

تعیین کارایی و بهره‌وری انرژی در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌منظور تهیه الیاف از پنبه

فریدون کشاورزپور^{۱*}، یحیی عجب شیرچی^۲ و محمدعلی میسمی^۳

^۱ دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، انرژی در کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده

کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۲ استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۳ استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۱

چکیده

این تحقیق برای تعیین بهره‌وری و کارایی انرژی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی برای تهیه الیاف پنبه در منطقه ورامین انجام شد. در این پژوهش سامانه‌های خاک‌ورزی سنتی، کم‌خاک‌ورزی، حداقل خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تحقیقات نشان داد که میانگین عملکرد پنبه‌دانه در سامانه خاک‌ورزی سنتی با ۳۶۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار دارای بیش‌ترین مقدار و سامانه بی‌خاک‌ورزی با میانگین عملکرد ۱۷۵۳/۳ کیلوگرم در هکتار دارای کم‌ترین مقدار نسبت به سایر سامانه‌های خاک‌ورزی شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین مقدار مصرف انرژی در سامانه خاک‌ورزی مرسوم ۳۰۴۷۳/۱۶ مگاژول بر هکتار و کمترین آن به سامانه بی‌خاک‌ورزی با مقدار انرژی مصرفی ۲۵۹۰۳/۱ مگاژول بر هکتار در بین سامانه‌های خاک‌ورزی گردیدند. در سامانه خاک‌ورزی سنتی، نهاده‌های کود شیمیایی نیتروژن دارای بیش‌ترین مصرف انرژی با مقدار ۱۱۶۲۰ مگاژول بر هکتار و بعد از آن نهاده آبیاری و سوخت دیزل به‌ترتیب با مقادیر ۵۸۵۰/۰۴۱ و ۴۷۰۴/۴۲ مگاژول بر هکتار جایگاه دوم و سوم را به خود اختصاص داده‌اند و مصرف انرژی در کارخانه به‌منظور جداسازی الیاف از پنبه‌دانه نیز ۱۴۴۳/۳۳ مگاژول بر هکتار شد. کارایی و بهره‌وری انرژی در سامانه خاک‌ورزی مرسوم به‌ترتیب ۲/۳۶ و ۰/۰۴ کیلوگرم بر مگاژول دارای بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین مقدار آن در سامانه بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب ۱/۳۳ و ۰/۰۲ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد. در نهایت بر اساس تجزیه و تحلیل شاخص‌های مهم انرژی (دو پارامتر کارایی و

بهره‌وری انرژی)، خاک‌ورزی مرسوم به عنوان سامانه خاک‌ورزی بهینه در کشت پنبه در منطقه ورامین قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: پنبه، خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد، کارائی و بهره‌وری انرژی.

مقدمه

پنبه مهم‌ترین گیاه لیفی است. پنبه نه تنها از نظر صنعت نساجی بلکه از نظر غذایی بسیار حائز اهمیت بوده و در بازارهای جهانی جزو پنج دانه روغنی محسوب می‌شود. از خصوصیات ویژه الیاف پنبه، سبکی، نرمی، دوام، هدایت، بخار آب، استحکام و قابلیت رنگرزی را می‌توان نام برد پنبه یکی از گیاهان فیبری است که کاربرد زیادی در صنعت هند دارد و کشت می‌شود (عالیشاه و همکاران، ۲۰۱۰).

در بین مناطق پنبه‌خیز ایران، استان گلستان و ورامین در استان تهران سابقه طولانی در کشت این گیاه را دارد. در حال حاضر ۷۲-۷۳ درصد سطح زیر کشت در کشور از رقم ورامین می‌باشد. طبق گزارش (احمدی و همکاران، ۲۰۱۶) در آمار نامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، سطح زیر کشت محصول پنبه در کشور ۸۴۷۹۹ هکتار بوده که بیش‌ترین سطح زیر کشت مربوط به استان خراسان و گلستان و بعد از آن‌ها ورامین می‌باشد. میزان کل تولید این محصول در کشور ۱۸۳۹۹۷ تن و عملکرد آن ۲/۱۷ تن در هکتار می‌باشد. سطح زیر کشت محصول پنبه در استان تهران ۲۴۰ هکتار و میزان تولید آن ۵۱۶ تن می‌باشد (فوگات و آگروال، ۱۹۹۸). در هندوستان با استفاده از تغییر دفعات دیسک‌زنی اثر نرمی بستر بذر را بر جوانه‌زنی پنبه بررسی نمودند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که چنان‌چه مقدار آب کم‌تر از مقدار متوسط آن باشد کم‌تر دیسک زدن بهتر است و لیکن با وجود آب کافی تعداد دفعات دیسک اثری بر جوانه‌زنی ندارد (عارفی و همکاران، ۲۰۱۸).

در تحقیقی به بررسی انرژی مصرفی، میزان سوخت مصرفی و برآورد شاخص‌های انرژی در تولید پنبه در شهرستان‌های علی‌آبادکتول و آق‌قلا در استان گلستان ایران پرداخته است. اطلاعات از طریق مصاحبه حضوری با ۱۰۰ پنبه کار جمع‌آوری شد. در این مطالعه مقادیر مصرف سوخت و انرژی برای هر یک از عملیات زراعی مرتبط با تولید پنبه در علی‌آباد و آق‌قلا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مصرف انرژی با ۴۱ درصد از کل انرژی مصرفی مربوط به عملیات آبیاری بود و عملیات‌های تغذیه و آماده‌سازی زمین در رتبه‌های بعدی می‌باشند. مجموعه انرژی نیروی کارگری ۲۲۶۲ مگاژول در هکتار محاسبه شد که به ترتیب عملیات برداشت، عملیات آبیاری و عملیات وجین، سله‌شکنی و واکاری از بیش‌ترین به کم‌ترین مصرف انرژی کارگری را داشتند. ۶۱ درصد از کل انرژی (۱۰۲۱۷ مگاژول در هکتار) به طور غیرمستقیم برای ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین‌آلات،

تولید بذر، تولید کود نیتروژن، تولید کودهای فسفر، تولید کودهای پتاسیم، تولید کودهای آلی، تولید حشره‌کش‌ها، تولید علف‌کش‌ها و تولید قارچ‌کش‌ها مصرف شده است. تولید کود نیتروژن با ۳۰ درصد بیش‌ترین سهم را نسبت به سایر بخش‌های انرژی‌های غیر مستقیم داشت در حالی که ۳۹ درصد از کل انرژی‌های مصرفی مربوط به انرژی‌های مستقیم و از طریق بکارگیری نیروی انسانی و مصرف سوخت مصرف شده است. متوسط نسبت انرژی در مجموع مزارع برابر با ۵/۹۲ بود. نتایج بررسی مقادیر کل انرژی ورودی در مزارع نشان داد که کم‌ترین و بیش‌ترین انرژی ورودی کل به ترتیب برابر ۱۵۶۱۴ و ۴۳۳۲۱ مگاژول در هکتار محاسبه شد. میانگین عملکرد و ش ۲/۸ تن در هکتار بدست آمد که این مقدار معادل ۱۵۴۳۷۱ مگاژول در هکتار انرژی می‌باشد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۶).

در مطالعاتی انرژی مصرفی و تولیدی گندم آبی کشور ایران را بررسی نمودند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که متوسط انرژی مصرفی کل برای تولید گندم آبی ۳۴۸۰۰ مگاژول بر هکتار است. در بین نهاده‌های ورودی، کود نیتروژن دارای بیش‌ترین سهم (۳۰ درصد) بوده و پس از آن سوخت دیزل (۲۲ درصد) و الکتریسیته (۱۵ درصد) قرار دارند. میانگین نسبت انرژی خروجی به ورودی برای گندم آبی ۲/۰۹ بوده و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این شاخص به ترتیب مربوط به استان‌های گلستان (۳/۷۲) و سیستان و بلوچستان (۰/۸۱) می‌باشد (کی‌دشتی و همکاران، ۲۰۱۴).

در پژوهشی به بررسی روند مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی در نظام تولید پنبه در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج تحقیقاتی آن‌ها نشان داد که افزوده انرژی و کارایی انرژی تولید پنبه در منطقه به ترتیب ۱۸۶۸۳/۷۸ - مگاژول بر هکتار و ۰/۷۱ بود. الکتریسیته و کودهای شیمیایی به ترتیب با سهم ۷۰/۵۰ و ۱۲/۳۹ درصد به عنوان پرمصرف‌ترین منابع انرژی در تولید بودند. میزان انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر تولید پنبه در استان خراسان رضوی به ترتیب ۵۸۹۶/۶۴ و ۶۳۲۹۹/۱۱ مگاژول بر هکتار محاسبه شدند. نتایج استفاده از تابع کاب داگلاس نشان داد که تأثیر نهاده‌های انرژی بذر، نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی و سوخت دیزل بر روی عملکرد مثبت و تأثیر نهاده‌های کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، کود حیوانی و الکتریسیته بر عملکرد پنبه منفی بود. درآمد خالص تولید و نسبت سود به هزینه به ترتیب ۹۰۳۹۴۵۱ ریال بر هکتار و ۱/۲۱ محاسبه شد. نیروی انسانی نیز با ۴۲/۹ درصد بیش‌ترین سهم از هزینه‌های متغیر تولید را به خود اختصاص داد.

پنبه یکی از محصولات مهم و راهبردی وزارت جهاد کشاورزی و سیاست‌گذاران کشاورزی می‌باشد و جایگاه ویژه‌ای در کشور به‌ویژه در منطقه ورامین دارد. متأسفانه در دهه اخیر توجه کم‌تری به کشت این محصول در کشور شده و کشاورزان تمایل کم‌تری به کاشت این محصول دارند و از نظر اقتصادی نیز نسبت به سایر محصولات زراعی مقرون به‌صرفه نمی‌باشد. تعطیل شدن اکثر کارخانه‌های روغن‌کشی و صنعت نساجی کشور نشان‌دهنده عدم توجه سرمایه‌گذاران، سیاست‌گذاران و محققین

کشور به این محصول می‌باشد. یکی از اهداف این تحقیق تعیین مقدار انرژی مصرفی محصول پنبه از این محصول در منطقه ورامین بود. انتخاب مناسب‌ترین سامانه خاک‌ورزی بر اساس میزان کارایی و بهره‌وری انرژی از دیگر اهداف این تحقیق بود. اکثر تحقیقات در کشور به بررسی شاخص‌های انرژی تا مرحله برداشت پرداخته و مقدار انرژی مصرفی در کارخانه به‌منظور جداسازی الیاف از پنبه‌دانه مورد بررسی قرار نمی‌گیرد و تعیین شاخص‌های انرژی و تجزیه و تحلیل آن از مرحله تهیه بستر بذر در مزرعه تا مرحله جداسازی الیاف از پنبه‌دانه از جمله اهداف دیگر این مطالعه بوده و لازم شد تا به مطالعه تعیین شاخص‌های مهم انرژی از مرحله تهیه بستر بذر (سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی) تا برداشت محصول از مزرعه و جداسازی الیاف از پنبه‌دانه در کارخانه پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین کارایی و بهره‌وری انرژی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در محصول پنبه، پروژه‌ای در سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقاتی مرکزی وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران در شهرستان ورامین انجام شد. در این پروژه پس از مشخص نمودن مقدار مساحت مورد نیاز (اندازه هر کرت تیمار خاک‌ورزی ۲۷×۹ متر و فاصله بین کرت‌ها و تکرارها ۲ متر) و آزمون خاک (توسط بخش تحقیقات خاک و آب)، اقدام به اجرای سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در سه تکرار بر اساس نقشه گردید. قطعه مورد آزمایش در دو سال متوالی ثابت بوده و سامانه‌های خاک‌ورزی به‌صورت تصادفی در هر کرت اجرا گردید. میانگین داده‌های دو ساله عملکرد محصول با استفاده از نرم‌افزار آماری تجزیه و تحلیل گردیده و میانگین مقدار مصرف نهاده‌های دو سال زراعی به عنوان مصرف نهایی نهاده‌ها در نظر گرفته شد و در نهایت اقدام به محاسبه میزان مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل شاخص‌های مهم انرژی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی شد. به‌منظور داده‌برداری مقدار انرژی مصرفی در کارخانه روغن‌کشی ورامین به‌منظور جداسازی الیاف از پنبه‌دانه، پس از هماهنگی با معاونت محترم آن واحد اقدام به یادداشت‌برداری مقدار توان مصرفی در کارخانه روغن‌کشی گردید. مشخصات فنی ادوات مورد استفاده در عملیات خاک‌ورزی و تهیه بستر بذر در جدول یک ارائه شده است.

سامانه‌های خاک‌ورزی در این پروژه عبارتند از:

- T₁ - خاک‌ورزی سنتی (گاواهن برگردان‌دار+ دو یا چند بار دیسک + لولر و کاشت)
- T₂ - کم‌خاک‌ورزی (دو بار دیسک + لولر و کاشت)
- T₃ - حداقل خاک‌ورزی (چیزل پیلر و کاشت)
- T₄ - بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم).

جدول ۱- مشخصات ادوات مورد استفاده شده در این مطالعه

تراک	گاواهن	برگردان دار سه	دیسک	خاکورز	ردیف	سم پاش	کودپاش	نهرکن	تسطیح کن
تور	خیش	تاندوم ۲۸	مرکب ۷	کار	بومدار	سانتریفو	(ایران	M-805	
جانند	(آهنگری	پره با	شاخه با	پنج-	۴۰۰	ژی ۳۵۰	مهر	(خوشه چین	
یر	خراسان) با	عرض	عرض	ردیفه	لیتری	لیتری	تربت)	(فارس)	
۳۱۴	عرض کار	کار ۳ m	کار ۲.۱ m						
.	۱۲۰cm								

انرژی کارگری (E_{ia}): بر اساس بعضی از مطالعات هندی و... انرژی مورد نیاز یک فرد در یک روز را تقریباً ۸ مگاژول در نظر می گیرند و هم چنین در بعضی از مطالعات اروپایی انرژی کارگری در محاسبات انرژی محاسبه نمی شود (اردال و همکاران، ۲۰۰۷). مقدار انرژی هر کارگر در مدت یک ساعت کاری را ۲/۱۵۳ مگاژول در ساعت به دست آوردند. در این پروژه نیز با در دست داشتن تعداد ساعات کاری کارگران در هکتار در سامانه های مختلف خاکورزی و ضرب نمودن تعداد ساعات کاری کارگران در هم ارز انرژی هر ساعت کار نیروی انسانی بر اساس رابطه یک به دست آمد.

$$E_{cla} = T.N \quad (1)$$

E_{cla} : محتوای انرژی کارگر ($MJ.ha^{-1}$) ; T : میزان کار کارگر ($hr.ha^{-1}$) ; N : تعداد کارگر

انرژی ماشین آلات: انرژی مصرفی ماشین ها و ادوات کشاورزی را معمولاً به ازای هر ساعت کار تراکتور که در ادبیات فن موجود است، محاسبه می کنند که مقدار انرژی آن (با اقتباس از اردال و همکاران، ۲۰۰۷) معادل ۶۲/۷ مگاژول در ساعت می باشد. در این پروژه نیز به روش استاندارد تعیین گردید و مقدار انرژی مصرفی بر اساس تعداد ساعات فعالیت تراکتور و مقدار انرژی معادل هر ساعت فعالیت مشخص شد.

انرژی سوخت (E_{fuel}): روش اندازه گیری میزان مصرف سوخت در این پروژه به این صورت بود که ابتدا باک سوخت را کاملاً (تا علامت مشخصی از باک) پر نموده و سپس اقدام به اجرای عملیات خاص مانند خاکورزی با ادوات مختلف در یک هکتار گردید. پس از اتمام عملیات مربوطه، مقدار دقیق سوخت کم شده را با پر کردن مجدد باک اندازه گیری نموده و سپس کل انرژی مصرفی با توجه به میزان سوخت مصرفی در هکتار و محتوای انرژی هر لیتر سوخت محاسبه گردید.

انرژی کود (E_{fer}): برای محاسبه مقدار مصرف کود شیمیایی، لازم است که مقدار دقیق کودهای مورد نیاز در طول عمر محصول برآورد گردیده و سپس در محتوای انرژی یک کیلوگرم کود تولیدی ضرب

شود. (اردال و همکاران، ۲۰۰۷) معادل انرژی هر کیلوگرم کود نیتروژن و فسفر را به ترتیب ۵۸/۱ و ۱۳/۹۷ مگاژول بر هکتار محاسبه نموده است. در این پروژه برای تعیین معادل انرژی هر کیلوگرم کودهای شیمیایی از نتایج تحقیقاتی (اردال و همکاران، ۲۰۰۷) استفاده شده است.

انرژی آبیاری (E_{irr}): مقدار آب مصرفی توسط محصول پنبه در این پروژه از آب کانال استفاده شد. انرژی آبیاری را می‌توان با در دست داشتن اطلاعات دبی آب، تعداد ساعات آبیاری، دفعات آبیاری و هم‌ارز هر مترمکعب به دست آورد و در اکثر مناطق و هم‌چنین در این پروژه از این روش استاندارد استفاده گردیده است. مقدار آب مصرفی در این پروژه ۹۲۸۵/۸ متر مکعب در هکتار به دست آمد. معادل انرژی هر مترمکعب آب مصرفی بر اساس نتایج تحقیقاتی (اردال و همکاران، ۲۰۰۷) ۰/۶۳ مگاژول بر مترمکعب می‌باشد. در نهایت مقدار آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار را در هم‌ارز انرژی هر مترمکعب آب ضرب نموده و مقدار انرژی آب مصرفی به دست آمد.

انرژی آفت‌کش‌ها و سموم (E_{bio}): در این پروژه برای محاسبه میزان انرژی مصرفی توسط نهاده سموم، با حاصل ضرب مقدار سم مصرفی در هکتار و مقدار ماده مؤثر آن سم در کیلوگرم محاسبه گردید. معادل انرژی ماده مؤثر سموم با اقتباس از نتایج تحقیقاتی (راتک و همکاران، ۲۰۰۶) در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج تحقیقاتی (راتک و همکاران، ۲۰۰۶)، معادل انرژی یک کیلوگرم ماده مؤثر سم ترفلان، متاسیستوکس و لاروین به ترتیب ۲۸۸، ۲۳۷ و ۲۳۷ مگاژول می‌باشد.

انرژی مصرفی در فرآیند جداسازی الیاف از پنبه‌دانه: فعالیت کارخانه روغن‌کشی ورامین به صورت شبانه‌روزی انجام می‌گیرد. در این پروژه مقدار مصرف انرژی در مدت زمان ۲۴ ساعت با ضرب نمودن توان دستگاه‌های فعال در مدت ۲۴ ساعت کاری به دست آورده شد و از طرفی مقدار الیاف جدا شده از پنبه‌دانه در طول زمان ۲۴ ساعت در کارخانه روغن‌کشی ورامین نیز مشخص گردید. سپس با تقسیم مقدار انرژی مصرفی بر مقدار الیاف تولیدی، مقدار انرژی مصرفی به‌ازای یک کیلوگرم الیاف پنبه در کارخانه مشخص شد. مجموع توان فعال در کارخانه ۴۰۸/۴۸ کیلووات و مقدار انرژی مصرفی به‌ازای یک کیلوگرم الیاف پنبه در کارخانه ۱/۱۳۴ مگاژول و مقدار انرژی مصرفی در روش مرسوم منطقه ۱۴۴۳/۲۹ مگاژول بر هکتار محاسبه شد.

کل انرژی ورودی (E_{in}): مجموع انرژی مصرفی شامل مقدار تمامی نهاده‌ها بوده که بر حسب $MJ \cdot ha^{-1}$ بیان گردیده است و در این مطالعه نیز پس از محاسبه انرژی‌های ورودی با استفاده از رابطه دو محاسبه شد.

$$E_{in} = E_{mech} + E_{fuel} + E_{la} + E_{fer} + E_{bio} + E_{seed} + E_{irr} + E_{tr} \quad (2)$$

کل انرژی خروجی (E_{out}): برای محاسبه انرژی خروجی بایستی مقدار عملکرد محصول را در محتوای انرژی آن ضرب نمود. در محاسبه انرژی اکثر محصولات کشاورزی از قبیل پنبه، گندم، جو و ... علاوه بر

محاسبه معادل انرژی تولید اصلی (بذر گندم، جو و پنبه)، انرژی سایر تولیدات جانبی آن‌ها از قبیل کاه و کلش نیز تعیین می‌گردد. در این مطالعه نیز انرژی معادل بذر، کاه و کلش (بقایای محصول پنبه) مشخص گردید. واحد انرژی خروجی $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ است.

شاخص‌های انرژی: شاخص‌های انرژی ابزاری است که به تجزیه و تحلیل مقدار انرژی مصرفی توسط نهاده‌ها و مقدار انرژی به‌دست آمده در یک فرآیند پرداخته و مقدار کارآمدی سامانه‌ها را مشخص می‌نماید. در مکانیزاسیون کشاورزی سه شاخص مهم انرژی وجود دارد که امکان ارائه یک دیدگاه جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی، مقایسه کارایی و بهره‌وری سامانه‌های مختلف تولید یک محصول خاص و راهکار مناسب در بهینه‌سازی مصرف انرژی را به مدیران، محققان کشاورزان و سایر دست‌اندرکاران می‌دهد.

نسبت انرژی (ER): نسبت انرژی، نسبت بین کل انرژی مصرف شده (E_{in}) و انرژی محصولات خروجی (E_{out}) در یک فرآیند بوده و فاقد واحد می‌باشد. نسبت انرژی یا کارایی انرژی شناخته‌ترین شاخص به‌منظور تجزیه و تحلیل انرژی است. در این پروژه کارایی انرژی با در دست داشتن اطلاعات مقدار انرژی مصرف شده توسط نهاده‌ها و انرژی تولیدی، از رابطه سه محاسبه گردید.

$$ER = E_{out} \cdot E_{in}^{-1} \quad (3)$$

۲- سود یا عملکرد خالص انرژی (NEG): عملکرد خالص انرژی به اختلاف بین انرژی ناخالص تولید شده و کل انرژی مورد نیاز و مصرف شده برای یک تولید گفته می‌شود. در فرآیند کشاورزی واحد عملکرد خالص انرژی وابسته به واحد تولید است (مثلاً مگاژول در هکتار). در این پروژه این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده و با استفاده از رابطه چهار محاسبه شد.

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (4)$$

در این رابطه:

NEG: افزوده خالص انرژی ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$)

۳- بهره‌وری انرژی (EP): بهره‌وری انرژی مقدار عملکرد محصول تولید شده به ازای هر واحد انرژی ورودی است. نسبت ER به EP در واقع همان ارزش گرمائی واحد محصول است. برای بهبود بهره‌وری انرژی در یک فرآیند می‌توان انرژی مصرفی در تولید نهاده را کاهش داده و هم عملکرد محصول را بهبود بخشید و یا از ضایعات کاست. این شاخص با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده و با قرار دادن در رابطه پنج محاسبه گردید.

$$EP = Y \cdot E_{in}^{-1} \quad (5)$$

در این رابطه: EP: بهره‌وری انرژی (kg/MJ) Y: عملکرد محصول (kg/ha)

به‌منظور محاسبه مصرف انرژی نهاده‌ها و تعیین کارایی و بهره‌وری انرژی در سامانه‌های خاک‌ورزی نیاز به هم‌ارز انرژی نهاده‌ها می‌باشد که در جدول دو معادل انرژی نهاده‌ها و نحوه محاسبه مقدار مصرف انرژی در این مطالعه ارائه شده است.

جدول ۲- مقدار کل انرژی مصرفی در چرخه حیات پنبه در سامانه خاک‌ورزی مرسوم به‌منظور تهیه الیاف

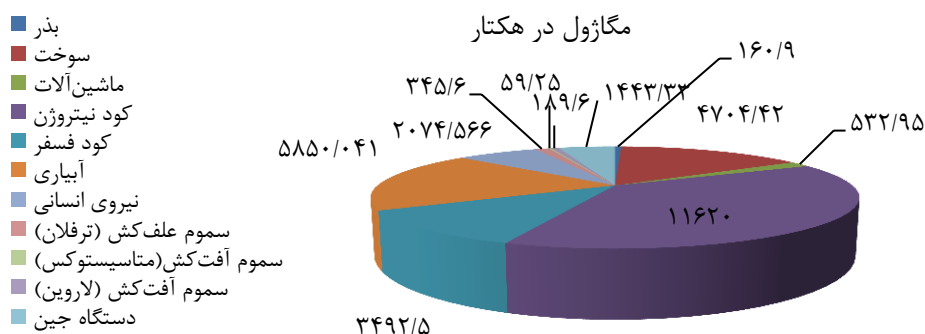
منبع	محتوای انرژی مگاژول در واحد	مقدار مصرفی در هکتار	واحد	نهاده	مقدار کل انرژی مصرفی مگاژول بر هکتار
محاسبه شد	۱۶/۰۹	۱۰	kg	بذر	۱۶۰/۹
کالتاس و همکاران، ۲۰۰۷	۴۸/۷	۹۶/۶	l	سوخت	۴۷۰۴/۴۲
اردال و همکاران، ۲۰۰۷	۶۲/۷	۸/۵	h	ماشین‌آلات	۵۳۲/۹۵
اردال و همکاران، ۲۰۰۷	۵۸/۱	۲۰۰	kg	کود نیتروژن	۱۱۶۲۰
اردال و همکاران، ۲۰۰۷	۱۳/۹۷	۲۵۰	kg	کود فسفر	۳۴۹۲/۵
اردال و همکاران، ۲۰۰۷	۰/۶۳	۹۲۸۵/۸	m ³	آبیاری	۵۸۵۰/۰۴۱
اردال و همکاران، ۲۰۰۷	۲/۱۵۳	۹۶۳/۵۳	h	نیروی انسانی	۲۰۷۴/۵۶
راتک و همکاران، ۲۰۰۶	۲۸۸	۱/۲	kg	ترفلان (ماده موثر سم ۰/۴۸ kg)	۳۴۵/۶
راتک و همکاران، ۲۰۰۶	۲۳۷	۰/۲۵	kg	متاسیستوکس (ماده موثر سم ۰/۲۵ kg)	۵۹/۲۵
راتک و همکاران، ۲۰۰۶	۲۳۷	۰/۸	kg	لاروین (ماده موثر سم ۰/۸ kg)	۱۸۹/۶
میسمی و همکاران، ۲۰۱۴	۹	۱۶۰/۳۷	kWh	مصرف برق دستگاه جین	۱۴۴۳/۳۳
				جمع	۳۰۴۷۳/۱۶
ستانده					
منبع	محتوای انرژی مگاژول در واحد	مقدار تولید در هکتار	واحد	ستانده	مقدار کل انرژی تولیدی مگاژول بر هکتار
محاسبه شد	۱۶/۰۹	۲۱۸۱/۸۴	kg	بذر پنبه	۳۵۱۰۵/۸
محاسبه شد	۲۳/۹۴	۱۲۷۲/۷۳	kg	الیاف	۳۰۴۶۹/۱۶
زاهدی، ۲۰۱۴	۲/۲۵	۲۷۳۴/۵۵	kg	کاه	۶۱۵۲/۷۴
				جمع	۷۱۷۲۷/۷

نتایج و بحث

نتایج حاصل از پارامترهای انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی بطور خلاصه در جداول ۲، ۳، ۴ و ۵ و شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است.

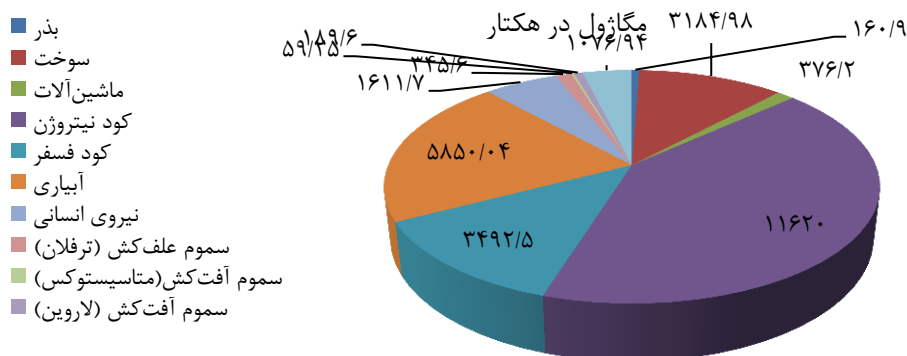
با توجه به نتایج تحقیقات در جدول دو و شکل یک، انرژی مصرفی نهاده نیروی انسانی در روش مرسوم پنبه با مقدار ۲۰۷۴/۵۶ مگاژول بر هکتار به عنوان چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در منطقه ورامین مشخص گردید. در استان گلستان نیز انرژی مصرفی نهاده نیروی انسانی با ۲۴۱۳ مگاژول بر هکتار به عنوان چهارمین نهاده پرمصرف انرژی در تولید پنبه شناخته شده اود (طاهری راد و همکاران، ۲۰۱۵). مجموع انرژی‌های ورودی در روش خاک‌ورزی مرسوم در منطقه ورامین ۳۰۴۷۳/۱۶ مگاژول بر هکتار گردید. مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان گلستان ۲۸۸۹۸ مگاژول بر هکتار محاسبه شد (طاهری، ۲۰۱۵). این مقدار در مطالعات دیگر در منطقه گلستان ۳۱۹۰۵ مگاژول بر هکتار گزارش شد (احمدی و آقاعلیخانی، ۲۰۱۲). مجموع انرژی ورودی برای تولید پنبه در استان البرز ۳۱۲۳۷ مگاژول بر هکتار اعلام شد (پیشگار و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مقدار انرژی ورودی در منطقه ورامین تقریباً با انرژی مصرفی در استان گلستان یکسان بوده و از استان البرز کم‌تر می‌باشد.

با توجه به نتایج تحقیقاتی در جدول دو و شکل یک، در این مطالعه نیز مانند بسیاری از مطالعات صورت گرفته بر روی انرژی تولید محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر در ایران، نهاده کودهای شیمیایی، آبیاری و سوخت دیزل به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید به دست آمد. به نحوی که در منطقه ورامین، مقدار انرژی مصرفی این نهاده‌ها به ترتیب ۴۹، ۱۹ و ۱۵ درصد کل انرژی مصرفی به دست آمد و با توجه به نتایج تحقیقاتی در این تحقیق، ۸۳ درصد مصرف انرژی در این فقط به این نهاده‌ها اختصاص داده شده است. در مطالعه احمدی و آقاعلیخانی (۲۰۱۲) بر روی انرژی تولید پنبه در استان گلستان سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب با ۴۶ و ۲۴ درصد مصرف انرژی به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گزارش شدند. در تحقیقی در خصوص تولید پنبه در استان البرز نیز سه نهاده سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کودهای شیمیایی به ترتیب به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی در تولید گزارش شدند (پیشگار و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعات ذکر شده برای تولید پنبه، سوخت دیزل پرمصرف‌ترین نهاده انرژی در تولید بود و با توجه به نتایج تحقیقاتی به دست آمده مقدار انرژی مصرفی سوخت دیزل در منطقه ورامین کم‌تر از مطالعات مورد بررسی شده اخیر گردید. مقدار انرژی مصرفی کودهای شیمیایی در منطقه ورامین بیش‌تر از مطالعات انجام گرفته اخیر گردید و نتایج تحقیقاتی نشان می‌دهد که افزایش مصرف کود نیتروژن بر هکتار باعث افزایش چشم‌گیر انرژی مصرفی کودهای شیمیایی گردیده و در رتبه اول مصرف انرژی در این منطقه قرار گرفت و بعد از آن مقدار انرژی آب مصرفی در رتبه دوم و انرژی مصرفی سوخت دیزل جایگاه سوم را به خود اختصاص داد. لذا با توجه به ادامه افزایش قیمت حامل‌های انرژی، ادامه این روند با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهد شد و کشت پنبه در این منطقه نیازمند توجه بیش‌تری به افزایش مواد آلی خاک می‌باشد.



شکل ۱- مقدار کل انرژی مصرفی در سامانه خاک‌ورزی مرسوم به منظور تولید الیاف

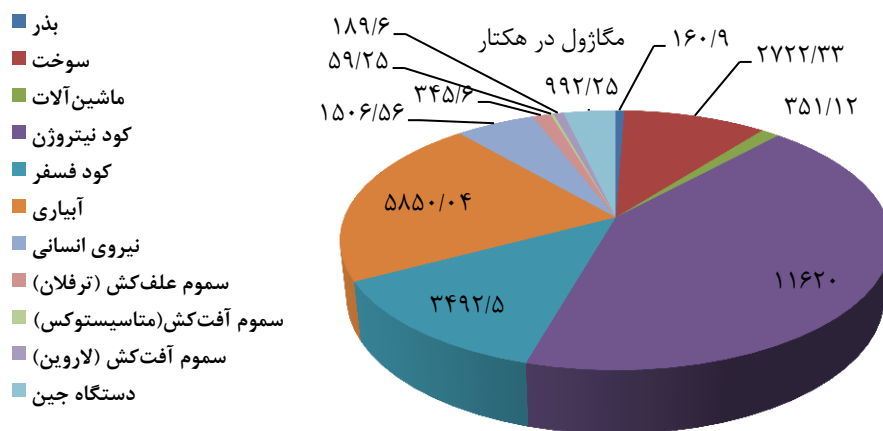
نتایج تحقیقاتی حاصل از مقدار مصرف انرژی در سامانه کم‌خاک‌ورزی در شکل دو نشان می‌دهد که مقدار انرژی مصرفی نهاده نیتروژن دارای بیش‌ترین مقدار ۱۱۶۲۰ مگاژول بر هکتار در رتبه یک و انرژی مصرفی نهاده آبیاری، کود فسفر و سوخت به ترتیب با مقادیر ۵۸۵۰/۰۴۱ و ۳۴۹۲/۵ و ۳۱۸۴/۹۸ مگاژول بر هکتار در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم پرمصرف‌ترین نهاده‌های مصرف انرژی قرار گرفتند. نتایج تحقیقاتی مذکور نشان می‌دهد که با بهینه‌سازی نهاده کودی و یا استفاده از نهاده کودی جایگزین می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش مصرف انرژی در تولید پنبه داشته باشد.



شکل ۲- مقدار کل انرژی مصرفی در سامانه کم‌خاک‌ورزی به منظور تولید الیاف

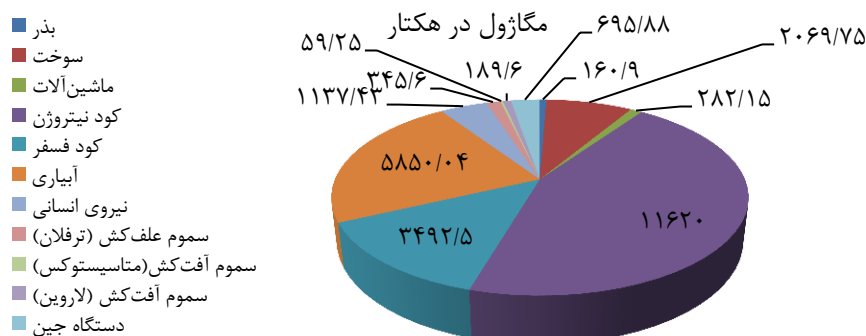
نتایج تحقیقاتی حاصل از مقدار مصرف انرژی در سامانه حداقل‌خاک‌ورزی در شکل سه نشان می‌دهد که از مجموع ۲۷۲۹۰/۱۵ مگاژول بر هکتار، ۱۱۶۲۰ مگاژول بر هکتار مربوط به نهاده کود نیتروژن بوده و ۴۲/۵ درصد کل انرژی مصرفی در چرخه حیات پنبه به منظور تهیه الیاف را به خود اختصاص داده است. نهاده‌های آبیاری، کود فسفر و سوخت به ترتیب با مقادیر ۵۸۵۰/۰۴ و ۳۴۹۲/۵ و ۳۴۵/۶ مگاژول بر هکتار در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم پرمصرف‌ترین نهاده‌های مصرف انرژی قرار گرفتند.

۲۷۲۲/۳۳ مگاژول بر هکتار در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار گرفتند. با توجه به نتایج تحقیقاتی ارائه شده در شکل سه اگر نهاده کود نیتروژن و کود فسفر را به عنوان نهاده کودی در نظر بگیریم، سهم نهاده کودی از مجموع انرژی مصرفی در چرخه حیات پنبه به‌منظور تهیه الیاف ۵۵ درصد می‌باشد که ارائه راهکار مناسب به‌منظور کاهش نهاده‌های کودی توسط کارشناسان بخش خاک و آب می‌تواند باعث کاهش چشم‌گیری در کاهش مصرف انرژی در تولید پنبه بشود.



شکل ۳- مقدار کل انرژی مصرفی در سامانه حداقل خاک‌ورزی به‌منظور تولید الیاف

با توجه به نتایج تحقیقاتی ارائه شده در شکل چهار، مجموع انرژی مصرفی در سامانه بی‌خاک‌ورزی معادل ۲۵۹۰۳/۱ مگاژول بر هکتار می‌باشد و نهاده کود نیتروژن با مقدار انرژی مصرفی ۱۱۶۲۰ مگاژول بر هکتار در رتبه اول و نهاده‌های آبیاری، کود فسفر و سوخت دیزل به ترتیب با مقادیر ۲۰۶۹/۷۵، ۳۴۹۲/۵ و ۵۸۵۰/۰۴ مگاژول بر هکتار در رتبه‌های بعدی قرار دارند. مقادیر نهاده مصرفی کودی، آبیاری و سموم برای همه سامانه‌های خاک‌ورزی یکسان استفاده شده است و در بین نهاده‌های متغیر پر مصرف انرژی در این مطالعه نهاده سوخت دیزل می‌باشد و مقدار مصرف سوخت بیش‌تر در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی باعث افزایش زیاد مجموع انرژی مصرفی در سامانه مربوطه شده است. با توجه به نتایج تحقیقاتی شکل یک، دو، سه و چهار بیش‌ترین مصرف نهاده سوخت مربوط به سامانه خاک‌ورزی مرسوم با مقدار ۴۷۰۴/۴۲ مگاژول بر هکتار و کم‌ترین آن در سامانه بی‌خاک‌ورزی با مقدار ۲۰۶۹/۷۵ بر هکتار محاسبه شد. این نتایج نشان می‌دهد که مقدار انرژی مصرفی سوخت دیزل در سامانه خاک‌ورزی مرسوم بیش‌تر از دوبرابر مصرف انرژی در سامانه بی‌خاک‌ورزی شده است.



شکل ۴- مقدار کل انرژی مصرفی در سامانه بی‌خاک‌ورزی به منظور تولید الیاف

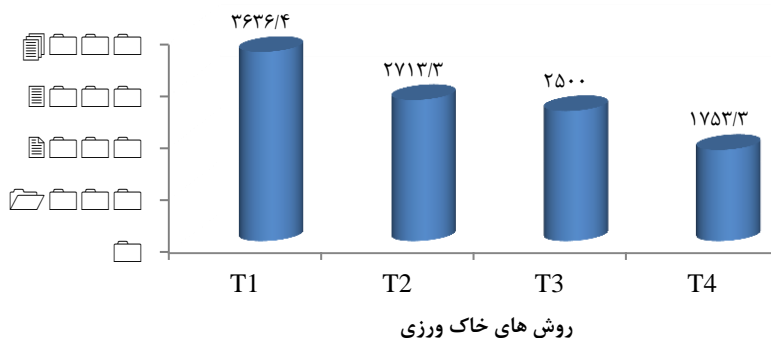
با توجه به این‌که هدف نهایی از محاسبه مقدار انرژی مصرفی نهاده‌ها و انرژی تولیدی در تولید یک محصول، تجزیه و تحلیل یک سامانه و یا مقایسه سامانه‌ها با هم بر اساس شاخص‌های انرژی می‌باشد و همچنین تفکیک انرژی مستقیم از غیر مستقیم محاسبه انرژی برای کمک بیش‌تر در تجزیه و تحلیل می‌باشد، نیاز به تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزارهایی مانند SPSS و اثبات اختلاف معنی‌دار بودن بین سامانه‌ها نمی‌باشد. با توجه به نتایج تحقیقاتی در جدول سه، بیش‌ترین مقدار انرژی مستقیم در سامانه خاک‌ورزی مرسوم (۱۴۷۶۶/۲۱ مگاژول بر هکتار) و کم‌ترین مصرف انرژی مستقیم در روش بی-خاک‌ورزی (۱۰۱۹۶/۱۵ مگاژول بر هکتار) گردید. درصد انرژی مستقیم نسبت به کل انرژی مصرفی در روش خاک‌ورزی مرسوم ۴۸ درصد و در روش بی‌خاک‌ورزی ۳۹ درصد گردید. بیش‌ترین مصرف انرژی غیر مستقیم مربوط به مصرف کود نیتروژن ۱۱۶۲۰ مگاژول بر هکتار و بیش‌ترین مصرف انرژی مستقیم مربوط به مصرف سوخت در روش خاک‌ورزی مرسوم ۴۷۰۴/۴۲ مگاژول بر هکتار به دست آمد. انرژی مصرفی نپه آبیاری که انرژی مصرفی مستقیم می‌باشد، در همه سامانه‌های خاک‌ورزی یکسان استفاده گردید. نپه سوخت دیزل یکی از نهاده‌های مؤثر در افزایش درصد انرژی مستقیم می‌باشد و افزایش مصرف نپه سوخت در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی باعث زیاد شدن درصد مصرف انرژی مستقیم به غیر مستقیم شده است. نتایج به دست آمده در جدول سه نشان می‌دهد که هرچقدر شدت عملیات خاک‌ورزی کم‌تر بشود، مقدار سوخت مصرفی در هکتار کاهش پیدا کرده و در نتیجه درصد مصرف انرژی مستقیم نسبت به غیر مستقیم کم‌تر می‌شود.

نتایج تحقیقاتی تجزیه واریانس اثر سامانه‌های خاک‌ورزی بر عملکرد پنبه با استفاده از نرم‌افزار SPSS و مقایسه سامانه‌های خاک‌ورزی از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ای در جدول چهار و شکل پنج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سامانه‌های خاک‌ورزی در سطح ۵ درصد وجود دارد و خاک‌ورزی مرسوم دارای بیش‌ترین مقدار ۳۶۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار در گروه A و تیمار کم‌خاک‌ورزی

و حداقل خاک‌ورزی در گروه (B) و بی‌خاک‌ورزی نیز دارای کم‌ترین مقدار در گروه C قرار گرفتند و نتیجه تحقیقاتی در این مطالعه با تحقیقات (کاوالاریس، ۱۹۹۸) مطابقت دارد و علت اختلاف بین سامانه‌های خاک‌ورزی می‌تواند به دلیل آماده‌سازی بهتر بستر بذر به‌منظور حفظ رطوبت بیش‌تر در محیط رشد ریشه باشد.

جدول ۳- مقدار مصرف انرژی مستقیم و غیرمستقیم در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی

مصرف انرژی روش خاک‌ورزی	کل انرژی مصرفی (MJ.ha ⁻¹)	انرژی مستقیم (MJ.ha ⁻¹)	درصد	انرژی غیر مستقیم (MJ.ha ⁻¹)	درصد
خاک‌ورزی مرسوم	۳۰۴۷۳/۱۶	۱۴۷۶۶/۲۱	۴۸	۱۵۷۰۶/۹۵	۵۲
کم‌خاک‌ورزی	۲۷۹۶۷/۶۸	۱۲۲۶۰/۷۳	۴۴	۱۵۷۰۶/۹۵	۵۶
حداقل خاک‌ورزی	۲۷۲۹۰/۱۵	۱۱۵۸۳/۲	۴۲	۱۵۷۰۶/۹۵	۵۸
بی‌خاک‌ورزی	۲۵۹۰۳/۱	۱۰۱۹۶/۱۵	۳۹	۱۵۷۰۶/۹۵	۶۱



شکل ۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار)

با توجه به نتایج تحقیقاتی به‌دست آمده در جدول پنج، بیش‌ترین مقدار بذر پنبه، الیاف و کاه و کلش تولیدی در سامانه خاک‌ورزی مرسوم به‌ترتیب ۲۱۸۱/۸۴، ۱۲۷۲/۷۳ و ۲۷۳۴/۵۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار آن در سامانه بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب ۱۰۵۲، ۶۱۳/۶۶ و ۱۳۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار انرژی تولیدی در سامانه خاک‌ورزی سنتی ۳۵۱۰۵/۸ مگاژول بر هکتار و کم‌ترین آن در بی‌خاک‌ورزی با مقدار ۳۴۵۸۴/۳۳ مگاژول بر هکتار محاسبه شد.

جدول ۴- عملکرد پنبه در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی (کیلوگرم در هکتار)

تیمار	تکرار	R ₁	R ₂	R ₃	mean
T ₁		۳۴۸۹/۱	۳۸۲۰	۳۶۰۰	۳۶۳۶/۴ ^a
T ₂		۲۹۰۰	۲۵۵۰	۲۶۹۰	۲۷۱۳/۳ ^b
T ₃		۲۳۵۰	۲۷۰۰	۲۴۵۰	۲۵۰۰ ^b
T ₄		۱۹۰۰	۱۵۶۰	۱۸۰۰	۱۷۵۳/۳ ^c

جدول ۵- مقدار کل انرژی تولیدی در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

مقدار کل انرژی تولیدی	منبع	محتوای انرژی مگاژول در واحد	مقدار تولید در هکتار	واحد	ستانده	خاک‌ورزی
۳۵۱۰۵/۸	محاسبه شد	۱۶/۰۹	۲۱۸۱/۸۴	kg	بذر پنبه	مرسوم (سنتی منطقه)
۳۰۴۶۹/۱۶	محاسبه شد	۲۳/۹۴	۱۲۷۲/۷۳	kg	الیاف	
۶۱۵۲/۷۴	زاهدی، ۲۰۱۴	۲/۲۵	۲۷۳۴/۵۵	kg	کاه	
۷۱۷۲۷/۷					جمع	
۲۶۱۹۴/۲	محاسبه شد	۱۶/۰۹	۱۶۲۷/۹۸		بذر پنبه	
۲۲۷۳۴/۶۲	محاسبه شد	۲۳/۹۴	۹۴۹/۶۵	kg	الیاف	کم‌خاک‌ورزی
۴۵۹۰/۹	زاهدی، ۲۰۱۴	۲/۲۵	۲۰۴۰/۴	kg	کاه	
۵۳۵۱۹/۷۲					جمع	
۲۴۱۳۵	محاسبه شد	۱۶/۰۹	۱۵۰۰		بذر پنبه	
۲۰۹۴۷/۵	محاسبه شد	۲۳/۹۴	۸۷۵	kg	الیاف	حداقل خاک-ورزی
۴۲۳۰	زاهدی، ۲۰۱۴	۲/۲۵	۱۸۸۰	kg	کاه	
۴۹۳۱۲/۵					جمع	
۱۶۹۲۶/۶۸	محاسبه شد	۱۶/۰۹	۱۰۵۲	kg	بذر پنبه	
۱۴۶۹۱/۰۲	محاسبه شد	۲۳/۹۴	۶۱۳/۶۶	kg	الیاف	بی‌خاک‌ورزی
۲۹۶۶/۶۳	زاهدی، ۲۰۱۴	۲/۲۵	۱۳۱۸/۵	kg	کاه	(کشت مستقیم)
۳۴۵۸۴/۳۳					جمع	

بر اساس نتایج جدول شش، میانگین کارایی انرژی در تولید پنبه در روش مرسوم منطقه ۲/۳۶ محاسبه شد. کارایی انرژی در استان گلستان، البرز، به ترتیب ۱/۵۸ و ۱/۸۵ گزارش گردید (احمدی و آقاعلیخانی، ۲۰۱۲؛ پیشگار و همکاران، ۲۰۱۲). کارایی انرژی در منطقه ورامین بیش‌تر از استان گلستان به دست آمد. یکی از عوامل تأثیرگذار در زیاد بودن کارایی انرژی در این منطقه، بیش‌تر در نظر

گرفتن هم‌ارز انرژی الیاف و بذر پنبه دانه می‌باشد که هم‌ارز الیاف پنبه‌دانه در منطقه گلستان است که احمدی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقات خود ۱۱/۸ مگاژول بر کیلوگرم در نظر گرفته‌اند. در حالی که در این مطالعه هم‌ارز انرژی الیاف ۲۳/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم و هم‌ارز انرژی بذر پنبه ۱۶/۰۹ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. بیش‌ترین کارایی انرژی در این مطالعه مربوط به سامانه خاک‌ورزی مرسوم (۲/۳۶) و کم‌ترین آن در سامانه بی‌خاک‌ورزی (۱/۳۳) به دست آمد. نتایج تحقیقاتی ارائه شده در جدول شش نشان می‌دهد که کارایی و بهره‌وری انرژی با افزایش شدت عملیات خاک‌ورزی نسبت مستقیم دارد و با کاهش عملیات خاک‌ورزی کارایی سامانه‌های خاک‌ورزی نیز کاهش پیدا می‌کند. یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار در کارایی و بهره‌وری انرژی، عملکرد محصول در هکتار می‌باشد که در این تحقیق سامانه خاک‌ورزی مرسوم دارای بیش‌ترین مقدار و سامانه کشت مستقیم دارای کم‌ترین مقدار عملکرد بین همه سامانه‌ها گردیدند.

جدول ۶- مقادیر شاخص‌های مهم انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در محصول پنبه

روش‌های خاک-ورزی حفاظتی	مقدار انرژی مصرفی (MJ.ha ⁻¹)	مقدار انرژی تولیدی (MJ.ha ⁻¹)	مقدار الیاف در هکتار (kg)	نسبت انرژی	عملکرد خالص انرژی (MJ)	بهره‌وری انرژی (kg.MJ ⁻¹)
خاک‌ورزی مرسوم	۳۰۴۷۳/۲	۷۱۷۲۷/۷	۱۲۷۲/۷۳	۲/۳۶	۴۱۲۵۴/۵	۰/۰۴
کم‌خاک‌ورزی	۲۷۹۶۷/۷	۵۳۵۱۹/۷	۹۴۹/۶۵	۱/۹	۲۵۵۵۲/۰۴	۰/۰۳۴
حداقل خاک‌ورزی	۲۷۲۹۰/۲	۴۹۳۱۲/۵	۸۷۵	۱/۸	۲۲۰۲۲/۴	۰/۰۳۲
بی‌خاک‌ورزی	۲۵۹۰۳/۱	۳۴۵۸۴/۳	۶۱۳/۶۶	۱/۳۳	۸۶۸۱/۲۳	۰/۰۲

نتیجه‌گیری

۱- نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیش‌ترین عملکرد محصول در روش خاک‌ورزی با میانگین ۳۶۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن در روش بی‌خاک‌ورزی با میانگین عملکرد ۱۷۵۳/۳ کیلوگرم در هکتار دارای کم‌ترین مقدار به‌دست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد که هر چقدر بستر بذر نرم‌تر و خاک پودرتر تهیه گردد، عملکرد محصول نیز افزایش پیدا می‌کند.

۲- معادل انرژی بذر و الیاف در این تحقیق محاسبه گردید که مقدار آن به ترتیب ۱۶/۰۹ و ۲۳/۹۴ مگاژول بر کیلوگرم تعیین گردید. در حالی که (پیشگام و همکاران، ۲۰۱۲) معادل انرژی بذر و الیاف را به ترتیب ۱۸ و ۱۵/۵ مگاژول بر کیلوگرم به‌دست آورده‌اند. علت بیش‌تر بودن معادل انرژی بذر و الیاف در این تحقیق، محاسبه انرژی مصرفی از مرحله تهیه بستر بذر تا مرحله جداسازی الیاف در کارخانه و هم‌چنین دلینته نمودن بذر می‌باشد.

۳- بیش‌ترین کارایی و بهره‌وری انرژی به‌منظور تهیه الیاف در سامانه خاک‌ورزی مرسوم با مقادیر ۲/۳۶ و ۰/۰۴ کیلوگرم بر مگاژول و کم‌ترین آن در بی‌خاک‌ورزی ۱/۳۳ و ۰/۰۲ کیلوگرم بر مگاژول گردید. این نتایج نشان می‌دهد که کارایی و بهره‌وری انرژی در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی بیش‌تر بوده و در نتیجه می‌توان سامانه خاک‌ورزی مرسوم را بر اساس تجزیه و تحلیل شاخص‌های مهم انرژی در منطقه ورامین توصیه نمود.

منابع

1. Ahmadi, K., Gholozadeh, H., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Fazli Estabragh, M., Hoseinpour, R., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2016. Agricultural statics of crops 2014-2015. Information and Communication Technology Center, Deputy of Planning and Economics, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran. Vol. 2. p.6. (in Persian).
2. Ahmadi, M., and Ali Khani, M.A. 2012. Analysis of Energy Consumption of Cotton to provide a method for increasing resource productivity: College of Agricultural Ecology. Volume 4. Issue 2. pp. 158-151. (in Persian).
3. Alishah, O. 2010. Introducing long-fiber cotton cultivars in Iran. Deputy of Extension and Education, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran. (in Persian).
4. Arefi, R., Soltani, A., and Ajamnorozzi, H. 2018. Estimation of fuel and energy consumption and indicators of cotton production in Golestan province (Iran). *Agroecology*, 10(3): 853-874. (in Persian with English Abstract).
5. Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, I. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Takat province of Turkey. *Energy*, 32: 35-41.
6. Kavalaris, C., and Gemtos, T.A. 1998. Soil tillage effect in cotton crop, *Proceedings 2nd International Conference on Cotton Crop*, Athens, Greece, p:123.
7. Keydashti, M., khojastepour, M., and Emadi, B. 2014. Evaluation of used inputs in cotton production in the city of Sabzevar in terms of energy consumption management in agriculture: Ferdowsi University of Mashhad. The first Congress of sustainable agriculture and natural resources. (In Persian).
8. Mohammadi, S., Maysami, M.A., and Ajabshiri, Y. 2016. Effect of energy inputs on yield and economical analysis of cotton production in Khorasan Razavi province. *Journal of Crop Production*, 10(1): 149-167. (in Persian with English Abstract).
9. Phogat, V.K. and Agrawal, R.P. 1998, Effect of different seed bed tilth on emergence of cotton seed lings, *Abs*, P:122.
10. Pishgar-Komleh, S.H., Sefeedpari, P., and Ghahderijani, M. 2012. Exploring energy consumption and CO₂ emission of cotton production in Iran.

- Journal of Renewable and Sustainable Energy 4:033115-033114. (In Persian with English Abstract).
11. Rathke, G. W. and Diepenbrook, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica Napusl*) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Journal of Agronomy 24 (1): 35-44.
 12. Taheri- Rad, A.R., Nikkhah, A., khojastepour, M., And Norouzeyeh, S.H. 2015. Evaluation of greenhouse gas emissions: energy consumption and costs of cotton production in Golestan province. Mashhad's Ferdowsi University. College of Agricultural Machinery. 5 (2): 445-428. (in Persian).
 13. Zahedi, M. 2014. Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Cotton Production System in an Arid Region: A Case Study for Isfahan Province. Iran. International Journal of Energy Economics and Policy..4 (1): 43-52. (In Persian with English Abstract).