DOI: 10.22059/ijbse.2020.302359.665306

مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰ (ص۳۶-۲۷)

Investigating the Energy Consumption and Environmental Pollutants of Pumpkin Production (Case Study: Boroujerd County)

MOHAMMAD SHARIFI[1*], SHAMSI SOODMAND-MOGHADDAM[1], ASADOLLAH AKRAM[1]

1. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May. 7, 2020- Revised: May. 31, 2020- Accepted: June. 9, 2020)

ABSTRACT

In this study, the energy consumption and environmental effects of pumpkin production in Boroujerd county have been investigated. To evaluate energy in pumpkin production, energy ratio (ER), energy productivity (EP), energy intensity (EI) and net energy gain (NEG) indices were obtained. The values of 1.6, 2.1 kg.MJ^{-1}, 0.4 MJ.kg^{-1}, 10,952 MJ.ha^{-1} were obtained, respectively. The results showed total input and output energy was 16,191 and 27,143 MJ.ha^{-1}, respectively. Chemical fertilizers and diesel fuel had the highest energy consumption among the inputs. Environmental effects were assessed with a life cycle approach using the CML model. Nitrogen fertilizer with 48% in acidification and pesticides with 90% in global warming accounted for the highest share of these impact categories. It is suggested that the use of fertilizers and chemical pesticides be managed by educating farmers to save energy, economic and environmental benefits.

Keywords: Life Cycle Assessment, Energy Consumption, Chemical Toxins, Organic Fertilizer

* Corresponding author's Email: m.sharifi@ut.ac.ir

بررسی مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید کدوحلوایی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان بروجرد)

محمد شریفی[1*]، شمسی سودمندمقدم[1]، اسداله اکرم[1]

۱. گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۸- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۳/۱۱- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۳/۲۰)

چکیده

در این مطالعه مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید کدوحلوایی در شهرستان بروجرد مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی انرژی، شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده‌ی خالص انرژی مورد استفاده قرار گرفته است و به ترتیب مقادیر ۱/۶، ۲/۱ کیلوگرم بر مگاژول، ۰/۴ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۰،۹۵۲ مگاژول بر هکتار به دست آمد. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب برابر با ۱۶،۱۹۱ و ۲۷،۱۴۳ مگاژول بر هکتار بود. کودهای شیمیایی و سوخت دیزل، بیشترین میزان مصرف انرژی در بین نهاده‌ها را داشتند. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با رویکرد چرخه‌ی زندگی و با استفاده از مدل CML انجام شد. نهاده کود نیتروژن با ۴۸ درصد در بخش اسیدی شدن و نهاده سم با ۹۰ درصد در بخش گرمایش جهانی بالاترین سهم را در این بخش‌های اثر به خود اختصاص دادند. پیشنهاد می‌شود، میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی را از طریق آگاهی دادن به کشاورزان، مدیریت نمود تا علاوه بر جنبه انرژی، در جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی نیز موجب تعادل گردد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه‌ی زندگی، انرژی مصرفی، سموم شیمیایی، کود ارگانیک

مقدمه

کدوحلوایی با نام علمی *Cucurbita moschata*، گیاهی یک‌ساله از تیره‌ی کدوئیان است. میوه‌ی این گیاه مصرف خوراکی داشته، سرشار از بتاکاروتن، پتاسیم و ویتامین C بوده و حتی روغن دانه کدو نیز مورداستفاده‌ی خوراکی قرار می‌گیرد و دارای خواص زیادی از جمله کاهش فشار خون، کلسترول خون و خواص آنتی باکتریایی می‌باشد (Chu *et al.*, 2020). کدو انواع مختلفی از جمله کدو حلوایی، کدو تنبل، کدوی زرد، کدو خورشتی و کدوی سبز دارد. کشت جنس‌های کدوی تنبل (حلوایی یا کدوی زمستانه) و کدو مسمایی (خورشتی یا سبز یا کدوی تابستانه) در کشور ایران رواج بیشتری دارد. از اواخر تیر تا اوایل خرداد ماه می‌توان اقدام به تولید کدوی زمستانه کرد و دامنه عملکرد آن بسته به نوع رقم و آب و هوا بین ۱۵ تا ۲۵ تن در هکتار می‌باشد. روش کاشت کدو به صورت جوی و پشته ای بوده که معمولاً فاصله پشته‌ها ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها از یکدیگر ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. کشت انواع کدو از دیرباز در ایران رواج داشته و یکی از محصولات مهم زراعی به‌حساب می‌آید. حدود ۱۵۴،۰۹۱ تن کدو در ۲۲،۷۱۹ هکتار سطح زیر کشت کدو در ایران تولید شده است (Anonymous, 2018).

در سال‌های اخیر با گسترش آگاهی‌ها در زمینه‌ی مسئله‌ی گرمایش زمین، نگرانی در مورد تأثیر انتشار کربن بر اقلیم جهانی افزایش یافته است و در حال حاضر محیط‌زیست یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست‌های کلان جهانی بوده و بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت تأثیر قرار داده است (Yousefinejad *et al.*, 2015) . به همین دلیل مهم‌ترین عامل و پیش‌نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط‌زیست است. آلودگی‌های زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه انسانی در قرن حاضر است (Li *et al.*, 2019). در سال‌های اخیر مطالعات متعددی پیرامون ارزیابی انرژی مصرفی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی انجام شده است. در تحقیقی، کشت و فرآوری گیاه دارویی شاهدانه از لحاظ مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد به ازای هر کیلوگرم محصول فرآوری شده آماده مصرف، ۴،۲۰۰ کیلوگرم دی اکسید کربن معادل به جو منتشر شده است (Mills, 2012). در مطالعه‌ای شاخص‌های انرژی تولید کدو تنبل در خوی تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که مقدار انرژی‌های ورودی مورد استفاده ۵،۹۸۱،۲۹۷ کیلوکالری در هکتار و انرژی خروجی (تولید) عملکرد کدو تنبل ۶،۹۱۰،۸۰۰ بدست آمد. همچنین مقدار بهره‌وری انرژی ۱/۱۵ بود (Hosini *et al.*, 2009).

در یک مطالعه دیگر، ارزیابی تعادل انرژی و شاخص‌های

* نویسنده مسئول : m.sharifi@ut.ac.ir

انرژی کدو تنبل در شمال ایران (استان گیلان) مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات از ۷۲ مزرعه با استفاده از پرسش‌نامه جمع‌آوری شد. با استفاده از داده‌های مصرف کننده به عنوان ورودی و کل تولید به عنوان خروجی، تراز انرژی و شاخص‌های انرژی محاسبه شد. بهره‌وری انرژی برای بذر و میوه‌ها در این تحقیق به ترتیب ۰/۱ و ۰/۴ محاسبه شد. همچنین انرژی مصرفی، ۵،۰۳۵،۴۶۰ کیلو کالری در هکتار، انرژی تولید ۴۶۳،۲۰۰ کیلو کالری در هکتار، انرژی در واحد ۳۸۶ کیلوکالری، نسبت انرژی تولید به انرژی مصرفی ۰/۰۹ و نسبت انرژی مصرفی به انرژی تولیدی ۱۵۸/۶ محاسبه شد (Azarpour *et al.*, 2013).

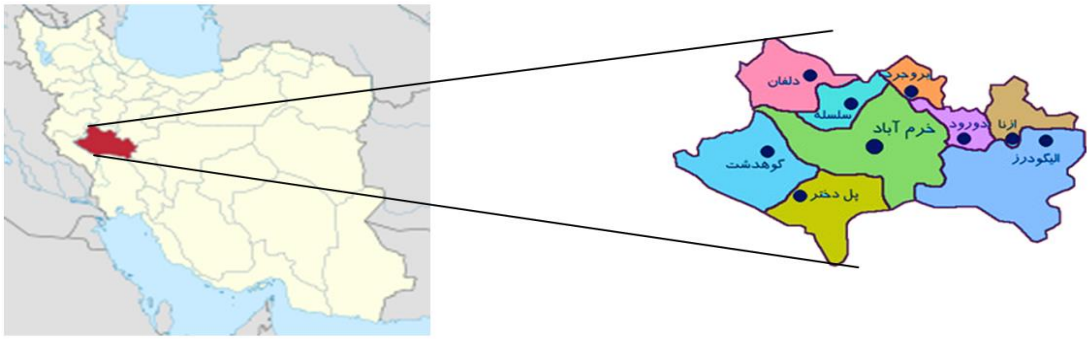
در تحقیقی به بررسی وضعیت مصرفی انرژی و میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی با استفاده از ارزیابی چرخه زندگی تولید انگور در منطقه هزاوه شهرستان اراک پرداخته شد. نتایج مطالعه، کل انرژی ورودی مورد نیاز را برای تولید انگور را برابر با ۱۸۵۴ مگاژول بر تن نشان داد. نهاده‌های کود پرندگان و کود نیتروژن هر یک ۲۶٪ از سهم کل انرژی ورودی را به‌خود اختصاص دادند. همچنین نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی در تولید انگور به‌ترتیب ۵/۷ و ۰/۴ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج ارزیابی چرخه زندگی، میزان گرمایش جهانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات قرن حاضر ناشی از تولید هر تن انگور را برابر ۵۰۹ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل نشان داد (Mohseni *et al.*, 2019).

امروزه بخش کشاورزی به یکی از مصرف‌کنندگان بزرگ انرژی تبدیل‌شده است تا غذای کافی برای جمعیت رو به افزایش جهان را تأمین کند (Morid Ahmadi *et al.*, 2019). لذا با توجه به محدودیت منابع طبیعی موجود و اثرات استفاده از منابع انرژی مختلف بر روی محیط‌زیست و سلامتی انسان، بررسی الگوهای مصرف انرژی در کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد (Haroni *et al.*, 2017). برای حمایت از تولیدات کشاورزی، استفاده‌ی کارآمد از انرژی باید مدنظر قرار گیرد؛ زیرا علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی باعث حفاظت منابع فسیلی و همچنین منابع پایه دیگر می‌شود (Feyzbakhsh & Alizadeh, 2017). از طرف دیگر، کشاورزی فشرده[1] که بر پایه‌ی استفاده‌ی فشرده از نهاده‌های کشاورزی، ماشین‌ها، انرژی‌های فسیلی و غیر فسیلی بنانهاده شده است خود دلیل بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی جهان امروز به‌حساب می‌آید (Kumari *et al.*, 2019).

کشاورزی در امنیت غذایی و اقتصاد نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. تولید محصولات کشاورزی زمانی به صورت مستمر ادامه می‌یابد که سامانه تولید کشاورزی پایدار باشد. در کشاورزی پایدار تولید محصول کافی و با بیشترین کیفیت و مقدار و با حفاظت از محیط زیست و منابع انجام می‌شود. کشاورزی پایدار در ارتباط تنگاتنگ با محیط زیست قرار دارد، بنابراین در تولید هر محصول کشاورزی از جمله کدو حلوایی ضروری است ابعاد زیست محیطی تولید آن محصول مورد بررسی قرار بگیرد. با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی بر روی انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید کدوحلوایی در شهرستان بروجرد انجام نشده است، اهداف موردنظر از انجام این پژوهش را می‌توان ارزیابی انرژی مصرفی و میزان انتشار آلاینده‌های محیطی ناشی از تولید کدوحلوایی و ارائه‌ی راهکارهایی جهت کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها عنوان نمود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در شهرستان بروجرد واقع در استان لرستان انجام شده است. شهرستان بروجرد از شمال به شهرستان‌های ملایر و نهاوند در استان همدان، از شرق به شهرستان شازند در استان مرکزی، از جنوب به شهرستان دورود و از غرب به شهرستان‌های خرم‌آباد و دلفان محدود می‌باشد (شکل ۱). بروجرد در منطقه کوهستانی زاگرس قرار گرفته و سالانه حدود ۱۳ هزار تن کدوحلوایی در زمین‌های زراعی این شهرستان تولید می‌شود. کل مزارع زیر کشت کدوحلوایی موجود در منطقه مورد مطالعه برابر با ۵۳۶ می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مزارع زیر کشت کدو حلوایی، شهرستان بروجرد در ایران

1. Intensive agriculture

با توجه به گسترده بودن جامعه آماری در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای تعیین حجم نمونه استفاده شد. حجم نمونه مورد نیاز برای محصول کدوحلوایی با استفاده از رابطه کوکران (روابط ۱ و ۲) که یکی از روش‌های آماری معمول در ارتباط با مطالعه متغیرهای کیفی می‌باشد برابر با ۱۳۶ نمونه در این تحقیق برآورد گردید. لذا داده‌های موردنیاز این مطالعه از طریق تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی حضوری با ۱۳۶ نفر از کشاورزان منطقه که به کشت کدو اشتغال داشته‌اند به دست آمد.

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

$$d=\frac{t\times s}{\sqrt{n}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این فرمول، N اندازه‌ی جامعه‌ی آماری یا تعداد کشاورزان، t ضریب اطمینان قابل‌قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت موردنظر از جدول تی استیودنت به دست می‌آید، S^2 برآورد واریانس صفت موردمطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است (Kaab *et al.*, 2019a).

تحلیل شاخص‌های انرژی

انرژی ورودی برای منابع مختلف ورودی سامانه شامل نیروی کارگری، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی و بذر در نظر گرفته شدند. همچنین خروجی سامانه شامل کدوحلوایی می‌باشد. هم‌ارزهای انرژی که برای محاسبه‌ی انرژی هر یک از نهاده‌ها مورد استفاده قرار گرفت در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌های به کار رفته در تولید کدو حلوایی در شهرستان بروجرد

عنوان	واحد	محتوای انرژی ($MJ.Unit^{-1}$)	مرجع
نیروی کارگری	h	۱/۹	(Kaab *et al.*, 2019b)
ماشین‌های کشاورزی	kg	۱۴۲/۷	(Pimentel *et al.*, 1980)
سوخت دیزل	L	۴۷/۸	(Canakci & Akinci. 2006)
سموم شیمیایی	kg	۱۲۰	(Azarpour *et al.*, 2013)
کود نیتروژن	kg	۶۶/۱	(Sharifi, 2018)
کود فسفر (P_2O_5)	kg	۱۲/۴	(Sharifi, 2018)
کود پتاسیم(K_2O)	kg	۱۱/۱	(Sharifi, 2018)
بذر	kg	۱/۹	(Azarpour *et al.*, 2013)
کدوحلوایی	kg	۰/۸	(Azarpour *et al.*, 2013)

انرژی مربوط به نهاده‌های ماشینی یکی از مهم‌ترین اقلام انرژی مصرفی در کل فرآیند موازنه انرژی تولیدات کشاورزی است. برای محاسبه انرژی ماشین‌های استفاده‌شده از رابطه (۳) استفاده شد (Paratscha *et al.*, 2019):

$$ME=\frac{G\times M_P\times t}{T} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح (Mg/ha)، G جرم ماشین (kg)، M_P انرژی ماشین (MJ/kg)، t زمان استفاده‌شده از ماشین در واحد سطح (h) و T عمر مفید ماشین (h) است.

برای ارزیابی انرژی در تولید کدوحلوایی، شاخص‌های نسبت انرژی[1] (ER)، بهره‌وری انرژی[2] (EP)، شدت انرژی[3] (EI) و افزوده‌ی خالص انرژی[4] (NEG) با استفاده از روابط ۴ تا ۷ به دست آمد:

$$ER=\frac{E_{out}}{E_{in}} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$EP=\frac{Y}{E_{in}} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

$$EI=\frac{E_{in}}{Y} \quad \text{(رابطه ۶)}$$

$$NEG=E_{out}-E_{in} \quad \text{(رابطه ۷)}$$

که در آن، E_{out} انرژی خروجی ($MJ.ha^{-1}$)، E_{in} انرژی ورودی ($MJ.ha^{-1}$) و Y عملکرد محصول ($kg.ha^{-1}$) می‌باشد. ER بدون بعد، EP برحسب $kg.MJ^{-1}$، EI برحسب $MJ.kg^{-1}$ و NEG برحسب $MJ.ha^{-1}$ می‌باشند.

1. Energy Ratio
2. Energy Productivity
3. Energy Intensity
4. Net Energy Gain

ارزیابی چرخه‌ی زندگی

ارزیابی چرخه‌ی زندگی[1] (LCA) روشی است برای تعیین تأثیرات زیست‌محیطی مرتبط با تولید یک محصول یا یک فرآیند تولیدی از مرحله‌ی استخراج منابع اولیه تا دفع نهایی ضایعات ناشی از این فرآیند تولیدی (Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016a). در این روش، جنبه‌های زیست‌محیطی و پیامدهای بالقوه‌ی زیست‌محیطی در سراسر چرخه‌ی یک محصول مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (ISO, 2006). ریشه‌ی LCA به دهه‌ی ۱۹۶۰ برمی‌گردد؛ جایی که دانشمندان نگران کاهش سریع سوخت‌های فسیلی و منابع تجدیدناپذیر بودند و این روش را جهت شناسایی اثرات مصرف انرژی گسترش دادند. چرخه‌ی زندگی یک محصول دارای چهار مرحله‌ی اصلی می‌باشد: استخراج، تولید، استفاده و پایان عمر. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با روش ارزیابی چرخه‌ی زندگی از چهار مرحله تشکیل‌شده است: تعیین هدف و دامنه[2]، تحلیل سیاهه[3]، ارزیابی اثرات[4] و تفسیر نتایج[5]. در مرحله‌ی تعیین هدف و دامنه در مورد چگونگی (دامنه) و چرایی (هدف) یک مطالعه‌ی ارزیابی چرخه‌ی زندگی بحث می‌شود. تعیین هدف، نتیجه و عواید حاصل از مطالعه را مشخص می‌کند و تعیین دامنه در رابطه با توصیف واحد عملکردی محصول موردمطالعه، سامانه‌ی تولید و مرزهای آن، روند جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و بخش‌های اثر زیست‌محیطی بحث می‌کند. در مرحله‌ی تحلیل سیاهه، منابع طبیعی و دیگر ورودی‌های سامانه و انتشار آلاینده‌ها و سایر خروجی‌ها در هر فرآیند از سامانه‌ی تولید موردبررسی قرار می‌گیرد. در مرحله‌ی ارزیابی اثرات، ورودی‌های منابع طبیعی و انتشارهای زیست‌محیطی به سهم آن‌ها در محدوده‌ی بخش‌های اثر منتخب ترجمه می‌شود و در مرحله‌ی نهایی نتایج مراحل قبلی تفسیر می‌شود (ISO, 2006).

واحد عملکردی یک مفهوم کلیدی در مطالعات ارزیابی چرخه‌ی زندگی می‌باشد که مقایسه‌ی تولیدات و خدمات مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد (Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016b). در این مطالعه، واحد عملکردی یک تن کدوحلوایی می‌باشد؛ یعنی شاخص‌های زیست‌محیطی بر اساس این مقدار از تولید ارزیابی شده است. از دیگر اقدامات مهم در مرحله‌ی تعیین هدف و دامنه، تعیین مرز سامانه است. تعیین مرز سامانه به‌منظور محاسبه‌ی دقیق‌تر مواد منتشرشده ناشی از مصرف نهاده‌ها در طی فرآیندهای فرآوری ضروری می‌باشد (Suh *et al.*, 2004). ارزیابی چرخه‌ی زندگی، یک نگرش «گهواره تاگور»[6] می‌باشد اما این امکان فراهم‌شده است تا به‌منظور تمرکز بیشتر روی فرآیندها، مرز سامانه به‌صورت بخشی از کل سامانه در نظر گرفته شود و نتایج بر اساس مرز انتخاب‌شده و برای یک مقیاس کوچک‌تر بیان شوند. در این مطالعه دروازه‌های مزرعه به‌عنوان مرز سامانه انتخاب‌شده است. برای ارزیابی اثرات در LCA بسته به نوع محصول، روش‌ها و نرم‌افزارهای متفاوتی وجود دارد. در این پژوهش از روش CML 2 baseline 2000 و نرم‌افزار سیماپرو استفاده شد. روش CML توسط پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه لیدن هلند ارائه شده و یکی از روش‌هایی است که بیشتر برای استفاده در سطح بین‌المللی طراحی شده و اختصاص به منطقه خاصی ندارد. این روش دارای ۱۰ بخش اثر است. بخش‌های اثر[7] مورداستفاده در این مطالعه در جدول ۲ آورده شده است (PRé Consultants, 2013).

اطلاعات مورداستفاده در این مطالعه به دو دسته تقسیم می‌شوند: اطلاعات پیش‌زمینه[8] و اطلاعات پس‌زمینه[9]. اطلاعات پیش‌زمینه مربوط به اثرات زیست‌محیطی تولید هریک از نهاده‌ها می‌باشد که در پایگاه‌های داده‌ی مرتبط با ارزیابی چرخه‌ی زندگی در نرم‌افزار سیماپرو[10] موجود می‌باشد. اطلاعات پس‌زمینه نیز داده‌های مربوط به فرآیند تولید می‌باشد که با تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی حضوری با کشاورزان به دست آمد. این داده‌ها شامل مقدار مصرف هر یک از نهاده‌ها از جمله نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، کودها و سموم شیمیایی و بذر می‌باشد. با واردکردن این داده‌ها در نرم‌افزار سیماپرو، اثرات زیست‌محیطی مربوط به استفاده از هرکدام از این نهاده‌ها به‌صورت خروجی به دست می‌آید.

هرکدام از بخش‌های اثر دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند. این امر موجب می‌شود که مقایسه‌ی اهمیت بخش‌های اثر متفاوت ممکن نباشد. نرمال‌سازی بخش‌های اثر به‌منظور یکسان کردن واحدهای اندازه‌گیری این بخش‌ها انجام می‌گیرد. درنتیجه مقایسه‌ی بین آن‌ها، حتی توسط افراد غیرمتخصص نیز، ممکن می‌شود (Khanali *et al.*, 2015). در این مطالعه نیز پس از برآورد شاخص‌های زیست‌محیطی، مقادیر آن‌ها نرمال شده است.

1. Life Cycle Assessment
2. Goal and scope definition
3. Inventory analysis
4. Impact assessment
5. Interpretation
6. Cradle to Grave
7. Impact categories
8. Background Data
9. Foreground Data
10. SimaPro

جدول ۲- بخش های اثر و واحد اندازه گیری هر بخش در فرایند مطالعه اثرات زیست محیطی تولید کدو حلوایی در شهرستان بروجرد

بخش‌های اثر	نماد	واحد اندازه‌گیری
تقلیل مواد غیر آلی	AD	kg Sb eq
اسیدی شدن	AC	kg SO_2 eq
اختناق دریاچه‌ای	EU	kg PO43- eq
گرمایش جهانی	GW	kg CO_2 eq [a]
نقصان لایه‌ی ازن	OD	kg CFC-11 eq
مسمومیت انسان‌ها	HT	kg 1,4-DCB eq [b]
مسمومیت آب‌های سطحی	FAET	kg 1,4-DCB eq [b]
مسمومیت آب‌های آزاد	MAET	kg 1,4-DCB eq [b]
مسمومیت خاک	TE	kg 1,4-DCB eq [b]
اکسیداسیون فتوشیمیایی	PhO	kg C2H4 eq

a. Considering 100 years
b. DCB= dichlorobenzene

نتایج و بحث

انواع و شاخص‌های انرژی محاسبه‌شده در تولید کدوحلوایی در جدول ۳ خلاصه شده است. همان‌طور که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب برابر با ۱۶،۱۹۱ و ۲۷،۱۴۳ مگاژول بر هکتار می‌باشند. شاخص نسبت انرژی که نشان‌دهنده‌ی کارایی انرژی در تولید می‌باشد مقدار ۱/۶ به دست آمد و نشان‌دهنده‌ی این است که تولید این محصول در منطقه از کارایی نسبتاً خوبی برخوردار است (Costa *et al.*, 2018).

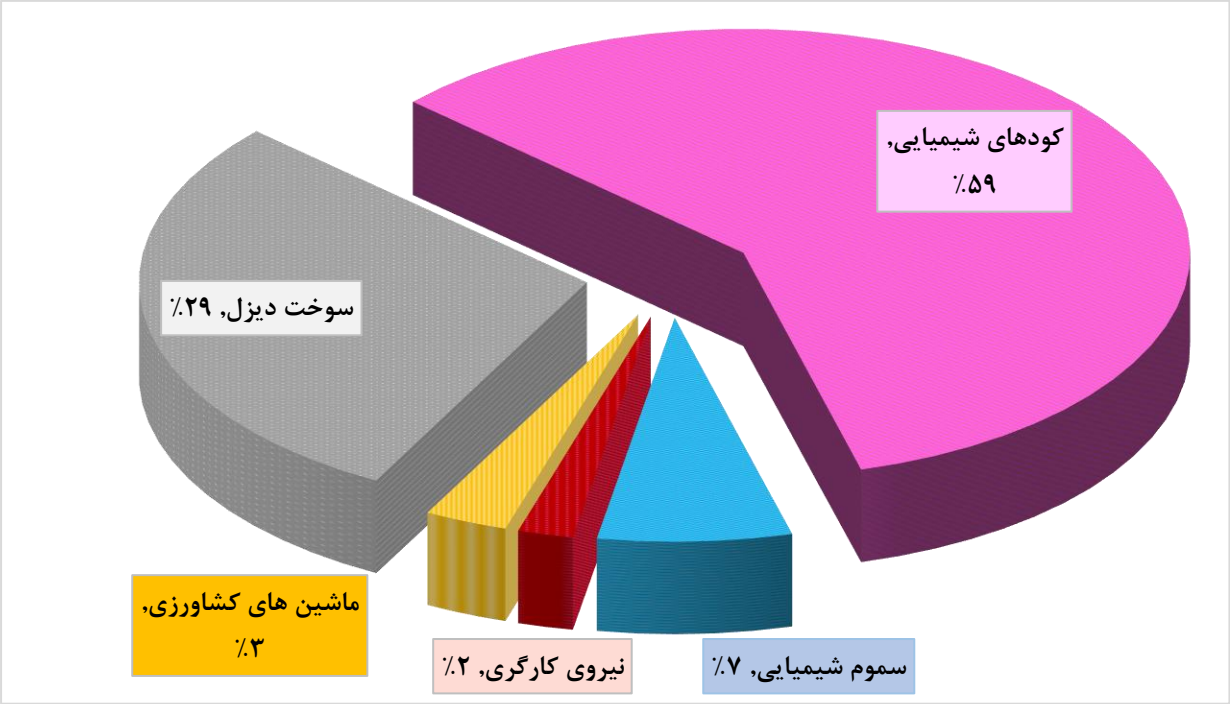
بر طبق پژوهشی، نسبت انرژی در تولید کدوحلوایی در شمال ایران برحسب عملکرد دانه و گوشت میوه به ترتیب برابر با ۰/۱ و ۱/۴ به دست آمد (Azarpour *et al.*, 2013). با توجه به این‌که نسبت انرژی در این مطالعه بیشتر از یک به دست آمده است، افزوده‌ی خالص انرژی نیز مقداری مثبت برآورد شده است. شاخص بهره‌وری انرژی مقدار ۲/۱ کیلوگرم بر مگاژول را به خود اختصاص داده است؛ به این معنی که به ازای هر مگاژول مصرف انرژی، ۲/۱ کیلوگرم محصول به دست می‌آید. شاخص شدت انرژی که با بهره‌وری انرژی رابطه‌ی عکس دارد، مقدار ۰/۴ به دست آمد. انواع انرژی مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب ۳۱/۴ و ۶۸/۵ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. ۲/۷ درصد از انرژی ورودی به‌صورت تجدیدپذیر و بقیه‌ی آن به‌صورت تجدیدناپذیر بود.

در پژوهشی که بر روی بررسی انرژی نهاده‌ها و عملکرد محصول گوجه فرنگی در استان خراسان رضوی انجام شد، کارایی مصرف انرژی ۰/۸ به دست آمد. این نسبت بیانگر این است که کشت گوجه فرنگی از نظر مصرف انرژی از کارآیی نسبتاً بالایی در منطقه برخودار نبوده است. لذا باید با افزایش عملکرد محصول و کاهش در مصرف انرژی نهاده‌ها، کارایی انرژی را افزایش یابد. نسبت انرژی ویژه ۱/۴۸ مگاژول بر کیلوگرم بدست آمد. همچنین نتایج نشان دهنده آن بود که از میان انرژی نهاده‌های مصرفی بالاترین اثر مربوط به دو نهاده نیروی کار و بذر و کمترین اثر مربوط به دو نهاده سوخت دیزل و کود پتاس است (Shabanzadeh *et al.*, 2015).

شکل ۲ سهم نهاده‌های مصرفی از کل انرژی ورودی را نشان می‌دهد. کودهای شیمیایی و سوخت دیزل به ترتیب با سهم ۵۹ و ۲۹ درصد بیشترین سهم از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۳- انواع شاخص‌های انرژی در تولید کدو حلوایی در مزارع شهرستان بروجرد

عنوان	واحد	مقدار	درصد
کل انرژی ورودی	$MJ.ha^{-1}$	۱۶،۱۹۱	-
کل انرژی خروجی	$MJ.ha^{-1}$	۲۷،۱۴۳	-
نسبت انرژی	-	۱/۶	-
بهره‌وری انرژی	$kg.MJ^{-1}$	۲/۱	-
شدت انرژی	$MJ.kg^{-1}$	۰/۴	-
افزوده‌ی خالص انرژی	$MJ.ha^{-1}$	۱۰۹،۵۱۲	-
انرژی مستقیم	$MJ.ha^{-1}$	۵،۰۹۸	۳۱/۴
انرژی غیرمستقیم	$MJ.ha^{-1}$	۱۱،۰۹۳	۶۸/۵
انرژی تجدیدپذیر	$MJ.ha^{-1}$	۴۳۸	۲/۷
انرژی تجدیدناپذیر	$MJ.ha^{-1}$	۱۵،۷۵۴	۹۷/۳



شکل ۲- سهم نهاده‌ها از کل انرژی ورودی در تولید کدوحلوایی در مزارع شهرستان بروجرد

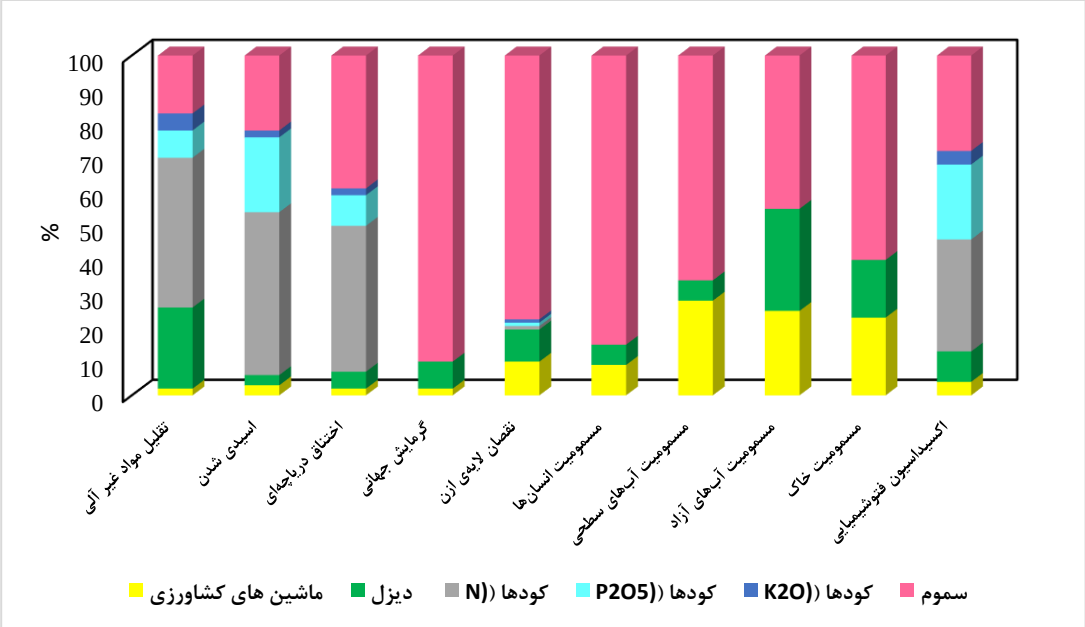
شاخص‌های زیست‌محیطی به ازای یک تن کدوحلوایی تولیدشده با استفاده از رویکرد ارزیابی چرخه‌ی زندگی محاسبه شد و نتایج به دست آمده برای هر یک از بخش‌های اثر مورد بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. سهم هر یک از نهاده‌ها در بخش‌های اثر موردمطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، نهاده کود نیتروژن با ۴۸ درصد در بخش اسیدی شدن، ۴۴ درصد در بخش تقلیل مواد غیر آلی، ۴۳ درصد در بخش اختناق دریاچه‌ای و ۳۳ درصد در بخش اکسیداسیون فتوشیمیایی بالاترین سهم را در بین نهاده‌ها در این بخش‌های اثر داشته است. همچنین نهاده سموم با ۹۰ درصد در بخش گرمایش جهانی، ۸۵ درصد در بخش مسمومیت انسان‌ها، ۷۷/۵ درصد در بخش نقصان لایه‌ی ازن، ۶۶ درصد در بخش مسمومیت آب‌های سطحی، ۶۰ درصد در بخش مسمومیت خاک و ۴۵ درصد در بخش مسمومیت آب‌های آزاد، بالاترین سهم را در این بخش‌های اثر به خود اختصاص داده است (جدول ۵).

همچنین نتایج نرمال‌سازی و بی‌بعد شدن بخش‌های اثر در شکل ۴ نشان داده شده است. بر طبق این نتایج، نهاده کود نیتروژن در بخش‌های اثر اسیدی شدن، تقلیل مواد غیر آلی، اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی بالاترین سهم را در بین نهاده‌ها داشته است. همچنین نهاده سموم در بخش‌های اثر مسمومیت انسان‌ها، نقصان لایه‌ی ازن، مسمومیت آب‌های سطحی و مسمومیت خاک، بالاترین سهم را به خود اختصاص داده است. شاخص مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین مقدار نرمال را به خود اختصاص داده است؛ درنتیجه بیشترین بار زیست‌محیطی را در تولید کدوحلوایی دارد. در این بخش اثر، سموم شیمیایی، سوخت دیزل و کود پتاسیم بیشترین تأثیر را دارا هستند. این موضوع به دلیل مصرف بی‌رویه نهاده سوخت، کود نیتروژن و سموم می‌باشد که نیاز است به صورت بهینه مصرف شوند. لذا می‌توان میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی را از طریق آموزش و آگاهی دادن به کشاورزان، مدیریت نمود تا علاوه بر جنبه انرژی، در جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی نیز موجب تعادل گردد.

علاوه بر این، در ایران برای تولید الکتریسیته بیشتر از منابع فسیلی استفاده می‌شود، لذا این روش دارای بیشترین بارهای زیست‌محیطی می‌باشد و اثرات منفی بر آب، خاک و هوا دارد که پیشنهاد می‌شود به جای استفاده از منابع فسیلی، از منابع تجدیدپذیر بهره گرفته شود. همچنین جایگزینی تجهیزات و ماشین‌های فرسوده و مستهلک با جدید که میزان سوخت کمتری مصرف می‌کنند، می‌تواند باعث کاهش میزان سوخت و در نتیجه انرژی مصرفی شوند. همچنین، افزایش سرمایه‌گذاری و استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، می‌تواند راهکار مؤثر دیگری در کاهش مصرف انرژی تجدیدناپذیر باشد. نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داده که منابع غیر تجدیدپذیر بیشترین سهم را در تقاضای انرژی تجمعی به خود اختصاص داده‌اند که این بر استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی جهت سوخت مصرفی تاکید می‌کند (Ntinas *et al.*, 2017).

جدول ۴- مقادیر محاسبه شده بخش های اثر و واحد اندازه گیری هر بخش در فرایند مطالعه زیست محیطی تولید کدو حلوایی در مزارع شهرستان بروجرد با استفاده از نرم افزار سیماپرو

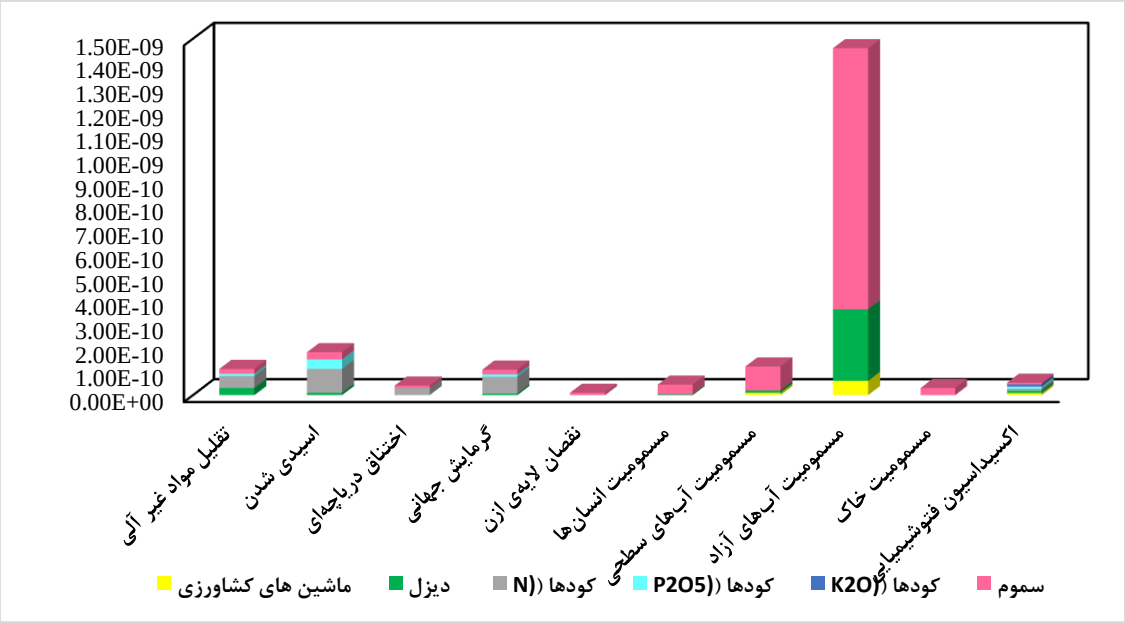
بخش‌های اثر	واحد اندازه‌گیری	مقدار برآورد شده
تقلیل مواد غیر آلی	kg Sb eq	۰/۲۰
اسیدی شدن	kg SO_2 eq	۰/۱۷
اختناق دریاچه‌ای	kg PO43- eq	۰/۰۳
گرمایش جهانی	kg CO_2 eq	۳۹/۸۵
نقصان لایه‌ی ازن	kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۰۰۸۵
مسمومیت انسان‌ها	kg 1,4-DCB eq	۷/۳۲
مسمومیت آب‌های سطحی	kg 1,4-DCB eq	۱/۱۶
مسمومیت آب‌های آزاد	kg 1,4-DCB eq	۳۰۹۰/۳۷
مسمومیت خاک	kg 1,4-DCB eq	۰/۰۰۱۹
اکسیداسیون فتوشیمیایی	kg C_2H_4 eq	۰/۰۰۰۱۸



شکل ۳- سهم نهاده ها در بخش های اثر اندازه گیری شده در فرایند مطالعه زیست محیطی تولید کدو حلوایی با استفاده از نرم افزار سیماپرو

جدول ۵- سهم (درصد) نهاده های مختلف در بخش‌های اثر اندازه گیری شده در فرایند مطالعه زیست محیطی تولید کدو حلوایی با استفاده از نرم افزار سیماپرو

بخش‌های اثر	نهاده‌ها (٪)					
	ماشین‌های کشاورزی	دیزل	کود (N)	کود (P_2O_5)	کود (K_2O)	سموم
تقلیل مواد غیر آلی	۲	۲۴	۴۴	۸	۵	۱۷
اسیدی شدن	۳	۳	۴۸	۲۲	۲	۲۲
اختناق دریاچه‌ای	۲	۵	۴۳	۹	۲	۳۹
گرمایش جهانی	۲	۸	۰	۰	۰	۹۰
نقصان لایه‌ی ازن	۹	۹/۵	۱	۱	۲	۷۷/۵
مسمومیت انسان‌ها	۹	۶	۰	۰	۰	۸۵
مسمومیت آب‌های سطحی	۲۸	۶	۰	۰	۰	۶۶
مسمومیت آب‌های آزاد	۲۵	۳۰	۰	۰	۰	۴۵
مسمومیت خاک	۲۳	۱۷	۰	۰	۰	۶۰
اکسیداسیون فتوشیمیایی	۴	۹	۳۳	۲۲	۴	۲۸



شکل ۴- نتایج نرمال سازی بخش های اثر اندازه گیری شده در فرایند مطالعه زیست محیطی تولید کدو حلوایی با استفاده از نرم افزار سیماپرو

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به ارزیابی انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید کدوحلوایی در شهرستان بروجرد با استفاده از رویکرد ارزیابی چرخه‌ی زندگی پرداخته شد. نتایج تحلیل انرژی نشان داد که کودهای شیمیایی و به‌خصوص نیتروژن با سهم ۵۹ درصد بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. پس از آن، سوخت دیزل با میزان ۲۹ درصد بالاترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داد. نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نیز نشان داد که در بخش‌های اثر مطالعه شده، کود نیتروژن و سموم شیمیایی بیشترین تأثیر را داشته است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که استفاده کمتر از کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای ارگانیک، مصرف کمتر از سموم شیمیایی، استفاده از روش‌های بیولوژیکی برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها و عدم استفاده از تراکتور و ماشین‌های فرسوده می‌تواند نقش بسزایی در کاهش میزان انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید کدوحلوایی داشته باشد. علاوه بر این، در بخش‌های اثر تقلیل مواد غیر آلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای و گرمایش جهانی، کود نیتروژن و در سایر بخش‌های اثر، سموم شیمیایی بیشترین تأثیر را داشته است. همچنین شاخص مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین مقدار نرمال را به خود اختصاص داده است؛ درنتیجه بیشترین بار زیست‌محیطی را در تولید کدوحلوایی دارد. در این بخش اثر، سموم شیمیایی، سوخت دیزل و کود پتاسیم بیشترین تأثیر را دارا هستند.

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی، مراحل پس از برداشت محصول و فرآوری آن نیز مدنظر قرار گرفته و بررسی شود. همچنین با مدل‌سازی و بهینه‌سازی انرژی، تحلیل پوششی داده‌ها و یا الگوریتم ژنتیک می‌توان مصرف سوخت های مصرفی را بهینه‌سازی نمود که ضمن شناسایی عملکرد واحدهای ضعیف، راهکارهایی را جهت بهبود عملکرد و کاهش مصرف سوخت ارائه می‌دهد و می‌تواند از راه‌های مؤثر برای کاهش انرژی و اثرات زیست‌محیطی در تولید کدوحلوایی باشد.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

Anomymous. (2018). Agricultural Structure (Production, Price, Value) http://app.fao.org/faosat.

Azarpour, E., Mehr, S.A., Moraditochaee, M., & Reza, H. (2013). Evaluation greenhouse gases and energy of pumpkin production in north of Iran. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 3(8), 182-190.

Bathish, H. (2006). Life Cycle Assessment (LCA) for Justifying Incremental Costs of Energy Efficiency Equipment. *Conference on Life Cycle Assessment and Life Cycle Management Methodologies*, 4-5Th December, Kuala Lumpur, Malaysia.

Canakci, M., & Akinci, I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31, 1243-1256.

Chu, C.C., Hasan, Z.A.B.A., Chua, S.K., & Nyam, K.L. (2020). Formulation and Characterization of Novel Nanostructured Lipid Carriers with Photoprotective Properties Made from Carnauba Wax, Beeswax, Pumpkin Seed Oil, and UV Filters. *Journal of the American Oil Chemists'*

Society, 97(5), 531-542.

Costa, D., Jesus, J. Silva, J.V. e & Silveira, M. (2018). Life Cycle Assessment of Bioethanol Production from Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) in an Experimental Plant. *BioEnergy Research,* 11(3), 715-725.

Feyzbakhsh, M.T., & Alizadeh, P. (2017). Comparison of Silage Corn (Zea mays L.) and Forage Sorghum (Sorghum bicolor L.) Productions in Terms of Energy Consumption and Global Warming Potential in Gorgan Region. *Agroecology*, 10(1), 218-233. (In Farsi).

Haroni, S., Sheykhdavodi, M.J., & Kiani Deh Kiani, M. (2017). Application of Artificial Neural Networks for Predicting the Yield and GHG Emissions of Sugarcane Production. *Journal of Agricultural Machinery*, 8(2), 389-401. (In Farsi).

Hosini N, Haji Hasani N., & Resaeefar, M. (2009). Evaluation energy balance of pumpkin production pumpkin in Khoy, *Iran. Research of Agronomical Science,* 1(4), 15-24.

ISO. (2006b). Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework ISO 14040.

Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. W. (2019a). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment*, 664, 1005-1019.

Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K.W. (2019b). Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. *Energy*, 181, 1298-1320.

Khanali, M., Ostad Kalayeh, M., Movahedi, M., & Dehban, H. (2015). Evaluation of the Life Cycle of Honey Production Case Study of Najafabad County, *International Conference on Environmental Science, Engineering and Technology*, Tehran, Faculty of Environment, University of Tehran. (In Farsi).

Kouchaki-Penchah, H., Sharifi, M., Mousazadeh, H., & Zarea-Hosseinabadi, H. (2016a). Life cycle assessment of medium-density fiberboard manufacturing process in IR Iran. *Journal of Cleaner Production*, 112: 351-358.

Kouchaki-Penchah, H., Sharifi, M., Mousazadeh, H., Zarea-Hosseinabadi, H., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2016b). Gate to gate life cycle assessment of flat pressed particleboard production in Islamic Republic of Iran. *Journal of Cleaner Production*, 112: 343-350.

Kumari, T., Singh, R., & Verma, P. (2019). Agriculture, forest and environmental management trinity: towards environmental sustainability and climate change mitigation.

Li, D., Ma, J., Cheng, T., van Genderen, J.L., & Shao, Z. (2019). Challenges and opportunities for the development of megacities. *International Journal of Digital Earth*, 12(12), 1382-1395.

Mills, E. (2012). The carbon footprint of indoor Cannabis production. *Energy Policy*, 46, 58-67.

Mohseni, P., Borgheei, A.M., & Khanali, M. (2019). Energy Consumption Analysis and Environmental Impact Assessment of Grape Production in Hazavah Region of Arak City. *Journal of Agricultural Machinery*, 9(1), 177-193. (In Farsi).

Morid Ahmadi, S., Khorramdel, S., Koocheki, A., Shabahang, J., & Maollafilabi, A. (2019). Evaluation of yield and yield components of pumpkin (*Cucrbita pepo* L.) and land equivalent ratio affected as row intercropping with some field crops. *Agroecology*, 10(4), 965-981. (In Farsi).

Ntinas, G. K., Neumair, M., Tsadilas, C. D., & Meyer, J. (2017). Carbon footprint and cumulative energy demand of greenhouse and open-field tomato cultivation systems under Southern and Central European climatic conditions. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3617-3626.

Paratscha, R., von der Thannen, M., Smutny, R., Lampalzer, T., Strauss, A., & Rauch, H. P. (2019). Screening LCA of torrent control structures in Austria. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(1), 129-141.

Pimentel, D. (1980). Handbook of Energy Utilization in Agriculture. CRC Press, Inc.

PRé Consultants. (2013). Introduction to LCA with SimaPro.

Shabanzadeh, M ., Esfanjari Kenari, R., & Rezaei, A. (2015). Investigating the energy pattern of tomato production in Khorasan Razavi province. *Journal of Agricultural Machinery*, 6(2), 524-536. (In Farsi).

Sharifi, M. (2018). Energy inputs - Yield relationship and cost analysis of melon production in Khorasan Razavi province of Iran. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11, 109-113.

Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., & Munksgaard, J. (2004). System boundary selection in life-cycle inventories using hybrid approaches. *Environmental Science & Technology*, 38(3), 657-664.

Tilman, D., Kenneth, G., Cassman, P.A., Matson, R.N., & Stephen, P. (2002). Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature* 418, no. 6898: 671-77.

Yousefinejad, M., Nabavi-Pelesaraei, A., & Sharifi, M. (2015). Assessment of energy consumption and environmental pollution in the Garlic production process Gilan Province: Case Study city Langrood. *1st International Conference on Environmental Engineering*. February 5, 2015, Tehran, Iran. (In Farsi).