

بررسی پایداری تولید بیوگاز از پسماند گندم: از دیدگاه ارزیابی چرخه حیات

زهرا وحیدی اضماره^{۱*}، ترحم مصری گندشمین^۱، علی میرزازاده^۱

^{۱*} - مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: zhr.vahidi23@gmail.com; mesrigtm@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

چکیده

ارزیابی چرخه حیات روشی است که می تواند برای تعیین کمیت و تفسیر تأثیرات زیست محیطی دامنه گسترده ای از محصولات یا فرآیندها با بررسی دامنه وسیعی از تولید صنعتی در تمام مراحل سیستم به کار گرفته شود. برچسب های زیست محیطی برای غذای مصرفی از مدل های ارزیابی چرخه حیات مبتنی بر کشاورزی استفاده می کنند. برچسب های زیست محیطی انتشار گازهای گلخانه ای، تأثیرات زیست محیطی مرتبط با تولید و حمل و نقل را به طور مستقیم بر روی محصولات غذایی نشان می دهند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات زیست محیطی و انتشار گازهای گلخانه ای با استفاده از ارزیابی چرخه حیات در تولید بیوگاز از پسماند گندم می باشد. نهاده چرخه عمر این پژوهش شامل پسماند گندم و استفاده از آن در سناریوی تولید بیوگاز می باشد. دقت در انتخاب موجودی ها و کامل بودن منابع داده به همراه مناسب بودن آن ها و همچنین سازگاری و تکرارپذیری روشهای مورد استفاده از عوامل و پارامترهای اصلی در رسیدن به کیفیت بالای داده ها می باشد. در حالت کلی، بر اساس نتایج به دست آمده، تأثیرات زیست محیطی مصرف گندم به عنوان بستری برای تولید بیوگاز، در صورتی که متان به صورت آزاد در هوا رها شود، بالاتر از زمانی است که بیوگاز تولید شده، برای مصارف پخت و پز به کار گرفته شود. بنابراین، برای کاهش اثرات زیست محیطی تولید بیوگاز، می توان سناریو دیگری مطرح کرد تا از ورود مستقیم متان به اتمسفر جلوگیری کرد. این قضیه در مورد شاخص های پایانی هم کاملاً صادق می باشد. در همین راستا می توان ادعا کرد، به دلیل ورود مستقیم متان به اتمسفر و ایجاد تأثیرات مخرب زیست محیطی، تأثیر تولید بیوگاز به مراتب بالاتر است که می توان با انجام سناریو دیگر در خروجی سیستم تولید بیوگاز، این تأثیرات را به حداقل رساند.

کلمات کلیدی

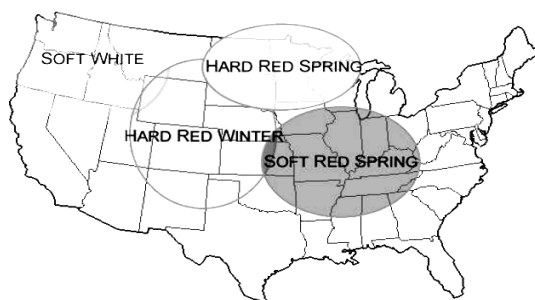
"بیوگاز"، "ارزیابی چرخه حیات"، "گندم"، "گازهای گلخانه ای"

۱- مقدمه

(Campbell, Beer et al. 2011) قابل توجه است، در مطالعه انجام شده توسط کیم در سال ۲۰۰۵ تراز انرژی خالص ۲۵٪ مثبت برای تولید اتانول به دست آمد (Kim, Dale et al. 2005). برچسب های زیست محیطی برای غذای مصرفی نیز از مدل های LCA مبتنی بر کشاورزی استفاده می کنند. برچسب های زیست محیطی انتشار گازهای گلخانه ای چرخه حیات و سایر تأثیرات زیست محیطی مرتبط با تولید و حمل و نقل را به طور مستقیم بر روی محصولات غذایی نشان می دهند. آنها هر دو در آمریکای شمالی، اروپا و آسیا پیشنهاد شده اند. شرکت های خرده فروشی تسکو و مارکس و اسپنسر، قبلاً برچسب های زیست محیطی را روی محصولات و لباس آزمایش کرده اند. دیوید میلیبند، دبیر محیط زیست انگلیس، پیشنهاد کرده است که هر محصول یا مواد غذایی که فروخته می شود باید دارای برچسب های زیست محیطی باشد. دولت های محلی و برنامه ریزان شهرداری شروع به بررسی چگونگی تولید سیستم های غذایی و سیاستگذاری تأثیرات زیست محیطی در سطح محلی کرده اند. برای مثال در شهر سیاتل، تأثیرات آب و هوایی محصولات غذایی محبوب مورد ارزیابی قرار گرفتند (Woods, Williams et al. 2010). این شهر با همکاری دانشگاه واشنگتن مصرف مواد غذایی را در دو سناریو خرید از کشورهای خارجی و یا تولید در

ارزیابی چرخه حیات (LCA) روشی است برای تعیین کمیت و تفسیر تأثیرات زیست محیطی در دامنه گسترده ای از محصولات یا فرآیندها که در تمام مراحل سیستم به کار گرفته می شود. در LCA، مطالعات مربوط به غذا و کشاورزی یکی از مناطق تمرکز در حال رشد است (Jørgensen, Le Bocq et al. 2008). به طور خاص، سوخت های زیستی فرآوری شده از محصولات زراعی، مانند اتانول و بیودیزل (Lardon, Hélias et al. 2009)، با استفاده از روش LCA با سوخت های معمولی مقایسه شده اند. وقتی بحث در مورد استفاده از سوخت های زیستی می باشد، چنین مطالعاتی می توانند به عنوان مهر تایید بر یافته های علمی باشند. به عنوان مثال، پیمنتل^۱ مقاله ای بحث برانگیز را در سال ۲۰۰۵ منتشر کرد و ادعا کرد که ۲۹ درصد کمبود تعادل انرژی خالص برای اتانول ذرت وجود دارد (Gnansounou, Dauriat et al. 2009). این باعث ایجاد چندین مطالعه بعدی با نتایج متضاد شد که ادعا می کنند تعادل خالص انرژی مثبت برای تولید اتانول بر پایه ذرت وجود دارد (Luo, Van Der Voet et al. 2009, 1-Pimentel

باقیمانده به طور دائمی در مواد معدنی رس، مواد آلی یا میکروب های ساکن خاک در خاک قرار می گیرد. بنابراین، به عنوان تخمین، ۱۷٪ از کل کربن انتقال یافته به خاک باقی می ماند (Munoz, Milà i Canals et al. 2008). این تغییر سالانه در استخرهای SOC به دلیل کشت گندم و توقیف خالص کشت گندم است. با این حال، مقدار کربن جداسازی شده به عنوان کربن آلی خاک بسیار متغیر است و به مکان و شیوه های کشاورزی بستگی دارد (Sheehan, Aden et al. 2003, Fruergaard and Astrup 2011). اثرات شیوه های مدیریت زمین های زراعی و موقعیت چشم انداز بر روی استخر کربن آلی خاک به دما، بارش، ترکیب خاک، بافت خاک، مدیریت محصول و مورفولوژی چشم انداز بستگی دارد (Wang, Wu et al. 2007). به عنوان مثال، عملیات شیمیایی که کربن موجود در خاک را تغییر می دهد. تغییرات در میزان خاکورزی که کربن آلی خاک را در معرض اکسیداسیون جو قرار می دهد و می توان فرض کرد که تغییرات در مقدار ماده باقی مانده برای تخریب در مزرعه منجر به تغییراتی در چرخه کربن شود (Fruergaard and Astrup 2011). یک محصول کشاورزی مشابه می تواند در مناطق مختلف یک کشور و مناطق جداگانه، از گونه های مختلفی در یک گروه محصول تولید شود. به عنوان مثال، در مورد میوه، گونه های مختلف زغال اخته، توت فرنگی، تمشک در مناطق مختلف تولید می شوند (Batan, Quinn et al. 2010). باز هم، این امر به ویژه در مورد گندم مشخص است. به عنوان یک مثال، شکل ۱ گونه های گندم ایالات متحده را که در یک منطقه خاص کشت می شوند را نشان می دهد. مسیر رسیدن به بازار، مسافت حمل و نقل، سهم مدولار (حمل و نقل با کامیون، قطار، یا کشتی) و فرضیه های بک له (در نظر گرفتن بازگشت وسایل نقلیه یا کشتی های خالی در صورت لزوم) بنابراین از نظر مکان متفاوت است (van den Broek, Treffers et al. 2001). به عنوان مثال، گندم از شمال غربی اقیانوس آرام در ایالات متحده بیشتر با کشتی حمل و نقل می شود (Sturm and Lamer 2011)، ولی مسافت ریلی در مرکز و میانه غرب ایالات متحده بیشتر است (van den Broek, Treffers et al. 2001).



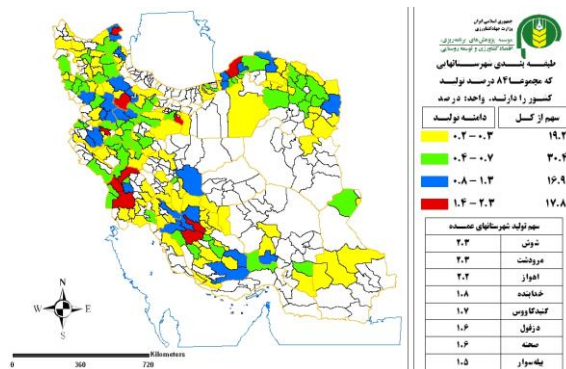
شکل ۱- گونه های گندم تولید شده در ایالات متحده آمریکا

داخل کشور مورد بررسی قرار داده است. براساس تجزیه و تحلیل LCA، نتیجه بر این شد که تولیدات داخلی تقریباً همیشه ترجیح داده می شود. دولت های ملی نیز نگران تأثیرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی هستند. این امر ژاپن را ترغیب کرده است تا یک گروه مطالعه غذایی دولتی، واقع در موسسه ملی علوم و فنون پیشرفته صنعتی در تسوکوبا، ایجاد کند. این عضویت شامل ۳۶ دانشگاه، موسسه تحقیقات ملی، موسسات تحقیقاتی خصوصی و شرکت های خصوصی تولید مواد غذایی است. اهداف اصلی (۱) تعیین کمی بار محیطی با توجه به مصرف و تولید غذا و (۲) تهیه شاخص پایداری برای مصرف و تولید غذا به عنوان ابزاری مشاوره ای برای تصمیمات سیاست گذاری و واردات در ژاپن می باشد. بنابراین، LCA در حال حاضر یک روش رایج و مناسب برای شناسایی بهبودها در بخش کشاورزی است، جایی که فرآیندهای اولیه کشاورزی درصد زیادی از تأثیر کل را تشکیل می دهند (Gelfand, Snapp et al. 2010). با این حال، نشان داده شده است که سیستم های کشاورزی بیشتر از اکثر سیستم های تولیدی به تغییرات تکنیک های تولید منطقه وابسته هستند (Pretty, Ball et al. 2005, Baldwin, Wilberforce et al. 2011). فراوری فلزات، مواد شیمیایی و تولیدات صنعتی در مناطق مختلف متفاوت هستند، اما در میزان تولید محصولات متفاوت نیستند (Gleick and environment 1994). به عنوان مثال، کود و سایر مصارف شیمیایی، که بزرگترین سهم نسبی در انتشار گازهای گلخانه ای و انتشارات سمی را دارد، می تواند بیش از ۳۰۰ درصد از نظر مکان برای همان محصول متفاوت باشد (Shapouri, Duffield et al. 2002). با وجود نیاز به درک تفاوت های منطقه ای در ارزیابی چرخه حیات سیستم های کشاورزی، روش LCA با توجه به مدل سازی ناهمگنی منطقه ای در تولید و حمل و نقل کشاورزی ضعیف تعریف شده است. بنابراین، فرصتی برای کمک به توسعه پروتکل های LCA با تطبیق روش متناسب با تغییر در تولید محصولات کشاورزی و زنجیره تامین وجود دارد. تعادل سالانه در کربن آلی خاک تابعی از سه فرآیند اصلی است: تثبیت در زیست توده گیاه، گیاه، خاک، ریشه زایی و ذخیره سازی طولانی مدت در خاک. طبق یک مقاله مروری جامع در مورد چرخه کربن توسط کوزیاکوف، تقریباً نیمی از کل دی اکسیدکربن جذب شده از اتمسفر توسط گیاه گندم به زیست توده تبدیل می شود (Munoz, Milà i Canals et al. 2008). با این حال، این تثبیت در زیست توده، توقیف دائمی نیست، زیرا یا مصرف کننده نهایی (تولید اتانول، مصرف حیوانات یا انسان) یا تجزیه در نهایت باعث بازگرداندن مولفه زیست توده دی اکسیدکربن به جو می شود. یک سوم کل دی اکسیدکربن جذب شده از اتمسفر توسط ریشه ها، خاک و میکروارگانیسم های ریزوسفر تنفس می شود و در طی رشد مستقیماً به جو باز می گردد (Munoz, Milà i Canals et al. 2008).

ارزیابی چرخه حیات می تواند چارچوبی را برای مدل سازی تأثیر اختلافات منطقه ای در زمینه تولید و حالت های مختلف حمل و نقل محصول و تأثیرات آنها در فرایندها و تغییرات زیست محیطی فراهم کند. با توجه به افزایش جمعیت جهانی، بخش کشاورزی مسئول امنیت غذایی است. از طرف دیگر، فعالیت های کشاورزی باید به روشی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد. با این وجود، مصرف مواد شیمیایی مصنوعی و سایر آلاینده های زیست محیطی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، افزایش یافته است، و در نتیجه عواقب مختلفی از جمله اسیدی شدن و شور شدن خاک، انتشار گازهایی با اثرات سو، شستشوی نیتروژن به آبهای زیرزمینی و یوتروفیکاسیون ایجاد می شود. با توجه به افزایش استفاده از نهاده های شیمیایی مصنوعی در تجارت کشاورزی در ایران و اثرات زیست محیطی ناشی از آن، به نظر می رسد ارزیابی چرخه حیات یک روش مناسب برای تعیین کمیت چنین تأثیرات و کاهش اثرات سو باشد. هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تأثیر استفاده از پسماند گندم برای تولید بیوگاز بر محیط زیست و انتشار گازهای گلخانه ای می باشد. موجودی چرخه عمر این پژوهش شامل تولید پسماند گندم و استفاده از آن در تولید بیوگاز می باشد. مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. چالرز و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه ای را برای بررسی تولید گندم با استفاده از روش ارزیابی حیات انجام دادند. ارزیابی سیستم تولید گندم نشان می دهد که افزایش باروری برای توجیه میزان انتشار اضافی و مطابقت با محیط زیست به افزایش کافی محصول نیاز دارد. این نیاز به تنوع در بین عملکرد و کیفیت دانه متکی است. برای مقایسه سیستم های مختلف تولیدی که توسط شدت لقاح مدیریت می شوند، لازم است که عملکرد و کیفیت محصول را نیز در نظر بگیریم. سطح ۱۳٪ پروتئین در دانه خشک با کیفیت خوب نان سازی مطابقت دارد و نیازهای نانوائی را برآورده می کند. برای مقایسه مداوم، تصحیح عملکرد لازم است تا کیفیت معادل آن در هر سطح از شدت کوددهی بدست آید. عملکرد دانه در میزان کودهای مختلف که به میزان ۱۳٪ پروتئین در سیستم تولید گندم می دهد، ارزیابی شد. این واحد عملکردی جدید شدت کوددهی را برای اکثر گروههای تأثیرگذار مطلوب تشخیص داده و با تغییر در هر سطح از میزان مصرف کود، افزایش عملکرد کافی را نشان می دهد. از طرف دیگر، تأثیر تولید گندم در هکتار با کود فشرده تر برای همه گروه های زیست محیطی به جز استفاده از زمین افزایش می یابد. این واحد عملکردی به برجسته سازی تأثیرات ناشی از فعالیت های کشاورزی کمک می کند: مصرف انرژی، اثر گلخانه ای، اسیدی شدن، سمیت زیست محیطی زمینی و سمیت انسانی. ارزیابی کودها تفاوت های مهم بین انواع و پتانسیل های بهبود را به دلیل محتوای فلزات سنگین، تأثیر بر سمیت زمینی و سمیت انسانی را ارائه داد (Charles, Jolliet et al. 2006). فلاحپور و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه ای برای ارزیابی تأثیر تولید غلات (گندم و جو) بر محیط زیست تحت

سیستم های کشاورزی دیم و آبی در شمال شرقی ایران انجام دادند. ارزیابی چرخه حیات به عنوان یک روش برای ارزیابی تمام تأثیرات زیست محیطی تولید دانه غلات از طریق مدیریت و ارزیابی میزان مصرف و انتشار آلاینده ها استفاده شد. واحد عملکردی در نظر گرفته شده در این مطالعه عملکرد تولید یک دانه تحت نرخ های مختلف کاربرد نیتروژن بود. تمام تأثیرات مرتبط با دامنه های مختلف کاربردهای کود N بر اساس واحد عملکردی ارزیابی شد. در این مطالعه، سه دسته تأثیر عمده در نظر گرفته شده عبارتند از: تغییر اقلیم، اسیدی شدن و فرارسانی. نتایج نشان داد، تحت مصرف کم کود N، اثرات زیست محیطی هر دو سیستم کشاورزی دیم گندم و جو کمتر از سیستم های کشاورزی آبیاری بود. با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان عامل پاسخ به سطح مختلف کود، سیستم های آبیاری گندم و جو با دامنه ۱۶۰-۱۸۰ (کیلوگرم نیتروژن در هکتار) حداکثر تأثیر را بر محیط نشان دادند. به نظر می رسد ارزیابی چرخه حیات یک روش مناسب برای تعیین کمیت تأثیر ورودی های کشاورزی مورد استفاده و مدیریت های مختلف بر محیط زیست است (Fallahpour, Aminghafouri et al. 2012). برتراپ و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه ای با استفاده از یک روش ارزیابی چرخه حیات جدید، که به طور خاص با تولید محصولات متناسب بود، تأثیر زیست محیطی میزان کودهای مختلف ازت در تولید گندم زمستانی را بررسی کردند. سیستم تولید گندم مورد مطالعه با توجه به "روش کشاورزی پایدار" طراحی شده است. اطلاعات مربوط به پاسخ عملکرد محصول به نرخ های مختلف N از یک آزمایش مزرعه ای طولانی مدت در انگلستان گرفته شد و در تجزیه و تحلیل کل سیستم مورد نیاز برای تولید ۱ تن دانه گندم مورد بررسی قرار گرفت. این یافته ها شامل استخراج مواد اولیه (به عنوان مثال سوخت های فسیلی، مواد معدنی)، تولید و حمل و نقل نهاده های کشاورزی (به عنوان مثال کودها) و کلیه عملیات کشاورزی در مزرعه (به عنوان مثال خاک ورزی، برداشت) بود. در اولین گام، تمام انتشارات و مصرف منابع متصل به فرآیندهای مختلف در فهرست چرخه حیات و مربوط به یک واحد مشترک، یعنی ۱ تن دانه، ذکر شده است. در مرحله بعد ارزیابی اثر چرخه حیات انجام شد، که در آن داده های موجودی در شاخص هایی برای اثرات زیست محیطی جمع می شوند که شامل تخلیه منابع، کاربری اراضی، تغییرات آب و هوایی، سمیت، اسیدی شدن و اوتروفیکاسیون است. پس از نرمال سازی و توزین مقادیر شاخص، محاسبه شاخص های خلاصه برای تخلیه منابع و اثرات زیست محیطی امکان پذیر بود. با نرخ نیتروژن ۴۸، ۹۶، ۱۴۴ یا ۱۹۲ کیلوگرم در هکتار، شاخص زیست محیطی مقادیر مشابهی در هر تن دانه (۰،۲۲-۰،۱۶) را نشان داد. با نرخ N صفر، ۲۴۰ و ۲۸۸ کیلوگرم در هکتار مقادیر در مقایسه با کمترین رقم با نرخ N ۹۶ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۰ تا ۲۳۲٪ بیشتر بود. در نرخ بسیار پایین N، "استفاده از زمین" عامل اصلی زیست محیطی بود، در

منطقه مورد مطالعه کشور ایران می باشد که با سهم تولید حدوداً ۲/۲ درصد تولید گندم جهانی، در رتبه چهاردهم در بین بیست کشور تولید کننده گندم قرار گرفته است. براساس آمارهای سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) طی سال ۲۰۱۹ چین با تولید ۱۳۱ میلیون تن گندم در رتبه اول جهان قرار دارد. پس از این کشور، هند با ۹۹/۷ میلیون تن، روسیه با ۷۲/۱ میلیون تن، آمریکا با ۵۱/۳ میلیون تن و فرانسه با ۳۸/۵ میلیون تن به ترتیب در رتبه‌های دوم تا پنجم قرار دارند. قابل ذکر است در بین کشورهای منطقه پاکستان با تولید ۲۵/۱ میلیون تن (۱/۸ برابر بیشتر از ایران) در رتبه هفتم جهان و ترکیه نیز با تولید ۲۰ میلیون تن گندم (۱/۵ برابر بیشتر از ایران) در رتبه یازدهمی جهان قرار دارند. شکل ۲ نقشه کل تولید گندم در کشور ایران را نشان می دهد. بر اساس آمار، بالاترین میزان تولید گندم (دیمی و آبی) مربوط به شهرهای شوش، مرودشت و اهواز با سهم تقریبی ۲/۳ درصد از مجموع ۸۴ درصدی تولید گندم می باشد. شهرستان بيله سوار در استان اردبیل با سهم ۱/۵ درصدی از کل تولید گندم در رتبه هشتم کشوری قرار دارد.



شکل ۲- نقشه تولید گندم در ایران

• پتانسیل تولید بیوگاز از پسماند گندم

هدف از این پژوهش، تعیین میزان تولید بیوگاز از پسماند گندم می باشد. منطقه مورد مطالعه، به دلیل شرایط اقلیمی، ظرفیت تولید بیوگاز از پسماند گندم (به عنوان پسماندی کربنی) را دارد. میزان پسماند گندم مورد استفاده در تولید بیوگاز متفاوت است. برای تولید بیوگاز حضور توام ماده نیتروژنی و کربنی برای تنظیم میزان C/N که به عنوان یک پارامتر ضروری در تولید بیوگاز می باشد، ضروری است. مطالعات مختلفی در زمینه تولید بیوگاز انجام گرفته است. در مطالعه ای که توسط جعفری و همکاران (۲۰۱۹) انجام گرفت، در روش تولید متداول بیوگاز سهم پسماند گندم از میزان کل سوپسترا، حدوداً ۴۵ درصد از ماده کل در نظر گرفته شد (Jafari-Sejehrood, Najafi et al. 2019).

• تعریف دامنه و هدف

چندین مطالعه قبلی در مورد ارزیابی چرخه حیات گندم وجود دارد، اما از نظر هدف، دامنه، روش، واحد عملکردی و مرزهای سیستم بسیار متفاوت هستند. مطالعات را می توان به مواردی تقسیم کرد

حالی که در نرخ N بالا این عامل به عنوان مهمترین مشکل بود. نتایج نشان داد که کشاورزی زراعی مطلوب لزوماً با شرایط مرز اقتصادی و زیست محیطی در تعارض نیست (Küsters et al. 2004). هم‌انطور که مشخص است، بسیاری از مطالعات به منظور کشف تأثیر این متغیرهای مختلف به ویژه از نظر گرمایش کره زمین و شستشوی کودهای نیتروژن اختصاص یافته است و براساس چنین اطلاعات جامعی، "ارزیابی چرخه حیات" برای ارزیابی تأثیرات جمع شده بر محیط زیست ناشی از کشاورزی ارائه شده است. چالش این ابزارها این است که هم در مقیاس جهانی، یعنی برای مقوله های تأثیر جهانی مانند تغییر اقلیم، و هم در مقیاس کوچکتر، یعنی برای مقوله های تأثیر منطقه ای مانند اتروفیکاسیون آب، مرتبط باشند. سازمان بین المللی استاندارد سازی و انجمن سم شناسی محیطی و شیمی توصیف کلی روش LCA را ارائه دادند. با این حال، روش ارزیابی چرخه حیات، روش های تجمیع برای گروه های مختلف تأثیر و محاسبه نهایی یک شاخص محیطی خلاصه، هنوز مساله اصلی مورد بحث تلقی می شوند. در ادامه، آنالیز موجودی با ارزیابی تاثیر ادامه می یابد. این مرحله از ارزیابی چرخه حیات با هدف ارزیابی میزان تاثیرات زیست محیطی بالقوه بر مبنای نتایج جریان ارزیابی چرخه حیات صورت می گیرد. ارزیابی چرخه حیات تاثیر این مواد را در قالب تعدادی شاخص زیست محیطی کمی بیان خواهد کرد. نتایج اثرات زیست محیطی می تواند شامل: تخلیه انرژی تجدیدناپذیر، گرمایش جهانی، یوتروفیکاسیون، اکسیداسیون فتوشیمیایی، اسیدی شدن و تخلیه اوزون باشد.

• روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

این مطالعه موردی، تغییرات منطقه ای در تولید گندم از مزرعه و حمل و نقل محصول برای گندم را با استفاده از ارزیابی چرخه حیات بررسی می کند و نتایج را با تخمین چرخه کربن مقایسه می کند. گندم به دلیل اینکه از نظر حجم و ارزش در ردیف سوم محصولات زراعی قرار دارد، به عنوان یک محصول کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد (Service 2004) و تقریباً در بسیاری از مناطق ایران رشد می کند (Bonjean, Angus et al. 2001). ارزیابی چرخه حیات با مطالعات قبلی تفاوت دارد و در انتشار گازهای گلخانه ای در روش های کشاورزی، استفاده از سوخت، کود، عملکرد و حمل و نقل را در سراسر کشور تأکید می کند و در تلاش است تا از لحاظ مکانی و گونه های مختلف تولید گندم مستقل باشد. این مطالعه موردی تا حدی توسط مراکز تحقیقاتی برای ارزیابی چرخه حیات، که علاقه به انجام مطالعات زیست محیطی در حوزه تولید گندم دارند می تواند پشتیبانی و دنبال شود. بسیاری از سهم گندم وارداتی می باشد که می تواند بر سیاست سیستم های غذایی داخلی تأثیر بگذارد (Khoo and Tan 2004).

کود در داخل مرزعه انجام می گیرد و شامل هیچ گونه انتقال و مصرف انرژی بیشتر نمی شود. نتایج با تخمین فعلی کربن در مزارع گندم مقایسه می شود. روش ها و فرضیات تولید با تجزیه و تحلیل موجودی ارائه شده است. ارزیابی چرخه حیات از رهنمودهای تعیین شده توسط روش ISO14040 پیروی می کند و انعطاف پذیری داده شده توسط استانداردها را برای متناسب سازی روش مطالعه اهداف حفظ می کند. ارزیابی کیفیت داده ها یک مولفه دشوار است به طوری که می تواند نتایج ارزیابی چرخه حیات را تحت تاثیر قرار دهد. تجزیه و تحلیل کیفیت داده ها در استانداردهای ISO مورد نیاز است و شامل ارزیابی زمان، فن آوری و جغرافیای تحت پوشش است. دقت در انتخاب موجودی ها و کامل بودن منابع داده به همراه مناسب بودن آن ها و همچنین سازگاری و تکرارپذیری روشهای مورد استفاده از عوامل و پارامترهای اصلی در رسیدن به کیفیت بالای داده ها می باشد. جدول ۱ موجودی مورد استفاده در به کارگیری کاه گندم در تولید بیوگاز را ارائه می دهد.

جدول ۱- موجودی مورد استفاده در به کارگیری کاه گندم در تولید بیوگاز

واحد	مقدار	مواد و سوخت
kg	60.8289	Wheat strew
kg	239.1711	water waste
kWh	215	electricity
kg	4.389504	methane
kg	2.469096	CO2
kg	0.875936	nitrogen
kg	8.941848	carbon
mg	4545	phosphate
mg	47175	potasium
MJ	222.2186	energy

۳- نتایج

مطالب ارائه شده در این فصل، شامل ارائه نتایج مرتبط با اهداف تحقیق و بحث بر روی نتایج می باشد. در ابتدا پتانسیل منابع مختلف و هزینه های تولید بررسی شده و سپس موجودی های به دست آمده برای مقایسه سناریوها از نقطه نظر شاخص های زیست محیطی انجام گرفتند.

• تحلیل انتشارات حاصل از مصرف کاه گندم به

عنوان بیوگاز

در این بخش به بررسی و تحلیل انتشارات حاصل از مصرف کاه گندم برای تولید بیوگاز می پردازیم. جدول ۲ تاثیرات منتج از مصرف یک کیلوگرم کاه گندم برای تولید بیوگاز را بر روی شاخص های میانی ارائه می دهند.

که کاملاً بر تولید گندم تمرکز دارند و یا افرادی که از گندم در تولید محصولات دیگر استفاده می کنند. در مطالعه ای توسط لخون در مرکز تحقیقات انرژی، محیط زیست و فناوری اسپانیا، مقایسه ای بین گندم و دانه جو به عنوان ماده اولیه برای تبدیل خانگی برای تولید بیواتانول انجام گرفت (Lechon, Cabal et al. 2005). واحد عملکردی تولید مواد خام کشاورزی برای یک تن بیواتانول بود. در مورد گندم اسپانیایی، این مقدار معادل استفاده از ۰.۸۵ هکتار بود و فقط به گندم تولید و فرآوری شده منحصرأ در اسپانیا محدود شد. مرزهای سیستم دروازه مزرعه بود، اما گونه های خاص گندم، اطلاعات فرآیند ارزیابی چرخه حیات یا مسافت حمل و نقل به هیچ وجه ارائه نشده بود. این نتایج بیان کننده نتایج مربوط به خروجی دانه گندم و کاه بود، که هیچ درصدی تخصیص داده نشده بود. این مطالعه نتیجه گیری کرد که ۱۵۴ کیلوگرم CO2 معادل در هر تن گندم برداشت شده، استفاده از کود، حمل و نقل با فرض عملکرد ۳۴۰۰ کیلوگرم گندم در هکتار به هوا منتشر می شود. نویسندگان اظهار داشتند که در صورت استفاده از برآورد خالص از جداسازی خاک، کل انتشار گندم ۱/۸۸ گرم دی اکسید کربن معادل خواهد بود. موضوعات و مفروضات کلی در تعیین هدف و دامنه در مطالعه پسماند گندم عبارتند از:

- توافق همه مطالعات بر این است که بزرگترین منابع انتشار گازهای گلخانه ای از تولید گندم، استفاده از کود (نیتروژن خاص) و مصرف سوخت دیزل است، با این تفاوت که نتایج انتشار ناشی از استفاده از کودهای مختلف و مصارف سوخت نسبت به مکان های مختلف، متفاوت خواهند بود.

- همه مطالعات یا شامل یک گونه گندم است، یا هیچ گونه اطلاعاتی در مورد گونه ها، کلاس یا مکان مزرعه را شامل نمی شود. تمام مطالعات فرض می کنند که مسافت حمل و نقل و کود برای همه گندم های یک کشور خاص یکسان است.

- هیچ مطالعه ای شامل مفروضات یا بحث درباره تفاوت تولید گندم در محدوده مطالعه و چگونگی پرداختن به آن در مطالعه موردی، نیست.

- برآورد کربن هنگام تخمین بسیار متغیر می باشد.

واحد عملکردی براساس ۱ کیلوگرم پسماند گندم خشک در محل مصرف تعریف می شود. استانداردهای ISO علاوه بر میزان خدمات به مدت زمان و کیفیت خدمات نیز نیاز دارند. این مطالعه موردی در مورد پسماند گندم شامل تولید انرژی تجدیدپذیر و استفاده به عنوان کود و خوراک دام می باشد. بنابراین می توان مرز سیستم را محدود به مزرعه کرد و فرض را بر این گرفت که تمام عملیات اعم از تولید بیوگاز، خوراک دام و مصرف به عنوان

- Campbell, P. K., T. Beer and D. J. B. t. Batten (2011). "Life cycle assessment of biodiesel production from microalgae in ponds." **102**(1): 50-56.
- Charles, R., O. Jolliet, G. Gaillard, D. J. A. Pellet, ecosystems and environment (2006). "Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment." **113**(1-4): 216-225.
- Fallahpour, F., A. Aminghafouri, A. G. Behbahani, M. J. E. Bannayan, development and sustainability (2012). "The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology." **14**(6): 979-992.
- Fruergaard, T. and T. J. W. M. Astrup (2011). "Optimal utilization of waste-to-energy in an LCA perspective." **31**(3): 572-582.
- Gelfand, I., S. S. Snapp, G. P. J. E. S. Robertson and Technology (2010). "Energy efficiency of conventional, organic, and alternative cropping systems for food and fuel at a site in the US Midwest." **44**(10): 4006-4011.
- Gleick, P. H. J. A. R. o. E. and t. environment (1994). "Water and energy." **19**(1): 267-299.
- Gnansounou, E., A. Dauriat, J. Villegas and L. J. B. t. Panichelli (2009). "Life cycle assessment of biofuels: energy and greenhouse gas balances." **100**(21): 4919-4930.
- Jafari-Sejahrood, A., B. Najafi, S. Faizollahzadeh Ardabili, S. Shamshirband, A. Mosavi and K.-w. J. E. A. o. C. F. M. Chau (2019). "Limiting factors for biogas production from cow manure: ergo-environmental approach." **13**(1): 954-966.
- Jørgensen, A., A. Le Bocq, L. Nazarkina and M. J. T. i. j. o. l. c. a. Hauschild (2008). "Methodologies for social life cycle assessment." **13**(2): 96-103.
- Khoo, H. and R. B. Tan (2004). Report for the ASEAN Biomass Meeting. Association of South East Asian Nataion (ASEAN) Biomass Meeting AIST, Tsukuba, JAPAN.
- Kim, S., B. E. J. B. Dale and Bioenergy (2005). "Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: bioethanol and biodiesel." **29**(6): 426-439.
- Lardon, L., A. Hélias, B. Sialve, J.-P. Steyer and O. Bernard (2009). Life-cycle assessment of biodiesel production from microalgae, ACS Publications.
- Lechon, Y., H. Cabal, R. J. I. j. o. a. r. Saez, governance and ecology (2005). "Life cycle analysis of wheat and barley crops for bioethanol production in Spain." **4**(2): 113-122.
- Luo, L., E. Van Der Voet, G. J. R. Huppel and s. e. reviews (2009). "Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil." **13**(6-7): 1613-1619.
- Munoz, I., L. Milà i Canals and R. J. J. o. I. E. Clift (2008). "Consider a spherical man: a simple model to include human excretion in life cycle assessment of food products." **12**(4): 521-538.
- Pretty, J. N., A. S. Ball, T. Lang and J. I. J. F. p. Morison (2005). "Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket." **30**(1): 1-19.
- Service, U. S. N. A. S. (2004). Agricultural Statistics, The Department.
- Shapouri, H., J. A. Duffield and M. Q. Wang (2002). The energy balance of corn ethanol: an update.
- Sheehan, J., A. Aden, K. Paustian, K. Killian, J. Brenner, M. Walsh and R. J. J. o. I. E. Nelson (2003). "Energy and environmental aspects of using corn stover for fuel ethanol." **7**(3-4): 117-146.
- Sturm, B. S. and S. L. J. A. E. Lamer (2011). "An energy evaluation of coupling nutrient removal from wastewater with algal biomass production." **88**(10): 3499-3506.
- van den Broek, R., D. J. Treffers, M. Meeusen, A. van Wijk, E. Nieuwlaar and W. J. J. o. I. E. Turkenburg (2001). "Green Energy or Organic Food?: A Life-Cycle Assessment Comparing Two Uses of Set-Aside Land." **5**: ۶۵-۷۷ (۳)
- Wang, M., M. Wu and H. J. E. R. L. Huo (2007). "Life-cycle energy and greenhouse gas emission impacts of different corn ethanol plant types." **2**(2): 024001.
- Woods, J., A. Williams, J. K. Hughes, M. Black and R. J. P. T. o. t. R. S. B. B. S. Murphy (2010). "Energy and the food system." **365**(1554): 2991-3006.

Investigating the sustainability of biogas production from wheat waste: From a life cycle assessment perspective

Zahra Vahidi ezmarch^{1*}; Tarahom Mesri-Gundoshmian¹; Ali Mirzazadeh¹

*1- Biosystem engineering, Faculty of agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Email Address: zhr.vahidi23@gmail.com; mesrigtm@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Life cycle assessment (LCA) quantifies and interprets environmental impacts across a wide range of products or processes used throughout the system. Despite the need to understand regional differences in the life cycle assessment of agricultural systems, the LCA method is poorly defined due to regional heterogeneity modeling in agricultural production and transportation. Therefore, there is an opportunity to help develop LCA protocols by adapting methods commensurate with crop production and supply chain changes. The annual balance in soil organic carbon is a function of three main processes: stabilization in plant biomass, plant, soil, rooting, and long-term storage in soil. According to Kozyakov, a comprehensive review of the carbon cycle, approximately half of the total carbon dioxide absorbed from the atmosphere by the wheat plant is converted to biomass. This study aims to evaluate the impact of using wheat waste for biogas production on the environment and greenhouse gas emissions. This research's life cycle inventory includes the production of wheat waste and its use in biogas production. Many studies have been devoted to discovering the effects of these various variables, particularly in terms of global warming and nitrogen fertilizer leaching, and based on such comprehensive information, a Life Cycle Assessment has been proposed to assess the cumulative environmental impacts of agriculture. The challenge for these tools is to be relevant both on a global scale, ie for global impact categories such as climate change, and on a smaller scale, i.e. for regional impact categories such as water eutrophication. The International Organization for Standardization and the Society for Environmental Toxicology and Chemistry provided an overview of the LCA method. However, the main issues under discussion are life cycle assessment methods, aggregation methods for different impact groups, and the final calculation of a summary environmental indicator. Next, inventory analysis continues with impact assessment.

Methodology

This case study examines regional changes in field straw production and crop transportation for wheat using life cycle assessments and compares the results with carbon cycle estimates. Wheat is used as an agricultural product because it is the third-largest crop in terms of volume and value and grows in almost many parts of Iran. Life cycle assessment is different from previous studies and emphasizes the use of fuel, fertilizer, yield, and transportation throughout the country in the emission of greenhouse gases in agricultural methods and tries to spatially and different types of production. Wheat is independent. This case study can be partially supported and pursued by research centers for life cycle assessment, which are interested in conducting environmental studies in wheat production. Many of the wheat's share is imported, influencing domestic food systems policy. The study area is Iran, with a share of about 2.2 percent of world wheat production, is ranked 14th among twenty wheat-producing countries. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), China ranks first in 2019 with 131 million tons of wheat production. India follows it with 99.7 million tons, Russia with 72.1 million tons, the United States with 51.3 million tons, and France with 38.5 million tons. It is noteworthy that among the countries in the region, Pakistan, with a production of 25.1 million tons (1.8 times more than Iran), in the

seventh place in the world, and Turkey with a production of 20 million tons of wheat (1.5 times more than Iran) in the eleventh place in the world are located. Figure 2 shows the complete map of wheat production in Iran. According to statistics, the highest wheat production (rainfed and irrigated) is related to the cities of Shousha, Marvdasht, and Ahvaz, with an approximate share of 2.3% of the total 84% of wheat production. Bilesvar city in Ardabil province is ranked eighth in the country with a share of 1.5 percent of total wheat production. This study aims to determine the amount of biogas production from wheat waste. Due to climatic conditions, the study area can produce biogas from wheat waste (as carbon waste). The amount of wheat waste used in biogas production varies. For biogas production, the combined presence of nitrogen and carbon is necessary to regulate C / N, which is an essential parameter in biogas production. Various studies have been conducted in the field of biogas production. In a study conducted by Jafari et al. (2019), in the conventional biogas production method, the share of wheat waste in the total amount of substrate was considered to be about 45% of the total material. According to the findings, the highest impact is related to the Aquatic ecotoxicity index with 24.63. The lowest level is related to the Ozone layer depletion index with a value of 0.000000264. Table 3 presents the damage caused by consuming one kilogram of wheat straw for biogas production on the final indicators. According to the final indicators, it can be concluded that the lowest impact on the final indicators for the consumption of wheat straw as a substrate for biogas production is related to the Human health index with an approximate value of 0.000000342. The highest impact is related to the index related to Resources with The value is approximately equal to 3.26.

Conclusion

In this study, the effects of fermentation of wheat waste for biogas production were investigated in a comparative format for environmental indicators. In general, it can be claimed that the lowest impact on the final indicators for the consumption of wheat straw as a substrate for biogas production is related to the Human health index with an approximate value of 0.000000342, and the highest effect is related to the Resources index with an approximately equal value. In general, the environmental effects of wheat consumption as a substrate for biogas production are higher than the impact of wheat straw and grain production on some intermediate indicators. Another scenario could be proposed to prevent methane from entering the atmosphere directly. This procedure is also accurate in the final indicators. The release of methane into the air increases the environmental impact because, according to various sources, the impact of methane on global warming is several times greater than the impact of carbon dioxide on global warming. Therefore, there is a need for a consumption scenario after biogas production to prevent methane from entering the atmosphere.

Keywords

Biogas; Life cycle assessment; Wheat; Greenhouse gas