



تحلیل و ارزیابی اقتصادی الگوی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم آبی استان اردبیل

جبرائیل تقی نژاد^{۱*}، عادل واحدی^۲ و فیاض رنجبر^۱

^۱ بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
^۲ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۴

تقی نژاد، ج.، ع. واحدی و ف. رنجبر. ۱۳۹۸. تحلیل و ارزیابی اقتصادی الگوی مصرف انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم آبی استان اردبیل. فصلنامه علوم محیطی. ۱۱۷(۳): ۱۵۰-۱۳۷.

سابقه و هدف: بشر بدون توجه به نوع انرژی مصرفی، همیشه برای تأمین نیازهای اولیه غذایی خود مجبور به صرف انرژی بوده است. انرژی فسیلی فراوان سبب شده است که تأمین غذای جمعیت رو به گسترش ممکن شود. رشد جمعیت در سطح بالایی باقی مانده ولی منبع‌های انرژی بویژه انرژی فسیلی در حال کاهش است بنابراین جوامع نیازمند برنامه‌ریزی‌های اساسی در قبال مدیریت مصرف انرژی هستند. این پژوهش با هدف ارزیابی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های حاصل از مصرف ورودی برای تولید گندم آبی در استان اردبیل انجام شد.

مواد و روش‌ها: جامعه آماری این تحقیق شامل ۱۰۰ نمونه از کشاورزان گندم‌کار استان اردبیل است که از سه شهرستان بیله سوار، پارس‌آباد و اردبیل که بیش از ۷۰ درصد سطح زیر کشت را داشتند انتخاب گردید. داده‌ها در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ با استفاده از روش تصادفی، نمونه‌برداری گردید. برای رسیدن به هدف‌ها، سامانه تولید گندم آبی بر اساس شاخص‌های کارایی، بازده انرژی، سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم و تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر ارزیابی گردید.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد کل انرژی ورودی حدود $38755/34 \text{ MJ ha}^{-1}$ بود. در بین نهاده‌های ورودی میزان کود نیتروژن و سوخت دیزل بترتیب با $37/38\%$ و $19/03\%$ بیشترین سهم را داشتند. سهم انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم بترتیب حدود $39/88\%$ و $60/12\%$ و انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر بترتیب $31/01\%$ و $68/99\%$ از کل انرژی‌های ورودی بود. کارایی مصرف انرژی برای تولید دانه و عملکرد بیولوژیکی گندم آبی بترتیب $1/67$ و $1/99$ به دست آمد. بهره‌وری انرژی نیز بترتیب $0/61$ و $0/342 \text{ kg Mj}^{-1}$ برآورد گردید. کل انتشار CO_2 و CH_4 ، N_2O از مزرعه‌های گندم آبی بترتیب $517/14$ ، $1/65$ و $1271/25$ کیلوگرم در هکتار بود. ارزش ناخالص تولید و کل هزینه‌های تولید گندم آبی در استان اردبیل بترتیب 29786295 و 74751093 ریال در هکتار و نسبت فایده به هزینه $1/25$ برآورد گردید که هزینه‌های ثابت و متغیر بترتیب $45/45$ و $45/6$ درصد بود.

نتیجه‌گیری: پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) $14/161620 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ تخمین زده شد. سود خالص حاصل از تولید گندم آبی نیز 23691299 ریال بود که نشان دهنده توجیه اقتصادی تولید گندم آبی در استان اردبیل بود. با توجه به نتایج و به منظور کاهش اثرات زیست محیطی نظام تولید گندم به نظر می‌رسد که می‌توان از روش‌های مختلف مدیریت نظام زراعی همچون کاربرد نهاده‌های آلی،

* Corresponding Author: *Email Address*: taghinazhad55@gmail.com

تناوب، کم خاکورزی و بی خاکورزی بر مبنای بهره گیری از اصول کم نهاده برای کاهش این اثرات زیست محیطی بهره جست.

واژه‌های کلیدی: کارایی انرژی، نهاده، گندم، گرمایش جهانی.

مقدمه

امروزه برای تولید محصول های کشاورزی نهاده‌هایی مانند سوخت، الکتروسیته، ماشین‌ها، بذر، کود شیمیایی و سم های شیمیایی سهم قابل ملاحظه‌ای در تأمین منابع انرژی دارند. بشر بدون توجه به نوع انرژی مصرفی، همیشه برای تأمین نیازهای اولیه غذایی خود مجبور به صرف انرژی بوده است. انرژی فسیلی فراوان موجب شده است که تأمین غذای جمعیت رو به گسترش ممکن شود. جمعیت افزایش یافته ولی منبع های انرژی بویژه انرژی فسیلی در حال کاهش است بنابراین جوامع نیازمند برنامه‌ریزی‌های اساسی در قبال مدیریت مصرف انرژی هستند (Kocheiki, 1994)؛ بنابراین استفاده مؤثر از انرژی در کشاورزی مشکل های محیط زیستی را کاهش می‌دهد و از تخریب منبع های طبیعی جلوگیری کرده و کشاورزی پایدار را بعنوان یک سامانه تولیدی اقتصادی توسعه می‌دهد (Rafiee, et al. 2010). بازده انرژی، معیار پیشرفت فناوری است، داشتن سیاست‌های مشخص در سطح کلان برای برآورد احتیاجات، جلوگیری از ضایعات و کاهش آن‌ها، دادن برنامه‌ای درازمدت برای به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته در استفاده مؤثرتر از منابع موجود و نیز به‌کارگیری منابع جدید، در کنار آموزش های لازم در بکارگیری صحیح از انرژی بصورت‌های مختلف آن و تشویق مصرف‌کنندگان انرژی برای صرفه‌جویی در این منبع در سطح خرد، بسیار حیاتی است (Almasi, et al. 2008). پژوهش‌ها نشان داده است که با رشد مکانیزاسیون و استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی، کارایی (نسبت) انرژی به تدریج کاهش می‌یابد (Darlington, 1997). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که کل نهاده انرژی از ۱۱۱/۵۰ مگاژول در سال ۱۳۵۰ به ۳۷۸/۱۵ مگاژول در سال ۱۳۸۰ و انرژی ستانده از ۱۲۲/۳۹ به ۳۸۴/۶۰ مگاژول افزایش یافته است که نشان‌دهنده این واقعیت است که روند مصرف نهاده‌ها در تولید های کشاورزی ایران با تولید های نهایی همراه نمی‌باشد. بطوری که ناکارآمدی مصرف انرژی می‌تواند برخی مسئله های محیط زیستی مثل

انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش دمای زمین و ناپایداری را ایجاد کند. بنابراین، سیاست‌مداران بایستی ابزارهای سیاسی جدید برای تضمین پایداری و کارایی در مصرف انرژی اتخاذ نمایند (Zoghipour and torkamani, 2004). بخش کشاورزی نیز بعنوان یکی از بخش‌های مهم مصرف‌کننده انرژی در ایران بیش از ۳۶ درصد انتشار کل N_2O را به خود اختصاص داده است، درحالیکه سهم بخش کشاورزی در انتشار دو گاز دیگر دی‌اکسید کربن (CO_2) و متان (CH_4) حدود دو درصد است (Energy Balance Sheet, 2013). قربانی و همکاران نیز به تحلیل اقتصادی و انرژی مصرفی گندم دیم و آبی در خراسان شمالی پرداختند. نسبت انرژی برای گندم آبی و دیم ۱/۴۴ و ۳/۳۸ به دست آوردند (Ghorbani, et al. 2011). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۵-۹۶ سطح برداشت گندم آبی در سطح کشور ۷/۶۵ میلیون هکتار بود که معادل ۶۹/۵۵٪ که از این میزان ۴۴/۶ درصد مربوط به زمین های با کشت آبی و بقیه کشت دیم بود استان‌های خوزستان، کرمانشاه، کردستان و گلستان بترتیب با ۸/۱، ۷/۸، ۷/۲ و ۶/۷ درصد از کل زمین های گندم آبی کشور مقام‌های اول تا چهارم را داشتند. (Anonymous, 2016). منصوریان (۱۳۸۴) در تحقیقی، بهره‌وری انرژی، کل انرژی مصرفی و کل انرژی تولیدی برای محصول های عمده زراعی استان خراسان (چغندرقد، سیب‌زمینی، پنبه، گوجه‌فرنگی، گندم آبی و جو آبی) را مورد بررسی و مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد در محصول های مورد مطالعه بیشترین انرژی مصرفی بترتیب برای آب، کود اوره، عملیات ماشینی و حمل بذر و نیروی انسانی استفاده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین بهره‌وری انرژی مربوط به جو آبی با ۳/۱۴ و کمترین آن مربوط به گوجه‌فرنگی با ۰/۵۸ است. بر همین اساس، بهره‌وری انرژی گندم آبی ۳/۱، پنبه ۰/۴، چغندرقد ۲/۶۹، سیب‌زمینی ۱/۳۳ به دست آمد. (Mansou-rian, 2005). Mysammy et al. (2008) نیز در تحقیقی که در زمینه‌ی جریان انرژی بر اساس نسبت سهم انرژی ورودی‌های

(2018) *et al.* میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزرعه‌های نیشکر را بررسی کردند نتایج نشان داد حدود ۶۲/۷۳ درصد از کل انتشار این گازها مربوط به شاخ و برگ نیشکر، ۳۲/۳۳ درصد مربوط به الکتروسیته و کود و سوخت و در دیگر موارد در حد یک درصد یا کمتر گزارش کردند (Haroni *et al.*, 2018). هدف از این مطالعه، بررسی روابط میان نهاده‌های انرژی و عملکرد تولید گندم، تعیین شاخص‌های انرژی، ارزیابی اثرهای محیط زیستی سیستم تولید گندم آبی در سطح کل استان اردبیل است.

مواد و روش‌ها

استان اردبیل یکی از استان‌های شمال غرب کشور است. پژوهشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ برای ارزیابی کارایی مصرف انرژی، تحلیل اقتصادی و اثرهای محیط زیستی در سیستم تولید گندم آبی در سطح استان اردبیل انجام شد. متغیرهای تحقیق شامل متغیرهای مستقل و وابسته است. متغیرهای وابسته این تحقیق عبارت است از کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی، میزان انرژی ورودی و خروجی بود. متغیرهای مستقل تحقیق عبارتند از: انرژی نهاده‌های تولید، انرژی کل ورودی، سطوح مختلف کشت گندم آبی بود. جامعه آماری این تحقیق شامل کشاورزانی بودند که بر اساس بالاترین سطح زیر کشت در سه شهرستان اردبیل، پارس‌آباد و بیله سوار، گندم آبی کاشته بودند، بنابراین ۱۰۰ کشاورز گندم‌کار بعنوان نمونه‌های تصادفی انتخاب شدند. داده‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان جمع‌آوری شدند. بدین ترتیب انرژی حاصل از هر کدام از نهاده‌های ورودی و خروجی برحسب مگاژول برآورد گردید. برای محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی در یک سیستم تولیدی می‌توان از هم‌ارز انرژی که بیان‌کننده میزان محتوای انرژی نهاده یا ستاده است با استفاده از جدول (۱) استفاده کرد. انرژی معادل هر نهاده یا ستاده از ضرب میزان مصرف آن در معادل انرژی محاسبه شد. انرژی ورودی (نهاده یا مصرفی) بطور کلی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بصورت‌های مختلف برای تولید محصول مصرف شده و عموم برای آن‌ها هزینه پرداخت می‌شود. بنابراین نور خورشید هرچند پایه اصلی در تولید محصول‌های کشاورزی است، بدلیل رایگان بودن در محاسبه انرژی مصرفی لحاظ نشد.

مختلف به مزرعه و به دست آوردن شاخص‌های متداول در بحث انرژی از جمله شاخص کارایی انرژی، شاخص مکانیزاسیون، شاخص کارایی تبدیل انرژی خورشیدی، خالص انرژی دریافتی و بهره‌وری انرژی در سه محصول گندم آبی، گندم دیم و پیاز در سطح کشاورزان شهرستان بناب انجام دادند، دریافتند که کارایی انرژی مربوط به عملکرد دانه برای گندم آبی برداشت شده با دست ۲/۹، برای گندم آبی برداشت با کمباین ۲/۵، برای گندم دیم ۱/۳ و برای پیاز ۰/۷۷ برآورد گردید. مشاهده شد که سهم نهاده‌ها از کل انرژی ورودی غیرخورشیدی در بیشتر موارد، مصرف سوخت‌های فسیلی بیش از ۵۰ درصد انرژی را به خود اختصاص داده است (Mysammy *et al.*, 2002) در پژوهشی بمنظور بررسی انرژی داده-ستانده در تولید آفتابگردان بعنوان یک منبع سوخت بیودیزل در یونان مطالعه‌ای را انجام دادند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید آفتابگردان برابر با 1049 GJ ha^{-1} بوده است که سوخت و کود ازته بترتیب با ۴۲/۴٪ و ۳۳/۹٪ از کل انرژی ورودی، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند (Kallivroussis *et al.*, 2002). محققان در مطالعه‌ای در مورد تعیین میزان مصرف انرژی گندم آبی و سیب‌زمینی در سطوح مختلف کشت در غرب اصفهان نشان دادند که بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به کودهای شیمیایی و کمترین میزان مصرف انرژی مربوط به انرژی کارگر بود (Ghahrijani, 2007). (Mullaie *et al.*, 2009) مطالعه‌ای در مورد نسبت انرژی بین گندم آبی و دیم در سه منطقه شهرستان اقلید انجام دادند. نسبت انرژی دانه در منطقه‌های گفته شده بترتیب ۱/۰۶۸، ۱/۱۹ و ۰/۹۱ و میانگین نسبت انرژی با در نظر گرفتن دانه ۱/۰۶۲ و با در نظر گرفتن دانه و کاه ۱/۶ گزارش شد (Mullaie *et al.*, 2002). در پژوهشی (Shahin *et al.*, 2008) به بررسی انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی در تولید گندم آبی در شهرستان اردبیل پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که میزان کل انرژی ورودی 4708 GJ ha^{-1} بوده است که حدود ۳۱/۱۹٪ از آن مربوط به کودهای شیمیایی و ۲۶/۰۵٪ مربوط به انرژی سوخت دیزل است. همچنین ۷۳/۲۷٪ از انرژی‌های غیرمستقیم و ۲۶/۷۳٪ از انرژی‌های مستقیم شامل شده است. نسبت انرژی خروجی به ورودی برابر ۱/۹۷ و بهره‌وری انرژی برابر 1096 GJ ha^{-1} برآورد گردید (Shahin *et al.*, 2008). Haro-

از آغاز تا پایان بطور جداگانه محاسبه شده سپس با توجه به تجربه کاری راننده تراکتور و کمباین در سال ها و روزهای کاری گذشته میزان سوخت مصرفی بر اساس رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$FT = t \times FH \quad (2)$$

که در آن FT سوخت موردنیاز برای عملیات زراعی در سطح یک هکتار (لیتر در هکتار)، t مدت زمان انجام کارکرد تراکتور یا کمباین (ساعت در هکتار) و FH سوخت مورد نیاز تراکتور یا کمباین در یک ساعت انجام عملیات زراعی (لیتر در ساعت) است. همچنین برای مزرعه هایی که برای عملیات پمپاژ آب از سوخت دیزل استفاده شده بود نیز از رابطه ۲ استفاده گردید.

شاخص های انرژی

محققان بازده انرژی را معیار پیشرفت فناوری دانسته و شاخص های بازده یا نسبت انرژی، افزوده خالص انرژی و بهره دهی انرژی را در ارزیابی و آنالیز مصرف انرژی در بخش کشاورزی مهم دانستند. برای برآورد شاخص های انرژی از متغیرهای وابسته این تحقیق که عبارتند از کارایی (نسبت) انرژی بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی و از روابط ۳ تا ۵ به دست آمدند، استفاده شد. (Almasi, et al., 2008)

$$\text{Energy.use..Efficiency} = \frac{\text{Energy.output}(\text{Mjha}^{-1})}{\text{Energy.input}(\text{Mjha}^{-1})} \quad (3)$$

$$\text{Energy.use.Productivity} = \frac{\text{Wheat.Yield}(\text{Kgha}^{-1})}{\text{Energy.input}(\text{Mjha}^{-1})} \quad (4)$$

$$\text{Net.Energy} = \text{Energy.output}(\text{Mjha}^{-1}) - \text{Energy.input}(\text{Mjha}^{-1}) \quad (5)$$

ضریب های انتشار مربوط به نهاده‌ها محاسبه شد. پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) شامل CO_2 ، CH_4 ، N_2O و CO_2e در دوره زمانی ۱۰۰ ساله بترتیب ۱، ۲۱، ۳۱۰، et al. (Pachauri) (2007). تأثیر گرمایشی گازهای گلخانه‌ای با رابطه ۶ ارزیابی گردید.

$$\text{Greenhouse.effect} = \sum Gwpt \times mi \quad (6)$$

که در آن: mi وزن گازهای منتشر یافته است.

شاخص های اقتصادی

با توجه به قیمت نهاده‌های بکار رفته و بر اساس اطلاعات پرسش‌نامه‌ها، هزینه‌های تولید برآورد می‌گردد. با استفاده

جریان انرژی در تولید گندم آبی

ماشین‌های کشاورزی (تراکتور، کمباین، ادوات و...) هر کدام دارای عمر اقتصادی معینی هستند که به تدریج با انجام کار در فرآیند تولید محصول، مستهلک می‌شود. انرژی هم‌ارز ماشین برابر است با نسبت انرژی‌های مصرفی در تولید مواد اولیه، ساخت و فرآیند ماشین، حمل‌ونقل آن از کارخانه تا تحویل سر مزرعه و انرژی مصرفی برای تعمیرات آن به کل وزن ماشین و بر حسب مگاژول بر کیلوگرم بیان می‌شود. با داشتن هم‌ارز انرژی هر واحد از وزن ماشین می‌توان با استفاده از رابطه ۱ میزان انرژی مصرفی ماشین را به دست آورد. انرژی دیگر نهاده‌ها با استفاده از مقادیر هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرفی و تولید شده محاسبه گردید (جدول ۱).

$$E_m = \frac{EI_m \cdot W \cdot T}{N} \quad (1)$$

که در آن E_m انرژی ماشین (MJ ha^{-1})، EI_m هم‌ارز انرژی هر واحد از وزن ماشین (MJ ha^{-1})، N عمر اقتصادی ماشین (hr).W وزن ماشین (kg) و T ساعات استفاده از ماشین در یک هکتار (hr ha^{-1}).

سوخت مصرفی

بمنظور تخمین مصرف سوخت فسیلی، مدت زمان هر عملیات

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGs)^۱

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGs) مرتبط با نهاده‌ها ارزیابی شده و بر مبنای معادل CO_2e بیان می‌شود. گازهای گلخانه‌ای بررسی شده شامل CO_2 ، N_2O و CH_4 بود. در جدول ۲ میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با نهاده‌های مختلف نشان داده شده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند در واحد سطح زمین، در واحد وزن محصول تولیدی و در واحد انرژی خروجی بیان شود. در این تحقیق میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با ضرب کردن مقدار نهاده‌های مصرفی (سوخت، کودهای شیمیایی، ماشین‌آلات و آفت‌کش‌ها) در

جدول ۱- ضریب های هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها در تولید گندم آبی

Table 1. Energy coefficients of different inputs and outputs used in wheat production in irrigated farms

انرژی نهاده یا ستاده Input and out put energy	معادل انرژی در واحد Energy equivalent.unit ⁻¹	واحد انرژی Energy unit	مرجع Reference
انرژی نهاده Input energy			
نیروی انسان Human labor	1.96	MJ hr ⁻¹	(Ozkan <i>et al.</i> , 2004; Yilmaz <i>et al.</i> , 2005; Singh <i>et al.</i> , 2002)
ماشین‌ها Machinery			
تراکتور Tractorz	93.6	MJ kg ⁻¹	(Ovtit-Canavate and Hernanz ,1999)
کامباین Combine	306.7	MJ kg ⁻¹	(Ovtit-Canavate and Hernanz ,1999)
دیگر ماشین‌ها Implement and machinery	62.7	MJ kg ⁻¹	(Ovtit-Canavate and Hernanz ,1999)
سوخت دیزل Diesel fuel	56.31	MJ kg ⁻¹	(Erdal <i>et al.</i> , 2007; Singh <i>et al.</i> , 2004)
کودهای شیمیایی Fertilizers			
ازت (N) Nitrogen	66.14	MJ kg ⁻¹	(Yilmaz <i>et al.</i> , 2005)
فسفر (P ₂ O ₃) Phosphate	12.44	MJ kg ⁻¹	(Yilmaz <i>et al.</i> , 2005)
پتاسه (K ₂ O) Potassium	11.55	MJ kg ⁻¹	(Yilmaz <i>et al.</i> , 2005)
ریزمغذی micro nutrient	120	MJ kg ⁻¹	(Gundogmus (2006)
سم های شیمیایی Pesticides			
علف‌کش Herbicides	238	MJ L ⁻¹	(Gundogmus (2006)
حشره‌کش Insecticides	101.2	MJ L ⁻¹	(Gundogmus (2006)
قارچ‌کش Fungicides	216	MJ kg ⁻¹	(Gundogmus (2006)
بذر Seed	25	MJ kg ⁻¹	(Burhan <i>et al.</i> , 2004)
حمل و نقل Transport	3.05	MJ.t.km ⁻¹	(Kitani, 1999)
الکتریسیته Electricity	3.6	MJ.KWh ⁻¹	(Ghorbani <i>et al.</i> , 2011)
آب Water for irrigation (m ³)	1.02	MJ m ⁻³	(Singh <i>et al.</i> , 2004)
انرژی ستاده Output energy			
دانه گندم grain wheat	14.48	MJ kg ⁻¹	(Ghorbani <i>et al.</i> , 2011)
کاه گندم Wheat straw	2.25	MJ kg ⁻¹	(Ghorbani <i>et al.</i> , 2011)

جدول ۲- ضریب های انتشار گازهای گلخانه ای نهاده های مصرفی
Table 2. Greenhouse gas (GHG) emission coefficients of agricultural input

منبع	CH4	N2O	CO2	نهاده
(Kramer <i>et al.</i> , 1999)	5.20	0.70	3560	سوخت دیزل (L) Diesel fuel
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	0.02	8.82	61.20	الکتریسیته (Kwh) Electricity
(Tzilivakis, 2005)	3.70	0.03	3100	ازت Nitrogen (kg)
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	1.80	0.02	1000	فسفر Phosphate (kg)
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	1.00	0.01	700	پتاس Potassium (kg)
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	0.01	0.02	5100	آفت کش Chemicals (kg)
(Tzilivakis, 2005)	21	310	1	پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)

فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹ با توان ۷۵ و ۱۱۰ اسب بخار بود. دوره کاشت برای گندم آبی در ماههای مهر تا آذر، دوره برداشت نیز از اواسط خرداد تا اواخر مرداد بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تعداد متوسط دفعه های آبیاری مزرعه های گندم در سه شهرستان استان متفاوت بود. در حالی که تعداد دفعه های مصرف سم ها و کودهای شیمیایی در مزرعه ها کمابیش مشابه بود (جدول ۳). شرایط اقلیمی استان اردبیل مشتمل بر دو اقلیم نیمه گرمسیری و سردسیری بود، بنابراین ارقام گندم کشت شده متفاوت بودند. در منطقه پارس آباد و بیله سوار ارقام متداول شامل احسان، گنبد، چمران، مروارید کوهدشت، زاگرس و کریم بود. در شهرستان اردبیل نیز بیشتر از ارقام سایسونز، گاسکوزن، میهن و پیشگام استفاده شده بود. منبع های تأمین آب مصرفی در منطقه های پارس آباد و بیله سوار، شبکه آبیاری سد میل مغان و در اردبیل، قنات ها و چاه ها می باشد. میانگین تعداد دفعه های آبیاری گندم آبی در پارس آباد و بیله سوار بترتیب ۵/۴ و ۵/۳ بود. در شهرستان اردبیل کشت آبی گندم بیشتر بصورت آبیاری تکمیلی در یک تا دو نوبت انجام می گردید (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل انرژی های ورودی و خروجی در سیستم های تولید گندم آبی

نتایج محاسبه انرژی ورودی و خروجی برای محصول گندم آبی به تفکیک نهاده های مختلف در جدول ۴، نشان داده شده است. کل انرژی برای دانه گندم ۳۴/۳۸۷۵۵ مگاژول بر هکتار برآورد شد. انرژی خروجی (کاه و دانه) یا عملکرد بیولوژیک و دانه در محصول گندم آبی در استان اردبیل

از داده های قیمت فروش محصول ها و عملکرد آن ها، درآمد کل نیز محاسبه می شود. هزینه کل شامل هزینه های ثابت و متغیری است که در تولید محصول مصرف شده است. هزینه های متغیر شامل هزینه نیروی انسانی، هزینه تعمیر و نگهداری ماشین ها، هزینه سوخت، هزینه آفت کش ها، هزینه کودهای شیمیایی و دامی، هزینه آب مصرفی و هزینه الکتریسیته است هزینه های ثابت نیز شامل هزینه های استهلاک، سود سرمایه، بیمه و مالیات و سایبان می شوند. برای محاسبه شاخص های اقتصادی از روابط ۷ تا ۹ استفاده شد (Kitani, 1999).

$$\text{Net return} = \text{TR} - \text{TC} \quad (7)$$

$$\text{Benefit / Cost ratio} = \frac{\text{TR}}{\text{TC}} \quad (8)$$

$$\text{Productivity} = \frac{Y}{\text{TC}} \quad (9)$$

که در آن: Net return : درآمد خالص، Y : عملکرد گندم آبی (kg ha^{-1})، TR : درآمد کل (Rial ha^{-1})، هزینه کل، $\text{Benefit/Cost ratio}$: نسبت فایده به هزینه و Productivity : بهره وری (kg ha^{-1})

نتایج و بحث

برای تحلیل و ارزیابی انرژی مصرفی گندم آبی در استان اردبیل حدود ۵۰۰۰۰ هکتار از مجموع ۷۰۸۹۵ هکتار در بیش از ۲۰۰۰۰ بهره دار مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۳). متوسط مساحت مزرعه های مورد ارزیابی برای گندم آبی برای شهرستان های پارس آباد، بیله سوار و اردبیل بترتیب ۱۶/۳، ۶۳/۲ و ۵۷/۱ هکتار بود. در بیشتر مزرعه های مورد بررسی عمده عملیات آماده سازی و تهیه بستر توسط تراکتور

جدول ۳- مدیریت زراعی برخی عملیات سیستم تولید گندم آبی
Table 3. Management of some crop operation on irrigated wheat production system

عملیات زراعی Farming operation	شهرستان city		
	پارس آباد Parsabad	بيله سوار Bilesavar	اردبیل Ardabil
تراکتور مورد استفاده Tractor	و (MF285-MF399 و JD1340)	(MF285 و MF399)	(Roomani و MF285-MF399)
Average number of plows متوسط تعداد شخم	2.6 ± 0.1	2.2 ± 0.1	1.8 ± 0.1
Average area of farms میانگین وسعت مزرعه ها	3.16	2.63	1.57
Average fertilizer usage time متوسط دفعه های مصرف کود	3	2	2
Average irrigation متوسط تعداد آبیاری	4-5	3-4	1-2
Average number of pesti- cides متوسط دفعه های مصرف سم ها	3	3	2
Cultivation area سطح زیر کشت	18380	13322	18300
Number of farmers تعداد بهره بردار	5813	5050	11650

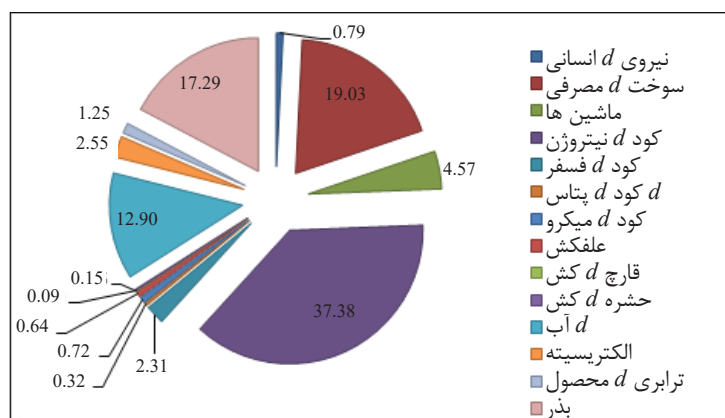
جدول ۴- جریان انرژی نهاده ها و ستاده ها در تولید گندم آبی (مگاژول در هکتار)
Table 4. Energy inputs and outputs for irrigated wheat production farms (MJ. ha⁻¹)

عنوان Title	میانگین انرژی (مگاژول در هکتار) Energy equivalent (MJ ha ⁻¹)
انرژی نهاده Input energy	
نیروی انسان Human labor	309.93
ماشین ها Machinery	1773.03
سوخت دیزل Diesel fuel	7379.98
کودهای شیمیایی Fertilizers	
نیتروژن (N) Nitrogen	14497.21
فسفر (P ₂ O ₅) Phosphate	896.14
پتاسه (K ₂ O) Potassium	125.66
ریزمغذی micro nutrient	280.56
سموم شیمیایی Pesticides	
علف کش Herbicides	249.39
حشره کش Insecticides	57.00
قارچ کش Fungicides	35.00
بذر Seed	6707.50
حمل و نقل Transport	485.63
الکتریسیته Electricity	990.00
آب مصرفی (m ³) Water for irrigation	5000.3
انرژی ستاده Output energy	
دانه گندم wheat grain	65016.06
کاه گندم Wheat straw	12365.35

سوخت دیزل با ۱۹/۰۳ درصد در رتبه دوم و بذر و آب مصرفی بترتیب با ۱۷/۲۹ و ۱۲/۹۰ درصد در رتبه‌های بعدی بیشترین درصد از انرژی ورودی را داشتند. الکتریسته با ۲/۵۵ درصد و سم‌های شیمیایی قارچ‌کش، علف‌کش و حشره‌کش بترتیب با ۰/۹۰، ۰/۱۵ و ۰/۷۲ کمترین درصد انرژی ورودی را داشتند (شکل ۱). دیگر محققان نیز نتایج مشابهی را مطرح کردند (Ghahrijani, 2007; Mansourian, 2005).

بترتیب ۳۹/۷۷۳۸۱ و ۰۷/۶۵۰۱۶ مگاژول در هکتار محاسبه گردید. این نتایج با پژوهش دیگر محققان همخوانی دارد (Zoghi-pour and torkamani, 2004).

نتایج بررسی سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید گندم آبی در شکل ۱، نشان داده شده است. کودهای شیمیایی در تولید گندم آبی، بالاترین انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. کود نیتروژن نیز با ۳۷/۳۸ درصد در بالاترین سطح بود.



شکل ۱- درصد سهم هر یک از انرژی‌های ورودی در تولید گندم آبی
Fig 1-The percent share of total mean energy inputs in irrigated wheat production

آمد. بهره‌وری انرژی در تولید دانه گندم ۰/۱۱۶ کیلوگرم بر مگاژول و مجموع کاه و دانه گندم ۰/۲۴۲ کیلوگرم بر مگاژول بود. افزوده انرژی خالص در تولید دانه گندم آبی ۲۶۲۶۰/۷۳ مگاژول بر هکتار و در تولید مجموع کاه و دانه گندم آبی ۳۸۶۲۶/۰۵ مگاژول بر هکتار بود (جدول ۶). با توجه به بررسی منبع‌ها، نتایج کلی نشان می‌دهد از نظر افزوده انرژی خالص، تولید گندم آبی در استان اردبیل در مقایسه با تولید آن در دیگر نقاط کشور مقرون به صرفه تر است. بررسی‌های محمدرضا صغری پور و همکاران در سال ۹۵ نشان داد که کل انرژی ورودی حدود ۴۱۹۲۱/۸ مگاژول در هکتار بوده و در بین نهاده‌های

از مجموع انرژی‌های ورودی، انرژی مستقیم حدود ۳۹/۸۸ درصد از کل انرژی‌های ورودی برای تولید یک هکتار گندم آبی و انرژی‌های غیرمستقیم ۶۰/۱۲ درصد را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در این میان سهم انرژی‌های تجدید پذیر و غیر تجدید پذیر بترتیب ۳۱/۰۱ و ۶۸/۹۹ درصد از کل انرژی‌های ورودی در سامانه تولید گندم آبی بودند (جدول ۵). این نتایج با پژوهش‌های دیگر محققان مطابقت دارد (Zoghi-pour and torkamani, 2004).

نتایج ارزیابی نشان داد کارایی مصرف انرژی برای عملکرد بیولوژیکی گندم (مجموع کاه و دانه) و عملکرد دانه بترتیب ۱/۶۷ و ۱/۹۹ به دست

جدول ۵- انواع انرژی‌های ورودی در تولید گندم آبی
Table 5. Energy forms in irrigated wheat production

نوع انرژی Type of energy	میانگین انرژی (مگاژول در هکتار) Energy equivalent (MJ ha ⁻¹)	درصد از کل Percent of total
Total input energy کل انرژی ورودی	38755.34	100
Direct energy انرژی مستقیم	15455.98	39.88
Indirect energy انرژی غیرمستقیم	23299.37	61.12
Renewable energy انرژی تجدیدپذیر	12018.12	31.01
Non renewable energy انرژی غیر تجدید پذیر	26737.22	68.99

جدول ۶- شاخص‌های انرژی در تولید گندم آبی
Table 6. Energy indices in irrigated wheat production

شاخص Index	واحد Unit	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
انرژی ورودی Input energy	MJ	38755.34	38755.34
انرژی خروجی Output energy	MJ	65016.07	77381.39
کارایی انرژی Energy ratio	-	1.67	1.99
بهره‌وری انرژی Energy productivity	Kg MJ ⁻¹	0.116	0.142
افزوده انرژی Net energy	MJ .hr ⁻¹	2626.73	3826.05

در جدول ۷ خلاصه شده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بررسی شده شامل CH₄، N₂O و CO₂ از مزرعه‌های گندم استان اردبیل بترتیب ۵۱۷/۱۴، ۱/۶۵ و ۱۲۷۱/۵۲ کیلوگرم در هکتار بود. میزان پتانسیل گرمایشی (GWP) ۱۶۱۶۲۰/۱۴ کیلوگرم CO₂eq در هکتار تخمین زده شد. سوخت فسیلی، الکتریسیته و ازت بترتیب با ۳۰/۲۹، ۲۶/۶۱ و ۳۸/۱۶ درصد بیشترین سهم را داشته است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از نهاده‌های مختلف و GHG آن‌ها در تولید گندم آبی در استان اردبیل نسبت به میزان گزارش شده توسط اصغری پور و همکاران در سال ۱۳۹۵ در استان کرمانشاه تا حدودی کمتر است (Asgharipour *et al.*, 2017). شیری و همکاران نیز در سال ۱۳۹۷ در بررسی چرخه حیات (LCA) نظام تولید ذرت در شرایط آبهوایی مغان گزارش کردند در میان شاخصهای محیط زیستی، بیشترین سهم نظام تولیدی ذرت بترتیب برای گروه‌های مؤثر اوتریفیکاسیون اکوسیستم خشکی و اسیدیته

ورودی انرژی، کود نیتروژن با ۳۸ درصد و پس از آن سوخت دیزل با ۱۳ درصد بیشترین سهم‌ها را دارا هستند. حدود ۳۵ درصد از کل انرژی مصرفی در تولید گندم انرژی مستقیم و ۵۹ درصد انرژی غیرمستقیم بود. در تحقیقی دیگر ملائی و همکاران کارایی مصرف انرژی برای تولید دانه گندم و عملکرد بیولوژیک بترتیب ۲/۲۹ و ۶/۲۳ در کشت و صنعت دشت نمدان اقلید برآورد کردند (Mullaei *et al.*, 2002). همچنین بنابر بررسی‌های کاناکسی و همکاران در ترکیه، بیشترین سهم از کل انرژی ورودی به مزرعه‌های گندم مربوط به کودهای شیمیایی، بذر و سوخت‌های فسیلی است که بترتیب ۵۴/۱، ۲۵/۲ و ۱۷/۴ را تشکیل می‌دهند (Canakci *et al.*, 2005). مطالعات و نتایج بررسی‌ها در سامانه کشت گندم آبی در استان اردبیل با نتایج دیگر محققان همخوانی دارد.

تجزیه و تحلیل انتشار GHGs و GWP در سامانه تولید گندم آبی
میزان انتشار GHGs برای نهاده‌های مختلف در مزرعه گندم

جدول ۷- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) از نهاده‌های مختلف و GHG آن‌ها در تولید گندم استان اردبیل
Table 7. Greenhouse gas (GHG) emission coefficients of agricultural inputs (kg ha⁻¹) and GHG in irrigated wheat production in Ardabil Province

نهاده Input	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	GWP	درصد گرمایش جهانی (%GWP)
سوخت دیزل Diesel fuel	466.57	9.17	0.68	476.43	26.61
الکتریسیته Electricity	35.19	507.15	0.01	542.35	30.29
نیتروژن Nitrogen	681.69	0.66	0.81	683.16	38.16
فسفر Phosphate	72.04	0.14	0.13	72.31	4.04
پتاس Potassium	7.51	0.0001	0.010	7.53	0.42
آفت‌کش Chemicals	8.51	<0.1	<0.1	8.52	0.48
مجموع انتشار Total dissemination	1271.52	517.14	1.65	-	-
پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)	1	310	21	-	-

برداشت می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ارزش ناخالص تولید و کل هزینه‌های تولید گندم آبی در استان اردبیل بترتیب ۵۹۲۶۸۷۹۲ و ۳۹۰۱۵۷۴۷ ریال در هکتار و نسبت فایده به هزینه ۱/۵۲ برآورد گردید (جدول ۸). در این بررسی ۵۴/۴۵ درصد از کل هزینه‌های تولید مربوط به هزینه‌های ثابت و ۴۵/۶ درصد مربوط به هزینه‌های متغیر بود. سود خالص حاصل ۲۳۶۹۱۲۹۹ ریال بود که نشان دهنده برخورداری از توجیه اقتصادی تولید گندم آبی در استان اردبیل بود.

و در میان گروه‌های تخلیه منابع، تخلیه منبع‌های فسیلی بیشترین تأثیر سوء محیط زیستی را در تولید ذرت در منطقه مغان داشتند (Shiri *et al.*, 2018). دیگر محققان نیز نتایج کم و بیش مشابهی را مطرح کردند (Haroni *et al.*, 2018).

تحلیل اقتصادی در نظام تولیدی گندم آبی در استان اردبیل

هزینه‌های تولید یک هکتار گندم آبی شامل هزینه‌های نیروی کارگری، آماده‌سازی زمین، نهاده‌ها، هزینه‌های کاشت، داشت و

جدول ۸ - تحلیل اقتصادی تولید یک هکتار گندم آبی در استان اردبیل
Table 8- Economic analysis of irrigated wheat production in Ardabil Province

اجزا هزینه و سود Cost and profit components	واحد Unit	ارزش Value
عملکرد دانه Grain yield	kg.ha ⁻¹	4490
قیمت فروش Selling price	Rial ha ⁻¹	13200
ارزش ناخالص تولید Gross value of production	Rial ha ⁻¹	59268792
هزینه متغیر تولید Variable production cost	Rial ha ⁻¹	17788747
هزینه ثابت Fixed cost	Rial ha ⁻¹	212267000
کل هزینه تولید Total production cost	Rial ha ⁻¹	39015747
کل هزینه تولید Total production cost	Rial kg ⁻¹	8689
سود ناخالص Gross profit	Rial ha ⁻¹	41480046
سود خالص Net profit	Rial ha ⁻¹	23691299
نسبت فایده به هزینه Benefit-Cost Ratio	-	1.52

بلکه سبب آلودگی منابع طبیعی و غیرارگانیک شدن محصولات کشاورزی مانند گندم می‌شود. بدین ترتیب، چنین به نظر می‌رسد که بتوان از روش‌های مختلف مدیریت نظام زراعی بر مبنای بهره‌گیری از اصول کم‌نهاد نظیر کاربرد انواع نهاده‌های آلی، کاشت گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن بصورت کشت مخلوط، کمترین خاک‌ورزی و کاهش مصرف انواع نهاده‌های شیمیایی برای کاهش اثرهای محیط زیستی این نظام تولیدی و تغییر اقلیم استفاده کرد و در نتیجه موجب کاهش سهم این تأثیرها شد.

پی‌نوشت‌ها

¹ Greenhouse Gas (GHG) Emission

² Global Warming Potential

³ Life Cycle Assessment

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد کل انرژی ورودی حدود 38750 MJ ha^{-1} بود. در بین نهاده‌های ورودی، انرژی کود نیتروژن و سوخت بترتیب با ۳۷/۴۱٪ و ۱۹/۰۴٪ بیشترین سهم را داشتند. سهم انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم بترتیب حدود ۳۹/۸۸٪ و ۶۰/۱۲٪/و انرژی‌های تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر بترتیب ۳۱/۰۱٪ و ۶۸/۹۹٪ بود. بهره‌وری انرژی بترتیب ۰/۱۱۶ و 0.242 kg MJ^{-1} برآورد گردید. کل انتشار CH_4 ، N_2O و CO_2 از مزرعه‌های گندم آبی بترتیب ۵۱۷/۱۴، ۱۶۵ و $1271.52 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ (GWP) ۱۶۱۶۲/۱۴ تخمین زده شد. بنابراین مصرف واحدهای اضافی کودها و سوخت‌های فسیلی نه تنها چیزی به انرژی خروجی اضافه نمی‌کند

- Almasi, M., Kiani, Sh. and Lovimi, N. 2008. Fundamentals of Agricultural Mechanization. fourth edition. Jangal Publication. Tehran. 293 p. (In Persian with English abstract).
- Anonymous .2016. Agricultural statistics center for information and communication Assistance of technology, Planning and Economic, Ministry of Agriculture. Volume 1: Crops. (In Persian with English abstract).
- Asgharipour, M. R. Salehi F. and Ahmadpou, M. 2017. Energy Consumption Pattern and Sensitivity Analysis of Irrigated Wheat Production Farms in Kermanshah. Environmental Sciences Vol.1 / No.14 / Spring 2017.
- Burhan, O., H. Akcaoz, and F. Cemal. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29: 39-51.
- 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, 655-666
- Darlington, D., 1997. What is efficient agriculture? Available at URL: <http://www.veganorganic.net/agri.htm>.
- Energy Balance Sheet, 2013. Assistance of Electricity and Energy Affairs. Planning Office
- Large power and energy. 254 p. (In Persian with English abstract).
- Erdal, G., K. Esengün, H. Erdal, and O. Gündüz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy: 35-41.
- Ghahrijjani, M., 2007. Determination of energy consumption of wheat germinated wheat in different levels of cultivation in West of Isfahan (Friedan and Fereydoun Shahr). Master's thesis. University of Tehran. (In Persian with English abstract).
- Ghorbani R, Mondani F, Amirmoradi S, Feizi H, Khorramdel S, Teimouri M, Aghel H. 2011. A case Study of energy use and Economical analysis of Irrigated and dryland.Wheat Production Systems. Applied Energy, 88(1), 283-288.
- Gundogmus, E., 2006. Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. Energy Conversion and Management 47.3351-3359.
- Haroni, S., Sheykhdavodi, M. and Kiani Deh Kiani. J M. 2018. Application of Artificial Neural Networks for Predicting the Yield and GHG Emissions of Sugarcane Production. Journal of Agricultural Machinery Vol. 8(2), 389-401.
- Kallivroussis, L., Natsis, A., Papadakis, G., 2002. The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosystems Engineering 81, 347-354.
- Kitani, O. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, volume 5. Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, St Joseph, MI.
- Kitani, O., T. Jungbluth, R. M. Peart, and A. Ramdani. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering, Volume 5: Energy and biomass engineering. American Society of Agricultural Engineers. ASAE.
- Kocheiki, A. 1994. Agriculture and Energy (Ecological Attitudes). Ferdowsi University Press, Mashad, Iran..(In Persian with English abstract).
- Kramer K J, Moll H C, Nonhebel S. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. Agriculture, Ecosystem and Environment; 1999;72:9-16.
- Mansourian, N. 2005. Study of energy efficiency in agricultural sector of Iran (Case study of Khorasan province). The 5th Iranian Agricultural Economics Conference. (In Persian with English abstract).
- Mullaeci, K., Kayhani, A., Karimi, M., Khairali Pour, K. and Ghasemi, M., 2009. Comparison of energy in rainfed wheat - Case study of Eghlid region. Iranian Journal of Agricultural Science. (in Farsi).
- Mysammy, MA, Ajab Shirchi, Ye. And Ranjbar, A. 2008. Energy consumption pattern in the production of some agricultural products and estimation of energy indices (case

- study in Bonab city). Fifth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. (In Persian with English abstract).
- Ovtit-Canavate, J. and J. L. Hernanz. 1999. Energy analysis and saving. In CIGR.
- Pachauri R. K. and Reisinger A. (eds) Climate change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. 2007;p. 341-412.
- Rafiee S, Avval SHM, Mohammadi A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35(8), 3301-3306.
- Shahin, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S., Karimi, M., 2008. Energy use and economical analysis of wheat production in Iran: A case study from Ardabil province. *Journal of Agri. Technology* 4, 77-88.
- Shiri, M.R., Ataei, R. and Golzardi, F. 2018. Life cycle assessment (LCA) for a maize production system under Moghan climatic conditions. *Environmental Sciences* Vol.16 / No.1 / Spring 2018 P.191-206
- Singh, G., S. Singh and J. Singh, 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion and Management*, Vol. 45, pp 453-465.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L., and Fixen, P. E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133(3-4): 247-266.
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., Jaggard, K., 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems* 85 (2), 101-119.
- Yilmaz, I., Akcaoz, H., Ozkan, B., 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy* 30, 145-155.
- Zoghipour, A. And Torkamani, J. 2004. Analysis of Data-Output Pattern of Energy in Iranian Agriculture. Department of Agricultural Economics. School of Agriculture. Shiraz university. (In Persian with English abstract).





Economic assessment of energy consumption and greenhouse gas emissions from wheat production in Ardabil Province

Jabraeil Taghinazhad,^{1*} Adel Vahedi² and Fayyaz Ranjbar¹

¹Department of Agricultural Engineering Research, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran

²Department of Agricultural Engineering Research, AREEO, karaj, Iran

Received: 2019.01.13 Accepted: 25.05.2019

Taghinazhad, J., Vahedi, A. and Ranjbar, F., 2019. Economic assessment of energy consumption and greenhouse gas emissions from wheat production in Ardabil Province. *Environmental Science*.17(3): 137-150.

Introduction: Today, the agricultural sector is dependent on energy consumption in order to respond to the growing demand for food and etc. The efficient use of inputs in agriculture lead to the sustainable production and help to reduce the fossil fuel consumption and greenhouse gases emission and save financial resources. Furthermore, detecting relationship between the energy consumption and the yield is necessary to approach the sustainable agriculture. It is generally accepted that many countries try to reduce their dependence to agricultural crop productions of other countries. The being Independent on agricultural productions lead to take more attention to modern methods and the objective of all these methods is increasing the performance with the efficient use of inputs or optimizing energy consumptions in agricultural systems. The purpose of this study was to determine the amount of inputs and production performance, energy inputs and energy consumption, energy indices, and the environmental impacts of wheat production systems.

Material and methods: This study was carried out in Ardabil province of Iran. To achieve these objectives, data were collected from 100 irrigated wheat farms selected from three counties including Parsabad, Bilesavar, and Ardabil during 2017-2018 using a random sampling method. Energy consumption in wheat production was calculated based on direct and indirect energy sources including human, diesel fuel, chemical fertilizers, pesticides, machinery, irrigation water, electricity and wheat stalk. Energy values were calculated by multiplying inputs and outputs per hectare by their coefficients of energy equivalents. Renewable energies include machinery, wheat stalk, chemical fertilizer while non-renewable energy consisted of machinery, chemical fertilizer, electricity and diesel fuel. Energy values were calculated by multiplying inputs and out-

*Corresponding Author: *Email Address:* taghinazhad55@gmail.com

puts per hectare by their coefficients of energy equivalents.

Results and discussion: The results indicated that the total energy input was 38755.34 MJ ha⁻¹, of which approximately 37.38% and 19.04% were produced from nitrogen fertilizers and diesel fuel, respectively. Approximately 39.03% of the total energy inputs used in wheat production was the direct energy, while the remaining 60.12% was indirect. Also, the results showed that energy use efficiency for grain production and biological yield of wheat was 1.67 and 1.99, respectively. Energy efficiency was estimated 0.116 and 0.142 MJ Kg⁻¹. Total emissions of CO₂, N₂O, and CH₄ from wheat farms were 1271.52, 517.14 and 1.65 kg ha⁻¹, respectively. Gross value of production and Total production cost Was obtained 52268792 and 39015747. Benefit-cost ratio was obtained 1.52 and fixed and variable production cost were 54.45 and 45.6, respectively.

Conclusion: The global warming potential was estimated 161620.14 kg CO₂e ha⁻¹. Direct, indirect, renewable, and non-renewable energy forms had positive impacts on the output level. It seems that management systems based on a low input system, including organic fertilizers, No tillage and minimum tillage, could be regarded as an alternative management strategy for reducing problematic environmental impacts.

Keywords: Energy efficiency, Inputs, Wheat, Global warming.