



دانشگاه گیلان  
دانشکده علوم کشاورزی

## تحقیقات غلات

دوره ششم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۵ (۳۶۶-۳۵۳)

# بررسی جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم دیم

زین‌العابدین امیدمهر<sup>\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۱

### چکیده

مصرف بی‌رویه انرژی در ایران و انتشار گازهای گلخانه‌ای، خطرهای زیادی برای محیط زیست و سلامت انسان به همراه دارد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر سه روش خاک‌ورزی در کشت گندم دیم (شامل کشت رایج، روش کم‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم) بر میزان مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست در منطقه کالپوش از توابع استان سمنان بود. جمع‌آوری داده‌ها به روش مصاحبه حضوری در ۳۰ مزرعه تولید گندم در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در سه بخش مصرف نهاده‌ها، انرژی نهاده‌های مصرفی و تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از انرژی مصرفی و روش خاک‌ورزی انجام شد. نتایج نشان داد که کل انرژی مصرفی ناشی از کاربرد نهاده‌ها در سه روش کشت بین ۱۸۷۱۳-۱۳۹۰۰ مگاژول بر هکتار متغیر بود. در روش کشت رایج، سوخت بیشترین سهم انرژی ورودی (۳۷/۸ درصد) را در مقایسه با سایر نهاده‌ها داشت و کود ازت (۲۶/۵ درصد) و بذر (۱۷/۴ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. بیشترین و کمترین مقدار ظرفیت گرمایش جهانی به ترتیب مربوط به کشت رایج (۱۱۷۱۳ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار) و کشت مستقیم (۲۷۲۱ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار) بود. روش کم‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد را داشتند، اما اختلاف عملکرد آن‌ها معنی‌دار نبود. در مقابل، بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری اقتصادی به ترتیب مربوط به کشت مستقیم (۰/۲۱) و روش رایج (۰/۱۶) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم)، می‌توان مصرف سوخت، انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش و بهره‌وری انرژی و اقتصادی را افزایش داد، بدون آن‌که کاهش معنی‌داری در عملکرد گندم ایجاد شود.

**واژه‌های کلیدی:** بازده انرژی، بهره‌وری اقتصادی، خاک‌ورزی، ظرفیت گرمایش جهانی

۱- عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران

\* نویسنده مسئول: [zshamabadi@gmail.com](mailto:zshamabadi@gmail.com)

## مقدمه

امروزه تغییر اقلیم به عنوان بزرگ‌ترین چالش زیست محیطی و توسعه شناخته شده است. همچنین تغییر اقلیم فرصت‌های توسعه پایدار را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. اثرات تغییر اقلیم موجب افزایش دمای هوا و افت عملکرد محصول می‌شود. این عوامل موجب ضررهای اقتصادی شده است و به همین دلیل باید انتشار گازهای گلخانه‌ای بایستی کنترل شود (Pandey and Agrawal, 2014). به‌دلیل رشد روزافزون جمعیت، و افزایش تقاضا برای غذا و تولیدات کشاورزی، مصرف انرژی در این بخش به شدت افزایش یافته است. کمیابی منابع انرژی، افزایش قیمت جهانی و حامل‌های انرژی نگرانی‌های جهانی و مقوله توسعه پایدار موجب شده است تا راهکارهایی برای مصرف بهینه انرژی در بخش کشاورزی اتخاذ شود (Mehrabi-Boshraadi and Esmaaeli, 2012).

با توسعه مکانیزاسیون کشاورزی، استفاده از انرژی ماشینی (سوخت دیزل) در مراحل مختلف تولید افزایش یافته است. با توجه به این‌که آماده‌سازی زمین از عملیات سنگین و انرژی‌خواه می‌باشد، سهم توان ماشینی در تامین انرژی موردنیاز خاک‌ورزی همواره افزایش داشته و در مقابل سهم کارگری کاهش داشته است (Almassi et al., 2008).

امروزه کشاورزان به دلایل اقتصادی و زیست محیطی، تمایل زیادی به استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی دارند. منافع اقتصادی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل ایجاد پایداری در تولید محصول، حفظ رطوبت خاک و صرفه جویی در مصرف سوخت و نیروی کارگری و انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای مورد توجه قرار گرفته است (Neugschwandtner et al., 2015). در تولید گندم خاک‌ورزی حفاظتی با گاوآهن چپزل در مقایسه با شخم رایج با گاوآهن برگرداندار، زمان انجام عملیات و مصرف سوخت را ۸۵ درصد کاهش می‌دهد (Moitzi et al., 2013). با توجه به مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی بویژه سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مهم و حیاتی مستثنی نیست (Rajabi et al., 2011). نتایج آزمایشی در خصوص انرژی مصرفی در تولید گندم دیم در ساوه نشان داد که مصرف سوخت در کشت گندم دیم ۷۴ لیتر در هکتار بوده است و بیشترین مصرف سوخت به

عملیات خاک‌ورزی (۵۹ درصد) مربوط بوده است (Safa and Tabatabaeefar, 2008).

نتایج آزمایشی در خصوص اثر خاک‌ورزی بر عملکرد گندم نشان داد که میانگین عملکرد گندم در تیمارهای گاوآهن قلمی و برگرداندار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود، ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. با توجه به مصرف انرژی کمتر و افزایش سرعت انجام عملیات خاک‌ورزی توسط گاوآهن قلمی، جایگزین مناسبی به جای گاوآهن برگرداندار می‌باشد (Eshaqbeigi, 2009). تحقیقات نشان داده است که تعداد و زمان انجام عملیات خاک‌ورزی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای موثر است. عملیات خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی رایج موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Pandey et al., 2013).

از یک سو رشد بخش کشاورزی در ایران در دوره ۱۳۸۷-۱۳۸۵ با افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی همراه بوده است. از سوی دیگر، سهم بالای کربن در سوخت‌های فسیلی مورد مصرف بخش کشاورزی، باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. از این رو به منظور کاهش و کنترل میزان انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در بخش کشاورزی، توجه به ترکیبات سوخت‌های فسیلی و سهم سوخت‌های فسیلی در انرژی مصرفی این بخش ضروری است (Khalili-Araqi et al., 2013).

اثر سوء فعالیت‌های کشاورزی بر محیط‌زیست همواره در حال افزایش است. مصرف سوخت‌های فسیلی، افزایش بهای انرژی و دخالت بشر در تغییر اقلیم و گرم شدن زمین بخش زیادی به کشاورزی مربوط می‌شود. به این دلیل استفاده بهینه از انرژی در کشاورزی یکی از شرایط کشاورزی پایدار است، زیرا آن موجب صرفه‌جویی در هزینه، کاهش مصرف سوخت‌های سوخت‌های فسیلی و آلودگی هوا می‌شود (Hussaini, 2011).

مقدار ظرفیت گرمایش جهانی ناشی از تولید گندم در استان گلستان بین ۹۲۳-۲۶۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار متغیر بود که معادل ۲۷۱/۵-۱۰۳/۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن به ازای هر تن گندم بود. در بین فعالیت‌های مختلف زراعی، کود نیتروژن با میانگین ۲۹۱ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار بیشترین مقدار را از نظر گرمایش جهانی به خود اختصاص داد. مصرف سوخت برای انجام عملیات زراعی نیز با میانگین

میامی استان سمنان اجرا شد: ۱- ارزیابی میزان انرژی مصرفی در سه روش مختلف تولید گندم، ۲- برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی، ۳- ارزیابی راهکارهایی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیط‌زیست.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سه روش کشت گندم دیم (کشت رایج، روش کم‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم) بر میزان مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای (آلودگی محیط زیست) ناشی از مصرف انرژی و روش خاک‌ورزی، این آزمایش در منطقه کالپوش از توابع شهرستان میامی استان سمنان انجام شد. این منطقه در قسمت جنوب شرقی رشته کوه البرز قرار گرفته و دارای خاک با بافت لومی رسی می‌باشد. عملیات کشت رایج شامل (شخم با گاوآهن برگرداندار+دیسک)، کم‌خاک‌ورزی (شخم با خاک‌ورز مرکب) و کاشت مستقیم (کشت در زمین شخم‌نخورده) می‌باشند. جمع‌آوری داده‌ها از طریق تکمیل فرم با مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه، کارشناسان بخش اجرا و شرکت‌های خدمات مکانیزه، در دوره زراعی ۹ ماهه (از پاییز سال ۱۳۹۱ تا تابستان سال ۱۳۹۲) در ۳۰ مزرعه تولید گندم جمع‌آوری شد. برای تعیین حجم نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی طبق رابطه (۱) استفاده شد (Ekwere and Edem, 2014):

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (1)$$

که در آن،  $n$  تعداد افراد نمونه،  $N$  تعداد افراد جامعه و  $e$  احتمال دقت آزمایش (۵ درصد) است.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان سوخت مصرفی تراکتور، از روش باک پر استفاده شد، به‌این ترتیب که قبل و بعد از انجام عملیات زراعی، مخزن سوخت تراکتور پر و میزان سوخت مصرفی با اندازه‌گیری میزان سوخت اضافه شده به مخزن بعد از اتمام عملیات، مشخص شد. زمان انجام عملیات نیز با استفاده از کرومومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری زمان انجام عملیات و سوخت مصرفی از کرت‌های استاندارد (به ابعاد  $۶۶/۵ \times ۱۰۵$  متر) استفاده شد (Sessiz et al., 2008).

راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص به‌ترتیب با استفاده از روابط ۲ تا ۵ محاسبه شدند (Feyzbakhsh and Soltani, 2013):

۲۱۳ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار در جایگاه بعدی قرار گرفت (Rajabi et al., 2012). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که در ایران بازده انرژی، از ۲/۵۲ در سال ۱۳۵۰ به ۱/۳۲ در سال ۱۳۸۶ کاهش یافته است. نسبت فوق تا سال ۱۳۶۲ دارای روندی نزولی بوده و برای بقیه سال‌ها تقریباً ثابت و متوسط کارایی انرژی در کشاورزی در این دوره ۱/۴۲ بوده است (Mehrabi-Boshrabadi and Esmaaeli, 2012).

میزان مصرف انواع انرژی‌های فسیلی در بخش کشاورزی در سال‌های اخیر روند رو به رشدی داشته است. با توجه به ارتباط بین مصرف انرژی‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه  $CO_2$ ، در صورت عدم توجه به این بخش، بالا خواهد بود. آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که سرانه انتشار  $CO_2$  در ایران از ۳/۶ تن در سال ۱۹۹۰ به ۶/۹ تن در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است (IEA, 2009). نتایج مطالعات پژوهشی در مزارع ایرلند نشان داد که استفاده از کشاورزی حفاظتی (خاک‌ورزی حفاظتی)، میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن را به‌میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داد (Geraghty, 2008). یکی از روش‌های غالب افزایش تولید محصول، استفاده از مقدار زیادی از انرژی، به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم به شکل سوخت، انرژی الکتریکی و کود است. طی ۷۵ سال گذشته، مصرف انرژی‌های فسیلی در تولید محصولات کشاورزی، بیش از ۱۰۰ برابر افزایش یافته است. با توجه به افزایش قیمت نهاده‌های تولید، یکی از روش‌های مهم برای کاهش هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی، کاربرد صحیح این نهاده‌ها و صرفه‌جویی در مصرف آن‌ها از جمله سوخت است (Haj-Seyed-Hadi, 2012).

با توجه به اینکه در سند ملی محیط‌زیست ایران، توجه ویژه‌ای به بهره‌برداری صحیح، حفاظت از محیط‌زیست و حقوق نسل امروز و فردا شده و حتی به اخذ مالیات سبز از عوامل ایجاد آلودگی و تخریب منابع طبیعی با توجه به فرآیند تولید محصول اشاره شده و علاوه بر آن، بر رعایت و پایبندی به توافقات و پروتکل‌های بین‌المللی در خصوص کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تاکید شده است، از این‌رو ارزیابی انرژی مصرفی و آثار زیست‌محیطی آن بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم لازم و ضروری است. بنابراین، با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش جهت دستیابی به اهداف زیر در تولید گندم دیم، در منطقه کالپوش از توابع شهرستان

و تحلیل اقتصادی تولید گندم، نسبت هزینه به فایده و بهره‌وری با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Zahedi *et al.*, 2014).

$$G_r = V_G - C_v \quad (۶)$$

که در آن،  $G_r$  بازده ناخالص (هزار ریال در هکتار)،  $V_G$  درآمد ناخالص (هزار ریال در هکتار)،  $C_v$  هزینه‌های متغیر شامل هزینه بذر، کود و سموم شیمیایی، عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت و حمل و نقل (هزار ریال در هکتار) هستند. درآمد ناخالص (هزار ریال در هکتار) نیز بر اساس رابطه (۷) به‌دست آمد:

$$V_G = W_y \times V_w \quad (۷)$$

که در آن،  $W_y$  عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) و  $V_w$  قیمت واحد محصول (هزار ریال بر کیلوگرم) می‌باشد. درآمد خالص با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$N_r = V_G - C_t \quad (۸)$$

که  $N_r$  درآمد خالص (هزار ریال بر هکتار) و  $C_t$  کل هزینه تولید (هزار ریال بر هکتار) است. هزینه تولید نیز بر اساس رابطه ۹ محاسبه شد:

$$C_t = C_v + C_f \quad (۹)$$

که در آن،  $C_t$  کل هزینه تولید (هزار ریال در هکتار) و  $C_f$  هزینه‌های ثابت است. سپس، نسبت فایده به هزینه از نسبت درآمد ناخالص به کل هزینه تولید (رابطه ۱۰) و بهره‌وری اقتصادی از نسبت عملکرد محصول به کل هزینه تولید (رابطه ۱۱) محاسبه شد:

$$R_{B/C} = \frac{V_G}{C_t} \quad (۱۰)$$

$$E_p = \frac{Y}{C_t} \quad (۱۱)$$

داده‌ها در سه بخش انرژی مصرفی و تولیدی، انرژی نهاده‌های مصرفی و تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی و روش خاک‌ورزی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. داده‌های مربوط به انرژی ورودی و عملکرد گندم توسط نرم‌افزار صفحه گسترده اکسل ۹ مورد ارزیابی قرار گرفت (Mohammadi and Omid, 2010).

$$E_E = \frac{E_o}{E_I} \quad (۲)$$

$$E_P = \frac{Y}{E_I} \quad (۳)$$

$$E_T = \frac{E_I}{Y} \quad (۴)$$

$$N_e = E_o - E_I \quad (۵)$$

در این روابط،  $E_E$  بازده انرژی (درصد)،  $E_O$  انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)،  $E_I$  انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)،  $E_P$  بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)،  $Y$  عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)  $E_T$  شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم) و  $N_e$  انرژی خالص (مگاژول بر هکتار) است. مقدار انرژی ورودی از حاصل‌ضرب مقدار نهاده‌های مصرفی در معادل انرژی آن‌ها (جدول ۱) و انرژی تولیدی گندم نیز از حاصل‌ضرب عملکرد در معادل انرژی آن محاسبه شد.

برای محاسبه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از انرژی نهاده‌های مصرفی از نتایج محاسبه انرژی نهاده‌های مصرفی برای تولید گندم در هر روش، استفاده شد (DE., 2014). سپس با استفاده از ضرایب تولید گازهای  $CO_2$ ،  $N_2O$  و  $CH_4$  به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم  $CO_2$ ، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل  $CO_2$  محاسبه شدند (Rajabi *et al.*, 2012). میزان انتشار گاز  $CO_2$  ناشی از مصرف مواد آلی بعد از شخم با گاوآهن برگرداندار، خاک‌ورز حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی، به‌ترتیب ۹۱۸۱، ۴۶۰۰ و ۱۸۴۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد (Reicosky and Lindstorm, 1993).

برای تجزیه و تحلیل اقتصادی، از روش آنالیز ورودی-خروجی استفاده شد. این فرآیند شبیه تجزیه و تحلیل انرژی است. یک هکتار مزرعه آزمایشی، واحد پایه برای تجزیه و تحلیل بود. هزینه‌های تولید گندم شامل هزینه‌های ثابت و متغیر هستند که هزینه‌های ثابت شامل اجاره زمین، آب و تاسیسات زیربنایی و هزینه‌های متغیر شامل هزینه‌های جاری انجام عملیات، مواد شیمیایی (کود و سم)، نیروی کارگری و الکتریسیته هستند. درآمد اقتصادی گندم شامل عملکرد دانه و کاه و کلش است. تمام قیمت‌ها بر اساس قیمت روز در سال ۱۳۹۲ هستند. تجزیه

جدول ۱- محتوای انرژی ورودی‌ها و خروجی‌ها در تولید گندم دیم

Table 1. Energy content of inputs and outputs in drayland wheat production

منبع	واحد	هم‌ارزی انرژی	نهاده
Reference	Unit	Energy equivalent	Input
<b>a. Inputs (الف) ورودی‌ها</b>			
Haj-Seyed-Hadi, 2012	ساعت (Hour)	1.96	نیروی کارگری
Singh <i>et al.</i> , 2007	ساعت (Hour)	62.7	ماشین‌های کشاورزی
Singh <i>et al.</i> , 2007	لیتر (Liter)	47.8	سوخت
Singh <i>et al.</i> , 2007	کیلوگرم (kg)	14.8	بذر
<b>Toxicants سموم شیمیایی</b>			
Mirhaji <i>et al.</i> , 2014	لیتر (Liter)	238	علف‌کش
Mirhaji <i>et al.</i> , 2014	لیتر (Liter)	101.2	آفت‌کش
Mirhaji <i>et al.</i> , 2014	لیتر (Liter)	2.6	قارچ‌کش
<b>Chemical fertilizers کودهای شیمیایی</b>			
Ozkan <i>et al.</i> , 2004	کیلوگرم (kg)	66.14	نیترژن
Ozkan <i>et al.</i> , 2004	کیلوگرم (kg)	12.44	فسفر
Ozkan <i>et al.</i> , 2004	کیلوگرم (kg)	11.15	پتاسیم
<b>b. Output (ب) خروجی</b>			
Singh <i>et al.</i> , 2007	کیلوگرم (kg)	14.8	دانه گندم

## نتایج و بحث

مقادیر نهاده‌های مختلف جهت تولید محصول گندم در هکتار در هر یک از روش‌های زراعی در جدول ۲ نشان شده است. بیشترین و کمترین میزان مصرف سوخت و ساعت کار ماشین‌ها به ترتیب مربوط به روش مرسوم و کاشت مستقیم می‌باشد. مصرف سوخت و ساعت کار بیشتر در روش مرسوم بدلیل انجام عملیات سنگین شخم و تعداد عملیات بیشتر در مقایسه با کاشت مستقیم می‌باشد. مقادیر انرژی ورودی نهاده‌های مختلف و سهم هر کدام در روش‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان انرژی مربوط به هر از نهاده‌ها از حاصل ضرب مقدار مصرف در هم‌ارز انرژی هر نهاده (جدول ۱) محاسبه شد. نتایج برآورد سوخت مصرفی نشان داد که میزان مصرف سوخت در هر سه روش به دلیل کاربرد بیشتر ماشین‌ها در مزرعه به مرتب بالاتر از سایر نقاط جهان بود (هرچند که سوخت مصرفی در روش کاشت مستقیم به علت کاربرد کمتر ماشین‌ها کمترین مقدار را داشت).

همچنین نتایج جدول ۳ نشان داد که بین میزان کاربرد و سوخت مصرفی ماشین‌ها در مزرعه رابطه مستقیمی وجود دارد. روش رایج با بیشترین کاربرد ماشین‌های کشاورزی، بیشترین مقدار مصرف سوخت و بیشترین مقدار انرژی (۱۸۷۱۲/۸ مگاژول در هکتار) را به خود اختصاص داده است،

درحالی‌که روش کشت مستقیم با کمترین کاربرد ماشین‌ها، مصرف سوخت و انرژی معادل (۱۳۹۰۰ مگاژول در هکتار) را داشت. رجبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2012) نیز میزان مصرف سوخت را بین ۵۳ تا ۱۲۳ لیتر در هکتار و همچنین انرژی سوخت مصرفی را بین ۲۰۲۶ و ۴۶۶۴ مگاژول در هکتار گزارش کردند. مصرف بیشتر انرژی سوخت مصرفی و عملیات مکانیزه در روش رایج مربوط به انجام تعداد عملیات بیشتر و انرژی‌خواه شخم (مصرف بیشتر سوخت) در مقایسه با کشت مستقیم می‌باشد. پژوهشگران دیگر میزان سوخت و انرژی مصرفی در روش رایج را نسبت به روش کم‌خاک‌ورزی دو برابر گزارش کردند (Razzaqi *et al.*, 2008; Abbasi *et al.*, 2009). در روش کاشت رایج، سوخت بیشترین سهم انرژی ورودی (۳۷/۸ درصد) را در مقایسه با سایر نهاده‌ها داشت. نتایج مشابه‌ای توسط مرینی و همکاران (Mrini *et al.*, 2002) گزارش شد. زیاده‌روی در استفاده از ماشین‌های کشاورزی و انجام عملیات متعدد، عامل اصلی افزایش مصرف سوخت است. نتایج مشابه‌ای توسط پژوهشگران دیگر گزارش شده است (Yosefi *et al.*, 2009). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که روش رایج بیشترین مصرف سوخت و انرژی را دارد. نتایج مشابه‌ای قبلاً توسط عجاشیرچی و همکاران (Ajashirchy *et al.*, 2011) گزارش شد.

جدول ۲- میزان نهاده‌های مصرفی جهت تولید گندم در یک هکتار در روش‌های مختلف تولید

Table 2. Input contributions in wheat production per hectare in various production methods

وردی Input	واحد Unit	کشت مستقیم		
		کشت مستقیم Direct seeding	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	کشت رایج Conventional tillage
Fuel	سوخت لیتر در هکتار (L.ha <sup>-1</sup> )	70	97	148
Seed	بذر کیلوگرم در هکتار (Kg.ha <sup>-1</sup> )	160	180	220
Human labor	نیروی انسانی ساعت در هکتار (H.ha <sup>-1</sup> )	50	80	130
<b>Fertilizers and toxicants</b> کودها و سموم شیمیایی				
Nitrogen	کود نیتروژن کیلوگرم در هکتار (Kg.ha <sup>-1</sup> )	75	75	75
Phosphate	کود فسفر کیلوگرم در هکتار (Kg.ha <sup>-1</sup> )	30	30	30
Potassium	پتاسیم کیلوگرم در هکتار (Kg.ha <sup>-1</sup> )	50	50	50
Herbicide	علف‌کش لیتر در هکتار (L.ha <sup>-1</sup> )	3	1.5	-
Pesticide	آفت‌کش لیتر در هکتار (L.ha <sup>-1</sup> )	1	1	1
<b>Farming operations</b> عملیات زراعی				
Plowing	شخم مرتبه (Time)	-	1	1
Disking	دیسک مرتبه (Time)	-	-	2
Land leveling	لولر مرتبه (Time)	-	1	1
Sowing	کاشت مرتبه (Time)	1	1	1
Fertilization	کوددهی مرتبه (Time)	1	1	1
Herbicide application (pre-culture)	پخش علف‌کش (پیش‌کاشت) مرتبه (Time)	1	-	-
Herbicide application (post-culture)	پخش علف‌کش (پس از کاشت) مرتبه (Time)	1	1	1
Pesticide application	پخش آفت‌کش مرتبه (Time)	1	1	1
Fertilization (post-culture)	کود سرک مرتبه (Time)	2	2	2
Harvesting	برداشت مرتبه (Time)	1	1	1
Transport	حمل و نقل مرتبه (Time)	1	1	1

به مزرعه ناشی از مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد. نتایج مشابهی توسط پژوهشگران دیگر گزارش شده است (Mrini *et al.*, 2002).

مقادیر انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم و سهم هر کدام در روش‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. سوخت و نیروی انسانی در بخش انرژی مصرفی مستقیم ارائه شده‌اند. انرژی سوخت مصرفی در عملیات زراعی (آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت) می‌باشد. از نظر انرژی ورودی مستقیم، روش‌های کشت رایج و مستقیم به ترتیب با ۳۹/۲ و ۲۴/۸ درصد بیشترین و کمترین سهم را داشتند. نتایج مشابه نشان داد که استفاده از ماشین‌های کشاورزی در مزارع مکانیزه عامل اصلی افزایش مصرف سوخت می‌باشد (Borin *et al.*, 1997; Strapatsa *et al.*, 2006; Tipi *et al.*, 2009).

در مقایسه با سایر نهاده‌ها، کود نیتروژن بیشترین سهم انرژی ورودی را در روش‌های کم‌خاک‌ورزی (۳۱/۷ درصد) و کاشت مستقیم (۳۵/۷ درصد) به خود اختصاص داد. دلیل آن بالا بودن نسبی هم‌ارز انرژی و مصرف کود ازت در زراعت گندم می‌باشد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Ulger *et al.*, 1993; Diepenbrock, 2001; Safa and Tabatabaeefer, 2008). با انجام آزمون خاک و مدیریت مصرف کود نیتروژن می‌توان میزان مصرف انرژی ورودی را کاهش داده و بهره‌وری انرژی را افزایش داد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، اگرچه برای ساخت هر کیلوگرم انواع سموم شیمیایی انرژی فراوانی به مصرف می‌رسد، اما چون حجم مصرفی سموم در زراعت به مراتب کمتر از کود شیمیایی است، بیشترین انرژی غیرمستقیم وارد شده

جدول ۳- مقادیر انرژی ورودی بر حسب مگاژول بر هکتار به تفکیک در هر روش تولید گندم

Table 3. Input energies (MJ.ha<sup>-1</sup>) in farming operations for each wheat production method

ورودی Input		کشت مستقیم		کم‌خاک‌ورزی		کشت رایج	
		Direct seeding		Reduced tillage		Conventional tillage	
		میانگین Mean	درصد Percent	میانگین Mean	درصد Percent	میانگین Mean	درصد Percent
Fuel	سوخت	3346	24.07	4636.6	29.61	7074.4	37.80
Seed	بذر	98	0.71	156.8	1.00	254.8	1.36
Human labor	نیروی انسانی	2368	17.04	2664	17.01	3256	17.40
N-fertilizer	کود ازت	4960.5	35.69	4960.5	31.68	4960.5	26.51
P-fertilizer	کود فسفر	373.2	2.68	373.2	2.38	373.2	1.99
K-fertilizer	پتاسیم	557.5	4.01	557.5	3.56	557.5	2.98
Herbicide	علف‌کش	714	5.14	357	2.28	0	0.00
Pesticide	آفت‌کش	101.2	0.73	101.2	0.65	101.2	0.54
Plowing	شخم	0	0.00	172.7	1.10	219.8	1.17
Disking	دیسک	0	0.00	0	0.00	188.4	1.01
Land leveling	لولر	0	0.00	94.2	0.60	94.2	0.50
Sowing	کاشت	94.2	0.68	94.2	0.60	94.2	0.50
Fertilizer application	پخش کود	94.2	0.68	94.2	0.60	94.2	0.50
Herbicide application	پخش علف‌کش	125.6	0.90	94.2	0.60	0	0.00
Pesticide application	پخش آفت‌کش	94.2	0.68	94.2	0.60	94.2	0.50
Fertilizer application	کود سرک	94.2	0.68	94.2	0.60	94.2	0.50
Harvesting	برداشت	125.6	0.90	125.6	0.80	125.6	0.67
Transport	حمل و نقل	62.8	0.45	62.8	0.40	62.8	0.34
Tractor	تراکتور	690.8	4.97	926.3	5.92	1067.6	5.71
Total	کل	13900	100.00	15659.4	100.00	18712.8	100.00

کاشت مستقیم با وجود عملکرد کمتر، به دلیل مصرف کمتر انرژی نسبت به دو روش دیگر دارای بازده انرژی بالاتر است. گرچه اختلاف میزان عملکرد و انرژی خروجی دانه در روش‌های مختلف معنی‌دار نیست، ولی چون انرژی مصرفی در روش رایج خیلی بیشتر از دو روش دیگر است، بنابراین میزان بهره‌وری انرژی در کشت رایج (۰/۱) از دو روش دیگر کمتر است (جدول ۵). دلیل این امر سهم زیاد انرژی سوخت و ماشین‌ها در روش مرسوم نسبت به روش‌های حفاظتی می‌باشد. فیض‌بخش و سلطانی ( Feyzbakhsh and Soltani, 2013) نیز یکی از دلایل افزایش راندمان در سیستم‌های کشاورزی را مصرف کمتر نهاده‌ها معرفی کردند.

انرژی مورد نیاز برای تهیه و تولید کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، بذر و ماشین‌های کشاورزی در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم قرار گرفتند. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع گندم مربوط به سوخت و غیرمستقیم مربوط به کود نیتروژن است. نتایج مشابه‌ای قبلاً توسط مهربانی‌بشرآبادی و اسماعیلی ( Mehrabi-Boshrabadi and Esmaeili, 2012) و کاناکسی و همکاران (Canakci et al., 2005) نیز گزارش شده است.

مقادیر انرژی ورودی، خروجی و روابط انرژی در جدول ۴ نشان داده شده است. میانگین بازده انرژی در سه روش کاشت رایج، کم‌خاک‌ورزی و مستقیم گندم به ترتیب ۱/۴۶، ۱/۷۹ و ۱/۹ درصد بود که از این میان

جدول ۴- مقادیر انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم بر حسب مگاژول بر هکتار در هر روش تولید گندم  
Table 4. Direct and indirect input energies (MJ.ha<sup>-1</sup>) for each wheat production method

ورودی Input	کشت مستقیم		کم خاک‌ورزی		کشت رایج		
	Direct seeding		Reduced tillage		Conventional tillage		
	میانگین Mean	درصد Percent	میانگین Mean	درصد Percent	میانگین Mean	درصد Percent	
<b>انرژی مستقیم</b>							
Direct energy							
Fuel سوخت	3346	24.07	4636.6	29.61	7074.4	37.80	
Human labor نیروی انسانی	2368	17.04	2664	17.01	3256	17.40	
Total کل	3444.00	24.78	4793.40	30.61	7329.20	39.17	
<b>انرژی غیرمستقیم</b>							
Indirect energy							
Seed بذر	2368.00	17.04	2664.00	17.01	3256.00	17.40	
N-fertilizer کود نیتروژن	4960.50	35.69	4960.50	31.68	4960.50	26.51	
P-fertilizer کود فسفر	373.20	2.68	373.20	2.38	373.20	1.99	
K-fertilizer پتاسیم	557.50	4.01	557.50	3.56	557.50	2.98	
Herbicide علف‌کش	714.00	5.14	357.00	2.28	0.00	0.00	
Pesticide آفت‌کش	101.20	0.73	101.20	0.65	101.20	0.54	
Transport حمل و نقل	62.80	0.45	62.80	0.40	62.80	0.34	
ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery	1318.80	9.49	1789.80	11.43	2072.40	11.07	
Total کل	10456.00	75.22	10866.00	69.39	11383.60	60.83	

می‌یابد. نتایج مشابه‌ای توسط سایر پژوهشگران گزارش شد (Borin *et al.*, 1997).

ظرفیت گرمایش جهانی در روش‌های مختلف تولید گندم در جدول ۶ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار ظرفیت گرمایش جهانی به ترتیب مربوط به کشت رایج (۱۱۷۱۲/۷ کیلوگرم CO<sub>2</sub> در هکتار) و کشت مستقیم (۳۷۲۰/۷ کیلوگرم CO<sub>2</sub> در هکتار) بود. دلیل این موضوع افزایش قابل ملاحظه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از برگردانی خاک و مصرف سوخت بیشتر در روش رایج در مقایسه با روش کشت مستقیم می‌باشد. خلیلی‌عراقی و همکاران (Khalili-Araqi *et al.*, 2013) و ریکاسکی و لینداستورم (Reicosky and Lindstorm, 1993) نتایج مشابهی را گزارش کردند. همچنین مرینو و همکاران (Merino *et al.*, 2004) گزارش کردند که بیشتر جریان‌ات آزادسازی دی‌اکسید کربن بعد از آماده‌سازی زمین می‌باشد. ارقام GWP محاسبه شده در این مطالعه نسبت به ارقام گزارش شده توسط سایر محققین کمتر می‌باشد. علت آن مطالعه تولید گندم در شرایط دیم (عدم نیاز به آبیاری و انرژی لازم برای پمپاژ آب) می‌باشد.

مصرف سوخت و انرژی بیشتر در سال‌های گذشته به دلیل سهولت دسترسی و کم بودن بهای آن بوده است. میانگین بهره‌وری انرژی در سه روش کاشت رایج، کم‌خاک‌ورزی و مستقیم گندم به ترتیب ۰/۱، ۰/۱۲ و ۰/۱۳ کیلوگرم بر مگاژول بود که از این میان کاشت مستقیم با وجود عملکرد کمتر، به دلیل مصرف کمتر انرژی نسبت به دو روش دیگر دارای بهره‌وری بالاتر است. همچنین بوناری و همکاران (Bonari *et al.*, 1995) نیز گزارش کردند که کم‌خاک‌ورزی و کاشت مستقیم موجب کاهش قابل توجه در انرژی مصرفی شد، در حالی که عملکرد گندم تغییر قابل توجهی نداشت.

میانگین شدت انرژی در سه روش کاشت رایج، کم‌خاک‌ورزی و مستقیم گندم به ترتیب ۱۰/۱، ۸/۲۷ و ۷/۷۹ مگاژول بر کیلوگرم بود که از این میان کاشت مستقیم با وجود عملکرد کمتر، به دلیل مصرف کمتر انرژی نسبت به دو روش دیگر دارای بازده انرژی بالاتری بوده است. بدیهی است که شدت انرژی مصرفی متناسب با شدت عملیات خاک‌ورزی است. با کاهش عملیات خاک‌ورزی، مصرف سوخت و شدت مصرف انرژی کاهش



جدول ۵- مقادیر انرژی ورودی، خروجی بر حسب مگاژول بر هکتار و شاخص‌های انرژی در سه روش تولید گندم

Table 5. Input and output energies (MJ.ha<sup>-1</sup>) and energy indices for three wheat production method

Energy type	نوع انرژی	کشت مستقیم	کم‌خاک‌ورزی	کشت رایج
		Direct seeding	Reduced tillage	Conventional tillage
<b>Inputs</b>		<b>ورودی‌ها</b>		
Direct (MJ.ha <sup>-1</sup> )	مستقیم (مگاژول بر هکتار)	3444	4793.40	7329.2
Indirect (MJ.ha <sup>-1</sup> )	غیرمستقیم (مگاژول بر هکتار)	10456.00	10866.00	11383.60
Total (MJ.ha <sup>-1</sup> )	کل (مگاژول بر هکتار)	13900.00	15659.40	18712.80
Reproducible (MJ.ha <sup>-1</sup> )	تجدیدپذیر (مگاژول بر هکتار)	2466.00	2820.80	3510.80
Non-reproducible (MJ.ha <sup>-1</sup> )	تجدیدناپذیر (مگاژول بر هکتار)	11434.00	12838.60	15202.00
<b>Outputs</b>		<b>خروجی‌ها</b>		
Seed yield (Kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	1785.00	1894.00	1852
Seed energy (MJ.ha <sup>-1</sup> )	انرژی خروجی دانه (مگاژول بر هکتار)	26418	28031.2	27409.6
Energy efficiency (%)	بازده انرژی (درصد)	1.90	1.79	1.46
Energy productivity (Kg.MJ <sup>-1</sup> )	بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)	0.13	0.12	0.10
Energy intensity (MJ. Kg <sup>-1</sup> )	شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)	7.79	8.27	10.10
Energy gain (MJ)	انرژی خالص (مگاژول)	12518.00	12371.80	8696.80

جدول ۶- مقادیر ظرفیت گرمایش جهانی (GWP) بر حسب معادل کیلوگرم CO<sub>2</sub> در هکتار در سه روش تولید گندمTable 6. Global warming potential (GWP) (kg.eqCO<sub>2</sub>.ha<sup>-1</sup>) for three wheat production method

منبع انتشار Emission source		کشت مستقیم		کم‌خاک‌ورزی		کشت رایج	
		Direct seeding		Reduced tillage		Conventional tillage	
		میانگین Mean	درصد از کل Percent	میانگین Mean	درصد از کل Percent	میانگین Mean	درصد از کل Percent
Energy	انرژی	1880.7	50.5	2119	31.5	2531.7	21.6
Soil inversion	برگردان خاک	1840	49.5	4600	68.5	9181	78.4
Total	کل	3720.7	100	6719	100	11712.7	100

کاشت مستقیم (۲/۵۳) نسبت به روش مرسوم (۱/۹۲) کاملاً بیشتر می‌باشد. دلیل این امر کاهش هزینه‌های تولید در روش‌های حفاظتی به دلیل کاهش عملیات تولید نسبت به روش مرسوم می‌باشد. با دقت بیشتر در جدول ۷ می‌توان مشاهده کرد که هزینه ثابت (اجاره زمین) در هر سه روش تولید گندم یکسان است، اما کمترین و بیشترین مقدار هزینه‌های متغیر به ترتیب مربوط به روش‌های کاشت مستقیم و رایج هستند، به طوری مقدار هزینه‌های متغیر در روش رایج

مقادیر عملکرد محصول و پارامترهای اقتصادی در جدول ۷ نشان داده شده است. از نظر میزان عملکرد بین سه روش تولید گندم اختلاف معنی‌دار وجود نداشت و روش کم‌خاک‌ورزی و کاشت مستقیم به بیشترین و کمترین میزان عملکرد را داشتند. بوناری و همکاران (Bonari *et al.*, 1995) نتایج مشابهی گزارش کردند. هرچند میزان عملکرد محصول و ارزش تولید ناخالص در روش مرسوم نسبت به کاشت مستقیم بیشتر بود (البته اختلاف معنی‌دار نبود)، اما نسبت فایده به هزینه در روش

خود اختصاص داده است. پس از آن مصرف سوخت و ماشین‌آلات در رتبه بعدی قرار دارند. با توجه به اینکه از نظر عملکرد محصول بین روش‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، بنابراین با استفاده از روش‌های حفاظتی در کشاورزی (کاهش ترافیک مزرعه و به‌هم‌زدن خاک) می‌توان علاوه بر کاهش میزان سوخت مصرفی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، هزینه‌های تولید را نیز کاهش و بهره‌وری اقتصادی را افزایش داد.

حدود ۹۰ درصد بیشتر از روش کاشت مستقیم می‌باشد. همچنین کل هزینه‌های تولید در روش کاشت مستقیم حدود ۳۰ درصد کمتر از روش رایج می‌باشد (جدول ۷). بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری اقتصادی نیز به ترتیب مربوط به روش کاشت مستقیم (۰/۲۱) و روش رایج (۰/۱۶) بود. بهره‌وری اقتصادی کمتر در روش رایج نسبت به روش‌های حفاظتی، به دلیل انجام عملیات بیشتر و در نتیجه هزینه بیشتر انجام عملیات در روش رایج است. در روش کشت رایج، ظرفیت گرمایش جهانی حاصل از برگردانی خاک بیشترین مقدار تولید گازهای گلخانه‌ای را به

جدول ۷- تجزیه و تحلیل اقتصادی در سه روش تولید گندم دیم

Table 7. Economic analysis for three wheat production method

اجزای هزینه و درآمد Cost and return components	کشت مستقیم Direct seeding	کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	کشت رایج Conventional tillage
عملکرد ( کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	1785	1894	1852
قیمت فروش (هزار ریال بر کیلوگرم) Sale price (1000 Rials.kg <sup>-1</sup> )	10.5	10.5	10.5
ارزش تولید ناخالص (هزار ریال بر هکتار) Gross value of production (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	18742.5	19887	19446
هزینه‌های متغیر (مگاژول بر هکتار) Variable cost of production (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	3400	5950	6450
هزینه‌های ثابت (هزار ریال بر هکتار) Fixed cost of production (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	5000	5000	5000
کل هزینه تولید (هزار ریال در هکتار) Total cost of production (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	8400	10950	11450
کل هزینه تولید (هزار ریال در مگاژول) Total cost production (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	0.45	0.51	0.50
بازده ناخالص (هزار ریال در هکتار) Gross return (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	21243	22387	21946
بازده ناخالص (هزار ریال بر مگاژول) Gross return (1000 Rials.MJ <sup>-1</sup> )	1.13	1.03	0.96
درآمد خالص (هزار ریال در هکتار) Net return (1000 Rials.ha <sup>-1</sup> )	10343	8937	7996
درآمد خالص (هزار ریال بر مگاژول) Net return (1000 Rials.MJ <sup>-1</sup> )	0.55	0.41	0.35
نسبت فایده به هزینه Benefit to cost ratio	2.53	2.04	1.92
بهره‌وری (کیلوگرم بر هزار ریال) Productivity (kg.1000 Rials <sup>-1</sup> )	0.21	0.17	0.16

## نتیجه‌گیری کلی

سوخت، انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش و بهره‌وری انرژی و اقتصادی را افزایش داد و به‌این ترتیب، علاوه بر اینکه در مجموع سود بیشتری به‌دست می‌آید، با کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای آسیب کمتری به محیط زیست نیز وارد می‌شود.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم)، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد گندم در مقایسه با روش‌های رایج تولید گندم، می‌توان مصرف

## References

- Abbasi, F., Saadat-Fard, M. and Khalil-Alemi, A. 2009.** Investigating the effect of various tillage methods on soil physical properties. Proceedings of the 5<sup>th</sup> National Conference on Agricultural Machinery Engineering & Mechanization. August 27-28. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Ajashirchy, Y., Taki, M., Abdi, R., Qobadifar, A. and Ranjbar, E. 2011.** Evaluation of energy consumption efficiency in wheat production by DEA. (A case study: Seylakhor field). **Journal of Agricultural Machinery Engineering** 1 (2): 122-132. (In Persian with English Abstract).
- Almassi, M., Kiani, S. and Lovimi, N. 2008.** Principles of agricultural mechanization (4<sup>th</sup> ed.). Jungle Publications International. (In Persian).
- Bonari, E., Mazzoncini, M. and Peruzzi, A. 1995.** Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sandy soil. **Soil Tillage Research** 33: 91-108.
- Borin, M., Merini, C. and Sartori, L. 1997.** Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil Tillage Research** 40: 209-226.
- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. and 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.
- Department of the Environment (DE). 2014.** National Greenhouse Accounts (NGA) Factors. Australian National Greenhouse Accounts. Available at: [www.environment.gov.au](http://www.environment.gov.au).
- Diepenbrock, D. 2001.** A method of energy balancing in crop production and its application in a long term fertilizer trial. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 86 (3): 303- 321.
- Ekwere, G. E. and Edem, I. D. 2014.** Evaluation of agricultural credit facility in agricultural production and rural development. **Global Journal of Human Social Science** 14 (3): 19-26.
- Eshaqbeigi, A. 2009.** Tillage energy saving with moldboard plough replacing on wheat production. Proceedings of the 5<sup>th</sup> National Conference on Agricultural Machinery Engineering & Mechanization. August 27-28. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Feyzbakhsh, M. T. and Soltani, A. 2013.** Energy flow and global warming potential of corn farm (Gorgan City). **Electronic Journal of Crop Production** 6 (2): 89-107. (In Persian with English Abstract).
- Geraghty, J. 2008.** Sustainable crop production and climate change - reducing emissions in the Irish arable sector. Proceedings of 3<sup>th</sup> Conference of Greening of Irish Agriculture. Institute of International and European Affairs. Dublin Castle, Ireland.
- Haj-Seyed-Hadi, M. R. 2012.** Energy efficiency of potato crop in major production regions of Iran. **International Journal of Agriculture and Crop Science** 4 (2): 51-53.
- Hatirli, S., Ozkan, B. and Fert, C. 2006.** Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production, **Renewable Energy** 31: 427-438.
- Hemmat, A. and Mossadeghi, M. R. 2001.** Tillage for production in low rainfall area. Research, Education and agricultural extension organization.
- Hussaini, Y. I. 2011.** Energy inputs and crop yield relationship for sesame production in North Central Nigeria. **Journal of Agricultural Technology** 7 (4): 907-914.
- IEA. 2009.** World energy outlook. Paris, France. [www.iea.org](http://www.iea.org).
- Khalili-Araqi, M., Sharzehee, G. H. and Barkhordari, S. 2013.** Analysis of CO<sub>2</sub> emission due to energy consumption in Iran. **Environmental Sciences** 38 (61): 93-104. (In Persian with English Abstract).
- Kitani, O. C. 1998.** Handbook of agricultural engineering. Vol. 5. Energy and biomass engineering. ASAE publication.

- Mehrabi-Boshrabadi, H. and Esmaaeli, A. 2012.** Analysis of energy input-output in Iran agriculture. *Agricultural Economy & Extension* 19: 74. (In Persian with English Abstract).
- Merino A., Perez-Batallon P. and Macias F. 2004.** Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in a humid temperate region of southern Europe. *Soil Biology and Biochemical* 36: 917-925.
- Mirhaji, H., Khojastehpoor, M. and Abaspoor-Fard, M. H. 2014.** Evaluation of environmental impacts of wheat production in Marvdasht of Iran. Publication Surrounding Life Natural. *Natural Sources Journal of Iran* 66 (2): 223-232. (In Persian with English Abstract).
- Mohammadi, A. and Omid, M. 2010.** Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* 87: 191-196.
- Moolayee, K., Keyhani, A. and Karimi, A. 2008.** Energy ratio in rainfed wheat (A case study: Oqlid county of Fars). *Biosystem Engineering Journal of Iran* 39 (1): 13-19. (In Persian with English Abstract).
- Moitzi, G., Szalay, T., Schuller, M., Wagentristl, H., Refenner, K., Weingartmann, H., Liebhard, P., Boxberger, J. and Gronauer, A. 2013.** Effects of tillage systems and mechanization on work time, fuel and energy consumption for cereal cropping in Austria. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15: 94-101.
- Mrini, M., Senhaji, F. and Pimentel, D. 2002.** Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impact on sustainable agriculture in Morocco. *Journal of Sustainable Agriculture* 20 (4): 5-27.
- Neuschwandtner, R. W., Kaul, H. P., Liebhard, P. and Wagentristl, H. 2015.** Winter wheat yields in a long-term tillage experiment under Pannonian climate conditions. *Plant and Soil Environment* 61 (4): 145-150.
- Noor-Mohammadi, J., Moolayee, K., Almassi, M. and Borqae, A. M. 2014.** Evaluation of energy indexes and their effects on irrigated wheat production (Neyriz of Fars). Proceeding of the 2<sup>th</sup> National Conference on Agricultural Machinery and Mechanization of Iran. January 29-30. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Pandey, D. and Agrawal, M. 2014.** Greenhouse gas emissions from rice crop with different tillage permutations in rice-wheat system. *Agricultural Ecosystem and Environment* 59: 133-144.
- Pandey, D., Agrawal, M. and Bohra, J. S. 2013.** Impact of four tillage permutations in rice-wheat system on GHG performance of wheat cultivation through carbon foot printing. *Ecological Engineering* 178: 135-160
- Pimentel, D. 1999.** Energy inputs in production agriculture. In: Fluck, R. C. (Ed.). *Energy in Farm Production*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp: 13-29.
- Pinstrup-Andersen, P. 1999.** Towards ecologically sustainable world food production. Vol. 22. UNEP Industry and Environment, United Nations Environment Programs, Paris.
- Rajabi, M. H., Soltani, A. Vahidnia, B., Zeinal, E. and Soltani, E. 2011.** Evaluation of fuel consumption in wheat fields in Gorgan, Iran. *Environmental Sciences* 9 (2): 143-164. (In Persian with English Abstract).
- Rajabi, M. H., Soltani, A. Zeinal, E. and Soltani, E. 2012.** Evaluation of greenhouse gas emission and global warming potential in wheat production in Gorgan, Iran. *Electronic Journal of Crop Production* 5 (3): 23-44. (In Persian with English Abstract).
- Razzaqi, M. H., Khad-Alhoseini, N. and Jovkar, L. 2008.** Studying the effect of tillage reducing on energy consumption forage corn production. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National Congress of Ecological Agriculture. Tehran, Iran. (In Persian).
- Reicosky, D. C. and Lindstorm, M. J. 1993.** Fall tillage method: Effect of short-term carbon dioxide flux from soil. *Agricultural Journal* 85: 1237-1243.
- Safa, M. and Tabatabaeefar, A. 2008.** Energy consumption in wheat production in irrigated and dryland farming. Proceeding of the International Agriculture Engineering Conference. November 28-30. Wuxi, China.
- Singh, H., Singh, A. K. and Kushwaha, L. 2007.** Energy consumption pattern of wheat production in India. *Journal of Energy* 32: 1848-1854.
- Strapatsa, A. V., Nanos, G. D. and Tsatsarelis, C. A. 2006.** Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agricultural Ecosystem and Environment* 116: 176-180.

- Ulger, P., Kayisoglu, B. and Selcuk, A. 1993.** Effect of different tillage methods on sunflower and some soil properties and energy consumption of these tillage methods. **Agriculture Mechanization in Asia, Africa and Latin America** 24: 59- 62.
- Tipi, T., Cetin, B. and Vardar, A. 2009.** An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. **Journal of Agriculture and Environment** 7: 352-356.
- Yosefi, M., Mahdavi-Damghani, A., Khosh-bakht, K. and Veish, H. 2009.** Studying the efficiency of ecosystems energy in irrigated wheat production in Kangavar. Proceedings of the 1<sup>th</sup> Iranian Crop Science Congress. July 23-25. Tehran, Iran. (In Persian).
- Zahedi, M., Eshghizadeh, H. R., and Mondani, F. 2014.** Energy use efficiency and economical analysis in cotton production systems in an arid region: A Case Study for Isfahan Province, Iran. **International Journal of Energy Economics and Policy** 4 (1): 43-52.



University of Guilan  
Faculty of Agricultural  
Sciences

**Cereal Research**  
Vol. 6, No. 3, Autumn 2016 (353-366)

## **Evaluating energy flow and greenhouse gas emissions in rainfed wheat production**

**Zeynolabdin Omid-Mehr<sup>1\*</sup>**

Received: July 7, 2015

Accepted: December 2, 2015

### **Abstract**

Excessive consumption of energy in Iran resulted greenhouse gas emissions and related risks to the environment and human health. The aim of this study was to evaluate the effects of tillage and cultivation of wheat (including conventional farming, reduced tillage and direct seeding) on energy consumption and environmental pollution in the Kalpoosh region of Semnan province. Data were collected through interviews in 30 typical fields of wheat production. Data were analyzed with regard to inputs consumption, inputs energy and greenhouse gas emissions from the consumed energy and tillage method. Total inputs energy from the consumed inputs varied between 13900 to 18713 MJ ha<sup>-1</sup>. Results indicated that in conventional method, fuel consumption had the most share of energy input (37.8 % of total) followed by Nitrogen (26.5%) and seed (17.4%), respectively. Nitrogen had the most share of energy input in reduced tillage (31.7%) and direct seeding (35.7%). Maximum and minimum of greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O) were related to conventional seeding (11713 kg equivalent CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>) and direct seeding ( 2721 kg equivalent CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>), respectively. Wheat yield differences in three methods wasn't significant, maximum and minimum of wheat yield related to reduced tillage, direct seeding, respectively. Maximum and minimum of economical productivity belonged to direct seeding (0.21) and conventional tillage (0.16), respectively. It can be concluded that using conservation tillage (reduced tillage and direct seeding), without a significant decrease in the yield of wheat, reduced fuel consumption, energy and greenhouse gas emissions, and increased energy efficiency and economical productivity.

**Keywords:** Economical productivity, Energy efficiency, Global warming potential, Tillage

---

1. Staff Board Member, Dept. of Agricultural Engineering Research, Semnan, Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran

\* Corresponding author: [zshamabadi@gmail.com](mailto:zshamabadi@gmail.com)