

Investigating the effect of input consumption on land depletion and the potential for damage to environmental pollutants in the climatic conditions of Gorgan and Zahedan

Mohsen.Noori¹, Salim Farzaneh², Alireza Shahriari^{3*}, Seyed Raouf Seyed Sharifi⁴

1. PhD Student, Dept. of Production and Plant Genetics, Ardabil University of MohagheghArdabili. Ardabili, Iran.
2. Assistant Professor, Dept. of Production and Plant Genetics, Ardabil University of MohagheghArdabili. Ardabili, Iran.
3. *Corresponding Author*, Assocaite lanscape Design Engineering Department, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
4. Professor, of Dept. of Production and Plant Genetics, Ardabil University of MohagheghArdabili. Ardabili, Iran.

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Research Article</p> <p>Article history: Received: 08 July 2021 Revised: 17 January 2022 Accepted: 06 February 2022</p> <p>Keywords: Fossil resource depletion, Climate change, Eco-X index, Global warming, One ton of forage.</p>	<p>Nowadays, following the development of agriculture, there are concerns about adverse environmental consequences such as water, soil, air pollution, reduced fertility, soil erosion, and depletion of resources based on the use of non-renewable inputs that need to be addressed. It's about. This study was conducted to investigate the effect of input consumption on land depletion and the potential for damage to environmental pollutants in the climatic conditions of Gorgan and Zahedan during the 2019-2020 crop year. In this study, the fuel consumption of diesel, water, vermicompost fertilizer, use of nitrogen fertilizer nano-chelate, phosphorus nano-chelate and potassium nano-chelate, and complete use of chemical fertilizer (from urea, triple superphosphate, and potassium sulfate) as inputs were considered prone to environmental damage. In general, for the production of one ton of portulaca oleracea, Gorgan city creates less environmental burdens than Zahedan city due to less consumption of inputs in all sectors. Based on the results of the final index, it can be concluded that among the impact groups, the impact group of global warming with a value of 5.819 kg (kg CO₂ eq.) in Zahedan city and 5.814 kg (kg CO₂ eq.) in Gorgan city in the production of one ton of portulaca oleracea has more potential for environmental damage than other impacts, then the impact group of fossil resources depletion at the rate of 4.489 MJ / kg (kg equivalent to crude oil) in both Zahedan and Gorgan has the potential Environmental damage. Based on the evaluation results of the environmental index (Eco-X) and resource depletion index (RDI) for the production of one ton of portulaca oleracea, Zahedan city has a higher environmental index (Eco-X = 5.819) than Gorgan city (Eco-X = 814.5) showed and created more environmental burdens. However, the resource depletion index (RDI), considering the 100-year target time interval, which means the time when the resource is expected to be available, is for Zahedan city (RDI = 7.677) and Gorgan city was calculated at the rate of (RDI = 5.945).</p>
<p>Cite this article: Noori, M., Farzaneh, S., Shahriari, A., Seyed Sharifi, S. (2022). Investigating the effect of input consumption on land depletion and the potential for damage to environmental pollutants in the climatic conditions of Gorgan and Zahedan. Journal of Natural Environmental Hazards, 11(31), 193 -206. DOI: 10.22111/jneh.2022.39174.1827</p>	
<p>© Alireza Shahriari Publisher: University of Sistan and Baluchestan DOI: 10.22111/jneh.2022.39174.1827</p>	

* Corresponding Author Email: ali_shahriari@eco.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره یازدهم، شماره ۳۱، بهار ۱۴۰۱

بررسی تأثیر مصرف نهاده‌ها بر تخلیه منابع زمین و پتانسیل آسیب آلاینده‌های

زیست محیطی در شرایط اقلیمی گرگان و زاهدان

محسن نوری^۱، سلیم فرزانه^۲، علیرضا شهرياری^{۳*}، رئوف سید شریفی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲. استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳. دانشیار، گروه فضای سبز، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول)

۴. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	امروزه به دنبال توسعه کشاورزی، نگرانی‌هایی در مورد پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و تخلیه منابع بر پایه استفاده از نهاده‌های غیرقابل تجدید به وجود آمده است که نیازمند چاره‌اندیشی در این باره است. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر مصرف نهاده‌ها بر تخلیه منابع زمین و پتانسیل آسیب آلاینده‌های زیست‌محیطی، طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در دو شهرستان گرگان و زاهدان انجام شد. در این پژوهش مصرف سوخت گازوئیل، آب، کود ورمی کمپوست، مصرف نانو کلات کود نیتروژن، نانو کلات کود فسفر و نانو کلات کود پتاسیم و مصرف کامل کود شیمیایی (از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به عنوان نهاده‌های ورودی مستعد آسیب به محیط‌زیست در نظر گرفته شدند. به‌طور کلی به ازای تولید یک تن علوفه خرفه، شهرستان گرگان به دلیل مصرف کمتر نهاده‌ها در تمامی بخش‌های اثر بارهای محیطی کمتری نسبت به شهرستان زاهدان ایجاد می‌کند. بر اساس نتایج شاخص نهایی، می‌توان نتیجه گرفت که از بین گروه‌های تأثیر، گروه تأثیر گرمایش جهانی با مقدار ۵/۸۱۹ کیلوگرم معادل با کیلوگرم CO ₂ در شهرستان زاهدان و مقدار ۵/۸۱۴ کیلوگرم معادل با کیلوگرم CO ₂ در شهرستان گرگان در تولید یک تن علوفه خرفه نسبت به سایر اثرات دارای پتانسیل آسیب زیست‌محیطی بیشتری می‌باشد، پس از آن نیز تخلیه منابع فسیلی به میزان ۴/۴۸۹ مگاژول بر کیلوگرم (کیلوگرم معادل نفت خام) در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان دارای پتانسیل آسیب زیست‌محیطی است. بر اساس نتایج ارزیابی شاخص زیست‌محیطی (Eco-X) و شاخص تخلیه منابع (RDI) به ازای تولید یک تن علوفه خرفه، شهرستان زاهدان شاخص زیست‌محیطی (Eco-X = ۵/۸۱۹) بالاتری را نسبت به شهرستان گرگان (Eco-X = ۵/۸۱۴) نشان داد و فشارهای محیطی بیشتری ایجاد کرد. اما شاخص تخلیه منابع (RDI) باتوجه به در نظر گرفتن بازه زمانی هدف ۱۰۰ ساله به معنای مدت زمانی که پیش‌بینی می‌شود منبع مورد نظر در دسترس باشد، برای شهرستان زاهدان به میزان ۷/۶۷۷ = RDI و برای شهرستان گرگان به میزان (RDI = ۵/۹۴۵) محاسبه گردید.
واژه‌های کلیدی: تخلیه منابع فسیلی، تغییرهای اقلیمی، شاخص Eco-X، گرمایش جهانی، یک تن علوفه.	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۷	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۷	

استناد: نوری، محسن، فرزانه، سلیم، شهرياری، علیرضا، سید شریفی، رئوف. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر مصرف نهاده‌ها بر تخلیه منابع زمین و پتانسیل

آسیب آلاینده‌های زیست محیطی در شرایط اقلیمی گرگان و زاهدان. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۱)، ۲۰۶-۱۹۳.

DOI: 10.22111/jneh.2022.39174.1827

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان



© محسن نوری، سلیم فرزانه، علیرضا شهرياری، رئوف سید شریفی.

مقدمه

امروزه، تغییر اقلیم از جمله مسائل مهم محیط‌زیستی در جهان است (Oliviera et al., 2020). پدیده تغییر اقلیم، یکی از مهم‌ترین مشکلات فراروی تولید محصولات کشاورزی و دستیابی به امنیت غذایی محسوب می‌شود و به شدت مناطق مختلف جهان از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تأثیر قرار داده است (IPCC, 2013). در طی ۱۰۰ سال گذشته، میانگین دمای سطح زمین به میزان ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. در طی ۱۰۰ سال آینده، اقلیم‌شناسان پیش‌بینی کرده‌اند که میانگین دمای سطح زمین همچنان بالا برود (IPCC, 2014). دانشمندان بر این باورند که انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی انسان موجب افزایش قابل‌ملاحظه غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین گردیده است (Damm et al., 2017). مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای به ترتیب اثرات گرمایشی آنها عبارتند از: دی‌اکسید کربن، متان، کلروفلور کربن‌ها، اکسید نیتروژن، ازن و بخار آب (Shaemi Barzaky and Nokhndan Habibi, 2009). این گازها به‌طور طبیعی در جو زمین وجود دارند؛ اما فعالیت‌های انسانی و آلودگی‌های ناشی از آن، باعث تمرکز بیش‌ازحد طبیعی این گازها در فضای جو شده و پدیده‌ی گرمایش زمین را موجب شده‌اند (Babran, 2007). نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده است، همگی مؤید بروز این پدیده در کشور بوده‌اند (Koocheki and Kamali, 2010). البته این پژوهش‌ها بیشتر بر شاخص‌های اقلیمی تمرکز داشته و اثرات این تغییرها بر تولیدات کشاورزی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر در مورد پدیده تغییر اقلیم در ایران، مستلزم انجام مطالعات گسترده در مقیاس منطقه‌ای و پیش‌بینی واکنش سیستم‌های تولید کشاورزی هر منطقه به این تغییرها می‌باشد (Koocheki and Nasiri Mahalati, 2008).

تولیدات کشاورزی عموماً بر پایه استفاده از منابع محدودی مثل سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و دیگر نهاده‌های غیرقابل تجدید است. نگرانی‌هایی نیز در مورد مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و تخلیه منابع وجود دارد (Nabavi-Pelesaraei et al., 2018). به دنبال توسعه کشاورزی، پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی رخ خواهد داد که نیازمند چاره‌اندیشی در این باره است (Prechsl et al., 2017; Jafari et al., 2018; Amiri et al., 2019; 2020). مطالعه جنبه‌های محیطی تولید محصولات کشاورزی بر کیفیت اکوسیستم از اهمیت بالایی برخوردار است (MacWilliam et al., 2014). جهت دستیابی به پایداری در بخش کشاورزی لازم است تا منابع تولید از جمله آب و زمین به بهترین وجه ممکن استفاده شوند تا ضمن کاهش مصرف منابع، سودآوری و رفاه کشاورزان افزایش یابد (Mardani Najafabadi et al., 2019).

بر این اساس، امروزه اکثر مصرف‌کنندگان متعهد به محیط‌زیست، حساسیت ویژه‌ای بر شاخص‌های زیست‌محیطی از فرآیند تولید تا مصرف محصول دارند. پژوهشگران ابزارهای پژوهشی مختلف را توسعه داده‌اند تا ضمن تحلیل چرخه تولید محصول پیشنهادهایی برای بهبود تمام مراحل تولید به جهت ارتقاء کارایی محیطی داشته باشند (Yue et al., 2016; Crop et al., 2019). ارزیابی چرخه حیات (LCA) از روش‌های ارزیابی اثرات محیطی است که بر مبنای ارزیابی اثرات ناشی از تولید یک محصول، فرآیند و یا یک فعالیت به‌وسیله تشخیص و کمی‌سازی انرژی و مواد

¹ Life Cycle Assessment

استفاده‌شده و ضایعات و پسماندهای تولیدی توسعه یافته است (Esmailzadeh et al., 2020; Rafiee et al., 2014).

در یک پروژه ارزیابی چرخه حیات تمام فرآیندهای تولید یک محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا دفع پسماندهای باقیمانده از مصرف آن محصول مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن جهت کاهش تأثیرهای مخرب زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Auer et al., 2017). بر اساس تعریف استاندارد ISO، ارزیابی چرخه حیات ابزاری است برای سنجش پیامدهای محیطی یک محصول، فرآیند یا عملیات ویژه در طی چرخه حیات آن یا به عبارت دیگر آغاز تا انجام روند شکل‌گیری آن محصول یا فرآیند (Valiante et al., 2019).

خرقه^۱ گیاهی یک ساله و چهار کربنه از خانواده پرتولاکاسه^۲ است. این گیاه بومی ایران بوده (اسدی و همکاران، ۱۳۸۵) و به تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی مقاوم می‌باشد (کافی و رحیمی، ۱۳۸۹؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). در بسیاری از کشورهای دنیا برای اهداف گوناگون از جمله تغذیه انسان، صنایع تبدیلی و دارویی کاربرد دارد (جواد و همکاران، ۱۳۹۶؛ یوسفیان قهفرخی و همکاران، ۱۳۹۶). اما با توجه به پایین آمدن سطح آب‌های زیرزمینی در کشور و با در نظر گرفتن شرایط کم‌آبی کشور و همچنین، گرایش به بکارگیری ماشین‌آلات و استفاده فشرده از کودهای شیمیایی و آلی علاوه بر بروز مشکلات زیست‌محیطی همچون گرمایش جهانی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع آب و تخلیه منابع غیر زنده و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی را نیز موجب شده است.

بدین ترتیب، باتوجه به اهمیت ارزیابی چرخه حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش، بررسی و مقایسه اثرات زیست‌محیطی این نظام‌ها در دو منطقه تحت کشت باتوجه به پتانسیل محلی و محیطی متأثر از آب، خاک، هوا و اقلیم طبیعی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. بنابراین می‌توان با بررسی نتایج و جمع‌آوری داده‌های مستند و علمی و ایجاد بانک داده وسیع از مناطق جغرافیایی مختلف، اقدام به چاره‌اندیشی در رابطه با تغییرهای اقلیم و پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی کرد. کیفیت داده‌های جمع‌آوری شده به منظور تحلیل ورودی‌ها و خروجی‌های چرخه حیات در اجرای موفق ارزیابی چرخه حیات همواره یک عامل بحرانی محسوب می‌شود. دستیابی به داده‌های معتبر عامل مهمی در پیشرفت و استفاده از ارزیابی چرخه حیات در مدیریت محیط‌زیست است (Manfredi and Vignali, 2014). بر این اساس ضمن تحلیل چرخه تولید محصول، منابع تولید از جمله آب و زمین به بهترین وجه ممکن استفاده شده و علاوه بر کاهش مصرف منابع، می‌توان پیشنهادهایی برای بهبود تمام مراحل تولید به جهت ارتقاء کارایی محیطی ارائه داد.

به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش، سوالات زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۱) شاخص زیست‌محیطی (Eco-X) و شاخص تخلیه منابع (RDI) برای دو منطقه گرگان و زاهدان چگونه خواهد بود؟

۲) کدام گروه تأثیر، سهم بیشتری در تخلیه منابع زمین و بروز گرمایش جهانی دارد؟

۳) کدامیک از ترکیبات آلاینده در گروه تأثیر مربوطه، پتانسیل آسیب بیشتری دارد؟

¹ *Portulaca oleracea* L.

² *Portulacaceae*

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر مصرف نهاده‌ها بر تخلیه منابع زمین و پتانسیل آسیب آلاینده‌های زیست‌محیطی طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در دو شهرستان گرگان و زاهدان انجام شد. شهرستان زاهدان، با مختصات جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۲ دقیقه و ۲۵ ثانیه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۷۳ متر از سطح دریا قرار دارد. اقلیم این منطقه از نوع معتدل خشک و نیمه کوهستانی می‌باشد. شهرستان گرگان نیز با طول جغرافیایی ۵۴/۲۶ و عرض جغرافیایی ۳۶/۵۰ در ارتفاع حدود ۱۶۰ متر از سطح دریا واقع شده است. این منطقه از نظر هواشناسی جزء مناطقی با آب و هوای معتدل خزری یا مدیترانه‌ای است.

نتایج آزمون خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه هر دو منطقه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: خصوصیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مناطق مورد آزمایش

مکان	بافت	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)
							(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
زاهدان	شن لومی	۱۲	۲۴	۶۴	۰/۱۳	۰/۰۱	۳	۲۴۰	۸/۰۶	۶/۹۹
گرگان	لوم سیلتی	۳۲/۸	۴۴	۲۳/۲	۱/۵۸	۰/۱۴	۱۱/۳	۳۳۵	۷/۷۳	۱/۰۷

ارزیابی چرخه حیات (LCA)

ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله تعیین هدف و حوزه مطالعه، صورت‌برداری، ارزیابی اثر و تفسیر نتایج است (Valiante et al., 2019).

مرحله اول: بیان هدف و واحد کارکردی

در این تحقیق هدف از پژوهش بررسی تأثیرهای زیست‌محیطی تولید خرفه در شهرستان‌های زاهدان و گرگان به روش ارزیابی چرخه حیات در قالب گروه‌های گرمایش جهانی، تخلیه منابع فسفوری، تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاس بود. در این پژوهش واحد کارکردی به ازای تولید "یک تن علوفه" و مرز سیستم "دروازه مزرعه" در نظر گرفته شد. علوفه خشک پس از جداسازی دانه، از قراردادن اندام‌های هوایی در آون دیجیتال (مدل PTN 55، ساخت شرکت پارس طب نوین کشور ایران) با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷۲ ساعت و پس از توزین آنها به دست آمد. جهت محاسبه عملکرد علوفه خشک از میانگین مجموع عملکرد دو برداشت (دو چین) استفاده شد.

مرحله دوم: تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های چرخه حیات

در این بخش مقادیر تمام نهاده‌های ورودی که برای تولید محصول لازم است و مقادیر خروجی‌ها شامل آلاینده‌های انتشار یافته به محیط‌زیست در اثر استفاده از این نهاده‌ها، باتوجه به مرزهای سامانه تعیین و بر مبنای واحدهای کارکردی محاسبه می‌شوند (Kylili et al., 2016).

الف) برآورد ورودی‌های سامانه

در این پژوهش مصرف سوخت گازوئیل، آب، کود ورمی‌کمپوست، مصرف نانو کلات کود نیتروژن، نانو کلات کود فسفر و نانو کلات کود پتاسیم و مصرف کامل کود شیمیایی (از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به عنوان نهاده‌های ورودی مستعد آسیب به محیط‌زیست در نظر گرفته شدند. از آنجا که طی عملیات مکانیزه برای تولید علوفه خرفه در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان از تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ استفاده شد، بنابراین میزان سوخت مصرفی به ازای تولید یک تن علوفه خرفه با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\text{رابطه (۱)} \quad P_{\text{PTO}} \times 3.78 \times 0.73 \times 0.06 = \text{میزان سوخت مصرفی (l.hr}^{-1}\text{)}$$

در این مطالعه PTO قدرت یا قدرت متعارفی تراکتور در محور توان‌دهی می‌باشد که برابر با ۰/۷۵ قدرت اسمی موتور (۱۱۰ اسب بخار) و ضریب ۳/۷۸ برای تبدیل واحد سوخت از گالن در ساعت به لیتر در ساعت در نظر گرفته شد (کوچکی، ۱۳۷۳). در نهایت باتوجه به زمان اجرای عملیات مکانیزه (۹ ساعت در هکتار) شامل شخم، دیسک، لولر و جوی و پشته و میزان گازوئیل مصرفی برای تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ (۱۳/۶ لیتر در ساعت) میزان کل گازوئیل مصرفی (۱۲۲/۴ لیتر در هکتار) محاسبه گردید.

میانگین عملکرد علوفه در شهرستان زاهدان (۳/۶۵۴۸ تن در هکتار) و در شهرستان گرگان (۳/۹۷۸۶ تن در هکتار) به‌دست آمد. بر این اساس میزان سوخت مصرفی به ازای تولید "یک تن علوفه" خرفه در دو شهرستان زاهدان و گرگان به‌ترتیب ۳۳/۴۹ لیتر و ۳۰/۷۶ لیتر و با تبدیل واحد بر حسب کیلوگرم به منظور ارزیابی میزان انتشار آلاینده-ها به‌ترتیب ۲۷/۸۶ و ۲۵/۵۹ کیلوگرم محاسبه گردید.

به‌منظور برآورد میزان آب مصرفی باتوجه به اینکه آب‌دهی چاه به‌طور متوسط (w) لیتر بر ثانیه می‌باشد و آب‌دهی هر هکتار (t) ساعت زمان نیاز دارد، (m) میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری بر اساس رابطه (۲) برابر است با:

$$\text{رابطه (۲)} \quad w \times t \times 3600 = \text{mm}^3$$

در این پژوهش میزان آب‌دهی چاه به‌طور متوسط ۳۰ لیتر بر ثانیه و آب‌دهی هر هکتار ۸ ساعت زمان نیاز دارد، به این ترتیب میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری ۸۴۶ متر مکعب برآورد گردید. این مقدار نشان می‌دهد که عمق آب آبیاری در هر دور آبیاری ۸/۴۶ سانتی‌متر بوده است. میزان آب مصرفی در طول دوره رشد (y دوره آبیاری) برابر با n مترمکعب در هکتار مزرعه خرفه می‌باشد (رابطه ۳).

$$\text{رابطه (۳)} \quad m \times y = \text{nm}^3$$

بر این اساس میزان آب مصرفی در طول دوره رشد خرفه در شهرستان زاهدان با ۱۵ دور آبیاری برابر با ۱۲۹۶۰ مترمکعب در هکتار و در شهرستان گرگان با ۲۰ دور آبیاری برابر با ۱۷۲۸۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردید.

میانگین عملکرد علوفه خرفه در شهرستان زاهدان (۳/۶۵۴۸ تن در هکتار) و در شهرستان گرگان (۳/۹۷۸۶ تن در هکتار) به‌دست آمد. بنابراین میزان آب مصرفی در طول دوره رشد به ازای تولید "یک تن علوفه" خرفه در دو شهرستان زاهدان و گرگان به ترتیب ۳۵۴۶/۰۲ مترمکعب و ۴۳۴۳/۲۳ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید.

میزان انواع کود مصرفی برای تولید علوفه خرفه شامل مصرف کودهای نانو بر اساس تیمار مورد مطالعه برای نانو نیتروژن (از طریق محلول‌پاشی با نسبت ۳ در هزار)، برای نانو فسفر (از طریق محلول‌پاشی با نسبت ۲ در هزار) و نانو

کلات پتاسیم (از طریق محلول پاشی با نسبت ۲ در هزار) و مصرف سطوح مختلف ورمی کمپوست شامل پنج، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار بودند. میزان کود شیمیایی اوره مصرفی برای تولید علوفه خرفه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. باتوجه به اینکه ۴۶ درصد از کود اوره را نیتروژن تشکیل می‌دهد، مقدار کود اوره به صورت میزان نیتروژن در محاسبات لحاظ شد. میزان کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و برای کود سولفات پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. کود سوپر فسفات تریپل حاوی ۴۵ درصد عنصر فسفر و سولفات پتاسیم حاوی ۴۷ درصد عنصر پتاسیم می‌باشد. در نهایت به منظور برآورد آلاینده‌های منتشر شده از کودهای شیمیایی و آلی میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کود بر حسب کیلوگرم محاسبه و لحاظ گردید (جدول ۲).

جدول ۲: ترکیب عناصر موجود در کودهای به کار رفته در آزمایش (میزان عناصر در کود بر حسب کیلوگرم)

گرگان			زاهدان			میزان مصرف	نوع کود
N	P	K	N	P	K		
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		
۰/۵۱	-	-	۰/۵۱	-	-	۳ لیتر در هزار	نانو نیتروژن
-	۰/۳۴	-	-	۰/۳۴	-	۲ لیتر در هزار	نانو فسفر
-	-	۰/۵۴	-	-	۰/۵۴	۲ لیتر در هزار	نانو پتاسیم
۹۲	۴۵	۷۰/۵	۹۲	۴۵	۷۰/۵	۲۰۰:۱۰۰:۱۵۰	کود شیمیایی NPK
۷۵	۶۵	۶۰	۷۰	۲۱	۵۵	۵ تن در هکتار	ورمی کمپوست
۱۵۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۰۲	۱۱۰	۱۰ تن در هکتار	ورمی کمپوست
۲۲۵	۱۹۵	۱۸۰	۲۱۰	۱۵۳	۱۶۵	۱۵ تن در هکتار	ورمی کمپوست

ب) برآورد خروجی‌های سامانه

خروجی‌ها شامل تمام آلاینده‌هایی است که در اثر مصرف منابع در سامانه مورد مطالعه، به محیط زیست انتشار پیدا می‌کنند. در این پژوهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O از مصرف گازوئیل، انتشار SO_2 و NO_x از کاربرد کودها و میزان تخلیه منابع، شامل مصرف گازوئیل، مصرف آب، مصرف فسفات و مصرف پتاسیم در نظر گرفته و برآورد شدند.

ضریب انتشار مهمترین گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسید کربن CO_2 ، اکسید نیتروژن N_2O و متان CH_4 ناشی از سوختن هر لیتر گازوئیل به ترتیب برابر $۲/۷۳$ ، $۱۸/۱ \times ۱۰^{-۶}$ و ۱۷۳×۱۰^{-۶} کیلوگرم (Tzilivakis et al., 2005) و میزان انتشار آلاینده‌های SO_2 و NO_x به ازای سوختن هر لیتر گازوئیل به ترتیب برابر با $۲۲/۲ \times ۱۰^{-۳}$ و ۴×۱۰^{-۳} کیلوگرم است (دهقانی، ۱۳۸۷). یک درصد از نیتروژن کود نیتروژنه به کار رفته در هر هکتار به صورت N_2O -N انتشار پیدا می‌کند. میزان انتشار NO_x به اتمسفر برابر ۱۰ درصد از میزان انتشار N_2O در نظر گرفته شد (Gasol et al., 2007).

مرحله سوم: ارزیابی اثرات زیست محیطی

این بخش به ارزیابی ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه می‌پردازد. این مرحله به سه مرحله طبقه‌بندی^۱، نرمال‌سازی^۱ و وزن‌دهی^۲ تقسیم‌بندی می‌شود (Brenttrup et al., 2004). در مرحله طبقه‌بندی، ضریب و یا وزن هر آلاینده روی

^۱ Characterization

گروه‌های تأثیر مختلف اعمال می‌شود. به این منظور، برای هر یک از گروه‌های تأثیر ناشی از کارکرد اکوسیستم یک ضریب یکسان‌سازی تعریف شد (جدول ۳). به عبارت دیگر، با ضرب کردن مقدار انتشار هر یک از آلاینده‌ها در ضریب تأثیر آن در گروه تأثیر مربوطه، شاخص طبقه‌بندی محاسبه می‌شود. گروه‌های تأثیر مورد مطالعه در این پژوهش و واحدهای سنجش آنها در جدول (۳) آمده‌اند.

جدول ۳: طبقه‌بندی گروه‌های تأثیر مورد بررسی بر اساس نوع آلاینده و ضرایب یکسان‌سازی

گروه تأثیر (واحد)	آلاینده	فاکتور تأثیر
گرمایش جهانی (kg CO ₂ eq.)	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	۲۶۵, N ₂ O= ۳۰, CH ₄ = ۱CO ₂ =
تخلیه منابع آب (m ³)	مصرف آب	۱
تخلیه منابع فسیلی (MJ)*	مصرف گازوئیل	۴۳/۲۰ ^{**}
تخلیه منابع فسفات (kg P ₂ O ₅)	مصرف فسفات	۰/۲۵
تخلیه منابع پتاسیم (kg K ₂ O)	مصرف پتاسیم	۰/۱۰۵

*: مگاژول بر کیلوگرم؛ **: کیلوگرم معادل نفت خام

تا این مرحله، شاخص طبقه‌بندی گروه‌های تأثیر تعیین گردید؛ ولی برای فراهم کردن امکان مقایسه اثرات گروه‌های تأثیر با یکدیگر، ضروری است که این اعداد بی‌بعد شوند (Brenttrup et al., 2004). جهت بی‌مقیاس کردن داده‌ها از فاکتورهای نرمال‌سازی و وزن‌دهی استفاده شد (جدول ۴). بدین ترتیب، شاخص طبقه‌بندی ابتدا بر فاکتور نرمال‌سازی تقسیم و سپس در فاکتور وزن‌دهی ضرب شد تا شاخص نهایی برای هر گروه تأثیر به دست آید.

جدول ۴: فاکتورهای وزن‌دهی و نرمال‌سازی گروه‌های تأثیر مورد بررسی

گروه تأثیر (واحد)	فاکتور نرمال‌سازی	فاکتور وزن‌دهی
گرمایش جهانی (kg CO ₂ eq.)	۷۱۹۲/۹۸	۱/۰۶
تخلیه منابع آب (m ³)	۶۲۶/۳۶	۰/۲۱
تخلیه منابع فسیلی (MJ)	۵۶۸۷۷/۹	۱/۰۵
تخلیه منابع فسفات (kg P ₂ O ₅)	۷/۶۶	۱/۲
تخلیه منابع پتاسیم (kg K ₂ O)	۸/۱۴	۰/۳

مرحله چهارم: تلفیق و تفسیر نتایج

شاخص‌های نهایی شامل شاخص زیست‌محیطی (Eco-X) و شاخص تخلیه منابع (RDI) دسته‌بندی شدند. شاخص زیست‌محیطی در این پژوهش برابر با شاخص نهایی گروه تأثیر گرمایش جهانی طبق رابطه (۴) به دست آمد (Brenttrup et al., 2004).

$$\text{Eco-X} = \sum N_i \times W_i \quad \text{رابطه (۴)}$$

شاخص تخلیه منابع (RDI) در این پژوهش برابر با مجموع شاخص‌های نهایی چهار گروه تأثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، تخلیه منابع فسفات و تخلیه منابع پتاسیم با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد:

$$\text{RDI} = \sum N_i \times WF_i \quad \text{رابطه (۵)}$$

¹ Normalization

² Weighting

در روابط (۴) و (۵) Eco-X: شاخص زیست‌محیطی به ازای واحد کارکردی، RDI: شاخص تخلیه منابع به ازای واحد کارکردی، N_i : مقدار نرمال شده برای گروه تأثیر، W_i و WF_i : فاکتور وزن‌دهی برای هر یک از مقدار N_i است. شاخص زیست‌محیطی و شاخص تخلیه منابع، نشان‌دهنده مجموع اثرات زیست‌محیطی ناشی از انتشار انواع آلاینده‌ها به محیط زیست و میزان مصرف منابع به‌ویژه منابع غیرقابل تجدید است (Brenttrup et al., 2004). به‌منظور دستیابی به نتایج مورد نیاز جهت ارزیابی چرخه حیات از پایگاه داده‌ای OpenLCA Nexus استفاده شد و آنالیز داده‌ها با کمک نرم‌افزار OpenLCA (1.10.3) انجام گردید.

نتایج و بحث

برآورد میزان انتشار آلاینده‌ها در تولید علوفه خرفه با روش ارزیابی چرخه حیات (LCA)

به‌طور کلی به ازای تولید یک تن علوفه خرفه، شهرستان گرگان به‌دلیل مصرف کمتر نهاده‌ها در تمامی بخش‌های اثر بارهای محیطی کمتری نسبت به شهرستان زاهدان ایجاد می‌کند. در جداول زیر نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از انتشار آلاینده‌ها به ازای تولید یک تن علوفه خرفه مربوط به شهرستان زاهدان (جدول ۵) و شهرستان گرگان (جدول ۶) نشان داده شده است.

جدول ۵: نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از انتشار آلاینده‌ها به ازای تولید یک تن علوفه خرفه (شهرستان زاهدان)

شاخص نهایی	شاخص نرمال‌سازی	شاخص طبقه‌بندی	میزان انتشار	فاکتور تأثیر آلاینده	آلاینده	گروه تأثیر (واحد)
						اسیدی‌شدن (kg SO ₂ eq.)
۰/۷۶۳	۰/۵۷۰	۳۲/۰۰۲	۲۶/۶۶۹	۱/۲	SO ₂	انتشار به هوا
۰/۹۱۰	۰/۶۷۹	۳۸/۱۴۲	۲۳/۸۳۹	۱/۶	NH ₃	انتشار به خاک
۰/۰۰۹۰۶	۰/۰۰۶۷	۰/۳۷۹۶	۰/۷۵۹۲	۰/۵	NO _x	انتشار به خاک
						مردابی‌شدن (kg PO ₄ eq.)
۱/۴۰۳۶	۰/۹۷۴	۸/۳۴۳	۲۳/۸۳۹	۰/۳۵	NH ₃	انتشار به خاک
۰/۰۰۲۱۵	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۲۸	۰/۰۹۸۷	۰/۱۳	NO _x	انتشار به خاک
						تخلیه منابع آب (m ³)
۳/۱۸۸۸	۵/۶۶۱۳	۳۵۴۶/۰۲۱	۳۵۴۶/۰۲۱	۱	آب	مصرف آب
						تخلیه منابع فسفات (kg Sb eq.)
$۲/۰۷۵ \times 10^{-۵}$	$۱/۷۲۹ \times 10^{-۵}$	۰/۰۰۰۱۳۲	۰/۰۰۰۵۳	۰/۲۵	فسفر	مصرف کود
						تخلیه منابع پتاسیم (kg Sb eq.)
$۶/۷۹۴ \times 10^{-۹}$	$۲/۲۶۴ \times 10^{-۸}$	$۱/۸۴۳ \times 10^{-۷}$	$۱/۷۵۵ \times 10^{-۶}$	۰/۱۰۵	پتاسیم	مصرف کود

جدول ۶: نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از انتشار آلاینده‌ها به ازای تولید یک تن علوفه خرفه (شهرستان گرگان)

شاخص نهایی	شاخص نرمال‌سازی	شاخص طبقه‌بندی	میزان انتشار	فاکتور تأثیر آلاینده	آلاینده	گروه تأثیر (واحد)
اسیدی‌شدن (kg SO₂ eq.)						
۰/۷۶۳۸	۰/۵۷۰	۳۲/۰۰۲	۲۶/۶۶۹	۱/۲	SO ₂	انتشار به هوا
۰/۸۳۶۳	۰/۶۲۴۱	۳۵/۰۳۸	۲۱/۸۹۸۸	۱/۶	NH ₃	انتشار به خاک
۰/۰۰۸۳۱	۰/۰۰۶۲	۰/۳۴۸۴	۰/۶۹۶۸	۰/۵	NO _x	انتشار به خاک
مردابی‌شدن (kg PO₄ eq.)						
۱/۲۸۹۳	۰/۸۹۵۳	۷/۶۶۴۵	۲۱/۸۹۸۸	۰/۳۵	NH ₃	انتشار به خاک
۰/۰۰۱۹۸	۰/۰۰۱۳۷	۰/۰۱۱۷۷	۰/۰۹۰۵۸	۰/۱۳	NO _x	انتشار به خاک
تخلیه منابع آب (m³)						
۱/۴۵۶۱	۶/۹۳۴	۴۳۴۳/۲۳۶	۴۳۴۳/۲۳۶	۱	آب	مصرف آب
تخلیه منابع فسفات (kg Sb eq.)						
۱/۹۱۹×۱۰ ^{-۵}	۱/۵۹۹×۱۰ ^{-۵}	۰/۰۰۰۱۲۲۵	۰/۰۰۰۴۹	۰/۲۵	فسفر	مصرف کود
تخلیه منابع پتاسیم (kg Sb eq.)						
۶/۲۳۸×۱۰ ^{-۹}	۲/۰۷۹×۱۰ ^{-۸}	۱/۶۹۲×۱۰ ^{-۷}	۱/۶۱۲×۱۰ ^{-۶}	۰/۱۰۵	پتاسیم	مصرف کود

ارزیابی آلاینده‌های منتشرشده در گروه تأثیر گرمایش جهانی

سه آلاینده CO₂^۱، N₂O^۲، CH₄^۳ به‌عنوان آلاینده‌های مهم در گروه تأثیر گرمایش جهانی هستند. یکی از منابع انتشار این آلاینده‌ها سوخت گازوئیل می‌باشد. بیشترین سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای در گروه تأثیر گرمایش جهانی در مقایسه گازهای مختلف، در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان مربوط به انتشار دی‌نیتروژن مونوکسید (N₂O) به-ترتیب به میزان ۳/۸۳۹ و ۳/۸۳۴ کیلوگرم بود و کمترین سهم به انتشار گاز متان (CH₄) به میزان ۰/۱۰۱۲ کیلوگرم اختصاص داشت.

در دیگر پژوهش‌های انجام‌شده عمده‌ترین دلایل انتشار گازهای گلخانه‌ای در بوم نظام‌های زراعی ناشی از مصرف کودهای دامی و ایجاد شرایط غرقابی ذکر شده است (Biswas et al., 2008). همچنین مصرف سوخت‌های فسیلی و اعمال خاک‌ورزی فشرده از دیگر عوامل انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌اتمسفر محسوب می‌شود (Moudry et al., 2013). افزایش سطوح نیتروژن نیتراتی خاک موجب افزایش انتشار N₂O می‌شود، استفاده از بازدارنده‌های نیترات‌زدا و اوره پوشش‌دار از روش‌های مناسب جهت کاهش انتشار N₂O است، این شیوه با کندکردن تبدیل آمونیوم به نیترات و در نتیجه کاهش سطوح نیتراتی خاک از اتلاف نیتروژن به‌صورت‌های انتشار N₂O، انتشار NH₃ و آب‌شویی نیترات

¹ Carbon dioxide
² Dinitrogen monoxide
³ Methane

جلوگیری می‌کند. بازدارنده نیترات‌زدای^۱ DCD و اوره پوشش‌دار پلی‌الفین^۲ زمانی که با اوره در مزرعه گندم استفاده شدند، توانایی کاهش انتشار N₂O به میزان ۸۱ و ۳۵ درصد را داشتند (میرحاجی، ۱۳۹۲). در مورد CH₄ در این مطالعه، تنها منبع انتشار، مصرف گازوئیل در نظر گرفته شده، که میزان انتشار نیز زیاد نمی‌باشد و می‌توان با کاهش مصرف گازوئیل، میزان انتشار را کاهش داد. سهله و پوتینگ (Sahle and Potting, 2013) اظهار داشتند که مهمترین راهکار برای کاهش تخفیف اثرات زیست‌محیطی در راستای کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای، مدیریت عناصر غذایی و سموم شیمیایی است.

ارزیابی ترکیبات تخلیه‌شده در گروه تأثیر تخلیه منابع

مشخص است که گروه تأثیر تخلیه منابع فسیلی به میزان ۴/۴۸۹ مگاژول بر کیلوگرم (کیلوگرم معادل نفت خام) در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان بیشترین تأثیر سوء زیست‌محیطی را در تولید علوفه خرفه به‌همراه داشته است. پس از این گروه تأثیر، بالاترین پتانسیل آسیب به محیط‌زیست مربوط به گروه تأثیر تخلیه منابع آب به میزان ۳/۱۸۸ مترمکعب در شهرستان زاهدان و ۱/۴۵۶ مترمکعب در شهرستان گرگان بود. همچنین کمترین پتانسیل آسیب مربوط به گروه تأثیر تخلیه منابع فسفات (kg P₂O₅ eq.) و تخلیه منابع پتاسیم (kg K₂O eq.) با مقادیر بسیار ناچیز بود. نتایج این پژوهش با بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید بادام‌زمینی در استان گیلان مطابقت داشت (Nikkhah et al., 2015).

نتایج ارزیابی شاخص زیست‌محیطی (Eco-X) و شاخص تخلیه منابع (RDI)

بر اساس نتایج شاخص نهایی، می‌توان نتیجه گرفت که از بین گروه‌های تأثیر، گروه تأثیر گرمایش جهانی با مقدار ۵/۸۱۹ کیلوگرم (kg CO₂ eq.) در شهرستان زاهدان و مقدار ۵/۸۱۴ کیلوگرم (kg CO₂ eq.) در شهرستان گرگان در تولید یک تن علوفه خرفه نسبت به سایر اثرات دارای پتانسیل آسیب زیست‌محیطی بیشتری می‌باشد، پس از آن نیز تخلیه منابع فسیلی به میزان ۴/۴۸۹ مگاژول بر کیلوگرم (کیلوگرم معادل نفت خام) در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان دارای پتانسیل آسیب زیست‌محیطی است (جدول ۷ و ۸).

جدول ۷: شاخص زیست‌محیطی (Eco-X) آلاینده‌ها به ازای تولید یک تن علوفه خرفه

گروه تأثیر (واحد)		زاهدان	گرگان
گرمایش جهانی (kg CO ₂ eq.)		۵/۸۱۹	۵/۸۱۴
شاخص زیست‌محیطی (Eco-X)		۵/۸۱۹	۵/۸۱۴

کمترین پتانسیل آسیب زیست‌محیطی در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان مربوط به گروه‌های تأثیر تخلیه منابع فسفات (kg P₂O₅ eq.) و تخلیه منابع پتاسیم (kg K₂O eq.) با مقادیر بسیار ناچیز می‌باشد (جدول ۸).

¹ Nitrification inhibitor

² Polyolefin coated urea

جدول ۸: شاخص تخلیه منابع (RDI) آلاینده‌ها به ازای تولید یک تن علوفه خرفه

گرگان	زاهدان	گروه تأثیر (واحد)
۱/۴۵۶۱	۳/۱۸۸۸	تخلیه منابع آب (m ³)
۴/۴۸۹۲	۴/۴۸۹	تخلیه منابع فسفیلی (MJ)
۱/۹۱۹×۱۰ ^{-۵}	۲/۰۷۵×۱۰ ^{-۵}	تخلیه منابع فسفات (kg P ₂ O ₅ eq.)
۶/۲۳۸×۱۰ ^{-۹}	۶/۷۹۴×۱۰ ^{-۹}	تخلیه منابع پتاسیم (kg K ₂ O eq.)
۵/۹۴۵	۷/۶۷۷	شاخص تخلیه منابع (RDI)

بر اساس این نتایج شهرستان زاهدان شاخص زیست‌محیطی ($Eco-X = ۵/۸۱۹$) بالاتری را نسبت به شهرستان گرگان ($Eco-X = ۵/۸۱۴$) نشان داد و فشارهای محیطی بیشتری ایجاد کرد. اما شاخص تخلیه منابع (RDI) برای شهرستان زاهدان به میزان ($RDI = ۷/۶۷۷$) و برای شهرستان گرگان به میزان ($RDI = ۵/۹۴۵$) محاسبه گردید (جدول ۷ و ۸). به دلیل اهمیت حفظ محیط‌زیست، اجرای هر نوع برنامه‌ای به علم و آگاهی کافی در این زمینه نیاز دارد (میرحاجی و همکاران، ۱۳۹۲). تولیدات کشاورزی متمرکز و فشرده باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. مصرف بالای نهاده‌ها منجر به اثرات زیست‌محیطی مضرمانند افزایش تقاضا برای منابع انرژی‌های فسفیلی، افزایش پتانسیل گرمایش جهانی، ازدست‌رفتن تنوع زیستی، تنزل کیفیت خاک و آلودگی آب، خاک و هوا شده است (Nemecek et al., 2011).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، به ازای تولید یک تن علوفه خرفه، شهرستان گرگان به دلیل مصرف کمتر نهاده‌ها در تمامی بخش‌های اثر بارهای محیطی کمتری نسبت به شهرستان زاهدان ایجاد می‌کند. بر اساس نتایج شاخص نهایی می‌توان نتیجه گرفت که از بین گروه‌های تأثیر، گروه تأثیر گرمایش جهانی با مقدار $۵/۸۱۹$ کیلوگرم ($kg CO_2 eq.$) در شهرستان زاهدان و مقدار $۵/۸۱۴$ کیلوگرم ($kg CO_2 eq.$) در شهرستان گرگان در تولید یک تن علوفه خرفه نسبت به سایر اثرات دارای پتانسیل آسیب زیست‌محیطی بیشتری می‌باشد، پس از آن نیز تخلیه منابع فسفیلی به میزان $۴/۴۸۹$ مگاژول بر کیلوگرم (کیلوگرم معادل نفت خام) در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان دارای پتانسیل آسیب زیست‌محیطی است. همچنین کمترین پتانسیل آسیب زیست‌محیطی در هر دو شهرستان زاهدان و گرگان مربوط به گروه‌های تأثیر تخلیه منابع فسفات ($kg P_2O_5 eq.$) و تخلیه منابع پتاسیم ($kg K_2O eq.$) با مقادیر بسیار ناچیز می‌باشد. ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2014) با بررسی اثرات زیست‌محیطی نظام‌های تولید زعفران در استان خراسان بر مبنای میزان مصرف کود نیتروژن با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات گزارش نمودند که بالاترین پتانسیل گرمایش جهانی با $۱۱۲۸/۱۷$ واحد معادل دی اکسید کربن به ازای یک تن پیاز مربوط به سطح کودی بیش از ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بختیاری و همکاران (Bakhtiari et al., 2015) انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظام‌های تولید زعفران را $۲۳۲۵/۵$ معادل کیلوگرم CO_2 در هکتار برآورد کرده و عمده‌ترین عامل انتشار این گازها را به

کودهای شیمیایی نسبت دادند. همچنین مصرف سوخت‌های فسیلی و اعمال خاک‌ورزی فشرده از دیگر عوامل انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر محسوب می‌شود (Moudry et al., 2013).

بر اساس نتایج ارزیابی شاخص زیست‌محیطی (Eco-X) و شاخص تخلیه منابع (RDI) به ازای تولید یک تن علوفه خرفه، شهرستان زاهدان شاخص زیست‌محیطی ($Eco-X = 5/819$) بالاتری را نسبت به شهرستان گرگان ($5/814$) = Eco-X نشان داد و فشارهای محیطی بیشتری ایجاد کرد. اما شاخص تخلیه منابع (RDI) با توجه به در نظر گرفتن بازه زمانی هدف ۱۰۰ ساله به معنای مدت زمانی که پیش‌بینی می‌شود منبع مورد نظر در دسترس باشد، برای شهرستان زاهدان به میزان ($RDI = 7/677$) و برای شهرستان گرگان به میزان ($RDI = 5/945$) محاسبه گردید. نیکخواه و همکاران (Nikkhah et al., 2015) مصرف نسبتاً زیاد سوخت‌های فسیلی برای تولید بادام‌زمینی 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 آماده‌سازی زمین برای کشت پنبه نیز منجر به مصرف زیاد سوخت‌های فسیلی شده است. بر این اساس، به نظر می‌رسد اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به کاهش عواقب زیست‌محیطی تولید پنبه در استان گلستان می‌انجامد.

تقدیر و تشکر

از همکاری مدیریت و پرسنل محترم پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه سیستان و بلوچستان نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

- اسدی، حسین علی، حسندخت، محمدرضا، دشتی، فرشاد. (۱۳۸۵). مقایسه ترکیب اسیدهای چرب، اگزالیک اسید و عناصر معدنی بذر و برگ ارقام خرفه ایرانی (*Portulaca oleracea L.*) با نمونه خارجی. علوم و صنایع غذایی ایران، ۳(۱۰)، ۴۹-۵۵. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=71166>
- بهران، صدیقه، هنربخش، نازلی. (۱۳۸۶). تغییر اقلیم، گرمایش زمین، بزرگترین چالش زیست‌محیطی قرن بیست‌ویکم. پژوهشکده تحقیقات استراتژیک، گروه پژوهشی مطالعات بین‌الملل، صفحه ۱۹. <https://www.gisoom.com/book/1445290>
- جوادی، حامد، رضوانی مقدم، پرویز، ثقه‌الاسلامی، محمد جواد، موسوی، غلامرضا. (۱۳۹۶). بررسی اثر تراکم و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد خرفه (*Portulaca oleracea L.*). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۵(۱)، ۱۱۳-۱۲۳. <https://dx.doi.org/10.22067/gsc.v15i1.44444>
- دهقانی، محمد هادی. (۱۳۸۷). راهنمای کیفیت هوا: مبانی هواشناسی و آلودگی هوا (جلد ۱). انتشارات غاشیبه، تهران، ایران، ۳۹۰ صفحه. <https://www.gisoom.com/book/1587423>
- رحیمی، زینب، کافی، محمد، نظامی، احمد، خزاعی، حمیدرضا. (۱۳۹۰). تأثیر سطوح شوری و سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۷(۳)، ۳۷۴-۳۵۹. <https://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6369>
- شائمی‌برزکی، اکبر، حبیبی‌نوخندان، مجید. (۱۳۸۸). گرمایش جهانی: پیامدهای زیستی-اکولوژیکی. انتشارات ترجمان خرد، مشهد، ایران، ۲۱۶ صفحه. <https://www.gisoom.com/book/1611992>
- کافی، محمد، رحیمی، رحیم. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea L.*). پژوهش‌های زراعی ایران، ۸(۴)، ۶۱۵-۶۲۱. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=146652>

- کوچکی، علیرضا. (۱۳۷۳). کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی، چاپ اول، ۲۴۰ صفحه. <https://www.gisoom.com/book/1100239>
- کوچکی، علیرضا. و نصیری محلاتی، مهدی. (۱۳۸۷). تاثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO2 بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶، ۱۵۳-۱۳۹. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=92421>
- کوچکی، علیرضا، کمالی، غلامعلی. (۱۳۸۹). تغییر اقلیم و تولید گندم در ایران. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۸، ۵۲۰-۵۰۸. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=146224>
- میرحاجی، حمزه، خجسته‌پور، مهدی، عباس‌پور فرد، محمدحسین. (۱۳۹۲). بررسی تأثیرات زیست‌محیطی تولید گندم منطقه مرودشت در ایران. نشریه محیط‌زیست طبیعی، ۶۶(۲)، ۲۳۲-۲۲۳. <https://dx.doi.org/10.22059/jne.2013.35859>
- یوسفیان قهفرخی، حبیب‌الله، ابدالی مشهدی، علیرضا، بخشنده، عبدالمهدی، لطفی جلال آبادی، امین. (۱۳۹۶). بررسی اثر مواد جاذب الرطوبه، کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea L.*) در منطقه اهواز. مجله فرآیند و کار کرد گیاهی، ۴(۱۳)، ۹۶-۸۷. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=299891>
- Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E., Armin, M. (2019). A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emergy and economic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 226, pp 1051-1066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.091>
- Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E., Armin, M. (2020). Extended exergy analysis (EAA) of two canola farming systems in Khorramabad, Iran. *Agricultural Systems*, <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102789>
- Auer, J., Bey, N., Schäfer, J.M. (2017). Combined life cycle assessment and life cycle costing in the Eco-CareMatrix: A case study on the performance of a modernized manufacturing system for glass containers. *Journal of Cleaner Production*, 141, pp 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.096>
- Bakhtiari, A.A., Hematian, A., Sharifi, A. (2015). Energy analyses and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), pp 16184-16201. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4843-6>
- Biswas, W.K., Barton, L., Carter, D. (2008). Global warming potential of Wheat production in Western Australia: a life cycle assessment. *Water and Environment Journal*, 22, pp 206-216. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-6593.2008.00127.x>
- Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., Lammel, J. (2004). Environmental impact assessment of agriculture production systems using the life cycle assessment methodology. I. Theoretical concept of a LCA method tailored crop production. *European of Agronomy Journal*, 20, pp 247-264. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00024-8)
- Kropp, I., Nejadhashemi, A.P., Deb, K., Abouali, M., Roy, P.C., Adhikari, U., Hoogenboom, G. (2019). A multi-objective approach to water and nutrient efficiency for sustainable agricultural intensification. *Agricultural Systems*, 173, pp 289-302. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.014>
- Damm, A., Greuell, W., Landgren, O., Pretenthaler, F. (2017). Impacts of +2 °C global warming on winter tourism demand in Europe. *Climate Services*, 7, pp 31-46. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.07.003>
- Esmailzadeh, S., Asgharipour, M.R., Khoshnevisan, B. (2020). Water footprint and life cycle assessment of edible onion production-A case study in Iran. *Scientia Horticulturae*, 261, pp 108925. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108925>
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G-K. Plattner, M. Tingor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Eds.)]. Cambridge University Press Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC. (2014). Climate change 2014 synthesis report summary chapter for policymakers. Ipcc 31. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
- Jafari, M., Asgharipour, M.R., Ramroudi, M., Galavi, M., Hadarbadi, G. (2018). Sustainability assessment of date and pistachio agricultural systems using energy, emergy and economic approaches. *Journal of cleaner production*, 193, pp 642-651. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.089>
- Kylili, A., Christoforou, E., Fokaides, P.A. (2016). Environmental evaluation of biomass pelleting using life cycle assessment. *Biomass Bioenergy*, 84, pp 107-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.11.018>
- MacWilliam, S., Wismer, M., Kulshreshtha, S. (2014). Life cycle and economic assessment of Western Canadian pulse systems: the inclusion of pulses in crop rotations. *Agricultural Systems*, 123, pp 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.08.009>
- Manfredi, M., Vignali, G. (2014). Life cycle assessment of a packaged tomato puree: A comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases. *Journal of Cleaner Production*, 73, pp 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.010>

- Mardani Najafabadi, M.M., Ziaee, S., Nikouei, A., Borazjani, M.A. (2019). Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. *Agricultural Systems*, 173, pp 218-232. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.006>
- Moudrý Jr, J., Jelínková, Z., Plch, R., Moudrý, J., Konvalina, P., 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), pp 1133-1136. https://www.researchgate.net/publication/281545238_The_emissions_of_greenhouse_gases_produced_during_growing_and_processing_of_wheat_products_in_the_Czech_Republic
- Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Chau K.W. (2018). Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. *Science of the Total Environment*, 631-632, pp 1279-1294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.088>
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., Gaillard, G. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, 104(3), pp 217-232. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.10.002>
- Nikkhah, A., Taheri-Rad, A.R., Khojastehpour, M., Emadi, B., Khorramdel, S. (2015). Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. *Cleaner Production*, 92, pp 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.048>
- Oliviera, J.V., Cohen, J.C.P., Pimente, M., Touringo, H.L.Z., Lobo, A., Sodre, G., Abdala, A. (2020). Urban climate and environmental perception about climate change in Belém, Pará, Brazil. *Urban Climate*, 31, pp 100579. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100579>
- Prechsl, U.E., Wittwer, R., Van der Heijden, M.G., Lüscher, G., Jeanneret, P., Nemecek, T. (2017). Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment. *Agricultural Systems*, 157, pp 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.011>
- Rafiee, S., Khoshnevisan, B., Mohammadi, I., Aghbashlo, M., Mousazadeh, H., Clark, S. (2016). Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a Life Cycle Assessment approach: An Iranian case study. *Science of the Total Environment*, 562, pp 614-627. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.070>
- Sahle, A., Potting, J. (2013). Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. *Science of the Total Environment*, 443, pp 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.048>
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., 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), pp 101-119. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.07.015>
- Valiante, D., Sirtori, I., Cossa, S., Corengia, L., Pedretti, M., Cavallaro, L., Boccadelli, A. (2019). Environmental impact of strawberry production in Italy and Switzerland with different cultivation practices. *Science of the Total Environment*, 664, pp 249-261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.046>
- Yue, D., Pandya, S., You, F. (2016). Integrating hybrid life cycle assessment with multi-objective optimization: a modeling framework, *Environmental Science & Technology*, 50, pp 1501-1509. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04279>

References

References (in Persian)

- Asadi, A.R., Hassandaught, M.R., Dashti, F. (2007). Comparison of fatty acids, oxalic acid, and mineral varieties of seeds and leaves of purslane Iranian foreign examples. *Journal of Food Science*, 3(3), pp 49-54. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=71166>. [In Persian]
- Babran, S., Honarbakhsh, N. (2007). *Climate Change, global Warming, the Biggest Challenge of the Twenty First Century*, Publications Institute for Strategic Studies, Department of International Studies, Tehran, Iran, 19 p. <https://www.gisoom.com/book/1445290>. [In Persian]
- Dehghani, H. 2007. *Guide to Air Quality, Principles of Meteorology and Air Pollutions*. Ghashieh Publication. Tehran, Iran, 390pp. <https://www.gisoom.com/book/1587423>. [In Persian]
- Javadi, H., Rezvani Moghaddam, P., Seghatoleslami, M., Mosavi, G. (2017). Effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Common Purslane (*Portulaca Oleracea* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1), 113-123. <https://dx.doi.org/10.22067/gsc.v15i1.44444>. [In Persian]
- Kafi, M., Rahimi, Z. (2010). Effect of Salinity on Germination Characteristics of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(4), pp 615-621. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=146652>. [In Persian]
- Koocheki, A. (1994). *Agricultural and Energy*. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. <https://www.gisoom.com/book/1100239>. [In Persian]
- Koocheki, A., Kamali, G. (2010). *Climate Change And Rainfed Wheat Production In Iran*. *Iranian Journal Of Field Crops Research*, 8(3), pp 508-520. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=146224>. [In Persian]
- Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M. (2008). *Impacts Of Climate Change And Co₂ Concentration On Wheat Yield In Iran And Adaptation Strategies*. *Iranian Journal Of Field Crops Research*, 6(1), pp 139-153. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=92421>. [In Persian]
- Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abbaspour-Fard, M. (2013). *Environmental Impact Study of Wheat Production in Marvdasht Area of IRAN*. *Journal of Natural Environment*, 66(2), pp 223-232. <https://dx.doi.org/10.22059/jne.2013.35859>. [In Persian]
- Rahimi, Z., Kafi, M., Nezami, A., Khazaie, H.R. (2011). Effect of salinity and silicon on some morphophysiological characters of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(3), 359-374. <https://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6369>. [In Persian]
- Shaemi Barzaky, A., Nokhdan Habibi, M. (2009). *Global Warming (Biological Consequences- Ecological*, Tarjoman Kherad Publications, Mashhad, Iran, 240pp. <https://www.gisoom.com/book/1611992>. [In Persian]
- Yusefian Ghahfarokhi, H.A., Abdali Mashhadi, A., Bakhshandeh, A., Lotfi Jalal Abadi, A. (2015). Evaluation of effect attract moisture substances and organic fertilizers on quality and quantity yield of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) in Ahwaz region. *Journal of Plant Process and Function*, 4(13), 87-96. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=299891>. [In Persian]

References (in English)

- Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E., Armin, M. (2019). A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on energy and economic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 226, pp 1051-1066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.091>
- Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E., Armin, M. (2020). Extended exergy analysis (EAA) of two canola farming systems in Khorramabad, Iran. *Agricultural Systems*, <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102789>
- Auer, J., Bey, N., Schäfer, J.M. (2017). Combined life cycle assessment and life cycle costing in the Eco-CareMatrix: A case study on the performance of a modernized manufacturing system for glass containers. *Journal of Cleaner Production*, 141, pp 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.096>
- Bakhtiari, A.A., Hematian, A., Sharifi, A. (2015). Energy analyses and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), pp 16184-16201. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4843-6>
- Biswas, W.K., Barton, L., Carter, D. (2008). Global warming potential of Wheat production in Western Australia: a life cycle assessment. *Water and Environment Journal*, 22, pp 206-216. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-6593.2008.00127.x>
- Brentrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H., Lammel, J. (2004). Environmental impact assessment of agriculture production systems using the life cycle assessment methodology. I. Theoretical concept of a LCA method tailored crop production. *European of Agronomy Journal*, 20, pp 247-264. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00024-8)
- Kropp, I., Nejadhashemi, A.P., Deb, K., Abouali, M., Roy, P.C., Adhikari, U., Hoogenboom, G. (2019). A multi-objective approach to water and nutrient efficiency for sustainable agricultural intensification. *Agricultural Systems*, 173, pp 289-302. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.03.014>
- Damm, A., Greuell, W., Landgren, O., Pretenthaler, F. (2017). Impacts of +2 °C global warming on winter tourism demand in Europe. *Climate Services*, 7, pp 31-46. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.07.003>

- Esmailzadeh, S., Asgharipour, M.R., Khoshnevisan, B. (2020). Water footprint and life cycle assessment of edible onion production-A case study in Iran. *Scientia Horticulturae*, 261, pp 108925. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108925>
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G-K. Plattner, M. Tingor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Eds)]. Cambridge University Press Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- IPCC. (2014). *Climate change 2014 synthesis report summary chapter for policymakers*. Ippc 31. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
- Jafari, M., Asgharipour, M.R., Ramroudi, M., Galavi, M., Hadarbad, G. (2018). Sustainability assessment of date and pistachio agricultural systems using energy, emergy and economic approaches. *Journal of cleaner production*, 193, pp 642-651. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.089>
- Kylili, A., Christoforou, E., Fokaides, P.A. (2016). Environmental evaluation of biomass pelleting using life cycle assessment. *Biomass Bioenergy*, 84, pp 107-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.11.018>
- MacWilliam, S., Wismer, M., Kulshreshtha, S. (2014). Life cycle and economic assessment of Western Canadian pulse systems: the inclusion of pulses in crop rotations. *Agricultural Systems*, 123, pp 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.08.009>
- Manfredi, M., Vignali, G. (2014). Life cycle assessment of a packaged tomato puree: A comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases. *Journal of Cleaner Production*, 73, pp 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.010>
- Mardani Najafabadi, M.M., Ziaee, S., Nikouei, A., Borazjani, M.A. (2019). Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. *Agricultural Systems*, 173, pp 218-232. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.006>
- Moudrý Jr, J., Jelínková, Z., Plch, R., Moudrý, J., Konvalina, P., 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), pp 1133-1136. https://www.researchgate.net/publication/281545238_The_emissions_of_greenhouse_gases_produced_during_growing_and_processing_of_wheat_products_in_the_Czech_Republic
- Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Chau K.W. (2018). Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. *Science of the Total Environment*, 631-632, pp 1279-1294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.088>
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., Gaillard, G. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, 104(3), pp 217-232. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.10.002>
- Nikkhah, A., Taheri-Rad, A.R., Khojastehpour, M., Emadi, B., Khorramdel, S. (2015). Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. *Cleaner Production*, 92, pp 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.048>
- Oliviera, J.V., Cohen, J.C.P., Pimente, M., Touringo, H.L.Z., Lobo, A., Sodre, G., Abdala, A. (2020). Urban climate and environmental perception about climate change in Belém, Pará, Brazil. *Urban Climate*, 31, pp 100579. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100579>
- Prechsl, U.E., Wittwer, R., Van der Heijden, M.G., Lüscher, G., Jeanneret, P., Nemecek, T. (2017). Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment. *Agricultural Systems*, 157, pp 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.011>
- Rafiee, S., Khoshnevisan, B., Mohammadi, I., Aghbashlo, M., Mousazadeh, H., Clark, S. (2016). Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a Life Cycle Assessment approach: An Iranian case study. *Science of the Total Environment*, 562, pp 614-627. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.070>
- Sahle, A., Potting, J. (2013). Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. *Science of the Total Environment*, 443, pp 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.048>
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., 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), pp 101-119. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.07.015>
- Valiante, D., Sirtori, I., Cossa, S., Corengia, L., Pedretti, M., Cavallaro, L., Boccardelli, A. (2019). Environmental impact of strawberry production in Italy and Switzerland with different cultivation practices. *Science of the Total Environment*, 664, pp 249-261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.046>
- Yue, D., Pandya, S., You, F. (2016). Integrating hybrid life cycle assessment with multi-objective optimization: a modeling framework, *Environmental Science & Technology*, 50, pp 1501-1509. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04279>.