



## مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی مزارع گندم دیم شمال شهرستان گرگان

محمدتقی فیض‌بخش<sup>۱\*</sup>، عفت پراور<sup>۲</sup>

۱- بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۵

### چکیده

در سال‌های اخیر ارزیابی انرژی ورودی و خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی در بین محققان بخش کشاورزی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. جهت انجام این بررسی از کشاورزان مختلف (۹۵ کشاورز) گندم کار دیم مصاحبه بعمل آمد و اطلاعات مربوط به ماشین‌آلات، نهاده‌های ورودی شامل بذر، کود، سوخت و سموم بوسیله‌ی پرسشنامه جمع‌آوری شد. سپس میزان مصرف سوخت، میزان انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌های ارزیابی انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر حسب معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزرعه گندم دیم (۳۸/۸ درصد) مربوط به مصرف سوخت و در بخش انرژی ورودی غیرمستقیم بیشترین مقدار (۳۱/۳ درصد) مربوط به کود نیتروژن بود. نسبت انرژی خروجی به ورودی در گندم دیم ۵/۰۱ محاسبه شد. همچنین میزان پتانسیل گرمایش جهانی ۹۴۳/۵ (کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار) بدست آمد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوخت و کود باعث افزایش میزان انرژی ورودی در گندم و نیز افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. بنابراین استفاده از ماشین‌آلات و ادوات کارآمدتر که باعث کاهش مصرف سوخت می‌شود و نیز رعایت تناوب زراعی مناسب و استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث کاهش انرژی مصرفی، افزایش بازده انرژی و نیز کاهش پتانسیل گرمایش جهانی در مزرعه گندم دیم شود.

**واژه های کلیدی:** انرژی غیرمستقیم، انرژی ویژه، سوخت، عملیات زراعی، گندم

\* نگارنده مسئول (feyz\_54@yahoo.com)

## مقدمه

بر اساس آخرین آمار سطح زیر کشت کل محصولات زراعی ایران ۱۱/۳ میلیون هکتار بوده که از این میزان حدود ۸/۱۷ میلیون هکتار به کشت غلات اختصاص پیدا کرده است که سهم گندم ۶۳/۱۷ درصد است (دفتر آمار و اطلاعات کشاورزی، ۱۳۹۴). بر اساس آخرین آمار، کل سطح زیر کشت گندم در استان گلستان ۳۵۷ هزار هکتار بوده است که ۲۰۹ هزار هکتار آن دیم می‌باشد (دفتر آمار و اطلاعات کشاورزی، ۱۳۹۴).

در سال‌های اخیر مصرف انرژی در کشاورزی شدیداً افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه‌ی انرژی بسیار پرمصرف شده است. بیشتر انرژی مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی به دلیل استفاده از نهاده‌هایی مانند: ماشین‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که استفاده نامناسب از این نهاده‌ها ضمن پائین آوردن کارایی مصرف انرژی در تولید، باعث ایجاد مشکلاتی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیز می‌شود. در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان، ضرورت مطالعه بیشتر در زمینه‌ی مصرف انرژی و یافتن

راهکارهایی برای مصرف بهینه‌ی آن احساس می‌شود.

انرژی را توانایی انجام کار تعریف کرده‌اند. با توجه به نیاز روزافزون انرژی در جهان امروز، قیمت بالا، محدودیت منابع انرژی و نیز اثرات استفاده نامتعارف و بیش از حد انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تسریع در روند گرم شدن کره زمین، امروزه مقوله انرژی در تمام زیرساخت‌های اقتصاد اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی به یکی از مهم‌ترین مباحث فراروی محققان و دانشمندان تبدیل شده است (عبدالله‌پور، ۱۳۸۸). به طور کلی منبع انرژی برای تولید غذا به دو شکل انرژی اکولوژیکی و زراعی است. انرژی اکولوژیکی شامل انرژی خورشیدی است که منبع انرژی برای تولید بیوماس محسوب می‌شود و انرژی زراعی، انرژی عرضه شده توسط انسان برای بهینه‌سازی تولید بیوماس در اکوسیستم‌های زراعی است. انرژی زراعی به دو شکل صنعتی و بیولوژیکی تفکیک می‌شود. انرژی صنعتی، انرژی زراعی حاصل از منابع غیرزنده مانند: الکتریسیته، نفت، گازوئیل و گاز طبیعی می‌باشد. انرژی زراعی بیولوژیکی نیز از منابع انسانی مانند نیروی کار انسان، نیروی کار

در هکتار می‌باشد. در تحقیقی که توسط Rathke *et al* (2003) با هدف توازن انرژی در کشت کلزای زمستانه از طریق فراهمی نیتروژن محصول قبلی در مناطق خشک آلمان انجام شد. نتایج نشان داد انرژی ورودی در طول سال متغیر و بین ۷/۴۲ تا ۱۶/۱ گیگاژول در هکتار حاصل شد. احمدی و همکاران (۱۳۹۰) مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور و موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ و ۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به طور کلی ۵۴ درصد انرژی مصرفی در تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳ درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند. عبدالله‌پور و همکاران (۱۳۸۸) نیز مصرف انرژی را در مزارع گندم دیم در کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند و میزان انرژی نهاده‌های ورودی در این مزارع را ۶۱۳۰/۹ هزار کیلو کالری در هکتار و میزان انرژی خروجی یا تولیدی محصول دانه گندم را ۵۰۱۸ هزار کیلو کالری در هکتار و

دام و کود حیوانی تأمین می‌شود (نصیری محلابی و همکاران، ۱۳۸۵). انسان برای دستیابی به انرژی مورد نیاز خود، به استفاده از منابع فسیلی که در دسترس و ارزان قیمت هستند، روی آورده است. این نوع منابع ۹۵ درصد از انرژی مصرفی جهان را تشکیل می‌دهد. بالا رفتن مصرف انرژی فسیلی باعث آلوده شدن هوا و تغییرات کلی در آب و هوای کره زمین می‌گردد. براساس مقیاس جهانی، کشاورزی در حدود ۵ درصد از کل انرژی سوخت‌های فسیلی را مصرف می‌کند. انرژی زراعی صنعتی به دو شکل انرژی مستقیم<sup>۱</sup> و غیر مستقیم<sup>۲</sup> می‌باشد (نصیری محلابی و همکاران، ۱۳۸۵).

نقش حیاتی انرژی در توسعه بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل صنعت، حمل و نقل و کشاورزی، پژوهش‌گران را به مطالعه در عرصه مدیریت بر مصرف انرژی واداشته است. Strapatsa *et al* (2006) جریان انرژی برای تولید سیب در یونان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد انرژی ورودی ۵۰/۷ گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی ۱۱۸/۵ گیگاژول

1 - Direct Energy  
2 - Indirect Energy

دیم بوده و شوری یکی از مهمترین عوامل محدود کننده کشت این گیاه در منطقه است. جهت انجام این پژوهش اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از منطقه مورد بررسی شد، بر همین اساس با مصاحبه کشاورزان مختلف، برای گندم ۹۵ کشاورز انتخاب گردید که از طریق تکمیل پرسشنامه در محدوده شهرستان گرگان اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در گندم دیم شد. پس از این مرحله داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل در سه بخش مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه گردید. متغیر نیروی انسانی، از مجموع ساعات نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختلف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سم‌پاشی، برداشت و حمل و نقل می‌شود، محاسبه شد. این عدد در معادل انرژی آن یعنی عدد ۱/۹۶ مگاژول ضرب و مقدار انرژی نیروی انسانی بر حسب مگاژول در هکتار برای هر دو منطقه به دست آمد. نهاده ماشین‌آلات به

محصول کاه را ۴۳۱۶ هزار کیلو کالری در هکتار برآورد کردند، نتایج نشان داد استفاده از ماشین‌آلات و کودهای شیمیایی باعث افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود، در صورتی که نیروی انسانی از جایگزین خوبی برخوردار است (Erdel et al., 2005).

ولدیانی و همکاران (۱۳۸۵) با ارزیابی مصرف انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم آذربایجان شرقی و تاثیر آن بر محیط زیست نشان دادند که بیشترین انرژی مصرفی در این مزارع، به ترتیب مربوط به کود نیتروژن، ماشین‌آلات و سوخت گازوئیل و کمترین انرژی مصرفی متعلق به نیروی انسانی و علف‌کش می‌باشد. این مطالعه به منظور شناخت و بررسی سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) در تولید گندم در اراضی شمالی دشت گرگان و در محدوده شهرستان آق قلا انجام شد تا بتوان راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی منابع را شناسایی نمود.

### مواد و روش‌ها

نواحی شمالی استان گلستان و در محدوده شهرستان آق قلا یکی از مناطق عمده کشت گندم در استان می‌باشد. این اراضی به صورت

عنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه شامل ساعات کار ماشین‌آلات و ادوات مورد استفاده از کاشت تا برداشت، مانند ماشین‌آلات و ادوات مورد نیاز برای شخم و آماده‌سازی زمین، داشت و برداشت محصول و مقدار گازوئیل و روغنی که جهت سوخت ماشین‌آلات مختلف برای شخم، کاشت، کودهی، برداشت و نیز حمل و نقل در یک هکتار مزرعه گندم دیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین متغیرهای ورودی به بوم‌نظام‌های کشاورزی کودهای شیمیایی است. از کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع گندم می‌توان به نیتروژن، فسفات و پتاسیم اشاره کرد. مقادیر مصرف سموم کشاورزی شامل علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها مورد استفاده در مناطق مورد مطالعه نیز جمع‌آوری شد و تحت متغیر مواد شیمیایی ارزیابی شد. مقدار بذر مصرفی در هر هکتار مزرعه گندم دیم نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن به صورت مگاژول در هکتار محاسبه شد.

انرژی ورودی کل از مجموع انرژی‌های نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی و دامی، سموم، بذر، کود شیمیایی و آبیاری محاسبه شد.

انرژی خروجی کل نیز از برآورد مجموع انرژی عملکرد دانه و کاه و کلش محاسبه شد. انرژی غیرمستقیم شامل انرژی مصرف شده در بذر، کود، سموم شیمیایی و ماشین‌آلات است، در حالی که انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری و سوخت می‌باشد. همچنین انرژی تجدیدناپذیر از مجموع انرژی سوخت، مواد شیمیایی، کود شیمیایی و ماشین‌آلات و انرژی تجدیدپذیر از مجموع نیروی کار، بذر، کود دامی، محاسبه شد. برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه (۱) بین میزان سوخت براساس مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت T میزان سوخت مصرفی FT تعیین شد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۲).

$$FT = T \times FH \quad \text{رابطه (۱)}$$

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هر گرم ماده موثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آنها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد

استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به دست آمده از منابع مختلف انجام شد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به پدیده‌ی تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی شده است. مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی شامل دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ )، اکسیدنیتروژن ( $N_2O$ ) و متان ( $CH_4$ ) می‌باشند که باعث گرم شدن جو زمین می‌شوند. پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) عبارت است از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده که به صورت معادل  $CO_2$  بیان می‌شود (IPCC، ۱۹۹۶؛ با اقتباس از رجبی، ۱۳۹۱). در این تحقیق برای محاسبه GWP، تولید گازهای  $CO_2$ ،  $N_2O$  و  $CH_4$  ناشی از مصرف انرژی در عملیات‌های مختلف از قبیل تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم شیمیایی، مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات زراعی، تولید ماشین‌آلات زراعی، آبیاری و حمل و نقل در نظر گرفته شد.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص

برای هر روش کاشت با استفاده از روابط تعریف شده زیر محاسبه شد (Hatirli *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2009; Soltani *et al.*, 2013).

نسبت یا کارایی انرژی (بدون واحد)

$$ER=EO/EI \quad (۲)$$

که در آن ER نسبت یا کارایی انرژی عددی است بدون واحد، EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

انرژی ویژه

$$SE=EI/GY \quad (۳)$$

که در آن SE انرژی ویژه (مگاژول در کیلوگرم)، EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

بهره‌وری انرژی

$$EP=GY/EI \quad (۴)$$

که در آن EP بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

عملکرد انرژی خالص

$$NEY=EO-EI \quad (5)$$

که در آن NEY عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی در مرحله اول از نتایج محاسبه انرژی در قسمت قبل برای گندم دیم در هر یک از عملیات زراعی انجام شده استفاده شد. سپس با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO<sub>2</sub>، N<sub>2</sub>O و CH<sub>4</sub> به ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO<sub>2</sub>، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO<sub>2</sub> محاسبه شدند (Soltani *et al.*, 2010).

از حاصل تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار بر مقدار تولید دانه بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید هر تن دانه یا به عبارتی معدل وزنی به دست می‌آید. به همین ترتیب از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر انرژی خروجی بر حسب

گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO<sub>2</sub> بر حسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده به دست می‌آید.

### نتایج و بحث

مقادیر ورودی‌های مختلف برای گندم در جدول ۳ آورده شده است. مقدار سوخت مصرفی در مزارع گندم دیم ۱۳۶ لیتر در هکتار به دست آمد. سوخت مصرفی به عنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات زراعی و حمل و نقل استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که این مقدار نهاده در گندم تقریباً بالاست. علت بالا بودن میزان سوخت مصرفی در این مزارع می‌تواند به علت استفاده از ماشین‌ها و ادوات غیر کارآمد و با استهلاک بالا و نیز عدم استفاده از کمبینات‌ها باشد.

به طور کلی مقادیر، انواع و درصد انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی، بوم‌شناختی و زراعی متفاوت این کشورهاست. استفاده زیاد سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع شده و همچنان ادامه دارد.

جدید مانند دستگاه چندکاره (کمبینات) است. این دستگاه تردد مکرر تراکتور و ادوات متصل به آن را در مزرعه کاهش داده و در نتیجه از ایجاد لایه غیرقابل نفوذ در خاک جلوگیری می‌کند و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود (رجبی و همکاران، ۱۳۹۱). اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم خاک‌ورزی از جمله شخم کاهش یافته، می‌تواند از راه‌کارهای کاهش مصرف بالای سوخت در کشاورزی باشد. گزارش شده که کاهش عملیات خاک‌ورزی تا ۵۵ درصد مصرف سوخت را بدون کاهش عملکرد کاهش می‌دهد (Bonari et al., 1995). از طرفی دیگر نوع ادوات و ماشین‌آلات نیز از نظر مصرف سوخت متفاوت هستند. تراکتورهای جان‌دیر ۳۱۴۰ و رومانی ۶۵۰ بیشترین مصرف سوخت و انرژی را در مقایسه با سایر تراکتورها در هنگام انجام عملیات زراعی دارند (قه‌دیریجانی و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول (۴) مقادیر انرژی ورودی سیستم زراعی برحسب مگاژول در هکتار را نشان می‌دهد. از میان ورودی‌های مختلف، بذر با میانگین انرژی

ضرورت پیدا کردن مواد سوختنی دیگری به جای سوخت‌های فسیلی حتی برای کشورهای صادرکننده هم وجود دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۳). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تأثیرگذار بر بخش کشاورزی، به طور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت قرار می‌گیرند، به طوری که (Sayin et al (2005) نیز به درستی این مطلب، در کشور ترکیه اذعان داشتند (Rathke et al (2006) اثر شخم را در ارزیابی انرژی در تناوب ذرت - سویا در شرق آلمان مورد بررسی قرار دادند، نتیجه گرفتند، شخم با گاوآهن برگردان‌دار با ۸/۷۲ گیگاژول در هکتار بیشترین مصرف انرژی و به دنبال آن شخم با چپزل ۷/۸۳، دیسک تاندوم ۷/۶۵ و تیمار بدون شخم ۷/۳۴ گیگاژول در هکتار مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. در تحقیقی مشابه نیز که توسط Tipi et al (2009) صورت گرفت، انرژی ورودی سوخت دیزل با ۴۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را از کل انرژی‌های ورودی به خود اختصاص داد.

یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت و بهینه‌سازی آن استفاده از ادوات زراعی مناسب و



مزارع گندم مربوط به سوخت می‌باشد و مقدار آن ۳۸/۷ درصد بدست آمد. سهم بالای سوخت در انرژی ورودی این مزارع می‌تواند به دلیل استفاده از ادوات و ماشین‌آلات فرسوده و با بهره‌وری کم باشد و نیز علاوه بر آن استفاده مکرر و جداگانه از ماشین‌آلات جهت هر عملیات زراعی به خصوص آماده‌سازی زمین و کشت نیز باعث افزایش میزان سوخت مصرفی شود. همچنین بیشترین انرژی ورودی غیرمستقیم نیز مربوط به کود نیتروژن با مقادیر ۳۱/۳ درصد برای گندم می‌باشد.

یک عامل اصلی در افزایش مصرف انرژی در اغلب مزارع مربوط به مصرف کودهای شیمیایی است. بیشتر این افزایش در کشورهای پیشرفته صورت گرفته است. در بسیاری از گزارش‌ها بیشترین انرژی ورودی به مزارع مربوط به کودهای شیمیایی از جمله کود نیتروژن اعلام شده است. استفاده از الگوی کشت بهینه و تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریزجانداران آزادکننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی بوم نظام‌های کشاورزی به نهاده‌های شیمیایی کمک کند. از تناوب‌های رایج مزارع گرگان تناوب گندم - سویا

ورودی ۳۱۴۰ مگاژول در هکتار (۲۳/۴ درصد) برای گندم دیم بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. میزان بذر مصرفی نیز به نوع و نحوه‌ی استفاده از ماشین‌های کاشت بستگی دارد. عواملی مانند خاک‌ورزی و آماده‌سازی مناسب زمین جهت کشت و نیز استفاده از ماشین‌های کارآمد کاشت می‌تواند در میزان بذر مصرفی موثر باشد. همچنین علفکش با ۷/۳ درصد در گندم دیم کمترین سهم انرژی ورودی به سیستم زراعی این محصول داشت. در جدول ۵ انرژی مصرفی در روش‌های مختلف به دو بخش انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم بندی شده و برآورد گردیده است. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی و نیروی انسانی ارائه شده است. انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، دیسک، تسطیح، بذرکاری و کودپاشی می‌باشد. در بخش انرژی مصرفی غیرمستقیم، انرژی مورد نیاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، علفکش، بذر و وزن ماشین‌آلات مورد استفاده قرار گرفته است. جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در

دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۳). به نظر می‌رسد یکی از دلایل بالا بودن نسبی کارایی مصرف انرژی در مزارع گندم گرگان رعایت تناوب زراعی و استفاده از فواید آن در زراعت این محصول است. کشت مداوم یک محصول در یک زمین علاوه بر کاهش عملکرد محصول به علت تخلیه عناصر غذایی باعث هجوم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها می‌شود که هجوم این عوامل کشاورز را ناگزیر به استفاده بیشتر از نهاده‌های مصرفی می‌کند که این امر علاوه بر کاهش کارایی انرژی باعث افزایش آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود. در مجموع استفاده از ارقام پرمحصول، سامانه‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن شده است (Singh et al., 2004). برای افزایش کارایی مصرف انرژی دو راه‌کار کلی قابل تصور است. افزایش خروجی‌ها و کاهش منطقی نهاده‌ها، به طوری که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

می‌باشد. کشت یک گیاه تثبیت کننده نیتروژن در مزارع گندم می‌تواند نیاز این محصول به نیتروژن ورودی را کاهش دهد. انجام آزمایش‌های کامل تجزیه خاک در مزارع، می‌تواند قدم مؤثری در تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر مواد غذایی باشد.

جدول ۶ نشان می‌دهد، نسبت انرژی خروجی به ورودی در مزارع گندم دیم ۵/۰۱ می‌باشد که نشان می‌دهد، راندمان انرژی در گندم دیم پایین می‌باشد که علت آن می‌تواند افزایش روز افزون انرژی ورودی به مزارع در قالب سوخت و کودهای شیمیایی باشد. نسبت انرژی در زراعت گندم در ترکیه ۸/۲ (Canakci et al., 2005)، در مزارع گندم آبی شهرستان ری ۲/۶۳ (علیپور و همکاران، ۱۳۹۲)، و در مزارع گندم آبی شهرستان ساوه بین ۰/۶ - ۰/۱ گزارش شده است (طباطبایی فر، ۲۰۰۹). بطور کلی نیاز به انرژی در عملیات زراعی در کشاورزی بستگی به درجه تغییر در بوم نظام‌های طبیعی دارد. باید توجه داشت که اصولاً طبیعت همیشه در جهت افزایش تولید ناخالص عمل می‌کند ولی انسان با دخالت در نظام‌های طبیعی سعی در افزایش تولید خالص

میزان بهره‌وری انرژی برای گیاهان مختلف زراعی در منابع ۰/۰۶ و ۰/۱۰ برای گندم، ۱ برای گوجه فرنگی، ۰/۰۶ برای کتان، ۱/۵۳ برای چغندر قند گزارش شده است (Erdal et al., 2007). بهره‌وری انرژی نسبت به کارایی مصرف انرژی پارامتر تقریباً مناسب‌تری برای مقایسه دو منطقه مختلف از نظر تولید یک گیاه می‌باشد. زیرا اختلاف در میزان کارایی انرژی هم می‌تواند به دلیل تفاوت در انرژی ورودی و هم تفاوت در عملکرد باشد و این مسئله اندکی قضاوت را مشکل خواهد ساخت. اما شاخص بهره‌وری انرژی، نسبت عملکرد تولیدی برحسب کیلوگرم را به انرژی مصرفی محاسبه کرده و تفاوت دو منطقه را بهتر نشان می‌دهد. میزان انرژی ویژه برای گندم دیم ۶/۳ بدست آمد. کنکانی و همکاران (۱۳۸۳) مقدار انرژی ویژه را ۵/۲۴ برای گندم و ۳/۸۸ برای ذرت، گزارش کردند. انرژی ویژه عکس بهره‌وری انرژی است. لذا مقادیر کمتر آن نشان می‌دهد که انرژی کمتری به ازای تولید هر واحد عملکرد مصرف می‌شود.

جدول ۷ پتانسیل گرمایش جهانی برحسب معادل کیلوگرم CO<sub>2</sub> در هکتار را نشان می‌دهد.

بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی هم در مزارع گندم دیم مربوط به سوخت می‌باشد که سهمی معادل ۴۲/۷۲ درصد را دارا می‌باشد. همچنین بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای از کود نیتروژن به دست آمد و کمترین میزان تولید مربوط به کود پتاسیم بود. این امر بیانگر آن است که بخش‌هایی که دارای بیشترین مصرف سوخت بودند، بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی را به خود اختصاص دادند. فیض‌بخش و سلطانی (۱۳۹۲) در مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای گزارش کردند که کمترین پتانسیل گرمایش جهانی از کشت بهاره ذرت و برابر با ۲۳۴۹ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار بدست آمد. عالی‌مقام و همکاران (۱۳۹۳) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملیات مختلف زراعی برای تولید سویا را بین ۱۲/۵ - ۱۷۰/۹ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار برآورد کردند.

(Tzilivakis et al (2005) انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندر قند در شمال ایرلند را مورد ارزیابی قرار دادند و میانگین

پتانسیل گرمایش جهانی کل را برابر با ۱/۲۵ تن معادل CO<sub>2</sub> در هکتار گزارش کردند.

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سوخت مصرفی در گندم بیشترین سهم انرژی ورودی را داشته و پس از آن کود مصرفی (نیترژن، فسفر و پتاسیم) قرار دارد بنابراین کاهش مصرف سوخت با استفاده از کمباین و استفاده از سیستم‌های کشت حفاظتی (حداقل خاک ورزی) جهت کاهش میزان توصیه

می‌گردد. همچنین رعایت تناوب زراعی و تناوب با گیاهان پوششی که قادر به تثبیت نیترژن هستند به عنوان یکی از راهکارهای کاهش مصرف کود توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد که با بهبود عملیات مدیریت، استفاده بهینه از کودها، کنترل آفات، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارایی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشید.

## جدول ۱- تاریخ عملیات زراعی برای مزارع گندم دیم در شمال گرگان.

| زمان        | عملیات زراعی           |
|-------------|------------------------|
| آبان        | شخم (۳۰ سانتی‌متر)     |
| اوایل آذر   | دیسک (۱)               |
| اوایل آذر   | دیسک (۲)               |
| اوایل آذر   | اختلاط کود با خاک      |
| اوایل آذر   | کود پایه               |
| اوایل آذر   | کاشت بذر               |
| اسفند       | کنترل علف‌های هرز      |
| اوایل اسفند | کود سرک (۳)            |
| فروردین     | کنترل بیماری‌های قارچی |
| اواخر خرداد | برداشت                 |

## جدول ۲- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده مزارع گندم دیم در شمال گرگان

| منبع   | (مگاژول معادل انرژی) | واحد               | ورودی‌ها / خروجی‌ها |
|--|----------------------|--------------------|---------------------|
| Reference                                      | (برواحد)             |                    |                     |
| (Canakci et al., 2005; Rathke et al., 2007)    | ۱۵/۷                 | کیلوگرم            | بذر گندم            |
| (Akcaoz et al., 2009)                          | ۱/۹۶                 | ساعت               | نیروی انسانی        |
| (Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)      | ۶۰/۶                 | کیلوگرم            | نیتروژن (N)         |
| (Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)      | ۱۱/۱                 | کیلوگرم            | فسفر (P2O5)         |
| (Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)      | ۶/۷                  | کیلوگرم            | پتاسیم (K2O)        |
| (Hydrocarbon balance sheet of Country, 2008)   | ۳۸                   | لیتر               | گازوئیل             |
| (Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al., 2007) | ۲۸۷                  | کیلوگرم ماده موثره | علف کش‌ها           |
| (Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al., 2007) | ۲۳۷                  | کیلوگرم ماده موثره | حشره کش‌ها          |
| (Canakci et al., 2005)                         | ۱۵/۷                 | کیلوگرم            | دانه گندم           |
| (Rajabi et al., 2012)                          | ۹/۲۵                 | کیلوگرم            | ساقه و برگ گندم     |
| (Strapasta et al., 2006)                       | ۹۹                   | کیلوگرم ماده موثره | قارچ کش             |

## جدول ۳- مقادیر ورودی‌های مختلف برای مزارع گندم دیم در شمال گرگان

| ورودی                    | واحد              | گندم دیم |
|--------------------------|-------------------|----------|
| سوخت                     | لیتر در هکتار     | ۱۳۶      |
| بذر                      | کیلوگرم در هکتار  | ۲۰۰      |
| کود                      |                   |          |
| نیتروژن                  | کیلوگرم در هکتار  | ۱۵۰      |
| فسفر                     | کیلوگرم در هکتار  | ۷۰       |
| پتاسیم                   | کیلوگرم در هکتار  | ۵۰       |
| علف کش                   | گرم ماده موثره در | ۲۵۷      |
| نیروی انسانی             | ساعت              | ۱۸       |
| عملیات زراعی             |                   |          |
| شخم                      | مرتبه             | ۱        |
| پخش کود                  | مرتبه             | ۲        |
| کاشت با ردیف‌کار         | مرتبه             | ۱        |
| سم پاشی (قارچ‌کش علف کش) | مرتبه             | ۳        |
| برداشت                   | مرتبه             | ۱        |

## جدول ۴- مقادیر انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع گندم دیم در شمال گرگان

| عملیات زراعی | میانگین | درصد از کل |
|--------------|---------|------------|
| شخم          | ۱۳۷۹/۴  | ۱۰/۳       |
| دیسک         | ۱۹۰۹/۴  | ۱۴/۲       |
| کود پایه     | ۱۰۰۴/۵  | ۷/۵        |
| بذر          | ۳۱۴۰    | ۲۳/۴       |
| ردیف‌کار     | ۱۰۸۳/۲  | ۸/۱        |
| علف کش       | ۵۱۰/۹   | ۳/۷        |
| قارچ کش      | ۵۰۶/۳   | ۳/۸        |
| کود سرک      | ۳۰۸۴/۱  | ۲۳         |
| برداشت       | ۷۴۸/۲   | ۵/۶        |
| کل           | ۱۳۳۶۶/۵ | ۱۰۰        |

## جدول ۵- انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای مزارع گندم دیم

| درصد از کل | میانگین | انرژی های ورودی        |
|------------|---------|------------------------|
|            |         | مستقیم                 |
| ۳۸/۷       | ۵۱۶۸    | سوخت برای عملیات زراعی |
| ۰/۲        | ۲۷/۴    | نیروی انسانی           |
|            |         | غیر مستقیم             |
| ۳۱/۳       | ۴۱۷۸/۶  | کود نیتروژن            |
| ۲/۴        | ۳۲۲     | کود فسفر               |
| ۱/۲        | ۱۶۰/۸   | کود پتاسیم             |
| ۲۳/۵       | ۳۱۴۰    | بذر                    |
| ۱          | ۱۳۳     | علف کش‌ها              |
| ۰/۹        | ۱۲۸/۳   | قارچ کش‌ها             |
| ۵          | ۶۶۱/۲   | ماشین آلات             |
| ۵/۲        | ۶۹۶/۴   | حمل و نقل              |
| ۱۰۰        | ۱۳۳۶۶/۵ | جمع کل                 |

## جدول ۶- شاخص های مختلف انرژی در مزارع گندم دیم در شمال گرگان.

| گندم دیم | شکل های مختلف انرژی                      |
|----------|--|
|          | ورودی‌ها                                 |
| ۵/۱      | انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار)    |
| ۲۲/۶     | انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار) |
|          | خروجی‌ها                                 |
| ۳۹/۵     | انرژی خروجی کاه و کلش (گیگاژول در هکتار) |
| ۳۳/۸     | انرژی خروجی دانه (گیگاژول در هکتار)      |
| ۵/۰۱     | نسبت انرژی خروجی به ورودی                |
| ۶/۳      | انرژی ویژه (گیگاژول بر تن)               |
| ۰/۱۵۷    | بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول)           |
| ۵۸۷۰۱    | بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار)      |

جدول ۷- پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر حسب معادل کیلوگرم CO<sub>2</sub> در هکتار) برای مزارع گندم  
دیم در شمال گرگان.

| عملیات     |                   |
|------------|-------------------|
| درصد از کل | میانگین           |
|            | تولید و حمل و نقل |
| ۳۲/۲       | ۳۰۴/۲             |
| ۲/۸        | ۲۶/۴              |
| ۱/۳۸       | ۱۳/۱              |
| ۲/۸۵       | ۲۶/۹              |
| ۴۲/۷       | ۴۰۳/۱             |
| ۱۴/۷       | ۱۳۸/۶             |
| ۱۰۰        | ۹۴۳/۵             |
|            | GWP کل            |

جدول ۸- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع

|       |  |
|-------|--|
| ۹۴۳/۵ | در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO <sub>2</sub> در هکتار)           |
| ۴۱۰/۲ | در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO <sub>2</sub> در هر تن محصول)     |
| ۶۴/۶  | در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO <sub>2</sub> در گیگاژول) |
| ۱۲/۸  | در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO <sub>2</sub> در گیگاژول) |



## منابع

- عبدالله پور، ش.، ا. س. زارعی. ۱۳۸۸. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع گندم دیم استان کرمانشاه. کارشناسی‌ارشد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تبریز، مجله دانش کشاورزی پایدار شماره ۱.
- علیپور، ا.، ا. کشاورز، م. بهبهانی، ا. کریمی، و ا. محمدی. ۱۳۹۲. بررسی جریان انرژی در کشت بوم‌های گندم آبی مطالعه موردی: شهرستان ری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳. ۶۰-۶۹.
- علیمقام، س.م.، ا. سلطانی، و ا. زینلی. ۱۳۹۳. مقایسه مصرف سوخت و انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های مختلف تهیه بستر و کشت سویا در گرگان مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۱۳۱-۱۴۸.
- فیض‌بخش، م. ت و ا. سلطانی. ۱۳۹۲. مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای (در شهرستان گرگان). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. (۲): ۸۹-۱۰۷.
- احمدی، م.، و م. آقاعلیخانی. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان به منظور ارائه راهکار جهت افزایش بهره‌وری منابع. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۲: ۱۵۸-۱۵۱.
- دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی، جلد اول:
- محصولات زراعی سال ۱۳۹۴ - ۱۳۹۳. انتشارات معاونت امور برنامه‌ریزی، اقتصادی و بین‌المللی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
- رجبی، م.ح.، ا. سلطانی، ا. زینلی، و ا. سلطانی. ۱۳۹۱. ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن در تولید گندم در گرگان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۲۳-۳۱.

- قهدریجانی، م. کیهانی، ع. ر. طباطبایی فر، ا، و م. امید. ۱۳۸۸. بررسی و تعیین میزان نسبت انهرژی برای تولید سیب زمینی در سطوح مختلف کشت در غرب اصفهان. مجله علمی پژوهشی کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. جلد ۱۶، شماره اول. ۱۸۳-۱۹۳.
- کوچکی، ع، و م. حسینی. ۱۳۷۳. کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه مشهد. ۳۱۷ ص.
- Hatirli, S.A., B. Ozkan, and C. Fert.** 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renew Energy* 31: 427-438.
- Rathke, G. W. and W. Diepenbrock.** 2006. Energy balance of winter oil seed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *Euro. Jour. Agronomy*. 24: 35- 44.
- Singh, H. D. Mishra, and N. M. Nahar.** 2002. Energy use pattern in production of typical village in arid zone, India-part-I. *Energy Convers agriculture Manage*. 43: 2275-86.
- Soltani, A., M. H. Rajabi, E. Zeinali, and E. Soltani.** 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. *Elc J. In Persian Crop Prod*3: 201-218.
- Bonari, E., M. Mazzoncini, and A. Peruzzi.** 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. *Soil and Tillage Research*. 33: 91-108.
- Canakci, M., I. Topakci, and A. Ozmerzi.** 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>.
- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal, and O. Gunduz.** 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*. 32:35-41.

نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی، غ، کمالی، و ح، مرعشی. ۱۳۸۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخصهای اقلیمی کشاورزی. ایران. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۸۲: ۲۰-۷۱.

ولدیانی، ع.، ع. حسن زاده قورت‌تپه، و ا. ولدیانی. ۱۳۸۴. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم آذربایجان شرقی و تاثیر آن بر محیط زیست. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۵(۲): ۱-۱۲.

- Soltani A., M. H. Rajabi, E. Zeinali and E. Soltani.** 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy* 50: 54-61.
- Tabatabaeefar, A., H Emamzadeh, M. Ghasemi Varnamkhasti, R. Rahimizadeh, and M. Karimi.** 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. *Energy*. 34: 41-45.
- Tipi, T., B. Cetin, and A. Vardar.** 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. *J. Agric. Environ.* 7: 352-356.
- Tzilivakis, J., D.J. Warner, M. May, K.A. Lewis, and K. Jaggard.** 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agric. Syst.* 85: 101-119.
- Soltani, A., M. H. Rajabi, E. Zeinali, and E. Soltani.** 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy* 50: 54-61.
- Strapatsa, A.V., G.D. Nanos, and C.A. Tsatsarelis.** 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agric. Ecosyst. Environ.* 116: 176-180.
- Sayin, C., M. N. Mencet, and B. Ozkan.** 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. *Energy Policy* 33: 2361-2373.
- Singh, G., S. Singh, and J. Singh.** 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversation Management* 45: 453-465.

## Study of energy flow and global warming potential in rained wheat of north of Gorgan

M.T. Feyzbakhsh<sup>1\*</sup>, E.Pravar<sup>2</sup>

1. Department of Agronomy and Horticulture, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, Gorgan, Iran.

2. Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

### Abstract

Recently evaluation of input, output and global warming potential (GWP) have been extension in sciences of agricultural. For this study 95 farmers were selected for rained wheat in the north of Gorgan. The data including (Machines, seeds, fertilizers, fuel and pesticides) were collected by questionnaire. Then fuel, input and output energy, energy evaluation indexes and global warming potential ( $\text{kg CO}_2/\text{ha}^{-1}$ ) were calculated. The results showed that the most direct input energy from fuel in rained wheat was 38.8 percent. Also, the highest indirect input energy in rainfed wheat was 31.3 that related to fertilizers. The ratio of output to input energy was calculated 5.01. The total GWP in rainfed Wheat was 943.5 ( $\text{kg CO}_2/\text{ha}^{-1}$ ). The highest GWP was related to nitrogen fertilizer and fuel consumption. The results showed that consumption of fuel and fertilizer constitutes the high percent of energy consumption and greenhouse gas emissions. So that, the use of devices that reduce fuel consumption is recommended, also need for research and investigation on crop rotation and nitrogen fixation plants was revealed.

**Keywords:** Field operations, Fuel, Indirect energy, Specific energy, Wheat

---

\* Corresponding author (feyz\_54@yahoo.com)