نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۳ / سال ۱۴۰۱/ صفحات ۳۰۳-۲۸۹

Evaluation of Energy Balance and Environmental Effects of Sugar Beet Production System Using Life Cycle Assessment Technique (Case study: Piranshahr city)

Marouf Khalili[1*] , Hamze Hamze[2]

Received: 15 July 2021 Accepted: 21 November 2021
1-Assoc. Prof., Dept. of Biotechnology and Plant Breeding, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2-Assist. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.
*Corresponding Author Email: makhalily@yahoo.com

Abstract

Background & Objective: Life Cycle Assessment (LCA) is an approach to study the environmental impacts of product production or activities that are calculated based on two indicators of resource consumption and emissions.One of the inputs using limitations in agriculture is environmental emissions of various pollutants that have negative effects on the environment. Sugar beet is one of the economic and strategic products in West Azerbaijan province, especially in Piranshahr, Due to the long growth period of the product, a lot of inputs are spent on its production, which can lead to serious damage to the environment of the region.The aim of this study was to evaluate the energy balance and environmental effects of sugar beet production system using life cycle assessment technique (Case study: Piranshahr city).

Materials & Methods: This research was conducted in Piranshahr city in the 2020 crop year. Necessary information was obtained through questionnaires, interviews with Leading farmers. Input energy, output energy and net energy indices were calculated. The life cycle assessment method was used to assess the environmental impact according to ISO 14040 standard. The study groups included global warming, acidification, land eutrophication, depletion of water resources, depletion of fossil resources, depletion of phosphate and potassium resources.

Results: In this study, the values of input energy, output energy, net energy in the production of sugar beet were 67170.9, 1215006 and 1147835 MJ/ha respectively. Fossil fuels, chemical fertilizers and irrigation water accounted for 31.29, 27.76 and 24.91% of the total input energy, respectively. In this study, 0.274, 0.161, 0.00161, 11.80 and 0.00074 kg of each of NH_3, N_2O, NO_X, CO_2 and CH_4 pollutants were introduced to produce one ton of sugar beet, respectively. In this study, to produce one ton of sugar beet, 0.274, 0.161, 0.00161, 11.80 and 0.00074 kg of each of NH_3, N_2O, NO_X, CO_2 and CH_4 pollutants, respectively entered the environment. NH3 pollutant has the largest share in the group of the effect of acidity and utrification in the sugar beet production system. In this study, the final index of impact groups including global warming, acidity, depletion of fossil resources and depletion of water resources, depletion of phosphate and potassium resources sugar beet production in Piranshahr region were, 0.01, 0.0013, 0.00049 and 0.60, 0.095, respectively. The final environmental index (EcoX) and the final discharge index (RDI) in the production of this product were equal to 0.0295 and 0.0806, respectively.

Conclusion: In this study, the impact groups of depletion of water resources and depletion of phosphate resources had the highest potential for environmental damage, respectively, in the form of impact groups of depletion, Therefore, by constructing pressurized irrigation systems with high irrigation efficiency, especially drip irrigation, it is possible to reduce the environmental damage caused by depletion of water resources by maintaining the yield potential of sugar beet.

Keywords: Chemical Fertilizer, Environmental Index, Input Energy, Pollutant, Resource Depletion Index

ارزیابی بیلان انرژی و اثرات زیست محیطی نظام تولید چغندر قند با استفاده از تکنیک ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهرستان پیرانشهر)

معروف خلیلی*[۱]، حمزه حمزه [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۳۰
۱- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران،
۲-استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی همدان.

چکیده

اهداف: ارزیابی چرخه حیات(LCA) رویکردی برای مطالعه اثرات زیست محیطی تولید محصول یا انجام یک فعالیت است که بر اساس دو شاخص میزان مصرف منابع وانتشارآلاینده‌ها محاسبه می‌گردد. یکی از محدودیت‌های استفاده از نهاده‌ها در بخش کشاورزی انتشار آلاینده‌های مختلف می‌باشد که اثرات منفی بر محیط‌زیست دارند. از محصولات اقتصادی و استراتژیک در استان آذربایجان غربی به خصوص پیرانشهر چغندرقند است که با توجه به دوره رشد طولانی محصول نهاده های زیادی صرف تولید آن می‌گردد که می تواند منجر به آسیب های جدی به محیط زیست منطقه شود. تحقیق حاضر با هدف بررسی بیلان انرژی و اثرات زیست محیطی کشت این محصول در منطقه پیرانشهر انجام گرفت.

مواد و روش ها: این تحقیق در شهرستان پیرانشهر در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. اطلاعات لازم از طریق پرسش‌نامه، مصاحبه با کشاورزان پیشرو بدست آمد. شاخص‌های انرژی ورودی، انرژی خروجی، انرژی خالص محاسبه شدند هم‌چنین از روش ارزیابی چرخه‌ی حیات برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مطابق استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ بهره گرفته شد. گروههای تاثیر مورد بررسی شامل گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسفات و پتاسیم بودند.

یافته ها: در مطالعه حاضر مقادیر شاخص‌های انرژی ورودی، انرژی خروجی، انرژی خالص به ترتیب ۶۷۱۷۰/۹، ۱۲۱۵۰۰۶ و ۱۱۴۷۸۳۵ مگاژول بر هکتار برآورد شد، سوخت فسیلی، کود شیمیایی و آب آبیاری به ترتیب ۳۱/۲۹، ۲۷/۷۶ و ۲۴/۹۱ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. در این مطالعه برابر محاسبات انجام شده برای تولید یک تن چغندرقند در منطقه پیرانشهر به ترتیب ۰/۲۷۴، ۰/۱۶۱، ۰/۰۰۱۶۱، ۱۱/۸۰ و ۰/۰۰۰۷۴ کیلوگرم از هر یک از آلاینده های NH_3، N_2O، NOX، CO_2 و CH_4 وارد محیط شدند، آلاینده NH_3 بیشترین سهم را در قالب گروه تأثیر اسیدیته و اوتریفیکاسیون در نظام تولید چغندر قند را به خود اختصاص داد. در این مطالعه شاخص نهایی گروه‌های تاثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسفات و پتاسیم در تولید چغندرقند در منطقه پیرانشهر به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۰۱۳، ۰/۰۰۰۴۹ و ۰/۶۰، ۰/۰۱۹۵ برآورد شد. شاخص نهایی زیست محیطی(EcoX) و شاخص نهایی تخلیه(RDI) در تولید این محصول به ترتیب برابر ۰/۰۲۹۵ و ۰/۰۸۰۶ بودند.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه گروه‌های تاثیر تخلیه منابع، تخلیه منابع آبی و تخلیه منابع فسفات بترتیب بیشترین پتانسیل آسیب به محیط زیست را در قالب گروه‌های تاثیر تخلیه منابع داشتند، بنابراین با احداث سیستم های آبیاری تحت فشار با

بازده آبیاری بالا به خصوص آبیاری قطره ای می‌توان با حفظ پتانسیل عملکرد چغندر قند آسیب‌های زیست محیطی ناشی از تخلیه منابع آبی را کاهش داد.

واژه های کلیدی: آلاینده، شاخص تخلیه منابع، شاخص زیست محیطی، کود شیمیایی

مقدمه

توسعه کشاورزی در مواجهه با نیاز روزافزون غذا برای جمعیت در حال رشد امری اجتناب ناپذیر است، ولی در کنار آن پیامدهای نامطلوب زیست محیطی از جمله سمیت آب، سمیت خشکی، اسیدی شدن/غنی شدن خشکی، اشغال زمین، اسیدی شدن آب و غنی شدن آب رخ میدهد که نیازمند چاره‌جویی است (پریچزل و همکاران ۲۰۱۷، جعفری و همکاران ۲۰۱۸) طبق گزارش فائو، مصرف انرژی در بوم‌نظام های زراعی منجر به افزایش بهره وری تولید و رشد اقتصادی مناطق روستایی شده است، اما توسعه کشاورزی صنعتی به ویژه نظام‌های کشاورزی فشرده که وابستگی زیادی به کودها، سموم شیمیایی و سایر نهاده‌های پرانرژی مانند سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته، و ماشین آلات دارند، تولید گازهای گلخانه‌ای را افزایش داده است (لی و همکاران ۲۰۱۶). در مقیاس جهانی، حدود ۵ درصد از کل انرژی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و حدود ۱۱ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز مربوط به این بخش است (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۴، شیری و همکاران، ۲۰۱۸) که عمدتاً ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، سموم و کودهای کشاورزی، الکتریسیته و عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (کامارگو و همکاران ۲۰۱۳).

بخش کشاورزی بعنوان یکی از بخش‌های مهم مصرف‌کننده انرژی در ایران بیش از ۳۶ درصد انتشار کل N2O را به خود اختصاص داده است، درحالی‌که سهم بخش کشاورزی در انتشار دو گاز دیگر دی اکسید کربن (CO2) و متان (CH4) حدود دو درصد است (انرژی بالانس شیت ۲۰۱۳). همچنین، الگوی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌تواند تحت تأثیر عواملی نظیر نوع نظام زراعی، الگوی کشت، سطح فناوری، جمعیت شاغل در کشاورزی، دانش کشاورزان، نوع و مقدار مصرف کودهای شیمیایی و میزان عملکرد محصول قرار گیرد (محمد زاده و همکاران ۲۰۱۷). یکی از رویکردهای مناسب در جهت افزایش بهره وری انرژی و کاهش اثر ردپای محیط زیستی انرژی‌های ورودی، ارزیابی و آگاهی از جریان انرژی در نظام‌های تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. این که چه عواملی، چگونه و به چه میزان بیشترین تاثیر را بر کارایی و بهره وری انرژی دارند و در کنار بررسی امکان جایگزینی آن‌ها با سایر عوامل، با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی با مدیریت مناسب عملیات زراعی الگوی مصرف انرژی در مسیر تولیدات محصول به صورت بهینه صورت بگیرد (رجبی و همکاران ۲۰۱۲).

ارزیابی چرخه حیات (LCA[1]) به عنوان یک روش پذیرفته شده برای ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید محصولات در بخشهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این راه‌کار بر مبنای ارزیابی دو مؤلفه میزان مصرف منابع و انتشار آلایندها به محیط زیست تعیین می‌شود (ری و همکاران ۲۰۰۹). در این روش اثرات زیست محیطی در قالب گروههای تأثیر مختلفی ارزیابی می‌شود و پس از مرحله نرمال‌سازی و وزن‌دهی، شاخص نهایی این اثرات برای نظام مورد مطالعه محاسبه می‌شود که این شاخص قابلیت مقایسه بین گروه‌های مختلف تأثیر را فراهم می سازد. از اولین مطالعات صورت گرفته بر روی چغندرقند می‌توان به بذرگر (۲۰۱۱) اشاره کرد که به ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید چغندرقند در سیستم‌های مختلف تولید در خراسان پرداخت. فیرات باران و گوکدوگان (۲۰۱۵) در بررسی تعادل انرژی در تولید چغندر قند در ترکیه نشان دادند

[1] Life Cycle Assessment

مقدار انرژی ورودی و خروجی در تولید چغندر قند به ترتیب برابر ۳۴۲۰۱ و ۲۸۵۶۰۰ مگاژول در هکتار بود، در مطالعه آنها کودهای شیمیایی ۴۱/۹۷٪، انرژی فسیلی ۲۱/۱۶٪، آب آبیاری ۱۱/۹۶٪، انرژی الکتریکی ۶/۷۴٪ ، نیروی کارگری ۵/۵۳٪، ماشین آلات ۰/۶۱٪ و بذر مصرفی ۰/۳۳ درصد از کل انرژی ورودی به سیستم تولید چغندر قند را تشکیل دادند. در مطالعه آنها مقادیر بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه و بازدهی انرژی به ترتیب برابر ۱/۹۸ کیلوگرم در مگاژول و ۰/۵۰ مگاژول بر کیلوگرم و ۸/۳۵ برآورد شد. در مطالعه صالحی و همکاران (۲۰۱۵) مقدار انرژی ورودی و خروجی در تولید چغندر قند در منطقه خوی به ترتیب برابر ۶۰۵۷۵/۶۰ و ۲۲۵۰۷۵ مگاژول بود در مطالعه آنها مقدار بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه و بازدهی انرژی به ترتیب برابر ۳/۷۲ کیلوگرم در مگاژول و ۰/۹۶ مگاژول بر کیلوگرم برآورد شد. اضعری پور و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه کارایی استفاده از انرژی و تحلیل اقتصادی سیستم تولید چغندر قند در ایران: مطالعه موردی در استان خراسان رضوی، میزان انرژی ورودی در تولید چغندر قند را ۴۲۲۳۱/۹ مگاژول برآورد کردند. در مطالعه آنها ۲۹ و ۲۲ درصد از کل انرژی ورودی به سیستم تولید چغندر قند به دو نهاده کود شیمیایی و آب آبیاری اختصاص داشت.

در مطالعه شیری و همکاران (۲۰۱۸) در بین شاخص-های زیست محیطی بیشترین سهم نظام تولیدی ذرت به ترتیب به گروههای مؤثر اوتریفیکاسیون اکوسیستم خشکی و اسیدیته و در میان گروههای تخلیه منابع، تخلیه منابع فسیلی بیشترین تأثیر سوء زیست محیطی را در تولید ذرت در منطقه مغان به خود اختصاص دادند. خرمدل و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند بالاترین سهم انرژی‌های ورودی به مزارع گندم، کود شیمیایی نیتروژن و سوخت و برای زعفران، پیاز و الکتریسته بود. آنها بهره‌وری انرژی را برای زعفران و گندم به ترتیب ۰/۰۰۰۰۱۹ و ۰/۰۹۷ کیلوگرم به ازای مگاژول محاسبه کردند. در مطالعه آنها شاخص بوم‌شناخت برای نظام‌های تولید زعفران و گندم به‌ترتیب EcoX ۲۲/۶۲ به ازای یک کیلوگرم کلاله و EcoX ۰/۴۶ به ازای یک تن دانه بدست آمد. در مطالعه‌ی تعیین اثرات زیست محیطی تولید لوبیا و عدس با روش ارزیابی چرخه حیات در شهر یاسوج وهابی پور و همکاران (۲۰۲۱) شاخص زیست-محیطی X-ECO برای لوبیا را۰/۶۳۴ و برای عدس ۰/۰۶۱ محاسبه کردند همچنین شاخص تخلیه‌ی منابع RDI برای لوبیا ۱/۱۴ و برای عدس ۰/۶۶۱ بدست آمد. در مطالعه آنها مصرف سوخت و نهاده‌های شیمیایی اثرات به-سزایی در آلودگی محیط زیست داشت.

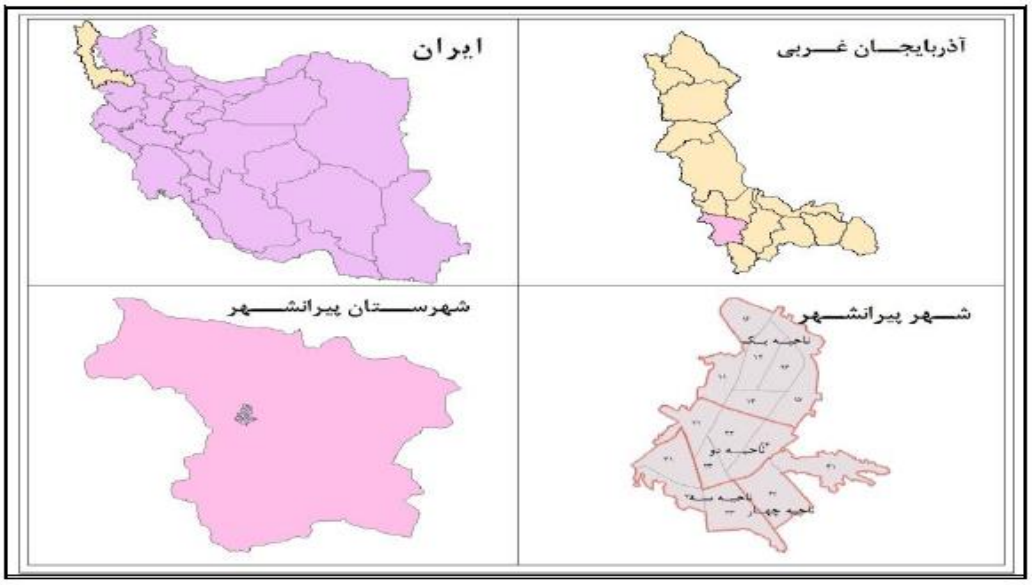
تقی نژاد و واحدی (۲۰۲۱) در تحقیقی بر گندم آبی در منطقه اردبیل نشان دادند در میان شاخص‌های زیست محیطی اوتریفیکاسیون خشکی بیشترین تأثیر منفی و در میان گروه‌های تخلیه منابع، تخلیه منابع فسفات بالاترین پتانسیل آسیب به محیط‌زیست را دارد.

با توجه به اهمیت محصول چغندرقند در استان آذربایجان‌غربی(با ۶ کارخانه قند) و به خصوص شهرستان پیرانشهر، کشاورزان این منطقه هر سال قسمت اعظمی از زمین‌های زراعی خود را به تولید این محصول استراتژیک اختصاص می‌دهند، کاشت این محصول هرچند موجب رونق اقتصادی منطقه شده است (خلیلی و حمزه ۲۰۲۰) اما آثار زیست محیطی کاشت این محصول در کوتاه مدت و بلند مدت مورد ارزیابی قرار نگرفته است. اطلاع از مقدار انرژی مصرفی و سهم آنها در آلودگی محیط زیست می تواند موجب ارئه راهکارهایی برای تولید پایدار محصول با حداقل آسیب به محیط زیست شود، بنابراین تحقیقی با هدف بررسی مقدار بیلان انرژی و اثرات زیست محیطی تولید این محصول انجام گرفت.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی بیلان انرژی و اثرات زیست محیطی نظام تولید چغندر قند با استفاده از تکنیک ارزیابی چرخه حیات تحقیقی در سال ۱۳۹۹ در شهرستان پیرانشهر (استان آذربایجان غربی) انجام شد. طبق برآورد جمعیت مرکز آمار ایران شهرستان پیرانشهر در سال ۱۳۹۵دارای ۱۳۸۸۶۴ نفر جمعیت میباشد که از این جمعیت۹۵۷۱۶ نفر در نقاط شهر و ۴۳۱۴۸ نفر در نقاط روستایی زندگی می‌کنند. به لحاظ

اشتغال پس از مشاغل خدماتی اداری و کشاورزی (چغندر قند) بیشتر مردم شهر پیرانشهر در بازارچه مرزی حاج عمران و همچنین بازارچه فروش اجناس خارجی که در شهر واقع شده است مشغول به کار هستند (یغفوری و کاشفی دوست، ۲۰۱۸).



شکل ۱- نقشه شهرستان پیرانشهر در ایران و استان

جامعه آماری مورد بررسی ۱۰۰ نفر از چغندرکاران پیشروی شهرستان پیرانشهر بودند که بر اساس جدول فرمول کوکران ۸۰ نفر از آنها انتخاب و پرسشنامه در بین آنها توزیع شد، فرمول برآورد حجم نمونه به روش کوکران در تحقیق حاضر به صورت زیر بود (کوچران ۱۹۷۷).

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + t^2S^2}$$

که در آن N تعداد افراد جامعه، S واریانس مهمترین متغیر تحقیق و d دقت معین ابزار و t خطای مجاز بود .

$$n = \frac{100\ (3.84)3.51}{100\ (0.041) + (3.84)3.51} = 76.67 = 80$$

در این بررسی N = ۱۰۰، S = ۱/۹۵، d = ۰/۰۲۰، t =۱/۸۷ در نظر گرفته شدند

روش محاسبهٔ انرژی‌های ورودی و انرژی خروجی

جهت بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی در تحقیق حاضر از پرسشنامه ساخته محقق استفاده شد و برای محاسبه کارایی انرژی مصرفی از معیار نسبت خروجی به ورودی انرژی استفاده شد. برای محاسبه کل انرژی ورودی محتوای انرژی مربوط به هر یک از نهاده-ها (نیروی انسانی، ماشین آلات، کود، بذر) بر اساس روش هاتیرلی و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱ - نهاده های ورودی و هم ارزی انرژی آنها برای محصول چغندر قند

عنوان	ضرایب انرژی (Mj/unit)	واحد	مرجع
الف) نهاده ها			
بذر چغندرقند	۵۰	kg	(اردل و همکاران، ۲۰۰۷)
ماشین‌آلات			
تراکتور	۹۳/۶۱	h	(کانکسی و همکاران، ۲۰۰۵)
سایر ادوات	۶۲/۷	h	(کانکسی و همکاران، ۲۰۰۵)
سوخت دیزل	۴۷/۷	l	(کانکسی و آکنسی،۲۰۰۶)
سموم شیمیایی			
حشره‌کش	۱۹۹	l	(کیتانی، ۱۹۹۹)
قارچ کش	۹۲	l	(هلسل، ۱۹۹۲)
علف کش	۲۳۸	l	(اردل، ۲۰۰۷)
الکتریسیته	۱۲	kw.h	(ازکان و همکاران، ۲۰۰۴ b)
کودشیمیایی			
ازته	۶۶/۱۴	kg	(رفیعی و همکاران، ۲۰۱۰)
فسفاته	۱۲/۴۴	kg	(رفیعی و همکاران، ۲۰۱۰)
پتاسیم	۹/۲۸	kg	(کالتسمیت و همکاران، ۱۹۹۶)
ریز مغذی ها	۱۲۰	kg	(سینگ و میتال، ۱۹۹۲)
کود حیوانی	۰/۳	kg	(رفیعی و همکاران، ۲۱۰)
نیروی کارگری	۱/۹۶	h	(ازکان و همکاران، ۲۰۰۴ b)
آب آبیاری	۱/۰۲	m^3	(محمدی و امیدی، ۲۰۱۰)
ب)ستاده ها			
چغندر قند	۱۶/۸	kg	(اردل، ۲۰۰۷)

جهت تعیین رابطه انرژی نهاده‌ها و ستانده از شاخص‌های انرژی مانند، افزوده خالص انرژی (Net Energy Grain)، بازده انرژی (Energy Ratio)، بهروری انرژی (Energy Productivity) و انرژی ویژه (Specific Energy)به ترتیب از روابط (۲)، (۳)، (۴) و (۵) استفاده شد (رمضانی و حیدری ۲۰۱۱). لازم به ذکر است که مقادیر بالای افزوده شاخص انرژی، بازده انرژی و بهره وری انرژی و مقادیر پایین انرژی ویژه مطلوب است.

رابطه (۲) $\text{Neg} = \text{Energy}_{\text{output}} - \text{Energy}_{\text{input}}$

رابطه (۳) $ER = \frac{\text{Energy}_{\text{output}}\ (\frac{MJ}{ha})}{\text{Energy}_{\text{input}}\ (\frac{MJ}{ha})}$

رابطه (۴) $EP = \frac{Yield\ (\frac{Kg}{ha})}{\text{Energy}_{\text{input}}\ (\frac{MJ}{ha})}$

رابطه (۵) $SP = \frac{\text{Energy}_{\text{input}}\ (\frac{MJ}{ha})}{Yield\ (\frac{Kg}{ha})}$

ارزیابی چرخه حیات

ارزیابی چرخه حیات روشی است که برای تولید محصولات در بخش های مختلف به کار گرفته شده است (بجورکلند ۲۰۱۲، ژو و همکاران ۲۰۱۳) این روش به‌طور کلی در بر گیرنده چهار مرحله می‌باشد (خرمدل و همکاران ۲۰۱۴، عمادی و همکاران ۲۰۱۶)

بیان هدف و تعیین واحد کارکردی

۱. ممیزی چرخه حیات (تعیین ورودیها و خروجیهای سامانه)
۲. ارزیابی اثرات
۳. تفسیر نتایج

روش ارزیابی چرخه حیات بر پایه استاندارد ۱۴۰۴۰ ISO اجرا شد. برانتراپ و همکاران (۲۰۱۴) نیز بر پایه این استاندارد دستورالعملی را برای بررسی اثرات محیط زیستی تولید محصولات کشاورزی

مطابق روش ارزیابی چرخه حیات ارائه نمودند. براین اساس، در گام اول اهداف و حوزه عمل مطالعه مشخص شد که در این مطالعه اثرات زیست محیطی تولید چغندر قند، در قالب گروههای تاثیر محیط زیستی گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاس مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحله بعد میزان مصرف نهاده‌ها و انتشار آلاینده ها به ازاء یک واحد کارکردی تعیین شدند که واحد کارکردی در این مطالعه تولید یک تن محصول چغندر قند بود. در این مطالعه مصرف سوخت فسیلی و کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفات و پتاس به عنوان ورودی‌های سامانه با پتانسیل آلودگی محیط زیستی در تولید چغندر قند در شهرستان پیرانشهر در نظر گرفته شدند.

آلاینده های انتشار یافته ناشی از مصارف این نهاده‌ها CH_4، CO_2، NOx، N_2O و NH_3 بودند که ضرایب انتشار براساس مطالعات (سیدر و همکاران ۲۰۰۹، گوبز و همکاران ۲۰۰۵) تعیین شدند. کارایی هر ترکیب در گروه‌های تاثیر تعریف شده در جدول ۲ ارائه شده است.

در مرحله سوم، شاخص‌های طبقه بندی محاسبه شد. با تقسیم شاخص طبقه بندی بر فاکتور نرمالسازی، شاخص نرمالسازی محاسبه گردید. سپس با ضرب این عدد در فاکتور وزن‌دهی، شاخص وزندهی محاسبه می‌شود(فلاح پور و همکاران ۲۰۱۴، میرحاج و همکاران ۲۰۱۲). فاکتورهای نرمال‌سازی گروه‌های تاثیر گرمایش جهانی و اسیدیته را برای کشور ایران محاسبه و همانطور فاکتور وزن‌دهی در این گروه‌های تاثیر و مقدار آنها را به ترتیب در جدول (۳) گزارش نمودند (میرحاج و همکاران ۲۰۱۳) فاکتور نرمال‌سازی گروه‌های تاثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاس براساس مطالعه برانتراپ و همکاران(۲۰۰۴) و فاکتور وزن‌دهی درجدول (۳) گزارش شدند. برای درک بهتر میزان آسیب هر گروه تأثیر به محیط زیست شاخص‌ها، وزن‌دهی شدند؛ به‌طوری‌که بزرگتر بودن این فاکتور نشان‌دهنده این است که این گروه تأثیر، پتانسیل بیشتری برای لطمه به محیط زیست دارد (نیکخواه و همکاران ۲۰۱۴). شاخص زیست محیطی (EcoX۲) از طریق جمع نمودن شاخص‌های نهایی گروه های تاثیر گرمایش جهانی، اسیدیته و محاسبه شد. همچنین از طریق جمع نمودن شاخص‌های نهایی گروه های تاثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاس، شاخص تخلیه منابع (RDI)۳ (برانتراپ و همکاران ۲۰۰۴) به‌طور کلی اثرات گروه‌های زیست محیطی مربوط به محیط زیست می‌باشد .گروههای تاثیر تخلیه منابع عمدتًا تاثیرات منفی بر تولید در آینده می‌گذارند (نیکخواه و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۲- گروههای تأثیر، طبقه بندی آنها و فاکتورهای طبقه بندی ترکیبات

گروه تأثیر	ترکیبات ایجاد کننده	فاکتورهای طبقه بندی
گرمایش جهانی (kg CO_2 eq)	CO_2، N_2O و CH_4	CO_2 =۱، CH_4 =۲۱ و N_2O=۳۱۰
اسیدیته (kg SO2 eq)	SO_2، NOX و NH_3	NH3 =۱/۶، NOX =۰/۵ و SO2 =۱/۲
تخلیه منابع آبی (m^3)	مصرف آب	۱
تخلیه منابع فسفات (kg $p_2o_5$eq)	مصرف فسفات	۰/۲۵
تخلیه منابع پتاس (kg $k_2$oeq)	مصرف پتاس	۰/۱۰۵
تخلیه منابع فسیلی (kg OE)	مصرف گازوئیل	۴۲/۸۲

[2] . Environmental index

[3] Resource depletion index

جدول ۳- عامل مشخص سازی گروههای تاثیر مورد مطالعه

گروه تأثیر	فاکتور نرمال‌سازی	منبع
گرمایش جهانی (kg CO_2 eq)	۸۱۴۳	(نیکخواه و همکاران ۲۰۱۵، میرحاج و همکاران ۲۰۱۳)
اسیدیته (kg SO_2 eq)	۵۲	(نیکخواه و همکاران ۲۰۱۵، میرحاج و همکاران ۲۰۱۳)
تخلیه منابع آبی (m^3)	۶۲۶/۳۶	(نیکخواه و همکاران ۲۰۱۵، میرحاج و همکاران ۲۰۱۳)
تخلیه منابع فسفات (kg $p_2o_5$eq)	۷/۶۶	(وانگ و همکاران ۲۰۱۰)
تخلیه منابع پتاس (kg $k_2$oeq)	۸/۱۴	(برانتراپ و همکاران ۲۰۰۴)
تخلیه منابع فسیلی (kg OE)	۳۹۱۶۷	(برانتراپ و همکاران ۲۰۰۴)

نتایج و بحث

مقدار کل انرژی هر یک از نهاده‌های مورد استفاده و همچنین درصد سهم هریک از نهاده‌های انرژی تولید چغندرقند در منطقه پیرانشهر در جدول (۴-۳) قید گردیده است. با توجه به نتایج جدول (۴) در مطالعه حاضر کل انرژی ورودی به سیستم برای تولید چغندر قند در هکتار ۶۷۱۷۰/۹ مگاژول بر هکتار برآورد شد، سوخت فسیلی با ۳۱/۲۹ درصد در بین نهاده های مورد استفاده بیشترین سهم انرژی ورودی به سیستم‌های تولید چغندر قند را به خود اختصاص داد.

جدول ۴- محاسبه انرژی مصرفی نهاده های به کار رفته برای تولید چغندرقند (مگاژول در هکتار)

نهاده ها		واحد در هکتار	مقادیر مصرفی در هکتار	معادل کل انرژی	درصد
الف- ورودی‌ها					
نیروی کارگری	مجموع	(ساعت)	۳۱۰/۴۱	۶۰۸/۴۰	۰/۹۰
ماشین آلات	تراکتور	(ساعت)	۵۳/۵	۷۳۸۳	۱۰/۹۹
	سایر ادوات	(ساعت)	۱۰/۵۰	۶۵۸/۳۵	۰/۹۸
	مجموع				۱۱/۹۷
سوخت‌های فسیلی	مجموع	(لیتر)	۵۱۶/۷۲	۲۱۰۲/۲	۳۱/۲۹
کود شیمیایی	ازت	(کیلوگرم)	۳۱۵/۴	۱۶۵۵۰/۹	۲۴/۶۴
	فسفات	(کیلوگرم)	۱۱۵/۵۵	۱۵۸۳/۰۴	۲/۳۵
	پتاسیم	(کیلوگرم)	۲۵	۲۷۸/۷۵	۰/۴۱
	ریزمغذی‌ها	(کیلوگرم)	۲	۲۴۰	۰/۳۵
	مجموع				۲۷/۷۶
کود دامی	مجموع	(کیلوگرم)	۱۰/۱۵	۳/۰۴	۰/۰۰۴
سموم شیمیایی	حشره کش‌ها	(لیتر)	۳/۲۳	۳۲۶/۸۷	۰/۴۸
	علف کش‌ها	(لیتر)	۸/۱۳	۱۹۳۴/۹۴	۲/۸۸
	قارچ کش		۱/۴	۳۰۲/۴	۰/۴۵
	مجموع				۳/۸۱
الکتریسیته		kw.h	۱۱۸	۱۴۱۶	۲/۱۰
آب آبیاری	مجموع	(مترمکعب)	۱۴۴۵۱	۱۴۷۴۰	۲۱/۹۴
بذر مصرفی	مجموع	(کیلوگرم)	۲/۵۳	۱۲۵	۰/۱۸
مجموع انرژی ورودی(MJ)		(مگاژول)		۶۷۱۷۰/۹	
ب- خروجی چغندر قند (کیلوگرم) ۱۶/۸		(کیلوگرم)		۱۲۱۵۰۰۶	

بعد از سوخت فسیلی بالاترین سهم انرژی ورودی در تولید چغندر قند به کودهای شیمیایی با نسبت ۲۷/۷۶ درصد اختصاص داشت. در بین کودهای شیمیایی کاربرد کود نیتروژنه بانسبت ۲۴/۶۴ درصد بالاترین و استفاده از ریز مغذی ها با نسبت ۰/۳۵ درصد کمترین سهم را مقدار انرژی وردی به خود اختصاص دادند. بعد از دو نهاده سوخت های فسیلی و کود شیمیایی بالاترین سهم انرژی ورودی در تولید چغندر قند در منطقه پیرانشهر به نهاده آب آبیاری اختصاص یافت، نهاده مذکور ۲۴/۹۱ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داد. زاهدی و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند کل انرژی در نظام تولید چغندرقند برابر ۶۱۸۶۲ مگاژول در هکتار و میزان انرژی خروجی ۵۶۳۶۴۵ مگاژول در هکتار بود. در مطالعه آنها در نظام تولید چغندرقند سوخت دیزل ۴۰/۵ درصد، آب آبیاری ۱۶/۴ درصد، کود نیتروژن ۱۵/۹ درصد بیشترین سهم را در مصرف نهاده های کشاورزی به خود اختصاص دادند، آنها میزان کارایی انرژی (نسبت ستاده به نهاده) در نظام تولید چغندرقند ۹/۱۱ برآورد کردند. اردال و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که کل انرژی مصرفی برای تولید چغندرقند ۳۹۶۸۵ مگاژول در هکتار بود که از این میزان در حدود ۴۹ درصد مربوط به انرژی کود مصرفی بود.

غلامی قجلو و همکاران (۲۰۱۵) جمع کل انرژی مصرفی در مزراعی با مساحت کمتر از یک هکتار، بین یک تا دو هکتار و بیش تر از دو هکتار را به ترتیب ۴۰۷۰۰، ۴۶۸۶۸ و ۴۸۶۴۶ و مجموع ستاده انرژی در سه گروه مزرعه ای مذکور ۶۵۵۴۸، ۸۵۷۶۵۷ و ۱۰۸۱۹۲۰ مگاژول برآورد کردند. در مطالعه آنها سوخت دیزل، آب آبیاری و کودهای شیمیایی به ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۱۶ درصد از کل نهاده های انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند. در مطالعه صالحی و همکاران (۲۰۱۵) مقدار مقدار انرژی ورودی و خروجی در تولید چغندر قند در منطقه خوی به ترتیب برابر ۶۰۵۷۵/۶۰ و ۲۲۵۰۷۵ مگاژول بود در مطالعه آنها مقدار بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه و بازدهی انرژی به ترتیب برابر ۳/۷۲ کیلوگرم در مگاژول و ۰/۹۶ مگاژول بر کیلوگرم برآورد شد.

فیرات باران و گوکدوگان (۲۰۱۵) در مقدار انرژی ورودی و خروجی در تولید چغندر قند به ترتیب برابر ۳۴۲۰۱ و ۲۸۵۶۰۰ مگاژول در هکتار بود، در مطالعه آنها کودهای شیمیایی ۴۱/۹۷٪، انرژی فسیلی ۲۱/۱۶٪، آب آبیاری ۱۱/۹۶٪، انرژی الکتریکی ۶/۷۴٪ ، نیروی کارگری ۵/۵۳٪، ماشین آلات ۰/۶۱٪ و بذر مصرفی ۰/۳۳ درصد از کل انرژی ورودی به سیستم تولید چغندر قند را تشکیل دادند. بعد از سه نهاده سوخت فسیلی، کود شیمیایی و آب آبیاری، نهاده ماشین آلات ۱۱/۹۷ درصد از کل انرژی وردی به سیستم چغندر قند را به خود اختصاص داد و در جایگاه چهارم قرار گرفت. در بین نهاده ماشین آلات تراکتور ۱۰/۹۹ و سایر ادوات ۰/۹۸ درصد از کل انرژی ورودی به سیستم تولید چغندر قند را به خود اختصاص دادند. دراین مطالعه نهاده های سموم شیمیایی، الکتریسته، نیروی کارگری و بذر مصرفی به ترتیب ۳/۸۱، ۲/۱۰، ۰/۹۱ و۰/۱۸ درصد از کل انرژی ورودی را در تولید چغندر قند به خود اختصاص دادند.

جدول۵- شاخص‌های انرژی در تولید چغندرقند در شهرستان

	واحد در هکتار	معادل کل انرژی
انرژی ورودی	(مگاژول)	۶۷۱۷۰/۹
انرژی خروجی	(مگاژول)	۱۲۱۵۰۰۶
بازدهی انرژی (انرژی خروجی/ ورودی)	-	۱۸/۰۸
افزوده خالص انرژی	(مگاژول)	۱۱۴۷۸۳۵
بهره‌وری انرژی	(کیلوگرم در مگاژول)	۱/۰۷
انرژی ویژه (عملکرد انرژی)	(مگاژول بر کیلوگرم)	۰/۹۲

در این مطالعه مقادیر شاخص‌های انرژی ورودی، انرژی خروجی، انرژی خالص به ترتیب برابر ۶۷۱۷۰/۹، ۱۲۱۵۰۰۶ و ۱۱۴۷۸۳۵ مگاژول برآورد شد، لازم به ذکر است که مقدار بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه و بازدهی انرژی (انرژی خروجی/ ورودی) به ترتیب برابر ۱/۰۷ کیلوگرم در مگاژول و ۰/۹۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۱۸/۰۸ برآورد شدند (جدول ۵).

در این مطالعه شاخص انرژی خالص در کشت چغندر قند مثبت برآورد شد، مثبت بودن انرژی خالص در این سیستم کشت چغندر قند نشان دهنده این است که مقدار انرژی ورودی صرف شده در تولید چغندر قند کمتر از انرژی‌های خروجی می‌باشد. بالا بودن مقدار شاخص انرژی تولیدی چغندر قند در منطقه را می‌توان به عملکرد مناسب محصول مذکور در واحد سطح به ازای مقدار انرژی مصرفی کم به خصوص نهاده مصرفی (به خصوص نیروی کار، سموم و بذر) نسبت داد. به‌طور کلی مثبت بودن مقدار افزوده خالص انرژی و انرژی ویژه بالاتر از یک نشان دهنده کارایی مصرف انرژی در مزارع چغندر قند است.

بالا بودن کارایی انرژی (بهره‌وری انرژی) بیشتر از یک (۱/۰۷ کیلوگرم در مگاژول) در کشت چغندر قند به معنی کارآمدی کشت این محصول از نظر انرژی می‌باشد. این کارایی می‌تواند استفاده کم از نهاده‌ها به خصوص نیروی کارگری، ماشین‌آلات و کود و سموم شیمیایی نسبت داد.

انرژی ویژه یا عملکرد انرژی در این سیستم‌های تولید چغندر قند برابر ۹۲۰ مگاژول بر کیلوگرم برآورد (جدول۴-۴)، این شاخص بیانگر آن است که برای تولید یک کیلوگرم ریشه در چغندر قند در حدود ۰/۵۴ مگاژول بر کیلوگرم انرژی مصرف می‌شود. در مطالعه اضعری پور و همکاران (۲۰۱۵) در استان خراسان رضوی، میزان انرژی ورودی در تولید چغندر قند را ۴۲۲۳۱/۹ مگاژول برآورد کردند در مطالعه آنها ۲۹ و ۲۲ در صد از کل انرژی ورودی به سیستم تولید چغندر قند به دو نهاده کود شیمیایی و آب آبیاری اختصاص داشت. فیرات باران و گوکدوگان (۲۰۱۵) در بررسی تعادل انرژی در تولید چغندر قند در ترکیه مقادیر بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه و بازدهی انرژی به ترتیب برابر ۱/۹۸ کیلوگرم در مگاژول و ۰/۵۰ مگاژول بر کیلوگرم و ۸/۳۵ برآورد کردند.

میزان مصرف نهاده‌های مختلف نظام تولید چغندر قند شامل آب آبیاری، سوخت دیزل، کود نیتروژنه، کود فسفاته و کود پتاسه به ترتیب ۱۷۹/۰۷ متر مکعب، ۴/۳۲ لیتر، ۱/۶۱، ۰/۵۰ و ۰/۲ کیلوگرم به ازای هر تن چغندر قند تولیدی برآورد شد (جدول ۶).

جدول۶- مقدار نهاده های ورودی به ازای تولید یک تن محصولات چغندر قند

نیتروژن (kg)	فسفر (kg)	پتاسیم (kg)	سوخت دیزل(lit)	آب آبیاری(m^3)
۱/۶۱	۰/۵۰	۰/۲۰	۴/۳۲	۱۷۹/۰۷

در این مطالعه جهت تولید یک تن چغندرقند به ترتیب ۰/۲۷۴، ۰/۱۶۱، ۰/۰۰۱۶۱، ۱۱/۸۰ و ۰/۰۰۰۷۴ کیلوگرم از هر یک از آلاینده های NH3، N2O، NOX، CO2 و CH4 وارد محیط شدند، در بررسی حاضر مقدار آلاینده دی اکسید کربن در مقایسه با دیگر آلاینده ها قابل توجه بود. در تولید چغندر قند مقدار قابل توجهی از انتشار دی‌اکسید کربن تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی عمدتاً مربوط به تولید و انتقال نهاده‌های ورودی به مزرعه (۷۴ درصد از کل دی‌اکسید کربن منتشرشده) بوده و بقیه به استفاده از ماشین‌آلات (۲۶ درصد از کل دی‌اکسید کربن منتشرشده) مربوط است (بنتراپ وهمکاران ۲۰۰۴). منطقه پیرانشهر نیز از این الگو تبعیت می‌کند و می‌توان اظهار داشت در صورت اعمال مدیریت کم نهاده اکوسیستم زراعی در تولید چغندر قند بتوان از هر دو طریق به‌ویژه از طریق انتقال نهاده‌های ورودی به مزرعه مقدار انتشار این آلاینده

مهم را کاهش داده و از پیامدهای ناشی از آن جلوگیری کرد. در مطالعه تقی نژاد و همکاران (۲۰۱۸) بر روی گندم کل انتشار N2O، CH4 و CO2 در تولید گندم آبی به ترتیب برابر ۵۱۷/۱۴، ۱/۶۵ و ۱۲۷۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار بود.

در جدول ۷ میزان تأثیر هر یک از آلاینده‌های انتشار یافته برای نظام تولید چغندر قند در منطقه پیرانشهر در قالب گروههای تأثیر مختلف نشان داده شده است. بر اساس نتایج جدول مذکور آلاینده NH3 بیشترین سهم را در قالب گروه تأثیر اسیدیته و اوتریفیکاسیون در نظام تولید چغندر قند را به خود اختصاص داده است (جدول ۸).

یکی از منابع تولبد آلاینده NH3 مصرف کودهای شیمیایی به خصوص کود اوره است. می توان اظهار داشت مصرف این کود علاوه بر برافزایش هزینه‌های تولید و کاهش منابع تجدیدناپذیر موجب انتشار آلاینده های مختلف به محیط زیست خواهد شد که این آلاینده ها در قالب گروههای مختلف تأثیر اثرات سوء زیست‌محیطی مختلفی بر جای می‌گذارند. از مهترین آلاینده های انتشاریافته از نیتروژن با منبع کود اوره می‌توان به N2O ، NH و NOx اشاره کرد طبق تحقیقات صورت گرفته ۱۷ درصد از کل نیتروژن مصرفی در قالب کود اوره به‌صورت N-NH3 تصعید می‌شود که موجبات آلودگی زیست محیطی را فراهم می‌آورد (گوبس و همکاران ۲۰۰۳). در مطالعه حاضر آلاینده N2O نیز نقش قابل توجهی در گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی و اسیدیته ایفا داشت، کارآیی آلاینده مذکور را در قالب گروه تأثیر گرمایش جهانی ۳۱۱ برابر گاز دی اکسید کربن برآورد کرده‌اند، همچنین اظهار داشته‌اند سهم بخش کشاورزی در انتشار آلاینده N2O برابر ۳۲ درصد است (مو ۲۰۱۲)، اوره و سوخت دیزل دو منبع تولید و انتشار این آلاینده هستند با به کارگیری راهکارهای مناسب مدیریت مزرعه می توان به صورت مستقیم و غیر مستقیم میزان تولید این آلاینده را کاهش داد.

تدین پور و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع آبی، فسیلی، فسفات و پتاس شش گروه تاثیر مورد مطالعه را در تولید فلفل دلمه ای در منطقه دزفول را تشکیل می‌دهند. نتایج آنها نشان داد که آلاینده CO2 و NH3 در قالب قالب گروه های تاثیر گرمایش جهانی واسیدیته درنظام کشت این محصول بالاترین اثر را داشتند. سلطانی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند به ازای هر تن چغندرقند تولیدی در خراسان میزان پتانسیل گرمایش جهانی (۴۸۸/۸ کیلوگرم معادل Co2)، پتانسیل یوتریفیکاسیون (۰/۶۴ کیلوگرم معادل PO4)، پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی (۰/۳ کیلوگرم معادلC2H4)، پتانسیل تخلیه ازن (۸۲/۹ میلی گرم معادل CFC-۱۱) و و پتانسیل اسیدی شدن (۲/۲ کیلوگرم S2O) بیشتری در مقایسه با شرایط کشور سوئیس (به عنوان حد مطلوب) تولید می‌شود. شیری و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند در بین شاخصهای زیست محیطی بیشترین سهم نظام تولیدی ذرت به ترتیب به گروههای مؤثر اوتریفیکاسیون اکوسیستم خشکی و اسیدیته و در میان گروههای تخلیه منابع، تخلیه منابع فسیلی بیشترین تأثیر سوء زیست محیطی را در تولید ذرت در منطقه مغان نشان دادند.

جدول ۷- انواع آلاینده های زیست محیطی ناشی از چغندرقند

منابع انتشار	نوع آلاینده	میزان انتشار ($kg.tone^{-1}$)
اوره	NH3	۰/۲۷۴
اوره + گازوئیل	N2O	۰/۱۶۱
اوره	NO_X	۰/۰۱۶۱
گازوئیل	CO_2	۱۱/۸۰
گازوئیل	CH_4	۰/۰۰۰۷۴

جدول ۸- انواع آلاینده های زیست محیطی ناشی از چغندرقند

نوع آلاینده	گرمایش جهانی (%)	اسیدیته	اوتریفیکاسیون
NH_3	–	۸۶/۰۳	۹۸/۹۰
N_2O	۸۰/۸۹	۱۵/۸۲	–
NO_X	–	–	۱/۵۸
CO_2	۱۹/۰۸	–	–
CH_4	۰/۰۲۵	–	–

در این بررسی شاخص طبقه بندی گرمایش جهانی برای تولید چغندر قند برابر ۶۱/۸۵ (KgCo2 eq) بود، مقدار اسیدیته در زراعت چغندر قند ۰/۵۱ (KgCo2 eq) برآورد شد (جدول ۹). شاخص طبقه بندی برای اوتریفیکاسیون برابر ۱/۲۲ (kg NOxeq) بود، همچنین مقدار تخلیه منابع فسیلی و تحلیه منابع آبی به ترتیب ۱۸۵/۱۵ مگاژول و ۱۷۹/۰۷ متر مکعب برآورد شدند، در نهایت مقدار تخلیه منابع فسفات و منابع پتاسیم به ترتیب ۰/۱۲۵ kg P2O5 eq و ۰/۰۲۱ kg K2O eq برآورد شدند. شاخص نهایی گروههای تاثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسفات و پتاسیم در تولید چغندرقند در منطقه پیرانشهر به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۰۱۳، ۰/۰۰۰۴۹، ۰/۶۰ و ۰/۰۱۹۵ برآورد شد. شاخص نهایی زیست محیطی(EcoX) و شاخص نهایی تخلیه(RDI) در تولید این محصول به ترتیب برابر ۰/۰۲۹۵ و ۰/۰۸۰۶ بودند.

بر این اساس گروه‌های تاثیر تخلیه منابع، تخلیه منابع آبی و تخلیه منابع فسفات بترتیب بیشترین پتانسیل آسیب به محیط زیست را در قالب گروه‌های تاثیر تخلیه منابع داشتند. بالا بودن تخلیه منابع آبی را می‌توان به سیستم آبیاری در منطقه نسبت داد که بیشتر به صورت غرق آبی و بارانی است، کارایی دو سیستم آبیاری مذکور در مقایسه با سیستم قطره ای (تیپ) بسیار کم است، همچنین طول دوره رشد چغندر قند به صورت متوسط ۶ ماه است که در مقایسه با دیگر محصولات نیاز آبی بالاتری دارد. تخلیه منابع فسفات را می‌توان به تثبیت سریع این عنصر در خاک نسبت داد که سریعاً از دسترس گیاه خارج می شود. میرحاجی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی بر روی چغندر قند در استان خراسان جنوبی شاخص نهایی زیست محیطی برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی را به ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ برآوررد کردند.

جدول ۹- نتایج ارزیابی اثرات برای تولید یک تن چغندر قند در منطقه پیرانشهر

گروه تأثیر	شاخص طبقه بندی برای هر گروه	واحد	مقادیر نرمال شده	مقادیر وزن دهی شده(مقادیر نهایی)	شاخص نهایی زیست محیطی(EcoX)	شاخص نهایی تخلیه(RDI)
گرمایش جهانی	۶۱/۸۵	KgCo2 eq	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۱۰		
اسیدیته	۰/۵۱	KgCo2 eq	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۱۳		
اوتریفیکاسیون	۱/۲۲	kg NOxeq	۰/۰۱۹۴	۰/۰۲۷۲		
تخلیه منابع فسیلی	۱۸۵/۱۵	MJ	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۰۴۹	۰/۰۲۹۵	۰/۰۸۰۶
تخلیه منابع آبی	۱۷۹/۰۷	m^3	۰/۲۸	۰/۰۶۰		
تخلیه منابع فسفات	۰/۱۲۵	kg P2O5 eq	۰/۰۱۶	۰/۰۱۹۵		
تخلیه منابع پتاسیم	۰/۰۲۱	kg K2O eq	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۷		

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه مقادیر شاخص‌های انرژی ورودی، انرژی خروجی، انرژی خالص کشت چغندر قند در منطقه پیرانشهر از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است. در این مطالعه آلاینده NH_3 بیشترین سهم را در قالب گروه تأثیر اسیدیته و اوتریفیکاسیون در نظام تولید چغندر قند را به خود اختصاص داده است. دلیل انتشار بالای آلاینده مذکور استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی به خصوص کود نیتروژنه است، با انجام آزمون خاک و کاربرد این کود به مقدار توصیه شده می توان انتشار این آلاینده در محیط را کاهش داد، در این مطالعه تخلیه منابع تخلیه منابع آبی بیشترین پتانسیل آسیب به محیط زیست را در قالب گروههای تاثیر تخلیه منابع داشت. می توان نتیجه گرفت با احداث سیستم آبیاری تحت فشار به خصوص سیستم قطره ای از میزان تخلیه منبع آب کاسته و میزان آسیب به محیط زیست را در منطقه مورد بررسی را کاهش داد.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم کارخانه قند پیرانشهر و کشاورزان پیشرو شهرستان که با همکاری و حمایت از این کار پژوهشی و پروژه تحقیقاتی دانشگاه همکاری بزرگوارانه داشته اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Asgharipour MR, Mondani F , Riahinia S. 2015. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy, 44: 1078-1084.

Bazrgar, A. 2011. Life Cycle Assessment (LCA) of sugar beet production in various production systems in Khorasan. A Thesis Submitted for the Degree of Ph.D. in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 201p

Björklund A. 2012. Life cycle assessment as an analytical tool in strategic environmental assessment. Lessons learned from a case study on municipal energy planning in Sweden. Environmental Impact Assessment Review, 32: 82-87.

Brentrup F, Kusters J, Lammel J, Barraclough P and Kuhlmann H. 2004b. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology, II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy, 20: 265-279.

Brentrup F, Kusters J, Lammel J, Barraclough P and Kuhlmann H. 2004b. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology, II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European Journal of Agronomy, 20: 265-279.

Camargo GG, Ryan MR and Richard TL. 2013. Energy use and greenhouse gas emissions from crop production using the farm energy analysis tool. BioScience, 63: 263-273.

Canakci M, Topakci M, Akinci I and Ozmerzi A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. Energy Conversion and Management, 46(4): 655-666

Emadi B, Nikkhah A, and Soltanali H. 2016. Environmental risk assessment of kiwi production in Guilan province using life cycle assessment, Natural Environment, Natural Resources of Iran, 69(1):131-141.

Energy the Balance Sheet. 2013. Available at Web site http://www.moe.gov.ir/. (In Persian).

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

Fallahpour F, Aminghafouri A, Ghalegolab Behbahani A and Bannayan M. 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. Environment, Development and Sustainability 14: 979-992.

Firat Baran, M and Gokdogan O. 2015. Determination of energy balance of sugar beet production in Turkey: a case study of Kırklareli Province, Energy Efficiency , 9: 487–494

Goebes MD, Strader R, and Davidson C .2005. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States, Atmospheric Environment 37(18): 2539-2550.

Helsel ZR. 1992. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use in ‘‘Energy in world agriculture’’, Vol. 6. Amsterdam: Elsevier Science Publishing, p. 177–210.

Jafari M, Asgharipour MR, Ramroudi M, Galavi M and Hadarbadi G. 2018. Sustainability assessment of date and pistachio agricultural systems using energy, emergy and economic approaches. Journal of cleaner production, 193:642-651.

Khalili M, and Hamze H. 2020. Effect of Different Soil Amendment Treatments on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sugar Beet (Beta vulgaris.L) under Different Irrigation Regimes, journal of Agricultural science and sustainable production .31 (1): 171-192. (In Persian).

Khorramdel S, Nassiri M, Mahallati H, Latifi and Belgerdi F. 2020. Comparison between Energy, Environmental and Economical Indicators of Irrigated Wheat and Saffron Agroecosystems in Khorasan-e Razavi Province. jurnal of Saffron Research (semi-annual), 8 (1): 29-54. (In Persian).

Khorramdel S, Rezvani-Moghaddam P and Amin-Ghafori A. 2014. Evaluation of environmental impacts for wheat Agro ecosystems of Iran by using Life Cycle Assessment methodology. Cereal Research, 4(1): 27-44.

Kitani O, Jungbluth T, Peart R M and Ramdani A. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering: Energy and biomass engineering (V. 5). ASAE.

Li T, Baležentis T, Makutėnienė D, Streimikiene D and Kriščiukaitienė, I 2016. Energy-related CO2 emission in European Union agriculture: Driving forces and possibilities for reduction. Applied Energy, 180: 682-694.

Mirhaji H, Khojastehpour M and Abaspour-fard MH. 2013. Environmental effects of wheat production in Marvdasht region. Journal of Natural Environment, 66 (2): 223-232.

Mohammadi A and Omid M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber pro

Mohammadzadeh A, Damghani AM, Vafabakhsh J and Deihimfard R. 2017. Assessing energy efficiencies, economy, and global warming potential (GWP) effects of major crop production systems in Iran: a case study in East Azerbaijan province. Environmental Science and Pollution Research, 24: 16971-16984.

Nikkhah A, Khorramdel S, Abedi M, Firoozi S and Hamza Kalkonari H. 2017, Environmental Impact Assessment of Tea Production System in Chaboxar Region of Guilan Province Using Hyclity Assessment, Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(1): 181-195.

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

Prechsl UE, Wittwer R, van der Heijden MG, Lüscher G, Jeanneret P and Nemecek, T. 2017. Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment. Agricultural Systems, 157: 39-50.

Rafiee Sh, Mousavi Avval SH and Mohammadi A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35: 3301-3306.

Rajaby MH, Soltani A, Zeinali E and Soltani E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. Journalof of Plant Production, 19: 143-172. (In Persian with English Summary).

Ramedani Z, Rafiee S, Heidari MD. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy, 2011; 36: 6340-6344.(In Persian)..

Roy P, Nei D, Orikasa T, Xu Q, Okadome H, Nakamura N and Shiina T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. J. Food. Engin., 90: 1-10

Salehi, MA, Almassi M, Borghai A M, Beheshti B, 2015. Determination of Energy Balance for Sugar Beet Production. Biological Forum – An International Journal, 7 (1): 1178-1184.

Shiri M, Ataei R and Golzardi F. 2018. Life cycle assessment (LCA) for a maize production system under Moghan climatic conditions. Environmental Sciences, 16 (1): 191-206. (In Persian)..

Singh H, Mishra D and Nahar NM. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India-Part I. Energy Conversation Management, 43(16): 2275–2286.

Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig E, Haberl H, Harper R, House J and Jafari, M. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge: Cambridge University Press.

Snyder CS, Bruulsema TW, Jensen TL and Fixen PE. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems & fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems & Environment, 133(3–4): 247-266.

Soltanali H, Emadi B, Rohani A, Khojastehpour M, and Nikkhah A, 2015. Life cycle assessment modeling of milk production in Iran, Information Processing in Agriculture, 2: 101-108.

Soltani A, Bazrgar AB, Koochaki AR, Zeinali E, Ghaemi AR and Hajarpoor A. 2015. Life Cycle Assessment (LCA) of sugar beet production in various production systems in Khorasan. Electronic Journal of Crop Production, 8(1): 43-62 (In Persian).

Taghinazhad J, and Vahedi A. 2021. Environmental Impact of Irrigated Wheat Production System Using the life Cycle Assessment Technique (Case study: Ardabil province), journal of Agricultural science and sustainable production.31 (3): 106-116. (In Persian).

Taghinazhad J,Vahedi A and Ranjbar F. 2019. Economic assessment of energy consumption and greenhouse gas emissions from wheat production in Ardabil Provience. Environmental Science.17(3): 137-150.

Taghinazhad J,Vahedi A and Ranjbar F. 2019. Economic assessment of energy consumption and greenhouse gas emissions from wheat production in Ardabil Provience. Environmental Science,17(3): 137-150.

Vahabipoor M, Reza Sabzghabaei G and Dashti S. 2021. Determining the Environmental Effects of Bean and Lentil Production by Life Cycle Assessment Method (Case Study: Yasuj City). journal of Agricultural science and sustainable production, 31 (2):303-316. (In Persian)..

Wang M, Xia X, Zhang Q and Liu J, 2010. Life cycle assessment of a rice production system in Taihu region, China. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 17: 157-161.

Yaghfoori H, and Kashefi D.2018. Evaluation of the components derived from the right to the city (Case study: Piranshahr city). Journal of Research and Urban Planning. 9 (35): 57-68(In Persian)..

Zahedi M, Eshghizadeh H M and Mondani M. 2015. Evaluation of energy use efficiency and economical indices in safflower (Carthamus tinctorius L.) production system in Isfahan province. Journal of Agroecology, 2 (4): 45-53.

Zhou J, Chang VWC and Fane AG. 2013. An improved life cycle impact assessment (LCIA) approach for assessing aquatic eco-toxic impact of brine disposal from seawater desalination plants, Desalination, 308: 233-241.