نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۷۴-۱۶۰

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 160-174

مطالعه اثرات زیست‌محیطی تولید گیاهان دانه روغنی در اردبیل با استفاده از ارزیابی چرخه حیات

مجید دکامین[۱]، مرتضی برمکی[۲*]، امین کانونی[۳] و سید رضا موسوی مشکینی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۷

دکامین، م.، برمکی، م.، کانونی، ا.، و موسوی مشکینی، س.ر. ۱۳۹۷. مطالعه اثرات زیست محیطی تولیدگیاهان دانه روغنی در اردبیل با استفاده از ارزیابی چرخه حیات. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۷۴-۱۶۰.

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید گیاهان روغنی شامل سویا (*Glycine max* L.)، کلزا (*Brassica napus* Rapeseed.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در استان اردبیل بود. ارزیابی چرخه حیات به منظور ارزیابی مقایسه اثرات محیط زیستی، تقاضای آب و کاربری زمین این سه نوع گیاه روغنی به کار گرفته شد. چهار طبقه اثر محیط زیستی مورد استفاده در این روش مورد استفاده قرار گرفت. این چهار طبقه اثر شامل مردابی شدن، اسیدی شدن، گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی است. تقاضای آب و کاربری زمین دیگر طبقه اثرهایی است که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته است. هرسه گیاه زراعی برای طبقه اثرهای مختلف دارای الگوی یکسانی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که آفتابگردان در پنج طبقه اثر از شش طبقه اثر انتخابی دارای بیشترین اثرات محیط زیستی است، چراکه دارای محصول کمتر و تقاضای آب و انرژی بیشتری است. نتایج نشان داد که تولید ۱ تن آفتابگردان، سویا و کلزا به‌ترتیب نیازمند ۴۲۶، ۳۷۰ و ۴۷۱ مترمربع زمین است. در این مطالعه مشخص شد که اثرات محیط زیستی سه گیاه زراعی عمدتاً از کودهای شیمیایی، کود دامی، سوخت دیزل و مصرف الکتریسیته برای آبیاری حاصل می شود. می توان گفت که اثرات مرتبط با این نهاده‌ها مربوط به تولید و فرآوری آن‌ها قبل از استفاده در مزرعه هستند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، بهینه‌سازی، سویا، کلزا، کشاورزی پایدار، گرمایش جهانی

مقدمه

در حال حاضر دست‌یابی به کشاورزی پایدار و در نظر گرفتن جنبه‌های محیط زیستی تولید محصول در سطح جهان مورد توجه زیادی قرار گرفته است. بر همین اساس، اثرات محیط زیستی کشاورزی در تولید پایدار محصولات کشاورزی باید در نظر گرفته شود (Ruviaro et al., 2012).

از آن‌جا که توان بازیابی کشاورزی وابسته به منابع طبیعی و فرآیندهای مرتبط با آن است، رابطه پیچیده‌ای بین کشاورزی و محیط‌زیست برقرار شده است. فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند برای محیط‌زیست فواید و مضراتی به دنبال داشته باشد. از جمله مضرات آن می‌توان به استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی هم‌چون آفت‌کش‌ها، کودها و انرژی‌های تجدیدناپذیر است. علاوه بر این، تغییر کاربری زمین، تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع زیستی از جمله مضرات کشاورزی رایج است. کمینه‌سازی اثرات منفی و بیشینه‌سازی اثرات مثبت چالشی را فراهم می‌آورد تا به‌وسیله آن بتوان به پایداری رسید. تولید گیاهان زراعی و فرآوری آن‌ها باعث بهره‌گیری از نظام‌های زراعی مختلفی شده است که هرکدام از آن‌ها

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت و اکولوژی گیاهان زراعی، استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی و دانش‌آموخته دکتری مدیریت محیط زیست و مدیر کل اداره حفاظت محیط زیست استان زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: m_barmaki@uma.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.55340

دارای مصرف آب، کارایی انرژی و انتشارها محیطزیستی مختلفی هستند (Cellura et al., 2012). شرایط پیچیده‌ای که در اثر تولید محصولات زراعی مختلف در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران به‌وجود آمده است می‌بایست با دقت بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (Abeliotis et al., 2013; Beccali et al., 2009; Cellura et al., 2012; Ingwersen, 2012; Khoshnevisan, et al., 2014).

فعالیت‌های کشاورزی طی چند دهه اخیر در ایران به سرعت رشد داشته و اثرات محیطزیستی حاصل از آن‌ها نیز به همین مقیاس افزایش یافته است (FAO, 2007). مسائل اساسی محیط زیستی در ایران شامل کاهش منابع آب، آبشویی نیترات و ورود آن به آب‌های زیرزمینی (Jalali, 2011; Mahvi et al., 2005)، فرسایش خاک، انتشار آفت‌کش‌ها و کودهای فسفره به منابع آب (Fadaei et al., 2012; Kafilzadeh et al., 2012; Talebi, 1998) می‌شود. به خاطر خلأ بزرگ بین ارزیابی اثرات محیط زیستی کشاورزی و فعالیت‌های کشاورزی در ایران، توجه بسیار کمی به کاهش انتشارهای محیطزیستی و استفاده از منابع برای فعالیت های کشاورزی شده است (DeVries & De Boer, 2010). دستورالعمل-های استانداردی می‌بایست برای ارزیابی فعالیت‌های کشاورزی برای معرفی محصولات و تولیدات کشاورزی دوستدار محیطزیست تدوین شود.

تولید گیاهان زراعی نظامی است که دارای اثرات محیطزیستی بالایی است. ابزارهای مختلفی برای مقایسه و ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. جامع‌ترین ابزار برای ارزیابی اثرات محصولات کشاورزی، ارزیابی چرخه حیات[1] است (Thomassen et al., 2008).

به‌عنوان یک روش علمی، LCA قادر به مقایسه انتشارهای مربوط به نظام‌های تولید گیاهان زارعی است (Beccali et al., 2009; Blengini & Busto, 2009; Brentrup et al., 2001; Thomassen et al., 2008). در میان ابزارهای متنوع موجود، ارزیابی چرخه حیات روش جامعی برای ارزیابی اثرات محیطزیستی تولیدات، فرآیندها و خدمات است. ارزیابی چرخه حیات روشی مناسب برای ارزیابی همه اثرات محیط زیستی مربوط به یک محصول، فرآیند یا فعالیت است که با شناسایی، کمی‌سازی و ارزیابی منابع مصرف‌شده، انتشارها و پسماندهای آزادشده به محیطزیست ارزیابی جامعی را ارائه می‌دهد. ارزیابی چرخه حیات این فرصت را فراهم می‌کند که ارزیابی کاملی از اثرات متنوع روی محیطزیست صورت گیرد و توانایی شناسایی فرصت‌های مناسب از منظر توسعه پایدار را ممکن می‌سازد (Cellura et al., 2012; Ingwersen, 2012). به عنوان مثال، اثرات محیط زیستی تولید کلزا و آفتابگردان در شیلی را با استفاده از ارزیابی چرخه حیات بررسی کردند و نشان دادند که کودهای شیمیایی بالاترین اثرات محیط زیستی در هر دو محصول را موجب می‌شوند (Iriarte et al., 2012). همچنین در این مطالعه تجزیه و تحلیل چرخه حیات کودهای شیمیایی نشان دادکه استخراج مواد خام و تولید آن، مراحل کلیدی هستند. ارزیابی اثرات محیطزیستی تولید توت فرنگی (*Fragaria ananassa* Strawberry.) در ایران نشان داد که الکتریسیته، گاز طبیعی و کودهای نیتروژنه در دو سیستم (گلخانه-ای و مزرعه‌ای) بالاترین اثرات ایجاد می‌کردند (Khoshnevisanet al., 2014).

ارزیابی‌های محیطزیستی محصولات زراعی که با استفاده از روش‌های رایج انجام می‌شود، کل چرخه حیات محصول را مد نظر قرار نمی‌دهد این در حالی است که ارزیابی چرخه حیات، کل چرخه حیات محصول را مد نظر قرار می‌دهد (O'Brien et al., 2012). رایج‌ترین طبقه اثرهای لحاظ شده در ارزیابی نظام‌های تولید گیاهان زراعی به وسیله ارزیابی چرخه حیات شامل اسیدی شدن[2]، مردابی شدن[3]، گرمایش جهانی[4]، کاربری زمین[5] و تخلیه منابع[6] (به‌عنوان مثال، انرژی های تجدید ناپذیر و مصرف آب در طی تولید گیاهان زراعی) است (Cederberg & Stadig, 2003; Foster et al., 2007; O'Brien et al., 2012; Nassiri Mahallati & Koocheki, 2017; Williams et al., 2006).

در این مطالعه با استفاده از ارزیابی چرخه حیات اقدام به ارزیابی استفاده از مواد، مصرف انرژی و انتشارهای محیط زیستی حاصل از تولید سه گیاه زراعی سویا، کلزا و آفتابگردان در شهرستان اردبیل شده است. هدف از این مطالعه، معرفی بهترین گیاه زراعی از نظر اثرات محیط زیستی و شناسایی نقاط حساس و کلیدی برای فراهم آوردن

1- Life Cycle Assessment (LCA)

2- Acidification
3- Eutrophication
4- Global warming,
5- Land use
6- Depletion of resources

امکان بهبود کارکرد محیط زیستی نظام کشت رایج این سه گیاه زراعی در اردبیل است.

مواد و روش‌ها

گیاهان زراعی مورد مطالعه

شهر اردبیل در میان دشتی با همین نام در ارتفاع ۱۵۰۰متری از سطح دریا و در میانکوه‌های باغرو (تالش) و سبلان در شمال غرب فلات ایران جای گرفته و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. موقعیت جغرافیایی استان از نظر عرض جغرافیایی؛ ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و از نظر طول جغرافیایی؛ ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی است. از جمله عوامل مؤثر بر آب و هوای استان اردبیل، وجود دریای خزر در شرق استان می‌باشد که علاوه بر برخوردار کردن منطقه از رطوبت خود، عامل تعدیل درجه حرارت نیز می‌باشد. پهنه اقلیمی شهرستان دارای اقلیم خشک سرد و نیمه خشک سرد می‌باشد که مقدار رطوبت در اقلیم خشک سرد ۱۵ الی ۳۰ درصد و در اقلیم نیمه‌خشک سرد ۲۰ الی ۵۰ درصد، و مقدار میانگین حداقل درجه حرارت روزانه سردترین ماه در این دو اقلیم ۵ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد زیر صفر است. شهر اردبیل از نظر اقلیمی برای تولید طیف بالایی از گیاهان زراعی، از جمله گیاهان روغنی مناسب است (Asgharipour et al., 2012) (شکل ۱). سویا یک گیاه زراعی است که برای تولید روغن در دنیا و ایران مورد استفاده قرار می گیرد. آمارهای اخیر وزارت جهاد کشاورزی نشان می‌دهد که سطح زیر کشت این محصول در ایران ۸۴۰۸۴ هکتار است. سویا در شمال ایران، از جمله در استان اردبیل کشت می‌شود که در حال حاضر ۲۰ درصد از تولید ملی سویا در این استان است (FAO, 2015).

کلزا در سطح ۸۵۹۳۳ هکتاری در استان اردبیل کشت می‌شود که تولید ۱۶۴۰۱۸ تن کانولا در سال ۱۳۹۲ را به همراه داشته است. استان اردبیل دومین استان از نظر تولید کلزا در کشور است.

آفتابگردان دیگر گیاه زراعی مورد مطالعه بود، این گیاه زراعی به خاطر این‌که به‌ازای هر هکتار روغن بیشتری تولید می‌کند، از آن به عنوان جایگزین کانولا یاد می‌شود.

روش ارزیابی چرخه حیات

دستورالعمل اجرای ارزیابی چرخه حیات در استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴ آمده و در این مطالعه لحاظ شده است. ارزیابی چرخه‌حیات چارچوب بین‌المللی جامع و استاندارد شده‌ای است و به منظور ارزیابی و تعیین انتشارهای محیطزیستی در مطالعات محیط زیستی زیادی، از جمله تولید گیاهان زراعی، به کار گرفته شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به (Abeliotis et al., 2013; Blengini & Busto, 2009; Cellura et al., 2012; Ingwersen, 2012; Khoshnevisan et al., 2014) اشاره کرد. مجموعه استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ بیان می‌کند که هر ارزیابی چرخه حیات شامل چهار فاز اصلی، تعیین حوزه و هدف[1]؛ تحلیل سیاهه‌برداری[2]؛ ارزیابی اثر[3] و تفسیر نتایج[4] است (ISO, 2006). هر فاز در ادامه توضیح داده شده است. تمام اثرات محیطزیستی با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو[5] ۸/۰/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (PRe, 2015).

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل- ایران
Fig. 1- Geographic location of Ardabil province- Iran

تعریف حوزه و هدف

تعریف حوزه و هدف از جمله مهم‌ترین مراحل ارزیابی چرخه حیات است که تصمیمات ابتدایی بر مبنای آن گرفته می‌شود. این تصمیمات شامل تعیین اهداف، واحد کارکردی، مرزهای سیستم و سیستم‌های مورد مقایسه است (Guinée, 2002). هدف از مطالعه حاضر بررسی کارکرد محیطزیستی فعالیت‌های کشاورزی رایج برای تولید گیاهان زراعی در سطح محلی در اردبیل است. در این مطالعه به

1- Goal and scope definition

2- Inventory analysis
3- Impact assessment
4- Interpretation of results
5- Simapro v 8.0.1

بررسی و ارائه پیشنهاداتی جهت کشت، نهاده‌ها و ابزارهای مورد استفاده ارائه خواهد شد. تمام گیاهان روغنی دارای عملیات کشاورزی متفاوتی هستند. به عنوان مثال کلزا، به خاطر این‌که دارای بذرهای بسیار ریزی است، نسبت به آفتابگردان، نیازمند بستر بذر بهتری پیش از انجام عملیات کاشت است، اما نهاده‌های ورودی برای هر سه گیاه زراعی یکسان در نظر گرفته شده است.

واحد کارکردی[1]

یک واحد کارکردی به یک کمیت یا کیفیت از محصول اطلاق می‌گردد که به عنوان واحد مرجع برای اختصاص بارهای محیط زیستی از آن استفاده می شود. واحد کارکردی مفهومی کلیدی در ارزیابی چرخه حیات است چرا که امکان مقایسه بین محصولات را فراهم می آورد (ISO, 2006). تمامی مصارف و انتشار مواد، آب و انرژی به‌ازای یک تن از هر محصول زراعی در رطوبت ۱۳ درصد به عنوان واحد کارکردی لحاظ شده است.

مرزهای سیستم

مرز سیستم تمام نظام تولید برای سویا، آفتابگردان و کلزا را پوشش می‌دهد. مرز سیستم دربردارنده فرآیندهای پیش زمینه‌ای و پس زمینه‌ای است. فرایندهای پیش زمینه‌ای شامل استخراج مواد خام، کودها و تولید الکتریسیته و سوخت است. فرآیندهای پیش زمینه‌ای شامل مدیریت کشاورزی، انتشار به خاک و آب و هوا در اثر فعالیت‌های کشاورزی برای تولید یک تن از این سه گیاه زراعی است. پیش فرض این مطالعه این است که کاه و کلش باقی مانده از محصول به زمین بازگردانده می‌شود. به عنوان یک فعالیت مدیریت کشاورزی، این امر مفید است چراکه منجر به بازگشت مواد غذایی، محتوای ماده آلی خاک و جلوگیری از فرسایش می‌شود. اتلاف محصول در حین برداشت در این مطالعه لحاظ نشده است (شکل ۲).

جمع‌آوری داده‌های سیاهه‌برداری[2]

داده‌های کشاورزی در طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ جمع‌آوری شد. داده‌های سیاه‌برداری بر اساس تولید اقتصادی هر محصول جمع‌آوری شد. جمع‌آوری داده‌ها از طریق مصاحبه رودررو با کشاورزان به‌دست آمد. داده‌های ابتدایی و نهایی در دو مرحله مورد ارزیابی قرار گرفتند. در مرحله ابتدایی، ۴۵ مزرعه بر اساس اندازه (حداقل پنج هکتاری) داده‌ها جمع‌آوری شد. مزارع دارای خصوصیات اقتصادی، فنی و اجتماعی متفاوتی بودند. به‌منظور دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر در مرحله بعد بررسی دقیق‌تری در شش مزرعه انجام شد و داده‌های ابتدایی در خصوص ماشین‌آلات مورد استفاده، سیستم‌های آبیاری، مصرف سوخت و دیگر نهاده‌های کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس داده‌ها بر اساس مرور منابع و نظر اساتید کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی مورد تأیید قرار گرفت. در این مطالعه فرض بر این است که تمام گیاهان روغنی از منابع مشابهی از نظر انرژی، نهاده‌های کشاورزی دو شیوه مدیریت بهره‌مند می‌شوند. در این مطالعه زیرساخت‌ها (ساختمان‌ها، احداث کانال‌های انتقال آب و غیره) و تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات لحاظ نشده است.

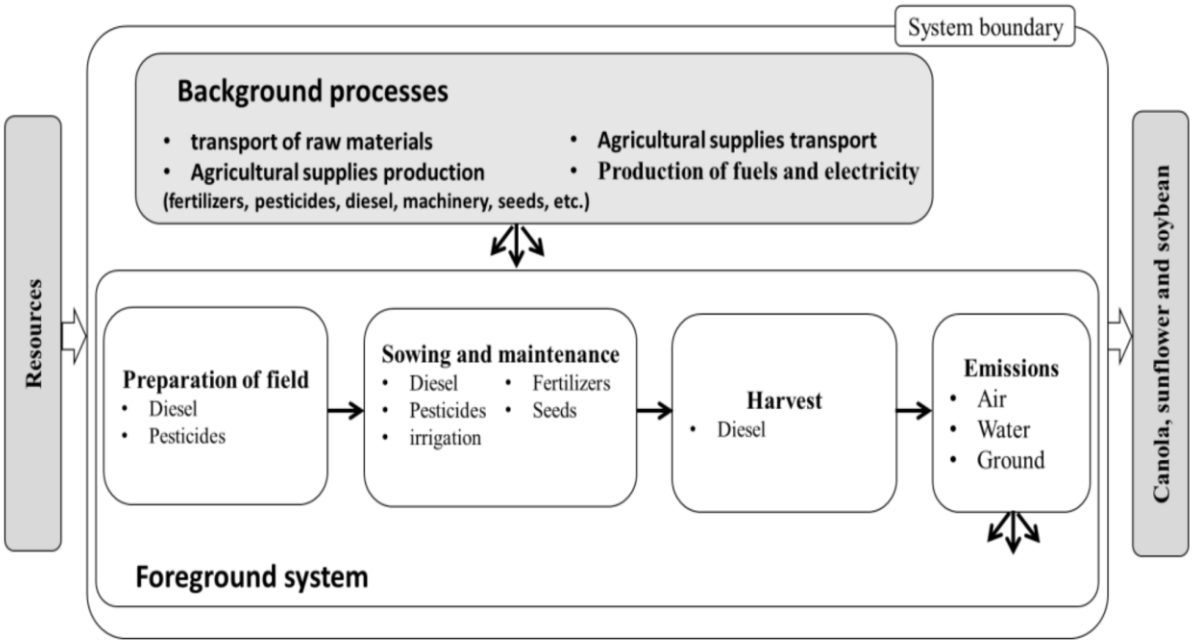
در بررسی منابع، اهمیت محاسبه انتشارها به هوا به‌واسطه آزاد شدن آمونیاک (NH_3) و N_2O و NO_x حاصله از مصرف کودهای شیمیایی مشخص شد. انتشارهای مستقیم حاصل از کاربرد در مزرعه با استفاده از دستورالعمل‌های مختلفی محاسبه شدند. انتشار با استفاده از روش ارائه شده توسط برناتراپ و کاسترس (Brentrup & Küsters, 2010) برای نیترات، آمونیاک و دی‌نیتروژن‌اکسید و فسفات محاسبه شد. از آن‌جا هم که سوختن سوخت‌های فسیلی به هوا اثرات مخربی دارد، فاکتورهای انتشار برای سوخت از روش ارائه شده توسط ساحله و پوتینگ (Sahle & Potting, 2013) مورد استفاده قرار گرفت. میزان آفت‌کش‌ها بر اساس ماده مؤثره فعال آن‌ها در لیتر بر روی جلد آن‌ها مورد محاسبه قرار گرفت.

ارزیابی اثر

روش سی ال ام (CLM) که به وسیله انجمن علوم محیط زیستی دانشگاه لیندین شده است در این مطالعه به کار گرفته شد. این روش به خاطر این‌که پیامدها را در سطح بین‌المللی محاسبه می‌کند و دارای کاربرد زیادی است مورد استفاده قرار گرفت (Guinée, 2002). طبقه اثرهای انتخابی برای ارزیابی چرخه حیات گیاهان زراعی بر اساس مسائل محیط زیستی مرتبط با تولید گیاهان زراعی، اهداف و چشم‌انداز مطالعه انجام گرفت. طبقه اثرهای بررسی شده در این مطالعه شامل، مردابی شدن، اسیدی شدن، پتانسیل گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی است. مدل‌های مشخصه‌سازی و فاکتورهایی

1- Functional unit
2- Inventory data collection

مورد استفاده در طبقه اثرهای تعریف شده در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۲- مرزهای سیستم و نهادهای مرتبط با نظام‌های تولید کلزا، آفتابگردان و سویا

Fig. 2- System boundaries and relevant inputs of the soybean, sunflower and canola production systems

جدول ۱- مدل‌های مشخصه‌سازی و فاکتورهای مورد استفاده در طبقه اثرهای مورد مطالعه

Table 1- The characterisation models and factors for used for the default impact

طبقه اثر (واحد) Impact category (Unit)	فاکتورهای مشخصه‌سازی Characterisation factors	مثال‌ها Examples
پتانسیل اسیدی شدن Acidification potential (kg SO_2 eq.)	AP, CML 2001 non-baseline (fate not included), Version: January 2016.	1 kg ammonia = 1.88 kg SO_2 eq. 1 kg nitrogen dioxide = 0.7 kg SO_2 eq. 1 kg sulphur dioxide = 1 kg SO_2 eq.
پتانسیل مردابی شدن Eutrophication potential (kg PO_4^{3-} eq.)	EP, CML 2001 baseline (fate not included), Version: January 2016.	1 kg phosphate = 1 kg PO_4^{3-} eq. 1 kg ammonia = 0.35 kg PO_4^{3-} eq. 1 kg COD (to freshwater) = 0.022 kg kg PO_4^{3-} eq.
پتانسیل گرمایش جهانی Global warming potential (kg CO_2 eq.)	GWP100, CML 2001 baseline Version: January 2016.	1 kg carbon dioxide = 1 kg CO_2 eq. 1 kg methane = 28* kg CO_2 eq. 1 kg dinitrogen oxide = 265 kg CO_2 eq.
پتانسیل ایجاد اکسیدان‌های فتوشیمیایی Photochemical oxidant creation potential (kg C_2H_4 eq.)	POCP, CML 2001 baseline (high NOx), Version: January 2016.	1 kg carbon monoxide = 0.027 kg C_2H_4 eq. 1 kg ethane = 0.123 kg C_2H_4 eq. 1 kg toluene = 0.637 kg C_2H_4 eq.

علاوه بر این، اثرات وابستگی به منابع آب و کاربری زمین (به معنی تولید محصول از هر واحد زمین) برای هر محصول مورد ارزیابی قرار گرفته است. این طبقه اثرها به کل آب و زمین مورد استفاده برای هر محصول در طی چرخه حیات آن اختصاص دارد.

جدول ۲- نهاده‌ها و خروجی‌های گیاهان زراعی کلزا، سویا و آفتابگردان به ازای یک تن
Table 2- Input and output flows of canola, soybean, and sunflower per FU

جریان نهاده و خروجی Input and output flows	واحد Unit	کلزا Canola	سویا Soybean	آفتابگردان Sunflower
سوخت Diesel fuel	L	146	98.5	155
کود نیتروژنه اوره Nitrogen fertilizer as urea	kg	305	214	388.4
سوپرفسفات تریپل Triple superphosphate, as P_2O_5	kg	176	156	203.84
کود پتاس Potassium fertilizer as K_2O	kg	48	45	67
علف‌کش Herbicides	kg	2.8	3.2	4.5
آفت‌کش Insecticides	kg	1.1	0.75	1.5
قارچ‌کش Fungicide	kg	3.5	4.2	5.3
کود دامی (جامد) Manure (solid)	kg	4750	5115	5513
برق Electricity	kWh	1355	1471	1558
آبیاری Irrigation	m^3	4406	5574	7024.2
بذر Seed	$kg.ha^{-1}$	10	83	17
عملکرد Yield	kg	2122	2701	2344
انتشارها از مزرعه **Field emissions**				
آمونیاک Ammonia volatilization	$kg.ha^{-1}$	25.58	17.95	32.58
انتشار دی‌اکسید نیتروژن Nitrous oxide emissions	$kg.ha^{-1}$	1.70	1.20	2.17
آبشویی نیترات Nitrate leaching	$kg.ha^{-1}$	38.60	27.08	49.15
N_2O	$kg.ha^{-1}$	2.93	2.06	3.73
CO_2	$kg.ha^{-1}$	275.05	185.56	292
آبشویی فسفات Phosphorous (P) runoff	$kg.ha^{-1}$	16.24	14.40	18.81

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی چرخه حیات و تفسیر

در این مطالعه از پنج مرحله ارائه شده در استاندارد ایزو، تنها مراحل رده‌بندی و خصوصیت‌سازی لحاظ شده است (ISO, 2006). مقایسه اثرات محیط زیستی، کاربری زمین و وابستگی به آب برای سه گیاه زراعی سویا، کلزا و آفتابگردان در این بخش مورد بررسی

قرار می‌گیرد.

جدول ۳- طبقه اثرهای مرتبط با تولید یک تن دانه روغنی سویا، کلزا و آفتابگردان

Table 3- Life cycle impacts associated with the production of one ton of oilseed

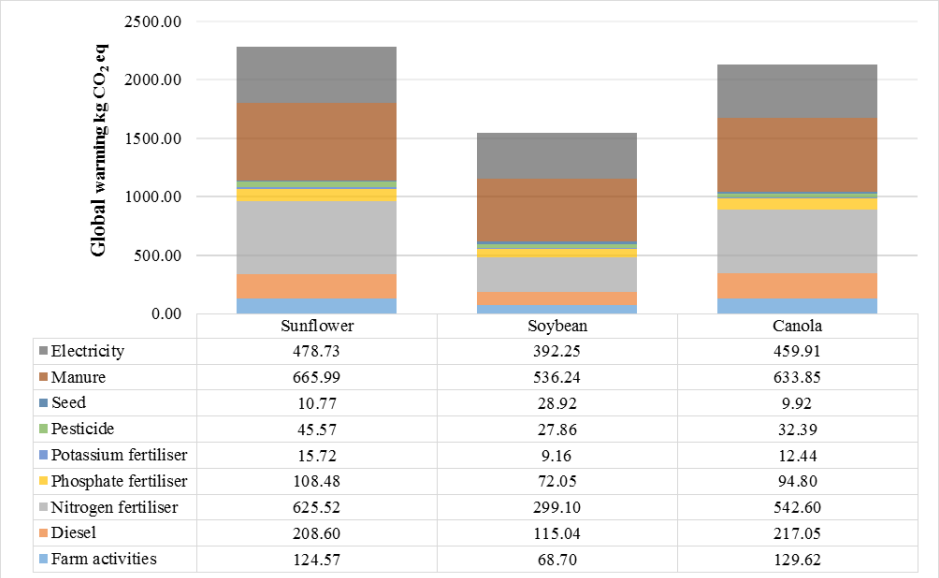
طبقه اثر Impact category	واحد Unit	کلزا Canola	سویا Soybean	آفتابگردان Sunflower
گرمایش جهانی Global warming (GWP100a)	kg CO_2eq.	2132.576	1549.327	2283.972
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	kg C_2H_4eq.	0.45652	0.319267	0.504258
اسیدی شدن Acidification	kg SO_2eq.	34.07332	21.28836	38.37665
مردابی شدن Eutrophication	kg PO_4^{3-}eq.	15.03938	9.217322	17.13289

پتانسیل گرمایش جهانی

پتانسیل گرمایش جهانی برای یک تن دانه روغنی تولید شده از هر سه گیاه زراعی در شکل ۳ بر اساس دی‌اکسیدکربن (CO_2-equivalent) تولید شده نشان داده شده است.

دی‌اکسیدکربن (CO_2-equivalent) تولید شده عمدتاً به خاطر سوختن سوخت‌ها، کود دامی و تولید الکتریسیته است. به‌خاطر این‌که در ایران تولید الکتریسیته با استفاده از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی انجام می‌گیرد، مقادیر زیادی گازهای گلخانه‌ای به جو انتشار می‌یابد. از نظر مصرف انرژی (الکتریسیته و سوخت)، آفتابگردان انرژی بیشتری نسبت به سویا و کلزا مصرف می‌کند.

شکل ۳ نشان می‌دهد که تولید یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان، به‌ترتیب ۱۵۴۹، ۲۱۳۲ و ۲۲۸۳ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن (kg CO_2-eq) به هوا منتشر می‌کند. تفاوت اندکی بین مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی کشت آفتابگردان و کلزا مشاهده می‌شود (جدول ۳). سهم الکتریسیته، کود دامی و کودهای معدنی بیشتر از ۷۰ درصد از طبقه اثر را تشکیل می‌دهد. دیگر نهاده‌ها سهم اندکی در این طبقه اثر دارند. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه با نتایج دیگر مطالعات همخوانی دارد (Bernesson et al., 2004; Iriarte et al., 2010; Stephenson et al., 2008).



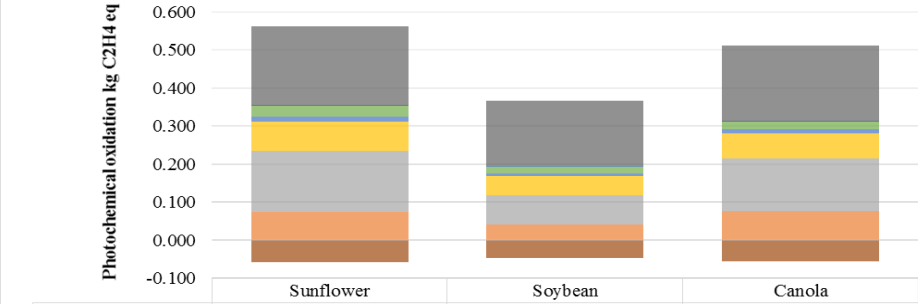
	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	478.73	392.25	459.91
Manure	665.99	536.24	633.85
Seed	10.77	28.92	9.92
Pesticide	45.57	27.86	32.39
Potassium fertiliser	15.72	9.16	12.44
Phosphate fertiliser	108.48	72.05	94.80
Nitrogen fertiliser	625.52	299.10	542.60
Diesel	208.60	115.04	217.05
Farm activities	124.57	68.70	129.62

شکل ۳- پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان تولیدی در اردبیل

Fig. 3- GWP for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

اکسیداسیون فتوشیمیایی

نتایج به‌دست آمده برای اکسیداسیون فتوشیمیایی مشابه با طبقه اثر پتانسیل گرمایش جهانی است. شکل ۴ اثر محیط زیستی تولید گیاهان زراعی را بر اساس معادل اتیلن (C_2H_4-eq) نشان می دهد. از منظر این طبقه اثر، سویا دارای کارایی محیطزیستی بالاتری نسبت به آفتابگردان و کلزا است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تولید و مصرف الکتریسیته و کودهای شیمیایی نیتروژنه به‌عنوان نقاط داغ در چرخه حیات سه گیاهان روغنی به‌شمار می‌آیند. لازم به ذکر است که بیشتر از ۸۰ درصد از الکتریسیته تولیدی در ایران از طریق سوختن گاز طبیعی حاصل می‌شود که این خود در بردارنده بارهای محیط-زیستی بالایی است. تشکیل اکسیداسیون فتوشیمیایی عمدتاً تحت تأثیر انتشار فتواکسیدان‌های (SO_2، NMVOC و CO) تولید شده در طی مراحل کاشت و داشت و برداشت گیاهان زراعی است که از طریق سوختن سوخت‌های فسیلی در ماشین‌آلات کشاورزی، خصوصاً در عملیات کشت رایج منتشر می‌شود (Nguyen et al., 2008).



	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	0.208	0.171	0.200
Manure	-0.058	-0.046	-0.055
Seed	0.001	0.002	0.001
Pesticide	0.029	0.018	0.020
Potassium fertiliser	0.011	0.007	0.009
Phosphate fertiliser	0.078	0.052	0.067
Nitrogen fertiliser	0.160	0.077	0.139
Diesel	0.073	0.040	0.076
Farm activities	0.002	0.001	0.001

شکل ٤- اکسیداسیون فتوشیمیایی گرمایش جهانی به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان تولید شده در اردبیل

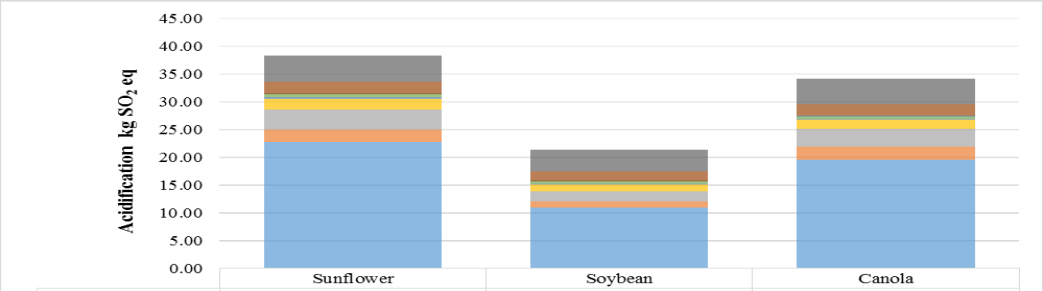
Fig. 4- PO for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

اسیدی شدن

شکل ۵ به گزارش اثرات محیطزیستی گیاهان زراعی تولید شده از منظر اسیدی شدن (SO_2-eq) به ازای واحد کارکردی می‌پردازد. در این طبقه اثر، فرآیندهای پس زمینه‌ای به عنوان اصلی‌ترین مشارکت-کنندگان شناخته می‌شوند و آبیاری و استفاده از ماشین‌آلات از دیگر عناصر اصلی در این طبقه اثر هستند. در این طبقه اثر بیشتر اکسید-های نیتروژن (NO_x) و دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) به اتمسفر وارد می-شود. اثرات محیط زیستی اسیدی‌شدن از به‌کارگیری و استفاده از کودهای مصنوعی است که عمدتاً منجر به انتشارها نیتروژنی می‌شود. تولید کوددامی دیگر نقطه داغ در رابطه با اسیدی شدن است. انتشار آمونیاک (NH_3) از تولید و به کارگیری کودهایی با بنیان نیتروژن ۲۰ درصد از کل انتشارها را شامل می‌شود. اسیدشدن در طی چرخه حیات تولید آفتابگردان و کلزا به‌ترتیب ۱/۸ و ۱/۶ اسیدی شدن در تولید سویا است. اثر این طبقه اثر از ۲۱/۲ تا ۳۸/۳۷ کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد (kg SO_2-eq) است و بیشترین انتشار گوگرد حاصل از مصرف بالای الکتریسیته‌ای است که صرف پمپاژ آب می‌شود.

مردابی شدن

نتایج حاصل از ارزیابی مردابی شدن حاصل از سه گیاه زراعی مشابه با پتانسیل گرمایش جهانی و اسیدی شدن بود. شکل ۶ اثرات محیط زیستی بر حسب PO_4^{3-} eq. به‌ازای واحد کارکردی نشان می-دهد.



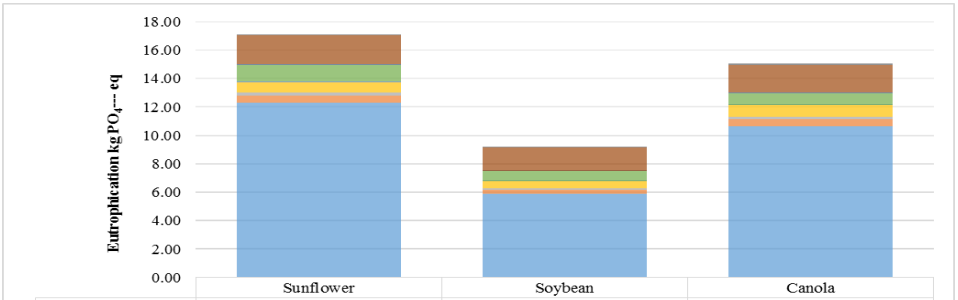
	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	4.75	3.90	4.57
Manure	2.20	1.77	2.10
Seed	0.13	0.05	0.12
Pesticide	0.47	0.29	0.33
Potassium fertiliser	0.30	0.18	0.24
Phosphate fertiliser	1.91	1.27	1.64
Nitrogen fertiliser	3.70	1.77	3.21
Diesel	2.21	1.22	2.30
Farm activities	22.70	10.86	19.57

شکل ۵- اسیدی شدن به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان تولید شده در اردبیل

Fig. 5- AC for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

فعالیت‌های مربوط با تولید گیاهان روغنی اصلی‌ترین منبع مواد حاوی فسفر به شمار می‌روند. سهم بالایی از این مواد شامل کاربرد کود دامی، انتشار گازها از تراکتورها و کاربرد کودهای نیتروژنه و فسفره است.

اصلی‌ترین نقطه داغ در این طبقه اثر استفاده از کودهای نیتروژنه (NO_x و NH_3) و فسفره صنعتی است. اصلی‌ترین عامل انتقال و آبشویی NO_3^- و PO_4^{3-} به آب‌های زیرزمینی و سطحی است (Gallego et al., 2011). مردابی شدن از ۹/۲ در سویا تا ۱۷/۱ kg eq. PO_4^3 در آفتابگردان متغیر است. مردابی‌شدن در آفتابگردان و کلزا به‌ترتیب ۱/۸۲ و ۱/۵۹ برابر مردابی شدن سویا است.



	Sunflower	Soybean	Canola
Electricity	0.06	0.05	0.06
Manure	2.06	1.66	1.97
Seed	0.07	0.03	0.06
Pesticide	1.14	0.70	0.81
Potassium fertiliser	0.03	0.02	0.03
Phosphate fertiliser	0.77	0.51	0.79
Nitrogen fertiliser	0.19	0.09	0.17
Diesel	0.48	0.27	0.50
Farm activities	12.32	5.89	10.66

شکل ٦- پتانسیل مردابی شدن به ازای یک تن سویا، کلزا و آفتابگردان در اردبیل

Fig. 6- EP potential for one ton of soybean, canola and sunflower produced in Ardabil

وابستگی به آب

وابستگی به آب به‌طور خاص مربوط به فاز رویشی چرخه حیات گیاهان روغنی است. وابستگی به آب بین گیاهان زراعی متغیر است. مقدار آب مورد نیاز برای سویا، کلزا و آفتابگردان به‌ترتیب ۴۴۰۶، ۵۵۷۴ و ۷۰۲۴ مترمکعب برآورد شد (جدول ۳). عملکرد پایین، کارایی پایین استفاده از آب و نرخ تبخیر و تعرق بالا در کشت

آفتابگردان باعث اختلاف زیاد با دو دانه روغنی دیگر شده است.

کاربری زمین

زمین زراعی منبع محدودی به‌شمار می رود. در دنیا رقابت بین کشاورزی، جنگلداری و صنعت با افزایش رشد جمعیت منجر به رقابت بر سر زمین شده است که ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست (Dekamin et al., 2015). در مطالعه حاضر، کاربری زمین بین سه گیاه زراعی متفاوت بود (جدول ۳). تولید یک تن دانه روغنی سویا نیازمند ۳۷۰ مترمربع، کلزا ۴۷۱ مترمربع و آفتابگردان ۴۲۶ مترمربع زمین است. آئودسلی و همکاران (Audsley et al., 2010) فاکتور انتشار برای تغییر کاربری زمین را 143 g CO_2- eq. m^2 برآورد کردند. با این فاکتور می‌توان دی‌اکسید تولید شده به‌وسیله هر گیاه زراعی را محاسبه کرد. در این مطالعه و با لحاظ فاکتور ذکر شده، کمترین میزان انتشار مربوط به سویا با ۵۲۹ kg CO_2-eq. و بیشترین میزان مربوط به ۶۷۳ kg CO_2-eq. برای کلزا بود.

جدول ۳ ارزیابی چرخه حیات گیاهان زراعی آفتابگردان، سویا و کلزا به ازای هر طبقه اثر را نشان می دهد. سوای از هر طبقه اثر سویا بهترین عملکرد محیط زیستی را از خود نشان داد. آفتابگردان بدترین نتایج محیط‌زیستی را در اکثر طبقه اثرها از خود نشان داد. هر سه گیاه زراعی در طبقه اثرهای مختلف از الگوی یکسانی تبعیت کردند، ولی آفتابگردان بالاترین بار محیط‌زیستی را در پنج از شش طبقه اثر به خود اختصاص داد. سویا به خاطر عملکرد دانه بالاتر و وابستگی کمتر به نهاده در سطح هر هکتار در مقایسه با کلزا و آفتابگردان بهترین عملکرد محیط‌زیستی را داشت. وابستگی به کود کم سویا و عملکرد بالای دانه روغنی منجر به اثرات پایین محیط زیستی این گیاه روغنی شده است.

بارهای محیط زیستی برای آفتابگردان و کلزا در مقایسه با سویا بسیار بالا بود (جدول ۳). این نتایج به خاطر نیاز آبی و نهاده کمتری است که در تولید سویا در مقایسه با دیگر کلزا و آفتابگردان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این‌وجود، کلزا عملکرد محیط‌زیستی بهتری نسبت به آفتابگردان داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت که در تولید گیاهان زراعی، استفاده از کودهای صنعتی و کود دامی، سوخت، فعالیت‌های آماده‌سازی زمین، کاشت و داشت و برداشت و مصرف الکتریسیته برای پمپاژ آب مؤثر است. در هر سه گیاه زراعی، اثرات غیرمستقیم و مربوط به فرآیندهای پس زمینه‌ای بیشتر از اثراتی است که در حین عملیات کاشت، داشت و برداشت بر محیط‌زیست وارد می‌شود. در مزارع مورد بررسی در استان اردبیل، کشاورزان از روش‌های رایج و سنتی (به‌عنوان مثال، آبیاری غرقابی) استفاده می‌کنند که همین امر باعث تقاضای آب بالا برای تولید محصول در مقایسه با دیگر روش‌های آبیاری می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که گذار از فعالیت‌های تولید آفتابگردان و کلزا به کشت سویا باعث کاهش اثرات محیط زیستی، مصرف نهاده و استفاده از انرژی (سوخت و الکتریسیته) به ازای هر تن سویای تولیدی می‌شود.

معیارهای فنی و زراعی را برای کاهش وابستگی به آب، کاربری زمین و اثرات محیط زیستی برای تولید گیاهان روغنی در اردبیل معرفی کرد. مقدار و نوع کودهای صنعتی و کود دامی در انتشارهای حاصل از این سه گیاه زراعی اثر مستقیمی داشت. شاخص بالای برداشت می‌تواند باعث بهینه‌سازی بارهای محیط‌زیستی به‌ازای تولید یک تن دانه روغنی شود. کاهش و بهینه‌سازی استفاده از کودهای شیمیایی می‌بایست لحاظ شود و کودهای ارگانیک و زیستی جایگزین کودهای شیمیایی شود.

به‌منظور بهینه‌سازی محیط‌زیستی نظام‌های کشت گیاهان روغنی در استان اردبیل، کشاورزی دقیق و بهبود و ارتقای سیستم‌های آبیاری پیشنهاد می‌شود. اصلاح عملیات‌های زراعی همچون شخم، بهبود کارایی سیستم آبیاری، بهبود کارایی مصرف آب گیاه زراعی، اصلاح گیاهان روغنی و مدیریت دقیق نهاده‌ها می‌تواند باعث کاهش اثرات محیط‌زیستی در نظام‌های کشت گیاهان روغنی شود. چراکه با اجرای چنین اقداماتی، برای تولید یک تن دانه روغنی آب، انرژی و نهاده کشاورزی کمتری مصرف می‌شود. استفاده از گیاهان نقدینه و یا یک لگوم در تناوب زراعی گیاهان صنعتی می‌تواند تقاضای کودی و آبشویی عناصر غذایی در تولید دانه‌های روغنی کاهش دهد.

راه دیگر برای افزایش کارایی مصرف آب و کاهش مصرف سود در تولید دانه های روغنی، خصوصاً تولید آفتابگردان، استفاده از خاک‌ورزی حداقل یا بدون خاک‌ورزی برای حفاظت از سطح خاک برای ذخیره آب است. ساده‌ترین راه برای افزایش بهره‌وری از زمین افزایش عملکرد اقتصادی گیاه زراعی است (Iriarte et al., 2010; Romero-Gámez, Audsley, & Suárez-Rey, 2014).

در طی دهه‌های گذشته دولت به کودشیمیایی فسفره و نیتروژنه یارانه پرداخت می‌کند. همچنین داده‌های مورد تأییدی در خصوص استفاده از کودهای شیمیایی در تولید دانه‌های روغنی در استان اردبیل

وجود ندارد. بر همین اساس کشاورزان سطوح بالاتری از کودهای نیتروژنه و فسفره را نسبت به مقادیر توصیه‌شده توسط جهادکشاورزی برای تولید دانه روغنی به‌کار می‌گیرند. بر همین اساس کودها در مقادیر بیشتری از قدرت جذب گیاه زراعی است. قیمت پایین کود باعث استفاده از انواع مختلف کودهای شیمیایی در مقادیر زیاد آن می‌شود. قیمت‌های بالاتر کود به نظر می‌رسید منجر به کاهش استفاده از کودهای شیمیایی شود. مطالعات نشان می‌دهند که کاربرد متعادل مقادیر کود می‌تواند باعث افزایش عملکرد تا ۶۰ درصد شود (Balali et al., 2004). به‌منظور کاهش اثرات محیط‌زیستی می‌بایست آزمایشات خاک در سطح منطقه‌ای انجام و توصیه‌های کودی مختص به آن به کشاورزان ارائه شود.

در استان اردبیل، اختلاف بین عملکرد بالقوه و واقعی در تولید گیاهان روغنی بالا است. افزایش عملکرد گیاهان روغنی منجر به کاهش معنی‌داری در بارهای محیط زیستی آن‌ها می‌شود. بهبود شاخص برداشت می‌تواند منجر به کاهش استفاده از نهاده‌های کشاورزی، زمین و آب به‌ازای واحد کارکردی شود. می‌بایست ماشین‌آلات کشاورزی ارتقا یابند.

نتیجه‌گیری

سیاست‌گذاران کشاورزی در ایران می‌بایست دستورالعمل‌ها و سیاست‌های مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی و اثرات محیط‌زیستی آن تدوین نمایند. مطالعه حاضر، ارزش ارزیابی چرخه حیات در درک انتشارها محیط‌زیستی مرتبط با گیاهان زراعی را مشخص کرد و اطلاعات ارزشمندی برای تصمیم‌سازی و اجرای فعالیت‌های دوستدار محیط‌زیست فراهم می‌سازد. این نتایج می‌بایست در تدوین دستورالعمل‌ها و کاهش اثرات محیط‌زیستی دانه‌های روغنی در استان اردبیل مد نظر قرار گیرند.

منابع

Abeliotis, K., Detsis, V., and Pappia, C. 2013. Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. Journal of Cleaner Production 41: 89-96.

Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia, S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy 44: 1078-1084.

Audsley, E., Brander, M., Chatterton, J.C., Murphy-Bokern, D., Webster, C., and Williams, A.G. 2010. How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope reduction by 2050. Report for the WWF and Food Climate Research Network.

Balali, M., Moameni, A., Malakouti, M., and Afkhami, M. 2003. Balanced soil fertilization towards sustainable agriculture and food security in Iran. Congress Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization, Iran, Tehran p. 26-28. (In Persian)

Beccali, M., Cellura, M., Iudicello, M., and Mistretta, M. 2009. Resource consumption and environmental impacts of the agrofood sector: life cycle assessment of Italian citrus-based products. Environmental Management 43: 707-724.

Bernesson, S., Nilsson, D., and Hansson, P.A. 2004. A limited LCA comparing large-and small-scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions. Biomass and Bioenergy 26: 545-559.

Blengini, G.A., and Busto, M. 2009. The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems in Vercelli (Italy). Journal of Environmental Management 90: 1512-1522.

Brentrup, F., and Küsters, J. 2000. 10. Methods to estimate potential N emissions related to crop production. Agricultural Data for Life Cycle Assessments 81: 146-156.

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

Cederberg, C., and Stadig, M. 2003. System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. The International Journal of Life Cycle Assessment 8: 350-356.

Cellura, M., Longo, S., and Mistretta, M. 2012. Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. Journal of Cleaner Production 28: 56-62.

de Vries, M., and de Boer, I.J. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livestock Science 128: 1-11.

Dekamin, M., Veisi, H., Safari, E., Liaghati, H., Khoshbakht, K., and Dekamin, M.G. 2015. Life cycle assessment for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production systems: a case study for Iran. Journal of Cleaner Production 91: 43-55.

Dutilh, C.E., and Kramer, K.J. 2000. Energy consumption in the food chain: comparing alternative options in food production and consumption. Ambio: A Journal of The Human Environment 29: 98-101.

Fadaei, A., Dehghani, M.H., Nasseri, S., Mahvi, A.H., Rastkari, N., and Shayeghi, M. 2012. Organophosphorous pesticides in surface water of Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 88: 867-869.

FAO. 2007. State of the World's Forests.

Foster, C., Green, K., and Bleda, M. 2007. Environmental impacts of food production and consumption: final Report to the Department for Environment Food and Rural Affairs, Italy, Rom.

Gallego, A., Hospido, A., Moreira, M.T., and Feijoo, G. 2011. Environmental assessment of dehydrated alfalfa production in Spain. Resources, Conservation and Recycling 55: 1005-1012.

Granatstein, D., and Kupferman, E. 2006. Sustainable horticulture in fruit production. XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Sustainability through Integrated and Organic 767, p. 295-308.

Guinée, J.B. 2002. Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards. The International Journal of Life Cycle Assessment 7: 311-313.

Hamdallah, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. Proceedings of the FAO Regional Workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, Amman, p. 2-5.

Ingwersen, W.W. 2012. Life Cycle Assessment of fresh pineapple from Costa Rica. Journal of Cleaner Production 35: 152-163.

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

ISO. Technical Committee ISO/TC 207, E.m.S.S., Life Cycle Assessment. 2006. Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework. ISO.

Jalali, M. 2011. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. Environmental Earth Sciences 62: 907-913.

Kafilzadeh, F., Shiva, A.H., Malekpour, R., and Azad, H.N. 2012. Determination of organochlorine pesticide residues in water, sediments and fish from Lake Parishan, Iran. World Journal of Fish and Marine Sciences 4: 150-154.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., and Clark, S. 2014. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. Journal of Cleaner Production 73: 183-192.

Mahvi, A., Nouri, J., Babaei, A., and Nabizadeh, R. 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. International Journal of Environmental Science and Technology 2: 41-47.

Malakouti, M., Khoughar, Z., and Khademi, Z. 2004. Innovative approaches to balanced nutrition of wheat-A compilation of papers. Agronomy Department. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Sana Publication. Co., Tehran, Iran. (In Persian)

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

Nassiri Mahallati, N., and Koocheki, A. 2017. Life cycle assessment of wheat production systems in Iran. Journal of Agroecology 9(4): 972-992. (In Persian with English Summary)

Nemecek, T., Heil, A., Huguenin, O., Meier, S., Erzinger, S., Blaser, S., Dux, D., and Zimmermann, A. 2007. Life cycle inventories of agricultural production systems. Final Report Ecoinvent V 2.0 No 15.

O'Brien, D., Shalloo, L., Patton, J., Buckley, F., Grainger, C., and Wallace, M. 2012. A Life Cycle Assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. Agricultural Systems 107: 33-46.

Romero-Gámez, M., Audsley, E., and Suárez-Rey, E.M. 2014. Life Cycle Assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. Journal of Cleaner Production 73: 193-203.

Ruviaro, C.F., Gianezini, M., Brandão, F.S., Winck, C.A., and Dewes, H. 2012. Life Cycle Assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. Journal of Cleaner Production 28: 9-24.

Sahle, A., and Potting, J. 2013. Environmental Life Cycle Assessment of Ethiopian rose cultivation. Science of the Total Environment 443: 163-172.

Stephenson, A., Dennis, J., and Scott, S. 2008. Improving the sustainability of the production of biodiesel from oilseed rape in the UK. Process Safety and Environmental Protection 86: 427-440.

Talebi, K. 1998. Diazinon residues in the basins of Anzali Lagoon, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 61: 477-483.

Tan, K.T., Lee, K.T., and Mohamed, A.R. 2008. Role of energy policy in renewable energy accomplishment: the case of second-generation bioethanol. Energy Policy 36: 3360-3365.

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

Williams, A., Audsley, E., and Sandars, D. 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities: Defra Project Report IS0205. Zu finden in: http://randd.defra.gov.uk/Default. aspx.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No. 1, Spring 2018, p. 160-174

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۷۴-۱۶۰

Study of the Environmental Impacts of Oil Seed Crops Production in by using the Life Cycle Assessment in Ardabil Province

M. Dekamin[1*], M. Barmaki[2], A. Kanooni[3] and S.R. Mousavi Meshkini[4]

Submitted: 16-08-2016
Accepted: 06-04-2017

Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A., and Mousavi Meshkini, S.R. 2018. Study of the environmental impacts of oil seed crops production in by using the life cycle assessment in Ardabil province. Journal of Agroecology 10(1): 160-174.

Introduction

The controversy about sustainable agriculture has been extended to consider the impact of agricultural production. Population growth has increased the need for food, water, and renewable energy resources, which requires development of new knowledge about and technology for production systems using the sustainable development frameworks. As a consequence of agricultural reliance on natural resources and processes, a complicated relationship exists between agriculture and the environment. Agricultural activities can be both advantageous and disadvantageous for the environment. Agricultural activities have grown quickly over recent decades in Iran; their environmental impacts have also escalated. Major environmental issues in Iran include water shortages, nitrate leaching into ground water, soil erosion, and the release of pesticides and P-based fertilizers into water resources. Since there is a legal gap in assessing the environmental impact of agricultural activities in Iran; so little attention has been paid to reducing environmental emissions and use of resources of the agricultural products. Standard procedures should be used to assess agricultural activity to introduce environmentally-friendly practices and products. Crops production is a system with high environmental impacts. Different tools are available for assessment of the environmental impact of agricultural products. The most comprehensive of these is life cycle assessment (LCA). The present study used LCA to evaluate the materials used, energy consumption, and related environmental emissions from cradle to farm gate for soybean (*Glycine max*), sunflower (*Helianthus annuus* L.), and canola (*Brassica napus* L.) crops in Ardabil province of Iran.

Materials and Methods

The basic guidelines for administering an LCA delineated in ISO standards 14040 and 14044 were observed in this research. LCA is an internationally standardized holistic assessment framework and is widely used to identify potential environmental emissions and resources throughout a product's lifecycle, particularly in the agro-food sector. Literature on LCA has demonstrated potential applications of LCA in agriculture. All environmental impacts were analyzed using Simapro v 8.0.1 software. The goal of the current analysis was to examine the environmental performance of conventional cropping practices of oilseed crops at the local level in Iran. The scope of the present research was limited to oilseed production system using all inputs and outputs of agricultural materials, energy, and water from cradle to farm gate in Ardabil. All materials, emissions, and water and energy consumption measured per 1 ton of a crop at 13% humidity are denoted as a FU. A system boundary covers the entire production system for soybean, sunflower, and canola. The inventory data was collected based on the commercial production of each crop. The goal of inventory questionnaire was to evaluate type of machinery, inputs and outputs and irrigation. Also, data collection involved face-to-face interview with farmers.

The impact categories investigated in this research were eutrophication, acidification, global warming potential, and photochemical oxidation. In addition, the impacts of water dependence and land use were examined.

Results and Discussion

Only the classification and characterization stages of the LCA were considered in this research. The results

1, 2, 3 and 4- PhD student in agronomy, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Assistant Professor, Department of agriculture, Faculty of agriculture and Water engineering, University of Mohaghegh Ardabili and Department of environment, Zanjan, Iran respectively.
(*- Corresponding author Email: dekamin@uma.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v10i1.55340

showed that sunflower demonstrated a higher environmental load in five of the six categories because of its lower seed yield and higher water and energy demands. The results indicate that production of 1 ton of soybean and canola requires 370 and 471 m^2 of land, respectively. Production of same quantity of sunflower required 426 m^2 of land. Sunflower required 1.59 and 1.25 times more water than the canola and soybean respectively, to produce the same quantity of oilseed. It was found that the effects of these three crops comes generally from manufactured fertilizer, manure, diesel combustion, agricultural practices, and electricity for irrigation.

Conclusion

Generally, it can be said that the indirect effects associated with these inputs are related to producing and processing, which had higher impacts than those of the direct effects.

Keywords: Agriculture, Environmental impacts, Iran, Land use, Life Cycle Assessment, Oilseed crops, Optimization.