دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و ششم، ۱۳۹۸

مقایسه روند شاخص‌های انرژی و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در تولید کلزای آبی و دیم در شمال ایران

علی متولی[۱]، صالح یاسور[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲

چکیده

مصرف انرژی و گرمایش جهانی و به دنبال آن بحث تغییر اقلیم یکی از مشکلات و معضلات عمده محیط زیستی است که بسیاری از پژوهش‌ها را متوجه خود ساخته است. پژوهش حاضر به بررسی روند مصرف انرژی و تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در تولید کلزای (*Brassica napus*) آبی و دیم در استان‌های شمالی کشور پرداخت و شاخص‌های انرژی خروجی با توجه داده‌های جمع‌آوری شده، برآورد گردید. داده‌ها از ۱۳٦ کشاورز استان‌های مازندران و گلستان در سال ۹۵ و به روش نمونه‌گیری تصادفی جمع‌آوری گردید. نتایج حاصل از بررسی داده‌ها نشان داد که انرژی ورودی در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۲۹/٤۹ و ۲۸/۷۷ گیگاژول در هکتار و انرژی ورودی در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۳۳/۵۲ و ۳٤/۱۰ گیگاژول بر هکتار محاسبه گردید. میزان انرژی خروجی در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۹۰/۳ و ۸۸/٤ گیگاژول بر هکتار و انرژی خروجی در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۸۲/۲۷ و ۸۲/۲۵ گیگاژول بر هکتار محاسبه گردید. بالاترین و پایین‌ترین نسبت انرژی در تولید کلزا به میزان ۳/۰۷، ۲/٤۱ به ترتیب در کشت دیم و آبی در استان گلستان بدست آمد. همچنین میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ٤۱۷۱۵/۰٤ و ۳۹۹٦۸/٦۰ کیلوگرم در هکتار و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ٤٦۱۸۰/۱۱ و ٤۵۰۱۱/٦۲ کیلوگرم بر هکتار محاسبه گردید. با توجه به بالاتر بودن شاخص‌های انرژی در کشت دیم نسبت به آبی در شمال ایران توصیه می‌گردد که کاشت کلزا به صورت دیم صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل انرژی، گاز گلخانه‌ای، کشت دیم و آبی، گرمایش کره زمین

متولی، ع. و ص. یاسور. ۱۳۹۸. مقایسه روند شاخص‌های انرژی و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در تولید کلزای آبی و دیم در شمال ایران. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٦: ۱۰۲-۸۸

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: ali.motevali62@yahoo.com

۲- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

مقدمه

کلزا به عنوان سومین گیاه روغنی مهم جهان شناخته شده و ویژگی‌های خاص این گیاه از جمله کیفیت روغن بالا، مقاومت به شرایط نامساعد آب و هوایی و شوری، قابلیت بالا برای رقابت با علف های هرز و ارزش تناوبی زیاد باعث شده است که در سطح وسیعی از مزارع جهان به ویژه ایران و مناطق شمالی کشور از جمله مازندران و گلستان در تناوب با محصولات گوناگون به ویژه غلات کشت شود (مختارپور و همکاران، ۲۰۰۲). به جهت سازگاری این گیاه با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور، توسعه کشت این گیاه به عنوان نقطه امیدی جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از وابستگی به شمار می رود به نحوی که در حال حاضر کلزا نقطه ثقل طرح‌های افزایش تولید دانه‌های روغنی محسوب می‌گردد (دهشیری، ۱۳۷۸).

در کنار تولید محصولات مختلف کشاورزی، نقش انرژی در توسعه و کارایی این بخش بسیار مهم است. در سالهای گذشته مصرف انرژی، به‌ویژه سوخت های فسیلی و کودهای شیمیایی در کشاورزی افزایش چشم‌گیری داشته است و انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصول بسیار بیش از گذشته شده است. عوامل اصلی افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی، افزایش جمعیت، محدودیت زمین‌های قابل کشت، ارزان بودن سوخت و کود و افزایش سطح زندگی و توقعات مردم است. در کنار عواملی مانند تولید بیشتر محصولات کشاورزی و قطع واردات به ویژه در محصولات استراتژیک کشاورزی، لازم است تا سیر مصرف انرژی در تولید محصولات گوناگون کشاورزی بررسی گردد. مطالعه جریان انرژی در اکوسیستم‌ها به ویژه اکوسیستم هایی که توسط انسان اداره می شوند از اهمیت خاصی برخودار است، زیرا انرژی در حقیقت ارز رایج یک اکوسیستم را تشکیل می‌دهد (شیرالی نژاد و مقدسی، ۱۳۸۹).

با توجه به بحران انرژی در جهان و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد ممکن کاهش یابد. در اکثر کشورهای پیشرفته و حتی در حال توسعه، انرژی وارد شده در سطح برای تولید محصولات گوناگون کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند نظام‌های کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (نصریان و همکاران، ۲۰۰۶).

امروزه هزینه‌های تولید محصولات زراعی به‌سرعت در حال افزایش است و این در حالی است که درآمد کشاورزان همچنان در سطح پائین قرار دارد و هزینه‌های تولید در حال افزایش می‌باشد (راتکه و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که روند مصرف انرژی در فرآیند تولید کلزا در جنوب کشور به طور متوسط ۱۲۰۶ مگاژول در هکتار انرژی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، ۶۲۶۲/۵ مگاژول در هکتار انرژی سوخت دیزل، ۱۳۲۳/۲ مگاژول در هکتار انرژی آبیاری (غیرمستقیم)، ٤٤٨٤/٦ مگاژول در هکتار انرژی آبیاری (الکتریسیته)، ۲۲۲/۷ مگاژول در هکتار انرژی بذر، ۲۰۵۸۷ مگاژول در هکتار انرژی کودهای شیمیایی، ۱۷۳/۸۲ مگاژول در هکتار انرژی سموم شیمیایی و ۱۷۸/۲۸ مگاژول در هکتار انرژی نیروی انسانی می‌باشد (روحانی نژاد و همکاران، ۲۰۱۳).

در پژوهشی دیگر شاخص‌های انرژی تولید گندم (*Triticum*) و کلزا در کشت و صنعت دشت نمدان اقلید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارایی مصرف انرژی برای تولید گندم و کلزا به ترتیب ۲/۲۹ و ۱/۷٦ و کارایی مصرف انرژی برای تولید دانه و کاه به ترتیب ٦/۲۳ و ۱/۷٦ بدست آمد (مولایی و افضل نیا، ۲۰۱۲).

بررسی شاخص‌های انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید کلزا در گرگان نشان داد که نتایج نشان داد که میزان انرژی ورودی در مزارع کوچکتر و بزرگتر از دو هکتار به ترتیب برابر ۱۹۷۸۹/۹ و ۱۷۵۱۰/۱ مگاژول در هکتار بود. در هر دو سطح بهره‌برداری بیشترین مصرف انرژی ورودی مربوط به کود نیتروژن و سوخت بود. همچنین کمترین انرژی ورودی در هر دو سطح بهره برداری مربوط به بذر مصرفی بود (فیض بخش و باقری، ۲۰۱۵).

بررسی روند مصرف انرژی در سامانه‌های تولید کشاورزی داری مزایای زیادی می‌باشد و پژوهشگران زیادی جهت بررسی تولید محصولات کشاورزی از جمله کلزا (موسوی اول و همکاران، ۲۰۱۱a و b)، گندم (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۳)، زیتون (*Olea europaea*) (رجایی فر و همکاران، ۲۰۱٤)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱٤)، سویا (*Glycine max*) (مندال و همکاران، ۲۰۰۲)، نیشکر (*Saccharum Officinarum*) (اردال و همکاران، ۲۰۰۷) و ... در ارتباط با انرژی ورودی و تولید گازهای گلخانه‌ای را مورد بررسی قرار دادند.

به دنبال بررسی انرژی مصرفی در تولید محصولات کشاورزی، مهم‌ترین مسأله پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی

در اثر انتشارگازهای گلخانه ای است. مهم ترین گازهای گلخانه‌ای شامل دی اکسید کربن (CO_2)،اکسید نیتروژن(N_2O) و متان (CH_4) می باشد (داستان و همکاران، ۲۰۱٤). میزان انرژی ورودی کمتر در سامانه‌های زراعی سبب افزایش راندمان انرژی و انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای نسبت به سامانه‌های انرژی پرنهاده می‌گردد (حیدرقلی نژاد کناری و حسن‌زاده قورت‌تپه، ۱۳۸۲). کاهش انرژی از منابع فسیلی در سامانه‌های کشاورزی یکی از مهمترین راه‌های پیچیده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است و شناسایی روش‌های تولید که راندمان انرژی را بالا برده و انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند حیاتی است (تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین با بررسی روند مصرف انرژی در تولید محصولات کشاورزی می‌توان به سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی محصولات دست یافت.

بررسی منابع گوناگون نشان داد که با توجه سطح بالای زیر کشت کلزا در مناطق شمالی کشور، مقایسه‌ای در مورد روند شاخص‌های انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای در کشت کلزای آبی و دیم انجام نشده است و میزان تغییرات روند مصرف انرژی و تولید این گازها در ارتباط با آبی یا دیم بودن آن در این محصول ارائه نشده است.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین دقیق روند مصرف نهاده‌های کشاورزی، داده‌ها با تهیه پرسشنامه و جمع‌آوری اطلاعات از روستائیان و کشاورزان استان مازندران و گلستان جمع‌آوری گردید. اطلاعات مورد نیاز این پژوهش در ماه‌های خرداد و تیر سال ۹٤ در محدودهٔ جغرافیایی استان مازندران و استان گلستان توسط کشاورزان جمع‌آوری گردید. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. به منظور تعیین حجم نمونه از رابطه کوکران استفاده شد (Heidari and Omid., 2011).

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad (۱)$$

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad (۲)$$

در رابطه‌های بالا n: حجم نمونه، t: ۱/۹٦ (سطح اطمینان ۹۵٪)، N: حجم جامعه، d: دقت احتمالی مطلوب، S: انحراف معیار جامعه می‌باشد. با توجه به روابط بالا حجم نمونه ۱۳٦ به‌دست آمد. با توجه به حجم بالای داده‌ها، داده‌های بدست آمده از سه سطح گوناگون مزرعه مزرعه کوچک (کوچکتر از یک هکتار)، متوسط (بین یک تا سه هکتار) و بزرگ (بزرگتر از سه هکتار) میانگین‌گیری گردید و در محاسبات از میانگین آنها استفاده شد (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۳).

داده‌های جمع‌آوری شده در هر هکتار عبارت بودند از میزان متوسط بذر، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی شامل نیتروژن، فسفاته، پتاس و ریز مغذی‌ها. همچنین به منظور کشت کلزا در شمال کشور از تراکتور، گاو آهن برگرداندار، دیسک، پذرپاش، کود پاش استفاده گردید. میزان هم‌ارز انرژی‌های ورودی مربوط به ماشین‌ها و نهاده‌های مختلف کشاورزی و انرژی‌های خروجی مربوط به دانه کلزا و کاه کلزا در جدول ۱ آورده شده است.

انرژی مصرف شده جهت ساخت ماشین‌ها و ادوات مختلف مورد استفاده در تولید کلزا با استفاده از رابطه ۳ برآورد گردید (اوتیت–کاناوات و هرنز، ۱۹۹۹، ملائی و افضل نیا، ۱۳۹۱):

$$ME = \frac{M.E}{T.C_a} \quad (۳)$$

در رابطه بالا ME انرژی مربوط به ساخت ماشین (مگا ژول بر هکتار)، T عمر اقتصادی ماشین (ساعت)، C_a ظرفیت مزرعه‌ای موثر ماشین (هکتار بر ساعت)، M جرم ماشین (کیلوگرم) و E هم‌ارز انرژی (مگاژول بر کیلوگرم) می‌باشد.

انرژی کارگر مورد نیاز در تمام مراحل کشاورزی (اعم از آماده سازی زمین، کشت، داشت و برداشت و حمل و نقل) شامل خاکورزی اولیه و ثانویه، آبیاری، وجین، هدایت و رانندگی تراکتور، سم پاشی و مدیریت مزرعه در نظر گرفته شد. مصرف انرژی برای هر کارگر با در نظر گرفتن ۸ ساعت کار روزانه در نظر گرفته شد. همچنین انرژی خروجی شامل کل انرژی دانه برداشت شده و کل کاه تولیدی بود (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۳ و ۲۰۱٤).

جدول ۱- هم‌ارز انرژی ورودی و خروجی مربوط به کشت کلزا

نوع عملیات کشاورزی	واحد	هم ارزی انرژی (MJ/unit)	منبع
سوخت	L	۵۶/۳۱	(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰)
بذر کلزا	kg	۲۵	(ونتوری و ونتوری، ۲۰۰۳)
نیتروژن	kg	۶۰/۶	(آکواز و همکاران، ۲۰۰۹)
فسفات	kg	۱۱/۹۳	(آکواز و همکاران، ۲۰۰۹)
پتاسیم	kg	۶/۷	(آکواز و همکاران، ۲۰۰۹)
ریز مغذی	kg	۱۲۰	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
علف‌کش	kg	۲۳۸	(تزیلیواکیس و همکارا، ۲۰۰۵)
حشره‌کش	kg	۱۱۹	(تزیلیواکیس و همکارا، ۲۰۰۵)
کارگر	h	۱/۹	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
آب	m^3	۰/۶۳	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
تراکتور	h	۵۵/۹۸	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
کمباین	h	۳۰۶/۷	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
گاوآهن	h	۱۸/۸	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
دیسک	h	۲۴/۳	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
بذرپاش	h	۱۰/۵	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
کودپاش	h	۱۰/۵	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
حمل ونقل	t/km	۶/۳	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
کلزا	kg	۲۵	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)
کاه کلزا	kg	۱۲/۵	(ملائی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)

سطح زیر کشت تولید کلزا (دیم و آبی) در شمال کشور

با توجه به آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی سطح زیر کشت کلزا در شمال کشور مربوط به دو استان مازندران و گلستان می‌باشد. طبق آخرین آمار موجود میزان سطح زیر کشت کل کشور در سال ۹۳-۹۲ نزدیک به ۸۱/۷۸ هزار هکتار براورد شده که استان‌های گلستان و مازندران به ترتیب با ۲۶/۷ و ۱۰/۵ درصد به ترتیب رتبه اول و سوم در کاشت کلزا در کشور را دارا هستند (جدول ۲). لازم به ذکر است در این آمارنامه میزان سطح زیر کشت مربوط به استان گیلان صفر آورده شده است (آمار نامه کشاورزی سال زراعی۹۳-۹۲).

جدول ۲- سطح زیر کشت کلزا در استان‌های شمالی

نام استان	سطح زیر کشت (هکتار)			میزان کل تولید (تن)			عملکرد (kg/ha)	
	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم
مازندران	۱۶۵۱	۶۹۷۴	۸۶۲۴	۲۳۸۰	۱۴۰۳۰	۱۶۴۱۰	۱۴۴۱/۶	۲۰۱۲
گلستان	۷۶۶۹	۱۴۱۹۷	۲۱۸۶۶	۲۱۰۸۵	۲۴۴۷۵	۴۵۵۶۰	۲۷۴۹/۳	۱۷۲۴
گیلان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مجموع	۹۳۲۰	۲۱۱۷۱	۳۰۴۹۰	۲۳۴۶۵	۳۸۵۰۵	۶۱۹۷۰	۴۱۹۰/۹	۳۷۳۶

شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی محاسبه شده در این پژوهش عبارتند از: (مولایی و افضل نیا، ۲۰۱۲، آناکتین و همکاران، ۲۰۱۰، خوشنویسان و همکارن، ۲۰۱۳). نسبت انرژی (بدون بعد): نسبت بین کل انرژی خروجی به مجموع کل انرژی ورودی در تولید محصول (کلزا) می‌باشد.

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (٤)$$

در رابطه بالا ER: نسبت انرژی، E_{out}: مقدار انرژی خروجی (MJ/ha) و E_{in}: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

انرژی خالص (MJ): تفاضل بین انرژی تولید شده و کل انرژ ی مورد نیاز برای تولید می‌باشد.

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (٥)$$

در رابطه بالا NEG : افزوده خالص انرژی (MJ/ha)، E_{out}: مقدار انرژی خروجی (MJ/ha) و E_{in}: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

بهره‌وری انرژی (MJ/ha): نسبت محصول تولید شده در واحد سطح به انرژی وردی در واحد سطح می‌باشد.

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (٦)$$

در رابطه بالا EP: بهره‌وری انرژی (kg/MJ)، Y: عملکرد محصول (kg/ha) وEin: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می باشد.

انرژی ویژه (MJ/ha): نسبت انرژی ورودی در واحد سطح به محصول تولید شده در واحد سطح می‌باشد.

$$EI = \frac{E_{in}}{Y} \quad (٧)$$

در رابطه بالا EI: شدت انرژی (MJ/kg)، Y: عملکرد محصول (kg/ha) وEin: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

انرژی مستقیم (MJ): انرژی مستقیم عبارت است از انرژی که بدون واسطه در مزرعه مصرف می‌گردد که عبارتند از انرژی سوخت، الکتریسیته، کارگر.

انرژی غیرمستقیم (MJ): انرژی غیرمستقیم عبارت است از انرژی که در خارج از مزرعه به منظور ساخت ماشین‌ها، و نهاده‌های دیگر کشاورزی مصرف می‌گردد که عبارتند از ماشین، آبیاری، کود، سم و بذر.

برآورد میزان گازهای گلخانه‌ای CO_2

به منظور ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی از معادل گاز CO_2 استفاده می‌گردد که از مجموع گازهای گلخانه‌ای تولید شده بدست می‌آید (رجبی و همکاران، ۱۳۹۱). به منظور محاسبه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در طول فرآیند تولید کلزا، در مرحله نخست از نتایج محاسبه انرژی عملیات زراعی در مرحله کاشت، داشت و برداشت استفاده گردید. در مرحله بعد میزان تولید گازهای گلخانه‌ای توسط نهاده‌های مختلف مصرفی در کشت کلزا اعم از انواع کودها و سموم را می‌توان با استفاده از ضرایب تولید این گازها برآورد کرد. ضرایب مربوط به تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 به ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2 در جدول ۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO_2 محاسبه می‌گردند (میرحاجی و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۳- ضرایب مربوط به میزان تولید دی اکسید کربن برای تولید کلزا

عنوان	واحد	میزان تولید CO_2 ($kgCO_2.Unite^{-1}$)	منبع
ماشین‌ها	MJ	۰/۰۷۱	(دایر و دسجاردینز، ۲۰۰٦)
سوخت	L	۲/۷٦	(دایر و دسجاردینز، ۲۰۰۳)
نیتروژن	kg	۱/۳	(لال، ۲۰۰٤)
فسفات	kg	۰/۲	(لال، ۲۰۰٤)
پتاسیم	kg	۰/۲	(لال، ۲۰۰٤)
حشره کش	kg	٥/۱	(لال، ۲۰۰٤)
علف‌کش	kg	٦/۳	(لال، ۲۰۰٤)

نتایج و بحث

نتایج میانگین داده‌های بدست آمده مربوط به استان مازندران در جدول‌های ٤ و ٥ و استان گلستان در جدول‌های ٦ و ۷ آمده است. با توجه به این جدول‌ها می‌توان میزان روند مصرف انرژی را برای تمامی نهاده‌ها و ادوات کشاورزی مشاهده نمود. با یک بررسی کلی در جدول‌های ٤، ٥، ٦ و ۷ می‌توان دریافت که در کاشت کلزا یکی از انرژی‌هایی که بیشترین سهم مصرف را به خود اختصاص می‌دهد انرژی مصرفی سوخت می‌باشد که به‌منظور راه‌اندازی و بکارگیری ماشین‌های مختلف مورد نیاز می‌باشد. دلیل این امر آن است که بیشتر مراحل خاکورزی، کشت، داشت و برداشت به صورت مکانیزه و با بکارگیری ماشین‌های مربوطه انجام می‌پذیرد، لذا سوخت

مصرفی توسط ماشین‌ها و ادوات به کار گرفته شده افزایش می‌یابد. البته در کنار سهم بالای مکانیزاسیون در کشت کلزا، باید نقش فرسوده و کهنه بودن ادوات و ماشین‌ها را نیز در نظر گرفت که خود این امر نیز نقش مهمی در مصرف بالای سوخت دارد. از طرف دیگر با بررسی جدول‌های ۳ و ٤ و مقایسه آن با جدول‌های ۵ و ٦ مشخص می‌شود که میزان مصرف سوخت در استان مازندران بالاتر از استان گلستان می‌باشد که دلیل این امر را می‌توان به کوچک بودن مزارع کاشت کلزا در استان مازندران نسبت به استان گلستان دانست.

جدول ٤- میزان مصرف و تولید انرژی کلزا در روش کشت دیم در استان مازندران.

نوع عملیات کشاورزی	کلزا دیم		
	میزان مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (Gj/ha)	کل انرژی مصرفی در استان
سوخت (L)	۱۵۲/۲۵	۸/۵۷۳	۵۹۷۸۸/٤۷۹
بذرکلزا (kg)	۱۳/۵	۰/۳۳۷	۲۳۵۳/۷۲۵
نیتروژن (kg)	۱٦۰	۹/٦۹٦	٦۷٦۱۹/۹۰٤
فسفات (kg)	۱۳۵	۱/٦۱۱	۱۱۲۳۱/۹۷۵
پتاسیم (kg)	۱۲۰	۰/۸۰٤	۵٦۰۷/۰۹٦
ریزمغذی (kg)	٤٦	۵/۵۲۰	۳۸٤۹٦/٤۸
علف‌کش (kg)	۲/۲	۰/۵۲٤	۳٦۵۱/۵۸٦
حشره‌کش (kg)	۲/۵	۰/۲۹۷	۲۰۷٤/۷٦
کارگر (h)	۱۳	۰/۰۲۵	۱۷۲/۲۵۷
آب (m^3)	–	–	–
تراکتور (h)	۷/٦	۰/٤۲۵	۲۹٦۷/۰۸
کمباین (h)	٤/۷۷	۱/٤٦۳	۱۰۲۰۲/٦۸
گاوآهن (h)	۱/۵۵	۰/۰۲۹	۲۰۳/۲۲۲
دیسک (h)	۰/٦۲۲	۰/۰۱۵	۱۰۵/٤۰۹
بذرپاش (h)	۰/۵۵	۰/۰۰٦	٤۰/۲۷٤
کودپاش (h)	۰/۷۵	۰/۰۰۸	۵٤/۹۲۰
حمل ونقل (t/km)	۲۵	۰/۱۵۷	۱۰۹۸/٤۰۵
کلزا (kg)	۲۰۱۲	۵۰/۳	۳۵۰۷۹۲/۲
کاه کلزا (kg)	۳۲۰۰	٤۰	۲۷۸۹٦۰
مجموع انرژی ورودی		۲۹/٤۹	۲۰۵۷۳۰/۲۱
مجموع انرژی خروجی		۹۰/۳	٦۲۹۷۵۲/۲

کوچک بودن مزارع عملیات کشاورزی را با دشواری بیشتری مواجه کرده و زمان عملیات‌های کشاورزی را بیشتر کرده و به دنبال آن مصرف سوخت و ساعات کارکرد ماشین‌های مختلف افزایش می‌یابد. از طرف دیگر استفاده از تراکتورهای بزرگ در مزارع کوچک می‌تواند مصرف انرژی را در این مزارع افزایش دهد. از آنجا که تراکتورهای مورد استفاده در منطقه شمال کشور MF399 و MF285 می‌باشد و با توجه به نتایج پژوهش‌های شیرالی‌نژاد و مقدسی (۱۳۸۹) که سطوح بهینه برای تراکتورهای فوق سطوح بالای ۲۰ هکتار بدست آوردند و از طرفی سطوح زیر کشت به‌ویژه در استان مازندران زیر۲۰ هکتار

قرار دارد، درنتیجه افزایش مصرف سوخت در استان مازندران بیشتر از استان گلستان می‌باشد. همچنین با مقایسه عملیات‌های گوناگون کشاورزی، یکی دیگر از علل اصلی اختلاف مصرف انرژی سوخت در این عملیات‌ها، پیروی از روش‌های ناصحیح خاک‌ورزی و انجام عملیات‌های بیش از حد خاک‌ورزی مانند استفاده مکرر از عملیات‌های شخم‌زنی و دیسک‌زنی در سطح مزارع می‌باشد که این امر باعث افزایش مصرف انرژی سوخت در این مزارع می‌گردد، به‌نحوی که استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک سهم بالایی از کل مصرف انرژی سوخت را در برگرفته است که بسیار قابل توجه می‌باشد. نتایج مشابهی توسط ملائی و افضل نیا (۱۳۹۱) و فیض‌بخش و باقری (۱۳۹۳) در کشت کلزا، رجبی و همکاران (۱۳۹۱) در کشت گندم ارائه گردیده است. از طرف دیگر کارآیی انرژی برای محصولات گوناگون زراعی به تغییرات فنآوری وساختاری بوم در نظام‌های کشاورزی بستگی داشته و دو عامل اساسی شامل میزان وابستگی سامانه به مصرف انرژی‌های صنعتی و عملکرد محصول بیشترین تأثیر را بر کارآیی انرژی سامانه‌های تولید کشاورزی دارد.

جدول ۵- میزان مصرف و تولید انرژی کلزا در روش کشت آبی در استان مازندران.

نوع عملیات کشاورزی	کلزا آبی		
	میزان مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (Gj/ha)	کل انرژی مصرفی در استان
سوخت (L)	۱۸۵/۵	۱۰/٤٤٥	۱۷۲٤٥/٥۲۹
بذرکلزا (kg)	۸	۰/۲۰۰	۳۳۰/۲۰۰
نیتروژن (kg)	۱٥۰	۹/۰۹۰	۱٥۰۰۷/٥۹
فسفات (kg)	۱۲۰	۱/٤۳۲	۲۳٦۳/٥۷۱
پتاسیم (kg)	۱۱۰	۰/۷۳۷	۱۲۱٦/۷۸۷
ریزمغذی (kg)	٤٦	٥/٥۲	۹۱۱۳/٥۲۰
علف‌کش (kg)	۲/٤	۰/٥٦۸	۹٤۳/۰٥۱
حشره‌کش (kg)	۲/۲	۰/۲۳۸	٤۳۲/۲۳۱
کارگر (h)	۱٥	۰/۰۰۲۸	٤۷/۰٥۳
آب (m^3)	٤٥۹۰	۲/۸۹۲	٤۷۷٤/۱۹۷
تراکتور (h)	۷/٦	۰/٤۲٥	۷۰۲/٤۰٤
کمباین (h)	٥/٥۲	۱/٦۹۲	۲۷۹٥/۱۱٦
گاوآهن (h)	۱/۸	۰/۰۳٤	٥٥/۸٦۹
دیسک (h)	۰/۷۲	۰/۰۱۷	۲۸/۸۸٥
بذرپاش (h)	۰/٤	۰/۰۰٤۲	٦/۹۳٤
کودپاش (h)	۰/۷	۰/۰۰۷۳	۱۲/۱۳٤
حمل ونقل (t/km)	۲٥	۰/۱٥۷	۲٦۰/۰۳۲
کلزا (kg)	۱٤٤۱	۳٦/۰۲٥	٥۹٤۷۷/۲۷٥
کاه کلزا (kg)	۳۷۰۰	٤٦/۲٥	۷٦۳٥۸/۷٥
مجموع انرژی ورودی		۳۳/٥۲	٥٥۳۱۸/۰۷
مجموع انرژی خروجی		۸۲/۲۷٥	۱۳٥۸۳٦/۰۲٥

همچنین با مقایسه جداول ۵ و ۷ مشخص می‌گردد که میزان آبیاری کلزا در استان گلستان بیشتر از استان مازندران می باشد که دلیل این امر می‌تواند میانگین بالاتر بارندگی در استان مازندران باشد و همین امر میزان آبیاری در طول فصل رشد را

در استان مازندران کاهش می‌دهد. نتایج مشابهی توسط خجسته پور و همکاران (۱۳۹٤) در کشت پنبه گزارش شده است. بررسی جدول‌های ٤، ٥، ٦ و ۷ نشان می‌دهد که در استان‌های مازندران و گلستان میزان انرژی ورودی در کشت دیم نسبت به کشت آبی کمتر و میزان انرژی خروجی در کشت دیم نسبت به کشت آبی بیشتر است که این عامل سبب برتری کشت دیم نسبت به کشت آبی دارد. دلیل این امر می‌تواند میزان بارندگی بالا در استان‌های شمالی کشور باشد و به دنبال آن سهم انرژی آبیاری کاهش می یابد. همچنین در مقایسه دو استان مازندران و گلستان در حالت دیم می‌توان نتیجه گرفت که سهم انرژی ورودی در استان گلستان کمتر از استان مازندران ولی سهم انرژی خروجی در استان مازندران بیشتر از استان گلستان است. دلیل این امر می تواند پراکندگی یکنواخت‌تر و بیشتر بارش در استان مازندران نسبت به استان گلستان بوده و به دنبال آن عملکرد کشت دیم در استان مازندران بیشتر از استان گلستان می‌باشد.

همچنین با توجه به سطح زیر کشت در استان مازندران و گلستان میزان کل انرژی ورودی به ترتیب ۲۰۵٦٦۹/۲٥، ٤۰۸٥۲۰/٤۲ گیگاژول، کل انرژی خروجی به ترتیب ٦۲۹۷٥۲/۲، ۱۲٥٥۰۱٤/۸ گیگاژول برای کشت دیم و کل انرژی ورودی برای کشت آبی به ترتیب ٥٥۳۳٥/۱۲، ۲٦۱٥۱٥/۳۹ گیگاژول، کل انرژی خروجی به ترتیب ۱۳٥۸۳٦/۰۲، ٦۳۰۷۷٥/۲٥ گیگاژول بدست آمد.

جدول ٦- میزان مصرف و تولید انرژی کلزا در روش کشت دیم در استان گلستان.

نوع عملیات کشاورزی	کلزا دیم		
	میزان مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (Gj/ha)	کل انرژی مصرفی در استان
سوخت (L)	۱٤۱	۷/۹۳۹	۱۱۲۷۲۰/۰٦۲
بذرکلزا (kg)	۱۳/٥	۰/۳۳۷	٤۷۹۱/٤۸۷
نیتروژن (kg)	۱٦۰	۹/٦۹٦	۱۳۷٦٥٤/۱۱۲
فسفات (kg)	۱٤۰	۱/٦۷۰	۲۳۷۱۱/۸۲۹
پتاسیم (kg)	۱۲۰	۰/۸۰٤	۱۱٤۱٤/۳۸۸
ریزمغذی (kg)	٤٦	٥/٥۲	۷۸۳٦۷/٤٤۰
علف‌کش (kg)	۲/۲	۰/٥۲٤	۷٤۳۳/٥٤۹
حشره‌کش (kg)	۲/٥	۰/۲۹۷	٤۲۲۳/٦۰۷
کارگر (h)	۱۲	۰/۰۲۲۸	۳۲۳/٦۹۱
آب (m^3)	–	–	–
تراکتور (h)	۷/۱	۰/۳۹۷	٥٦٤۲/۷۱۱
کمباین (h)	٤/٤۲	۱/۳٥٦	۱۹۲٤٥/٦٥۱
گاوآهن (h)	۱/٤٤	۰/۰۲۷	۳۸٤/۳٤۱
دیسک (h)	۰/٥۸	۰/۰۱٤	۲۰۰/۰۹۲
بذرپاش (h)	۰/٥	۰/۰۰٥۳	۷٤/٥۳٤
کودپاش (h)	۰/٦٥	۰/۰۰۷	۹٦/۸۹٤
حمل ونقل (t/km)	۲٥	۰/۱٥۷	۲۲۳٦/۰۲۷
کلزا (kg)	۲۷۹٤	٤۸/٤	٦۸۷۱۳٤/۸
کاه کلزا (kg)	۳۲۰۰	٤۰	٥٦۷۸۸۰
مجموع انرژی ورودی		۲۸/۷۷	٤۰۸٥۲۰/٤۲۱
مجموع انرژی خروجی		۸۸/٤	۱۲٥٥۰۱٤/۸

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های انرژی در جدول ۸ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که نسبت انرژی در حالت کشت دیم نسبت به کشت آبی در دو استان شمالی کشور بالاتر می‌باشد. یکی از دلایل این امر این است که در حالت کشت آبی انرژی مصرفی به منظور پمپاژ آب و کارگر مورد نیاز برای آبیاری لازم می‌باشد که در حالت کشت دیم چنین حالتی وجود ندارد. از طرف دیگر میانگین عملکرد بالای کشت دیم نسبت به کشت آبی در شمال کشور می‌باشد. همچنین با بررسی سایر شاخص های انرژی بدست آمده شامل بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و افزوده خالص انرژی نشان می‌دهند که به طور کل کشت دیم در شمال کشور نسبت به کشت آبی از شرایط بهتر و مناسب‌تری برخوردار است. مقایسه کشت دیم در دو استان مازندران و گلستان نشان می‌دهد که شاخص‌های انرژی در گلستان بالاتر و مناسب‌تر از مازندران است که دلیل این امر مزارع با وسعت بالاتر در استان گلستان و به دنبال آن زمان کارکرد کمتر ماشین‌ها در مزرعه و مصرف کمتر سوخت می‌باشد. نتایج مشابهی برای کشت آبی در دو استان مازندران و گلستان برقرار است و شاخص‌های انرژی در کشت آبی در استان گلستان بالاتر و مناسب‌تر از استان مازندران می‌باشد. نتایج مشابهی در ارتباط با شاخص‌های انرژی در کشت سویا (کاظمی، ۲۰۱٤) و کشت کلزا (فیض‌بخش و باقری، ۱۳۹۳) گزارش شده است.

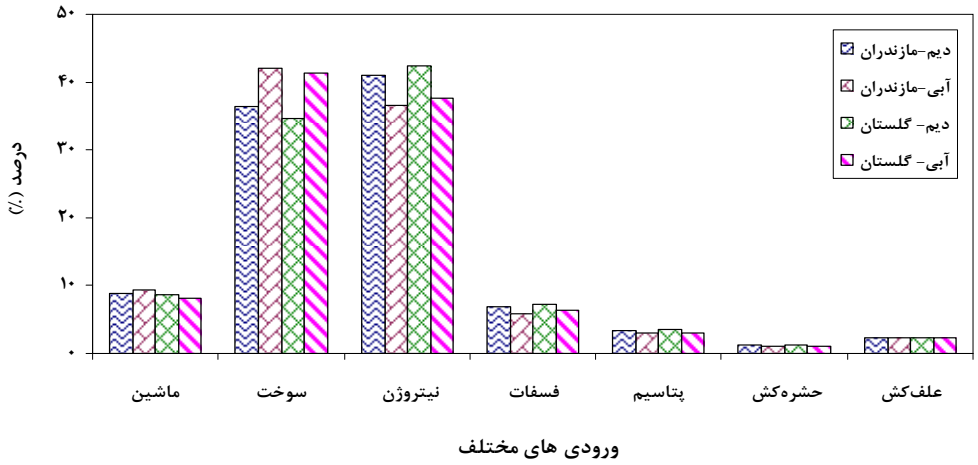
جدول ۷- میزان مصرف و تولید انرژی کلزا در روش کشت آبی در استان گلستان.

نوع عملیات کشاورزی	کلزا آبی		
	میزان مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (Gj/ha)	کل انرژی مصرفی در استان
سوخت (L)	۱۷۸	۷/۹۳۹	۷٦۸٦۷/۷٦۷
بذرکلزا (kg)	۸	۰/۲	۱۵۳۳/۸۰۰
نیتروژن (kg)	۱۵۰	۹/۰۹۰	٦۹۷۱۱/۲۱۰
فسفات (kg)	۱۳۰	۱/۵۵۱	۱۱۸۹۳/۸۵۲
پتاسیم (kg)	۱۱۰	۰/۷۳۷	۵٦۵۲/۰۵۳
ریزمغذی (kg)	٤٦	۰/۵۵۲	٤۲۳۳۲/۸۸۰
علف‌کش (kg)	۲/٤	۰/۵۷۱	٤۳۸۰/۵۳۲
حشره‌کش (kg)	۲/۲	۰/۲٦۱	۲۰۰۷/۷٤٤
کارگر (h)	۱۷	۰/۰۳۲۳	۲٤۷/۷۰۸
آب (m^3)	٦۵۹۰	٤/۱۵۱	۳۱۸۳۹/۳۸۷
تراکتور (h)	۷/۱	۰/۳۹۷	۳۰٤۸/۱۰۵
کمباین (h)	٤/٤۲	۱/۳۵٤	۱۰۳۹٦/۲۰۳
گاوآهن (h)	۱/٤٤	۰/۰۲۷	۲۰۷/٦۱۵
دیسک (h)	۰/۵۸	۰/۰۱٤	۱۰۸/۰۸٦
بذرپاش (h)	۰/۳۸	۰/۰۰٤	۳۰/۵۹۹
کودپاش (h)	۰/٦۲	۰/۰۰٦۵	٤۹/۹۲۵
حمل ونقل (t/km)	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۱۲۰۷/۸٦۷
کلزا (kg)	۱۷۲۳	۳٦	۲۷٦۰۸٤
کاه کلزا (kg)	۳۷۰۰	٤٦/۲۵	۳۵٤٦۹۱/۲۵
مجموع انرژی ورودی		۳٤/۱۰۰	۲٦۱۵۱۵/۳۳۸
مجموع انرژی خروجی		۸۲/۲۵	٦۳۰۷۷۵/۲۵

جدول ۸- متوسط شاخص‌های انرژی در تولید دانه کلزا در شمال ایران

شاخص‌ها	واحد	میانگین			
		دیم (مازندران)	دیم (گلستان)	آبی (مازندران)	آبی (گلستان)
نسبت انرژی	-	۳/۰۶	۳/۰۷	۲/٤٥	۲/٤۱
بهره‌وری انرژی	(kg/MJ)	۰/۰٦۸	۰/۰٦۰	۰/۰٤۳	۰/۰۸۱
انرژی ویژه	(MJ/kg)	۱٤/٦٦	۱٦/٦۹	۲۳/۲٥	۱۲/٤۰
افزوده خالص انرژی	(MJ/ha)	٦۰۸۰۹	٥۹٦۲٥	٤۸۷٥۹	٤۸۱٥۰

شکل ۱ درصد سهم هر یک از ورودی‌های مختلف را در دو استان مازندران و گلستان در کشت دیم و آبی نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۱ پیداست بالاترین سهم مربوط به انرژی سوخت و انرژی کود نیتروژن و پایین‌ترین سهم مربوط به سم حشره‌کش می‌باشد. همچنین در مقایسه دو کشت دیم و آبی می توان به این نتیجه رسید که سهم انرژی ورودی نهاده‌ها در کشت دیم کمتر از کشت آبی است.



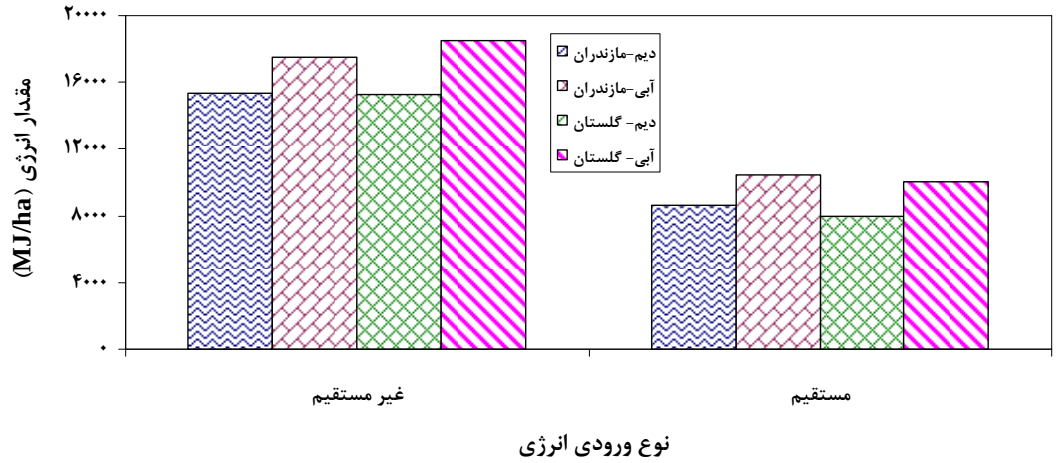
شکل ۱- درصد سهم انرژی ورودی‌های مختلف در دو کشت دیم و آبی در استان‌های شمالی کشور

نتایج در شکل ۲ نشان داد که نسبت انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت دیم به ترتیب ۳٦٪ و ٦٤٪ و در کشت آبی به ترتیب ۳۷٪، ٦۳٪ در استان مازندران بود. همچنین نتایج بدست آمده از کشت کلزا در استان گلستان نشان داد که نسبت انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت دیم به ترتیب ۳٤٪ و ٦٦٪ و در کشت آبی به ترتیب ۳٥٪، ٦٥٪ می‌باشد.

پتانسیل تولید گازهای گلخانه‌ای

جدول‌های ۹ و ۱۰ میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 به‌ازای بکارگیری ادوات، ماشین‌ها، کودها و سموم گوناگون را برای کاشت کلزا در منطقه شمال ایران (مازندران و گلستان) نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که بالاترین سهم تولید CO_2 در دو استان مازندران و گلستان مربوط به سوخت مصرفی و پایین‌ترین سهم تولید این گاز مربوط به تولید ادوات و ماشین‌ها به ازای هر هکتار می‌باشد. همچنین در بخش مربوط به کودهای شیمیایی بالاترین سهم تولید گاز CO_2 مربوط به کود نیتروژن و پایین‌ترین سهم تولید گاز CO_2 مربوط به کود پتاسیم می‌باشد. بررسی جداول ۱۰ و ۱۱ نشان می‌دهد که استفاده از کودهای شیمیایی حدود ۵۰٪ گازهای گلخانه‌ای تولیدی در کشت کلزا را مربوط به خود ساخته است. به نظر می‌رسد میزان مصرف بالای کودهای شیمیایی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی از جمله کلزا به این دلیل باشد که کشاورزان بر این باورند که با مصرف بالاتر این کودها میزان تولید محصول آنها بیشتر شده و این امر نیاز به اصلاح جدی دارد. نتایج مشابهی در تولید گاز CO_2 در تولید

کلزا (فیض بخش و باقری، ۲۰۱۵)، گوجه (*Solanum lycopersicum*) (هتیرلی و اوزکان، ۲۰۰۶) گزارش شد. میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ٤١٧١٥/٠٣ و ٣٩٩٦٨/٦٠ کیلوگرم در هکتار و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ٤٦١٨٠/١١ و ٤٥٠١١/٦١ کیلوگرم بر هکتار محاسبه گردید. با توجه به سطح زیر کشت در استان مازندران و گلستان کل گاز گلخانه‌ای تولیدی CO_2 به ترتیب ٢٩٠٩٢٠/٦٦ ، ٥٦٧٤٣٤/٢٢ تن برای کشت دیم و کل گاز تولیدی CO_2 برای کشت آبی به ترتیب ٧٦٢٤٣/٣٦ ، ٣٤٥١٩٤/٠٨ تن بدست آمد. با بررسی میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در دو استان مازندران و گلستان می‌توان دریافت که با توجه به کوچک بودن مزارع در استان مازندران و زمان کارکرد بیشتر ماشین‌ها جهت عملیات کشت، داشت و برداشت و به دنبال آن مصرف بیشتر سوخت، میزان تولید گاز CO_2 در استان مازندران نسبت به استان گلستان بیشتر می‌باشد. همچنین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در روش دیم به علت مصرف انرژی پایین‌تر، نسبت به کشت آبی کمتر می‌باشد.



شکل ۲- سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در کشت کلزا در دو حالت دیم و آبی

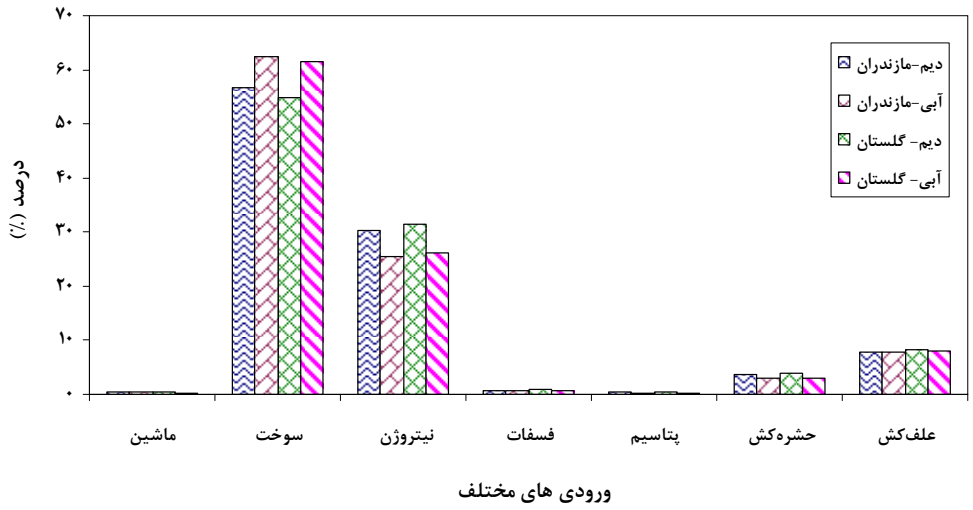
جدول ۹- میزان تولید دی‌اکسید کربن در استان مازندران برای تولید کلزا به تفکیک روش کشت

عنوان	واحد	میزان CO_2 در هر هکتار در کشت دیم(kg)	کل CO_2 تولیدی در کشت دیم (kg)	میزان CO_2 در هر هکتار در کشت آبی (kg)	کل تولید CO_2 تولیدی در کشت آبی (kg)
ماشین ها	GJ	١٤٩/٣٧	١٠٤١٧١٠/٧٢٩	١٦٦/٠٥	٢٧٤١٥٨/٥٨
سوخت	L	٢٣٦٦٢/٠٢	١٦٥٠١٨٩٦٣/٠	٢٨٨٢٩/٥٩	٤٧٥٩٦٥٩/٣٦
نیتروژن	kg	١٢٦٠٤/٨٠	٨٧٩٠٥٨٧٥/٢	١١٨١٧/٠٠	١٩٥٠٩٨٦٧/٠
فسفات	kg	٣٢٢/١١	٢٢٤٦٣٩٥/١٤	٢٨٦/٣٢	٤٧٢٧١٤/٣
پتاسیم	kg	١٦٠/٨٠	١١٢١٤١٩/٢	١٤٧/٤٠	٢٤٣٣٥٧/٤
حشره‌کش	kg	١٥١٧/٢٥	١٠٥٨١٣٠١/٥	١٣٣٥/١٨	٢٢٠٤٣٨٢/٢
علف‌کش	kg	٣٢٩٨/٦٨	٢٣٠٠٤٩٩٤/٣٢	٣٥٩٨/٥٦	٥٩٤١٢٢٢/٥٦

جدول ۱۰- میزان تولید دی‌اکسید کربن در استان گلستان برای تولید کلزا به تفکیک روش کشت

عنوان	واحد	میزان CO_2 در هر هکتار در کشت دیم(kg)	کل CO_2 تولیدی در کشت دیم (kg)	میزان CO_2 در هر هکتار در کشت آبی (kg)	کل CO_2 تولیدی در کشت آبی (kg)
ماشین ها	GJ	۱۳۹/۴۳	۱۹۷۹۴۹۷/۹۷	۱۳۹/۳۲	۱۰۶۸۴۳۶/۶۳
سوخت	L	۲۱۹۱۳/۵۹	۳۱۱۱۰۷۳۷۳/۵	۲۷۶۶۳/۹۷	۲۱۲۱۵۵۰۳۸/۱
نیتروژن	kg	۱۲۶۰۴/۸۰	۱۷۸۹۵۰۳۴۵/۶	۱۱۸۱۷/۰۰	۹۰۶۲۴۵۷۳/۰
فسفات	kg	۳۳۴/۰۴	۴۷۴۲۳۶۵/۸۸	۳۱۰/۱۸	۲۳۷۸۷۷۰/۴۲
پتاسیم	kg	۱۶۰/۸۰	۲۲۸۲۸۷۷/۶	۱۴۷/۴۰	۱۱۳۰۴۱۰/۶
حشره‌کش	kg	۱۵۱۷/۲۵	۲۱۵۴۰۳۹۸/۲۵	۱۳۳۵/۱۸	۱۰۲۳۹۴۹۵/۴۲
علف‌کش	kg	۳۲۹۸/۶۸	۴۶۸۳۱۳۵۹/۹	۳۵۹۸/۵۶	۲۷۵۹۷۳۵۶/۶۴

شکل ۳ سهم هر یک از نهاده‌های ورودی را در تولید گاز CO_2 در کشت کلزا در دو استان مازندران و گلستان در دو حالت کشت دیم و آبی نشان می‌دهد. بالاترین سهم تولید CO_2 به میزان ۶۲/۴۲٪ مربوط به استفاده از سوخت فسیلی در فرآیند تولید کلزا آبی در استان مازندران و پایین‌ترین سهم تولید CO_2 به میزان ۰/۳۱٪ مربوط به تولید کلزای دیم در استان گلستان بود. نتایج مشابهی در کشت ذرت دانه‌ای توسط فیض‌بخش و سلطانی (۱۳۹۲) و در کشت کلزا فیض‌بخش و باقری (۱۳۹۳) گزارش گردید.



شکل ۳- درصد سهم ورودی‌های مختلف در تولید گاز CO_2 در کشت کلزا در استان‌های شمالی کشور

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به بررسی روند انرژی ورودی و خروجی در کشت کلزا در دو حالت دیم و آبی در استان‌های شمالی کشور پرداخت شد و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO_2 حاصل از کشت کلزا در این دو استان برآورد گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که بالاترین سهم مصرف انرژی مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی در ادوات و ماشین‌های مورد استفاده در کشت کلزا بود. مجموع انرژی ورودی در کشت دیم در استان گلستان پایین‌تر از استان مازندران بود در حالی مجموع انرژی خروجی در استان مازندران در کشت دیم بالاتر از استان گلستان بود. همچنین بهره‌وری انرژی و سایر شاخص‌های انرژی نشان داد که کشت دیم در دو استان مازندران و گلستان به علت بارندگی مناسب، بالاتر از کشت آبی بود. نسبت انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت دیم به ترتیب ۳۶٪ و ۶۴٪، در کشت آبی به ترتیب ۳۷٪، ۶۳٪ در استان مازندران و در استان گلستان نسبت انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت

دیم به ترتیب ۳٤٪ و ٦٦٪، در کشت آبی به ترتیب ۳۵٪، ٦۵٪ بدست آمد. با مقایسه میزان تولید CO_2 از مصرف کودهای شیمیایی مختلف در کشت کلزا مشخص گردید که بالاترین و پایین‌ترین سهم تولید گاز CO_2 به ترتیب مربوط به استفاده از کود نیتروژن و کود پتاسیم بود.

منابع

آمار نامه کشاورزی سال زراعی۹۳-۱۳۹۲، وزارت جهاد کشاورزی. ۸۵ صفحه.

حیدرقلی نژادکناری م، حسن‌زاده قورت‌تپه ع، ۱۳۸۲. ارزیابی بیلان انرژی زراعت گندم دیم در استان مازندران. پژوهش و سازندگی، ۱٦ (۱): ٦۳-٦۵.

خجسته پور، م.، ع. طاهری راد و ا. نیکخواه. ۱۳۹٤. ارزیابی چرخهٔ حیات تولید پنبه در استان گلستان مبتنی بر تولید زیست توده، انرژی، و کسب درآمد. مهندسی بیوسیستم ایران. جلد ٤٦، شماره ۲: ۹۵-۱۰٤.

دستان، س.، ا. سلطانی، ق. نورمحمدی و ح. مدنی. ۱۳۹۳. انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری. بوم شناسی کشاورزی. جلد ٦، شماره ٤: ۸۲۳-۸۳۵.

دهشیری، ع. ۱۳۷۸. کلزا. انتشارات دفتر تولید وبرنامه های ترویجی و انتشارات فنی معاونت ترویج. ٦٤ صفحه.

رجبی، م. ح.، ا. سلطانی، ا. زینلی و ا. سلطانی. ۱۳۹۱. ارزیابی انتشار گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن در تولید گندم در گرگان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۵، شماره ۳: ۲۳-٤٤.

روحانی‌نژاد، م. ح.، ا. جوادی و م. شیرالی نژاد. ۱۳۹۰. بررسی سیر مصرف انرژی در تولید کلزا در شهرستان شوشتر. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران.

شیرالی نژاد، م و ر. مقدسی. ۱۳۸۹. بررسی سطح بهینه مزرعه در توجیه اقتصادی مالکیت ماشین های کشاورزی. مطالعه موردی شهرستان شوشتر. مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). ۱۲ صفحه.

عالی‌مقام، م.، ا. سلطانی و ا. زینلی. ۱۳۹۳. مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از هر یک از عملیات زراعی در تولید سویا. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد ۷، شماره ۱: ۱-۲۳.

فیض‌بخش، م. ت.، و م. باقری. ۱۳۹۳. بررسی شاخصهای انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید کلزا در گرگان، پژوهشنامه گیاهان دانه روغنی ایران. جلد ۳، شماره ۲: ۳۳-٤٦.

فیض‌بخش، م. ت.، و ا. سلطانی. ۱۳۹۲. جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه ای (شهرستان گرگان). جلد ٦، شماره ۳: ۸۹-۱۰۷.

کاظمی، ح. ۱۳۹۳. ارزیابی جریان انرژی در مزارع سویا در استان گلستان. پژوهشنامه گیاهان دانه روغنی ایران. جلد ۳، شماره ۱: ۱۳-۲۷.

کوچکی، ع. ۱۳۷۳. کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۹ صفحه.

مختارپور، ح.، ر. به‌مرام و س. زیادلو. ۱۳۸۱. راهنمای کشاورزی در استان گلستان، انتشارات نوروزی. ۱۳۲ صفحه.

ملائی، ک.، و ص. افضل نیا. ۱۳۹۱. تعیین شاخص‌های انرژی در تولید گندم و کلزا در کشت و صنعت دشت نمدان اقلید. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ٤، شماره ۱: ۲٦-۳٦.

نصریان، ن.، م. الماسی، س. مینایی، و ح. باخدا. ۱۳۸٤. مطالعه جریان انرژی در تولید نیشکر در واحد کشت و صنعت در جنوب اهواز، چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

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

Banaeian, N., M. Omid and H. Ahmadi. 2011. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conv. Manag., 52(2): 1020-1025.

Canakci, M., M. Topakci, I. Akinci and A. Ozmerzi. 2005. Energy Use Pattern of Some Field Crops and Vegetable Production: Case Study for Antalya Regions Turkey. Energy Conv. Manag., 46: 366-655.

Dyer, J.A., and R.L. Desjardins. 2006. Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. Biosys. Eng., 93(1): 107-18.

Dyer, J.A., and R.L. Desjardins. 2003. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. Biosys. Eng., 85(4): 503-13.
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.
Hatirli, S.A., and B. Ozkan. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renew. Energy, 31: 427-438.
Heidari, M.D., and M. Omid. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy, 36: 220-225.
Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, H. Mousazadeh and M.A. Rajaeifar. 2014. Application of artificial neural networks for prediction of output energy and GHG emissions in potato production in Iran. Agri. Sys., 123: 120-127.
Khoshnevisan, B., S. Rafiee, M. Omid, M. Yousefi and M. Movahedi. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy, 52: 333-338.
Kitani, O. 1999. Energy and biomass engineering in: St. Joseph, M.A. (Ed.). CIGR Handbook Agri. Eng. p. 330.
Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. Env. Int. 30(7): 981-90.
Mandal, K.G., K.P. Saha, P.K. Ghosh, K.M. Hati and K.K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biom. Bioe., 23: 337-345.
Mirhaji, H., M. Khojastehpour and M.H. Abaspour-fard. 2013. Environmental effects of wheat production in the Marvdasht region. J. Natural Env., 66(2): 223-232.
Mobtaker, H.G., A. Keyhani, A. Mohammadi, S. Rafiee and A. Akram. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production. Agri. Eco. Env., 137: 367-372.
Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari, A. Mohammadi. 2011b. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. Energy, 36(5): 2765-2772.
Mousavi-Avval, S.H., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi. 2011a. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. J. Clean. Prod., 19 (13):1464-1470.
Ovtit-Canavate, J., and J. L. Hernanz. 1999. Energy analysis and saving. In CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Energy and Biomass Engineering. ASAE Publication, MI., p. 13-23.
Rajaeifar, M.A., A. Akram, B. Ghobadian, S. Rafiee and M.D. Heidari. 2014. Energy-economic life cycle assessment (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran. Energy, 66: 139-149.
Rathke, G.W., B.J. Wienhold, W.W. Wilhelm and W. Diepenbrock. 2007. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. Soil Till. Res., 97: 60-70.
Tzilivakis, J., D.J. Warner, M. May, K.A. Lewis and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agri. Sys., 85: 101-119.
Unakitan, G., H. Hurm and F. Yilmaz. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy, 35 (9): 3623-3627.
Venturi, P. and G. Venturi. 2003. Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems. Biom. Bioe., 25: 235-255.

Comparison of energy indices and CO_2 greenhouse gas emission in irrigated and rainfed canola in northern region of Iran

A. Motevali[1], S. Yasour [1]

Received: 2016-10-23 Accepted: 2016-12-22

Abstract

Energy consumption and global warming and followed by climate change that has been noticed a lot of research. This study investigates the energy consumption and CO_2 greenhouse gas emissions in production of irrigated and rainfed canola (*Brassica napus*) in northern region of Iran and and output energy indices were estimated. Data were collected from 136 farmers in Mazandaran and Golestan provinces by random sampling method in years 2016. The results of the study showed that input energy in rainfed farming in Mazandaran and Golestan were 29.49 and 28.77 GJ/h and input energy in irrigated farming in Mazandaran and Golestan was 33.52 and 34.10 GJ/ha was calculated. The energy output was calculated in raidfed farming in Mazandaran and Golestan were 88.4 and 90.3 GJ/h and output energy in irrigated Farming in Mazandaran and Golestan were 82.27 and 82.25 GJ/ha. The highest and lowest value of energy ratio was obtained in production of canola 3.07 and 2.41 in rainfed and irrigated in Golestan province, respectively. Also the rate of production CO_2 greenhouse gas was calculated in rainfed farming in Mazandaran and Golestan were 41715.04 kg/ha and 39968.60 kg/ha and reat of production CO_2 greenhouse gas in irrigated farming in Mazandaran and Golestan were 46180.11 and 45011.62 kg/ha. Due to higher energy index in rainfed cultivation than irrigated in north of iran, it is recommended that canola cultivation done rainfed form.

Keywords: Energy analyses, greenhouse gas, rainfed and irrigated cultivation, global warming

1- Department of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran