شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IDAJ.2022.343539.312

مقایسه کارایی مصرف انرژی درکشت مکانیزه و سنتی نخود دیم: مطالعه موردی شهرستان ایوان غرب استان ایلام

احمد کوچک‌زاده[۱]، امیر عزیز پناه[۱]، عبدالرضا احمدی[۲*]

۱- گروه مکانیک، بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مکانیک، بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی کارایی مصرف انرژی در سیستم تولید نخود دیم، مطالعه میدانی در شهرستان ایوان طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ انجام گرفت و اطلاعات زراعی مورد نیاز در تمامی مراحل کاشت، داشت و برداشت با استفاده از تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی حضوری با ۲۴۰ کشاورز جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد بیشترین مقدار انرژی ورودی درکشت مکانیزه به ترتیب سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، بذر و درکشت سنتی به ترتیب کودهای‌شیمیایی، سوخت و بذر هستند. نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص درکشت مکانیزه به ترتیب ۲/۸۳ ،۰/۲۷ کیلوگرم برمگاژول ،۳/۶ مگاژول برکیلوگرم، ۱۲۲۷۲/۴۶ مگاژول بر هکتار و درکشت سنتی به ترتیب ۲/۴۱، ۰/۲۳ کیلوگرم برمگاژول، ۴/۲ مگاژول برکیلوگرم، ۹۶۰۸/۵۲ مگاژول برهکتار تعیین گردید. سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر وتجدیدناپذیر درکشت مکانیزه به ترتیب ۴۷، ۵۳، ۲۰، ۸۰ درصد و درکشت سنتی به ترتیب ۳۸، ۶۲، ۳۱، ۶۹ درصد ازکل انرژی مصرفی بود. تجزیه و تحلیل آمارهای پرسش‌نامه به روش مدل‌سازی با DEA solver انجام گرفت و مشخص شد نهاده‌های قارچ‌کش، فسفات و آفت‌کش بهترین نهاده‌های اثرگذار بر عملکرد دانه و عملکرد کاه درکشت مکانیزه و سنتی می‌باشند. با این وجود، این نهاده‌ها درکشت سنتی نسبت به کشت مکانیزه در مجموع کارایی پایین‌تری داشتند. همچنین تحلیل شاخص‌ها نشان داد کارآمدی کشت مکانیزه نسبت به کشت سنتی بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: کارایی، انرژی خالص، انرژی تجدیدپذیر، مکانیزه، نخود دیم

* نگارنده مسئول: *ahmadireza3161@yahoo.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۲

مقدمه

نخود زراعی با نام علمی *Cicer arietinum* L. از خانوادهٔ بقولات و زیر خانوادهٔ پروانه‌آسا گیاهی یک‌ساله و روزبلند که از طریق هم‌زیستی با باکتری ریزوبیوم باعث تثبیت ازت اتمسفری وکشت نخود در تناوب با غلات به دلیل جلوگیری از تجمیع بیماری‌ها، آفات و علف-هایهرز جایگاه ویژه‌ای دارد (باقری و پارسا، ۱۳۸۷). حبوبات نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی انسان دارند و در بین حبوبات به لحاظ اهمیت غذایی، نخود سومین محصول جهانی است. دانه نخود از نظر تغذیه‌ای غنی از پروتئین، فسفر و کلسیم بوده و میزان نسبتاً بالای فیبر با هضم پذیری آسان و تقریباً عاری از مواد ضد تغذیه‌ای باعث شده منبع غذایی مناسبی برای انسان و دام به حساب آید همچنین دانه این گیاه دارای کربوهیدرات، چربی، ویتامین آ، ب ۱ و ب ۲ است (قادری وهمکاران،۱۳۸۹). درسال زراعی ۹۶-۱۳۹۵حدود ۷۹۹ هزار هکتار معادل۷/۲۷ درصد سطح برداشت محصولات زراعی به حبوبات اختصاص یافته بود که سطح زیرکشت نخود درسال مذکور حدود ۵۰۰ هزار هکتار و کل سطح زیرکشت نخود در استان ایلام در سال زراعی۹۶-۱۳۹۵ برابر با۵۲۴۰ هکتار و در شهرستان ایوان ۶۰۰ هکتار به صورت دیم بود (آمارنامه جهادکشاورزی، ۱۳۹۶).

تحقیقات زیادی در دنیا برای برآورد کارایی مصرف انرژی و تعیین گلوگاه‌های مصرف انرژی در گیاهان مختلف، شرایط و سیستم‌های کشت متفاوت انجام شده است. بنابر گزارش کوچکی و همکاران (۲۰۱۱) کارایی مصرف انرژی در تولید نخود دیم ۲/۷۸ برآورد شده است. بهشتی‌تبار و همکاران (۲۰۱۰) کارایی انرژی را در نخودآبی۰/۷۳گزارش کرده‌اند. همتیان و همکاران (۲۰۱۳) میزان انرژی مصرفی در تولید نخود دیم در استان‌های کرمانشاه و همدان را به ترتیب ۴۷۴۵/۳۴ و ۵۱۵۷/۰۵۸ مگاژول بدست آوردند. در تحقیقی که در شهرستان بوکان انجام گرفت کل انرژی مصرفی تولید نخود ۸۸۵۶/۹۰۹ مگاژول برهکتار و انرژی تولیدی کل (دانه و کاه) ۱۵۳۰۵/۹۷۶ مگاژول برهکتار برآورد گردید و کارایی انرژی و بهره‌وری برای تولید نخود به ترتیب ۰/۰۷ ۱و ۰/۰۷۳کیلوگرم برمگاژول و برای نخود و کاه به ترتیب ۱/۷۲ و ۰/۱۷۰ کیلوگرم بر مگاژول و مهم‌ترین انرژی ورودی سوخت دیزل، با سهم ۶۴/۴ درصد ازکل انرژی مصرفی گزارش شد (قادرپور ورفیعی ، ۱۳۹۵). هدف از این مطالعه، ارزیابی انرژی‌های مصرفی، انرژی‌های تولیدی، کارایی انرژی، سهم نهاده‌های مختلف در مصرف انرژی در تولید نخود دیم در شهرستان ایوان در دو سیستم کشت مکانیزه و سنتی بود.

مواد و روش‌ها

برای‌کار انجام شده اطلاعات لازم مراحل مختلف تولید نخود دیم به روش‌های تکمیل پرسش‌نامه، مطالعه‌ی‌کتابخانه‌ای، داده‌های آماری مراکز و مدیریت شهرستان و مصاحبه باکشاورزان کسب شد. بنابراین جامعه‌آماری مطالعه شامل ۲۴۰ نفر از کشاورزان نخودکار واقع در شهرستان ایوان بود.

برای مشخص کردن حجم نمونه‌ها از فرمول کوکران استفاده گردید. بر اساس آن تعداد نمونه‌ها برای این مطالعه ۳۶ کشاورز کشت مکانیزه و ۱۳۲ کشاورز کشت سنتی که به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. نهاده‌های مصرفی زراعت نخود شامل ماشین و ادوات، نیروی انسانی، سوخت دیزل، سوخت بنزین، روغن، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و بذر به عنوان ورودی‌ها به منظور محاسبه مقدار انرژی مصرفی تعیین شدند و محصول نهایی نخود و کاه، به عنوان خروجی این زراعت در نظر گرفته شدند. برای محاسبه مصرف انرژی در هکتار مقادیر هر ورودی در هم ارز انرژی مربوطه ضرب شد (جدول ۱). انرژی ورودی در جریان تولید نخود به صورت مستقیم و غیرمستقیم و به شکل تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر مورد بررسی قرارگرفت. انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری، سوخت و روغن و انرژی غیرمستقیم شامل ماشین‌ها، کودهای شیمیایی، سموم، بذر وکود دامی در نظرگرفته شد. از طرف دیگر، انرژی‌های تجدیدپذیر شامل نیروی کارگری، بذروکود دامی می‌شود و منابعی از انرژی را توصیف می‌کند که به وسیله فرآیندهای طبیعی در یک مقیاس زمانی به قدر کافی سریع دوباره جایگزین می‌شوند. بنابراین آن‌ها می‌توانند توسط انسان‌ها برای یک مدت نامحدود استفاده شوند به شرط آنکه مقدارمصرفی در واحد زمان بسیار بزرگ نباشد. انرژی‌های تجدیدناپذیر شامل ماشین‌ها، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم و روغن و منابعی از انرژی را توصیف می‌کنند که در یک مقدار محدود بر روی زمین وجود داشته باشند. بنابراین تمام مواد در دسترس در نهایت می‌تواند به طور کامل در دوره تولید استفاده شود (محمدی و همکاران، ۲۰۱۴).

انرژی نیروی انسانی: وقتی که نیروی انسانی در فرآیند تولید دخیل است بایستی انرژی مصرفی آن را حساب کرد. جهت محاسبه انرژی مصرفی نیروی انسانی، با توجه به اطلاعات کسب شده ازکشاورزان و رانندگان و اطلاعات مندرج در پرسش‌نامه تعداد ساعت کار نیروی انسانی در طول فصل زراعی مشخص شد. هم ارز انرژی نیروی انسانی را در تعداد نفر- ساعت ضرب و انرژی مصرفی نیروی انسانی برحسب مگاژول درهکتار به‌دست آمد (کیتانی، ۱۹۹۸).

$$EL=NL\times h\times Eh \qquad (1)$$

N_L: تعداد کارگر درهکتار، h: ساعات کاری در هکتار، E_h : انرژی معادل به ازای هر ساعت کار کارگری برحسب مگاژول بر هکتار ، EL: انرژی نیروی انسانی برحسب مگاژول بر هکتار

انرژی ماشین‌ها، ابزار و ادوات: انرژی ماشین آلات از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (کیتانی،۱۹۹۸).

$$E = \frac{W \times Ei\times h}{n} \qquad (2)$$

E: انرژی واردشده توسط ماشین (کیلوژول برهکتار)،W : جرم ماشین کیلوگرم، E_I: شدت انرژی ماشین مگاژول برکیلوگرم، h: ساعات کاری ماشین ساعت برهکتار، n: عمرمفید ماشین برحسب ساعت

انرژی سوخت مصرفی: از رابطه (۳) برای محاسبه انرژی سوخت استفاده شد (کیتانی، ۱۹۹۸).

$$EP=Q_i\times E_i \qquad (3)$$

EP: انرژی سوخت برحسب مگاژول بر هکتار، Q_i: میزان سوخت مصرف شده برحسب لیتر در هکتار، E_i : انرژی معادل هر واحد سوخت برحسب مگاژول بر لیتر

انرژی بذر: میزان انرژی بذر نخود از رابطه (۴) محاسبه گردید (کیتانی، ۱۹۹۸).

$$E_s=W_i\times E_i \qquad (4)$$

E_i: انرژی بذر برحسب مگاژول بر هکتار، W_i: جرم بذر مصرفی برحسب کیلوگرم بر هکتار، E_i: انرژی موجود در هر کیلوگرم بذر برحسب مگاژول بر کیلوگرم

انرژی کودهای شیمیایی: در این مطالعه برای بدست آوردن انرژی موجود در نهاده کود، از اطلاعات به دست آمده کود از رابطه (۵) استفاده و محاسبه شد (کیتانی، ۱۹۹۸).

$$E_f=W_t\times E_i \qquad (5)$$

E_f: انرژی کود بر حسب مگاژول بر هکتار، W_t: وزن کود مصرفی برحسب کیلوگرم برهکتار، E_i: انرژی موجود در هر کیلوگرم کود برحسب مگاژول بر کیلوگرم

انرژی سموم شیمیایی: برای تعیین مقدار انرژی موجود درسم، از اطلاعات وآمار به-دست آمده ازکشاورزان استفاده و با توجه به هم ارز جدول (۱) انرژی مصرفی درهکتار از رابطه (۶) استفاده شد (کیتانی، ۱۹۹۸).

$$EP=Q_i\times E_i \qquad (6)$$

E_P: انرژی سم مصرفی برحسب مگاژول بر هکتار، W_i: مقدار مصرف سم برحسب لیتر بر هکتار، E_i: انرژی موجود در هر واحد سم برحسب مگاژول بر لیتر.

شاخص‌های انرژی: برای مقایسه سامانه‌های گوناگون تولید در کشاورزی به بررسی شاخص‌های انرژی می‌پردازیم که این شاخص‌ها در مطالعه حا ضر شامل موارد زیر ا ست (رفیعی و همکاران، ۲۰۱۰).

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی‌خروجی (مگاژول برهکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول برهکتار)}} \qquad (7)$$

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم برهکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول برهکتار)}} \qquad (8)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول برهکتار)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم برهکتار)}} \qquad (9)$$

$$\text{انرژی ورودی (مگاژول برهکتار)} - \text{انرژی خروجی (مگاژول برهکتار)} = \text{افزوده خالص انرژی} \qquad (10)$$

انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر از فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (جدول۲).

جدول ۲- نحوه محاسبه اشکال مختلف انرژی (محمدی و همکاران، ۲۰۱۴)

شکل انرژی	نحوه محاسبه	واحد
انرژی مستقیم	نیروی کارگری+سوخت+روغن	Mj/ha
انرژی غیر مستقیم	ماشین‌ها+کودهای شیمیایی+سموم+بذر+کود دامی	Mj/ha
انرژی تجدیدپذیر	نیروی کارگری+بذر+کود دامی	Mj/ha
انرژی تجدیدناپذیر	ماشین‌ها+سوخت+کودهای شیمیایی+سموم+روغن	Mj/ha

تحلیل پوششی داده‌ها: در این تحقیق به منظور محاسبه کارایی و تحلیل داده‌ها به روش تحلیل پوششی داده‌ها از نرم افزار DEA solver استفاده شد. نرم افزار تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به منظور محاسبه کارایی، اثر بخشی و بهره‌وری در عملکرد سازمان‌ها بر اساس مدل تحلیل پوششی داده ها طراحی و پیاده‌سازی شده است. با استفاده از این سیستم امتیاز کارایی نسبی واحدها محاسبه شده و واحدهای کارا و ناکارا تعیین می‌گردد. همچنین واحدهای الگو برای هر واحد ناکارا معرفی شده و اهداف مطلوب در هر شاخص برای هر واحد ناکارا بدست می‌آید. به تحلیل اقتصادی با استفاده از نرم افزار پرداخته شد.کارایی روش مکانیزه و سنتی، عملکرد دانه و عملکرد کاه در مورد گیاه نخود مورد بررسی قرار گرفت. ده نهاده مورد بررسی در این پژوهش به سه گروه نیروی انسانی، نهاده‌های مربوط به کود و نهاده‌های مربوط به مصرف انرژی تقسیم بندی شدند.

نتایج و بحث

متوسط مجموع انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها برای تولید نخود دیم به صورت کشت مکانیزه وکشت سنتی آمده است (جدول ۳ و ۴). نهاده‌های مصرفی شامل نیروی انسانی، ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، سوخت دیزل، بذر مصرفی، سوخت بنزین، کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفات)، روغن و سموم شیمیایی (علف‌کش، آفت‌کش، قارچ‌کش) بودند و ستانده‌های زراعی شامل محصول نخود وکاه بود. درکشت مکانیزه کل انرژی مصرفی در جریان تولید۶۶۹۰/۲۴ مگاژول در هکتار و کل انرژی تولیدی ۱۸۹۶۲/۷ مگاژول بر هکتار و در کشت سنتی کل انرژی مصرفی ۶۸۰۰/۵۴ و کل انرژی تولیدی۱۶۴۰۹/۰۶ مگاژول برهکتار به دست آمد. سهم هر یک از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی در جریان تولید نخود دیم درکشت سنتی و مکانیزه متفاوت بودند (شکل ۱ و ۲). بیشترین مقدار انرژی ورودی درکشت مکانیزه به ترتیب سوخت دیزل ۴۵/۵، کودهای شیمیایی ۱۶/۷ و بذر۱۳/۶ و در کشت سنتی به ترتیب کودهای شیمیایی با ۳۰/۵ ، سوخت دیزل ۲۶/۶۲ و بذر ۱۵/۳۹ درصد از کل انرژی مصرفی بیشترین سهم را در مصرف انرژی به خود اختصاص داده‌اند. می‌توان با بالا بردن راندمان کششی ماشین‌ها و استفاده از دنده مناسب توسط راننده (ازطریق بالابردن مهارت راننده‌ها) مصرف انرژی ماشین‌ها و سوخت را به نحوی کاهش داد ولی این کار با

توجه به عدم آگاهی کافی رانندگان در ایران از تأثیر افزایش راندمان کششی در کاهش مصرف انرژی ونداشتن مهارت های کافی در رانندگی ادوات چندان عملی نیست.

در مطالعه‌ای که در دو استان کرمانشاه و همدان روی محصول نخود صورت گرفت مشخص شد که کل مقدار انرژی مصرفی به ترتیب ۴۷۴۵/۳۴ و ۵۱۵۷/۰۵۸ مگاژول به ترتیب برای استان‌های کرمانشاه و همدان می‌باشد و سهم سوخت دیزلی برابر ۷۱ و۷۲ درصد کل انرژی مصرفی بود (همتیان وهمکاران ، ۲۰۱۳)

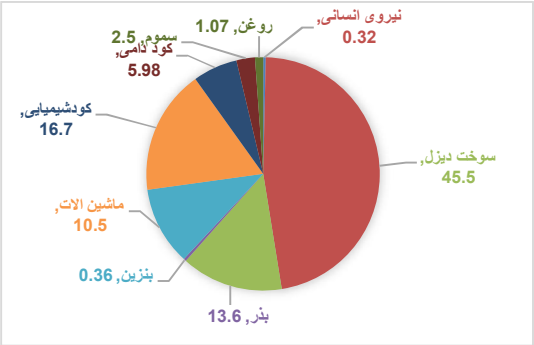
جدول ۳ - انرژی ورودی و خروجی درسیستم تولید نخود به‌صورت کشت مکانیزه

ورودی و خروجی ها	مقدار در واحد سطح (هکتار)	معادل انرژی کل (مگاژول)	سهم (درصد)
انرژی ورودی			
نیروی انسانی (h)	۱۰/۹۴	۲۱/۵	۰/۳۲
سوخت دیزل (L)	۵۴/۱۳	۳۰۴۸/۰۶	۴۵/۵
بذر (Kg)	۷۰	۹۱۰	۱۳/۶
بنزین (L)	۰/۵۳	۲۴/۶	۰/۳۶
ماشین آلات (h)	۹/۳۹	۵۸۸/۷۵	۸/۸
کمباین (h)	۱/۳۵	۱۱۹/۱۳	۱/۷۸
کودهای شیمیایی	۲۹/۱۲	۱۱۲۳/۵۷	۳۰/۵
نیتروژن (Kg)	۱۴	۹۲۵/۹۶	–
فسفات (Kg)	۱۵/۱۲	۱۹۷/۶۱	–
کود دامی (Kg)	۱۳۳۳/۴	۴۰۰/۱	۵/۹۸
قارچ کش (kg)	۰/۳۳	۷۱/۳	۱/۰۶
آفت‌کش (L)	۰/۲۵	۲۵/۳	۰/۳۷
علف کش (L)	۱/۵	۲۸۵/۶	۴/۲۶
روغن (L)	۱/۵	۷۱/۷	۱/۰۷
کل انرژی ورودی		۶۶۹۰/۲۴	
خروجی			
کاه	۹۵۵/۱۳	۷۶۴۱/۰۴	
نخود (Kg)	۸۷۰/۹	۱۱۳۲۱/۷	
کل انرژی خروجی		۱۸۹۶۲/۷	

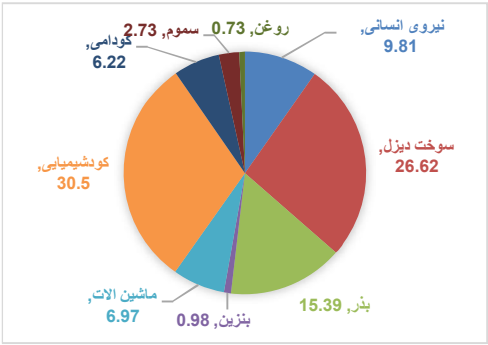
جدول ۴- انرژی ورودی وخروجی در سیستم تولید نخود بصورت کشت سنت

ورودی وخروجی ها	مقدار درواحد سطح (هکتار)	معادل انرژی کل (مگاژول)	سهم (درصد)
انرژی ورودی			
نیروی انسانی (h)	۳۴۰/۶۳	۶۶۷/۶۳	۹/۸۱
سوخت دیزل (L)	۳۲/۱۵	۱۸۱۰/۳۶	۲۶/۶۲
بذر (Kg)	۸۰/۵۶	۱۰۴۷/۲۸	۱۵/۳۹
بنزین (L)	۱/۴۴	۶۶/۷	۰/۹۸
ماشین آلات (h)	۷/۵۷	۴۷۴/۶۴	۶/۹۷
کمباین (h)	۰	۰	۰
کودهای شیمیایی	۵۳/۸۷	۲۰۷۴/۴۳	۳۰/۵
نیتروژن (Kg)	۲۵/۸۲	۱۷۰۷/۷۳	۰
فسفات (Kg)	۲۸/۰۵	۳۶۶/۷	۰
کود دامی (Kg)	۱۴۱۱/۸	۴۲۳/۵۴	۶/۲۲
قارچ کش (kg)	۰/۳۴	۷۳/۴۴	۱/۰۷
آفت‌کش (L)	۱/۱۱	۱۱۲/۳۳	۱/۶۵
علف کش (L)	۰	۰	
روغن (L)	۱/۰۵	۵۰/۱۹	۰/۷۳
کل انرژی ورودی		۶۸۰۰/۵۴	
خروجی			
نخود (Kg)	۶۹۲/۹	۹۰۰۷/۷	
کاه	۹۲۵/۱۷	۷۴۰۱/۳۶	
کل انرژی خروجی		۱۶۴۰۹/۰۶	

سهم هر یک از نهاده‌ها از کل انرژی تولیدی نیز در شکل ۱ و۲ آمده است. بررسی نتایج نشان دادکه سهم انرژی مستقیم و غیر مستقیم از کل انرژی‌های مصرفی در جریان تولید نخود مکانیزه به ترتیب ۴۷ و۵۳ درصد و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب ۲۰ و۸۰ درصد ازکل انرژی مصرفی تعیین گردید (جدول ۵). درکشت سنتی انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر وتجدید ناپذیر به ترتیب ۳۸، ۶۲، ۳۱، ۶۹ درصد حاصل شد (جدول ۶). این نتایج نشان می‌دهدکه سوخت‌های فسیلی، ماشین‌ها و کودهای شیمیایی سهم بزرگی از انرژی مصرفی



شکل ۱- سهم هریک از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی در کشت مکانیزه



شکل ۲- سهم هریک از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی در کشت سنتی

را به عنوان منابع انرژی تجدیدناپذیر شامل می‌شوند و در مقابل توان انسان و بذر به عنوان منابع انرژی تجدیدپذیر سهم اندکی از انرژی مصرفی را دارا می‌باشند.کاهش استفاده از سوخت دیزل نقش بسیار بزرگی در کاهش کل انرژی مصرف شده دارد اما متأسفانه در سال‌های اخیر مصرف سوخت‌های فسیلی ۱۰ درصد افزایش پیدا کرده است و قسمت عمده این انرژی در بخش خاک‌ورزی مصرف می‌شود (بهشتی تبار و همکاران،۲۰۱۰). درمطالعه‌ای دیگر در شهرستان بوکان انجام شد انرژی تجدیدناپذیر در جریان تولید نخود دیم ۷۵/۱ درصد و در مقابل انرژی تجدیدپذیر ۲۴/۹ درصد بود و انرژی مستقیم ۷۸/۵ درصد و در مقابل انرژی غیرمستقیم ۲۱/۵ درصد به دست آمد (قادرپور و رفیعی، ۱۳۹۵). در یک پژوهشی روی یونجه نتایجی گزارش گردید که ۸۷ درصد از انرژی مصرفی درسیستم تولید یونجه را انرژی مستقیم و۱۳ درصد از انرژی ورودی به انرژی غیرمستقیم تعلق دارد. انرژی تجدیدپذیر ۳۳ درصد و انرژی تجدیدناپذیر ۶۷ درصد ازکل انرژی مصرفی را تشکیل می‌دهند (عنایت وهمکاران ، ۱۳۹۴).

همه شاخص‌های انرژی (نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی) برای تولید نخود در دو حالت نخود و نخود+کاه محاسبه شدند. شاخص‌های انرژی تولید نخود مکانیزه در شهرستان ایوان نشان داد که میانگین نسبت انرژی در فرآیند تولید نخود به‌صورت مکانیزه ۲/۸۳ می‌باشد یعنی به ازای هرمگاژول انرژی ورودی۲/۸۳ مگاژول انرژی خروجی به دست می‌آید. شدت انرژی دراین سیستم۷/۶ مگاژول برکیلوگرم محاسبه شد و آن نشان می دهد که برای تولید هرکیلوگرم نخود۷/۶ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. بهره‌وری انرژی۰/۱۳ کیلوگرم برمگاژول بدست آمد، یعنی به ازای یک مگاژول ۰/۱۳کیلوگرم نخود درکشت مکانیزه به‌دست می‌آید. انرژی خالص درفرآیند تولید نخود مکانیزه ۱۲۲۷۲/۴۶ مگاژول بر هکتار بود (جدول ۷).

جدول ۵- اشکال مختلف انرژی در تولید نخود مکانیزه شهرستان ایوان

شکل انرژی	مقدار (مگاژول برهکتار)	درصد ازکل انرژی ورودی
انرژی مستقیم	۳۱۶۵/۸۶	۴۷
انرژی غیرمستقیم	۳۵۲۳/۷۵	۵۳
انرژی تجدیدپذیر	۱۳۳۱/۶	۲۰
انرژی تجدیدناپذیر	۵۳۵۸/۰۱	۸۰

جدول ۶- اشکال مختلف انرژی در تولید نخود شهرستان ایوان (کشت سنتی)

شکل انرژی	مقدار (مگاژول بر هکتار)	درصد ازکل انرژی ورودی
انرژی مستقیم	۲۵۹۴/۸۸	۳۸
انرژی غیرمستقیم	۴۲۰۵/۶۶	۶۲
انرژی تجدیدپذیر	۲۱۳۸/۴۵	۳۱
انرژی تجدیدناپذیر	۴۶۶۲/۰۹	۶۹

جدول ۷- شاخص‌های انرژی درتولیدنخود شهرستان ایوان (کشت مکانیزه)

شاخص	کاه+نخود	نخود
نسبت انرژی	۲/۸۳	۱/۶۹
بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)	۰/۲۷	۰/۱۳
شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)	۳/۶	۷/۶
انرژی خالص (مگاژول بر هکتار)	۱۲۲۷۲/۴۶	۴۶۳۱/۴۶

شاخص‌های انرژی تولید نخود به‌صورت کشت سنتی در شهرستان ایوان نشان داد که میانگین نسبت انرژی در فرآیند تولید نخود ۲/۴۱ می‌باشد یعنی به ازاء هرمگاژول انرژی ورودی۲/۴۱ مگاژول انرژی به دست می‌آید. شدت انرژی در این سیستم ۹/۸ مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد و آن نشان می‌دهد که برای تولید هر کیلوگرم نخودد ۹/۸ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. بهره‌وری انرژی ۰/۲۳کیلوگرم برمگاژول محاسبه شد، یعنی به ازای یک مگاژول ۰/۲۳ کیلوگرم نخود درکشت سنتی به‌دست می‌آید. انرژی خالص در فرآیندتولید نخود سنتی ۹۶۰۸/۵۲ مگاژول بر هکتار بود (جدول ۸).

جدول ۸ - شاخص‌های انرژی درتولید نخود شهرستان ایوان (کشت سنتی)

شاخص	کاه+نخود	نخود
نسبت انرژی	۲/۴۱	۱/۳۲
بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)	۰/۲۳	۰/۱۰
شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)	۴/۲	۹/۸
انرژی خالص (مگاژول بر هکتار)	۹۶۰۸/۵۲	۲۲۰۷/۱۶

براساس جدول ۷ نسبت انرژی درکشت مکانیزه برابر۲/۸۳ می‌باشد و طبق جدول ۸ نسبت انرژی برای کشت سنتی ۲/۴۱ می‌باشد. این شاخص از انرژی نشان می‌دهد که بازده انرژی درکشت مکانیزه کارایی بهتری داشته است. بهره‌وری انرژی برای کشت مکانیزه ۰/۲۷ و برای کشت سنتی ۰/۲۳ کیلوگرم برمگاژول به دست آمد. به عبارت دیگر درکشت مکانیزه به ازای هر واحد انرژی ورودی عملکرد بیشتری و برای کشت سنتی در تولید نخود دیم عمکردکمتری داشته است. مطابق با نتایج شدت انرژی حاصل شده برای کشت مکانیزه ۷/۶ مگاژول برکیلوگرم وکشت سنتی ۹/۸ مگاژول برکیلوگرم نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم نخود در کشت سنتی باید انرژی بیشتری مصرف کرد. با توجه به انرژی خالص به‌دست آمده درکشت مکانیزه و سنتی میزان اختلاف آن‌ها ۲۶۶۳/۹۷ مگاژول بود. این اختلاف انرژی نشان می‌دهد که کشت مکانیزه از نظر بهره خالص مطلوب‌تر می‌باشد. قادرپور و رفیعی (۱۳۹۵) در مطالعه روی نخود دیم درشهرستان بوکان گزارش کردند که شدت انرژی در دو حالت نخود و نخود+کاه به ترتیب ۱۱/۹۶۳ و ۵/۱۴ مگاژول برکیلوگرم و افزوده خالص انرژی نیز برای نخود و نخود+کاه به ترتیب ۱۷۷۵/۵۸۵ و ۷۵۴۵/۵۳۵ می‌باشد.

تحلیل پوششی داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده-ها فرآیندی چند مرحله‌ای است که طی آن داده-هایی که به طرق مختلف جمع‌آوری شده‌اند خلاصه، دسته‌بندی و در نهایت پردازش می‌شوند تا زمینه برقراری انواع تحلیل‌ها و ارتباط بین داده-ها به منظور آزمون فرضیه‌ها فرآهم گردد. در این فرآیند داده‌ها هم از لحاظ مفهومی و هم از جنبه تجربی پالایش می‌شوند و تکنیک‌های گوناگون آماری نقش به سزایی در استنتاج‌ها و تعمیم به عهده دارند. در تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از آمار های پرسش‌نامه تجزیه و تحلیل صورت می‌پذیرد. لازم به ذکر است که تعداد نمونه آماری ۱۰ نهاده می‌باشد. روش آزمون فرضیه-های این تحقیق به روش مدل‌سازی با DEA solver انجام شده است که شماره‌گذاری نهاده ها مورد بررسی ارائه شده است (جدول ۹).

تجزیه و تحلیل: برای تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها بهینه‌سازی آنها انجام شد و عملکرد نهاده‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱۰).

جدول ۹- شماره‌گذاری نهاده‌های مصرفی

شماره نهاده	نهاده شماره۱	نهاده شماره۲	نهاده شماره۳	نهاده شماره۴	نهاده شماره۵	نهاده شماره۶	نهاده شماره۷	نهاده شماره۸	نهاده شماره۹	نهاده شماره۱۰
نام نهاده	بذر	نیروی انسانی	سوخت دیزل	آفت کش	سوخت بنزین	روغن	ماشین آلات	نیتروژن	فسفات	قارچ کش

ورودی‌ها و خروجی‌های متغیرهای پژوهش ارائه شده است.

ورودی : نیروی انسانی، نهاده‌های مربوط به کود و نهاده‌های مربوط به انرژی

خروجی : عملکرد دانه وعملکرد کاه

جدول ۱۰- تناسب استفاده از نهاده‌ها (ضرب در صد واحد)

نهاده کاندید	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۰	۴۷	۷۱	۳۱	۴۶	۸۹	۹۷	۲۹	۶۴	۵۹
۲	۴۷	۰	۴۳	۷۱	۲۷	۴۷	۶۰	۲۳	۷۲	۵۵
۳	۷۱	۴۳	۰	۸۰	۲۶	۲۹	۲۸	۶۱	۵۰	۲۹
۴	۳۱	۷۱	۸۰	۰	۵۸	۱۰۴	۱۰۷	۵۸	۵۱	۵۷
۵	۴۶	۲۷	۲۶	۵۸	۰	۴۶	۵۱	۳۸	۴۶	۲۷
۶	۸۹	۴۷	۲۹	۱۰۴	۴۶	۰	۱۷	۷۰	۷۹	۵۸
۷	۹۷	۶۰	۲۸	۱۰۷	۵۱	۱۷	۰	۸۲	۷۴	۵۵
۸	۲۹	۲۳	۶۱	۵۸	۳۸	۷۰	۸۲	۰	۷۶	۶۳
۹	۶۴	۷۲	۵۰	۵۱	۴۶	۷۹	۷۴	۷۶	۰	۲۱
۱۰	۵۹	۵۵	۲۹	۵۷	۲۷	۵۸	۵۵	۶۳	۲۱	۰

دو خروجی برای نهاده‌ها در نظر گرفته شد که شامل عملکرد کاه و عملکرد دانه می‌باشند. هر چند عملکرد کاه در تولید علوفه بسیار مفید می-باشد، اما اصلی ترین خروجی مد نظر همان عملکرد دانه بود که برای برخی نهاده‌ها مانند نهاده‌های شماره هشت و چهار بسیار مناسب ارزیابی شد. همچنین نهاده‌های شماره هفت و نه در عملکرد کاه در سطح بسیار مطلوب قرار دارند (جدول ۱۱). شاخص‌های ورودی برای هر نهاده مورد بررسی قرارگرفت. هرکدام از نهاده‌ها با توجه به شرایط خاص خود نیازمند نیروی انسانی، کود و انرژی متفاوتی هستندکه در جدول ۱۲ مشاهده می‌شوند.

هر تابع هدف، یک گروه نهاده های خاصی را مورد انتخاب قرار می‌دهد، اما برخی نهاده‌ها بسیار مناسب بوده و در همه ی توابع جای دارند. دو نهاده‌ی چهار و ده به عنوان برترین نهاده‌های این پژوهش انتخاب می‌گردند، چرا که با تغییر تابع هدف انتخاب آنها تغییری نمی‌کند. برخی دیگر از نهاده‌ها مانند نهاده‌های شماره ی هفت،

شش و نه نیز از سه تابع هدف دوبار مورد انتخاب واقع شده اند که این نهاده ها نیز در رتبه ی بعدی اهمیت قرار دارند. همچنین نهاده های ۳ ، ۸ و۱ هر کدام در یک ترکیب بهینه انتخاب شده‌اند که این نهاده‌ها را جزو نهاده‌های مناسب طبقه بندی می‌کند. اما نهاده‌هایی هم چون نهاده‌ی شماره دو و پنج هرگز در هیچ ترکیبی مشاده نمی‌شوند که به عنوان نهاده‌های نامناسب مورد بررسی قرار می‌گیرند (جدول ۱۳).

جدول ۱۱- شاخص‌های خروجی هر نهاده

معیار / نهاده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
خروجی اول (عملکرد کاه)	۶۹	۴۶	۶۱	۱۸	۵۳	۷۳	۹۵	۳۶	۸۷	۵۲
خروجی دوم (عملکرد دانه)	۷	۲۷	۶۶	۹۸	۶۳	۵۱	۵۲	۹۹	۸	۱۰

جدول ۱۲ – شاخص‌های ورودی هر نهاده

نهاده کاندید	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
نیروی انسانی	۴۰	۲۸	۲۵	۳۹	۳۷	۲۹	۳۲	۲۱	۴۱	۳۳
نهاده‌های مربوط به کود	۳۹۰	۳۵۰	۵۵۰	۴۹۰	۳۷۵	۲۱۰	۵۲۵	۲۷۰	۱۸۰	۶۰۰
نهاده‌های مربوط به انرژی	۴۳	۳۹	۴۲	۳۰	۴۳	۴۰	۳۷	۳۲	۳۸	۳۵

جدول ۱۳- نتایج حاصل از بهینه سازی مستقل توابع هدف

تابع هدف	نوع مدل و جواب	مقدار بهینه تابع هدف(Z_i^*)	نهاده ها انتخابی
Z_1	INLP- Global Optimum	۶۸۱۳۵,۷۵	۴-۷-۸-۹-۱۰
Z_2	ILP- Global Optimum	۱۳۴۸	۱-۴-۶-۷-۱۰
Z_3	ILP- Global Optimum	۷,۳۰۲۲۲۲	۳-۴-۶-۹-۱۰

با توجه به توضیحات ارائه شده خروجی مربوط به کارایی هر نهاده در تولید مکانیزه ارائه شده است. نهاده‌های شماره ۱۰، ۹ و ۴ دارای بیشترین کارایی بین کل نهاده‌ها می‌باشند. نهاده‌ی شماره ۶ و ۷ دارای کمترین کارایی می‌باشند و سایر نهاده‌ها در این بین قرار می‌گیرند. با توجه به جدول ۱۴ می توان بیان کرد که مدل ترکیبی پیشنهادی به دنبال ایجاد یک توازن بین مفهوم کارایی و بهینه سازی مصرف انرژی است.

در حالت کشت سنتی نیز رتبه بندی تقریبا مانند مکانیزه می‌باشد و نهاده‌های شماره نه، چهار و ده در صدر بهترین نهاده‌های اثرگذار بر عملکرد

دانه و عملکرد کاه می‌باشند. هر چند این نهاده‌ها نسبت به حالت مکانیزه در مجموع کارایی پایین‌تری داشتند (جدول ۱۵).

در مدل تحلیل پوششی داده ها، به هریک از واحدهای سازمانی تحت مطالعه یک واحد تصمیم گیری (DMU) اطلاق می شود. یک واحد تصمیم‌گیری در مدل تحلیل پوششی داده‌ها به گونه‌ای انعطاف‌پذیر تعریف شده است که دامنه‌ای وسیعی از کاربردهای مختلف را در برمی‌گیرد. به طور کلی یک واحد تصمیم‌گیری به عنوان یک نهاد مستقل که مسئول تبدیل داده‌ها به ستاده‌ها بوده و کارایی آن برآورد می‌شود، تعریف شده است. در این پژوهش زیان خالص در نهاده‌ها به عنوان خروجی نامطلوب در نظر گرفته می‌شود. در جداول ۱۶ خروجی نامطلوب پژوهش درتولید مکانیزه نخود آورده شده است نشان می دهد خروجی نامطلوب مدل زیان خالص وکاهش عملکرد دانه می‌باشد. هر چه زیان خالص و کاهش عملکرد دانه شدیدتر باشد دستاورد کار کمرنگ‌تر خواهد بود. نتایج نشان داد که ناکارایی نهاده‌ی شماره دو از بقیه بیشتر است چرا که زیان خالص وکاهش عملکرد دانه را شدت بخشیده است (جدول ۱۶).

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۱۷ تنها در برخی موارد، خروجی نامطلوب روش سنتی قابل اغماض به نظر می‌رسد. برای مثال در نهاده‌ی شماره‌ی ۱۰ مقدار زیان حاصل و کاهش عملکرد دانه زیر ۰/۵۰ می‌باشد. این درحالی است که در بسیاری از نهاده‌های مورد بررسی در روش کشت سنتی کاهش عملکرد دانه بسیار بالا بود. به عنوان مثال در نهاده‌ی اول کاهش نود و هشت درصدی عملکرد دانه از نامناسب بودن مطلق نهاده خبر می‌دهد. همچنین زیان خالص برخی نهاده‌ها مانند نهاده‌ی شماره هفت بسیار بالا می‌باشد. از طرف دیگر، با مقایسه‌ی این جدول با جدول روش مکانیزه، عدم مطلوبیت در روش سنتی نمایان می‌شود به طوری‌که در تمام موارد ملاحظه می‌شود که مدل زیان روش سنتی بسیار بالاتر از مدل زیان روش مکانیزه می‌باشد. در مجموع، خروجی نامطلوب در مدل پژوهش حاضر، هدر رفت انرژی می‌باشد (جدول ۱۷).

جدول ۱۴- مقادیر نسبی کارایی نهاده‌ها با اوزان متفاوت (در تولید کشت مکانیزه)

نهاده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
کارایی	۰/۴۴۴	۰/۶۸۸	۰/۶۵۱	۱	۰/۶۹۴	۰/۴۲۲	۰/۴۳۰	۰/۶۶۴	۱	۱
رتبه	۸	۵	۷	۱	۴	۱۰	۹	۶	۱	۱

جدول ۱۵- مقادیر نسبی کارایی نهاده‌ها با اوزان متفاوت (در تولید کشت سنتی)

نهاده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
کارایی	۰/۲۳۱	۰/۵۲۳	۰/۱۲۳	۰/۹۹	۰/۵۱۴	۰/۱۱۵	۰/۴۴۱	۰/۸۹۰	۱	۰/۹۷۰
رتبه	۸	۵	۹	۲	۶	۱۰	۷	۴	۱	۳

جدول ۱۶- خروجی نامطلوب (تولید مکانیزه)

نهاده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
زیان خالص	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۵۷	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۶
کاهش عملکرد محصول	۰/۹۹	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۳۹	۰/۴۱

جدول ۱۷- خروجی نامطلوب (تولید سنتی)

نهاده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
زیان خالص	۰/۵۲	۰/۷۳	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۵۹	۰/۴۹	۰/۸۷	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۴۳
کاهش عملکرد محصول	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۴۵	۰/۴۹

نتیجه‌گیری

درکشت مکانیزه بیشترین مقدار انرژی ورودی به ترتیب شامل سوخت دیزل ۳۰۴۸/۰۶ مگاژول،کود شیمیایی۱۱۲۳/۵۷ مگاژول و بذر۹۱۰ مگاژول و بیشترین مقدار انرژی ورودی درکشت سنتی به ترتیب شامل کودشیمیایی ۲۰۷۴/۴۳ مگاژول، سوخت دیزل ۱۸۱۰/۳۶ مگاژول و بذر ۱۰۴۷/۲۸ مگاژول می‌باشد.کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص درکشت مکانیزه به ترتیب ۲/۸۳ ،۰/۲۷ کیلوگرم برمگاژول ،۳/۶ مگاژول برکیلوگرم، ۱۲۲۷۲/۴۶ مگاژول برهکتار ودرکشت سنتی به ترتیب ۲/۴۱، ۰/۲۳ کیلوگرم برمگاژول، ۴/۲ مگاژول برکیلوگرم، ۹۶۰۸/۵۲ مگاژول برهکتار است. در دو کشت مکانیزه و سنتی منابع انرژی تجدیدپذیر سهم بزرگی از انرژی ورودی را دارا می‌باشد. می‌توان با کاهش سوخت‌های فسیلی ماشین‌ها وکودهای شیمیایی کارایی انرژی را بهبود بخشید. شدت انرژی حاصل شده برای کشت مکانیزه ۷/۶ مگاژول برکیلوگرم وکشت سنتی ۹/۸ مگاژول برکیلوگرم نشان می-دهد که برای تولید یک کیلوگرم نخود در کشت سنتی باید انرژی بیشتری مصرف شود.تحلیل اقتصادی نشان داد در کشت مکانیزه نسبت به کشت سنتی بازده بیشتر و هدر رفت کمتر انرژی را شاهد هستیم.

منابع

آمارنامه جهاد کشاورزی .۱۳۹۶. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات.

باقری عبدالرضا، پارسا مهدی .۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی (دانشگاه مشهد). ۵۲۸ ص.

قادرپور امید، رفیعی شاهین .۱۳۹۵. تجزیه و تحلیل و مدل سازی انرژی و عملکرد تولید نخود دیم در شهرستان بوکان. مهندسی بیوسیستم ایران.دوره۴۷. شماره ۴ زمستان ۹۵.

قادری رضا، صادق امین، قاسمی محمد . ۱۳۸۹. اطلس رنگی آفات، بیماری‌ها و علف های هرز حبوبات راهنمای تشخیص در مزرعه. تهران، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی۱-۷ ص.

Beheshti-Tabar I, Keyhani A, Rafiee S. 2010. Energy Balance in Iran's Agronomy (1990-2006). Renewable and Sustainable Energy Reviews 14: 849-855.

Hemmatian A, Bakhtyari AA, Moradipur M, Zareie Shahamat E. 2013. Evaluation of chickpea cultivation energetic and energy and economic indicators in Kermanshah and Hamadan. In: *8th* National Congress of Agricultural Machinery Engineering and mechanization, 29-31 Jan., Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Kitani O. 1998. Energy and Biomass Engineering. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. V. ASAE Publication. St. Joseph. MI, 330.

Koocheki A, Ghorbani R, Mondani F, Alizadeh Y, Moradi R. 2011. Pulses Production Systems in Term of Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Iran. International Journal of Energy Economics and Policy 1: 95-106.

Mobtaker HG, Keyhani A, Mohammadi A, Rafiee S, Akram A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 137(3-4): 367–372.

Mohammadi A, Rafiee S, Jafari A, Keyhani A, Mousavi-Avval S. H, Nonhebel S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30: 724–733.

Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F. 2004. Energy requirement and economic analysis ofcitrus production in Turkey. Energy Conversionand Management, 45(11): 1821-1830.

DOI: 10.22092/IDAJ.2022.343539.312

Comparison of energy efficiency in mechanized and traditional cultivation in rainfed chickpeas: a case study of Ivan Gharb city of Ilam province

Ahmad Kouchakzadeh[1]; Amir Azizpanah[1]; Abdolreza Ahmadi[2*]

1. Department of Mechanics, Bio-system, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2. MS.c Student, Department of Mechanics, Bio-system, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Abstract

In order to evaluate the energy consumption efficiency in the chickpea production system, a field study was conducted in Ivan Gharb, Ilam province, Iran during the 2019-2020 growing season and the required agricultural information in all stages of planting, growing and harvesting was collected by filling out a questionnaire and face-to-face interviews with 240 farmers. The results showed that the highest amount of input energy was diesel fuel, chemical fertilizers, seed and cultivation, chemical fertilizers, fuel and seed in mechanized and traditional cultivation, respectively. Energy ratio, energy efficiency, energy intensity and net energy were determined 2.83, 0.27 Kg/ MJ, 3.6 MJ/ Kg and 12272.46 MJ/ ha in mechanized cultivation and 2.41, 0.23 Kg/ MJ, 4.2 MJ/ Kg and 9608.52 MJ/ ha in traditional cultivation, respectively. The share of direct, indirect, renewable and non-renewable energy was 47, 53, 20, 80% in mechanized cultivation and 38, 62, 31, 69% of total energy consumption in traditional cultivation, respectively. Questionnaire statistics were analyzed by modeling with a DEA solver and it was found that fungicides, phosphate fertilizer and pesticides inputs are the best inputs affecting grain yield and straw yield in mechanized and traditional crops. However, these inputs were less efficient in traditional cultivation than in mechanized cultivation. Also, the analysis of indicators showed that the efficiency of mechanized cultivation is higher than traditional cultivation.

Key words: Efficiency, Net energy, Renewable energy, Mechanized, Rainfed chickpea

* Corresponding author: ahmadireza3161@yahoo.com Submit date: 2020/07/03 Accept date: 2022/06/23