نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۱ شماره ۴ / سال ۱۴۰۰ صفحات ۳۳۹-۳۲۵

Environmental Hazards and Energy Flow in Rapeseed Agroecosystem (Case Study: North Khorasan)

Mohammad Ghorbanzadeh[1], Mahdi Babaeian[2]*, Mohammad Kherikhah[2], Mostafa Jafarian[3]

Received: 14 February 2021 Accepted: 29 April 2021
1-MSc. Graduate of Agroecology, Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Bojnord, Iran
2-Assist. Prof., and Assoc. Prof., Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Bojnord, Iran
3-Department of Agricultural Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email: mahdibbn@gmail.com

Abstract

Introduction: Investigating the potential global warming, greenhouse gas emissions and energy flow is one of the methods for comparing the agricultural systems in terms of environmental hazards. This research examines the energy flow and greenhouse gas emissions (CO_2, N_2O and CH_4) in rapeseed (*Brassica Napus* L) in North Khorasan province of Iran.

Material and Methods: This research was studied separately in three regions of East, West and South in North Khorasan Province. Energy input values of rapeseed fields were collected using a face-to-face questionnaire in the 2020-2019 crop years.

Results: The results showed that the total input energy was 35809.68 $MJ.ha^{-1}$ and the total output energy was 128545.05 $MJ.ha^{-1}$. Energy use efficiency was 1.34 and energy productivity was 0.055 $kg/MJ.ha^{-1}$. Among the studied areas, the highest energy efficiency with an average of 1.54 and the highest energy productivity of 0.064 $kg/MJ.ha^{-1}$ was related to the western region. Direct and indirect input energies were 61.77% and 38.23%, respectively, the study of greenhouse gas emissions showed that CO_2, N_2O and CH_4 emissions were estimated to be 1417.04, 3.09 and 1.90 $kg.ha^{-1}$, respectively. The global warming potential was calculated as 2413.38 kg equivalent of carbon dioxide per hectare, with the share of CH_4 1%, CO_2 58% and N_2O 41%.

Conclusion: The best area for rapeseed production in this province is the western area and the southern area is not a suitable area for the development of this crop. However, by managing energy consumption, planting date and managing the use of chemical fertilizers, energy efficiency in canola production in the southern region of North Khorasan province can be improved.

Keywords: Energy, Global Warming Potential, Greenhouse Gases, Productivity, Rapeseed

مخاطرات زیست‌محیطی و جریان انرژی در بوم‌نظام‌های تولید کلزا (مطالعه موردی: خراسان شمالی)

محمد قربانزاده[۱]، مهدی بابائیان[۲*]، محمد خیرخواه[۲]، مصطفی جعفریان[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۹

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران
۲-استادیار و دانشیار دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران
۳-گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران
مسئول مکاتبه:Email: mahdibbn@gmail.com

چکیده

اهداف: بررسی پتانسیل گرمایش جهانی، میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و جریان انرژی یکی از روش‌های مقایسه بوم نظام‌های زراعی از نظر مخاطرات زیست محیطی است. این تحقیق الگوهای مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2، N_2O و CH_4) و پتانسیل گرمایش جهانی تولید کلزا (*Brassica napus* L.) در استان خراسان شمالی را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در استان خراسان شمالی در سه ناحیه شرقی، غربی و جنوبی به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر ورودی انرژی مزارع کلزا با استفاده از پرسشنامه چهره به چهره در سال زراعی ۹۸-۹۷ جمع‌آوری شد.

یافته‌ها: نتایج بدست آمده نشان داد به طور میانگین کل انرژی ورودی یک مزرعه کلزا در استان خراسان شمالی ۳۵۸۰۹/۶۸ مگاژول در هکتار و کل انرژی خروجی ۱۲۸۵۴۵/۰۵ مگاژول در هکتار محاسبه شد. متوسط استانی راندمان مصرف انرژی ۱/۳۴ و میزان بهره‌وری انرژی ۰/۰۵۵ کیلوگرم بر مگاژول در هکتار بدست آمد. در بین نواحی مورد مطالعه بالاترین کارایی مصرف انرژی با میانگین ۱/۵۴ و بالاترین بهره‌وری انرژی به میزان ۰/۰۶۴ کیلوگرم بر مگاژول مربوط به ناحیه غربی بود. انرژی‌های ورودی مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب ۶۱/۷۷٪ و ۳۸/۲۳٪ از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان داد میزان انتشار CO_2، N_2O و CH_4 به ترتیب ۱۴۱۷/۰۴، ۳/۰۹ و ۱/۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. در مزارع کلزا استان خراسان شمالی پتانسیل گرمایش جهانی برابر ۲۴۱۳/۳۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار محاسبه شد که سهم CH_4 ۱٪، CO_2 ۵۸٪ و N_2O ۴۱٪ بود.

نتیجه گیری: بهترین منطقه جهت تولید کلزا در این استان ناحیه غربی می‌باشد و ناحیه جنوبی منطقه مناسبی برای توسعه کشت این محصول نیست. البته با مدیریت مصرف انرژی، تاریخ کاشت و مدیریت مصرف کودهای شیمیایی می‌توان بهره‌وری انرژی در تولید کلزا در ناحیه جنوبی استان خراسان شمالی را بهبود ببخشد.

واژه های کلیدی: انرژی، بهره‌وری، پتانسیل گرمایش جهانی، کلزا، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

امنیت غذایی در آینده به تولید غذای کافی برای جمعیت جهان که تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به بیش از نه میلیارد نفر برسد بستگی دارد (یوان دی پی ۲۰۱۱). بهبود عملکرد گیاهان زراعی به دلیل افزایش فشار تقاضای جهانی غذا امری ضروری می‌باشد. در واقع از بین رفتن اراضی با کیفیت، کاهش عملکرد سالانه محصولات کشاورزی، افزایش مصرف کودهای شیمیایی و اثرات زیانبار مصرف این ترکیبات، نیاز به یک برنامه افزایش عملکرد با کمترین اثرات زیست محیطی را مشخص می‌سازد (چاپاگیان و گود ۲۰۱۵). کاهش تنوع زیستی تحت تأثیر گسترش کشاورزی باعث تهدید محیط زیست در اکوسیستم‌های زیست‌کره شده است از دیگر عواقب این مسئله کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش فرسایش خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی در ابعاد محلی، منطقه‌ای و جهانی می‌باشد (تیلمن و همکاران ۲۰۰۲). دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (یانگ و همکاران ۲۰۱٤). کلزا به عنوان یکی از گیاهان دانه روغنی مهم دنیا است (ژو و همکاران ۲۰۱۷) که با دارا بودن ٤۰-٤٤ درصد روغن پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تامین کننده روغن و کنجاله جهان به شمار می‌آید (همایی و همکاران ۲۰۱٦). سطح زیر کشت و تولید کلزا در جهان بترتیب ۷۰/۹۵ میلیون هکتار و ۳۸/٦ میلیون تن است و رتبه ایران در بین کشورهای تولید کننده بترتیب ۲۳ و ۲۰ است (فائو ۲۰۱۷). در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦، سطح زیر کشت و تولید کلزا به ترتیب ۱۹۱۲۵۱ هکتار و ۳۲۹۸٤۳ تن بود که سهم استان خراسان شمالی ۳۵۵۳ هکتار و مقدار تولید ۳٦۵٦ تن به ثبت رسید (آمارنامه کشاورزی ۲۰۲۰). کشاورزی از یک سو مصرف کننده انرژی است و از سوی دیگر تولیدکننده انرژی به حساب می‌آید (اوزونوز و همکاران ۲۰۰۸). بررسی‌ها نشان می‌دهد در سال‌های اخیر تقریباً ۵ درصد مصرف سوخت‌های فسیلی مربوط به بخش کشاورزی است (بچینی و کاستولدی ۲۰۰۹). انرژی مکانیکی ماشین آلات کشاورزی، انرژی سوخت-های فسیلی، انرژی مصرفی در تولید کود و سموم شیمیایی، انرژی مصرفی پمپاژ آب و انرژی نیروی کارگری و حیوان از مهمترین بخش‌های مصرف انرژی در تولید محصولات کشاورزی است. افزایش مصرف انرژی در کشاورزی ناشی از افزایش تقاضای تولید مواد غذایی بعلت افزایش جمعیت انسانی و بهبود استانداردهای زندگی آنها در سال‌های اخیر بود (بنائیان و همکاران ۲۰۱۱) افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی دیگر از نتایج توسعه کشاورزی و افزایش فشار تولید محصولات زراعی در سال‌های اخیر بوده است (جونز و همکاران ۲۰۱۲). آمارها نشان می‌دهد میزان انتشار گاز های گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های کشاورزی ۲۰ درصد افزایش یافته است. (بنائیان و همکاران ۲۰۱۳). در این بین ۱۳ درصد از CO_2، ٦۰ درصد از اکسید نیتروژن (N_2O) و ۵۰ درصد از متان (CH_4) انتشار یافته ناشی از فعالیت-های کشاورزی می‌باشد (اسمیت و همکاران ۲۰۰۸). محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در فرآیندهای تولید محصولات کشاورزی اولین تلاش برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است (جونز و همکاران ۲۰۱۲). بررسی الگوی مصرف انژی در بخش‌های مختلف کشاورزی می‌تواند راه‌های مدیریتی مناسب برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را نشان دهد. (لیتسکاز و همکاران ۲۰۱۱). کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای در فعالیت‌های کشاورزی بدون به خطر انداختن امنیت غذایی بسیار حائز اهمیت است. کلزا به عنوان یک گیاه روغنی مهم مصرف نهاده‌های بالایی در بخش کشاورزی دارد و استفاده از ماشین آلات، کودها و سموم شیمیایی در این محصول باعث می‌شود تولید آن وابستگی زیادی به انرژی‌های ورودی داشته باشد. هدف از این پژوهش مطالعه الگوی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2، CH_4 و N_2O) ناشی از تولید محصول کلزا در استان خراسان شمالی جهت کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در استان خراسان شمالی در محدوده عرض "۱۸ °۳۸ تا "۳٦ °۳٦ و طول جغرافیای و"۲۸ °۵۸ " تا "۵۲ °۵۵ انجام شد. مساحت استان خراسان شمالی تقریباً ۲۸٤۳٤۰۰ هکتار و مساحت اراضی کشاورزی این

استان تقریباً ٤١٢٨١٨٢ کیلومترمربع است. آب و هوای نیمه خشک در منطقه با تابستان‌های خشک و گرم و زمستان‌های بارانی و معتدل مشاهده می شود. میانگین دمای سالانه تقریباً ۱۰ درجه سانتی‌گراد و کل بارندگی سالانه ۲۹۵ میلی‌متر است که از این میزان حدود ۹٤٪ بارندگی در ماه‌های مهر تا اردیبهشت انجام می‌شود.

به منظور بررسی دقیق در این پژوهش سطح استان خراسان شمالی به سه ناحیه شرقی شامل شهرستان‌های شیروان و فاروج، ناحیه غربی شامل شهرستان‌های بجنورد و مانه سملقان و ناحیه جنوبی شامل شهرستان-های اسفراین، گرمه و جاجرم تقسیم و به صورت جداگانه مورد مقایسه قرار گرفتند.

عملیات کشاورزی و مقادیر ورودی انرژی مزارع کلزا با استفاده از پرسشنامه چهره به چهره در سال زراعی ۹۸-۹۷ جمع‌آوری شد. جهت محاسبه حجم نمونه از رابطه شماره[۱]، استفاده شد.

$$n = \frac{N \times S^2}{(N-1)S_x^2 + S^2}) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این معادله n: شمار نمونه‌های مورد نیاز، N: شمار کشاورزان در منطقه مورد مطالعه، S: انحراف معیار، S_X: انحراف معیار نمونه(d/z)، d: دقت (اشتباه مجاز) در اندازه نمونه که ۱۵ درصد میانگین برای سطح اطمینان ۹۵ درصد تعریف می‌شود و z: ضریب اطمینان (برابر ۱/۹٦ در سطح اطمینان ۹۵ درصد) می‌باشد. با توجه به تعداد کشاورزان کلزا کار در سطح شهرستان‌های استان و بر اساس سطوح زیر کشت تعداد نمونه‌های کلزا ٥٤ عدد تعیین شد.

جهت انجام پژوهش ۲۰ روستا به عنوان نماینده کل مناطق مورد مطالعه انتخاب شدند. در مرحله بعد تولید کننده کلزا ثبت شد، اندازه هر مزرعه و مساحت کل تعیین شد و یک جدول برای نمایش جمعیت تهیه گردید. کلیه ورودی‌ها و خروجی‌ها از سیستم‌ها شناسایی و اندازه-گیری و به واحدهای انرژی تبدیل شدند. معادل انرژی ورودی‌ها و خروجی‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است (داده‌ها در جدول ۲ از چندین منبع بدست آمده است). منابع انرژی مکانیکی مورد استفاده در مزارع منتخب شامل دیزل است. سوخت تراکتورها بر اساس مصرف کل سوخت ($L.ha^{-1}$) در عملکردهای مختلف محاسبه شده است و انرژی مصرف شده با استفاده از فاکتورهای تبدیل محاسبه شده است (۱ لیتر دیزل = ٤٧٫٨ MJ در هکتار) و به صورت $MJ\ ha^{-1}$ بیان شد (کیتانی، ۱۹۹۹). بر اساس معادل‌های انرژی ورودی و خروجی، نسبت انرژی (بازده مصرف انرژی) و بهره‌وری انرژی و انرژی خالص مطابق جدول ۱ محاسبه شد (دمیرکن و همکاران ۲۰۰٦). سایر مقادیر محاسبه شده شامل انرژی مستقیم، غیر مستقیم بود. انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی و دیزل می‌باشد و انرژی غیرمستقیم شامل انرژی‌های موجود در بذور، کود و سموم دفع آفات است که در فرایند تولید کلزا مورد استفاده قرار می‌گیرند (یلماز و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۱. پارامترهای انرژی و تعاریف آنها

شاخص	تعریف	واحد
انرژی مستقیم	نیروی کارگری، سوخت دیزل، الکتریسیته، آبیاری	$MJ.ha^{-1}$ per year
انرژی غیرمستقیم	ماشین‌آلات، کود های شیمیایی، سموم شیمیایی، کود دامی، بذر	$MJ.ha^{-1}$ per year
کل انرژی ورودی	انرژی مستقیم+ انرژی غیر مستقیم	$MJ.\ ha^{-1}$ per year
کل انرژی خروجی	انرژی موجود در زیست توده برداشت شده	$MJ.\ ha^{-1}$ per year
کارائی انرژی	انرژی ورودی/انرژی خروجی	
انرژی ویژه	انرژی خروجی/انرژی ورودی	$MJ.\ t^{-1}$
انرژی خالص	انرژی ورودی- انرژی خروجی	$MJ.\ ha^{-1}$
بهره‌وری انرژی	انرژی ورودی/ عملکرد	$Kg.\ MJ^{-1}$

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر واحد از منابع شیمیایی و پتانسیل گرمایشی جهانی آنها با استفاده از ضریب آلایندگی دی اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) اتمسفر تحت تاثیر نهاده‌های شیمیایی و الکتریسیته مصرفی در سیستم‌های تولید کلزا مطابق جدول ۳ محاسبه شد. انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند در واحد سطح، در واحد وزن عملکرد یا در واحد انرژی ورودی یا خروجی محاسبه شود(پاتاک و بینینگ ۱۹۸۵). هر یک از گاز گلخانه-ای، CO_2، CH_4 و N_2O دارای یک مقدار پتانسیل گرمایش جهانی مخصوص به خود است که نسبت به دی اکسید کربن (بعنوان گاز مرجع) بیان می‌شود (بنائیان و همکاران ۲۰۱۳). پتانسیل گرمایش جهانی CO_2 برابر ۱، CH_4برابر ۲۱ و N_2O برابر ۳۱۰ است.

جدول ۲. هم‌ارزهای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها

	پارامتر	واحد	ارزش انرژی ($MJ.unit^{-1}$)	منبع
نهاده	نیروی انسانی	h	۱/۹۶	**(یالدیز و همکاران ۱۹۹۳)**
	ماشین‌آلات	h	۶۲/۷۰	**(یالدیز و همکاران ۱۹۹۳)**
	سوخت دیزل	l	۵۶/۳۱	**(اوزکان و همکاران ۲۰۰۴)**
	ازت (N)	kg	۶۶/۱۴	**(شرستا ۲۰۰۲)**
کودها	فسفر (P_2O_5)	kg	۱۲/۴۴	**(شرستا ۲۰۰۲)**
	پتاس (K_2O)	kg	۱۱/۱۵	**(شرستا ۲۰۰۲)**
	ریز مغذی	kg	۱۲۰	**(یالدیز و همکاران ۱۹۹۳)**
	کود دامی	tons	۳۰۳/۱۰	**(یالدیز و همکاران ۱۹۹۳)**
	حشره‌کش	kg	۱۰۱/۲۰	**(کندی ۲۰۰۰)**
سموم	قارچ‌کش	kg	۲۱۶/۰۰	**(پاتاک ۱۹۸۵)**
	علف‌کش	kg	۲۳۸/۰۰	**(اوزکان و همکاران ۲۰۰۴)**
	آب آبیاری	m^3	۰/۶۳	**(یالدیز و همکاران ۱۹۹۳)**
	الکتریسیته	kwh	۱۱/۹۳	**(مبتکر و همکاران ۲۰۱۰)**
	بذر کلزا	kg	۳/۶۰	**(اوزکان و همکاران ۲۰۰۴)**
	عملکرد دانه کلزا	kg	۲۴/۰۰	**(ونتوری و ونتوری ۲۰۰۳)**
ستانده	کاه و کلش کلزا	kg	۱۷/۲۵	**(محمدی و همکاران ۲۰۱۴)**

جدول ۳. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید کلزا

نهاده	**دی اکسید کربن** (g)	**اکسید دی نیتروژن** (g)	**متان** (g)	**منبع**
سوخت دیزل (Lit)	۳۵۶۰	۰/۷۰	۵/۲۰	**(کرامر ۱۹۹۹)**
کود نیتروژن (اوره) (kg)	۳۱۰۰	۰/۰۳	۳/۷۰	**(اشنایدر ۲۰۰۹)**
کود فسفات (kg)	۱۰۰۰	۰/۰۲	۱/۸۰	**(اشنایدر ۲۰۰۹)**
کود پتاس (kg)	۷۰۰	۰/۰۱	۱	**(اشنایدر ۲۰۰۹)**
الکتریسیته (kWh)	۶۱/۲۰	۸/۸۲	۰/۰۲	**(تزیلیواکیس ۲۰۰۵)**
پتانسیل گرمایشی جهانی (CO_2 eq)	۱	۳۱۰	۲۱	**(تزیلیواکیس ۲۰۰۵)**

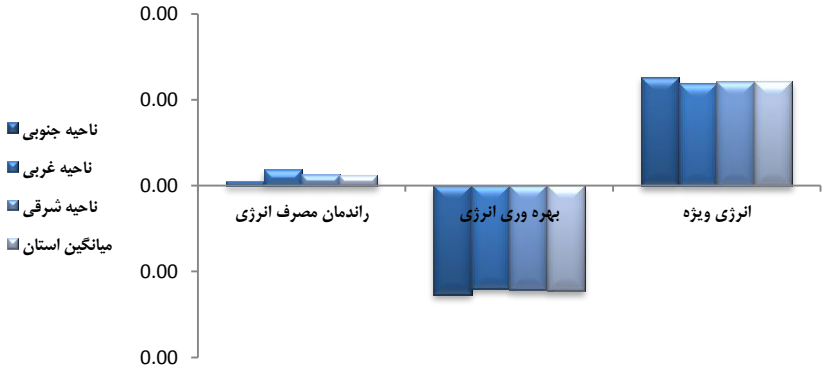
نتایج و بحث

در مقایسه بین نواحی مورد بررسی، ناحیه شرقی استان خراسان شمالی با مصرف ۳۸۰۶۳/۳۸ مگاژول در هکتار نسبت به ناحیه غربی با ۳۴۸۷۹/۹۸ مگاژول در هکتار و ناحیه جنوبی با ۳٤٤۸٥/٦۷ مگاژول در هکتار بیشترین میزان مصرف انرژی را داشت (جدول ٤). البته بین ناحیه غربی و ناحیه شرقی استان اختلاف زیادی از نظر مصرف انرژی مشاهده نشد. همچنین ناحیه شرقی با مصرف ٤۰۰۹/٤۰ مترمکعب آب در هکتار، کمترین حجم آب مصرفی در زراعت کلزا را داشت. میانگین عملکرد محصول کلزا در مزارع ناحیه شرقی، غربی و جنوبی بترتیب ۲۱٤۱/۱٥ ، ۲۲۳٥/۱۲ و ۱٦۲٥/۸۳ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید (جدول ٤).

بین نواحی مورد مطالعه، در ناحیه غربی سهم کود نیتروژن ٤۷/۸۷٪، سهم دیزل ۲۱/٤۰٪ و سهم آبیاری ۱۰/۷۳٪ از کل انرژی ورودی به مزارع تولید کلزا بود. به طور کلی در منطقه غربی ٦۱/۳۸٪ از کل انرژی های مصرفی مربوط به استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر، پتاس و ریزمغذی ها بود. این میزان وابستگی تولید کلزا به کودهای شیمیایی بخصوص کودهای ازته میتواند در درازمدت باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش حاصلخیزی خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینیدر ناحیه غربی استان خراسان شمالی گردد. نتایج بدست آمده نشان داد کمترین مصرف انرژی در ناحیه غربی مربوط به بذر با ۰/۰۸٪ از انرژی کل بود (جدول ٤). در ناحیه شرقی بیشترین میزان مصرف انرژی به ترتیب از طریق مصرف انواع کودهای شیمیایی با ٥۲/۰۱٪، سوخت دیزل با ۲۳/٥٥٪ و الکتریسیته با ۱۲/۰۳٪ صورت گرفت. در این منطقه کود نیتروژن با میانگین مصرف ۲٤۲/٥۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۱٦۰۳۸/۹٥ مگاژول انژی مصرف کرد که ٤۲/۱۳٪ از کل انرژی ورودی به مزرعه را به خود اختصاص داد، در این بین کمترین مصرف انرژی نیز مربوط به بذر با ۰/۰۸٪ بود. در ناحیه جنوبی نیز کودهای شیمیایی ٤۳/۸۷٪، سوخت دیزل ۲۳/۱۳٪ و الکتریسیته ۲۰٪ از کل انرژی ورودی را مصرف نمودند و کمترین مصارف انرژی نیز مربوط به بذر با ۰/۰۹٪ و سموم شیمیایی با ۰/٦۹٪ بود. در این ناحیه نیز در بین کودهای شیمیایی، اوره با مصرف ۱۳۲۲۸ مگاژول در هکتار، ۳۸/۳٥٪ از کل انرژی ورودی به مزرعه کلزا را به خود اختصاص داد (جدول ٤). مقایسه نهاده های مصرفی در سه ناحیه مورد مطالعه نشان داد در هر سه ناحیه کاربرد کودهای شیمیایی، بخصوص کود نیتروژن بیشترین تاثیر را در افزایش مصرف انرژی در مزارع کلزا خراسان شمالی داشت. از نظر الگوی مصرف مکانی نیتروژن ناحیه غربی استان خراسان شمالی بیشترین میزان مصرف کود نیتروژن را داشت و در ناحیه جنوبی کمترین میزان مصرف نیتروژن مشاهده شد. مقایسه سه ناحیه مورد مطالعه نشان داد مصرف الکتریسیته در ناحیه جنوبی و ناحیه شرقی بسیار بیشتر از مصرف الکتریسیته در ناحیه غربی بود. این موضوع بدلیل وابستگی شدید اراضی کشاورزی ناحیه جنوبی و تا حدودی ناحیه شرقی استان خراسان شمالی به آبیاری از طریق استخراج آب از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق است که باعث مصرف بیشتر الکتریسیته در این ناحیه شده است و در ناحیه غربی دسترسی به آب‌های جاری مصرف الکتریسیته در تولید کلزا را کاهش داد. میزان مصرف سوخت دیزل در سه ناحیه مورد بررسی نیز نشان داد اختلاف زیادی بین نواحی جغرافیایی استان از نظر میزان مصرف سوخت وجود نداشت و توسعه مکانیزاسیون در سطح استان خراسان شمالی تا حدودی از توزیع مناسب و یکنواختی برخوردار است. مقایسه شاخص‌های انرژی در مزارع کلزای استان خراسان شمالی نشان داد بیشترین کارایی مصرف انرژی در ناحیه غربی استان با میانگین ۱/٥٤ بود. ناحیه شرقی و جنوبی نیز بترتیب ۱/۳٥ و ۱/۱۳ از این شاخص را به خود اختصاص دادند. همچنین میانگین

کارایی مصرف انرژی در استان ۱/۳٤ بدست آمد. بالا بودن کارایی مصرف انرژی در ناحیه غربی بدلیل بالا بودن عملکرد در این ناحیه نسبت به نواحی دیگر استان و نیز مصرف کمتر انرژی در ناحیه غربی می‌باشد (شکل ۱). همچنین بیشترین میزان بهره‌وری انرژی در استان خراسان شمالی در ناحیه غربی با مقدار ۰/۰٦٤ کیلوگرم بر مگاژول و کمترین مقدار این شاخص نیز در ناحیه جنوبی با ۰/۰٤۷ کیلوگرم بر مگاژول ملاحظه گردید. متوسط بهره‌وری انرژی در تولید محصول کلزا در استان خراسان شمالی ۰/۰۵۵ کیلوگرم بر مگاژول بدست آمد (شکل ۱). بیشترین میزان انرژی خالص که از تفاوت انرژی‌های ورودی و خروجی بدست می آید، با مقدار ۱۸۷٦۲/۸۹ مگاژول در هکتار در ناحیه غربی ملاحظه گردید و کمترین مقدار آن در ناحیه جنوبی با ٤۵۳٤/۳۳ مگاژول در هکتار بدست آمد. بیشترین مقدار انرژی ویژه نیز که نشان دهنده انرژی ورودی به انرژی خروجی است در ناحیه جنوبی مشاهده شد (۲۱/۲۱) که نشان دهنده مصرف بالای انرژی در این منطقه نسبت به سایر نواحی استان خراسان شمالی می‌باشد (شکل۲).

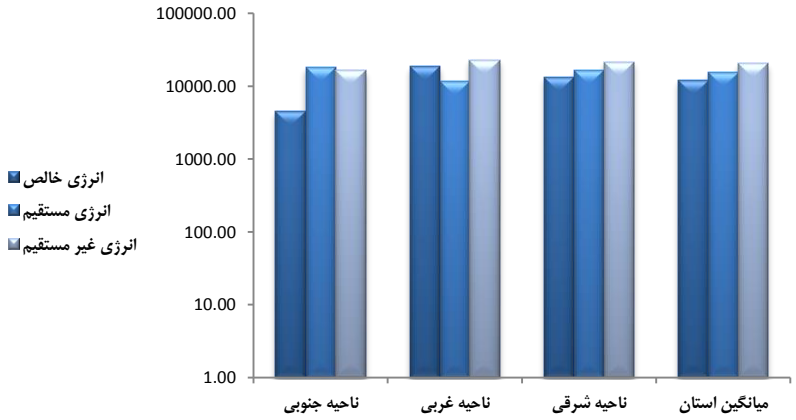
موسوی اول و همکاران (۱۹۹٤) گزارش نمودند کل انرژی ورودی مزارع کلزا استان مازندران معادل ۱۵٦۰۲/۷۹ مگاژول در هکتار برآورد شد. ایشان بیان نمودند که نهاده‌هایی مانند کود نیتروژن ٤۵/۸ ٪ ، سوخت دیزل ۳۳/٤٪ و ماشین‌آلات ۷/۲٪ بیشترین سهم را از کل انرژی ورودی داشتند. مقایسه نتایج بدست آمده در استان مازندران با این تحقیق نشان می‌دهد انرژی ورودی در مزارع کلزا استان خراسان شمالی بیشتر از مازندران بوده که از مهمترین دلایل این اختلاف می‌توان به نیاز به آبیاری و استفاده از انرژی الکتریسیته جهت پمپاژ آب به مزارع خراسان شمالی اشاره کرد. مطالعه دیگری بوسیله درگاهی و همکاران (۲۰۱٦) در مزارع کلزا استان گلستان انجام شد که کل انرژی ورودی مزارع آبی معادل ۲۰٤۸۵/۵۹ مگاژول در هکتار بیان شد، در مطالعه آنها بیشترین مقدار انرژی مصرفی مربوط به نهاده‌های سوخت دیزل ٤۲/۳۳٪، کود نیتروژن ۱۹/٤۰٪ و کود دامی ۱۷/۰۲٪ بود، همچنین کمترین میزان انرژی نیز به حشره‌کش ۰/۱۱٪، بذر ۰/۱٤٪ و نیروی انسانی ۰/۱۹٪ اختصاص داشت. ملائی و افضلی‌نیا (۲۰۱۲) در تحقیق خود بر روی تولید کلزا در استان فارس کل انرژی ورودی به مزارع در این منطقه را معادل ۲۷٤۸۵/۷ مگاژول در هکتار محاسبه نمودند. در مطالعه دیگری فتحی و همکاران (۲۰۲۰) اظهار نمودند میزان انرژی ورودی در مزارع کلزا دیم استان ایلام معادل ٦۳٦۷/٤۸ مگاژول در هکتار است.



شکل ۱- سهم راندمان مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه در تولید کلزا استان خراسان شمالی

نتایج این بررسی نشان داد در بین انواع انرژی‌های مصرفی بالاترین میزان مصرف انرژی‌های مستقیم مربوط به ناحیه جنوبی با ۱۸۱۱۳/۳۳ مگاژول در هکتار بود که از مهمترین دلایل آن می‌توان به استفاده بیشتر از نیروی انسانی و الکتریسیته در این ناحیه اشاره کرد و کمترین مقدار این نوع از انرژی نیز در ناحیه غربی با

میزان ۱۱۸۱۷/۳٦ مگاژول در هکتار ملاحظه شد. همچنین بیشترین میزان مصرف انرژی غیرمستقیم با میانگین ٦۳ /۲۳۰٦۲ مگاژول در هکتار در ناحیه غربی مشاهده شد و ناحیه شرقی و ناحیه جنوبی نیز بترتیب ۲۱۵۱۳/۱۸ و ۱٦۳۷۲/۳۳ مگاژول در هکتار از انرژی غیر مستقیم را به تولید کلزا اختصاص دادند (شکل ۲).



شکل ۲- سهم انرژی‌های خالص، مستقیم و غیرمستقیم در تولید کلزا استان خراسان شمالی

شیخ‌داوودی و هوشیار (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای که بر روی کلزا و آفتابگردان در استان فارس انجام دادند کل انرژی ورودی را به ترتیب معادل ۳۰۸۸۹/۰۹ و ۲۲۹٤٥/۳ مگاژول در هکتار محاسبه نمودند. همچین سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم را در کشت کلزا به ترتیب معادل ٤۹٪ و ٥۱٪ و در کشت آفتابگردان به ترتیب ٥۷/۹٤٪ و ٤۲/۰٦ ٪ تخمین زدند. آن‌ها بیان داشتند کودهای شیمیایی ۳۸/۹۳٪، الکتریسیته ۲۷/٦۲٪ و سوخت دیزل ۲۰/۰۸٪ بیشترین سهم را در انرژی ورودی کشت کلزا داشتند. درگاهی و همکاران (۲۰۱٦) در مزارع کلزا استان گلستان سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم را به ترتیب ٥٤/۷۹٪، ٤٥/۲۱٪ عنوان کردند.

انتشار گازهای گلخانه‌ای

در استان خراسان شمالی ناحیه شرقی با میزان تولید ۱٥٦۰/۳٤ کیلوگرم از انواع گازهای گلخانه‌ای بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد و نواحی غربی و جنوبی نیز به ترتیب ۱٤۲۹/۹٥ و ۱۲۷٥/۷۸ کیلوگرم در هکتار گاز تولید نمودند (جدول ٥). در هر سه ناحیه مود مطالعه، کود نیتروژن بیشترین سهم را در تولید گازهای گلخانه‌ای از نوع CO_2 داشت و این امر به دلیل مصرف بیشتر این نوع کود به لحاظ تاثیر بر عملکرد و رشد گیاه بود. بر اساس تحقیقات اشنایدر و همکاران (۲۰۰۹) دلیل انتشار بیشتر گاز دی‌اکسیدکربن توسط کود نیتروژن، انرژی مصرفی بیشتر طی فرآیند تولید این کود و متعاقب آن ضریب انتشار بیشتر این کود می‌باشد. بعد از کود نیتروژن سوخت دیزل بیشترین تأثیر را در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشت. در ناحیه شرقی استان خراسان شمالی ۱٥٤٦۰/۳٤ (کیلوگرم در هکتار) گاز گلخانه‌ای انتشار یافت که کود نیتروژن با ۷٥۲/٦٥ کیلوگرم بیشترین نقش را در تولید CO_2 داشت و پس از آن سوخت دیزل با ٥٦۷/۸۷ کیلوگرم در رتبه بعدی قرار داشت. در بین نهاده‌های مصرفی الکتریسیته با تولید ۲۸/٤۸ کیلوگرم در هکتار کمترین نقش را در تولید گازهای گلخانه‌ای داشت. در ناحیه غربی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۱٤۲۹/۹٥ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که ۹/۲٤ درصد کمتر از مقدار تولید شده در ناحیه شرقی استان بود. در بین نهاده‌های مصرفی کود نیتروژن با تولید ۷۸۲/۱٤ مجموع گازهای گلخانه‌ای بیشترین اثر را در تولید این گازها داشت. الکتریسیته

جدول ۴- مصرف انرژی بوم نظام زراعی کلزا استان خراسان شمالی

پارامتر	ناحیه شرقی ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از انرژی کل ٪	ناحیه غربی ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از انرژی کل ٪	ناحیه جنوبی ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از انرژی کل ٪	استان ($MJ.ha^{-1}$)	درصد از انرژی کل ٪
نیروی انسانی	۲۰۶/۰۵	۰/۵۹	۲۸۹/۰۶	۰/۸۲	۳۳۶/۷۹	۰/۹۷	۲۷۷/۳۰	۰/۷۷
بذر	۳۲/۴۰	۰/۰۸	۲۸/۰۱	۰/۰۸	۳۳/۹۰	۰/۰۹	۳۱/۴۴	۰/۰۸
ازت (N)	۱۶۰۳۸/۹۵	۴۲/۱۳	۱۶۶۶۷/۲۸	۴۷/۷۸	۱۳۲۲۸/۰۰	۳۸/۳۵	۱۵۳۱۱/۴۱	۴۲/۷۵
فسفر (P_2O_5)	۱۷۶۰/۲۶	۴/۶۲	۱۶۹۶/۸۲	۴/۸۶	۱۱۴۰/۳۳	۳/۳۰	۱۵۴۲/۳۷	۴/۳۰
پتاس (K_2O)	۱۱۰۶/۶۴	۲/۹۰	۵۷۹/۸۰	۱/۶۶	۲۷۸/۷۵	۰/۸۰	۶۵۵/۰۶	۱/۸۲
ریز مغذی	۹۰۰/۰۰	۲/۳۶	۲۴۶۹/۶۰	۷/۰۸	۴۶۰/۰۰	۱/۳۳	۱۲۷۶/۵۳	۳/۵۶
کود دامی	–	–	۲۴۲/۴۸	۰/۶۹	۱۰۱/۰۳	۰/۲۹	۱۱۴/۵۰	۰/۳۱
حشره‌کش	۱۹۷/۳۴	۰/۵۱	۲۱۲/۹۲	۰/۶۱	۲۰۲/۴۰	۰/۵۸	۲۰۴/۲۲	۰/۵۷
قارچ‌کش	۱۴۰/۴۰	۰/۳۶	۵۳/۵۷	۰/۱۵	–	–	۶۴/۶۶	۰/۱۸
علف‌کش	۳۰۱/۰۷	۰/۷۹	۲۷۳/۲۲	۰/۷۸	۳۹/۶۷	۰/۱۱	۲۰۴/۶۵	۰/۵۷
سوخت دیزل	۸۹۶۷/۳۷	۲۳/۵۵	۷۴۶۶/۷۱	۲۱/۴۰	۷۹۷۷/۲۵	۲۳/۱۳	۸۱۳۷/۱۱	۲۲/۷۲
ماشین آلات	۱۰۳۶/۱۲	۲/۷۹	۸۳۸/۹۳	۲/۴۰	۸۸۸/۲۵	۲/۵۴	۹۲۱/۱۰	۲/۵۷
آب آبیاری	۲۵۲۵/۹۲	۶/۶۳	۳۷۴۲/۹۷	۱۰/۷۳	۲۸۹۹/۰۱	۸/۴۰	۳۰۵۵/۹۷	۸/۵۳
الکتریسیته	۴۸۵۰/۸۷	۱۲/۰۳	۳۱۸/۶۲	۰/۹۱	۶۹۰۰/۲۸	۲۰/۰۰	۴۰۲۳/۲۶	۱۱/۲۳
کل انرژی ورودی	۳۸۰۶۳/۳۸	۱۰۰	۳۴۸۷۹/۹۸	۱۰۰	۳۴۴۸۵/۶۷	۱۰۰	۳۵۸۰۹/۶۸	۱۰۰
عملکرد دانه	۵۱۳۸۷/۶۰	۳۷/۳۵	۵۳۶۴۲/۸۸	۳۷/۳۵	۳۹۰۲۰/۰۰	۳۷/۳۵	۴۸۰۱۶/۸۳	۳۷/۳۵
عملکرد کاه و کلش	۸۶۱۸۱/۲۸	۶۲/۶۵	۸۹۹۶۳/۵۹	۶۲/۶۵	۶۵۴۳۹/۸۰	۶۲/۶۵	۸۰۵۲۸/۲۲	۶۲/۶۵
کل انرژی خروجی	۱۳۷۵۶۸/۸۸	۱۰۰	۱۴۳۶۰۶/۴۷	۱۰۰	۱۰۴۴۵۹/۸۰	۱۰۰	۱۲۸۵۴۵/۰۵	۱۰۰

نیز با تولید ۱/۸۷کیلوگرم مجموع گازهای گلخانه‌ای کمترین نقش را در تولید این گازها داشت (جدول ۵). نتایج بدست آمده نشان داد در ناحیه شرقی میزان تولید گازهای گلخانه‌ای به میزان ۹۳ درصد بیشتر از میزان تولید شده در ناحیه غربی استان بود. این نتیجه به دلیل وابستگی تولید کلزا در ناحیه شرقی به استخراج آب از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق است که نیازمند مصرف الکتریسیته می‌باشد. در حالی که در ناحیه غربی عمده آب مورد نیاز از طریق آب جاری تامین می‌گردد. در ناحیه جنوبی در مقایسه با دو ناحیه دیگر گازهای گلخانه‌ای (۱۲۷۵/۷۸) کمتری تولید شد. دربین نهاده‌های مصرفی کود نیتروژن ۷۱۷/۶۵، سوخت دیزل ۵۱۴/۴۴، کود فسفر ۹۱/۸۳، کود پتاس ۱۷/۵۳ و الکتریسیته ۴۰/۵۱ کیلوگرم در هکتار گازهای گلخانه‌ای تولید نمودند. مقایسه سه ناحیه مورد مطالعه نشان داد در ناحیه جنوبی در مقایسه با ناحیه شرقی و غربی کود نیتروژن نقش کمتری در تولید گازهای گلخانه‌ای داشت اما مصرف الکتریسیته به طور قابل توجهی موجب تولید گازهای گلخانه‌ای شد. این نتایج نشان داد در ناحیه جنوبی وابستگی به آب چاه‌های عمیق بیش از دو ناحیه دیگر است.

جدول ۵- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت کلزای نواحی مختلف استان خراسان شمالی

	نهاده	CO_2 Kg.ha^{-1}	N_2O Kg.ha^{-1}	CH_4 Kg.ha^{-1}	جمع کل	%CO_2	%N_2O	%CH_4
	سوخت دیزل	٥٦٦/٩٣	٠/١١	٠/٨٣	٥٦٧/٨٧	٩٩/٨٣	٠/٠٢	٠/١٥
	کود نیتروژن	٧٥١/٧٥	٠/٠١	٠/٩٠	٧٥٢/٦٥	٩٩/٨٨	٠/٠٠١	٠/١٢
ناحیه شرقی	کود فسفر	١٤١/٥٠	٠/٠٠٣	٠/٢٥	١٤١/٧٦	٩٩/٨٢	٠/٠٠٢	٠/١٨
	کود پتاس	٦٩/٤٨	٠/٠٠١	٠/١٠	٦٩/٥٨	٩٩/٨٦	٠/٠٠١	٠/١٤
	الکتریسیته	٢٤/٨٨	٣/٥٩	٠/٠١	٢٨/٤٨	٨٧/٣٨	١٢/٥٩	٠/٠٣
	مجموع	١٥٥٤/٥٤	٣/٧١	٢/٠٩	١٥٦٠/٣٤	٩٩/٦٣	٠/٢٤	٠/١٣
	سوخت دیزل	٤٧٢/٠٦	٠/٠٩	٠/٦٩	٤٧٢/٨٤	٩٩/٨٣	٠/٠٢	٠/١٥
	کود نیتروژن	٧٨١/٢٠	٠/٠١	٠/٩٣	٧٨٢/١٤	٩٩/٨٨	٠/٠٠١	٠/١٢
ناحیه غربی	کود فسفر	١٣٦/٤٠	٠/٠٠٣	٠/٢٥	١٣٦/٦٥	٩٩/٨٢	٠/٠٠٢	٠/١٨
	کود پتاس	٣٦/٤٠	٠/٠٠١	٠/٠٥	٣٦/٤٥	٩٩/٨٦	٠/٠٠١	٠/١٤
	الکتریسیته	١/٦٣	٠/٢٤	٠/٠٠١	١/٨٧	٨٧/٣٨	١٢/٥٩	٠/٠٣
	مجموع	١٤٢٧/٦٩	٠/٣٤	١/٩٢	١٤٢٩/٩٥	٩٩/٨٤	٠/٠٢	٠/١٣
	سوخت دیزل	٥٠٤/٣٣	٠/١٠	٠/٧٤	٥٠٥/١٧	٩٩/٨٣	٠/٠٢	٠/١٥
	کود نیتروژن	٦٢٠/٠٠	٠/٠١	٠/٧٤	٦٢٠/٧٥	٩٩/٨٨	٠/٠٠١	٠/١٢
ناحیه جنوبی	کود فسفر	٩١/٦٧	٠/٠٠٢	٠/١٧	٩١/٨٣	٩٩/٨٢	٠/٠٠٢	٠/١٨
	کود پتاس	١٧/٥٠	٠/٠٠٠٣	٠/٠٣	١٧/٥٣	٩٩/٨٦	٠/٠٠١	٠/١٤
	الکتریسیته	٣٥/٤٠	٥/١٠	٠/٠١	٤٠/٥١	٨٧/٣٨	١٢/٥٩	٠/٠٣
	مجموع	١٢٦٨/٩٠	٥/٢١	١/٦٨	١٢٧٥/٧٨	٩٩/٤٦	٠/٤١	٠/١٣
	سوخت دیزل	٥١٤/٤٤	٠/١٠	٠/٧٥	٥١٥/٢٩	٩٩/٨٣	٠/٠٢	٠/١٥
	کود نیتروژن	٧١٧/٦٥	٠/٠١	٠/٨٦	٧١٨/٥١	٩٩/٨٨	٠/٠٠١	٠/١٢
متوسط استانی	کود فسفر	١٢٣/١٩	٠/٠٠٢	٠/٢٢	١٢٣/٤١	٩٩/٨٢	٠/٠٠٢	٠/١٨
	کود پتاس	٤١/١٣	٠/٠٠١	٠/٠٦	٤١/١٨	٩٩/٨٦	٠/٠٠١	٠/١٤
	الکتریسیته	٢٠/٦٤	٢/٩٧	٠/٠١	٢٣/٦٢	٨٧/٣٨	١٢/٥٩	٠/٠٣
	مجموع	١٤١٧/٠٤	٣/٠٩	١/٩٠	١٤٢٢/٠٢	٩٩/٦٥	٠/٢٢	٠/١٣

پتانسیل گرمایش جهانی

بررسی پتانسیل گرمایش جهانی در استان خراسان شمالی نشان داد ناحیه جنوبی استان با تولید ٢٩١٨/٨٤ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار بیشترین تأثیر را در گرمایش جهانی در بین نواحی مورد بررسی داشت و دلیل آن استفاده بیشتر از انرژی الکتریسیته در مزارع ناحیه جنوبی است. نواحی شرقی و غربی نیز با تولید ٢٧٤٨/١٣ و١٥٧٣/١٦ کیلوگرم معادل دی-اکسیدکربن در هکتار در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ٦). با توجه به تاثیر بالای گاز N_2O در پتانسیل گرمایش جهانی و نیز نقش بالای الکتریسیته در تولید این گاز مشاهده می‌شود تاثیر مصرف الکتریسیته در پتانسیل گرمایش جهانی در مقایسه با سایر نهاده‌ها بسیار بیشتر است و به همین دلیل علی‌رغم مصرف تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای در ناحیه جنوبی استان به

دلیل وابستگی تولید کلزا به مصرف آب چاه‌های عمیق در نهایت پتانسیل گرمایش جهانی منطقه جنوبی بیش از ناحیه شرقی و ناحیه غربی استان خراسان شمالی بود. در مطالعه فتحی و همکاران (۲۰۲۰) بر روی کشت کلزا دیم در استان ایلام میزان پتانسیل گرمایش جهانی ۵۲۱/۸۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن به ازاء تولید هر تن کلزا عنوان شد.

جدول ۶- پتانسیل گرمایش جهانی در کشت کلزای نواحی مختلف استان خراسان شمالی

	نهاده	CO_2 Kg.ha^{-1}	N_2O Kg.ha^{-1}	CH_4 Kg.ha^{-1}	GWP	%CO_2	%N_2O	%CH_4
ناحیه شرقی	سوخت دیزل	۵۶۶/۹۳	۳۴/۵۶	۱۷/۳۹	۶۱۸/۸۸	۹۱/۶۱	۵/۵۸	۲/۸۱
	کود نیتروژن	۷۵۱/۷۵	۲/۲۶	۱۸/۸۴	۷۷۲/۸۵	۹۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۴۴
	کود فسفر	۱۴۱/۵۰	۰/۸۸	۵/۳۵	۱۴۷/۷۳	۹۵/۷۹	۰/۵۹	۳/۶۲
	کود پتاس	۶۹/۴۸	۰/۳۱	۲/۰۸	۷۱/۸۷	۹۶/۶۷	۰/۴۳	۲/۹۰
	الکتریسیته	۲۴/۸۸	۱۱۱/۷۶۱	۰/۱۷	۱۱۳۶/۸۱	۲/۱۹	۹۷/۸۰	۰/۰۲
	GWP کل	۱۵۵۴/۵۴	۱۱۴/۷۵۹	۴۳/۸۴	۲۷۴۸/۱۳	۵۶/۵۷	۴۱/۸۴	۱/۶۰
ناحیه غربی	سوخت دیزل	۴۷۲/۰۶	۲۸/۷۷	۱۴/۴۸	۵۱۵/۳۱	۹۱/۶۱	۵/۵۸	۲/۸۱
	کود نیتروژن	۷۸۱/۲۰	۲/۳۴	۱۹/۵۸	۸۰۳/۱۲	۹۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۴۴
	کود فسفر	۱۳۶/۴۰	۰/۸۵	۵/۱۶	۱۴۲/۴۰	۹۵/۷۹	۰/۵۹	۳/۶۲
	کود پتاس	۳۶/۴۰	۰/۱۶	۱/۰۹	۳۷/۶۵	۹۶/۶۷	۰/۴۳	۲/۹۰
	الکتریسیته	۱/۶۳	۷۳/۰۲	۰/۰۱	۷۴/۶۷	۲/۱۹	۹۷/۸۰	۰/۰۲
	GWP کل	۱۴۲۷/۶۹	۱۰۵/۱۵	۴۰/۳۲	۱۵۷۳/۱۶	۹۰/۷۵	۶/۶۸	۲/۵۶
ناحیه جنوبی	سوخت دیزل	۵۰۴/۳۳	۳۰/۷۴	۱۵/۴۷	۵۵۰/۵۵	۹۱/۶۱	۵/۵۸	۲/۸۱
	کود نیتروژن	۶۲۰/۰۰	۱/۸۶	۱۵/۵۴	۶۳۷/۴۰	۹۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۴۴
	کود فسفر	۹۱/۶۷	۰/۵۷	۳/۴۷	۹۵/۷۰	۹۵/۷۹	۰/۵۹	۳/۶۲
	کود پتاس	۱۷/۵۰	۰/۰۸	۰/۵۳	۱۸/۱۰	۹۶/۶۷	۰/۴۳	۲/۹۰
	الکتریسیته	۳۵/۴۰	۱۵۸/۴۵۱	۰/۲۴	۱۶۱۷/۱۰	۲/۱۹	۹۷/۸۰	۰/۰۲
	GWP کل	۱۲۶۸/۹۰	۱۶۱/۷۰۴	۳۵/۲۴	۲۹۱۸/۸۴	۴۳/۴۷	۵۵/۳۲	۱/۲۱
متوسط استانی	سوخت دیزل	۵۱۴/۴۴	۳۱/۳۶	۱۵/۷۸	۵۶۱/۵۸	۹۱/۶۱	۵/۵۸	۲/۸۱
	کود نیتروژن	۷۱۷/۶۵	۲/۱۵	۱۷/۹۹	۷۳۷/۷۹	۹۷/۲۷	۰/۲۹	۲/۴۴
	کود فسفر	۱۲۳/۱۹	۰/۷۶	۴/۶۶	۱۲۸/۶۱	۹۵/۷۹	۰/۵۹	۳/۶۲
	کود پتاس	۴۱/۱۳	۰/۱۸	۱/۲۳	۴۲/۵۴	۹۶/۶۷	۰/۴۳	۲/۹۰
	الکتریسیته	۲۰/۶۴	۹۲۲/۰۸	۰/۱۴	۹۴۲/۸۶	۲/۱۹	۹۷/۸۰	۰/۰۲
	GWP کل	۱۴۱۷/۰۴	۹۵۶/۵۳	۳۹/۸۰	۲۴۱۳/۳۸	۵۸/۷۲	۳۹/۶۳	۱/۶۵

مندنی و همکاران (۲۰۱۷) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت گندم آبی را معادل ۳۱۸٤/٤ کیلوگرم معادل دی-اکسیدکربن در هکتار تخمین زدند.آنها گزارش نمودند مصرف سوخت دیزل بیشترین میزان انتشار گازها معادل ٤٦/۹٪ را در بین نهاده‌ها داشته است. رجبی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تولید گندم در گرگان پتانسیل گرمایش جهانی را معادل ٦٦۲/۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گزارش کردند که سهم کود نیتروژن با ٤۳/۹٪ بیشترین مقدار بود. طاهری‌راد و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید پنبه استان گلستان معادل ۱٤۳۰/۱۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار بود که سه نهاده سوخت دیزل، کود حیوانی و ماشین‌آلات کشاورزی به ترتیب با ٤٥/۲٪، ۲۳/٥٪ و ۲۲/۸٪ بیشترین سهم را در انتشار این گازها داشتند. فرتوت عنایت و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع سورگوم علوفه‌ای منطقه سیستان را ۳۷٤٦/۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گزارش نمودند که مصرف انرژی الکتریسیته بیشترین میزان انتشار را در بین نهاده‌ها داشت. الهامی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند میزان تولید گازهای‌گلخانه‌ای در مزارع عدس آبی استان اصفهان برابر ۹۳۰/٤٥ کیلوگرم معادل دی-اکسیدکربن در هکتار است. با مقایسه نتایج در این پژوهش‌ها و نتایج تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که انتشار گازهای گلخانه‌ای رابطه مستقیم با مصرف نهاده-ها داشته و در این بین نهاده‌هایی مانند کود نیتروژن، سوخت دیزل و انرژی الکتریسیته بیشترین سهم را در پتانسیل گرمایش جهانی دارند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مشخص گردید بیش از ٥۰٪ نهاده‌های ورودی تولید در کشتزارهای کلزا به مصرف کودهای شیمیایی تعلق دارد که در این بین کود نیتروژن سهم بیشتری را در میان سایر کودها به خود اختصاص داد. یکی از مهمترین دلایل مصرف بالای کود نیتروژن در مزارع، عدم انجام آنالیزها به جهت تعیین میزان نیاز واقعی خاک به عناصر غذایی بود و کشاورزان بر اساس تشخیص و وسع مالی خود اقدام به مصرف انواع کودها می‌نمودند. مصرف بالای کودهای شیمیایی علاوه بر اینکه هزینه مالی زیادی را به کشاورزان تحمیل می‌کند باعث کاهش بهره‌وری انرژی شده و در چشم‌انداز اکولوژیکی عاملی برای مشکلات زیست محیطی، آلودگی آبهای زیرزمینی، شور شدن خاک‌ها می‌گردد. همچنین مصرف زیاد کودهای شیمیایی سهم بالایی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی دارد. کاهش مصرف کودهای شیمیایی از طریق استفاده از کودهای آلی و زیستی، همچنین استفاده از انواع کودهای دامی و طیور میسر خواهد شد. در این تحقیق میزان استفاده از کودهای دامی ۰/۳۸ تن در هکتار، معادل ۰/۳٥٪ از کل انرژی ورودی (کمترین سهم) بود. بر اساس نتایج این پژوهش با توجه به ماهیت کشت کلزا (غیر وجینی بودن) استفاده از نیروی انسانی در کشتزارهای کلزا در پایین‌ترین سطوح مصارف انرژی (۰/۸٤ ٪ از کل انرژی ورودی) قرار داشت. در این تحقیق سوخت دیزل باعث انتشار٥۱٥/۲۹ کیلوگرم از گازهای گلخانه‌ای و ٥٦۱/٥۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن پتانسیل گرمایش جهانی شد. نوسازی ماشین‌آلات مورد استفاده و بکارگیری آن‌ها بر اساس عمر مفید ادوات یک راه مؤثر در کاهش سهم سوخت‌های دیزل در انرژی ورودی به مزرعه خواهد بود. بررسی شاخص بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه بیانگر این موضوع بود که به ازاء مصرف هر واحد انرژی (مگاژول) مقدار ۰/۰٦ کیلوگرم دانه روغنی کلزا تولید شده بود و برای تولید هرکیلوگرم دانه روغنی کلزا معادل ۱٦/٥۸ مگاژول در هکتار انرژی صرف شد. با نگاه دقیق به نتایج این تحقیق مشخص می‌گردد بهترین منطقه جهت تولید کلزا در این استان

ناحیه غربی می‌باشد و ناحیه جنوبی منطقه مناسبی برای توسعه کشت این محصول نیست. البته با مدیریت مصرف انرژی در ناحیه جنوبی و نیز مدیریت زراعی از نظر تاریخ مناسب کشت جهت جلوگیری از سرمازدگی پائیزه و نیز مدیریت مصرف کودهای شیمیایی می‌توان عملکرد محصول و در نهایت بهره‌وری انرژی در تولید کلزا در ناحیه جنوبی استان خراسان شمالی را بهبود ببخشد.

سپاسگزاری

از کلیه کشاورزان عضو انجمن خبرگان کشاورزی خراسان شمالی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Agricultural Statistics, 2020. Statistics Office and Ministry of Information Technology Information, Agricultural Jihad, Tehran.

Banaeian N, Omid M and Ahmadi H. 2013. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management, 52:1020-5.

Bechini L and Castoldi N. 2009. On-farm monitoring of economic and environmental performances of cropping systems: Results of a 2-year study at the field scale in northern Italy. Ecological Indicators, 9:1096-113.

Chapagain T and Good A. 2015. Yield and production gaps in rainfed wheat, barley, and canola in Alberta. Frontiers in Plant Science, 6:990.

Dargahi MR, Jahan M, Naseri MT and Ghorbani R. 2016. Energy balance Evaluation and Economical Analysis of canola production in Golestan Province. Agronomy Journal(Pajouhesh & Sazandegi), 112: 50-62. (In Persian).

Davoodi MS and Houshyar E. 2009. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. Human Power, 1(1).

Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D and Ekinci C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Conversion and Management, 47(13-14):1761-9.

Elhami B, Akram A and Khanali M. 2017. Optimization of energy consumption and reduction of greenhouse gas emissions in the production of blue lentils using data envelopment analysis method. Iranian Biosystem Engineering, 47 (4) 710-701.

FAOSTAT 2017. FAOSTAT Data. www.faostat.fao.org.

Fartoot Enayat F, Mousavi Nik S.M and Asgharipoor M.R. 2018. Investigation of energy efficiency, greenhouse gas emissions and economic analysis of forage sorghum cultivation in Sistan region. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27 (3): 33-43.

Fathi R, Kheiralipour K and Azizpanah A. 2020. Evaluation of energy consumption pattern and environmental effects of rapeseed production in rainfed conditions of Ilam province. Journal of Energy Economics Studies, 15 (62): 155-180.

Homaee M. 2016. Interactive effect of nitrogen and salinity on yield, oil content and nitrogen use efficiency in canola. Journal of Crop Production, 9(2):193-211.

Jones CD, Fraisse CW and Ozores-Hampton M. 2012. Quantification of greenhouse gas emissions from open field-grown Florida tomato production. Agricultural systems, 113:64-72.

Kennedy S. 2000. Energy use in American agriculture. Sustainable energy term paper. 5(1):1-26.

Kramer KJ, Moll HC and Nonhebel S. 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. Agriculture, Ecosystems & Environment, 72(1):9-16.

Litskas VD, Mamolos AP, Kalburtji KL, Tsatsarelis CA and Kiose-Kampasakali E. Energy flow and greenhouse gas emissions in organic and conventional sweet cherry orchards located in or close to Natura 2000 sites. Biomass and Bioenergy, 35(3):1302-10

Mohammadi A, Rafiee S, Jafari A, Keyhani A, Mousavi-Avval SH and Nonhebel S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 30:724-33.

Molaeei k and Afzalinia A. 2012. Determination of energy indices in production wheat and canola in Dashte Namdan Agro-industry (Eghlid region.Fars). Journal of Crop Ecophysiology, 4(1): 26-36. (In Persian)

Mondani F, Aleagha S, Khoramivafa M and Ghobadi R. 2017. Evaluation of greenhouse gases emission based on energy consumption in wheat Agroecosystems. Energy Reports, 3, 37-45.

Mousaviaval S.H, Rafiei Sh, Sharifi, M and Hosseinpour S. 2016. Evaluation of life cycle and environmental effects of rapeseed production in Mazandaran province with two different approaches. Iranian Biosystem Engineering, 46 (3): 265-274.

Ozkan B, Akcaoz H and Fert C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29(1):39-51.

Ozkan B, Akcaoz H and Karadeniz F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management, 45(11-12):1821-1830.

Pathak B and Bining A. 1985. Energy use pattern and potential for energy saving in rice-wheat cultivation. Energy in Agriculture, 4:271-278.

Rajaby MH, Soltani A, Zeinali E and soltani E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production, 19(3): 143-172. (In Persian)

Sheikh Davoodi, M.J and Houshyar E. 2009. Energy Consumption of Canola and Sunflower Production in Iran. American-Eurasian. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 6(4): 381-384.

Shrestha D. 1998. Energy use efficiency indicator for agriculture.

Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H and Kumar P. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences, 363(1492):789-813.

Snyder C, Bruulsema T, Jensen T and Fixen P. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems & Environment, 133(3-4):247-66.

Taheri-Rad AR, Nikkhah A, Khojastehpour M and Nourozieh SH. 2015. Assessing GHG emissions and energy and economic analysis of cotton production in Golestan province. Journal of Agricultural Machinery. 5(2): 428-445. (In Persian).

Taylor, A. E. B., O'Callaghan, P. W., & Probert, S. D. (1993). Energy audit of an English farm. Applied Energy, 44(4), 315-335.

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R and Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418:671-7.

Tzilivakis J, Warner D, May M, Lewis K and Jaggard K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems, 85(2):101-1

UNDP, 2011. Sustainability and Equity: A Better Future for All. Human Development Report 2011. United Nations Development Programme, New York.

Uzunoz, M, Akcay Y and Esengun K. 2008. Energy input-output analysis of sunflower seed (*Helianthus annuus L.*) oil in Turkey. Energy Source, 3: 215-223.

Venturi P and Venturi G. 2003. Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems. Biomass and Bioenergy, 25(3):235-55.

Yaldiz O, Ozturk H, Zeren Y and Bascetincelik A. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. 5th International Congress on Mechanisation and Energy Use in Agriculture Turkey: Kusadas, 11-14.

Yang C, Gan Y, Harker KN, Kutcher HR, Gulden R and Irvine B. 2014. Up to 32% yield increase with optimized spatial patterns of canola plant establishment in western Canada. Agronomy for Sustainable Development, 34(4):793-801.

Yilmaz I, Akcaoz H and Ozkan B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy, 30(2):145-55

Zhou L, Wang H, Chen X, Li Y, Hussain N and Cui L. 2017. Identification of candidate genes involved in fatty acids degradation at the late maturity stage in *Brassica napus* based on transcriptomic analysis. Plant Growth Regulation, 83(3):385-96.