

Research Paper

Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions of Crops in North Rudpi, Sari

Tahere Usefi Farahabadi¹, Somayeh Shirzadi Laskookalayeh ^{2*}, Fatemeh Kashiri Kolaei³, Khadijeh Abdi Rokni⁴

1. M.Sc Student of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Mazandaran. Iran

2. Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Mazandaran. Iran

3. Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Mazandaran. Iran

4. PhD of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Received: 2025/03/06

Accepted: 2025/06/29

PP:81-91

Use your device to scan and read the article online



Doi:

10.71857/jaem.2025.1201273

Keywords:

Burning plant residues,
Greenhouse gas emissions, Life
cycle assessment approach

Abstract

Introduction: In recent years, the increase in population and demand for food has led to greater use of water resources, fossil fuels, and chemical inputs in agriculture, which has led to many environmental problems.

Accordingly, the present study has attempted to investigate greenhouse gas emissions from the use of chemical fertilizers and pesticides, paddy land, burning of plant residues, and fossil fuel consumption for crop production.

Materials and Methods: In this study, greenhouse gas emissions from the production of five crops were investigated in the North Rudpi region of Sari County using the LCA approach. Life cycle assessment is a valid and accurate method for examining the environmental impacts of crop production or an activity, and generalizing its results to a national scale provides useful information about the environmental impacts of agricultural activities. The data of the present study were collected through face-to-face interviews with 250 farmers in the 1401-1402 crop year in the North Rodpei region of Sari County.

Findings: The results of the study showed that shirodi paddy has the highest emissions with an average of 2589 kg of CO₂ equivalent per hectare, while rapeseed produces the lowest emissions with 959 kg of CO₂ equivalent per hectare. Also, burning of crop residues and use of chemical fertilizers in all crops had a significant contribution to the production of greenhouse gas emissions. The study findings are crucial for sustainable agricultural policymaking in the region.

Conclusion: According to the results obtained, the greatest damage is caused by the paddy crop. Accordingly, given the high greenhouse gas emissions of this crop, in order to reduce greenhouse gas emissions, it is recommended that the government encourage and support farmers to replace the cultivation of crops with less pollution and also manage the consumption of chemical inputs and plant residues to reduce emissions.

Citation: Usefi Farahabadi, T., Shirzadi Laskookalayeh, S., Kashiri Kolaei, F., Abdi Rokni, KH.(2025) Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions of Crops in North Rudpi, Sari. Journal of Agricultural Economics Research. (17).Special Issue.81-91

***Corresponding author:** Somayeh Shirzadi Laskookalayeh

Address: Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Tell: 09113359937

Email: s.shirzadi@sanru.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Food security is of unique importance among modern and developing societies. With the growth of the global population in recent years and the subsequent increase in resource consumption, the pressure on resources and the environment has increased. This trend causes the ability of the environment to meet the needs of the population to decrease, and as a result, excessive use of resources causes irreparable social, economic and political consequences. Agriculture is one of the important economic sectors that affects the environment, therefore, agriculture in the world is of great importance in terms of quantity and quality due to the provision of human food. For the production of agricultural products, various inputs such as fertilizers, chemical pesticides, etc. are used along with mechanization equipment and fuel. The study of the environmental aspects of agricultural product production on the quality of the ecosystem is of great importance. Therefore, life cycle assessment (LCA) is used as a method to assess the environmental impacts of product production in different sectors, based on the evaluation of the component of resource consumption and the emission of pollutants into the environment.

Materials and Methods

The main objective of this study is to calculate greenhouse gas emissions from crop production in the North Rodpi region of Sari city and identify the emission factor and products with the highest greenhouse gas emissions. The LCA approach was used to examine the current greenhouse gas emissions in the region. Tarom rice, Shirodi, soybean, rapeseed and wheat crops were selected. Initially, all inputs used to produce the products and pollutants emitted due to the use of different types of inputs were listed. Among the items included in the calculation are the use of fertilizers and pesticides, fuel consumption in land preparation, planting, carrying and harvesting, and burning of plant residues. Each of these factors can be considered in sections such as nitrous oxide, carbon dioxide and methane from paddy fields.

Findings

The results showed that the greenhouse gas emissions generated by the shirodi paddy were much higher than other crops studied, and

rapeseed had the lowest greenhouse gas emissions. The carbon dioxide emissions for shirodi paddy production were estimated at an average of 2589 kg CO₂ equivalent per hectare. The reason for the high emissions of shirodi paddy is mainly due to crop residues with an average of 1220 kg CO₂ equivalent per hectare and fossil fuel consumption with an average of 690 kg CO₂ equivalent per hectare. The high emissions from fossil fuel consumption of this crop can be due to the longer irrigation period compared to other irrigated crops.

Also, the results show that the greenhouse gas emissions generated by the Tarom paddy with an average of 1961 kg CO₂ equivalent per hectare, ranked second. The high emissions of this crop compared to other crops could be due to the high plant residues and fuel consumption, which was also the case for shirodi paddy. Greenhouse gas emissions from wheat, with an average of 1861 kg of CO₂ equivalent, are ranked third. The reason for the high emission rate of wheat is mainly due to the burning of plant residues and the higher use of chemical fertilizers in planting Northern Rodpi wheat compared to other rainfed crops. Soybean produces greenhouse gases with an average of 1327 kg of CO₂ equivalent per hectare. From the comparison of crops grown in irrigated conditions, it can be inferred that soybean produces less pollution compared to rice of the Tarom and Shirodi varieties. This reason can be justified by the fact that it consumes less chemical fertilizers and fossil fuels than the other two crops. The last rank in greenhouse gas emissions in the study area is assigned to rapeseed. The greenhouse gas emissions for the production of one hectare of rapeseed are calculated to be 959 kg of CO₂ equivalent.

Discussion and Conclusion

Population growth has led to an increase in demand for agricultural products and the shortage of production resources has made the optimization of resource consumption very important. Due to the understanding of the necessity of preserving natural resources and the consequences of greenhouse gas emissions, emissions from the use of chemical fertilizers and pesticides, paddy land, burning of plant residues and fossil fuel consumption for the production of selected crops in the Northern

Rodpi region were examined using the LCA approach. The results from the LCA approach showed that the greenhouse gas emissions of Shirodi paddy were 2589 kg CO₂ equivalent per hectare. Tarom paddy, wheat, soybean and rapeseed crops were ranked next with 1961, 1861, 1327 and 959 kg CO₂ equivalent per hectare, respectively. According to the results obtained, the most damage is caused by the shirodi paddy crop. Accordingly, considering the high greenhouse gas emissions of this crop, it is necessary to reduce the share of shirodi paddy cultivation and allocate it to other crops in order to reduce greenhouse gas emissions. Also, considering the low content of organic matter in the soil of the region, applying management methods to maintain and increase soil organic matter, such as managing post-harvest residues and especially avoiding burning them, is considered an essential measure in the agricultural system. In other words, it is recommended that straw, stubble and harvested crop residues be mixed with soil after adding an appropriate amount of nitrogen fertilizer and providing moisture at an appropriate level for microbial activity, which is necessary given the high share of emissions

through plant residues and their burning in total crops.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Informed consent forms were completed by all subjects in the present study.

Funding

This article is derived from the master's thesis of Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Somayeh Shirzadi Laskookalayeh, Fatemeh Kashiri Kolaei; Methodology and data analysis: Somayeh Shirzadi Laskookalayeh, Fatemeh Kashiri Kolaei, Tahere Usefi Farahabadi, Khadije Andi Rokni; Supervision: Somayeh Shirzadi Laskookalayeh and Fatemeh Kashiri Kolaei and final writing: Tahere Usefi Farahabadi, Khadije Andi Rokni.

Conflicts of interest

According to the declaration of the authors, this article does not have any conflict of interest.

مقاله پژوهشی

ارزیابی چرخه حیات انتشار گازهای گلخانه‌ای محصولات زراعی در رودپی شمالی، ساری

طاہره یوسفی فرح آبادی^۱، سمیه شیرزادی لسکوکلایه^{۲*}، فاطمه کشیری کلانی^۳، خدیجه عبدی رکنی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

۳. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

۴. دکترای اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: در سال‌های اخیر افزایش جمعیت و تقاضای مواد غذایی منجر به استفاده بیشتر از منابع آب، سوخت‌های فسیلی و نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی شده و به دنبال آن مسائل زیست‌محیطی زیادی را ایجاد نموده است. بر همین اساس در تحقیق حاضر سعی شده است، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود و سموم شیمیایی، زمین شالیزاری، سوزاندن بقایای گیاهی و مصرف سوخت فسیلی برای تولید محصولات زراعی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه با استفاده از رویکرد LCA انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنج محصول زراعی، در منطقه رودپی شمالی شهرستان ساری بررسی شد. ارزیابی چرخه حیات روش معتبر و دقیقی برای بررسی اثرات زیست محیطی تولید محصول یا انجام یک فعالیت است که تعمیم نتایج آن به مقیاس ملی اطلاعات مفیدی را در مورد اثرات محیطی فعالیت‌های زراعی فراهم می‌سازد. داده‌های مطالعه حاضر از طریق مصاحبه حضوری با ۲۵۰ کشاورز در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در منطقه رودپی شمالی شهرستان ساری جمع‌آوری شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد، شلتوک شیرودی با میانگین ۲۵۸۹ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار، بالاترین انتشار را دارد، درحالی‌که کلزا با ۹۵۹ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار، کمترین میزان انتشار را تولید می‌کند. همچنین سوزاندن بقایای گیاهی و مصرف کودهای شیمیایی در تمام محصولات، سهم قابل ملاحظه‌ای را در تولید انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته است. یافته‌های مطالعه، برای سیاست‌گذاری کشاورزی پایدار در منطقه حیاتی است.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین خسارت ناشی از محصول شلتوک شیرودی می‌باشد، براین اساس با توجه به بالا بودن انتشار گاز گلخانه‌ای این محصول، به منظور کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای توصیه می‌شود، با تشویق و حمایت دولت از کشاورزان، جهت جایگزینی کشت محصولات با آلودگی کمتر و همچنین مدیریت مصرف نهاده‌های شیمیایی و بقایای گیاهی، در جهت کاهش انتشار اقدام شود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸

شماره صفحات: ۸۱-۹۱

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن
مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



Doi:

10.71857/jaem.2025.1201273

واژه‌های کلیدی:

انتشار گازهای گلخانه‌ای، رویکرد ارزیابی چرخه حیات
سوزاندن بقایای گیاهی.

* نویسنده مسئول: سمیه شیرزادی لسکوکلایه

نشانی: دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

تلفن: ۰۹۱۱۳۳۵۹۹۳۷

پست الکترونیکی: s.shirzadi@sanru.ac.ir

مقدمه

امنیت غذایی در بین جوامع مدرن و در حال توسعه، از اهمیت منحصر به فردی برخوردار است. با رشد جمعیت جهانی در سال‌های اخیر و به دنبال آن افزایش مصرف منابع، فشار بر منابع و محیط‌زیست افزایش یافته است. این روند موجب آن می‌شود که توان تأمین نیازهای جمعیت توسط محیط کم شده و در نتیجه استفاده بیش از اندازه منابع باعث پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی غیرقابل جبران شود (۱). کشاورزی یکی از بخش‌های مهم اقتصادی و اثرگذار روی محیط‌زیست می‌باشد، بنابراین کشاورزی در جهان به دلیل تأمین غذای بشر، از نظر کمی و کیفی از اهمیت بسزایی برخوردار است. برای تولید محصولات کشاورزی، از نهاده‌های مختلفی نظیر کود، سموم شیمیایی و ... همراه با تجهیزات مکانیزاسیون و سوخت استفاده می‌شود (۲).

برآوردها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۳۰، هزینه تغییرات اقلیم ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی از نظر انطباق اقلیمی، از ۵۰ میلیارد دلار به ۱۷۰ میلیارد دلار نسبت به سال ۲۰۲۰ افزایش می‌یابد که تنها نیمی از آن می‌تواند توسط کشورهای در حال توسعه تحمل شود (۳). مطالعه جنبه‌های محیطی تولید محصولات کشاورزی بر کیفیت اکوسیستم از اهمیت بالایی برخوردار است (۴). بنابراین، ارزیابی چرخه حیات (LCA) به عنوان روشی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید محصولات در بخش‌های مختلف، بر مبنای ارزیابی مولفه میزان مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر محصول دارای یک چرخه حیات می‌باشد، که با طراحی آغاز شده و با استخراج منابع، ساخت محصول، دسته‌بندی، مصرف کالا، بازیافت و دفع زائدات به پایان می‌رسد (۵). در راستای تعریف گفته شده، هدف اصلی LCA شناسایی فعالیت‌هایی است که بیشترین اثر روی محیط‌زیست می‌گذارند. در نتیجه تولید محصول کشاورزی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، ارزیابی چرخه حیات می‌تواند کامل‌ترین تصویر از اثرات متقابل فعالیت‌ها با محیط‌زیست را فراهم کرده و ماهیت کلی پیامدهای زیست‌محیطی حاصل از فعالیت انسانی را منعکس کند (۶). در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از رویکرد LCA مطالعات فراوانی انجام گرفته است، به طور مثال، نیکخواه و همکاران (۷) به ارزیابی زیست‌محیطی نشر گازهای گلخانه‌ای تولید برنج در استان مازندران پرداختند، که نتایج مطالعه‌ی آن‌ها بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، دو نهاده‌ی سوخت دیزل و ماشین‌ها به‌ترتیب با سهم ۴۹/۰ و ۳۹/۵ درصد، بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید شلتوک برنج به خود اختصاص دادند. براساس نتایج این مطالعه، مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید این محصول نیز معادل $1936/11 \text{ kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ به‌دست آمد. همچنین نتایج تحلیل رگرسیونی مشخص نمود که تأثیر نشر گازهای گلخانه‌ای از نهاده‌ی کودهای شیمیایی بر روی عملکرد شلتوک برنج، بیشترین مقدار بوده و تأثیر این نهاده بر روی عملکرد در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است. وفاکش و محمدزاده (۸) انتشار گازهای گلخانه‌ای در محصولات زراعی

و باغی در دشت شریف آباد استان قم مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که در بین محصولات مورد مطالعه، کشت یونجه (معادل 12294 kg CO_2 در هکتار)، انار (معادل 10484 kg CO_2 در هکتار) به CO_2 در هکتار) و انگور (معادل 10085 kg CO_2 در هکتار) به ترتیب بیشترین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی را داشته و کمترین آن متعلق به محصولات جو (معادل 4019 kg CO_2 در هکتار)، کلزا (معادل 4285 kg CO_2 در هکتار) و گندم (معادل 4542 kg CO_2 در هکتار) بود. یوسفی و همکاران (۹) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را با استفاده از ارزیابی چرخه زندگی برنج در استان گیلان بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد، انتشار دی اکسید کربن با مقدار 740 kg CO_2 به ازای یک تن شلتوک بیشتر از سایر آلاینده‌ها می‌باشد. مقدار گرمایش جهانی ناشی از تولید یک تن شلتوک برنج، 1116 kg CO_2 است. ابراهیمی و ابراهیمی (۱) به ارزیابی چرخه حیات در تولید محصول سیب و انگور پرداختند. نتایج نشان داد، تولید گازهای گلخانه‌ای و نیز آسیب ناشی از استفاده از آفت‌کش‌ها برای محصول سیب به‌ترتیب با نسبت $1/29$ و $4/24$ بیشتر از محصول انگور است. مقدار مصرف منابع انرژی برای یک واحد عملکردی از دو محصول سیب و انگور به‌ترتیب برابر $10/1$ و $9/13$ مگاژول، ارزش حرارتی خالص می‌باشد. سلیمانی و همکاران (۱۰) انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در تولید محصول چغندرقد از تولیدات غالب شهرستان نقده در استان آذربایجان غربی را بررسی نمودند. انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات چغندرقد 1319 kg CO_2 بر هکتار محاسبه شد. سوخت، پرنشترین نهاده به میزان ۵۴ درصد در چغندرقد را به خود اختصاص داد. محمدی کشکا و همکاران (۱۱) به بررسی اثرات زیست‌محیطی کشت سویا در مناطق شرقی و مرکزی استان مازندران با رویکرد ارزیابی چرخه حیات پرداختند. بطورکلی، نتایج بدست آمده نشان داد که تولید و استفاده از سوخت دیزل و کودهای شیمیایی مهمترین آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید سویا در استان مازندران بودند.

از مطالعات خارجی می‌توان به مطالعه چریندا و همکاران (۱۲) اشاره نمود. در این مطالعه با توجه به اینکه افزایش تقاضای برنج در آمریکای لاتین، موجب افزایش غلظت گاز گلخانه‌ای خواهد شد، به بررسی مزایای مدیریت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از رویکرد LCA پرداختند. بررسی نتایج نشان داد که آبیاری متناوب مزارع برنج، انتشار CH_4 را به‌میزان ۷۰-۲۵ درصد کاهش می‌دهد. در مقایسه با خاکورزی معمولی، در حالت‌های بدون خاکورزی و خاکورزی پیش بینی شده به‌ترتیب باعث کاهش ۲۱ درصد و ۲۵ درصد در انتشار CH_4 شده است. آلام و همکاران (۱۳) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اثر تغییر تولید شالی غرقابی به نشاء غیرپوک‌های را بررسی نمودند. ارزیابی نتایج نشان داد انتشار گازهای گلخانه‌ای، ۳۱ درصد در مقایسه با نشاء غرقابی فعلی کاهش خواهد یافت. همچنین صرف‌نظر از شیوه‌های استقرار

ساری پرداخته شد، تا براساس نتیجه بدست آمده، راهبردهای سیاستی مفیدی برای برنامه‌ریزان کشاورزی منطقه فراهم شود.

روش تحقیق

روش ارزیابی چرخه حیات، بر اساس محاسبه دو مولفه میزان مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست تعیین می‌شود. مرحله اول روش ارزیابی چرخه حیات، تعریف هدف و دامنه است که در آن چهارچوب کلی کار شامل واحدهای کارکردی و مرزهای سامانه می‌باشد (۱۷). در این تحقیق هدف از پژوهش، بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای محصولات تحت کشت فعلی در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از رویکرد LCA می‌باشد. در این مطالعه واحد کارکردی به صورت یک هکتار سطح کشت محصول تولیدی در نظر گرفته شد. بدین معنا که تمامی آلاینده‌های انتشار یافته بر پایه نهاده‌های مصرفی برای سطح کشت یک هکتار محاسبه و گزارش شده است.

ارزیابی چرخه حیات از قبل از تولید تا بعد از آن را تحت پوشش قرار می‌دهد، اما این امکان فراهم شده است تا به منظور تمرکز بیشتر بر روی فرآیندها، مرز سامانه به صورت بخشی از کل فرآیند در نظر گرفته شود و نتایج بر اساس مرز انتخاب شده و برای یک مقیاس کوچکتر بیان شود (۱۷). لذا محدوده مطالعه (مرز سیستم) در پژوهش حاضر، بر مرحله تولید و فرآیندهای صورت گرفته درون مزرعه متمرکز می‌باشد.

مرحله دوم شامل تعیین ورودی و خروجی چرخه حیات می‌باشد. در این بخش تمام نهاده‌هایی که برای تولید محصولات مورد نظر مطالعه لازم است و تمامی مقادیر آلاینده‌های انتشار یافته به محیط‌زیست در اثر استفاده از این نهاده‌ها، تعیین و بر مبنای واحدهای کارکردی محاسبه می‌شوند (۱۷). در این پژوهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها را می‌توان در بخش‌هایی همچون اکسید نیتروس خاک، سوزاندن بقایای گیاهی، بخش انرژی مصرفی و متان ناشی از زمین‌های شالیزاری لحاظ نمود که در ادامه به توضیح هر یک پرداخته شده است. ورودی‌های مورد استفاده برای تولید محصولات و آلاینده‌های انتشار یافته در اثر صورت‌برداری شامل مصرف کودها و آفت‌کش‌ها، مصرف سوخت در آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت می‌باشد.

همانگونه که ذکر شد یکی از منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای اکسیدنیتروس می‌باشد. پنج درصد از کل اثرات گازهای گلخانه‌ای مربوط به گاز N_2O می‌باشد و خاک یکی از مهمترین منابع انتشار آن است که ۶۵ درصد از کل انتشار جهانی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین تولید N_2O در خاک در سیستم‌های کوددهی نیتروژنه افزایش می‌یابد. با فرض ثابت بودن روش‌های تولید محصول، اگر در میزان زمین اختصاصی برای هر محصول زراعی تغییری ایجاد شود، کل N_2O منتشر شده از خاک، می‌تواند تحت تاثیر قرار گیرد. میزان انتشار اکسید نیتروژن با واحد (معادل CO_2) از رابطه ۱ بدست می‌آید (۱۸):

$$CO_{2-k} \text{ Emission} = K^c \cdot EF^k \quad (1)$$

شالی، CH_4 شایع‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای بود که ۶۳ تا ۶۷ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای را شامل می‌شود. هیالودوری و همکاران (۱۴) به وسیله ارزیابی چرخه حیات نشان دادند که سهم تولید نیشکر برای منطقه‌ای در هند تا ۸۳۴ کیلوگرم معادل CO_2 است. همچنین مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید هر کیلوگرم نیشکر ۳ تا ۸ مگا ژول ارزیابی شد.

کازلاوسکاس و همکاران (۱۵) با هدف بررسی اثرات زیست‌محیطی کشت گندم، رویکرد چرخه زندگی (LCA) مورد استفاده قرار دادند. نتایج به دست آمده برای گندم زمستانه نشان داد که میزان انتشار در مقایسه با گندم بهار کاهش می‌یابد.

بررسی پیشینه پژوهش نشان داد تحقیقات در زمینه محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از رویکرد LCA در کشاورزی ایران به صورت مجزا برای محصولات مختلف انجام شده است، اما استفاده از رویکرد LCA با نگاه مقایسه‌ای بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای هر یک از محصولات به صورت همزمان جهت سیاست‌گذاری در برنامه‌ریزی تولید در کمتر مطالعه‌ای انجام گرفته است. بنابراین هدف اصلی در این مطالعه، محاسبه انتشار گاز گلخانه‌ای حاصل از تولید محصولات زراعی در منطقه رودپی شمالی شهرستان ساری و شناسایی عامل انتشار و محصولات با بالاترین میزان انتشار گاز گلخانه‌ای می‌باشد. بخش رودپی شمالی ساری دارای ۱۲۱ کیلومتر مربع (۱۲ هزار هکتار) وسعت می‌باشد. بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ رودپی شمالی دارای جمعیت ۱۵۴۹۶ نفر و ۴۴۳۲ خانوار می‌باشد. فعالیت کشاورزی در این بخش، به عنوان منبع اصلی اقتصاد محلی مطرح است و به دلیل شرایط اقلیمی مطلوب و وجود خاک‌های غنی و حاصلخیز، این منطقه ظرفیت بالایی را در تولید محصولات زراعی و باغی دارد. به طوری که شغل اصلی طیف گسترده‌ای از جمعیت رودپی شمالی، فعالیت کشاورزی می‌باشد. بر اساس آخرین بررسی صورت‌گرفته، دهستان رودپی شمالی دارای مجموعاً ۵۷۳۹ هکتار اراضی زراعی با میزان تولید ۲۹ هزار تن می‌باشد. این سطح زیرکشت، بخش قابل توجهی از تولیدات کشاورزی منطقه را به خود اختصاص داده است که نقش مهمی در تأمین محصولات زراعی استان مازندران ایفا می‌کند. کشت برنج از جمله محصولاتی است که در این منطقه سطح کشت قابل توجهی دارد و از اهمیت به سزایی برخوردار است. منطقه رودپی شمالی در استان مازندران، یکی از مهمترین تولیدکنندگان برنج کشور محسوب می‌شود، به طوریکه سطح زیر کشت آن در منطقه ۳۵۷۶ هکتار با میزان تولید ۱۹ هزار تن است و مابقی سطح زیرکشت به سایر محصولات عمده زراعی منطقه نظیر گندم، کلزا، سویا و جو اختصاص دارد (۱۶). با توجه به اینکه کشت غالب منطقه، محصول برنج است و آثاری که تمرکز و تداوم بر تولید این محصول برنج به دلیل شرایط خاص تولیدی و مصرف بالای نهاده‌هایی همچون نهاده‌های شیمیایی، ماشین آلات و شرایط غرقابی کشت آن، بر پایداری کشاورزی منطقه و انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد داشت، لذا در این مطالعه به بررسی انتشار گاز گلخانه‌ای محصولات زراعی در بخش رودپی شمالی

در رابطه (۱)، $CO_2\text{-}E_{\text{Emission}}$ معرف میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف هر کیلو کود، K^C میزان کود مصرفی و EF^k فاکتور انتشار کود می‌باشد. سوزاندن بقایای گیاهی یکی از منابع بسیار مهم برای انتشار گازهای گلخانه‌ای است. سوزاندن، آزاد کردن گازهای اکسیدنیتروس و متان را به همراه دارد. این میزان انتشار از طریق رابطه (۲) قابل محاسبه می‌باشد (۱۹).

$$CO_2\text{-}E_{\text{Emission}} = S.EF^S \quad (2)$$

در رابطه ۲، S میزان بقایای گیاهی، EF^S فاکتور انتشار $CO_2\text{-}E_{\text{Emission}}$ هم میزان انتشار CO_2 می‌باشد. افزون بر آن، زمین‌های شالیزاری نیز در تولید گاز گلخانه‌ای تأثیر خواهند داشت. بار انتشار CH_4 ناشی از زمین شالیزاری در نظر گرفته می‌شود (لازم به توضیح است که متان بر اثر تجزیه مواد آلی ایجاد می‌شود و از محل دفن زباله‌ها، باتلاق‌ها، شالیزارهای برنج و گاوداری‌ها آزاد می‌شود) (تقی‌زاد و همکاران، ۱۳۹۸). با در اختیار داشتن مقدار سطح کشت زمین شالیزاری و ضرب آن در ضریب تبدیل، میزان انتشار CH_4 (معادل CO_2) محاسبه می‌شود (۱۸).

$$CH_4\text{ Emission} = C . EF^C \quad (3)$$

در رابطه ۳، $CH_4\text{ Emission}$ میزان انتشار CH_4 ناشی از زمین شالیزاری، C زمین شالیزاری و EF^C فاکتور انتشار زمین شالیزاری می‌باشد. استفاده از نهاده‌هایی مانند مصرف سوخت‌های فسیلی و همچنین انرژی مورد استفاده برای تولید کودها و سموم مورد استفاده در مزرعه، همواره باعث آزادسازی گازهای گلخانه‌ای می‌شود. که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط انرژی مصرفی، از رابطه ۴ محاسبه می‌شود (۱۸).

$$CO_2\text{-}E_{\text{Emission}} = R . EF^r \quad (4)$$

در رابطه ۴، $CO_2\text{-}E_{\text{Emission}}$ میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی، R منبع انتشار گاز مانند سوخت فسیلی، کود و سموم شیمیایی و EF^r فاکتور انتشار هر یک می‌باشد. مرحله سوم تأثیرات چرخه زندگی مورد بررسی قرار می‌گیرد، در واقع در این مرحله به‌منظور تفسیر نتایج، انتشار آلاینده‌های مهم در بخش‌های اثرگذار خلاصه و ارائه می‌شود. و نهایتاً، نتایج نهایی به‌منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکار مورد تحلیل قرار می‌گیرد (۱۷).

جامعه آماری پژوهش، زارعین منطقه رودپی شمال شهرستان ساری می‌باشند. داده‌های مورد نیاز مانند میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی، مصرف سوخت‌های فسیلی، میزان عملکرد محصولات (برای محاسبه بقایای گیاهی) و بخش دیگر آن مانند الگوی کشت رایج هر کشاورز با استفاده از تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۲۵۰ کشاورز با روش نمونه‌گیری تصادفی ساده در بخش رودپی شمالی جمع‌آوری شده است. حجم نمونه‌های مورد نیاز برای هر روستا با استفاده از فرمول کوکران (1977) تعیین گردید.

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N - 1)D + \sigma^2} \quad (5)$$

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (6)$$

که در رابطه ۵، n تعداد پرسشنامه‌های مورد نیاز، N تعداد کشاورزان، σ^2 واریانس سطح کشت کشاورزان و D ضریب خطای تخمین می‌باشد که از رابطه (۶) به‌دست آمد. B نیز خطای اندازه‌گیری که مقدار آن در مطالعه حاضر برابر ۰/۵ می‌باشد.

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر با استفاده از روش LCA، انتشار گازهای گلخانه‌ای زارعین با توجه به سطح کشت فعلی محصولات و میزان مصرف نهاده‌ها استخراج شده است. ابتدا در جدول ۱ میزان سطح کشت فعلی محصولات و نهاده‌های مصرف شده توسط محصولات منتخب در هر هکتار نشان داده شده است.

جدول ۱. الگوی کشت فعلی و مصرف نهاده‌ها در هکتار

محصولات	الگوی کشت فعلی منطقه (هکتار)	سوخت (لیتر)	کود شیمیایی نیترژن (کیلوگرم)	کود شیمیایی پتاسیم (کیلوگرم)	کود شیمیایی فسفات (کیلوگرم)	علف (کش/لیتر)	حشره (کش/لیتر)
شلتوک رقم طارم	۳۰۶/۰۷	۲۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲	۱۳
شلتوک رقم شیرودی	۲۱	۲۵۰	۳۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۳	۱۷
گندم	۴۰۱/۷	۰	۳۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۲	۰
کلزا	۱۶۳/۷	۰	۱۵۰	۹۰	۱۰۰	۱	۴
سویا	۴۶/۶	۱۳۰	۲۲۰	۱۱۰	۱۵۰	۱	۲

ماخذ: یافته‌های تحقیق

های سوخت و سم کمتری (۲۰۰ لیتر، ۱۵ لیتر) در مقایسه با شلتوک شیرودی (۲۵۰ لیتر، ۲۰ لیتر) استفاده می‌کند، در نتیجه هزینه تولید کمتر خواهد شد. همچنین با توجه به کم آبی‌های سال‌های اخیر، شلتوک طارم، نیاز به مصرف آب آبیاری کمتری برای کشت دارد (۸۰۰۰ تا ۹۰۰۰ مترمکعب آب آبیاری مورد نیاز برای رقم طارم و ۱۲۰۰۰

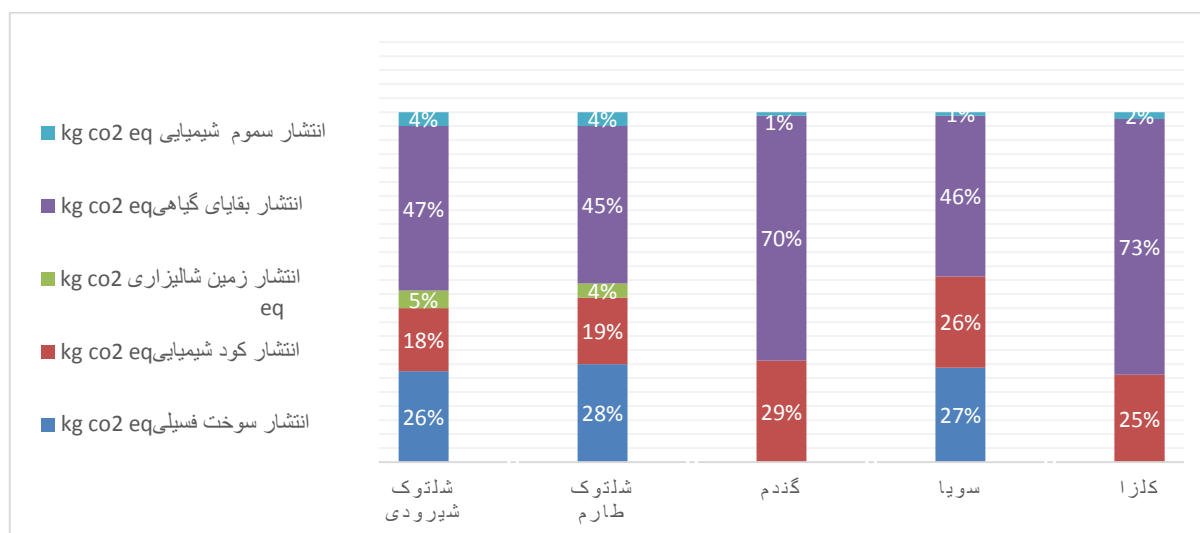
همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در شرایط فعلی، از میان محصولات مورد مطالعه، شلتوک رقم طارم از ۳۷۳/۶۷ هکتار اختصاص یافته به محصولات آبی (طارم، شیرودی و سویا)، بیشترین سطح کشت را به خود (۸۱ درصد) اختصاص داده است. همانطور که ستون مصرف نهاده‌ها نشان می‌دهد شلتوک طارم از نهاده

مترمکعب آب آبیاری مورد نیاز برای رقم شیروودی)، از اهمیت بالاتری جهت کشت در بین کشاورزان برخوردارند. سویا با ۴۶/۶ هکتار (۱۲ درصد) رتبه بعدی را به خود اختصاص داده است، که با توجه به همزمانی کشت شالی و سویا، معمولاً کشاورزان برای مناطقی که دسترسی به آب کمتری دارند این محصول را در اولویت کشت خود قرار می‌دهند. از میان محصول گندم و کلزا که در منطقه به صورت دیم کشت می‌شوند، گندم با ۷۱ درصد از کل ۵۶۵/۴ هکتار زمین اختصاص یافته به محصولات دیمی بیشترین سطح کشت را در اختیار دارد. گندم به دلیل سازگاری گسترده کشت با شرایط مختلف آب و هوایی، سهولت کشت، امکان نگهداری طولانی مدت، خرید تضمینی توسط دولت از جایگاه ویژه‌ای نزد کشاورزان برخوردار است. به همین جهت رتبه اول در کشت محصولات دیمی را به خود اختصاص داده است. همچنین کلزا با ۲۹ درصد رتبه بعدی از محصولات دیمی را در منطقه رودپی شمالی به خود اختصاص داده است.

با توجه به بررسی جدول ۱، می‌توان گفت محصول گندم بیشترین مصرف کود و محصول کلزا کمترین مصرف کود را در میان محصولات کشت دیم و آبی به خود اختصاص داده‌اند. محصول شلتوک شیروودی بیشترین میزان مصرف سموم و محصول گندم کمترین میزان مصرف سموم شیمیایی را در بین محصولات به خود اختصاص داده‌اند. همچنین از جدول ۱ مشاهده می‌شود، از میان محصولات آبی شلتوک شیروودی به ازای هر هکتار، سوخت بیشتری جهت استخراج آب آبیاری مصرف می‌کند. در تحقیق حاضر انتشار ناشی از مصرف کود و سموم شیمیایی، زمین شالیزاری، سوزندان بقایای گیاهی و مصرف سوخت فسیلی برای هر یک از محصولات منتخب در منطقه رودپی شمالی به تفکیک هر محصول، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در جدول ۲ و نمودار ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۲. انتشار گازهای گلخانه‌ای محصولات منتخب مطالعه

انتشار سموم شیمیایی (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	انتشار بقایای گیاهی (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	انتشار زمین شالیزاری (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	انتشار کود شیمیایی (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	انتشار سوخت (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	انتشار (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	انتشار (تن معادل CO ₂ در کل سطح کشت)	محصولات
۷۶	۸۷۲	۸۰	۳۸۱	۵۵۲	۱۹۶۱	۴۵۴/۱۶	شلتوک طارم
۱۰۲	۱۲۲۰	۱۲۰	۴۵۹	۶۹۰	۲۵۸۹	۵۰/۰۸	شلتوک شیروودی
۱۰	۱۳۰۸	۰	۵۴۳	۰	۱۸۶۱	۷۴۷/۸۴	گندم
۲۵	۶۹۷	۰	۲۳۵	۰	۹۵۹	۱۵۶/۹۸	کلزا
۱۵	۶۱۰	۰	۳۴۳	۳۵۸	۱۳۲۷	۵۴/۲۱	سویا
						۱۴۷۴/۸۱	جمع



نمودار ۱. مقایسه سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای محصولات مورد بررسی

بالاتر از سایر محصولات مورد بررسی مطالعه و محصول کلزا کمترین انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر هکتار را به خود اختصاص داده است.

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد شده در هر هکتار، توسط محصول شلتوک شیروودی به مراتب

میزان انتشار دی‌اکسید کربن برای تولید شلتوک شیروودی با میانگین ۲۵۸۹ کیلوگرم معادل CO₂ در یک هکتار برآورد شد. همانطور که در جدول ۲ و نمودار ۱ قابل مشاهده است، دلیل بالا بودن میزان انتشار شلتوک شیروودی عمدتاً ناشی از بقایای گیاهی با میانگین ۱۲۲۰ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار و مصرف سوخت فسیلی با میانگین ۶۹۰ کیلوگرم معادل CO₂ در یک هکتار است. بالا بودن انتشار ناشی از مصرف سوخت فسیلی این محصول می‌تواند به دلیل طول دوره آبیاری طولانی‌تر، نسبت به سایر محصولات آبی باشد. همچنین محصول شلتوک شیروودی با توجه به عملکرد بالا، بقایای گیاهی بیشتری نیز خواهد داشت، در نتیجه انتشار ناشی از سوزاندن این محصول، نسبت به سایر محصولات آبی بیشتر خواهد بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که انتشار ناشی از سموم شیمیایی نیز برای شلتوک شیروودی به مراتب بالاتر از سایر محصولات شده است. بررسی سهم هر یک از منابع انتشار برای شلتوک شیروودی در نمودار ۱ نشان می‌دهد که با وجود بالا بودن انتشار ناشی از مصرف سموم شیمیایی برای محصول شلتوک شیروودی، این منبع انتشار، پایین‌ترین سهم (۴ درصد) را از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای این محصول به خود اختصاص داده است.

بر اساس نتایج جدول ۲، انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد شده در هر هکتار توسط محصول شلتوک طارم با میانگین ۱۹۶۱ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار، رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. بالا بودن انتشار این محصول نسبت به سایر محصولات، می‌تواند ناشی از بالا بودن بقایای گیاهی و همچنین مصرف سوخت باشد که در مورد محصول شلتوک شیروودی نیز اینگونه بوده است. همانگونه که در نمودار ۱ نیز مشاهده می‌شود، به ترتیب انتشار ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی، سوخت‌های فسیلی و همچنین انتشار ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای محصول شلتوک طارم داشته است.

همچنین بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد شده در هکتار توسط محصول گندم با میانگین ۱۸۶۱ کیلوگرم معادل CO₂، رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. دلیل بالا بودن میزان انتشار گندم عمدتاً ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی و مصرف بالاتر کودهای شیمیایی در کاشت گندم رودپی شمالی در مقایسه با سایر محصولات دیم است که در نمودار ۱ نیز قابل مشاهده است. با توجه به اینکه در تولید محصول گندم مصرف نهاده سوخت ناچیز است، انتشار بصورت قابل توجهی در مقایسه با ارقام شلتوک، کمتر نشان داده شده است، اما به دلیل بقایای گیاهی بالا و در نتیجه انتشار ناشی از سوزاندن آن‌ها (سهم ۷۰ درصدی در انتشار گاز گلخانه‌ای) و همچنین مصرف کود بالاتر، این عدم کاهش محسوس، قابل توجهی می‌باشد. سوزاندن بقایای گیاهی و انتشار ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، سهم قابل توجهی را در انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید گندم دیم را به خود اختصاص می‌دهد.

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده شد، محصول سویا با میانگین ۱۳۳۷ کیلوگرم معادل CO₂ در هر هکتار، گازهای گلخانه‌ای منتشر می‌کند. از مقایسه محصولاتی که به صورت آبی کشت می‌شوند اینگونه استنباط

می‌گردد محصول سویا در مقایسه با شلتوک ارقام طارم و شیروودی، آلودگی کمتری تولید می‌کند. این دلیل را اینگونه می‌توان توجیه نمود که، اولاً مصرف کود شیمیایی و سوخت فسیلی کمتری نسبت به دو محصول دیگر دارد. همچنین مشاهده می‌شود ارقام طارم و شیروودی به ترتیب به میزان ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار آلودگی ناشی از کشت غرقابی (کشت غرقابی ارقام شلتوک باعث انتشار گاز CH₄ می‌شود) تولید می‌کنند، در صورتی که محصول سویا با توجه به نوع آبیاری، این انتشار را ندارد. مهمترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای محصول سویا شامل انتشار ناشی از بقایای گیاهی و سوخت فسیلی می‌باشد.

بر اساس نتایج جدول ۲، آخرین رتبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه مورد مطالعه، به محصول کلزا اختصاص یافته است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید یک هکتار کلزا ۹۵۹ کیلوگرم معادل CO₂ محاسبه شده است.

بر اساس یافته‌ها، تولید کلزا در مقایسه با تولید سایر محصولات منطقه مورد مطالعه با رویکرد ارزیابی چرخه حیات، خسارت زیست‌محیطی کمتری داشته است. از دلایل عمده‌ی این اختلاف در مقایسه با تولید محصولات دیم (مانند گندم در مطالعه حاضر) می‌توان به مصرف کمتر کود و سموم شیمیایی در تولید کلزا اشاره نمود. همچنین در مقایسه با محصولات آبی (مانند ارقام شلتوک و سویا در مطالعه حاضر) به دلیل نوع کشت کلزا که به صورت دیم صورت می‌گیرد، می‌توان به عوامل دیگری همچون عدم مصرف نهاده سوخت برای آبیاری و مصرف کمتر کود شیمیایی این محصول نسبت به سایر محصولات (میزان مصرف کود شیمیایی در منطقه مورد مطالعه برای شلتوک طارم ۵۰۰ کیلوگرم، شلتوک شیروودی ۶۰۰ کیلوگرم، سویا ۴۵۰ کیلوگرم و کلزا ۳۵۰ کیلوگرم می‌باشد) اشاره نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

افزایش جمعیت منجر به زیاد شدن تقاضا برای محصولات کشاورزی شده و کمبود منابع تولید باعث شده است تا بهینه‌سازی مصرف منابع، اهمیت زیادی پیدا کند. به دلیل درک ضرورت حفظ منابع طبیعی و نیز عواقب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، انتشار ناشی از مصرف کود و سموم شیمیایی، زمین شالیزاری، سوزاندن بقایای گیاهی و مصرف سوخت فسیلی برای تولید محصولات منتخب در منطقه رودپی شمالی با استفاده از رویکرد LCA مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از دیدگاه رویکرد LCA نشان داد، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شلتوک شیروودی ۲۵۸۹ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار به دست آمد، که با مطالعه دستان و همکاران (۲۰) مبنی بر متوسط انتشار ناشی از تولید شالی را برابر ۲۳۰۷ کیلوگرم CO₂ در هکتار محاسبه نمودند، همسو می‌باشد. همچنین برای گندم به میزان ۱۸۶۱ کیلوگرم در هکتار معادل CO₂ گاز گلخانه‌ای محاسبه شده است که با مطالعه نصیری و کوچکی (۲۱) مبنی بر تخمین ۱۹۹۵ کیلوگرم در هکتار معادل CO₂ برای محصول گندم، مطابقت دارد.

طبق نتایج بدست آمده بیشترین خسارت ناشی از محصول شلتوک شیروودی می‌باشد، براین اساس با توجه به بالا بودن انتشار گاز گلخانه‌ای

در جهت کاهش پیامدهای زیست‌محیطی محصولات ارزشمند در منطقه می‌باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: سمیه شیرزادی لسکوکلایه، فاطمه کشیری کلائی؛ روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها: سمیه شیرزادی لسکوکلایه، طاهره یوسفی فرح آبادی، فاطمه کشیری کلائی و خدیجه عبدی رکنی؛ نظارت: سمیه شیرزادی لسکوکلایه و فاطمه کشیری کلائی و نگارش نهایی: خدیجه عبدی رکنی و طاهره یوسفی فرح آبادی.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری می‌باشد.

این محصول، لازم است به منظور کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای، سهم کشت شلتوک شیروودی کاهش یابد و به دیگر محصولات اختصاص داده شود. البته این نکته قابل توجه است که پذیرش تغییر الگوی کشت، ممکن است برای کشاورزان به سادگی امکان‌پذیر نباشد و با چالش روبرو شود. در این راستا، می‌توان از طریق برقراری مشوق‌های تولید، جهت ترویج کشت سایر محصولات با انتشار کمتر گاز گلخانه‌ای (مانند تسهیلات مالی، یارانه تولید و...) و یا از طریق مدیریت عوامل موثر در انتشار گاز گلخانه‌ای کشت شلتوک شیروودی (مانند مدیریت بقایای گیاهی و یا مدیریت مصرف نهاده‌های شیمیایی)، اقدام نمود. همچنین در راستای کمک به بهبود محتوای اندک مواد آلی خاک منطقه، اعمال شیوه‌های مدیریتی در راستای حفظ و افزایش مواد آلی خاک‌ها، نظیر مدیریت بقایا بعد از برداشت محصول و به‌ویژه خودداری از سوزاندن آن‌ها، از اقدامات ضروری در سیستم کشاورزی محسوب می‌شود. به عبارتی توصیه می‌شود کاه و کلس و بقایای محصول برداشت شده پس از اضافه کردن مقدار مناسبی از کود نیتروژنی با خاک مخلوط و نیز رطوبت در حد مناسب فعالیت میکروب‌ها تأمین گردد که این مسئله با توجه به بالا بودن سهم انتشار از طریق بقایای گیاهی و سوزاندن آن‌ها در کل محصولات ضروری می‌نماید. همچنین تقسیم کود نیتروژن و مدیریت صحیح در زمان مصرف آن، به‌کارگیری کودهای زیستی و حمایت مسئولین امر، برای ارائه تسهیلات مناسب به کشاورزان، گامی

References

1. Ebrahimi E, Ebrahimi L. Life cycle assessment (LCA) in crop production, case study: apple and grape. *Environmental Sciences*. 2022; 20(1), 251-266. [DOI 10.52547/envs.2021.36828]
2. Taghinejad C, Vahidi A. Environmental effects of irrigated wheat production system with life cycle assessment approach (Case study: Ardabil province) *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*. 2021; 31(3), 101-116. [DOI 10.22034/saps.2021.13691]
3. Abdi Rokni Kh, Shirzadi Laskookalayeh S, Amirnejad H. Determining the optimal pattern of rice cultivation in the direction of agricultural sustainability with an emphasis on reducing greenhouse gas emissions (Case study: South Bisheh of Babol city). *Agricultural Scientific and Sustainable Production*. 2023; 34(1), 269-286. [DOI 10.22034/saps.2023.54411.2957]
4. MacWilliam S, Wismer M, Kulshreshtha S. Life cycle and economic assessment of Western Canadian pulse systems: the inclusion of pulses in crop rotations. *Agricultural Systems*. 2014; 123, 43-53. [DOI /10.1016/j.agry.2013.08.009]
5. Pishgar-Komleh S.H, Akram A, Keyhani A. Life Cycle Assessment of Paste Production (Case Study: Alborz Province), *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 2017; 47, 4. 677-688. <https://civilica.com/doc/1660421>
6. Kazemizadeh M, Houshmand A, Naseri A, Ghalabi M, and Maskerbashi M. Life cycle assessment study in grain corn production under two spring and autumn cropping systems (case study of Khuzestan province). *Natural environment. Natural resources of Iran*. 2019; 72(4), 485-498. [DOI 10.22059/jne.2020.276944.1660]
7. Nikkhah A, Chaparli H, Keydashti M, Jamalipor M. Environmental assessment of greenhouse gas emissions from rice production in Mazandaran province. The first national conference of agricultural engineering and management, environment and sustainable natural resources in Hamedan, Hegmetane environmental assessors association. 2013. <https://civilica.com/doc/253460>
8. Jafari Samimi A, Alizadeh Malafeh E. S Vafabakhsh J, Mohammadzadeh A. Energy Flow and GHG Emissions in Major Field and Horticultural Crop Production Systems (Case Study: Sharif Abad Plain). *Journal of Agroecology*. 2019; 11(2), 365-382. [DOI 10.22067/jag.v11i2.81742]
9. Yosefi Z, Vahedi A, Askari F. Analysis of energy consumption and environmental effects of rice production in Gilan province using life cycle assessment. *Agricultural systems and mechanization research*. 2020; 2(78), 55-72.

[DOI 10.22092/erams.2020.343427.1359]10.

10. Soleymani G, Abdi R, Ghanbari M, Loghmanpour R. Evaluation and Optimization of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions of Sugar Beet Production with the Method of Data Envelopment Analysis. Scientific Quarterly of Technical and Vocational University. 2023; 20(1),133-153.

[DOI 10.48301/kssa.2023.388258.2471]

11. Mohammadi Kashka F, Tahmasbi Sarvestani Z, Pirdashti H, Hosseinzadeh Bandbafha H. Life cycle cost and energy assessment of soybean production ecosystems in Mazandaran province. Journal of Crop Production. 2013; 16 (4), 169-198. [DOI 10.22069/ejcp.2024.21649.2598]

12. Chirinda N, Arenas L, Katto M, Loaiza S, Correa F, Isthitani M, Bayer C. Sustainable and low greenhouse gas emitting rice production in Latin America and the Caribbean: A review on the transition from ideality to reality. Sustainability. 2018; 10(3) , 671.

[DOI /10.3390/su10030671]

13. Alam M, Bell R, Biswas W. Increases in soil sequestered carbon under conservation agriculturecropping decrease the estimated greenhouse gas emissions of wetland rice using life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. 2019; 224,72-87. [DOI /10.1016/j.jclepro.2019.03.215]

14. Hiloidhari M, Banerjee R. Rao A.B. Life cycle assessment of sugar and electricity production under different sugarcane cultivation and cogeneration scenarios in India. Journal of Cleaner Production. 2021; 290, 125170. [DOI /10.1016/j.jclepro.2020.125170]

15. Kazlauskas M, Bru ciene I, Savickas D, Naujokiene V, Buragiene S, Steponavi cius D, Romaneckas K, Šarauskis E. Life Cycle Assessment of Winter Wheat Production Using Precision and Conventional Seeding Technologies. 2023; 15, 14376.

[RePEc:gam:jsusta:v:15:y:2023:i:19:p:14376-:d:1250972]

16. Agricultural organization of Mazandaran. 2022. <https://jkmaz.ir>

17. Anonymous, 2006. ISO (International Organization for Standardization), ISO14040: 2006 (E) Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.

18. Nemecek T, Huguenin-Elie O, Dubois D, Gaillard G, Schaller B, Chervet A. Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. Agricultural Systems. 2011; 104, 233-245.

[DOI /10.1016/j.agsy.2010.07.007]

19. Fao. 2019

<https://www.afghanaid.org.uk>

20. Dastan S, Soltani A, Noor Mohammadi G.H, Madani H. Global warming potential of carbon dioxide emissions and energy consumption in the paddy planting. Journal of Agricultural Ecology. 2013; 6(4), 823-835. [DOI 10.22067/jag.v6i4.27517]

21. Nasiri Mahallati M, Kouchaki A. Life cycle assessment in wheat (*Triticum aestivum* L.) production ecosystems in Iran: 2- Spatial comparison at the country level. Journal of Agricultural Ecology. 2018; 10(1), 48-68.

[DOI 10.22067/jag.v10i1.45791]