

مقاله پژوهشی

تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر مقدار ماده آلی خاک و شاخص‌های انرژی در کشت لوبیا (مطالعه موردی شهرستان اراک)

ابوالفضل هدایتی‌پور^۱، منا طهماسبی^۲ و مصطفی گودرزی^۳

چکیده

هدف از اجرای این آزمایش، بررسی تأثیر به‌کارگیری روش‌های کشاورزی حفاظتی بر روی مقدار ماده آلی خاک، شاخص‌های انرژی و عملکرد محصول در کشت لوبیای سفید (رقم درسا) بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی در سال‌های زراعی ۹۷-۹۶، ۹۸-۹۷ و ۹۹-۹۸ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- روش مرسوم خاک‌ورزی (استفاده از گاوآهن برگردان‌دار - دیسک) به عنوان شاهد، ۲- روش کم‌خاک‌ورزی با استفاده از گاوآهن چیزل-پکر و ۳- روش بی‌خاک‌ورزی با دستگاه کشت مستقیم. در هر سه سال آزمایش، درصد ماده آلی خاک بعد از برداشت محصول اندازه‌گیری شد. عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا در انتهای فصل زراعی با حذف حواشی، اندازه‌گیری شدند. همچنین انرژی مصرفی نهاده‌ها و ستاده‌ها، انرژی ناخالص تولید شده در هر هکتار، نسبت و شدت انرژی و بهره‌وری انرژی برای هر تیمار محاسبه گردید. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمار کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی با مقادیر ۲۸۶۹ و ۲۰۷۶ کیلوگرم در هر هکتار بوده است. میانگین سه ساله مقادیر ماده آلی خاک در تیمارهای آزمایش به ترتیب تیمارها ۰/۴۳، ۰/۵۸۲ و ۰/۶۲۱ درصد بود که بیشترین افزایش در تیمار کم‌خاک‌ورزی دیده شد. بیشترین و کمترین شدت انرژی به ترتیب مربوط به روش‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی با مقادیر ۳۸/۶ و ۲۷/۳ مگاژول به ازای هر کیلوگرم دانه خشک به دست آمد. یکی از دلایل افزایش مصرف انرژی و کاهش عملکرد دانه در روش بی‌خاک‌ورزی، بالا بودن جمعیت علف هرز و در نتیجه مصرف زیاد علفکش‌های عمومی و اختصاصی بود. در نهایت با توجه به افزایش عملکرد دانه، افزایش مقدار ماده آلی خاک و بهبود شاخص‌های انرژی در کشت لوبیا، روش کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش بی‌خاک‌ورزی مناسب‌تر ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: بی‌خاک‌ورزی، کشاورزی حفاظتی، کم‌خاک‌ورزی، لوبیا، مصرف انرژی

ارجاع: هدایتی‌پور ا.، طهماسبی م. و گودرزی م. ۱۴۰۲. تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر مقدار ماده آلی خاک و شاخص‌های انرژی در کشت لوبیا (مطالعه موردی شهرستان اراک). نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۹: ۴۴-۴۳.
<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.14171.639>

۱- مربی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک.
۲- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک.
۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک.

* نویسنده مسئول: ahedayatypoor@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸

مقدمه

ساختار کشاورزی حفاظتی بر سه اصل استوار است که عبارتند از حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین، حداقل به هم‌خوردگی خاک و اجرای تناوب زراعی. بنابراین دسترسی به کشاورزی پایدار و حصول منافع حاصل از آن، مستلزم پیاده‌سازی اصول مذکور به صورت توأم است، به طوری که مقدار بقایای محصول قبلی بر روی سطح خاک می‌بایست حدود ۳۰ درصد خاک را پوشش دهد (Corsi & Muminjanov, 2019). درخصوص اصل به حداقل رسانیدن جابجایی خاک، استفاده از ادواتی که مانع از برگردان شدن خاک می‌شوند، توصیه می‌شود. اصطلاح خاک‌ورزی حفاظتی با کشاورزی حفاظتی متفاوت است و در واقع خاک‌ورزی حفاظتی زیر مجموعه‌ای از کشاورزی حفاظتی است که در برخی موارد به اشتباه معادل یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند. همچنین با برگردان شدن خاک، ذخیره ماده آلی خاک که دارای ارزش زیادی است و یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفی خاک محسوب می‌شود، به شدت کاهش می‌یابد (Oliveira et al., 2019). روش‌های مختلفی برای اجرای خاک‌ورزی حفاظتی معرفی شده است. با این حال در ایران، دو روش کم‌خاک‌ورزی (یعنی استفاده از ادوات چیزل‌مانند که مانع برگردان شدن خاک می‌شوند) و همچنین روش بی‌خاک‌ورزی (استفاده از دستگاه کشت مستقیم) متداول‌تر است.

ازسوی دیگر نحوه اجرای تناوب زراعی بستگی به نوع محصولات و خصوصیات زراعی و تغذیه‌ای آن‌ها دارد، به عنوان مثال در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است که کشت بقولات باعث افزایش ماده آلی خاک و نیتروژن خاک می‌شوند (Ashraf et al., 2004). محصول لوبیا حاوی ۲۰ الی ۲۳ درصد پروتئین است و لذا ارزش غذایی بالایی دارد (Dori et al., 2008). سطح زیر کشت این محصول در کشور بالغ بر ۱۰۷ هزار هکتار گزارش شده است و استان مرکزی با کشت در حدود ۱۲۰۰۰ هکتار مقام دوم را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al., 2017).

با توجه به اهمیت و جایگاه خاص این محصول، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کیفیت محصول، توسعه کشاورزی حفاظتی امری اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مزایای اجرای کشاورزی حفاظتی، افزایش ماده آلی خاک

پس از چندین سال است (Mirzashahi & Bazargan., 2015). عوارض منفی کاهش میزان ماده آلی خاک عبارتند از تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذ آب در خاک، تشکیل سله، کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، کاهش رشد ریشه و کمتر شدن جذب عناصر غذایی (Hemmat & Mosadeghi, 2001). افزایش مقدار ماده آلی خاک، باعث ثبات خاک‌دانه‌ها و پایداری خاک می‌شود و در نتیجه افزایش پایداری خاک، تبادل گرمای محیط و توده خاک بهبود یافته و رشد ریشه بهبود می‌یابد (Liu et al., 2021). همچنین افزایش ماده آلی باعث تیره‌تر شدن رنگ خاک و در نتیجه گرم‌تر شدن خاک در مناطق سردسیر می‌شود. پیامد این پدیده، افزایش نگهداشت رطوبت در خاک‌های با دانه‌بندی درشت است (Hemmat & Mosadeghi, 2001). از سوی دیگر طبق گزارش‌ها، نه تنها افزایش ماده آلی، ظرفیت نگهداری رطوبت خاک را افزایش می‌دهد (Arriaga & Balkcom, 2005) بلکه ماده آلی خاک در پیوند خاک‌دانه‌ها همانند سیمان عمل می‌کند و از فرسایش بادی و آبی خاک، جلوگیری به عمل می‌آورد (Hemmat & Mosadeghi, 2001). مواد آلی خاک بیشتر در لایه سطحی خاک یافت می‌شود و وجود آن در خاک، فعالیت‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک را اصلاح می‌کند (Sojka & Upchurch, 1999). بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده در چین مقدار ماده آلی خاک پس از سه سال اجرای روش بی‌خاک‌ورزی در حدود ۱۳ درصد افزایش یافته است (Bai et al., 2022).

اجرای صحیح تناوب زراعی باعث افزایش محصول، ذخیره مواد آلی خاک و کنترل بهتر علف‌های هرز می‌گردد (Kamel et al., 2016). به دلیل تفاوت در شکل و حالت مورفولوژیکی ریشه‌های غلات و حبوبات، تناوب گندم و یا جو با لوبیا به عنوان مناسب‌ترین تناوب توصیه شده است (Kamel et al., 2016). در تحقیقی تأثیر روش بی‌خاک‌ورزی بر روی عملکرد نوعی لوبیا (لوبیای فابا) مورد بررسی قرار گرفت (Muñoz-Romero et al., 2015). نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه خشک وجود ندارد.

نتایج پژوهش‌های انجام شده در مناطق خشک مکزیک نشان داد که اجرای روش کشت مستقیم باعث صرفه‌جویی مصرف سوخت به میزان ۷۹ درصد می‌شود

گلرنگ داشتند.

بررسی جریان انرژی در مزارع گندم و آبی شهرستان شهرکرد تحت دو روش خاک‌ورزی (با خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) به صورت پرسشنامه‌ای انجام گرفت (Kazemi et al., 2016). از نظر شاخص‌های جریان انرژی، بهترین سامانه کشت در این منطقه مربوط به کشت آبی با روش بدون خاک‌ورزی گزارش شد. بیشترین (۲/۴۳) و کمترین (۱/۰۳) کارایی مصرف انرژی در بخش دانه، به ترتیب مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاک‌ورزی و دیم با خاک‌ورزی بود.

میزان مصرف انرژی محصول سویا در استان مازندران توسط Kordkheili et al. (2013) مورد مطالعه قرار گرفت. یافته‌های این محققین نشان داد مصرف انرژی نهاده‌ها برای سویا در حدود ۳۸ گیگاژول در هر هکتار است. نتایج مطالعاتی که در خصوص مصرف انرژی در فرایند تولید لوبیا در منطقه خمین انجام شد، نشان داد مقدار مصرف انرژی ورودی و خروجی ارقام مختلف لوبیا به ترتیب ۵۷۰۹۰ و ۶۰۱۴۲ مگاژول در هکتار است (Asgharipour et al., 2019). هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر روی درصد ماده آلی خاک، عملکرد دانه، خواص فیزیکی خاک، شاخص‌های انرژی است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (با تأکید بر تناوب زراعی و حفظ بقایا) بر عملکرد محصول، درصد ماده آلی خاک و میزان مصرف انرژی، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) طی سال‌های زراعی ۹۶-۹۷، ۹۷-۹۸ و ۹۸-۹۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. شهر اراک در استان مرکزی با ارتفاع ۱۷۰۸ متر از سطح دریا و طول جغرافیای ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی در سال زراعی، ۳۲۰/۲ میلی‌متر است. متوسط دمای سالانه شهر اراک ۱۳/۸ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت سالیانه اراک ۴۶٪ است. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- روش خاک‌ورزی مرسوم (استفاده از گاواهن برگردان‌دار و دیسک)، ۲- روش کم‌خاک‌ورزی (استفاده از گاواهن

(Vazquez et al., 2019). نتایج تحقیقات دو ساله Hedayatipour et al. (2015b) نشان داد که در زراعت گندم دیم، عملکرد دانه در روش مرسوم (گاواهن برگردان‌دار و دیسک) و کم‌خاک‌ورزی، اختلاف معنی‌داری نداشته‌اند. همچنین طبق نتایج حاصل شده در این تحقیق، میزان مصرف انرژی در هر هکتار در روش مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب در حدود ۱۲۰۰ مگاژول و ۸۰۰ مگاژول در هکتار محاسبه شد. هزینه آماده‌سازی زمین نیز در روش مرسوم در حدود سه برابر روش کشت مستقیم و دو برابر روش کم‌خاک‌ورزی گزارش شد. مشابه همین نتایج در زراعت گندم آبی در تناوب با ذرت به دست آمد (Hedayatipour et al., 2015a; Hedayatipour & Younesi-Alamouti, 2018) و بهترین گزینه از نظر شاخص‌های انرژی روش کشت مستقیم گزارش شد. نتایج مطالعات انجام شده در خصوص مصرف انرژی در دو روش هیرم‌کاری و خشکه‌کاری لوبیا در منطقه خمین نشان داد که بیشترین سهم انرژی مربوط به عملیات آبیاری بوده و سهم آن نسبت به کل انرژی مصرفی در دو روش ذکر شده به ترتیب ۵۹ و ۶۱ درصد گزارش شده است. همچنین سهم مصرف انرژی کود برای این دو روش با مقدار ۱۸ و ۲۰ درصد، در رده بعدی قرار داشت. بر اساس نتایج این آزمایش، نسبت انرژی در روش خشکه‌کاری کمتر از یک گزارش شده است (Rezaei et al., 2013).

بر اساس نتایج تحقیق انجام‌شده، روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در مصرف سوخت به ترتیب به میزان ۵۸ و ۸۰ درصد کاهش داشته است. همچنین ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای تهیه زمین و کاشت در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب سه و شش برابر گردیده است. هر دو روش خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش ذخیره رطوبت در خاک حداکثر به میزان ۳۲ درصد شدند (Afzali nia et al., 2019).

بررسی کارایی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گلرنگ در تحقیقی بررسی گردید (Imanmehr, 2019). بیشترین میزان سهم انرژی مصرفی را به ترتیب کودهای شیمیایی، سوخت و آب مصرفی به خود اختصاص داده بودند. سوخت‌ها و سپس کود اوره بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید

چیزل-پکر) ۳-روش بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم). مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به این که تناوب غلات و لوبیا به صورت غالب در منطقه انجام می‌شود و از طرفی تناوب غلات و حبوبات از نظر افزایش حاصل خیزی خاک و نسبت کربن به ازت، بهترین است، در هر ۳ سال اجرای آزمایش، تناوب جو-لوبیا اجرا گردید.

عملیات شخم اولیه و ثانویه در تیمار مرسوم به ترتیب با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک انجام شد. تیمار کم‌خاک‌ورزی نیز با استفاده از گاوآهن چیزل-پکر (بدون عملیات دیسک‌زنی) اجرا گردید. عمق خاک‌ورزی نیز حدود ۲۰ سانتی‌متر برای تمام تیمارها در نظر گرفته شد. رطوبت وزنی خاک در مرحله آماده‌سازی زمین در حدود ۱۲ الی ۱۳ درصد بود. در مورد تیمار بی‌خاک‌ورزی، با استفاده از خطی‌کار مخصوص کشت مستقیم (ساخت شرکت جیران‌صنعت آریا) که مشخصات آن در جدول ۳ آورده شده است، عملیات کشت بلافاصله بعد از برداشت

جو، انجام شد. این دستگاه دارای شیاربازکن بیلچه‌ای باریک است که مخصوص نفوذ در خاک‌های سخت است. باریک‌تر بودن بیلچه باعث کاهش توان کششی لازم و برش بهتر خاک می‌شود. بر خلاف شیاربازکن‌های معمولی، که بذر از انتهای بیلچه بر روی بستر سفت قرار می‌گیرد، بیلچه به کاربرده شده در این آزمایش، طوری طراحی شده است که، بذر از قسمت میانی بیلچه، درون بستر بذر قرار می‌گیرد و خاک زیر بستر بذر به عمق تقریبی ۵ الی ۱۰ سانتی‌متر، توسط قسمت انتهایی بیلچه نرم می‌شود (شکل ۱).

مشخصات دستگاه‌های کاشت مورد استفاده در آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. الگوی کشت به صورت سطح اجرا و آبیاری با استفاده از سامانه تیپ انجام شد به طوری که فاصله بین نوارهای آبیاری ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طول و عرض کرت به ترتیب ۱۷ و ۱۰ متر در نظر گرفته شده بود. لوبیای سفید رقم درسا که رقمی زودرس است با تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کشت گردید. فاصله بین دو آبیاری برای همه تیمارها ۵ روز در نظر گرفته شد.

جدول ۱- ویژگی‌های دستگاه‌های خاک‌ورز مورد استفاده در آزمایش

نوع ماشین	سازنده دستگاه	نوع ساقه	نوع تیغه	تعداد واحدهای خاک‌ورز	عرض کار (سانتی‌متر)
چیزل-پکر (کم‌خاک‌ورزی)	تاکا	ساقه سخت	بیلچه‌ای بال‌دار	۷	۲۰۰
گاوآهن برگردان‌دار	آهنگری خراسان	-	-	۳	۹۵
دیسک	تاکا	-	-	۳۶ پره	۲۵۰

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش در عمق ۱۰ الی ۳۰ سانتی‌متر

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (%)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	بافت خاک
۱/۱	۰/۴۵	۴۰	۳۰	۳۰	لوم‌رسی

جدول ۳- مشخصات فنی بذرکارهای مورد استفاده در آزمایش

نوع دستگاه کاشت	شرکت سازنده	منبع توان حرکتی موزع	نوع شیاربازکن	فاصله واحدهای کارنده (سانی‌متر)	تعداد واحدهای کارنده	عرض دستگاه (متر)
خطی‌کار کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی)	جیران‌صنعت‌آر یا	محور توان‌دهی (P.T.O) تراکتور	بیلچه‌ای نوک‌باریک	۱۹	۱۳	۲/۵
خطی‌کار معمولی	جیران‌صنعت‌آر یا	محور توان‌دهی (P.T.O) تراکتور	بیلچه‌ای معمولی	۱۹	۱۱	۲

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

که در آن؛

C_a : ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت)

W : عرض ماشین (متر)

S : سرعت ماشین (کیلومتر بر ساعت)

e_f : بازدهی مزرعه‌ای (%)

عملکرد و اجزای عملکرد: قبل از عملیات برداشت، صفاتی چون ارتفاع بوته برحسب سانتی‌متر، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن ۱۰۰ دانه بر حسب گرم و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت از تقسیم مقدار وزن خشک دانه بر مجموع وزن خشک دانه و زیست توده به دست آمد. در اوایل مهر با حذف حاشیه‌ها، از هر کرت آزمایش، یک مساحت ۶ مترمربعی، توسط کارگر به صورت دستی برداشت و پس از چند روز ماندگاری بر روی سطح مزرعه و کاهش رطوبت، جداسازی دانه‌ها با استفاده از خرمنکوب انجام شد.

اندازه‌گیری درصد ماده آلی خاک: از هر کرت ۵ نمونه تصادفی در عمق صفر الی ۲۰ سانتی‌متری برداشته شد و پس از اختلاط نمونه‌ها و انتقال به آزمایشگاه خاک و آب مرکز، مقدار ماده آلی با استفاده از روش Walkley & Black (1934) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری انرژی مصرفی سوخت: در ابتدا مقدار مصرف سوخت تراکتور برای ادوات خاک‌ورزی و دستگاه کشت مستقیم برحسب لیتر بر ساعت محاسبه گردید. همچنین ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ادوات مذکور نیز بر حسب هکتار بر ساعت اندازه‌گیری شد. در مورد ادوات مورد استفاده در عملیات کاشت، داشت و برداشت (ادوات مشترک در اجرای کلیه تیمارها)، از داده‌های موجود در منابع استفاده شد (Kitani et al., 1999). با در دست داشتن میزان مصرف سوخت در هر هکتار و همچنین هم‌ارز انرژی مصرفی، برای هر لیتر گازوییل، انرژی مصرفی سوخت برحسب مگاژول در هکتار محاسبه شد. انرژی مصرف شده برای هر لیتر گازوییل بر اساس منابع ۴۷/۸ مگاژول در نظر گرفته شد (Kitani et al., 1999).

انرژی هم‌ارز ماشین‌ها: جهت محاسبه و برآورد انرژی ماشین‌ها، اطلاعاتی همچون مقادیر هم‌ارز تولید ادوات برحسب مگاژول بر کیلوگرم ماشین (جدول ۴)، عمر مفید ماشین بر حسب سال و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ماشین،



الف



ب

شکل ۱- شیار بازکن باریک مخصوص کشت مستقیم، شرکت جبران صنعت آریا؛ الف- محل ریزش بذر و ب- نمای کلی دستگاه در بقایای جو

مدیریت بقایای گیاهی: برای اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی، از یک طناب با طول ۱۵ متر که به فاصله هر ۱۵ سانتی‌متر یک گره روی طناب ایجاد شده بود، استفاده شد. طناب مذکور نسبت به جهت کاشت محصول در زاویه ۴۵ درجه بر روی زمین قرار گرفت. گره‌هایی که در زیر آن‌ها بقایای گیاهی قرار داشت شمارش گردید و با تقسیم این تعداد گره به تعداد کل گره‌های ایجادشده، درصد پوشش گیاهی محاسبه شد (Rezaei et al., 2013).

ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر ادوات: در یک سطح ۵۰۰ مترمربعی، ظرفیت مزرعه‌ای ادوات خاک‌ورز و کاشت مورد استفاده در آزمایش، مطابق رابطه ۱ اندازه‌گیری شد (Behrooz Lar, 1991). ظرفیت مزرعه‌ای سایر ادوات مورد استفاده در عملیات داشت، کاشت و برداشت از داده‌های موجود در منابع استفاده شد (Kitani et al., 1999). مقدار بازدهی در محاسبات ۷۰ درصد در نظر گرفته شده است (Behrooz Lar, 1991).

محاسبه و مقادیر انرژی از معادله (۲) به دست آمد (Kaltsas et al., 2007).

$$E_m = \left[\frac{E \cdot W}{L_t} \right] \times t \quad (2)$$

که در آن؛

E_m : انرژی مصرف شده برای ساخت، حمل و نقل ماشین (مگاژول بر هکتار)

E : هم‌ارز انرژی مصرفی برای ساخت ماشین به ازای هر کیلوگرم وزن ماشین (مگاژول بر کیلوگرم)
 W : وزن ماشین (کیلوگرم)

t : زمان کارکرد ماشین در هکتار (ساعت بر هکتار)

L_t : عمر مفید ماشین آلات و ادوات بر حسب ساعت

انرژی مصرفی توسط نیروی انسانی: در عملیات‌های مختلف کشت لوبیا، از نیروی انسانی (راننده و

کمک‌راننده) در عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت استفاده می‌گردد. در کشاورزی سنتی، مصرف غذای روزانه یک نفر را معادل انرژی کارکرد روزانه فرد در نظر می‌گیرند. انرژی نیروی انسانی از طریق رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$E_1 = W_1 \times Eq_1 \quad (3)$$

که در آن؛

E_1 : انرژی کارگری در هکتار (مگاژول در هکتار)
 W_1 : تعداد کارگر - ساعت مورد نیاز در هکتار (مگاژول در هکتار)

Eq_1 : انرژی موجود به ازای هر نفر - ساعت نیروی کارگری که معادل ۱/۹۶ مگاژول بر هکتار است (Kitani et al., 1999).

جدول ۴- هم‌ارز انرژی برای ماشین‌ها و ادوات مختلف (Kitani et al., 1999)

نوع ماشین	تراکتور	گاواهن	دیسک بشقابی	بذر کار	کودپاش	کمباین
معادل انرژی (مگاژول در هکتار)	۱۳۸	۱۸۰	۱۴۹	۱۳۳	۱۲۹	۱۱۶

انرژی مصرفی برای عملیات برداشت: روش برداشت لوبیا با غلات متفاوت است، به‌طوری‌که برداشت لوبیا به صورت دو مرحله‌ای انجام می‌شود. مرحله اول محصول به صورت دستی و با استفاده از نیروی کارگری و باقی‌گذاردن در سطح مزرعه به صورت بافه برای ۲ الی ۳ روز برای از دست دادن رطوبت برداشت می‌شود و در ادامه، در مرحله دوم خرمکوبی محصول انجام می‌شود. در سال‌های اخیر برای خرمکوبی لوبیا از کمباین‌های غلات استفاده می‌شود. برای این منظور، چرخ و فلک کمباین جدا شده و تنظیمات مربوط به واحد کوبنده و الک‌ها انجام می‌شود. با حرکت کمباین به سمت جلو، بافه‌های خشک شده لوبیا، توسط نیروی کارگری به داخل قسمت تغذیه کمباین ریخته می‌شود. برای برداشت بوته‌ها به روش دستی، برای هر هکتار در حدود ۱۵ نفر-روز (۱۲۰ نفر-ساعت) لازم است. خرمکوبی بافه‌های خشک‌شده با استفاده از کمباین غلات توسط سه نیروی کارگری انجام می‌شود که در حدود ۲ ساعت طول می‌کشد.

انرژی مصرفی در آبیاری: انرژی مصرفی برای لوبیا، شامل دو نوع انرژی مستقیم و غیرمستقیم است. در نوع مستقیم، انرژی لازم برای استحصال و تحت فشار قرار دادن آب از معادله (۴) استفاده می‌گردد. در نوع

غیرمستقیم، انرژی مصرف شده برای تولید و پخش تیپ در مزرعه محاسبه گردید (Kaltsas et al., 2007).

$$DE = \frac{\rho g H Q}{\mu_1 \cdot \mu_2} \quad (4)$$

که در آن؛

DE : انرژی مستقیم برق برای استحصال آب بر حسب ژول در هر هکتار

Q : میزان کل آب مورد نیاز جهت محصول در یک فصل زراعی شامل آب مورد نیاز گیاه و افت (مترمکعب در هکتار)

H : ارتفاع پویای چاه (متر)

μ_2 : بازدهی 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.

ρ : چگالی آب (۱۰۰۰ کیلو گرم در مترمکعب)

g : شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)

روش محاسبه هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرفی: با توجه به این که انرژی معادل تولید شده در هر کیلوگرم لوبیا در منابع موجود نبود، محصول سویا (که از لحاظ زراعی شبیه لوبیا است) در نظر گرفته شد. مقدار انرژی حاصل از هر کیلوگرم دانه و کاه لوبیا به ترتیب ۳۴ و ۱۲/۵ مگاژول برای هر کیلوگرم در نظر گرفته شد.

همچنین انرژی هم ارز کود و سم از منابع معتبر به دست آمد (Kitani et al., 1999).

انرژی ناخالص ستاده (خروجی):^۱ انرژی ناخالص نهاده برابر است با انرژی تولید شده حاصل از کاه و دانه (Singh et al., 2008).

انرژی خالص:^۲ 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 (Takia et al., 2012).

انرژی ویژه:^۳ شدت انرژی برابر با مقدار انرژی ورودی به جرم محصول است و نشان‌دهنده مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول است (Takia et al., 2012).

بهره‌وری انرژی:^۴ از تقسیم مقدار محصول تولیدی در واحد سطح به کل انرژی ورودی استفاده شده جهت تولید، محاسبه می‌گردد (Takia et al., 2012).

کارایی انرژی:^۵ نسبت یا کارایی انرژی از تقسیم کل انرژی خروجی به کل انرژی ورودی به دست می‌آید (Takia et al., 2012).

تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی عملکرد و اجزای عملکرد و ماده آلی و همچنین مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS15 و Mstat-C انجام شد.

نتایج و بحث

درصد پوشش گیاهی: متوسط درصد بقایای گیاهی برای روش‌های مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۲۰، ۵۰ و ۹۰ درصد به دست آمد.

ماده آلی خاک: جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر روی درصد ماده آلی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، اثر روش خاک‌ورزی بر روی درصد ماده آلی خاک در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است.

در جدول ۶ و شکل ۲ مقایسه میانگین مقدار ماده آلی خاک طی سه سال آزمایش آورده شده است. در واقع این جدول، میانگین سه ساله ماده آلی هر تیمار را نشان

می‌دهد. با توجه به نتایج مندرج در این جدول، اختلاف مقدار ماده آلی خاک در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار نیست. با این حال اختلاف مقدار ماده آلی در هر دو تیمار، با روش شاهد (مرسوم) در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است. با توجه به نتایج جدول ۶ میزان افزایش ماده آلی در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش مرسوم به ترتیب در حدود ۳۵ و ۴۴ درصد بوده است. مشابه این نتایج در تحقیقات (McConkey et al., 2003)، (Song et al., 2019) و (Bai et al., 2022) گزارش شده است.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثرات روش‌های خاک‌ورزی بر مقدار ماده آلی خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات ماده آلی خاک
سال	۲	۰/۰۲۱*
خطای آزمایش	۶	۰/۰۰۳
روش خاک‌ورزی	۲	۰/۰۹۳**
روش خاک‌ورزی × سال	۴	۰/۰۱۹*
خطای آزمایش	۱۲	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات		۱۳/۵

* و **: نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار تیمار بر روی صفت مربوط به ترتیب در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد است.

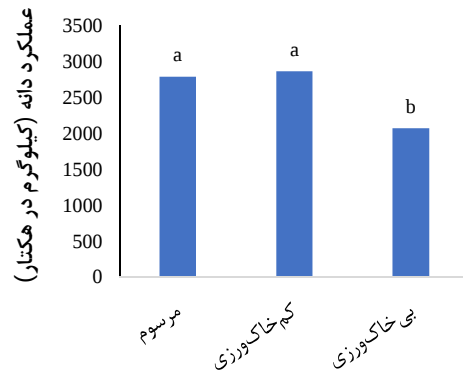
جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی مقدار ماده آلی خاک

روش خاک‌ورزی کشت	مقدار ماده آلی (درصد)
مرسوم (گاواهن برگردان‌دار + دیسک)	۰/۴۳۰b
کم‌خاک‌ورزی	۰/۵۸۲a
بی‌خاک‌ورزی	۰/۶۲۱a

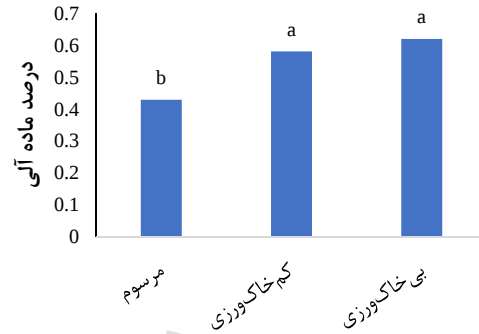
* حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح آماری یک درصد است.

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا: جدول ۷ نتایج بررسی واریانس تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی صفات و برخی از اجزای عملکرد را نشان می‌دهد. با توجه به این نتایج، اثر روش خاک‌ورزی بر روی صفات عملکرد دانه و همچنین تعداد دانه در غلاف در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار است. جدول ۸، مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا طی سه سال اجرای آزمایش را نشان می‌دهد. در شکل ۳ نمودار تأثیر روش آماده‌سازی زمین بر عملکرد دانه نشان داده شده است.

- 1- Output Gross energy
- 2- Net energy
- 3- Specific energy
- 4- Energy productivity
- 5- Energy efficiency



روش آماده‌سازی زمین



روش آماده‌سازی زمین

شکل ۲- نمودار تأثیر روش آماده‌سازی زمین بر درصد ماده آلی خاک

شکل ۳- نمودار تأثیر روش آماده‌سازی زمین بر عملکرد دانه

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی صفات عملکرد

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
سال	۲	۱۵۷۸۹۵۳ ^{ns}	۳۸/۵ ^{**}	۰/۰۵۸ ^{ns}	۴۷/۶ ^{**}	۲۲۷ [*]
خطای آزمایش	۶	۵۷۸۴۹۹	۰/۹۳	۰/۰۹ ^{ns}	۲/۸	۲۶/۹
روش خاک‌ورزی	۲	۱۷۲۵۲۱۱ ^{**}	۱۱/۵ ^{ns}	۱/۳ ^{**}	۱۱/۱ ^{ns}	۱۵/۳ ^{**}
روش خاک‌ورزی × سال	۴	۱۲۱۷۳۰۷ ^{**}	۲۵/۳ [*]	۰/۱۷ ^{ns}	۷/۴ ^{ns}	۳۴/۱ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۲	۱۶۱۱۵۳	۵/۴	۹/۳	۳/۹	۵۴/۷
ضریب تغییرات (%)		۱۵/۶	۸	۱۴	۱۳/۶	۹/۸

^{**} و ^{*}: نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار تیمار بر روی صفت مربوطه به ترتیب در سطوح آماری ۱ و ۵ درصد است.
^{ns}: نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار تیمار بر روی صفت مربوطه به ترتیب در سطح آماری ۵ درصد است.

برداشت، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش مشاهده نگردید. با این وجود مقدار این صفت در روش بی‌خاک‌ورزی نسبت به دو تیمار دیگر آزمایش، قدری بیشتر است این یافته با یافته‌های (Thapa et al. 2019) هم‌خوانی دارد.

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر روش خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار است. ارتفاع بوته مطابق جدول ۸ در روش مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در یک گروه آماری قرار دارند.

محتوای انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها و شاخص‌های انرژی: در جدول ۹ مقادیر میزان مصرف سوخت اندازه‌گیری شده و میزان محتوای انرژی سوخت و نیروی کارگری و همچنین ظرفیت مزرعای ادوات مورد استفاده در آزمایش، فهرست شده است. همچنین ستون انتهایی جدول مذکور، مقدار مصرف انرژی ماشینی بر اساس ظرفیت مزرعای و وزن ادوات را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج جدول ۸ و شکل ۳، بیشترین عملکرد دانه طی سه سال آزمایش مربوط به تیمار روش کم‌خاک‌ورزی است. با این حال اختلاف عملکرد دانه در این تیمار با روش مرسوم در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نیست. این نتایج با نتایج Hedayatipour et al. (2015b) هم‌خوانی دارد. با توجه به جدول مقایسه میانگین، در روش کم‌خاک‌ورزی، به دلیل بالاتر بودن وزن ۱۰۰ دانه لوبیا، عملکرد محصول بیشتر از دو تیمار دیگر است. کمترین عملکرد مربوط به روش بی‌خاک‌ورزی است که با مقادیر مشاهده شده دو تیمار دیگر در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار است. این یافته با نتایج Jug et al. (2010) مطابقت دارد. دلایل کمبود عملکرد محصول را در روش بی‌خاک‌ورزی، افزایش سفتی خاک در سال‌های اولیه اجرا به واسطه کمبود مقدار ماده آلی موجود در خاک و همچنین افزایش جمعیت علف‌های هرز در سال‌های بعد می‌توان دانست. در خصوص شاخص

کوددهی برای همه تیمارها توسط کودپاش سانتریفوژ، به صورت پخش انجام شد. انرژی مصرف شده برای عملیات کوددهی، براساس محتوای انرژی کودهای اصلی، مقدار ۷۰۱۱ مگاژول در هکتار به دست آمد. مقدار مصرف علف‌کش و آفت‌کش مورد استفاده در تیمارهای آزمایش و همچنین مقادیر محتوای انرژی این نهاده‌ها در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

عمق چاه‌های آب در منطقه اراک بالغ بر ۱۲۰ متر بوده و مقدار حجم آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای در حدود ۷۰۰۰ مترمکعب برآورد گردیده است (Hedayatipour &

Akbari, 2018). بنابراین با استفاده از رابطه ۱، انرژی مصرفی جهت تلمبه‌زنی آب محاسبه و در جدول ۱۱ نشان داده شده است. در روش آبیاری قطره‌ای معمولاً جنس نوارهای آبیاری پلی‌اتیلن سبک است. براساس منابع، مقدار مصرف انرژی تقریباً در حدود ۱۱ گیگاژول به ازای هر تن پلاستیک (۱۱ مگاژول به ازای هر کیلوگرم) تولید شده است. در روش قطره‌ای هر نوبت آبیاری به طور متوسط ۵ ساعت طول می‌کشد و نیروی کارگری در حدود ۸۵ نفر ساعت مورد نیاز است.

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایش بر روی عملکرد و اجزای عملکرد

روش خاک‌ورزی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص برداشت (درصد)
مرسوم (گاواهن برگردان دار + دیسک)	۲۷۹۴ ^a	۲۹/۲ ^a	۳/۸ ^a	۱۴/۸ ^a	۷۶/۲ ^b	۲۹/۲ ^a
کم‌خاک‌ورزی	۲۸۶۹ ^a	۳۰/۵ ^a	۳/۸ ^a	۱۵/۶ ^a	۷۴/۲ ^a	۳۰/۴ ^a
بی‌خاک‌ورزی	۲۰۷۶ ^b	۲۸/۲ ^a	۳/۱ ^b	۱۳/۴ ^a	۷۶/۷ ^b	۲۸/۳ ^a

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است (با توجه به سطح معنی‌دار بودن عامل).

جدول ۹- مقادیر هم‌ارز انرژی مصرف شده برای ساخت و حمل و نقل تراکتور و ماشین‌های مورد استفاده در آزمایش، ماشین‌های مرسوم

منطقه (Kitani et al., 1999)

نوع ادوات	وزن ادوات (کیلوگرم)	ظرفیت مزرعه‌ای (ساعت در هکتار)	انرژی مصرف شده برای تولید ادوات (مگاژول در هکتار)	انرژی مصرف شده تراکتور (مگاژول در هکتار)	مجموع انرژی معادل ماشینی مصرف شده (مگاژول در هکتار)
گاواهن برگردان دار	۳۵۰	۰/۳۵	۶۰	۱۱۰	۱۷۰
دیسک	۴۵۰	۱/۴۴	۷	۲۷	۳۴
چیزل - پکر	۴۸۰	۰/۸۵	۲۴	۲۴۰	۲۶۴
خطی کار کشت مستقیم	۵۵۰	۰/۷۳	۳۹/۳	۵۸	۹۷
خطی کار	۴۵۰	۰/۹۵	۳۱/۵	۴۸	۷۹
سم‌پاش	۱۹۵	۳	۱	۱۳	۱۴
کودکار (کودکاری به صورت مجزا)	۱۸۵	۳/۵	۱	۱۱	۱۲
کمباین	۷۰۵۰	۰/۵	۱۷۴	۰	۱۷۴

جهت پخش نوارها در حدود ۲۰ نفر-ساعت برای هر هکتار لازم است. بنابراین کل نیروی کارگری ۱۰۵ نفر ساعت خواهد شد. وزن هر متر نوارهای آبیاری، ۱۰/۵ گرم است. وزن نوار آبیاری به کار برده شده در هر هکتار با فاصله ردیف ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، در حدود ۱۴۰ کیلوگرم و انرژی معادل مصرفی در حدود ۱۵۴۰ مگاژول به ازای هر هکتار است (Anonymous, 2009). جدول ۱۲،

مجموع انرژی مصرفی عملیات مراحل مختلف تولید محصول را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، بیشترین مصرف انرژی در روش بی‌خاک‌ورزی است. مقدار مصرف انرژی در فرایند مبارزه با علف‌های هرز در روش بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب ۳/۵ و ۲/۳ برابر است. در مناطقی که درصد جمعیت علف‌های هرز کم است، روش

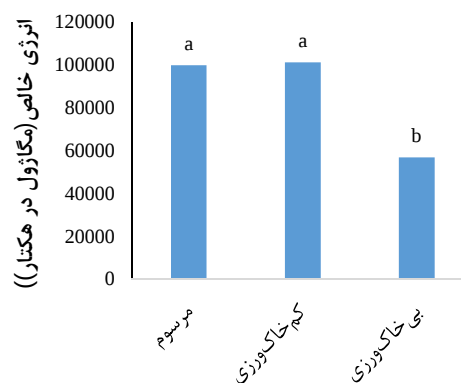
کم‌خاک‌ورزی توصیه می‌گردد. در شکل ۴ تأثیر روش آماده‌سازی زمین بر انرژی خالص (مگاژول در هکتار)

جدول ۱۰- مقدار سم مورد استفاده در تیمارهای آزمایش (لیتر در هکتار) و محتوای انرژی بر حسب مگاژول در هکتار (Kitani et al., 1999)

روش آماده‌سازی زمین		روش مرسوم		کم‌خاک‌ورزی		بی‌خاک‌ورزی	
نوع علف‌کش و یا آفت‌کش	مقدار مصرف (لیتر در هکتار)	محتوای انرژی (مگاژول در هکتار)	مقدار مصرف (لیتر در هکتار)	محتوای انرژی (مگاژول در هکتار)	مقدار مصرف (لیتر در هکتار)	محتوای انرژی (مگاژول در هکتار)	مقدار مصرف (لیتر در هکتار)
علف‌کش بازآگران	۰	۰	۲	۷۰۰	۲	۷۰۰	۰
علف‌کش نابواس	۳	۱۲۰۰	۳	۱۲۰۰	۳	۱۲۰۰	۰
علف‌کش رانداپ	۰	۰	۰	۰	۶	۲۷۴۲	۰
کنه‌کش نیزورون	۲	۴۶۰	۲	۴۶۰	۲	۴۶۰	۰

جدول ۱۱- مقادیر مصرف انرژی برای استحصال آب و پخش نوارهای آبیاری

مصرف آب (مترمکعب در هکتار)	۷۰۰۰
انرژی استحصال آب (مگاژول در هکتار)	۵۱۴۵۰
تعداد کارگر برای آبیاری و پخش نوار (نفر-ساعت در هکتار)	۱۲۵
انرژی کارگری (مگاژول در هکتار)	۲۴۵
انرژی ساخت نوار (مگاژول در هکتار)	۱۵۴۰
مجموع انرژی مصرفی (مگاژول در هکتار)	۶۰۳۶۰



روش آماده‌سازی زمین

شکل ۴- نمودار تأثیر روش آماده‌سازی زمین بر انرژی خالص (مگاژول در هکتار)

در این آزمایش، لوبیا بلافاصله بعد از برداشت غلات کشت شده است. در مورد ارقام زودرس مثل رقم درسا و سایر ارقام لوبیای سفید، فرصت لازم برای کشت به موقع وجود دارد اما برای ارقام دیررس مثل لوبیا چیتی قابل توصیه نیست و کشت لوبیا می‌بایست در سال بعد انجام شود. در

مورد ارقام دیررس، زمین معمولاً یک سال در حالت آیش قرار می‌گیرد. در اوایل پاییز می‌توان با استفاده از ادوات کم‌خاک‌ورز، عملیات خاک‌ورزی را انجام داد و در اوایل بهار با استفاده از کولتیواتور و یا دیسک با علف‌های هرز مبارزه نمود و به این ترتیب در روش کم‌خاک‌ورزی با اجرای مدیریت صحیح می‌توان مقدار مصرف علف‌کش را به میزان زیادی کاهش داد. جدول ۱۳ مقادیر انرژی تولید شده از دانه و کاه و کلش لوبیا در تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول مذکور، بیشترین انرژی تولیدشده از دانه و کاه و کلش لوبیا در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و روش کم‌خاک‌ورزی تولید شده است.

جدول ۱۴ شاخص‌های انرژی در تیمارهای آزمایش را نشان می‌دهد. با توجه به این نتایج، مقدار شدت انرژی و نسبت انرژی در دو تیمار مرسوم و کم‌خاک‌ورزی یکسان است. همان‌گونه که ذکر شد افزایش مصرف انرژی در روش کم‌خاک‌ورزی باعث افزایش شدت انرژی و کاهش نسبت انرژی در این روش شده است.

نتیجه‌گیری

در مزارعی که تهدید چرای دام در بقایای گیاهی وجود دارد و یا طغیان علف‌های هرز وجود دارد، روش کم‌خاک‌ورزی پیشنهاد می‌شود. روش کشت مستقیم در سال اول و یا برخی اوقات سال دوم، می‌تواند به عنوان یک روش حفاظتی با رویکرد کاهش هزینه و بهبود ساختمان خاک به کار برده شود. با مدیریت صحیح علف‌های هرز و همچنین اجرای روش کم‌خاک‌ورزی،

می‌توان کشت حفاظتی را ادامه داد و از دستگاه‌های کم‌خاک‌ورز استفاده نمود. به کارگیری روش‌های کشاورزی حفاظتی در مقایسه با روش مرسوم، ضمن حفظ میزان عملکرد دانه، افزایش حدود ۴۰ درصدی مقدار ماده آلی را به دنبال دارد. اختلاف مصرف انرژی در روش بی‌خاک‌ورزی و دو روش دیگر، به واسطه مصرف بالای انرژی جهت مبارزه با علف‌های هرز در روش بی‌خاک‌ورزی است.

جدول ۱۲- جمع کلی انرژی مصرفی برای هر عملیات در سه تیمار آزمایش

روش آماده‌سازی زمین	خاک‌ورزی	تراش	کوددهی	کاشت	مبارزه با آفات	مبارزه با علف‌های هرز	برداشت	مجموع انرژی مصرفی
مرسوم	۳۵۳۳	۶۰۳۶۰	۷۱۸۳	۴۴۷۴	۶۳۶	۱۳۷۶	۲۳۳۳	۷۹۸۹۴
کم‌خاک‌ورزی	۱۵۰۷	۶۰۳۶۰	۷۱۸۳	۴۴۷۴	۶۳۶	۲۰۷۶	۲۳۳۳	۷۸۵۶۹
بی‌خاک‌ورزی	۰	۶۰۳۶۰	۷۱۸۳	۴۹۲۴	۶۳۶	۴۸۰۰	۲۳۳۳	۸۰۲۳۶

جدول ۱۳- مقادیر انرژی تولید شده از دانه و کاه و کلس لوبیا در تیمارهای آزمایش

تیمار آزمایش	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کاه (کیلوگرم در هکتار)	انرژی (مگاژول در هکتار)	دانه	کاه	مجموع ستاده
مرسوم	۲۷۹۴	۶۷۷۴	۹۴۹۹۶	۸۴۶۸۵	۱۷۹۶۷۰	
کم‌خاک‌ورزی	۲۸۶۹	۶۵۶۸	۹۷۵۶۴	۸۲۱۰۰	۱۷۹۶۶۰	
بی‌خاک‌ورزی	۲۰۷۶	۵۲۶۰	۷۰۵۸۴	۶۵۷۵۰	۱۳۶۳۰۰	

جدول ۱۴- شاخص‌های انرژی در تیمارهای آزمایش

روش خاک‌ورزی	انرژی ستاده (مگاژول در هکتار)	انرژی نهاده (مگاژول در هکتار)	شدت انرژی (مگاژول به ازای کیلوگرم دانه)	نسبت انرژی	انرژی خالص (مگاژول در هکتار)
مرسوم	۱۷۹۶۷۰	۷۹۸۹۴	۲۸/۵	۲/۲۴	۹۹۷۷۶
کم‌خاک‌ورزی	۱۷۹۶۶۰	۷۸۵۶۹	۲۷/۳	۲/۲۸	۱۰۱۰۹۱
بی‌خاک‌ورزی	۱۳۶۳۰۰	۸۰۲۳۶	۳۸/۶	۱/۶۹	۵۶۷۴۶

Agricultural mechanization and Systems Researces, 20(72): 163-178 (In Persian)
 Ahmadi, K., Ebad zadeh, H. R., Abdolshah, H., Kazemian, A., & Rafeeio, M. (2017). *Agriculture Statistical Yearbook 2016-2017*. Ministry of Agriculture Jihad (In Persian)
 Anonymous. (2009). *Criteria Thecnical Specifications of consumption Energy in production processes of Plastic materials in primary shape and artificial Rubber*. Iran national Standards organization Standard no: 9648. (In Persian).
 Arriaga, F., & Balkcom, K. (2005). Benefits of conservation tillage on rainfall and water management. *GeorgiaWater Resources Conference*. Georgia Institute of Technology. Athens, Georgia.

سپاسگزاری

از مساعدت و همکاری ریاست محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی و همچنین معاونت محترم تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Afzali nia, S., Karami, A., & Rosta, M. J. 2019. The effect of conservation tillage on soil properties, field capacity, fuel consumption and wheat yield in rotation with corn.

- consumption, weeds populations and water consumption efficiency in irrigated wheat. Final report of Agricultural Engineering Institute. (in Persian).
- Hemmat, A., & mosadeghi, M. R. (2001). *Tillage for crop production at low -rain region*. Agricultural and Natural Resources Research and Education Organization. (In Persian).
- Imanmehr, A. (2019). Investigation of energy efficiency and greenhouse gas emissions of safflower production in terms of environment. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 8(1): 77-87.
- Jug, D., Sabo, M., Jug, I., Stipešević, B., & Stojić, M. (2010). Effect of different tillage systems on the yield and yield components of soybean [Glycine max (L.) Merr.]. *Acta Agronomica Hungarica*, 58(1): 65-72.
- Kaltsas, A. M., Mamolos, A. P., Tsatsarelis, C. A., Nanos, G. D., & Kalburtji, K. L. (2007). Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122(2): 243-251.
- Kamel, M., Shobeiri, S., & Mohamadi, B. (2016). *Instructions of planting, cultivation and harvesting of bean and intrdusing of new variaties* Agricultural and Natural Resources Research and Education Organization. (In Persian).
- Kazemi, H., Alizadeh, P., & Nehbandani, A. (2016). Assessing Energy Flow in Rainfed and Irrigated Wheat Fields of Shahrekourd Township under two Tillage Systems. *Journal of Agroecology*, 8(2): 281-295.
- Kitani O, Jungbluth RM & Ramdani A. (1999). CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. 5. Energy and Biomass Engineering. Published by the American Society of Agricultural Engineers
- Kordkheili, P. Q., Kazemi, N., Hemmati, A., & Taki, M. (2013). Energy input-output and economic analysis for soybean production in Mazandaran province of Iran. *Elixir Agriculture*, 56: 13246-13251.
- Liu, X., Wu, X., Liang, G., Zheng, F., Zhang, M., & Li, S. (2021). A global meta-analysis of the impacts of no-tillage on soil aggregation and aggregate-associated organic carbon. *Land Degradation & Development*, 32(18): 5292-5305.
- McConkey, B. G., Liang, B. C., Campbell, C. A., Curtin, D., Moulin, A., Brandt, S. A., & Lafond, G. P. (2003). Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. *Soil and Tillage Research*, 74(1): 81-90.
- Mirzashahi, K., & Bazargan, K. (2015). Management of Soil Organic Matter. *Soil*
- Asgharipour, MR., Shahgholi, H., Khomri, A., & Ghadiri, A. (2019). *Evaluation Energy Budget of input consumption intensives in alfalfa variaties*. Iran Pulses Journal, 10(1)
- Ashraf, M., Mahmood, T., Azam, F., & Qureshi, R. M. (2004). Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biology and fertility of soils*, 40(2): 147-152.
- Bai, L., Kong, X., Li, H., Zhu, H., Wang, C., & Ma, S. 2022. Effects of Conservation Tillage on Soil Properties and Maize Yield in Karst Regions, Southwest China. *Agriculture*, 12(9): 1449.
- Behrozi Lar, M. (1991). *Management of Traktors and Farm Machinery (Traslated)*, Tehran University press. (In Persian).
- Behroozi Lar, M. (1991). *Management of Tractors and Farm Machinery (Translated)*, Tehran University press. (In Persian)
- Corsi, S., & Muminjanov, H. (2019). *Conservation Agriculture: Training guide for extension agents and farmers in Eastern Europe and Central Asia*. FAO, Rome.
- Dori, H. R., Ghanbari, A. A., Lak, M. R & Banijamali, M. (2008). *Handbokk of bean, planting, cultivation and harvesting*. Agricultural and Natural Resources Research and Education Organization. (In Persian).
- Hedayatipour, A., & Younesi-Alamouti, M. (2018). The Effect of Tillage Methods on Energy Consumption and Grain Yield of Irrigated Wheat in Arak Province. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 19(71): 17-28.
- Hedayatipour, A., and Akbari, M. (2018). *Measuring of bean water consumption in markazi province*. Final repport of Agricultural Engineering Institute. (in Persian).
- Hedayatipour, A., Ghadbeiglo, J., Moradabadi, Gh.R, Khodshenas, MA, Bafandeh, A., Taherii, A, Babae, T., Keikhaee, F., Younesialamoti, M., Babae, M., Kishani, A., & Lak, M.R. (2015b). *Studding of the effects of Conservation Tillage methods on energy consumption, some soil physical and chemical properties in Raine-fed wheat*. Final repport of Agricultural Engineering Institute. (In Persian).
- Hedayatipour, A., Ghadbeiglo, J., Moradabadi, Gh.R., Keikhaee, F., Babae, T., Younesi Alamoti, M., Babae, M., Kishani, A., & Lak, M.R. (2015a). *Studding of the effects of Conservation Tillage methods on some soil physical and chemical properties, energy*

- and Water Research Institute (SWRI) press, *Technical Journal*, (535): 20. (In Persian).
- Muñoz-Romero, V., Lopez-Bellido, L., & Lopez-Bellido, R. J. (2015). Effect of tillage system on soil temperature in a rainfed Mediterranean Vertisol. *International Agrophysics*, 29(4): 467-473
- Oliveira, F. C. C., Ferreira, G. W. D., Souza, J. L. S., Vieira, M. E. O., & Pedrotti, A. (2019). Soil physical properties and soil organic carbon content in northeast Brazil: long-term tillage systems effects. *Scientia Agricola*, 77.
- Rezaei, M.R., Rajabipour, A., Mobli, H., & Hedayatipour, A. (2013). *Investing of energy consumption and economic productivity of two type of Chiti bean production containing wet planting and dry bean planting at khomein city*. Ms.C Thesis, Tehran University (In Persian).
- Singh, K. P., Prakash, V., Srinivas, K., & 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 and Tillage Research*, 100(1-2): 78-82.
- Sojka, R. E., & Upchurch, D. R. (1999). Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 1039-1054.
- Song, K., Zheng, L.V, W., Qin, Q., SuN, l., Zhang, H. & Xeu, Y. (2019). Effects of tillage and straw return on water-stable aggregates, carbon stabilization and crop yield in an estuarine alluvial soil. *Scientific Reports*, 9: 1-11
- Takia, M., Mobtaker, H., & Monjezic, N. (2012). Energy input–output modeling and economical analyze for corn grain production in Iran. *Energy*, 1(1): 11500-11505.
- Thapa, B., Khana, B. R., & Marahatta, S. (2019). Effect of conservation agriculture on yield and yield attributing properties of wheat. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 9(2): 329-335.
- Vazquez, A, L., Zapata, M,C., Magna, S,C., Gonzales, A,Z., & Dorado, M,M. (2019). Comparios of Energy used and Effect on Bulk Density and yield by tillage Systems in a semiarid Conditions of Mexico. *Agronomy*, 9: 189-196
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.

Research paper

Investigating the effect of conservation tillage methods on organic matter and energy indices in bean cultivation (Case study of Arak city)

A. Hydayatipour^{1*}, M. Tahmasebi² and M. Goodarzi³

Abstract

This study aimed to investigate the effects of conservation agricultural methods on the amount of soil organic matter, energy indices, and crop yield in white bean (Dorsa variety) cultivation. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in the cropping years of 2017-2018, 2018-2019, and 2019-2020. The experimental treatments were involved: 1- the conventional tillage method (by using moldboard plow+ disc) as a control, 2-Reduced tillage with a chisel-packer plow, and 3-No-tillage method with a direct planting seeder. In each season, the soil organic matter content was measured. The yield and yield components of dry bean seeds were measured at the end of the season by removing the margins. In addition, inputs and outputs energy consumption, gross energy produced per hectare, energy ratio and intensity, and energy productivity were calculated for each treatment. The results showed that the highest and lowest yields were obtained in reduced tillage and no-tillage, respectively, with 2869 and 2076 kg/ha. The three-year average values of soil organic matter in the experimental treatments for each season were 0.430, 0.582, and 0.621%, respectively, with the highest increase seen in reduced tillage treatment. The highest and the lowest energy intensity were obtained for no-tillage and reduced tillage with 38.6 and 27.3 MJ/kg, respectively. One of the reasons for increasing energy consumption and decreasing the yield in the no-tillage method was the high weed population and plentiful consumption of general and specific herbicides. Finally, due to the increase in grain yield, amount of soil organic matter, and improvement of energy indices in dry bean cultivation, the reduced tillage method was evaluated as more suitable than the no-tillage method.

Keywords: Conservation Agriculture, Dry Bean, Energy Consumption, No-Tillage, Reduced Tillage.

Citation: Hydayatipour A. Tahmasebi M. and Goodarzi M. 2023. Investigating the effect of conservation tillage methods on organic matter and energy indices in bean cultivation (Case study of Arak city). Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery. 29: ??-??. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.14171.639>

1- Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.

2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.

3- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.

*Corresponding Author: ahedayatypoor@gmail.com

Received: 2022/12/04

Accepted: 2023/05/08

<https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.14171.639>