DOI: 10.22059/ijbse.2020.275586.665160 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹ (ص ۵۶۹-۵۶۳)

Assessing the Life Cycle of Apple Production in View of Energy and Environmental Pollutants (Case Study: Urmia and Mahabad Cities)

MOHAMMAD SHARIFI [1], ASADOLLAH AKRAM[1*], HESAMODDIN MOLOUDI[1]
1. Faculty member in Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Apr. 29, 2019- Revised: Sep. 16, 2019- Accepted: Dec. 16, 2019)

ABSTRACT

Energy is one of the main components of the sustainable development strategy of any country. Efficient use of energy must be considered to support agricultural production; Because in addition to economic savings, it protects fossil resources. On the other hand, intensive agriculture, which is based on the intensive use of agricultural inputs, machinery, fossil and non-fossil energy, is itself the cause of many of the world's environmental problems today. In this study, the energy and environmental impacts of apple production in West Azarbaijan Province have been evaluated. To collect required data on the production process, a questionnaire was filled out and interviews were conducted with 141 gardeners in the area. The results showed that the energy ratio is equal to 1.65, and the net energy added was equal to 27.780 MJ/ha. Among the energy sources, diesel fuel accounted for the highest share of total energy inputs (61%). To evaluate the environmental impacts of apple production, the life cycle assessment approach was used and ten parts of the work were examined. The results of the life cycle assessment showed that chemical pesticides, diesel fuel and nitrogen fertilizer had a great influence on the parts of the study.

Keywords: Energy, Life cycle assessment, Apple, Global warming potential, Urmia, Mahabad

* Corresponding Author's Email: aakram@ut.ac.ir

ارزیابی چرخه‌ی زندگی تولید سیب از دیدگاه انرژی و آلاینده‌های زیست محیطی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان‌های ارومیه و مهاباد)

محمد شریفی[۱]، اسداله اکرم[۱*]، حسام‌الدین مولودی[۱]

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۹- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۶/۲۵- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۹/۲۵)

چکیده

انرژی یکی از اجزای اصلی استراتژی توسعه‌ی پایدار هر کشوری است. برای حمایت از تولیدات کشاورزی، استفاده‌ی کارآمد از انرژی باید مدنظر قرار گیرد؛ زیرا علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی باعث حفاظت منابع فسیلی می‌شود. از طرف دیگر، کشاورزی فشرده 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. در این مطالعه، انرژی و اثرات زیست‌محیطی تولید سیب در استان آذربایجان غربی مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز مربوط به فرآیند تولید، از تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی حضوری با ۱۴۱ نفر از باغداران منطقه بهره گرفته شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که نسبت انرژی برابر با ۱/۶۵ و افزوده‌ی خالص انرژی برابر با ۲۷۷۴۰/۸۰ مگاژول بر هکتار می‌باشد. از میان نهاده‌های انرژی، سوخت دیزل بالاترین سهم از کل انرژی ورودی (۶۱ درصد) را به خود اختصاص داد. برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید سیب، رویکرد ارزیابی چرخه‌ی زندگی مورداستفاده قرار گرفت و ده بخش اثر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی چرخه‌ی زندگی نشان داد که سموم شیمیایی، سوخت دیزل و کود نیتروژن تأثیر زیادی در بخش‌های اثر موردمطالعه داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: انرژی، ارزیابی چرخه‌ی زندگی، سیب، پتانسیل گرمایش جهانی، ارومیه، مهاباد

مقدمه

سیب یکی از میوه‌های پرمصرف است. این میوه بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهد؛ زیرا منبع سرشاری از مونوساکاریدها، مواد معدنی، فیبر خوراکی و انواع ترکیبات فعال بیولوژیکی از قبیل ویتامین C و ترکیبات خاص فنلی می‌باشد که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی شناخته می‌شوند (Wu *et al.*, 2007). سیب، میوه‌ی گوشت دار درخت سیب از گونه‌ی *Malus domestica* و متعلق به خانواده‌ی Rosaceae است.

منشأ درخت سیب، آسیای مرکزی است که اجداد وحشی آن امروزه در آنجا یافت می‌شوند. بر اساس آمار FAO، ایران پس از چین و ایالات متحده‌ی آمریکا، سومین تولیدکننده‌ی بزرگ سیب در جهان است (FAO, 2016). تولید سیب در ایران و در سال ۱۳۹۶، ۳۶۹۶۶۹۸ تن بوده و استان آذربایجان غربی با تولید ۱۲۰۰۵۹۰ تن سیب (حدود ۳۲ درصد از کل کشور)، بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2017).

بی‌تردید هر کشوری باید راه‌حل مسئله‌ی انرژی را در چارچوب استراتژی توسعه‌ی اقتصادی خود تعیین کند زیرا انرژی یکی از اجزای اصلی استراتژی توسعه‌ی پایدار هر کشوری است. در هر جامعه‌ای از سنتی گرفته تا صنعتی نه هزینه‌های انرژی، بلکه قابلیت دسترسی به انرژی است که ایجاد بحران می‌کند و مدیریت انرژی تنها و نزدیک‌ترین راه برای بهره‌برداری بیشتر از سوخت‌های موجود و منابع انرژی است (Taki *et al.*, 2012).

برای حمایت از تولیدات کشاورزی، استفاده‌ی کارآمد از انرژی باید مدنظر قرار گیرد؛ زیرا علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی باعث حفاظت منابع فسیلی می‌شود (Asafu-Adjaye *et al.*, 2016). از طرف دیگر، کشاورزی فشرده[۱] 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 (Tilman *et al.*, 2002).

مطالعات متعددی پیرامون مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولیدات باغی صورت گرفته است. Rafiee *et al.*, 2010 به مدل‌سازی و تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی برای

* نویسنده مسئول: aakram@ut.ac.ir

1. Intensive agriculture

تولید سیب در استان تهران پرداختند. کل انرژی ورودی در این مطالعه برابر با ۴۲۸۱۹/۲۵ مگاژول بر هکتار به دست آمد. سوخت دیزل، کود دامی و الکتریسیته به ترتیب پرمصرف‌ترین نهاده‌ها در تولید سیب بودند. کارایی مصرف انرژی مقدار ۱/۱۶ برآورد گردید. نتایج برآورد مدل اکونومتریک نشان داد که اثر انرژی‌های کود دامی، آب آبیاری، الکتریسیته، کودهای شیمیایی و نیروی کارگری بر روی عملکرد مثبت بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که مقدار MPP انرژی آب آبیاری، نیروی انسانی و مواد شیمیایی، به ترتیب بیشترین مقادیر را دارا بوده است.

در پژوهشی میزان گازهای گلخانه‌ای تولیدی در فرایند تولید گوجه فرنگی مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با توجه به تغییرات فصلی، میزان آلایندگی از ۱۶۱۸۳ تا ۲۲۴۲۶ کیلوگرم کربن دی اکسید معادل در هکتار متغیر می-باشد. همچنین آبیاری و کود نیتروژن بیشترین سطوح آلایندگی را در بین نهاده‌ها به خود اختصاص دادند (Jones et al., 2012).

Feyzbakhsh *et al.*, 2019 شاخص‌های انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید سیب‌زمینی را در استان گلستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که کل میزان انرژی ورودی و خروجی به مزارع سیب‌زمینی به ترتیب برابر ۳۰/۸ و ۷۹/۲ گیگاژول در هکتار بود. همچنین بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع سیب-زمینی مربوط به مصرف سوخت بود و در بخش انرژی ورودی غیرمستقیم بیشترین میزان مربوط به کود نیتروژن به‌دست آمد. نسبت انرژی خروجی به ورودی، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه به ترتیب برابر ۲/۱۳، ۰/۷۱ کیلوگرم بر مگاژول و ۱/۴ (مگاژول بر کیلوگرم) محاسبه شد. همچنین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع سیب‌زمینی ۱۶۱۶/۲۲ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن به‌دست آمد.

Haddadi *et al.*, 2015 شاخص‌های انرژی و اقتصادی در تولید محصولات باغی در منطقه‌ی طالقان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که انرژی سوخت و کود برای گیلاس، آلبالو، سیب و گردو بیشترین سهم را در انرژی ورودی به خود اختصاص داده است. Mohammadshirazi *et al.*, 2015 شاخص-های انرژی در تولید میوه نارنج در مازندران را مورد بررسی قرار دادند که نسبت انرژی ، بهره‌وری انرژی و افزوده‌ی خالص انرژی به ترتیب ۰/۶۷، ۰/۳۶ کیلوگرم بر مگاژول و ۱۵۹۶۲/۵- مگاژول به دست آمد.

تاکنون مطالعه‌ی جامعی در مورد ارزیابی انرژی مصرفی و اثرات زیست‌محیطی تولید سیب در ایران صورت نگرفته است. در این مطالعه، انرژی و اثرات زیست‌محیطی تولید سیب در استان آذربایجان غربی (شهرستان‌های ارومیه و مهاباد) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی

این مطالعه در استان آذربایجان غربی و در دو شهرستان ارومیه و مهاباد انجام شده است. شهرستان‌های ارومیه و مهاباد، از نظر میزان تولید سیب‌درختی در استان به ترتیب دارای رتبه‌ی اول و سوم هستند. اطلاعات موردنیاز این پژوهش از طریق تکمیل پرسش‌نامه و مصاحبه‌ی حضوری با ۱۴۱ نفر از تولیدکنندگان سیب‌درختی در مناطق مذکور به دست آمد. برای برآورد تعداد نمونه‌ی موردنیاز از فرمول کوکران (رابطه ۱) استفاده شده است (Kizilaslan, 2009, Yousefinejad *et al.*, 2015):

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

در این رابطه، N اندازه‌ی جامعه‌ی آماری، t ضریب اطمینان قابل‌قبول، S^2 برآورد واریانس صفت موردمطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب و n حجم نمونه است.

تحلیل شاخص‌های انرژی

بر اساس هم‌ارزهای انرژی ورودی و خروجی (جدول ۱)، نسبت انرژی[1] (ER)، بهره‌وری انرژی[2] (EP)، انرژی مخصوص[3] (SE) و افزوده‌ی خالص انرژی[4] (NEG) با استفاده از معادله‌های ۲ تا ۵ به دست آمد (Kitani, 1999; Yousefinejad *et al.*, 2015).

نسبت انرژی از تقسیم انرژی خروجی(تولیدی) حاصل از محصول اصلی و یا محصول اصلی و فرعی بر انرژی ورودی (مصرفی) بدست می‌آید. بهره‌وری انرژی شاخصی است که بیانگر کیفیت فرآیند تولید می‌باشد و نشان می‌دهد در مقابل یک مگاژول انرژی چند کیلوگرم محصول تولید شده است. شاخص انرژی مخصوص نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم یا تن محصول چه مقدار انرژی مصرف شده است. همچنین افزوده خالص انرژی، تفاوت میزان انرژی ورودی و خروجی را نشان می-دهد(Khanali & hosseinzadeh-bandbafha, 2017) .

$$ER=\frac{E_{out}}{E_{in}}$$ (رابطه ۲)

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

$$EP = \frac{Y}{E_{in}}$$ (رابطه ۳)

$$SE = \frac{E_{in}}{Y}$$ (رابطه ۴)

$$NEG = E_{out} - E_{in}$$ (رابطه ۵)

در این روابط، E_{out} انرژی خروجی (MJ/ha)، E_{in} انرژی ورودی (MJ/ha) و Y عملکرد محصول (kg/ha) می‌باشد. ER بدون بعد، EP برحسب kg/MJ، SE برحسب MJ/kg و NEG برحسب MJ/ha می‌باشند. مجموعه محتوای انرژی نهاده‌های مصرف شده و تولیدشده در طی فرآیند تولید را انرژی ورودی و خروجی برای یک سامانه‌ی تولیدی گویند. انرژی ورودی برای انجام عملیات مختلف زراعی یا تولید نهاده‌های مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرد و انرژی خروجی محتوای انرژی محصول است.

جدول۱. هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید سیب

نهاده‌ها و ستانده	واحد	هم‌ارز انرژی (MJ/unit)	منبع
الف- نهاده‌ها			
۱- ماشین‌های کشاورزی	kg	۶۲/۷	(Rafiee *et al.*, 2010)
۲- سوخت دیزل	L	۵۶/۳۱	(Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016b)
۳- کودهای شیمیایی	kg		
نیتروژن		۶۶/۱۴	(Mousavi-Avval *et al.*, 2011)
فسفر		۱۲/۴۴	(Unakitan *et al.*, 2010)
پتاسیم		۱۱/۱۵	(Pahlavan *et al.*, 2011)
۴- سموم شیمیایی	kg	۱۲۰	(Kitani, 1999)
۵- کود حیوانی	kg	۰/۳	(Demircan *et al.*, 2006)
۶- نیروی کارگری	hr	۱/۹۶	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2012)
ب- ستانده			
سیب	kg	۲/۴	(Rafiee et al., 2010)

انرژی موردنیاز در فعالیت‌های کشاورزی به دو گروه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. در این پژوهش، انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری و سوخت دیزل و انرژی غیرمستقیم شامل کود دامی، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین‌های کشاورزی می‌شود. همچنین، انرژی به دو نوع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز تقسیم می‌شود. انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین‌ها می‌شود درحالی‌که انرژی نیروی انسانی و کود دامی به‌عنوان انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند (Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016a).

ارزیابی چرخه‌ی زندگی

ارزیابی چرخه‌ی زندگی به‌عنوان یک روش قابل استناد و کاربردی برای بررسی اثرات زیست‌محیطی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی معرفی شده است که به جنبه‌های عملی و بالقوه‌ی زیست‌محیطی در سراسر چرخه‌ی زندگی یک محصول یا یک مرحله از ماده‌ی خام فرآوری شده تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی می‌پردازد. بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰، ارزیابی چرخه‌ی زندگی دارای چهار بخش تعریف هدف و دامنه، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و تفسیر آن‌ها می‌باشد (Iriarte *et al.*, 2010; ISO, 2006).

تعریف هدف و دامنه، توصیف مرزهای سامانه و انتخاب یک واحد کارکردی (FU[1]) است. بنابراین با توجه به اهمیت مباحث زیست‌محیطی در سامانه‌های کشاورزی، در این تحقیق سعی شده است تا شاخص‌های اصلی محیط‌زیستی با روش ارزیابی چرخه‌ی زندگی برآورد گردد. در این تحقیق به‌منظور ارزیابی چرخه‌ی زندگی اثرات زیست‌محیطی تولید سیب، از روش CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization در نرم‌افزار سیما پرو استفاده شد و ده شاخص انتشار آلاینده‌ها برای تولید محاسبه شد.

1- Functional unit

نتایج و بحث

مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید سیب، در جدول ۲ خلاصه شده است. انرژی کل نهاده‌ها برابر با ۴۲۷۵۹/۲۰ مگاژول بر هکتار بوده و سوخت دیزل بالاترین سهم انرژی نهاده‌ها را به خود اختصاص داده است. شاخص‌های انرژی محاسبه‌شده در تولید سیب، در جدول ۳ ارائه شده است. نسبت انرژی ۱/۶۵ و افزوده‌ی خالص انرژی ۲۷۷۲۰/۸۰ مگاژول بر هکتار محاسبه شده است و نشان‌دهنده‌ی این است که تولید محصول از کارایی خوبی برخوردار بوده است. Rafiee *et al.*, 2010 کارایی انرژی و افزوده‌ی خالص انرژی در تولید سیب در استان تهران را به ترتیب برابر با ۱/۱۶ و ۷۰۳۸/۱۸ مگاژول بر هکتار برآورد نمودند.

بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه به ترتیب برابر با ۰/۶۹ کیلوگرم بر مگاژول و ۱/۴۶ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمدند. به این معنی که به ازای هر مگاژول انرژی ورودی، ۰/۶۹ کیلوگرم محصول تولید شده و یا برای تولید هر کیلوگرم محصول، ۱/۴۶ مگاژول انرژی مصرف شده است. Rafiee *et al.*, 2010، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه در تولید سیب را به ترتیب برابر با ۰/۴۹ کیلوگرم بر مگاژول و ۲/۰۶ مگاژول بر کیلوگرم به دست آوردند.

انواع انرژی و سهم آن‌ها از کل انرژی ورودی در تولید سیب، در جدول ۴ ارائه شده است. سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از کل انرژی ورودی به ترتیب برابر با ۶۱/۵۳، ۳۸/۴۷، ۱۶/۴۰ و ۸۳/۶۰ درصد بود.

جدول ۲. مقدار انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید سیب

نهاده یا ستانده	انرژی (مگاژول بر هکتار)	درصد از کل
الف- نهاده‌ها (ورودی)		
۱- ماشین‌ها و ادوات	۳۰۶۲/۹۰	۷/۱۶
۲- سوخت دیزل	۲۶۱۸۴/۱۵	۶۱/۲۴
۳- کودهای شیمیایی		
نیتروژن	۳۷۲۶/۹۹	۸/۷۲
فسفر	۷۵۱/۰۷	۱/۷۶
پتاسیم	۵۸۲/۵۹	۱/۳۶
۴- سموم	۱۴۴۰	۳/۳۷
۵- کود دامی	۶۸۸۵	۱۶/۱۰
۶- نیروی انسانی	۱۲۶/۵۲	۰/۳۰
ب- ستانده (خروجی)		
سیب	۷۰۵۰۰	۱۰۰

جدول ۳. شاخص‌های انرژی در تولید سیب

شاخص انرژی	واحد	مقدار برآورد شده
نسبت انرژی (ER)	بدون بعد	۱/۶۵
بهره‌وری انرژی (EP)	kg/MJ	۰/۶۹
انرژی مخصوص (SE)	MJ/kg	۱/۴۶
افزوده‌ی خالص انرژی (NEG)	MJ/ha	۲۷۷۲۰/۸۰

جدول ۴. انواع انرژی در تولید سیب

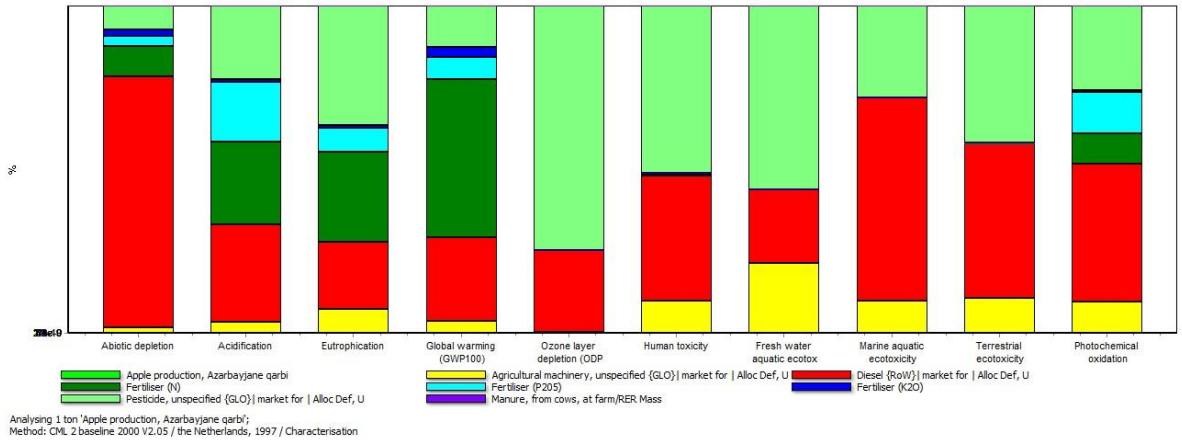
نوع انرژی	مقدار (MJ/ha)	سهم از کل (٪)
مستقیم	۲۶۳۱۰/۶۷	۶۱/۵۳
غیرمستقیم	۱۶۴۴۸/۵۴	۳۸/۴۷
تجدیدپذیر	۷۰۱۱/۵۲	۱۶/۴۰
تجدیدناپذیر	۳۵۷۴۷/۶۹	۸۳/۶۰

بخش‌های اثر مورد بررسی در این مطالعه، نماد آن‌ها، واحد اندازه‌گیری هرکدام و مقدار محاسبه شده به ازای واحد عملکردی (یک تن سیب) در جدول ۵ ارائه شده است. سهم نهاده‌های مختلف در این بخش‌های اثر، در شکل ۱ نشان داده شده است. در بخش اثر گرمایش جهانی، کود نیتروژن، سوخت دیزل و سموم شیمیایی، دارای بیشترین تأثیر بوده‌اند. در بخش اثر اختناق دریاچه‌ای نیز کود نیتروژن دارای بیشترین تأثیرگذاری بوده و در سایر بخش‌های اثر، سوخت دیزل و سموم شیمیایی بالاترین سهم را داشته‌اند.

جدول ۵. بخش‌های اثر موردبررسی در ارزیابی چرخه‌ی زندگی سیب

بخش‌های اثر	نماد	واحد اندازه‌گیری	مقدار به ازای یک تن سیب
تقلیل مواد غیر آلی	AD	kg Sb eq	۰/۵۳۲
اسیدی شدن	AC	kg SO_2 eq	۰/۲۰۹
اختناق دریاچه‌ای	EP	kg PO_4^{3-} eq	۰/۰۳۱۳
گرمایش جهانی	GW	kg CO_2 eq [a]	۶۳/۳
نقصان لایه‌ی ازن	ODP	kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۰۱۵۵
مسمومیت انسان‌ها	HT	kg 1,4-DCB eq [b]	۱۶/۳
مسمومیت آب‌های سطحی	FE	kg 1,4-DCB eq [b]	۲/۴
مسمومیت آب‌های آزاد	ME	kg 1,4-DCB eq [b]	۱۰۱۰۰
مسمومیت خاک	TE	kg 1,4-DCB eq [b]	۰/۰۴۶۷
اکسیداسیون فتوشیمیایی	PO	kg C_2H_4 eq	۰/۰۱۰۵

a. Considering 100 years
b. DCB= dichlorobenzene



شکل ۱. سهم نهاده‌ها از بخش‌های اثر آلاینده‌های زیست‌محیطی

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، انرژی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید سیب در استان آذربایجان غربی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که نسبت انرژی مقداری بیشتر از یک (۱/۶۵) و افزوده‌ی خالص انرژی مقداری مثبت (۲۷۷۴۰/۸۰ مگاژول بر هکتار) است. این مقادیر نشان‌دهنده‌ی این است که تولید سیب در منطقه از کارایی خوبی برخوردار است. از میان نهاده‌های انرژی، سوخت دیزل بالاترین سهم از کل انرژی (۶۱ درصد) را به خود اختصاص داد. استفاده از سوخت دیزل برای کشیدن آب از چاه به‌منظور آبیاری باغ سبب افزایش چشمگیر انرژی موردنیاز برای

سوخت دیزل شده است. نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نیز نشان داد که سوخت دیزل تأثیر زیادی در بخش‌های اثر موردمطالعه داشته است. سموم شیمیایی و کود نیتروژن نیز در بخش‌های اثر مختلف تأثیر بسزایی داشتند. مدیریت بهینه در استفاده از سموم شیمیایی و مبارزه‌ی بیولوژیک با آفات، از راه‌های مناسب برای کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید سیب می‌باشد.

هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

Anonymous. (2017). Agricultural Statistics, Volume 3: Gardening Products. Ministry of Jihade-Agriculture

Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H.M., Akbolat, D. and Ekinci, C. (2006). Energy and Economic Analysis of Sweet Cherry Production in Turkey: A Case Study from Isparta Province. *Energy Conversion and Management*, 47(3), 1761-1769.

Asafu-Adjaye, J., Byrne, D., & Alvarez, M. (2016). Economic growth, fossil fuel and non-fossil consumption: A Pooled Mean Group analysis using proxies for capital. *Energy economics*, *60*, 345-356.

Feyzbakhsh, M.T., Dorri, M.A., and Rezvantalab, N. (2019). Evaluation of energy indices and its impact on global warming potential for potato production: a case study, Golestan province. *Agroecology*, *11*(1), 53-68.

Food and Agricultural Organization (FAO). 2016. www.fao.org.

Haddadi, H., Gholami-Parshokouhi, M., Ghahderijani, M. (2015). Determination of energy and economic indices for the production of garden products (with an area of more than 4000 square meters) in Taleghan region, *International Conference on Applied Research in Agriculture*, Tehran.

Iriarte, A., Rieradevall, J. and Gabarrell, X. (2010). Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production*, 18, 336-345.

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

Khanali, M., hosseinzadeh-bandbafha, H. (2017). Assessment of the energy flow and environmental impacts of greenhouse production of medicinal plants with life cycle assessment approach- Case study of Aloe vera. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 48(3), 361-377.

Jones, C. D., Fraisse, C.W., Ozores-Hampton, M. (2012). Quantification of greenhouse gas emissions from open field-grown Florida tomato production. Agricultural Systems, 113, 64-72.

Kitani, O. (1999). CIGR handbook of agriculture engineering, Volume 5: *Energy and biomass engineering.* ASAE Publications, St Joseph, MI.

Kizilaslan, H., (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Apply Energy*, 86, 1354–1358.

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.

Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S. and Bagheri-Kalhor, E. (2015). On the study of energy and cost analyses of orange production in Mazandaran province. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 10, 22–28.

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A. and Mohammadi. A. (2011). Optimization of Energy Consumption for Soybean Production Using Data Envelopment Analysis (Dea) Approach. *Applied Energy*, 88(11), 3765-3772.

Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee S. and Ghasemi Mobtaker, H. (2012). Energy Use and Sensitivity Analysis of Energy Inputs for Alfalfa Production in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 65, 311-317.

Pahlavan, R., Omid, M. and Akram, A. (2011). Modeling and Sensitivity Analysis of Energy Inputs for Greenhouse Cucumber Production. *Journal of Agricultural Technology*, 7(6), 1509-1521.

Rafiee, S., Mousavi-Avval, S.H. and Mohammadi, A. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35, 3301-3306.

Taki, M., Ajabshirchi, Y., and Mahmoudi, A. (2012). Prediction of output energy for wheat production using artificial neural networks in Esfahan province of Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 7(4), 1229-1242.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. (2002). Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.

Unakitan, G., Hurma, H. and Yilmaz, F. (2010). An Analysis of Energy Use Efficiency of Canola Production in Turkey. *Energy*, 35(9), 3623-3627.

Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z. (2007). Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chem*, 103, 88-93.

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