

ارزیابی شاخص‌های انرژی، اقتصادی و زیست محیطی در تولید گندم دیم و آبی (مطالعه موردی: استان لرستان)

هما فتح الهی^۱، شاهین رفیعی^{۲*}، سید هاشم موسوی اول^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و

منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. استاد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه تهران، کرج

۳. دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع

طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۳/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۶/۸)

چکیده

بخش کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های تأثیرگذار بر محیط زیست است. بررسی و مدیریت اثرات زیست محیطی با روش ارزیابی چرخه‌ی زندگی (*LCA*) می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل دستیابی به تولید پایدار محصولات کشاورزی مدنظر قرار گیرد. هدف از این مطالعه ارزیابی چرخه‌ی زندگی انرژی، اقتصادی و زیست محیطی تولید گندم در استان لرستان در سال زراعی ۹۳-۹۴ می‌باشد. بدین منظور تولید گندم در قالب چرخه‌ی زندگی از مراحل استخراج مواد اولیه تا تحویل محصول به سیلو، مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان انرژی نهاده با ۱۲/۶۴ گیگاژول در هکتار به نیتروژن مصرفی از کودهای شیمیایی تعلق دارد و نیز سهم انرژی تجدیدناپذیر نسبت به انرژی تجدیدپذیر به میزان قابل توجهی بیش‌تر است. شاخص‌های انرژی و اقتصادی محصول محاسبه گردید. سود خالص اقتصادی ۵۹/۱۶ میلیون ریال بر هکتار و نسبت سود به هزینه ۲/۵۸ در یک سال زراعی برآورد شد و این وضعیت مطلوبی از لحاظ اقتصادی برای منطقه می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی تأثیرات زیست محیطی محصول موردمطالعه نشان داد که بیش‌ترین بارهای محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی به خصوص نیتروژن و فسفات، کود دامی و الکتریسیته بوده است. مزارع دیم نسبت به مزارع آبی در سطح پایین‌تری از نظر مصرف انرژی قرار دارد اما نتایج نشان داد که اثرات زیست محیطی بیشتری به ازای هر تن محصول تولیدی ایجاد می‌کنند که عمده‌ی انتشارات در اثر تولید و مصرف کود می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اثرات زیست محیطی، ارزیابی چرخه‌ی زندگی، شاخص‌های انرژی و اقتصادی، سود خالص اقتصادی

مقدمه

گندم از مهم‌ترین منابع غذایی جهان است که در کشورهای درحال توسعه ۷۰ تا ۹۰ درصد کالری و ۶۶ تا ۹۰ درصد کل پروتئین مصرفی در رژیم غذایی را تأمین می‌کند (Safa et al., 2011). طبق آمارهای ارائه شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ این محصول رتبه نخست را در بین تولیدات زراعی کشور به خود اختصاص داده و با تولید ۸۶۵۲۰۰۰ تن گندم در سال ۲۰۱۴ رتبه دهم را در بین کشورهای تولیدکننده این محصول در جهان دارد (FAO, 2014). تولید گندم همان‌طور که در مقیاس وسیعی از ایران افزایش یافته به‌عنوان یک عنصر حیاتی از مصرف انرژی و هزینه در طول فصل رشد کشاورزی است (Pahlavan et al., 2012). استان لرستان با ۲۴۷۶۹۷ هکتار

اراضی زیر کشت گندم آبی و دیم و با تولید سالانه ۳۷۲۶۶۴

تن، نقش مهمی را در تأمین نیاز خانوارهای ایرانی ایفا می‌کند (Anonymous, 2015).

در سال‌های اخیر، امنیت غذایی به یک مسئله حیاتی در سرتاسر جهان تبدیل شده است. بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور، در سال‌های اخیر پیشرفت فراوانی داشته است. سهم این بخش در تولید ناخالص ملی برابر ۲۷ درصد، در اشتغال ۲۳ درصد، در صادرات غیرنفتی ۲۴ درصد و دارای سهم ۸۵ درصدی در تأمین نیاز غذایی کشور است (Asakereh et al., 2010).

انرژی به‌عنوان یک ورودی مهم به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، برای تولید در کشاورزی استفاده می‌شود (Mousavi Avval et al., 2011). افزایش مصرف نهاده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی، منجر به مشکلات متعدد زیست محیطی مانند مصرف بیش از حد منابع تجدیدناپذیر انرژی، از

* نویسنده مسئول: shahinrafiee@ut.ac.ir

گرمایش جهانی و اختناق دریاچه‌ای دو گروه اثر بسیار مهم هستند که تا حد زیادی تحت تأثیر کود نیتروژن ورودی می‌باشند (Tidåker et al., 2016) همچنین بررسی اثرات زیست محیطی گندم و جو در (Fallahpour et al., 2012) حاکی از این موضوع است که تولید این دو محصول مسائل زیست‌محیطی زیادی را در اثر مصرف کود اوره ایجاد می‌کند.

Khoshnevisan et al (2013) مطالعه‌ای را به منظور تعیین انرژی ورودی و انتشارات گازهای گلخانه‌ای انجام دادند و کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب برابر با ۸۰/۱ و ۳۸ گیگاژول بر هکتار گزارش کردند.

با توجه به ضرورت و اهمیت در تولید محصول گندم، این مطالعه با هدف ارزیابی انرژی مصرفی، بهره‌وری اقتصادی و شناسایی مؤلفه‌هایی در راستای کاهش مصرف انرژی و پیامدهای زیست محیطی ناشی از مصرف نهاده‌های تولید گندم دیم و آبی در مزارع استان با روش ارزیابی چرخه‌ی زندگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و جمع‌آوری داده‌ها

شهرستان الشتر در مختصات جغرافیایی ۴۸° ۲۰' تا ۴۸° ۱۵' طول شرقی و ۳۳° ۵۰' تا ۳۳° ۵۵' عرض شمالی با ۱۶۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا استقرار یافته است. این شهرستان در شمال استان لرستان واقع شده است. اقلیم منطقه مدیترانه‌ای است. میانگین دمای سالیانه ۱۲/۷ درجه سلسیوس و متوسط بارش سالیانه ۴۴۰/۳ میلی‌متر است (Yaghoubzadeh, 2014).

تقریباً ۶۰ درصد کل سطح زیرکشت گندم در منطقه را مزارع آبی تشکیل می‌دهد. جامعه‌ی آماری شامل کشاورزان گندم‌کار شهرستان الشتر است و برای تعیین حجم نمونه از رابطه آماری پیشنهادشده توسط کوکران استفاده شد. این روش در تحقیقات مشابه قبلی (Asakereh et al., 2010) نیز استفاده شده و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$n = \frac{Nt^2 S^2}{Nd^2 + t^2 S^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری مورد مطالعه، t ضریب اطمینان، S² واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب و n حجم نمونه است. حجم نمونه از طریق فرمول کوکران ۶۴ برآورد گردید و برای دقت بیشتر ۸۰ پرسشنامه در نظر گرفته شد. بنابراین تعداد ۵۰ کشاورز آبی‌کار و ۳۰ کشاورز دیم‌کار به عنوان نمونه تصادفی انتخاب شدند.

بین رفتن تنوع زیستی و آلودگی زیست‌گاه‌های آبی شده است (Khoshnevisan et al., 2013). پیش‌بینی دقیق عملکرد، هزینه و منابع مصرفی از جمله سوخت، برق و کود به صورت قابل توجهی بر مدیریت محصول در سیستم‌های کشاورزی مدرن مؤثر است (Taghavifar & Mardani, 2015).

ارزیابی چرخه‌ی زندگی روشی است که در آن کلیه اثرات زیست محیطی مرتبط با یک محصول در کل چرخه زندگی آن ارزیابی می‌شود (Taghavifar & Mardani, 2015). ارزیابی چرخه‌ی زندگی به عنوان یک روش استاندارد، سیستماتیک و بین‌المللی است که در آن تمام مراحل چرخه‌ی زندگی یک سیستم به منظور شناسایی و تعیین اثرات بالقوه‌ی زیست محیطی در یک رویکرد جامع مورد بررسی قرار می‌گیرند (Mousavi Avval et al., 2017).

گندم از مهم ترین محصولات زراعی بوده و مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی انرژی و چرخه‌ی زندگی تولید آن در نقاط مختلف ایران و سایر کشورها انجام شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که بخش کشاورزی در ایران از جمله تولید گندم بسیار وابسته به انرژی تجدیدناپذیر است و این سهم بالا،

اهمیت قابل توجهی از محیط زیست را بارز می‌کند (BeheshtiTabar et al., 2010; Khoshnevisan et al., 2013; Shahan et al., 2008; Singh et al., 2007; Achten et al., 2016). مطالعات زیادی در ارتباط با ارزیابی انرژی و اقتصادی

تولید گندم به طور خاص، در ایران، وجود دارد: (Alipoor et al., 2013; Asakereh et al., 2010; Asgharipour et al., 2015; Moghimi et al., 2013; Shahan et al., 2008; Taghavifar & Mardani., 2015) و مطالعاتی در زمینه ارزیابی اثرات زیست

محیطی آن انجام شده است: (Fallahpour et al., 2012; Khorramdel et al., 2014; Khoshnevisan et al., 2013)

در این مطالعات تنها شاخص‌های گرمایش جهانی، اختناق دریاچه‌ای و پتانسیل اسیدی شدن مورد بررسی قرار گرفته است و لازم است تا شاخص‌های دیگر نیز مورد ارزیابی قرار گیرد و موضوع دیگری که در تحقیق بدان می‌پردازیم میزان شاخص‌های زیست محیطی در مزارع گندم دیم و آبی به تفکیک بررسی می‌شود. جریان انرژی در مزارع گندم آبی و دیم در شهرکرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد از نظر شاخص‌های جریان انرژی، بهترین سامانه کشت در این منطقه مربوط به کشت آبی با روش بدون خاکورزی است (Kazemi et al., 2016). یک مطالعه سه ساله در استان قزوین برای بررسی الگوی مصرف انرژی انجام شد و نتایج نشان داد که یک روند افزایشی در نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ وجود دارد (Naderloo et al., 2013).

انرژی نهاده‌ها و شاخص‌های انرژی

مقادیر نهاده‌ها و ستانده به ازای هر هکتار محاسبه شدند و سپس لازم بود تا انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها یا ستانده‌ها با استفاده از ضرایب انرژی ویژه آن‌ها محاسبه شود. برای انرژی ماشین‌ها و انرژی مستقیم چاه مصرفی نیز از فرمول‌های زیر استفاده گردید (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012):

$$ME = \frac{G * E}{T * Ca} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن ME انرژی ماشین در واحد سطح (MJ/ha)، G جرم ماشین (kg)، E انرژی ماشین (MJ/kg)، T عمر مفید ماشین (h) و Ca ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (ha/h) است.

$$DE = \frac{\rho g H Q}{\eta_1 \eta_2} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در این رابطه DE انرژی مصرفی مستقیم (J/ha)، ρ چگالی آب (1000 kg/m^3)، g شتاب جاذبه (9.8 m/s^2)، H کل ارتفاع دینامیکی بعلاوه افت اصطکاکی فشار (m)، Q دبی کل آب مصرفی در فصل زراعی (m^3/h)، η_1 بازده پمپ، η_2 بازدهی کل تبدیل انرژی و توان است.

مقادیر مرتبط با هم‌ارزهای اشکال مختلف انرژی در جدول (۱) نشان داده شده است. در این مطالعه اشکال مختلف انرژی ورودی مانند مستقیم و غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر محاسبه گردید (Ozkan *et al.*, 2004).

جدول ۱. ضرایب انرژی تولید گندم

منبع	هم‌ارز انرژی MJ/Unit	واحد	نهاده یا ستانده
نهاده			
BeheshtiTabar <i>et al.</i> , 2010	۱۴/۷	kg	بذر گندم
Asgharipour <i>et al.</i> , 2012	۱/۹۶	h	نیروی انسانی
Asgharipouret <i>et al.</i> , 2012	۱/۰۲	m^3	آب آبیاری
Kitani., 1999	۷۸/۱	kg	نیترژن
Kitani., 1999	۱۷/۴	kg	سوپر فسفات
Kitani., 1999	۱۳/۷	kg	پتاسیم
Asgharipouret <i>et al.</i> , 2012	۱/۱۲	kg	گوگرد
Asgharipouret <i>et al.</i> , 2012	۰/۳	kg	کود دامی
Asgharipouret <i>et al.</i> , 2012	۵۶/۳۱	L	سوخت دیزل
Kitani., 1999	۳۸/۷	L	روغن
Canakci <i>et al.</i> , 2005	۹۳/۶	kg	تراکتور
Canakci <i>et al.</i> , 2005	۸۷/۶۳	kg	کمباین
Canakci <i>et al.</i> , 2005	۶۲/۷	kg	سایر ماشین‌ها
Kitani., 1999	۳/۰۵	t km	حمل و نقل
Canakci <i>et al.</i> , 2005	۱۲۰	kg	سموم
ستانده			
Ziaei <i>et al.</i> , 2015	۱۴/۴۸	kg	گندم
Mobtaker <i>et al.</i> , 2010	۹/۲۵	kg	کاه و کلش

(رابطه ۶) $(\text{kg/ha}) / (\text{MJ/ha})$ عملکرد = انرژی ورودی = انرژی ویژه

(رابطه ۷) انرژی ورودی - انرژی خروجی = انرژی خالص انرژی

شاخص‌های اقتصادی

برای از بین بردن ارزش زمانی پول، کل هزینه‌ها و درآمدها بر اساس قیمت سال آخر منظور گردید (Oscoonejad, 2009). روابط زیر برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت (Canakci *et al.*, 2005).

شاخص‌های انرژی که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی را مهیا می‌سازند شامل نسبت انرژی (بازده انرژی)، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص است (Shahan *et al.*, 2008).

روابط محاسبه شاخص‌ها به شرح زیر است:

(رابطه ۴) $(\text{MJ/ha}) / (\text{kg/ha})$ عملکرد = بهره‌وری انرژی

(رابطه ۵) $(\text{MJ/ha}) / (\text{MJ/ha})$ انرژی ورودی = نسبت انرژی

(رابطه ۸)

$$\text{درآمد کل (هزار ریال در هکتار)} \\ \text{هزینه کل (هزار ریال در هکتار)} = \text{عملکرد اقتصادی}$$

(رابطه ۹) (هزار ریال در هکتار) هزینه کل / (kg/ha) عملکرد = بهره‌وری اقتصادی

(رابطه ۱۰) کل هزینه متغیر - ارزش کل تولید = درآمد ناخالص

(رابطه ۱۱) هزینه کل تولید - درآمد کل تولید = درآمد خالص

هزینه‌های متغیر تولید شامل هزینه‌های جاری مانند کود، سموم، سوخت، برق و هزینه‌هایی است که با مقدار محصول تولید شده ارتباط دارند و هزینه‌های ثابت تولید نیز شامل بهای زمین، آب و دارایی‌هاست (Asgharipour & Salehi, 2015).

شاخص‌های زیست محیطی

روش ارزیابی چرخه‌ی زندگی توسط استاندارد ISO14040 توصیف شده است و عموماً شامل ۴ مرحله‌ی اساسی تعریف هدف و دامنه، تحلیل سیاهه، ارزیابی تأثیرات و تحلیل نتایج می‌باشد. در مرحله اول، چهارچوب کلی کار، که شامل واحدهای کارکردی مرزهای سامانه، تخصیص منابع و انتخاب بخش‌های اثر است، مشخص می‌شود. هدف از مطالعه، بررسی اثرات محیطی گروه‌های تأثیر در بخش زراعی تولید گندم به منظور شناسایی مراحل و منابع مهم در فرآیند تولید می‌باشد. واحد عملکردی در تمامی محاسبات چرخه‌ی زندگی محصول بر اساس یک تن صورت گرفته است.

بیشتر پژوهشگران تخصیص بر مبنای ارزش اقتصادی محصولات را توصیه می‌کنند (Belboom & Leonard, 2016). در این مطالعه نیز براساس قیمت گندم و کاه و کلش و عملکرد تولیدی آن‌ها، تخصیص اقتصادی صورت گرفته و ۸۰ درصد از کل خروجی به گندم و ۲۰ درصد به کاه و کلش اختصاص داده شد.

مرزهای سیستم محدوده‌ی فرآیندهای تولید محصول را شامل می‌شوند. مرز سامانه از ابتدای تولید نهاده‌ها (ماده خام) تا مرحله تولید گندم (درب مزرعه) و شامل تمامی ورودی‌ها (کود، ماشین‌ها و ...) و خروجی‌ها (گندم و کاه و کلش) در مزرعه می‌باشد. مراحل چرخه‌ی زندگی گندم، خاکورزی، کوددهی، سم‌پاشی، کاشت، برداشت و حمل‌ونقل محصول برداشت شده به بازار را شامل می‌شود. مرحله بعد، منابع استفاده‌شده و انتشار آلاینده‌ها در کل دوره محاسبه می‌شود. کلیه‌ی انتشارات درون مزرعه شامل انتشارات به هوا (آمونوم، دی نیتروژن مونوکسید، کربن دی‌اکسید و نیتروس اکسایدز)، به آب (فسفر و نیترات)

براساس روابط موجود در (IPCC 2006) محاسبه می‌شود و انتشارات به خاک نیز شامل سموم شیمیایی می‌باشد.

به منظور انجام محاسبات ارزیابی چرخه زندگی از نرم‌افزار

سیمپرو و روش CML-IA baseline V3.01/world 2000 صورت گرفت. به‌منظور تفسیر نتایج، انتشار آلاینده‌های مهم در بخش‌های تأثیرگذار ارائه می‌شود و شامل سه مرحله طبقه‌بندی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی است (Khoshnevisan, 2013). در نهایت تمام نتایج به‌منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در روش CML-IA baseline اثرات مورد بررسی شامل: تقلیل منابع، گرمایش جهانی، پتانسیل اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، تقلیل سوخت‌های فسیلی، تقلیل لایه ازن، مسمومیت انسان، مسمومیت خاک، اکسیداسیون فوتوشیمیایی، مسمومیت آب‌های سطحی و مسمومیت آب‌های آزاد می‌باشند. هر کدام از نهاده‌هایی که در تولید گندم مورد استفاده قرار می‌گیرد چه در داخل مزرعه، چه در مراحل تهیه و خارج از مزرعه، در تمام این اثرات نقش دارند.

نتایج و بحث

تحلیل انرژی

پس از انجام محاسبات، مقادیر انرژی هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید گندم دیم و آبی، به همراه درصد هریک از آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

درصد انرژی‌های ورودی نیز در شکل (۱) نشان می‌دهد که نهاده کودهای شیمیایی بیش‌ترین سهم مصرف انرژی دارد و بعد از آن به ترتیب حمل‌ونقل، سوخت دیزل، بذر و آب آبیاری قرار دارند. سموم، نیروی کارگری و روغن مصرفی کمترین سهم را در مصرف انرژی داشته‌اند.

کودهای شیمیایی به‌خصوص نیتروژن با (۳۴/۴۲ درصد) در مقدار انرژی ورودی تولید گندم نقش مهمی دارند و نتایج حاصل از این مطالعه مشابه با مطالعاتی است که در آن‌ها نیز کودهای شیمیایی بیش‌ترین سهم از کل انرژی ورودی را داشتند (Shahan et al., 2008; Pishgar-Komleh, 2012). مقدار میانگین مصرف کود نیتروژن در منطقه موردنظر ۲۶۸ کیلوگرم بر هکتار است در حالی که در تحقیق Liu et al., 2016 مقدار نیتروژن توصیه شده برای به حداکثر رساندن عملکرد دانه و میزان پروتئین گندم زمستانه در چین ۲۰۸ تا ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد و نیز تحقیقات در استان اردبیل نشان داد که با افزایش مصرف کود N، عملکرد افزایش یافته اما در صورت استفاده بیش از ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد سیر نزولی دارد (Fallahpour et al., 2012). سوخت دیزل و حمل‌ونقل نیز

بیشتری به کار رفته است (Alipoor et al., 2013; Shahan et al., 2008) از دلایل محتوای انرژی مصرف‌شده بیشتر در تولید گندم آبی نسبت به دیم، محتوای انرژی بیشتر الکتریسیته و آب مصرفی از چاه، بذر و کود ازته باشد.

مقدار کل انرژی ورودی و خروجی در مزارع گندم استان اردبیل به ترتیب ۴۷/۰۷ و ۹۲/۷۸ گیگاژول بر هکتار (Shahan et al., 2008) و در شهرستان ری در سال زراعی ۹۰-۸۹، ۴۷/۳۸ و ۱۲۴/۹۹ گیگاژول بر هکتار گزارش شد (Alipoor et al., 2013).

جدول ۳ شاخص‌ها و اشکال مختلف انرژی گندم تولیدی را به تفکیک در مزارع گندم آبی و دیم نشان می‌دهد. نسبت انرژی خروجی به ورودی یا کارایی انرژی برای گندم آبی ۳/۰۸ و گندم دیم ۲/۱۱ بوده است. یعنی به ازای مصرف هر واحد انرژی به ترتیب ۳/۰۸ و ۲/۱۱ واحد انرژی در زراعت آبی و دیم تولید می‌شود. مقدار نسبت انرژی در مزارع نیمه بیابانی و شرایط آب و هوای کوهستانی ایران ۱/۴۴ (Ziaei et al., 2015)، ۳/۹ در شهرستان کوهدشت (Asakereh et al., 2010)، استان اصفهان ۰/۴۵ (Khoshnevisan, 2013) و ۲/۸ (Canakci et al., 2005) در دیگر مناطق جهان گزارش شد، این مشاهدات نشان می‌دهد که محصولات مختلف نسبت‌های مختلف بسته به میزان عملکرد به ازای هر کیلوگرم و سطح زیر کشت دارند.

جدول ۳ مقادیر شاخص‌های انرژی گندم

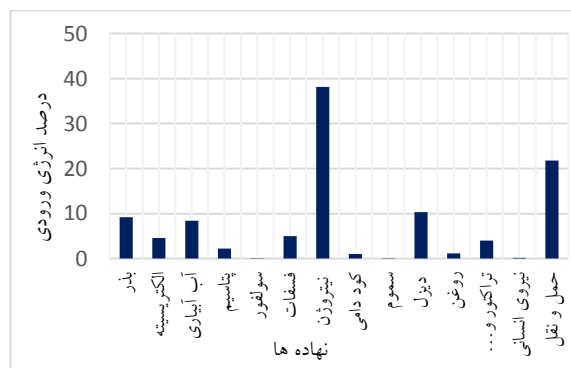
شاخص انرژی	واحد	گندم دیم	گندم آبی
انرژی ورودی	GJ.ha ⁻¹	۳۳/۷۵	۴۰/۱۸
انرژی خروجی	GJ.ha ⁻¹	۱۰۲/۵۴	۱۰۵/۰۵
نسبت انرژی	-	۲/۶۶	۳/۰۸
بهره‌وری انرژی	kg/GJ	۰/۱۶	۰/۱۳
انرژی ویژه	GJ/kg	۶/۷۲	۷/۹۳
افزوده خالص انرژی	GJ/ha	۶۸/۷۹	۶۴/۸۶
انرژی مستقیم	GJ/ha	۱۴/۵۰	۱۸/۸۱
انرژی غیرمستقیم	GJ/ha	۱۸/۲۳	۱۹/۶۳
انرژی تجدید پذیر	GJ/ha	۵/۶۵	۹/۹۴
انرژی تجدید ناپذیر	GJ/ha	۲۷/۰۷	۲۸/۵۰

میزان بهره‌وری انرژی محصول در مزارع دیم و آبی به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۳ گیگاژول در هکتار محاسبه شد و مقادیر آن در مقایسه با محصولات مختلف بیشتر است به‌عنوان مثال میزان آن ۰/۰۶۶ برای جو و ۰/۰۵۶ گندم (Ziaei et al., 2015)، سویا ۰/۱۵ (Mandal et al., 2002) و ۰/۰۹۶ در استان اردبیل (Shahan et al., 2008) گزارش شده است. بهره‌وری انرژی یک پارامتری است که تقریباً برای مقایسه دو منطقه مختلف تولید

مصرف بالایی از انرژی را به خود اختصاص داده‌اند و این مصرف عمدتاً برای آماده‌سازی زمین، کاشت و حمل‌ونقل خصوصاً انتقال به سیلو مصرف می‌شود (Taghavifar & Mardani, 2015) (Shahan et al., 2008). در حالی که نیروی انسانی سهم کمی از انرژی ورودی را تشکیل می‌دهد اما یک ورودی گران است.

جدول ۲. انرژی ورودی نهاده و ستانده و درصد آن‌ها

نهاده/ستانده	انرژی (GJ.ha ⁻¹)	درصد
نهاده		
۱. نیروی انسانی	۰/۰۴۷	۰/۱۳
۲. سموم شیمیایی	۰/۰۱۴	۰/۰۴
۳. کود شیمیایی	۱۵/۰۴۷	۴۰/۹۶
نیتروژن	۱۲/۶۴۴	۳۴/۴۲
فسفر	۱/۶۵۵	۴/۵
پتاسیم	۰/۷۲۸	۱/۹۸
سولفور	۰/۰۲	۰/۰۶
۴. کود دامی	۰/۹۶	۲/۶۱
۵. سوخت دیزل	۳/۷۹	۱۰/۳۳
۶. روغن	۰/۳۸۸	۱/۰۵۷
۷. آب آبیاری	۲/۷۸۸	۷/۵۹
۸. الکتریسیته	۱/۵۰۷	۴/۱۱
۹. بذر گندم	۳/۰۴	۸/۲۷۶
۱۰. ماشین‌ها	۱/۳۲۴	۳/۶۰۷
۱۱. حمل‌ونقل	۷/۸۲۳	۲۱/۲۹
کل انرژی ورودی	۳۶/۳۷۳	۱۰۰
ستانده		
۱. گندم	۷۶/۵۶	۷۳/۱۹
۲. کاه و کلش	۲۸/۰۴	۲۶/۸
کل انرژی خروجی	۱۰۴/۶	۱۰۰



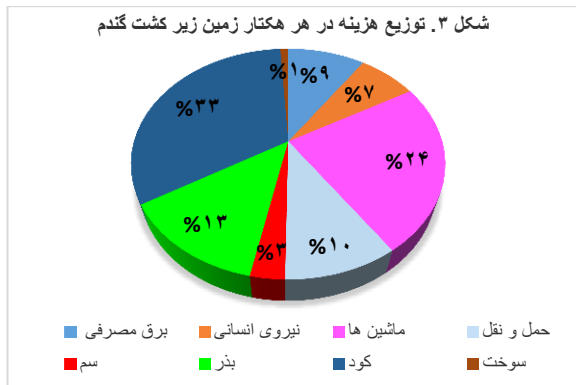
شکل ۱. سهم انرژی نهاده‌ها

میزان محتوای انرژی نهاده‌های مصرف‌شده و تولیدشده در طی فرآیند تولید به ترتیب برای گندم آبی ۴۰/۲۸ و ۱۰۵/۰۵ و برای گندم دیم ۳۳/۳۷ و ۷۳/۷۵ گیگاژول در هکتار محاسبه شدند و نسبت به تحقیقات مشابه مقدار انرژی ورودی

کاهش می‌دهند. پس از کودهای شیمیایی، حمل‌ونقل نیز نقش مؤثری در مصرف انرژی ورودی دارد. با این حال، ذکر این نکته ضروری است که لحاظ کردن مرحله‌ی بعد از برداشت و انتقال به بازار بر انرژی حمل‌ونقل می‌تواند مؤثر باشد. بیش‌ترین استفاده سوخت دیزل نیز مربوط به عملیات خاک‌ورزی می‌باشد.

تحلیل اقتصادی

کشت گندم در منطقه بیش‌تر به صورت نیمه مکانیزه می‌باشد. بر اساس داده‌های پرسشنامه، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد گندم آبی به ترتیب ۱۰ و ۳ تن در هکتار و گندم دیم ۵ و ۱/۵ تن در هکتار بوده است. سهم هزینه مربوط به تولید گندم در هر هکتار نشان داده شده است (شکل ۳). هزینه‌های نهاده‌های کود، ماشین‌ها و بذر به ترتیب با ۳۳، ۲۴، ۱۰ و ۳ درصد در رتبه نخست قرار دارند و هزینه سوخت و سم بسیار ناچیز است.



شکل ۳. توزیع هزینه در هر هکتار زمین زیر کشت گندم

در جدول ۴، شاخص‌های سود خالص اقتصادی، بهره‌وری اقتصادی و عملکرد اقتصادی برآورد شده است.

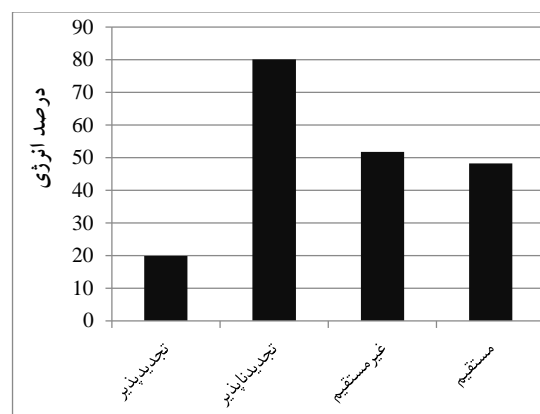
جدول ۴: شاخص‌های اقتصادی برای تولید گندم در هر هکتار

عنوان	واحد	مقدار
عملکرد	کیلوگرم	۵۲۸۷/۵
قیمت فروش	ریال بر کیلوگرم	۱۰۵۰۰
هزینه ثابت	میلیون ریال بر هکتار	۱/۸۳۷
هزینه متغیر	میلیون ریال بر هکتار	۳۴/۴۱
هزینه کل	میلیون ریال بر هکتار	۳۶/۲۴۹
درآمد کل (ارزش کل تولید)	میلیون ریال بر هکتار	۹۵/۴۱
درآمد ناخالص اقتصادی	میلیون ریال بر هکتار	۶۰/۹۹۸
سود خالص اقتصادی	میلیون ریال بر هکتار	۵۹/۱۶
بهره‌وری اقتصادی	کیلوگرم بر هزار ریال	۰/۱۸۹

یک گیاه، مناسب‌تر است اختلاف در نسبت انرژی به دلایل تفاوت در عملکرد و انرژی ورودی، برای مقایسه مشکل است. شاخص بهره‌وری انرژی، نسبت عملکرد تولید در هر کیلوگرم به ازای انرژی مصرفی را محاسبه می‌کند و به عبارتی هر چه این نسبت بالاتر باشد در جهت توسعه‌ی پایدار خواهد بود.

انرژی ویژه عکس بهره‌وری انرژی است و در مزارع دیم و آبی به ترتیب $9/48 \text{ MJ/kg}$ و $7/93 \text{ MJ/ha}$ محاسبه شد. (Canakci et al., 2005) مقدار انرژی ویژه در تولید محصولات را بدین صورت گزارش کرده‌اند: برای گندم $5/24 \text{ MJ/kg}$ ، ذرت $3/88 \text{ MJ/kg}$ و کنجد $16/21 \text{ MJ/kg}$. در اصفهان نیز $0/32 \text{ GJ/kg}$ گزارش شد (Khoshnevisan et al., 2013). افزوده خالص انرژی نیز در تولید گندم نسبت به تحقیقات انجام‌شده بالاتر است: $45/7$ گیگاژول در هکتار (Shahan et al., 2008) و $20/59$ گیگاژول در هکتار (Rahman and Hasan, 2014).

توزیع اشکال مختلف انرژی در تولید گندم را در شکل (۲) نشان می‌دهد که انرژی ورودی شامل $48/25$ درصد انرژی مستقیم و $51/7$ درصد انرژی غیرمستقیم است و حدود $80/14$ درصد از انرژی ورودی را تجدیدناپذیر تشکیل می‌دهد. قسمت عمده انرژی مصرفی از نوع تجدیدناپذیر و در واقع محدود می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعات طولانی‌مدت در ایران نشان می‌دهد که بخش کشاورزی در ایران بسیار وابسته به انرژی تجدیدناپذیر است (حدود ۸۷ درصد) و این اهمیت قابل توجهی از محیط زیست را بارز می‌نماید (Shahan et al., 2008; BeheshtiTabar et al., 2010; Khoshnevisan et al., 2013).



شکل ۲. سهم اشکال مختلف انرژی

قسمت عمده‌ی انرژی تجدیدناپذیر را کودهای شیمیایی با $40/96$ درصد، حمل‌ونقل با $21/29$ درصد و سوخت دیزل با $10/33$ درصد تشکیل می‌دهند. همچنین مصرف بیش از حد انرژی‌های تجدیدناپذیر، نسبت انرژی در سیستم‌های تولیدی را

(Asgharipour & Salehi, 2015; Khoshnevisan, 2013; Moghimi *et al.*, 2013). این عملکرد نسبتاً بالای محصول، افزایش بهره‌وری اقتصادی را در بر خواهد داشت.

تحلیل زیست محیطی

در تجزیه و تحلیل سیاهه، یک مدل جریان سیستم با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی، انرژی مورد نیاز، حمل و نقل و انتشارات به هوا و آب برای تمام فعالیت‌های مرزهای سیستم ایجاد می‌شود.

میزان هزینه کل ۳۶/۲۴۹ میلیون ریال و نسبت سود به هزینه ۲/۵۸ محاسبه شد. نتایج توسط محققان دیگر بدین صورت گزارش شد: ۲/۰۳ (Mandal *et al.*, 2002)، ۱/۸۷ در گندم دیم و ۱/۸۵ در گندم آبی (Asgharipour & Salehi, 2015). مقدار سود خالص اقتصادی در یک سال زارعی ۵۹/۱۶ میلیون ریال به دست آمد و نشان‌دهنده سودآوری تولید گندم در منطقه می‌باشد. عملکرد اقتصادی با مقدار ۲/۵۸ نشان‌دهنده وضعیت نسبتاً مساعد اقتصادی در تولید گندم است. عملکرد محصول در هکتار در مقایسه با مناطق دیگر ایران بالاست

جدول ۵-مقادیر انتشار مواد مختلف به محیط زیست ناشی از تولید گندم در یک هکتار زمین

انتشارات	واحد	گندم دیم	گندم آبی
انتشارات به هوا			
آمونیم (NH ₃)	kg/ha	۱۸/۸۴	۲۰/۲۹
دی نیتروژن مونوکسید (N ₂ O)	kg/ha	۳/۹۷	۴/۲۷
کربن دی‌اکسید (CO ₂)	kg/ha	۱۱۳/۳۴	۱۲۲/۲۴
نیتروس اکسایدز (NO _x)	kg/ha	۰/۸۳	۰/۹
انتشارات به آب			
فسفر (P)	kg/ha	۲/۰۵	۱/۹۸
نیترات (NO ₃ ⁻)	kg/ha	۲۵۸/۴۷	۲۷۵/۱۱
انتشارات به خاک			
سموم	kg/ha	۰/۱۸	۰/۳

زده شد. مقدار دی‌اکسید کربن منتشر شده به هوا ناشی از مصرف کود اوره ۱۱۳/۳۴ و ۱۲۲/۲۴ کیلوگرم در هکتار برای گندم دیم و آبی برآورد شد.

تلفات فسفر ناشی از فرسایش خاک صفر در نظر گرفته شد، چون فرض شد که فرسایش خاک رخ نمی‌دهد. استفاده از منابع و انتشارات به محیط زیست روی هم بار زیست محیطی نامیده می‌شوند. اثرات زیست محیطی نتیجه بار زیست محیطی هستند. دلیل عمده تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه CO₂ و N₂O در تولید گندم مربوط به سوخت فسیلی و به‌کارگیری ماشین‌های مختلف برای عملیات کشاورزی و نیز در فرآیند تولید و مصرف کود نیتروژن است (Fallahpour *et al.*, 2012). تلفات فسفر به دلیل حمل با آب و انتقال به آب‌های سطحی و زیرزمینی در گندم دیم و آبی به ترتیب ۲/۰۵ و ۱/۹۸ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

شکل ۴ نمودار بخش‌های اثر به ازای یک تن گندم تولیدی را نشان می‌دهد. در میان نهاده‌ها، کودهای شیمیایی به‌خصوص نیتروژن و فسفات، کود دامی و الکتروسیته بیش‌ترین سهم را در تولید آلاینده‌ها به خود اختصاص داده‌اند. سهم

انواع و مقدار انتشارات درون مزرعه به محیط زیست برای تولید گندم دیم و آبی در هر هکتار با استفاده از روابط موجود (IPCC 2006) در جدول ۵ محاسبه گردید. در کشت گندم آبی کود نیتروژن بیشتر و فسفات کمتری استفاده شده است همانطور که در نتایج مشخص است که همه‌ی انتشارات به جز فسفر در گندم آبی بیشتر است. پتانسیل آزادسازی آمونیوم همبستگی زیادی با میزان مصرف نیتروژن دارد (Brenttrup *et al.*, 2001). انتشار آمونیاک در مزارع دیم و آبی به ترتیب ۱۸/۸۴ و ۲۰/۲۹ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

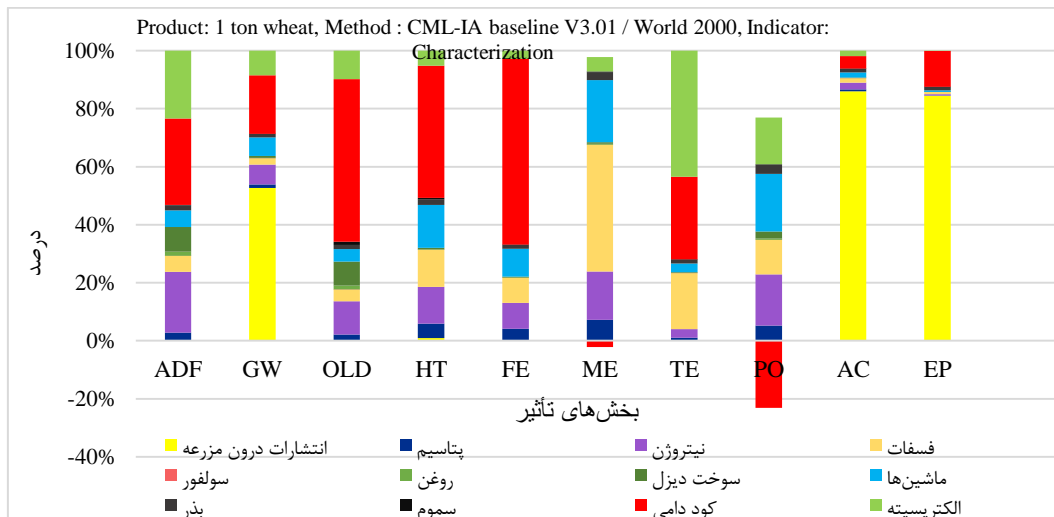
میزان انتشار گاز N₂O که شامل تلفات مستقیم از کودهای مصرفی و نیتروژن قابل‌دسترس خاک و غیرمستقیم از آمونیاک و نیترات منتشر شده است (Brenttrup *et al.*, 2001) و میزان آن ۳/۹۷ و ۴/۲۷ کیلوگرم در هر هکتار از مزارع گندم دیم و آبی برآورد گردید. انتشارات NO_x از خاک اهمیت زیادی در اسیدی شدن دارند، درحالی که آبشویی NO₃ و NO_x منابع اولیه‌ی اختناق دریاچه‌ای هستند (Fantin *et al.*, 2016). تلفات NO_x به‌صورت ۲۱ درصد N₂O و به میزان ۰/۸۳ و ۰/۹ کیلوگرم در هکتار برای گندم دیم و آبی تخمین

توجهی بالا است و در مزارع گندم دیم و آبی به ترتیب ۴۰۶۹۷۴ و ۲۲۸۰۹۷ kg 1,4-DB eq گزارش شد. همانطور که مشاهده می‌شود در همه‌ی شاخص‌های زیست محیطی به جز مسمومیت خاک، مزارع دیم نسبت به آبی آلاینده‌ی بیشتری را ایجاد می‌کند.

جدول ۶. میزان شاخص‌های زیست محیطی با ازای تولید یک تن گندم

شاخص	واحد	گندم دیم	گندم آبی
AD	kg Sb eq	۰/۰۰۲۸۱	۰/۰۰۱۵۷
ADF	MJ	۵۶۴۹۴/۲۷	۴۶۹۶/۷۵
GW	kg CO2 eq	۷۷۶/۲۴	۵۱۷/۰۱
ODP	kg CFC-11 eq	۳/۲۴E-۰۵	۰/۰۴E-۰۵
HE	kg 1,4-DB eq	۱۹۱/۹۳	۱۱۵/۲۹
FE	kg 1,4-DB eq	۱۵۹/۱۷	۹۵/۶۱
ME	kg 1,4-DB eq	۴۰۶۹۷۴	۲۲۸۰۹۷
TE	kg 1,4-DB eq	۰/۵۱	۰/۵۳
PO	kg C2H4 eq	۰/۱۳	۰/۰۹
AC	kg SO2 eq	۱۰/۶۸	۶/۴۱
EP	kg PO4 eq	۱۲/۴۲	۷/۰۴

آلاینده‌ی آب‌های آزاد نسبت به سایر بخش‌های اثر بیشتر است و این آلاینده‌ی تا حد زیادی ناشی از تولید کود فسفات (۵۴/۶ درصد)، دی‌نیتروژن مونوکسید (۲۰/۷ درصد) و پتاسیم سولفات (۸/۸۶ درصد) است. در شاخص گرمایش جهانی نیز بیش‌ترین سهم مربوط به آلاینده‌های داخل مزرعه (مرحله مصرف نهاده‌ها، بویژه عملیات ماشینی مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی)، کودهای شیمیایی و دامی و بعدازآن الکتریسیته است. تقلیل منابع غیر آلی (سوخت فسیلی) بیشتر در اثر کود نیتروژن، الکتریسیته، سوخت دیزل و کود دامی است. در میان نهاده‌ها، سموم میزان خیلی کمی از آلاینده‌ی را به خود اختصاص داده است. می‌تواند به این علت باشد که سموم موجود به میزان کمی استفاده شدند یا با محیط زیست سازگار بوده و سمیت کمتری دارند (Wang & Dalal, 2015). در اصفهان نیز بیش‌ترین سهم آلاینده‌ی برای نهاده‌های الکتریسیته، کود نیتروژن و فسفات و ماشین‌های زراعی گزارش شده است (Khoshnevisan, 2013). شاخص‌های زیست محیطی حاصل به ازای یک تن محصول تولیدی در مزرعه در جدول ۶ نشان داده شده است. میزان شاخص‌های مسمومیت آب‌های آزاد به میزان قابل



شکل ۴- نمودار بخش‌های اثر به ازای یک تن گندم تولیدی

(۸۳ درصد) بدست آمده است. بیش‌ترین عامل در ایجاد گازهای گلخانه‌ای مؤثر در گرمایش جهانی، عملیات کشاورزی و کاربرد نیتروژن است (Achten and Van Acker, 2016). تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که اوره و سایر کودهای آلی به‌عنوان منبع ازت موجب افزایش بیشتر پتانسیل اسیدی شدن می‌گردند (Brentrup et al., 2001).

مقدار انتشار گرمایش جهانی تولید گندم دیم و آبی در منطقه ۷۷۶ و ۵۱۷ کیلوگرم معادل CO₂ محاسبه شد یعنی

پژوهشگران دریافته‌اند گرمایش جهانی و تقلیل منابع غیر آلی بخش‌های اثر اصلی هستند که گزارش شده است درحالی‌که اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای اغلب محاسبه نمی‌شوند و تحت تأثیر انتشارات نیتروژن درون مزرعه به خصوص N₂O هستند. بر اساس تحقیقات طیف وسیعی از مقادیر گرمایش جهانی در محدوده ۳۰۰ تا ۱۰۷۰ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به ازای یک تن گندم با سهم عمده تولید و مصرف کود

محصول و حاصلخیزی خاک باشد.

آنالیز حساسیت روش‌های ارزیابی اثرات

نتایج حاصل از یک مطالعه‌ی ارزیابی چرخه زندگی می‌توانند تحت تأثیر عدم قطعیت قرار گیرند. عمدتاً روش‌های مختلف ارزیابی اثرات، قوانین تخصیص و مرزهای سیستم تا حد زیادی بر نتایج نهایی مطالعه مؤثر می‌باشند (Cellura *et al.*, 2011; Mousavi Avval *et al.*, 2017). اثرات نتایج ارزیابی تغییر روش‌های ارزیابی روش دیگر IMPACT 2002+ V2.11, CML 2 baseline 2000 و ReCiPe Midpoint (E) V1.09 و V2.05 جهت ارزیابی شاخص‌های گرمایش جهانی، تقلیل لایه‌ی ازن، اختناق دریاچه‌ای و اسیدی شدن استفاده شد و نتایج حاصل در جدول ۷ مشاهده می‌شود و پیش از این مقادیر براساس روش CML-IA baseline برای گندم دیم و آبی در جدول ۶ برآورد شد. نتایج نشان می‌دهد که نوع و تعداد شاخص‌های زیست محیطی در روش‌های مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد، همچنین مقدار این شاخص‌ها در روش‌های مختلف می‌توانند متفاوت باشند. به طور مثال مقدار گرمایش جهانی در چهار روش مورد ارزیابی از ۴۶۰ تا ۷۷۶ kg CO₂ eq متفاوت می‌باشد، همچنین میزان مسمومیت آبهای آزاد در روش ReCiPe متفاوت از دو روش دیگر می‌باشد.

استان لرستان با تولید سالانه ۳۷۲۶۶۴ تن گندم در حدود ۲۴۰/۹۳ میلیون معادل انتشار گرمایش جهانی ایجاد خواهد کرد و میزان آن تحت تأثیر انتشارات درون مزرعه است. کمترین آلاینده‌ی تحقیق حاضر مربوط به نقصان لایه ازن، تقلیل منابع غیر آلی و پتانسیل اکسیداسیون شیمیایی است.

در مطالعه ارزیابی چرخه‌ی زندگی تولید گندم و ذرت در شمال ایتالیا، نتایج نشان داد بیش‌ترین سهم در اثرات زیست محیطی مربوط به مرحله کشاورزی و به‌خصوص کودهای شیمیایی است که در مرحله تولید، حمل‌ونقل، بسته‌بندی و انتشارات درون مزرعه و ورود به خاک است (Fantin *et al.*, 2016). در برخی شرایط میزان مصرف کود عامل بالا بودن سطح آلاینده‌ی نیست و نوع ترکیبات به‌کاررفته سبب انتشار بارهای محیطی می‌گردد (Charles *et al.*, 2006). لذا تعیین مقدار مناسب کود و بذر جهت کاشت و همچنین ترویج و آموزش کشاورزان جهت خرید کود با ترکیباتی که آلاینده‌ی کمتری دارند توصیه می‌شود تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که اوره و سایر کودهای آلی به‌عنوان منبع ازت موجب افزایش بیشتر پتانسیل اسیدی شدن می‌گردند (Brentrup *et al.*, 2001).

برای پیشبرد کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تلاش‌های آینده باید در جهت توسعه تکنیک‌هایی که موجب افزایش بهره‌وری استفاده از کودهای شیمیایی، کاهش وابستگی به آن‌ها و بهینه‌سازی نرخ کاربرد کودها بدون تأثیر منفی بر

جدول ۷. شاخص‌های زیست محیطی با ازای تولید یک تن گندم

شاخص	واحد	ReCiPe	CML 2 baseline 2000	IMPACT2002
GW	kg CO ₂ eq	۴۶۲	۶۷۱	۴۶۰
AC	kg SO ₂ eq	۱۶,۶	۱۴,۱	۲۴,۳
EP	kg PO ₄ eq	۱,۱۲	۱۲,۳	۱۸,۷
ODP	kg CFC-11 eq	۱/۸۲*۱۰ ^{-۵}	۱/۹۶*۱۰ ^{-۵}	۱/۸۴*۱۰ ^{-۵}
ME	kg 1,4-DB eq	۳۳۳۷	۱۱۱۵۲۴,۵	-

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که بیشترین میزان انرژی نهاده با ۳۴/۴۲ درصد متعلق به نیتروژن مصرفی از کودهای شیمیایی و کمترین میزان با ۰/۰۴ درصد به سموم تعلق داشته است. علت اصلی مصرف بالای کودهای شیمیایی در منطقه مورد مطالعه، پایین بودن سطح آگاهی کشاورزان در فعالیت‌های کشاورزی و عدم انجام آزمایش خاک است. همچنین، سهم بالای انرژی کود نشان داد که کشاورزان از زمان مناسب کود دهی و مقدار استفاده از آن آگاهی کافی ندارند؛ بنابراین تعیین

مقدار مناسب کود جهت کاشت و همچنین ترویج و آموزش کشاورزان توصیه می‌شود. میزان انرژی غیرمستقیم با ۱۷/۶۱ گیگاژول از انرژی مستقیم با ۱۶/۴۲ گیگا ژول، بیشتر است. همچنین سهم بالای انرژی تجدیدنپذیر با ۸۰/۱۴ درصد نسبت به انرژی تجدید پذیر به دلیل مصرف زیاد کود، سوخت و حمل‌ونقل است. کاهش مصرف سوخت در عملیات از طریق سرویس‌های روزانه و تعمیر و مدیریت به‌موقع از ماشین و همچنین انتخاب تراکتور با توان متناسب با ادوات توصیه می‌شود. استفاده از ماشین‌های بهتر، روش مدیریت بهتر،

وابستگی به کودهای شیمیایی و بهینه‌سازی نرخ کاربرد کود بدون تأثیر منفی بر محصول و حاصلخیزی خاک باشد. مزارع گندم آبی از نظر انتشارات درون مزرعه سهم بیشتری به ازای هر هکتار را به خود اختصاص داده‌اند اما از نظر شاخص‌های زیست محیطی، مزارع دیم آلاینده‌گی بیشتری را به ازای تولید هر تن محصول خود اختصاص داده‌اند که عمده‌ی انتشارات در اثر تولید و مصرف کودهای شیمیایی و دامی می‌باشد.

اختصارات

AC: پتانسیل اسیدی شدن - PO: پتانسیل اکسیداسیون فوتوشیمیایی - GW: گرمایش جهانی - AD: تقلیل منابع غیر آلی - ADF: تقلیل سوخت فسیلی - EP: پتانسیل اختناق دریاچه‌ای - ODP: تقلیل لایه ازن - HE: مسمومیت انسان - TE: مسمومیت خاک - ME: مسمومیت آب‌های آزاد - FE: مسمومیت آب‌های سطحی

REFERENCES

- Achten, W.M.J. & Van Acker, K. (2016). EU-average impacts of wheat production: A meta-analysis of life cycle assessments. *Journal of Industrial Ecology*, 20(1), 132-144.
- Alipoor, A., Keshavarz Afshar, R., Ghaleh Golab Behbahani, A., Kariminejad, M. & Mohammadi, V. (2014). Evaluation of Energy Flow in Irrigated Wheat Agro Ecosystems: A case study of Shahr-e-Rey City. *Journal of Agricultural Knowledge and sustainable production*, 23(3), 60-69. (In Farsi).
- Anonymous. (2015). Annual agricultural statistics of Iran. *Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran*. (In Farsi).
- Asakereh, A., Rafiee, Sh., Aadati, S.A., Afaae, M. (2010). Dry farming wheat in peasant farming system in Kuhdasht county of Iran: energy consuming and economic efficiency. *Journal of Agricultural Technology*, 6(2), 201-210.
- 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.
- Asgharipour, M.R. & Salehi, F. (2015). Energy use on wheat production: A comparative analysis of irrigated and dry-land wheat production systems in Kermanshah. *Journal of Agricultural Ecological*, 5(1), 1-11. (In Farsi)
- Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., Rafiee, Sh. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006), *Renewable and Sustainable Energy Review*. 14(2), 849-855.
- Belboom, S. & Leonard, A. (2016). Does biobased polymer achieve better environmental impacts than fossil polymer? Comparison of fossil HDPE and biobased HDPE produced from sugar beet and wheat. *Biomass and Bioenergy*. 85, 159-167.
- Brenttrup, F., Kusters, J., Kuhlmann, H. & Lammel, J. (2001). Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilizers. *European Journal of Agronomy*, 14(3), 221-223.
- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. & Ozmerzi, A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. *Energy Conversion and Management*. 46(4), 655-666.
- Cellura, M., Longo, S., Mistretta, M. (2011). Sensitivity analysis to quantify uncertainty in Life Cycle Assessment: The case study of an Italian tile. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 4697-4705.
- Charles, R., Jolliet, O., Gaillard, G. & Pellet, D. (2006). Environmental analysis of intensity level in wheat crop production using life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113(4), 216-225.
- Fallahpour, F., Amin ghafouri, A., Ghale golab Behbahani, A. & 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.
- Fantin, V., Righi, S., Rondini, I. & Masoni, P. (2016). Environmental assessment of wheat and maize production in an Italian farmers' cooperative. *Journal of Cleaner Production*, 140(2), 1-13.
- Food and Agriculture Organization, (2014). <http://www.fao.org/faostat>

- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Online at <http://www.ipccnggip.ige.s.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- ISO, 2006. ISO 14040:2006. Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework. International Organization for Standardization.
- Kazemi, H., Alizadeh, P., Nehbandani, A. (2016). Assessing energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekourd under two tillage systems. *Journal of Agroecology*, 8(2), 281-295. (In Farsi).
- 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 of Gilan University*, 4(1), 27-44. (In Farsi)
- Khoshnevisan, B. (2013). Modeling and optimization of emissions and energy consumption of some crops (potato, wheat, greenhouse cucumber and greenhouse tomato) in Freydonshahr city in Esfahan province, MSc thesis in Tehran University. (In Farsi)
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S.H., Omid, M., Yousefi, M., Movahedi, M. (2013). Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy*. 52, 333-338.
- Kitani, O. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering: *Energy & biomass engineering* (Vol. 5). (pp. 17-38). St Joseph, MI: ASAE.
- Liu, H., Wang, Z &..., (2016). Optimal nitrogen input for higher efficiency and lower environmental impacts of winter wheat production in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 224, 1-11.
- Mandal, K.G., Saha, K.P., Gosh, P.K., Hati, K.M. & Bandyopadhyay, K.K. (2002). Bioenergy and economic analyses of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*. 23(5), 337-345.
- Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Akram, A. (2010). Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agricultural and Ecosystems Environment*, 137, 367-372.
- Moghimi, M.R., Mohammadi Alasti, B. & Hadad Drafshi, M.A. (2013). Energy input-output and study on energy use efficiency for wheat production using DEA technique. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(18), 2064-2070.
- Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A. & Mohammadi, A. (2011). Investigating the energy consumption in different operations of oilseed productions in Iran. *Journal of Agricultural Technology*, 7(3), 557-565.
- Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Sharifi, M., Hosseinpour, S., Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, P.A., 2017. Application of multi-objective genetic algorithms for optimization of energy, economics and environmental life cycle assessment in oilseed production. *Journal of Cleaner Production* 140, Part 2, 804-815.
- Naderloo, L., Alimardani, R., Omid, M., Sarmadian, F., Javadikia P., Torabi. M.Y. (2013). Modeling of wheat yield and sensitivity analysis based on energy inputs for three year in Abyek town, Ghazvin, Iran. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15, 68-77.
- Oscoonejad M.M. (2009). Engineering economic, Amir Kabir industrial university. (In Farsi).
- Ozkan, B., Akcaoz, H. & Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29(1), 39-51.
- Pahlavan, R., Omid M., Rafiee, Sh., Mousavi-Avval, S. H. (2012). Optimization of energy consumption for rose production in Iran. *Energy for Sustainable Development*, 16(2), 236-241.
- Pishgar-Komleh, S.H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M.R. & Jafari, A. (2012). Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran. *Journal of energy*. 43(1), 469-476.
- Rahman, S. & Kamrul Hasan, M. (2014). Energy productivity and efficiency of wheat farming in Bangladesh. *Journal of Energy*. 66, 107-114.
- Safa, M., Samarasinghe, S., Mohssen, M. (2011). A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. *Energy Conversion and Management*, 52(7), 2526-2532.
- Shahan, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S. & Karimi, M. (2008). Energy use and economic analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province, *Agricultural Technology*, 4(1) 77-88.
- Singh, H., Singh, A.K., Kushwaha, H.L., Singh, A. (2007). Energy consumption pattern of wheat production in India, *Energy* 32, 1848-1854.
- Taghavifar, H. & Mardani, A. (2015). Energy consumption analysis of wheat production in West Azarbayjan utilizing life cycle assessment (LCA), *Renewable Energy*. 74, 208-213.
- Tidåker, P., Bergkvist, G., Bolinder, M., Eckersten, H., Johnsson, H., Kätterer, TH., Weih, M. (2016). Estimating the environmental footprint of barley with improved nitrogen uptake efficiency—a Swedish scenario study, *Europ. J. Agronomy*, 80, 45-54
- Wang, W. & Dalal, R. (2015). Nitrogen management is the key for low-emission wheat production in Australia: A life cycle perspective. *European Journal of Agronomy*, 66, 74-82.
- Ziaei, S.M., Mazloumzadeh, S.M., Jabbary, M. (2015). A comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14, 19-25