نشریه مکانیزاسیون کشاورزی/ دوره ۸ شماره ۲/ سال ۱۴۰۲/ صفحه‌های ۵۳-۴۵

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید چغندرقند با روش ارزیابی چرخه زندگی در استان همدان

مجید نامداری[1*]، شاهین رفیعی[2]، سلیمان حسین پور[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۳۱

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۲-گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

* مسئول مکاتبه Email: namdari@znu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، تخمین‌هایی از انتشارات حاصل از تولید چغندرقند از مصرف نهاده‌ها در مزرعه تا تولید محصول چغندرقند ارایه شده است. روش مورد استفاده ارزیابی چرخه زندگی بود. شاخص‌هایی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند شامل پتانسیل گرمایش زمین، پتانسیل اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، تخلیه منابع غیر زیستی، تخلیه سوخت‌های فسیلی، تخلیه ازن، مسمومیت انسان، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی است. تجزیه و تحلیل‌ها براساس داده‌های جمع‌آوری شده از ۸۸ مزرعه چغندرقند در استان همدان بدست آمده است. نتایج این تجزیه و تحلیل برای واحد عملکردی یک تن در هکتار چغندرقند بدون تخصیص ارائه شده است. برای گروه‌های تاثیر تخلیه منابع غیر زیستی، تخلیه سوخت‌های فسیلی، گرمایش زمین، تخلیه ازون، مسمومیت انسان، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک، اکسیداسیون فتوشیمیایی، اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای به‌ترتیب مقادیر $۱۰^{-۴}\times۳/۷۸$ kg Sb eq، $۱۰^{۳}\times۳/۵۷$ MJ، ۳۱۰/۰ $kgCO_2$ eq، $۱۰^{-۶}\times۸/۲۵$ kgCFC11eq، ۳۷/۷۰ kg 1,4-DB eq، ۴۷/۴۰، $۱۰^{۴}\times۵/۴۵$، ۱/۷۲، $۱۰^{-۲}\times۵/۳۷$ kg C_2H_4 eq، ۳/۱۶ kg SO_2 eq، kg PO_4eq ۱/۷۳ برای هر تن چغندرقند بدست آمد. نتایج نشان داد که تقریبا تمام گروه‌های تاثیر تحت سلطه الکتریسیته و کودهای شیمیایی بودند. جایگزینی برق تجدیدپذیر با برق شبکه، به‌عنوان منبع اصلی انرژی در عملیات آبیاری، می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار مناسب مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. با توجه به محدودیت منابع آبی در ایران، تغییر و اصلاح الگوی کشت در مقیاس‌های خرد و کلان می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر محیط زیست تأثیر بگذارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص زیست‌محیطی، گرمایش جهانی، مصرف منابع، همدان

How to cite:

Majid Namdari, Shahin Rafiee, Soleiman Hosseinpour, N. 2023Evaluation of the Environmental Burdens of Sugar Beet Production with the Life Cycle Method in Hamadan Province. Journal of Agricultural Mechanization 8 (2): 45–53.

Evaluation of the Environmental Burdens of Sugar Beet Production with the Life Cycle Assessment Method in Hamadan Province

Majid Namdari[1], Shahin Rafiee[2], Soleiman Hosseinpour[2]

Received: March 29, 2023 Accepted: July 22, 2023

1- Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
2- Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran
*Corresponding Author: namdari@znu.ac.ir

Abstract

This work presents estimates of the emissions resulting from the production of sugar beet from consumption of inputs in cultivation to the final product at the farm gate. Life cycle assessment method was used. The study covers the impact of abiotic and fossil depletion potential, acidification potential, eutrophication potential, global warming potential for time horizon 100 years, ozone depletion potential, human toxicity potential, freshwater and marine aquatic eco toxicity potential, terrestrial eco toxicity potential, and photochemical oxidation potential. The results of this analysis were presented for the functional unit of 1 ton sugar beet without allocation. Abiotic depletion, abiotic depletion (fossil fuel), acidification, eutrophication, global warming, ozone depletion, human toxicity, freshwater aquatic eco toxicity, marine aquatic eco toxicity, terrestrial eco toxicity, and photochemical oxidation were calculated as 3.78×10^{-4} kg Sb eq, $3.57\times10^{+3}$ MJ, 310 kgCO2 eq, 8.25 $\times10^{-6}$ kgCFC-11 eq, 37.70 kg 1,4-DB eq, 47.40 kg 1,4-DB eq, $5.45\times10^{+4}$ kg 1,4-DB eq, 1.72 kg 1,4-DB eq, 5.37×10^{-2} kg C_2H_4 eq, 3.16 kg SO_2 eq, 1.73 kg PO_4 eq, respectively. Almost all impact categories were dominated by electricity and chemical fertilizers. Replacing grid electricity as the main source of irrigation energy source with renewable electrical energies reduced the environmental burdens for sugar beet production. Due to the limited water resources in Iran, changing and improving the cultivation pattern on micro and macro scales can significantly affect the environment.

Keywords: Environmental Index, Global Warming, Hamadan, Resource Consumption

۱- مقدمه

کشاورزی در قرن بیست و یکم با چالش‌های متعددی مواجه است. از یک‌سو باید برای جمعیت در حال رشد، غذای مناسبی تولید کند و از سوی دیگر، منابع طبیعی به‌طور مداوم در حال کاهش یا تخریب می‌باشد. تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، تولید جهانی غذا تا ۳۰ درصد افزایش یلبد. این حجم از تولید نیاز به برنامه‌ریزی برای تولید پایدار دارد تا نسل‌های آینده نیز از امنیت لازم برای زندگی برخوردار باشند (Maaoui *et al.*, 2021). باید توجه داشت که در حال حاضر در تولیدات کشاورزی، هیچ راه‌حلی برای تضمین نیازهای تغذیه و کشاورزی پایدار وجود ندارد. در واقع، چرخه تولید محصولات کشاورزی در طول سال مستلزم مصرف مقادیر قابل توجهی از نهاده‌های معدنی و مصنوعی مانند آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی است (Aktar *et al.* 2009). علاوه بر آن، نیاز به استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی برای توسعه رشد محصول همواره لازم است. همه این الزامات باعث ایجاد فشار محیطی بر روی اکوسامانه طبیعی عمدتاً انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Muñoz *et al.* 2008). طبق گزارش IPCC، کشاورزی و فعالیت‌های کشاورزی عامل ۲۴ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای انسانی هستند (IPCC 2013). در نتیجه، ارزیابی جامع و ارتباط شفاف اثرات زیست‌محیطی تولید هر محصولی یک وظیفه اساسی برای پایداری می‌باشد (Bartzas *et al.* 2015).

تفکر چرخه زندگی و ابزارهای مرتبط با آن در مطالعات کشاورزی معاصر برای مدیریت و تصمیم گیری در ابعاد اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به‌طور قابل توجهی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج خوبی را نشان داده است (De Luca *et al.* 2015; Sala *et al.*, 2017). ارزیابی چرخه زندگی (LCA)، تجزیه و تحلیل واقعی کل چرخه عمر یک محصول از نظر پایداری محیطی روی اثرات زیست‌محیطی است. ارزیابی چرخه زندگی محصولات مختلف، این امکان را برای تولیدکنندگان آن‌ها فراهم می‌سازد تا ویژگی‌های زیست‌محیطی محصولات یا خدمات خود را ارزیابی نمایند. این ارزیابی دربرگیرنده اصول تولید پاک نظیر: استفاده کارآمد از مواد خام، جلوگیری از آلودگی، تقلیل منابع پایه، حداقل‌سازی ضایعات، بازیافت داخلی و استفاده مجدد از مواد و در کل ارایه چشم‌اندازی از استخراج مواد تا مصرف محصول (گهواره تا گور) است. باید در نظر داشت که ارزیابی چرخه زندگی، نه تنها از منظر زیست‌محیطی و کاهش اثرات مخرب تولید محصولات حایز اهمیت است، بلکه ممکن

است از منظر اقتصادی و کاهش هزینه‌ها و زمان تولید محصول نیز مفید باشد (Ingram and Fernandez, 2012).

چغندرقند یکی از محصولات مهم و استراتژیک کشور می‌باشد که در کارخانجات تولید قند مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایران یکی از اصلی‌ترین تولیدکنندگان قند و چغندرقند در خاورمیانه است. تولید این دو محصول نقش عمده‌ای در اقتصاد ایران و توسعه فنی، اقتصادی و اجتماعی جوامع روستایی ایران دارد (Bazrgar *et al.*, 2011). براساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بیشترین میزان تولید آبی از بین محصولات زراعی به‌ترتیب مربوط به ذرت علوفه‌ای، گندم آبی و چغندرقند بوده است. رتبه سوم میزان تولید، مربوط به چغندرقند با تولید ۶/۵ میلیون تن و سهم ۹/۹ درصدی از کل میزان تولید محصولات زراعی آبی بوده است. براساس این آمار، سطح زیرکشت این محصول در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در کل کشور حدود ۱۲۰ هزار هکتار بوده است که کل محصول به‌صورت آبی کشت می‌شود. میزان تولید میانگین عملکرد این محصول در کشور حدود ۵۴/۳ تن در هکتار است. استان‌های عمده تولید کننده‌ی چغندرقند در ایران شامل استان‌های آذربایجان غربی، خوزستان، خراسان رضوی، کرمانشاه، لرستان و همدان هستند. در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، سطح زیرکشت چغندرقند در استان همدان ۸۳۱۷ هکتار با تولیدی حدود ۵۰۸۸۲۴ تن بوده است. تولید این محصول بعد از محصولات جالیزی، از هزینه‌برترین (از لحاظ هزینه تولید در هر هکتار) محصولات کشاورزی بوده و در میان محصولات کشاورزی صنعتی نیز، بیشترین هزینه تولید در هر هکتار را به خود اختصاص داده است (Maj, 2023).

مطالعات متعددی اثرات زیست‌محیطی را در تولید شکر، چغندرقند یا نیشکر بررسی کرده‌اند. Brentrup *et al.*, (2001) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات زیست‌محیطی و شاخص‌های LCA در تولید چغندرقند و در سطوح مختلف استفاده از کود نیتروژن، در کشور آلمان پرداختند. Kim & Dale (2011) در گزارشی وضعیت تولید قند از چغندرقند و نیشکر را از دیدگاه چرخه‌ی زندگی زیستی مورد بررسی قرار دادند. Mirhaji *et al.*, (2012) در خراسان جنوبی به بررسی زیست‌محیطی تولید چغندرقند با روش ارزیابی چرخه زندگی پرداختند. آن‌ها از ارزیابی چرخه زندگی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی بهره گرفتند. Bazrgar et al., (2011) انتشارات زیست‌محیطی را در سامانه‌های مختلف کشت چغندرقند شامل کشت مکانیزه، کشت نیمه مکانیزه و کشت سنتی در خراسان مورد بررسی قرار دادند. Soheili-Fard and Kouchaki-Penchah, (2015) اثرات زیست‌محیطی تولید چغندرقند در استان آذربایجان‌شرقی در سه سطح مساحتی را با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی مورد بررسی قرار دادند. Gonzalez and Björnsson, (2022) از روش LCA برای ارزیابی زیست‌محیطی تولید چغندرقند در کشور سوئد استفاده کرده است. برخی مطالعات در ضمن بررسی تولید شکر، اثرات زیست محیطی تولید چغندرقند را بررسی کرده‌اند. انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید شکر از چغندرقند توسط de Figueiredo *et al.*, (2010) و García *et al.*, (2016) مورد بررسی قرار گرفته است.

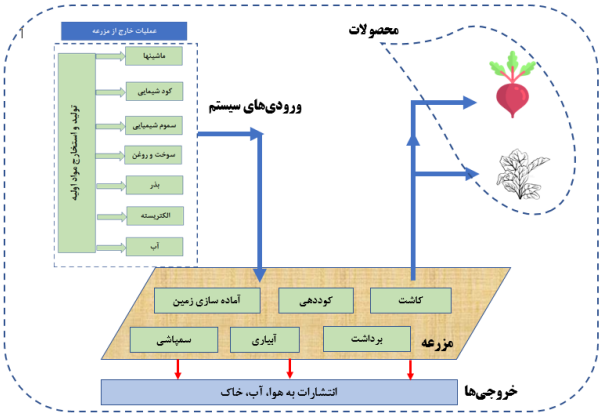
با بررسی منابع، مطالعه‌ای که اثرات زیست‌محیطی تولید چغندر قند در استان همدان را مورد بررسی قرار داده باشد مشاهده نشد. همچنین مطالعات قبلی دارای محدودیت‌هایی در تعریف مرزهای سامانه و شاخص‌های مورد مطالعه بوده‌اند. بنابراین انجام مطالعه‌ای جامع که اثرات زیست محیطی تولید چغندرقند را از گهواره تا گور در استان همدان مورد ارزیابی قرار دهد، ضروری است.

۲- مواد و روش ها

ارزیابی زیست‌محیطی بر اساس روش چرخه زندگی (ارزیابی چرخه زندگی) صورت پذیرفته و برای انجام مراحل آن از سری استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ پیروی شده است. براساس استانداردهای مذکور، انجام مطالعات چرخه زندگی دارای چهار گام شامل: ۱- تعیین هدف و مرزهای سامانه، ۲- صورت‌برداری (تهیه لیست سیاهه)، ۳- ارزیابی اثرات و ۴- تفسیر است (ISO 14040–14044, 2006).

۲-۱- هدف، مرزهای سامانه و جمع‌آوری داده‌ها

در این مطالعه مرحله زراعی تولید چغندرقند یعنی از ورود مواد اولیه به مزرعه تا خروج محصول چغندرقند از مزرعه مورد بررسی زیست‌محیطی با روش LCA قرار گرفته است. شکل ۱ مرزهای سامانه، همچنین ورودی‌ها، خروجی‌ها و محصولات را نشان می‌دهد. کشت چغندرقند شامل چندین عملیات شامل شخم زدن، آماده سازی بستر کشت، کاشت، عملیات داشت (کوددهی، سمپاشی، وجین و سله‌شکنی و آبیاری) و برداشت می‌باشد. انتشارات ناشی از تولید کودها و سموم شیمیایی و سوخت مصرف شده توسط ماشین‌های کشاورزی نیز به‌عنوان خروجی‌های فرایند تولید (سامانه) در نظر گرفته می‌شود. انتشارات شامل: آمونیاک (NH_3)، آمونیوم (NH_4^+)، نیتروژن (N)، اکسید دی‌نیتروژن (N_2O)، دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، نیتروژن اکسیدها (NOx)، نیترات‌ها (NO_3)، متان (CH_4)، فسفر (P)، فسفات‌ها (PO_4^{-3})، دی‌اکسید کربن با منشاء فسیلی (CO_2) و ذرات جامد می‌باشند.



شکل ۱- مزرهای سامانه، ورودی‌ها، خروجی‌ها و محصولات در تولید چغندرقند برای LCA

Fig. 1. The diagram of system boundaries for LCA of sugar beet production

داده‌ها و اطلاعات اولیه این مطالعه از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه همدان بدست آمد. اطلاعات از ۸۸ چغندرکار از کل استان همدان، با دقت بالا جمع‌آوری شد. تعداد مزارع بررسی شده براساس رابطه کوکران بدست آمد که روش رایج برای بدست آوردن حجم نمونه در این‌گونه مطالعات می‌باشد. رابطه (۱) این فرمول را نشان می‌دهد (Soheili-Fard and Kouchaki-Penchah, 2015; Yousefi *et al.*, 2014):

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + t^2S^2} \quad (۱)$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد کشاورزان چغندرقند منطقه مورد مطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t-استیودنت بدست می‌آید، S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است.

در مرحله تعریف مرزهای سامانه، لازم است واحد عملکردی (FU) نیز مشخص گردد. در این مطالعه واحد عملکردی یک تن محصول چغندرقند در نظر گرفته شده است. با توجه به این‌که شاخ و برگ چغندرقند فاقد ارزش اقتصادی می‌باشد، بنابراین علی‌رغم وجود دو محصول در فرایند تولید، عملیات تخصیص (Allocation) در ارزیابی‌ها صورت نگرفت.

۲-۲- صورت‌برداری یا تهیه سیاهه (LCI)

دومین گام در ارزیابی چرخه زندگی، صورت‌برداری از تمام ورودی‌ها، خروجی‌ها و محصولات می‌باشد. ورودی‌ها همان‌گونه که شکل ۱ نیز نشان می‌دهد بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از کشاورزان قابل دریافت می‌باشد. محصولات نیز به‌راحتی براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از مصاحبه بدست می‌آید. برای تکمیل لیست سیاهه از پایگاه داده‌ای اگری‌فوت پرینت (Blonk Consultants, 2014) و پایگاه داده‌ای اکواینونت (Weidema *et al.*, 2013) استفاده شده است.

برای محاسبه خروجی‌ها که در واقع محاسبه میزان انتشارات به هوا، آب و خاک می‌باشد از روش‌های ارایه شده در دستورالعمل IPCC استفاده شد (IPCC, 2006). انتشارات مربوط به مصرف آفت‌کش‌ها با این فرض که صد درصد از ماده‌ی فعال آن‌ها به خاک منتشر می‌شود ارزیابی گردید (Notarnicola *et al.*, 2017).

۲-۳- ارزیابی گروه‌های تاثیر (LCIA)

در این قسمت براساس نتایج تجزیه و تحلیل سیاهه، می‌توان تأثیرات اصلی زیست‌محیطی مرتبط با چرخه عمر محصول را ارزیابی و برآورد نمود. اثرهای محیط‌زیستی بخش کشاورزی، در مورد منابع هوا، آب و خاک می‌تواند به‌طور کلی شامل پتانسیل گرمایش زمین، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای (هوپرورش)، سمیت اکولوژیکی (اکوسامانه‌های آبی و خاکی)، تاثیر بر لایه اوزن و در نهایت مقدار انرژی مصرف شده تجدیدناپذیر توسط سامانه می‌باشد (Ebrahimi and Ebrahimi, 2022). بنابراین نرم‌افزار مورد استفاده نرم‌افزار SimaPro 9.2.0.1 و روش مورد استفاده برای ارزیابی اثرات روش CML-I Baseline انتخاب شد. مراحل نرمال‌سازی و وزن‌دهی در LCA که جزو مراحل اختیاری می‌باشد (ISO 14040, 2006) نیز براساس روش World 2000 صورت پذیرفت (Namdari *et al.*, 2022).

۲-۴- تفسیر

در این مرحله نتایج LCI و LCIA به‌صورت کامل تجزیه و تحلیل شده و برای رسیدن به توصیه‌های مبنی بر کاهش خسارت کلی پیشنهادهایی ارایه شد. توضیحات بیشتر از مراحل چهارگانه ارزیابی چرخه زندگی در استانداردهای مذکور قابل مشاهده می‌باشد که از شرح بیشتر پرهیز شده است (ISO 14040–14044, 2006).

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ فهرست کاملی از تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها به سامانه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این جدول مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار و ضریب تغییرات آورده شده است. در این جدول نتایج مربوط به انتشارات هوا، آب و خاک نیز که خروجی‌های سامانه می‌باشند، قابل مشاهده می‌باشد. در جدول ۱ دیده می‌شود که در زراعت چغندرقند دو نوع محصول یعنی غده‌های چغندر و برگ تولید می‌شود. از آن‌جایی که شاخ و برگ تولید شده ارزش اقتصادی ندارند، براساس اصول تخصیص، ارزیابی اثرات منحصرا برای محصول غده‌ی چغندرقند انجام می‌شود. در بخش ورودی‌های سامانه هم تمام نهاده‌ها شامل کودهای شیمیایی، ریزمغذی‌ها، سموم، کود حیوانی، سوخت‌های فسیلی، ماشین‌های کشاورزی، آب آبیاری، الکتریسیته، بذر و حمل نقل مربوط به نهاده‌های مختلف آورده شده است. خروجی‌های این سامانه نیز شامل انتشارات به هوا (آمونیاک، نیتروس

اکسـاید، دی اکسـید کربن، نیتروژن اکسـاید و انتشـارت حاصـل از سوزاندن سوخت‌ها)، انتشارات به آب (نیترات و فسفروس) و انتشارات به خاک (انتشـارات حاصـل از سـموم شـیمیایی) به‌صـورت جداگانه براساس هر کدام از نهاده‌هایی که این انتشارات را دارند، گزارش شده است.

جدول ۱ در واقع انتشـارات حاصـل از تولید و اسـتفاده هر کدام از نهاده‌های مصـرفی را جداگانه لیسـت کرده اسـت. این جدول نشـان می‌دهد که انتشـار N_2O حاصـل از کودهای نیتروژنه به‌طور متوسـط ۴/۵۴ kg N_2O ha^{-1} y می‌باشـد. مشـابه این حالت انتشـار حاصـل از کود دامی و بقایای گیاهی به‌ترتیب ۲/۳۲ kg N_2O ha^{-1} y و ۲/۲۰ می‌باشد. البته باید توجه داشت که انتشار N_2O به دو شکل مستقیم و غیرمسـتقیم صـورت می‌گیرد که مقادیر مربوط به هر کدام از آن‌ها نیز در جدول آورده شده است. به‌عنوان مثال می‌توان مشاهده کرد که کل انتشار غیرمستقیم N_2O برابر با ۲/۱۵ کیلوگرم برهکتار از آن گاز در یک سـال اسـت. Yousefi *et al.*, (2014) برای انتشـار N_2O در زراعت چغندرقند مقدار ۲۲/۹۲ کیلوگرم N_2O معادل در هر هکتار گزارش کرده است.

نتایج همچنین نشـان می‌دهد که میزان انتشـار نیترات به آب برای هر هکتار از زراعت چغندرقند ۲۳۸/۷۹، ۱۳۲/۳۶ و ۱۳۸/۱۸ کیلوگرم نیترات از کودهای شـیمیایی، کود دامی و بقلیای گیاهی می‌باشـد. این بدین معنی اسـت که در کل ۵/۱۱ کیلوگرم نیترات به ازای هر تن چغندرقند به آب منتشـر می‌شـود. Soltani *et al.*, (2010) مقدار ۹/۷۲ کیلوگرم نیترات به ازای هر تن گندم در گرگان را گزارش کرده‌اند در حالی که Bazrgar *et al.*, (2011) مقدار این انتشـار را برای زراعت چغندرقند در منطقه خراسـان ۰/۱۶ کیلوگرم نیترات به ازای هر تن چغندرقند گزارش نموده اسـت. این عدد بسـیار کوچکتر از عدد بدسـت آمده در این مطالعه و حتی مطالعه Soltani *et al.*, (2010) اسـت. دلیل این امر می‌تواند محدود بودن مرزهای سـامانه مطالعه Bazrgar *et al.*, (2011) نسبت به مطالعه حاضر باشد.

پس از مشـخص شـدن سـیاهه، گروه‌های تاثیر محاسـبه شـد. گروه‌های تاثیر مورد بررسی شامل پتانسیل گرمایش زمین، پتانسیل اسـیدی شـدن، اختناق دریاچه‌ای (هوپرورش خشـکی)، تخلیه منابع غیر زیستی (نازیوه)، تخلیه سوخت‌های فسیلی، تخلیه ازن، مسمومیت انسان، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسومیت خاک و اکسـیداسـیون فتوشـیمیایی بودند. جدول ۲ مقادیر این شاخص‌ها را به ازای تولید یک تن چغندرقند در استان همدان نشان می‌دهد.

جدول ۲- گروه های تاثیر مورد مطالعه در تولید چغندرقند

Table 2. Impact categories in sugar beet production

گروه‌های تاثیر	واحد	مقدار
تخلیه منابع غیر زیستی	kg Sb eq	۳/۷۸×۱۰$^{-۴}$
تخلیه سوخت‌های فسیلی	MJ	۳/۵۷×۱۰^{۳}
پتانسیل گرمایش زمین	kgCO2 eq	۳۱۰
تخلیه ازون	kgCFC-11 eq	۸/۲۵×۱۰$^{-۶}$
مسمومیت انسان	kg 1,4-DB eq	۳۷/۷۰
مسمومیت آب‌های سطحی	kg 1,4-DB eq	۴۷/۴۰
مسمومیت آب‌های آزاد	kg 1,4-DB eq	۵/۴۵×۱۰^{۴}
مسمومیت خاک	kg 1,4-DB eq	۱/۷۲
اکسیداسیون فتوشیمیایی	kg C2H4 eq	۵/۳۷×۱۰$^{-۲}$
پتانسیل اسیدی شدن	kg SO2 eq	۳/۱۶
اختناق دریاچه‌ای	kg PO4 eq	۱/۷۳

جدول ۱- نتایج تحلیل سیاهه در تولید چغندرقند به ازای هر هکتار در استان همدان (لیست سیاهه)

Table 1. inventory list of sugar beet production in Hamadan province

ورودی/خروجی	واحد	میانگین (unit/ha)	حداکثر (unit/ha)	حداقل (unit/ha)	انحراف معیار
محصولات					
چغندرقند	kg	۵۳۴۶۶/۱۰	۱۲۰۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۹۲۸۹/۳۱
برگ (بقایا)	kg	۲۶۱۹۰/۶۴	۵۸۷۸۲/۶۱	۷۳۴۷/۸۳	۹۴۴۸/۹۷
ورودی‌ها					
کودهای شیمیایی					
اوره در شکل N [۴۶، ۰، ۰]	kg	۱۷۹/۷۳	۴۸۳	۰	۸۷/۱۲
دیامونیوم فسفات در شکل N [۱۸، ۴۶، ۰]	kg	۳۸/۴۹	۹۰	۰	۱۸/۹۳
پتاسیم سولفات در شکل K_2O [۰، ۰، ۵۰]	kg	۶۹/۶۰	۱۵۰	۰	۳۴/۶۳
حمل و نقل کودها	t.km	۱۶۰/۶۸	۳۷۵	۰	۸۵/۸۸
کود دامی [۲/۲۶، ۰/۶۴، ۲/۰۴]	kg	۴۴۰۸/۱۴	۶۰۶۲۵	۰	۱۲۷۲۹/۷۶
سموم					
علف کش (ماده موثره: تریفلورلین ۴۸٪)	kg	۲/۲۳	۲۰	۰	۳
آفت کش (ماده موثره: دیازینون ۶۰٪)	kg	۲/۱۵	۸	۰	۱/۸۸
قارچ کش (ماده موثره: تری دی مورف ۷۵٪)	kg	۰/۵۷	۸	۰	۱/۳۲
حمل و نقل سموم	t.km	۰/۷۴	۳/۳	۰	۰/۶۰
ریزمغذی ها	kg	۷/۲۴	۳۲	۰	۷/۴۹
حمل و نقل ریز مغذی‌ها	t.km	۱/۱۰	۴/۸۰	۰	۱/۱۲
سوخت دیزل در مزرعه	L	۱۱۶/۶۶	۳۷۴	۲۸/۹۴	۷۰/۱۶

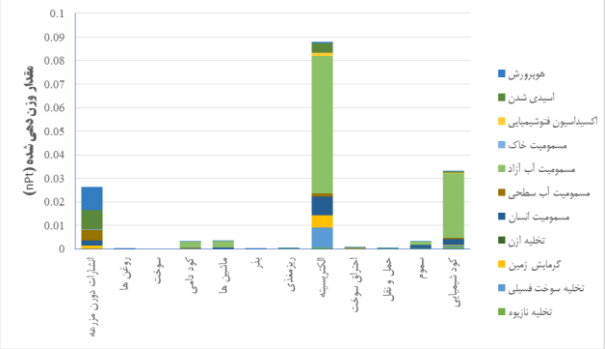
روغن	L	۲۹/۵۵	۴۸۰	۱/۶۰	۵۰/۱۹
الکتریسیته	kWh	۱۲۵۳۷/۰۷	۳۸۹۹۳/۶۸	۷۱۰/۸۲	۸۵۵۸/۸۳
آب آبیاری	m^3	۸۸۵۹/۶۱	۲۶۸۸۰	۱۷۶۴	۵۴۷۵/۱۰
ماشین‌ها	kg	۱۳/۲۷	۳۵/۳۸	۴/۶۱	۵/۷۲
بذر	kg	۱/۹۶	۳/۲۰	۰/۹۵	۰/۳۹
خروجی ها					
انتشارات به هوا					
NH_3 از N (کودهای شیمیایی)	kg	۳۹/۴۴	۱۰۲/۹۸	۰	۱۸/۱۶
N_2O مستقیم از N (کودهای شیمیایی)	kg	۳/۴۳	۸/۴۴	۰	۱/۴۴
N_2O غیر مستقیم از N (کودهای شیمیایی)	kg	۱/۱۱	۲/۷۴	۰	۰/۴۷
CO_2 از اوره	kg	۱۳۱/۸۰	۳۵۴/۲۰	۰	۶۳/۸۹
NOx	kg	۱/۸۵	۸/۲۸	۰/۴۳	۱/۴۸
NH_3 از کود دامی	kg	۲۴/۱۹	۳۳۲/۷۴	۰	۶۹/۸۷
N_2O مستقیم از کود دامی	kg	۱/۵۷	۲۱/۵۳	۰	۴/۵۲
N_2O غیر مستقیم از کود دامی	kg	۰/۶۶	۹/۱۵	۰	۱/۹۲
N_2O مستقیم از بقایای گیاهی*	kg	۱/۶۵	۳/۶۹	۰/۴۶	۰/۵۹
N_2O غیر مستقیم از بقایای گیاهی	kg	۰/۳۷	۰/۸۳	۰/۱۰	۰/۱۳
سوزاندن سوخت دیزل	MJ	۶۵۶۹/۳۷	۲۱۰۵۹/۹۴	۱۶۲۹/۶۱	۳۹۵۱/۱۶
CO_2 از نیروی انسانی	kg	۵۷۹/۷۳	۲۴۵۹/۸۰	۶۴/۵۲	۳۷۴/۴۹
N_2O مستقیم	kg	۶/۶۴	۲۸/۳۰	۱/۶۱	۵/۰۰
N_2O غیر مستقیم	kg	۲/۱۵	۱۱/۱۲	۰/۴۴	۲/۰۶
انتشارات به آب					
NO_3 از N (کودهای شیمیایی)	kg	۲۳۸/۷۹	۶۴/۷۰	۰	۱۱۵/۷۴
NO_3 از کودهای دامی	kg	۱۳۲/۳۶	۱۸۲۰/۳۱	۰	۳۸۲/۲۲
NO_3 از بقایای گیاهی	kg	۱۳۹/۱۸	۳۱۲/۳۹	۳۹/۰۵	۵۰/۲۱
P از کودهای شیمیایی	kg	۲/۱۵	۵/۰۲	۰	۱/۰۵
P از کود دامی	kg	۰/۶۲	۸/۴۷	۰	۱/۷۸
انتشارات به خاک					
تریفلورالین	kg	۱/۰۵	۹/۶۰	۰	۱/۴۳
دیازینون	kg	۱/۲۹	۴/۸۰	۰	۱/۱۳
تری دی مورف	kg	۰/۴۳	۶/۰۰	۰	۰/۹۹

* محتوای N در بقایای چغندرقند چهار کیلوگرم در تن از بقایا در نظر گرفته شد (Brenturup *et al*., 2001)

Soheili-Fard and Kouchaki-Penchah, (2015) در مطالعه‌ای که برای چغندرقند انجام داده بودند، برای گروه‌های تاثیر تخلیه منابع غیر زیستی، تخلیه سوخت‌های فسیلی، گرمایش زمین، تخلیه ازون، مسمومیت انسان، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک، اکسیداسیون فتوشیمیایی، اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای به‌ترتیب به‌طور میانگین مقادیر $۶/۷۲\times۱۰^{-۴}$ kg Sb eq، $۹/۰۰\times۱۰^{۲}$ MJ، ۷۶/۲ kg CO_2 eq، kgCFC-11 eq، $۳/۸۶\times۱۰^{-۶}$ kg1,4-DBeq، ۶۰/۹۰، ۱۹/۵۰، $۴/۹۴\times۱۰^{۴}$، $۵/۶۱\times۱۰^{-۲}$ kg C_2H_4eq، $۳/۳۲\times۱۰^{-۲}$ kg SO_2eq، $۴/۸۲\times۱۰^{-۱}$ kg PO_4eq، $۷/۰۳\times۱۰^{-۱}$ برای هر تن چغندرقند گزارش کرده‌اند. این مقادیر در انطباق با مطالعه حاضر می‌باشد.

مقادیری که برای هر کدام از گروه‌های تاثیر بدست آمده است، حاصل مجموع اثرات هر کدام از نهاده‌هایی است که در سیاهه موجود بود. هر کدام از نهاده‌ها اثری مشخص بر گروه‌های تاثیر دارند. با تاملی در نقش هر کدام از این نهاده‌ها مشخص می‌شود که عامل اصلی اکثر گروه‌های تاثیرِ مورد مطالعه (تخلیه سوخت‌های فسیلی، گرمایش جهانی، تخریب لایه اوزن، مسمومیت انسان، مسمومیت آب‌های آزاد، اکسیداسیون فتوشیمیایی) تحت تاثیر الکتریسته بوده و این نهاده، اصلی‌ترین عاملی می‌باشد که باعث اثرات نامطلوب زیست محیطی در تولید چغندرقند شده است (شکل ۲). در گروه‌های تاثیر مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت خاک، اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای نیز بیشترین عامل این گروه‌های تاثیر مربوط به انتشارات درون‌مزرعه‌ای می‌باشد که اغلب مربوط به بهره‌گیری بیش از حد کودهای شیمیایی می‌باشد. بنابراین به‌صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت که دلیل غالب اثرات نامطلوب زیست‌محیطی در زراعت چغندرقند مربوط به نهاده‌های الکتریسیته و کودهای شیمیایی می‌باشد و بقیه نهاده‌ها اثری اندک دارند؛ بنابراین، لزوم توجه به مدیریت مصرف این دو نهاده به‌منظور کاستن بار زیست‌محیطی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. کشاورزان به‌دلیل افزایش علف‌های هرز مزرعه در زراعت چغندرقند، تمایل چندانی به استفاده از کود دامی ندارند، استفاده از کودهای آلی فراوری شده که به‌صورت پلیت برای کشاورزان عرضه می‌شود، گزینه خوبی برای جایگزینی دو نوع کود

(شیمیایی و دامی) در زراعت چغندرقند می‌تواند باشد. این کودها به دلیل این‌که فرآوری شـــده‌اند، در مزرعه ایجاد علف هرز نمی‌کنند. روش‌های مدیریت زراعی مانند قرار دادن کشت محصـول در آیش با گیاهان تثبیت کننده نیتروژن نیز راه‌کار دیگر است.

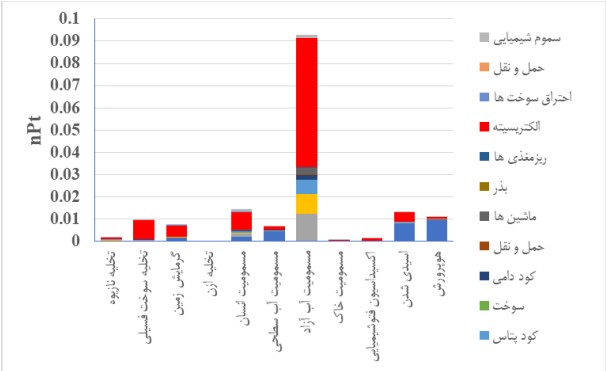


شکل ۲- نقش نهاده‌های تولید در هر یک از گروه‌های تاثیر و شاخص زیست‌محیطی

Fig. 2. Single score diagram of inputs in sugar beet production

نهاده الکتریسیته بیشـترین اثر را بر فاکتور مسـمومیت آب‌های آزاد (۰/۰۵۸۱ nPt) داشـــته و بعد از آن به‌ترتیب بر تخلیه منابع فسیلی (۰/۰۰۸۵ nPt)، مسمومیت انسان (۰/۰۰۸۰ nPt)، گرمایش زمین (۰/۰۰۵۱ nPt)، اسـیدی شـدن (۰/۰۰۴۱ nPt)، مسـمومیت آب‌های سـطحی(۰/۰۰۱۴۱ nPt)، اکسـیداسـیون فتوشـیمیایی (۰/۰۰۱۲ nPt)، تخلیـه منـابع غیر زیسـتی (۰/۰۰۰۶۲ nPt)، اختنـاق دریاچه‌ای (۰/۰۰۰۴۹ nPt)، مسـمومیت خاک (۰/۰۰۰۲۲ nPt) و تخریب لایه ازون (۰/۰۰۰۰۲۹ nPt) دارد که مجموع این اثرها برابر با ۰/۰۸۷۸ nPt می‌باشد که در واقع تاثیر نهاده الکتریسیته بر شاخص نهایی زیست‌محیطی می‌باشد (شکل ۲). Khoshnevisan *et al.*, (2014) در تولید برنج در گیلان نیز الکتریسیته و کودهای شیمیایی را منشا اصلی گروهای تاثیری که در محیط زیست اثر می‌گذاشتند معرفی کرد. Nabavi-Pelesaraei *et al.*, (2014) بیشـترین انتشار گاز گلخانه‌ای در تولید چغندرقند آذربایجان شـــرقی را حاصـــل الکریسیته گزارش کرد. کمترین سهم از انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز مربوط به کودهای دامی می‌باشـد که مقدار بسـیار ناچیزی را به‌خود اختصاص داده است. Yousefi *et al.*, (2014) نیز در بین نهاده‌هایی که مورد بررسـی قرار داده بودند، الکتریسـیته و کودهای شـیمیایی را به‌عنوان اصـلی‌ترین عوامل موثر در گرمایش جهانی بدسـت آوردند. Mirhaji *etal.*, (2012) در تولید چغندرقند استان خراسان رضوی، سـهیم‌ترین گازهایی که در گرمایش زمین نقش دارند را به‌ترتیب، N_2O، CO_2 و CH_4 گزارش کرده اسـت. Crutzen *el al.*, (2008) در مطالعه‌ای دریافتند که انتشار گاز N_2O به‌عنوان یک ترکیب جانبی در تولید کودهای شـیمیایی ازت‌دار، نقش قابل توجهی در مقایسـه با مصـرف سـوخت‌های فسـیلی در انتشـار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین دارد.

در بین یازده شـــاخص مورد مطالعه، بعد از نرمال‌ســـازی و وزن‌دهی، مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده اســـت. به عبارتی می‌توان گفت که در تولید یک تن چغندرقند مسـمومیت آب‌های آزاد نسـبت به سـایر اثرات، دارای کارایی آسـیب زیسـت‌محیطی بیشـتری می‌باشـد. بعد از آن نیز مسـمومیت آب‌های سـطحی مقدار بزرگتری را از آن خود کرده اسـت. کوچک‌ترین اثر نیز مربوط به تخلیه لایه ازون می‌باشـد (شـکل ۳). نتیجه مشـابهی برای چغندرقند آذربایجان شرقی گزارش شده است (Soheili-Fard and Kouchaki-Penchah, 2015).



شکل ۳- نمودار گروه‌های تاثیر بعد از نرمال‌سازی و وزن‌دهی

Fig 3. Impact categories after normalization and weighting

شـــاخص نهایی که از مجموع مقادیر وزن‌دهی برای هرکدام از فاکتورها بدسـت آمد، برای تولید چغندرقند در اسـتان همدان، برابر با ۰/۱۵۹ بود. این شـاخص که در واقع کمی‌سـازی اثرات زیسـت‌محیطی تولید یک محصـول می‌باشـد، در مقایسـه اثرات زیسـت‌محیطی و شـناسـایی محصـولاتی که دارای مزیت نسـبی می‌باشـند بسـیار حائز اهمیت می‌باشـد. Mirhaji *et al.*, (2012) برای هرکدام از گروه‌های تاثیری که مورد مطالعه قرار داده بودند یک شـــاخص نهایی گزارش کردند که اگر مشابه این مطالعه، برای رسیدن به یک شاخص نهایی، مقادیر آن‌ها را جمع کنیم مقدار ۰/۱۰۰ بدســـت می‌آید. نتایج آن‌ها نشـــان داد که شـــاخص نهایی در تولید یک تن از چغندرقند برای گرمایش جهانی، اســـیدیته، تخلیه منابع فســـیلی و تخلیه منابع آبی به‌ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری نهایی

چغندرقند یکی از محصولات استراتژیک در ایران و جهان می‌باشد. با روش ارزیابی چرخه زندگی می‌توان با کمی‌سازی اثرات زیست‌محیطی تولید این محصـول، ضـمن شـناسـایی گروه‌های تاثیر و عوامل موثر در بار زیست‌محیطی، راه‌کارهایی را جهت تولید پایدار محصول ارایه داد. در بین نهاده‌های مختلف تولید چغندرقند، نهاده‌های الکتریســـته و کودهای شـیمیایی بیشـترین بار زیست‌محیطی را داشـته‌اند. بیشـترین

استفاده از الکتریسیته برای عملیات آبیاری این محصول می‌باشد. برق مصرفی در کشاورزی ارزان‌ترین برق ارایه شده توسط دولت می‌باشد. همین امر باعث شده است کشاورزان در استفاده از این نهاده توجه چندانی نداشته باشند. بنابراین سیاست‌گذاری‌های نامناسب در بخش اقتصادی و عدم توجه به مباحث مدیریتی، مصرف این نهاده‌ی انرژی را به‌صورت بی‌رویه افزایش داده که باعث اثرات نامطلوب زیست‌محیطی نیز شده است. کارایی پایین سامانه‌های آبیاری نیز از سوی دیگر، باعث مصرف بالای این نهاده بوده است که با نوسازی سامانه‌های آبیاری و استفاده از فناوری‌های جدید، می‌توان اثرات زیست‌محیطی الکتریسته را کاهش داد. راه‌کار پیشنهادی دیگر، استفاده سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر به‌خصوص انرژی بادی و خورشیدی می‌باشد که البته اثرات این سناریوها باید بررسی و با برق شبکه مورد مقایسه قرار گیرد. کودهای شیمیایی نیز دارای اثرات قابل توجه زیست‌محیطی بوده است. کشاورزان چغندرکار تمایل چندانی به استفاده از کودهای دامی نداشته و استفاده حداکثر از کودهای شیمیایی را دارند. دلیل عدم تمایل به استفاده از کودهای دامی، افزایش علف‌های هرز در نتیجه استفاده از کودهای دامی می‌باشد. با فرآوری کودهای دامی می‌توان مشکل افزایش علف‌های هرز در اثر استفاده از کودهای دامی را کاهش داده و با استفاه از این کودهای فراوری شده، میزان مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه اثرات زیست‌محیطی را کاهش داد. در ارتباط با مباحث زیست‌محیطی ذکر این بحث انکار ناپذیر است که استان همدان یکی از استان‌هایی است که دارای بحران آب می‌باشد. این مطالعه نشان داد که کارایی آسیب رسیدن به منابع آبی در تولید چغندرقند نسبت به شاخص‌های دیگر، اثر بیشتری دارد. از طرف دیگر مشاهدات عینی در منطقه حاکی از وضعیت نامناسب منابع آبی منطقه بود که روز به روز این بحران جدی‌تر نیز می‌شد. راه‌حل مناسب کشت محصولات کشاورزی در هر منطقه براساس تولنایی‌های هر منطقه می‌باشد. قطعا تهیه الگوی کشت مناسب با شرایط هر منطقه، نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش اثرات زیست‌محیطی خواهد داشت. .

منابع

Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12.

Bartzas, G., Zaharaki, D., & Komnitsas, K. (2015). Life cycle assessment of open field and greenhouse cultivation of lettuce and barley. *Information Processing in Agriculture*, 2(3-4), 191-207.

Bazrgar, A. B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, E., & Ghaemi, A. (2011). Environmental emissions profile of different sugar beet cropping systems in East of Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 6(29), 6246-6255.

Blonk Consultants (2014). Agri-footprint Description of Data. V 1.0. Retrieved from: www.agri-footprint.com/assets/Agri-Footprint-Part2-Descriptionofdata-Version1.0.pdf. accessed November 2015.

Brentrup F., Küsters J., Kuhlmann H. & Lammel J. (2001). Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilizers. *European Journal of Agronomy*, 14, 221–233.

Crutzen P.J., Mosier A.R., Smith K.A. & Winiwarter W. (2008). N_2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 389-395.

De Figueiredo, E. B., Panosso, A. R., Romão, R., & La Scala, N. (2010). Greenhouse gas emission associated with sugar production in southern Brazil. *Carbon balance and management*, 5, 1-7.

De Luca, A. I., Molari, G., Seddaiu, G., Toscano, A., Bombino, G., Ledda, L., Milani M., & Vittuari, M. (2015). Multidisciplinary and innovative methodologies for sustainable management in agricultural systems. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 14(7). 1571–1581.

Duraisam, R., Salelgn, K., & Berekete, A. K. (2017). Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and it bagasse: a review. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 43(4), 222-233.

Ebrahimi, E., & Ebrahimi, L. (2022). Life cycle assessment (LCA) in crop production, case study: apple and grape. *Environmental Sciences*, 20(1), 251-266. doi: 10.52547/envs.2021.36828

García, C. A., García-Treviño, E. S., Aguilar-Rivera, N., & Armendáriz, C. (2016). Carbon footprint of sugar production in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2632-2641.

Gonzalez, M. N. G., & Björnsson, L. (2022). Life cycle assessment of the production of beet sugar and its by-products. *Journal of Cleaner Production*, 346, 131211.

Ingram, D. L., & Fernandez, R. T. (2012). Life cycle assessment: A tool for determining the environmental impact of horticultural crop production. *HortTechnology*, 22(3), 275-279.

IPCC. (2013). Climate change 2013: The physical science basis. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. M. B. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, et al., (Eds.), Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.

IPCC. (2006). N2O Emissions from Managed Soils and CO2 Emissions from Lime and Urea Application, vol. 4, pp. 1-54 (IPCC (Chapter 11)).

ISO 14040, (2006). Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Geneva, Switzerland.

ISO 14044, (2006). Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines. Geneva, Switzerland.

Khoshnevisan, B., Rajaeifar, M.A., Clark, S., Shamahirband, S., Anuar, N.B., Mohd Shuib, N.L. & Gani, A. (2014). Evaluation of traditional and consolidated rice farms in Guilan Province, Iran, using life cycle assessment and fuzzy modeling. *Science of the Total Environment*, 481: 242-251.

Maaoui, M., Boukchina, R., & Hajjaji, N. (2021). Environmental life cycle assessment of Mediterranean tomato: case study of a Tunisian soilless geothermal multi-tunnel greenhouse. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 1242-1263.

Maj. (2023). Statictic report of Iran Ministry of Agriculture-Jahad. www.maj.ir

Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abbaspour-Fard, M., & Mahdavi Shahri, S. M. (2012). Environmental impact study of sugar beet (Beta vulgaris L.) production using life cycle assessment (Case study: South Khorasan region). *Journal Of Agroecology*, 4(2), 112-120.

Muñoz, P., Antón, A., Paranjpe, A., Ariño, J., & Montero, J. I. (2008). High decrease in nitrate leaching by lower N input without reducing greenhouse tomato yield. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(4), 489–495. https ://doi.org/10.1051/agro:20080 24.

Nabavi-Pelesaraei, A., Amid S. & Shoja, H. (2014). Energy use and greenhouse gas emission analysis for sugar beet production under three cultivated area levels. *Trends in Life Sciences an International Peer-reviewed Journal*, 3(2):10-22.

Namdari, M., Rafiee, S., Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P. A., & Hosseinpour, S. (2022). Use of LCA indicators to assess Iranian sugar production systems: case study-Hamadan Province. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-14.

Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P. A., Castellani, V., & Sala, S. (2017). Environmental impacts of food consumption in Europe. *Journal of cleaner production*, 140, 753-765.

Sala, S., McLaren, S. J., Notarnicola, B., Saouter, E., & Sonesson, U. (2017). In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption. *Journal of cleaner production*, 140, 387-398.

Soheili-Fard, F. and Kouchaki-Penchah, H. (2015). Assessing environmental burdens of sugar beet production in East Azerbaijan province of I. R. Iran based on farms size levels. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 4(5): 489-495.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E. & Soltani, E. 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production*, 3: 201-218.

Weidema, B., Bauer, C. Hischier, R. Mutel, C. Nemecek, T. Reinhard, J. Vadenbo, C.O. & Wernet, G. (2013). Overview and Methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3.

Yousefi, M., Khoramivafa, M., & Mondani, F. (2014). Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (Beta vulgaris) agroecosystems in Iran. *Atmospheric Environment*, 92, 501-505.

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