مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص۵۲۶-۵۱۷) DOI: 10.22059/ijbse.2017.218793.664864

تعیین اثرات زیست محیطی تولید کلزا به روش ارزیابی چرخه حیات، مطالعه موردی: استان اردبیل

کامران خیرعلی‌پور[1*]، حمید جعفری ثمرین[2]، محسن سلیمانی[3]

۱. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام

۳. استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱۳ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۵/۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۵/۲۵)

چکیده

یکی از محدودیت‌های استفاده از نهاده‌ها در بخش کشاورزی انتشار آلاینده‌های مختلفی می‌باشد که اثرات منفی بر محیط زیست دارند. در این تحقیق اثرات زیست‌محیطی در تولید و انتقال محصول کلزا به دروازه کارخانه روغن‌کشی در چهار سناریو مختلف شامل: بهره‌برداران ناحیه مرکزی، ناحیه شمالی و کشت و صنعت مغان با دو روش آبیاری سطحی و بارانی در استان اردبیل به روش ارزیابی چرخه حیات مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. اطلاعات لازم برای این تحقیق با استفاده از پرسش‌نامه و مصاحبه با کشاورزان و مسئولین سازمان‌های مربوطه استان اردبیل به دست آمد. نتایج ارزیابی چرخه حیات نشان داد که نهاده‌های کود نیتروژن، سوخت و الکتریسیته بیشترین سهم را در شاخص‌های زیست محیطی مورد مطالعه دارا می‌باشند و شاخص‌های زیست‌محیطی مسمویت آب‌های آزاد، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، اسیدیته و گرمایش جهانی نسبت به سایر گروه‌های اثر دارای اثرات زیست محیطی بیشتری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی : کلزا، محیط زیست، انتشارات، ارزیابی چرخه حیات، اردبیل

مقدمه

اهمیت کشاورزی در جهان به دلیل تامین غذای بشر از نظر کمی و کیفی غیرقابل انکار است. برای تولید محصولات کشاورزی، از نهاده‌های مختلفی همچون بذر، کود، سموم شیمیایی و ... در کنار دیگر موارد مصرفی در مکانیزاسیون مانند ماشین‌ها، تجهیزات و سوخت استفاده می‌شود. بهینه‌سازی مصرف این نهاده‌ها یکی از اهداف مهم تولید پایدار می‌باشد. این بهینه‌سازی غیر از منظر بهره‌وری اقتصادی، از نظر حفظ منابع طبیعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی نیز ضرروی می‌باشد.

در دهه‌های اخیر، آگاهی زیست‌محیطی افراد و تقاضا برای کالاهای دوستدار محیط‌زیست باعث شده است تا دانشمندان حوزه کشاورزی توجه بیشتری به تولید پاک داشته باشند (Khoshnevisan *et al*., 2015). در حال حاضر محیط‌زیست یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست‌های کلان جهانی بوده و بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت تأثیر قرار داده است. به همین دلیل مهم‌ترین عامل و پیش‌نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط‌زیست است. سیاست افزایش تولید در بخش کشاورزی بدون توجه به حجم و نوع مصرف کودها و سموم شیمیایی و همچنین استفاده از منابع فسیلی گوناگون نگرانی‌های محیطی را موجب شده است. برآورد شده است که ۲۰٪ از اثرات گلخانه‌ای مربوط به فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه و سوخت‌های فسیلی از منابع اصلی ایجاد اثرات زیست‌محیطی در تولید محصولات کشاورزی می‌باشند (Mirhaji *et al*., 2013).

دانه‌های روغنی، بعد از غلات به عنوان دومین منبع تأمین انرژی در تغذیه انسان مطرح می‌باشند. روغن آن مصرف خوراکی و صنعتی دارد و کنجاله آن، به دلیل بالا بودن میزان پروتئین در جیره غذایی دام و طیور مصرف می‌شود (Ghaderi *et al*., 2011). حدود ۱۰٪ روغن مورد نیاز در ایران در داخل کشور تولید می‌شود و بقیه به صورت خام یا آماده وارد می‌گردد. بدین ترتیب سهم بزرگی از ارز مصرفی برای واردات مواد غذایی صرف واردات دانه‌های روغنی و روغن می‌شود (Danesh Shahraki *et al*., 2008). از این رو، اخیرا در کشور کشت و تولید کلزا (*Brassica napus*) مورد توجه قرار گرفته است. استان اردبیل یکی از قطب‌های تولید دانه روغنی کلزا می‌باشد که رتبه سوم تولید کلزا در سطح کشور، در سال زراعی ۹۲-۹۱ را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2013) و اغلب در شهرستان‌های پارس‌آباد، بیله‌سوار، نمین و اردبیل کشت می‌شود (Anonymous, 2014).

* نویسنده مسئول : kamrankheiralipour@gmail.com

در دهه اخیر روش ارزیابی چرخه حیات[1] (LCA) به عنوان ابزاری مناسب برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در کشاورزی به کار برده شده است. این ابزار روش مناسبی برای مقایسه نظام‌های مختلف تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (Khoshnevisan *et al*., 2014a ;Bojacá *et al*., 2014). Mirhaji *et al*. (2011) از روش ارزیابی چرخه حیات برای تعیین اثرات زیست‌محیطی در تولید چغندرقند در شرکت سهامی زراعی خضری در استان خراسان جنوبی استفاده شده است. Abeliotis *et al* (2013) با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات اثرات زیست محیطی تولید لوبیا در یونان را مورد مطالعه قرار داد ند. محققین سه رقم و سه روش تولید لوبیا را بررسی نمودند. Khoshnevisan *et al*. (2014b) اثرات زیست‌محیطی در تولید برنج در استان گیلان را مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند مزارع یکپارچه دارای اثرات زیست‌محیطی کمتری نسبت به مزارع سنتی بودند.

روش ارزیابی چرخه حیات در تولید و فرآوری کلزا مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از این روش، اثرات زیست‌محیطی تولید کلزا در اسپانیا توسط Gasol *et al*. (2007) مورد بررسی قرار گرفته است. محققین بیان کردند که استفاده از کودهای شیمیایی در شش اثر زیست‌محیطی تاثیر بسزایی دارد. آن‌ها گزارش دادند که سهم استفاده از سوخت‌های فسیلی در تراکتورها و وسایل حمل و نقل در تاثیرات زیست‌محیطی بین ۴۸ تا ۷۷ درصد می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر، Zhou *et al*. (2015) مقدار انتشار اکسید نیتروژن و متان در تناوب زراعی برنج-کلزا در سه سطح مختلف مصرف کود نیتروژن در کشور چین بررسی نمودند. همچنین Malça *et al*. (2014) با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات، روش‌ها و مکان‌های جغرافیایی مختلف تولید زیست سوخت از محصول کلزا را مورد مقایسه قرار دادند. محققین گزارش دادند که در کشورهای مورد مطالعه (اسپانیا، فرانسه، آلمان و کانادا) مرحله کشت کلزا (بخش کشاورزی) بیشترین سهم را در ایجاد اثرات زیست‌محیطی به خود اختصاص داد.

با توجه به سطح زیرکشت و تولید قابل توجه کلزا در استان اردبیل و همچنین با توجه به نقش پراهمیت دانه‌های روغنی از جمله کلزا در سبد غذایی خانواده‌های ایرانی از یک طرف لزوم کاهش آلودگی‌های زیست محیطی در فرآیندهای تولید از طرف دیگر، شناسایی اثرات زیست‌محیطی در تولید این محصول از اهمیت بالایی برخوردار است که تا اکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. روش ارزیابی چرخه حیات یکی از ابزارهای قوی و جدید در بررسی اثرات زیست‌محیطی می‌باشد، بنابراین در این مطالعه اثرات زیست محیطی در تولید کلزا، از زمان کشت تا دروازه کارخانه روغن کشی، در استان اردبیل مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش (جدول ۲) به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و توسط پرسش‌نامه و مصاحبه با کشاورزان و مسئولین سازمان‌های مربوطه در استان اردبیل، در سال زراعی ۹۲-۹۳، جمع‌آوری گردید. استان اردبیل با وسعتی معادل ۱۷۸۶۷/۳ کیلومترمربع (۱/۱ درصد از مساحت کشور) در شمال غرب فلات ایران، بین ۳۷ درجه، ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه، ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه، ۵۵ دقیقه تا ۴۷ درجه،۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است. میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۲۴۰۰ متر است. متوسط بارندگی سالانه محاسبه شده در استان ۲۳۹/۸۲ میلی‌متر است. میانگین سالانه دمای هوا بین ۷/۹ تا ۱۵/۲ درجه سلسیوس در نوسان می‌باشد (Anonymous, 2009). بیشترین سطح زیرکشت کلزا در استان به ترتیب مربوط به شهرستان‌های پارس‌آباد، بیله‌سوار، اردبیل و نمین می‌باشد. به همین علت این مناطق به عنوان جامعه آماری مطالعه حاضر انتخاب شده و در این بین کشت و صنعت مغان نیز به عنوان یک شرکت تولیدی کلزا با سطح زیرکشت بالاتر از مزارع کوچک استان نیز انتخاب شد. برای تعیین حجم نمونه از رابطه آماری پیشنهاد شده توسط کوکران استفاده شد (Cochran, 1977):

$$n = \frac{N(S \times t)^2}{(N-1)d^2 + (S \times t)^2} \qquad \text{(رابطه۱)}$$

که در آن N اندازه جامعه آماری یا تعداد کشاورزان تولید کننده کلزا در منطقه مورد مطالعه، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t- استیودنت به دست می‌آید (۱/۹۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد)، S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه و d دقت احتمالی مطلوب است. در نهایت ۵۵ نمونه در استان از طریق چهار سناریو مختلف شامل: بهره‌برداران ناحیه مرکزی، ناحیه شمالی، کشت و صنعت مغان با دو روش آبیاری سطحی و بارانی مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات بدست آمده شامل نهاده‌ها و ستاده‌ها در چهار سناریو تولید کلزا در جدول (۱) آورده شده است. سناریوی ۱: بهره‌برداران ناحیه مرکزی استان

1. Life Cycle Assessment

اردبیل (شهرستان اردبیل)، سناریوی ۲: بهره‌برداران ناحیه شمالی استان اردبیل (پارس‌آباد و بیله سوار)، سناریوی۳: شرکت کشت وصنعت مغان (روش آبیاری غرقابی) و سناریوی۴: شرکت کشت و صنعت مغان (روش آبیاری بارانی).

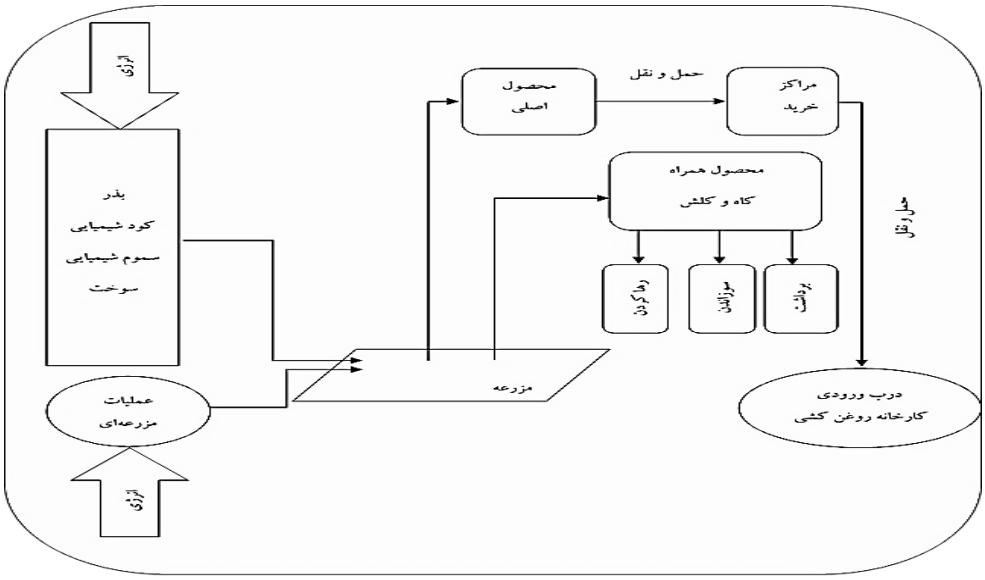
سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) ارزیابی چرخه حیات را به صورت جمع‌آوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و اثرات زیست‌محیطی بالقوه یک نظام تولید در طول چرخه حیات آن تعریف می‌کند (ISO 14044, 2006). بر اساس ایزو ۱۴۰۴۰، هر پروژه ارزیابی چرخه حیات شامل چهار مرحله الزامی شامل: تعریف هدف و دامنه، تجزیه و تحلیل سیاهه (سیاهه نویسی)، ارزیابی پیامد و تفسیر نتایج می‌باشد. تمام مراحل به منظور ارزیابی چرخه حیات تولید کلزا در این مطالعه توسط نرم‌افزار سیماپرو نسخه ۸/۰۲۴ انجام شد. در مرحله تعریف هدف و حوزه مطالعه، محصول، فرآیند یا فعالیت مورد بررسی تعریف و توصیف می‌گردد. همچنین سامانه تحت مطالعه، مرزهای آن و واحد کارکردی مشخص می‌شوند. هدف از این پژوهش تعیین اثرات زیست‌محیطی یک تن تولید کلزا (تابع عملکردی) می‌باشد. مرز سامانه از مرحله استخراج، تولید و مصرف نهاده‌های تولید در کشت کلزا تا دروازه ورودی کارخانه روغنی‌کشی می‌باشد (شکل ۱).

در مرحله تحلیل سیاهه کلیه نهاده‌های مصرف شده و آلاینده‌های منتشر شده ناشی از کارکرد سامانه تولید کلزا در شرایط آب و هوایی استان اردبیل با توجه به مرز سامانه شناسایی و بر حسب تابع عملکردی (معادل با یک تن کلزا) محاسبه شد.

بر اساس دستورالعمل ایزو اثرات زیست محیطی شامل انتشار مواد مختلف از جمله گازهای گلخانه‌ای، مواد معدنی (شامل کودها و دیگر مواد حفاظت کننده گیاهی) و فلزات سنگین به اتمسفر، خاک و آب می‌باشند (ISO 14040, 2006). سه نوع فضای داده‌ای در ارزیابی چرخه حیات مورد نیاز است. فضای تکنیکی: مدل‌سازی سامانه فنی از قبیل فرآیند تولید، فرآیند حمل و نقل و غیره، فضای مرتبط با محیط زیست: مدل‌سازی فرآیندهای زیست‌محیطی (چه اتفاقی توسط انتشار یک گاز صورت می‌پذیرد؟) و فضای ارزش گذاری: که همان نرمال‌سازی و وزن‌دهی می‌باشد (Ghadiryanfar, 2013).

جدول ۱. میانگین مقادیر نهاده‌ها و ستاده‌ها در تولید و انتقال کلزا در استان اردبیل (مقدار در هکتار) اردبیل

نهاده/ستاده (واحد در هکتار)	ناحیه مرکزی	ناحیه شمالی	شرکت کشت و صنعت مغان	
			آبیاری غرقابی	آبیاری بارانی
نهاده‌ها				
نیروی کارگری(h)	۱۴/۵۰	۱۴۴/۰۴	۱۷۱/۶۰	۱۷۱/۴۳
ماشین‌ها (h)	۴۳/۸۵	۲۱/۸۳	۱۷/۹۹	۱۷/۳۲
کمباین (h)	۱/۵۸	۱/۲۴	۰/۵	۰/۵
سوخت دیزل (l)	۳۴۴/۸۶	۲۲۸/۸۳	۲۰۹/۴۲	۲۰۳/۹۸
روغن (l)	۱/۵۶	۱/۴۳	۲۳/۴۱	۲۲/۴۴
سموم شیمیایی *(kg)*				
علف‌کش	۰/۳۵	۰/۷۲	۳/۷۶	۳/۷۶
حشره‌کش	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۵	۰/۵
کودهای شیمیایی *(kg)*				
نیتروژن (N)	۲۱۵/۰۰	۱۲۹/۳۱	۱۳۸	۱۳۸
فسفات (P2O)	۹۰/۰۰	۳۶/۲۹	۵۵/۲۲	۵۵/۲۲
پتاس (K2O)	۱۵/۰۰	۱۸/۶۷	۴۵	۴۵
گوگرد (S)	۰/۰۰	۳۲/۰۰	۱۸۰	۱۸۰
کود حیوانی (kg)	۰	۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
آب آبیاری (m3)	۱۸۰۰/۰۰	۶۰۰۰	۵۹۵۲	۳۱۸
بذر (kg)	۱۰/۰۰	۸/۸۷	۸/۵	۸/۵
الکتریسیته (kWh)	۰	۰	۰	۱۶۵
ستاده‌ها				
۱. کلزا (kg)	۲۱۴۵/۰۰	۲۶۵۹/۸۷	۲۷۵۰	۳۰۰۰
۲. کاه و کلش(Kg)	۳۰۰۳/۰۰	۴۷۸۷/۷۷	۴۹۵۰	۵۴۰۰



شکل ۱. مرز سامانه مورد مطالعه.

در جدول (۲) فهرستی از روش‌های مختلف مصرف منابع و انتشار انواع آلاینده‌های زیست‌محیطی آمده است. همانطور که در جدول (۲) آمده است، مصرف منابع شامل سوخت‌های فسیلی و مواد معدنی و انتشار انواع آلاینده‌های زیست‌محیطی شامل: متان (CH_4)، دی‌اکسیدکربن (CO_2)، دی‌اکسیدگوگرد (SO_2)، نیتروژن کل (N_{tot})، آمونیاک (NH_3)، دی‌نیتروژن اکسید(N_2O)، نیترات (NO_2) و فسفر کل (P_{tot}) در شرایط تولید و مصرف انواع کودهای معدنی و دیگر فعالیت‌های بکار گرفته شده در مدیریت سامانه تولید محصول مورد مطالعه می‌باشد (Khoramdel, 2011).

جدول ۲. روش‌های مختلف تخلیه منابع و انشار آلایندگی در سامانه تولید کلزا.

عنوان	منبع / انتشار	نهاده‌های ایجاد کننده
تخلیه منابع	سوخت فسیلی	تولید کود – بذر
		حمل و انتقال
		عملیات مزرعه‌ای
	مواد معدنی	تولید فسفر و پتاسیم
انتشار آلایندگی	انتشار آلاینده‌های محیطی	تولید در تمام بخش‌ها بعد از مصرف انرژی،
	نظیر CH_4،CO_2،NO_x، SO_2	کاه وکلش در مزرعه سوزانده شود
	N_{tot}	بعد از مصرف کودهای نیتروژن دار
	NH_3	بعد از مصرف کودهای نیتروژن دار به صورت تصعید در خاک
		در زمان تولید کودهای نیتروژن‌دار،
	N_2O	در خاک به وسیله‌ی پدیده نیترات زدایی،
		کاه وکلش در مزرعه بماند
	NO^-_3	آبشویی
	P_{tot}	در زمان تولید کود

منابع زیادی به منظور تحصیل ضرایب انتشار آلاینده‌ها در مراحل مختلف تولید وجود دارد. از جمله دستورالعمل‌های آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا[1] (EPA) و مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی[2] (IPCC) که در اکثر پژوهش‌ها از این دو استفاده می‌کنند، اما نقش IPCC پررنگ‌تر است (Mohammadi *et al*., 2014; Khoshnevisan *et al*., 2014b).

1. Enviromental Protection Agency

2. Intergovermental Panel On Climate Change

در این مطالعه نیز به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی و انتشارات تولید کود شیمیایی، سموم شیمیایی، مصرف سوخت و غیره از پایگاه داده‌هایی نظیر Ecoinvent و Agrifootprint موجود در سیماپرو استفاده شد. در پایگاه داده نرم‌افزار سیماپرو، آلاینده‌ها با جزئیات بیشتر و همچنین به تفکیک نوع آن‌ها آمده است. به همین دلیل جهت اجتناب از خطای بیشتر، به منظور محاسبه انتشارات آلایندگی در فرایند تولید از نرم‌افزار سیماپرو استفاده شد.

در مرحله ارزیابی پیامد چرخه‌حیات از نتایج سیاهه‌نویسی مرحله دوم به‌منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی استفاده می‌شود. با مرور تحقیق‌های انجام شده، در مطالعات LCA کشاورزی تعداد ۱۱ گروه اثر (جدول ۳) بر اساس روش CML baseline world 2000 ایجاد شده، مورد بررسی قرار می‌گیرد (Iriarte *et al*., 2010; Payandeh *et al*., 2017). این گروه‌های اثر از رایج ترین شاخص‌های مورد استفاده در دنیا بوده که شامل: تخلیه منابع زنده، تخلیه منابع غیرزنده (سوخت‌های فسیلی)، قابلیت اسیدی شدن، قابلیت اختناق دریاچه‌ای، قابلیت گرمایش جهانی، تخلیه لایه ازن، قابلیت مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک، مه دود فتوشیمیایی می‌باشد. منابع زنده شامل درختان و جنگل‌ها و منابع غیرزنده (سوخت‌های فسیلی) به بخشی از منابع طبیعی شامل منابع انرژی مانند نفت خام اشاره دارد. در مطالعه حاضر مقصود از اسیدیته، بررسی عوامل مؤثر بر باران اسیدی می‌باشد. شاخص پتانسیل گرمایش جهانی به‌منظور بیان سهم گازهای منتشر شده از سامانه‌های زراعی که سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌شود استفاده می‌گردد که در مطالعه حاضر برای یک دوره صدساله در نظر گرفته شده است. پتانسیل اختناق دریاچه‌ای پوشش‌دهنده تأثیرات ناشی از مصرف ریزمغذی‌های استفاده شده است که مهم‌ترین آن‌ها ازت و فسفر می‌باشد. تخلیه لایه ازن تأثیر مواد انتشار یافته در از بین بردن لایه ازن را کمی می‌کند. پتانسیل مسمومیت انسان شاخصی است مربوط به انتشار مواد سمی که بر روی انسان اثر مخرب دارد (Brentrup *et al*., 2004).

در مرحله تفسیر، نتایج چرخه حیات به عنوان پایه‌ای برای نتیجه‌گیری‌ها، پیشنهادها و تصمیم‌گیری‌ها مطابق با تعریف هدف و دامنه، خلاصه شده و مورد بحث قرار می‌گیرند.

نتایج و بحث

جدول (۳) شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه شده برای چهار سناریوی تعریف شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود به جز بخش‌های اثر مسمویت آب‌های آزاد، قابلیت مسمومیت انسان‌ها و مسمومیت آب‌های سطحی، در همه گروه‌های اثر، ناحیه مرکزی استان نسبت به سایر سناریوهای دیگر، بارهای زیست محیطی بیشتری به محیط زیست وارد می‌کند. این موضوع به دلیل مصرف بی‌رویه نهاده سوخت و کود نیتروژن در این سناریو نسبت به سه سناریو دیگر می‌باشد که نیاز است در مصرف این دو نهاده راهکارهایی جهت مصرف بهینه نهاده‌ها اتخاذ شود. در مطالعه اثرات زیست‌محیطی در تولید یک تن کلزا در یک سال به منظور تولید زیست‌توده در شیلی، گروه‌های اثر تخلیه منابع، قابلیت اسیدی شدن، قابلیت گرمایش جهانی و تخلیه لایه ازن در شرایط کشت مرسوم، به ترتیب ۷۶۰ kg CO2 eq، ۱۹/۲ kg SO2 eq، ۲/۲۲ kg Sb eq، ۰/۰۰۰۳۳۵ kg CFC-11 eq گزارش شده است (Iriarte *et al*., 2011).

دلیل بالا بودن میزان گروه‌های اثر گرمایش جهانی و تخلیه لایه ازن در این مطالعه مصرف سوخت دیزل می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه، سوخت بیشتر جهت انتقال کلزا به کارخانه روغن کشی مصرف می‌شود تا عملیات زراعی. در اکثر مطالعات LCA در بخش کشاورزی، مصرف سوخت، کود شیمیایی و الکتریسیته بیشترین سهم را از اثرات زیست محیطی دارند (Iriarte *et al*., 2011; Khoshnevisan *et al*., 2014b).

گروه‌های اثر قابلیت مسمومیت انسان‌ها، آب‌های سطحی و آب‌های آزاد در کشت و صنعت مغان با روش آبیاری بارانی نسبت به سه سناریوی دیگر بالا است. دلیل آن مصرف الکتریسیته در آبیاری کلزا می‌باشد. از آن جا که در ایران از منابع فسیلی برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود، دارای اثرات منفی بر آب، خاک و هوا می‌باشد. در این جا مساله استفاده از الکتریسیته بدست آمده از منابع فسیلی در ایران است که پیشنهاد می‌شود به جای استفاده از منابع فسیلی، از منابع تجدیدپذیر بهره گرفته شود.

نمودار ستونی مقایسه درصدی گروه‌های اثر در چهار سناریوی مورد مطالعه در شکل (۲) آورده شده است. از سمت چپ نمودار شکل (۲) در گروه اثر تخلیه منابع اولین ستون مربوط به ناحیه مرکزی، دومین ستون ناحیه شمالی، سومین ستون کشت و صنعت مغان با روش آبیاری سطحی و چهارمین ستون کشت و صنعت مغان با روش آبیاری بارانی می‌باشد. از بین ۱۱ گروه اثر، ناحیه مرکزی استان دارای اثرات زیست محیطی بیشتری در هشت گروه اثر نسبت به سناریوهای دیگر می‌باشد و در سه گروه اثر کشت و صنعت مغان با روش آبیاری بارانی دارای اثرات زیست محیطی بیشتری می‌باشد که در ادامه

سهم هر یک از نهاده‌ها در ایجاد هر یک از گروه‌های اثر آمده است. هرچند آبیاری بارانی به دلیل مصرف آب کمتر نسبت به روش غرقابی ارجحیت دارد، اما مصرف الکتریسیته حاصل از منابع فسیلی علت بالا بودن اثرات زیست محیطی در این روش است.

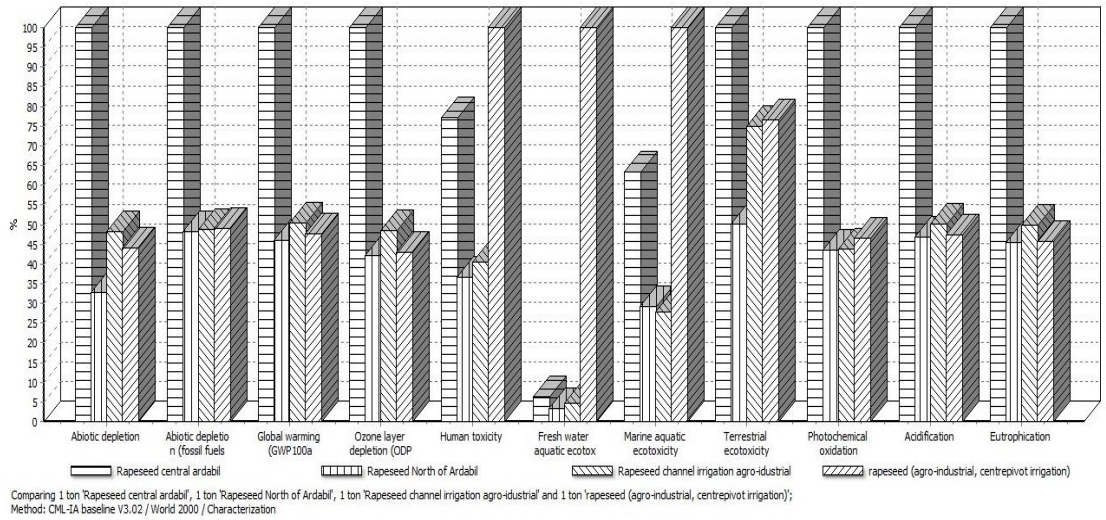
شکل‌های (۳) تا (۶) سهم نهاده‌های مختلف را در ایجاد اثرات زیست محیطی در سناریوهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. کودهای شیمیایی و سوخت مصرف شده در ماشین‌ها بیشترین سهم را در اثرات زیست محیطی دارا می باشند. در روش آبیاری نیز به دلیل مصرف الکتریسته و متعاقبا به دلیل این که در ایران برای تولید الکتریسته بیشتر از منابع فسیلی استفاده می‌شود، لذا در این روش دارای بیشترین بارهای زیست محیطی می‌باشد.

جدول ۳. شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید و انتقال کلزا در چهار سناریوی تعریف شده.

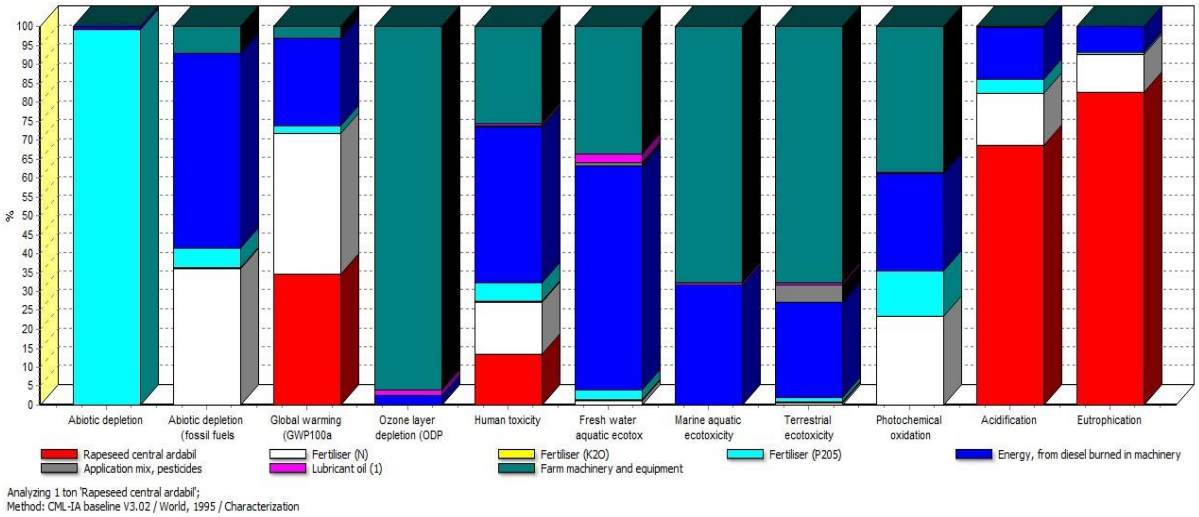
بخش اثر	واحد	ناحیه مرکزی	ناحیه شمالی	کشت و صنعت مغان	
				آبیاری سطحی	آبیاری بارانی
تخلیه منابع زنده	kg Sb eq	۰/۰۰۲۲۰	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۱۱۰	۰/۰۰۰۹۷
تخلیه منابع غیرزنده (سوخت‌های فسیلی)	MJ	۱۳۷۵۵/۶۰	۶۶۲۲/۰۲	۶۶۹۴/۸۲	۶۷۵۵/۲۰
قابلیت اسیدی شدن	kg SO2 eq	۲۰/۱۹	۹/۴۸	۱۰/۱۱	۹/۵۸
قابلیت اختناق دریاچه‌ای	kg $PO4^{2-}$ eq	۹/۶۱	۴/۳۸	۴/۷۹	۴/۳۹
قابلیت گرمایش جهانی (a۱۰۰)	kg CO2 eq	۲۴۷۸/۳۳	۱۱۳۸/۸۸	۱۲۴۷/۵۵	۱۱۷۹/۰۵
تخلیه لایه ازن	kg CFC-11 eq	۰/۰۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۱۷
قابلیت مسمومیت انسان‌ها	kg 1,4-DB eq	۲۴/۱۳	۱۱/۴۶	۱۲/۶۴	۳۱/۲۷
مسمومیت آب‌های سطحی	kg 1,4-DB eq	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۳۳	۶/۹۶
مسمومیت آب‌های آزاد	kg 1,4-DB eq	۲۱۳۳۶/۹۰	۹۸۱۱/۴۶	۹۴۲۴/۷۵	۳۳۷۱۵/۳۱
مسمومیت خاک	kg 1,4-DB eq	۰/۰۸۹	۰/۰۴۵	۰/۰۶۷	۰/۰۶۸
مه دود فتوشیمیایی	kg C2H4 eq	۰/۲۳۰	۰/۰۹۸	۰/۰۹۸	۰/۱۰۰

یکی از دلایل افزایش مصرف سوخت در این مناطق سن بالای ماشین‌های کشاورزی می‌باشد. در ناحیه شمالی که سن ماشین‌های کشاورزی نسبت به ناحیه مرکزی کم‌تر است، همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، بارهای زیست محیطی این ناحیه تقریبا ۵۰ درصد از گروه‌های اثری که مصرف سوخت بیشترین تاثیر را داراست، کم‌تر می‌باشد. کم و زیاد بودن فاصله مزارع از کارخانه روغن کشی نیز در سوخت مصرفی برای حمل و نقل محصول تاثیر دارد.

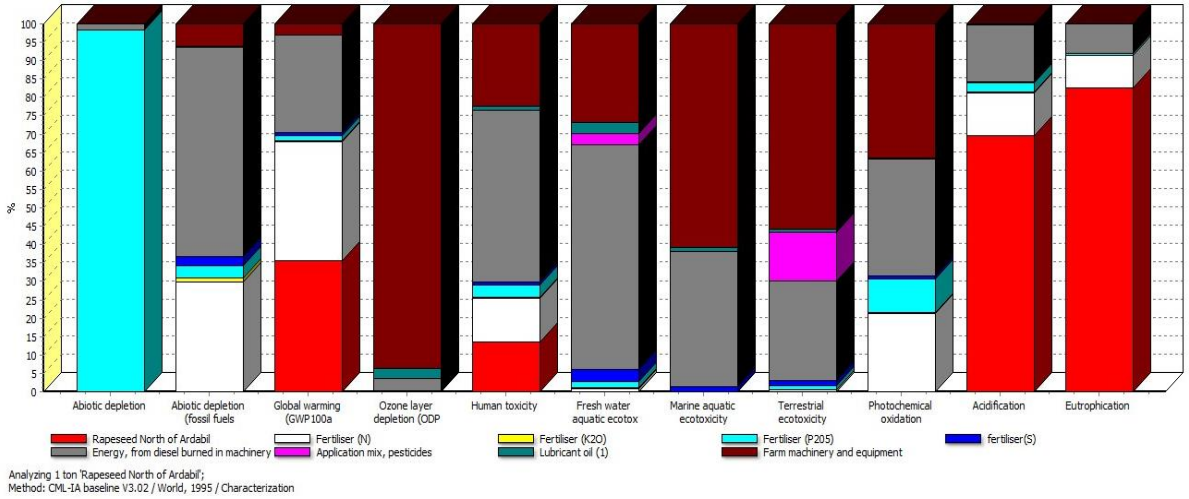
با توجه به شکل‌های (۳) تا (۶) میزان سهم آفت‌کش‌ها در گروه‌های اثر در شمال استان و کشت و صنعت مغان نسبت به ناحیه مرکزی بیشتر می‌باشد که ناشی از اعمال زیاد سموم شیمیایی در مناطق مذکور می‌باشد.



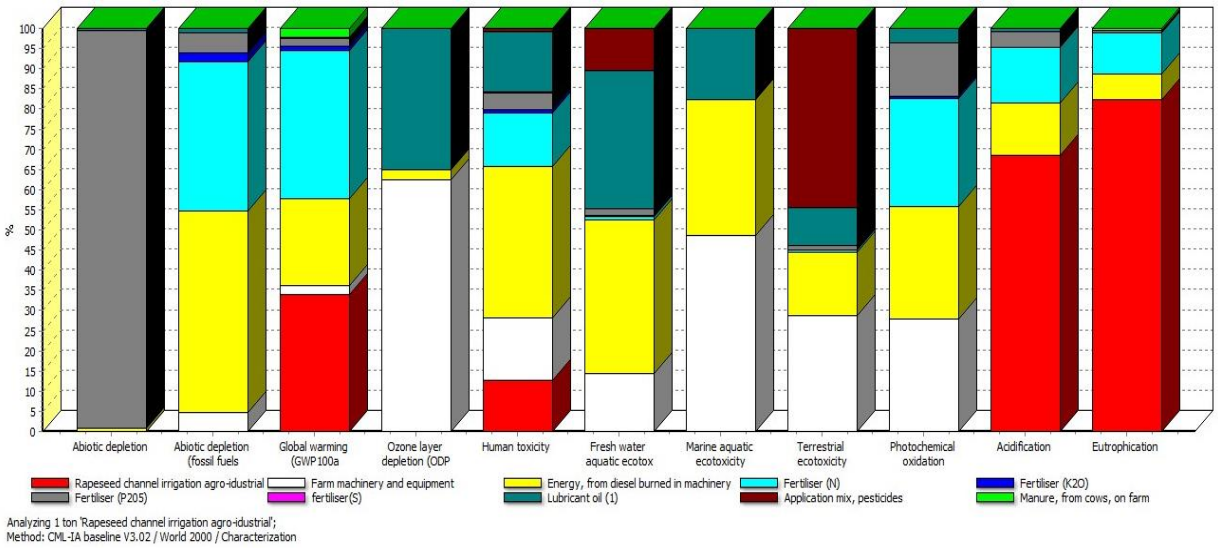
شکل ۲. مقاسیه چهار سناریوی مورد مطالعه در بخش‌های اثر مورد مطالعه



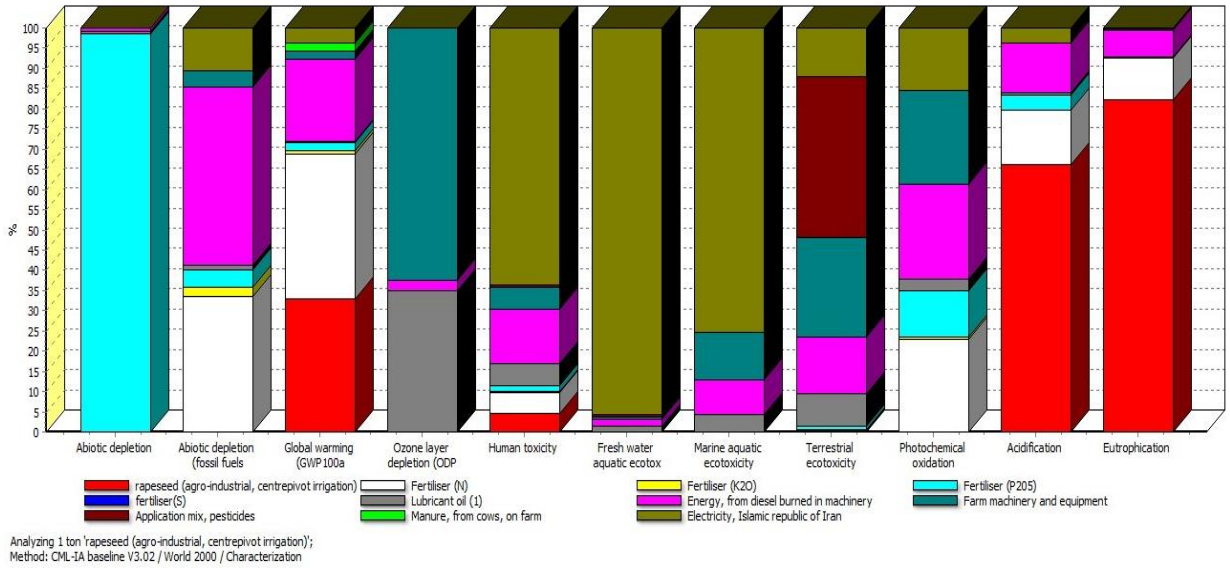
شکل ۳. سهم نهاده‌های مختلف در گروه‌های اثر ناحیه مرکزی استان اردبیل



شکل ۴. سهم نهاده‌های مختلف در گروه‌های اثر ناحیه شمالی استان اردبیل



شکل ۵. سهم نهاده‌های مختلف در گروه‌های اثر کشت و صنعت مغان با روش آبیاری سطحی

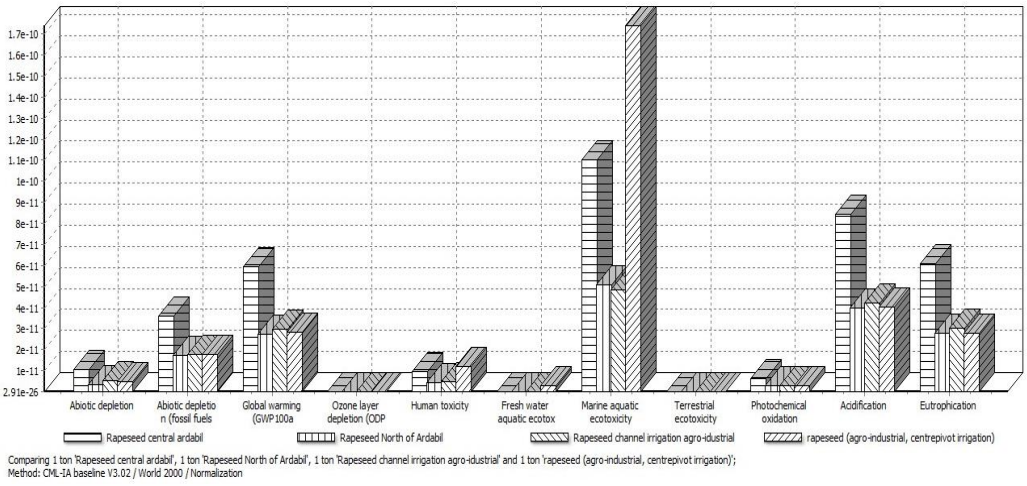


شکل ۶. سهم نهاده‌های مختلف در گروه‌های اثر مختلف کشت و صنعت مغان با روش آبیاری بارانی

با توجه به شکل‌های (۳) تا (۶) نقش نهاده ماشین‌های کشاورزی در کشت و صنعت مغان برای هر دو روش آبیاری در گروه‌های اثر مربوطه به علت پایین بودن انرژی نهاده مذکور نسبت به دو ناحیه مرکزی و شمالی کمتر می‌باشد. با توجه شکل (۶) به علت تاثیر مصرف الکتریسیته در منطقه مورد مطالعه تقریبا در همه گروه‌های اثر، استفاده از سوخت‌های فسیلی به منظور تولید برق در گروه‌های اثر قابلیت اختناق دریاچه‌ای، اسیدی شدن و گرمایش‌جهانی تاثیر فعالیت‌های مستقیم کشاورزی که برای تولید محصول استفاده می‌شود پررنگ‌تر می‌باشد. در تحقیقی بر روی تولید کلزا، کودهای شیمیایی، سوخت، ماشین‌های کشاورزی و آفت‌کش‌ها به ترتیب دارای بیش‌ترین سهم در گروه‌های اثر در تولید کلزا در کشور شیلی معرفی شده‌اند (Iriarte *et al*., 2010). همچنین در بررسی چرخه حیات تولید سوخت زیستی، گزارش شده است که مرحله تولید کلزا (در بخش کشاورزی از تولید تا برداشت) دارای بیشترین سهم در گروه‌های اثر مختلف بوده است (Malça *et al*., 2014). در ارزیابی چرخه حیات تولید یک تن گندم، کاربرد ماشین‌های کشاورزی در عملیات مزرعه‌ای و کودهای شیمیایی، به ترتیب به عنوان مهم‌ترین عامل در ایجاد گرمایش جهانی اعلام شده است (Soltani *et al*., 2010).

به منظور مقایسه شاخص‌های مختلف زیست محیطی لازم است تمام این شاخص‌ها با واحد یکسانی برآورد گردند. برای این منظور از ضرایب نرمال‌سازی استفاده می‌گردد و شاخص‌های نرمال شده، که شاخص‌های بدون واحدی هستند، مورد مقایسه قرار می‌گیرند. بنابراین می‌توان سامانه‌های مختلف را بر اساس این شاخص‌ها با هم مقایسه نمود. این مرحله در واقع تخصیص سهم سامانه مورد مطالعه در یک شرایط مرجع می‌باشد. برای مثال تعیین سهم اثر گرمایش جهانی سامانه مورد مطالعه در ایجاد همین اثر در یک منطقه مانند اروپا، جهان یا یک کشور خاص می‌باشد. در واقع در این مرحله سهم اثرات زیست محیطی سامانه مورد مطالعه در کل اثرات زیست محیطی یک منطقه تعیین می‌شود. در ادامه اثرات زیست‌محیطی نرمال شده با استفاده از روش CML Baseline در نرم‌افزار سیماپرو که از مدل World 2000 برای نرمال‌سازی استفاده می‌کند، در شکل (۷) آورده شده است.

همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود بعد از بی‌بعد شدن اثرات زیست محیطی، نقش گروه‌های اثر مسمومیت آب‌های آزاد، اسیدیته، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی و تخلیه منابع فسیلی در هر چهار سناریوی مورد مطالعه تولید و انتقال کلزا بیش‌تر از گروه‌های اثر دیگر می‌باشد. همان طور که قبلا توضیح داده شد مصرف کود شیمیایی و سوخت در سامانه‌های کشاورزی سهم بالایی در گروه‌های اثر مذکور دارد. نتایج تقریبا مشابهی بعد از نرمال‌سازی اثرات زیست محیطی توسط محققین گزارش شده است. آن‌ها اسیدیته و گرمایش جهانی را به عنوان شاخص‌های تاثیرگذار معرفی کردند (Soltani, *et al*., 2010 ؛Mirhaji *et al*., 2013). همچنین با توجه به شکل (۷)، مشخص است که اثرات زیست‌محیطی در اکثر شاخص‌ها مربوط به کشت و صنعت مغان (آبیاری غرقابی) کمتر از دیگر سناریوهای مورد مطالعه می‌باشد. لذا نتیجه گرفته می‌شود که ادغام مزارع کوچک می‌تواند در کاهش انتشارات زیست محیطی موثر باشد.



شکل ۷. مقادیر نرمال شده اثرات زیست محیطی در چهار سناریو مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

در این تحقیق چهار سناریو شامل بهره‌برداران ناحیه مرکزی، ناحیه شمالی، کشت و صنعت مغان با دو روش آبیاری سطحی و بارانی در استان اردبیل، جهت ارزیابی و مقایسه از نظر اثرات زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ارزیابی چرخه حیات برای چهار سناریو به صورت زیر می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند برای کاهش اثرات زیست‌محیطی در تولید کلزا از طریق کاهش و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها از جمله سوخت، کود، بهبود روش‌های آبیاری، افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر و ادغام مزارع کوچک و تاسیس شرکت‌های سهامی زراعی مورد استفاده قرار گیرد.

در مقایسه با سایر تحقیقات، شاخص‌های زیست محیطی در منطقه برای هر چهار سناریو بالا می‌باشد.

کودشیمیایی، الکتریسته و سوخت مهم‌ترین نهاده‌های تاثیرگذار بر اثرات زیست محیطی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

مصرف کود نیتروژن مهم‌ترین عامل در ایجاد اثرات زیست‌محیطی در فرآیند تولید کلزا در منطقه مورد مطالعه بود.

گروه‌های اثر مسمویت آب‌های آزاد، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، اسیدیته و گرمایش جهانی بعد از نرمال‌سازی شاخص‌های زیست محیطی نسبت به سایر گروه‌های اثر دارای مقادیر بیشتر در منطقه مورد مطالعه بود.

REFERENSES

Abeliotis, K., Detsis, V., & Pappia, C. (2013). Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. *Journal of Cleaner Production*, 41, 89–96.

Anonymous, (2009) Summary of weather, climate and water resources, Keshavarzi Bank, General Directorate of *Economic Studies, Ardabil Province*. (In Farsi.

Anonymous, (2013). Agricultural Statistics, Agricultural Jihad Ministry, Department of *Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, Agricultural Crops*. (In Farsi).

Anonymous, (2014). Canola Production Statistics, Management of *Agricultural Jihad, Ardabil Province*. (In Farsi).

Bojacá, C. R., Wyckhuys, K. A. G., & 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., Kuhlmann, H., & Lammel, J. (2004a). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of *a LCA method tailored to crop production*. *European Journal of Agronomy*, 20(3), 247–264.

Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques Third Edition.pdf* (3rd ed). New York: John Wily& Sons.

Danesh Shahraki, A., Kashani, A., Kouhi Dehkordi, A. (2008). The effect of plant densities and time of *nitrogen application on some agronomic characteristic of rapeseed. Pajouhesh & Sazandegi*, 79: 10-17. (In Farsi).

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

Ghaderi, N., Olamaee, M., Arzanesh, M., Ghorbani Nasrabadi, R. 2011. Study of biological fixation of nitrogen in various strains of *Azospirillum bacteria isolated from canola rhizosphere in different parts*

of Golestan Province. 12th Iranian Congress on Soil Sicences. Tabriz, Iran. 3-5 September. (In Farsi).

Ghadiryanfar, M. (2013). Life cycle assessment of ethanol produced from sugar cane molasses (energy cycle and environmental effects) in Iran. Ph.D. Dissertation. University of Tehran.

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

Iriarte, A., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2011). Environmental impacts and energy demand of rapeseed as an energy crop in Chile under different fertilization and tillage practices. *Biomass and Bioenergy*, *35*(10), 4305-4315.

ISO 14044, (2006). The new international standards for life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *11*(2), 80–85.

ISO 14040, (2006). Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework. *The International Journal of Life Cycle Assessmen*, *11*(2), 36 p.

Khoramdel, S. (2011). Evaluation of carbon sequestration potential and life cycle in different corn cropping systems. Ph.D. Dissertation. Ferdowsi University of Mashhad (In Farsi).

Khoshnevisan, B., Bolandnazar, E., Barak, S., Shamshirband, S., Maghsoudlou, H., Altameem, T. a., & Gani, A. (2014a). A clustering model based on an evolutionary algorithm for *better energy use in crop production. Stochastic Environmental Research* and Risk Assessment, 1–15.

Khoshnevisan, B., Bolandnazar, E., Shamshirband, S., Motamed, H., Badrul, N., Mat, L., Kiah, M. L. M. (2015). Decreasing environmental impacts of cropping systems using life cycle assessment (LCA) and multi-objective genetic algorithm. *Journal of Cleaner Production*, 86, 67–77**.**

Khoshnevisan, B., Rajaeifar, M. A., Clark, S., Shamahirband, S., Anuar, N. B., Shuib, N. L. M., & Gani, A. (2014b). Evaluation of traditional and consolidated rice farms in *Guilan Province, Iran, using life cycle assessment and fuzzy modeling. Science of the Total Environment*, 481, 242–251.

Malça, J., Coelho, A., & Freire, F. (2014). Environmental life-cycle assessment of *rapeseed-based biodiesel: Alternative cultivation systems and location*s. Applied Energy, 114, 837–844.

Mirhaji, H., Khojasteh Pour, M.H., Mahdavi Shahri, S.M. (2013). Evaluation of environmental impacts of *wheat production, Marvdasht region, Iran. Natural Environment Journa*l. 2: 223-232. (In Farsi).

Mirhaji, H., Khojastehpour, M.H., Abasspour Fard, M., Mahdavi Shahri, S.M. (2011). Evaluation of resource depletion in production of *sugar beet using life cycle assessment (case study: South Khorasan Province, Khezri Agricultural Stock Company. 5th National Conference and Technical Exhibition* of Environmentl Engineering, Tehran. 21-22, November. (In Farsi).

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., Nonhebel, S. (2014). *Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north* Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 30: 724-733.

Payandeh, Z., Kheiralipour, K., Karimi, M., Khoshnevisan, B. (2017). Joint data envelopment analysis and life cycle assessment for environmental impact reduction in broiler production systems. Energy. 127: 768-774.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., Soltani, E. (2010). *Evaluation of environmental impact of crop production using* LCA: wheat in Gorgan. EJCP. 3(3): 201-218. (In Farsi).

Zhou, M., Zhu, B., Brüggemann, N., Wang, X., Zheng, X., & Butterbach-bahl, K. (2015). *Agriculture, Ecosystems and Environment Nitrous oxide and methane emissions* from a subtropical rice – rapeseed rotation system in China : A 3-year field case study, 212, 297–309.