تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۱۹/ شماره ۷۱/ پاییز و زمستان ۱۳۹۷/ص ۲۸-۱۷

تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر مصرف انرژی و عملکرد گندم آبی در منطقه اراک

ابوالفضل هدایتی‌پور[1*] و محمد یونسی‌الموتی[2]

۱- مربی پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

۲- دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۱

چکیده

اجرای روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی علاوه بر اینکه باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود، کاهش مصرف انرژی و هزینهٔ تولید را در زراعت گندم به‌دنبال دارد. به‌منظور بررسی مقدار انرژی نهاده و ستانده، شاخص‌های انرژی و عملکرد گندم در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در کشت گندم آبی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی طی دو سال زراعی ۹۲ - ۹۱ و ۹۳- ۹۲ اجرا شد. فاکتور-های اصلی آزمایش عبارت بودند از: ۱) گاوآهن برگرداندار+ دیسک (روش مرسوم)، ۲) کم خاک‌ورزی با چیزل پکر، ۳) کم خاک‌ورزی با گاو آهن مرکب و ٤) بدون خاک‌ورزی. در قطعه زمین آزمایشی تناوب ذرت- گندم اجرا شد. عملکرد بیولوژیکی و دانه، میزان مصرف سوخت، مقدار انرژی نهاده‌های به‌کار گرفته شده، انرژی ستانده و شاخص‌های انرژی، اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که روش خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانهٔ گندم در سطح ۵ درصد ندارد. مصرف سوخت در تیمارهای ۱،۲، ۳ و ٤ به‌ترتیب عبارت بودند از: ۸۰/٤٦، ۳۱/٤٦، ۳۳ و ۱٤/۵ لیتر بر هکتار. بیشترین و کمترین بهره‌وری انرژی با ۰/۰۷۵ و ۰/۰٦۲ کیلوگرم محصول به‌ازای مصرف هر مگاژول انرژی به‌ترتیب در تیمارهای کشت مستقیم و روش مرسوم دیده می‌شود. مصرف انرژی در تیمارهای مرسوم، چیزل پکر، گاو آهن مرکب و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب ۵۷٦۷۰، ۵۰۸٤۹، ۵۰۹٤۹ و ٤۷٦۰۹ مگاژول در هر هکتار به‌دست آمده است. بهترین گزینه از نظر شاخص‌های انرژی روش کشت مستقیم است.

واژه‌های کلیدی

بی‌خاک‌ورزی، تناوب گندم-ذرت، کم‌خاک‌ورزی، مصرف انرژی

مقدمه

خاک‌ورزی مهم‌ترین عملیات در تولید محصولات زراعی است. نزدیک به ۶۰ درصد از کل انرژی مصرفی در عملیات مکانیکی، مربوط به آماده‌سازی زمین است (Behrouzi-Lar, 1991). علاوه بر مصرف فراوان انرژی، مشکل بزرگ در دهه‌های اخیر، بروز پیامدهای فراوان زیست‌محیطی به‌واسطهٔ استفادهٔ بی‌رویه و غیر اصولی از خاک است. به‌دنبال افزایش فرسایش خاک، مشکل کمبود مادهٔ آلی خاک نیز به چالشی مهم در بخش کشاورزی تبدیل شده است. بر اساس گزارش موسسهٔ تحقیقات خاک و آب کشور، ۶۲ درصد اراضی کشور کمتر از یک درصد مادهٔ آلی دارند و تنها ۹ درصد اراضی کشور دارای مادهٔ آلی بیش از ۱/۵ درصد هستند که این امر می‌تواند پیامدهایی جبران ناپذیر به‌دنبال داشته باشد (Khademi *et al.*, 2011). شخم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار نقش بسیار مهمی در کاهش مادهٔ آلی خاک دارد. از پیامدهای

*نگارنده مسئول: ahedayatypoor@yahoo.com

http://doi: 10.22092/erams.2017.106249.1091

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش مادهٔ آلی خاک می‌توان به کاهش نفوذپذیری و تهویهٔ خاک، افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک و فرسایش بیشتر خاک اشاره کرد. یکی از نکات اساسی در برآورد پیامدهای افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصول، در نظر گرفتن آثار بلند مدت اجرای روش‌های خاک‌ورزی است. کاهش مدت زمان اجرای عملیات، افزایش عمر تراکتورها، هزینهٔ کمتر تعمیرات ادوات کشاورزی و بهبود شرایط زیست‌محیطی از مزایایی هستند که باید آنها را مدنظر گرفت (Sayadian & Beheshti, 2005). با تغییر روش متداول آماده‌سازی زمین به روش کشت مستقیم، مصرف انرژی و توان بین ۵۰ تا ۷۵ درصد کاهش خواهد یافت. با توجه به نوع خاک و وضعیت بقایای گیاهی، میزان صرفه‌جویی سوخت در هر هکتار بین ۲۰ تا ۵۰ لیتر در هکتار تخمین زده می‌شود (TiTi, 2003). با استفاده از روش‌های خاک‌ورزی نوین یا روش‌های کشت مستقیم می‌توان کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی ایجاد کرد. معمولاً در روش خاک‌ورزی با استفاده از گاوآهن قلمی علاوه بر کاهش مدت زمان عملیات شخم، ۵۰ درصد در میزان سوخت صرفه‌جویی می‌شود (Bonary *et al.*,1995).

پژوهشگران استان فارس به‌منظور ارزیابی میزان مصرف انرژی مصرفی در روش‌های مختلف تهیهٔ زمین ذرت، سه روش مختلف خاک‌ورزی با گاو آهن برگردان دار و یک روش خاک‌ورزی با استفاده از گاو آهن قلمی را ارزیابی کردند. تیمارها در رطوبت‌های مختلف خاک به اجرا درآمدند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار سوخت مصرفی، مقاومت کششی، توان مالبندی و انرژی مصرفی مالبندی در شرایط خاک‌ورزی اولیه با گاوآهن برگردان‌دار در رطوبت ۸/۵ درصد بوده است؛ کمترین مقدار سوخت مصرفی، مقاومت کششی، توان مالبندی و انرژی مصرفی مالبندی نیز در حالتی دیده شده که گاوآهن قلمی (چیزل) در رطوبت ۱۶ تا ۱۸ درصد به‌کار گرفته شده است (Rouzbeh *et al.*, 2001). کیانی و هوشیار (Kiani & Houshyar, 2012) مصرف انرژی در گندم دیم در منطقه‌ای واقع در شمال استان خوزستان را با استفاده از پرسش‌نامه و دو گروه از کشاورزان در قالب نمونه‌های آماری بررسی کردند. کشاورزان گروه اول با روش خاک‌ورزی مرسوم و کشاورزان گروه دوم با روش خاک‌ورزی حفاظتی کشت می‌کردند. نتایج یافته‌های این محققان نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید گندم دیم برای هر هکتار در محدوده ۱۵۸۰۰ تا ۱۷۲۰۰ مگاژول در هکتار است. بر اساس یافته‌های پژوهشی این محققان، ۹۰ درصد انرژی برای مصرف کود، بذر و سوخت گزارش شده است. بهترین کارایی مصرف انرژی ۹ مگاژول به‌ازای هر کیلوگرم گندم و نسبت انرژی خروجی به ورودی (۱/۶۳) در روش خاک‌ورزی حفاظتی به‌دست آمده است.

کوستیک و همکاران (Koustic *et al.*, 2005) تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی را بر مصرف انرژی در منطقه‌ای در شمال شرق اسلونی طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۹ بررسی کردند. تیمارهای آزمایشی در این تحقیق عبارت بودند از روش متداول، روش خاک‌ورزی حفاظتی با استفاده از گاوآهن قلمی (چیزل) و روش بدون شخم. نتایج این پژوهش نشان داد که خاک‌ورزی مرسوم (متداول) با ۱۸۱۳ مگاژول انرژی به‌ازای هر هکتار بیشترین مصرف انرژی را داشته است. در کل، مقدار صرفه‌جویی در مصرف انرژی در روش‌های حفاظتی و بدون شخم به‌ترتیب ۳۷/۵ و ۸۵ درصد بوده است. میانگین مصرف سوخت برای خاک‌ورزی مرسوم ۶۱ لیتر در هکتار، برای خاک‌ورزی حفاظتی ۳۵ لیتر در هکتار و برای کشت بدون خاک‌ورزی ۷/۳ لیتر در هکتار به‌دست آمده است.

یونسی و شریفی (Younesi-Alamouti & Sharifi, 2012) تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

سوخت را ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان مصرف سوخت در گاوآهن مرکب حدود ۳۷ لیتر در هکتار و در روش مرسوم در حدود ۵۸ لیتر در هکتار است.

نتایج پژوهش‌های محققان هندی (Sharma & Behra, 2008) نشان می‌دهد که میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت در روش کشت مستقیم، در مقایسه با روش مرسوم، ۴۰ تا ۷۰ لیتر در هر هکتار است. این موضوع علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف سوخت، مقدار دی‌اکسید وارد شده به محیط را کاهش می‌دهد (هر لیتر سوخت ۲/۶ کیلوگرم دی اکسید کربن تولید می‌کند). اجرای روش کشت مستقیم هزینه‌های تعمیرات تراکتور را به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد. یکی از روش‌های کاهش مصرف انرژی در تولید گندم آبی و افزایش درآمد کشاورز، اجرای روش‌های کم‌خاک‌ورزی است. افزایش مادهٔ آلی خاک و به‌دنبال آن افزایش حاصلخیزی خاک جز با اجرای کم‌خاک‌ورزی امکان‌پذیر نخواهد بود. هدف از پرداختن به این پژوهش، مقایسهٔ مصرف انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در گندم آبی در منطقه اراک است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات زراعی و همچنین بر مصرف انرژی نهاده‌ها، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های زراعی ۹۲-۹۱ و ۹۳-۹۲ در قطعه زمینی (با تناوب ذرت – گندم) واقع در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی اجرا شد. وزن بقایای گیاهی در هر هکتار با استفاده از کادر اندازه‌گیری شد. این مقدار حدود ۱۶۰۰ کیلوگرم در هر هکتار بود. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- خاک‌ورزی مرسوم، ۲- کم‌خاک‌ورزی با چیزل پکر، ۳- کم‌خاک‌ورزی با گاو آهن مرکب و ۴- بی‌خاک‌ورزی. جدول‌های ۱ و ۲ ویژگی‌های فنی ماشین‌های مورد استفاده در آزمایش را نشان می‌دهند. در روش مرسوم برای شخم ثانویه از دیسک ۳۲ پره‌ای تاندوم (ساخت شرکت تاکا) با بشقاب‌هایی به قطر ۶۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای کاشت گندم در روش مرسوم، از خطی‌کار معمولی ساخت شرکت جیران صنعت، ۱۳ ردیفه با عرض کار ۲ متر، استفاده شد. شیاربازکن مورد استفاده در این دستگاه از نوع بیلچه‌ای و بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی- رسی بود.

جدول ۱– ویژگی‌های دستگاه‌های خاک‌ورز مورد استفاده در آزمایش

نوع ماشین	سازنده دستگاه	نوع ساقه	نوع تیغه	تعداد واحدهای خاک‌ورزی	عرض کار (سانتی‌متر)
چیزل پکر	تاکا	ساقه سخت	بیلچه‌ای بال‌دار	۵	۲۰۰
گاوآهن مرکب	تاکا	ساقه فنری	نوع پنجه غازی	۵	۲۰۰
گاوآهن برگردان‌دار	آهنگری خراسان	-	-	۳	۹۵

جدول ۲– مشخصات فنی بذرکار کشت مستقیم جیران صنعت

روش چرخش موزع	نوع شیار بازکن	فاصله واحدهای کارنده (سانتی‌متر)	تعداد واحدهای کارنده	عرض دستگاه (سانتی‌متر)
با استفاده از محور توان‌دهی (P.T.O)	بیلچه‌ای	۱۹	۱۳	۲/۵

Archive of SID
www.SID.ir

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ادوات

ظرفیت مزرعه‌ای ادوات مطابق رابطهٔ ۱ (Behrouzi-Lar, 1991) اندازه‌گیری گردید:

$$C_a = \frac{W \times S}{10} \times e_f \qquad (۱)$$

که در آن،

W= عرض ماشین (متر)؛ S= سرعت ماشین (کیلومتر بر ساعت)؛ e_f= راندمان مزرعه‌ای (درصد)

اندازه‌گیری سوخت مصرفی: قبل از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی، تراکتور و وسیلهٔ خاک‌ورز روی سطحی صاف قرار داده شدند. مخزن سوخت تا قسمت گلویی آن پر از سوخت شد. بعد از طی شدن یک مسیر ۱۰۰ متری با استفاده از استوانه مدرج مقدار سوخت ریخته شده به داخل مخزن تا قسمت گلویی اندازه‌گیری و ثبت شد. مدت زمان اجرای عملیات در مسافت ذکر شده، اندازه‌گیری و میزان سوخت بر حسب لیتر بر ساعت محاسبه گردید و با توجه به مقدار ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر حسب لیتر به‌ازای هر هکتار محاسبه شد.

روش اندازه‌گیری صفات زراعی

عملکرد و اجزای عملکرد: پیش از برداشت محصول، صفاتی چون ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه‌های بارور و نابارور اندازه‌گیری شد. در اواخر تیر ماه، با حذف حواشی، از هرکرت آزمایش یک کادر ۶ مترمربعی از محصول توسط کارگر برداشت و با کمباین وینتر اشتایگر خرمن‌کوبی و به‌دنبال آن وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد.

روش محاسبه انرژی نهاده‌ها و شاخص‌های انرژی

انرژی ناخالص نهاده (OGE)[1]: برابر است با انرژی تولید شده حاصل از کاه و دانه (Kitani,1999).

بازده خالص انرژی (NEG)[2]: بازده خالص انرژی یا انرژی خالص تولیدی، تفاضل بین انرژی ناخالص تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید در واحد سطح (مثلاً مگاژول در هکتار) است (Kitani *et al.*, 1999).

شدت انرژی یا انرژی ویژه (EI)[3]: شدت انرژی برابر با مقدار انرژی ورودی به جرم محصول است و نشان‌دهنده مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول است (Kitani *et al.*, 1999).

بهره‌وری انرژی (EP)[4]: از تقسیم مقدار محصول تولیدی در واحد سطح به کل انرژی ورودی استفاده شده جهت تولید، محاسبه می‌گردد (Ozkan *et al.*, 2004).

نسبت (کارایی) انرژی (EE)[5]: نسبت یا کارایی انرژی از تقسیم کل انرژی خروجی به کل انرژی ورودی به‌دست می‌آید. بدین منظور مجموع انرژی ورودی برای یک هکتار کشت گندم در (تیمارهای مختلف) بر معادل انرژی محصول تولیدی از هر هکتار (عملکرد یا انرژی خروجی) تقسیم می‌گردد (Singh *et al.*, 2008).

محاسبه انرژی مصرفی سوخت: با در دست داشتن میزان مصرف سوخت در هر هکتار و همچنین هم‌ارز انرژی مصرفی برای هر لیتر گازوییل، می‌توان انرژی مصرفی بر حسب مگاپاسکال را به‌دست آورد. انرژی مصرف شده برای هر لیتر گازوییل بر اساس منابع ۴۷/۸ مگاژول در نظر گرفته شد (Kitani *et al.*, 1999).

انرژی ماشین‌ها ابزار و ادوات: جهت محاسبه و برآورد انرژی ماشین‌ها، اطلاعاتی مانند مقادیر هم‌ارز تولید ادوات برحسب مگاژول بر کیلوگرم ماشین (جدول ۲)، عمر مفید ماشین بر حسب سال و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ماشین، محاسبه شد و مقادیر انرژی از رابطهٔ ۲ به‌دست آمد (Kitani *et al.*, 1999).

$$E_{mach} = \frac{E.W}{L_t.C_a} \qquad (۲)$$

که در آن،

1- Output Gross Energy
2- Net Energy Gross
3- Energy Intensity
4- Energy Productivity
5- Energy Efecciency

Archive of SID
www.SID.ir

E_{mach}= انرژی مصرف شده برای ساخت، حمل و نقل ماشین (مگاژول بر هکتار)؛ E= هم‌ارز انرژی مصرفی برای ساخت ماشین برای هر کیلوگرم وزن ماشین (مگاژول بر کیلوگرم) ساخت، حمل و نقل؛ W= وزن ماشین (کیلوگرم)؛ L_t= عمر مفید ماشین‌آلات و ادوات بر حسب ساعت و C_a= ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت).

جدول ۳- هم‌ارز انرژی برای ماشین‌ها و ادوات مختلف (Kitani, 1999)

منبع انرژی	معادل انرژی (مگاژول بر لیتر)
تراکتور	۱۳۸
گاوآهن	۱۸۰
دیسک بشقابی	۱۴۹
بذرکار	۱۳۳
کودپاش	۱۲۹
کمباین	۱۱۶

انرژی مصرف شده برای آبیاری: انرژی مورد نیاز جهت آبیاری محصولات کشاورزی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم است. در نوع مستقیم، انرژی لازم برای استحصال و تحت فشار قرار دادن آب از رابطهٔ ۳ استفاده می‌گردد (Kitani *et al.*, 1999).

$$DE=\frac{fgHQ}{\mu_1.\mu_2} \qquad (۳)$$

که در آن،

DE= انرژی مستقیم برق برای استحصال آب؛ Q= میزان کل آب مورد نیاز جهت محصول در یک فصل زراعی (مترمکعب در هکتار)؛ H= هد دینامیکی چاه (متر)؛ μ_2= راندمان پمپ (۷۰ تا ۹۰ درصد)؛ μ_1= بازدهی کل تبدیل انرژی و توان، که برای پمپ‌های برقی معمولاً برابر ۰/۱۸-۰/۲ در نظر گرفته می‌شود؛ f = چگالی آب (۱۰۰۰ کیلوگرم در متر مکعب)؛ و g= شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه).

انرژی غیرمستقیم شامل مواد خام، ساخت و انتقال کلیهٔ عواملی که در آبیاری دخالت دارند مانند حفاری، پمپ و لوله‌گذاری، تأسیسات و سایر با توجه به طول عمر سیستم. از آنجا که تعیین دقیق این نوع از انرژی آبیاری با مشکل همراه است، معمولاً درصدی از انرژی مستقیم (۱۵ تا ۲۰ درصد) را برای آبیاری سطحی در نظر می‌گیرند (Kitani *et al.*, 1999).

انرژی بذر، سم و کود: مطابق جداول استاندارد، انرژِی مصرفی برای هر نهاده مطابق مقادیر هم‌ارز انرژی برای هریک از نهاده‌های مذکور محاسبه شد (Kitani *et al.*, 1999). انرژی مصرفی توسط نیروی انسانی: برای کشت گندم از نیروی انسانی (راننده و کمک راننده) به‌منظور شخم، کاشت، داشت و برداشت استفاده می‌گردد. در کشاورزی سنتی مصرف غذای روزانه یک نفر را معادل انرژی کارکرد روزانه او در نظر می‌گیرند. انرژی نیروی انسانی از طریق رابطهٔ ۴ محاسبه گردید (Singh *et al.*, 2008).

$$E_l = W_l \times Eq_l \qquad (۴)$$

که در آن،

E_l= انرژی کارگری در هکتار (مگاژول بر هکتار)؛ W_l= تعداد کارگر- ساعت مورد نیاز در هکتار (ساعت بر هکتار)؛ Eq_l = انرژی موجود به‌ازای هر نفر- ساعت نیروی کارگری که معادل ۱/۹۶ مگاژول بر هکتار است (Singh *et al.*, 2008).

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیهٔ واریانس با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسهٔ صفات زراعی با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد انجام شد. عملکرد محصول و همچنین تمام نهاده‌های مورد استفاده به انرژی تبدیل و بر اساس شاخص‌های انرژی تیمارها مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مقایسهٔ ظرفیت مزرعه‌ای ادوات خاک‌ورزی و انرژی انسانی: جدول ۴، ظرفیت مزرعه‌ای ادوات خاک‌ورزی در مرحلهٔ آماده‌سازی زمین و کاشت را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور مصرف انرژی نیروی انسانی در روش کشت مستقیم در حدود یک چهارم انرژی مورد نیاز در روش مرسوم است. با توجه به این جدول دیده می‌شود که مدت زمان اجرای عملیات در دو روش کم‌خاک‌ورزی، در مقایسه با روش مرسوم، تا حدود ۶۰ درصد کاهش می‌یابد. در روش کشت مستقیم، این کاهش مدت‌زمان نزدیک به ۸۰ درصد است. کاهش مدت زمان اجرای عملیات کشاورزی با توجه به محدودیت زمان کشت در اول پاییز، اهمیت زیادی دارد. از طرف دیگر، با توجه به اینکه کشت مستقیم در خاک‌های نم‌دار امکان‌پذیر است (هیرم کاری)، در مواقعی‌که بارندگی‌های پاییزه مانع خاک‌ورزی می‌شود، این روش گزینهٔ بسیار خوبی برای کشت خواهد بود. انرژی نیروی کارگری در مرحلهٔ آماده‌سازی زمین در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب در حدود یک سوم و یک چهارم انرژی نیروی کارگری در روش مرسوم است.

مصرف سوخت و انرژی متناظر آن در روش‌های خاک‌ورزی: مطابق جدول ۴، مصرف سوخت در روش مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب در حدود ۸۰، ۳۱ و ۱۴ لیتر در هکتار است. با توجه به این مقادیر، مجموع انرژی مصرف شده برای سوخت در روش خاک حفاظتی و کشت مستقیم به‌ترتیب معادل ۳۸ و ۲۰ درصد روش مرسوم است.

جدول ٤- انرژی انسانی مصرف شده در روش‌های خاک‌ورزی

تیمار		ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت)	زمان عملیات در هر هکتار (ساعت در هکتار)	مصرف سوخت در هکتار (لیتر در هکتار)	مجموع مصرف انرژی سوخت (مگاژول در هکتار)	مصرف انرژی کارگری (مگاژول بر هکتار)	مجموع مصرف انرژی کارگری (مگاژول در هکتار)
مرسوم	شخم اولیه	۰/۳۵	۲/۸	۶۴	۳۰۵۹	۵/۴	۸/۳
	(دیسک‌زنی)	۱/۴۴	۰/۶۹	۸	۳۸۲	۱/۳	
	کاشت	۱	۱	۸/۴۶	۴۰۴/۳	۱/۶	
با چیزل پکر	کم‌خاک‌ورزی	۱/۲۰	۰/۸۳	۲۳	۱۰۹۹	۱/۷	۳/۳
	کاشت	۱	۱	۸/۴۶	۴۰۴/۳	۱/۶	
گاوآهن مرکب	کم‌خاک‌ورزی	۱/۰۵	۰/۹۶	۲۴/۵	۱۱۷۱	۱/۶	۳/۲
	کاشت	۱	۱	۸/۴۶	۴۰۴/۳	۱/۶	
بی‌خاک‌ورزی	کاشت	۰/۹۳	۱/۰۶	۱۴/۵	۶۹۳	۵/۴	۲/۰۷

Archive of SID

www.SID.ir

انرژی مصرفی برای ساخت و تولید ادوات خاک‌ورزی با توجه به جداول استاندارد موجود: جدول ۵ انرژی لازم برای ساخت و تولید ادوات خاک‌ورز را بر اساس داده‌های جدول‌های استاندارد موجود در منابع (Kitani *et al.*, 1999) نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، انرژی مصرف شده برای تولید ادوات خاک‌ورزی مرسوم شامل گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، در مقایسه با ادوات دیگر، بیشتر است.

جدول ۵- انرژی مصرفی تقریبی برای ساخت و تولید ادوات خاک‌ورزی در تیمارهای آزمایشی با توجه به جدول‌های استاندارد موجود

تیمار	نوع ادوات	وزن ادوات (کیلوگرم)	زمان عملیات (ساعت در هکتار)	انرژی مصرف شده برای تولید ادوات (مگاژول در هکتار)	انرژی مصرف شده تراکتور (مگاژول در هکتار)	مجموع انرژی مصرف شده (مگاژول در هکتار)
روش مرسوم	برگردان‌دار	۴۰۰	۲/۸	۶۷	۷۷۸	۸۴۵
	دیسک	۴۵۰	۰/۶۹	۱۵	۱۹۲	۲۰۷
	خطی‌کار	۴۵۰	۱/۴۱	۲۵	۳۸۶	۴۱۱
کم‌خاک‌ورزی	گاوآهن مرکب	۶۲۰	۰/۹	۳۳	۲۵۰	۲۸۳
	خطی‌کار	۴۵۰	۱/۴۱	۲۵	۳۸۶	۴۱۱
کم‌خاک‌ورزی	چیزل - پکر	۴۸۰	۰/۸۳	۲۴	۲۳۱	۲۵۵
	خطی‌کار	۴۵۰	۱/۴۱	۲۵	۳۸۶	۴۱۱
بی‌خاک‌ورزی	کارنده	۵۵۰	۱/۰۶	۳۵	۲۹۵	۳۳۰

با این حال داده‌های جدول ۵ تقریبی است که با توجه به جنس ادوات و همچنین وزن آنها تغییرات زیادی دارد. این مطلب در خصوص سایر ادوات که در ادامه خواهد آمد نیز عمومیت دارد.

انرژی مصرف شده برای عملیات کاشت: با توجه به اینکه زمان اجرای عملیات کاشت در روش‌های شخم حفاظتی و روش مرسوم تقریباً یکی است انرژی مصرف شده برای هر سه روش در مرحله کاشت یکسان در نظر گرفته شد که جزییات آن در جدول ۶ آورده شده است. در مورد بذر مصرفی با توجه به اینکه تراکم بذر در هر هکتار برای کلیهٔ تیمارها ۱۷۰ کیلوگرم در هر هکتار در نظر گرفته می‌شود انرژی مصرفی برای بذر ۲۲۱۰ مگاژول برای هر هکتار به‌دست آمده است. همچنین انرژی نیروی کارگری بر اساس ۲ نفر محاسبه شد.

انرژی مصرف شده برای کودپاشی: میزان مصرف کود در تمام تیمارها یکسان است. انرژی مصرف شده در مرحلهٔ کود دهی مطابق با جدول ۶ است. یادآوری می‌شود که سه نوع کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات تاسیم به‌ترتیب با ۱۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای کلیهٔ تیمارها در نظر گرفته و محاسبات بر اساس کود پاش نوع گریز از مرکز دنبال شد.

انرژی مصرفی برای سمپاشی (مبارزه با سن گندم): جدول ۶ میزان انرژی مصرفی شامل نیروی انسانی، مصرف سوخت برای سمپاشی و همچنین انرژی غیر مستقیم سمپاش و تراکتور مورد استفاده را به‌صورت تقریبی و بر اساس مقادیر استاندارد انرژی معادل نیروی انسانی نشان می‌دهد (Kitani *et al.*, 1999). مقادیر انرژی محاسبه شده برای سمپاش بوم‌دار پشت تراکتوری است.

برای برداشت نیز انرژی مصرفی شامل انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم برای تیمارهای آزمایشی یکسان در نظر گرفته شده است. جزییات مقادیر انرژی مطابق جدول ۶ است. انرژی نیروی انسانی بر اساس ۳ نفر در نظر گرفته

Archive of SID

www.SID.ir

شده است. انرژی مستقیم آبیاری: انرژی مستقیم آبیاری، با توجه به چاه عمیق محل آزمایش (دارای عمق ۱۲۰ متر و دبی ۳۰ لیتر بر ثانیه) محاسبه شد.

اگر ضریب بازدهی کل تبدیل انرژی و توان را ۰/۲ در نظر بگیریم، انرژی مستقیم برای آبیاری بر حسب مگاژول بر هکتار مطابق جدول ۷ محاسبه شده است. اختلاف آب مصرفی در روش خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی به‌دلیل اختلاف در مقدار آب مصرفی در اولین آبیاری است. این اختلاف در انرژی مستقیم آبیاری نیز قابل مشاهده خواهد بود. با توجه به جدول فوق اگر تیمار آبیاری کامل را در ۴ تیمار آزمایش در نظر بگیریم، در روش خاک‌ورزی حفاظتی ۱۰ درصد انرژی الکتریسیته (جهت استحصال آب) کمتر مصرف می‌شود. با توجه به اینکه حجم آب اولین دور آبیاری در روش مرسوم بیشتر از حجم آب اولین دور آبیاری در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی است، انرژی مصرف شده برای آبیاری (بدون احتساب نیروی کارگری) در روش خاک‌ورزی حفاظتی، در حدود ۱۰ درصد کمتر است.

عملکرد دانه و کاه: جدول ۸ عملکرد دانه و کاه را نشان می‌دهد.

جدول ٦- انرژی مصرفی برای عملیات کاشت، داشت و برداشت گندم آبی (واحدها بر حسب مگاژول بر هکتار)

	زمان مورد نیاز (ساعت بر هکتار)	انرژی مصرفی برای کارگر	انرژی مصرفی سوخت	انرژی ساخت ماشین	انرژی برای نهاده	انرژی برای ساخت تراکتور	مجموع انرژی مصرفی
کاشت	۱/۴	۰/۷	۲۸۷	۲۵	۲۲۱۰	۳۸۶	۲۹۰۸
سمپاشی	۰/۳۹	۱/۶	۱۶۰	۴/۳	۲۳۷	۱۰۸	۵۱۱
کودپاشی	۰/۰۸	۰/۱۶	۱۴۳	۰/۶۸	۶۸۷۳	۲۲/۲	۷۰۳۹
برداشت	۱/۵	۰/۷۵	۱۶۹۲	۴۰۰	-	-	۲۰۹۳

جدول ۷- انرژی مستقیم مصرف شده برای آبیاری

روش خاک‌ورزی	مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	انرژی مصرف شده برای استحصال آب (مگاژول بر هکتار)	انرژی مصرف شده در آبیاری سطحی (با در نظر گرفتن ضریب ۰/۲)
مرسوم	۵۷۲۰	۳۳۶۳۳	۴۰۳۵۹
کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی (۳ تیمار دیگر آزمایش)	۵۲۰۰	۳۰۵۷۶	۳۶۶۹۱

جدول ۸ – هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تیمارهای آزمایش (مگاژول بر هکتار)

تیمار	آماده‌سازی زمین	کاشت	گردپاشی	سمپاشی	آبیاری	برداشت	مجموع انرژی نهاده	انرژی دانه	انرژی کاه	مجموع انرژی نهاده
روش مرسوم	۴۵۰۰	۲۹۰۸	۷۰۳۹	۵۱۱	۴۰۶۱۹	۲۰۹۳	۵۷۶۷۰	۴۶۶۰۵	۴۷۷۱۱	۹۴۳۱۶
چیزل پکر	۱۳۵۷	۲۹۰۸	۷۰۳۹	۵۱۱	۳۶۹۴۱	۲۰۹۳	۵۰۸۴۹	۴۵۲۰۱	۳۸۲۸۵	۸۳۴۲۶
گاوآهن مرکب	۱۴۵۷	۲۹۰۸	۷۰۳۹	۵۱۱	۳۶۹۴۱	۲۰۹۳	۵۰۹۴۹	۴۶۴۳۶	۳۵۷۸۸	۸۲۲۰۰
بی‌خاک‌ورزی	۱۰۲۵	-	۷۰۳۹	۵۱۱	۳۶۹۴۱	۲۰۹۳	۴۷۶۰۹	۴۶۴۴۹	۳۵۰۰۰	۷۵۷۵۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- متوسط انرژی خروجی در تیمارهای آزمایش

روش خاک‌ورزی	خاک‌ورزی مرسوم	گاوآهن چیزل	گاوآهن مرکب	کشت مستقیم
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۳۵۸۵	۳۴۷۷	۳۵۷۲	۳۵۷۳
شاخص برداشت	۴۱/۱	۴۳/۴	۴۸/۲	۴۸/۶
عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	۵۱۵۸	۴۱۳۹	۳۸۶۹	۳۷۷۸

مجموع انرژی نهاده‌ها: جدول ۸ مجموع انرژی نهاده‌ها در تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهد. در ستون انرژی مصرف شده برای آبیاری، انرژی نیروی انسانی مورد نیاز برای آبیاری برای روش خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی (شامل ۳ روش) به‌ترتیب ۲۶۰ و ۲۵۰ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد که در این جدول لحاظ گردیده است. در این جدول، عمده اختلاف انرژی مصرفی برای آماده‌سازی زمین و آبیاری است. از طرفی، در روش کشت مستقیم به‌دلیل اینکه خاک‌ورزی و کاشت هم‌زمان پیش می‌روند معادل انرژی آن در قسمت آماده‌سازی زمین آورده شده است.

انرژی تولید شده خروجی در تیمارهای آزمایش: جدول ۹ انرژی تولید شده در تیمارهای آزمایش را نشان می‌دهد. انرژی تولید شده شامل انرژی خروجی حاصل از دانه و کاه است. در اینجا دیده می‌شود که مجموع انرژی تولید شده در روش خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری کامل، با توجه به بالاتر بودن عملکرد دانه، بیشتر است تا در تیمارهای دیگر آزمایشی.

شاخص‌های انرژی تیمارهای آزمایش: جدول ۱۰ شاخص‌های انرژی در تیمارهای آزمایش را نشان می‌دهد. در این جدول، بیشترین و کمترین مصرف انرژی به‌ترتیب در روش خاک‌ورزی مرسوم و روش بدون خاک‌ورزی دیده می‌شود. از آنجاکه عملکرد دانه در روش خاک‌ورزی مرسوم کمی بیشتر عملکرد دانه در روش‌های خاک‌ورزی دیگر است (از نظر آماری در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نیست) انرژی خالص در این تیمار نسبتاً بیشتر می‌باشد. با این‌حال، بهره‌وری انرژی در روش خاک‌ورزی حفاظتی و کشت مستقیم در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم بیشتر است.

جدول ۱۰- متوسط شاخص‌های انرژی در تیمارهای آزمایشی

روش خاک‌ورزی	انرژی تولید شده (مگاژول بر هکتار)	انرژی مصرفی (مگاژول بر هکتار)	نسبت انرژی	انرژی خالص (مگاژول)	بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)	شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)
مرسوم	۹۴۳۱۶	۵۷۶۷۰	۱/۶۳	۳۶۶۴۶	۰/۰۶۲	۱۶/۱
چیزل – پکر	۸۳۴۲۶	۵۰۸۴۹	۱/۶۴	۳۲۵۷۷	۰/۰۶۸	۱۴/۷
گاوآهن مرکب	۸۲۲۰۰	۵۰۹۴۹	۱/۶۱	۳۱۲۵۱	۰/۰۷۰	۱۴/۲
بی‌خاک‌ورزی	۸۱۵۰۰	۴۷۶۰۹	۱/۷۱	۳۳۸۹۱	۰/۰۷۵	۱۳/۳

نتیجه‌گیری

به‌کارگیری روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد نمی‌شود اگر چه عملکرد روش مرسوم قدری بیشتر است. با این حال، صرفه‌جویی در انرژی و هزینه و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک، انتخاب این روش‌ها را توجیه‌پذیر

Archive of SID

www.SID.ir

می‌کند. مصرف سوخت در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب معادل ۸۰، ۳۲ و ۱۴/۵ لیتر به ازای هکتار محاسبه شده است. ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ادوات خاک‌ورزی در روش خاک‌ورزی حفاظتی در حدود ۲/۴ برابر ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر این ادوات در روش مرسوم است. این موضوع در کشت پاییزه غلات که گاهی بارش‌های پاییزی عامل محدود کننده هستند اهمیت ویژه‌ای دارد. در روش کشت مستقیم، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر خطی‌کار بیشتر از ۴ برابر ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در روش مرسوم است.

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین بهره‌وری انرژی به‌ترتیب در روش خاک‌ورزی مرسوم با ۰/۰۶۲ و روش بی‌خاک‌ورزی با ۰/۰۷۵ کیلوگرم دانه به‌ازای مصرف هر مگاژول انرژی است. بیشترین مقدار انرژی مصرفی ۵۷۶۷۰ مگاژول در هر هکتار و کمترین آن مربوط به روش بی خاک‌ورزی مربوط به روش کشت مستقیم با ۸۱۵۰۰ مگاژول در هر هکتار می‌باشد. مقدار انرژی خروجی (تولید شده) در روش خاک‌ورزی مرسوم در مقایسه با تیمارهای دیگر بیشتر است (به‌دلیل قدری افزایش عملکرد در روش مرسوم)، با این حال نسبت انرژی در روش مرسوم در حدود ۱/۶۳ و در روش کشت مستقیم ۱/۷ است.

مراجع

Behrouzi-Lar, M. 1991. Managment of Tractors and Agricultural Machinary. University of Tehran Pub. Iran. (in Persian)

Bonary, F., Mazzo, M. and Peruzz, A. 1995. Effect of Consumption and minimum tillage on winther oil seed rape in a sandy soil . Soil Till. Res.33, 91-108

Khademi, Z., Balali, M., Asadi, F., Shahbazi,K., Rezaee, H., Feizollahzadeh, M., Bazargan, K. and Tehrani, M. M. 2011. Increasing of macro element fertilizers and investigating of sulfur ana magnesium role on yield increase and improvement of wheat quality. Research Report. Water and Soil Resarch Institute, Karaj, Iran. (in Persian)

Kiani, S. H. and Houshyar, E. 2012. Energy consumption of rained wheat production in conventional and conservation tillage systems. Int. J. Agric. Crop. Sci. 4, 213-219.

Kitani, O., Junghbluth, R. M. and Ramdani, A. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. 5. Energy and Biomass Engineering. Published by the American Socity of Agricultural Engineers.

Koustic, S., Filipov, D., Gospodari, Z., Husnjak, S., Kovacev, I. and Copec, K. 2005. Effect of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on Albic Luvistol in north-west Slovani. Cent. Eur. Agric. 6 (3): 241-248.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Karadeniz, F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Convers. Manag. 45, 1821-1830.

Rouzbeh, M., Almasi, M. and Hemmat, A. 2001. Evaluating and comparison of required energy at tillage methods in corn. Nat. Resour. Agric. Sci. 9(1): 17-28. (in Persian)

Sayadian, K. and Beheshti, A. 2005. No tillage and its Challenges. Razi University Press. (in Persian)

Sharma, A. R. and Behra, U. K. 2008. Modern consepts of agriculture: Conservation tillage. Indian Agricultural Reserch Institute. New Dehli, No, 110012, 2008.

Archive of SID

www.SID.ir

Singh, K. P., Ved, P., Srinivas, K. and Srivastva, A. K. 2008. Effect of tillage management on energy-use efficiency and economics of soybean (Glycine max) based cropping systems under the rainfed conditions in North-West Himalayan Region. Soil Till. Rese. 100, 78-82.

Titi, F. T. 2003. Soil Tillage in Agroecosystems. C.R.C. Press. Tylor & Francis Group.

Younesi-Alamouti, M. and Sharifi, A. 2012. Investigating and determining of required power, fuel consumption and some soil properties in several tillage methods. J. Agric. Mach. 2(1): 11-18. (in Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Agricultural Mechanization and Systems Research /Vol.19/No.71/ Autumn & Winter 2018/P: 17-28

The Effect of Tillage Methods on Energy Consumption and Grain Yield of Irrigated Wheat in Arak Province

A. Hedayatipour* and M. Younesi-Alamouti

* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran. Email: Ahedayatypoor@yahoo.com
Received: 24 May 2016, Accepted: 12 September 2017

Application of minimum and no-tillage operation not only increase soil organic mater and soil fertility, but also decreases the production cost and energy consumption in wheat production. In order to evaluate the effect of tillage methods on amount of input and output energy as well energy indices and grain yield in wheat-corn rotation, a randomize complete block design experiment (RCBD) with three replications comprising of four tratments was conducted during 2012-2013 and 2013-2014 at Research Farm of Agricultural and Natural Resources Research and Training Center of Markazi Province. Treatments were: Moldboard plow and disk as prevailing tillage method, minimum tillage by chisel plow, minimum tillage by combined plow and No-tillage. During course of investigation fuel consumption, consumed energy for all inputs, output energy as well as energy indices were measured. Results showed that the effect of tillage methods was not significant on yield ($p<0.05$). Fuel consumption in first, second, thirs and fourth treatments were 80.46, 31.46, 33 and 14/5 lit/ha, respectively. The highest and the lowest energy pruductivity was that of no-tillage and conventional metod with 0.075 and 0.062 Mega joule per kilogram of crop harvested. Energy consumption in conventional, chisel plow, Combined plow and no-tillage treatments were 57670, 50849, 50949 and 47609 Mj, respectively. Considering the energy indices, best treatment, was related to no-tillage method.

Keywords: Corn Rotation, Energy Consumption, Minimum Tillage, No-Tillage, Wheat

Archive of SID

www.SID.ir