونی مانند هزینه عملیات، میزان مصرف سوخت و انرژی، فشردگی خاک، وزن مخصوص

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

ظاهری و مقاومت نفوذی خاک، فرسایش بادی و آبی، درصد برگردان بقایای گیاهی، میزان خرد شدن خاک، زمان مورد نیاز در واحد سطح، ظرفیت و بازده مزرعه‌ای، میزان سرمایه‌گذاری، آلودگی‌های زیست محیطی و غیره مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این تحقیق نیز به‌منظور دست‌یابی به اطلاعات کمّی پایه در مورد برخی شاخص‌های فنی، برای استفاده در شرایط کاری مشابه اجرا شد.

اطلاعات به‌دست آمده در این پژوهش می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی ناوگان ماشین‌های خاک‌ورزی در سطوح اجرایی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، در آزمایش‌هایی نیز که در آینده، در شرایط مشابه این تحقیق، برای مقایسه اثر روش‌های خاک‌ورزی روی محصولات مختلف اجرا خواهند شد، می‌توان تنها عملکرد و شاخص‌های مرتبط با گیاه را اندازه‌گیری نموده و از نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری شاخص‌های فنی در این آزمایش استفاده کرده و از تکرار آنها برای محصولات گوناگون خودداری نمود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۲ در یک خاک رسی حاوی بقایای گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور اجرا شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال اهواز واقع شده است. خاک‌های این منطقه غالباً از نظر مواد آلی و ازت فقیر هستند. از نظر آب و هوایی نیز این منطقه دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده و میانگین سالیانه دما و بارندگی آن به‌ترتیب ۲۳ درجه سلسیوس و ۲۴۴ میلی‌متر می‌باشد. مشخصات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

در این تحقیق روش خاک‌ورزی مرسوم و پنج روش کم‌خاک‌ورزی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. تیمارهای خاک‌ورزی عبارت بودند از:

۱- روش مرسوم یک بار گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۰ سانتی‌متر+ دو بار دیسک عمود بر هم+ ماله(T1).

۲- دو بار دیسک سبک عمود بر هم به عمق ۱۰-۸ سانتی‌متر + ماله (T2).

۳- دو بار دیسک سنگین عمود بر هم به عمق ۱۵-۱۲ سانتی‌متر + ماله (T3).

۴- یک بار کولتیواتور بیلچه‌ای به عمق ۱۰ سانتی‌متر+ ماله (T4).

۵- یک بار کولتیواتور بیلچه‌ای به عمق ۱۵ سانتی‌متر+ ماله (T5).

۶- یک بار گاوآهن دوار (رتیواتور) به عمق ۵ سانتی‌متر (T6).

ویژگی‌های ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. لازم به ذکر است که تیمار خاک‌ورزی با رتیواتور به عمق ۵ سانتی‌متر به‌منظور بررسی امکان ایجاد یک بستر مختصر با مصرف انرژی به‌مقدار کم انتخاب شد. هم‌چنین دلیل انتخاب دو عمق ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر در هر کدام از تیمارهای خاک‌ورزی با کولتیواتور و دیسک، ایجاد امکان ارزیابی تأثیر عمق کار این ادوات بر شاخص‌های مورد بررسی بود. دلیل استفاده از ماله در تیمارهای T2 تا T5 نیز حذف ناهمواری‌های ناشی از جوی‌پشته‌ها، نهرها و مرزهای برجای مانده از کشت قبلی بود.

شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق عبارت بودند از هزینه خاک‌ورزی در هکتار، مقدار مصرف سوخت در هکتار، زمان مورد نیاز برای انجام کار، ظرفیت مزرعه‌ای سیستم، میزان خرد شدن کلوخه‌ها و وزن مخصوص ظاهری خاک. هر روش خاک‌ورزی در قطعاتی به ابعاد۱۲۰×۵۰ متر مورد ارزیابی قرار گرفت. در هر قطعه یک نوار به عرض۵ متر برای انجام تنظیمات عمق کار و تعیین شرایط کاری مناسب از نظر دنده و سرعت پیشروی تراکتور و درصد لغزش چرخ‌ها و فاصله ۱۰ متر از سر و ته هر قطعه به‌عنوان فضای دور زدن تراکتور و رسیدن به سرعت مناسب در نظر گرفته شد. پس از ماخار زمین (ماخار عبارت است از آبیاری زمین قبل از خاک‌ورزی با هدف کاهش مقاوت خاک در برابر عملیات تهیه زمین)، برای تعیین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

جدول۱. مشخصات خاک ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور

عمق خاک (cm)	بافت خاک	عناصر میکرو و قابل جذب($mg.kg^{-1}$)				PH	EC ($ds.m^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	OC (%)
		Cu	Zn	Mn	Fe					
۰–۳۰	رسی	۱/۵	۱	۴	۹	۷/۲	۳/۱	۲۲۰	۷/۵	۰/۸

جدول۲. ویژگی‌های ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده در آزمایش

نام دستگاه	شرکت سازنده و مدل	شرح	نوع اتصال	عرض کار تئوریک (cm)	چگونگی تنظیم عمق	سرعت پیشروی (km/h)
گاوآهن برگردان‌دار	شرکت سهامی قطعات آهنگری خراسان (GAK)	۳ خیش	سوار	۱۰۵	بازوهای هیدرولیک تراکتور	۶–۴
دیسک افست	جاندیر (John Deere)	۲۴ پره (گروه جلویی ۱۲ بشقاب لبه کنگره‌ای، گروه عقبی۱۲ بشقاب لبه صاف)	کششی	۲۵۰	چرخ تنظیم عمق هیدرولیک	۷–۶
کولتیواتور بیلچه‌ای	گروه تولیدی ماشین روستا مشهد	۸ تیغه فعال (یک تیغه کناری شکسته)، فاصله تیغه‌ها ۲۲۹ میلی‌متر	سوار	۱۸۵	بازوهای هیدرولیک تراکتور	۷–۵
گاوآهن دوار	شرکت اسنو پارس ایران (SNOW PARS)	۷ فلانج، ۳۶ تیغه ⊥ شکل. نسبت گردش محور فلانج‌ها به محور تواندهی تراکتور ۱ به ۳.	سوار	۱۵۰	کفشک‌های تنظیم عمق	۵–۴
ماله	–	چهار چرخ، فاصله محورهای عقب و جلو ۶ متر	کششی	۳۵۰	اهرم‌های دستی	۷–۶
تراکتور	جاندیر ۳۳۵۰	۶ سیلندر، ۱۲ دنده (جلو ۸ و عقب۴ دنده)، وزنه افزوده شده درجلو تراکتور۱۷۲ کیلوگرم، فاصله محورهای عقب و جلو۲۶۰cm، لاستیک‌ها نو با عاج۱۰۰٪، شماره لاستیک عقب 34-34/15-18.4 و جلو 18-750، عمر۱۰ سال.				

زمان مناسب خاک‌ورزی، نمونه‌برداری از خاک از عمق‌های ۱۵–۰ و۳۰–۱۵ سانتی‌متر انجام و درصد رطوبت خاک بر مبنای وزن خاک خشک محاسبه شد. درصد رطوبت خاک در زمان اعمال تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم (شخم)، دیسک، کولتیواتور و گاوآهن دوار به ترتیب ۱۹، ۱۹/۳، ۱۶/۶ و ۱۸/۵ درصد بود. با توجه به نبود اطلاعات قبلی در مورد درصد رطوبت مناسب خاک برای شخم برگردان، به‌صورت یک روز در میان یک نوار از زمین را توسط گاوآهن شخم زده و هم‌زمان از خاک نیز نمونه‌گیری تصادفی انجام و رطوبت آن معین می‌شد. هنگامی که خاک گاورو شده و شرایط آن برای شخم مناسب گردید، عملیات شخم در تیمار مربوطه انجام و رطوبت خاک به‌عنوان رطوبت مناسب زمان شخم (متوسط ۱۹٪) در نظر گرفته و ثبت شد.

روش اندازه‌گیری و براورد شاخص‌های مورد بررسی در آزمایش به شرح زیر بود:

اندازه‌گیری مصرف سوخت

برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده از روش باک پر استفاده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

شد. در روش باک پر، قبل از شروع عملیات مخزن سوخت تراکتور را کاملاً پر و لب‌ریز کرده و پس از پایان عملیات نیز مخزن سوخت دوباره لب‌ریز می‌گردد. مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن سوخت در پایان عملیات، برابر مقدار سوخت مصرفی در مساحت یا مدت انجام کار توسط ماشین است.

اندازه‌گیری کل زمان مورد نیاز سیستم خاک‌ورزی

برای تعیین کل زمان مورد نیاز برای هر سیستم خاک‌ورزی، ابتدا مجموع زمان‌های مفید و دور زدن ماشین در ابتدا و انتهای مزرعه برای هر کدام از عملیات پیش‌بینی شده در سیستم، توسط زمان‌سنج به‌طور جداگانه محاسبه شده و سپس با جمع کردن زمان انجام مراحل مختلف خاک‌ورزی کل زمان مورد نیاز سیستم محاسبه شد.

ظرفیت مزرعه‌ای

کار انجام شده (بر حسب سطح یا ماده) توسط ماشین در زمینه خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت را در مدت یک ساعت، ظرفیت مزرعه‌ای می‌گویند (۱). در این آزمایش ظرفیت مزرعه‌ای هر سیستم از معکوس مجموع کل زمان‌های مفید و غیر مفید مصرف شده برای انجام عملیات در سطح یک هکتار (درشرایط مزرعه) و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$C_a = \frac{A}{T} \qquad [۱]$$

در اینجا:

C_a = ظرفیت مزرعه‌ای (ha/h)

A= مساحت مورد عملیات (ha)

T=کل زمان (مفید و تلف شده) (h)

میزان خرد شدن خاک

قطر متوسط وزنی (Mean Weight Diameter)(MWD) شاخصی است که عموماً برای تعیین میزان خرد شدن خاک استفاده می‌شود (۸). در این روش پس از انجام خاک‌ورزی در هر تیمار، ابتدا نمونه‌های حجمی از خاک، در محدوده کادر ۵۰×۵۰ و از سطح تا عمق خاک‌ورزی، به‌صورت عمودی، برداشته شده و سپس نمونه‌ها را از الک‌هایی متوالی که قطر روزنه آنها ۱/۲۷، ۲/۵۴، ۳/۸۱، ۵/۰۸، ۶/۳۵، ۷/۶۲ و ۸/۸۹ سانتی‌متر و به‌ترتیب از قطر کوچک‌تر به بزرگ‌تر و از پایین به بالا روی هم چیده شده بودند گذرانده و وزن کلوخه‌های باقی‌مانده روی هر الک و هم‌چنین وزن کلوخه‌های عبور کرده از الک آخر (با کمترین قطر روزنه) تعیین و با استفاده از رابطه ۲ مقدارMWD محاسبه شد (۵).

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \frac{D_i . W_i}{W_t} \qquad [۲]$$

در اینجا:

MWD= قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها(cm)

Di= میانگین قطر دانه‌های خاک در هر محدوده الک(cm)

Wi = وزن خاک عبور کرده از الک مربوطه که روی الک زیرین آن باقی مانده است(g)

Wt = وزن کل نمونه خاک(g)

وزن مخصوص ظاهری خاک

وزن مخصوص ظاهری معیاری برای اندازه‌گیری فشردگی خاک می‌باشد. برای تعیین این شاخص در عمق هر کدام از روش‌های خاک‌ورزی، قبل از خاک‌ورزی و بعد از آبیاری اول، نمونه دست نخورده خاک از سه نقطه تصادفی، به‌وسیله مته نمونه‌برداری از خاک برداشت گردید و در ظرف‌های استوانه‌ای با حجم و وزن مشخص، نگه‌داری و پس از خشک کردن نمونه در آزمایشگاه و تعیین وزن خالص خاک، وزن مخصوص ظاهری نمونه‌ها با استفاده از رابطه۳ محاسبه شد.

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad [۳]$$

در اینجا:

ρ = وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)

M= وزن خاک خشک (g)

V= حجم خاک یا استوانه نمونه‌برداری(cm^3)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

هزینه خاک‌ورزی

در شرایط یکسان از نظر قابلیت تولید محصولات مختلف و نهاده‌های مصرفی مانند کود و حشره‌کش‌ها، هزینه انجام عملیات خاک‌ورزی کلید تعیین سودمندی آنهاست(۱۸). در این پژوهش، میانگین هزینه عملیات تهیه زمین بر اساس اجرت محلی و با مراجعه به شش نفر از افراد سرشناس در ارائه خدمات مکانیزه خاک‌ورزی به‌صورت اجاره‌ای و هم‌چنین تنها شرکت خدمات مکانیزه مستقر در منطقه (شرکت عبدالخان شمالی)، به‌صورت ریال بر هکتار محاسبه شد. پس از انجام آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها انجام شده و میانگین صفات به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

مصرف سوخت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر میزان مصرف سوخت، بین روش‌های خاک‌ورزی اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول۳). روش خاک‌ورزی مرسوم با مجموع ۴۹/۰۵۹ لیتر بر هکتار و خاک‌ورزی با گاوآهن دوار با مصرف ۱۵/۳۴۹ لیتر بر هکتار، به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار مصرف سوخت بودند (جدول۴).

افزایش عمق خاک‌ورزی و شخم اثر بسیار چشم‌گیری بر مصرف سوخت دارد. به ازای هر یک سانتی‌متر افزایش عمق خاک‌ورزی مقدار خاکی که باید جابه‌جا یا برگردانده شود حدود ۱۵۰ تن در هکتار افزایش می‌یابد، این کار بدون افزایش قابل ملاحظه در هزینه سوخت امکان‌پذیر نخواهد بود (۹). افزایش زیاد مقدار مصرف سوخت در خاک‌ورزی مرسوم نسبت به دیگر روش‌ها، به‌دلیل برگرداندن خاک و زیاد بودن عمق خاک‌ورزی و دفعات تردد ماشین‌ها و ادوات است. در سیستم خاک‌ورزی مرسوم، ۴۶٪ از کل سوخت مصرفی تنها برای شخم برگرداندن خاک مصرف شده است (جدول ۵). این نتایج با یافته‌های ینگ (۲۱) و خیرالله و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.

مقدار لغزش مثبت بین ۱۵-۱۰ درصد علاوه بر ایمنی موتور و جعبه دنده، برای ایجاد تغییر فرم برشی خاک و افزایش کشش تراکتور لازم است، ولی افزایش بیش از حد آن باعث اتلاف انرژی می‌شود (۱). در روش مرسوم، افزایش بیش از حد درصد لغزش چرخ محرک تراکتور برای عملیات دیسک و ماله روی خاک شخم خورده نسبت به عملیات مشابه در تیمار دیسک سبک، باعث شده است که مقداری از سوخت مصرفی و انرژی رها شده برای برش حجم بیشتری از ذرات خاک به‌کار رود. هم‌چنین کاهش سرعت پیشروی برای دیسک در روش مرسوم باعث کاهش ظرفیت و بازده مزرعه‌ای و افزایش مدت کار کردن موتور تراکتور برای انجام کار معین شده است. این عوامل روی‌هم رفته باعث افزایش معنی‌دار مصرف سوخت در تیمار خاک‌ورزی مرسوم نسبت به دیگر تیمارها شده است (جدول ۵).

حذف عملیات شخم برگردان در تیمارهای خاک‌ورزی با دیسک سبک و سنگین باعث کاهش شدید مصرف سوخت نسبت به‌روش مرسوم شده است. دلیل افزایش معنی‌دار مصرف سوخت در تیمار خاک‌ورزی با دیسک سنگین نسبت به دیسک سبک، افزایش عمق خاک‌ورزی از ۱۰ به ۱۵ سانتی‌متر و افزایش کل مقاومت کششی دیسک و نیاز به‌کار در دنده پایین‌تر و سرعت کمتر بوده است، این وضعیت در مقایسه تیمارهای خاک‌ورزی با کولتیواتور به عمق ۱۰ و ۱۵سانتی‌متر نیز به‌خوبی دیده می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که در عمق کار یکسان برای کاربرد یک بار دیسک و کولتیواتور بر روی زمین شخم نخورده، مقدار مصرف سوخت در دیسک۴۰٪ کمتر از کولتیواتور بود(جدول ۵). این امر می‌تواند به‌دلیل بیشتر بودن مقاومت کششی کولیتواتور نسبت به دیسک باشد، زیرا در کولتیواتور با وجود این که عرض کار آن کمتر از دیسک بود، برای انجام عملیات به دنده سنگین‌تری نیاز بوده و سرعت پیشروی نیز کمتر بود. اما استفاده از دوبار عملیات دیسک‌زنی در تیمار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

جدول۳. تجزیه واریانس مربعات اثر روش‌های خاک‌ورزی بر شاخص‌های فنی مورد بررسی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقادیر مربعات				
		مصرف سوخت	کل زمان مورد نیاز سیستم	ظرفیت مزرعه‌ای سیستم	قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها	وزن مخصوص ظاهری خاک
تکرار	۲	۰/۴۳۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۸۱
روش‌خاک‌ورزی	۵	۴۶۰/۰۳۹**	۲/۹۹۰**	۰/۰۴۳**	۰/۱۹۴**	۰/۰۰۳ ns
خطای آزمایشی	۱۰	۰/۳۲۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱۷	۰/۲۵۹
ضریب تغییرات(C.V)		٪۲/۳۰	٪۳/۷۰	٪۵/۱۲	٪۶/۱۵	٪۲/۵۴

n.s : تفاوت معنی‌دار نیست. **: تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول۴. مقایسه میانگین شاخص‌های فنی مورد بررسی در سطوح مختلف روش خاک‌ورزی

روش خاک‌ورزی	میانگین صفات و مقایسه آنها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن(در سطح احتمال۵٪)*				
	سوخت مصرف شده (l/ha)	کل زمان مورد نیاز سیستم (h/ha)	ظرفیت مزرعه‌ای سیستم (ha/h)	قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها (cm)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)
مرسوم (T1)	۴۹/۰۵۹ a	۴/۴۱ a	۰/۲۲۷ c	۱/۹۲ cd	۱/۳۴ a
دیسک سبک (T2)	۲۱/۰۶۳ d	۱/۸۶ c	۰/۵۳۷ a	۲/۴۸ a	۱/۳۳ a
دیسک سنگین (T3)	۲۴/۰۳۹ b	۲/۰۱ c	۰/۵۰۰ a	۲/۳۳ ab	۱/۲۷ b
کولتیواتور ۱۰cm (T4)	۱۶/۴۲۶ e	۱/۸۶ c	۰/۵۳۷ a	۲/۱۲ bc	۱/۳۴ ab
کولتیواتور ۱۵cm (T5)	۲۲/۷۳۵ c	۲/۴۰ b	۰/۴۱۷ b	۲/۰۱ cd	۱/۲۹ ab
گاوآهن دوار ۵cm (T6)	۱۵/ ۳۴۹ f	۱/۹۵ c	۰/۵۱۳ a	۱/۸۱ d	۱/۲۹ ab

*: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست.

خاک‌ورزی با دیسک در مقایسه با تیمار یکبار کولتیواتور باعث شده است که مجموع سوخت مصرف شده در این تیمار نسبت به تیمار خاک‌ورزی با کولتیواتور افزایش یابد (جدول ۴). در خاک‌ورزی با کولتیواتور پنجه‌غازی به عمق ۱۰ سانتی‌متر (T4)، علی‌رغم این که زمان مورد نیاز برای یک پاس کولتیواتور نسبت به یک پاس دیسک افزایش یافته، بنابراین در این سیستم به‌علت بسنده شدن به یک پاس کولتیواتور، مجموع کل زمان مورد نیاز کاهش یافته و در حدود عملیات با دیسک(T2 و T3) و رتیواتور (T6) قرار گرفته است.

کاهش معنی‌دار کل مصرف سوخت در تیمار خاک‌ورزی با گاوآهن دوار نسبت به دیگر روش‌های خاک‌ورزی به‌دلیل کاهش عمق خاک‌ورزی به ۵ سانتی‌متر، کاهش درصد لغزش به حدود صفر، کاهش رفت‌وآمد ماشین‌ها و ادوات و انجام همه عملیات خاک‌ورزی در یک بار عبور است.

کل زمان مورد نیاز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین روش‌های خاک‌ورزی از نظر کل زمان مورد نیاز برای انجام مجموعه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

جدول۵. میانگین شاخص‌های مورد بررسی برای روش‌های گوناگون خاک‌ورزی به تفکیک نوع ادوات مورد استفاده در هر سیستم

روش خاک‌ورزی (سیستم)	نوع ادوات	مصرف سوخت (l/ha)	کل زمان مورد نیاز (h/ha)	ظرفیت مزرعه‌ای (ha/h)	بازده مزرعه‌ای	لغزش چرخ (%)	سرعت پیشروی (km/h)
مرسوم شخم برگردان به عمق ۲۰ cm (T1)	گاوآهن‌برگرداندار	۲۲/۶۲	۱/۹۵	۰/۵۰۶	۷۹/۰	۱۴/۹۹	۶/۰۵
	دیسک اول	۱۲/۰۷	۰/۹۰	۱/۰۷	۷۹/۸	۲۴/۷۹	۵/۵۵
	دیسک دوم	۸/۱۷	۰/۸۶	۱/۲۲	۸۲/۸	۱۷/۶۲	۵/۷۰
	ماله	۶/۲۰	۰/۷۰	۱/۴۴	۶۰/۸	۱۶/۱	۶/۷۶
دیسک سبک به عمق ۸–۱۰cm (T2)	دیسک اول	۷/۶۰	۰/۶۲	۱/۵۷	۸۴/۸	۱۰/۳۷	۷/۴۳
	دیسک دوم	۸/۲۲	۰/۷۱	۱/۴۲	۸۱/۱	۱۲/۲۸	۷/۰۰
	ماله	۵/۲۵	۰/۵۳	۱/۸۸	۷۸/۵	۹/۴۳	۶/۸۳
دیسک سنگین به عمق ۱۲–۱۵cm (T3)	دیسک اول	۱۱/۳۵	۰/۸۳	۱/۲۰	۷۶/۰	۱۱/۷۴	۶/۳۵
	دیسک دوم	۷/۹۱	۰/۷۷	۱/۲۹	۷۴/۱	۱۱/۷۴	۶/۲۲
	ماله	۴/۷۸	۰/۴۱	۲/۴۳	۹۱/۶	۱۶/۰۲	۷/۵۹
کولتیواتور به عمق ۱۰cm (T4)	بیلچه‌ای	۱۲/۶۳	۱/۴۳	۰/۷۳	۶۲/۲	۸/۸۴	۶/۳۸
	ماله	۳/۸۰	۰/۴۳	۲/۳۸	۸۸/۰	۱۱/۳۴	۷/۷۲
کولتیواتور به عمق ۱۵cm (T5)	بیلچه‌ای	۱۸/۷۶	۱/۹۰	۰/۵۵	۶۶/۹	۹/۷۲	۴/۳۷
	ماله	۴/۳۱	۰/۵۰	۱/۹۹	۷۶/۹	۱۱/۳۸	۷/۴۱
گاوآهن‌دوار به عمق ۵cm (T6)	رتیواتور	۱۵/۳۵	۱/۹۵	۰/۵۱	۷۰/۳	۰/۷۸	۴/۸۷

عملیات پیش‌بینی شده در هر سیستم، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول۳). استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی باعث کاهش زمان مورد نیاز نسبت به‌روش مرسوم شد. این شاخص در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی T2، T4، T6 و T3 نسبت به‌روش مرسوم با زمان ۴/۴۱ ساعت بر هکتار، به‌ترتیب به‌میزان ۵۸، ۵۴، ۵۸، ۴۶ و ۵۶ درصد کاهش یافت (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های آمبوسا و همکاران که با مقایسه روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی برای کاشت برنج، از نظر زمان مورد نیاز برای عملیات خاک‌ورزی و هزینه کارگری، روش بی‌خاک‌ورزی را از روش مرسوم برتر دانستند، هم‌خوانی دارد(۱۲).

افزایش زمان مورد نیاز برای اجرای یک سیستم نسبت به سیستم دیگر به معنای نیاز به روزهای کاری مناسب بیشتر بوده و در صورت محدود بودن زمان مناسب کاری، نیازمند افزایش در ناوگان مکانیزه برای انجام به موقع عملیات است. کل زمان مورد نیاز در روش خاک‌ورزی مرسوم ۴/۴۱ ساعت بر هکتار بود که بیش از ۴۴٪ آن صرف انجام عملیات شخم برگردان شده است. کاهش معنی‌دار زمان مورد نیاز در روش‌های خاک‌ورزی با دیسک سبک (۱/۸۶ ساعت بر هکتار) و دیسک سنگین (۲/۰۱ ساعت بر هکتار) نسبت به‌روش مرسوم عمدتاً ناشی از حذف عملیات شخم بوده است.

با وجود نیاز به زمان بیشتر برای یک بار عبور کولتیواتور نسبت به یک بار عبور دیسک در عمق یکسان، بسنده شدن به یک بار عبور کولتیواتور در این تیمار باعث کاهش زمان مورد نیاز نسبت به دو بار عبور دیسک شده است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

افـزایش عمـق خـاک‌ورزی در تیمـار کولتیواتـور بـه عمـق ۱۵ سانتی‌متر نسبت به کولتیواتور به عمق۱۰ سـانتی‌متـر، باعـث کاهش شدید در سرعت پیشروی و در نتیجه افزایش زمان مورد نیاز شده است (جدول ۵).

دهقان و الماسی با مقایسه اثر روش‌های خاک‌ورزی مرسوم، دوبار دیسک، کولتیواتور و گاوآهن دوار بـر عملکـرد و اجـزای عملکرد برنج در منطقه شاوور خوزستان، گـزارش نمودنـد کـه روش‌های خاک‌ورزی مـورد بررسـی از نظـر عملکـرد شـلتوک تفاوت معنی‌دار نداشتند و روش خـاک‌ورزی بـا کولتیواتـور بـه عمق ۵ سانتی‌متر را برای کشت بـرنج پیـشنهاد نمودنـد (۵). در این تحقیق نیز با وجود این که زمان مورد نیـاز بـرای یـک بـار عبور رتیواتور در تیمار خاک‌ورزی با گاوآهن دوار، برابر با یـک بار عبـور بـرای شـخم برگـردان اسـت، بنـابراین حـذف سـایر عملیات از جمله دیسک و ماله در این تیمـار باعـث کـاهش در کل زمان مورد نیاز شده است.

ظرفیت مزرعه‌ای

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌هـا روشـن نمـود کـه از نظـر ظرفیت مزرعه‌ای تفاوت بین روش‌های خاک‌ورزی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۳). روش‌های خاک‌ورزی با دیسک سـبک، دیسک سنگین، کولتیواتور به عمق۱۰سانتی‌متر و رتیواتور ضمن قـرار گـرفتن در یـک گـروه آمـاری، از روش‌هـای مرسـوم و کولتیواتور به عمق ۱۵ سانتی‌متر برتر بودنـد. ظرفیـت مزرعـه‌ای در روش‌های کم‌خاک‌ورزی T2 تا T6 نسبت به روش مرسوم با ظرفیت مزرعه‌ای ۰/۲۲۷، به‌ترتیب به‌میـزان ۲/۴، ۲/۲، ۲/۴، ۱/۸ و ۲/۳ برابر افزایش نشان داد(جدول۴).

با توجه به‌وجود رابطه معکـوس بـین ظرفیـت مزرعـه‌ای و زمان مورد نیاز در واحد سطح، می‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه هـر عاملی که باعث کاهش زمان مورد نیاز برای انجـام خـاک‌ورزی در یک سـطح معـین شـود مـی‌توانـد باعـث افـزایش ظرفیـت مزرعه‌ای آن سیستم یا ماشین شده و در نهایت باعث کاهش در تعداد تراکتور و ادوات مورد نیاز برای انجام به‌موقع عملیـات و کاهش در سرمایه‌گذاری مورد نیاز در این بخش نیز خواهد شد.

قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها(MWD)

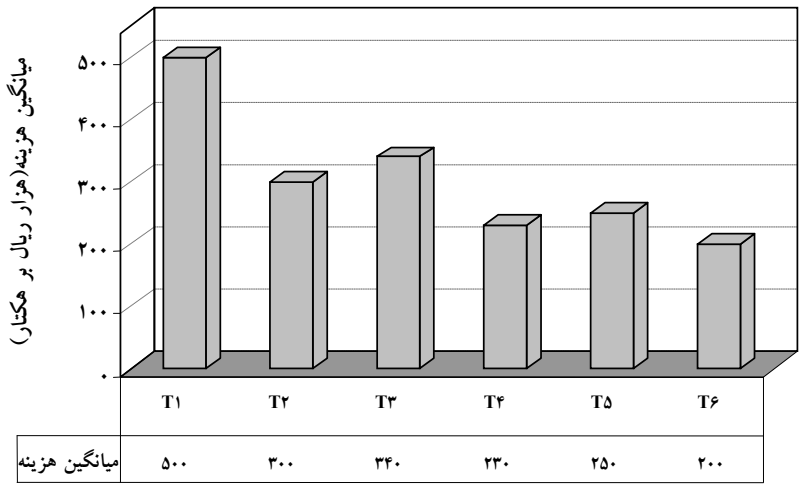
از نظـرMWD، بـین روش‌هـای خـاک‌ورزی اخـتلاف بـسیار معنی‌داری وجود داشت و تفاوتT1 با T2 و T3 معنی‌دار بـود، ولی با T4و T5 معنی‌دار نبود (جدول۳). کمتـرین مقـدارMWD بـه‌ترتیـب از روش‌هـای خـاک‌ورزی بـا رتیواتـور، مرسـوم، کولتیواتور و دیسک به‌دست آمد. مقدار MWD، نسبت بـه‌روش مرسوم بـا میـانگین ۱/۹۲ سـانتی‌متـر، در T2 تـا T5 بـه‌ترتیـب به‌میـزان ۲۹، ۲۱، ۱۰ و ۵ درصـد افـزایش و در T6 بـه‌میـزان ۶ درصد کاهش یافت. گاوآهن‌دوار، تنها با یک بار تردد و مصرف کمترین مقدار سوخت و هزینه، بیشترین میزان خرد کردن خاک (کمترین مقدار MWD) را نسبت به دیگر روش‌ها ایجـاد کـرد. نتایج این تحقیق با یافتـه‌هـای سـکینه و آنیـل مبنـی بـر ایجـاد بیشترین مقدار MWD به‌ترتیـب توسـط خـاک‌ورزی بـا دوبـار دیـسک، خـاک‌ورزی بـا شـخم برگـردان + دوبـار دیـسک و خاک‌ورز دوار + یک‌بار دیسک (۱۷) و هم‌چنین گزارش روزبـه و لغوی مبنی بر برابری اندازه قطر متوسط وزنـی کلوخـه‌هـا در روش‌هـای خـاک‌ورزی ثانویـه بـا سـه بـار دیـسک و یـک‌بـار خاک‌ورز دوار، هم‌آهنگی دارد (۶).

وزن مخصوص ظاهری خاک

از نظر وزن مخصوص ظاهری خـاک بعـد از آبیـاری اول، بـین روش‌های خاک‌ورزی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول۳). بیشترین وزن مخصوص ظاهری به‌مقدار ۱/۳۴ گرم بر سانتی‌متر مکعـب از روش‌هـای خـاک‌ورزی مرسـوم و کولتیواتـور بیلچـه‌ای بـه‌دسـت آمـد و کمتـرین آن نیـز بـه‌مقـدار ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب از روش خاک‌ورزی با دیسک سـنگین به عمق ۱۵-۱۲ سانتی‌متر حاصل شـد (جـدول ۴). ایـن نتیجـه نشان می‌دهد که تغییر ایجاد شـده در وزن مخـصوص ظـاهری خاک ناشی از روش خاک‌ورزی، با آبیاری اول و احتمالاً در اثـر فرونشست دوباره خاک، از میان می‌رود. لازم به ذکر اسـت کـه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]



روش خاک ورزی

شکل ۱. هزینه روش‌های مختلف خاک‌ورزی در منطقه شاو ور براساس اجر سه محلی در سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶

در این تحقیق، تأثیر روش خاک‌ورزی بر تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک به‌مدت یک سال بررسی شده و ممکن است در بلندمدت نتایج متفاوت باشد، لذا بررسی روند این تغییرات در یک تحقیق چند ساله می‌تواند بسیار مفید باشد.

هزینه خاک‌ورزی

مقایسه روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر مبلغ هزینه مورد نیاز برای مجموع عملیات پیش‌بینی شده در هر کدام از سیستم‌های خاک‌ورزی نشان‌دهنده وجود اختلاف زیاد بین روش مرسوم با دیگر روش‌های خاک‌ورزی است(شکل ۱).

افزایش عمق خاک‌ورزی اثر بسیار چشم‌گیری بر هزینه‌ها و مصرف سوخت دارد (۹). به‌دلیل کاهش عمق خاک‌ورزی و حذف برخی عملیات و ترددها، کل هزینه خاک‌ورزی در روش‌های کم‌خاک‌ورزی T2 تا T6 به‌ترتیب به‌میزان ۴۰، ۳۲، ۵۴، ۵۰ و ۶۰ درصد نسبت به‌روش مرسوم، با هزینه ۵۰۰۰۰۰ ریال بر هکتار، کاهش یافته است. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش با یافته‌های خیرالله و همکاران مبنی بر کسب بیشترین بازده مصرف سوخت و انرژی به‌ترتیب از دیسک، رتیواتور، گاوآهن بشقابی و گاوآهن برگردان‌دار (۱۵) و یافته سیجما و همکاران مبنی بر ۶۰-۴۴ درصد کاهش در هزینه روش‌های کم‌خاک‌ورزی با چیزل، دیسک و خاک‌ورز فعال (Power harrow) نسبت به‌روش خاک‌ورزی با شخم برگردان در تناوب زراعی گوجه- جو- علوفه در شرق کانادا (۱۸) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

۱. در انتخاب روش خاک‌ورزی برای کشت یک محصول، علاوه بر شاخص‌های فنی، باید عملکرد محصول و درآمد خالص در واحد سطح نیز مورد توجه قرار گیرد. اصولی در شرایط انجام این تحقیق، در صورت معنی‌دار نشدن تفاوت عملکرد محصول، می‌توان بر اساس شاخص‌های فنی مورد بررسی، هر یک از روش‌های کم‌خاک‌ورزی (سطحی) را، بسته به نوع ادوات و زمان در اختیار، جایگزین روش مرسوم نمود.

۲. کمترین مقدار مصرف سوخت، به‌ترتیب در روش‌های کم‌خاک‌ورزی با گاوآهن دوار به عمق۵ سانتی‌متر، کولتیواتور به عمق ۱۰ سانتی‌متر، دیسک سبک، کولتیواتور به عمق ۱۵ سانتی‌متر، دیسک سنگین و روش مرسوم به‌دست آمد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

۳. روش‌های کم‌خاک‌ورزی با کولتیواتور به عمق ۱۰ سانتی‌متر، دیسک سبک، گاوآهن دوار به عمق۵ سانتی‌متر، دیسک سنگین، کولتیواتور به عمق ۱۵ سانتی‌متر و روش مرسوم، به‌ترتیب، دارای بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای و کمترین زمان مورد نیاز بودند.

۴. روش‌های کم‌خاک‌ورزی با گاوآهن دوار، کولتیواتور ۱۰cm، کولتیواتور ۱۵cm، دیسک سبک و دیسک سنگین به‌ترتیب، دارای کمترین هزینه عملیات در واحد سطح بودند.

منابع مورد استفاده

۱. الماسی، م.، ش. کیانی و ن. لویمی. ۱۳۸۰. *مبانی مکانیزاسیون کشاورزی*. چاپ دوم. مؤسسه انتشارات حضرت معصومه (س)، قم.

۲. الماسی، م.، ع. برقعی و ت. توکلی. ۱۳۷۹. *فرهنگ کشاورزی و منابع طبیعی*. جلد نهم، *ماشین‌های کشاورزی*. انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

۳. بی نام. ۱۳۸۷. هزینه تولید محصولات کشاورزی (متوسط هزینه تولید یک هکتار محصولات کشاورزی به تفکیک مراحل مختلف کشت در کل کشور در سال زراعی۸۶–۱۳۸۵). وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۴. خسروانی، ع.، م. زابلستانی، ا. شریفی، ا. محسنی‌منش، م. شهربانونژاد و ع. همت. ۱۳۸۲. بررسی امکان خاک‌ورزی سطحی در کشت گندم آبی. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ۱۷(۴): ۲۹–۴۵.

۵. دهقان، ا. و م. الماسی. ۱۳۸۵. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج به‌روش خشکه‌کاری در منطقه شاوور خوزستان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۷(۲۹):۸۹–۱۰۰.

۶. روزبه، م. و م. لغوی. ۱۳۸۵. مقایسه روش‌های محتلف تهیه بستر تحت شرایط خشک بر عملکرد ذرت دانه‌ای بعد از گندم. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ۷(۲۹):۱۹–۳۲.

۷. روزبه، م.، م.ع. پوسکانی، م. شاکر و ا. ر. نیکزاد. ۱۳۷۹. تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در تناوب با ذرت. گزارش نهایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه شماره ۱۶۶.

۸. صلح جو، ع.، م. لغوی، ح. احمدی و م. روزبه. ۱۳۸۰. تأثیر درصد رطوبت خاک و عمق شخم بر میزان خرد شدن خاک و کاهش عملیات خاک‌ورزی ثانویه. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۲(۶):۱–۱۲.

۹. کوچکی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. *اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک (ترجمه)*. نشر آموزش کشاورزی، کرج.

۱۰. منصوری‌راد، د. ۱۳۷۴. *تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی*. جلد اول، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

۱۱. همت، ع. و ا. اسدی خشویی. ۱۳۷۶. اثرات روش‌های مستقیم کاشت، بی‌برگردان‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر عملکرد دانه گندم پاییزه آبی. مجله علوم کشاورزی ایران ۱ :۳۳–۱۹.

12. Ambassa-Kiki, R., Y. Abobaker and T. Boulama. 1996. Zero-tillage for rice production on Cameroonian vertisols. Soil and Tillage Res. 39(1-2): 75-84.
13. Hemmat, A. and A. Eskandari. 2004. Tillage system effects upon productivity of dryland winter wheat-chickpea rotation in the northwest region of Iran. Soil and Tillage Res. 78(1): 37-52.
14. Kelemme, R. M. 1985. A stochastic dominance comparison of reduced tillage systems in corn and soybean production under risk. Amer. J. Agric. Econ. 67: 550-557.
15. Kheiralla, A., F. Azmiyahya and W. Ishak. 2004. Modeling of Power and energy requirement for tillage implements operating in Sardang Sandy clay loam, Malay Sia. Soil and Tillage Res. 78: 21-34.
16. Rashid. A. S. and De Datta, S. K. 1986. Reducing tillage techniques for wetland rice as affected by herbicides. Soil and Tillage Res. 6(4): 291-303.
17. Sakine, O. and C. Anıl 2006. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay–loam soil in semi-arid north-western Turkey. Soil and Tillage Res. 88 (1-2): 95-106.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]

18. Sijtsma, G. H., A. J., Campbell, N. B. Mclaughlim and M. R. Carter. 1998. Comparative tillage costs for crop rotation utilizing minimum tillage on a farm scale. Soil and Tillage Res. 49: 223-231.
19. Tessier, S., B. Lachance, C. Lague, Y. Chen, L. Chi and D. Bachand. 1997. Soil compaction reduction with a modified one-way disker. Soil and Tillage Res. 42: 63-77.
20. Unger, P. W. 1977. Tillage effects on winter wheat production where the irrigated and dryland crops are alternated. Agron. J. 69: 944-950.
21. Ying, C., S. Tessier and B. Irvine. 2004. Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till seeding. Soil and Tillage Res. 77: 147-155.
22. Zenter, R. P., S. Tessier, M. Peru, F. B. Dyck and C. A. Campbell. 1991. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan (Canada). Soil and Tillage Res. 21: 225-242.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1388.13.47.23.6]