فصلنامه علوم محیطی، دوره هفدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

۱۴۰-۱۲۱

مقایسه انرژی ورودی، خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی مزرعه‌های گندم و جو دیم، مطالعه موردی: شهرستان آق‌قلا (استان گلستان)

محمدتقی فیض بخش[۱]، نصیبه رضوان طلب[۲] و پریسا علی‌زاده[۲]*

[۱]بخش زراعی و 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: ۱۳۹۷/۰۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۹

فیض بخش، م.ت.، ن. رضوان طلب و پ. علی‌زاده. ۱۳۹۸. مقایسه انرژی ورودی، خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی مزرعه-های گندم و جو دیم، مطالعه موردی: شهرستان آق‌قلا (استان گلستان). فصلنامه علوم محیطی. ۱۷ (۱): ۱۲۱-۱۴۰.

سابقه و هدف: در سال‌های اخیر مصرف انرژی در کشاورزی به‌شدت افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه‌ی انرژی، بسیار پرمصرف شده است. بیشتر انرژی مصرفی برای تولید محصول‌های کشاورزی بدلیل استفاده از نهاده‌هایی مانند: ماشین‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که استفاده نامناسب از این نهاده‌ها افزون بر پائین آوردن کارآیی مصرف انرژی در تولید، سبب ایجاد مشکل‌هایی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیز می‌شود. در حال حاضر بدلیل بحران انرژی در جهان ضرورت مطالعه بیشتر در زمینه ی مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف بهینه‌ی آن احساس می‌شود. این تحقیق بمنظور شناخت و بررسی سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید گندم و جو در زمین‌های شمالی دشت گرگان و در محدوده شهرستان آق‌قلا انجام شد تا بتوان راهکارهای مناسب برای جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش اثرهای محیط زیستی منبع‌ها را شناسایی نمود.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از منطقه مورد بررسی شد. بر همین اساس با مصاحبه با کشاورزان مختلف، برای گندم و جو به‌ترتیب ۹۵ و ۸۳ کشاورز انتخاب شدند که از طریق تکمیل پرسشنامه در محدوده شهرستان آق‌قلا به جمع‌آوری داده‌های موردنیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سم‌ها در دو محصول گندم و جو دیم اقدام 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.

نتیجه و بحث: نتایج نشان داد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزرعه‌های گندم و جو دیم به ترتیب ۳۸/۸ و ۴۶/۸ درصد مربوط به مصرف سوخت می‌باشد. همچنین بیشترین انرژی ورودی غیرمستقیم با میزان ۳۱/۳ و ۱۹/۱ درصد به ترتیب برای مزرعه‌های گندم و جو دیم مربوط به کود نیتروژن به‌دست آمد. نسبت انرژی خروجی به ورودی در گندم و جو دیم به ترتیب ۵/۰۱ و ۵/۳ محاسبه شد. همچنین

* Corresponding Author. *E-mail Address*: na_rezvan@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

میزان پتانسیل گرمایش جهانی در مزرعه‌های گندم و جو دیم به ترتیب ۹۴۳/۵ و ۷۳۹/۱ معادل دی اکسیدکربن در هکتار به‌دست آمد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوخت و کود سبب افزایش میزان انرژی ورودی در هر دو محصول و نیز افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. بنابراین استفاده از ماشین‌آلات و ادوات کارآمدتر که موجب کاهش مصرف سوخت می‌شود و نیز رعایت تناوب زراعی مناسب و استفاده از کودهای آلی می‌تواند سبب کاهش انرژی مصرفی، افزایش بازده انرژی و نیز کاهش پتانسیل گرمایش جهانی در مزرعه‌های گندم و جو دیم شود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که سوخت مصرفی در هر دو محصول بیشترین سهم انرژی ورودی را دارد و پس از آن کود مصرفی بویژه کود نیتروژنی قرار داشت. بنابراین کاهش مصرف سوخت با استفاده از کمبینات و استفاده از سیستم‌های کشت حفاظتی (حداقل خاک‌ورزی) برای کاهش میزان انرژی ورودی توصیه می‌گردد. همچنین رعایت تناوب زراعی و تناوب با گیاهان پوششی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند بعنوان یکی از راه‌کارهای کاهش مصرف کود توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌گردد که با بهبود عملیات مدیریت، استفاده بهینه از کودها، کنترل آفت‌ها، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارآیی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشیم.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه، انرژی غیرمستقیم، سوخت، عملیات زراعی.

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف انرژی در کشاورزی به‌شدت افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه‌ی انرژی بسیار پرمصرف شده است. بیشتر انرژی مصرفی برای تولید محصول‌های کشاورزی بدلیل استفاده از نهاده‌هایی مانند: ماشین‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که استفاده نامناسب از این نهاده‌ها افزون بر پائین آوردن کارآیی مصرف انرژی در تولید، سبب ایجاد مشکل‌هایی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیز می‌شود. در حال حاضر بدلیل بحران انرژی در جهان ضرورت مطالعه بیشتر در زمینه‌ی مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف بهینه‌ی آن احساس می‌شود (Darlington, 1997). به‌طورکلی مقادیر، انواع و درصد انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف، متفاوت است. این موضوع بدلیل شرایط اقلیمی، بوم‌شناختی و زراعی متفاوت این کشورهااست. استفاده زیاد سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع شده است و همچنان ادامه دارد. ضرورت پیدا کردن مواد سوختنی دیگری به جای سوخت‌های فسیلی حتی برای کشورهای صادرکننده هم وجود دارد (Koocheki and Hosseini, 1999). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تأثیرگذار بر بخش کشاورزی، بطور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که Sayin *et al*.,(2005) نیز به درستی این مطلب، در کشور ترکیه اذعان داشتند.

باتوجه به نیاز روزافزون انرژی درجهان امروز، قیمت بالا و محدودیت منبع‌های انرژی و نیز اثرهای استفاده نامتعارف و بیش از حد از انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز شتاب در روند گرم شدن کره زمین، امروزه مقوله انرژی در تمام زیرساخت‌های اقتصاد اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی به یکی ازمهمترین مبحث‌های فرآوری محققان و دانشمندان تبدیل شده است (Abdollahpour and Zaree, 2009). به‌طورکلی منبع انرژی برای تولید غذا به دو شکل انرژی اکولوژیکی و انرژی 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 انرژی صنعتی و انرژی بیولوژیکی

www.SID.ir

Archive of SID

تفکیک می‌شود. انرژی صنعتی، انرژی زراعی حاصل از منبع‌های غیرزنده مانند: الکتریسیته، نفت، گازوئیل و گاز طبیعی می‌باشد. انرژی زراعی بیولوژیکی نیز از منبع‌های انسانی مانند نیروی کار انسان، نیروی کار دام و کود حیوانی تأمین می‌شود (Nasirian, 2006). انرژی زراعی صنعتی به دو شکل انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم می‌باشد (Nasirian, 2006).

نقش حیاتی انرژی در توسعه بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل صنعت، حمل و نقل و کشاورزی، پژوهشگران را به مطالعه در زمینه مدیریت بر مصرف انرژی واداشته است.

در تحقیقی که با هدف ارزیابی توازن انرژی در کشت کلزای زمستانه از طریق فراهمی نیتروژن محصول قبلی در منطقه‌های خشک آلمان صورت گرفت، گزارش شد که انرژی ورودی در طول سال متغیر و بین ۷/۴۲ تا ۱۶/۱ گیگاژول در هکتار بود (Rathke and Diepenbrock, 2006). بررسی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور و سوخت موتور پمپ به‌ترتیب سهمی برابر با ۲۴ و۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به‌طورکلی۵۴ درصد انرژی مصرفی در تولید پنبه مربوط به سوخت گازوئیل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳ درصد نیز به‌ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند (Ahmadi and Aghaalikhani, 2011). Abdollahpour and Zaree (2009) نیز مصرف انرژی را در مزرعه‌های گندم دیم در کرمانشاه مورد ارزیابی قرار دادند و میزان انرژی نهاده‌های ورودی در این مزرعه‌ها را ۶۱۳۰/۹ هزار کیلوکالری در هکتار و میزان انرژی خروجی یا تولیدی محصول دانه گندم را ۵۰۱۸ هزار کیلوکالری در هکتار و محصول کاه را ۴۳۱۶ هزار کیلوکالری در هکتار برآورد کردند. نتایج بررسی Erdal *et al*. (2007) نشان داد که استفاده از ماشین‌آلات و کودهای شیمیایی سبب افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی می‌شود درصورتی‌که نیروی انسانی جایگزین خوبی برای آن می‌باشد.

با بررسی مصرف انرژی در مزرعه‌های تکثیر بذر ارقام گندم دیم در استان آذربایجان شرقی مشخص شد که بیشترین انرژی مصرفی در این مزرعه‌ها، به‌ترتیب مربوط به کود نیتروژن، ماشین‌آلات و سوخت گازوئیل و کمترین انرژی مصرفی متعلق به نیروی انسانی و علف‌کش بود (Valadiani *et al*., 2005).

با تعیین نسبت انرژی گندم دیم در سه منطقه شهرستان اقلید گزارش دادند که کود و سوخت بیشترین سهم انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند که بایستی با مدیریت صحیح در مصرف بهینه آن‌ها گام برداشت. مصرف این نهاده‌ها نه تنها هزینه تولید را افزایش می‌دهد بلکه سبب آلودگی محیط و منبع‌های آب و خاک نیز می شود (Molayi *et al*., 2008). همچنین در مطالعه‌ای دیگر در استان کرمانشاه با بررسی کشت گندم دیم و آبی بر میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای چنین گزارش شد که گندم دیم به ۱۵۶۰۳ مگاژول در هکتار انرژی ورودی نیاز دارد که کمابیش حدود یک سوم مصرف انرژی در گندم آبی است. بیشترین و کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه ای در تولید گندم دیم به ترتیب برابر با ۵۵۳ و ۳۸۱ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن در هکتار به‌دست آمد. بیشترین سهم انتشار گازهای گلخانه ای در تولید گندم آبی متعلق به مصرف سوخت فسیلی و الکتریسیته بود ولی در گندم دیم بیشترین سهم انتشار مربوط به مصرف سوخت فسیلی و استفاده از ماشین آلات و ادوات بود (Mondani *et al*., 2017).

با بررسی چگونگی کاهش مصرف سوخت و انرژی در تولید گندم در استان خوزستان، برخی محققان دریافتند که استفاده بهینه از آب آبیاری بیشترین سهم را در کاهش مصرف انرژی داشت که در ادامه مصرف سوخت و کود نیتروژنی قرار داشتند. ایشان انتخاب روش مناسب

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری، ماشین‌آلات استاندارد و مصرف به‌موقع کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی را از روش‌های کاهش مصرف انرژی در تولید گندم دانستند (Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2016) در مطالعه‌ای در ترکیه، مشخص شد که ۲۳۲۳۱ مگاژول انرژی برای تولید یک هکتار گندم نیاز است و ۸۱۷۲۰ مگاژول بر هکتار نیز انرژی خروجی حاصل شد. در این مطالعه کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص نیز به ترتیب ۳/۵۲، ۰/۱۹ کیلوگرم بر مگاژول، ۵/۱۶ مگاژول بر کیلوگرم و ۵۸۴۸۹ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد (Unakitan and Aydin, 2018). براساس آخرین آمار، سطح زیر کشت کل محصول‌های زراعی ایران ۱۱/۳میلیون هکتار بوده که از این میزان حدود ۸/۱۷ میلیون هکتار به کشت غلات اختصاص پیدا کرده است که سهم گندم۶۳/۱۷ و جو ۱۷/۵۵درصد است. براساس آخرین آمار، کل سطح زیر کشت گندم در استان گلستان ۳۵۷ هزار هکتار بوده است که از این میزان ۱۴۹هزار هکتار آبی و ۲۰۹هزار هکتار دیم می‌باشد. همچنین کل سطح زیر کشت جو در استان گلستان ۹۲هزار هکتار است که ۷۴هزار هکتار آن آبی و ۱۸هزار هکتار دیم می‌باشد (Agricultural Statistics, 2015). بنابراین بمنظور بررسی چگونگی کاهش مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر هکتار از زمین‌های دیم تحت کشت گندم و جو در زمین‌های شمالی دشت گرگان و در محدوده شهرستان آق‌قلا که در مجموع بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص می‌دهند، هدف‌های زیر مد نظر قرار گرفت: ۱- تعیین میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و بررسی شاخص‌های آن. ۲- تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و بررسی شاخص‌های آن.

مواد و روش‌ها

ناحیه‌های شمالی استان گلستان و در محدوده شهرستان آق‌قلا یکی از منطقه‌های عمده کشت گندم و جو در استان می‌باشد. برای انجام این پژوهش اقدام به جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از منطقه مورد بررسی شد. بر همین اساس با مصاحبه با کشاورزان مختلف، برای گندم و جو به‌ترتیب ۹۵ و ۸۳ کشاورز انتخاب شدند که از طریق تکمیل پرسشنامه در محدوده شهرستان آق‌قلا به جمع‌آوری داده‌های موردنیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در دو محصول گندم و جو دیم اقدام 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 ساعت‌های نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سم پاشی، برداشت و حمل و نقل می‌شود، محاسبه شد. این عدد در معادل انرژی آن یعنی عدد ۱/۹۶ مگاژول ضرب و میزان انرژی نیروی انسانی بر حسب مگاژول در هکتار برای هر دو منطقه به‌دست آمد. نهاده ماشین‌آلات بعنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه شامل ساعت‌های کار ماشین‌آلات و ادوات مورد استفاده از کاشت تا برداشت، مانند ماشین‌آلات و ادوات مورد نیاز برای شخم و آماده سازی زمین، داشت و برداشت محصول و میزان گازوئیل و روغنی که برای سوخت ماشین‌آلات مختلف برای شخم، کاشت، کودهی، برداشت و نیز حمل ونقل در یک هکتار مزرعه گندم و جو دیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی ازمهمترین متغیرهای ورودی به بوم نظام‌های کشاورزی، کودهای شیمیایی است. از کودهای شیمیایی مورداستفاده در مزرعه‌های این دو محصول می‌توان به نیتروژن، فسفات و پتاسیم اشاره کرد. میزان مصرف سم-های کشاورزی شامل علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌های مورد استفاده در منطقه‌های مورد مطالعه نیز جمع‌آوری شد و تحت متغیر مواد شیمیایی ارزیابی شد. میزان بذر مصرفی در هر هکتار مزرعه گندم و جو

www.SID.ir

Archive of SID

دیم نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن به‌صورت مگاژول در هکتار محاسبه شد.

انرژی ورودی کل از مجموع انرژی‌های نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی و دامی، سم‌ها، 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، سم‌های 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 و کود دامی محاسبه شد.

برای برآورد میزان 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 (Soltani et al., 2013).

$$FT=T\times FH \qquad (۱)$$

برای برآورد مقدار مصرف انرژی ناشی از نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هرگرم ماده موثره در ضریب‌های مربوطه و وزن مخصوص آن‌ها ضرب گردید. دیگر محاسبه‌های انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منبع‌های 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)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) می‌باشند که سبب گرم شدن جوّ زمین می‌شوند. پتانسیل گرمایش جهانی عبارت است از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده که به صورت معادل CO_2 بیان می‌شود (Rajabi *et al*., 2011). 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 سم‌های شیمیایی، مصرف سوخت‌های فسیلی برای انجام عملیات زراعی، تولید ماشین‌آلات زراعی، آبیاری و حمل و نقل در نظر گرفته شد.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص برای هر روش کاشت با استفاده از روابط تعریف شده زیر محاسبه شد (Hatirli *et al*., 2006; Soltani *et al*., 2010; Soltani *et al*., 2013).

نسبت یا کارآیی انرژی (بدون واحد)

$$ER=E0/EI \qquad (۲)$$

که در آن ER نسبت یا کارآیی 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

$$SE=EI/GY \qquad (۳)$$

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

$$EP=GY/EI \qquad (۴)$$

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.

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی خالص

$$NEY=EO-EI \quad (۵)$$

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 ذرت در هر یک از عملیات زراعی انجام شده، استفاده شد. سپس با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2، کل گازهای گلخانه‌ای به‌صورت معادل CO_2 محاسبه شدند (Soltani *et al*., 2013).

از حاصل تقسیم میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر میزان تولید دانه بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید هر تن دانه به‌دست می‌آید. به همین ترتیب از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر انرژی خروجی برحسب گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم CO_2 برحسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده به‌دست آمد.

جدول ۱- تاریخ عملیات‌های زراعی برای مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 1. Time of agricultural operations for rainfed wheat and barley

عملیات زراعی Field operations	مزارع Farms	
	گندم دیم Rained wheat	جو دیم Rained barley
شخم (۳۰ سانتی‌متر) Tillage (30 cm)	زمستان Winter	-----
دیسک (۱) Disk (1)	اوایل فروردین Late March	اوایل اردیبهشت Late April
دیسک (۲) Disk (2)	اوایل فروردین Late March	اوایل اردیبهشت Late April
اختلاط کود با خاک Mixing fertilizer with soil	اوایل فروردین Late March	اوایل اردیبهشت Late April
کود پایه Basal dressing	اوایل فروردین Late March	اوایل اردیبهشت Late April
کاشت بذر Planting seeds	اوایل فروردین Late March	اوایل اردیبهشت Late April
کنترل علف‌های هرز بعد از کاشت Weed control after planting	اواسط اردیبهشت Early May	اوایل اردیبهشت Late April
کنترل بیماری های قارچی Fungi control	اوایل خرداد Late May	-
کود سرک Top dressing	اواسط اردیبهشت Early May	اواخر اردیبهشت Late May
برداشت Harvest	اوایل مرداد Late July	اواخر تیر، اواسط تیر و اواخر شهریور Late June, Early July and Early September
حمل و نقل Transportation	اوایل مرداد Late July	اواخر مهرماه Late October

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای ورودی ها و خروجی‌های مورد استفاده برای مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 2. Energy equivalent of inputs and outputs in rained wheat and barley

ورودی‌ها/خروجی‌ها Iinputs/outputs	واحد Unit	معادل انرژی (مگاژول بر واحد) Energy equivalent (MJ.unit)	منبع Reference
بذر گندم Seed wheat	کیلوگرم Kg	15.7	(Canakci *et al*., 2005)
بذر جو Seed barely	کیلوگرم Kg	14.7	(Ziaei *et al*., 2013)
نیروی انسانی Human labor	ساعت Hour	1.96	(Akcaoz *et al*., 2009)
نیتروژن (N) N fertilizers	کیلوگرم Kg	60.6	(Ozkan *et al*., 2004; Akcaoz *et al*., 2009)
فسفر (P2O5) P fertilizers	کیلوگرم Kg	11.1	(Ozkan *et al*., 2004; Akcaoz *et al*., 2009)
پتاسیم (K2O) K fertilizers	کیلوگرم Kg	6.7	(Ozkan *et al*., 2004; Akcaoz *et al*., 2009)
گازوئیل Gasoline	لیتر L	38	(Hydrocarbon balance sheet of Country, 2008)
علف‌کش‌ها Herbicide	کیلوگرم ماده موثره Kg a.i.b	287	(Tzilivakis *et al*., 2005; Rathke *et al*., 2007)
حشره‌کش‌ها Insecticide	کیلوگرم ماده موثره Kg a.i.b	237	(Tzilivakis *et al*., 2005; Rathke *et al*., 2007)
دانه گندم Grain wheat	کیلوگرم Kg	15.7	(Canakci *et al*., 2005)
دانه جو Grain barely	کیلوگرم Kg	14.7	(Ziaei *et al*., 2013)
کاه و کلش گندم Straw of wheat	کیلوگرم Kg	9.25	(Ghorbani *et al*., 2011)
کاه و کلش جو Straw of barely	کیلوگرم Kg	11.6	(Rajabi *et al*., 2011)
قارچ‌کش مزارع گندم Fungicide	کیلوگرم Kg	99	(Ghorbani *et al*., 2011)

نتایج و بحث

انرژی نهاده‌ها

میزان ورودی‌های مختلف برای گندم و جو در جدول ۳ آورده شده است. مقدار مصرف سوخت برای مزرعه‌های گندم و جو دیم به‌ترتیب برابر ۱۳۶ لیتر و ۱۳۰ لیتر در هکتار به‌دست آمد. سوخت مصرفی بعنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات زراعی و حمل و نقل استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که این میزان نهاده در هر دو محصول مورد مطالعه کمابیش بالاست.

یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت و بهینه سازی آن استفاده از ابزارهای زراعی مناسب و جدید مانند دستگاه چندکاره (کمبینات) است. این دستگاه تردد مکرر تراکتور و ابزارهای متصل به آن را در مزرعه کاهش داده و در نتیجه از ایجاد لایه غیرقابل نفوذ در خاک جلوگیری کرده و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود (Rajabi *et al*., 2011). از روی اصول 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*.,

www.SID.ir

Archive of SID

1995). از سویی دیگر نوع ابزارها و ماشین‌آلات نیز از نظر مصرف سوخت متفاوت هستند. تراکتورهای جاندیر ۳۱۴۰ و رومانی ۶۵۰ بیشترین مصرف سوخت و انرژی را در مقایسه با دیگر تراکتورها در هنگام انجام عملیات زراعی نشان دادند (Ghahderijani *et al*., 2009).

جدول ۴ میزان انرژی ورودی سیستم زراعی برحسب مگاژول در هکتار را نشان می‌دهد. از میان ورودی های مصرف سوخت، کود نیتروژنی و بذر به ترتیب رتبه-های اول تا سوم مصرف انرژی را نشان دادند. مصرف بذر با میانگین انرژی ورودی ۳۱۴۰ مگاژول در هکتار (۲۳/۴ درصد) برای گندم دیم و ۲۲۰۵ مگاژول در هکتار (۲۰/۹ درصد) سهم قابل توجهی از انرژی ورودی به مزرعه تشکیل داد. بنابراین تا آنجایی که امکان دارد باید از مصرف غیر ضروری بذر برای تولید گندم و جو پرهیز نمود. استفاده از کمبینات برای کاشت گندم و جو کمترین میزان مصرف بذر و استفاده از بذرپاش سانتریفیوژ بیشترین مصرف بذر را نشان داد. میزان بذر مصرفی نیز به نوع و نحوه‌ی استفاده از ماشین‌های کاشت بستگی دارد. بنابراین عامل‌هایی مانند خاک‌ورزی و آماده‌سازی مناسب زمین جهت کشت و نیز استفاده از ماشین‌های کارآمد کاشت می‌تواند در میزان بذر مصرفی موثر باشد. همچنین علف‌کش با۷/۳ درصد در گندم دیم و ۵ درصد در جو دیم کمترین سهم انرژی ورودی را به سیستم زراعی این محصول‌ها داشت. Ghasemi Mobtaker *et al*. (2010) میزان انرژی ورودی کل را برای تولید جوی فاریاب در استان همدان ۲۵۰۲۷ مگاژول بر هکتار ارزیابی کردند که مصرف سوخت و کود نیتروژن در مجموع ۵۱ درصد از مجموع انرژی مصرفی را به خود اختصاص دادند. این میزان در مطالعه حاضر برای جوی دیم برابر با ۱۰۵۴۱ مگاژول بر هکتار به‌دست آمد که ۶۶ درصد از آن صرف مصرف سوخت و کود نیتروژن گردید. Manafi-Dastjerdi and Lari (2016) در تحقیقی گزارش کردند که بیشترین سهم مصرف انرژی در تولید گندم دیم متعلق به مصرف کودهای نیتروژنی و سوخت فسیلی بود. Molayi and Afzalnia (2012) نیز مجموع انرژی مصرفی در تولید گندم در دشت نمدان در شهرستان اقلید فارس را ۳۱۷۳۵/۳ مگاژول در هکتار گزارش نمودند که در این میان مصرف کودهای نیتروژنه و سوخت فسیلی بالاترین سهم (۴۹ درصد) را در مصرف انرژی نشان دادند. در تحقیقی مصرف سوخت در تولید گندم دیم در استان خراسان شمالی ۸۳/۹۰ لیتر در هکتار گزارش شد. مجموع انرژی مصرفی در تولید گندم دیم برابر با ۹۳۵۴/۲ مگاژول در هکتار تخمین زده شد. همچنین نشان داده شد که سیستم تولید گندم آبی کمابیش ۵ برابر انرژی بیشتری نسبت به گندم دیم مصرف کرد. در سیستم دیم، سوخت دیزل و در سیستم آبی، مصرف کودهای نیتروژنه بیشترین میزان مصرف انرژی را داشتند. کارایی انرژی در سیستم دیم نسبت به سیستم آبی ۲/۰۶ برابر بیشتر بود که می-تواند به دلیل مصرف انرژی و نهاده کمتر در سیستم تولید گندم دیم نسبت به سیستم تولید گندم آبی باشد (Ghorbani *et al*., 2011).

در جدول ۵ انرژی مصرفی در روش‌های مختلف به دو بخش انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی و برآورد گردیده است. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی و نیروی انسانی بیان شده است. انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مرحله‌های 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 مورداستفاده قرار گرفته است. جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزرعه‌های گندم و جو دیم مربوط به سوخت می‌باشد که میزان آن به‌ترتیب ۳۸/۷ و ۴۶/۸ درصد به‌دست آمد. سهم بالای سوخت در انرژی ورودی این مزرعه‌ها می‌تواند به دلیل استفاده از ابزارها و ماشین‌آلات فرسوده و با بهره‌وری کم

www.SID.ir

Archive of SID

باشد و نیز افزون بر آن، استفاده مکرر و جداگانه از ماشین آلات برای هر عملیات زراعی بویژه آماده‌سازی زمین و کشت نیز سبب افزایش میزان سوخت مصرفی شود. در مطالعه‌ای مشابه در شهرستان گرگان گزارش شد که بیشترین انرژی ورودی بوم‌نظام‌های زراعی گندم مربوط به سوخت مصرفی (۲۶/۲ درصد) است. دلیل بالا بودن میزان سوخت مصرفی در این مزرعه‌ها، استفاده از ماشین ها و ابزارهای غیرکارآمد و با استهلاک بالا و نیز استفاده نکردن از کمبینات‌ها برای اجرای هم‌زمان خاک‌ورزی و کاشت بیان شد (Kazemi and Zare, 2014). همچنین با بررسی مصرف انرژی در تناوب ذرت-سویا در شرق آلمان چنین گزارش شد که شخم با گاوآهن برگردان‌دار ۸/۷۲ گیگاژول در هکتار بیشترین مصرف انرژی را داشت و بدنبال آن شخم با چیزل ۷/۸۳، دیسک تاندوم ۷/۶۵ و تیمار بدون شخم ۷/۳۴ گیگاژول در هکتار مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. در واقع با کاهش مصرف انرژی در بخش خاک‌ورزی، می‌توان تا ۱۶ درصد در انرژی صرفه‌جویی داشت (Rathke *et al*., 2007). در مطالعه‌ای دیگر، سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در تولید گندم دیم را به ترتیب ۵۰ و ۵۱ درصد گزارش کردند که انرژی سوخت مصرفی بیشترین سهم را در مصرف انرژی داشت.

در بین انرژی ورودی غیرمستقیم بیشترین سهم نیز مربوط به کود نیتروژن با مقادیر ۳۱/۳ درصد برای گندم و ۱۹/۱درصد برای جو دیم به‌دست آمد. یکی از عامل‌های اصلی در افزایش مصرف انرژی در بیشتر مزرعه‌ها مربوط به مصرف کودهای شیمیایی است. بیشتر این افزایش در کشورهای پیشرفته صورت گرفته است. در بسیاری از گزارش‌ها بیشترین انرژی ورودی به مزرعه‌های مربوط به کودهای شیمیایی از جمله کود نیتروژن اعلام شده است. استفاده از الگوی کشت بهینه و تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریزجانداران آزادکننده عنصرهای غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی بوم نظام‌های کشاورزی به نهاده‌های شیمیایی کمک کند. از تناوب‌های رایج مزرعه‌های گرگان تناوب گندم - سویا می‌باشد. کشت یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن در مزرعه‌های گندم می‌تواند نیاز این محصول به نیتروژن ورودی را کاهش دهد. انجام آزمایش‌های کامل تجزیه خاک در مزرعه‌ها، می‌تواند قدم موثری در تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر مواد غذایی باشد.

جدول ۶ نشان می‌دهد نسبت انرژی خروجی به ورودی درمزرعه‌های گندم دیم ۵/۰۱ و جو دیم ۵/۳ می باشد که بیانگر راندمان پایین انرژی در تولید گندم و جو دیم در شهرستان آق قلا می‌باشد که دلیل آن می‌تواند افزایش روزافزون انرژی ورودی به مزرعه‌های در قالب سوخت و کودهای شیمیایی بدون افزایش محسوس در عملکرد دانه بیان شود. نسبت انرژی در تولید گندم در ترکیه ۲/۸، (Canakci *et al*., 2005)، در هند در مکان های مختلف بین ۹/۲ - ۲/۵ (Singh *et al*., 2002)، در مزرعه‌های جو در همدان ۲/۸۶ (Ghasemi mobtaker *et al*., 2010) در مزرعه‌های گندم اردبیل ۱/۹۲ (Shahan *et al*., 2008)، در مزرعه‌های گندم دیم استان لرستان ۲/۱۱ (Fatholahi *et al*., 2017)، مزرعه‌های گندم آبی شهرستان ری ۲/۶۳ (Alipoor *et al*., 2014)، و در مزرعه-های گندم آبی شهرستان ساوه بین ۰/۶-۰/۱ (Tabatabaeefar *et al*., 2009) گزارش شده است. در مطالعه‌ای با بررسی مصرف انرژی در مزرعه‌های گندم و جو در استان سیستان و بلوچستان گزارش شد که میزان کارایی مصرف انرژی در مزرعه‌های گندم (۱/۴۹) نسبت به مزرعه‌های جو (۱/۹۴) پایینتر است (Ziaei *et al*., 2013). به‌طورکلی نیاز به انرژی در عملیات زراعی در کشاورزی بستگی به درجه تغییر در بوم نظام‌های طبیعی دارد. باید توجه داشت که از روی اصول طبیعت همیشه در جهت افزایش تولید ناخالص عمل می‌کند ولی انسان با دخالت در نظام‌های طبیعی سعی در افزایش تولید خالص دارد (Koocheki and Hosseini, 1999). به نظر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌رسد یکی از دلیل‌های بالا بودن نسبی کارآیی مصرف انرژی در مزرعه‌های جو گرگان رعایت تناوب زراعی و استفاده از فایده‌های آن در زراعت این محصول است. کشت مداوم یک محصول در یک زمین افزون بر کاهش عملکرد محصول به دلیل تخلیه عنصرهای غذایی سبب هجوم علف‌های هرز، آفت‌ها و بیماری‌ها می‌شود که هجوم این عامل‌ها کشاورز را ناگزیر به استفاده بیشتر از نهاده‌های مصرفی می‌کند که این امر افزون بر کاهش کارآیی انرژی سبب افزایش آلودگی‌های محیط زیستی می‌شود. در مجموع استفاده از ارقام پرمحصول، سامانه های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سم های شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی درکشاورزی مدرن شده است (Singh *et al*., 2004). در مطالعه ۱۵ ساله جریان انرژی در تناوب‌های زراعی بر مبنای جو در نظام‌های مختلف کشت متداول، حفاظت شده و ارگانیک در منطقه نیمه‌خشک کاستیلا لامانچا در مرکز اسپانیا، چنین نتیجه شد که نظام کشت ارگانیک دارای انرژی ورودی کمتر و کارآیی مصرف انرژی بالاتری نسبت به دو نظام دیگر است در بین تناوب‌های زراعی تناوب جو-ماشک تحت نظام کشت ارگانیک، دارای بیشترین نسبت انرژی خروجی به ورودی و کمترین مقدار آن در تناوب کشت جو در نظام کشت متداول به‌دست آمد (Moreno *et al*., 2011). اصولاً برای افزایش کارآیی مصرف انرژی دو راه‌کار کلی قابل تصور است. افزایش خروجی‌ها و کاهش منطقی نهاده‌ها، به‌طوری‌که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد (Ahmadi and Aghaalikhani, 2011). از آنجایی که دانه و کاه و کلش گندم و جو بعنوان جزء اقتصادی محصول برداشت شده محسوب می‌شوند، میزان انرژی خروجی نیز افزایش بیشتری می‌یابد. از این رو میزان انرژی خروجی گندم و جوی دیم به ترتیب ۷۳/۳ و ۶۲/۵ گیگاژول بر هکتار به‌دست آمد که از این میزان، سهم کاه و کلش بسیار قابل توجه بود (جدول ۶).

بازده انرژی خالص در مزرعه‌های گندم و جو دیم به‌ترتیب ۵۸۷۰۱ و ۵۰۸۰۴/۵ مگاژول بر هکتار برآورد شد. نتایج نشان داد که بازده انرژی خالص در مزرعه‌های گندم دیم نسبت به مزارع جو دیم بیشتر است. در مطالعه-ای میزان انرژی خالص برای کشت گندم گندم در شهرستان گرگان ۶۱۲۲۲ و در شهرستان مرودشت ۶۵۲۷۷ مگاژول بر هکتار به دست آمد (Kazemi and Zare, 2014). از طرفی میزان انرژی خروجی کل مزرعه-های گندم دیم (۷۳/۳ گیگاژول بر هکتار) از مزرعه‌های جو دیم (۶۲/۵ گیگاژول بر هکتار) بیشتر می‌باشد. اما بدلیل کمتر بودن انرژی ورودی کل در مزرعه‌های جو دیم نسبت به مزرعه‌های گندم دیم بهره‌وری انرژی مزرعه‌های جو دیم بیشتر به‌دست آمد. در تحقیقی میزان بهره‌وری انرژی برای گیاهان مختلف زراعی به میزان ۰/۰۶ و ۰/۱۰ برای گندم، ۰/۱۹ برای جو، ۱ برای گوجه‌فرنگی، ۰/۰۶ برای کتان، ۱/۵۳ برای چغندرقند گزارش شده است (Erdal *et al*., 2007). بهره وری انرژی نسبت به کارآیی مصرف انرژی پارامتر کمابیش مناسبتری برای مقایسه دو منطقه مختلف از نظر تولید یک گیاه می‌باشد. زیرا اختلاف در میزان کارآیی انرژی هم می‌تواند به دلیل تفاوت در انرژی ورودی و هم تفاوت در عملکرد باشد، و این مسئله اندکی قضاوت را مشکل خواهد ساخت. ولی شاخص بهره‌وری انرژی، نسبت عملکرد تولیدی برحسب کیلوگرم را به انرژی مصرفی محاسبه کرده و تفاوت دو منطقه را بهتر نشان می‌دهد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای

جدول ۷ پتانسیل گرمایش جهانی برحسب معادل کیلوگرم CO_2 در هکتار را نشان می‌دهد. براساس نتایج به ازای هر هکتار تولید گندم و جو دیم به ترتیب برابر با ۹۴۳ و ۷۴۰ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گازهای گلخانه‌ای انتشار یافت. Safa and Samarasingh (2012) در تولید گندم در نیوزلند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

را از هر هکتار زمین تحت کشت گندم ۱۰۳۲ کیلوگرم برآورد کردند. در شهرستان آق قلا به ازای هر تن دانه و کاه گندم و جو دیم که تولید می‌شود، ۴۱۰ و ۳۷۹ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن به داخل جو انتشار می‌یابد همچنین به ازای هر گیگاژول انرژی که در تولید گندم و جوی دیم به طور مستقیم و یا غیرمستقیم مصرف می‌گردد، ۶۵ و ۶۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن منتشر می‌شود که این میزان برای هر گیگاژول انرژی خروجی که حاصل می‌شود، ۱۲/۸ و ۱۱/۸ کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۷).

بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی هم در مزرعه‌های گندم و هم مزرعه‌های جو دیم مربوط به سوخت می‌باشد که به‌ترتیب در مزرعه‌های گندم و جو سهمی معادل ۴۲/۷۲ و ۵۲/۰۷ درصد را دارا می‌باشد. در مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای گزارش شد که کمترین پتانسیل گرمایش جهانی پس از کشت بهاره گندم و برابر با ۲۳۴۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار به‌دست آمد (Feyzbakhsh and Soltani, 2013). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملیات مختلف زراعی برای تولید گندم در استان گلستان ۱۲۰۰ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار برآورد شد (Rezvantalab *et al*., 2015). همچنین میانگین پتانسیل گرمایش جهانی در تولید چغندرقند در شمال ایرلند برابر با ۱/۲۵ تن معادل CO_2 در هکتار ارزیابی شد (Tzilivakis *et al*., 2005).

از طرفی در هر دو محصول گفته شده بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد. این امر بیانگر آن است که بخش‌هایی که دارای بیشترین مصرف انرژی بودند، بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی را به‌خود اختصاص دادند. بنابراین کاهش انرژی ورودی به مزرعه‌ها همراه با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد بود و محصولی پاکتر را تولید خواهد کرد.

جدول ۳- میزان ورودی‌های مختلف برای مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 3. Amount of inputs used for rained wheat and barley in Gorgan region

ورودی Input	واحد Unit	گندم دیم Rained wheat	جودیم Rained barley
سوخت Fuel	لیتر در هکتار L ha^{-1}	136	130
بذر Seed	کیلوگرم در هکتار Kg ha^{-1}	200	150
نیتروژن Nitrogen	کیلوگرم در هکتار Kg ha^{-1}	150	100
فسفر Phosphorus	کیلوگرم در هکتار Kg ha^{-1}	70	70
پتاسیم Potassium	کیلوگرم در هکتار Kg ha^{-1}	50	50
علف‌کش Herbicide	گرم ماده موثره در هکتار g a.i.b ha^{-1}	257	200
نیروی انسانی Human labor	ساعت Hour	18	15
شخم Plow	مرتبه Time	2	1
پخش کود Fertilization	مرتبه Time	1	2
کاشت با خطی کار Sowing	Timeمرتبه	1	1
سم‌پاشی (آفت‌کش و علف‌کش) Spraying (pesticides, herbicides)	مرتبه Time	3	2
برداشت Harvest	مرتبه Time	1	1

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- میزان انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 4. Energy inputs (MJ-1 ha) in each farming group in rained wheat and barley

عملیات زراعی Field operations	گندم دیم Rainfed wheat		جو دیم Rainfed barley	
	میانگین Average	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	درصد از کل Percent of total
شخم Plow	1379.4	10.3	1379.6	13
دیسک Disk	1909.4	14.2	1909.4	18.1
کود پایه Basal dressing	1004.5	7.5	1004.6	9.5
بذر Seed	3140	23.4	2205	20.9
خطی‌کار Row planter	1083.2	8.1	1083.3	1
علف‌کش Herbicides	510.9	3.7	521	5
قارچ‌کش Fungicides	506.3	3.8	-	-
کود سرک Top dressing	3084.1	23	1690.3	16
برداشت Harvest	748.1	5.6	748.3	7.1
کلTotal	13366.5	100	10541.4	100

جدول ۵- انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 5. Direct and indirect energy inputs for rained wheat and barley

انرژی‌های ورودی Energy inputs	گندم دیمRainfed wheat		جو دیمRainfed barley	
	میانگین Average	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	درصد از کل Percent of total
مستقیم Direct				
سوخت برای عملیات زراعی Fuel for field operations	5168	38.7	4940	46.8
نیروی انسانی Human labor	27.4	0.2	25.5	0.3
غیرمستقیم Indirect				
کود نیتروژن N fertilizers	4178.6	31.3	2018.4	19.1
کود فسفر P fertilizers	322	2.4	322	3
کود پتاسیم K fertilizers	160.8	1.2	160.8	1.5
بذر Seed	3140	23.5	2205	21
علف‌کش‌ها Herbicide	133	1	143	1.35
قارچ‌کش‌ها Fungicides	128.3	0.9	-	-
ماشین‌آلات Machinery	661.2	5	643.6	6.1
حمل‌ونقل Transportation	696.2	5.2	566	5.3
جمع کلTotal	13366.5	100	10541.4	100

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- شاخص‌های مختلف انرژی در مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 6. Different energy indices in rained wheat and barley

شکل های مختلف انرژی Energy indices	گندم دیم Rained wheat	جو دیم Rained barley
ورودی‌ها Inputs		
انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار) Direct input energy (GJ ha^{-1})	5.1	5
انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار) Indirect input energy (GJ ha^{-1})	22.6	6.06
خروجی‌ها Outputs		
انرژی خروجی کاه وکلش (گیگاژول در هکتار) Straw output energy (GJ ha^{-1})	39.5	11.7
انرژی خروجی دانه Grain output energy (GJ ha^{-1})	33.8	28.6
انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار) Total output energy (GJ ha^{-1})	73.3	62.5
نسبت انرژی خروجی به ورودی Ouput/input ratio	5.01	5.3
انرژی ویژه (گیگاژول بر تن) Specific energy (GJ ton^{-1})	6.3	6.04
بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول) Energy productivity (ton GJ $^{-1}$)	0.157	0.165
بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار) Net energy (GJ ha^{-1})	58701	50804.5

جدول ۷- پتانسیل گرمایش جهانی (GWP بر حسب معادل کیلوگرم CO_2 در هکتار) برای تولیدگندم و جو دیم

Table 7. GHG emissions (kg e-CO_2 ha^{-1}) for rained wheat and barley production

	گندم دیم Rainfed wheat		جو دیم Rainfed barley	
نهاده‌ها Inputs	میانگین Average	درصد از کل Percent of total	میانگین Average	درصد از کل Percent of total
نیتروژن Nitrogen	304.2	32.24	146.9	19.85
فسفر Phosphorus	26.4	2.79	26.4	3.56
پتاسیم Potassium	13.1	1.38	13.1	1.77
آفت‌کش Pesticides	26.9	2.85	14.7	1.98
سوخت Fuel	403.1	42.72	385.2	52.07
ماشین‌آلات Machinery	138.6	14.68	121	16.35
کل Total GWP	943.5	100	739.7	100

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- میزان پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزرعه‌های گندم و جو دیم

Table 8. GHG emissions per unit area, per unit weight, per unit input energy and per unit output energy in rainfed wheat and barley

انتشار گازهای گلخانه ای GHG emissions	گندم دیم Rainfed wheat	جو دیم Rainfed barley
بر واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار) Per unit area (kg eq-CO_2 ha^{-1})	943.5	739.1
بر واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در هرتن محصول) Per unit weight (kg eq-CO_2 t^{-1})	410.2	379.3
بر واحد انرژی ورودی(کیلوگرم معادل CO_2 درگیگاژول) Per unit input energy (kg eq-CO_2 GJ^{-1})	64.6	63.1
بر واحد انرژی خروجی(کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) Per unit output energy (kg eq-CO_2 GJ^{-1})	12.8	11.8

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سوخت مصرفی بیشترین سهم انرژی ورودی را در تولید گندم و جو دیم (به ترتیب ۳۸/۷ و ۴۶/۸ درصد از انرژی مصرفی کل) دارد و پس از آن کاربرد کود به ویژه کود نیتروژنی قرار دارد. همچنین به ازای تولید هر هکتار گندم دیم و جوی دیم به ترتیب ۹۴۳/۵ و۷۳۹/۱ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن انتشار یافت که در اینجا نیز بیشترین سهم انتشار، متعلق به مصرف سوخت در تولید هر دو محصول بود. کارایی مصرف انرژی نیز در تولید گندم و جوی دیم، کمابیش یکسان و به ترتیب ۵/۰۱ و ۵/۳ به‌دست آمد. بنابراین برای کاهش مصرف سوخت، استفاده از کمبینات‌ها که عمل خاک ورزی، کاشت و گاه کوددهی پایه را همزمان انجام می‌دهد و همچنین استفاده از سیستم‌های کشت حفاظتی (حداقل خاک‌ورزی) توصیه می‌شود. هم‌چنین رعایت تناوب زراعی و تناوب با گیاهان پوششی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند بعنوان یکی از راه‌کارهای کاهش مصرف کود به ویژه کودهای نیتروژنی توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌شود که با بهبود عملیات مدیریت تولید شامل استفاده بهینه از کودهای شیمیایی، جایگزین کردن میزان مناسبی از کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی، کنترل آفت‌ها و کاربرد ارقام پرمحصول، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارآیی انرژی یعنی نسبت انرژی خروجی به مصرفی را بهبود بخشید. همچنین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز به کمترین حد خواهد رسید.

منابع

Abdollahpour, S., and Zareie, S., 2010. Evaluation of energy balance in rainfed wheat fields of Kermanshah province. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 20, 97-106. (In Persian with English abstract).

Agricultural Statistics, 2015. Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Volume I: Crop production, 2014-2015. Publishing Department of Planning, Economic and International Affairs, Office of Statistics and Information Technology.

Ahmadi, M., and Aghaalikhani, M., 2012. Energy Consumption Analysis in Cotton Farming in Golestan Province in order to provide a solution for increasing resource efficiency. Agricultural Ecology. 4, 151-158. (In Persian with English abstract).

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H., 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment. 7, 475-480.

Alipoor, A., Keshavarz-Afshar, R., Ghalegolab Behbahani, A., Karimi Nejad, M. and Mohammadi, V., 2014. Evaluation of energy flow

www.SID.ir

Archive of SID

in irrigated wheat agroecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production. 23, 59-69. (In Persian with English abstract).

Bonari, E., Mazzoncini, M., and Peruzzi, A., 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil and Tillage Research. 33, 91-108.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A., 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable roduction: 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., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy. 32, 35-41.

Fatholahi, H., Rafiee, S. and Mousavi-avval S. H. 2017. Assessment of the energy, economic and environmental indices of rainfed vs irrigated wheat production (Case study: Lorestan province). Iranian J. Biosystem Engineering. 48(4): 527-537. (In Persian with English abstract).

Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm. Electronic Journal of Crop Production. 6, 89-107. (In Persian with English abstract).

Ghahderijani, M., Keyhani, A.R., Tabatabaeefar, S.A., and Omid, N., 2009. Evaluation and determination of energy ratio for potato production in different level of cultivated area in the western Isfahan. Case study: Fereydoon-Shahr. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources. 16, 183-193. (In Persian with English abstract).

Ghasemi Mobtaker, H., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment. 137: 367-372.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., and Teimouri, M. 2011. A case study of energy use and economic analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Appl. Energ. 88: 283 - 288.

Hatirli, S. A., Ozkan, B. and Fert, C., 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renew Energy. 31, 427-438.

Hydrocarbon balance sheet of country. 2007. Energy Management Group, International Energy Studies Institute. 544 p. (In Persian with English abstract).

Kazemi, H., and Zare, S., 2014. Evaluation and comparison of energy in wheat fields of Gorgan and Marvdasht. Journal of Cereal Research. 4, 211-227.

Koocheki, A., and Hosseini, M., 1999. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Ferdowsi University Publication, Iran. 317 pp. (In Persian with English abstract)

Manafi dastjerdi, M., and LARI, A. 2017. Evaluation and comparison of energy indices whitin wheat farms in Alborz province. Iranian Journal of Biosystems Engineering. 47: 771-779. (In Persian with English abstract).

Molayi, K., and Afzalnia, S., 2012. Determination of energy indices in wheat and rapeseed production in Eqlid Namdan plain. Journal of Plant Ecophysiology. 10, 26-36. (In Persian with English abstract)

www.SID.ir

Archive of SID

Molayi, K., Keyani, A., Karimi, M., Kheyralipoor, K. and Ghasemi-Varnamkhasti, M., 2008. Energy ratio of rainfed wheat- case study: Eqlid Township (Fars). Iranian Biosystem Engineering Journal. 39, 13-19. (In Persian with English abstract).

Mondani, F., Aleagha, S., Khoramivafa, M. and Ghobadi, R., 2017. Evaluation of greenhouse gases emission based on energy consumption in wheat Agroecosystems. Energy Reports. 3, 37–45.

Moreno, M.M., Lacasta, C., Meco, R., and Moreno, C., 2011. Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: Results of along-term trial. Soil and Tillage Researches. 114, 18-27.

Nabavi-Pelesaraei A., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Qasemi-Kordkheili, Q., Kouchaki-Penchah, H. and Riahi-Dorcheh, F. 2016. Applying optimization techniques to improve of energy efficiency and GHG (greenhouse gas) emissions of wheat production. Energy. 103, 672-678.

Nasirian, N., Almasi, M., Minaei, S., and Bakhdha, H., 2006. An investigation on the energy flow in sugar production in a southern Ahwaz plant and industry. Fourth National Congress on Agricultural Machinery Engineering Mechanization. Tabriz University. 230 pages.

Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C., 2004. Energy input-output analysis in Turkish Agriculture. Renewable Energy. 29, 39-51.

Rajabi, M.H., Soltani, A., Vhidnia, B., Zeinali, E. and Soltani, E., 2011. Evaluation of fuel consumption in wheat fields in Gorgan. Environmental Science. 9, 143-164. (In Persian with English abstract).

Rathke, G. W. and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oil seed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy. 24, 35-44.

Rathke, G.W., Wienhold, B.J., Wilhelm, W.W., and Diepenbrock, W. 2007. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. Soil Till. Res. 97: 60–70.

Rezvantalab, N., Soltani, A., Zeinali, E., and Daylam Salehi, R. 2015. Evaluation of Fuel and Energy Use and Greenhouse Gases Emissions in Wheat and Soybean Production in Golestan Province. PhD thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 318 Pp.

Safa, M., and Samarasinghe, S. 2012. CO_2 emissions from farm inputs "case study of wheat production in Canterbury, New Zealand. Environ. Pollut. 17: 126-132.

Sayin, C., Mencet, M.N., and Ozkan, B., 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. Energy Policy. 33, 2361-2373.

Shahan, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S. and Karimi, M. 2008. Energy use and economical analysis of production in Iran: A case study from Ardabial province. Journal of Agricultural Technology. 4, 77-88. (In Persian with English abstract).

Singh, G., Singh, S. and Singh, J. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversation Management. 45, 453-465.

Singh, H., Mishra, D. and Nahar, N. M. 2002. Energy use pattern in production of typical village in arid zone, India-part-I. Energy Conversion and Management. 43, 2275–2286.

Soltani, A., Rajabi, M. H., Zeinali, E., and Soltani, E., 2013. Energy inputs and greenhouse gases

www.SID.ir

Archive of SID

emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy, 50: 54-61.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali E., and Soltani, E., 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production. 3, 201-218. (In Persian with English abstract).

Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Ghasemi Varnamkhasti, M., Rahimizadeh, R. and Karimi, M., 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy. 34, 41-45.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A. and 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, 101-119.

Unakitan, G., Aydin, B., 2018. Comparison of Energy Use Efficiency and Economic Analysis of Wheat and Sunflower Production in Turkey: A Case Study in Thrace Region. Energy. doi: 10.1016/j.energy.2018.02.033. Article in press.

Valadiani, A., Hasanzadeh-Ghourtapeh, A., and Valadiani, R., 2005. Study of energy balance in dryland wheat seed cultivars in seed reproduction fields and its effect on the environment in East Azerbaijan province. Agriculture Sciences Journal. 15, 1-12. (In Persian with English abstract).

Ziaei, S.M., Hosseinpanahi, F., Valizadeh, J. and Barabadi, S.A., 2013. Comparison of Production Effectiveness of Wheat and Barley in Terms of Energy Use and Productivity in Sistan and Blochestan Province. Iranian Journal of Field Crops Research. 11(2), 327-336. (In Persian with English abstract).

www.SID.ir

Environmental Sciences Vol.17 / No.1 / Spring 2019

121-140

Comparison of input and output energy and global warming potential in rainfed wheat and barley in Aq-Qala (Golestan province)

Mohammad Taghi Feyzbakhsh[1] ,Nasibeh Rezvantalab[2*] and Parisa Alizadeh[2]

[1] Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agricalture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received 2018.07.12 Accepted: 2018.12.10

Feyzbakhsh, M.T., Rezvantalab, N. and Alizadeh, P., 2019. Comparison of input and output energy and global warming potential in rainfed wheat and barley in Aq-Qala (Golestan province). Environmental Sciences S. Environmental Sciences. 17 (1): 121-140.

Introduction: In recent years, energy consumption in agriculture has increased dramatically, and modern agriculture has high energy consumption. Most of the energy used to produce agricultural products is spent due to the use of inputs such as machinery, fossil fuels, fertilizers, and pesticides. Inappropriate use of these inputs reduces energy efficiency in production and also causes problems for human health and the environment. At present, due to the energy crisis in the world, it is necessary to study more about energy consumption and find solutions for its optimal use. This study was conducted to identify the energy evolution and global warming potential in wheat and barley production in northern lands of Gorgan Plain, city of Aq-Qala, so that appropriate strategies can be carried out to prevent the waste of energy and reduce the environmental impact of resources.

Material and methods: For this study, 95 and 83 farmers were selected for interviewing about wheat and barley production in Aq-Qala city, respectively. The data including machines, seeds, fertilizers, fuel, and pesticides were collected by questionnaire. Then fuel, input and output energy, energy evaluation indices and global warming potential (kg CO2 ha-1) were calculated by related coefficients.

Results and discussion: The results showed that the highest direct input energy in wheat and barley production belonged to fuel consumption with 38.8 and 46.8 percent, respectively. Also, the highest indirect input energy was obtained from nitrogen fertilizer with 31.3 and 19.1 percent for wheat and barley fields, respectively. The ratio of the output/input energy for rainfed wheat and rainfed barley were calculated 5.01 and 5.03, respectively. Also, global warming potential in wheat and barley production was 943.9 and 739.1 (kg eq-CO2 ha-1),

Corresponding Author. *E-mail Address*: na_rezvan@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

respectively. Also, the results showed that increased fuel and fertilizer consumption will increase the amount of input energy in both crop production and also increase the production of greenhouse gases. Therefore, the use of more efficient machinery and equipment that reduces fuel consumption and also proper crop rotation and using organic fertilizers can increase energy efficiency and reduce the global warming potential of rainfed wheat and rainfed barley production.

Conclusion: The results showed that the fuel consumed in both products had the highest input energy, followed by the fertilizer, especially nitrogen fertilizer. Therefore, it is recommended that the reduction of fuel consumption be done by using combinators and protection culture systems (minimum tillage). It is also recommended to apply crop rotation and rotation with covered crops that are able to stabilize nitrogen to reduce the use of fertilizers. It is suggested that the yield increases by improving management operations, optimum use of fertilizers, pest control, which in turn will improve energy efficiency.

Keywords: Field operations, Fuel, Indirect energy, Specific energy.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir