



## مقایسه روند شاخص‌های انرژی و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در تولید کلزای آبی و دیم در شمال ایران

علی متولی<sup>۱</sup>، صالح یاسور<sup>۲</sup>

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<sub>2</sub> 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 ۱۳۶ 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 ۲۹/۴۹ و ۲۸/۷۷ گیگاژول در هکتار و انرژی ورودی در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۳۳/۵۲ و ۳۴/۱۰ گیگاژول بر هکتار محاسبه گردید. میزان انرژی خروجی در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۹۰/۳ و ۸۸/۴ 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، ۲/۴۱ به ترتیب در کشت دیم و آبی در استان گلستان بدست آمد. همچنین میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۴۱۷۱۵/۰۴ و ۳۹۹۶۸/۶۰ کیلوگرم در هکتار و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۴۶۱۸۰/۱۱ و ۴۵۰۱۱/۶۲ 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<sub>2</sub> در تولید کلزای آبی و دیم در شمال ایران. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۶: 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 ویژگی های 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 طرح های افزایش تولید دانه های روغنی محسوب می گردد (دهشیری، ۱۳۷۸).

در کنار تولید محصولات مختلف کشاورزی، نقش انرژی در توسعه و کارایی این بخش بسیار مهم است. در سالهای گذشته مصرف انرژی، به ویژه سوخت های فسیلی و کودهای شیمیایی در کشاورزی افزایش چشم گیری 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 زمین های 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 اکوسیستم ها به ویژه اکوسیستم هایی که توسط انسان اداره می شوند از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا انرژی در حقیقت ارز رایج یک اکوسیستم را تشکیل می دهد (شیرالی نژاد و مقدسی، ۱۳۸۹).

با توجه به بحران انرژی در جهان و انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از مصرف بی رویه سوخت های فسیلی، تمام تلاش ها 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 کرده اند نظام های کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (نصریان و همکاران، ۲۰۰۶).

امروزه هزینه های تولید محصولات زراعی به سرعت در حال افزایش است و این در حالی است که درآمد کشاورزان همچنان در سطح پائین قرار دارد و هزینه های تولید در حال افزایش می باشد (راتکه و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج پژوهش ها نشان می دهد که روند مصرف انرژی در فرآیند تولید کلزا در جنوب کشور به طور متوسط ۱۲۰۶ مگاژول در هکتار انرژی ماشین ها و ادوات کشاورزی، ۶۲۶۲/۵ مگاژول در هکتار انرژی سوخت دیزل، ۱۳۳۳/۲ مگاژول در هکتار انرژی آبیاری (غیرمستقیم)، ۴۴۸۴/۶ مگاژول در هکتار انرژی آبیاری (الکتریسته)، 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 می باشد (روحانی نژاد و همکاران، ۲۰۱۳).

در پژوهشی دیگر شاخص های 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 ۱/۷۶ و کارایی مصرف انرژی برای تولید دانه و کاه به ترتیب ۶/۲۳ و ۱/۷۶ بدست آمد (مولایی و افضل نیا، ۲۰۱۲).

بررسی شاخص های 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 بهره برداری 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 سامانه های تولید کشاورزی دارای مزایای زیادی می باشد و پژوهشگران زیادی جهت بررسی تولید محصولات کشاورزی از جمله کلزا (موسوی اول و همکاران، ۲۰۱۱ و a و b)، گندم (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۳)، زیتون (*Olea europaea*) (رجایی فر و همکاران، ۲۰۱۴)، سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) (خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۴)، سویا (*Glycine max*) (مندال و همکاران، ۲۰۰۲)، نیشکر (*Saccharum Officinarum*) (اردال و همکاران، ۲۰۰۷) و ... در ارتباط با انرژی ورودی و تولید گازهای گلخانه ای را مورد بررسی قرار دادند.

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

در رابطه‌های بالا  $n$  حجم نمونه،  $t$ : ۱/۹۶ (سطح اطمینان ۹۵٪)،  $N$ : حجم جامعه،  $d$ : دقت احتمالی مطلوب،  $S$ : انحراف معیار جامعه می‌باشد. با توجه به روابط بالا حجم نمونه ۱۳۶ به-دست 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، فسفات، پتاس و ریز مغذی‌ها. همچنین به منظور کشت کلزا در شمال کشور از تراکتور، گاو آهن برگرداندار، دیسک، پذیرپاش، 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، ملاتی و افضل نیا، ۱۳۹۱):

$$ME = \frac{M \cdot E}{T \cdot C_a} \quad (3)$$

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 ۲۰۱۴).

در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای است. مهم ترین گازهای گلخانه‌ای شامل دی اکسید کربن ( $CO_2$ )، اکسید نیتروژن ( $N_2O$ ) و متان ( $CH_4$ ) می باشد (داستان و همکاران، ۲۰۱۴). 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 ۹۴ در محدوده 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).

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

$$d = \frac{e \times n}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

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

منبع	هم‌ارز انرژی (MJ/unit)	واحد	نوع عملیات کشاورزی
(مبتکر و همکاران، ۲۰۱۰)	۵۶۳۱	L	سوخت
(وتوری و وتوری، ۲۰۰۳)	۲۵	kg	بذر کلزا
(آکواز و همکاران، ۲۰۰۹)	۶۰/۶	kg	نیترژن
(آکواز و همکاران، ۲۰۰۹)	۱۱/۹۳	kg	فسفات
(آکواز و همکاران، ۲۰۰۹)	۶/۷	kg	پتاسیم
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۱۲۰	kg	ریز مغذی
(تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵)	۲۳۸	kg	علف‌کش
(تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵)	۱۱۹	kg	حشره‌کش
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۱/۹	h	کارگر
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۰/۶۳	m <sup>3</sup>	آب
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۵۵/۹۸	h	تراکتور
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۳۰/۶۷	h	کمباین
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۱۸/۸	h	گاواهن
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۲۴/۳	h	دیسک
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۱۰/۵	h	بذرپاش
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۱۰/۵	h	کودپاش
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۶/۳	t/km	حمل و نقل
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۲۵	kg	کلزا
(ملائنی و افضل‌نیا، ۱۳۹۱)	۱۲/۵	kg	کاه کلزا

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 زراعی ۹۳-۹۲).

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 برآورد

جدول ۲- سطح زیر کشت کلزا در استان‌های شمالی

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

خوشنویسان و همکاران، ۲۰۱۳). نسبت انرژی (بدون بعد): نسبت بین کل انرژی خروجی به مجموع کل انرژی ورودی در تولید محصول (کلزا) می‌باشد.

شاخص‌های انرژی محاسبه شده در این پژوهش عبارتند از: (مولایی و افضل‌نیا، ۲۰۱۲، آناتکین و همکاران، ۲۰۱۰،

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<sub>2</sub>

به منظور ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی از معادل گاز CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>، N<sub>2</sub>O و CH<sub>4</sub> به ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO<sub>2</sub> در جدول ۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO<sub>2</sub> محاسبه می‌گردند (میرحاجی و همکاران، ۲۰۱۳).

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (4)$$

در رابطه بالا ER: نسبت انرژی، E<sub>out</sub>: مقدار انرژی خروجی (MJ/ha) و E<sub>in</sub>: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد. انرژی خالص (MJ): تفاضل بین انرژی تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید می‌باشد.

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (5)$$

در رابطه بالا NEG: افزوده خالص انرژی (MJ/ha)، E<sub>out</sub>: مقدار انرژی خروجی (MJ/ha) و E<sub>in</sub>: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

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

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (6)$$

در رابطه بالا EP: بهره‌وری انرژی (kg/MJ)، Y: عملکرد محصول (kg/ha) و E<sub>in</sub>: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

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

$$EI = \frac{E_{in}}{Y} \quad (7)$$

در رابطه بالا EI: شدت انرژی (MJ/kg)، Y: عملکرد محصول (kg/ha) و E<sub>in</sub>: مقدار انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

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

عنوان	واحد	میزان تولید CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> .Unite <sup>-1</sup> )	منبع
ماشین‌ها	MJ	۰/۰۷۱	(دایر و دسجاردینز، ۲۰۰۶)
سوخت	L	۲/۷۶	(دایر و دسجاردینز، ۲۰۰۳)
نیتروژن	kg	۱/۳	(لال، ۲۰۰۴)
فسفات	kg	۰/۲	(لال، ۲۰۰۴)
پتاسیم	kg	۰/۲	(لال، ۲۰۰۴)
حشره کش	kg	۵/۱	(لال، ۲۰۰۴)
علف‌کش	kg	۶/۳	(لال، ۲۰۰۴)

### نتایج و بحث

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

نتایج میانگین داده‌های بدست آمده مربوط به استان مازندران در جدول‌های ۴ و ۵ و استان گلستان در جدول‌های ۶ 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 ۴، ۵، ۶ و ۷ می‌توان

جدول های ۵ و ۶ مشخص می شود که میزان مصرف سوخت در استان مازندران بالاتر از استان گلستان می باشد که دلیل این امر را می توان به کوچک بودن مزارع کاشت کلزا در استان مازندران نسبت به استان گلستان دانست.

مصرفی توسط ماشین ها و ادوات به کار گرفته شده افزایش می یابد. البته در کنار سهم بالای مکانیزاسیون در کشت کلزا، باید نقش فرسوده و کهنه بودن ادوات و ماشین ها را نیز در نظر گرفت که خود این امر نیز نقش مهمی در مصرف بالای سوخت دارد. از طرف دیگر با بررسی جدول های ۳ و ۴ و مقایسه آن با

جدول ۴- میزان مصرف و تولید انرژی کلزا در روش کشت دیم در استان مازندران.

کلزا دیم			نوع عملیات کشاورزی
کل انرژی مصرفی در استان	انرژی معادل (Gj/ha)	میزان مصرف (Unit/ha)	
۵۹۷۸۸/۴۷۹	۸/۵۷۳	۱۵۲/۲۵	سوخت (L)
۲۳۵۳/۷۲۵	۰/۳۳۷	۱۳/۵	بذر کلزا (kg)
۶۷۶۱۹/۹۰۴	۹/۶۹۶	۱۶۰	نیترژن (kg)
۱۱۲۳۱/۹۷۵	۱/۶۱۱	۱۳۵	فسفات (kg)
۵۶۰۷/۰۹۶	۰/۸۰۴	۱۲۰	پتاسیم (kg)
۳۸۴۹۶/۴۸	۵/۵۲۰	۴۶	ریزمغذی (kg)
۳۶۵۱/۵۸۶	۰/۵۲۴	۲/۲	علف کش (kg)
۲۰۷۴/۷۶	۰/۲۹۷	۲/۵	حشره کش (kg)
۱۷۲/۲۵۷	۰/۰۲۵	۱۳	کارگر (h)
-	-	-	آب (m <sup>3</sup> )
۲۹۶۷/۰۸	۰/۴۲۵	۷/۶	تراکتور (h)
۱۰۲۰۲/۶۸	۱/۴۶۳	۴/۷۷	کمباین (h)
۲۰۳/۲۲۲	۰/۰۲۹	۱/۵۵	گاواهن (h)
۱۰۵/۴۰۹	۰/۰۱۵	۰/۶۲۲	دیسک (h)
۴۰/۲۷۴	۰/۰۰۶	۰/۵۵	بذرپاش (h)
۵۴/۹۲۰	۰/۰۰۸	۰/۷۵	کودپاش (h)
۱۰۹۸/۴۰۵	۰/۱۵۷	۲۵	حمل و نقل (t/km)
۳۵۰۷۹۲/۲	۵۰/۳	۲۰۱۲	کلزا (kg)
۲۷۸۹۶۰	۴۰	۳۲۰۰	کاه کلزا (kg)
۲۰۵۷۳۰/۲۱	۲۹/۴۹		مجموع انرژی ورودی
۶۲۹۷۵۲/۲	۹۰/۳		مجموع انرژی خروجی

افزایش دهد. از آنجا که تراکتورهای مورد استفاده در منطقه شمال کشور MF399 و MF285 می باشد و با توجه به نتایج پژوهش های شیرالی نژاد و مقدسی (۱۳۸۹) که سطوح بهینه برای تراکتورهای فوق سطوح بالای ۲۰ هکتار بدست آوردند و از طرفی سطوح زیر کشت به ویژه در استان مازندران زیر ۲۰ هکتار

کوچک بودن مزارع عملیات کشاورزی را با دشواری بیشتری مواجه کرده و زمان عملیات های کشاورزی را بیشتر کرده و به دنبال آن مصرف سوخت و ساعات کارکرد ماشین های مختلف افزایش می یابد. از طرف دیگر استفاده از تراکتورهای بزرگ در مزارع کوچک می تواند مصرف انرژی را در این مزارع

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 و ساختاری 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.

قرار دارد، در نتیجه 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

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

کلزا آبی		میزان مصرف (Unit/ha)	نوع عملیات کشاورزی
کل انرژی مصرفی در استان	انرژی معادل (Gj/ha)		
۱۷۲۴۵/۵۲۹	۱۰/۴۴۵	۱۸۵/۵	سوخت (L)
۳۳۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۸	بذر کلزا (kg)
۱۵۰۰۷/۵۹	۹/۰۹۰	۱۵۰	نیتروژن (kg)
۲۳۶۳/۵۷۱	۱/۴۳۲	۱۲۰	فسفات (kg)
۱۲۱۶/۷۸۷	۰/۷۳۷	۱۱۰	پتاسیم (kg)
۹۱۱۳/۵۲۰	۵/۵۲	۴۶	ریزمغذی (kg)
۹۴۳/۰۵۱	۰/۵۶۸	۲/۴	علف‌کش (kg)
۴۳۲/۲۳۱	۰/۲۳۸	۲/۲	حشره‌کش (kg)
۴۷/۰۵۳	۰/۰۰۲۸	۱۵	کارگر (h)
۴۷۷۴/۱۹۷	۲/۸۹۲	۴۵۹۰	آب (m <sup>3</sup> )
۷۰۲/۴۰۴	۰/۴۲۵	۷/۶	تراکتور (h)
۲۷۹۵/۱۱۶	۱/۶۹۲	۵/۵۲	کمباین (h)
۵۵/۸۶۹	۰/۰۳۴	۱/۸	گاوآهن (h)
۲۸/۸۸۵	۰/۰۱۷	۰/۷۲	دیسک (h)
۶/۹۳۴	۰/۰۰۴۲	۰/۴	بذرپاش (h)
۱۲/۱۳۴	۰/۰۰۷۳	۰/۷	کودپاش (h)
۲۶۰/۰۳۲	۰/۱۵۷	۲۵	حمل و نقل (t/km)
۵۹۴۷۷/۲۷۵	۳۶/۰۲۵	۱۴۴۱	کلزا (kg)
۷۶۳۵۸/۷۵	۴۶/۲۵	۳۷۰۰	کاه کلزا (kg)
۵۵۳۱۸/۰۷	۳۳/۵۲		مجموع انرژی ورودی
۱۳۵۸۳۶/۰۲۵	۸۲/۲۷۵		مجموع انرژی خروجی

باشد که دلیل این امر می‌تواند میانگین بالاتر بارندگی در استان مازندران باشد و همین امر میزان آبیاری در طول فصل رشد را

همچنین با مقایسه جداول ۵ و ۷ مشخص می‌گردد که میزان آبیاری کلزا در استان گلستان بیشتر از استان مازندران می

استان مازندران بیشتر از استان گلستان است. دلیل این امر می تواند پراکندگی یکنواخت تر 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 می باشد.

همچنین با توجه به سطح زیر کشت در استان مازندران و گلستان میزان کل انرژی ورودی به ترتیب ۲۰۵۶۶۹/۲۵، ۴۰۸۵۲۰/۴۲ گیگاژول، کل انرژی خروجی به ترتیب ۶۲۹۷۵۲/۲، ۱۲۵۵۰۱۴/۸ گیگاژول برای کشت دیم و کل انرژی ورودی برای کشت آبی به ترتیب ۵۵۳۳۵/۱۲، ۲۶۱۵۱۵/۳۹ گیگاژول، کل انرژی خروجی به ترتیب ۱۳۵۸۳۷/۰۲، ۶۳۰۷۷۵/۲۵ گیگاژول بدست آمد.

در استان مازندران کاهش می دهد. نتایج مشابهی توسط خجسته پور و همکاران (۱۳۹۴) در کشت پنبه گزارش شده است. بررسی جدول های ۴، ۵، ۶ و ۷ نشان می دهد که در استان های 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 می تواند میزان بارندگی بالا در استان های شمالی کشور باشد و به دنبال آن سهم انرژی آبیاری کاهش می یابد. همچنین در مقایسه دو استان مازندران و گلستان در حالت دیم می توان نتیجه گرفت که سهم انرژی ورودی در استان گلستان کمتر از استان مازندران ولی سهم انرژی خروجی در

جدول ۶- میزان مصرف و تولید انرژی کلزا در روش کشت دیم در استان گلستان.

کلزا دیم			
نوع عملیات کشاورزی	میزان مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (Gj/ha)	کل انرژی مصرفی در استان
سوخت (L)	۱۴۱	۷/۹۳۹	۱۱۲۷۲۰/۰۶۲
بذرکلزا (kg)	۱۳/۵	۰/۳۳۷	۴۷۹۱/۴۸۷
نیترژن (kg)	۱۶۰	۹/۶۹۶	۱۳۷۶۵۴/۱۱۲
فسفات (kg)	۱۴۰	۱/۶۷۰	۲۳۷۱۱/۸۲۹
پتاسیم (kg)	۱۲۰	۰/۸۰۴	۱۱۴۱۴/۳۸۸
ریزمغذی (kg)	۴۶	۵/۵۲	۷۸۳۶۷/۴۴۰
علف کش (kg)	۲/۲	۰/۵۲۴	۷۴۳۳/۵۴۹
حشره کش (kg)	۲/۵	۰/۲۹۷	۴۲۲۳/۶۰۷
کارگر (h)	۱۲	۰/۰۲۲۸	۳۲۳/۶۹۱
آب (m <sup>3</sup> )	-	-	-
تراکتور (h)	۷/۱	۰/۳۹۷	۵۶۴۲/۷۱۱
کمباین (h)	۴/۴۲	۱/۳۵۶	۱۹۲۴۵/۶۵۱
گاواهن (h)	۱/۴۴	۰/۰۲۷	۳۸۴/۳۴۱
دیسک (h)	۰/۵۸	۰/۰۱۴	۲۰۰/۰۹۲
بذرپاش (h)	۰/۵	۰/۰۰۵۳	۷۴/۵۳۴
کودپاش (h)	۰/۶۵	۰/۰۰۷	۹۶/۸۹۴
حمل و نقل (t/km)	۲۵	۰/۱۵۷	۲۲۳۶/۰۲۷
کلزا (kg)	۲۷۹۴	۴۸/۴	۶۸۷۱۳۴/۸
کاه کلزا (kg)	۳۲۰۰	۴۰	۵۶۷۸۸۰
مجموع انرژی ورودی		۲۸/۷۷	۴۰۸۵۲۰/۴۲۱
مجموع انرژی خروجی		۸۸/۴	۱۲۵۵۰۱۴/۸



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، ۲۰۱۴) و کشت کلزا (فیض‌بخش و باقری، ۱۳۹۳) گزارش شده است.

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 شاخص‌های 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

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

کلزا آبی			
نوع عملیات کشاورزی	میزان مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (Gj/ha)	کل انرژی مصرفی در استان
سوخت (L)	۱۷۸	۷/۹۳۹	۷۶۸۶۷/۷۶۷
بذر کلزا (kg)	۸	۰/۲	۱۵۳۳/۸۰۰
نیترژن (kg)	۱۵۰	۹/۰۹۰	۶۹۷۱۱/۲۱۰
فسفات (kg)	۱۳۰	۱/۵۵۱	۱۱۸۹۳/۸۵۲
پتاسیم (kg)	۱۱۰	۰/۷۳۷	۵۶۵۲/۰۵۳
ریزمغذی (kg)	۴۶	۰/۵۵۲	۴۲۳۳۲/۸۸۰
علف‌کش (kg)	۲/۴	۰/۵۷۱	۴۳۸۰/۵۳۲
حشره‌کش (kg)	۲/۲	۰/۲۶۱	۲۰۰۷/۷۴۴
کارگر (h)	۱۷	۰/۳۲۳	۲۴۷/۷۰۸
آب (m <sup>3</sup> )	۶۵۹۰	۴/۱۵۱	۳۱۸۳۹/۳۸۷
تراکتور (h)	۷/۱	۰/۳۹۷	۳۰۴۸/۱۰۵
کمباین (h)	۴/۴۲	۱/۳۵۴	۱۰۳۹۶/۲۰۳
گاواهن (h)	۱/۴۴	۰/۰۲۷	۲۰۷/۶۱۵
دیسک (h)	۰/۵۸	۰/۰۱۴	۱۰۸/۰۸۶
بذرپاش (h)	۰/۳۸	۰/۰۰۴	۳۰/۵۹۹
کودپاش (h)	۰/۶۲	۰/۰۰۶۵	۴۹/۹۲۵
حمل و نقل (t/km)	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۱۲۰۷/۸۶۷
کلزا (kg)	۱۷۲۳	۳۶	۲۷۶۰۸۴
کاه کلزا (kg)	۳۷۰۰	۴۶/۲۵	۳۵۴۶۹۱/۲۵
مجموع انرژی ورودی		۳۴/۱۰۰	۲۶۱۵۱۵/۳۳۸
مجموع انرژی خروجی		۸۲/۲۵	۶۳۰۷۷۵/۲۵

جدول ۸- متوسط شاخص های انرژی در تولید دانه کلزا در شمال ایران

شاخص ها	واحد	میانگین		
		دیم (مازندران)	دیم (گلستان)	آبی (مازندران)
نسبت انرژی	-	۳/۰۶	۳/۰۷	۲/۴۱
بهره‌وری انرژی	(kg/MJ)	۰/۰۶۸	۰/۰۶۰	۰/۰۸۱
انرژی ویژه	(MJ/kg)	۱۴/۶۶	۱۶/۶۹	۱۲/۴۰
افزوده خالص انرژی	(MJ/ha)	۶۰۸۰۹	۵۹۶۲۵	۴۸۱۵۰

حشره‌کش می‌باشد. همچنین در مقایسه دو کشت دیم و آبی می‌توان به این نتیجه رسید که سهم انرژی ورودی نهاده‌ها در کشت دیم کمتر از کشت آبی است.

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



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

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<sub>2</sub> مربوط به کود نیتروژن و پایین‌ترین سهم تولید گاز CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> در تولید

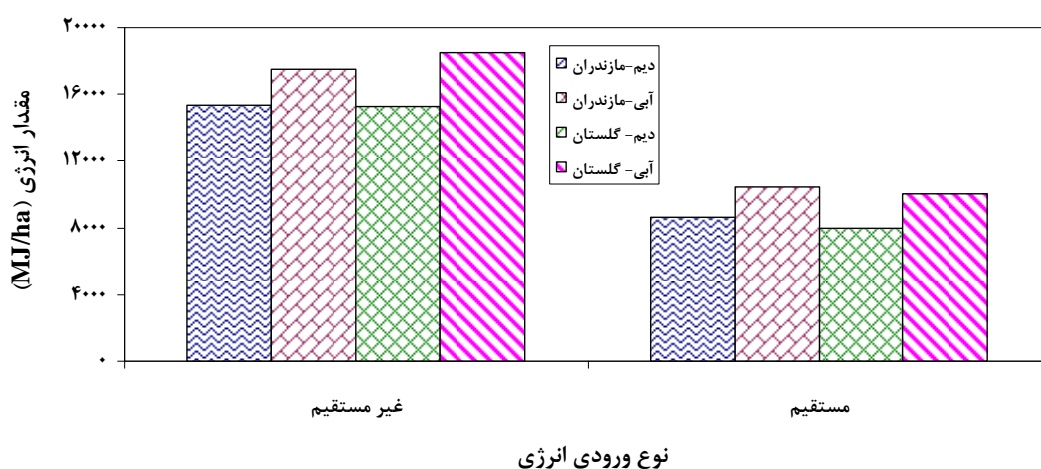
نتایج در شکل ۲ نشان داد که نسبت انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت دیم به ترتیب ۳۶٪ و ۶۴٪ و در کشت آبی به ترتیب ۲۷٪، ۶۳٪ در استان مازندران بود. همچنین نتایج بدست آمده از کشت کلزا در استان گلستان نشان داد که نسبت انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشت دیم به ترتیب ۳۴٪ و ۶۶٪ و در کشت آبی به ترتیب ۳۵٪، ۶۵٪ می‌باشد.

#### پتانسیل تولید گازهای گلخانه‌ای

جدول‌های ۹ و ۱۰ میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> به ازای 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<sub>2</sub> در دو

تولیدی CO<sub>2</sub> برای کشت آبی به ترتیب ۷۶۲۴۳/۳۶، ۳۴۵۱۹۴/۰۸ 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<sub>2</sub> 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.

کلزا (فیض بخش و باقری، ۲۰۱۵)، گوجه ( *Solanum lycopersicum*) (هتیرلی و اوزکان، ۲۰۰۶) گزارش شد. میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در کشت دیم در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۴۱۷۱۵/۰۳ و ۳۹۹۶۸/۶۰ کیلوگرم در هکتار و میزان تولید گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در کشت آبی در مازندران و گلستان به ترتیب به میزان ۴۶۱۸۰/۱۱ و ۴۵۰۱۱/۶۱ کیلوگرم بر هکتار محاسبه گردید. با توجه به سطح زیر کشت در استان مازندران و گلستان کل گاز گلخانه‌ای تولیدی CO<sub>2</sub> به ترتیب ۲۹۰۹۲۰/۶۶، ۵۶۷۴۳۴/۲۲ تن برای کشت دیم و کل گاز



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

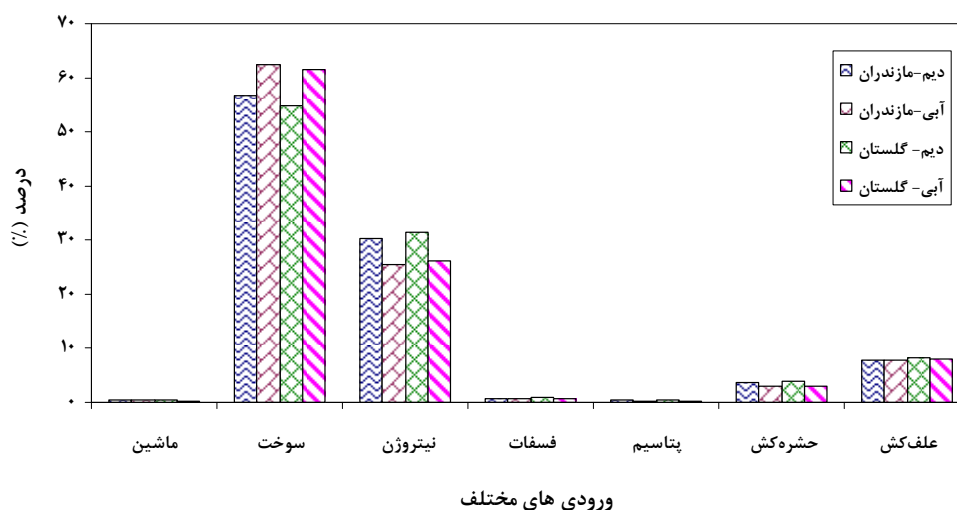
عنوان	واحد	میزان CO <sub>2</sub> در هر هکتار در کشت دیم (kg)	کل CO <sub>2</sub> تولیدی در کشت دیم (kg)	میزان CO <sub>2</sub> در هر هکتار در کشت آبی (kg)	کل تولید CO <sub>2</sub> تولیدی در کشت آبی (kg)
ماشین‌ها	GJ	۱۴۹/۳۷	۱۰۴۱۷۱۰/۷۲۹	۱۶۶/۰۵	۲۷۴۱۵۸/۵۸
سوخت	L	۲۳۶۶۲/۰۲	۱۶۵۰۱۸۹۶۳/۰	۲۸۸۲۹/۵۹	۴۷۵۹۶۵۹/۳۶
نیروژن	kg	۱۲۶۰۴/۸۰	۸۷۹۰۵۸۷۵/۲	۱۱۸۱۷/۰۰	۱۹۵۰۹۸۶۷/۰
فسفات	kg	۳۲۲/۱۱	۲۲۴۶۳۹۵/۱۴	۲۸۶/۳۲	۴۷۲۷۱۴/۳
پتاسیم	kg	۱۶۰/۸۰	۱۱۲۱۴۱۹/۲	۱۴۷/۴۰	۲۴۳۳۵۷/۴
حشره‌کش	kg	۱۵۱۷/۲۵	۱۰۵۸۱۳۰/۱/۵	۱۳۳۵/۱۸	۲۲۰۴۳۸۲/۲
علف‌کش	kg	۳۲۹۸/۶۸	۲۳۰۰۴۹۹۴/۳۲	۳۵۹۸/۵۶	۵۹۴۱۲۲۲/۵۶

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

عنوان	واحد	میزان CO <sub>2</sub> در هر هکتار در کشت دیم (kg)	کل CO <sub>2</sub> تولیدی در کشت دیم (kg)	میزان CO <sub>2</sub> در هر هکتار در کشت آبی (kg)	کل CO <sub>2</sub> 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
نیترژن	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
حشره کش	kg	۱۵۱۷/۲۵	۲۱۵۴۰۳۹۸/۲۵	۱۳۳۵/۱۸	۱۰۲۳۹۴۹۵/۴۲
علف کش	kg	۳۲۹۸/۶۸	۴۶۸۳۱۳۵۹/۹	۳۵۹۸/۵۶	۲۷۵۹۷۳۵۶/۶۴

به میزان ۰/۳۱٪ مربوط به تولید کلزای دیم در استان گلستان بود. نتایج مشابهی در کشت ذرت دانه ای توسط فیض بخش و سلطانی (۱۳۹۲) و در کشت کلزا فیض بخش و باقری (۱۳۹۳) گزارش گردید.

شکل ۳ سهم هر یک از نهاده های ورودی را در تولید گاز CO<sub>2</sub> در کشت کلزا در دو استان مازندران و گلستان در دو حالت کشت دیم و آبی نشان می دهد. بالاترین سهم تولید CO<sub>2</sub> به میزان ۶۲/۴۲٪ مربوط به استفاده از سوخت فسیلی در فرآیند تولید کلزا آبی در استان مازندران و پایین ترین سهم تولید CO<sub>2</sub>



شکل ۳- درصد سهم ورودی های مختلف در تولید گاز CO<sub>2</sub> در کشت کلزا در استان های شمالی کشور

ورودی در کشت دیم در استان گلستان پایین تر از استان مازندران بود در حالی مجموع انرژی خروجی در استان مازندران در کشت دیم بالاتر از استان گلستان بود. همچنین بهره وری انرژی و سایر شاخص های 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

### نتیجه گیری

در پژوهش حاضر به بررسی روند انرژی ورودی و خروجی در کشت کلزا در دو حالت دیم و آبی در استان های شمالی کشور پرداخت شد و میزان تولید گاز گلخانه ای CO<sub>2</sub> 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 سوخت های فسیلی در ادوات و ماشین های مورد استفاده در کشت کلزا بود. مجموع انرژی

دیم به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۶۶، در کشت آبی به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۶۵؛ بدست آمد. با مقایسه میزان تولید CO<sub>2</sub> از مصرف کودهای شیمیایی مختلف در کشت کلزا مشخص گردید که بالاترین و پایین‌ترین سهم تولید گاز CO<sub>2</sub> به ترتیب مربوط به استفاده از کود نیتروژن و کود پتاسیم بود.

## منابع

- آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، وزارت جهاد کشاورزی. ۸۵ صفحه.
- حیدرقلی نژادکناری م، حسن‌زاده قورته‌تپه ع، ۱۳۸۲. ارزیابی بیان انرژی زراعت گندم دیم در استان مازندران. پژوهش و سازندگی، ۱۶ (۱): ۶۳-۶۵.
- خجسته پور، م. ع. طاهری راد و ا. نیکخواه. ۱۳۹۴. ارزیابی چرخه حیات تولید پنبه در استان گلستان مبتنی بر تولید زیست توده، انرژی، و کسب درآمد. مهندسی بیوسیستم ایران. جلد ۶، شماره ۲: ۹۵-۱۰۴.
- دستان، س.، ا. سلطانی، ق. نورمحمدی و ح. مدنی. ۱۳۹۳. انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزار. بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۶، شماره ۴: ۸۲۳-۸۳۵.
- دهشیری، ع. ۱۳۷۸. کلزا. انتشارات دفتر تولید و برنامه‌های ترویجی و انتشارات فنی معاونت ترویج. ۶۴ صفحه.
- رجبی، م. ح.، ا. سلطانی، ا. زینلی و ا. سلطانی. ۱۳۹۱. ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن در تولید گندم در گرگان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۵، شماره ۳: ۲۳-۴۴.
- 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 ماشین‌های کشاورزی. مطالعه موردی شهرستان شوشتر. مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های 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 گلخانه‌ای 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: ۳۳-۴۶.
- فیض‌بخش، م. ت. و ا. سلطانی. ۱۳۹۲. جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای (شهرستان گرگان). جلد ۶، 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 نوری. ۱۳۲ صفحه.
- ملائی، ک. و ص. افضل‌نیا. ۱۳۹۱. تعیین شاخص‌های انرژی در تولید گندم و کلزا در کشت و صنعت دشت نمدان اقلید. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. جلد ۴، شماره ۱: ۲۶-۳۶.
- نصریان، ن. م. الماسی، س. مینایی، و ح. باخدا. ۱۳۸۴. مطالعه جریان انرژی در تولید نیشکر در واحد کشت و صنعت در جنوب اهواز، چهارمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های 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<sub>2</sub> greenhouse gas emission in irrigated and rainfed canola in northern region of Iran

A. Motevali<sup>1</sup>, S. Yasour<sup>1</sup>

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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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