مقایسه اثرات زیست‌محیطی تولید شلتوک در سه استان شمالی

علی متولی[۱*]، سید جعفر هاشمی[۲] و رضا طباطبایی[۳]
۱ – استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳ – دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
* پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.motevali@sanru.ac.ir

چکیده
برنج یکی از منابع مهم غذایی در جهان بوده که فرآیند تولید شلتوک در کنار عملیات خشک‌کردن و سفیدکردن آن انرژی‌بر می‌باشد و به دنبال خود آثار زیست محیطی فراوانی دارد. در این پژوهش به بررسی پارامترهای زیست محیطی فرآیند کشت دو رقم شلتوک برنج (محلی یا کم‌محصول و پرمحصول) در سه استان شمالی ایران (مازندران، گیلان و گلستان) در دو سیستم کشت مکانیزه و مرسوم پرداخته شد. نتایج نشان داد در فرآیند کشت، بالاترین شاخص‌های نهایی گرمایش جهانی، یوتریفیکاسیون و اسیدی‌شدن به ترتیب ۰/۱۰۱، ۰/۵۴۴ و ۰/۷۰۶ (استان مازندران) و پایین‌ترین مقادیر شاخص‌های نهایی گرمایش جهانی، یوتریفیکاسیون و اسیدی‌شدن به ترتیب ۰/۰۶۱۱، ۰/۲۸۲ و ۰/۳۳۵ (استان گیلان) بود.

کلید واژه ها: گرمایش جهانی، اسیدیته، یوتریفیکاسیون، شلتوک

مقدمه
برنج از اصلی ترین اقلام مورد نیاز کشور ایران در سال های اخیر بوده و وسعت و پراکندگی این محصول مهم کشاورزی در شمال کشور ایران در مقایسه با مناطق دیگرکشور بیشتر است. آمارها نشان می‌دهد که سه استان مازندران، گیلان و گلستان (در شمال ایران) با سطح زیر کشت ۲۰۴۲۸۸، ۱۶۱۸۴۷ و ۴۷۱۵۹ هکتار به ترتیب ۴۱/۷۳ درصد، ۲۶/۴۷ درصد و ۹ درصد و مجموعا ۷۷/۲ درصد از کل کشت برنج در کشور ایران را به خود اختصاص داده‌اند (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴). بررسی‌ها نشان داد که برنج کشت شده در شمال کشور شامل دو نوع ارقام کم محصول (بومی) و ارقام پرمحصول (اصلاح شده) می‌باشد که میزان سطح زیر کشت ارقام کم محصول (بومی) در استان مازندران، گیلان و گلستان به ترتیب ۱۷۶۲۸۳، ۱۶۰۴۶۸ و ۳۵۲۳۸ هکتار و مابقی زیر کشت ارقام پرمحصول بود (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴).

آقاعلیخانی و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی انرژی مصرفی در کشت برنج در استان مازندران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که بازده انرژی در سیستم مکانیزه ۱/۶۳ و در سیستم مرسوم ۱/۷۲ می‌باشد و کل انرژی مصرفی در کشت مرسوم MJ/ha ۷۱۰۹۲/۲۶ و در کشت مکانیزه MJ/ha ۷۹۴۶۰/۳۳ بدست آمد. همچنین در پژوهش دیگر به بررسی روند مصرف انرژی در شرایط مختلف جغرافیایی در کشور ایران پرداخته شد که بازده انرژی در مناطق مختلف بین ۱/۳۹ تا ۱/۶۷ بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بهره‌وری انرژی در سه استان گلستان، مازندران و گیلان به ترتیب ۰/۰۶۴، ۰/۰۵۹ و ۰/۰۷۰ (kg/MJ) بدست آمد (کاظمی و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه دیگری به ارزیابی چرخه حیات گازهای گلخانه‌ای حاصل از کشت ارگانیک برنج در

شمال تایلند پرداخته شد و نتایج پژوهش نشان داد که میزان کل گازهای گلخانه‌ای تولیدی برای هر کیلوگرم شلتوک معادل kg CO_2-eq ۰/۵۸بدست آمد (یودخوم و همکاران، ۲۰۱۷). نوابی پله سرایی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به بهینه‌سازی فرآیند انرژی مصرفی و ارزیابی چرخه حیات در تولید برنج در استان گیلان (شمال ایران) پرداختند.

با توجه به سطح بالای زیر کشت محصول برنج در شمال ایران، انرژی و نهاده‌های کشاورزی زیادی در این مناطق صرف کاشت و داشت و برداشت این محصول می‌گردد که دارای اثرات زیست محیطی فراوانی بر اکوسیستم منطقه دارد. پژوهش حاضر به بررسی تاثیر شرایط مختلف کشت محصول بر اثرات زیست محیطی آن در مرحله کاشت برنج تا برداشت آن است که هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات زیست محیطی (پتانسیل گرمایش، اسیدیته و یورتیفیکاسیون) در شرایط مختلف کشت برنج است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر به طبقه‌بندی و کمی‌سازی اثرات زیست محیطی تولید شلتوک برنج با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) پرداخته شد. روش ارزیابی چرخه حیات در پژوهش حاضر دارای ۴ مرحله هدف و میدان کاری، صورت‌برداری از چرخه حیاتی (LCI)، ارزیابی تأثیر در چرخه حیاتی و تفسیر بود. مرحله تولید شامل کشت‌های رایج برنج (محلی و پرمحصول) با استفاده از دو روش کشت (مرسوم و مکانیزه) در سه استان شمالی کشور ایران (مازندران، گیلان و گلستان) بود. واحد کارکردی مورد استفاده برای یک تن شلتوک در نظر گرفته شد، به‌این معنی که اثرات زیست‌محیطی به ازای یک تن وزن شلتوک برداشت شده از سطح زمین محاسبه می‌شود. از آنجا که سیستم تولید شلتوک دارای دو محصول خروجی شامل دانه‌های شلتوک و کاه است و از آنجا که تحقیق حاضر به بررسی روند چرخه LCA در مرحله تولید می‌پردازد. تمامی مقادیر آلاینده‌های انتشار یافته به محیط زیست در اثر استفاده از انواع مختلف نهاده‌ها، بر مبنای واحد مرجع و بر اساس استاندارد بین‌المللی (ISO14044) برآورد گردید (برنتراپ و همکاران، ۲۰۰۴). ضرایب مربوط به تولید گازهای آلاینده و گلخانه‌ای برای تولید نهاده‌های کشاورزی شامل انواع کودها و سموم (فلوگ و همکاران، ۲۰۱۷)، مصرف نهاده‌ها کشاورزی (برنتراپ و همکاران، ۲۰۰۰، آی پی سی سی، ۲۰۱۳، برتی و همکاران، ۲۰۱۷، گازول و همکاران، ۲۰۰۷، سیندر و همکاران، ۲۰۰۹، کرامر و همکاران، ۱۹۹۹)، گازوییل و الکتریسته (تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵)، و گاز متان (CH_4) تولید شده در سطح مزرعه برنج از (رایینی سرجاز و بخت فیروز، ۱۳۹۲) بدست آمد. در مرحله ارزیابی اثرات، تفسیر بیشتر ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید شلتوک می‌باشد که دارای سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی می‌باشد. در بخش طبقه‌بندی به بررسی گروههای تأثیر مانند گرمایش جهانی، اسیدیته و یورتیفیکاسیون خشکی، ارتباط بین میزان مصرف سوخت، انرژی و نهاده‌های کشاورزی در طول فرآیندهای کاشت تا برداشت شلتوک با انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر برای تولید یک تن شلتوک با اثر مربوطه (جدول ۱) بررسی گردید.

جدول ۱: ضرایب مختلف مربوط به طبقه‌بندی، وزن‌دهی و نرمال‌سازی شاخص‌های زیست محیطی

Classification of impacts			
Impact category (unit)	Compounds	Potential of compounds	Reference
Global warming (kg CO_2-eq)	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2=1, CH_4=34, N_2O=298	سیندر و همکاران، ۲۰۰۹
Acidification (kg SO_2-eq)	SO_2, NO_x, NH_3	SO_2=1.2, NO_x=0.5, NH_3=1.6	برنتراپ و همکاران، ۲۰۰۴
Utrophication (kg NO_x-eq)	NH_3, NO_x	NH_3=4.4, NO_x=1.2	برنتراپ و همکاران، ۲۰۰۴
Weighting and normalization factors			
Impact category	Normalization factor (unit)	Weighting factor	Reference
Global warming	8134 (kg CO_2-eq)	1.05	نیکخواه و همکاران، ۲۰۱۵
Acidification	52 (kg SO_2-eq)	1.8	نیکخواه و همکاران، ۲۰۱۵
Terrestrial eutrophication	63 (kg NO_x-eq)	1.4	نیکخواه و همکاران، ۲۰۱۵

با توجه به مشخص نبودن اهمیت مقادیر بدست آمده در بخش طبقه‌بندی، در بخش نرمال‌سازی سهم اثرات شاخص زیست محیطی مورد مطالعه، در کل اثرات زیست محیطی یک منطقه تعیین شده و در مرحله وزن‌دهی هر شاخص بر اساس شدت آسیب به محیط زیست، وزن مخصوص به خود می‌گیرد. همچنین به منظور محاسبه و تفسیر نتایج لازم است تا شاخص نهایی برای شاخص‌های مختلف استخراج گردد که بدین منظور باید شاخص نرمال‌شده را در فاکتور وزن‌دهی ضرب گردد.

نتایج و بحث

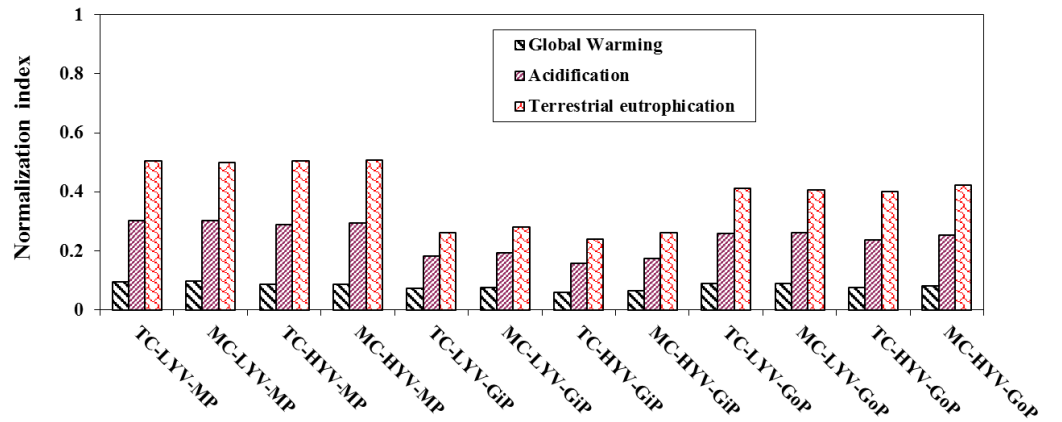
به منظور تعیین سه اثر مهم زیست محیطی (گرمایش جهانی، اسیدیته و یوتریفیکاسیون) مقادیر معادل گاز CO_2 برای محاسبه گرمایش جهانی، SO_2 برای محاسبه اسیدیته و NO_x برای محاسبه یورتیکفیکاسیون خشکی بدست آمد. مقایسه نتایج بدست آمده از شرایط مختلف کشت نشان می‌دهد که بالاترین مقدار معادل CO_2 در کشت مکانیزه، رقم محلی و در استان مازندران به میزان ۷۸۲/۶۳ کیلوگرم و پایین‌ترین مقدار معادل CO_2 در کشت مکانیزه، رقم پرمحصول و در استان گیلان به میزان ۵۱۶/۱۳ کیلوگرم برای تولید یک تن محصول بدست آمد. بالاترین مقدار معادل SO_2 در کشت سنتی، رقم محلی و در استان مازندران به میزان ۱۵/۷۲ کیلوگرم و پایین‌ترین مقدار معادل SO_2 در کشت سنتی، رقم پر محصول و در استان گیلان به میزان ۸/۱۵ کیلوگرم به ازای تولید یک تن محصول بدست آمد. همچنین بالاترین مقدار معادل NO_x در کشت مکانیزه، رقم پرمحصول و در استان مازندران به میزان ۳۲/۰۳ کیلوگرم و پایین‌ترین مقدار معادل NO_x در کشت سنتی، رقم پر محصول و در استان گیلان به میزان ۱۵/۰۷ کیلوگرم به ازای تولید یک تن محصول بدست آمد. مقایسه نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در بین استان‌ها، استان مازندران بالاترین میزان تخریب محیط زیست را برای تولید یک تن محصول شلتوک برنج دارد. یکی از دلایل بالا بودن گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در استان مازندران، مصرف بالای کودهای شیمیایی است در حالی مصرف این کودها در استان‌های گیلان و گلستان به نسبت کمتر می‌باشد. نتایج مشابهی توسط کاظمی و همکاران ۲۰۱۵ در بررسی جریان انرژی مصرفی در کشت برنج در شمال ایران گزارش شد. نتایج این تحقیق نشان داد که استان مازندران بیشترین مصرف کودهای شیمیایی را نسبت به دو استان دیگر (گیلان و گلستان) دارد. در کنار اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، به منظور کاهش این صدمات و کاهش هزینه‌های خرید این کودها لازم است تا میزان مناسب این عنصر در بوم نظام‌های زراعی بر اساس نیاز گیاه، شرایط آب و هوایی، حاصلخیزی خاک، روش استفاده و محتوی رطوبتی خاک به دقت مدنظر قرار گیرد. نتایج بدست آمده در جدول ۲ نشان داد که کشت

مکانیزه نسبت به کشت مرسوم سبب تولید بیشتر گازهای آلاینده و گلخانه‌ای می‌گردد. دلیل این امر استفاده از سوخت مصرفی در بکارگیری و راه‌اندازی انواع ماشین‌ها، تجهیزات و مکانیزاسیون کشاورزی بوده و بدنبال آن سهم گازهای آلاینده و گلخانه‌های را در کشت مکانیزه نسبت به کشت افزایش داشت. نتایج بدست آمده از پژوهش یودخوم و همکاران، ۲۰۱۷ نشان داد که میزان سوخت مصرفی در شمال کشور تایلند برای کشت برنج ارگانیک ۷۵ لیتر بود که البته در کشور ایران این مقدار بسیار بالاتر می-باشد. دلیل این امر در کنار سهم بالای مکانیزاسیون در کشت برنج، باید نقش فرسوده و کهنه بودن ادوات و ماشین‌ها را نیز در نظر گرفت که خود این امر نیز نقش مهمی در مصرف بالای سوخت دارد. همچنین مقایسه گازهای گلخانه‌ای و آلاینده تولیدی در کشت ارقام محلی و پرمحصول نشان داد که تولید این گازها به ازای هر تن ارقام پرمحصول کمتر از ارقام محلی می‌باشد. دلیل این امر تولید بیشتر شلتوک برنج در کشت ارقام پر محصول نسبت به رقم بومی بود. نتایج بدست آمده با نتایج ارائه شده توسط (کاظمی و همکاران، ۲۰۱۵ و آقاعلیخانی و همکاران، ۲۰۱۳) مطابقت داشت.

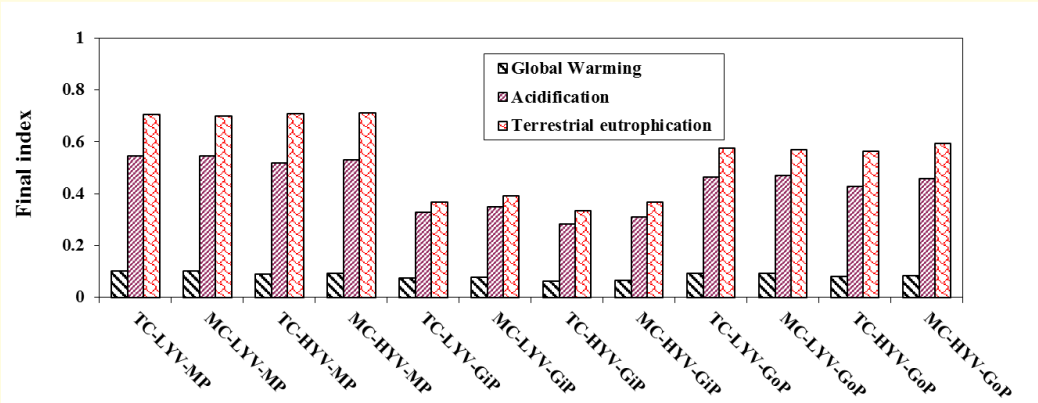
جدول ۲: کل گازهای معادل انتشار یافته در سیستم کشت مختلف

Impact category	kg Sum eq CO_2	kg Sum eq SO_2	kg Sum eq NO_x
Traditional Cultivation-Low Yield- Mazandaran Province (TC-LY-MP)	778.28	15.72	31.77
Mechanized Cultivation- Low Yield- Mazandaran Province (MC-LY-MP)	782.63	15.71	31.38
Traditional Cultivation-High Yield- Mazandaran Province (TC-HY-MP)	695.26	14.96	31.81
Mechanized Cultivation- High Yield- Mazandaran Province (MC-HY-MP)	715.03	15.28	32.03
Traditional Cultivation-Low Yield- Gilan Province (TC-LY-GiP)	582.53	9.47	16.53
Mechanized Cultivation- Low Yield- Gilan Province (MC-LY-GiP)	604.29	10.08	17.59
Traditional Cultivation-High Yield- Gilan Province (TC-HY-GiP)	473.95	8.15	15.07
Mechanized Cultivation- High Yield- Gilan Province (MC-HY-GiP)	516.13	8.98	16.47
Traditional Cultivation-Low Yield- Golestan Province (TC-LY-GoP)	719.37	13.39	25.91
Mechanized Cultivation- Low Yield- Golestan Province (MC-LY-GoP)	727.73	13.61	25.63
Traditional Cultivation-High Yield- Golestan Province (TC-HY-GoP)	621.70	12.38	25.29
Mechanized Cultivation- High Yield- Golestan Province (MC-HY-GoP)	658.26	13.219	26.64

نتایج بدست آمده حاصل از نرمال‌سازی (شکل ۱) و پارامتر نهایی (شکل ۲) داده‌های زیست محیطی نشان داد که بالاترین میزان این دو شاخص در کشت مکانیزه، رقم پر محصول و در استان مازندران و پایین‌ترین میزان این شاخص‌ها در کشت مرسوم، رقم پرمحصول و در استان گیلان بدست آمد. مقایسه مقادیر سه شاخص زیست‌محیطی (گرمایش جهانی، اسیدیته و یوتریفیکاسیون) بدست آمده نشان داد که اگرچه مقادیر معادل تولید گاز Co_2 نسبت به دو گاز معادل دیگر (جدول ۱) بالا می‌باشد اما در نهایت اثرگذاری و تخریب بیشتر محیط زیست توسط گاز معادل NO_x اتفاق می‌افتد. نتایج بدست آمده در شکل ۲ نشان داد که بالاترین نسبت تخریب یوتریفیکاسیون به گرمایش جهانی در کشت مرسوم، رقم پرمحصول و در استان مازندارن به میزان ۷/۸۸ برابر و پایین‌ترین سطح این نسبت در کشت مرسوم، رقم کم‌محصول و در استان گیلان به میزان ۴/۸۹ برابر بود. همچنین بالاترین نسبت تخریب و یوتریفیکاسیون به اسیدیته در کشت مرسوم، رقم پرمحصول و در استان مازندارن به میزان ۱/۳۶ برابر و پایین‌ترین سطح این نسبت در کشت مرسوم، رقم کم‌محصول و در استان گیلان به میزان ۱/۱۲ برابر بود. دلیل بالا بودن میزان یوتریفیکاسیون نسبت به دو پارامتر دیگر، مصرف بالای کودهای شیمیایی برای افزایش تولید محصول می‌باشد. مصرف کودهای شیمیایی سبب تولید مقادیر زیادی گازهای NH_3 و NO_X شده و با توجه به ضریب بالای این دو گاز (جدول ۱) در ایجاد یوتریفیکاسیون، شاخص نهایی تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد. اگرچه بوم نظام‌های تولید زراعی با عملکرد بالا الزاماً با مشکلات زیست‌محیطی در تضاد نیستند، ولی بکارگیری بیش از حد نهاده‌ها و عملیات زراعی به ویژه کودهای نیتروژنه با افزایش مستقیم و غیرمستقیم انتشار انواع آلاینده‌ها به محیط زیست طی فرآیند تولید و مصرف آن، سبب تشدید بروز اثرات زیست محیطی می‌شود.



شکل ۱: شاخص‌های نرمال‌شده پارامترهای زیست محیطی در تیمارهای مختلف کشت برنج



شکل ۲: شاخص‌های نهایی پارامترهای زیست محیطی در تیمارهای مختلف کشت برنج

منابع

بخت فیروز، ع.، رایینی سرجاز، م.، ۱۳۹۲. اثر سامانه‌های زهکشی شالیزار بر افت گسیل گاز گلخانه‌ای متان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۴ (۱): ۱-۱۰.

AghaAlikhani M., Kazemi-Poshtmasari H., Habibzadeh F. (2013). Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. Energy Conversion and Management 69: 157–162.

Berti M, Johnson B, Ripplinger D, Gesch R, Aponte A. 2017. Environmental impact assessment of double- and relay-cropping with winter camelina in the northern Great Plains, USA. Agricultural Systems 156; 1-12.

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., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., and Kuhlmann, H. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. European of Agronomy Journal 20: 265-279.

Flugge, M., J. Lewandrowski, J. Rosenfeld, C. Boland, T. Hendrickson, K. Jaglo, S. Kolansky, K. Moffroid, M. Riley-Gilbert, and D. Pape, 2017. A Life-Cycle Analysis of the Greenhouse Gas Emissions of Corn-Based Ethanol. Report prepared by ICF under USDA Contract No. AG-3142-D-16-0243.

Gasol, C.M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, P., Solano, M.L., and Rieradevall, J. 2007. Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in southern Europe. Biomass and Bioenergy 31(8): 543-555.

Kazemi H, Kamkar B, Lakzaei S, Badsar M, Shahbyki M (2015) Energy flow analysis for rice production in different geographical regions of Iran. Energy 84 (2015) 390-396.
Kramer K.J., Moll H.C., Nonhebel S. 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. Agriculture, Ecosystems and Environment 72:9-16.
Nabavi-Pelesaraei A, Rafiee S, Mohtasebi SS, Hosseinzadeh-Bandbafha H, Chau K. Energy consumption enhancement and environmental life cycle assessment in paddy production using optimization techniques. Journal of Cleaner Production 162 (2017) 571-586.
Nikkhah, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., Taheri-Rad, A., Khorramdel, S., 2015. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. J. Clean. Prod. 92, 84-90.
Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems and Environment 133(3–4): 247-266.
Tzilivakis J., Warner D.J., May M., Lewis K.A., Jaggard K. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (Beta vulgaris) production in the UK. Agricultural Systems 85 (2005) 101–119.
Yodkhum, S., Gheewala, S. H., Sampattagul, S., 2017. 2017. Life cycle GHG evaluation of organic rice production in northern Thailand. J. Environ. Manage. 196, 217-223.

Comparison of the environmental impacts of paddy production in three northern provinces

A. Motevali[1*]., S.J. Hashemi[2]., R. Tabatabaei Koloor[3]
1- Dept. of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2- Dept. of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3- Dept. of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

*Corresponding author email:a.motevali@sanru.acir

Abstract:
Rice is globally counted as a highly important food. Among its production processes, paddy production, drying and whitening are energy-intensive that leave environmental impact. The study analyzes the environmental parameters for the growth of two rice paddy varieties (low-yield and high-yield) in three Northern provinces of Iran (Mazandaran, Guilan and Golestan) using two mechanized and traditional planting methods. Results show that the highest final index values global warming, acidification and utrophication in paddy cultivation was 0.101, 0.544 and 0.706 respactively (Mazandaran province), and the lowest final index values global warming, acidification and utrophication was 0.0611, 0.282, 0.335 respactively (Giluan province).

Keywords: Global warming**,** Acidification**,** Utrophication, Paddy