یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

ارزیابی انرژی مصرفی در مزارع آفتابگردان روغنی (مطالعه موردی: شهرستان خوی)

حسین لطفعلی‌نژاد[1]، ولی رسولی شربیانی[2]، ابراهیم تقی‌نژاد

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی بیوسیستم؛ hosein.lo1360@gmail.com

[2] استادیار دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی؛ vrasooli@uma.ac.ir

[3] استادیار دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان؛ e.taghinezhad@uma.ac.ir

چکیده

ارزیابی روند ورود و خروج انرژی در سامانه‌های کشاورزی یکی از روش‌های تعیین سطح پایداری در این سامانه‌ها است. از این رو در تحقیق حاضر میزان انرژی‌های ورودی و خروجی و شاخص‌های مربوط به آن در مزارع آفتابگردان روغنی شهرستان خوی در سال زراعی ۹۶-۹۷ مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بیش‌ترین سهم از کل انرژی ورودی مربوط به نهاده‌های مصرفی شامل کود شیمیایی نیتروژن (۴۳/۹۸٪)، سوخت مصرفی (۲۵/۷۴٪) و ماشین آلات (۸/۴۲٪) بود. همچنین، میزان اتکا به منابع تجدیدناپذیر انرژی برای تولید آفتابگردان در این منطقه زیاد است و باید در جهت جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر به جای منابع تجدید ناپذیر تلاش گردد. همچنین کارایی انرژی مربوط به این محصول پایین بوده است (برای دانه ۱/۵۷ و دانه و کاه ۷/۹۶) که باید در جهت ارتقا آن تلاش شود. بهره‌وری انرژی در تولید دانه ۰/۰۶ مگاژول بر کیلوگرم و مجموع دانه و کاه ۰/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. بهره‌وری انرژی دانه حدود ۱۱ درصد بهره‌وری انرژی بیولوژیک بود که نشان می‌دهد حدود ۸۹ درصد از انرژی تولیدی مربوط به کاه می‌باشد و در صورت عدم استفاده مناسب از این کاه، بهره‌وری به شدت کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: آفتابگردان، انرژی خروجی، انرژی ورودی، جریان انرژی، کارایی مصرف انرژی

Evaluation of Energy Consumption in Oilseed Sunflower fields (A case study: Khoy City)

Hossain Lotfalinezhad[1], Vali Rasooli Sharabiani[2], Ebrahim Taghinezhad[3]

[1]MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, hosein.lo1360@gmail.com

[2]Professor Assistant, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, vrasooli@uma.ac.ir

[3]Professor Assistant, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, e.taghinezhad@uma.ac.ir

ABSTRACT

Evaluation of energy flow in agro ecosystems is considered to be a valuable technique for evaluation the sustainability level of these ecosystems. Hence, a study was conducted in 2018 growing season to evaluate energy input, output and energy balance indices of sunflower production in Khoy, Iran. The total energy input and output for wheat production was found to be 31001.61 and 246666.67 MJ ha^{-1}, respectively. The largest share of energy inputs was related to chemical nitrogen fertilizer followed by diesel fuel and machinery which were responsible for 43.98, 25.74 and 8.42% of the total energy input, respectively. Among the inputs energy, the share of non-renewable energy for sunflower production was relatively high and efforts should be made to substitute renewable sources for some part of the non-renewable sources. The energy ratio (energy efficiency) in these fields is low (1.57 and 7.96 for seed and biological 96/7, respectively) and should be sought to promotion it. Energy efficiency in grain production and biological was calculated to be 0.66 and 0.57 MJ. Kg^{-1}, respectively. The energy efficiency of the grain was about 11% of the biological energy efficiency, which indicates that about 89% of productive energy related to straw and if the straw is not properly used, productivity declines sharply.

Keywords: Sunflower, Energy flow; Energy use efficiency; Input energy; Output energy

۱- حسین لطفعلی‌نژاد؛ اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی؛ تلفن: ۰۹۹۰۷۶۵۳۰۶۷

۱- مقدمه

بخش کشاورزی هم به عنوان مصرف‌کننده و هم تولیدکننده انرژی شناخته می‌شود. بررسی عوامل مؤثر بر افزایش انرژی مصرفی(ورودی) در تولید محصولات کشاورزی، می‌تواند راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی را نمایان سازد. بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی به دلیل کاهش مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای انرژی ورودی به سامانه و کاهش اثرات زیست‌محیطی آن، اهمیت مضاعف پیدا می‌کند (Alam et al., 2005). مقدار انرژی که در سیستم‌های مختلف تولیدی زراعی مصرف می‌شود، نه فقط به نوع آن محصول بلکه به نوع مواد به کار گرفته شده در تولید آن محصول نیز وابسته است. به گونه‌ای که نحوه رفتار سیستم‌های مختلف زراعی در به‌کارگیری نهاده-ها و منابع انرژی متفاوت بوده و در هر سیستم تولیدی کارایی انرژی حاصله متفاوت است؛ به‌نحوی که می‌تواند منجر به ناپایداری کشاورزی گردد . اگر افزایش مصرف انرژی در بخش کشاورزی ادامه پیدا کند، تنها شانس تولیدکنندگان برای افزایش محصول کل، استفاده از نهاده بیشتر به جای گسترش زمین‌های قابل کشت خواهد بود . لذا مصرف انرژی در کشاورزی به صورت یک مسئله درآمده است (Raei-Jadidi et al., 2010). یکی از روش‌های بسیار مفید در تحلیل و ارزیابی پایداری کشاورزی، استفاده از انرژی به عنوان ابزار محاسبه می‌باشد (Erdal et al., 2010). تحت این شرایط تجزیه و تحلیل داده – ستاده از نقطه نظر انرژی برای سیاست‌گذاران و طراحان فرصتی را فراهم می‌سازد تا فعل و انفعالات مصرف انرژی ارزیابی نمایند.

آفتاب‌گردان (Helianthus annuus L.) نام یک گونه از سرده آفتاب‌گردان است. این گیاه در بین محصولات زراعی از اهمیت و ارزش خاصی در دنیا برخوردار است و در ۶۷ کشور دنیا کشت می‌شود (FAO, 2005). در این بین ایران نیز با تولید بیش از ۱۳هزار تن دانه آفتابگردان روغنی در سال از کشورهای مهم تولید این محصول محسوب می‌شود، بر اساس آخرین آمار موجود، سطح زیر کشت آفتاب‌گردان در کشور ۱۲۲۹۶هکتار می‌باشد که در این بین استان آذربایجان غربی با ۳۲۲۵هکتار بیش‌ترین سطح زیر کشت این محصول در کشور را به خود اختصاص داده است. با این حال با وجود پتانسیل بسیار بالای استان آذربایجان غربی و شهرستان خوی در کشت این محصول به علت عملکرد پایین (۱۰۸۷کیلوگرم در هکتار) (Ahmadi et al., 2015) از ارزش اقتصادی پایینی برخوردار است و باید به دنبال راهکاری برای افزایش آن بود.

تاکنون تجزیه و تحلیل انرژی و محاسبه شاخص های انرژی برای محصولات مختلف در ایران و سایر کشورها صورت گرفته است، سینگ و همکاران (Singh et al, 2007) به منظور بیشینه نمودن عملکرد تولید گندم، به مقایسه الگوهای مصرف انرژی در نقاط مختلف هند پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که سطح فناوری، انرژی های ورودی و عوامل اقلیمی-زراعی جزء مهم‌ترین عوامل تولید گندم به شمار می‌روند. ضمن این که بیش‌ترین میزان انرژی ورودی برای گندم ۱۷/۸ گیگاژول در هکتار و بالاترین نسبت انرژی برابر با ۵/۲ به دست آمد.

در پژوهشی انرژی‌های ورودی و خروجی کشت دانه آفتاب‌گردان روغنی در ترکیه مورد تحلیل قرار گرفت، براساس نتایج این پژوهش مصرف انرژی کل ۱۸۹۳۱/۰۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد؛ نتایج همچنین نشان داد کودهای شیمیایی بیش‌ترین مقدار(۵۱/۲۸٪) از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده بود و پس از آن انرژی سوخت با ۲۸/۵۵٪ قرار داشت. کارایی مصرف انرژی ۲/۹۵ و انرژی ویژه ۸۴۸۹/۲۸ مگاژول بر تن محاسبه شد و مصرف انرژی مستقیم و غیر مستقیم و تجدید پذیر و غیر تجدیدپذیر به ترتیب برابر با ۳۰/۴۱، ۶۴/۱۳، ۹۲/۴۶ و ۲/۰۸ درصد بود (Uzunoz et al., 2008).

میزان انرژی ورودی برای تولید گندم در ترکیه توسط در پژوهشی تیپی و همکاران (Tipi et al., 2009) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تولید گندم در مجموع ۲۰۶۵۳/۵۴ مگاژول در هکتار انرژی مصرف می‌کند.

پاگانی و همکاران (Pagani et all., 2017) طی یک تحلیل مقایسه ای انرژی‌های ورودی در سیستم‌های تولید برنج در پیمونت، ایتالیا و مسیوری، ایالات متحده آمریکا را ارزیابی نمودند. آن‌ها گزارش نمودند که مصرف انرژی مزارع متعارف از ۳/۵ تا ۷ مگاژول بر کیلوگرم بود در حالیکه در کشاورزی ارگانیک کاهش انرژی ورودی (حدود ۵۰٪) منجر به کاهش تنها ۸درصدی عملکرد محصول گردید. آن‌ها همچنین نشان دادند که کاهش معنی‌داری در مصرف سوخت یا برق (استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر) می‌تواند بدون آبیاری سطح و خاکورزی نیز حاصل شود.

ناکاتان و آیدین (Unakıtan & Aydın., 2018) بهره‌وری مصرف انرژی و تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید گندم و آفتابگردان در منطقه تراکیا کشور ترکیه را مقایسه نمودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش کل انرژی مصرفی در تولید گندم و آفتابگردان به ترتیب ۲۳۲۳۱ و ۱۰۱۳۹ مگاژول در هکتار برآورد شد و بر اساس تولید انرژی، انرژی خروجی در تولید گندم (به همراه کاه) و آفتابگردان به ترتیب ۸۱۷۲۰ و ۳۸۲۵۰ مگاژول تعیین شد. بازده مصرف انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص تولید در گندم به ترتیب ۳/۵۲، ۰/۱۹ کیلوگرم بر مگاژول، ۵/۱۶ مگاژول بر کیلوگرم ۵۸۴۸۹ مگاژول در هکتار و در آفتابگردان به ترتیب ۳/۷۷، ۰/۱۵ کیلوگرم بر مگاژول، ۶/۶۳ مگاژول بر کیلوگرم ۲۸۱۱۱ مگاژول در هکتار محاسبه شد. نسبت سود به هزینه به ترتیب برای گندم و آفتابگردان ۱/۲۰ و ۱/۰۲ به دست آمد.

با توجه به اهمیت فرآورده‌های حاصل از دانه‌های روغنی از جمله آفتاب‌گردان در سبد غذایی هر خانوار ایرانی و نیز ضرورت افزایش بهره‌وری تولید از دیدگاه اقتصادی و مصرف انرژی، ارزیابی کارآیی انرژی تولید مزارع آفتابگردان در این استان و خصوصا شهرستان خوی به عنوان یکی از

قطب‌های تولید این محصول جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در راستای تولید بهینه این محصول ضروری به نظر می‌رسد لذا در پژوهش حاضر جریان انرژی در مزارع آفتابگردان روغنی این شهرستان مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی محل انجام تحقیق

شهرستان خوی با وسعتی در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع درشمال غربی ایران و در شمال غربی استان آذربایجان غربی بین ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قراردارد. این شهرستان از شمال به ماکو و از شرق به مرند و از جنوب به سلماس و از مغرب به کشور ترکیه منتهی می‌شود و دارای ۴ بخش و ۵ شهر و۱۱ دهستان و ۲۲۲ روستا می باشد.

چگونگی جمع آوری اطلاعات

اطلاعات مورد نیاز برای این تحقیق از طریق پرسشنامه فنی و تخصصی و به روش چهره به چهره و تکمیل آن توسط کشاورزان پیشرو در منطقه تهیه شد و با استفاده از آمار و اطلاعات سازمانهای جهاد کشاورزی و نیز کارشناسان و متخصصان زراعت گندم شهرستان درستی آن‌ها کنترل گردید. پس از جمع آوری اطلاعات، میانگین هر یک از متغیر ها محاسبه و با توجه به معادل‌های انرژی که از منابع مختلف جمع‌آوری شده بودند (جدول۱) برحسب مگاژول در هکتار تبدیل شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌هاو و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

جدول ۱- معادل های مقادیر انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع آفتابگردان روغنی

Table 2. Energy equivalent of inputs and outputs in sunflower fields

Variable	Unit	Energy equivalent(MJ/unit)	References
Input energy			
Human labor	h	1.96	Uzunoz et al., 2008
Tillage, Spraying and fertilizing Machinery	h	62.70	Singh et al., 2002; Singh et al., 2003
Transportation	h	29.80	Fluck, 1992; Biondi et al., 1987;
Fuel	L	56.31	Singh et al., 2002; Singh et al., 2003
Nitrogen Fertilizer	Kg	75.40	Uzunoz et al., 2008
Phosphorus Fertilizer	Kg	10.90	Uzunoz et al., 2008
Potassium Fertilizer	Kg	9.90	Uzunoz et al., 2008
Farmyard manure	Kg	0.3	Singh et al., 2002; Ozkan, et al. 2004
Other fertilizers (micronutrient)	Kg	120	Singh and Mittal., 1992
Insecticide	L	237	Hülsbergen et al., 2001
Fungicide	L	196	Hülsbergen et al., 2001
Herbicide	L	288	Hülsbergen et al., 2001
Water for irrigation	m^3	0.63	Uzunoz et al., 2008
Seed	Kg	3.60	Ozkan et al., 2004
Output energy			
Grain	Kg	25	Hatirli et al., 2005
Straw	Kg	12.5	Singh and Mittal., 1992

متغیر نیروی انسانی، از مجموع ساعات نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختلف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سم پاشی، آبیاری، برداشت و حمل و نقل می‌شود، محاسبه شد. نهاده ماشین آلات به عنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه، شامل ساعات کار ماشین آلات و ادواتی می‌باشد که از کاشت تا برداشت و حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقدار گازوئیلی و روغنی که جهت سوخت ماشین آلات مختلف برای شخم، کاشت، آبیاری، کودهی، برداشت و نیز حمل و نقل در یک هکتار مزرعه آفتابگردان مورد استفاده قرار می‌گیرد، در زیر مجموعه متغیر سوخت قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین متغیرهای ورودی به بوم نظام های کشاورزی کودهای شیمیایی است. مقادیر این کودها به صورت خالص در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر مصرف سموم کشاورزی شامل علفکش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه نیز جمع‌آوری شد و تحت متغیر سموم شیمیایی ارزیابی شد. یکی از نهاده‌های ورودی در منطقه آب است که با استفاده از ضریب تبدیل مقدار آب به انرژی ورودی آب آبیاری برحسب مگاژول در هکتار بدست آمد و به عنوان یک متغیر مستقل وارد شد. مقدار بذر مصرفی در هر هکتار مزرعه آفتابگردان روغنی نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن بصورت مگاژول در هکتار محاسبه شد. عملکرد دانه و میزان کاه و کلش نیز به عنوان انرژی‌های خروجی مزارع مختلف ثبت شد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

شاخص‌های انرژی

نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی با استفاده از رابط گزارش شده در منابع محاسبه شده(Uzunoz et al., 2008) و در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲-شاخص‌های انرژی و تعاریف آن‌ها

Table 2. Energy indicators and their definitions

Indicator	Definition	Unit
Direct energy inputs	Fuel and human labor	Mj.Ha-1
Indirect energy inputs	Machinery, fertilizers, pesticides, seed and …	Mj.Ha-1
Renewable energy inputs	Human labor and seed	Mj.Ha-1
Non-renewable energy	Fuel, fertilizers, pesticides and machinery	Mj.Ha-1
Total energy input	Total direct and indirect energy inputs	Mj.Ha-1
Grain output energy	Energy in the harvested grain	Mj.Ha-1
Biological output energy	Energy in the harvested Biological(grain and straw)	Mj.Ha-1
Output/input ratio	Output Energy/Total energy input	Mj.Ha-1
Energy productivity	Output (kg/ha)/energy input	Kg.Mj-1
Net energy ratio	Output energy-Total energy input	Mj.Ha-1

۳- نتایج و بحث

ورودی‌های مورد استفاده در تولید و خروجی مزارع آفتابگردان روغنی و معادلات انرژی آن‌ها در جدول ۳ و سهم هریک از ورودی و خروجی‌ها در مقادیر انرژی ورودی و خروجی در شکل ۱ نشان داده شده است.

کل انرژی مورد نیاز برای تولید آفتابگردان روغنی ۳۱۰۰۱/۶۱ مگاژول در هر هکتار بود. در بین ورودی‌های مختلف کودهای شیمیایی با ۱۶۳۶۹/۸۳مگاژول در هکتار(۵۲/۸٪) بیش‌تری سهم را از انرژی‌های ورودی به مزارع آفتابگردان روغنی داشت. همچنین با توجه به مقادیر بالای انرژی کودهای نیتروژن، این کود در میان کودهای مختلف بیش‌ترین سهم (۴۳/۹۸٪) (۱۳۶۳۵ مگاژول بر هکتار) را داشت. دومین ورودی پر مصرف سوخت با نرخ متوسط ۱۴۵/۱۶ لیتر در هکتار ۲۵/۷۴٪ کل انرژی مصرف در مزارع را به خود اختصاص داده بود. همچنین با توجه به آن که بخش بسیار زیادی از عملیات کشت آفتابگردان در خوی با استفاده از ماشین آلات صورت می‌گیرد، ماشین آلات نیز با ۸/۴۲٪ (۲۶۱۰/۲۰مگاژول در هکتار) سومین نهاده پرمصرف در تولید آفتابگردان در منطقه مورد بررسی بود. کشت آفتابگردان در شهرستان خوی تماما به صورت آبی بوده و به طور متوسط در هر فصل زراعی اراضی آفتابگردان در این منطقه با ۳۲۷۱/۲ لیتر آب آبیاری می‌گردد که معادل ۶/۶۵٪ از انرژی ورودی این محصول است. سموم کشاورزی نیز سهمی ۶/۶۵٪ (۱۴۲۵/۶۷ مگاژول در هکتار) از انرژی ورودی کشت آفتابگردان روغنی را در منطقه مورد مطالعه دارد. همچنین در بین سموم مختلف علف‌کش‌ها (عموما سم پاراکوات) با متوسط ۳/۳۳ لیتر در هر هکتار(۳/۱۰٪) بیش‌ترین سهم را در بین سموم مختلف داشت. نیروی انسانی نیز با ۵۰۹/۷۶ مگاژول بر هکتار، ۱/۶۴٪ از انرژی‌های ورودی به مزارع آفتابگردان روغنی را در شهرستان خوی به خود اختصاص داده بود و در این بین عملیات برداشت با ۱/۲۷٪ بیش‌ترین سهم را از نیروی کارگری مورد استفاده را داشت.

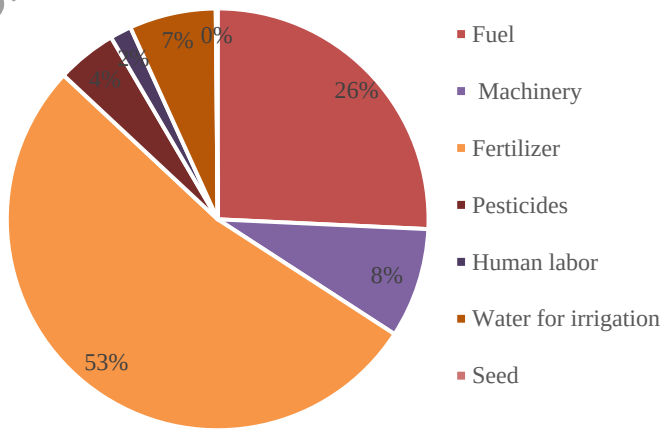

Figure 1. The contribution of each input to the total input energy.

شکل ۱- سهم هر یک از ورودی‌ها از کل انرژی ورودی.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

جدول ۳-مقادیر انرژی‌های ورودی و خروجی در مزارع آفتابگردان روغنی شهرستان خوی

Table 2. Amounts of inputs and outputs in Sunflower fields of Khoy townships

Energy sources		Quantity used per Hectare	Total energy($MJ.Ha^{-1}$)
Input energy			
Human labor		260.08	509.76
	Land preparation	6.92	13.56
	Planting	7.17	14.5
	Fertilization	1.17	2.27
	Spraying	1.5	2.94
	Harvesting	201.67	395.27
	Separating	23.33	45.73
	Transportation	18.33	35.93
Machinery		51.25	2610.20
	Land preparation	6.92	433.68
	Fertilization	1.17	73.15
	Spraying	1.5	94.05
	Separating	23.33	1463
	Transportation	18.33	546.33
Fuel		145.16	7980.28
	Land preparation	70.67	3979.24
	Fertilization	20.28	1142.15
	Spraying	10.14	571.08
	Separating	20.28	1142.15
	Transportation	20.28	1142.15
Fertilizers		532.17	16369.83
	Nitrogen Fertilizer	225	13635
	Phosphorus Fertilizer	141.67	1572.50
	Potassium Fertilizer	133.33	893.33
	Farmyard manure	30	9
	Other fertilizers (micronutrient)	2.16	260
Pesticides		5.5	1425.67
	Insecticide	1	237
	Fungicide	1.17	228.67
	Herbicide	3.33	960
Water for irrigation		3271.2	2060.86
Seed		12.5	45
Output energy			
Grain		1950	48750
Straw		15833.33	197916.67

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

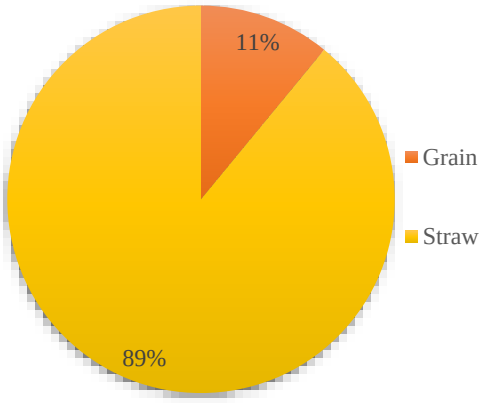

Figure 2. The contribution of each output to the total output energy.

شکل ۲- سهم هر یک از خروجی‌ها از کل انرژی خروجی.

سهم هریک از عنوان انرژی از کل انرژی تولیدی نیز در جدول۴ نشان داده شده است. بررسی نتایج نشان داد که سهم انرژی مستقیم و غیر مستقیم از کل انرژی‌های مصرفی در جریان تولید آفتابگردان روغنی به ترتیب ۲۷/۳۹ و ۷۲/۶۱ درصد است. همچنین از مجموع انرژی‌های ورودی در کشت آفتابگردان تنها ۱/۶۴٪ آن از منابع تجدیدپذیر تامین شده و مابقی آن از مربوط به منابع انرژی تجدیدناپذیر است. این نتایج نشان می‌دهد که سوخت‌های فسیلی، ماشین‌ها و سموم شیمیایی سهم بزرگی از انرژی مصرفی را به عنوان منابع انرژی تجدیدناپذیر شامل می‌شوند و در مقابل توان انسان و بذر به عنوان منابع انرژی تجدیدپذیر سهم اندکی از انرژی مصرفی را دارا است. مصرف بیش از حد منابع انرژی تجدیدناپذیر در سیستم‌های رایج کشاورزی و اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها بر خاک به همراه اثرات جانبی دراز مدتی که بر اکوسیستم می‌گذارند، باعث عدم پایداری این سیستم‌های کشاورزی می‌گردد پس لازم است که با توسعه تکنولوژی به منظور طراحی یک سیستم جدید کشاورزی و با در نظر گرفتن سیاست‌های ویژه از سوی سیاست‌مداران،در جهت ایجاد سیستم‌های تولید کاراتر و دوستدار محیط زیست اقدام نمود (Hemmatian et al., 2013).

جدول ۴-تقسیم‌بندی نوع انرژی مصرفی و سهم هر یک از آن‌ها در تولید آفتابگردان روغنی

Table 4. The division of the type of consumption energy and contribution of each them to production of sunflower

Title	Consumption energy($Mj.Ha^{-1}$)	٪
Total energy input	31001.61	100
Direct energy inputs	8490.04	27.39
Indirect energy inputs	22511.56	72.61
Renewable energy inputs	554.76	1.79
Non-renewable energy	30446.85	98.21

شاخص‌های انرژی برای تولید آفتابگردان در دو حالت دانه و بیولوژیک(دانه+کاه) محاسبه شدند و نتایج در جدول ۵ آورده شده است. نسبت انرژی (کارایی انرژی) برای دانه ۱/۵۷ و دانه و کاه ۷/۹۶ به دست آمد. بهره‌وری انرژی در تولید دانه ۰/۰۶ مگاژول بر کیلوگرم و مجموع دانه و کاه ۰/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد و این به معنی آن است که به ازای هر یک مگاژول مصرف انرژی، ۰/۰۶ کیلوگرم آفتابگردان تولید می‌شود. بهره‌وری انرژی دانه حدود ۱۱ درصد بهره‌وری انرژی بیولوژیک بود که نشان می‌دهد حدود ۸۹ درصد از انرژی تولیدی مربوط به کاه می‌باشد که در صورت عدم استفاده مناسب از این کاه، بهره‌وری به شدت کاهش می‌یابد. در مطالعات دیگر بر روی محصولات مختلف، بهره‌وری انرژی برای پنبه ۰/۰۶، چقندرقند ۱/۵۳ و نخود دیم ۰/۱۳ مگاژول بر کیلوگرم بود(Yilmaz et al., 2005; Erdal et al., 2007; Hemmatian et al., 2013). افزوده خالص انرژی نیز برای دانه و دانه+کاه نیز به ترتیب ۱۷۷۴۸/۳۹ و ۲۱۵۶۶۵/۰۶ مگاژول در هکتار بود.

جدول ۵-شاخص های انرژی در کشت آفتابگردان روغنی

Table 5. Energy Indicators in Sunflower Cultivation

	Grain	Biological
Output/input ratio	1.57	7.96
Energy productivity	0.06	0.57
Net energy ratio	17748.39	215665.06

۴- نتیجه‌گیری

با مطالعه روند مصرف انرژی در کشت بوم‌های آفتابگردان روغنی شهرستان خوی مشخص گردید میزان انرژی ورودی و خروجی به این کشت بوم‌ها به ترتیب ۳۱۰۰۱/۶۱ و ۲۴۶۶۶/۶۷ مگاژول بر هکتار می‌باشد. در بین نهاده‌های مصرفی بیش‌ترین سهم از کل انرژی ورودی به ترتیب مربوط به کود شیمیایی نیتروژن (۴۳/۹۸٪)، سوخت مصرفی (۲۵/۷۴٪) و ماشین آلات (۸/۴۲٪) بود. در بین انرژی های ورودی سهم انرژی غیرمستقیم بیش‌تر از انرژی مستقیم و سهم منابع تجدیدناپذیر بیش‌تر از منابع تجدیدپذیر بود که نشان دهنده آن است که میزان اتکا به منابع تجدید ناپذیر انرژی برای تولید آفتابگردان روغنی در این منطقه زیاد است و باید در جهت جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر به جای منابع تجدید ناپذیر تلاش گردد. نسبت انرژی (کارایی انرژی) در این کشت بوم‌ها پایین است (برای دانه ۱/۵۷ و دانه و کاه ۷/۹۶) و باید در جهت ارتقا آن تلاش شود. بهره‌وری انرژی در تولید دانه ۰/۰۶ مگاژول بر کیلوگرم و مجموع دانه و کاه ۰/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. بهره‌وری انرژی دانه حدود ۱۱ درصد بهره‌وری انرژی بیولوژیک بود که نشان می‌دهد حدود ۸۹ درصد از انرژی تولیدی مربوط به کاه می‌باشد که در صورت عدم استفاده مناسب از این کاه، بهره‌وری به شدت کاهش می‌یابد.

۵- مراجع

Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Fazli-Estabragh, M., Hosseinpor, R., Kazemian, A & Rafiei, M. (2015). *Agricultural Statistics of Iran in 2015* (Vol. Volume 1: , pp. 88-89): Ministry of Agriculture Jihad of Iran. (Persian)

Alam, M. S., Alam, M. R., & Islam, K.K. (2005). Energy flow in agriculture: Bangladesh. *American Journal of Environmental Sciences*, 1(3), 213-220.

Biondi, P., Farina, G., & Panaro, V. (1987). Energy analysis in agriculture. *Riv. di Ing. Agr*, *4*, 205-219.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., & Gündüz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32(1), 35-41.

FAO. (2005). Food and agriculture organization of the United Nations, statistical databases, agriculture,agricultural production, crops primary. Available from: http://www. fao.org.

Fluck, R. C. (Ed.). (2012). *Energy in farm production*. Elsevier.

Hatirli, S. A., Ozkan, B., & Fert, C. (2005). An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *9*(6), 608-623.

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

Hülsbergen, K. J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G. W., Kalk, W. D., & Diepenbrock, W. (2001). A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *86*(3), 303-321.

Ozkan, B., Kurklu, A., & Akcaoz, H. (2004). An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy*, *26*(1), 89-95.

Pagani, M., Johnson, T. G., & Vittuari, M. (2017). Energy input in conventional and organic paddy rice production in Missouri and Italy: A comparative case study. *Journal of environmental management*, 188, 173-182.

Raei-Jadidi, M., Homayounifar, M., Sabuhi Sabuni, M., & Kheradmand, V. (2010). Determination of Energy Use Efficiency and Productivity in Tomato ProductionAgricultural. *Economics & Development*, 24(3), 363-370. (Persian)

Singh, H., Mishra, D., & Nahar, N. M. (2002). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India—part I. *Energy Conversion and Management*, *43*(16), 2275-2286.

Singh, H., Mishra, D., Nahar, N. M., & Ranjan, M. (2003). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India: part II. *Energy Conversion and Management*, *44*(7), 1053-1067.

Singh, H., Singh, A. K., Kushwaha, H. L., & Singh, A. (2007). Energy consumption pattern of wheat production in India. *Energy*, 32, 1848-1854.

Singh, S., & Mittal, J. P. (1992). *Energy in production agriculture*. Mittal Publications.

Tipi, T., Cetin, B., & Vardar, A. (2009). An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey . *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 352-356.

Unakıtan, G., & Aydın, B. (2018). A comparison of energy use efficiency and economic analysis of wheat and sunflower production in Turkey: A case study in Thrace Region. *Energy*, 149, 279-285.

Yilmaz, I., Akcaoz, H., & Ozkan, B. (2005). An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, 30(2), 145-155.