ارزیابی زیست محیطی کشت گندم در آق‌قلا از توابع استان گلستان

آرمان جلالی*[۱]، حسین نوید[۲]، سید باقر سیفی[۳]، صمد دادرس[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

۳- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

* ایمیل نویسنده مسئول: a.jalali@tabrizu.ac,ir

چکیده

علیرغم تحقیقات گسترده در زمینه‌ی مصرف و بهینه‌سازی انرژی محصولات کشاورزی در ایران و سایر نقاط دنیا دیدگاه نشر آلایندگی و به‌ویژه نشر گازهای گلخانه‌ای کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته شده است. لذا بررسی محصولات کشاورزی از منظر مسائل زیست‌محیطی و مواد منتشر شده از این بخش در حفظ محیط‌زیست و رسیدن به کشاورزی پایدار گره‌گشا خواهد بود. در این مطالعه که در مزارع آق‌قلا از توابع استان گلستان انجام گرفت، به بررسی آلایندگی محیط‌زیست پرداخته شده است. داده‌ها جمع‌آوری گردید؛ سپس با استفاده از نرم‌افزار Simapro ارزیابی چرخه زیست‌محیطی کشت گندم صورت گرفت. به ازای تولید یک تن گندم، در مسمومیت آب‌های آزاد به علت انتشار زیاد کربن‌دی‌اکسید از سوخت دیزل، ۵۵۸۴۵/۰۸ کیلوگرم DB ۱/۴ و در پتانسیل گرمایش جهانی به دلیل انتشار اکسیددی‌نیتروژن موجود در کود نیترات ۸۴۱ کیلوگرم CO2، تولید شده است. همچنین آفت‌کش مصرفی با وجود سهم بسیار ناچیز در انرژی مصرفی، به ازای یک تن محصول تولیدی، ۲۵۷/۲۹۴ کیلوگرم PO43- را برای شاخص مسمومیت انسانی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه زیست‌محیطی، انرژی، سوخت دیزل، کربن‌دی‌اکسید، گندم، نیتروژن.

مقدمه

از دیدگاه زیست محیطی، فعالیت کشاورزی زمانی پایدار است که میزان انتشار الودگی و مصرف منابع، بتواند در دراز مدت به وسیله محیط طبیعی تحمل شـود.. بنابراین برای ارزیابی اولیه اثرات محیط فعالیت کشـاورزی بایسـتی به پایداری ان فعالیت در درزا مدت توجه شود. در سال‌های اخیر توجه به مسائل زیست‌محیطی افزایش یافته است. با افزایش آگاهی زیست‌محیطی، بخش‌های مختلف اقتصادی به ارزیابی اثرات زیستمحیطی فعالیت‌های خود مشغول شده‌اند. کشاورزی یکی از بخش‌های مهم اقتصادی است که اثرات مهمی بر محیط‌زیست دارد. در طی قرن بیستم تولیدات کشاورزی به نحو چشمگیری افزایش یافت که افزایش مکانیزاسیون،

بهبود روش‌های تولید، کاربرد گسترده کودها و آفت‌کش‌ها و پیشرفت‌ها در دام‌پروری به افزایش تولید کمک زیادی نموده‌اند. امّا، افزایش تولید و استفاده گسترده از نهاده‌ها به انواعی از مشکلات زیست‌محیطی مثل یوتریفیکاسیون[1] منجر شده است. منبع اصلی چندین آلاینده مهم محیط‌زیست کشاورزی می‌باشد (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به کارکردهای رهیافت ارزیابی چرخه خیاتف این روش مناسبترین راهکار برای ارزیابی پایداری فعالیت‌های کشاورزی معرفی می‌شود ارزیابی[2] یا آنالیز چرخه حیاتی[3] روشی است که در آن کلیه اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول (شامل کالا و خدمات) در کل چرخه حیاتی آن از مرحله استخراج و یا جمع‌آوری مواد خام تا مرحله مصرف و سپس بازیافت و یا از بین بردن ضایعات حاصل از آن ارزیابی می‌شود. ارزیابی زیست‌محیطی یک فرآیند سیستماتیک و مرحله‌ای است که از چهار بخش تشکیل شده است: تعریف هدف و LCA حوزه کاری، صورت‌برداری[4]، ارزیابی تأثیر[5] و تفسیر[6] می‌باشد (ISO 14040 به نقل از Pennington *et al.*, 2004).

ارزیابی چرخه حیاتی (LCA) برای سنجش جنبه‌های زیست‌محیطی تولید یک محصول در طی چرخه حیاتی آن می‌باشد؛ (Roy *et al.*, به نقل از سلطانی و همکاران، ۱۳۹۴) مفهوم چرخه حیاتی توسط سازمان جهانی استاندارد (ISO سری ۱۴۰۴۰) استاندارد شده و به‌وسیله ابزار کمی LCA اجرایی شده است. LCA به‌عنوان یک ابزار پیشرفته آنالیز سیستم‌های زیست‌محیطی شناخته می‌شود و قابلیت هدایت جامعه جهانی را به سوی ایجاد الگوهای تولید و مصرف پایدار دارد (Brandao *et al.*, به نقل از سلطانی و همکاران، ۱۳۹۴). متأسفانه استفاده از این ابزار قدرتمند و فراگیر در کشور ما مورد توجه و اقبال شایسته نبوده است.

در اغلب مزارع در منطقه استفاده از روش‌های خاک‌ورزی سنتی که همراه با برگرداندن کامل خاک و صرف انرژی زیاد می‌باشد، رایج است. عملیات خاک‌ورزی با انتشار دی‌اکسیدکربن نیز در ارتباط است، چرا که سوخت‌های فسیلی به‌طور مستقیم در تراکتورهای کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین، تولید و عرضه سوخت و ماشین‌های کشاورزی در مزارع، باعث نشر گازهای گلخانه‌ای می‌شود (West and Marland, 2002).

نتایج مطالعه بر روی مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سطوح مختلف کودهای شیمیایی نیتروژنه در تولید گندم در آلمان نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژنه، اتروفیکاسیون[7] که یکی از مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی در تولید گندم است، افزایش

1 Eutrophication
2 Life cycle assessment (LCA)
3 Life cycle analysis (LCA)
4 Inventory analysis
5 Impact assessment
6 Interpretation
7 Eutrophication

می‌یابد. نتایج این مطالعه گویای آن بود که برای تولید یک تن گندم، شاخص‌های اسیدیته و گرمایش زمین از اثرات عمده زیست‌محیطی بودند (Brentrup *et al.*,2000).

اسمیت و همکاران گزارش دادند تغییر روش خاک‌ورزی می‌تواند منجر به تجزیه کربن در خاک‌های کشاورزی شده و میزان نشر گازهای گلخانه‌ای به جو زمین را کاهش دهد (Smith *et al.*, 1998). در بسیاری از مطالعات انجام شده، مصرف سوخت‌های فسیلی به‌عنوان مهم‌ترین عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای گزارش شده است (Liu *et al.*,2010). برای کاهش مصرف سم ابتدا لازم است، دستگاه سم‌پاش خارج از مزرعه، کالیبره گردد. همچنین می‌توان از روش مبارزه بیولوژیکی نیز مقدار مصرف سم را کنترل نمود، با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از کشاورزان تنها ۲۵ درصد از کشاورزان از روش تلفیقی (مبارزه شیمیایی و بیولوژیکی به‌صورت توأم) استفاده می‌کنند.

علیرغم تحقیقات گسترده درزمینه‌ی مصرف و بهینه‌سازی انرژی محصولات کشاورزی در ایران و سایر نقاط دنیا دیدگاه نشر آلایندگی و به‌ویژه نشر گازهای گلخانه‌ای کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته شده است. لذا بررسی محصولات کشاورزی از منظر مسائل زیست‌محیطی و مواد منتشر شده از این بخش در حفظ محیطزیست و رسیدن به کشاورزی پایدار گره‌گشا خواهد بود. این مطالعه که در توابع استان گلستان انجام گرفت به بررسی آلایندگی محیطزیست، پرداخته شده است.

مواد و روش

محدوده جغرافیایی این تحقیق مزارع گندم شهرستان آق‌قلا گرگان می‌باشد. آمار و اطلاعات موجود در گفتگو و شناختی کلی از وضعیت مکانیزاسیون، وضعیت اقلیمی، ماشین‌آلات، سطح زیر کشت محصول گندم، مساحت قطعات اراضی به دست آمد؛ بنابراین جامعه آماری مورد مطالعه را چهار واحد بزرگ زراعی تشکیل می‌دهند.

برای توصیف ویژگی‌های کلی و عمومی منطقه مورد مطالعه، نیازمند آمار و اطلاعاتی در زمینه فعالیت‌های زراعی از جمله سطح زیر کشت محصولات، عملکرد محصولات، تعداد و انواع ماشین‌های کشاورزی و همچنین آمار مربوط به‌صورت جغرافیایی، اطلاعات مربوط به وضعیت اقلیمی و جوی بود، که این اطلاعات جمع‌آوری شدند. متغیرها یا صفات مورد مطالعه عبارت بودند از: کل سطح مالکیت، سطح زیر کشت گندم، تعداد قطعات زراعی، اندازه قطعات، نوع عملیات به‌کاررفته در مراحل آماده‌سازی، کاشت، داشت و برداشت، نوع و اندازه تراکتور و ادوات، مدت‌زمان انجام عملیات، میزان نهاده‌های استفاده شده از قبیل بذر، کود، سم، نیروی انسانی و غیره.

بر اساس تعریف استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ ارزیابی چرخه حیات به جنبه‌های زیست‌محیطی و بالقوه زیست‌محیطی در سراسر چرخه حیات یک محصول یا یک مرحله از ماده خام فرآوری شده تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی (از گهواره تا گور)

می‌پردازد. بر اساس این استاندارد، ارزیابی چرخه حیات دارای چهار بخش بیان هدف، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و تفسیر آن‌ها می‌باشد (موسسه استاندارد، ۱۳۸۶).

هدف: اولین گام در روش ارزیابی چرخه حیات، بیان هدف و مشخص کردن واحد مرجع می‌باشد. واحد مرجع، ورودی‌ها و خروجی‌های تولید محصول را به هم مرتبط کرده و مرجعی برای مقایسه فراهم می‌کند. در این مطالعه هدف، بررسی اثرات زیست‌محیطی گروه‌های تأثیر تخلیه منابع آبی، تخلیه منابع فسیلی، گرمایش جهانی و اسیدیته در بخش زراعی تولید گندم بوده و واحد مرجع، تولید یک تن گندم از زمین‌های شرکت مزارع نوین ایرانیان بود.

تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه: در این بخش تمام منابع و مقادیر که در تولید محصول مورد مطالعه نیاز است و همچنین تمامی مقادیر آلاینده‌های انتشار یافته به محیط‌زیست در اثر استفاده از انواع مختلف نهاده‌ها، بر مبنای واحد مرجع محاسبه می‌شود.

اطلاعات به روش مصاحبه جمع‌آوری شد. برای تعیین اثرات تخلیه منابع آبی و فسیلی، میزان مصرف این نهاده‌ها در تولید یک تن گندم به روش زیر محاسبه شد:

ورودی‌های سامانه: ورودی‌های سامانه عبارت‌اند از: میزان مصرف سوخت، سموم شیمیایی و کود.

خروجی‌های سامانه: معمولاً برای برآوردن میزان انتشار، انواع ترکیبات نیتروژنه از مزرعه در ارزیابی چرخه حیات محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری دقیق این انتشارت با در نظر گرفتن مسائل مالی، زمانی و همین‌طور اختلاف در نتایج، نه عملی خواهد شد و نه متناسب اهداف ارزیابی چرخه حیات می‌باشد. میزان انتشار بسته به نوع خاک، آب‌وهوا و سامانه مدیریت مزرعه متفاوت است؛ بنابراین به‌جای اندازه‌گیری‌ها، روش‌های سازمان یافته برای تخمین میزان متوسط انتشار به کار می‌رود که در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Brentrup *et al.*,2000).

میزان انتشار انواع ترکیبات نیتروژنه از اوره: تصعید آمونیاک: میزان تصعید آمونیاک در کودهای معدنی بسته به شرایط آب‌وهوایی و خصوصیات خاک می‌تواند متفاوت باشد، در حیان کودهای معدنی نیز اوره بیشترین تصاعد آمونیاک را دارد. فاکتور انتشار آمونیاک از اوره در این مطالعه به علت عدم وجود بررسی‌های لازم، برابر متوسط اروپا و آمریکا در نظر گرفته شده بر این اساس حدود ۱۷ درصد از کل نیتروژن مصرفی در قالب کود معدنی اوره به‌صورت NH3-N تصعید می‌شود (Brentrup *et al.*,2000).

انتشار N_2O: انتشار N_2O به اتمسفر تحت تأثیر دو پدیده میکروبی نیترات‌زدایی و نیترات‌سازی ایجاد می‌شود. البته این موضوع نیز تحت تأثیر شرایط مختلف خاک، آب‌وهوا و مدیریت زراعی می‌باشد. در این مطالعه از فاکتوری که مجمع بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی

ارائه کرده است، استفاده شده است. بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی (IPCC) در سال ۲۰۰۶، یک درصد از کل نیتروژنه مصرف شده در هکتار به‌صورت N_2O-N انتشار می‌یابد (Snyder *et al*.,2009).

انتشار NOx: با توجه به نتایج برخی تحقیقات میزان انتشار NOx به اتمسفر برابر ۱۰ درصد میزان N_2O در نظر گرفته شد.

انتشار آلاینده‌ها ناشی از مصرف گازوئیل: میزان انتشار انواع مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2، N_2O و CH_4 از سوختن هر لیتر گازوئیل بر اساس مطالعات صورت گرفته (Tzilivakis *et al*.,2005) به شرح زیر است:

۲/۷۳ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن، ۶-۱۰×۱۸/۱ کیلوگرم اکسید نیتروژن و ۶-۱۰×۱۷۳ کیلوگرم متان.

ارزیابی اثرات: هدف از ارزیابی اثرات، تفسیر بیشتر ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه تولید گندم می‌باشد (برنتراپ و همکاران، ۲۰۰۴). پروفایل زیست‌محیطی با ابزار روش‌شناسی LCA و استفاده از نرم‌افزار SimaPro 7.1 (Pre´Consultants, 2006)، متعاقب روش CML-2 baseline V3.01/EU25 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت که توسط مرکز علوم محیط‌زیست (CML) از دانشگاه لیدن در دانشگاه هلند توسعه یافت و همچنین این مدل معمولاً در مطالعات LCA تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌گردد و در نهایت شاخص‌های زیست‌محیطی (پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتریفیکاسیون، سمی شدن و ...) را در هر مرحله به تفکیک مشخص شد.

نتایج و بحث

به‌منظور تحلیل بهتر نتایج به‌دست‌آمده، تأثیر کودهای شیمیایی، سوخت دیزل و آفت‌کش مصرفی در حضور انتشارات مزرعه‌ای عملکرد، به‌صورت نمودار نرمال‌سازی شده در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

سوخت دیزل و آفت‌کش مصرفی به ترتیب با سهم ۶۰ و ۳۹/۷۵ درصد بر این شاخص اثر داشتند. از میان مواد منتشرشده از سوخت دیزل، کربن دی‌اکسید با ۸۰ درصد بیشترین تأثیر را بر این شاخص داشت.

تمامی نهاده‌ها تأثیر یکسانی بر شاخص اختناق دریاچه‌ای داشته‌اند. آمونیوم منتشرشده از کودهای شیمیایی نسبت به اکسید دی نیتروژن و اکسیدهای نیتروژن، با سهم ۷۲ درصد بیشترین اثر را بر این شاخص داشته است. گوگرد دی‌اکسید انتشاریافته از سوخت دیزل نسبت به دیگر آلاینده‌های این سوخت با ۵۵ درصد بیشترین تأثیر را بر این شاخص می‌گذارد.

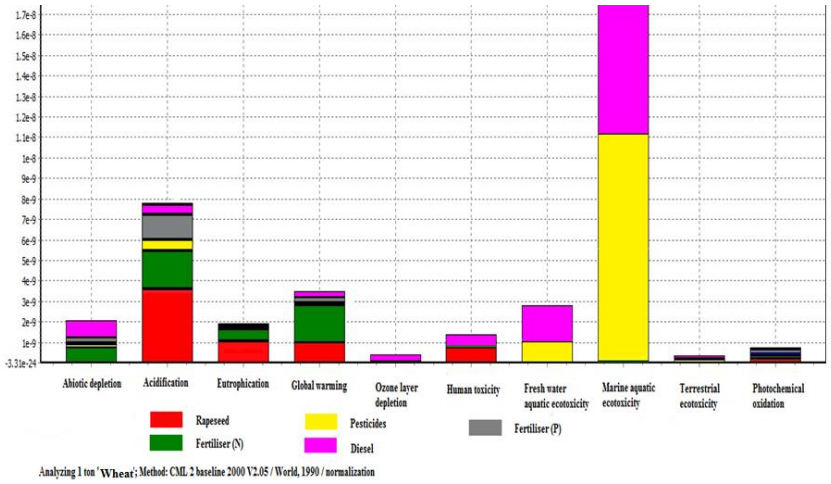
جدول ۱- میزان شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید گندم

بخش اثر	واحد	گندم
تقلیل منابع آلی	kg Sb eq.	۳/۴۷۹۱
پتانسیل اسیدی شدن	kg SO_2 eq.	۵/۱۹۱۱
پتانسیل اختناق دریاچه‌ای	kg PO^{4}_{-2} eq.	۰/۹۵۵۷

پتانسیل گرمایش جهانی	kg CO_2 eq.	۸۴۱/۸۰۷
نقصان لایه اوزون	kg CFC-11 eq.	۰/۰۰۰۳
پتانسیل مسمومیت انسان‌ها	kg 1,4-DCB eq.	۲۵۷/۲۹۴
مسمومیت آب‌های سطحی	kg 1,4-DCB eq.	۲۱/۰۱۹۹
مسمومیت آب‌های آزاد	kg 1,4-DCB eq.	۵۵۸۴۵/۰۸
مسمومیت خاک	kg 1,4-DCB eq.	۰/۳۱۵۲
پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی	kg C_2H_4 eq.	۰/۱۳۴۹

سوخت دیزل و حشره‌کش مصرفی به ترتیب با سهم ۶۱ و ۳۸/۵ درصد بر مسمومیت خاک اثرگذار بوده‌اند. در میان مواد منتشرشده از سوخت دیزل، کربن‌دی‌اکسید با ۶۰ درصد بیشترین اثر را بر این شاخص داشته است.

مؤثرترین عامل بر تقلیل منابع آلی، استفاده از سوخت دیزل و کود نیترات به ترتیب با سهم ۴۱ و ۳۶ درصد است. آمونیوم منتشرشده از کودهای شیمیایی نسبت به اکسید دی نیتروژن و اکسیدهای نیتروژن، با سهم ۶۵ درصد بیشترین تأثیر را بر این شاخص گذاشته است. در میان مواد منتشرشده از سوخت دیزل، کربن‌دی‌اکسید با سهم ۸۰ درصد، بیشترین اثر را بر این شاخص داشت.



شکل ۱- میزان شاخص‌های زیست‌محیطی گندم در حضور انتشارات مزرعه‌ای عملکرد

مصرف کودهای شیمیایی بر شاخص نقصان لایه ازون بی‌تأثیر بوده‌اند. درحالی‌که سوخت دیزل با ۸۱ درصد اثر بسیار شدیدی بر این شاخص می‌گذارد انتشارات کربن‌دی‌اکسید و کربن مونواکسید ناشی از احتراق سوخت دیزل، هرکدام با سهم ۴۰ درصد بیشترین تأثیر را بر این شاخص داشته‌اند.

کودهای شیمیایی نیترات و فسفات به ترتیب با سهم ۴۷ و ۳۲ درصد بیشترین تأثیر را بر پتانسیل اسیدی شدن داشتند. اکسید دی نیتروژن منتشر یافته از کودهای شیمیایی با ۸۵ درصد بیشترین تأثیر را بر این شاخص داشته است. در میان مواد منتشرشده از سوخت دیزل، کربن‌دی‌اکسید با ۷۵ درصد بیشترین اثر را بر پتانسیل اسیدی شدن دارد.

تأثیر نهاده‌های مصرفی بر شاخص مسمومیت انسان‌ها، آفت‌کش‌های مصرفی و سوخت دیزل به ترتیب با سهم ۵۱ و ۴۶ درصد بیشترین اثر را بر این شاخص داشته‌اند. کرومیوم با سهم ۶۰ درصدی، نسبت به انتشارات دیگر سوخت دیزل، بیشترین تأثیر را بر این شاخص می‌گذارد.

تأثیر نهاده‌های مصرفی بر پتانسیل گرمایش جهانی، مؤثرترین عامل بر پتانسیل گرمایش جهانی استفاده از کودهای شیمیایی به‌ویژه کود نیترات با سهم ۷۶ درصد است. اکسید دی نیتروژن منتشرشده از کودهای شیمیایی نسبت به آمونیوم و اکسیدهای نیتروژن دارای بیشترین تأثیر در پتانسیل گرمایش جهانی با سهم ۸۲ درصد است. در سوخت دیزل نیز کربن‌دی‌اکسید انتشاریافته از سوخت دیزل، نسبت به CH_4، CO_2، N_2O، NO_X و NMVOC با سهم ۹۰ درصد، بیشترین اثر را بر این شاخص داشته است.

سوخت دیزل و آفت‌کش مصرفی به ترتیب با سهم ۶۸ و ۳۲ درصد بر این شاخص اثر داشتند. در میان مواد منتشرشده از سوخت دیزل، کربن‌دی‌اکسید با سهم ۹۸ درصد بیشترین تأثیر را بر این شاخص گذاشت. تحقیقات انجام‌شده حاکی از بیشتر بودن شاخص مسمومیت آب‌های آزاد نسبت به شاخص‌های زیست‌محیطی دیگر است (Iriarte *et al.*,2010).

میزان شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید گندم در جدول ۱ نشان داده‌شده است. به ازای تولید یک‌تن گندم، در مسمومیت آب‌های آزاد به علت انتشار زیاد کربن‌دی‌اکسید از سوخت دیزل، ۵۵۸۴۵/۰۸ کیلوگرم DB ۱/۴ و در پتانسیل گرمایش جهانی به دلیل انتشار اکسید دی نیتروژن موجود در کود نیترات ۸۴۱ کیلوگرم CO2، تولیدشده است. همچنین آفت‌کش مصرفی با وجود سهم بسیار ناچیز در انرژی مصرفی، به ازای یک‌تن محصول تولیدی، ۲۵۷/۲۹۴ کیلوگرم PO_4^{3-} را برای شاخص مسمومیت انسانی نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری کلی

هدف از نگارش این تحقیق بررسی میزان آلایندگی‌های درون مزرعه بود. انتشارات مستقیم مزرعه، کودها و عملیات زراعی مهم‌ترین نقش را در تولید آلاینده‌ها دارند، هر چند ذکر این مورد که در فرآیند تولید کود اوره در پالایشگاه‌ها، آلاینده‌های زیست‌محیطی زیادی از سوخت‌های فسیلی منتشر می‌شود، ضروری می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل شده از محاسبه LCA برای محصول گندم در زمین‌های شرکت مزارع نوین ایرانیان، چنین به نظر می‌رسد که بتوان از روش‌های مختلف مدیریتی کم نهاده نظیر کاربرد انواع نهاده‌های آلی، گیاهان تثبیت کننده نیتروژن، استفاده از تناوب زراعی، گیاهان چندساله، الگوهای متفاوت کاشت همچون کشت مخلوط، اعمال خاک‌ورزی حداقل و کاهش مصرف انواع نهاده‌های شیمیایی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی استفاده کرد.

منابع

سلطانی، ا. رجبی، م، ح. زینلی، ا. سلطانی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرات زیست محیطی تولیدگیاهان زراعی با روش LCA: گندم در گرگان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳ (۳): ۲۰۱-۲۱۸.

سلطانی، ا. بذرگر، ا، ب. کوچکی، ع. زینلی، ا. قائمی، ع. حجارپور، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی چرخه حیاتی (LCA) تولید چغندرقند در سیستم‌های مختلف در خراسان نشریه نوای گیاهان زراعی، ۸ (۱): ۴۳-۶۲.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۶. استاندارد ایران – ایزو ۱۴۰۴۴. مدیریت زیست‌محیطی – ارزیابی چرخه حیات – الزامات و راهنمایی‌ها. چاپ اول

Brandao, M. Pennington, D.W. Pant, R. Pretato, U. Wolf, M. Chomkhamsri, K. and Goralczy, M. 2009. The International Reference Life Cycle Data System, Proceeding of Life Cycle Assessment IX Conference, Boston September 29 to October 2nd 2009. 4p.

Brentrup, F. Küsters, J & Kuhlmamm, H. 2000. Methods to estimate on field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector, International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 5, pp. 349-357

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, 2006. ISO 14040-Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. ISO 14040-International Organization for Standardization, ISO, Geneva, 20p.

Liu, Y. Langer, V. Høgh-Jensen, H & Egelyng, H. 2010. Life Cycle Assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. Journal of Cleaner Production, Vol. 18, PP.1423-1430.

Pennington, D.W. Potting, J. Finnveden, G. Lindeijer, E. Jolliete, O. Rydberg, T. and Rebitzer, G. 2004. Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice. Environ. Int. 30: 721–739.

Roy, P. Nei, D. Orikasa, T. Xu, Q. Okadome, H. Nakamura, N. and Shiina, T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. J. Food. Engin. 90: 1-10.

Smith, P. Powlson, D.S. Glendining, M.J. & Smith, J.O.U. 1998. Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. Global Change Biology, Vol. 4, PP.679-85.

Snyder, C.S. Bruulsema, T.W. Jensen, T.L. and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems and Environment 133: 247–266.

Soltani, A. Rajabi, M.H. Zeinali, E. and Soltani, E. 2010. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan, Electron. J. Plant. Product. 3: 201-218.

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

West, T.O. & Marland, G. 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 91, pp. 217-32.