مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۴ ، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

مجله پژوهش های به زراعی

مقایسه انرژی ورودی، خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی مزارع کلزا و جو دیم در استان گلستان (شهرستان آق قلا)

محمد تقی فیض‌بخش[1]*، عفت پراور[2]

۱-دانشیار پژوهش بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۲-کارشناس بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۳

چکیده

مقایسهٔ انرژی گیاهان زراعی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در اولویت‌بندی کشت گیاهان مختلف زراعی در هر منطقه به کار گرفته شود. به منظور مقایسه انرژی ورودی، خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی مزارع کلزا و جو دیم در استان گلستان (شهرستان آق‌قلا) آزمایشی در پاییز ۱۳۹۸ انجام پذیرفت. به این منظور از طریق مصاحبه با کشاورزان مختلف (برای جو دیم و کلزای دیم به‌ترتیب ۳۷ و ۲۱ کشاورز از طریق تکمیل پرسشنامه در محدوده شهرستان آق‌قلا) جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز نظیر ماشین آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو محصول صورت گرفت. پس از آن داده‌های موردنیاز در سه بخش مصرف سوخت، سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسید کربن محاسبه گردید . بیشترین درصد انرژی ورودی مستقیم در مزارع کلزا و جو دیم ترتیب با ۳۹/۳ و ۴۶/۸ درصد مربوط به مصرف سوخت بود. بیشترین و کمترین پتانسیل گرمایش جهانی به ترتیب از مزارع کلزا و جو دیم (به ترتیب۱۴۹۲و ۷۳۹/۱ کیلوگرم CO_2 در هکتار) به‌دست آمد. همچنین در هر دو محصول کمترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود پتاسیم به میزان ۲۶/۳ کیلوگرم معادل $CO2$ برای کلزای دیم و ۱۳/۱ برای جو دیم بود. در هر دو محصول مصرف سوخت و کود بالاترین انرژی مصرفی و تولید گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد. استفاده از ادواتی که باعث کاهش مصرف سوخت شوند توصیه می‌گردد و همچنین لزوم بررسی و تحقیق جهت کشت‌های تناوبی و استفاده از گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند آشکار می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه، انرژی غیرمستقیم، سوخت، عملیات زراعی

* نگارنده مسئول (Feyz_54@yahoo.com)

مقدمه

بر اساس مقیاس جهانی کشاورزی در حدود ۵ درصد از کل انرژی سوخت‌های فسیلی را مصرف می‌کند (Nasirian *et al.*, 2006). بروز بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد ممکن کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارآیی انرژی سعی کرده‌اند نظام‌های کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (فیض بخش و علی‌زاده، ۱۳۹۷). انرژی زراعی به دو شکل انرژی صنعتی و انرژی بیولوژیکی تفکیک می‌شود. انرژی صنعتی، انرژی زراعی حاصل از منابع غیر زنده مانند: الکتریسیته، نفت، گازوئیل و گاز طبیعی می‌باشد. انرژی زراعی بیولوژیکی نیز از منابع انسانی مانند نیروی کار انسان، نیروی کار دام و کود حیوانی تأمین می‌شود(Nassiri & Singh., 2008). بررسی سیر انرژی در سیستم‌های تولید کشاورزی مزایای زیادی دارد و محققان جهت بررسی تولید محصولات کشاورزی در ارتباط با انرژی ورودی تحقیقات زیادی انجام داده‌اند (فیض بخش و علی‌زاده، ۱۳۹۷ & Rathke Diepenbrock., 2004; Strapatsa *et al.*, 2006; Molaei *et al.*, 2008; Ahmadi *et al.*, 2012; Vakil *et al.*, 2018; Basavalingaiah *et al.*, 2020; Kosemani & Bamgboye., 2020).

نتایج مطالعات Vakili et al (2018) بر روی برنج در نیجریه نشان داد که کل انرژی مصرفی ۳۶۳۹۷/۸۵ مگاژول در هکتار بود و بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به آب آبیاری (۴۸/۵۱ درصد) و سوخت (۲۳/۵۸ درصد) بود. همچنین، مطالعه Basavalingaiah *et al* (2020) بر روی شاخص‌های انرژی در سیستم‌های کشت نشایی و بذر مستقیم برنج در هند نشان داد که بیشترین میزان کارایی انرژی (۷/۳)، بهره‌وری انرژی (۰/۳ کیلوگرم بر مگاژول) و سودآوری انرژی (۶/۳) به‌دلیل کاهش بیشتر

ورودی انرژی تحت سیستم کشت مستقیم بذر برنج بود.

Strapatsa *et al* (2006) جریان انرژی برای تولید سیب در یونان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد انرژی ورودی ۵۰/۷ گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی ۱۱۸/۵ گیگاژول در هکتار می‌باشد. در تحقیقی که توسط Rathke & Diepenbrock (2004) با هدف توازن انرژی در کشت کلزای زمستانه از طریق فراهمی نیتروژن محصول قبلی در مناطق خشک آلمان انجام شد نتایج نشان داد انرژی ورودی در طول سال متغیر و بین ۷/۴۲ تا ۱۶/۱ گیگاژول در هکتار حاصل شد. Propanchon *et al* (2002) مصارف انرژی در سیستم‌های کشاورزی را با استفاده از شاخص انرژی بررسی کردند و به ارزیابی انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم و اثرات زیست‌محیطی آنها پرداختند و نتیجه گرفتند استفاده مؤثر از انرژی سبب پیدایش کشاورزی پایدار و همچنین صرفه‌جویی مالی، حفظ منابع سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا خواهد شد. Ren *et al* (2012) در استان شاندونگ چین نشان دادند که انرژی ورودی در مزارع سورگوم کمتر از مزارع ذرت است و بهره‌وری انرژی در مزارع سورگوم و ذرت به‌ترتیب برابر ۱۲/۴ و ۸/۴ قرار داشت. همچنین در این بررسی بیشترین انرژی ورودی متعلق به کود نیتروژن در هر دو محصول بود.

Ahmadi *et al* (2012) مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان دادکه سهم نهاده های مختلف درانرژی مصرفی درتولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور وسوخت موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ و۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به طورکلی۵۴ درصد انرژی مصرفی درتولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با۲۴ درصد و موادشیمیایی با ۱۳درصد نیز به ترتیب رتبه دوم وسوم را درمصرف انرژی داشتند. Abdolahpour & zarea (2009) نیز مصرف انرژی را در مزارع گندم دیم در کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند و میزان انرژی نهاده‌های ورودی در این مزارع را

۶۱۳۰/۹ هزار کیلو کالری در هکتار و میزان انرژی خروجی یا تولیدی محصول دانه گندم را ۵۰۱۸ هزار کیلو کالری در هکتار و محصول کاه را ۴۳۱۶ هزار کیلو کالری در هکتار برآورد کردند. نتایج نشان داد استفاده از ماشین‌آلات و کودهای شیمیایی باعث افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود در صورتی که نیروی انسانی از جایگزین خوبی برخوردار است(Erdal *et al*., 2007).

Valadiani *et al* (2005) با ارزیابی مصرف انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم آذربایجان شرقی و تاثیر آن بر محیط زیست نشان دادند که بیشترین انرژی مصرفی در این مزارع، به ترتیب مربوط به کود نیتروژن، ماشین‌آلات و سوخت گازوئیل و کمترین انرژی مصرفی متعلق به نیروی انسانی و علف کش می‌باشد. Kosemani & Bamgboye (2020) به بررسی ورودی‌های انرژی و الگوهای مصرفی برای سیستم تولید برنج در نیجریه پرداختند و نشان دادند که نسبت انرژی در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به‌ترتیب ۶/۵۸، ۷/۰۷ و ۷/۶۲ بود. مزارع بزرگ به‌دلیل مدیریت بهتر منابع انرژی، بهره‌وری انرژی بهتری داشتند.

Molaei *et al* (2008) با تعیین نسبت انرژی گندم دیم در سه منطقه شهرستان اقلید گزارش دادند که کود و سوخت بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند که بایستی با مدیریت صحیح در مصرف بهینه آنها گام برداشت. مصرف این نهاده‌ها نه تنها هزینه تولید را افزایش می‌دهد بلکه سبب آلودگی محیط و منابع آب و خاک نیز می‌شود.

این مطالعه به‌منظور شناخت و بررسی سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی(GWP) در تولید جو و کلزا در اراضی شمال استان گلستان (شهرستان آق‌قلا) انجام شد تا بتوان راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی منابع را شناسایی نمود.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه انرژی ورودی، خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی مزارع کلزا و جو

دیم در استان گلستان (شهرستان آق‌قلا) آزمایشی در پاییز ۱۳۹۸ انجام پذیرفت. بر همین اساس با مصاحبه با کشاورزان مختلف، برای جو دیم و کلزا دیم به ترتیب ۸۳ و ۲۸ کشاورز انتخاب گردید و از طریق تکمیل پرسشنامه اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم شد.

برای انجام این بررسی دو محصول زراعی (جو و کلزا) انتخاب گردید. دلیل انتخاب این دو گیاه تشابهات متعددی (از جمله تاریخ کاشت و عملیات مشابه) است که در این دو گیاه وجود دارد. برهمین اساس با مصاحبه با کشاورزان مختلف در محدوده شهرستان آق‌قلا اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شد. برای پیدا کردن حجم نمونه از معادله ۱ استفاده شده است (Sarmad *et al.*, 2009).

معادله (۱) $$x = \frac{N(t\times s)^2}{Nd^2+(t\times s)^2}$$

که در آن n: حجم نمونه، s: انحراف معیار، N: حجم جامعه، d: دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان)، t: ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به‌دست می‌آید. بدین ترتیب حجم نمونه برای مزارع جو و کلزا به‌ترتیب ۳۷ و ۲۱ مزرعه تخمین زده شد.

تاریخ عملیات خاک‌ورزی، کوددهی، کاشت بذر، برداشت و حمل و نقل در مزارع کلزا و جو در جدول ۱ آورده شده است. پس از این مرحله مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه گردید.

جدول ۱- تاریخ عملیات خاک‌ورزی، کوددهی، کاشت بذر، برداشت و حمل و نقل در مزارع کلزا و جو

عملیات زراعی	زمان انجام عملیات زراعی	
	مزارع کلزا	مزارع جو
شخم (۳۰ سانتی‌متر)	اوایل تا اواخر مهر	آبان
دیسک (۱)	اواسط آبان	اواخر آبان
دیسک (۲)	اواسط آبان	اواخر آبان
دیسک (۳)	اواسط آبان	--
اختلاط کود با خاک	اواسط آبان	اواخر آبان
کود پایه	اواسط آبان	اوایل آذر
کاشت بذر	اواسط آبان	اوایل آذر
کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت (۱)	اواسط آبان	--
کنترل علف‌های هرز بعد از کاشت (۱)	--	اواسط اسفند تا اواسط فروردین
کنترل آفات (۱)	اواسط اسفند تا اواسط فروردین	--
کود سرک (۱)	اوایل اسفند	اواخر بهمن
کود سرک (۲)	اواسط اسفند	اوایل اسفند
برداشت	اواسط خرداد	اوایل خرداد
حمل و نقل	اواسط خرداد	اوایل خرداد

متغیر نیروی انسانی، از مجموع ساعات نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سم‌پاشی، برداشت و حمل و نقل می‌شود، محاسبه شد. این عدد در معادل انرژی آن یعنی عدد ۱/۹۶ مگاژول ضرب و مقدار انرژی نیروی انسانی بر حسب مگاژول در هکتار دست آمد. نهاده ماشین آلات به عنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه شامل ساعات کار ماشین‌آلات و ادوات مورد استفاده از کاشت تا برداشت، مانند ماشین‌آلات و ادوات مورد نیاز برای شخم و آماده‌سازی زمین، داشت و برداشت محصول و مقدار گازوئیل و روغنی که جهت سوخت ماشین‌آلات مختلف برای شخم، کاشت، کودهی، برداشت و نیز حمل ونقل در یک

هکتار مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی ازمهم‌ترین متغیرهای ورودی به بوم نظام‌های کشاورزی کودهای شیمیایی است. از کودهای شیمیایی مورداستفاده در مزارع این دو محصول می‌توان به نیتروژن، فسفات و پتاسیم اشاره کرد.

مقادیر مصرف سموم کشاورزی شامل علف کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها مورد استفاده در مناطق مورد مطالعه نیز جمع آوری شد وتحت متغیر مواد شیمیایی ارزیابی شد. مقدار بذر مصرفی در هر هکتار مزرع نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن به صورت مگاژول در هکتار محاسبه شد.

انرژی ورودی کل از مجموع انرژی‌های نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی و دامی، سموم، بذر و کود شیمیایی محاسبه شد.

انرژی خروجی کل نیز از برآورد مجموع انرژی عملکرد دانه و کاه و کلش محاسبه شد. انرژی غیرمستقیم شامل انرژی مصرف شده در بذر، کود، سموم شیمیایی و ماشین آلات است، در حالی که انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری و سوخت می‌باشد. معادل‌های انرژی برای (گیگاژول در هکتار) ورودی ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید کلزا و جو در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- معادل های انرژی برای (گیگاژول در هکتار) ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید کلزا و جو

ورودی ها / خروجی ها	واحد مصرف	معادل انرژی (مگاژول برواحد)	منبع
بذر کلزا	کیلوگرم	۲۴	ونتوری و ونتوری (۲۰۰۳)
بذر جو	کیلوگرم	۱۴/۷	مبتکر و همکاران (۲۰۱۲)
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	اکوز و همکاران (۲۰۰۹)
نیتروژن (N)	کیلوگرم	۶۰/۶	ازکان و همکاران (۲۰۰۹) و اکوز و همکاران (۲۰۰۹)
فسفر (P_2O_5)	کیلوگرم	۱۱/۱	ازکان و همکاران (۲۰۰۹) و اکوز و همکاران (۲۰۰۹)
پتاسیم (K_2O)	کیلوگرم	۶/۷	ازکان و همکاران (۲۰۰۹) و اکوز و همکاران (۲۰۰۹)
گازوئیل	لیتر	۳۸	ترازنامه هیدروکربن کشور (۲۰۰۸)
الکتریسیته	کیلو وات ساعت	۱۲/۱	ازکان و همکاران (۲۰۰۴)
علف‌کش‌ها	کیلوگرم ماده موثره	۲۸۷	راتکه و همکاران (۲۰۰۴) و تزلیواکیز و همکاران (۲۰۰۵)
حشره‌کش‌ها	کیلوگرم ماده موثره	۲۳۷	راتکه و همکاران (۲۰۰۴) و تزلیواکیز و همکاران (۲۰۰۵)
دانه کلزا	کیلوگرم	۲۴	ونتوری و ونتوری (۲۰۰۳)
دانه جو	کیلوگرم	۱۴/۷	مبتکر و همکاران (۲۰۱۲)
کاه و کلش جو	کیلوگرم	۱۱/۶	قربانی و همکاران (۲۰۰۰) و گیونز و همکاران (۱۹۸۸)

برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه (۱) بین میزان سوخت براساس مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت T میزان سوخت مصرفی FT تعیین شد (S0ltani *et al*., 2012)

معادله ۲ $FT=T \times FH$

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده موثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آنها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به دست آمده از منابع مختلف انجام شد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به پدیده‌ی تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی شده است. مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی

شامل دی‌اکسیدکربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) می‌باشند که باعث گرم شدن جو زمین می‌شوند. پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) عبارت است از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده که به‌صورت معادل CO_2 بیان می‌شود (رجبی و همکاران، ۲۰۱۰). در این تحقیق برای محاسبه GWP، تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 ناشی از مصرف انرژی در عملیات‌های مختلف از قبیل تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم شیمیایی، مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات زراعی، تولید ماشین‌آلات زراعی، آبیاری و حمل و نقل در نظر گرفته شد.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص برای هر روش کاشت با استفاده از روابط تعریف شده زیرمحاسبه شد (Hatirli *et al.*, 2013; Soltani *et al.*, 2009; Soltani *et al.*, 2013)

نسبت یا کارآیی انرژی (بدون واحد)

معادله ۳ $ER=EO/EI$

که در آن ER نسبت یا کارایی انرژی عددی است بدون واحد، EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه(مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

انرژی ویژه

معادله ۴ $E=EI/GY$

که در آن SE انرژی ویژه (مگاژول در کیلوگرم)، EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) می‌باشد.

بهره‌وری انرژی

معادله ۵ $EP=GY/EI$

که در آن EP بهره‌وری انرژی(کیلوگرم بر مگاژول)، GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

عملکرد انرژی خالص

معادله ۶ $NEY=EO-EI$

که در آن NEY عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی در مرحله اول از نتایج محاسبه انرژی در قسمت قبل برای ذرت سیلویی و سورگوم علوفه‌ای در هر یک از عملیات زراعی انجام شده استفاده شد. سپس با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO2، N2O و CH4 به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO2 ، کل گازهای گلخانه‌ای به‌صورت معادل CO2 محاسبه شدند (Soltani *et al.*, 2013).

از پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO2 در هکتار بر مقدار تولید دانه بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید هر تن دانه یا به‌عبارتی معدل وزنی به‌دست می‌آید. به‌همین ترتیب از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO2 در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر انرژی خروجی برحسب گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO2 برحسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده به‌دست می آید.

نتایج و بحث

مقادیر ورودی‌های مختلف برای جو و کلزا در جدول ۳ آورده شده است. مقدار مصرف سوخت در مزارع کلزا و جو به ترتیب معادل ۱۶۰ و ۱۳۰ لیتر در هکتار بود. سوخت مصرفی به عنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات زراعی و حمل و نقل استفاده می‌شود. دلیل اصلی بیشتر بودن مصرف سوخت در مزارع کلزا نسبت به مزارع جو انجام عملیات دیسک و سم‌پاشی بیشتر در مزارع کلزا بود. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که این مقدار نهاده در هر دو محصول مورد مطالعه تقریباً بالاست. در مزارع کلزا کود بیشتری نسبت به مزارع جو مصرف می‌شود. در مجموع، در تمامی موارد ورودی‌ها در مزارع کلزا بیشتر از مزارع جو بود.

جدول ۳ - مقادیر ورودی‌های مختلف جهت تولید محصول در یک هکتار در مزارع کلزا و جو

ورودی	واحد	مزارع کلزا	مزارع جو
سوخت	لیتر در هکتار	۱۶۰	۱۳۰
بذر	کیلوگرم در هکتار	۷	۱۵۰
کود			
نیتروژن	کیلوگرم در هکتار	۲۰۰	۱۰۰
فسفر	کیلوگرم در هکتار	۱۵۰	۷۰
پتاسیم	کیلوگرم در هکتار	۱۰۰	۵۰
آفت‌کش	گرم ماده موثره در هکتار	۲۵۰	--
علف کش	گرم ماده موثره در هکتار	۱۴۴۰	۲۰۰
نیروی انسانی	ساعت	۴۴	۱۵
عملیات زراعی			
شخم	مرتبه	۱	۱
دیسک (تهیه بستر و اختلاط کود با خاک)	مرتبه	۴	۳
پخش کود	مرتبه	۱	۱
کاشت با ردیف‌کار	مرتبه	۱	۱
سم پاشی (آفت کش‌و علف کش)	مرتبه	۲	۱
برداشت	مرتبه	۱	۱

به طورکلی مقادیر، انواع و درصد انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی، بوم شناختی و زراعی متفاوت این کشورهاست. استفاده زیاد سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع شده و همچنان ادامه دارد. ضرورت پیدا کردن مواد سوختنی دیگری به جای سوخت‌های فسیلی حتی برای کشورهای صادر کننده هم وجود دارد (Lal *et al.*, 2004) یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت و بهینه‌سازی آن استفاده از اداوات زراعی مناسب و جدید مانند دستگاه چندکاره (کمبینات) است. این دستگاه تردد مکرر تراکتور و ادوات متصل به آن را در مزرعه کاهش داده و در نتیجه از ایجاد لایه غیرقابل نفوذ در خاک جلوگیری کرده و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود (Rajabi *et al.*, 2012).

جدول ۴ مقادیر انرژی ورودی سیستم زراعی برحسب مگاژول در هکتار را نشان می‌دهد. از میان ورودی‌های مختلف در بذر جو با میانگین انرژی ورودی ۲۲۰۵ مگاژول درهکتار (۲۰/۹ درصد) بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. میزان بذر مصرفی نیز به نوع و نحوه‌ی استفاده از ماشین‌های کاشت بستگی دارد. عواملی مانند خاک‌ورزی و آماده سازی مناسب زمین جهت کشت و نیز استفاده از ماشین‌های کارآمد کاشت می‌تواند در میزان بذر مصرفی موثر باشد. همچنین علف کش با ۴/۴ درصد در جو کمترین سهم انرژی ورودی به سیستم زراعی این محصول را داشت. بیشترین انرژی ورودی مزارع کلزا با ۲۶/۵ درصد مربوط به مصرف کود پایه بود.

Baruah *et al* (2004) و Feyzbakhsh & Soltani (2013) و در مطالعات خود به ترتیب در مزارع برنج و ذرت به نتایج مشابهی دست یافتند و مهمترین انرژی ورودی در مزارع تحت کشت را کود معرفی کردند. کمترین انرژی ورودی در مزارع کلزا (۱۶۸ مگاژول در هکتار) مربوط به بذر کلزا جهت کاشت بود.

جدول ۴- مقادیر انرژی ورودی به تفکیک گروه زراعی برحسب مگاژول در هکتار

عملیات زراعی	مزارع کلزا		مزارع جو	
	میانگین	درصد از کل	میانگین	درصد از کل
شخم	۱۶۲۱/۳	۸/۱	۱۳۷۹/۶	۱۱/۷
دیسک	۳۴۱۷/۲	۱۷/۲	۱۹۰۹/۴	۱۶/۱
کود پایه	۵۲۵۳/۲	۲۶/۵	۲۲۵۳/۱	۱۹/۱
بذر	۱۶۸	۰/۸	۲۲۰۵	۱۸/۷
خطی کار	۱۳۲۶/۶	۶/۷	۱۰۸۳/۳	۹/۲
حشره کش	۸۵۴/۶	۴/۳	--	-
علف کش	۵۳۴/۹	۲/۷	۵۲۱	۴/۴
کود سرک	۵۶۱۳/۲	۲۸/۳	۱۶۹۰/۳	۱۴/۳
برداشت	۱۰۰۰/۵	۵	۷۴۸/۳	۶/۳
کل	۱۹۷۸۹/۹	۱۰۰	۱۱۷۹۰/۶	۱۰۰

جدول ۵- مقادیر انرژی‌های ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای هر عملیات در مزارع کلزا و جو

انرژی‌های ورودی	مزارع کلزا		مزارع جو	
	میانگین	درصد از کل	میانگین	درصد از کل
مستقیم				
سوخت برای عملیات زراعی	۷۷۹۰	۳۹/۳	۴۹۴۰	۴۶/۸
نیروی انسانی	۸۶/۲	۰/۴۳	۲۵/۵	۰/۳
غیرمستقیم				
کود نیتروژن	۸۳۶۲/۸	۴۲/۲	۲۰۱۸/۴	۱۹/۱
کود فسفر	۷۵۶/۹	۳/۵	۳۲۲	۳
کود پتاسیم	۳۲۱/۶	۱/۶	۱۶۰/۸	۱/۵
بذر	۱۶۸	۰/۸۴	۲۲۰۵	۲۱
علف‌کش‌ها	۴۸۲/۱	۲/۴	۱۴۳	۱/۲
حشره‌کش‌ها	۳۸۷/۴	۱/۳	---	---
ماشین‌آلات	۷۳۸/۴	۳/۳	۶۴۳/۶	۵/۵
حمل‌ونقل	۱۱۱۱/۵	۵/۲	۵۶۶	۴/۸
جمع کل	۱۹۷۸۷/۹	۱۰۰	۱۱۷۹۰/۶	۱۰۰

در جدول ۵ انرژی مصرفی در روش‌های مختلف به دو بخش انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم برآورد و تقسیم‌بندی گردیده است. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی و نیروی انسانی ارائه شده است. انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، دیسک، تسطیح، بذرکاری و کودپاشی می‌باشد. در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم، انرژی مورد نیاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، علف‌کش، بذر و وزن ماشین‌آلات مورد استفاده قرار گرفته است. جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع جو مربوط به سوخت می‌باشد که مقدار آن ۴۶/۸ درصد بدست آمد. سهم بالای سوخت در انرژی ورودی این مزارع می‌تواند به دلیل استفاده از ادوات و ماشین‌آلات فرسوده و با بهره‌وری کم باشد و نیز علاوه بر آن استفاده مکرر و جداگانه از ماشین‌آلات جهت هر عملیات زراعی به‌خصوص آماده سازی زمین و کشت نیز باعث افزایش میزان سوخت مصرفی شود.

Zarea & Karimi (2014) نیز با ارزیابی و مقایسه جریان انرژی درمزارع گندم شهرستان گرگان گزارش دادند که بیشترین انرژی ورودی بوم‌نظام‌های زراعی گندم مربوط به سوخت مصرفی(۲۶/۲ درصد) است. در تحقیقی که توسط Tipi *et al* (2009) صورت گرفت انرژی ورودی سوخت دیزل ۴۵/۱ درصد بیشترین سهم را از کل انرژی های ورودی به خود اختصاص داد. همچنین بیشترین انرژی ورودی غیرمستقیم در جو نیز مربوط به کود نیتروژن با مقدار ۱۹/۱ درصد بود. بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع کلزا نیز مربوط به سوخت با مقدار ۳۹/۳ درصد و بیشترین انرژی ورودی غیرمستقیم در مزارع کلزا مربوط به کود نیتروژن با مقدار ۴۲/۲ درصد بود.

Lorzadeh *et al* (2012) نیز استفاده از انواع ماشین‌آلات کاشت، داشت و برداشت در مزارع مکانیزه را عامل اصلی افزایش مصرف سوخت معرفی کردند.

یک عامل اصلی در افزایش مصرف انرژی در اغلب مزارع مربوط به مصرف کودهای شیمیایی است. بیشتر این افزایش در کشورهای پیشرفته صورت گرفته است. در بسیاری از گزارش‌ها بیشترین انرژی ورودی به مزارع مربوط به کودهای شیمیایی از جمله کود نیتروژن اعلام شده است. استفاده از الگوی کشت بهینه و تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریزجانداران آزاد کننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی بوم نظام‌های کشاورزی به نهاده‌های شیمیایی کمک کند. از تناوب‌های رایج مزارع گرگان تناوب

گندم - سویا می‌باشد. کشت یک گیاه تثبیت کننده نیتروژن در مزارع کلزا و جو می‌تواند نیاز این محصولات به نیتروژن ورودی را کاهش دهد. همچنین انجام آزمایش‌های کامل تجزیه خاک در مزارع، می‌تواند قدم موثری در تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر مواد غذایی باشد.

جدول ۶ نشان می‌دهد نسبت انرژی خروجی به ورودی در مزارع کلزا ۲/۱ و جو ۵/۳ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد راندمان انرژی در کلزا بسیار کمتر از جو دیم می‌باشد که علت آن مربوط به بیشتر بودن انرژی ورودی در مزارع کلزا در قالب سوخت و کودهای شیمیایی نسبت به مزارع جو می‌باشد.

جدول۶- مقادیر انرژی ورودی، خروجی و نسبت‌های انرژی ورودی به خروجی در کلزا و جو در شهرستان آق‌قلا

شکل های مختلف انرژی	مزارع کلزا	مزارع جو
ورودی‌ها		
انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار)	۷/۸	۵
انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار)	۱۱/۹	۶/۰۶
انرژی ورودی کل (گیگاژول در هکتار)	۱۹/۷	۱۱/۷
خروجی‌ها		
انرژی خروجی دانه (گیگاژول در هکتار)	۴۳/۲	۲۸/۶
انرژی خروجی کاه وکلش (گیگاژول در هکتار)	--	۱۱/۷
انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار)	۴۳/۲	۶۲/۵
نسبت انرژی خروجی به ورودی	۲/۱	۵/۳
انرژی ویژه (گیگاژول بر تن)	۱۰/۹	۶/۰۴
بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول)	۰/۰۹	۰/۱۶۵
بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار)	۲۳/۵	۵۰/۸

نسبت انرژی در زراعت گندم در هند در مکان‌های مختلف بین۲/۹ - ۲/۵ (Sing *et al* 2004) ،.. در مزارع گندم اردبیل ۱/۹۲ (Shahan *et al*., 2008) در مزارع گندم دیم شهرستان اقلید در استان فارس ۱/۰۶ (Molaei *et al*., 2008) ، مزارع گندم آبی شهرستان ری ۲/۶۳ (Alipour *et al*., 2014) و در مزارع گندم آبی شهرستان ساوه بین ۰/۶ – ۰/۱ گزارش شده است بطور کلی نیاز به انرژی در عملیات زراعی در کشاورزی بستگی به درجه تغییر در بوم نظام‌های طبیعی دارد. باید توجه داشت که اصولاً

طبیعت همیشه در جهت افزایش تولید ناخالص عمل می کند ولی انسان با دخالت در نظام‌های طبیعی سعی در افزایش تولید خالص دارد (Kouchaki & Hoseini., 1999). اصولا برای افزایش کارآیی مصرف انرژی دو راهکار کلی قابل تصور است. افزایش خروجی ها و کاهش منطقی نهاده‌ها، به طوری که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد (Abdolahpour & Zarea, 2009). بازده انرژی خالص در مزارع کلزا و جو دیم به ترتیب ۲۳/۵ و ۵۰/۸ گیگاژول در هکتار برآورد شد (جدول ۶). نتایج نشان داد که بازده انرژی خالص در مزارع جو دیم نسبت به مزارع کلزا بیشتر است. از طرفی میزان انرژی خروجی کل مزارع جو دیم (۶۲/۵ گیگاژول در هکتار) از مزارع کلزا (۴۳/۲ گیگاژول در هکتار) بیشتر می‌باشد. همچنین، به علت کمتر بودن انرژی ورودی کل در مزارع جو دیم نسبت به مزارع کلزا بهره‌وری انرژی مزارع جو دیم بیشتر به‌دست آمد.

میزان بهره‌وری انرژی برای گیاهان مختلف زراعی در منابع ۰/۰۶ و۰/۱۰ و برای گندم، ۰/۱۹ برای جو، ۱، گوجه فرنگی، ۰/۰۶ برای کتان، ۱/۵۳ برای چغندرقند گزارش شده است (Erdal *et al*., 2007). بهره‌وری انرژی نسبت به کارآیی مصرف انرژی پارامتر تقریباً مناسب‌تری برای مقایسه دو محصول مختلف می‌باشد. زیرا اختلاف در میزان کارآیی انرژی هم می‌تواند به دلیل تفاوت در انرژی ورودی و هم تفاوت در عملکرد باشد، و این مسئله اندکی قضاوت را مشکل خواهد ساخت. اما شاخص بهره‌وری انرژی، نسبت عملکـرد تولیدی برحسب کیلوگرم را به انرژی مصرفی محاسبه کرده و تفاوت دو محصول را بهتر نشان می‌دهد.

Kouchaki & Hoseini (1994) کارآیی انرژی تولید ذرت دانه‌ای را در منطقه بجنورد ۲/۵۹ گزارش نمودند. ولی Ghahderijani *et al* (2004) کارایی انرژی در تولید ذرت دانه-ای را در منطقه کوه‌دشت ۱/۷۳ به‌دست آوردند.

میزان انرژی ویژه برای جو دیم ۶/۰۴ گیگاژول در هکتار و برای کلزا ۱۰/۹ گیگاژول در هکتار بدست آمد (Kazemi, 2014).

انرژی ویژه و انرژی خالص برای تولید سویا را به ترتیب۲۲ و ۷۰۴۹۴ مگاژول در هکتار بدست آورد. انرژی ویژه عکس بهره‌وری انرژی است لذا مقادیر کمتر آن نشان می‌دهد که انرژی کمتری به ازاء تولید هر واحد عملکرد مصرف می‌شود. بنابراین تولید جو دیم نسبت به کلزا انرژی کمتری صرف خواهد کرد.

جدول ۷- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر حسب معادل کیلوگرم CO_2 در هکتار ناشی از فعالیت‌های مختلف در مزارع کلزا و جو دیم در شهرستان آق‌قلا

عملیات	مزارع کلزا		مزارع جو	
تولید و حمل و نقل	میانگین	درصد از کل	میانگین	درصد از کل
نیتروژن	۶۰۸/۹	۴۰/۸	۱۴۶/۹	۱۹/۸۵
فسفر	۶۸/۲	۴/۵	۲۶/۴	۳/۵۶
پتاسیم	۲۶/۳	۱/۷	۱۳/۱	۱/۷۷
آفت‌کش‌ها	۸۸/۷	۵/۹	۱۴/۷	۱/۹۸
سوخت	۶۰۷/۶	۴۰/۷	۲۸۵/۲	۵۲
تولید، حمل و نقل و نگهداری ادوات و ماشین - آلات	۹۲/۳	۶/۱	۱۲۱	۱۶/۳۵
کل پتانسیل گرمایش جهانی	۱۴۹۲	۱۰۰	۷۳۹/۷	۱۰۰

بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع جو دیم مربوط به سوخت می‌باشد که سهمی ۵۲ درصد را داشت و در مزارع کلزا بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به کود نیتروژن (با سهم ۴۰/۸ درصد) می‌باشد. همچنین مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی در جو و کلزای دیم به ترتیب به میزان ۷۳۹ و ۱۴۹۲ کیلوگرم معادل CO2 در هکتار بدست آمد و کمترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای مربوط به کود پتاسیم بود (جدول ۷). Feyzbakhsh & Soltani (2013) در مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای گزارش کردند که کمترین پتانسیل گرمایش جهانی ازکشت بهاره گندم و برابر با ۲۳۴۹ کیلوگرم معادل CO2 در هکتار بدست آمد. Alimagham *et al* (2004) میزان انتشارگازهای گلخانه ای ناشی ازعملیات

مختلف زراعی برای تولید سویا را بین ۱۲/۵-۱۷۰/۹ کیلوگرم معادل CO2 درهکتار برآورد کردند. Tzilivakis *et al* (2005) انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندر قند در شمال ایرلند را مورد ارزیابی قرار دادند و میانگین پتانسیل گرمایش جهانی کل برابر با ۱/۲۵ تن معادل CO2 در هکتار گزارش کردند. LAL (2004) بیان نمود که شخم، کود، آفت‌کش‌ها و آبیاری مهمترین عملیاتی هستند که کربن تولید می‌کنند و علت آن مصرف سوخت و انرژی است.

مقایسه مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر اساس واحد وزن عملکرد محصول در هکتار برای هریک از محصولات نشان می‌دهد که تفاوت زیادی بین کلزا و جو وجود دارد (جدول ۸). به‌طوری‌که پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم معادل CO2 در کلزا ۸۲۸/۲ کیلوگرم معادل CO2 در هر تن محصول و در جو ۳۷۹/۳ کیلوگرم معادل CO2 در هر تن محصول به دست آمد. همچنین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی در کلزا و جو به ترتیب به میزان ۳۴/۵ و ۱۱/۸ کیلوگرم معادل CO2 در گیگاژول به دست آمد. که مهمترین دلیل آن مصرف کود بیشتر در کلزا است. Feyzbakhsh & Soltani (2013) نیز گزارش نمودند در بین روش‌های مختلف کاشت ذرت دانه‌ای (بهاره و تابستانه) اختلاف زیادی از نظر مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی وجود دارد. همـچنین Jabro *et al* (2007) جریان دی اکسید کربن تحت تأثیر شخم و آبیاری را محاسبه کردند و گزارش نمودند که تفاوت معنی‌داری بین جریان‌های دی‌اکسید کربن در اعمال مدیریتی زمین (آبیاری و شخم) در داده‌های اندازه‌گیری شده وجود دارد.

جدول ۸- پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم معادل CO_2 در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در کلزا و جو دیم در شهرستان آق‌قلا

	مزارع کلزا	مزارع جو
در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)	۱۴۹۲	۷۳۹/۱
در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در هر تن محصول)	۸۲۸/۲	۳۷۹/۳
در واحد انرژی ورودی(کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول)	۷۵/۷	۶۳/۱
در واحد انرژی خروجی(کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول)	۳۴/۵	۱۱/۸

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در هر دو محصول کلزا و جو بیشترین سهم انرژی ورودی مربوط به کود نیتروژن و سوخت مصرفی است. به منظور کاهش مصرف سوخت، استفاده از کمبینات و استفاده از سیستم‌های کشت حفاظتی (حداقل خاک‌ورزی) توصیه می‌گردد. همچنین، چون میزان انرژی مصرفی در قسمت کود مصرفی زیاد است لزوم بررسی و تحقیق جهت کشت‌های تناوبی و استفاده از گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند آشکار می‌گردد. پیشنهاد می گردد که با بهبود عملیات مدیریت، استفاده بهینه از کودها، کنترل آفات، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارایی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشید.

منابع

رجبی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی تعادل انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای در تولید گندم در گرگان. پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.

سلطانی، ا.، م.ح. رجبی، ا. زینلی، و ا. سلطانی. ۱۳۸۸. ارزیابی اثرات زیست محیطی. مجله LCA محیطی تولید محصول گندم در گرگان. با تولیدات گیاهی .جلد سوم.

کاظمی، ح. ۱۳۹۲. ارزیابی جریان انرژی مزارع سویا در استان گلستان. مجله گیاهان روغنی. ۳(۱): ۱۳-۲۷.

Abdollahpour. S.H. and S. Zaree. 2009. Evaluation of Wheat Energy Balance Under Rain fed Farming in Kermanshah.Sustainable Agriculture and Production Science.1: 97-106.

Ahmadi, M. and M. Aghaalikhani M. 2012. Analysis of energy use in cotton cropping in Golestan province in order to represent a strategy for increase of **resources productivity**. Journal of Agroecology. 4: 151-158.

Akcaoz. H, O. Ozcatalbas, and H. Kizilay. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. J. Food Agri. Environ. 7: 475-480.

Alimagham. M, A. Soltani, and E. Zeinali. 2013. Fuel consumption, energy use and GHG emissions from field operations in soybean production. EJCP., Vol. 7 (1):1-23.

Alipoor. A, R. Keshavarz-Afshar, A. Ghalegolab Behbahani, M. KarimiNejad and V. Mohammadi. 2014. Evaluation of energy flow in irrigated wheat agroecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production. 23: 59-69.

Baruah. D.C, P.K. Das, and P.K. Dutta. 2004. Present status and future demand for energy for bullock-operated rice farms in Assam (India). Appl. Energy. 79: 145–157.

Basavalingaiah. K, Y.M. Ramesha, V. Paramesh, G.A. Rajanna, Sh. Laljat, S. Misra, A. Gaddi, H.C. Girisha, G.S. Yogesh, S. Raveesha, T.K. Roopa, K.S. Shashidhar, B. Kumar, D.O. El-Ansary, and H.O. Elansary. 2020. Energy Budgeting, Data Envelopment Analysis and Greenhouse Gas Emission from Rice Production System: A Case Study from Puddled Transplanted Rice and Direct-Seeded Rice System of Karnataka, India. Sustainability.12, 6439, p.p 19.

Darlington, D. 1997. What is efficient agriculture? Available at URL: http:// www.veganorganic.net/agri.htm.

Erdal. G, K. Esengun, H. Erdal, and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy. 32: 35–41.

relationship in greenhouse tomato production. Renew Energy. 31: 427-438.

Hosseini. S.T, H. Sharifan, A. Kiani, N.M. Abyar, and M.T. Feyzbakhsh. 2022. Energy flow and global warming potential in direct seeded and transplantation of rice under different irrigation Systems. Journal of Water Research in Agriculture. 35 (4): 338-357.

Hydrocarbon balance sheet of Country. 2008. Department of Energy Management Institute for International Studies. http://www.iies.org.

Jabro. J.D.U. and W.B. Sainju, M. Stevens, and R.G. Evans. 2007. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. Env. Manag. 88: 1478-1484.

Kazemi. H. and S. Zaree. 2014. Investigation and comparison of energy flow in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships. Cereal Research. 3: 211-227.

Kocheki. A. and M. Hosseini. 1994. Energy Efficiency in Agricultural Ecosistemes. Ferdowsi university of

Feyzbakhsh. M.T. and A. Soltani. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm Elc J. Crop Prod. 2: 89-107.

Feyzbakhsh. S. and P. Alizadeh. 2018. Comparison of silage corn (Zea mays L.) and forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) production in terms of energy consumption and global warming potential in Golestan region. Journal of Agroecology. 10(1): 218-233.

Ghahderijani. M, A.R. Keyhani, S.A. Tabatabaeefar, and N. Omid. 2009. Evaluation and determination of energy ratio for potato production in different level of cultivated area in the western Isfahan. Case study: Fereydoon-Shahr. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources. 16: 183-193.

Ghorbani. R, F. Mondani, S.H. Amirmoradi, H. Feizi, S. Khorramdel, A. Hassanzadeh Goroteh Tapeh, and M. Gholinejad. 2000. Energy balance in Wheat on Mazandaran Province. Pajouhesh and Sazandegi. 58: 63-65.

Hatirli. S.A, B. Ozkan B, C. Fert C. 2006. Energy inputs and crop yield

rainfed wheat- case study: Eqlid township (Fars). Iranian Biosystem Engineering. Journal 39: 13-19.

Nasirian. N, S. Almasi, H. Minaee, and H. Bakhoda. 2006. Study of Energy flow in Sugercan production in an Agro-industry unit in South of Ahvaz. In proceeding 4th national congress of Agricultural.

Nassiri, M. and S. Singh. 2008. Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. J Cleaner. Production. 17: 222-230.

Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Jihad Agriculture. 2015. Agricultural Statistics. Volume I - Crop Products.

Ozkan. B., H. Akcaoz, H, and C. Fert. 2004. Energy input–output analysis in Turkish Agriculture. Renew. Energy. 29: 39–51.

Rajaby. M.H, A. Soltani, E. Zeinali, and E. Soltani. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production Researches 19: 143-171.

Rathke. G.W. and W. Diepenbrock. Mashhad Press. 230p.

Koochacki. A. and M. Hosseini. 1999. Energy productivity in agricultural ecosystems. Mashad University Press. 317 pp.

Kosemani. B.S. and A.L.Bamgboye. 2020. Energy input-output analysis of rice production in Nigeria, Energy, p.p 22.

Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. Env. Int. 30: 981-990.

Lorzadeh, S.H, A. Mahdavidameghani, and M.R. Enayatgholizadeh, and M. Yosefi. 2012. Reasearch of Energy use efficiency for Maize production system in Izeh, Iran. Acta agriculturae Slovenica 99: 137-142.

Mobtaker. H.G, A. Keyhani, A. Mohammadi, S. Rafiee, and A. Akram. 2012. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan province of Iran. Agriculture and Ecosystem Environment. 137(3): 367-372.

Molaei. K, A. Keyani, M. Karimi, K. Kheyralipoor, and M. Ghasemi-Varnamkhasti. 2008. Energy ratio of

Energy. 50: 54-61.

Strapatsa. A.V, G.D. Nanos and C.A. Tsatsarelis. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agric. Ecosyst. Environ. 116: 176-180.

Tabatabaeefar. A, H. Emamzadeh, M. Ghasemi Varnamkhasti, R. Rahimizadeh, and M. Karimi. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy. 34:41-45.

Tipi. T, B. Cetin, and A. Vardar. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. J.Agric. Environ. 7: 352-356.

Tzilivakis. J, D.J. Warner, M. May, K.A. Lewis, and K. Jaggard. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agric. Syst. 85: 101-119.

Valadiani. A, A. Hasanzadeh-Ghourtapeh, and R. Valadiani. 2005. Study of energy balance in dryland wheat seed cultivars in seed reproduction fields and its effect on the environment in East Azerbaijan province. Agriculture Sciences Journal 15: 1-12.

2004. Energy balance of winter oil seed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Euro. Jour. Agronomy. 24: 35- 44.

Ren. T.L, Liu, Z.X, T.Y. Wei, and G.H. Xie. 2012. Evaluation of energy input and output of sweet sorghum grown as a bioenergy crop on coastal saline-alkali land. Energy. 47: 166-173.

Sarmad. Z, E. Hejazi, A. Bazargan. 2009. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publication, Tehran, Iran 120 pp.

Shahan. S, A. Jafari, H. Mobli, S. Rafiee, and M. Karimi. 2008. Energy use and economical analysis of production in Iran: A case study from Ardabial province. Journal of Agricultural Technology. 4: 77-88.

Singh. G, S. Singh, and J. Singh. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversation Management. 45: 453-465.

Soltani, A, M.H. Rajabi, E. Zeinali, and E. Soltani. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran.

Wakil. M, A. Ibrahim, A.S. Shehu Umar, and G. Bukar. 2018. Analysis of energy input-output of irrigated Rice production in Jere Bowl Borno State, Nigeria. African Journal of Agricultural Research, 1661-1666.

Comparison of energy input, output and global warming potential of rapeseed and rainfed barely in Golestan province (Aqqala)

M.T. Feyzbakhsh[1 *], E. Paravar[2]

1-Research Associate Professor, Department of Agricultural and Horticultural Research, Center for Research and Education of Agriculture and Natural Resources of Golestan Province, Organization of Research, Education and Promotion of Agriculture, Gorgan, Iran.
2- Expert in Agricultural and Horticultural Research Department of Golestan Province Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Gorgan, Iran.

Abstract

Comparing the energy of agricultural plants is one of the methods that can be used in prioritizing the cultivation of different agricultural plants in each region. In order to compare the energy input, output and global warming potential of rapeseed and rainfed barley fields in Golestan province (Aqqla city), an experiment was conducted in the fall of 2019. For this purpose, through interviews with different farmers (37 and 21 farmers for rainfed barley and rainfed rapeseed, respectively, by filling out questionnaires in Aqqala city) to collect the required data of machines and consumables including Seeds, fertilizers, fuel and pesticides were used in two crops. After that, the required data were calculated in three sections: fuel consumption, fuel consumption and global warming potential due to the emission of greenhouse gases based on CO2. The highest percentage of direct input energy in rapeseed and rainfed barley fields was related to fuel consumption with 39.3 and 46.8 percent, respectively. The highest and lowest global warming potential was obtained from rapeseed and rainfed barley fields (1492 and 1.739 kg CO2 per hec, respectively). Also, in both products, the lowest amount of greenhouse gas production related to potassium fertilizer was 26.3 kg CO2 equivalent for rainfed rapeseed and 1.13 for rainfed barley. In both products, fuel consumption and fertilizer constitute the highest energy consumption and greenhouse gas production. The use of tools that reduce fuel consumption is recommended, and the necessity of investigating and researching rotation crops and using plants capable of fixing nitrogen is revealed.

Keywords: Agricultural operations, Fuel, Specific energy, Indirect energy

* Corresponding author (Feyz_54@yahoo.com)