مروری بر ارزیابی جریان انرژی و اثرات زیست محیطی تولید گندم به روش ارزیابی چرخه حیات

مهتا رفیعی[1]، محمدحسین عباسپورفرد[2]، آوا حیدری[3]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد؛ Mahta.rafie@mail.um.ac.ir
[2]استاد و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد؛ Abaspour@um.ac.ir
[3]استادیار و عضو هیئت علمی، منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد؛ Haidari@um.ac.ir

چکیده

ارزیابی چرخه حیات (LCA) روشی پذیرفته شده در ارزیابی اثرات زیست محیطی ناشی از تولید محصولات مختلف بر اساس دو مؤلفه میزان مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها می‌باشد. در این مطالعه بررسی جامعی بر مطالعات انجام شده در زمینه اثرات زیست محیطی تولید گندم به روش LCA صورت گرفته، آثار مخرب فرایندهای مختلف تولید بررسی و برای کاهش آنها راه‌کارهایی پیشنهاد شده‌است. با مقایسه‌ی روش‌های تولید گندم، گزینه‌هایی با انتشارات و آسیب‌های زیست‌محیطی کمتر شناسایی می‌شوند. در نتیجه اطلاعات قابل اطمینان و جامعی در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌گیرد تا بتوانند تصمیماتی صحیح و دوست‌دار محیط زیست اتخاذ کنند. پژوهش‌ها نشانگر آن است که در چرخه حیات تولید گندم، بیشترین اثرات سوء زیست محیطی و مصرف انرژی مربوط به کود شیمیایی و سوخت دیزل می‌باشد و تاثیرگذاری آنها بر شاخص‌های پرغذایی و گرمایش جهانی مشهود است. استفاده از نتایج این تحقیقات در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار منجر به کاهش پیامدهای سوء زیست محیطی و آلاینده‌های ناشی از تولید گندم می‌شود.

کلمات کلیدی: چرخه حیات گندم، گرمایش جهانی، اسیدی شدن، پرغذایی، شاخص زیست محیطی

A review on energy use and Environmental Impact Assessment of Wheat Production by Life Cycle Assessment (LCA) methodology

Mahta Rafie, Mohammad Hossein Abbaspour−Fard, Ava Heidari

Msc student, Dept. of Biosystems Engineering, Ferdowsi university of Mashhad, Mahta.rafie@mail.um.ac.ir
Prof., Dept. of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, abaspour@um.ac.ir
Assistant Prof., Dept. of Natural Resources and Environment, haidari@um.ac.ir

ABSTRACT

Life Cycle Assessment (LCA) is an accepted method for environmental impact assessment of various crops production based on the two components, use of resources and emissions. In this study, a comprehensive review of wheat production studies carried out using the LCA method. Studies have shown chemical fertilizers and diesel fuel has the most environmental impact and energy use in wheat production life cycle which is evident on the indicators of eutrophication and global warming. In these studies, the environmental effects of wheat production processes were investigated and some solutions were suggested to reduce them. By comparing different methods of producing, alternatives with less environmental damage are identified. As result, reliable and comprehensive information is available to policymakers to make informed, Eco-friendly decisions. Using results to achieve the goals of sustainable development will reduce environmental harms and contaminants from wheat production.

Keywords: Bread LCA, Global warming, Acidification, Eutrpphication, Environmental impact

[1] نویسنده مسئول مهتا رفیعی، تلفن۰۹۳۹۵۱۵۷۲۰۷، نشانی مشهد خیابان آزادی دانشگاه فردوسی، گروه مکانیک بیوسیستم

۱- مقدمه

از دیدگاه زیست محیطی، فعالیت‌های کشاورزی زمانی پایدار است که منابع مصرف شده برای آن و آلودگی‌های ایجاد شده توسط آن، بتوانند در دراز مدت توسط طبیعت جبران شود. به گونه‌ای که علاوه بر برآورده شدن نیازهای زمان حال، نسل‌های آینده نیز در راستای تأمین نیازهایشان دچار مشکل نشوند. از این رو برای ارزیابی اولیه اثرات زیست محیطی فعالیت‌های کشاورزی باید به پایداری آن فعالیت در درازمدت توجه شود(OECD, 2001).

ارزیابی چرخه حیات (LCA[2]) روشی پذیرفته شده برای ارزیابی اثرات سوء زیست‌محیطی تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش ارزیابی دو مؤلفه میزان مصرف منابع و انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست بررسی می‌شوند. این روش می‌تواند تأثیرات زیست‌محیطی و آلاینده‌های منتشرشده‌ی مرتبط با یک محصول را تعیین کند(Roy *et al.*, 2009). این روش توسط سازمان استاندارد جهانی در استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ گردآوری شده است و برای انجام تحقیقات برای بررسی اثرات زیست محیطی محصولات مختلف از این دستورالعمل استفاده می‌شود.

سهم کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش از ۱۴ درصد انتشار خالص جهانی برآورد شده که در مقیاس جهانی معنادار می باشد(Cooper et al., 2011). بنابراین ارزیابی اثرات زیست محیطی ناشی از تولید محصولات کشاورزی اهمیت بسیار بالایی دارند. بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی FAO در سال ۲۰۱۵ تولید جهانی گندم تقریبا ۷۳۲ میلیون تن بوده است و گندم به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین غلات در جهان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بنابرگزارش فائو تولید گندم ایران در سال ۲۰۱۶، در سطح ۵/ ۱۳ میلیون تن بوده است و ایران در جایگاه سیزدهمین تولیدکننده بزرگ گندم در جهان قرار دارد. چین با تولید ۱۳۲میلیون تن و هند با ۹۳/۵ میلیون تن و روسیه با ۷۳ میلیون تن بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گندم جهان هستند.

بنابراین مصرف سالانه این ماده غذایی در جهان قابل توجه بوده و برای تولید آن مقدار زیادی از منابع و انرژی مصرف می شود؛ تامین این مقدار از منابع و انرژی منجر به کاهش منابع مختلف (مانند سوخت‌های فسیلی و مواد معدنی)، تولید مقادیر زیادی گازهای گلخانه‌ای و انتشار آلاینده‌ها می شود. بنابراین ارزیابی اثرات زیست محیطی و تحلیل انرژی در تولید گندم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می باشد.

در این مقاله به گردآوری و بررسی مطالعات و مقالاتی که به ارزیابی چرخه حیات تولید گندم در نقاط مختلف دنیا به روش LCA انجام گرفته، پرداخته شده است. هدف از این بررسی برجسته نمودن توانایی‌های این تکنیک در برآورد اثرات سوء تولید گندم و سهم آن در تشدید معضلات جهانی از جمله انتشار آلاینده ها، تخلیه منابع، مصرف انرژی و گرمایش جهانی است.

۲- مواد و روش‌ها

از آنجایی که گندم محصولی استراتژیک در جهان می‌باشد مطالعات زیادی به منظور بررسی چرخه حیات این محصول به روش LCA انجام گرفته است. در مطالعه حاضر سعی بر آن شده که تعدادی از مقالات مرتبط از منابع مختلف جمع آوری شود و روش‌ها، واحدهای کارکردی، اثرات زیست محیطی مختلف و نقاط ضعف و قدرت آن‌ها بررسی شود که جزئیات آن در ادامه ذکر می‌شود.

در تحقیقات مختلف به مقایسه‌ی تاثیرگذاری مزارع کشت آبی و دیم گندم، اندازه‌های مختلف مزارع و نهاده‌های مصرفی برای تولید گندم به منظور تحلیل انرژی و ارزیابی اثرات زیست محیطی انجام گرفته است.

مطالعات انجام شده در زمینه‌ی اثرات زیست محیطی گندم

برنتراپ و همکاران با در نظر گرفتن مقادیر مختلف کود نیتروژن در کشت گندم زمستانه در آلمان به بررسی اثرات زیست محیطی به روش LCA پرداختند. اثرات زیست محیطی مورد مطالعه شامل کاهش منابع، استفاده از زمین، گرمایش جهانی (تغییر اقلیم)، سمیت، اسیدی شدن پرغذایی بودند. نتایج نشان داد که شاخص زیست محیطی EcoX (شاخص زیست محیطی که مجموع آثار زیست محیطی انتشار آلاینده‌ها را نشان می‌دهد.) به ازای مصرف کود نیتروژن به مقدار کمتر از ۱۹۲ در حدود ۰/۲۲ تا ۰/۲۶ به ازای هر تن گندم بود و با افزایش میزان کود نیتروژن از ۲۴۰ kg/ha تا ۲۸۸ مقدار این شاخص به شدت افزایش یافت. در این مطالعه دو شاخص استفاده از زمین در

[2]Life cycle assessment

سطوح پایین استفاده از کود نیتروژن و یوترفیکاسیون آب در سطوح بالای مصرف کود، بیشترین تاثیر سوء زیست محیطی را در رابطه با استفاده از کود در کشت گندم متحمل شدند. در نتیجه مهمترین تغییراتی که در کم کردن این اثرات سوء می تواند صورت گیرد، افزایش بهره‌وری مقدار محصول در هکتار و کمتر شدن مقدار نشت NO_3 به محیط (آب‌های زیرزمینی) است(Brentrup et al., 2004).

سینگ و همکاران جریان انرژی در تولید گندم را در منطقه‌ی پنجاب هند مورد مطالعه قرار داند. از کل انرژی که برابر ۷۹۵۳/۱ MJ/ha بود بیشترین سهم مربوط به عملیات کاشت و داشت شامل کاشت، آماده سازی مزرعه و آبیاری (۸۴/۳ ٪) بود و تنها ۶/۴ ٪ انرژی به عملیات برداشت، ۴/۹ ٪ به حمل و نقل و مابقی به میارزه با علف هرز، بسته‌بندی کاه و عملیات سمپاشی اختصاص یافت. انرژی ورودی برای کشت گندم ۲۲۰۳۲ می‌باشد و در حدود نیمی از آن به استفاده از کودها مربوط می‌شود و پس از آن سوخت دیزل (۲۲/۶ ٪)، بذر (۱۲/۹ ٪) و نیروی انسانی (۴/۵ ٪) قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج شدت انرژی ۱۱/۴ و نسبت انرژی به دلیل استفاده‌ی زیاد از کودهای شمیایی و عملکرد ضعیف محصول مقدار ناچیز ۲/۱ اعلام شد(Singh et al,. 2004).

در مطالعه‌ای ارزیابی چرخه حیات تولید گندم در جنوب غربی استرالیا به ازای واحد کارکردی یک تن گندم به منظور محاسبه گازهای گلخانه‌ای (GHG) انتشار یافته ناشی از این فعالیت، صورت گرفت. برای این کار سه مرحله‌ی فعالیت‌های پیش از زراعت، زراعت و پس از برداشت در نظر گرفته شد. انتشار گازهای گلخانه ای در مرحله پیش از کاشت مربوط به ماشین آلات کشاورزی، کود و تولید آفت کش ها است. در مرحله کاشت شامل سوخت دیزل، اضافه کردن آهک به خاک و کود نیتروژنه که باعث انتشار اکسید نیتروژن (N_2O) می‌شود. مرحله پس از برداشت شامل ذخیره سازی گندم و حمل و نقل به بندر است. با استفاده از داده‌های خاص همان منطقه (از داده‌های IPCC استفاده نشد) انتشار گازهای گلخانه ای ۳۰۴ kg CO_2eq برای استفاده از کود نیتروژن بدست آمد. تولید کود به میزان قابل توجهی (۳۵٪) GHG را افزایش داد، سپس گاز CO_2 انتشار یافته ناشی از فعالیت‌های کاشت (۲۷٪) و حمل و نقل مواد اولیه و گندم (۱۲٪) قرار دارند. بر اساس نتایج در ارزیابی GHG برای سیستم های تولید کشاورزی، استفاده از داده‌های همان منطقه‌ی خاص برای انتشارات N_2O از خاک ، به جای مقادیر پیش فرض بین المللی توصیه شد (Biswas et al., 2008).

محققان در پژوهشی در ایالات متحده آمریکا، به کمک روش LCA به مقایسه‌ی شاخص پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید گندم معمولی و ارگانیک پرداختند. آنها اثرات نهاده‌های کشاورزی، کشت غلات و فرآیندهای حمل و نقل را به‌صورت مقایسه‌ای بررسی نمودند. پتانسیل گرمایش جهانی برای واحد کارکردی یک کیلوگرم نانی که آرد آن از گندم ارگانیک بود، ۳۱gCo_2 کمتر از نانی ست که از گندم معمولی تولید می‌شود (Meisterling et al., 2009). در این پژوهش تنها به تولید میزان گرمایش جهانی توجه شده و به سایر اثرات زیست محیطی توجهی نشده است و این امکان وجود دارد که گندم ارگانیک از این جنبه اثر سوء زیست محیطی کمتری نسبت به گندم معمولی داشته باشد اما در بقیه موارد (برای مثال زمین مورد استفاده) لزوما این طور نباشد.

محققان در مطالعه‌ای بر روی مزارع گندم به روش LCA در منطقه‌ای در مکزیک دریافتند که کودهای شیمیایی منبع اصلی تولید گازهای گلخانه‌ای(۸۳٪) در تولید گندم این منطقه است. سهم خاکورزی متعارف در افزایش گرمایش جهانی تولید این محصول ۱۳٪ و در صورت به کارگیری استراتژی‌های بدون خاکورزی ۱٪ می‌باشد. با توجه به نتایج تولید کود شیمیایی ۴۲٪ از انتشار کودها را شامل می شود و ۳۵٪ کل انتشار گازهای گلخانه ای گندم را شامل می شود. با استفاده از تراکتورهای کارآمدتر که مصرف سوخت دیزل کمتری دارند، میزان انتشارات در خاکورزی به روش معمول ۳۳٪ و در سیستم‌های بدون خاکورزی ۲۴٪ کاهش می‌یابد(Lares-Orozco et al., 2016).

هولکا و همکاران اثرات زیست محیطی گندم زمستانه را به روش LCA در منطقه‌ای در کشور هلند برای دو واحد کارکردی یک تن گندم و یک هکتار زمین با دامنه از گهواره تا دروازه‌ی مزرعه بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تاثیرگذاری در بین فرآیندهای تولید گندم در مزرعه مربوط به شاخص اسیدی‌شدن می‌باشد و پس از آن شاخص‌های پرغذایی و پتانسیل گرمایش جهانی قرار می‌گیرند. بنابراین کودهای معدنی مهمترین منبع تهدیدات زیست‌محیطی شناخته شد. مرحله حمل و نقل بذر از کمترین سهم را در بین همه گروه‌های تاثیر مورد نظر برخوردار بود (Holka et al 2016).

در ادامه به مطالعات انجام شده در زمینه‌ی اثرات زیست محیطی گندم در ایران پرداخته می‌شود

با بررسی منابع و مطالعات صورت گرفته مشخص می شود که مطالعات مرتبط با بررسی اثرات زیست محیطی تولید محصولات کشاورزی و بخصوص غلات و گندم در ایران در دهه های اخیر بطور جدی مد نظر محققین مختلف قرار گرفته است. یکی از تحقیقات قابل توجه در این زمینه پژوهشی است که در استان خراسان شمالی صورت گرفته است. هدف از این تحقیق مقایسه‌ی تحلیل انرژی مزارع کشت آبی و دیم گندم بود و شاخص‌های نسبت انرژی[3] بهره‌وری انرژی[4] و نسبت سود به هزینه[5] و غیره مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کل انرژی مورد نیاز در سیستم‌های کشت دیم برابر MJ/Ha ۹۳۵۴/۲ می‌باشد و اصلی‌ترین مصرف آن مربوط به سوخت دیزل (۴۵/۱ ٪) و پس از آن بذر (۲۳/۶ ٪) است همچنین کل انرژی مصرفی در سیستم‌های کشت آبی برابر MJ/Ha ۴۵۳۶۷/۶ می‌باشد که بیشتر آن مربوط به کودهای شیمیایی (۳۷٪) مورد استفاده و سوخت دیزل(۲۴/۱۴ ٪) بوده است. بهره‌وری انرژی، نسبت سود به هزینه، انرژی خالص مصرفی به ترتیب در کشت آبی گندم، ۱/۴۴، ۱/۹۷ و MJ/Ha ۱۹۹۶۸/۶ همچنین در مزارع دیم ۳/۳۸، ۲/۵۶ و MJ/Ha ۲۲۳۱۷/۷ گزارش شد. در مزارع آبی بیشترین سهم در انرژی ورودی مربوط به کود نیتروژن با سهم ۳۳/۲۷٪ بود و پس از آن به ترتیب سوخت با سهم ۲۴/۱۴٪ ،آب آبیاری ۱۳/۴۹ ٪ ، بذر ۱۱/۰۸ ٪ و انرژی الکتریکی ۹/۵۲٪ قرار گرفتند. بر اساس نتایج این تحقیق کشت دیم گندم تاثیر بهتری در عوامل مرتبط با شاخص‌های انرژی دارد (Ghorbani et al., 2011). در این تحقیق سایر اثرات زیست محیطی بررسی نشده است و به نظر می‌رسد کشت دیم گندم به دلیل عملکرد پایین‌تر نسبت به کشت آبی در شاخص زیست محیطی استفاده از زمین تاثیر منفی داشته باشد.

در تحقیقی دیگر فلاحپور و همکاران به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید غلات (گندم و جو) تحت شرایط دیم و آبی در شمال شرقی ایران در استان‌های خراسان به مطالعه پرداختند. در این مطالعه واحد کارکردی یک تن گندم انتخاب شد. استفاده از کود نیتروژن در مقادیر مختلف برای گروه‌های تاثیر مختلف مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که این عامل بیشترین اثرات سوء را بر سه گروه تاثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن و پرغذایی دارد. همچنین اثرات زیست محیطی مصرف کود نیتروژن در کشت دیم گندم و جو کمتر از کشت گندم آبی می‌باشد. با توجه به عملکرد بذر که در نتیجه‌ی استفاده از مقدارهای مختلف کود نیتروژن می‌باشد، در شرایط کشت آبی گندم با مقدار Kg N/Ha ۱۶۰ تا۱۸۰ و جو با مقدار بیشتر از Kg N/Ha ۲۲۰ ، بالاترین اثرات مخرب را در چرخه حیات این غلات بر محیط زیست نشان دادند(Fallahpour et al., 2012).

مطالعه‌ای در استان اصفهان به منظور تعیین تعادل بین انرژی‌های ورودی و خروجی در واحد سطح و بررسی تاثیر اندازه‌ی مزرعه بر مصرف انرژی و تولید گندم انجام شد. کل انرژی ورودی GJ/ha ۳۱/۵ و خروجی GJ/ha ۴۴/۶ برآورد شد. بیشترین مصرف انرژی مربوط به کود شیمیایی با سهم ۶۴٪ و پس از آن سوخت دیزل ۱۴٪ و بذر ۸٪ بود. کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان Kg CO_2eq/ha ۷۵۶/۱۱ بود که در آن کود شیمیایی و سوخت دیزل بیشترین سهم را داشتند. نتایج اندازه مزرعه نشان داد که مزارع بسیار بزرگ به دلیل مدیریت انرژی بهتر، بهره وری انرژی بهتری دارند.(Ghahderijani et al.,2013)

سفیدپری و همکاران تعادل انرژی ورودی و خروجی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحد سطح تولید گندم در ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب GJ/ha ۳۱/۵ و ۴۴/۶ محاسبه گردید. کود شیمیایی با سهم ۶۴ درصد از کل انرژی بیشترین مصرف کننده انرژی بود. کل انتشار گازهای گلخانه ای ۱۱۱۸/۹۴ kg CO_2eq در هکتار بود که کود شیمیایی و سوخت دیزل بیشترین سهم را در آن داشتند. نتایج تجزیه و تحلیل اندازه مزرعه نشان داد که مزارع بسیار بزرگ به دلیل مدیریت بهتر، نسبت انرژی بهتر و انتشار گازهای گلخانهای کمتری نسبت به سایر اندازه‌های مزرعه دارد (Sefidpari et al., 2013).

سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) با هدف بررسی میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع گندم در گرگان به روش ارزیابی چرخه حیات پرداختند.برای این کار سه سناریو کشت و تولید گندم به صورت کم نهاده، با نهاده‌ی بالا، مدیریت بهتر محصول و تولید معمول در نظر گرفته شد. میانگین کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب GJ/ha ۱۵/۵۸ و ۹۴/۴ بود. میانگین انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سناریوهای موردنظر از kg CO_2eq ۲۹۱ تا ۱۱۳۷ در هر هکتار تخمین زده شد. محققین دریافتند که کود نیتروژن، سوخت ماشین آلات و

[3]energy ratio
[4]energy efficiency
[5]benefit/cost ratio

بذر به ترتیب با سهم ۳۸/۳۰٪ ، ۲۱/۸۰٪ و ۱۷/۵۰٪ بیشترین مقدار انرژی را در مرحله کاشت گندم به خود اختصاص می‌دهند (Soltani et al., 2013).

میرحاجی و همکاران (۱۳۹۲) اثرات زیست محیطی تولید گندم در منطقه مرودشت ایران را در قالب چهار گروه تاثیر گرمایش جهانی ، اسیدیته، پرغذایی خشکی و تخلیه منابع فسیلی برای واحد کارکردی یک تن گندم به روش LCA بررسی نمودند. در این تحقیق کود شیمیایی نیتروژنه‌ی اوره و گازوئیل دو نهادهٔ اصلی ورودی به سامانهٔ تولید گندم شناخته شدند که موجب بیشترین اثرات سوء زیست‌محیطی می‌شوند. شاخص نرمال‌سازی یا سهم اثرات گرمایش جهانی، اسیدیته، پرغذایی خشکی و تخلیهٔ منابع فسیلی برای تولید یک تن گندم در شهرستان مرودشت به‌ترتیب برابر ۰/۰۳۲، ۰/۱۴۱، ۰/۳۰۸ و ۰/۰۱۸ تعیین شد. آنها اظهار داشتند که در میان اثرات مورد مطالعه، پرغذایی خشکی بیشترین گروه مستعد برای آسیب به محیط زیست در تولید گندم بوده است. برای رفع این مشکل راه‌کارهای کم کردن مصرف کود و مواد شیمیایی و استفاده از روش‌های مدیریتی زراعی از قبیل تناوب، اعمال خاک‌ورزی حفاظتی و افزایش مواد آلی خاک پیشنهاد شد.

علیپور و همکاران (۱۳۹۳) در شهرستان ری در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ انرژی مورد استفاده برای تولید گندم را مورد بررسی قرار دادند. در بین نهاده‌های مصرفی بیشترین سهم به ترتیب مربوط به کود شمیایی نیتروژن، سوخت دیزل و ماشین آلات با مقادیر ۳۱/۱٪ ، ۱۹/۹٪، ۱۲/۱٪ بود. در این تحقیق نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص، درصد انرژی غیر مستقیم و درصد انرژی تجدیدناپذیر به ترتیب برابر ۲/۶۳، ۰/۱۱ kg/MJ، ۷۷۶۱۱/۶ MJ/ha ، ۶۲/۱ و ۷۲/۲ بدست آمد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق کارایی مصرف انرژی کشت بومهای گندم آبی در این مزارع کم است. همچنین، میزان اتکا به منابع تجدید ناپذیر انرژی در این منطقه زیاد است و لازم است در جهت جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر تلاش شود.

خرم‌دل و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی اثرات زیست محیطی نظام‌های تولید آبی و دیم گندم کشور به روش LCA پرداختند. آنها سه گروه تاثیر گرمایش جهانی، اسیدی شدن و پرغذایی نظام‌های خشکی و آبی را با در نظر گرفتن واحد کارکردی یک تن دانه گندم مورد مطالعه قرار داند. ایشان اظهار داشتند که مصرف کود نیتروژن تا ۲۲۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای بوم نظام‌های آبی و دیم، موجب بهبود عملکرد دانه گردید، ولی افزودن بیش از این میزان تاثیر زیادی بر عملکرد دانه نداشته، بنابراین تنها اثرات مخرب زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت. بدین ترتیب اگرچه افزایش مصرف کود موجب افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود اما افزایش هزینه و افزایش انتشار CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای را به دنبال دارد.

تحقیقی در شهر ارومیه در استان آذربایجان غربی با هدف بررسی میزان مصرف انرژی تولید گندم با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات انجام گرفت. ورودی و خروجی انرژی به ترتیب برابر ۳۰۶۲۶/۴ MJ/ha و ۵۳۴۸۰/۴ محاسبه شد. بیشترین سهم از کل انرژی ورودی مربوط به سوخت دیزل (۵۰٪) و نیتروژن (۳۰٪) بود. مجموع انرژی مصرفی می تواند به عنوان انرژی مستقیم (۵۳,۸۱٪) و انرژی غیر مستقیم (۳۸,۳۹٪) یا انرژی های تجدیدپذیر (۳۰,۲۳٪) و انرژی غیرتجدیدپذیر (۸۸,۸۱٪) طبقه بندی شوند. در این تحقیق نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص به ترتیب برابر ۱/۷۴، ۸/۴۱ kg/MJ، ۰/۱۱ MJ/kg، ۲۲۸۵۴ MJ/ha بدست آمد (Taghavifar et al., 2015).

فاخردیزجی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی اثرات زیست محیطی تولید گندم در شهرستان‌های پاکدشت و ورامین به روش ارزیابی چرخه حیات پرداختند. در این تحقیق از نرم افـزار سـیماپرو استفاده شد. شش گروه تاثیر اسیدی شدن، پرغذایی، گرمایش جهانی، اکسیداسیون فتوشیمیایی، کاهش لایه اوزون و تخلیه منابع فسیلی مورد بررسی قرار گرفت. سه نهاده ورودی گازوییل، سـوپرفسفات تریپل و کود اوره به ترتیب ۱۰۱۴ مگـاژول، ۲۸/۹۳ و ۱۹/۲۸کیلوگرم برای تولید یک تن گندم بدست آمد. آلاینده‌های منتشر شـده بـه آب، خاک و هوا در فرآیند تولید گندم بصورت مجزا محاسبه شد. میـزان تاثیرات زیست محیطی اسیدی شدن معادل $KgSO_2$ ۴/۰۹ ، پرغذایی معـادل $KgPO_4$ ۱/۹۸ ،گرمـایش جهـانی معادل $KgCO_2$ ۱۶۴، اکسیداسیون فتوشیمیایی معادل KgC_2H_2 ۰۱۵۹/، تخلیـه لایـه اوزون معـادل mgCFC11 ۵۰۵/ و تخلیه منابع فسیلی mgSb ۴۱/۳ بدست آمد. بخش تولید انرژی از گازوییل بیشترین سهم را در گرمایش جهانی داشت، این بدین علت است که مصرف هر لیتر گازوییل گازهای گلخانه‌ای قابل توجهی منتشر میکند.

پژوهشی با هدف ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۲ در مزارع گندم شهرستان‌های استان البرز انجام شد. نتایج نشان داد در بین انرژی ورودی کشت گندم در چهار منطقه مورد مطالعه، کودهای شیمیایی با مقدار MJ/ha ۲۸۱۷۶ و سوخت دیزل MJ/ha

۲۲۱۵۴ بالاترین مصرف انرژی را داشتند (منافی دستجردی و لاری، ۱۳۹۵).

محققان در پژوهشی اثرات زیست محیطی تولید گندم را با استفاده از اطلاعات بدست آمده از ۱۴ استان که ۸۰ درصد تولید گندم ایران را بر عهده داشتند، به روش LCA ارزیابی نمودند. واحد کارکردی برابر محصول گندم بدست آمده از یک هکتار زمین در نظر گرفته شد. سه سیستم تولید گندم با نهاده بالا، نهاده کم و نهاده متوسط در نظر گرفته شد. گروه‌های تاثیر مختلفی از جمله تخلیه منابع، استفاده از زمین، گرمایش جهانی، اسیدی شدن، پرغذایی، سمیت برای انسان، آب و خشکی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد در سیستم‌های کشت با نهاده‌ی بالا اثرات سوء زیست محیطی در همه‌ی گروه‌های تاثیر به جز شاخص استفاده از زمین (به دلیل عملکرد بالاتر در هر هکتار) کاملا مشخص است. همچنین بر اساس نتایج شاخص‌های گرمایش جهانی، کاهش منابع فسیلی، پتانسیل پرغذایی و سمیت برای انسان بیشتر از سایر شاخص‌های زیست محیطی در کشت گندم در ایران مورد تهدید قرار می‌گیرند (Nassiri & Koocheki., 2018).

تاکی و همکاران در تحقیقی (۲۰۱۸) مطالعه ای با هدف ارزیابی و مقایسه میزان مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی کشت گندم آبی و دیم در دشت مهیار واقع در استان اصفهان انجام دادند. جمع آوری داده ها از طریق مشاهده حضوری و تکمیل پرسشنامه از ۱۲۰ مزرعه کشت آبی گندم و ۹۰ مزرعه کشت دیم گندم در سه اندازه مختلف مزرعه (کمتر از ۲ هکتار، ۲-۴ هکتار و بیش از ۴ هکتار) صورت گرفت.در بررسی ها مشخص شد که مزارع بزرگ نسبت به مزارع کوچک انرژی بیشتری در واحد سطح مصرف می کنند. همچنین مصرف انرژی ورودی در کشت آبی گندم در مقایسه با کشت دیم بیشتر است. بازده کل مصرف انرژی در واحد سطح مزرعه در تولید گندم آبی تنها نیمی از سیستم دیم می‌باشد. نتایج نشان داد که تولید گندم دیم به دلیل عملکرد پایین تر در هکتار باعث تولید اثرات سوء زیست محیطی و آلودگی بیشتر نسبت به گندم آبی می شود. میزان تخلیه منابع آبی و اسیدی شدن به ترتیب برابر با kg Sb eq ۰/۰۰۲- ۰/۰۰۳ و kg SO2 eq ۸/۹۹۱ تا ۸۶۳/۱۱ کیلوگرم SO2 برای تولید گندم بود. همچنین کاهش لایه اوزون و اکسیداسیون فتوشیمیایی به ترتیب kg CFC11 eq ۰/۰۰۰۰۲- ۰/۰۰۰۰۴ و kg C2H4 eq ۰/۱۷۴- ۰/۱۴۵ محاسبه شد. نتایج نشان داد که در تولید گندم آبی و دیم بیشترین اثرات سوء زیست محیطی مربوط به کودهای شیمیایی و سوخت دیزل بود. بر این اساس پیشنهاد شده است که از سیستم های کشت متمرکز (مانند گلخانه‌ی خورشیدی) برای کاهش میزان مصرف انرژی ورودی و افزایش سطح تولید محصولات با حداقل آلودگی استفاده شود (Taki et al., 2018).

۳- نتایج و بحث

پژوهش‌های بررسی شده نشانگر آن است که نقاط بیشینه در چرخه حیات تولید گندم مربوط به کودهای شمیایی و سوخت دیزل بوده است و LCA می تواند به شناسایی گزینه‌های پایدارتر کمک کند.

در اکثر تحقیقات صورت گرفته در زمینه ارزیابی چرخه حیات نان، واحد کارکردی برابر با یک تن محصول گندم و در برخی تحقیقات یک هکتار زمین مورد استفاده در نظر گرفته شد.

با مطالعه پژوهش‌هایی که با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات بر روی فرایند تولید گندم از جنبه‌های متنوع انجام پذیرفته است، می‌توان به اهمیت این حیطه از موضوعات تحقیقاتی پی برد. در این مطالعات پس از تحلیل نتایج بدست آمده ، مقایسه بین گزینه‌های موجود انجام گرفته و برای کاهش اثرات زیست محیطی راه‌کارهایی پیشنهاد شده‌است. این پژوهش‌ها به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا گزینه‌هایی را انتخاب نمایند که تأثیرات زیست‌محیطی کمتری دارند و اطلاعات قابل اطمینان و جامعی را در اختیارشان قرار می‌دهد و برای کاهش میزان انتشارات نیز راه‌کارهایی ارائه می‌دهد که منجر به توسعه پایدار خواهد شد. نتایج این تحقیقات موجب کاهش پیامدهای سوء زیست محیطی بهبود امنیت غذایی و افزایش سلامت اکوسیستم و انسان می‌شود.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه طبق آمارهای جهانی ایران کشوری است که متاسفانه سهم قابل توجهی در تشدید معضل گرمایش جهانی دارد، در گزارش سازمان FAO ، ایران جزء ۱۵ کشوری که بیشترین تولید گازهای گلخانه‌ای را در فرآیند تولید مواد غذایی دارند، قرار گرفت. شکی نیست که با ادامه این روند فشارهای سیاسی و بین المللی و افکار عمومی جهانی بر ایران به صورت جدی بروز خواهد کرد. درنتیجه محققین باید بدنبال راهکارهای موثرتر برای کاهش بار گرمایش جهانی و آلودگی‌های زیست محیطی شوند. از آنجایی که ایران یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان گندم در جهان است، بنابراین با بهبود فرایندهای تولید در این بخش می توان میزان مصرف سوخت، کودهای شیمیایی و آلاینده‌ها را کاهش داد و از این طریق به کاهش سهم ایران در گرمایش جهانی و شاخص‌های زیست محیطی دیگر کمک نمود. تاکنون تحقیقات مربوط به کشت گندم در ایران در شهرهای مختلف انجام گرفته است اما در اکثر آنها تنها برخی از شاخص‌های زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته‌اند بنابراین به تحقیقات کامل‌تر و جامع و قابل اطمینان در همه‌ی شهرهای ایران که کشت گندم در آنها صورت می‌گیرد و در نهایت جمع‌بندی همه این تحقیقات برای بررسی کلی شرایط زیست محیطی این محصول در کل کشور نیاز است. استفاده از نتایج این تحقیقات در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار منجر به کاهش پیامدهای سوء زیست محیطی و آلاینده‌های ناشی از مراحل تولید گندم می‌شود.

۵- مراجع

Alipour, A., Keshavarz Afshar, R., Ghalegolab Behbahani, A., Kariminejad, M., & Mohammadi, V. (2013). *Evaluation of Energy Flow in Irrigated Wheat Agro Ecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City.* Agricultural science and sustainable production, 23(3), 59-69. (Persian)

Biswas, W. K., Barton, L., & Carter, D. (2008). Global warming potential of wheat production in Western Australia: a life cycle assessment. *Water and Environment Journal*, *22*(3), 206-216.

Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P., & Kuhlmann, H. (2004). *Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems.* European Journal of Agronomy, 20(3), 265-279.

Cooper, J. M., Butler, G., & Leifert, C. (2011). *Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with and without bio-energy options*. Njas-Wageningen Journal of Life Sciences, 58(3-4), 185-192.

Fakherdizji, M., Hasanbeygi bigdeli, R., & Kianmer M. (2016). *Evaluating the environmental impacts of wheat production in Pakdasht and Varamin by life cycle assessment methodology*. The 10th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (BioSystem) and Mechanization of Iran, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad.

Fallahpour, F., Aminghafouri, A., Behbahani, A. G., & Bannayan, M. (2012). *The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology*. Environment, development and sustainability, 14(6), 979-992.

Ghahderijani, M., Komleh, S. H. P., Keyhani, A., & Sefeedpari, P. (2013). *Energy analysis and life cycle assessment of wheat production in Iran*. African Journal of Agricultural Research, 8(18), 1929-1939.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., ... & Aghel, H. (2011*). A case study of energy use and economic analysis of irrigated and dryland wheat production systems.* Applied Energy, 88(1), 283-288.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشینهای کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

Holka, M., Jankowiak, J., Bieńkowski, J. F., & Dąbrowicz, R. (2016). Life cycle assessment (LCA) of winter wheat in an intensive crop production system in Wielkopolska region (Poland). *Applied Ecology and Environmental Research*, *14*(3), 535-545.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., & Amin Ghafori, A. (2014). *Evaluation of environmental impacts for wheat Agroecosystems of Iran by using Life Cycle Assessment methodology*. Cereal Research, 4(1), 27-44. (Persian)

Lares-Orozco, M. F., Robles-Morúa, A., Yepez, E. A., & Handler, R. M. (2016). Global warming potential of intensive wheat production in the Yaqui Valley, Mexico: a resource for the design of localized mitigation strategies. *Journal of cleaner production*, *127*, 522-532.

Manafi Dastjerdi, M., Lari, A. (2017). *Evaluating and comparing energy indices in wheat fields of the cities of Alborz province*. Journal of Biosystem engineering of Iran, 47(4), 771-779. (Persian)

Meisterling, K., Samaras, C. & Schweizer, V. (2009). *Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat*. Journal of Cleaner Production, 17, 222-230.

Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abbaspour-Fard, M. & Mahdavi Shahri, S. M. (2012). *Environmental impact study of sugar beet (Beta vulgaris L.) production using life cycle assessment (Case study: South Khorasan region).* Journal of Agroecology, 4 (2), 112-120. (Persian)

Nassiri, M. M., & Koocheki, A. (2018). *Life Cycle Assessment (LCA) for Wheat (Triticum aestivum L.) Production Systems of Iran: 1-Comparison of Inputs Level*. Journal of Agroecology, 9(4), 972-992. (Persian)

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., & Shiina, T. (2009). *A review of life cycle assessment (LCA) on some food products*. Journal of food engineering, 90(1), 1-10.

Sefeedpari, P., Ghahderijani, M., & Pishgar-Komleh, S. H. (2013). Assessment the effect of wheat farm sizes on energy consumption and CO2 emission. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, *5*(2), 023131.

Singh, G., Singh, S., & Singh, J. (2004). Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion and Management*, *45*(3), 453-465.

Soltani, A., Rajabi, M. H., Zeinali, E., & Soltani, E. (2013). Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy*, *50*, 54-61.

Taghavifar, H., & Mardani, A. (2015). Energy consumption analysis of wheat production in West Azarbayjan utilizing life cycle assessment (LCA). *Renewable Energy*, *74*, 208-213.

Taki, M., Soheili-Fard, F., Rohani, A., Chen, G., & Yildizhan, H. (2018). *Life cycle assessment to compare the environmental impacts of different wheat production systems*. Journal of Cleaner Production.

OECD. (2001). Environmental Indicators for Agriculture–Methods and Results, Paris, France (Vol. Volume 3, pp. 409): OECD.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران