J. Agric. Mech., 9 (4):59-70 (2025)

Journal of
Agricultural Mechanization

Online ISSN: 2717-4107
Journal homepage: https://jam.tabrizu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Life Cycle Assessment (LCA) of Peach Fruit in Mazandaran Province

Abolfazl Azizi Sharafdarkolaei[1], Hossein Haji Agha Alizade[1*], Behdad Shadidi[1]

1- Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFO

***Keywords*:**
Diesel Fuel,
Eutrophication Index,
Global Warming,
Sima-Pro Software

Received:
October 29, 2024

Revised:
December 6, 2024

Accepted:
January 4, 2025

*** Corresponding Author:**
h-alizade@basu.ac.ir

ABSTRACT

The increase in population growth has increased the demand for agricultural and horticultural products, and given the limitations of arable land, a strategy must be pursued to increase production per unit area. This strategy requires the use of various chemical inputs in the cultivation of various products, which will have many harmful effects. The present study investigated the environmental impacts (using SimaPro software) during the one-year growth period of peach fruit in Mazandaran province. In this study, environmental indicators in peach fruit production were determined using the life cycle assessment and the IMPACT 2002+ method. Input data were determined using a questionnaire and output data were determined using the Ecoinvent database available in SimaPro 9.00.48 software and the methods and standards used by researchers in previous studies. The highest contribution to eutrophication was calculated for diesel fuel at 0.00195 in terms of PO4. The highest contribution to ozone depletion was calculated for diesel fuel and pesticides at 0.00000466 and 0.00000698 in terms of CFC-11eq, respectively. The most important factors in the number of environmental indicators for producing one ton of peach fruit in a year were nitrogen fertilizer, the use of agricultural machinery, and also diesel fuel used in the orchard. According to the results obtained and also the research conducted in this field, nitrogen fertilizer was the main factor in environmental indicators.

Introduction

Environmental risks are a major concern in Iran. On the other hand, agriculture plays a key role in environmental impacts in this country, as this sector is both a producer and consumer of energy and can increase or decrease environmental impacts. Some methods can help reduce the environmental consequences of agricultural production. One of the most common tools for analyzing environmental systems is life cycle assessment. A technique called life cycle assessment (LCA) evaluates a product's possible environmental impact at each stage of production, from the extraction of raw materials to waste management. It would appear vital to look into the environmental effects of peach production in Mazandaran, as it is the province with the highest volume of peach production in Iran. The life cycle assessment of the peach product will be examined and studied in this study as no research has been conducted in Mazandaran province on the evaluation of this product.

Materials and Methods

The majority of the data gathered in the province was in the cities of Neka, Miandoroud, and Sari because they have the largest peach production areas in the province. The quantity of inputs used and the costs incurred were assessed following the creation of the questionnaires and their completion by various gardeners around the province. All peach gardeners in Mazandaran province are included in the research's statistical population. There are roughly 4250 peach orchards in the province overall, based on data gathered from Sari's Agricultural Jihad Department. A simple method of random sampling was applied in this study.

How to cite:
Azizi Sharafdarkolaei, A., Haji Agha Alizade, H. and Shadidi, B. (2025). *Life Cycle Assessment (LCA) of Peach Fruit in Mazandaran Province.* Journal of Agricultural Mechanization, 9 (4):59-70. https://doi.org/10.22034/jam.2024.63498.1301.

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

Sima Pro 9.00.48 software was used to enter the data gathered from peach fruit production, and the result was calculated according to one ton of peach fruit. A large amount of information in the database related to every product around the world is stored in this software, at each stage of production the collected data is entered into the software separately and then for the final evaluation of the IMPACT 2002+ model, among the models that There is in the software was selected. The information that was stored in the software was considered as input and other information from the inputs consumed for a production period as well as the coefficients related to the consumption of fuel, fertilizer, etc. were also entered into the software.

Results and Discussion

Overuse of agricultural inputs, such as fossil fuels and chemical fertilizers, has resulted in negative environmental effects, such as increased global warming, a decline in biodiversity, and deterioration of soil quality, such as erosion, compaction, or a decrease in soil organic matter. The amount of global warming index for the production of one ton of peach fruit was calculated to be 120 kg CO_2 equivalent, and the largest share of this index belonged to greenhouse emissions and consumption of diesel fuel and nitrogen fertilizer. The amount of ozone depletion potential for the production of one ton of peaches was calculated as 0.00000712 kilograms to CFC-11 eq. The use of diesel fuel and the use of pesticides has had the greatest effect on this environmental index. The number of environmental indicators such as respiratory organic matter, aquatic environmental toxicity, terrestrial environmental toxicity, and soil acidity were calculated as 0.0212, 0.00676, 0.00141, and 0.593 kg equivalent of BD (dichlorobenzene) respectively, that the consumption of nitrogen fertilizer and the use of agricultural machinery during the planting and harvesting of corn have contributed the most to the distribution of these indicators.

Conclusion

The most important factors in the number of environmental indicators for producing one ton of peach fruit in a year were nitrogen fertilizer, the use of agricultural machinery, and diesel fuel. According to the results obtained and the research conducted in this field, nitrogen fertilizer was the main factor in environmental indicators. For better environmental management of peach production, it is recommended that farmers be encouraged to choose fertilizers with low environmental impacts, such as biofertilizers or chemical fertilizers with a lower environmental burden than nitrogen fertilizers. The use of organic fertilizers can also improve performance and reduce the emission of environmental impacts of chemical fertilizers. Environmental regulations such as labeling food products with environmental impacts can also be considered as a way to reduce the environmental impacts of peach production.

نشریه
مکانیزاسیون کشاورزی
شاپا الکترونیکی: 2717-4107
درگاه نشریه: https://jam.tabrizu.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی چرخه زندگی میوه هلو در استان مازندران

ابوالفضل عزیزی شرفدارکلایی[1]، حسین حاجی آقا علیزاده[1*]، بهداد شدیدی[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

۱- گروه مهندسی بیوسیستم - دانشکده کشاورزی - دانشگاه بوعلی سینا - همدان - ایران

* نویسنده مسئول E-mail:h-alizade@basu.ac.ir

چکیده

افزایش رشد جمعیت سبب افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و باغی شده و باتوجه‌به محدودیت‌های زمین‌های زراعی باید به دنبال راهبرد افزایش تولید در واحد سطح بود. این راهبرد مستلزم به‌کارگیری انواع نهاده‌های شیمیایی در پرورش محصولات مختلف بوده که استفاده از این نهاده‌ها به دنبال خود آثار زیان‌بار فراوانی به همراه خواهند داشت. پژوهش حاضر به بررسی تأثیرات محیط‌زیستی (با استفاده از نرم‌افزار SimaPro) در طول دوره رشد یک‌ساله میوه هلو در استان مازندران می‌پردازد. در این مطالعه با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی و به‌کارگیری روش IMPACT 2002+ شاخص‌های محیط‌زیستی در تولید میوه هلو تعیین گردید. داده‌های ورودی با استفاده پرسش‌نامه و داده‌های خروجی با استفاده از پایگاه داده اکواینونت موجود در نرم‌افزار SimaPro ۹.۰۰.۴۸ و روش‌ها و استانداردهای مورداستفاده توسط پژوهشگران در مطالعات قبلی تعیین گردید. بیشترین سهم میزان گرمایش جهانی در طی کلیه مراحل تولید یک تن محصول هلو با مقادیر ۹/۳ و ۷/۱ کیلوگرم معادل CO_2 مربوط به کود نیتروژن و ماشین‌ها محاسبه شد. بیشترین سهم برای اوتریفیکاسیون مربوط به سوخت دیزل به مقدار ۰/۰۰۱۹۵ بر حسب PO_4 محاسبه گردید. بیشترین سهم تخریب لایه ازون مربوط به سوخت دیزل و آفت‌کش‌ها که به‌ترتیب با مقادیر ۰/۰۰۰۰۰۴۶۶ و ۰/۰۰۰۰۰۶۹۸ برحسب CFC-11eq محاسبه گردید. مهم‌ترین عوامل در میزان شاخص‌های زیست‌محیطی برای تولید یک تن میوه هلو در طی یک سال، کود نیتروژن، استفاده ماشین‌های کشاورزی و همچنین سوخت دیزل مورد استفاده در باغ بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده و همچنین تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، کود نیتروژن عامل اصلی در شاخص‌های محیط‌زیستی بوده است.

کلمات کلیدی: سوخت دیزل، شاخص اوتریفیکاسیون، گرمایش جهانی، نرم‌افزار سیماپرو

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

۱- مقدمه

خطرات محیط‌زیستی یک نگرانی بزرگ در ایران است. از طرفی کشاورزی نقش اساسی در تأثیرات محیط‌زیستی در این کشور دارد، زیرا این بخش هم تولیدکننده و هم مصرف‌کننده انرژی است و هم می‌تواند تأثیرات محیط‌زیستی را افزایش یا کاهش دهد (Nikkhah et al., 2015). افزایش بسیاری از فرآیندهای محیط‌زیستی مانند گرم شدن کره زمین، تخریب لایه اوزون، باران‌های اسیدی، تغییرات شدید آب‌وهوا، افزایش گازهای گلخانه‌ای و ورود این آلاینده‌ها به جو، ذوب‌شدن یخ‌ها از مشکلات ناشی از کشاورزی و مشکلات مربوط به آن است (Soltani et al., 2012).

کشاورزی تأثیرات خود را در ایران روی محیط‌زیست، به‌صورت کمبود آب، آلودگی کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، فرسایش خاک، ورود آفت‌کش‌ها و کودها به منابع آب و خاک نشان داده است. یک محصول از زمان شروع به تولید تا انتها تأثیراتی روی محیط‌زیست می‌گذارد که در طی آن، این تأثیرات می‌تواند جبران‌پذیر و گاه جبران‌ناپذیر باشد. مانند افزایش میزان دی‌اکسیدکربن در محیط‌زیست که گاه نمی‌توان تأثیرات مخرب آن را جبران کرد. هرگاه این تأثیرات قابل جبران باشد، از نظر افزایش میزان دی‌اکسیدکربن در محیط‌زیست که گاه نمی‌توان تأثیرات مخرب آن را جبران کرد. هرگاه این تأثیرات قابل جبران باشد، از نظر اکولوژیکی پایدار خواهد بود.

روش‌هایی وجود دارد که می‌تواند به کاهش پیامدهای محیط‌زیستی تولید کشاورزی کمک کند. یکی ار رایج ترین ابزارهای تجزیه و تحلیل سیستم‌های محیط‌زیستی ارزیابی چرخه زندگی است (Finnveden et al., 2005). ارزیابی چرخه زندگی می‌تواند تأثیرات محیط‌زیستی را در دسته‌های مختلف تأثیر مطالعه کند. گرم شدن کره زمین، اسیدی شدن، اوتروفیکاسیون زمینی، کاهش منابع فسیلی، فسفات و پتاس، دسته‌بندی‌های اصلی تأثیر مهمی هستند که بخش کشاورزی در نظر گرفته است. این دسته‌بندی‌های تأثیر ممکن است مستقیماً بر سلامت محیطی و انسان مانند گرم شدن کره زمین، اسیدی شدن و اوتروفیکاسیون تأثیر بگذارند (Fallahpour et al., 2012).

روش ارزیابی چرخه زندگی یکی از روش‌های جامع ارزیابی تأثیرات محیط‌زیستی است. ارزیابی چرخه زندگی در بخش کشاورزی غذایی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا یک رویکرد مفید و مؤثر برای شناسایی تأثیرات محیط‌زیستی مربوط به محصول در طول دوره چرخه زندگی آن است (گهواره تا گور) یعنی از استخراج مواد خام تا دفع و پسماند گفته می‌شود. این رویکرد همچنین برای مستندسازی گزینه‌های فنی و جایگزین‌ها برای به حداقل رساندن تأثیرات محیط‌زیستی هر فرآیند یا محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی چرخه زندگی (LCA) روشی است که تأثیر محیطی بالقوه یک محصول را در طول چرخه زندگی آن، مطابق با تمام مراحل تولید، از استخراج مواد خام تا مدیریت ضایعات، تعیین می‌کند. ارزیابی چرخه زندگی تمام انتشارات مربوطه، مصرف منابع و تأثیرات محیط‌زیستی، کاهش منابع و سلامت انسان مرتبط با تولید کالاها یا خدمات را تعیین می‌کند.

مطالعاتی در مورد تأثیرات محیط‌زیستی تولید هلو توسط محققان انجام شده است. (Li et al., 2022)، در پژوهشی داده‌های یک نظرسنجی از ۲۹۰ کشاورز بومی برای انجام یک ارزیابی چرخه زندگی برای تعیین کمیت پتانسیل اسیدی شدن (AP)، پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)، پتانسیل اوتروفیکاسیون (EP) و نیتروژن واکنشی (Nr) در تولید هلو در ناحیه پینگگو، پکن مورد استفاده مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد مجموع تلفات Nr سالانه و مقادیر GWP، AP و EP برای تولید هلو به‌ترتیب ۱۰/۷ کیلوگرم N t-1، ۸۵۷ کیلوگرم CO_2-eq t-1، ۱۲/۹ کیلوگرم SO_2-eq t-1، و۴۱/۱ کیلوگرم PO_4-eq t-1 بود. عوامل محرک اصلی تولید کود، حمل و نقل و کاربرد بودند که با هم به‌ترتیب ۹۴، ۶۷، ۷۵ و ۹۴ درصد از تلفات Nr، GWP، AP و EP را به خود اختصاص دادند.

(Nikkhah et al., 2017)، در تحقیقی تأثیرات محیط‌زیستی مرتبط با تولید هلو ایرانی از طریق مدل ارزیابی چرخه زندگی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شاخص‌های مشخصه گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتروفیکاسیون زمینی، کاهش منابع فسیلی، فسفات و پتاس برای یک تن تولید هلو ۱۷۲/۱۶ کیلوگرم CO_2eq، ۲/۵۵ کیلوگرم SO_2eq، ۵/۶۸ کیلوگرم NOxeq، ۱۰۵۸/۵۱ MJ، ۱/۷۲ P_2O_5، ۰/۸۵ کیلوگرم K_2O بود. نتایج نشان داد که بخش کشاورزی تولید هلو ایران (انتشار در باغ) بیشترین تأثیر منفی را بر محیط‌زیست دارد.

(Vinyes et al., 2015)، تأثیرات محیط‌زیستی تولید هلو را در باغی واقع در شمال شرقی اسپانیا، طی ۱۵ سال ارزیابی کرد. آن‌ها پیشنهاد کردند که در مراحل کشاورزی، کوددهی بالاترین سهم را در همه دسته‌های تأثیر دارد. در مطالعه دیگری که توسط (Ingrao et al., 2015)، روش ارزیابی چرخه زندگی برای ارزیابی محیطی باغات هلو در جنوب ایتالیا استفاده شد. تجزیه و تحلیل نشان داد که فرصت‌هایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (و در نتیجه گرمایش زمین) از طریق بهبود برخی شیوه‌ها (بهبود شیوه‌های آبیاری) و استفاده از ماشین‌ها وجود دارد. (De Menna et al., 2015)، تأثیرات محیط‌زیستی شهد هلو را مورد مطالعه قرار دادند. نویسندگان نشان دادند که استفاده از محصولات جانبی از زنجیره شهد برای تولید انرژی زیستی، که سپس برای جایگزینی گرما و برق مصرف می‌شود، می‌تواند تا ۳۷ درصد از کل مصرف انرژی تجدیدناپذیر را کاهش دهد.

همچنین تأثیرات محیط‌زیستی دیگر محصولات مهم در کشاورزی استان مازندران توسط پژوهشگران بررسی شده است. (Mohammadi Kashka et al., 2022)، در پژوهشی ارزیابی چرخه زندگی کشت سویا را در مناطق شرقی استان مازندران انجام دادند. نتایج نشان داد بیشترین خسارت محیط‌زیستی ناشی از تولید گیاه دانه روغنی سویا در استان مازندران مربوط به شاخص سلامت انسان بوده که انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت دیزل و مصرف کودهای شیمیایی در مزارع بیشترین سهم را در ایجاد این رده خسارت داشتند از نظر شاخص خسارت به منابع نیز سهم دیزل به‌مراتب بیشتر از سایر نهاده‌ها بود.

(Saber et al., 2022)، در تحقیقی تأثیرات محیط‌زیستی تولید برنج با استفاده از ارزیابی چرخه زندگی در استان مازندران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بالاترین مقادیر گروه تأثیر محیط‌زیستی گرمایش جهانی متعلق به سامانه‌های متداول بود که این میزان به مصرف

فشرده نهاده‌ها و مدیریت خاکورزی و مصرف سوخت‌های فسیلی در این سامانه‌ها مرتبط می‌باشد.

بنا بر آمار منتشر شده سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، میزان تولید سالیانه هلو در جهان ۲۴,۹۷۵,۶۴۹ تن می‌باشد. در سال ۲۰۲۱-۲۰۲۰ ایران بیش از ۶۶۳ هزار تن هلو تولید کرده و ششمین کشور از نظر حجم تولید است. بیشترین تولید هلو در ایران متعلق به استان مازندران که سالیانه ۲۵۰ هزار تن است. برای دستیابی به توسعه پایدار سیستم تولید هلو، تحقیقاتی برای بررسی ارزیابی عملکرد محیط‌زیستی سیستم‌های مختلف کشاورزی موردنیاز است. تا آنجا که نویسندگان اطلاعات دارند، هیچ کار تحلیلی قبلی در مورد تأثیرات محیط‌زیستی تولید هلو در استان مازندران، با توجه به این که مازندران اولین استان از نظر حجم تولید هلو در کشور است، گزارش نشده است. بنابراین، این کار با هدف ارزیابی مدل‌سازی تأثیرات محیط‌زیستی در تولید هلو در استان مازندران از طریق روش ارزیابی چرخه زندگی انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه

استان مازندران به مرکزیت شهر ساری با وسعت ۲۴ هزار کیلومترمربع در شمال ایران و در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران است و با استان‌های گلستان، سمنان، تهران، البرز و گیلان هم مرز می‌باشد. وسعت مازندران معادل ۱/۴۶ درصد مساحت ایران است. این استان در ساحل جنوبی بزرگ‌ترین دریاچه جهان، دریای مازندران (خزر) و در کنار چهار کشور مجاور این دریا یعنی ترکمنستان، قزاقستان، روسیه و جمهوری آذربایجان است. وضعیت آب‌وهوا مازندران از نظر دما و بارش و نقشه‌برداری ناحیه ای به دو نوع آب و هوا معتدل خزری و آب‌وهوای کوهستانی تقسیم می‌شود، که خود وضعیت هوای مازندران از نظر آب‌وهوای کوهستانی به دو نوع معتدل کوهستانی و سرد کوهستانی تقسیم می‌شود. نواحی غربی و مرکزی استان آب‌وهوای مرطوب با تابستان گرم و زمستان کمی سرد، نواحی شرقی نیمه‌مرطوب با تابستان گرم و زمستان نسبتاً سرد و نواحی کوهستانی این استان دارای اقلیم مرطوب با تابستان معتدل و زمستان سرد است.

۲-۲- روش جمع‌آوری اطلاعات

شهرستان‌های نکا، میاندورود و ساری بیشترین سطح کشت هلوی استان را در خود اختصاص داده‌اند، به همین دلیل اکثر اطلاعات جمع‌آوری شده در سطح استان در این سه شهرستان بوده است. پرسشنامه حاوی اطلاعات، مشخصات اولیه باغ (نوع مالکیت باغ، کل سطح زیر کشت، عمر درخت، تعداد درختان، تجربه باغدار و...)، اطلاعات مربوط به میزان نهاده‌های مصرفی در هکتار و عملکرد (میزان کود و سم، تعداد نیروی کارگری مورد نیاز در عملیات مختلف در باغ، مقدار آبیاری و ...)، اطلاعاتی در زمینه عملیات‌های ماشینی مختلف که در طی یک سال زراعی در باغ اجرا می‌شود (تعداد دفعات ماشین‌ها به کار رفته، میزان سوخت مصرفی، تعداد کارگر مورد نیاز و ...) و اطلاعات اقتصادی شامل هزینه نهادها و درآمد (هزینه ساعتی کارگر، میزان اجاره بهای زمین، هزینه کودها و آفت‌کش‌ها و هزینه آب و...) بود. پس از طراحی پرسش‌نامه‌ها و تکمیل آن‌ها توسط باغداران مختلف در سطح استان، میزان نهاده‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده مورد ارزیابی قرار گرفته شد.

۲-۳- حجم نمونه

جامعه آماری این تحقیق کلیه باغداران هلو استان مازندران را شامل می‌شود. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از اداره جهاد کشاورزی شهرستان ساری، تعداد کل باغات هلو در استان حدود ۴۲۵۰ مورد است. در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. نمونه‌گیری تصادفی در واقع ساده‌ترین روش نمونه‌گیری است و با رعایت اصول نمونه‌گیری پایا می‌توان نتایج آن را به کل جامعه تعمیم داد. برای یافتن حجم نمونه از معادله کوکران استفاده شد. معادله زیر توسط کوکران برای محاسبه تعداد نمونه‌های موردنیاز به روش نمونه‌گیری تصادفی ارائه شده است (Khoshnevisan et al., 2014):

$$n=N.t^2.s^2 / (N.d^2 + t^2.s^2) \quad (۱)$$

که در این فرمول:

n: حجم نمونه، t: ۱/۹۶ (در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

N: حجم جامعه، d: دقت احتمالی مطلوب، S: انحراف معیار جامعه

برای تعیین انحراف معیار جامعه، ۵۵ باغدار منطقه به طور تصادفی انتخاب و پیش آزمون شدند.

۲-۴- نهاده‌های تولید در کشاورزی

منظور از نهادهای تولیدی، موادی هستند که به طور مستقیم و یا غیرمستقیم در تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نهادهای تولیدی در این پژوهش شامل: نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت‌های فسیلی، سم‌ها، کودهای شیمیایی، کود حیوانی، الکتریسیته، بذر و آبیاری می‌باشند.

۲-۵- ارزیابی چرخه زندگی

۲-۵-۱- تعیین هدف و محدوده مطالعه

هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات محیط‌زیستی سیستم تولید هلو در ایران است. نتایج چنین تحلیلی می‌تواند برای کشاورزان، انجمن‌های کشاورز و همچنین تکنسین‌ها و سیاستمداران محلی درگیر در تولید میوه‌های تازه مفید باشد. واحد عملکردی مرجعی را فراهم می‌کند که تمام داده‌ها و دسته‌بندی‌های تأثیر در ارزیابی نرمال‌سازی می‌شوند. با کاربرد LCA در فرآیندهای کشاورزی، واحدهای عملکردی مختلف را می‌توان انتخاب کرد. در بسیاری از مطالعات LCA در مورد سیستم‌های تولید کشاورزی، واحد عملکردی مساحت است (به عنوان مثال، ۱ هکتار). با این وجود، واحد عملکردی مبتنی بر انبوه در مطالعات LCA سیستم‌های کشاورزی رایج است. بنابراین در این تحقیق هلو یک تنی به عنوان واحد عملکردی انتخاب شد.

۲-۵-۲- سیاهه‌نویسی چرخه زندگی

داده‌های این پژوهش در سال ۱۴۰۱ و سال دوم رشد هلو در استان مازندران انجام شد. در مطالعه حاضر کلیه داده‌های ورودی و خروجی در بخش‌های کشاورزی به عنوان داده‌های پیش زمینه وارد و داده‌های مربوط به آلاینده‌ها به‌عنوان داده‌های پس‌زمینه وارد نرم‌افزار شدند. انتشارات محیط‌زیستی تولید هلو به دو بخش تقسیم شد. بخش اول به نام انتشار غیرمستقیم به تأثیرات زیست محیطی نهاده‌ها در مرحله تولید و بخش دوم شامل انتشار مستقیم مربوط به مصرف نهاده‌ها در تولید هلو می‌باشد. انتشار مستقیم ناشی از مصرف سوخت دیزل، کاربرد کودهای شیمیایی و استفاده از مواد شیمیایی برگرفته از پایگاه‌های اکواینونت می‌باشد. استفاده از کودهای شیمیایی منجر به انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای از جمله انتشار آمونیاک، مونوکسید نیتروژن و اکسیدهای نیتروژن در هوا و شسته شدن نیترات به آب‌های زیرزمینی شد. تمام انتشارات حاصل از احتراق سوخت دیزل می‌تواند در هوا آزاد شود که با ضرب فاکتورهای انتشار در مقدار انرژی مصرف شده از سوخت دیزل در هکتار به دست می‌آید. مقادیر فاکتورهای انتشار مختلف به کار رفته در این مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- فاکتورهای انتشار برای تولید ۱ مگاژول انرژی از سوخت دیزل

Table 1. Emission factors for 1 MJ energy production from diesel fuel

انتشار	مقدار (g/MJ دیزل)
کرین دی اکسید	74.5
دی اکسید گوگرد	2.41E-02
متان	3.08E-03
بنزن	1.74E-04
کادیوم	2.39E-07
کروم	1.19E-06
فلز مس	4.06E-05
دی نیتروژن مونوکسید	2.86E-03
نیکل	1.67E-06
فلزروی	2.39E-05
بنزو	7.16E-07
آمونیاک	4.77E-04
سلنیوم	2.39E-07
هیدروکربن‌ها	7.85E-05
هیدروکربن	6.80E-02
اکسیدهای نیتروژن	1.06
مونوکسید کربن	1.50E-01
ذرات	1.07E-01

۳-۵-۲- ارزیابی تأثیرات

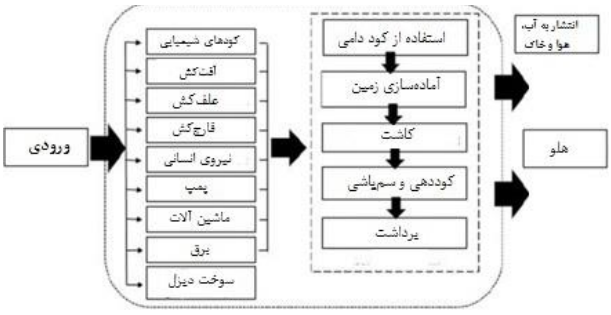
این مرحله در حین اجرای برنامه در داخل نرم‌افزار به صورت خودکار انجام می‌شود. ارزیابی تأثیر بخشی جدایی‌ناپذیر از ارزیابی چرخه زندگی است. ارزیابی تأثیر چرخه زندگی به‌عنوان بخشی از ارزیابی چرخه زندگی تعریف می‌شود که به درک و ارزیابی میزان تأثیرات محیط‌زیستی بالقوه بر یک سیستم تولید کمک می‌کند. ارزیابی تأثیرات را می‌توان با دانستن روابط محیطی همه ورودی‌ها و خروجی‌ها انجام داد. این مرحله ارزیابی تأثیر چرخه زندگی نامیده می‌شود. در این مرحله، رابطه بین تولید یا فرآیندها و تأثیرات بالقوه محیط‌زیستی آن‌ها برقرار می‌شود. در مرحله ارزیابی تأثیر از مدل کاملاً متفاوتی برای توضیح رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال انتشار دی‌اکسید گوگرد باعث افزایش اسیدیته خاک می‌شود که منجر به تغییراتی در خاک می‌شود و در نهایت این تغییرات باعث خشک شدن درختان و سایر موارد می‌شود. در این پژوهش تأثیر انتشار برای مواد سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا، مواد معدنی و آلی نفسی، گرم شدن کره زمین، اسیدی شدن، اوتروفیکاسیون و ... مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله ارزیابی تأثیر، شاخص مشخصه‌یابی با استفاده از پتانسیل آلاینده‌ها در دسته‌های تأثیر مختلف محاسبه شد.

۴-۵-۲- تفسیر

مرحله نهایی، مرحله تفسیر است که در این مرحله نتایج مطالعه تفسیر شده و موارد معنی‌دار در رابطه با هدف و حوزه تعریف شده، مشخص می‌گردد. در نهایت نتیجه‌گیری و توصیه‌ها در این مرحله انجام می‌گردد.

۵-۵-۲- مرزهای سیستم

یکی از اقدامات مهم و اجباری در مرحله تعیین هدف و محدوده، انتخاب مرز سیستم است که تعیین می‌کند کدام فعالیت‌ها در مطالعه ارزیابی چرخه زندگی گنجانده می‌شوند. ارزیابی چرخه زندگی یک رویکرد "از گهواره تا گور" است و این فرصت را فراهم می‌کند تا تمرکز بیشتر روی فرآیندها، مرز سیستم به‌عنوان بخشی از کل فرآیند در نظر گرفته می‌شود و نتایج با توجه به مرز انتخاب شده و برای مقیاس کوچک‌تر بیان می‌شوند. تمرکز این تحقیق فاز تولید و عملیات انجام شده در باغات هلو بوده و دروازه‌ای به نام دروازه مزرعه به‌عنوان مرز سیستم تعیین شده است. شکل ۱ مرز سیستم در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.



شکل ۱- مرزهای سیستم در تولید هلو

Fig 1. System boundaries in peach production

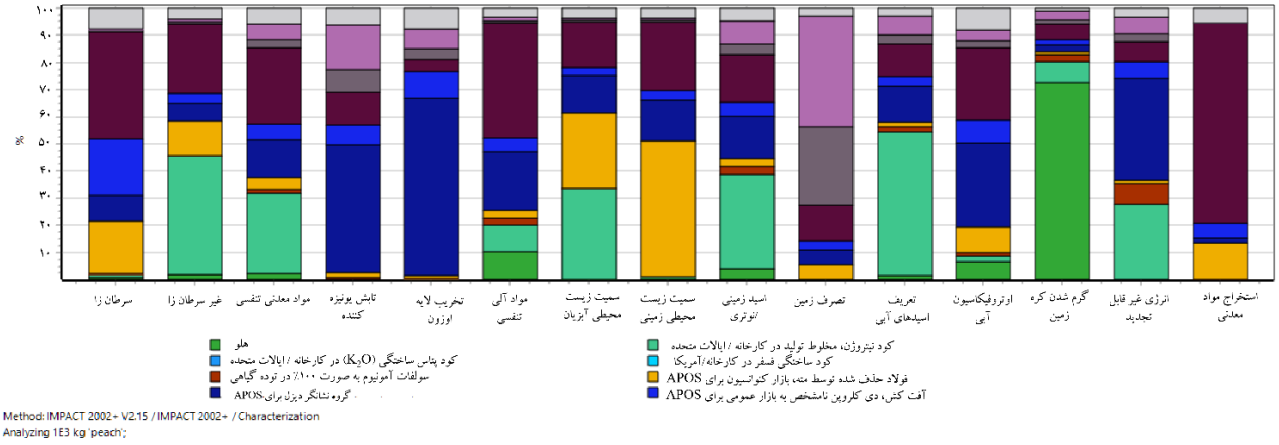
۶-۵-۲- نرم‌افزار سیماپرو

اطلاعات به‌دست آمده از تولید میوه هلو پس از مرتب‌سازی و دسته‌بندی به نرم‌افزار سیماپرو وارد شد و بر اساس یک واحد مشخص خروجی مشخص گردید. میزان گسترده‌ای از اطلاعات در بانک اطلاعاتی مربوط به هر محصول سراسر جهان در این نرم‌افزار ذخیره شده، در هر مرحله از تولید داده‌های گردآوری شده به‌صورت جداگانه به نرم‌افزار وارد شده و سپس جهت ارزیابی نهایی مدل IMPACT 2002+، از بین مدل‌هایی که در نرم‌افزار وجود دارد (مدل نرم‌افزار سیماپرو نسخه ۹.۰۰.۴۸) انتخاب شد. اطلاعاتی که در نرم‌افزار ذخیره شد به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شد و سایر اطلاعات که از نهاده‌های مصرفی برای یک دوره تولید و همچنین ضرایب مربوط به مصرف سوخت کود و... نیز وارد نرم‌افزار گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی پارامترهای محیط‌زیستی

شکل ۲ میزان درصد تأثیر هر نهاده بر روی شاخص‌های محیط‌زیستی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقش نهاده‌ها در میزان شاخص‌های محیط‌زیستی

Fig 2. The role of inputs in the amount of environmental indicators

۳-۱-۱- مواد سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا

مواد سرطان‌زا، ماده یا ارگانیسم عاملی است که قادر به ایجاد سرطان است. مواد سرطان‌زا ممکن است به‌طور طبیعی در محیط ایجاد شوند (مانند اشعه ماوراءبنفش در نور خورشید و برخی ویروس‌ها) یا ممکن است توسط انسان تولید شوند (مانند دود اگزوز اتومبیل و دود سیگار). در این بخش مطابق جدول ۲ بیشترین سهم برای مواد سرطان‌زا مربوط به ماشین‌ها و آفت‌کش با مقادیر ۰/۲ و ۰/۱۰۴ برحسب C2H4 cl eq می‌باشد و مطابق شکل ۲ ماشین‌ها با ۳۹/۸ درصد و آفت‌کش ۲۰/۷ درصد به‌ترتیب بیشترین سهم مواد سرطان‌زا را دارد. در این بخش مطابق جدول ۲ برای مواد غیرسرطان‌زا بیشترین سهم مربوط به کود نیتروژن و ماشین‌ها با مقادیر ۰/۳۹۹ و ۰/۲۳۲ برحسب C2H4 cl eq می‌باشد و مطابق شکل ۲ کود نیتروژن با ۴۳/۸ درصد و ماشین‌ها با ۲۵/۵ درصد به‌ترتیب بیشترین سهم برای مواد غیرسرطان‌زا را دارد. استفاده کمتر از ماشین‌ها و تشویق کشاورزان به انتخاب روش‌های کم خاک‌ورزی و کم‌کردن استفاده از آفت‌کش در سطح باغات می‌تواند از باعث کاهش مواد سرطان‌زا شده و باعث کاهش این شاخص زیست‌محیطی شود.

۳-۱-۲- گرمایش زمین

میزان گرمایش جهانی در طی کلیه مراحل تولید یک تن محصول هلو ۱۲۰ کیلوگرم معادل CO_2 محاسبه شد، که مهم‌ترین علل انتشار این شاخص مطابق جدول ۲ مصرف کود نیتروژن و ماشین‌ها با مقادیر ۹/۳ و ۷/۱ برحسب CO_2 eq بوده است. مطابق شکل ۲ کود نتیروژن با ۷/۷ درصد و ماشین‌ها ۵/۹۳ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم گرمایش زمین را دارد. Nikkhah et al., 2017، نیز در بررسی تولید هلو، کود نیتروژن را به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در این شاخص معرفی کردند.

جدول ۲- مقادیر هر یک از نهاده‌ها در میزان شاخص‌های محیط‌زیستی برای تولید یک تن میوه هلو

Table 2. The amount of inputs in the amount of environmental indicators for the production of one ton of peach fruit

شاخص‌های محیطی-زیستی	کود نیتروژن	کود گوگرد	پمپ	سوخت دیزل	آفت کش	ماشین‌ها	قارچ کش	علف کش	آمینواسید
مواد سرطان‌زا	۰/۰۰۵۳۴	۰/۰۰۱۶۸	۰/۰۹۷۹	۰/۰۴۷۲	۰/۱۰۴	۰/۲	۰/۰۰۲۱۶	۰/۰۰۰۳۲۴	۰/۰۳۷۷
غیرسرطان‌زا	۰/۳۹۹	۰/۰۰۰۵۶۶	۰/۱۱۵	۰/۰۵۹	۰/۰۳۳۵	۰/۲۳۲	۰/۰۰۷۵	۰/۰۱۱۸	۰/۰۳۵۲
مواد معدنی تنفسی	۰/۰۱۱۲	۰/۰۰۰۶۰۲	۰/۰۰۱۷۱	۰/۰۰۵۲۲	۰/۰۰۲۲۸	۰/۰۱۰۸	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۲۱۹	۰/۰۰۲۲۲
تخریب لایه اوزون	۲/۰۹e-۰۹	۲/۷۳ e -۰۸	۶/۳ e -۰۸	۴/۶ e-۰۶	۶/۹e-۰۸	۳/۲e-۰۸	۲/۷e-۰۷	۵/۳e-۰۷	۵/۳e-۰۷
موادآلی تنفسی	۰/۰۰۲۱۴	۰/۰۰۰۵۵۵	۰/۰۰۰۵۹	۰/۰۰۴۶۱	۰/۰۰۱۰۳	۰/۰۰۸۹۹	۰/۰۰۰۱۵۲	۰/۰۰۰۳۱۷	۰/۰۰۰۷۲
سمیت محیط‌زیستی آبزیان	۰/۰۰۲۲۶	۱/۳	۰/۰۰۱۸۸	۹۵۴	۱۹۳	۰/۰۰۱۱۳	۴۰/۸	۶۲/۶	۲۳۷
سمیت محیط‌زیستی زمینی	۳/۸۹	۱/۵۲	۷۰۷	۲۱۰	۴۹/۵	۳۵۹	۷/۴۸	۱۱	۵۲/۹
اسید زمینی/نوتری	۰/۲۰۶	۰/۰۱۶۴	۰/۰۱۷۹	۰/۰۹۲۹	۰/۰۳۱۲	۰/۱۰۲	۰/۰۲۴۷	۰/۰۴۹۷	۰/۰۲۸۲
تصرف زمین	***	***	۰/۰۳۹۷	۰/۰۳۸۹	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹۳۱	۰/۲۰۸	۰/۲۹	۰/۰۲۱۴
اسیدی شدن آب	۰/۱۳۹	۰/۰۰۰۴۸۲	۰/۰۰۴۶	۰/۰۳۵۲	۰/۰۰۹۱۲	۰/۰۳۱۷	۰/۰۰۸۹۹	۰/۰۱۷۶	۰/۰۰۷۹۶
اوتریفیکاسیون	۰/۰۰۰۱۴۶	۰/۰۰۰۰۴۶۳	۰/۰۰۰۵۹۷	۰/۰۰۱۹۵	۰/۰۰۰۵۴۴	۰/۰۰۱۶۸	۰/۰۰۰۱۶۳	۰/۰۰۰۲۴۴	۰/۰۰۰۵۰۷
گرم شدن کره زمین	۹/۲۳	۳/۲۶	۱/۰۲	۳/۴۴	۲/۰۵	۷/۱	۰/۷۱	۳/۶	۱/۵۲
انرژی تجدید ناپذیر	۲۸۵	۸۱	۱۱	۳۸۷	۶۳/۶	۷۶/۱	۳۱/۴	۶۴/۷	۳۲/۱
استخراج مواد معدنی	***	۰/۰۰۰۷۴۱	۰/۲۵۲	۰/۰۳۵۶	۰/۱۰۲	۱/۴	۰/۰۰۰۲۵۴	۰/۰۰۰۴۹۲	۰/۱۰۲
اشعه یونیزان	***	۳/۰۲	۶/۰۵	۱۶۹	۲۷/۴	۴۲/۹	۳۰/۵	۵۸/۷	۲۱/۹

۳-۱-۳- تخریب لایه ازون

مقدار تخریب لایه ازون که عمده آن توسط هیدروکربن‌ها که شامل (ODP3) پتانسیل تخلیه ازون کلر، فلوئور و کربن، (CFC) ایجاد می‌شود، را نشان می‌دهد. تخریب لایه اوزون می‌تواند باعث تأثیراتی مثل سرطان پوست، خسارت‌های مولکولی به مواد، صدمه به گیاهان و حیوانات گردد که به علت افزایش عبور اشعه ماوراء بنفش رخ می‌دهند. مطابق جدول ۲ بیشترین سهم تخریب لایه ازون مربوط به سوخت دیزل و آفت‌کش‌ها که به‌ترتیب با مقادیر ۰/۰۰۰۰۰۴۶۶ و ۰/۰۰۰۰۰۶۹۸ برحسب CFC-11eq محاسبه گردید. مطابق شکل ۲ سوخت دیزل با ۶۵/۵ درصد و آفت‌کش با ۹/۸۱ درصد به‌ترتیب بیشترین سهم تخریب لایه ازون را دارند. در پژوهش‌های انجام شده توسط محققان دیگر نیز سوخت دیزل بیشترین تأثیر را بر روی شاخص تخریب لایه ازون داشته است که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد (Maarefi et al., 2022; Zarei et al., 2019).

۴-۱-۳- مواد معدنی تنفسی

تأثیرات مواد معدنی تنفسی ناشی از مه دود زمستانی، انتشار گرد و غبار، گوگرد و اکسیدهای نیتروژن به هوا می‌شود. خسارت بر حسب انتشار DALY/kg بیان می‌شود و مطابق جدول ۲ بیشتر سهم برای مواد معدنی تنفسی مربوط کود نیتروژن و ماشین‌ها با مقادیر ۰/۰۰۲۱۴ و ۰/۰۰۸۹۹ بر حسب PM2.5 eq می‌باشد و مطابق شکل ۲ کود نیتروژن با ۲۹/۳ درصد و ماشین‌ها با ۲۸/۲ درصد به‌ترتیب بیشترین سهم مواد معدنی تنفسی را دارد.

۵-۱-۳- اثر سمیت‌ها

شاخص پتانسیل‌های سمیت آب‌های سطحی، سمیت آب‌های آزاد و سمیت خاکی بر روی اکوسیستم های آب شیرین، دریایی و خاک تأثیر می‌گذارد. این پتانسیل‌ها برای کل تأثیرات برحسب یک تن TEG water انتشار معادل ۶۷۶۰۰۰ دیکلروبنزن محاسبه می‌گردند. مطابق جدول ۲ بیشترین سهم برای سمیت آبی مربوط به کود نیتروژن و پمپ با مقادیر ۲۲۶۰۰۰ و ۱۸۸۰۰۰ می‌باشد و مطابق شکل ۲ کود نیترژون ۳۵/۵ درصد و پمپ ۲۷/۷ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم سمیت آبی را دارد.

شاخص پتانسیل‌های سمیت خاک این پتانسیل‌ها برای کل تأثیرات برحسب TEG soil یک تن انتشار معادل ۱۴۱۰۰۰ دیکلروبنزن محاسبه می‌گردند. مطابق جدول ۲ بیشترین سهم برای سمیت زمینی مربوط پمپ و ماشین‌ها مقادیر ۷۰۷ و ۳۵۹ می‌باشد و مطابق شکل ۲ پمپ با ۵۰ درصد و ماشین‌ها با ۲۵/۴ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم سمیت خاک را دارد.

۶-۱-۳- اشعه لانیز کننده

اشعه لانیز کننده یا (تشعشعات یونیزان)، از جمله تشعشعات هسته‌ای، شامل ذرات ریز اتمی یا امواج الکترومغناطیسی هستند که انرژی کافی برای یونیزه کردن اتم‌ها یا مولکول‌ها با جداکردن الکترون‌ها از آن‌ها دارند. مطابق جدول ۲ بیشترین سهم برای تشعشعات یونیزان مربوط به سوخت دیزل و علف‌کش با مقادیر ۱۶۹ و ۵۸ معادل C-14 eq می‌باشد و مطابق شکل ۲ سوخت دیزل با ۴۷

درصد و علف‌کش ۱۶/۳ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم اشعه لانیزکننده را دارد.

۳-۱-۷- اسیدی زمینی/نوتری

مطابق جدول ۲ بیشترین سهم برای اسیدی زمین مربوط به کود نیتروژن و سوخت دیزل با مقادیر ۰/۱۳۹ و ۰/۰۰۱۹۵ برحسب SO_2 eq می‌باشد و طبق شکل ۲ کود نیتروژن با ۳۸/۴ درصد و ماشین‌ها با ۱۷/۳ درصد به‌ترتیب بیشترین سهم اسیدی زمینی را دارد.

۳-۱-۸- اسیدی شدن

SO_2 اثر اسیدی شدن را نشان می‌دهد. مواد دیگری که به نام اسیدی شدن شناخته می‌شوند، اکسیدهای نیتروژن و آمونیاک هستند. همچنین اثر SO_X همانند SO_2 است. تأثیرات اسیدی شدن عمدتاً به دلیل انتشار SO_2، NO_2، NO_3 در هوا است. SO_2 عمدتاً از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود. اگرچه آمونیاک قلیایی است، اما در جو به اسید نیتریک اکسید می‌شود. اسیدی شدن تأثیرات مضری بر گیاهان و جانوران دارد و به اکوسیستم‌ها و ساختمان‌ها آسیب می‌رساند (Brentrup et al., 2004). مطابق جدول ۲ بیشترین سهم اسیدی‌شدن مربوط کود نیتروژن و سوخت دیزل با مقادیر ۰/۱۳۹ و ۰/۰۳۵۲ معادل SO_2 محاسبه گردید و مطابق شکل ۲ کود نتیروژن با ۵۲/۹ درصد و سوخت دیزل ۱۳/۴ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم اسیدی شدن را دارد. برای مدیریت بهتر محیط‌زیستی مقوله تأثیرات اسیدی شدن، تشویق کشاورزان به بهبود نظارت بر محتوای عناصر غذایی در خاک و همچنین تشویق کشاورزان به انتخاب نوع دیگری از کود با تأثیرات محیط‌زیستی کم مانند کود زیستی یا برخی کودهای شیمیایی توصیه می‌شود. نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیقات گذشته مطابقت دارد (Nikkhah et al., 2017; Li et al., 2022).

۳-۱-۹- اوتریفیکاسیون

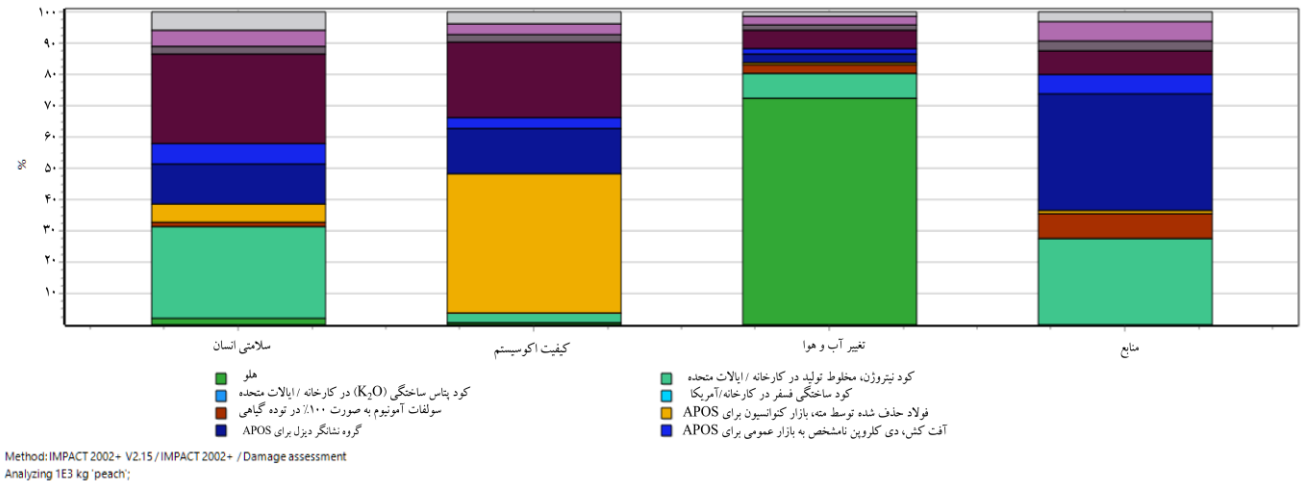
پتانسیل اوتریفیکاسیون نیز بر منبای PO_4 به کار برده می‌شود، دیگر انتشارات اوتریفیکاسیون، اکسیدهای نیتروژن (N_2O) و آمونیوم (NH_4^+) می‌باشد. اوتروفیکاسیون افزایش نامطلوب در تولید زیست توده در اکوسیستم‌های خشکی و آبی به دلیل ورود مواد مغذی است که می‌تواند باعث تغییر در ترکیب گونه‌ای گیاهان شود. اوتریفیکاسیون به‌ویژه در آب‌های سطحی خطرناک است زیرا می‌تواند رشد جلبک‌ها را تشدید کند و در نهایت باعث از بین رفتن زندگی در برکه‌ها و دریاچه‌ها شود (Brentrup et al., 2004). پتانسیل اوتریفیکاسیون پوشش‌دهنده تأثیرات ناشی از مصرف ریز مغذی‌های استفاده شده است که مهم‌ترین آن‌ها ازت و فسفر می‌باشد. همچنین پتانسیل اوتریفیکاسیون، پاسخ اکوسیستم به افزایش بیش از حد مواد طبیعی یا مصنوعی در یک محیط آبی است. این مواد می‌توانند در جایگاه مواد مغذی برای ارگانیسم‌ها مانند هومین‌ها یا مواد شیمیایی مانند نیترات یا فسفات باشند که از طریق کود شیمیایی یا پساب وارد آب شده‌اند (Guinée et al., 2004). مطابق جدول ۲ بیشترین سهم برای اوتریفیکاسیون مربوط سوخت دیزل و ماشین‌ها با مقادیر ۰/۰۰۱۹۵ و ۰/۰۰۱۶۸ برحسب po4 p-lim می‌باشد و مطابق شکل ۲ سوخت دیزل با ۳۰/۹ درصد و ماشین‌ها ۲۶/۶ به‌ترتیب بیشترین سهم اوتریفیکاسیون را دارد.

۳-۱-۱۰- تخریب منابع غیرآلی

تخلیه منابع غیرآلی مربوط به استفاده از منابع غیرزنده مانند سوخت‌های فسیلی یا موادمعدنی است که مصرف غیراصولی آن در رشد و پرورش باغ‌های هلو، دسترسی نسل‌های آینده به این منابع را کاهش می‌دهد. میزان تقلیل منابع غیرآلی برای تولید هر تن هلو به میزان ۰/۵۰۲ برحسب eq kg است. دلیل بالا بودن این امر افزایش تولید محصول با رشد و بزرگ‌شدن درختان باغ است که این امر سبب می‌گردد تا سرانه مصرف نهاده‌های ورودی به ازای تولید هر تن محصول کاهش یابد. در نقطه مقابل نتایج بررسی تأثیرات محیط‌زیستی در واحد سطح نشان داد که بالاترین میزان تخریب محیط‌زیست با گذشت زمان و رشد فیزیکی درختان، نیاز بیشتری به سموم و کودهای مختلف کشاورزی و کارکرد بیشتر ماشین‌ها و مصرف بالاتر سوخت می‌باشد که این امر سبب تخریب بیشتر محیط‌زیست می‌گردد. بیشترین سهم برای تخریب منابع غیرآلی مربوط سوخت دیزل و کود نیتروژن با مقادیر ۳۸۷ و ۲۸۵ برحسب MJ primary محاسبه گردید و مطابق شکل ۲ سوخت دیزل با ۳۷/۵ درصد و کود نیتروژن ۲۷/۶ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم تخریب منابع غیرآلی را دارد.

۳-۲- بررسی شاخص‌های نهایی محیط‌زیستی

شکل ۳ تأثیر هر یک از نهاده‌های ورودی را بـر شاخص‌های نهایی محیط‌زیستی نشان می‌دهد.



شکل ۳- سهم هریک از نهاده‌های ورودی در تولید میوه هلو بر شاخص‌های نهایی محیط‌زیستی

Fig 3. The contribution of inputs in the production of peach on the final environmental indicators

جدول ۳- مقادیر هر یک از نهاده‌ها در میزان شاخص‌های نهایی محیط‌زیستی برای تولید یک تن میوه هلو

Table 3. The amount of inputs in the amount of environmental indicators for the production of one ton of peach fruit

شاخص‌های زیستی محیطی	کود نیتروژن	کود گوگرد	پمپ	سوخت دیزل	آفت‌کش	ماشین‌ها	قارچ‌کش	علف‌کش	آمینواسید
سلامت انسان	۸/۹۷e-۶	۴/۳e-۷	۱/۸e-۶	۴e-۶	۱/۹۹e-۶	۸/۷۹e-۶	۸/۰۶e-۷	۱/۵۹e-۶	۱/۷۶e-۶
کیفیت اکوسیستم	۰/۳۵۹	۰/۰۲۹۱	۵/۷۵	۱/۸۵	۰/۴۵۸	۳/۱	۰/۳۱۳	۰/۴۵۷	۰/۴۸۳
تغییر آب‌وهوا	۹/۲۳	۳/۲۶	۱/۰۲	۳/۴۴	۲/۰۵	۷/۱	۱/۷۱	۳/۶	۱/۵۲

سلامت انسان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر توسعه اقتصادی در هر اقتصادی است. مهم‌ترین و فوری‌ترین پیامدهای تخریب محیط‌زیست در جهان به‌صورت آسیب به سلامت انسان است. مطابق جدول ۳ بیشترین سهم برای سلامت انسان به‌طور مساوی کود نیترژون و ماشین‌ها با مقدار ۰/۰۰۰۰۸۹۷ برحسب DALY می‌باشد. مطابق شکل ۳ کود نیتروژن و ماشین‌ها با ۲۹/۱ درصد درصد به‌طور مساوی بیشترین سهم را در شاخص سلامت انسان را دارد.

کیفیت اکوسیستم شامل چندین دسته‌های تأثیر مستقل (اوتریفیکاسیون، اسیدی‌شدن، سمیت محیط‌زیستی، استفاده از زمین، استفاده از آب) است. مطابق جدول جدول ۳ بیشترین سهم برای کیفیت اکوسیستم مربوط به پمپ و ماشین‌ها با مقادیر ۵/۷۵ و ۳/۱ بر حسب m^2 yr محاسبه گردید. مطابق شکل ۳ پمپ با ۴۴/۵ درصد و ماشین‌ها ۲۴ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم را در شاخص کیفیت اکوسیستم را دارد.

در بخش تغییرات آب‌وهوا نیز بیشترین سهم مربوط به کود نیتروژن و ماشین‌ها با مقادیر ۹/۲۳ و ۷/۱ بر حسب CO_2 eq می‌باشد (جدول ۳). و مطابق شکل ۳ کود نیتروژن با ۷/۷ درصد و ماشین‌ها با ۵/۹۳ درصد درصد به‌ترتیب بیشترین سهم را در شاخص تغییرآب‌وهوا را دارد.

بنابراین با توجه به شکل ۳، مهم‌ترین عوامل در میزان شاخص‌های محیط‌زیستی برای تولید یک تن میوه هلو در طی یک سال، کود نیتروژن، استفاده ماشین‌ها کشاورزی و همچنین سوخت دیزل مورد استفاده در باغ بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده و همچنین تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، کود نیتروژن عامل اصلی در شاخص‌های محیط‌زیستی بوده است. برای مدیریت بهتر محیط‌زیستی تولید هلو، توصیه می‌شود کشاورزان به انتخاب کودهایی با تأثیرات محیط‌زیستی کم مانند کود زیستی یا کود شیمیایی با بار محیط‌زیستی کمتر نسبت به کود نیتروژن تشویق شوند. استفاده از کودهای ارگانیک نیز می‌تواند باعث بهبود عملکرد و کاهش انتشار تأثیرات محیط‌زیستی کودهای شیمیایی شود (Fang et al., 2021; Hitha et al., 2021).

Michos et al., 2012، سیستم‌های ارگانیک، یکپارچه و متعارف تولید هلو را در یونان مطالعه کردند و آن‌ها ادعا کردند که کشاورزی ارگانیک می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد. قوانین محیط‌زیستی نیز می‌تواند به‌عنوان راهی برای کاهش تأثیرات محیط‌زیستی تولید هلو در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال، یک توصیه اداره فدرال سوئیس برای محیط‌زیست و یک قانون جدید در فرانسه، برچسب‌گذاری محصولات غذایی با تأثیرات محیط‌زیستی است که تولیدکنندگان را به کاهش آن‌ها تشویق می‌کند (Hélias et al., 2022; Cook et al., 2023).

۳-۳- تحلیل شاخص‌های محیط‌زیستی در تولید هلو

استفاده زیاد از نهاده‌های کشاورزی مانند انواع کودهای شیمیایی و سوخت‌های فسیلی منجربه بروز تأثیرات زیست‌محیطی مخربی گشته

است که از آن جمله می‌توان به افزایش گرمایش جهانی، کاهش تنوع زیستی، تنزل کیفیت خاک به‌عنوان مثال (فرسایش، فشردگی و یا کاهش مواد آلی خاک) و آلودگی آب‌ها، خاک و هوا اشاره کرد. میزان شاخص گرمایش جهانی برای تولید یک تن میوه هلو طبق جدول ۴ ۱۲۰ کیلوگرم معادل CO_2 محاسبه گردید، که بیش ترین سهم این شاخص متعلق به انتشارات داخل باغ و مصرف سوخت دیزل و کود نیتروژن بوده است.

میزان پتانسیل نقصان لایه اوزن برای تولید یک تن میوه هلو ۰/۰۰۰۰۰۷۱۲ کیلوگرم معادل CFC-11 محاسبه گردید (جدول ۴).

استفاده سوخت دیزل و مصرف آفت‌کش بیش‌ترین اثر را بر روی این شاخص محیط‌زیستی داشته است.

میزان شاخص‌های محیط‌زیستی طبق جدول ۴ همانند مواد آلی تنفسی، سمیت محیط‌زیستی آبزیان، سمیت محیط‌زیستی زمینی و اسیدی زمین به‌ترتیب ۰/۰۲۱۲، ۰/۰۰۶۷۶، ۰/۰۰۱۴۱ و ۰/۵۹۳ کیلوگرم معادل BD (دی کلروبنزن) محاسبه گردید که مصرف کود نیتروژنه و استفاده از ماشین‌های کشاورزی طی عملیات کاشت، داشت و برداشت هلو بیش ترین سهم را در انتشار این شاخص‌ها داشته‌اند.

جدول ۴- شاخص‌های محیط‌زیستی تولید یک تن میوه هلو در یک دوره یک‌ساله

Table 4. Environmental indicators of the production of one ton of peach fruit in a one-year period

شاخص‌های محیط‌زیستی	واحد	کلیه مراحل طی شده	شاخص‌های محیط‌زیستی	واحد	کلیه مراحل طی شده
مواد سرطان‌زا	C_2H_4 cl eq	۰/۵۰۲	اسیدی زمینی/نوتری	SO_2 eq	۰/۵۹۳
غیرسرطان‌زا	C_2H_4 cl eq	۰/۹۰۹	تصرف زمین	Org.arable	۰/۷۱۳
مواد معدنی تنفسی	PM2.5 eq	۰/۰۳۸۲	اسیدی شدن آب	SO_2 eq	۰/۲۶۳
اشعه لانیزکننده	C-14 eq	۳۵۹	اوتریفیکاسیون آبزیان	PO_4 P-lim	۰/۰۰۶۳۲
تخریب لایه ازون	CFC-11 eq	۰/۰۰۰۰۰۷۱۲	گرم شدن کره زمین	CO_2 eq	۱۲۰
مواد آلی تنفسی	C_2H_4 eq	۰/۰۲۱۲	انرژی‌های تجدیدناپذیر	Primary	۰/۰۰۱۰۳
سمیت محیط‌زیستی آبزیان	TEG water	۰/۰۰۶۷۶	استخراج مواد معدنی	Surplus	۱/۸۹
سمیت محیط‌زیستی زمینی	TEG soil	۰/۰۰۱۴۱			

۴- نتیجه‌گیری نهایی

پژوهش حاضر به بررسی شاخص‌های محیط‌زیستی تولید میوه هلو در استان مازندران در طول یک دوره یک‌ساله پرداخته شد و نتایج زیر حاصل گردید:

۱- با توجه به نتایج به‌دست آمده مهم‌ترین عوامل در میزان شاخص‌های محیط‌زیستی برای تولید یک تن میوه هلو در طی یک سال، کود نیتروژن، استفاده ماشین‌ها کشاورزی و همچنین سوخت دیزل مورد استفاده در باغ بوده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده و همچنین تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، کود نیتروژن عامل اصلی در شاخص‌های محیط‌زیستی بوده است.

۲- بیشترین سهم برای مواد غیرسرطان‌زا مربوط به کود نیتروژن و ماشین‌ها با مقادیر ۰/۳۹۹ و ۰/۲۳۲ برحسب C_2H_4cleq و کمترین سهم مربوط به کود گوگرد به مقدار ۰/۰۰۱۶۸ برحسب C_2H_4cleq می‌باشد.

۳- بیشترین سهم میزان گرمایش جهانی در طی کلیه مراحل تولید یک تن محصول هلو با مقادیر ۹/۲۳ و ۳/۶ کیلوگرم معادل CO_2 مربوط به کود نیتروژن و علف‌کش محاسبه شد. و کم‌ترین سهم مربوط به پمپ به مقدار ۱/۰۲ معادل CO_2 محاسبه گردید.

۴- بیشترین سهم برای اسیدی زمین مربوط به کود نیتروژن و سوخت دیزل با مقادیر ۰/۱۳۹ و ۰/۰۰۱۹۵ برحسب SO_2eq و کمترین سهم مربوط به کود گوگرد به مقدار ۰/۰۱۶۴ بر حسب SO_2eq می‌باشد.

۵- بیشترین سهم برای اوتریفیکاسیون مربوط به سوخت دیزل به مقدار ۰/۰۰۱۹۵ بر حسب PO_4 محاسبه گردید.

۶- بیشترین سهم برای سمیت آبی مربوط به کود نیتروژن و پمپ با مقادیر ۲۲۶۰۰۰ و ۱۸۸۰۰۰ و بیشترین سهم برای سمیت زمینی مربوط پمپ و ماشین‌ها مقادیر ۷۰۷ و ۳۵۹ می‌باشد.

منابع

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., & Lammel, J. (2004). *Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production*. European Journal of Agronomy, 20(3), 247-264. http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00024-8

Cook, B., Costa Leite, J., Rayner, M., Stoffel, S., van Rijn, E., & Wollgast, J. (2023). *Consumer interaction with sustainability labelling on food products: A narrative literature review*. Nutrients, 15(17), 3837. https://doi.org/10.3390/nu15173837

De Menna, F., Vittuari, M., & Molari, G. (2015). *Impact evaluation of integrated food-bioenergy systems: A comparative LCA of peach nectar*. Biomass and bioenergy, 73, 48-61. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.12.004

Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Ghalegolab Behbahani, A., & 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. https://doi.org/10.1007/s10668-012-9367-3

Fang, P., Abler, D., Lin, G., Sher, A., & Quan, Q. (2021). *Substituting organic fertilizer for chemical fertilizer: Evidence from apple growers in China*. Land, 10(8), 858. https://doi.org/10.3390/land10080858

Finnveden, G., & Moberg, Å. (2005). *Environmental systems analysis tools–an overview*. Journal of Cleaner Production, 13(12), 1165-1173. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.06.004

Guinée, J. (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publisher.

Hélias, A., van Der Werf, H. M., Soler, L. G., Aggeri, F., Dourmad, J. Y., Julia, C., ... & Trystram, G. (2022). *Implementing environmental labeling of food products in France*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 27(7), 926-931. https://doi.org/10.1007/s11367-022-02071-8

Hitha, S., Vinaya, C., & Linu, M. (2021). *Chapter 13—Organic Fertilizers as a Route to Controlled Release of Nutrients*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00013-3

Ingrao, C., Matarazzo, A., Tricase, C., Clasadonte, M. T., & Huisingh, D. (2015). *Life cycle assessment for highlighting environmental hotspots in Sicilian peach production systems.* Journal of Cleaner Production, 92, 109-120. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.053

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H. & Clark, S. (2014). *Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system*. Journal of Cleaner Production, 73, 183-192. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.057.

Li, Z., Chen, Y., Meng, F., Shao, Q., Heal, M. R., Ren, F., ... & Xu, W. (2022). *Integrating life cycle assessment and a farmer survey of management practices to study environmental impacts of peach production in Beijing, China.* Environmental Science and Pollution Research, 29(38), 57190-57203. https://doi.org/10.1007/s11356-022-19780-0

Maarefi, T., Ebrahimian, H., Dehghanisanij, H., Sharifi, M., & Delbaz, R. (2022). *Life cycle assessment for major agricultural crops and different irrigation systems around Lake Urmia*. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 16(3), 624-638. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20087942.1401.16.3.12.3

Michos, M. C., Mamolos, A. P., Menexes, G. C., Tsatsarelis, C. A., Tsirakoglou, V. M., & Kalburtji, K. L. (2012). *Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards*. Ecological Indicators, 13(1), 22-28. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.002

Nikkhah, A., Royan, M., Khojastehpour, M., & Bacenetti, J. (2017). *Environmental impacts modeling of Iranian peach production.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 677-682. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.041

Soltani, A., Rajabi, M. H., Zeinali, E., & Soltani, E. (2012). *Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan*. Journal of Crop Production, 3(3): 201-218. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1389.3.3.12.1

Vinyes, E., Gasol, C. M., Asin, L., Alegre, S., & Muñoz, P. (2015). *Life Cycle Assessment of multiyear peach production*. Journal of Cleaner Production, 104, 68-79. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.041.

Zarei, M. J., Kazemi, N., & Marzban, A. (2019). *Life cycle environmental impacts of cucumber and tomato production in open-field and greenhouse*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(3), 249-255. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.07.001