

الگوی مصرف انرژی در تولید ذرت دانه‌ای در ایران

سلیم محمدی^۱ و محمدعلی میسمی^{۱*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۵

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۱

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: E-mail: Maysami@tabrizu.ac.ir

چکیده

مطالعات متعددی در دنیا و نیز در نقاط مختلف ایران در مورد مصرف انرژی انواع محصولات در مزارع کشاورزی انجام شده، اما جای مطالعه جامعی که از نتایج این مطالعات استفاده کرده و نتیجه‌گیری کلی کند خالی است. در این تحقیق انرژی مصرفی و تولیدی در یکی از محصولات مهم کشور ایران (ذرت دانه‌ای) از طریق روش اسنادی (مقالات و پایان‌نامه‌ها) با بررسی شاخص‌های انرژی به دست آمده در آن‌ها مطالعه شد. شاخص‌های مورد نظر، نسبت انرژی خروجی به ورودی، کارایی انرژی، شدت انرژی و سود خالص انرژی تعیین گردیدند. نتایج بررسی‌ها نشان دادند، متوسط عملکرد دانه ذرت در نقاط مختلف ایران حدود ۶۱۶۷ کیلوگرم در هکتار بوده که برای تولید این مقدار دانه ذرت به‌طور متوسط ۵۵ گیگاژول در هکتار انرژی ورودی نیاز است. در بین نهاده‌های ورودی، کود ازته دارای بیشترین سهم (۲۹ درصد) و پس از آن الکتریسیته (۲۸ درصد) و سوخت دیزل (۱۶ درصد) قرار دارند. میانگین نسبت انرژی خروجی به ورودی برای ذرت دانه‌ای کشور ۲/۹۲ بوده و بالاترین و پایین‌ترین مقدار این شاخص به ترتیب مربوط به استان‌های فارس (۵/۸) و خوزستان (۰/۸) است. میانگین شدت انرژی نیز برابر ۹/۴۷ مگاژول بر کیلوگرم است که استان البرز با ۲۱/۰۲ مگاژول بر کیلوگرم بیشترین و استان گلستان با ۴/۶۱ مگاژول بر کیلوگرم کمترین مقدار را دارند. مقایسه نتایج مطالعات مختلف در جغرافیای مختلف می‌تواند الگوی مناسب کشت را مشخص و قابل استفاده برای سایر مناطق کند.

واژه‌های کلیدی: ایران، بیلان انرژی، ذرت دانه‌ای، روش‌های مختلف کشت

Energy Consumption Pattern for Corn Production in Iran

Salim Mohammadi¹ and Mohammad Ali Maysami^{1*}

Received: 1 Mar 2021

Accepted: 26 May 2021

¹Department of Biosystems Engineering, Agricultural faculty, University of Tabriz

*Corresponding author: E-mail: Maysami@tabrizu.ac.ir

Abstract

Agricultural sector has a considerable and increasing share from total energy consumption of societies. The growth in population and living standards increase the demands for agricultural products. The limitations in cultivatable land area forces the need for increase in yield per area unit. It emphasizes the importance of energy and resources analysis in agriculture. Several researches in the world have been conducted around the energy consumption in agricultural farms, as well in Iran. However, there is a need for comprehensive studies analyzing the results of these researches. The aim of this study was the analysis of the consumed and produced energy for one of maize corn in Iran. The energy indices, obtained from related published studies were analyzed. The energy indices were determined as the energy output-input ratio (OIR), energy productivity (EP), energy intensity (EI) and net energy yield (NEY). The results indicated that, the average yield of maize corn in different provinces of Iran is around 6167 kg ha⁻¹, requires an average energy input of 55 GJ ha⁻¹. The largest share from total energy input was related to nitrogen fertilizer 29%, followed by electricity and diesel fuel with 28% and 16%, respectively. The average OIR was 2.92 MJ/MJ where the highest and lowest values were for Fars (5.8) and Khuzestan (0.8) provinces. The average EI was 9.47 MJ/kg, where it was the highest with 21.02 MJ/kg for Alborz and the lowest with 4.61 MJ/kg for Gholston.

Keywords: Different Cultivation Methods, Energy Balance, Iran, Maize Corn

۱- مقدمه

کشاورزی مدرن امروزی شدیداً به مکانیزاسیون وابسته است و مکانیزاسیون کشاورزی یک مصرف‌کننده بزرگ انرژی‌های تجدیدناپذیر محسوب می‌شود (Leiva & Morris, 2004).

در عصر حاضر، انرژی جایگاه ویژه‌ای در تمامی فعالیت‌های تولیدی و مصرفی بشر دارد (Jalalabadi & Rakhshan, 2005). کشاورزی خود به‌عنوان کاربر انرژی و منبع انرژی در شکل انرژی زیستی است

How to cite:

Mohammadi, S., Maysami, M. A. 2021. Energy Consumption Pattern for Corn Production in Iran. Journal of Agricultural Mechanization 6 (1): 49-55.

افزایش یافته و به ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار رسیده است. مقدار عملکرد ذرت دانه‌ای نیز از ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۹۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است. شاخص شدت انرژی نیز برای ذرت دانه‌ای در ویسکانسین آمریکا ۱/۷ مگاژول بر کیلوگرم و برای آلمان ۱/۴۳ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شده است (Kraatz & et al. 2009).

در بررسی کارایی انرژی ذرت دانه‌ای در ایالت‌های مختلف آمریکا، کارایی انرژی در کشت ذرت دانه‌ای در ایالت‌های نبراسکا، جورجیا، اوهایو و ایلینویز به ترتیب برابر با ۱/۸، ۱/۲، ۴/۲ و ۴/۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد (Pimentel & Burgess, 1980).

از آنجا که تاکنون بررسی جامعی در مورد کاربرد مطالعات انجام شده در رابطه با کارایی انرژی در تولید ذرت دانه‌ای کشور انجام نشده است این تحقیق با اهداف زیر انجام شد: الف) بررسی الگوی مصرف انرژی برای ذرت دانه‌ای تولیدی در استان‌های مختلف کشور ب) مقایسه شاخص‌های مرتبط با انرژی شامل نسبت انرژی خروجی به ورودی، بهره‌وری انرژی، شدت (تراکم) انرژی و سود خالص انرژی ج) تعیین سهم نهاده‌های مهم از نظر مصرف انرژی در تولید ذرت دانه‌ای کشور به تفکیک استان‌های مختلف د) ارائه پیشنهادها و راهکارهای مناسب برای کاربرد بهتر انرژی و نهاده‌ها در تولید ذرت دانه‌ای کشور.

۲- مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، کاربردی است چون نتایج آن برای برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران سیاست‌های توسعه و کشاورزی کشور قابل استفاده می‌باشد. در تحقیق حاضر به‌منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز مربوط به شاخص‌های انرژی ذرت دانه‌ای تولیدی در نقاط مختلف ایران از روش اسنادی (مطالعه مقالات، پایان‌نامه‌ها و...) استفاده شد. بدین صورت که پس از بررسی اسناد در دسترس، اطلاعات مربوط به نهاده‌های مؤثر ورودی و عملکرد ذرت دانه‌ای جمع‌آوری و جهت انجام محاسبات اولیه به نرم‌افزار اکسل منتقل و سپس سهم هر کدام از نهاده‌ها به تفکیک استان‌ها مشخص شد. متغیرهای مورد تأکید در این پژوهش، شامل نهاده‌های مهم مصرفی (سوخت، الکتریسیته، کود شیمیایی، آبیاری، بذر، ماشین‌آلات و سموم) بود. پس از گردآوری داده‌ها، برای به دست آوردن انرژی معادل ورودی و خروجی، از ضریب-های معادل‌سازی انرژی که توسط محققان مختلف برای هر کدام از نهاده‌های ورودی و خروجی مشخص شده است، استفاده می‌شود.

۲-۱- تجزیه و تحلیل انرژی

شاخص‌های انرژی به‌عنوان ابزاری هستند که امکان مقایسه بین سیستم‌ها و مقایسه جزء به جزء آن‌ها را با یکدیگر فراهم می‌کنند. در مکانیزاسیون کشاورزی چهار شاخص مهم انرژی وجود دارد که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را برای ما مهیا می‌سازد.

رشد سریع جمعیت در کشورها و نیاز روزافزون به مواد غذایی، ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی را مشخص می‌سازد. ذرت دانه‌ای یکی از گیاهان با ارزش زراعی است که تنوع، سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوانش، آن را در ردیف مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان قرار داده است (Nourmohammadi & et al. 1997). ذرت پس از گندم و برنج، به‌عنوان سومین فرآورده مهم کشاورزی در جهان اهمیت دارد. این فرآورده کشاورزی ارزشمند، افزون بر آن که حدود ۲۷ درصد از خوراک طیور را فراهم می‌کند، دانه سودمندی برای تولید روغن خوراکی، نشاسته، گلوکز و چند فرآورده دیگر است (Hosseini & Abedi, 2007). طبق نتایج آمارنامه زراعی سال ۹۸-۱۳۹۷، سطح برداشت ذرت دانه‌ای کشور حدود ۱۳۷۸۸۲ هکتار برآورد شده که معادل ۲/۲۴ درصد از سطح کل محصولات زراعی آبی است. استان خوزستان با دارا بودن ۴۴ درصد از کل سطح برداشت ذرت دانه‌ای، بیشترین سطح را در کشور به خود اختصاص داده است. پس از آن استان‌های کرمان با ۱۵، کرمانشاه با ۱۴، فارس با ۶ و ایلام با ۵ درصد از کل اراضی ذرت دانه‌ای کشور مقام‌های دوم تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند. به‌عبارت‌دیگر نزدیک ۸۵ درصد از اراضی ذرت دانه‌ای در این پنج استان برداشت شده است. کمترین سطح برداشت با ۳۶ هکتار (۰/۰۲ درصد) و ۴۰ هکتار (۰/۰۳ درصد) به ترتیب به استان‌های اصفهان و گیلان تعلق دارد. عملکرد ذرت دانه‌ای کشور ۶۹۸۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است که بیشترین آن متعلق به استان خوزستان (۹۷۴۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن متعلق به استان سیستان و بلوچستان (۴۷۴۲ کیلوگرم در هکتار) است. بنابراین، با توجه به آمار موجود می‌توان با افزایش مطالعات و مدیریت صحیح نهاده‌های مصرفی در مزارع ذرت دانه‌ای این پنج استان، گامی مؤثر در جهت مدیریت منابع انرژی و افزایش کارایی انرژی در رابطه با این محصول مهم نهاد.

یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر در کشت پایدار یک محصول، مقدار انرژی ورودی برای تولید مطلوب یک واحد از محصول است (Richard, 1992). از دهه‌های گذشته در سرتاسر جهان مطالعاتی در زمینه تخمین میزان مصرف انرژی به اشکال مختلف در تولید محصولات کشاورزی و ارائه راهکارهای علمی و عملی برای افزایش کارایی در تولید محصولات کشاورزی انجام شده و همچنان ادامه دارد. در ادامه به ذکر چند نمونه از مطالعات صورت گرفته در رابطه با محصول ذرت دانه‌ای بسنده می‌شود:

در تحقیقاتی که طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ روی محصولات کشاورزی انجام شد بررسی‌های آن‌ها حاکی از آن بود که ۲۵ درصد از کل انرژی مصرفی برای تولید ذرت در آمریکا مربوط به استفاده از ماشین‌آلات و سوخت و ۴۵ درصد آن ناشی از به کار بردن کودهای شیمیایی است (Alam & et al. 2005).

بنابر مطالعه‌ای که به بررسی ورودی‌های انرژی در تولید ذرت دانه‌ای آمریکا و آلمان پرداخته شد، مقدار کود از ته در مزارع ذرت از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۷ روند کاهشی داشته اما در سال ۲۰۰۵ این مقدار

IE: انرژی نهاده (MJ/ha)

۳- نتایج و بحث

در این تحقیق، ارزیابی مصرف انرژی تولید ذرت دانه‌ای در نقاط مختلف ایران (با توجه به اسناد در دسترس از استان‌های مختلف) مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی مطالعات صورت گرفته، اختلاف در روش‌های داده‌برداری، تبدیل داده‌ها و برآورد شاخص‌ها به طریق محسوس وجود دارد. از جمله این اختلافات می‌توان به ضرایب بکار برده شده برای نهاده‌های مصرفی اشاره کرد که مهم‌ترین و تأثیرگذارترین آن مربوط به کود ازت می‌باشد. معادل‌های انرژی در نظر گرفته شده برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر به تفکیک هر استان در جدول ۱ آمده است. طبق نتایج جدول ۱، این ضریب برای نیترژن در بازه ۵۰ تا ۷۸ مگاژول بر کیلوگرم، برای سوخت دیزل در بازه ۳۸ تا ۵۶ مگاژول بر لیتر و برای الکتروسیسته ۳/۴ تا ۱۲ کیلووات‌ساعت منظور می‌گردد که با توجه به سهم بالای این سه نهاده در انرژی ورودی کل می‌تواند نتایج را نامعتبر سازد. روش‌های نادرست برآورد سوخت مصرفی یا آب مورد نیاز آبیاری و بعضاً عدم محاسبه شاخص‌های انرژی و تنها گزارش میزان انرژی مصرفی و تولیدی را می‌توان از جمله موارد دیگر ایجاد اختلاف در این مطالعات عنوان کرد. در برخی مطالعات نیز ضرایب ورودی‌ها و خروجی‌ها و میزان مصرف هر یک از نهاده‌ها مشخص نشده و فقط به گزارش انرژی مصرفی هر یک بسنده شده است. به‌طور کلی جهت دستیابی به نتیجه مطلوب در مطالعات مربوط به ارزیابی بیلان انرژی یک محصول باید بعد از تعیین تمام عوامل مؤثر در مطالعه، برای هر عامل ضریب مناسبی در نظر گرفته شود. همسان‌سازی ضرایب و روش انجام کار در این مطالعات، ضمن دستیابی به نتایج مطلوب، امکان مقایسه نتایج مطالعات داخلی و خارجی را فراهم کرده و با مشخص شدن نهاده انرژی بر، می‌توان تصمیمات عملی جهت کاهش این نهاده‌ها اتخاذ نمود. از نتایج این مقایسات می‌توان در جهت مدیریت بهتر انرژی در مزارع و همچنین افزایش کارایی انرژی در تولید محصولات استفاده کرد.

نتایج مربوط به شاخص‌های انرژی برای ذرت دانه‌ای به تفکیک محل کشت در جدول ۲ ارائه شده است. بر طبق این جدول، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد ذرت دانه‌ای به ترتیب مربوط به استان‌های آذربایجان غربی و گیلان با ۹۴۸۴ و ۲۳۷۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. متوسط عملکرد ذرت دانه‌ای نیز ۶۱۶۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

با مطالعه شاخص‌های انرژی می‌توان مراحل مختلف تولید محصول، مقایسه بهره‌وری انرژی در تولید محصولات مختلف را با روش‌های متفاوت در مناطق مختلف بررسی کرد (Alam et al., 2005). این شاخص‌ها به شرح ذیل تعریف می‌گردند:

نسبت انرژی خروجی به ورودی^۱: این شاخص نشان‌دهنده نسبت انرژی تولید شده به انرژی مصرف شده در فرآیند تولید است و از رابطه (۱)، محاسبه می‌شود. این شاخص بدون واحد بوده ولی معمولاً به‌صورت مگاژول خروجی بر مگاژول ورودی بیان می‌گردد.

$$OIR = \frac{OE}{IE} \quad \text{رابطه (1)}$$

که در آن:

OIR: نسبت انرژی ستاده به نهاده (MJ/MJ)

OE: انرژی ستاده (MJ/ha)

IE: انرژی نهاده (MJ/ha)

کارایی انرژی^۲: کارایی انرژی میزان محصول تولیدی را در ازای مصرف مقادیر معینی انرژی تعیین می‌کند. این شاخص از رابطه (۲)، محاسبه می‌شود و برحسب کیلوگرم بر مگاژول بوده و عکس شاخص شدت انرژی می‌باشد.

$$EP = \frac{Y}{IE} \quad \text{رابطه (2)}$$

که در آن:

EP: کارایی انرژی (Kg/MJ)

Y: عملکرد محصول (Kg/ha)

IE: انرژی نهاده (MJ/ha)

شدت (تراکم) انرژی^۳: این شاخص نشان‌دهنده مقدار انرژی به‌کار رفته در تولید یک محصول یا کالا بوده و از رابطه (۳)، محاسبه شده و برحسب مگاژول بر کیلوگرم بیان می‌شود. مهم‌ترین شاخص برای برآورد میزان کارایی در بخش کشاورزی است.

$$EI = \frac{IE}{Y} \quad \text{رابطه (3)}$$

که در آن:

EI: شدت انرژی (MJ/Kg)

Y: عملکرد محصول (Kg/ha)

IE: انرژی نهاده (MJ/ha)

سود یا عملکرد خالص انرژی^۴: این شاخص بیانگر تفاوت انرژی تولید شده و مصرف شده بوده و از رابطه (۴)، محاسبه شده و بر حسب مگاژول بر هکتار بیان می‌گردد.

$$NEG = OE - IE \quad \text{رابطه (4)}$$

که در آن:

NEG: سود یا عملکرد خالص انرژی (MJ/ha)

OE: انرژی ستاده (MJ/ha)

³Energy Intensity

⁴Net energy yield or net energy gain

¹Energy Output/Input ratio

²Energy Productivity

جدول ۱ - معادل‌های انرژی در نظر گرفته شده برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در مطالعات ذرت دانه‌ای (مگاژول بر واحد)

Table 1. Energy equivalents for energy inputs and outputs in maize corn studies (MJ unit⁻¹)

منبع	نهاد					
	دانه ذرت Maize corn (kg)	بذر ذرت Maize seed (kg)	آبیاری Irrigation water (m ³)	الکتریسیته Electricity (kWh)	کود ازته N fertilizer (kg)	سوخت دیزل Diesel (l)
(Pishgar & et al., 2013)	100.0	100.0	-	-	78.1	47.8
(Rezaee & et al., 2013)	14.7	25.0	1.15	11.93	50.2	56.3
(Sami & et al., 2014)	14.0	14.0	-	12.00	78.4	47.8
(Banaeian & Zangeneh, 2011)	3.6	3.6	1.02	-	66.1	56.3
(Houshyar & et al., 2012)	14.7	14.7	-	-	66.1	56.3
(Yousefi & Mahdavi, 2014)	14.7	25.0	0.63	3.60	66.1	56.3
(Feyzbakhsh & Soltani, 2012)	14.7	15.1	-	12.10	60.6	38.0
(Moradi & et al., 2013)	15.1	3.3	-	-	75.4	38.6

جدول ۲ - عملکرد و شاخص‌های انرژی در تولید ذرت دانه‌ای (برگرفته از تعدادی مطالعات انجام شده در استان‌های مختلف)

Table 2. Yield and energy efficiency indices in maize corn production (in various studies in Iran)

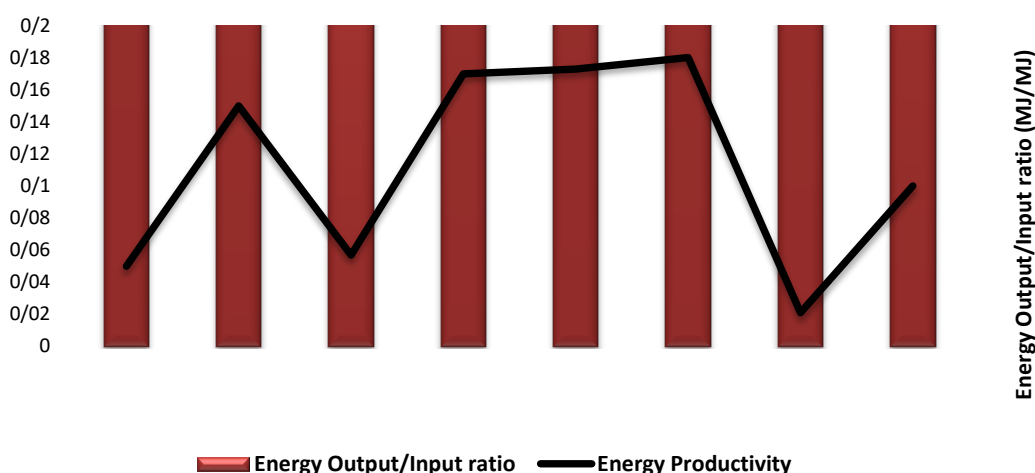
منبع	Yield and energy indices عملکرد و شاخص‌های انرژی					استان Province
	سود خالص انرژی (MJ/ha)	شدت انرژی (MJ/kg)	کارایی انرژی (kg/MJ)	نسبت انرژی (MJ/MJ)	عملکرد (kg/ha)	
(Pishgar & et al., 2013)	192862	21.0	0.05	4.78	2604	البرز Alborz
(Rezaee & et al., 2013)	67314	7.72	0.15	1.91	9848	آذربایجان غربی West Azerbaijan
(Sami & et al., 2014)	-18445	17.5	0.06	0.80	5294	خوزستان Khuzestan
(Banaeian & Zangeneh, 2011)	51347	7.24	0.17	2.59	6808	متوسط ده استان ave. of 10 provinces
(Houshyar & et al., 2012)	56198	5.86	0.17	5.80	7357	فارس Fars
(Yousefi & Mahdavi, 2014)	84460	5.55	0.18	2.67	9180	کرمانشاه Kermanshah
(Feyzbakhsh & Soltani, 2012)	60654	4.61	0.02	3.20	5873	گلستان Golestan
(Moradi & et al. 2013)	13646	9.32	0.10	1.62	2375	گیلان Gilan

همان‌گونه که در جدول ۲ مشخص است، بیش‌ترین میزان شاخص شدت انرژی برابر ۲۱/۰۲ مگاژول بر کیلوگرم برای استان البرز و کم‌ترین آن ۴/۶۱ مگاژول بر کیلوگرم برای استان گلستان می‌باشد. این در حالی است که میانگین استان‌ها برابر ۹/۴۷ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه گردید.

مطابق جدول ۲، میانگین نسبت انرژی خروجی به ورودی برای محصول ذرت دانه‌ای در نقاط مختلف ایران برابر ۲/۹۲ محاسبه شد، بالاترین نسبت انرژی خروجی به ورودی برابر ۵/۸ متعلق به استان فارس و پایین‌ترین آن برابر ۰/۸ برای استان خوزستان می‌باشد.

۰/۲۱ تا ۰/۱۸ کیلوگرم بر مگاژول بهره‌وری انرژی داشتند. شکل ۱ این شاخص را در استان‌های مختلف به صورت نمودار نشان می‌دهد.

متوسط شاخص کارایی ذرت دانه‌ای برای نقاط مورد بررسی در تحقیق حاضر برابر ۰/۱۱ مگاژول بر کیلوگرم بوده و سایر استان‌ها بین



شکل ۱- بررسی شاخص‌های نسبت انرژی خروجی به ورودی و بهره‌وری انرژی برای ذرت دانه‌ای در استان‌های مختلف کشور

Fig 1. Energy output/input and productivity indices for maize corn in different provinces

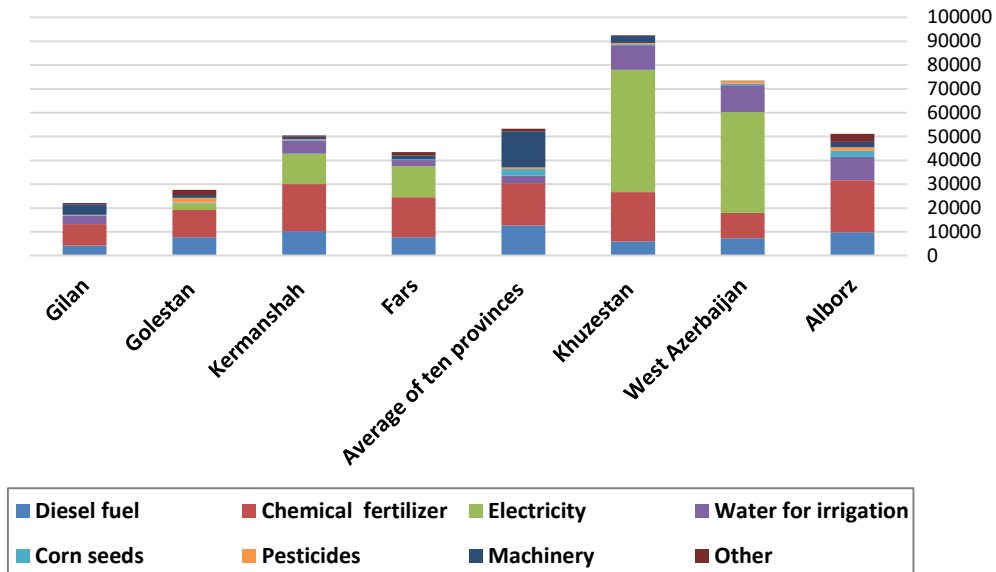
را در کشور دارا هستند، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین تنوع ضرایب مورد استفاده برای ورودی و خروجی‌های به کار رفته در این مطالعات تأثیر چشمگیری بر نتایج داشته است.

در شکل ۳ همچنین متوسط سهم نهاده‌های مصرفی در کل استان‌های مورد بررسی ارائه شده است. طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق از میانگین ۵۴۶۹۷ مگاژول انرژی مصرف شده در هکتار در مزارع تولید ذرت دانه‌ای، به طور متوسط حدود ۲۹ درصد مربوط به کود ازته، ۲۸ درصد سهم الکتریسیته و ۱۶ درصد انرژی کل سهم سوخت دیزل می‌باشد. انرژی مربوط به آب، ماشین‌آلات و سموم نیز به ترتیب برابر ۱۲، ۷ و ۲ درصد برآورد گردید. باید در نظر داشت که گزارش مجزای سهم نهاده‌های مربوط به سوخت و الکتریسیته در این تحقیق بدین منظور است که نهاده‌های سوخت و الکتریسیته در سیستم آبیاری می‌تواند جایگزین یکدیگر شوند؛ یعنی در برخی مطالعات انرژی آبیاری بر حسب سوخت (به علت استفاده از پمپ‌های دیزلی) و در برخی بر حسب الکتریسیته (برای پمپ‌های آب برقی) عنوان می‌شود.

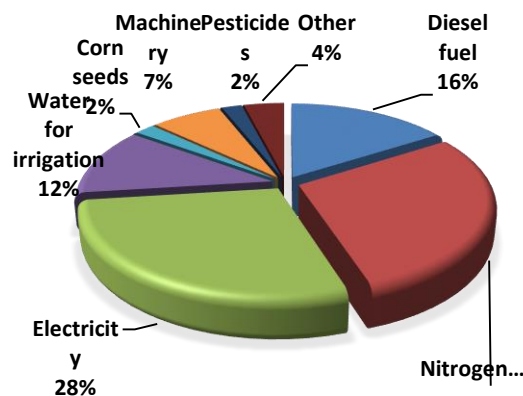
کل انرژی ورودی به یک هکتار مزرعه ذرت دانه‌ای و سهم نهاده‌های مهم مصرفی در تولید ذرت دانه‌ای برای استان‌های مورد مطالعه در شکل ۲ آمده است. طبق نتایج، متوسط انرژی ورودی در نقاط مورد بررسی ۵۴۶۹۷ مگاژول در هکتار محاسبه شد. انرژی ورودی در استان‌های خوزستان، البرز، آذربایجان غربی، کرمانشاه، فارس به مراتب بیش از سایر استان‌ها می‌باشد.

در تمامی مطالعات صورت گرفته نیز کودهای شیمیایی، الکتریسیته و سوخت دیزل بیش‌ترین سهم را در بین نهاده‌ها داشتند. بالاترین مصرف کودهای شیمیایی و سوخت دیزل در تولید ذرت دانه‌ای به ترتیب مربوط به استان‌های البرز و کرمانشاه می‌باشد. استان‌های خوزستان، آذربایجان غربی، فارس و کرمانشاه نیز بیشترین میزان الکتریسیته مصرفی را دارا هستند که مربوط به آبیاری با پمپ‌های برقی می‌باشد.

ذکر این نکته ضروری است که به دلیل عدم وجود مطالعات متعدد در رابطه با ذرت دانه‌ای اکثر استان‌ها یا به دلیل عدم دسترسی به برخی از این اسناد، نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر برای برخی نقاط از یک مطالعه و برای برخی استان‌ها از مطالعات مختلف جمع‌آوری شده است. قابل ذکر است که در مطالعه (Banaeian & Zangeneh, 2011)، اطلاعات مورد نیاز مربوط به ۱۰ استان کشور شامل استان‌های اصفهان، ایلام، لرستان، همدان، کرمانشاه، کرمان، قزوین، فارس، سیستان و بلوچستان و خوزستان، استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. در صورت انجام چنین مطالعاتی در همه نقاط مستعد کشت ذرت دانه‌ای، می‌توان تصویر بهتری از کارایی ذرت دانه‌ای کشور نشان داد. انجام و تکرار این مطالعات در رابطه با سه استان پیشرو در کشت ذرت دانه‌ای (خوزستان، کرمان، کرمانشاه) که در حدود ۷۳ درصد از سطح کشت این محصول



شکل ۲- کل انرژی ورودی به مزرعه و سهم نهاده‌های مهم مصرفی در سیستم تولید ذرت دانه‌ای به تفکیک استان‌های مختلف
 Fig 2. Total energy input and different inputs share in maize corn farms (MJ/ha)



شکل ۳- میانگین سهم نهاده‌های مهم مصرفی در تولید ذرت دانه‌ای برای تمامی استان‌های مورد بررسی
 Fig 3. The share of energy input from different resources in maize corn production (average of provinces)

۴- نتیجه‌گیری

این امر بیانگر وابستگی شدید این کشت بوم‌ها به منابع تجدید ناپذیر انرژی است که خود حاکی از ناپایداری این سامانه‌های تولیدی می‌باشد. وابستگی تولید به انرژی‌های تجدیدناپذیر در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران که سطح تکنولوژی به‌ویژه در بخش کشاورزی در آن‌ها بالا نیست، علاوه بر افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، منجر به کاهش و تخلیه این منابع ارزنده نیز می‌شود که این امر می‌تواند در آینده‌ای نه‌چندان دور سبب بروز انواع مشکلات اقتصادی و سیاسی برای این کشورها شود.

جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و الگوی کشت مناسب در تولید ذرت دانه‌ای توصیه می‌گردد تا حد امکان از منابع انرژی تجدیدپذیر از

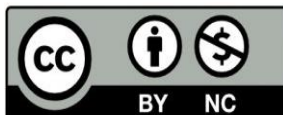
نتایج این تحقیق نشان دادند که متوسط عملکرد دانه ذرت در نقاط مختلف ایران حدود ۶۱۶۷ کیلوگرم در هکتار بوده که برای تولید این مقدار دانه ذرت به‌طور متوسط ۵۴۶۹۷ مگاژول در هکتار انرژی ورودی نیاز است. از این میزان، کود ازته با ۲۹ درصد از کل انرژی ورودی بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده است. همچنین انرژی الکتریسیته (۲۸ درصد) و سوخت دیزل (۱۶ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

این یافته با نتایج Pimentel & Burgess, Mrini & et al., 2001 مبنی بر این‌که بیش‌ترین میزان انرژی غیرمستقیم ورودی در انواع بوم‌نظام‌های زراعی متعلق به کود نیتروژن می‌باشد، مطابقت دارد.

همچون کودهای شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته بتوان شاخص ستاده به نهاده را افزایش داد.

۵- منابع

- Agricultural Statistics. (2019). *Agricultural products. statistics and information technology*, Ministry of Agriculture, Tehran. (In Persian).
- Alam, M.S., Alam, M.R., and Islam, K.K. (2005). *Energy flow in agriculture: Bangladesh*. American Journal Sciences 1(3)213-220.
- Almasi, M., Kiani, SH., and Luimi, N. (2008). *Fundamentals of Agricultural Mechanization*. Jangal Publication. (In Persian).
- Banaeian, N., and Zangeneh, M. (2011). *Study on energy efficiency in corn production of Iran*. Energy, 36(8), pp.5394-5402. (In Persian).
- Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. (2012). *Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City)*. Journal of Crop Production, Vol. 6 (2): 89-107. (In Persian).
- Hosseini, S., and Abedi, S. (2007). *Assess the role of markets and government policies in determining the price of corn*. Agric. Eco, 1: 21- 34. (In Persian).
- Houshyar, E., Azadi, H., Almassi, M., Davoodi, M.J.S., and Witlox, F. (2012). *Sustainable and efficient energy consumption of corn production in Southwest Iran: combination of multi-fuzzy and DEA modeling*. Energy, 44(1), pp.672-681. (In Persian).
- Jalalabadi, A., and Rakhshan, SH. (2005). *Analysis of energy carrier consumption in Iran using vector regression model*. Iranian Economic Research Quarterly, Vol. 7 (22): 115-132. (In Persian).
- Kraatz, S., Reinemann, D.J. and Berg, W. (2009). *Energy inputs for corn production in Wisconsin (US) and Germany*. Applied Engineering in Agriculture, 25(5), pp.653-662.
- Leiva, F.R., and Morris, J. (2001). *Mechanization and sustainability in arable farming in England*. Journal of agricultural Engineering Research 79(1): 81-90.
- Moraditochae, M., Azarpour, E., and Bozorgi, H.R. (2013). *Investigation energy balance indices by seed*
- قبیل کودهای ارگانیک و دامی به جای کودهای شیمیایی استفاده شود تا در کنار افزایش بهره‌وری انرژی بتوان به سود اقتصادی بیشتری نیز دست یافت. همچنین به نظر می‌رسد با کاهش مصرف برخی از نهاده‌ها
- chemical compounds in corn production in north of Iran*. Annals of Biological Research, 4(5), pp.135-138. (In Persian).
- Mrini, M., Senhaji, F., and Pimentel, D. (2001). *Energy analysis of sugarcane production in Morocco*. Environment, Development and Sustainability 3: 109–126.
- Nourmohammadi, G.H., Siadat, A., and Kashani, A. (1997). *Cereal Production*. Chamran University of Ahvaz Press. 349p. (In Persian).
- Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. (2004). *Energy input-output analysis in Turkish agriculture* Renewable Energy. 29: 39-51.
- Pimentel, D., and Burgess, M. (1980). *Energy input in corn production*. In *Handbook of energy utilization in agriculture*, eds. D. Pimentel, 67-84. CRC Press, Inc.
- Pishgar-Komleh, S.H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M. R., and Jafari, A. (2012). *Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran*. Energy, 43(1), pp.469-476. (In Persian).
- Rezaee, SH., Sohrabi, M., Salehi, M. A., and Rasouli Azar, S. (2013). *Analysis of Energy Consumption Pattern in Corn Fields in two Different Climates (North & South of West Azerbaijan)*. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 201-214. (In Persian).
- Richard, CF. (1992). *Energy in farm production*. Netherlands: Elsevier.
- Sami, S. I., Shiekhdavoodi, M. J., and Almassi, M. (2014). *Analysis of energy and greenhouse gas balance as indexes for environmental assessment of wheat and maize farming: a case study*. Acta agriculturae Slovenica, 103(2), pp.191-201.
- Yousefi, M., Damghani, A. M., and Khoramivafa, M. (2014). *Energy consumption, greenhouse gas emissions and assessment of sustainability index in corn agroecosystems of Iran*. Science of the Total Environment, 493, pp.330-335. (In Persian).



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)