DOI: 10.22059/ijbse.2020.297972.665278 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۲۶۱-۲۴۷)

Application of Data Envelopment Analysis (DEA) In Order to Reduction of Consumption Inputs in Silage Corn production in the Shahrekord County

HOSSEIN RASTEGAR[1], AMIN LOTFALIAN DEHKORDI[1*], ASGHAR ABEDI[1], MORTEZA TAKI [2]

1. Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2. Department of Agricultural Machinery and Mechanization, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

(Received: Feb. 22, 2020- Revised: Apr. 18, 2020- Accepted: Apr. 30, 2020)

ABSTRACT

Analysis of energy consumption provides useful information for planners and policymakers to improve the efficiency of energy consumption. This study was conducted to evaluate and investigating the the energy flow and greenhouse emissions in silage corn production by data envelopment analysis method. The primary data was collected from 50 farms of silage corn production in the Shahrekord County by simple random sampling. The total amount of inputs energy and output energy was 77693 $MJ.ha^{-1}$ and 502669 $MJ.ha^{-1}$, respectively, which after improving in inputs consumption was resulted a reduction of 12080 MJ /ha in total inputs energy. Energy ratio (ER) and energy productivity (EP) were determined as 3.1, 2.57 $MJ.kg^{-1}$ in actual conditions and 3.67 and 2.17 $MJ.kg^{-1}$ in optimization conditions, respectively. Electricity was identified as major contributor to total energy consumption as 41205 $MJ.ha^{-1}$ (53.3%) and also after improving in inputs consumption, the summation of water and electricity had the most contribution on the total energy saving with the share of 22%. Also, the total GHG emission in actual and optimum conditions were calculated as 2885.5 and 2554.5 $kgCO_2eq.$ per ha, respectively.

Keywords: Electricity, Greenhouses emissions, Silage corn, Energy ratio.

* Corresponding Author's Email: Lotfalian@sku.ac.ir

به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور کاهش میزان نهاده‌های مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد

حسین رستگار[۱]، امین لطفعلیان دهکردی[۱*]، اصغر عابدی[۱]، مرتضی تاکی[۲]

۱. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲. گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۳- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱/۳۰- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۲/۱۱)

چکیده

تحلیل روند انرژی راه حلی است که به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران، اطلاعات مناسبی در جهت بهبود انرژی مصرفی ارائه می‌دهد. این تحقیق به منظور ارزیابی و بررسی انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید ذرت علوفه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها انجام گردید. داده‌های اولیه به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده از ۵۰ مزرعه‌ی تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد جمع‌آوری گردید. میزان کل انرژی ورودی و انرژی خروجی به ترتیب برابر با ۷۷۶۹۳ و ۲۴۱۲۸۱ مگاژول بر هکتار شد که پس از بهینه‌سازی در میزان مصرفی نهاده‌ها، کاهش ۱۲۰۸۰ مگاژول بر هکتاری در کل انرژی ورودی به وجود آمد. مقادیر نسبت انرژی و انرژی ویژه به ترتیب برابر با ۳/۱۰ و ۲/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم در حالت واقعی و ۳/۶۷ و ۲/۱۷ مگاژول بر کیلوگرم در حالت بهبود یافته محاسبه شد. بیشترین انرژی مصرفی در کشت ذرت به نهاده الکتریسیته به مقدار ۴۱۲۰۵ مگاژول برهکتار (۵۳/۰۳ درصد) اختصاص داشته و پس از بهبود میزان نهاده‌های مصرفی نیز مجموع انرژی آب و الکتریسیته با سهم ۲۲ درصد، بیشترین پتانسیل کاهش انرژی کل نهاده‌ها را به دنبال داشت. همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها در دو حالت واقعی و بهبودیافته به ترتیب برابر با ۲۸۸۵/۵ و ۲۵۵۴/۵ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن بر هکتار محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی: الکتریسیته، انتشارات گلخانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، نسبت انرژی

مقدمه

ذرت علوفه‌ای (*Zea Mays*) از مهمترین محصولات مورد نیاز جهت خوراک دام به ویژه گاو و گوسفند می‌باشد؛ بنابراین، کمیت (مقدار علوفه) و کیفیت (درصد پروتئین، نشاسته و مواد معدنی) علوفه‌ی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ساقه‌ی ذرت بندبند، توپر و افراشته بوده و از آن شاخه‌های جانبی منشعب نمی‌شود. ارتفاع ساقه‌ها در شرایط مزرعه به حدود ۲ تا ۳ متر می‌رسد.. زمان برداشت ذرت علوفه ای جهت تهیه سیلو هنگامی است که دانه‌ها حالت خمیری داشته و رطوبت بوته‌ها در حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد باشد (Schroede, 2004).

بر اساس آمار منتشر شده از FAO (2019)، تولید جهانی ذرت علوفه‌ای در سال ۲۰۱۷ با سطح زیر کشت ۱۱۶۷۲۵۰ هکتار برابر با ۹۷۰ میلیون تن بوده که ایران با تولید ۱۳ میلیون تن (۲ درصد از کل تولید جهانی) و سطح زیر کشت ۱۴۰ هزار هکتار در رتبه‌ی شصتم جهانی قرار گرفته است. این گیاه یکی از محصولات عمده و اساسی جهت تأمین تغذیه‌ی دام‌ها و تولید محصولات لبنی استان چهار محال بختیاری است که در سطح نسبتا وسیع در این سطح استان به میزان ۲۶۰۰ هکتار از سطح زیر کشت و با عملکرد ۶۰ تن بر هکتار کشت می‌شود (Anonymous., 2017).

تجزیه و تحلیل انرژی در کشاورزی می‌تواند در ارزیابی فشار فعالیت‌های انسان بر محیط زیست و تغییر در الگوهای جریان انرژی مورد استفاده قرار گیرد. اگر چه افزایش سطح مکانیزاسیون در سامانه‌های رایج کشاورزی موجب افزایش تولید شده است؛ با این حال افزایش روز افزون مصرف انرژی در این بخش، موجب کاهش کارایی انرژی گردیده است (Mousavi-Avval *et al.*, 2011).

از طرفی نیاز به انرژی و تأمین آن از منابع تجدیدناپذیر سبب انتشار شدید گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن در جو شده است (Elhami *et al.*, 2019). در این بین، تولیدات کشاورزی با انتشار ۱۴٪ دی‌اکسید کربن خالص در مقیاس جهانی، به عنوان

* نویسنده مسئول: Lotfalian@sku.ac.ir

یکی از تأثیرگذارترین عوامل آلوده کننده‌ی جو شناسایی شده است (IPCC, 2007).

در سال‌های اخیر و همچنین کارایی و جریان انرژی در محصولات کشاورزی به روش تحلیل پوششی داده‌ها[1] (DEA) از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار شده است. بنـابراین، بـا بررسـی و تعیین مراحل انرژی‌بر می‌توان با ارائه راهکارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی، تولید زیـادتری را با مصرف انرژی کمتر، امکان‌پذیر نمود (Khoshnevisan *et al*., 2013).

تاکنون تحقیقاتی بر روی آنالیز انرژی مصرفی و انتشارات گلخانه‌ای در تولید محصول ذرت صورت پذیرفته است. در بررسی ارزیابی و بهره‌وری انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای که در جنوب استان تهران انجام شد، میزان کل انرژی ورودی برابر با ۳۶۵۰۰ مگاژول بر هکتار (۵۱/۵۰٪ انرژی مستقیم[2] (DE)، ۴۸/۵۰٪ انرژی غیرمستقیم[3] (IDE)، ۳۳/۲۰٪ انرژی تجدیدپذیر[4] (RE) و ۶۶/۸۰٪ انرژی تجدیدناپذیر[5] (NRE)) و میزان انرژی خروجی به میزان ۱۲۷۰۷۷ مگاژول بر هکتار بدست آمد. همچنین میزان نسبت انرژی[6] (ER) برابر با ۳/۴۹، انرژی ویژه[7] (SE) ۰/۶۹ مگاژول بر کیلوگرم و بهره‌وری انرژی[8] (EP) ۱/۴۵ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین انرژی مصرفی در کشت ذرت به کودهای شیمیایی ۳۲٪ و پس از آن به سوخت دیزل ۲۷٪ تعلق دارد (Sefeedpari *et al*., 2012). همچنین در منطقه سرایان استان خراسان جنوبی، به بهبود اثرات زیست-محیطی ناشی از تولید یک تن ذرت علوفه‌ای با استفاده از ترکیب ارزیابی چرخه حیات و تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد. نتایج کارایی نشان داد که میانگین کارایی فنی[9] (TE)، کارایی فنی خالص[10](PTE) و کارایی مقیاس[11] (SEf) به ترتیب برابر با ۰/۸، ۰/۹۳ و ۰/۸۶ به دست می‌آید. نتایج ترکیب ارزیابی چرخه حیات و تحلیل پوششی داده‌ها نیز مشخص نمود که بیشترین بار محیطی در کشت ذرت علوفه‌ای مربوط به شاخص مواد آلی غیر تنفسی و شاخص گرمایش جهانی می‌باشد که در حالت بهبودیافته به ترتیب ۱۲٪ و ۱۳٪ کاهش داشته‌اند (Esfahani *et al*., 2013). در بررسی جریان مصرف انرژی در تولید ذرت دانه‌ای استان البرز، کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب برابر با ۵۱۰۰۰ مگاژول بر هکتار و ۲۴۴۰۰۰ مگاژول بر هکتار محاسبه گردید. کودهای شیمیایی (۴۳٪ از سهم کل انرژی)، آب آبیاری و سوخت دیزل (هر دو نهاده با سهم ۱۹ درصد از سهم کل انرژی) به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی‌بر در تولید ذرت شناخته شدند (Pishgar-Komleh *et al*., 2012a). نتایج بدست آمده در تحقیقی که به بررسی روند مصرف انرژی در تولید ذرت در شمال استان خوزستان پرداخت نشان داد که بیشترین نهاده‌های مصرف کننده انرژی به ترتیب کود شیمیایی، آب آبیاری و سوخت دیزل بوده است. شاخص انرژی ویژه نشان داد که برای تولید یک کیلوگرم ذرت، ۳۵/۱۶ مگاژول انرژی مصرف شده است (Zarchi-Yazdi *et al*., 2010).

با توجه به عدم انجام مطالعات قبلی در رابطه با بهبود میزان کارایی انرژی و انتشارات گلخانه‌ای در تولید ذرت علوفه‌ای، هدف اصلی از ارائه این پژوهش، بررسی و تعیین میزان انرژی مصرفی و اثرات گلخانه‌ای در مزارع کشت این محصول در شهرستان شهرکرد در سال زراعی ۹۷ است تا بدین طریق بتوان راهکارهایی به منظور بهبود مصرف میزان نهاده‌های مصرفی در مزارع این شهرستان ارائه نمود و به اهداف ذیل دست یافت:

- مشخص شدن بهترین واحد زراعی کشت ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد بر اساس میزان مصرف انرژی.
- مشخص کردن کارایی واحدها و تفکیک واحدهای ناکارا از واحدهای کارا.
- کمک به واحدهای ناکارا برای رسیدن به کارایی مناسب داده‌ها و ارائه راه کارهای عملی به این واحدها به منظور کاهش میزان مصرف انرژی.
- برآورد انتشار آلاینده‌های گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها و و بهبود در میزان آن‌ها.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

شهرستان شهرکرد (۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی) که مرکز استان چهارمحال بختیاری شناخته می‌شود، در بخش شرقی سلسله جبال زاگرس با ارتفاع بیش از ۳۳۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱).

1- Data Envelopment Analysis
2- Direct Energy
3- Indirect Energy
4- Renewable Energy
5- Non-rewenable Energy
6- Energy Ratio
7- Specefic Energy
8- Energy Productivity
9- Technical Efficiency
10- Pure Technical Efficiency
11- Scale Efficiency

شکل۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان شهرکرد (منطقه زرد رنگ) در استان چهار محال بختیاری

مساحت این شهرستان حدود ۲۰۰۶ کیلومتر مربع (۱۲٪ از کل مساحت استان) و جمعیت این شهرستان برابر با ۲۸۵۰۰۰ نفر می‌باشد (Anonymous., 2016). شهرستان شهرکرد، بیشترین سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای را در استان چهارمحال بختیاری (۳۰ درصد از سهم کل) را به خود اختصاص داده است و میزان آب کمتری نسبت به دیگر گیاهان علوفه‌ای مورد نیاز دام (مانند یونجه یا شبدر) مصرف می‌کند (Anonymous., 2017).

چگونگی و روش انجام کار تحقیق

در این تحقیق ابتدا داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در ارتباط با وضعیت انرژی نهاده‌های مصرفی و ستانده‌ی واحدهای تولیدی از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی رودر رو با تعدادی از تولیدکنندگان ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد به‌دست آمد و پس از آن به بررسی و نحوه‌ی محاسبه شاخص‌های انرژی پرداخته شد. در نهایت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، کارایی محصول ذرت علوفه‌ای در مزارع مورد مطالعه بررسی گردید و واحدهای کارا از ناکارا شناسایی گردید.

تعیین حجم نمونه

به دلیل گسترده بودن حجم جامعه‌ی آماری (تعداد تولیدکنندگان ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد) بایستی از روشی استفاده شود که تعدادی از تولیدکنندگان به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شوند و مبیّن خوبی برای کل جامعه‌ی مورد مطالعه باشند. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده گردید و حجم نمونه از طریق رابطه (۱) که به رابطه‌ی Cochran (1977) معروف است، محاسبه شد.

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

در این معادله n: تعداد نمونه‌های مورد نیاز، N: اندازه جامعه آماری مورد مطالعه (۲۵۰ نفر)، t: ضریب اطمینان، S^2: واریانس صفت موردمطالعه در جامعه و d: دقت احتمالی مطلوب می‌باشد. ضریب اطمینان جامعه ۱/۹۶، واریانس صفت مورد مطالعه ۰/۵ و دقت احتمالی مطلوب ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

بر این اساس تعداد نمونه مورد نظر ۵۰ عدد انتخاب گردید و پرسشنامه‌ها به صورت تصادفی بین این تعداد تولیدکننده تقسیم شد. پرسشنامه‌ها شامل اطلاعاتی از قبیل میزان مصرف و تعداد دفعات استفاده از نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی، کودهای شیمیایی، کود دامی، سموم شیمیایی، نیروی کارگری، سوخت دیزل، آب آبیاری و الکتریسیته‌ی مصرفی و همچنین مقدار عملکرد ذرت علوفه‌ای تولید شده (ستانده) می‌باشد.

تعیین ضرائب انرژی، انرژی‌های ورودی، خروجی و شاخص‌های انرژی

در جدول (۱) ضرائب انرژی و مقدار میانگین مصرفی و تولیدی هر یک از نهاده‌ها و ستانده مشاهده می‌شود. انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها (ستانده)، از ضرب مقدار هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده (ستانده)، طبق رابطه‌ی (۲) به دست می‌آید

(Kitani, 1999):

(رابطه‌ی ۲)

$$E_{input(output)} = I_{consumption\ (produced)} \times ec_{input\ (output)}$$

در این رابطه، $E_{input\ (output)}$ انرژی نهاده‌ها (ستانده) بر حسب MJ/ha، $I_{consumption\ (produced)}$ میزان نهاده‌ی مصرفی (ستانده تولیدی) بر حسب واحد آن نهاده (ستانده) بر ha و $ec_{input\ (output)}$ محتوای انرژی نهاده (ستانده) بر حسب MJ بر واحد آن نهاده (ستانده) می‌باشد. در رابطه با نحوه‌ی محاسبه‌ی انرژی آب مصرفی در منطقه بایستی اشاره نمود که حدود ۹۰ درصد مزارع ذرت علوفه‌ای به صورت غرقابی و از طریق رودخانه‌ها و کانال‌های حمل آب، آبیاری می‌شوند؛ لذا حجم آب مصرفی از حاصلضرب دبی پمپ، تعداد دفعات آبیاری و مدت زمان هر بار آبیاری محاسبه می‌شود. مقدار دبی خروجی از پمپ به وسیله‌ی یک گونیا به طول ۱/۵ متر و ارتفاع ۳۳ سانتی‌متر طوری محاسبه می‌شود که دسته بلند گونیا در امتداد لوله قرار می‌گیرد و گونیا را آنقدر به جلو و عقب حرکت داده تا دسته کوچکتر با سطح ریزش لوله مماس شود. در این صورت فاصله سر لوله پمپ آب تا دسته کوچک گونیا همان طول افقی می‌باشد که با ضرب نمودن در سایز لوله، دبی پمپ بر حسب لیتر بر ثانیه (تبدیل واحد به مترمکعب بر ساعت) محاسبه می‌شود و با ضرب حجم آب مصرفی در ضریب انرژی آن (۱/۰۲ مگاژول بر متر مکعب) انرژی آب قابل محاسبه می‌باشد.

برای بدست آوردن کل انرژی ورودی، انرژی‌های مربوط به نهاده‌های تولیدی با هم جمع شده و به عنوان کل انرژی ورودی در نظر گرفته شده است. همچنین کل انرژی خروجی (ستانده) از حاصلضرب عملکرد ذرت تولید شده (کیلوگرم بر هکتار) در ضریب انرژی آن (مگاژول بر کیلوگرم) می‌باشد، محاسبه می‌شود. با داشتن سه فاکتور کل انرژی ورودی، کل انرژی خروجی و عملکرد محصول، سه شاخص انرژی شامل نسبت انرژی (ER)، بهره‌وری انرژی (EP) و انرژی ویژه (SE) طبق رابطه‌های زیر محاسبه شد (Sefeedpari *et al*., 2012):

(رابطه‌ی ۳)

$$\text{Energy Ratio} = \frac{\text{Energy output (MJ.ha}^{-1})}{\text{Energy input (MJ.ha}^{-1})}$$

(رابطه‌ی ۴)

$$\text{Energy Productivity (kg. MJ}^{-1}) = \frac{Corn\ Silage\ \text{Yield (kg.ha}^{-1})}{\text{Energy input (MJ.ha}^{-1})}$$

(رابطه‌ی ۵)

$$\text{Specefic Energy (MJ. kg}^{-1}) = \frac{\text{Energy input (MJ.ha}^{-1})}{\text{Corn Silage Yield (kg.ha}^{-1})}$$

ER بیان‌کننده‌ی نسبت بین انرژی محصولات تولید شده و مجموع انرژی مصرف شده نهاده‌هاست. این شاخص اثر یک واحد انرژی نهاده برای تولید یک واحد انرژی ستانده است. EP مقدار ستانده در واحد انرژی ورودی است. این شاخص با توجه به نوع محصول مورد نظر و یا زمان کاشت محصول متفاوت می‌باشد. شاخص ذکر شده می‌تواند برای ارزیابی اینکه انرژی در سامانه‌های متفاوت تولید با چه میزان کارایی به کار رفته است، بیان گردد. SE نیز عکس EP است و مقدار انرژی مصرفی به ازای یک کیلوگرم محصول تولیدی است (Chang, 2014).

این شاخص‌ها امکان شناخت کلی از وضعیت انرژی در بخش کشاورزی در مراحل مختلف تولید محصول و مقایسه آن در تولید محصولات مشابه با روش‌های گوناگون و همچنین در مناطق مختلف را جهت تحقیق و بررسی ارائه می‌دهند.

جدول۱. ضرائب انرژی و میانگین میزان مصرف نهاده‌ها (ستانده) در تولید ذرت علوفه‌ای

نهاده‌ها / ستانده (واحد)	ضریب انرژی هر واحد (MJ)	مقدار میانگین نهاده/ ستانده	مرجع
۱- نیروی انسانی (hr)	۱/۹۶	۱۴۶/۴۲	(Elhami *et al*., 2019)
۲-کودهای شیمیایی (kg)			
- نیتروژن	۷۸/۱	۸۶/۹۱	(Pishgar-Komleh *et al*., 2012a)
- فسفر	۱۷/۴	۲۱/۳۷	(Pishgar-Komleh et al., 2012a)
- پتاسیم	۱۳/۷	۸/۳۲	(Pishgar-Komleh et al., 2012a)
۳- علف‌کش (kg)	۲۳۸	۲/۰۱	(Kitani, 1999)
۴- سوخت (l)			
-دیزل	۵۶/۳	۲۳۵/۹۵	(Kitani, 1999)
-بنزین	۴۶/۳	۳۵/۲۹	(Kitani, 1999)
۵- الکتریسیته (kWh)	۱۱/۹۳	۳۴۵۳/۸۹	(Kitani, 1999)
۶- آب آبیاری (m^3)	۱/۰۲	۱۰۳۲۹/۴۱	(Elhami *et al*., 2019)
۷- تراکتور و ماشین‌های کشاورزی(hr)	۶۲/۷	۳۸/۱۱	(Singh *et al*., 2004)
۸- بذر (kg)	۱۴/۷	۴۱/۰۲	(Hatirli *et al*., 2005)
- ذرت علوفه‌ای (بر اساس ماده‌ی خشک) (kg)	۸/۰۰	۳۰۱۶۸/۲۸	(Sefeedpari et al., 2012)

انتشارات گلخانه‌ای

در این تحقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای از نهاده‌هایی مانند سوخت، ماشین‌های کشاورزی، کودهای شیمیایی و الکتریسیته که در تولید ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشأت می‌گیرد. این انتشارات از حاصل‌ضرب مقادیر هر یک از نهاده‌ها در ضرایب انتشار آنها (جدول ۲) بر حسب هکتار محاسبه می‌شوند.

جدول ۲. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصول ذرت علوفه‌ای

نهاده (واحد)	ضریب انتشار گلخانه‌ای ($kg\ CO_2\ eq.\ ha^{-1}$)	مرجع انتشارات
۱- سوخت (l)		
- دیزل	۲/۷۶	(Dyer and Desjardins, 2003)
- بنزین	۲/۳۶	(Dyer and Desjardins, 2003)
۲-کودهای شیمیایی (kg)		
- نیتروژن	۱/۳	(Lal, 2004)
- فسفات	۰/۲	(Khoshnevisan *et al*., 2014)
- پتاسیم	۰/۲	(Lal, 2004)
۳- علف‌کش (kg)	۶/۳	(Lal, 2004)
۴- ماشین‌های کشاورزی (hr)	۰/۰۷۱	(Dyer and Desjardins, 2006)
۵- الکتریسیته (kWh)	۰/۶۰۸	(Khoshnevisan *et al*., 2013)
۶- نیروی انسانی (hr)	۰/۰۰۱	(Pishgar-Komleh *et al*., 2013)

تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) نوعی مدل برنامه‌ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر DEA یک روش برنامه‌ریزی کمی جهت اندازه‌گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی ناتوان می‌باشند. در روش DEA نیازی به شناخت تابع تولید و در اختیار داشتن قیمت عوامل تولید نیست. این روش علاوه بر محاسبه انواع کارایی، برنامه‌ای پیشنهادی برای واحدهای ناکارا ارائه می‌دهد که بر اساس آن میزان مطلوب هر نهاده و میزان ایده‌آل قابل دسترس برای ستانده را ارائه داده و باعث حداکثر شدن کارایی می‌شود. انتخاب مدل DEA مناسب بستگی به میزان کنترل روی نهاده‌ها و ستانده‌ها دارد؛ به این ترتیب که هر کدام بیشتر کنترل‌پذیر باشند، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود (Gheisari *et al*., 2007). در این مطالعه به دلیل کنترل بر میزان مصرفی نهاده‌ها از روش ورودی محور استفاده گردید.

انواع مدل‌ها در تحلیل پوششی داده‌ها

تجزیه و تحلیل اطلاعات از طریق DEA با دو مدل بازگشت به مقیاس متغیر[1] (VRS) و مدل بازگشت به مقیاس ثابت[2] (CRS) انجام می‌شود.

مدل CRS دارای بازده ثابت به مقیاس است؛ یعنی هر اندازه در ورودی تغییر وجود داشته باشد خروجی با نسبت ثابتی تغییر می‌نماید. در این مدل برای تعیین بالاترین نسبت کارایی و دخالت دادن میزان نهاده‌ها و ستانده‌های سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده در تعیین اوزان بهینه، رابطه‌ی (۶) برای محاسبه‌ی یکی از انواع کارایی‌ها به نام کارایی فنی (TE) پیشنهاد شد (Charnes *et al*., 1978).

(رابطه‌ی ۶)

$$Max\ E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp}$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$

(رابطه‌ی ۷)

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} \le 0, j = 1,2,\dots,n$$

$$V_i \ge \varepsilon, U_r \ge \varepsilon$$

که در آن، E_p: نرخ کارایی واحد i ام برای DMU_p، U_r: وزن خروجی r ام برای DMU_p، Y_{rp}: مقدار خروجی r ام برای DMU_p، Vi: وزن ورودی‌ها برای $DMUp$، X_{ip}: مقدار ورودی i ام

1- Variable Return to Scale

2- Constant Return to scale

برای DMU_p، Y_{rj}: خروجی rام برای $DMUj$، X_{ij}: مقدار ورودی i ام برای DMU_j، S: تعداد خروجی‌ها، m: تعداد ورودی‌ها و ε: یک مقدار بسیار کوچک می‌باشد.

PTE بر اساس مدل VRS مطرح و محاسبه می‌گردد. بر این اساس، مدل VRS، مقادیر کارایی فنی را برای واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای[1] (DMU) که به مقیاس VRS داده می‌شوند، محاسبه می‌نماید (Banker *et al*., 1984). به عبارت دیگر، PTE، همان TE بوده که متأثر از جابه‌جایی کارایی مقیاس (SEf) بر اساس مدل VRS می‌باشد. مزیت PTE در این است که DMU های ناکارا با DMU های کارا را در شرایط یکسان محیطی و جغرافیایی مقایسه می‌کند (Bames, 2006). این مدل توسط رابطه‌ی (۸) محاسبه می‌شود (Banker *et al*., 1984):

$$Max\ z = uy_j - u_j \qquad \text{(رابطه‌ی ۸)}$$

Subject to:

$$vX_i = 1;\ -vX + uY - u_0 e \le 0$$

که X و y، به ترتیب مقدار ورودی و خروجی مدل و u_0 و z، به ترتیب مربوط به ماتریس اوزان ورودی و خروجی مدل است.

با استفاده از مدل CRS می‌توان دو کارایی فنی و مقیاس را محاسبه نمود؛ در حالی که مدل VRS تنها میزان PTE را برای DMU های موجود محاسبه می‌کند. در این مطالعه ابتدا مقادیر TE و PTE به ترتیب بر اساس مدل‌های CRS و VRS به دست آمده و سپس با استفاده از رابطه‌ی (۸) میزان SEf محاسبه می‌گردد (Elhami *et al*., 2019):

(رابطه‌ی ۹)

$$Scale\ \text{Efficiency} = \frac{\text{Technical Efficiency}}{\text{Pure Technical Efficiency}}$$

هدف از کاربرد DEA در این مطالعه، بهبود میزان مصرف نهاده‌ها با هدف حفظ منابع انرژی بدون کاهش چشمگیر در میزان انرژی خروجی محصول ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد می‌باشد. بدین منظور، داده‌ها قبل از تحلیل در اکسل ۲۰۱۶ آماده می‌شود و سپس از نرم افزار EMS V1.3 برای محاسبه میزان بهبود انرژی مصرفی و انتشارات گلخانه‌ای هر یک از نهاده‌های موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده می‌گردد. در نهایت، واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و میزان انرژی نهاده‌ها و شاخص‌های انرژی در حالت بهبود یافته و واقعی در تولید ذرت علوفه‌ای مقایسه می‌گردد.

نتایج و بحث

جریان انرژی مصرفی، تولیدی و شاخص‌های انرژی

میزان انرژی مصرفی هر کدام از نهاده‌ها و انرژی مصرفی کل مزارع در جدول (۳) آورده شده است. نتایج مندرج در این جدول نشان می‌دهد که کل انرژی نهاده‌های مصرفی و کل انرژی محصول تولیدی در تولید ذرت علوفه‌ای در یک دورهٔ کشت به ترتیب برابر با ۷۷۶۹۳ مگاژول بر هکتار و ۲۴۱۲۸۱ مگاژول بر هکتار است. در سایر مطالعات بر روی ذرت علوفه‌ای، کل انرژی ورودی در ایران (استان فارس) (Houshyar *et al*., 2012)، تایلند (Chamsing *et al*., 2006)، ایتالیا (Alluvione *et al*., 2007) و آمریکا (Pimentel 2008) به ترتیب برابر با ۴۲۹۵۳، ۱۲۶۴۰، ۲۹۷۰۰ و ۳۱۲۷۵ مگاژول بر هکتار گزارش گردید که از میانگین محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه کمتر می‌باشند؛ این در حالی است که میزان انرژی خروجی در تولید ذرت علوفه‌ای شهرستان مورد مطالعه از سایر مطالعات پیشین بیشتر می‌باشد.

سهم هر یک از نهاده‌ها، از کل انرژی مصرف شده در جدول (۳) نشان داده شده است. بر این اساس بیشترین سهم از انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای مربوط به الکتریسیته مصرفی (۵۳/۰۳ درصد)، سوخت‌های فسیلی (۱۹/۲ درصد)، آب آبیاری (۱۳/۵۶ درصد) و کودهای شیمیایی (۹/۳۶ درصد) می‌باشد. بیشترین میزان آب مصرفی جهت تأمین نیاز ذرت علوفه‌ای در منطقه، توسط موتورهای الکتریکی از کانال‌ها و رودخانه‌های فراوان موجود در همسایگی مزارع تأمین می‌گردد که این امر دلیل اختصاص یافتن بیشترین سهم از انرژی مصرفی به نهاده الکتریسیته است. از طرف دیگر ماهیت گیاه ذرت علوفه‌ای به میزان آب زیاد می‌تواند از طریق کشت گیاه به روش جوی و پشته (آبیاری بارانی)، کشت در بقایای محصول قبلی و استفاده از تناوب زراعی مناسب به منظور حفظ رطوبت خاک و کاهش نیاز به آبیاری، برآورده شود. عملیات خاک‌ورزی و تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت توسط تراکتور و ماشین‌آلات مختلف صورت می‌گیرد که سوخت مصرفی آنها دیزل می‌باشد. این امر دلیل مصرف زیاد نهاده‌ی سوخت و متعاقباً انرژی مصرفی بالاتر این نهاده نسبت به سایر نهاده‌ها می‌شود. بالا بودن مصرف کودهای شیمیایی در تولید ذرت علوفه‌ای علاوه بر مصرف بالای انرژی، خطرات زیست محیطی را در پی دارد. لذا جایگزینی کودهای دامی علاوه بر کاهش هزینه و انرژی از لحاظ زیست‌محیطی نیز سازگار است. در شهرستان البرز نیز بیشترین سهم انرژی مصرفی به ترتیب برای کودهای شیمیایی با ۴۴ درصد و الکتریسیته با ۳۱ درصد به دست آمده است (Pishgae-Komleh et al., 2012). بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف کم نیروی کارگری خود بیانگر بالا بودن درجه مکانیزاسیون در کشت ذرت علوفه‌ای در منطقه می‌باشد؛ زیرا تمامی عملیات زراعی اعم از کاشت، داشت و

1- Decision Making Unit

برداشت توسط ماشین انجام می‌شود و نیروی انسانی نقش کنترل‌کنندگی ادوات را بر عهده دارد.

با توجه به محاسبات انجام گرفته که مقادیر آن در جدول (۴) ثبت شده است، سهم انرژی‌های مستقیم (سوخت مصرفی، الکتریسیته و نیروی انسانی) ۷۲/۶۱ درصد، سهم انرژی‌های غیر مستقیم (کود شیمیایی، علف‌کش، آب، بذر و ماشین‌ها) ۲۷/۳۹ درصد، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر (نیروی انسانی، آب آبیاری و بذر) ۱۴/۷۱ درصد و سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر (سوخت، الکتریسیته، علف‌کش، کود شیمیایی و ماشین‌ها) برابر با ۸۵/۲۹ درصد می‌باشد. به این ترتیب سهم انرژی مستقیم بیشتر از انرژی غیر مستقیم و سهم انرژی تجدیدناپذیر بیشتر از انرژی تجدیدپذیر است. بالا بودن سهم انرژی‌های تجدید ناپذیر در این شهرستان از نقطه نظر انرژی و زیست‌محیطی ایده‌آل نمی‌باشد. در سال‌های اخیر مسائلی از قبیل توسعه پایدار، حفاظت از محیط زیست و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای سبب شده تا کشورهای زیادی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را در سیاست‌های خود دنبال کنند.

جدول ۳. میانگین الگوی مصرف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای

نهاده	میانگین میزان انرژی ($MJha^{-1}$)	میزان انحراف معیار انرژی مصرفی (SD)	سهم هر یک از مقادیر انرژی (٪)
۱- نیروی انسانی	۲۸۷	۶۶/۶۵	۰/۳۷
۲-کودهای شیمیایی			۹/۳۶
- نیتروژن	۶۷۸۸	۲۷۴۷/۹۶	۸/۷۴
- فسفر	۳۷۲	۱۴۵/۴۱	۰/۴۸
- پتاسیم	۱۱۴	۴۶/۷۶	۰/۱۵
۳- علف‌کش	۴۸۰	۱۴۴/۷۲	۰/۶۲
۴- سوخت			۱۹/۲۰
-دیزل	۱۳۲۸۴	۳۹۴۶/۲۵	۱۷/۱۰
-بنزین	۱۶۳۴	۸۳۳/۴۵	۲/۱۰
۵- الکتریسیته	۴۱۲۰۵	۷۴۹۰/۱۵	۵۳/۰۳
۶- آب آبیاری	۱۰۵۳۶	۲۵۶۵/۲۶	۱۳/۵۶
۷- تراکتور و ماشین‌های کشاورزی	۲۳۹۰	۴۸۱/۰۵	۳/۰۸
۸- بذر	۶۰۳	۹۷/۸۶	۰/۷۸
- کل انرژی مصرفی	۷۷۶۹۳		۱۰۰
- انرژی خروجی (بر اساس ماده‌ی خشک محصول ذرت)	۲۴۱۲۸۱		۱۰۰

جدول ۴. شکل‌های مختلف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای

انواع انرژی	میانگین میزان انواع انرژی ($MJha^{-1}$)	سهم انواع انرژی (٪)
انرژی مستقیم	۵۶۴۱۰	۷۲/۶۱
انرژی غیرمستقیم	۲۱۲۸۴	۲۷/۳۹
انرژی تجدیدپذیر	۱۱۴۲۶	۱۴/۷۱
انرژی تجدیدناپذیر	۶۶۲۶۷	۸۵/۲۹

مقادیر شاخص‌های انرژی، برای هر یک از مزارع مورد مطالعه در جدول (۵) درج گردیده است. نسبت انرژی (ER) که به عنوان فاکتوری برای بررسی کارایی انرژی در تولید محصولات زراعی به‌کار می‌رود، با میانگین ۳/۱۰ به دست آمد. این نسبت نشان می‌دهد که به ازای هر مگاژول انرژی ورودی، ۳/۱۰ مگاژول انرژی تولید شده است. میانگین بهره‌وری انرژی (EP) در مزارع ۰/۳۹ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد؛ به عبارتی به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی، ۰/۳۹ کیلوگرم محصول تولید شده است. همچنین میانگین انرژی ویژه (SE) مزارع شهرستان ۲/۵۷ مگاژول بر گیلوگرم محاسبه شده است. هر چقدر این شاخص بزرگتر باشد، نشان‌دهنده‌ی هدر رفت بیشتر انرژی می‌باشد. در جنوب استان تهران، شاخص‌های ER، SE و EP در تولید ذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر با ۳/۴۹، ۱/۴۵ کیلوگرم بر مگاژول و ۰/۶۹ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمد که کارایی انرژی پایین‌تر در مطالعه‌ی حاضر نسبت به مطالعه انجام شده، به دلیل بالاتر بودن میزان انرژی ورودی در این تحقیق با تحقیق صورت گرفته در استان تهران

(۷۷۶۹۳ مگاژول بر هکتار در برابر ۳۶۵۱۳ مگاژول بر هکتار) می‌باشد (Sefeed pari et al., 2012). در مطالعات مشابه صورت گرفته، میزان شاخص نسبت انرژی در ایران (استان فارس) (Houshyar et al., 2012)، هند (Mani et al., 2007)، تایلند (Chamsing et al., 2006)، ایتالیا (Alluvione et al., 2007) و آمریکا (Pimentel et al., 2008) به ترتیب برابر با ۱۰/۲۵، ۲/۶، ۵/۳۶، ۷/۳۶ و ۴/۲۳ گزارش گردید. نتایج نشان می‌دهد که شاخص نسبت انرژی در مطالعه‌ی حاضر به غیر از مطالعه‌ی Mani et al., (2007)، از سایر مطالعات صورت گرفته کمتر بوده و این امر ناشی از مصرف بی‌رویه‌ی نهاده‌های مصرفی ذرت علوفه‌ای در این مطالعه نسبت به سایر مطالعات صورت گرفته می‌باشد.

بررسی و تحلیل کارایی انرژی به روش تحلیل پوششی داده‌ها

در این تحقیق با توجه به عوامل تولید، ارزیابی تعداد هشت نهاده ورودی و یک ستانده خروجی در مدل‌های پایه‌ای بازگشت به مقیاس ثابت (CRS) و بازگشت به مقیاس متغیر (VRS) با ماهیت ورودی محور برای ۵۰ مزرعه انجام گرفت. کارایی مزارع، در سه حالت کارایی فنی (TE)، فنی‌خالص (PTE) و مقیاس (SEf) در جدول (۶) آورده شده است. این سه مقدار میانگین به ترتیب برابر با ۰/۹۰، ۰/۹۷ و ۰/۹۲ محاسبه شد. بر این اساس از تعداد ۵۰ مزرعه، ۱۶ مزرعه (٪۳۲) دارای میزان TE (کارایی کل) برابر ۱ و ۳۴ مزرعه (٪۶۸) دارای میزان TE کمتر از ۱ می‌باشند. کارایی ۰/۶۸۵ (۶۸/۵ درصد) مزرعه شماره ۵۰ به این معنی است که این واحد بدون کاهش در میزان تولید محصول، می‌تواند به میزان ۳۱/۵ درصد از کلیه عوامل تولید خود کم کند و روی مرز کارایی قرار گیرد. همچنین میزان میانگین TE در واحدهای ناکارا ۰/۸۵ می‌باشد؛ یعنی این واحدها می‌توانند با مصرف ۸۵ درصد از نهاده‌های خود به کارایی برسند (مقدار ۱۵ درصد از نهاده‌های خود را ذخیره نمایند). همچنین از ۵۰ واحد مزرعه‌ی مورد مطالعه، ۳۱ مزرعه (٪۶۲) دارای میزان PTE برابر ۱ هستند. در این مدل بعد از ۳۱ مزرعه کارا، مزرعه شماره ۵۰ در بین مزارع ناکارا رتبه یک را به خود اختصاص داده است.

با توجه به میزان میانگین شاخص SEf (۰/۹۲) دریافت می‌شود که با اعمال مدیریت مناسب و استفاده از ۹۲ درصد نهاده‌ها و با ثابت ماندن همان میزان خروجی، مزارع ناکارا می‌توانند به مرز کارایی رسیده و مقدار ۸ درصد نهاده‌های خود را با افزایش کارایی ذخیره کنند. Khoshnevisan *et al*., (2013) در پژوهشی بر روی تولید محصول گندم استان اصفهان، ایران نشان دادند که مقادیر TE، PTE و SEf به ترتیب برابر با ۰/۷۸، ۰/۸۹ و ۰/۸۶ برآورد گردید.

همچنین درجدول (۶) رتبه‌بندی واحدها و مجموعه‌های مرجع و فراوانی آنها بر اساس مدل پایه‌ای CRS و روش Benchmark، مشخص شده تا بتوان مقادیر بهبود یافته‌ی هر یک از نهاده‌ها را برای واحدهای ناکارا مشخص نمود. بر این اساس واحدهای ۴۸، ۱۲ و ۹ به ترتیب با ۲۴، ۱۸ و ۱۷ بار مراجعه‌ی واحدهای ناکارا، به عنوان کاراترین واحدهای مورد مطالعه شناسایی شدند. این سه واحد با کمترین میزان مصرف نهاده‌ها نسبت به دیگر واحدها، می‌توانند الگوهای مناسبی برای مراجعه‌ی واحدهای ناکارا باشند. همچنین اگر واحدهای ناکارا با میزان احتمال مشخصی به واحدهای کارا مراجعه نمایند، به مرز کارایی و بهبود در میزان نهاده‌های مصرفی خواهند رسید. به عنوان مثال اگر واحد ناکارای شماره‌ی ۱ به ترتیب با احتمالات ۰/۸۴، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ به واحدهای کارای شماره‌ی ۱۰، ۴۱ و ۴۸ مراجعه نماید و از توصیه‌های این سه واحد کارا جهت کاهش میزان مصرف نهاده‌ها (بدون کاهش چشمگیر عملکرد محصول) استفاده نمایند، به مرز کارایی خواهند رسید. سایر احتمالات مربوط به واحدهای ناکارا جهت رسیدن به مرز کارایی در ستون Benchmark مربوط به جدول (۶) ارائه گردیده است.

پس از مشخص نمودن میزان کارایی واحدها، با ضرب نمودن مقدار TE هر مزرعه در مقادیر ورودی هر یک از نهاده‌های مربوط به آن مزرعه، مقدار بهبود یافته‌ی (هدف) تمامی نهاده‌های مصرفی به دست می‌آید. در ادامه با کسر کردن مقدار بهبودیافته از مقدار واقعی مصرف نهاده‌ها، مقادیر ذخیره شده‌ی هر یک از نهاده‌ها برای واحدهای ناکارا محاسبه شد. جدول (۷) نتایج حاصل از بررسی و تحلیل مزارع ذرت علوفه‌ای با مدل CRS را برای مقادیر بهبودیافته و ذخیره شده‌ی انرژی نهاده‌ها را به طور میانگین نشان می‌دهد. بر این اساس، مقادیر بهبودیافته‌ی میانگین کل انرژی مصرفی توسط نرم‌افزار برابر با ۶۵۶۱۳/۶۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شده است؛ یعنی باید به میزان ۱۲۰۸۰/۱۶ مگاژول بر هکتار (کاهش ۱۵/۵ درصدی از کل انرژی ورودی) ذخیره شود تا واحدهای مورد مطالعه بتوانند به مرز کارایی برسند. در شکل (۲) سهم انرژی ذخیره شده‌ی هر یک از نهاده‌های مصرفی از کل انرژی نهاده‌ها نشان داده شده است. با توجه به اینکه کل انرژی نهاده‌ی الکتریسیته جهت به راه‌اندازی پمپ‌های آبیاری مصرف می‌شود، مجموع دو نهاده‌ی آب و برق بیشترین پتانسل کاهش انرژی (مجموعا ۲۲ درصد) را در منطقه‌ی مورد مطالعه دارد. به طور کلی در مزارعی که عمر مفید الکتروپمپ‌ها به پایان رسیده، مصرف انرژی آن‌ها نیز به شدت افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان اتلاف انرژی در این مزارع در مقایسه با مزارعی که الکتروپمپ‌های جدید را به‌کار می‌برند بیشتر می‌باشد. همچنین استفاده از روشهای آبیاری سنتی با بهره‌وری پایی و افت سطح آبهای زیرزمینی منجر به افزایش مصرف الکتریسیته در مزارع مورد مطالعه می‌شود. نتایج حاصل از محاسبه بهبود شاخص‌های انرژی به روش مدل CRS در انتهای جدول (۷) درج شده است. بر این اساس میزان

شاخص‌های ER، EP و SE به ترتیب از ۳/۱۰، ۰/۳۹کیلوگرم بر مگاژول و ۲/۵۷ مگاژول بر کیلوگرم در حالت واقعی به ۳/۶۷، ۰/۴۶کیلوگرم بر مگاژول و ۲/۱۷ مگاژول بر کیلوگرم در حالت بهبود یافته رسیده است.

جدول ۵. عملکرد، محتوای انرژی ورودی و شاخص‌های انرژی به تفکیک هر مزرعه

شماره مزرعه	عملکرد ماده خشک (kg/ha)	کل انرژی ورودی (MJ/ha)	نسبت انرژی (بدون بعد)	بهره‌وری انرژی (kg/ MJ)	انرژی ویژه (MJ/ kg)
۱	۲۸۸۰۰	۸۱۸۹۹	۲/۸۱	۰/۳۵	۲/۸۴
۲	۲۶۴۰۰	۶۹۵۲۰	۳/۰۳	۰/۳۸	۲/۶۳
۳	۲۹۷۶۰	۶۹۴۶۰	۳/۴۲	۰/۴۲	۲/۳۳
۴	۳۰۲۴۰	۷۳۰۹۳	۳/۳۱	۰/۴۱	۲/۴۱
۵	۳۱۲۰۰	۸۰۹۲۳	۳/۰۸	۰/۳۸	۲/۵۹
۶	۲۹۷۶۰	۷۶۲۹۵	۳/۱۲	۰/۳۹	۲/۵۶
۷	۲۸۸۰۰	۷۲۷۶۰	۳/۱۶	۰/۳۹	۲/۵۲
۸	۳۳۶۰۰	۷۵۲۲۱	۳/۵۷	۰/۴۴	۲/۲۳
۹	۳۷۴۴۰	۸۱۲۵۲	۳/۶۸	۰/۴۶	۲/۱۷
۱۰	۳۱۲۰۰	۷۳۲۱۲	۳/۴۰	۰/۴۲	۲/۳۴
۱۱	۳۰۷۲۰	۶۰۰۳۰	۴/۰۹	۰/۵۱	۱/۹۵
۱۲	۳۴۵۶۰	۶۷۶۴۹	۴/۰۸	۰/۵۱	۱/۹۵
۱۳	۲۷۸۴۰	۵۳۵۳۳	۴/۱۶	۰/۵۲	۱/۹۲
۱۴	۲۷۸۴۰	۷۱۵۰۴	۳/۱۱	۰/۳۸	۲/۵۶
۱۵	۲۶۴۰۰	۶۹۷۱۶	۳/۰۲	۰/۳۷	۲/۶۴
۱۶	۳۰۲۴۰	۷۰۶۶۶	۳/۴۲	۰/۴۲	۲/۳۳
۱۷	۲۸۸۰۰	۷۷۳۸۹	۲/۹۷	۰/۳۷	۲/۶۸
۱۸	۲۸۸۰۰	۸۸۳۲۸	۲/۶۰	۰/۳۲	۳/۰۶
۱۹	۲۸۸۰۰	۵۹۳۶۷	۳/۸۸	۰/۴۸	۲/۰۶
۲۰	۲۹۷۶۰	۸۶۸۶۱	۲/۷۴	۰/۳۴	۲/۹۱
۲۱	۲۱۶۰۰	۷۸۵۶۰	۲/۲۰	۰/۲۷	۳/۶۳
۲۲	۲۸۸۰۰	۷۹۲۲۳	۲/۹۰	۰/۳۶	۲/۷۵
۲۳	۳۱۲۰۰	۸۵۲۵۰	۲/۹۲	۰/۳۶	۲/۷۳
۲۴	۳۳۶۰۰	۸۷۴۲۳	۳/۰۷	۰/۳۸	۲/۶۰
۲۵	۳۶۰۰۰	۸۰۹۸۰	۳/۵۵	۰/۴۴	۲/۲۴
۲۶	۲۷۸۴۰	۸۶۱۷۷	۲/۵۸	۰/۳۲	۳/۰۹
۲۷	۲۸۸۰۰	۷۸۰۴۱	۲/۹۵	۰/۳۶	۲/۷۱
۲۸	۲۹۷۶۰	۶۹۱۵۴	۳/۴۴	۰/۴۳	۲/۳۲
۲۹	۲۸۸۰۰	۷۸۲۵۴	۲/۹۴	۰/۳۶	۲/۷۱
۳۰	۳۶۴۸۰	۷۲۷۸۰	۴/۰۱	۰/۵۰	۱/۹۹
۳۱	۲۸۸۰۰	۷۴۷۳۷	۳/۰۸	۰/۳۸	۲/۵۹
۳۲	۲۹۷۶۰	۷۴۲۴۷	۳/۲۰	۰/۴۰	۲/۴۹
۳۳	۳۳۶۰۰	۷۷۸۶۶	۳/۴۵	۰/۴۳	۲/۳۱
۳۴	۲۴۰۰۰	۸۰۶۷۴	۲/۳۸	۰/۲۹	۳/۳۶
۳۵	۲۹۷۶۰	۷۶۶۹۷	۳/۱۰	۰/۳۸	۲/۵۷
۳۶	۳۶۰۰۰	۸۶۰۳۳	۳/۳۴	۰/۴۱	۲/۳۹
۳۷	۲۷۸۴۰	۴۶۲۱۴	۴/۸۱	۰/۶۰	۱/۶۳
۳۸	۲۶۴۰۰	۸۲۶۲۹	۲/۵۵	۰/۳۱	۳/۱۳
۳۹	۳۱۲۰۰	۹۰۶۸۴	۲/۷۵	۰/۳۴	۲/۹۰
۴۰	۳۳۶۰۰	۹۷۰۷۸	۲/۷۶	۰/۳۴	۲/۸۸
۴۱	۳۵۵۲۰	۸۱۱۳۹	۳/۵۰	۰/۴۳	۲/۲۸
۴۲	۳۴۵۶۰	۸۲۰۳۳	۳/۳۷	۰/۴۲	۲/۳۸
۴۳	۳۳۶۰۰	۸۳۵۰۰	۳/۲۱	۰/۴۰	۲/۴۸
۴۴	۲۴۰۰۰	۹۰۱۳۹	۲/۱۳	۰/۲۶	۳/۷۵
۴۵	۲۸۸۰۰	۸۳۴۸۸	۲/۷۶	۰/۳۴	۲/۸۹
۴۶	۲۳۰۴۰	۸۶۵۸۰	۲/۱۲	۰/۲۶	۳/۷۵
۴۷	۲۸۸۰۰	۷۸۳۴۳	۲/۹۴	۰/۳۶	۲/۷۲
۴۸	۴۰۸۰۰	۸۷۰۶۰	۳/۷۴	۰/۴۶	۲/۱۳
۴۹	۲۹۷۶۰	۸۸۱۴۵	۲/۷۰	۰/۳۳	۲/۹۶
۵۰	۲۴۰۰۰	۸۲۸۷۰	۲/۳۱	۰/۲۹	۳/۴۳
میانگین	۳۰۱۶۸	۷۷۶۹۳	۳/۱۰	۰/۳۹	۲/۵۷

جدول ۶. انواع کارایی‌ها، تعداد دفعات مرجع و میزان احتمالات واحدهای ناکارا برای رسیدن به کارایی در مزارع ذرت علوفه‌ای

واحدهای تولیدی (DMUs)	کارایی فنی	کارایی فنی خالص	کارایی مقیاس	مجموعه مرجع بر اساس مدل CRS (روش Benchmark)	فراوانی در تعداد دفعات مراجعه
۱	۰/۹۴۹	۱	۰/۹۴۹	۱۰ (۰,۸۴) ۴۱ (۰,۰۵) ۴۸ (۰,۰۱)	
۲	۰/۹۱۷	۱	۰/۹۱۷	۹ (۰,۳۷) ۱۲ (۰,۲۰) ۴۱ (۰,۱۶)	
۳	۰/۹۵۳	۱	۰/۹۵۳	۵ (۰,۰۵) ۹ (۰,۴۵) ۱۲ (۰,۲۳) ۳۰ (۰,۰۹)	
۴	۱	۱	۱		۰
۵	۱	۱	۱		۴
۶	۰/۹۹۷	۱	۰/۹۹۷	۱۰ (۰,۰۷) ۱۲ (۰,۳۳) ۴۱ (۰,۴۶)	
۷	۰/۹۶۸	۱	۰/۹۶۸	۵ (۰,۱۲) ۹ (۰,۲۶) ۱۰ (۰,۱۰) ۱۲ (۰,۳۵)	
۸	۱	۱	۱		۲
۹	۱	۱	۱		۱۸
۱۰	۱	۱	۱		۵
۱۱	۱	۱	۱		۴
۱۲	۱	۱	۱		۱۷
۱۳	۱	۱	۱		۰
۱۴	۰/۹۱۹	۱	۰/۹۱۹	۵ (۰,۰۹) ۹ (۰,۳۵) ۱۰ (۰,۰۷) ۱۲ (۰,۲۴)	
۱۵	۰/۸۴۴	۱	۰/۸۴۴	۵ (۰,۰۴) ۹ (۰,۵۲) ۱۲ (۰,۰۷) ۴۱ (۰,۱۳)	
۱۶	۱	۱	۱		۱
۱۷	۰/۷۴۶	۰/۸۱۳	۰/۹۱۷	۹ (۰,۰۹) ۱۱ (۰,۱۴) ۴۸ (۰,۵۱)	
۱۸	۰/۷۱۴	۰/۸۳۱	۰/۸۵۹	۹ (۰,۰۳) ۱۲ (۰,۷۱) ۱۶ (۰,۱۰)	
۱۹	۰/۹۹۱	۱	۰/۹۹۱	۹ (۰,۳۳) ۱۲ (۰,۲۲) ۴۸ (۰,۲۴)	
۲۰	۰/۷۸۵	۰/۹۱۱	۰/۸۶۱	۱۰ (۰,۱۷) ۴۱ (۰,۰۷) ۴۸ (۰,۳۴)	
۲۱	۰/۷۴۷	۱	۰/۷۴۷	۸ (۰,۱۷) ۱۲ (۰,۵۲) ۴۸ (۰,۱۳)	
۲۲	۰/۹۳۷	۱	۰/۹۳۷	۱۲ (۰,۵۲) ۳۷ (۰,۰۳) ۴۸ (۰,۳۰)	
۲۳	۰/۷۷۵	۰/۸۴۳	۰/۹۱۹	۹ (۰,۱۷) ۱۲ (۰,۲۷) ۴۸ (۰,۴۴)	
۲۴	۰/۸۴۶	۰/۸۹۶	۰/۹۴۴	۱۲ (۰,۲۴) ۳۰ (۰,۲۶) ۳۷ (۰,۱۳) ۴۸ (۰,۳۶)	
۲۵	۰/۹۳۰	۰/۹۳۱	۰/۹۹۸	۹ (۰,۲۱) ۱۲ (۰,۲۲) ۴۸ (۰,۳۱)	
۲۶	۰/۷۱۴	۰/۸۸۶	۰/۸۰۵	۹ (۰,۲۸) ۲۸ (۰,۵۱) ۴۳ (۰,۱۰)	
۲۷	۰/۹۰۱	۰/۹۸۰	۰/۹۱۹	۹ (۰,۱۴) ۱۱ (۰,۲۴) ۳۰ (۰,۲۵) ۴۸ (۰,۱۸)	
۲۸	۱	۱	۱		۲
۲۹	۰/۷۶۷	۰/۸۴۴	۰/۹۰۸	۹ (۰,۳۶) ۲۸ (۰,۱۰) ۴۳ (۰,۲۶) ۴۸ (۰,۰۹)	
۳۰	۱	۱	۱		۳
۳۱	۰/۸۹۹	۱	۰/۸۹۹	۹ (۰,۵۸) ۴۸ (۰,۱۹)	
۳۲	۰/۸۸۷	۰/۹۸۶	۰/۸۹۹	۹ (۰,۷۲) ۱۱ (۰,۲۲)	
۳۳	۰/۹۵۳	۰/۹۸۶	۰/۹۶۶	۴۷ (۰,۴۱) ۴۸ (۰,۳۰)	
۳۴	۰/۷۴۱	۱	۰/۷۴۱	۸ (۰,۱۹) ۱۲ (۰,۰۳) ۳۷ (۰,۰۵) ۴۸ (۰,۵۲)	
۳۵	۰/۹۱۹	۱	۰/۹۱۹	۹ (۰,۲۵) ۱۲ (۰,۱۸) ۴۸ (۰,۵۰)	
۳۶	۰/۹۶۳	۰/۹۸۱	۰/۹۸۱		
۳۷	۱	۱	۱		۴
۳۸	۰/۷۳۳	۰/۹۷۱	۰/۷۵۴	۹ (۰,۲۶) ۴۸ (۰,۴۱)	
۳۹	۰/۸۵۸	۰/۸۷۱	۰/۹۸۵	۵ (۰,۱۰) ۴۱ (۰,۷۵) ۴۸ (۰,۰۴)	
۴۰	۰/۹۸۰	۱	۰/۹۸۰	۱۲ (۰,۰۹) ۴۱ (۰,۱۹) ۴۸ (۰,۵۸)	
۴۱	۱	۱	۱		۹
۴۲	۰/۹۹۶	۱	۰/۹۹۶	۱۰ (۰,۱۹) ۱۲ (۰,۰۹) ۴۱ (۰,۱۶) ۴۸ (۰,۴۸)	
۴۳	۱	۱	۱		۲
۴۴	۰/۷۳۲	۰/۹۹۳	۰/۷۳۷	۴۷ (۰,۲۲) ۴۸ (۰,۵۵)	
۴۵	۰/۹۱۸	۰/۹۹۴	۰/۹۲۳	۳۷ (۰,۰۲) ۴۸ (۰,۵۵)	
۴۶	۰/۵۷۹	۰/۹۸۵	۰/۵۸۷	۴۷ (۰,۴۹) ۴۸ (۰,۲۴)	
۴۷	۱	۱	۱		۳
۴۸	۱	۱	۱		۲۴
۴۹	۰/۷۷۶	۰/۸۳۳	۰/۹۳۱	۹ (۰,۰۳) ۴۸ (۰,۵۶)	
۵۰	۰/۶۸۵	۰/۹۹۹	۰/۶۸۵	۹ (۰,۱۴) ۱۲ (۰,۲۹) ۴۱ (۰,۰۲) ۴۸ (۰,۳۴)	
میانگین کل	۰/۹۰	۰/۹۷	۰/۹۲		

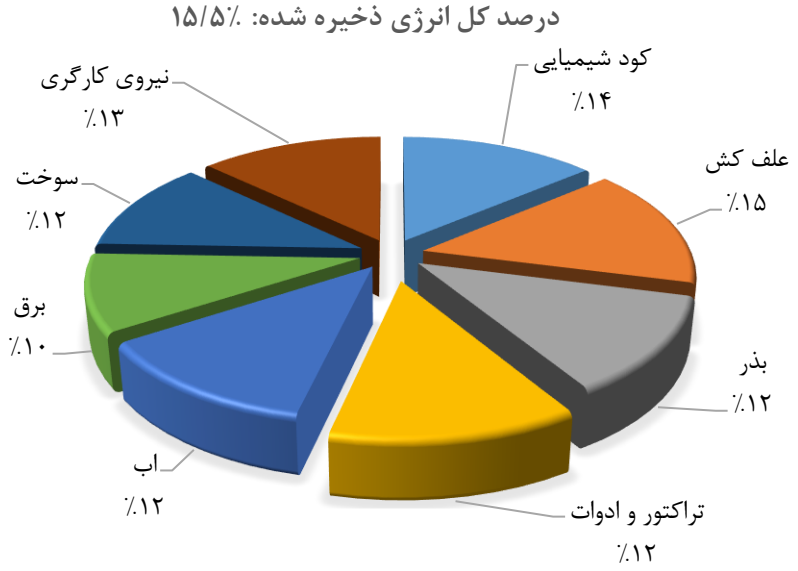
پیش از این در مطالعات صورت گرفته در ایران، نسبت انرژی از ۰/۴۷ به ۰/۵۱ (۸/۵ ٪ بهبود) در تولید گندم (Khoshnevisan *et al.*, 2013)، از ۱/۸۸ به ۲/۰۸ (۱۰/۶ ٪ بهبود) در تولید یونجه (Ghasemi Mobtaker *et al.*, 2012)، از ۱/۷۵ به ۲/۰۳ (۱۳٪/۸۶ بهبود) در تولید کیوی (Mohammadi *et al.*, 2011) و از ۱/۲۹ به ۱/۶۱ (۲۴٪/۸۱ افزایش) در تولید برنج (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2014) پس از بهبود در میزان انرژی نهاده‌ها رسید.

تحلیل و بهبود اثر گازهای گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها در کشت ذرت علوفه‌ای

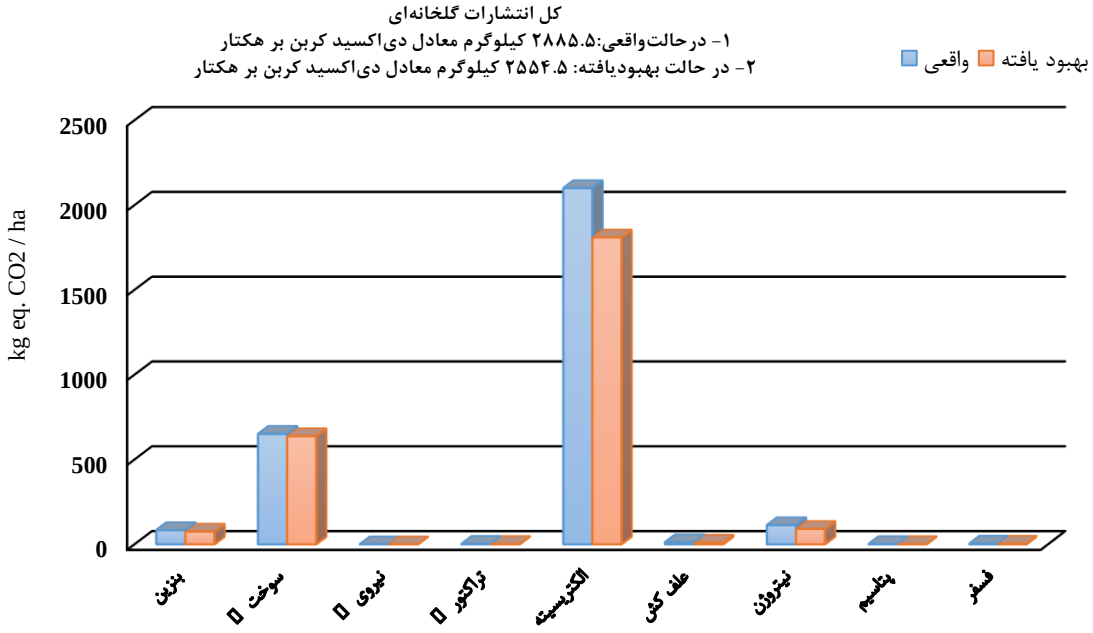
با مشخص شدن سهم انتشارات گلخانه‌ای در تولید ذرت علوفه‌ای می‌توان برنامه‌هایی را در جهت کاهش و کنترل مقدار آلایندگی آن اتخاذ نمود. با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل (۳)، میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشت یک هکتار ذرت علوفه‌ای در دو حالت واقعی و بهبود یافته به ترتیب برابر با ۲۸۸۵/۵ و ۲۵۵۴/۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن بر هکتار (۱۱/۴۵ درصد کاهش انتشارات) محاسبه گردید. همانطور که پیش‌بینی می‌شد، بیشترین میزان انتشارات گلخانه‌ای مربوط به مصرف نهاده الکتریسیته می‌باشد. سهم منتشر شده از این نهاده در دو حالت واقعی و بهبود یافته به ترتیب برابر با ۷۳ و ۷۱ درصد می‌باشد.

جدول ۷. مقادیر انرژی بهبودیافته و ذخیره شده‌ی هر یک از نهاده‌های مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای

عنوان انرژی	میانگین بهبودیافته‌ی انرژی نهاده‌ها ($MJha^{-1}$)	میانگین ذخیره شده‌ی انرژی نهاده‌ها ($MJ.ha^{-1}$)	درصد انرژی ذخیره شده‌ی هر نهاده (٪)
۱- نیروی کارگری	۲۳۴/۳۶	۵۲/۴۲	۱۸/۳۴
۲-کودهای شیمیایی	۵۸۴۴/۹۴	۱۴۲۹/۵۸	۱۹/۶۴
۳- علف‌کش	۳۷۶/۵۵	۱۰۳/۱۹	۲۱/۵۵
۴- سوخت	۱۲۴۸۵/۰۹	۲۴۳۳/۴۳	۱۶/۳۰
۵- الکتریسیته	۳۵۵۰۲/۶۷	۵۷۰۱/۸۹	۱۳/۸۳
۶- آب آبیاری	۸۷۰۲/۷۴	۱۸۳۳/۶۸	۱۷/۳۹
۷- تراکتور و ماشین‌های کشاورزی	۱۹۶۸/۶۲	۴۲۱/۶۶	۱۷/۶۳
۸- بذر	۴۹۸/۶۲	۱۰۴/۳۰	۱۷/۳۱
- کل انرژی نهاده‌ها	۶۵۶۱۳/۶۰	۱۲۰۸۰/۱۶	۱۵/۴۷
- نسبت انرژی	۳/۶۷	-۰/۵۷	-۱۸/۳۸
- بهره‌وری انرژی	۰/۴۶	-۰/۰۷	-۱۷/۹۴
- انرژی ویژه	۲/۱۷	۰/۴۰	۱۵/۵۶



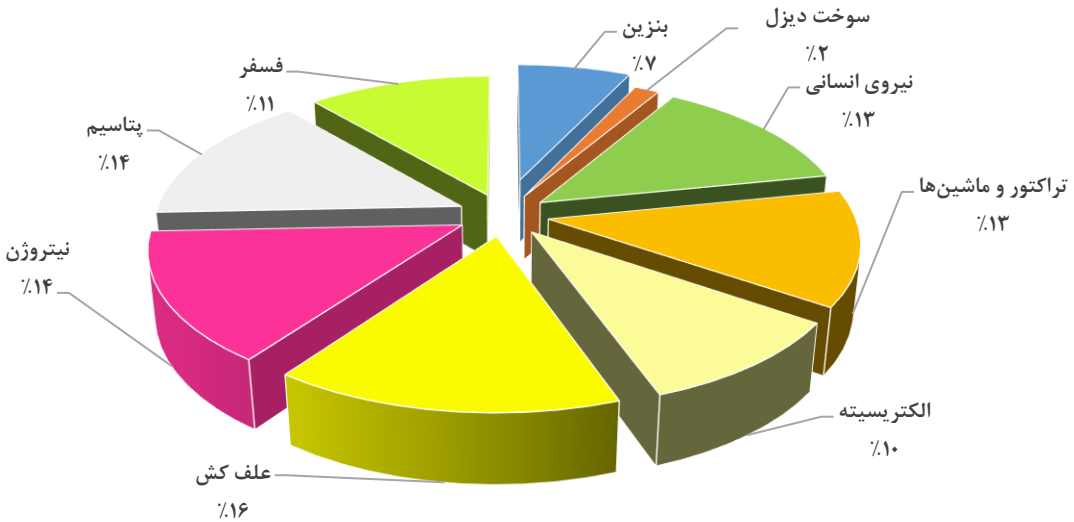
شکل ۲. سهم انرژی ذخیره شده‌ی هر یک از نهاده‌ها نسبت به کل انرژی ورودی در تولید ذرت علوفه‌ای



شکل ۳. میزان انتشارات گلخانه‌ای در دو حالت واقعی و بهبودیافته در کشت ذرت علوفه‌ای

Pishgar-Komleh *et al.*, (2012b) نشان دادند که کودهای شیمیایی با ۳۷۰ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن (۳۷ درصد از کل انتشارات) و سوخت دیزل با ۳۲۵/۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن (۳۳ درصد از کل انتشارات) بیشترین میزان انتشارات گلخانه‌ای را در تولید یک هکتار سیب‌زمینی تولید می‌کنند. در تحقیقی که بر روی بهبود انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم شهرستان اهواز به کمک DEA صورت گرفت، کاهش ۷/۲۸ درصدی در انتشارات گلخانه‌ای نسبت به حالت اولیه مشاهده گردید (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2016) . سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی در کاهش پتانسیل انتشارات گازهای گلخانه‌ای در شکل (۴) مشخص شده است. علف‌کش مصرفی و کودهای شیمیایی پتاسیم و نیتروژن به ترتیب با سهم ۱۶، ۱۴ و ۱۴ درصدی، بیشترین پتانسیل کاهش انتشارات گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهند. دلیل بالا بودن سهم انتشارات گلخانه‌ای مربوط به علف‌کش در بالا بودن ضریب انتشار این نهاده نسبت به سایر نهاده‌ها می‌باشد. همچنین استفاده از روش‌های بیولوژیک و کودهای سبز و تحقیقات کاربردی به منظور تعیین میزان نیاز گیاه به مواد غذایی در مراحل مختلف رشد باعث کاهش انرژی مصرفی و انتشارات گلخانه‌ای مربوط به مصرف کودهای شیمیایی می‌گردد.

میزان ذخیره شده‌ی کل انتشارات گلخانه‌ای : ۳۳۱ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن بر هکتار (۱۱/۴۵ درصد کاهش)



شکل ۴. نمودار میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از مقادیر نهاده‌های بهبودیافته در مدل CRS

نتیجه‌گیری

این مطالعه که به منظور شناخت جریان مصرفی انرژی و انتشارات گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها در مزارع تولید ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهرکرد صورت گرفت نشان داد که بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به چهار نهاده‌ی الکتریسیته، سوخت دیزل، آب آبیاری و کودهای شیمیایی به ترتیب با سهم ۵۳، ۱۷/۱۰، ۱۳/۵۶ و ۹/۳۶ درصد از کل انرژی مصرفی می‌باشد. با توجه به اینکه سه نهاده‌ی الکتریسیته، سوخت و کودهای شیمیایی درصد بسیار بالایی از انرژی‌های تجدیدناپذیر را تشکیل می‌دهند، مشخص می‌شود که وابستگی شدیدی به منابع تجدیدناپذیر انرژی در کشت ذرت علوفه‌ای وجود دارد؛ بنابراین تولید این محصول به لحاظ مصرف انرژی ناپایدار است، زیرا انرژی و مشکلات زیست محیطی بسیار زیاد با یکدیگر مرتبط هستند و تولید، انتقال و مصرف انرژی بدون ایجاد بارهای زیست‌محیطی ممکن نیست. به منظور کاهش مصرف سوخت دیزل توصیه می‌شود تا در حد امکان از تردد بیش از حد ماشین‌ها در مزرعه جلوگیری شود و این کار از طریق استفاده از کمبینات‌ها و تغییر در روش شخم (خاک‌ورزی حفاظتی) در عملیات مختلف زراعی میسر خواهد بود. همچنین استفاده از روش کشت در بقایای قبلی (کشت بی‌خاک‌ورزی) نه تنها باعث کاهش عملکرد محصول نمی‌شود، بلکه از طریق حفظ رطوبت کافی خاک، نیاز به آبیاری‌های سیلابی را نیز کاهش داده و مصرف انرژی الکتریسیته کمتری را به همراه دارد. هدف از رتبه‌بندی مزارع ذرت از لحاظ کارایی، کمک به تخصیص بهینه‌ی منابع و سیاست‌گذاری‌های مناسب برای بهبود امکانات انسانی، فیزیکی و رفع ناآگاهی‌های مدیریتی در این بخش، از طریق الگوگیری صحیح از دیگر بخش‌های کارا می‌باشد. بنابراین از این جهت که روش تحلیل پوششی داده‌ها، میزان بهبود نهاده‌های مصرفی و اجرای صحیح روش‌های مدیریتی را با دخالت دادن منابع مورد استفاده بررسی می‌کند، می‌تواند پایه‌گذار تحقیقات بیشتر و نگرش‌های جامع‌تر در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های توسعه این بخش باشد.

REFERENCES

Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., Grignani, C. (2011). EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy*, 36(7), 4468-4481.

Anonymous. 2017. Annual agricultural statistics of Charmahal and Bakhtiary province in Iran. <chb-agri-jahad.ir/chb> [In Farsi].

Bames, A. (2006). Does multi-functionality affect technical efficiency? A non-parametric analysis of the Scottish dairy industry. *Jornal of Environmental Management*, 80(4), 287-294.

Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Chamsing, A., Salokhe, V.M., Singh, G. (2006). Energy consumption analysis for selected crops in different regions of Thailand. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, 8, 1-18.

Chang, M. C. (2014). Energy intensity, target level of energy intensity, and room for improvement in energy intensity: An application to the study of regions in the EU. *Energy Policy*, 67, 648-655.

Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques, third ed. John Wiley & Sons, New York. USA.

Dyer, J.A., Desjardins, R.L. (2003). Simulated farm fieldwork. Energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. *Biosystems Engineering*, 85(4), 503-513.

Dyer, J.A., Desjardins, R.L. (2006). Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosystems Engineering*, 93(1), 107-118.

Elhami, B., Shahvarooghi Farahani, S. & Marzban, A. (2019). Improvement of energy efficiency and environmental impacts of rainbow trout in Iran. Artificial Intelligence in Agriculture, 2, 13–27.

Esfahani, S., M. Zamani, D., and Shahrami, E. (2013). Evaluation of Energy Indices in Qazvin Broiler Farms using Data Envelopment Analysis. *Journal of Biosystem Engineering*, 2(2), 48-53. [In Farsi].

FAO. (2019). Food and Agriculture Organization. <www.fao.org>

Ghasemi Mobtaker, H., Akram, A., Keyhani, A. (2012). Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy Sustainable and Development*, 16, 84-89.

Gheisari, K., Mehrnoo, H., Gafarian, A. (2007). An introduction to the fuzzy data envelopment analysis. *Center of Scientific Publications Qazvin Islamic Azad University*, 1, pp.184. [In Farsi].

Hatirli, S.A., Ozkan, B., Fert, K. (2005). An econometric analysis of energy inputoutput in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 608-623.

Houshyar, E., Azadi, H, Almassi, M., Sheikh Davoodi, M.J., Witlox, F. (2012). Sustainable and efficient energy consumption of corn production in Southwest Iran: Combination of multi-fuzzy and DEA modeling. *Energy*, 44, 672-681.

IPCC. (2007). IPCC Assessment Report 4. <www.ipcc.ch>

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H. (2013). Applying data envelopment analysis

approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production. Energy, 58, 588-593.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., Rajaeifar, M.A. (2014). Application of artificial neural networks for prediction of output energy and GHG emissions in potato production in Iran. *Agricultural System*, 123, 120-127.

Kitani, O. (1999). Energy and biomass engineering, CIGR handbook of agricultural engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI. pp.351.

Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30(7), 981-990.

Mani, I., Kumar, P., Panwar, J.S., Kant, K. (2007). Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hilly regions of Himachal Pradesh, India. *Energy*, 32, 2336-2339.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, H. (2011). Energy efficiency improvement and input cost saving in kiwifruit production using Data Envelopment Analysis approach. Renewable *Energy*, 36, 2573-2579.

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, SH., Jafari, A., Mohammadi, A., (2011). Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy*, 36, 2765-2772.

Nabavi-Pelesaraei, A., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Qasemi-Kordkheili, P., Kouchaki-Penchah, H., Riahi-Dorcheh, F. (2016). Applying optimization techniques to improve of energy efficiency and GHG (greenhouse gas) emissions of wheat production. *Energy*, 103, 672-678.

Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Chau, K. W. (2017). Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. *Journal of Cleaner Production*, 162, 571-586.

Pimentel, D., Williamson, S., Pagan, O.G., Kontak, C., Mulkey, S.E. (2008). Reducing energy inputs in the US food system. *Human Ecology*, 36, 459-471.

Pishgar-Komleh, S.H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M.R. and Jafari, A. (2012a). Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran. *Energy*, 43, 469-476.

Pishgar-Komleh, S.H., Ghahderijani, M., Sefeedpari, P. (2012b). Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 33, 183-191.

Pishgar-Komleh, S.H., and Omid, M., and Heidari, M.D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. *Energy*, 59, 63-71.

Schroede, J.W. (2004). Corn Silage Management, NDSU Extension Service, publication; AS-1253.

Anonymous. (2016). Statistical Yearbook of Charmahal and Bakhtiary province in Iran. <amar.org.ir/ English/Iran-Statistical-Yearbook> [In Farsi].

Sefeedpari, P., Rafiee, S., Pishgar Komleh, S.H., Ghahderijani. (2012). A source-wise and operation-wise energy use analysis for corn silage production, a case study of Tehran province, Iran. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 1, 158–166.

Singh, G., Singh, S., and Singh, J. (2004). Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion Management*, 45, 453–465.

Zarchi-Yazdi, M., Sheikh Davoodi, M.J., Khoda Rahimpour, Z. (2010). Investigation of the energy consumption trend in corn production in the north of Khuzestan. 2010. 6th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization. *Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (Karaj)* [In Farsi].