نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۱ شماره ۴ / سال ۱۴۰۰ صفحات ۳۵۴-۳۴۱

Investigation of Environmental Effects of Cabbage Production in Dezful County Using life Cycle Assessment

Nastaran Tadayonpour[1], Gholam Reza Sabzghabaei[2*], Soolmaz Dashti[3]

Received: December 5, 2020 Accepted: May 10, 2021
1-Graduated Student of Assessment and land use Planning, Dept. of Environment, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.
2-Assist. Prof, Dept. of Environment, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.
3-Assoc. Prof., Dept. of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
*Corresponding Author Email: grsabz1@gmail.com,Sabzghabaei@bkatu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Life Cycle Assessment Is a Method for Assessing The Environmental Impact of Crop Production, Which Is Determined by Calculating and Evaluating Resource Consumption and The Release of Pollutants into The Environment. The Aim of This Study Was to Investigate The Environmental Effects of Cabbage Production in Dezful County Using life Cycle Assessment During The 90-96 Crop Years.

Materials & Methods: For This Purpose, Out of 260 People in The Statistical Population, the Sample Size Was Determined Using Cochran's Formula of 152 People. Relevant Information Was Collected Through Face-to-Face Referral and Presentation of a Questionnaire from The Ministry of Jihad-e-Agriculture and Farmers of Dezful. Based on The Method Presented in ISO14040, The LCA Was Calculated in Four Steps: Defining The Objectives and Scope of Study, life Cycle Auditing, Impact Assessment and Integration and Interpretation of Results. Depletion of Water Resources, Fossil Resources, Phosphate Resources and Potash Resources. After Normalization and Weighting, Environmental Index and Resource Depletion Index Were Calculated.

Results : The Final Index of The Groups of The Effects of Global Warming, Acidity, Depletion of Water Resources, Fossil, Phosphate and Potash Were Calculated as 0.0011, 0.1010, 0.0021, 0.002, 0.1175 and 0.0093, Respectively. Environmental Index (Eco-Index) and Resource Depletion (RDI) were 0.0111 and 0.1309, Respectively. Acidity Groups and Sources of Phosphate Depletion Had The Highest Potential for Environmental Damage in The Form of Environmental Impact Groups to Depletion of Resources, Respectively.

Conclusion : Therefore, Managing The Optimal Use of Chemical Fertilizers, Especially Nitrogen and Phosphate Fertilizers and Replacing Them with Various Organic Fertilizers, as Well as The Use of Biofertilizers Can Help Reduce The Negative Environmental Effects of Cabbage Production in Dezful County.

Keywords: Acidification, Depletion of Resources, Fertilizer,Global Warming, Pollutants

بررسی اثرات زیست محیطی تولید انواع کلم درشهرستان دزفول با استفاده از ارزیابی چرخه حیات

نسترن تدین پور[۱] ، غلامرضا سبزقبائی[۲*]، سولماز دشتی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۰

۱-دانشجوی‌کارشناسی ارشد ارزیابی آمایش سرزمین، گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
۲-استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان،بهبهان، ایران
۳-دانشیارگروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: grsabz1@gmail.com,Sabzghabaei@bkatu.ac.ir

چکیده

اهداف: ارزیابی چرخه‌حیات روشی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید محصول است که به وسیله محاسبه و ارزیابی مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست تعیین می‌شود. این مطالعه به هدف بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید انواع کلم در شهرستان دزفول با استفاده از ارزیابی چرخه‌حیات طی سال‌های زراعی ۹۰تا ۹۶ انجام شد.

مواد وروش ها: به این منظور از بین ۲۶۰ نفر جامعه آماری، حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۵۲ نفر تعیین گردید. اطلاعات مربوطه از طریق مراجعه حضوری و ارائه پرسشنامه از وزارت جهادکشاورزی و کشاورزان شهرستان دزفول جمع آوری شد. بر اساس روش ارائه شده در ISO14040، LCA در چهار گام تعریف اهداف و حوزه عمل مطالعه، ممیزی چرخه‌حیات، ارزیابی تاثیر و تلفیق و تفسیر نتایج محاسبه شد. واحد کارکردی معادل یک تن کلم بوده وگروه‌های تاثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، تخلیه منابع آبی، منابع فسیلی، منابع فسفات ومنابع پتاس بودند. پس از نرمال سازی و وزن‌دهی شاخص زیست‌محیطی و شاخص تخلیه منابع محاسبه شد.

نتایج: شاخص نهایی گروه‌های تاثیر گرمایش جهانی،اسیدیته، تخلیه منابع آبی، فسیلی، فسفات و پتاس بترتیب معادل ۰/۰۰۱۱، ۰/۰۱۰، ۰/۰۰۲۱، ۰/۰۰۲، ۰/۱۱۷۵ و ۰/۰۰۹۳ محاسبه شدند. شاخص زیست‌محیطی(Eco-Index) و تخلیه منابع (RDI) بترتیب ۰/۰۱۱۱ و ۰/۱۳۰۹ بودند. گروه‌های تاثیراسیدیته و منابع تخلیه فسفات بترتیب بیشترین پتانسیل آسیب به محیط‌زیست را درقالب گروه‌های تاثیر زیست‌محیطی به تخلیه منابع داشتند.

نتیجه گیری: بنابراین مدیریت مصرف بهینه کودهای شیمیایی بویژه کودنیتروژن و فسفات و جایگزینی آن با انواع کودهای آلی وهمچنین کاربرد کودهای زیستی می‌تواند به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی تولید انواع کلم در شهرستان دزفول کمک کند.

واژه های کلیدی: آلاینده، اسیدی شدن، تخلیه منابع، کودشیمیایی، گرمایش جهانی

مقدمه

افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی منجر به افزایش تولید شده است. تولید محصولات کشاورزی به مصرف نهاده‌های زراعی وابسته است و از جمله راهبردهای افزایش تولید می‌توان به افزایش نهاده‌های مصرفی در واحد سطح، افزایش بهره‌وری عوامل تولید، افزایش جمعیت، محدودیت زمین‌های زراعی ، مصرف نهاده‌هایی با منشا انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌توان اشاره کرد(نیکخواه وهمکاران ۲۰۱۵؛ خجسته پور وهمکاران ۲۰۱۵ و ازکان وهمکاران ۲۰۰٤). همچنین مصرف انرژی به شدت تهدید کننده امنیت غذایی، پایداری نظام‌های کشاورزی، سلامت جامعه و کارکردها و خدمات محیط زیست محسوب می‌شود(بریگتولدو همکاران ۲۰۱۷؛ ویسترو و همکاران، ۲۰۱٦ و خرمدل و همکاران ۲۰۲۰). بخش کشاورزی نیز سهم قابل توجهی در میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی دارد. تاکنون چندین مطالعه در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید محصولات مختلف کشاورزی در ایران(پیشگار وهمکاران ۲۰۱۳؛ خوشنویسان وهمکاران۲۰۱۳؛ سلطانی وهمکاران ۲۰۱۳؛ طاهری راد وهمکاران ۲۰۱۵؛ فیروزی وهمکاران ۲۰۱٦ وخجسته پور وهمکاران ۲۰۱۵) و سایر نقاط دنیا (نگوین وهمکاران ۲۰۰۷ و تزلیواکیس وهمکاران۲۰۰۵) صورت گرفته است. انتشار گازهای گلخانه ای و ایجاد جنبه های مختلف تغییر اقلیم به عنوان بزرگترین چالش پیش روی انسان دارد(کاظمی و همکاران،۲۰۱۹). بیشترین انرژی غیرمستقیم در مزارع مربوط به کود نیتروژنه (۳۰-۲۰درصد) و ماشین آلات (۱۲-٦ درصد) می‌باشد(خرمدل ۲۰۱٤). دراین راستا، نیتروژن یکی از عناصر مهم در تولید محصولات کشاورزی در سراسر دنیا به شمار می‌رود(حمزئی وهمکاران۲۰۱۵). نیتروژن، مهم‌ترین عنصر مورد استفاده جهت بهبود باروری و حاصلخیزی خاک است و بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش تولید محصول دارد(مینجل و کیربی۱۹۷۸). کمبود این عنصر ضروری و پرمصرف جهت دستیابی به رشد مطلوب گیاه با استفاده از روش‌های مختلفی قابل جبران است(محمدی وسهرابی ۲۰۱٤) در سال‌های گذشته،استفاده از کود اوره در ایران از مرسوم‌ترین روش‌ها جهت تامین نیتروژن مورد نیاز گیاهان زراعی و درنتیجه افزایش عملکرد آنها بوده است(جهادکشاورزی ۲۰۱۲). بسیاری از پژوهشگران گزارش کردند که کود نیتروژن که سهم عمده آن از منبع کود اوره تأمین می‌شود، از پرمصرف ترین منابع انرژی مصرف شده در تولید محصولات کشاورزی ایران می‌باشد(محمدی وهمکاران ۲۰۰۸ ؛ محمدی وهمکاران ۲۰۱۰ و موسوی اول۲۰۱۱). این در حالی است که کودهای شیمیایی مصرفی اثرات مخربی بر محیط‌زیست در قالب گروه‌های تأثیر مختلف از جمله گرمایش جهانی، اسیدیته و مغذی شدن خشکی بر جا می‌گذارند (خرمدل وهمکاران ۲۰۱٤). براین اساس، بهبود کارایی مصرف انرژی و ارتقاء بهره‌وری آن در نظام‌های کشاورزی یکی از اصول مورد نیاز برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار و اطمینان از تولید غذا و امنیت اکولوژی مطرح است(یوان و همکاران ۲۰۱۸). با این وجود رحیمی و همکاران (۲۰۰۷) اظهارداشتند که تجزیه و تحلیل انرژی نمی‌تواند درک کاملی از بوم نظام‌های کشاورزی ارائه نماید و با توسعه دیدگاه انسان نسبت به بوم نظام‌های زراعی می‌تواند در بهبود کیفی تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌های توسعه موثر باشد. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کشاورزی،تنوع گسترده‌ای را از نظر اهداف و مفاهیم نشان می‌دهد. ایکرت و همکاران(۱۹۹۹) بیان داشتند که بررسی عملکرد زیست‌محیطی نظام‌های تولید امری مهم و ضروری برای‌بررسی وضعیت نظام‌ها از نظر پایداری می‌باشد. از آنجا که این رهیافت‌ها عملکرد زیست‌محیطی نظام‌های مختلف تولیدی را نیز با یکدیگر مقایسه می‌کند، می‌توان نظام‌های متناسب از نظر کاهش آلودگی و مصرف بهینه منابع را معرفی کرد و از این طریق نیز منجر به بهبود شرایط زیست‌محیطی شد. تعداد زیادی از محققان(برانتراپ وهمکاران ۲۰۰۱؛ برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤الف؛ برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤ب؛روی وهمکاران ۲۰۰۹؛ فینکباینر وهمکاران ۲۰۰٦) تاکید می‌کنند که با توجه به دامنه کارکردهای ارزیابی چرخه حیات (LCA)، این

روش مناسب‌ترین رویکرد برای ارزیابی پایدار فعالیت-های مختلف کشاورزی می‌باشد به عنوان یک فرآیند هدف، برای ارزیابی ظرفیت محیط‌زیستی در امر تولید، فرآیندها یا جریان فعالیت‌ها با مشخص کردن میزان انرژی و مواد مصرفی و ضایعات رها شده در محیط-زیست می‌باشد که برای ارزیابی شرایط به منظور حفظ باروری محیط‌زیست، تعریف می‌شود(روی و همکاران ۲۰۰۹). اساس به نظر می‌رسد روش ارزیابی چرخه‌حیات روشی مناسب برای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی تولید محصولات کشاورزی است. از تحقیقاتی که تاکنون با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات برای بررسی اثرات محیط‌زیستی تولید محصولات کشاورزی صورت گرفته است، می‌توان به مطالعه‌ای بر روی تولید سیب در نیوزیلند اشاره کرد. آنها سوخت را به عنوان نهاده‌ای با بیش ترین پتاسیل آسیب به محیط‌زیست در اغلب گروه های تاثیر محیط‌زیستی معرفی نمودند(کنالاس وهمکاران ۲۰۰۶). .خرمدل و همکاران(۲۰۲۰) نظام‌های کم نهاده و خانوادگی همچون زعفران اثرات مثبتی بر شاخص‌های انرژی و اقتصادی و تخفیف پیامدهای محیط‌زیستی در مقایسه با نظام‌های پرنهاده و رایج نظیر گندم آبی دارند. در پژوهشی مشابه اثرات سوء محیط-زیستی تولید توت فرنگی در فضای باز را در همه موارد به جز اسیدیته و مغذی شدن خشکی کم‌تر از میزان این اثرات در تولید توت فرنگی گلخانه‌ای در گیلان گزارش نمودند (خوشنویسان وهمکاران ۲۰۱۳). بوجاکا و همکاران (۲۰۱٤) به ارزیابی چرخه حیات تولید توت فرنگی در کلمبیا پرداختند. آن‌ها اثرات را در قالب شش بخش ساخت گلخانه، تهیه خزانه، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی، مدیریت آفات و مدیریت ضایعات بررسی نمودند و اعلام نمودند که ساخت گلخانه بیش‌ترین اثرات منفی را بر محیط‌زیست در بیش‌تر گروه‌های تاثیر مورد بررسی داشت. سونی و همکاران(۲۰۱۸) نیز با ارزیابی تناوب برنج- گندم گزارش نمود که زمین‌های با مساحت کمتر از نظر انرژِی و زمین‌های با سطح بیشتر از نظر اقتصادی کاراتر می‌باشند. فلاح پور و همکاران (۲۰۱۲) با ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید گندم و جو در خراسان با LCA درمقادیر مختلف کود نیتروژن دریافتند که در مقادیر کم کود، آثار زیست‌محیطی به مراتب پایین-تر بود و با افزایش مصرف کود این اثرات نیز افزایش یافت.

مواد و روش ها (منطقه مطالعه شده و روش نمونه گیری)

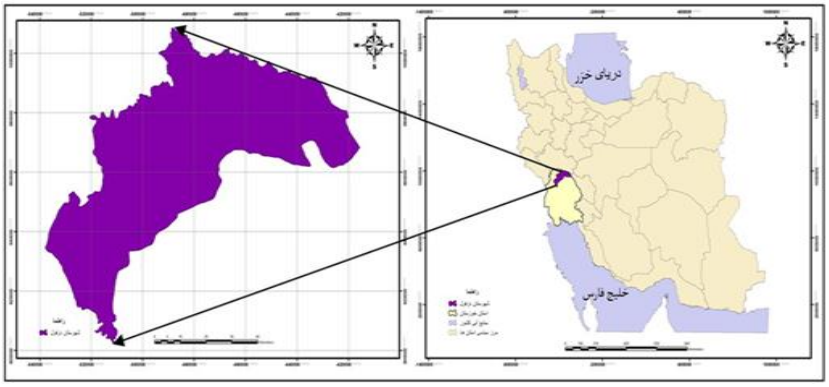
بر اساس تعریف استاندارد ایزو ۱٤۰٤۰ ارزیابی چرخه حیات به جنبه‌های زیست‌محیطی و بالقوه زیست-محیطی در سراسر چرخه حیات یک محصول با یک مرحله از ماده خام فرآوری شده تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی می‌پردازد(ایریارت و همکاران ۲۰۱۰).

به منظور بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید انواع کلم در شهرستان دزفول با استفاده از ارزیابی چرخه حیات طی سال های زراعی ۹۰ تا ۹٦ و با کمک فرمول کوکران حجم نمونه برابر۱۵۲ نفر تعیین شد. اطلاعات مربوطه بصورت تصادفی، توسط پرسشنامه و طی مراجعه‌ی حضوری از کشاورزان، وزارت جهاد کشاورزی و سازمان‌های زیربط جمع آوری شد. میانگین میزان مصرف نهاده‌ها به ازای یک تن کلم در جدول (۱) نشان داده شده است.

منطقه مورد مطالعه شهرستان دزفول در استان-خوزستان است. با مساحت ٤۷٦۲ کیلومتر مربع بین ٤۸ درجه و۲۰ دقیقه تا ٤۸ درجه و۳۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و بین ۳۲ درجه و۷۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. این شهرستان از شمال به استان لرستان، از غرب و شمال به شهرستان اندیمشک از شرق به استان‌های چهارمحال بختیاری از جنوب شرقی به شهرستان مسجد سلیمان واز جنوب به شهرستان‌های شوشتر و گتوند و از جنوب غربی به شهرستان شوش محدود می‌شود(شکل۱).

جدول ۱- ورودی های تولید یک تن کلم

منبع	میزان مصرف (t)	معادل انرژی ($MJ.unit^{-1}$)	انرژی (MJ)
آب	٦/٤٨		
سوخت فسیلی	١/٦٦٠	٥٠	٨٣
نیتروژن	٧/٦٠		
فسفات	٣/٠٠		
پتاس	٢/٤٠		



شکل ۱ - مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

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

رابطه(۲) $d= \frac{t\times s}{\sqrt{n}}$

که در این رابطه، t برابر با ١/٩٦ (در سطح اطمینان ٩٥٪)، s پیش برآورد انحراف معیار جامعه برابر با ٠/٣١٤، d دقت احتمالی مطلوب که مساوی با ٠/٠٥، N حجم جامعه برابر است با ٢٦٠ و n حجم نمونه است.

$$n= \frac{260(0.314\times 1.96)^2}{(260-1)0.05+(0.314\times 1.96)^2} =152$$

ارزیابی چرخه حیات

به منظورارزیابی ومقایسه اثرات مخرب زیست-محیطی این کشت، از روش ارزیابی چرخه حیات استفاده شد. روش ارزیابی چرخه حیات اخیرا مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است(بوجاکا وهمکاران ٢٠١٤؛ محمدی وهمکاران ٢٠١٣؛ محمدی وهمکاران ٢٠١٠، میر وهمکاران ٢٠١٥ ؛ مینجل وهمکاران١٩٧٨) دستورالعمل‌های این روش برپایه‌ی استاندارد ISO١٤٠٤٠می‌باشد(آشوارث و همکاران ٢٠١٤). این روش ازچهار زیربخش عمده تشکیل شده است (برانتراپ وهمکاران ٢٠٠٤الف و فلاح پوروهمکاران ٢٠١٢).

تعریف اهداف و حوزه‌ی عمل مطالعه

تولید یک تن محصول به عنوان واحدکارکردی تعیین گردید. اثرات زیست‌محیطی تولید کلم در قالب گروه‌های تاثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن، تخلیه منابع آبی، فسیلی، فسفات و پتاس بررسی شدند.

ممیزی چرخه حیات(شناسایی ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه)

عمدتا در تولید محصولات کشاورزی در ایران، چهارنهاده سوخت فسیلی، کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفات و پتاسیم به عنوان ورودی‌هایی با پتانسیل آلایندگی زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شوند(نیکخواه و همکاران۲۰۱٤ و میرحاجی و همکاران ۲۰۱۳). آلاینده-های انتشار یافته ناشی از مصرف این نهاده‌ها شامل NH_3، N_2O ، CO_2،NO_X ، CH_4 و SO_2 بودند که ضریب انتشار این آلاینده‌ها از مطالعات(سلطانیان وهمکاران ۲۰۱۵ ؛ سنیدروهمکاران۲۰۰۹؛ برانتراپ وهمکاران ۲۰۰۰؛ نیکخواه و همکاران ۲۰۱۵؛ دهقانی وهمکاران ۲۰۰۷) اخذ شدند (جدول ۲).

جدول۲- عامل مشخص سازی گروه‌های تاثیر مورد مطالعه (برانتراپ و همکاران۲۰۰۴الف)

گروه تاثیر (واحد)	ترکیبات	کارایی هر ترکیب	منبع
گرمایش جهانی (kg CO_2 eq)	CH_4 ,CO_2 ,N_2O	CH_4= ۲۱, N_2O=۳۱۰ , CO_2=۱	سنیدرو همکاران ۲۰۰۹؛ سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵
اسیدیته (kg SO_2 eq)	NH_3 ,SO_2 ,NO_X	NH_3=۱/٦، NO_X=۰/٥ و SO_2=۱/۲	برانتراپ و همکاران ۲۰۰٤؛ سلطانعلی و همکاران۲۰۱۵
تخلیه منابع فسیلی (MJ)	مصرف گازوئیل	٤۲/۸٦	بوراتی و همکاران۲۰۰۹؛ سلطانعلی و همکاران ۲۰۱۵
تخلیه منابع آبی (m^3)	مصرف آب	۱	بوراتی و همکاران ۲۰۰۹
تخلیه منابع فسفات	مصرف فسفات	۰/۲۵	برانتراپ و همکاران ۲۰۰٤؛ نیکخواه و همکاران ۲۰۱۵
تخلیه منابع پتاس	مصرف پتاسیم	۰/۱۰۵	برانتراپ و همکاران ۲۰۰٤؛ نیکخواه و همکاران ۲۰۱۵

ارزیابی اثرات

هدف از اجرای این بخش تجزیه و تحلیل کمی نتایج بخش ممیزی بود. به این منظور، برای هر یک از گروه های آثار زیست‌محیطی، فاکتور مشخص‌سازی (Characteristic factor(CF) تعریف شد. بر اساس ISO گروه‌های تاثیر شامل موارد زیر بود (برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤الف و فینکربایر و همکاران۲۰۰٦):

گرمایش جهانی: پتانسیل گرمایش جهانی (Global warming potential) برای بیان میزان مشارکت انتشار انواع گازها از نظام‌های کشاورزی در بروز مشکلات زیست‌محیطی و تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تاثیر پس از تعیین از طریق برآورد میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2، CH_4 ، NO_2، بر اساس معادل CO_2 یکسان سازی شد (جدول ۲)(ISO۲۰۰۰).

اسیدی شدن: پتانسیل اسیدی شدن (Acidfication potential) یک سیستم ،به صورت کیلوگرم SO_2 واحد معادل به ازای واحد کارکردی بیان می‌شود(برنتراپ و همکاران۲۰۰٤الف). شاخص مربوط به این گروه براساس میزان ورود املاح و ترکیبات معدنی به خاک بر آورد و بر اساس SO_2 یکسان سازی شد (جدول۲) (بیسواز و همکاران ۲۰۰۸ و برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤الف).

به این ترتیب، ابتدا دو گروه فوق ممیزی و تاثیر کارکرد بوم نظام‌های تولید کلم براساس میزان مصرف کود نیتروژون مصرفی به صورت کمی تعیین شد. این گروه‌های تاثیر که بسته به ماهیت ممکن است منبع(R) یا

عوامل انتشار یافته (E) باشند در ضریب تاثیر مربوطه ضرب و تاثیر آنها به ازای واحد کارکردی مشخص شد(معادله۱)(برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤ب).

معادله (۱) $Ii= EjorRj \times CFi,j$

پس از آن، شاخص‌ها با استفاده از ضرایب بر اساس معادله(۲) نرمال سازی شدند(برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤ب).

معادله (۲) $Ni=\frac{I_i}{I_{i,ref}}$

که در این معادله، N_i : مقدار نرمال شده شاخص مربوط به گروه تأثیرi به ازای واحد کارکردی تعریف شده (یک تن در هکتار محصول)، : I_i مقدار محاسبه شده(غیرنرمال) شاخص مربوط به گروه تأثیرi (به ازای یک تن محصول) و :$I_{i,ref}$ مقدار شاخص مربوط به هر گروه تأثیر در شرایط مرجع می‌باشد. سپس شاخص‌های نرمال شده، موزون می‌شوند تا شدت تأثیر آن‌ها بر حسب وزن (W) مربوط به هر گروه تأثیر در محاسبات لحاظ گردد(برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤الف).

معادله (۳) $Wijk=\frac{C_{ijk}}{T_{ijk}}$

که در آن، :Wijk وزن مربوط به شاخص i در منطقه j در سال K، Cijk: مقدار فعلی شاخص i در منطقه j در سال K، Tijk: مقدار هدف برای شاخص i در منطقه j درسال K می‌باشد.

تفسیر نتایج

در آخرین مرحله شاخص زیست‌محیطی تحت عنوان شاخص بوم شناخت(Eco-Index) و شاخص تخلیه منابع (RDI) را بیان می‌کند که معیار نهایی LCA است با استفاده از معادله (٤) و (٥) زیر محاسبه شد(برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤ب):

معادله(٤) $Ecox=\sum Ni \times Wi$

که در این معادله، Eco-X: شاخص محیطی بوم‌شناخت به ازای واحد کارکردی (یک تن از محصول)، :Ni مقدار نرمال شده مربوط به هر گروه تأثیر، Wi: وزن مربوط به هر یک از مقادیر Ni می‌باشد.

معادله(٥) $RDI = \Sigma Ni \times WFi$

RDI شاخص تخلیه منابع برای هر واحدکارکردی، Ni نتایج نرمال‌سازی برای هرگروه تأثیر i در واحد کارکردی و WFi فاکتور وزن‌دهی برای گروه تأثیرi می‌باشد. قابل ذکراست شاخص بوم شناخت و شاخص تخلیه منابع، نشان دهنده مجموع اثرات زیست‌محیطی ناشی از انتشار انواع آلاینده‌ها به محیط‌زیست و میزان مصرف منابع به ویژه منابع غیر قابل تجدید است(برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤ب).

جدول۳- فاکتورهای وزن دهی و و نرمال سازی

گروه تاثیر	فاکتور نرمال سازی (واحد)	فاکتور وزن دهی	منبع
گرمایش جهانی	۸۱٤۳ (kg CO_2 eq)	۱/۰٥	میرحاجی و همکاران(۲۰۱۳)؛ نیکخواه و همکاران (۲۰۱٥)
اسیدیته	٥۲ (kg SO_2 eq)	۱/۸	میرحاجی و همکاران(۲۰۱۳)؛ سلطانعلی و همکاران (۲۰۱٥)
تخلیه منابع فسیلی	۳۹۱٦۷ (MJ)	۱/۱٤	میرحاجی و همکاران(۲۰۱۳)؛ سلطانعلی و همکاران (۲۰۱٥)
تخلیه منابع ابی	٦۲٦/۳۹ (m3)	۰/۲٥	وانگ وهمکاران(۲۰۱۰)
تخلیه منابع فسفات	۷/٦٦ (kg P2O5 eq)	۱/۲۰	برنتراپ و همکاران(۲۰۰٤)
تخلیه منابع پتاس	۸/۱۸ (kg k2O)	۰/۳۰	برنتراپ و همکاران(۲۰۰٤)

بحث و نتایج ارزیابی اثرات

این مطالعه به هدف بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید انواع کلم در شهرستان دزفول با استفاده از ارزیابی چرخه حیات طی سال‌های زراعی ۹۰ تا ۹۶ انجام شد. با این منظور حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۵۲ نفر تعیین گردید. اطلاعات مربوطه به صورت تصادفی ساده از طریق مراجعه حضوری و ارائه پرسشنامه(حاوی کلیه نهاده‌های آلی و شیمیایی و عملیات مختلف کاشت،داشت و برداشت طی تولید انواع کلم) از وزارت جهادکشاورزی، سازمان‌های زیربط و کشاورزان شهرستان دزفول جمع‌آوری و تعیین شد. با تجزیه و تحلیل داده‌ها میزان انتشار آلاینده‌های NH_3، NO_X، N_2O ناشی از تولید کود نیتروژن ، CO_2، CH_4 ، SO_2 ، NO_X، N_2O ناشی‌از مصرف سوخت فسیلی برای تولید یک تن کلم به ترتیب ۰/۰۱۱/۵۵۰، ۰/۱، $۱۰^{-۵}\times$۰/۰۰٤/٤۸۲،٤/۳، ۰/۰۰۰۳، $۱۰^{-۳}\times$٦/٦٤، ۰/۲۳٤ و ۰/۰۳٦کیلوگرم بدست آمد. NH_3 وCO_2 بیشترین میزان انتشار آلاینده‌ها را از مصرف کودنیتروژن و سوخت فسیلی داشتند (جدول٤و شکل۲). شاخص نهایی گروه‌های تاثیر شامل گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع آبی ، فسیلی، فسفات و پتاس بترتیب معادل ۰/۰۰۱۱، ۰/۰۱۰، ۰/۰۰۲۱، ۰/۰۰۲، ۰/۱۱۷۵ و ۰/۰۰۹۳ محاسبه شدند(جدول۵ و شکل ۳). شاخص زیست‌محیطی(Ecox) و تخلیه منابع (RDI) بترتیب ۰/۰۱۱۱ و ۰/۱۳۰۹ بودند(جدول٦ و شکل ٤). گروه‌های تاثیراسیدیته و منابع تخلیه فسفات بترتیب بیشترین پتانسیل آسیب به محیط‌زیست را درقالب گروه-های تاثیر زیست‌محیطی و تخلیه منابع داشتند. ایریارت و همکاران (۲۰۱۰) بررسی تأثیرات زیست‌محیطی نظام تولید آفتابگردان و کلزا بیان داشتند که بالاترین تأثیرات زیست محیطی برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی و مغذی شدن حاصل شد. آنها دلیل این امر را به مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی برای افزایش تولید این محصولات زراعی نسبت دادند. فلاح پور و همکاران(۲۰۱۲), معتقدند که مصرف مقادیر زیاد کود نیتروژن منجر به افزایش عملکرد محصول نمی‌شود، و عواقب زیست‌محیطی جدی را درتولید محصول به دنبال خواهد داشت. در تحقیقی در مصرف ۱٤٤ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ابتدا تغییر کاربری زمین و سپس اسیدیته و مغذی شدن از مهم‌ترین تأثیرات زیست-محیطی گزارش شدند(برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤ الف). درمطالعه‌ی مشابهی نیکخواه و همکاران (۲۰۱٤) مصرف نسبتاً زیاد سوخت‌های فسیلی برای تولید بادام زمینی در استان گیلان را به وجود ماشین‌های فرسوده و با عمر نسبتاً زیاد نسبت دادند. این در حالی است که علاوه بر وجود ماشین‌های فرسوده برای تولید پنبه در استان گلستان، تعداد عملیات نسبتاً زیاد آماده سازی زمین برای کشت پنبه نیز منجر به مصرف زیاد سوخت‌های فسیلی شده است. بر این اساس، به نظر می‌رسد اجرای عملیات خاک ورزی حفاظتی و بی خاک ورزی به کاهش عواقب زیست‌محیطی تولید پنبه در استان گلستان می-انجامد. برنتراپ و همکاران (برنتراپ و همکاران ۲۰۰٤الف) دریافتند که میزان انتشار NH_3 وابسته به میزان مصرف کود نیتروژن است؛ به طوری که با افزایش مصرف نیتروژن، میزان انتشار این گاز به محیط نیز افزایش یافت. این محققان همچنین اظهار داشتند که پتانسیل آزادسازی NH_3 همبستگی قوی با مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه دارد. مصرف سوخت‌های فسیلی و اعمال خاکورزی‌های فشرده در بوم نظام های کشاورزی از دیگر عوامل اصلی انتشار CO_2 به اتمسفرمحسوب می‌شوند(مودری و همکاران ۲۰۱۳). سهل و پوتین (۲۰۱۳) اظهار داشتند که مهمترین راهکار برای کاهش تخفیف اثرات زیست محیطی در راستای کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای، مدیریت عناصرغذایی و سموم شیمیایی است.

جدول ۴- خروجی های تولید یک تن کلم

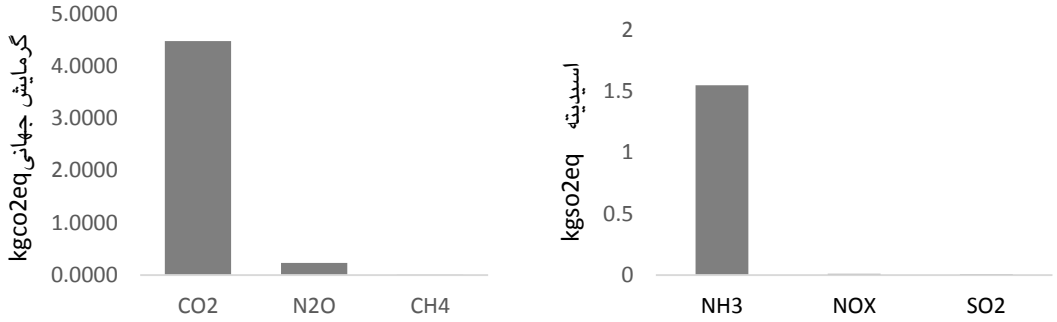
ترکیبات انتشار یافته	میزان انتشار ($kg.\ t^{-1}$)	منبع انتشار
NH_3	۱/۵۵۰	اوره
N_2O	۳/۰۰٤×۱۰$^{-۵}$	گازوئیل
NO_X	۰/۰۱۱	اوره
CO_2	٤/٤۸٤	گازوئیل
CH_4	۰/۰۰۰۳	گازوئیل
SO_2	٦/٦٤× ۱۰ $^{-۳}$	گازوئیل
N_2O	۰/۲۳٤	اوره
NO_X	۰/۰۳٦	گازوئیل

جدول۵- نتایج ارزیابی اثرات

شاخص نهایی	شاخص نرمال سازی	شاخص طبقه بندی	گروه تاثیر
۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۱	۸/۹۷۹	گرمایش جهانی
۰/۰۱۰	۰/۰۷۷	٤/۳۳	اسیدیته
۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲	۷۱/۱۵	تخلیه منابع فسیلی
۰/۰۰۲	۰/۰۱	٦/٤۸	تخلیه منابع ابی
۰/۱۱۷۵	۰/۰۹۸	۰/۷۵	تخلیه منابع فسفات
۰/۰۰۹۳	۰/۰۳۱	۰/۲۵	تخلیه منابع پتاس

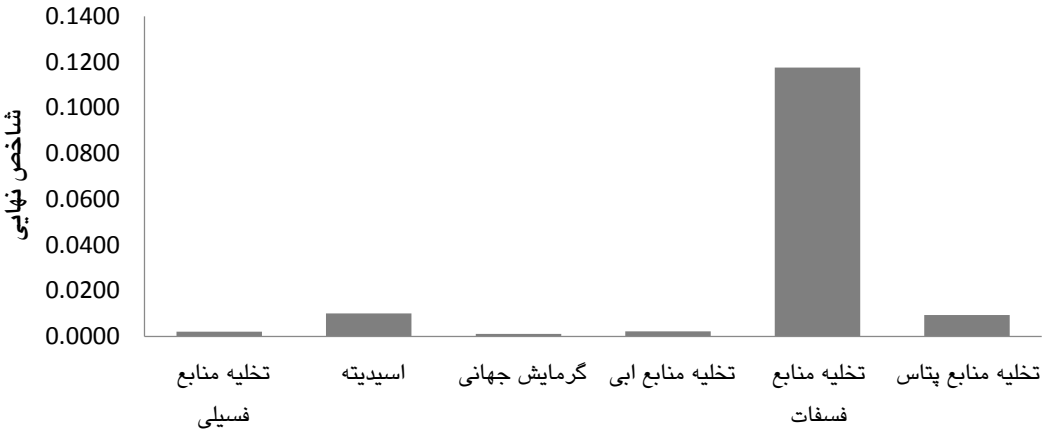
جدول ۶- تفسیر اثرات

شاخص زیست محیطی(بوم شناخت)	۰/۰۱۱۱
شاخص تخلیه منابع	۰/۱۳۰۹

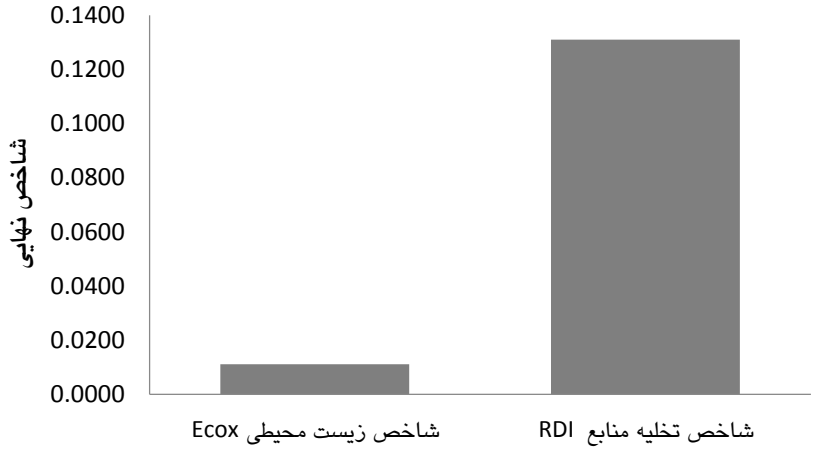


(ب) (الف)

شکل۲- سهم انتشار آلاینده‌ها برای گروه‌های تاثیر الف) گرمایش جهانی ،ب) اسیدیته به ازای یک واحد عملکردی درتولیدکلم در دزفول



شکل۳-شاخص نهایی اثرات زیست محیطی در تولید یک تن کلم در شهرستان دزفول



شکل ۴-تفسیر اثرات یک تن کلم در شهرستان دزفول

نتیجه گیری

بدین ترتیب، بنظر می‌رسد که بتوان با مدیریت نظام زراعی تولید انواع کلم برمبنای بهره گیری از اصول کم نهاده و اکولوژیک برای کاهش این اثرات زیست‌محیطی بهره جست. ازجمله روش‌های موثر در این زمینه می‌توان روش مدیریت مصرف بهینه کودهای شیمیایی بویژه کود نیتروژن و فسفات و جایگزینی آن با انواع کودهای آلی، کاهش عملیات خاکورزی و همچنین کاربرد کودهای

زیستی می‌تواند به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی تولید انواع کلم کمک کند. و بایستی توجه گردد که بوم نظام‌های زراعی با عملکرد بالا الزاما در تضاد با مشکلات زیست-محیطی نیستند، ولی مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه با افزایش تلفات نیتروژن به فرم‌های مختلف و کاهش کارایی مصرف آن، افزایش بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی را موجب می‌شود. از آنجایی که محاسبه LCA می‌تواند سهم بسزایی در توزیع اثرات زیست-محیطی محصولات مختلف زراعی ایفا کند، لذا مطالعه این شاخص اکولوژیکی را بایستی به عنوان راهکاری برای ارزیابی بوم نظام‌های زراعی مدنظر قرار داد. بنابراین، از آنجا که بالاترین اثرات زیست‌محیطی نظام تولید انواع کلم برای گروه های تاثیر اسیدیته و فسفات حاصل شد، بایستی از راهکارهای اکولوژیک نظیر مصرف انواع کودهای آلی و بقایای گیاهی، کاهش عملیات خاکورزی، کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژن و فسفات، وارد کردن گیاهان تثبیت کننده نیتروژن در تناوب زراعی و کشت مخلوط بهره گیری شود. به طور کلی اثرات زیست‌محیطی فرآیندهای کشاورزی کارهای تحقیقاتی کمی صورت گرفته است، بررسی نشانگر آن است که اغلب کشاورزان در شهرستان دزفول، از مقدار مصرف بهینه کودهای شیمیایی بی اطلاع اند. بنابراین، اجرای برنامه‌های آموزشی ترویجی مناسب، به منظور اطلاع رسانی در زمینه اهمیت آزمایش خاک و نیازهای کودی محصولات کلم، تاثیر چشمگیری بر کاهش خطرات زیست‌محیطی این محصولات پرطرفدار خواهد داشت.

سپاسگزاری

تیم مطالعاتی نهایت سپاس و قدردانی خود را از مسئولین ومهندسین محترم اداره جهادکشاورزی شهرستان دزفول و زارعین عزیز شهرستان دزفول که در این مطالعه ما را یاری کردند ابراز می دارد.

منابع مورد استفاده

Anonymous.Annual agricultural statistics. 2012. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran [Available from. http://www.maj.ir.

Ashworth AJAM, Taylor DL, Reed FL, Allen PD, Keyser H and Tyle DD. 2014. Environmental impact assessment of regional switchgrass feedstock production comparing nitrogen input scenarios and legume-intercropping systems. Journal of Cleaner Production, 42: 234-241.

Bergtold JS, Shanoya A, Fewell JE and Williams JR. 2017. Annual bioenergy crops for biofuels production: Farmers contractual preferences for producing sweet sorghum. Energy, 119: 724-731.

Biswas WK, Barton L and Carter D. 2008. Global warming potential of wheat production in Western Australia: A life cycle assessment. Water Environment Journal, 22: 206-216.

Bojacá CR, Wyckhuys KAG and Schrevens E. 2014. Life cycle assessment of Colombian greenhouse tomato production based on farmer-level survey data. Journal of Cleaner Production. 69: 26-33.

Brentrup F, Küsters J, Lammel J and Kuhlmann H .2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. The International Journal of Life Cycle Assessment, 5(6): 349-357.

Brentrup F, Kusters J, Kuhlmann H and Lammel J. 2001. Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. European Journal of Agronomy, 14:221-233.

Brentrup F, Kusters J, Kuhlmann H and Lammel J. 2004a. Environmental impacts assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology I. Theorical concept of a LCA method tailored to crop production. European Journal of Agronomy, 20:247-264.

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

Canals L, Burnip GM and Cowell SJ. 2006. Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. Agriculture. Ecosystems & Environment, 114: 226-238.

Dehghani H .2007.Guide to Air Quality, Principles of Meteorology and Air Pollution, Publications of Ghashie. Tehran Iran. 402 Pp. (In Persian).

Eckert H, Breitschuh G and Sauerbeck D. 1999. Kriterien einer umweltverträglichen Land bewirtschaftung (KUL)-ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben (Criteria of Environmentally friendly land use (KUL)-a method for the environmental evaluation of farms). Agriculture Biotechnology Research, 52: 57-76. (In German).

Erdal G, Esengün K, Erdal H and Gündüz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 52: 57-76.

Finkbeiner M, Inaba A, Tan RBH, Christiansen K and Klüppel HJ. 2006. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO14044. Int J. Life Cycle Assessment, 11(2): 80-85.

Firouzi S, Nikkhah A, Khojastehpour M and Holden N. 2016. Energy use efficiency. GHG emissions and carbon efficiency of paddy rice production in Iran. Energy Equipment and System, 4(2): 169-176. (In Persian).

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

Hamzei j, Babaei M, Khorramdel S.2015. Effects of different irrigation regimes on fruit production, oil quality, water use efficiency and agronomic nitrogen use efficiency of pumpkin. Agroecology, 7(1): 99-108. (In Persian).

Iriarte A, Rieradevall J and Gabarrell X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production, 18(4): 336-345.

Kazemizadeh M, Hooshmand A, Naseri A, Golabi M and Meskarbashee M. 2019. Study of Life Cycle Assessment in Corn Production Under Two Spring and Autumn Cultivars (Case Study of Khuzestan . Natural Environment, Natural Resources of Iran, 72 (4): 414-431. (In Persian).

Khojastehpour M, Nikkhah A and Hashemabadi D. 2015a. A Comparative study of energy use and greenhouse gas emissions of canola production. International Journal of Agricultural Management and Development, 5(1): 51-58. (In Persian).

Khojastehpour M, Taheri-Rad A and Nikkhah A. 2015b. Life cycle assessment of cotton production in Golestan province based on the production of biomass, energy and net income. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 46(2): 95-104. (In Persian).

Khorramdel S. 2012. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Thesis. College of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

Khorramdel S, Rezvani Moghaddam R and Amin Ghafori A. 2014. Evaluation of environmental impacts for wheat agroecosystems of Iran by using life cycle assessment methodology. Cereal Research, (in Persian).

Khorramdel S, Nassiri Mahallati M, Latifi H and Farzaneh Belgerdi MR. 2020. Comparison between energy. environmental and economical indicators of irrigated wheat and saffron agroecosystems in Khorasan-e Razavi Province . Journal of Saffron Research (bi-quarterly), 8(1): 29-54.

Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Yousefi M and Movahedi M. 2013a. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. Energy, 52: 333-338. (In Persian).

Mengel K and Kirby E.1978. Principle of Plant Nutrition. International Potosh Institute. Berne. p. 150-159.

Mohammadi A. Tabatabaeefar A. Shahin S. Rafiee S and Keyhani A.2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49: 3566-3570. (In Persian).

Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi SS and Rafiee H. 2010. Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy, 35: 1071-1075. (In Persian).

Mohammadi AS, Rafiee A, Jafari T, Dalgaard MT, Knudsen A, Keyhani SH, Mousavi-Avval and Hermansen J E .2013. Potential greenhouse gas emission reductions in soybean farming: a combined use of life cycle assessment and data envelopment analysis. Journal of Cleaner Production, 54: 89-100. (In Persian).

Mohammadi K and Sohrabi Y. 2014. Effects of integrated methods of fertilization on soil nitrogen, phosphorus, biological properties and canola traits. Iranian Journal of Soil Research, 28(1): 27-38. (In Persian).

Moudrý J, Jelínková Z, Plch R, Moudrý J, Konvalina P and Hyšpler R. 2013. The emissions of greenhouse gases produced during growing and processing of wheat products in the Czech Republic. Journal of Food. Agriculture and Environment, 11(1): 1133-1136.

Nemecek TH, Heil A, Gaillard G, Garcia J. 2001. SALCA. Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Database. Umweltinventare ur die Landwirtschaft. Unpublished Internal Document. Version 021. Agroscope FAL Reckenholz. Zurich, Switzerland.

Nikkhah A, Emadi B, Shabanian F and Hamzeh-Kalkenari H. 2014. .Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in Guilan province. Iran. Agroecology, 6(3).(In Persian).

Nikkhah A, Khojastehpour M, Emadi B, Taheri-Rad A and Khorramdel S. 2015a. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. Journal of Cleaner Production, 92: 84-90.

Nikkhah A, Emadi B, Shabanian F and Hamzeh-Kalkenari H. 2015b. Energy Sensitivity Analysis and Greenhouse Gas Emissions for Tea Production in Guilan Province. Iran. Agroecology, 6(3): 622-33. (In Persian).

Ozkan B, Akcaoz H and Fert C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29: 39-51.

Pishgar-Komleh SH, Sefeedpari P, Ghahderijani M. 2012. Exploring energy consumption and CO_2 emission of cotton production in Iran. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 4: 033114-033115.

Rahimizadeh M, Madani H, Rezadoust S, Mehraban A and Marjani A. 2007. Analysis of energy in agroecosystems and methods of increasing energy efficiency. In: The 6th National Energy Congress. 12-13. (In Persian).

Roy P, Shimizu N and Kimura T. 2009. Life cycle inventory analysis of rice produced by local processes. JSAM. 67(1): 61-67.

Sahle A and Potting J. 2013. Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. Science of the Total Environment, 443: 163-172.

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

Soltani A, Rajabi MH, Zeinali E and Soltani E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan. Iran. Energy, 50: 54-61. (In Persian).

Soltanali H, Emadi B, Rohani A, Khojastehpour M and Nikkhah A. 2015. Life Cycle Assessment Modeling of Milk Production in Iran. 2015. Information Processing in Agriculture, 5(1): 51-58. (In Persian).

Taheri-Rad A, Nikkhah A, Khojastehpour M and Nourozieh S. 2015. Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province. Journal of Agricultural Machinery, 5(2): 428-445. (In Persian).

Soni P, Sinha R and Perret SR. 2018. Energy use and efficiency in selected rice-based cropping systems of the Middle-Indo Gangetic Plains in India. Energy Report, 554-564.

Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA and Jaggard K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems, 85(2): 101-119.

Wiser R, Millstein D, Mai T, Macknick J, Carpenter A, Cohen S, Cole W, Frew B and Heath G. 2016. The environmental and public health benefits of achieving high penetrations of solar energy in the United States. Energy, 113: 472-486.

Yuan S, Peng S, Wang D and Man J. 2018. Evaluation of the energy budget and energy use efficiency in wheat production under various crop management practices in China. Energy, 160: 184-191.