

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

سال چهارم / شماره سوم / ۱۳۹۳ (۲۱۱-۲۲۷)

ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت

حسین کاظمی^{۱*} و سمیرا زارع^۲

۱ و ۲ - به ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۳۱)

چکیده

در این مطالعه جریان انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. شاخص‌های کارایی مصرف انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی، انرژی مستقیم، انرژی غیر مستقیم، انرژی قابل تجدید، انرژی غیر قابل تجدید و انرژی ورودی کل و خروجی محاسبه شدند. داده‌های اولیه با تکمیل پرسشنامه و با روش چهره به چهره از کشاورزان پیشرو و کارشناسان کشاورزی در هر دو منطقه جمع‌آوری شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از معادله‌های انرژی مستخرج از منابع به داده‌های ثانویه قابل استفاده تبدیل شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که از انرژی ورودی کل در دو بوم‌نظام زراعی، کودهای شیمیایی و سوخت بالاترین مصرف انرژی را داشتند و متغیرهای ماشین‌آلات و آبیاری در مکان بعدی قرار گرفتند. در این تحقیق کارایی مصرف انرژی برای مزارع گرگان ۲/۹۱ و در مزارع مرودشت ۲/۵۶ محاسبه شد. همچنین انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع مرودشت بالاتر از گرگان به دست آمد. متوسط بهره‌وری انرژی به ترتیب ۰/۱۲۵ و ۰/۱۲۳ کیلوگرم در مگاژول برای مزارع این دو منطقه محاسبه شد، به این معنی که به ترتیب ۰/۱۲۵ و ۰/۱۲۳ کیلوگرم محصول به ازای مصرف هر واحد انرژی در مزارع شهرستان‌های گرگان و مرودشت به دست می‌آید. متغیرهای بذر، نیروی انسانی و مواد شیمیایی کمترین مصرف انرژی ورودی را در تولید گندم در هر دو منطقه به خود اختصاص دادند. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که مزارع گرگان مدیریت بهتری داشتند و در مصرف انرژی کارآمدتر بودند.

واژه‌های کلیدی: انرژی خروجی، انرژی ورودی، جریان انرژی، کارایی مصرف انرژی

مقدمه

بخش کشاورزی به عنوان مهمترین بخش تولید کننده مواد غذایی کشور نه تنها مصرف کننده انرژی است بلکه مهم‌ترین عرضه کننده انرژی نیز محسوب می‌شود. نظر به اینکه بخش کشاورزی از یک طرف با محدودیت منابع تولید روبرو بوده و از سوی دیگر تامین کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد می‌باشد، باید تعادل و توازن بین جریان برداشت و بهره برداری از منابع تولید و تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود. یکی از راه‌های برآورد توسعه کشاورزی و پایداری تولید در نواحی مختلف کشاورزی استفاده از روش ارزیابی جریان انرژی است (Heydargholi Nejjhad-Kenari and Hasanzadeh-Ghorttapeh, 2003).

کارایی انرژی یک نظام تولید کشاورزی را می‌توان از طریق هم ارزی انرژی عملکرد تولید شده و هم ارزی انرژی تمامی نهاده‌ها و عملیات زراعی مورد استفاده تعیین کرد. در صورت لزوم بوم‌نظامی زراعی که کارایی مصرف انرژی بالاتری دارد، عملکرد بیشتری ندارد. بلکه موضوع سود و سرمایه است که ممکن است یک نرخ سود پایین برای یک سرمایه‌گذاری بزرگ، مقدار منفعت بیشتری از یک نرخ سود بالا و سرمایه گذاری اندک داشته باشد (Darlington, 1997). انسان با اعمال مدیریت صحیح می‌تواند کارایی تثبیت انرژی خورشید را در محصولات کشاورزی بالا ببرد. این موضوع از طریق بهبود شرایط اقلیمی، عملیات صحیح زراعی و تامین واحد مطلوب نهاده‌های لازم و اصلاح ارقام پر محصول امکان‌پذیر است. از مهم‌ترین نوع مصرف انرژی در کشاورزی می‌توان به کودهای شیمیایی و به کارگیری ماشین‌های کشاورزی (از لحاظ انرژی مصرف شده برای ساخت و از لحاظ سوخت مصرفی) اشاره کرد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با رشد مکانیزاسیون و استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی، کارایی انرژی مصرفی در سیستم‌های کشاورزی کاهش یافته است و کشاورزی اولیه ضمن داشتن پایداری بیشتر نسبت به کشاورزی فشرده و مدرن امروزی، کارایی به مراتب بهتری داشته است (Darlington, 1997; Pimentel, 1999). بررسی‌ها نشان داده است که ۲۵ درصد از کل انرژی مصرفی برای تولید ذرت در آمریکا مربوط به استفاده از ماشین آلات و سوخت و ۴۵ درصد آن ناشی از به کار بردن کودهای

شیمیایی است (Peyman, 2005).

گردش انرژی یکی از مباحث مهم در بوم‌شناسی کشاورزی است و در نقاط مخلف جهان نسبت انرژی خروجی و ورودی در بوم‌نظام‌های مختلف زراعی محاسبه شده است. از شاخص‌های مهم جریان انرژی که در بوم‌نظام‌های زراعی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد عبارتند از: کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص، شدت انرژی و کل انرژی خروجی و ورودی. در این زمینه مطالعاتی که در کشور انجام شده است عمدتاً مربوط به محصول گندم می‌باشد. بطور مثال می‌توان به مطالعه حیدرقلی نژاد کناری و حسن زاده قورت تپه (Heydargholi Nejjhad-Kenari and Hasanzadeh-Ghorttapeh, 2003) اشاره کرد. این محققین جریان انرژی زراعت گندم دیم را در استان مازندران بررسی کردند. میزان انرژی ورودی در این نوع زراعت ۵۳۵۹۵۱۰ کیلوکالری در هکتار و میزان انرژی خروجی محصول دانه گندم ۷۰۶۲۸۹۸ و محصول کاه ۵۶۸۴۲۰۴ کیلوکالری در هکتار برآورد شد. همچنین میزان کارایی انرژی برای این محصول ۰/۴۲ بدست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی مصرفی برای تولید این محصول مربوط به مصرف کود نیتروژن و انرژی مصرفی برای ماشین‌آلات است. ولدینانی و همکاران (Valadiani, et al., 2005) 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، ماشین آلات و سوخت گازوئیل و کمترین انرژی مصرفی متعلق به نیروی انسانی و علف‌کش می‌باشد. در مطالعه دیگری میزان مصرف انرژی برای کشت سیب زمینی در منطقه غرب استان اصفهان توسط قهدریجانی و همکاران (Ghahderijani et al., 2009) بررسی شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین سهم مصرف انرژی محصول سیب‌زمینی مربوط به انرژی کودهای شیمیایی با متوسط ۵۱ درصد بوده و کمترین میزان سهم مصرف انرژی مربوط به انرژی زیستی با متوسط ۲ درصد (نیروی کارگری) است. حسن زاده قورت تپه و همکاران (Hasanzadeh Ghorttapeh et al., 2001) با ارزیابی جریان انرژی در چهار روش تغذیه شیمیایی، آلی، تلفیقی و شاهد در مزرعه آفتابگردان در استان آذربایجان غربی، نشان دادند که با کاربرد مخلوط

(نیروی انسانی و سوخت) اختصاص داشت.

در برخی از مطالعات جریان انرژی در مزارع در یک دوره زمانی و برای چندین محصول کشاورزی ارزیابی شده است. کامفورتی و گیامپیترو (Comforti and Giampietro, 1996) کارایی انرژی برای ۷۵ کشور جهان را بین ۱ تا ۲۰ تعیین نمودند. آنها در تحقیقات خود متوسط کارایی مصرف انرژی در کشاورزی ایران را ۱/۷۹ گزارش کردند. آلام و همکاران (Alam et al., 2005) با بررسی جریان انرژی در کشاورزی کشور بنگلادش طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۱ گزارش دادند که در طول دوره مطالعه کارایی مصرف انرژی از ۱۱/۲۸ درصد به ۸/۱ درصد کاهش یافته است که این نشان‌دهنده افزایش سریع انرژی ورودی نسبت به انرژی خروجی است. کامسینگ و همکاران (Chamsing et al., 2006) با بررسی تجزیه مصرف انرژی چند محصول در کشور تایلند، گزارش کردند که محصول سویا چه در فصل خشک و چه در فصل مرطوب دارای نسبت انرژی پایینی نسبت به سایر گیاهان است (۲-۳/۷). بالاترین میزان نسبت انرژی به گیاه نیشکر اختصاص یافت (۹/۳-۱۰/۱). گزارش شده که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده در کشور ترکیه به ازای هر هکتار در طی ۲۵ سال از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش یافته است. در حالی که میزان انرژی خروجی طی همین مدت با رشدی کمتر از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. در مجموع طی ۲۵ سال کارایی مصرف انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است (Ozkan et al., 2004).

تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناسی، مصرف انرژی و اقتصاد بوم‌شناختی یکی از روش‌های مناسب برای شناخت علل افزایش یا رکود سطح زیر کشت محصولات در یک منطقه خاص است. با تجزیه و تحلیل مصرف انرژی و تعیین سهم هر یک از انرژی‌های فسیلی و تجدید شونده که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در تولید محصول زراعی نقش دارند، می‌توان روش‌های افزایش کارایی و بهره‌وری منابع آب، خاک و نهاده‌های شیمیایی و امکان استقرار یک نظام تولید بوم‌سازگار را بررسی کرد (Ahmadi and Aghaalikhani, 2012). در کل درک شیوه‌های توزیع انرژی در توسعه و طراحی مدیریت‌های زراعی اهمیت فراوان دارد. همچنین نیاز به انرژی و مدیریت پایدار از

کودهای شیمیایی و آلی نه تنها می‌توان مصرف انرژی در واحد سطح را کاهش داد بلکه می‌توان کارایی انرژی تولیدی را نیز بالا برد و در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار گام برداشت. ملایی و همکاران (Molaei, et al., 2008) با تعیین نسبت انرژی گندم 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 منابع آب و خاک نیز می‌شود. در مطالعه Rajaby et al., (2012b) در شش مزرعه در شرق و غرب گرگان، حداکثر انرژی ورودی ۲۱۱۷۹/۳ و حداکثر انرژی خروجی ۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول در هکتار بدست آمد.

در سال‌های اخیر با توجه به جایگزینی الکتریسیته به جای سوخت‌های فسیلی، در برخی از گزارش‌ها انرژی مصرفی الکتریسیته به عنوان مهم‌ترین نهاده ورودی معرفی شده است. بطور مثال در تولید ریحان گلخانه‌ای در استان اصفهان، پهلوان و همکاران (Pahlavan et al., 2012) و خسروی و ایمانی (Khosravi and Imani, 2011) در ارزیابی مصرف انرژی در یک مزرعه ۸۳ هکتاری گندم آبی در اصفهان، الکتریسیته را به عنوان مهم‌ترین نهاده ورودی معرفی کردند. در بسیاری از پژوهش‌ها، علاوه بر محاسبه شاخص‌های انرژی، کل انرژی ورودی مزارع به صورت‌های انرژی تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر، انرژی مستقیم و غیر مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. شاهان و همکاران (Shahan et al., 2008) با بررسی تجزیه و تحلیل اقتصادی و استفاده از انرژی در تولید گندم در استان اردبیل گزارش دادند که ۷۳/۲۷ درصد از انرژی ورودی کل در تولید گندم غیرمستقیم و ۲۶/۷۳ درصد انرژی مستقیم است. محمدی و امید (Mohammadi and Omid, 2010) با تحلیل اقتصادی و ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد خیار گلخانه‌ای در ایران گزارش دادند که حدود ۱۰/۹۳ درصد از کل انرژی ورودی تجدیدپذیر و ۸۹/۷ درصد تجدیدناپذیر است. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) گزارش دادند که حدود ۸۲ درصد از کل انرژی ورودی به کار رفته در تولید سیب زمینی غیرمستقیم (بذر، کود، مواد شیمیایی، ماشین آلات) و ۱۸ درصد آن مستقیم

لحاظ بوم‌شناختی با توسعه در ارتباط است.

استان‌های فارس و گلستان از مراکز مهم تولید محصولات اساسی از جمله گندم در کشور محسوب می‌شوند. در این دو استان شهرستان‌های مرودشت و گرگان از مناطق حاصل‌خیز و حایز اهمیت تولید گندم می‌باشند. میزان کل اراضی زیر کشت شهرستان مرودشت ۱۵۰ هزار هکتار می‌باشد که حدود ۷۰ هزار هکتار زیر کشت گندم قرار دارد. این میزان در شهرستان گرگان حدود ۲۴ هزار هکتار در سال ۹۰-۱۳۸۹ برآورد شده است. با توجه به اهمیت کشت گندم در کشور ما، این مطالعه اولین بار به منظور ارزیابی و مقایسه جریان انرژی در مزارع دو شهرستان مهم تولید کننده گندم یعنی گرگان و مرودشت انجام شد. همچنین شناسایی متغیرهای دخیل در کارایی مصرف انرژی و ارتقا آن برای تحلیل مسایل مختلف در نظام‌های کشاورزی پایدار، حفظ منابع محیطی و بهینه‌سازی مصرف انرژی از دیگر اهداف این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی محل انجام تحقیق

شهرستان گرگان

شهرستان گرگان با وسعت ۱۶۱۶ کیلومترمربع، در گستره جنوبی استان گلستان و در مختصات ۵۴ درجه و ۱۲/۹ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۴/۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰/۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۸/۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان از شمال به شهرستان‌های آق‌قلا و بندر ترکمن، از جنوب به استان سمنان، از شرق به شهرستان علی‌آباد و از غرب به شهرستان کردکوی محدود می‌شود.

شهرستان مرودشت

شهرستان مرودشت با وسعت ۳۶۸۷ کیلومتر مربع یکی از شهرهای شمالی استان فارس است. این شهرستان بین ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان از شرق به شهرستان ارسنجان از شمال به شهرستان پاسارگاد و از شمال غرب به شهرستان خرم‌بید و اقلید و از جنوب غربی به شهرستان سپیدان و از جنوب به شهرستان شیراز محدود است، متوسط ارتفاع این شهرستان از سطح دریا

۱۶۲۰ متر می‌باشد.

چگونگی جمع‌آوری داده‌ها

اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای این تحقیق از طریق پرسشنامه فنی و تخصصی و به روش چهره به چهره و تکمیل آن توسط کشاورزان پیشرو در هر دو منطقه تهیه شد و با استفاده از آمار و اطلاعات سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌های فارس و گلستان و نیز کارشناسان و متخصصان زراعت گندم در هر شهرستان درستی این داده‌ها کنترل گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها در هر شهرستان برای هر متغیر میانگین گرفته شد. در گام بعدی داده‌های مربوط به نهاده‌ها و خروجی‌ها با توجه به معادل‌های انرژی طبق جدول (۱) به واحد مگاژول در هکتار تبدیل شدند. این معادل‌ها از منابع مختلف جمع‌آوری شدند. در این پژوهش از عملیات و موارد استثنایی که توسط تعداد بسیار معدودی از کشاورزان انجام گرفته بود، صرف‌نظر گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از صفحه گستر اکسل (Excel) استفاده شد. همچنین برای مقایسه آماری داده‌های دو شهرستان از آزمون t کمک گرفته شد.

نهاده‌ها و خروجی‌ها

متغیر نیروی انسانی، از مجموع ساعات نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختلف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سم‌پاشی، آبیاری، 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 عنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه، شامل ساعات کار ماشین‌آلات و ادواتی می‌باشد که از کاشت تا برداشت و حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند، مانند ماشین‌آلات و ادوات مورد نیاز برای شخم و آماده‌سازی زمین، داشت و برداشت محصول. مقدار گازوئیلی و روغنی که جهت سوخت ماشین‌آلات مختلف برای شخم، کاشت، آبیاری، کوددهی، برداشت و نیز حمل و نقل در یک هکتار مزرعه گندم مورد استفاده قرار می‌گیرد، در زیر مجموعه متغیر سوخت قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین متغیرهای ورودی به بوم‌نظام‌های کشاورزی کودهای شیمیایی است. از کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع این دو منطقه می‌توان به نیتروژن،

محاسبات مورد استفاده قرار گرفت. همچنین فقط در مزارع گندم شهرستان گرگان مصرف کود دامی گزارش شد که این نهاده‌های ورودی به عنوان یکی از متغیرها

فسفات و پتاسیم اشاره کرد که در مزارع گندم مورد مطالعه مرودشت در این پژوهش، مصرف کود پتاسیم گزارش نشده است. مقادیر این کودها بصورت خالص در

جدول ۱- معادل‌های مقادیر انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع گندم

Table 1. Energy equivalent of inputs and outputs in wheat fields

متغیر Variable	معادل انرژی (مگاژول) Energy equivalent (MJ unit ⁻¹)	واحد Unit	منابع مورد استفاده References
Input energy انرژی ورودی			
نیروی انسانی Human labor	1.96	ساعت h	(Ozkan, <i>et al.</i> 2004; Yilmaz <i>et al.</i> , 2005)
ماشین آلات Machinery	62.7	ساعت h	(Erdal <i>et al.</i> , 2007; Singh <i>et al.</i> , 2002; Shahan, <i>et al.</i> , 2008)
سوخت Fuel	56.31	لیتر L	(Erdal <i>et al.</i> , 2007; Singh <i>et al.</i> , 2002; Shahan, <i>et al.</i> , 2008)
نیتروژن (N) Nitrogen	60.6	کیلوگرم kg	(Akcaoz <i>et al.</i> , 2009; Rajaby <i>et al.</i> , 2012b)
فسفر (P ₂ O ₅) Phosphate	11.1	کیلوگرم kg	(Akcaoz <i>et al.</i> , 2009; Rajaby <i>et al.</i> , 2012b)
پتاسیم (K ₂ O) Potassium	6.7	کیلوگرم kg	(Akcaoz <i>et al.</i> , 2009; Rajaby <i>et al.</i> , 2012b)
کود دامی Farmyard manure	0.3	کیلوگرم kg	(Singh <i>et al.</i> , 2002; Ozkan, <i>et al.</i> 2004)
علفکش Herbicide	278	کیلوگرم kg	(Tzilivakis, <i>et al.</i> , 2005)
قارچ کش Fungicide	99	کیلوگرم kg	(Strapatsa, <i>et al.</i> , 2006)
حشره کش Insecticide	237	کیلوگرم kg	(Tzilivakis, <i>et al.</i> , 2005)
آب آبیاری Water for irrigation	1.02	متر مکعب m ³	(Shahan, <i>et al.</i> , 2008; Acaroglu, and Aksoy, 2005)
الکتریسیته Electricity	3.6	کیلووات بر ساعت kw/h	(Gundogmus, 2006)
بذر مصرفی Seed	15.7	کیلوگرم kg	(Ozkan, <i>et al.</i> , 2004; Shahan, <i>et al.</i> , 2008)
Output energy انرژی خروجی			
دانه Grain	14.7	کیلوگرم kg	(Ozkan, <i>et al.</i> , 2004; Shahan, <i>et al.</i> , 2008)
کاه و کلش Straw	9.25	کیلوگرم kg	(Rajaby <i>et al.</i> , 2012b)

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، سوخت، الکتریسیته و آب آبیاری می‌باشد. همچنین انرژی تجدیدناپذیر از مجموع انرژی سوخت، مواد شیمیایی، کودشیمیایی و ماشین‌آلات و انرژی تجدیدپذیر از مجموع نیروی کار، بذر، کود دامی، الکتریسیته و آب محاسبه شد. سایر شاخص‌ها طبق روابط ۱ تا ۶ محاسبه شدند (Shahan *et al.*, 2008; Molaei *et al.*, 2008):

- (۱) انرژی خروجی - انرژی ورودی = انرژی خالص
- (۲) انرژی ورودی / عملکرد دانه = بهره‌وری انرژی
- (۳) عملکرد دانه / انرژی ورودی = انرژی ویژه
- (۴) انرژی ورودی کل / انرژی خروجی کل = کارایی مصرف انرژی
- (۵) واحد سطح / مقدار انرژی مصرف شده = شدت انرژی
- (۶) انرژی ورودی کل / انرژی تولیدی دانه = کارایی مصرف انرژی جهت تولید دانه

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که مقدار انرژی ورودی و خروجی کل در مزارع گندم شهرستان گرگان به ترتیب ۳۲۰۹۸/۲۰ و ۹۳۳۲۰/۴۲ مگاژول در هکتار است. مقادیر این متغیرها در مزارع گندم مرودشت بالاتر بود، بطوری‌که انرژی ورودی کل حدود ۴۱۸۷۷/۸۱ و انرژی خروجی کل ۱۰۷۱۵۵ مگاژول در هکتار بدست آمد (جدول ۳). در هر دو منطقه مورد مطالعه میزان انرژی خروجی دانه بیشتر از میزان انرژی خروجی کاه و کلش می‌باشد (جدول ۳). بین میزان میانگین انرژی خروجی در این دو منطقه از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید گندم متفاوت است. سوخت مصرفی، کود شیمیایی، آبیاری، ماشین‌آلات و بذر اهمیت اقتصادی بالایی در تولید گندم در هر دو منطقه داشتند و به عنوان منابع اقتصادی شناخته شدند. بیشترین انرژی ورودی به بوم‌نظام‌های زراعی گندم در منطقه گرگان، مربوط به سوخت مصرفی (۲۶/۲ درصد)، کود شیمیایی (۲۴/۵ درصد) و در منطقه مرودشت به ترتیب به نهاده‌های کود شیمیایی (۲۸/۳۲ درصد) و سوخت مصرفی (۲۶/۹۱ درصد) تعلق داشت (شکل ۱). در

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. 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. یکی از نهاده‌های ورودی در هر دو منطقه آب است. بخش زیادی از اراضی این مناطق برای تامین آب از پمپ‌های الکتریکی استفاده می‌کنند. میزان الکتریسیته مورد استفاده در مزرعه (کیلو وات در ساعت) براساس کارکرد کنتور چاه‌های زراعی در طول رشد محصول ثبت شد و سپس با استفاده از ضریب تبدیل مقدار انرژی ورودی الکتریسیته برحسب مگاژول در هکتار بدست آمد و به عنوان یک متغیر مستقل در جدول نهاده‌ها و خروجی‌ها وارد شد. مقدار بذر مصرفی در هر هکتار مزرعه گندم نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن بصورت مگاژول در هکتار محاسبه شد. بطور میانگین این مقدار در شهرستان گرگان ۱۸۸ و در شهرستان مرودشت ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

عملکرد دانه و میزان کاه و کلش نیز در مزارع مختلف ثبت و سپس برای هر شهرستان میانگین گرفته شد. این متغیرها به عنوان خروجی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۲). برای محاسبه میزان خالص کاه و کلش خروجی از مزارع با احتساب این که ۲۵ درصد از کاه و کلش در مزرعه باقی می‌ماند، از روش رجیبی و همکاران (Rajaby *et al.*, 2012b) استفاده شد. بدین ترتیب که میزان انرژی موجود در کاه و کلش خالص از حاصل ضرب کل خروجی کاه و کلش در عدد ۰/۷۵ و ضریب تبدیل انرژی کاه گندم (۹/۲۵ مگاژول بر کیلوگرم) بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه شد.

شاخص‌های انرژی

پس از جمع‌آوری داده‌های انرژی در هر دو منطقه و معادل‌سازی واحدها، مهم‌ترین متغیرها و شاخص‌های انرژی شامل انرژی ورودی کل، انرژی خروجی کل، انرژی کل (مجموع انرژی ورودی و خروجی)، انرژی مستقیم، انرژی غیر مستقیم، انرژی تجدیدپذیر، انرژی تجدیدناپذیر، انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، کارایی مصرف انرژی، شدت انرژی و کارایی انرژی برای محصول دانه محاسبه شدند. انرژی ورودی کل از مجموع انرژی‌های نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی و دامی، سموم، بذر، الکتریسیته، کود شیمیایی و آبیاری محاسبه شد. انرژی خروجی کل نیز از برآورد مجموع

سوخت با سهم ۴۷ درصد و الکتریسیته با سهم ۲۲ درصد است. سهم انرژی ورودی الکتریسیته که صرف تامین آب مزارع توسط پمپ‌های برقی می‌شود، در گرگان ۴/۱۶ درصد و در مرودشت ۳/۹۴ درصد محاسبه شد (شکل ۱) که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود.

هر دو منطقه حدود یک دوم انرژی ورودی کل به مزارع، مربوط به سوخت و کودهای شیمیایی بود. صفا و ساماراسینگه (Safa and Samarasinghe, 2011) گزارش دادند که مهم‌ترین منبع انرژی ورودی به مزارع گندم استان سنترباری (Canterbury) در کشور نیوزلند،

جدول ۲- مقادیر متغیرهای ورودی و خروجی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت

Table 2. Amounts of inputs and outputs in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships

مقادیر در واحد سطح Quantity per unit area	گرگان Gorgan	مرودشت Marvdasht	Pr> t
Input ورودی			
نیروی انسانی (ساعت در هکتار) Human labor (h/ha)	60.4	101.80	0.15
ماشین آلات (ساعت در هکتار) Machinery (h/ha)	43.43	90.75	0.26
سوخت (لیتر در هکتار) Fuel (L/ha)	149.00	200.16	0.09
کودهای شیمیایی (کیلوگرم در هکتار) Chemical Fertilizers (kg/ha)	239.00	285.00	0.05
نیتروژن Nitrogen	108.00	175.00	0.14
فسفات Phosphate	80.00	110.00	0.08
پتاسیم Potassium	51.00	-	-
کود دامی (کیلوگرم در هکتار) Farmyard manure (kg/ha)	13750.00	-	-
الکتریسیته (کیلووات بر ساعت) Electricity (kw/h)	355.00	460.00	0.08
مواد شیمیایی (کیلوگرم در هکتار) Chemicals (kg/ha)			
علفکش Herbicide	1.20	1.25	0.01
قارچکش Fungicide	0.6	-	-
حشره کش Insecticide	0.85	0.42	0.20
آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) Water for irrigation (m ³ /h)	4000.00	6420.00	0.14
بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seed (kg/ha)	188.00	270.00	0.11
Output خروجی			
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	4003.5	5150.00	0.05
کاه و کلس (کیلوگرم در هکتار) Straw (kg/ha)	3726.37	3400.00	0.02

جدول ۳- مقادیر انرژی ورودی و خروجی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت
Table 3. Amounts of input and output energy in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships

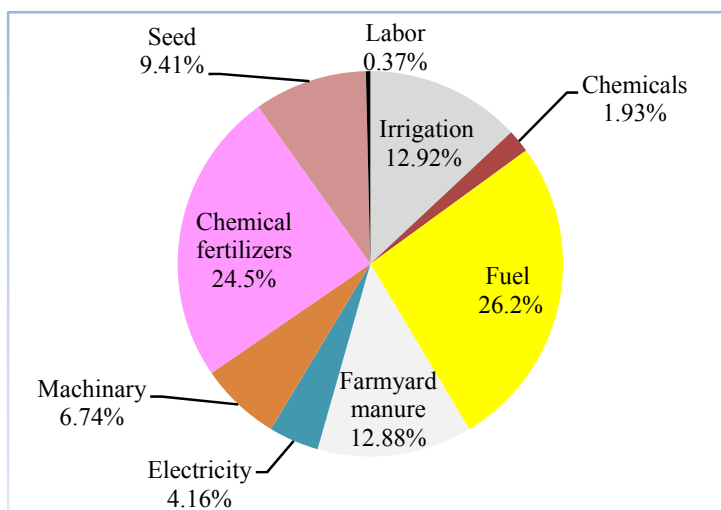
متغیر Variable	مقدار انرژی (مگاژول در هکتار) Energy amount (MJ/ha)	
	گرگان Gorgan	مرودشت Marvdasht
انرژی ورودی Input energy		
Human labor نیروی انسانی	118.38	199.54
Machinery ماشین آلات	2159.07	5690.44
Fuel سوخت	8390.19	11271.39
Chemical Fertilizers کودهای شیمیایی	7774.80	11826.00
Nitrogen نیتروژن	6544.80	10605.00
Phosphate فسفات	888.00	1221.00
Potassium پتاسیم	341.70	-
Farmyard manure کود دامی	4125.00	-
Electricity الکتریسیته	1278.00	1656.00
Chemicals مواد شیمیایی	594.45	447.04
Herbicide علفکش	333.60	347.50
Fungicide قارچکش	59.40	-
Insecticide حشره کش	201.45	99.54
Water for irrigation آب آبیاری	4080.00	6548.40
Seed بذر مصرفی	2951.60	4239.00
Total input energy انرژی ورودی کل	32098.20	41877.81
انرژی خروجی Output energy		
Grain yield عملکرد دانه	58851.45	75705.00
Straw کاه و کلش	34468.96	31450.00
Total output energy انرژی خروجی کل	93320.42	107155.00
Total energy انرژی کل	12541.62	149032.81

شهرستان مرودشت برای ۲۰۰/۱۶ لیتر حدود ۱۱۲۷۱/۳۹ مگاژول در هکتار و برای شهرستان گرگان ۸۳۹۰/۱۹ مگاژول در هکتار به ازای ۱۴۹ لیتر سوخت مصرفی اعم از گازوئیل و روغن بود که بخش اعظم این سوخت صرف عملیات تهیه زمین و خاک‌ورزی می‌شود. این مقدار سوخت مصرفی در شهرستان مرودشت بیشتر از گرگان است که می‌تواند به استفاده بیشتر از ماشین‌آلات و ادوات، انجام عملیات‌های زراعی بیشتر و فرسودگی و مستهلک بودن ماشین‌آلات در ارتباط باشد. در مزارع گندم مرودشت مدت زمان استفاده از ماشین‌آلات نیز به طور متوسط بیش از دو برابر مزارع گرگان است (۹۰/۷۵ ساعت در هکتار) (جدول ۲). استان فارس دومین استان کمباین‌دار کشور است و در برداشت غلات ۱۹ استان کشور مشارکت فعال دارد و از نظر تعداد تراکتور نیز سومین استان کشور است. به طور کلی مقادیر، انواع و

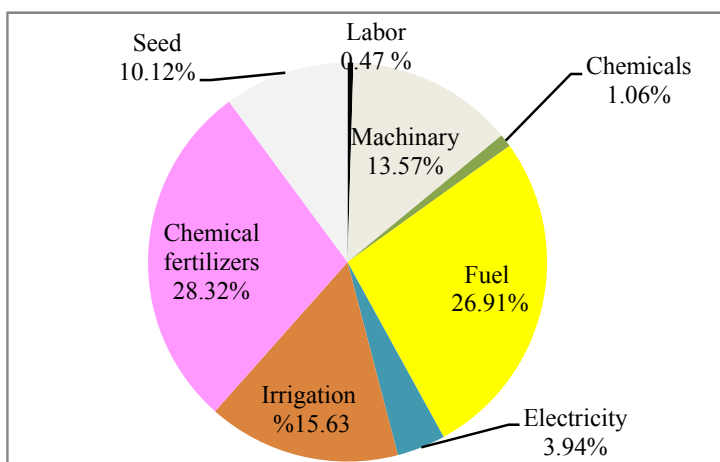
در منطقه مرودشت حدود ۳۷ درصد اراضی کشاورزی از طریق سد درودزن آبیاری می‌شود و مابقی آن از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق تأمین می‌شود. در مطالعه پهلوان و همکاران (Pahlavan et al., 2012) در اصفهان، سهم الکتریسته مصرفی حدود ۷۵ درصد از کل انرژی ورودی جهت تولید ریحان گلخانه‌ای برآورد شد. در مطالعه خسروی و ایمانی (Khosravi and Imani, 2011) در یک مزرعه ۸۳ هکتاری گندم آبی در همین استان سهم انرژی الکتریسته در بین نهاده‌های ورودی ۳۶ درصد اعلام شد.

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 هر دو منطقه مورد مطالعه تقریباً بالاست (جدول ۲). متوسط مقدار انرژی سوخت مصرفی در مزارع

گرگان Gorgan



مرودشت Marvdasht



شکل ۱- سهم متغیرها از کل انرژی ورودی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت

Figure 1. Share of variables from input energy in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships

پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تاثیرگذار بر بخش کشاورزی، به طور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت قرار می‌گیرند، به طوری که ساین و همکاران (Sayin *et al.*, 2005) نیز به درستی این مطلب در کشور ترکیه اذعان داشتند. محمدی و امید (Mohammadi and Omid, 2010) با تحلیل اقتصادی و ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد تولید خیار گلخانه‌ای در ایران گزارش دادند که سوخت فسیلی با ۴۲/۹۴ درصد بالاترین نهاده انرژی ورودی برای تولید خیار گلخانه‌ای در

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. ضرورت پیدا کردن مواد سوختنی دیگری به جای سوخت‌های فسیلی حتی برای کشورهای صادر کننده هم وجود دارد (Koochacki and Hosseini, 1999). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری

ایران است.

یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت و بهینه سازی آن استفاده از ادوات زراعی مناسب و 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 کرده و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود (Rajaby et al., 2012a). اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم‌خاک‌ورزی 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 (Ghahderijani et al., 2009).

ارزیابی داده‌های جمع‌آوری شده نشان داد که در این کشت‌بوم‌های تولید گندم، حداقل به میزان ۱۱۸/۳۸ مگاژول (گرگان) و ۱۹۹/۵۴ مگاژول (مرودشت) نیروی کارگری مورد نیاز است (جدول ۳). کمترین مقدار انرژی ورودی به مزارع هر دو منطقه به همین متغیر نیروی انسانی تعلق داشت (شکل ۱). همچنین میزان انرژی مصرفی جهت مواد شیمیایی نیز همانند متغیر نیروی انسانی اندک بود، البته میزان آن در منطقه مرودشت به علت عدم مصرف قارچ‌کش کمتر از گرگان برآورد شد (جدول ۲). نتایج این پژوهش نشان داد که میزان انرژی مصرف شده جهت آبیاری و بذر مصرفی در شهرستان مرودشت بیشتر از گرگان است (جدول ۳). درصد سهم این دو نهاد ورودی در شکل ۱ نشان داده شده است.

در مزارع گندم شهرستان گرگان و مرودشت، در میان مقادیر انرژی مصرفی جهت تولید کودهای شیمیایی، کود نیتروژن دارای بیشترین مقدار انرژی بود (جدول ۳). این مقدار انرژی مصرفی در شهرستان مرودشت بیشتر از گرگان بود، زیرا مصرف کود نیتروژن در مزارع این شهرستان بیشتر و بطور متوسط ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار می‌باشد (جدول ۲). 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 (Molaei et al., 2008; Heydargholi-Nejhad-Kenari and Hasanzadeh-Ghorttpeh, 2003; Rajaby et al., 2012b; Valadiani et al., 2005; Shahan et al., 2008; Mohammadi et al., 2008; Aghaalikhan et al., 2013). استفاده از الگوی کشت بهینه و تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریزجانداران آزاد کننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی بوم‌نظام‌های کشاورزی به نهاده‌های شیمیایی بیانجامد. از تناوب‌های رایج مزارع گرگان تناوب گندم-سویا می‌باشد. کشت یک گیاه تثبیت کننده نیتروژن در مزارع گندم می‌تواند نیاز این محصول به نیتروژن ورودی را کاهش داده بطوری که در مزارع گندم گرگان مصرف نیتروژن خالص حدوداً یک سوم کمتر از مزارع مرودشت می‌باشد (جدول ۲). انجام آزمایش‌های کامل تجزیه خاک در مزارع، می‌تواند قدم موثری در تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر مواد غذایی باشد. موضوع دیگری که باید به آن اشاره شود آتش زدن بقایای گیاهی مزارع گندم و جو بعد از برداشت محصول در هر دو منطقه است که این کار به طور گسترده در مزارع مرودشت جهت آماده‌سازی زمین برای محصول بعدی انجام می‌شود و علاوه بر پیامدهای زیست محیطی باعث کاهش حاصلخیزی خاک و مصرف بیشتر کودهای شیمیایی می‌شود.

شاخص‌های مهم انرژی مورد بررسی در مزارع گندم منطقه گرگان و مرودشت شامل کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص، شدت انرژی و کل انرژی خروجی و ورودی بودند که در جدول ۴ ارایه شده است. یکی از این شاخص‌ها، کارایی مصرف انرژی یا نسبت انرژی است که نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی می‌باشد. این نسبت به طور گسترده برای اندازه‌گیری کارایی مصرف انرژی در سامانه‌های غذایی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hadi, 2006). بر طبق جدول ۴ کارایی مصرف انرژی در گرگان (۲/۹۱) بالاتر از منطقه مرودشت (۲/۵۶) بود که تفاوت آنها از نظر آماری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود. پایین بودن کارایی مصرف انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی را

جدول ۴- شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت

Table 4. Investigation indices of energy flow in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships

شاخص های انرژی Energy indices	گرگان Gorgan	مرودشت Marvdasht	واحد Unit	$Pr > t $
کارایی مصرف انرژی Energy use efficiency	2.91	2.56	-	0.04
بهره‌وری انرژی Energy productivity	0.125	0.123	کیلوگرم در مگاژول kg/MJ	0.06
انرژی ویژه Specific energy	8.01	8.13	مگاژول در کیلوگرم MJ/kg	0.17
انرژی خالص Net energy	61222.22	65277.19	مگاژول در هکتار MJ/ha	0.02
شدت انرژی Energy intensity	3.21	4.18	مگاژول در متر مربع MJ/m ²	0.08
کارایی مصرف انرژی جهت تولید دانه Energy use efficiency for grain production	1.83	1.80	-	0.42
انرژی ورودی کل Total energy output	32098.20	41877.81	مگاژول در هکتار MJ/ha	0.08
انرژی خروجی کل Total energy output	93320.42	107155.00	مگاژول در هکتار MJ/ha	0.04

درجه تغییر در بوم‌نظام‌های 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 دارد (Koochacki and Hosseini, 1999).

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). مورنو و همکاران (Moreno, et al., 2011) در طی ۱۵ سال با ارزیابی جریان انرژی در تناوب‌های زراعی بر مبنای جو در

می‌توان با مصرف نهاده‌های بیشتر مانند سوخت و ماشین آلات در ارتباط دانست. هر چند این نهاده‌های بیشتر باعث افزایش عملکرد در مزارع گندم مرودشت نسبت به گرگان شده است (جدول ۲)، اما چون در محاسبه کارایی مصرف انرژی، میزان کل این ورودی‌ها در منجر کسر قرار می‌گیرد، در نتیجه باعث کوچک شدن کل کسر یعنی نسبت انرژی می‌شود. در اثر این استفاده گسترده از نهاده‌های خارجی در مزارع، شهرستان مرودشت در تولید گندم ۱۵ سال پیپای مقام نخست را در کشور به خود اختصاص داده و قابلیت خاصی در تولید این محصول راهبردی به همراه ذرت را داراست. نسبت انرژی در زراعت گندم در ترکیه ۲/۸ (Canakci et al., 2005)، در هند در مکان‌های مختلف بین ۲/۹-۵/۲ (Singh et al., 2007)، در مزارع گندم اردبیل ۱/۹۲ (Shahan et al., 2008)، در مزارع گندیم دیم شهرستان اقلید در استان فارس ۱/۰۶ (Molaei et al., 2008)، مزارع گندم آبی شهرستان ری ۲/۶۳ (Alipoor et al., 2014) و در مزارع گندم آبی شهرستان ساوه بین ۰/۶ تا ۱/۱۷ (Safa and Tabatabaeefer, 2002) گزارش شده است. بطور کلی نیاز به انرژی در عملیات زراعی در کشاورزی بستگی به

شدت انرژی نشان دهنده میزان جریان انرژی ورودی در هر واحد مربع مزرعه می‌باشد، این شاخص در گرگان پایین‌تر از مرودشت محاسبه شد (جدول ۴). کارایی مصرف انرژی جهت تولید دانه نشان دهنده میزان انرژی صرف شده جهت تولید دانه خالص است. هر چند مزارع گندم گرگان دارای کارایی مصرف انرژی بیشتری نسبت به مرودشت بودند، اما کارایی مصرف انرژی جهت دانه در این دو شهرستان تقریباً مشابه بود (جدول ۴). حیدرقلی‌نژاد کناری و حسن‌زاده قورت‌تپه (Heydargholi Nejhah) (Kenari and Hasanzadeh-Ghorttapeh, 2003) میزان کارایی انرژی کاه و دانه گندم دیم در مازندران را به ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۷۶ محاسبه کردند.

توزیع انرژی به صورت‌های انرژی مستقیم، انرژی غیرمستقیم، انرژی قابل تجدید و انرژی تجدید ناپذیر در جدول ۵ ارایه شده است. در این جدول از کل انرژی ورودی در مزارع گرگان ۳۰/۴۸ درصد به انرژی مستقیم و ۶۹/۵۲ درصد به انرژی غیرمستقیم اختصاص یافت و این مقادیر برای مزارع گندم مرودشت تقریباً حالت مشابه شرایط مزارع گرگان به دست آمد، به طوری که سهم انرژی مستقیم ۳۱/۳۵ درصد و غیر مستقیم ۶۸/۶۵ درصد از انرژی ورودی در این منطقه بود. انرژی مستقیم از جمع انرژی مصرفی در سوخت، نیروی کارگری، الکتریسیته و آب و انرژی غیر مستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، ماشین آلات و مواد شیمیایی است. در مطالعه‌ای در زراعت سیب زمینی در استان اردبیل مشاهده شد که سهم انرژی غیر مستقیم ۸۲ درصد و انرژی مستقیم ۱۸ درصد است که نشان دهنده استفاده فزاینده از نهاده‌های ورودی در تولید سیب زمینی به همراه افزایش محصول نهایی می‌باشد (Mohammadi *et al.*, 2008). از نظر فرم انرژی قابل تجدید، سهم آن در مزارع گرگان تقریباً ۹ درصد بالاتر از مزارع مرودشت محاسبه شد. ولی از نظر انرژی غیر قابل تجدید نتیجه عکس بدست آمد. میزان انرژی غیر قابل تجدید در شهرستان مرودشت ۳۰۸۹۰/۸۶ و در شهرستان گرگان ۲۰۸۲۳/۲۱ مگاژول در هکتار به دست آمد. جدول ۵ میزان انرژی قابل تجدید در گرگان را ۱۱۲۷۴/۹۸ و در مرودشت ۱۰۹۸۶/۹۴ مگاژول در هکتار نشان می‌دهد که از نظر آماری این مقادیر در سطح احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2003) نشان دادند که انرژی

نظام‌های مختلف کشت (متداول، حفاظت شده و ارگانیک) در منطقه نیمه خشک کاستیلا لمانچا (Castilla-LaMancha) در مرکز اسپانیا، به این نتیجه رسیدند که نظام کشت ارگانیک دارای انرژی ورودی کمتر و کارایی 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- جو در نظام کشت متداول به دست آمد.

اصولاً 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 (Ahmadi and Aghaalkhani, 2012). در هر حال کاهش مصرف انرژی بخصوص در عملیات‌های انرژی‌بر، حتی در صورت ثابت بودن تولید محصول، باعث افزایش نسبت انرژی می‌شود. به عنوان مثال تغییر در روش‌های فعلی آبیاری که اغلب به صورت غرقابی و کم بازده است، باعث کاهش مصرف الکتریسیته و مصرف آب و نیروی کارگری می‌شود.

در این مطالعه متوسط بهره‌وری انرژی حدود ۰/۱۲۵ و ۰/۱۲۳ کیلوگرم در مگاژول به ترتیب برای گرگان و مرودشت محاسبه شد (جدول ۴). این بدین معنی است که به ترتیب ۰/۱۲۳ و ۰/۱۲۵ کیلوگرم محصول به ازای هر واحد انرژی در مزارع گندم شهرستان‌های گرگان و مرودشت حاصل می‌شود. همچنین انرژی ویژه برای تولید گندم به ترتیب ۸/۰۱ و ۸/۱۳ مگاژول در کیلوگرم برای مزارع گرگان و مرودشت بدست آمد. گزارش‌ها حاکی است که این نسبت‌ها برای گیاهان مختلف متفاوت است. مثلاً در ترکیه در زراعت گندم ۵/۲۴، در پنبه ۱۱/۲۴، در ذرت ۳/۸۸، برای کنجد ۱۶/۲۱، گوجه فرنگی ۱/۱۴ و برای هندوانه ۰/۹۷ گزارش شده است (Canakci *et al.*, 2005). در کشور ما این نسبت برای گندم در اردبیل حدود ۰/۰۹۶ (Shahan *et al.*, 2008)، در شش مزرعه گندم در گرگان بین ۰/۲ تا ۰/۴ تن بر گیگاژول (Rajaby *et al.*, 2012b) بدست آمد. پهلوان و همکاران (Pahlavan *et al.*, 2012) نسبت انرژی، بهره‌وری، انرژی ویژه و انرژی خالص را به ترتیب ۰/۰۱۱/۲۵، ۰/۰ کیلوگرم بر مگاژول، ۹ مگاژول در کیلوگرم و ۱۷۷۳۷۷ مگاژول در هکتار برای ریحان گلخانه‌ای محاسبه کردند.

می‌توان کارایی مصرف انرژی را در هر دو منطقه افزایش داد و منابع محیطی از جمله منابع آبی این مناطق را که عمدتاً سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد، حفظ کرد. از راهکارهای کاهش مصرف انرژی الکتریسیته در بخش کشاورزی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: استفاده از پمپ‌های برقی شناور به جای شفت و غلاف در مناطقی که امکان جایگزینی وجود دارد، انتخاب مناسب پمپ‌های برقی کشاورزی با توجه به دبی استحصال، عمق چاه و غیره به منظور استفاده از الکتروموتور و پمپ در بهترین نقطه بهره‌وری، استفاده از پمپ‌های برقی با کارایی بالا، آموزش کشاورزان به منظور استفاده از سامانه‌های پمپاژ در ساعات غیر اوج مصرف برق و نگهداری و بهره‌برداری بهینه از آنها.

تلفیق استفاده از تجهیزات کارآمدتر و بکارگیری فناوری‌های مدرن با عملیات زراعی با کارایی بالاتر برای تولید گیاهان زراعی و استفاده از منابع انرژی جایگزین و یا تجدید شونده به منظور کاهش وابستگی به انرژی سوخت‌های فسیلی نیز پیشنهاد می‌شود.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری کشاورزان محترم شهرستان‌های گرگان و مروودشت و کارشناسان سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌های گلستان و فارس، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان‌های گرگان و مروودشت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان و خانم نیلوفر نصراللهی جهت مساعدت در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

ورودی کل در تولید گندم، ۸۰/۹ درصد به صورت غیرقابل تجدید، ۱۸/۱ درصد به عنوان انرژی تجدیدپذیر و نیز ۵۸/۱ درصد انرژی مستقیم و ۴۱/۹ درصد غیر مستقیم تقسیم‌بندی می‌شود. به نظر می‌رسد با اعمال مدیریت صحیح انرژی می‌توان کارایی تثبیت انرژی خورشیدی را در این محصول بالا برد. این موضوع می‌تواند از طریق بهبود شرایط محیطی، عملیات صحیح زراعی و تامین بهینه نهاده‌ها انجام شود.

نتیجه‌گیری

بیشترین انرژی ورودی به بوم‌نظام‌های زراعی گندم در منطقه گرگان مربوط سوخت مصرفی (۱۹/۰۱ درصد)، کود شیمیایی (۱۷/۶۲ درصد) و در منطقه مروودشت به متغیرهای کودشیمیایی (۲۱/۹۸ درصد)، سوخت (۲۰/۹۵ درصد) تعلق داشت بطوری‌که در هر دو منطقه حدود یک دوم انرژی ورودی کل به مزارع مربوط به این دو نهاده بود. کارایی مصرف انرژی در زراعت این محصول در این دو منطقه نزدیک به هم و در مزارع گرگان کمی بالاتر بدست آمد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل بالا بودن نسبی کارایی مصرف انرژی در مزارع گندم گرگان رعایت بهتر تناوب زراعی (گندم-سویا) و استفاده از فواید آن در زراعت این محصول است. از نظر انرژی قابل تجدید، سهم آن در مزارع گرگان تقریباً ۹ درصد بالاتر از مزارع مروودشت بود که این افزایش می‌تواند با مصرف کود دامی در مزارع گرگان مرتبط باشد، ولی از نظر انرژی غیر قابل تجدید حالت عکس به دست آمد. با توجه به این که در هر دو منطقه بیشترین سهم انرژی مصرفی را سوخت، کودهای شیمیایی و آبیاری تشکیل می‌دهند، بنابراین برای افزایش بهره‌وری منابع آب، خاک و نهاده‌های شیمیایی و ارتقای کارایی مصرف انرژی در زراعت گندم در هر دو منطقه بخصوص در شهرستان مروودشت، رعایت توصیه‌های فنی از قبیل استفاده بهینه از کودهای شیمیایی با انجام آزمون خاک، اصلاح خاک‌های منطقه با استفاده از کودهای دامی، کود سبز و تناوب با گیاهان خانواده نخود و گیاهانی که بقایای گیاهی زیادی را به جا می‌گذارند، توصیه می‌شود و همچنین با بهبود روش‌های تهیه زمین از جمله استفاده از روش‌های کم خاکورزی، اصلاح روش‌های آبیاری، استفاده از پمپ‌های برقی با کارایی بالا، نگهداری و کاربرد صحیح ماشین‌آلات و افزایش بهره‌وری انتقال آب در مزارع،

جدول ۵- صورتهای مختلف انرژی ورودی در مزارع گرگان و مرودشت
Table 5. Different forms of energy input in Gorgan and Mravdasht fields.

صورت‌های انرژی Energy forms	مزارع گرگان (مگاژول در هکتار) Gorgan fields (MJ/ha)	نسبت(درصد) Rate (%)	مزارع مرودشت (مگاژول در هکتار) Marvdasht fields (MJ/ha)	نسبت (درصد) Rate (%)	Pr> t
انرژی مستقیم Direct Energy	9786.57	30.48	13126.92	31.35	0.09
انرژی غیر مستقیم Indirect energy	22311.62	69.52	28750.88	68.65	0.07
انرژی قابل تجدید Renewable energy	11274.98	35.13	10986.94	26.24	0.008
انرژی غیر قابل تجدید Non-renewable energy	20823.21	64.87	30890.86	73.76	0.12
انرژی ورودی کل Total input energy	32098.20	100	41877.81	100	0.08

References

- Acaroglu, M. and Aksoy, A. S. 2005. The cultivation and energy balance of *Miscanthus_giganteus* production in Turkey. **Biomass Bioenergy** 29: 42-48.
- Ahmadi, M. and Aghaalikhani, M. 2012. Analysis of energy use in cotton cropping in Golestan province in order to represent a strategy for increase of resources productivity. **Journal of Agroecology** 4: 151-158. (In Persian).
- Aghaalikhani, M., Kazemi, H. and Habibzadeh, F. 2013. Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran province, Iran. **Energy Conversation Management** 69: 157-162.
- 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.
- Alam, M. S., Alam M. R. and Islam K. K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. **American Journal of Environmental Sciences** 1: 213-220.
- Alipoor, A., Keshavarz-Afshar, R., Ghalegolab Behbahani, A., Karimi Nejad, M. and Mohammadi, V. 2014. Evaluation of energy flow in irrigated wheat agroecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City. **Journal of Agriculture Science and Sustainable Production** 23: 59-69. (In Persian).
- 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 production: case study for Antalya region, Turkey. **Energy Conversation Management** 46: 655-66.
- Chamsing, A., Salokhe, V. M. and Singh, G. 2006. Energy consumption analysis for selected crops in different of Thailand. **CIGR Electronic Journal** 1 (3): 1-18.
- Comforti, P. and Giampietro, M. 1996. Fossil energy use in agriculture: an international compassion. **Agriculture, Ecosystem and Environment** 65: 231- 24
- Darlington, D. 1997. What is efficient agriculture? Available at URL: [http:// www.veganorganic .net/agri.htm](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.
- Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O. and Erdal, H. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. **Renewable Energy** 32: 1873- 1881.
- 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).
- Gundogmus, E. 2006.** Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holding in Turkey. **Energy Conversation Management** 47: 3351-3359.
- Hadi, S. H. 2006.** Energy efficiency and ecological sustainability in conventional and integrated potato production system. Proceeding of the IASTED Conference on Advanced Technology in the Environmental Field. Lanzarote, Canary Islands, Spain.
- Hasanzadeh Ghorttapeh, A., Ghalavand, A., Mirnia, S. K. and Ahmadi, M. R. 2001.** Investigation of different nutrition systems effect on energy productivity of sunflower cultivars. **Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources** 8: 67-87. (In Persian).
- Heydargholi-Nejhad-Kenari, M. and Hasanzadeh-Ghorttapeh, A. 2003.** Investigation of energy balance of wheat cropping in Mazandaran province. **Pajouhesh and Sazandegi** 16: 63-65. (In Persian).
- Kaltsas, A. M., Mamolos, A. P., Tsatsarelis, C. A., Nanos, G. D. and Kalburtji, K. L. 2007.** Energy budget in organic and conventional olive groves. **Agriculture, Ecosystem and Environment** 122: 243-251.
- Khosravi, R. and Imani, O. 2011.** Energy calculation of irrigated wheat production in sample fields- Isfahan province. Proceeding of 3th Conference of Thermal Transfers in Oil and Energy Industries. Tehran, Iran. (In Persian).
- Koochacki, A. and Hosseini, M. 1999.** Energy productivity in agricultural ecosystems. Mashad University Press. 317 pp. (In Persian).
- 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.
- Mohammadi, A., Tabatabaefar, A., Sahin, Sh., Rafiee, Sh. and Keyani, A. 2008.** Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. **Energy Conversation Management** 49: 3566-3570.
- Mohammadi, A. and Omid, M. 2010.** Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. **Apply Energy** 87: 191-196.
- Molaei, K., Keyani, A., Karimi, M., Kheyralipour 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).
- Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C. 2004.** Energy input-output analysis in Turkish agriculture. **Renewable Energy** 29: 39-51.
- Pahlavan, R., Omid, M. and Akram, A. 2012.** The relationship between energy inputs and crop yield in greenhouse basil production. **Journal of Agricultural Sciences Technology** 14: 1243-1253.
- Peyman, M. H., Roohi, R. and Alizadeh, M. A. 2005.** Determination of use energy in traditional and semi-mechanized systems for rice production. Case study: Guilan province. **Journal of Agricultural Engineering Researches** 6: 67-78. (In Persian).
- Pimental, D., Bevadi, G. and Fast, S. 1983.** Energy efficiency of farming system: Organic and conventional agriculture. **Agriculture, Ecosystem and Environment** 9: 353-372.
- Pimentel, D. 1999.** Energy inputs in production agriculture. In: Fluck, R. C. (Ed.). *Energy in Farm Production*. Elsevier, Amsterdam, pp: 13-29.
- Rajaby, M. H., Soltani, A., Vahidnia B., Zeinali, E. and Soltani, E. 2012a.** Evaluation of fuel consumption in wheat fields in Gorgan. **Environmental Sciences** 9: 142-164. (In Persian).
- Rajaby, M. H., Soltani, A., Zeinali, E. and Soltani, E. 2012b.** Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. **Journal of Plant Production Researches** 19: 143-171. (In Persian).
- Safa, M. and Tabatabaefar, A. 2002.** Energy consumption in wheat production in irrigated and dryland farming. Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, 28-30 November, Wuxi, China. pp:183.
- Safa, M. and Samarasinghe, S. 2011.** Determination and modeling of energy consumption in wheat production using neural networks: A case study in Canterbury province, New Zealand. **Energy** 36: 5140-5147.

- 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 Ardabil province. **Journal of Agricultural Technology** 4: 77-88.
- Singh, R. B. 2002.** The state of food and agriculture in Asia and Pacific. First version published by IFA and FAO, Paris, France. pp: 1-21.
- Singh, H., Mishra, D., Nahar, N. M. and Ranjan, M. 2003.** Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India. Part II. **Energy Conversation Management** 44: 1053-1067.
- 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., Singh, A. K., Kushwaha H. L. and Singh A. 2007.** Energy consumption pattern of wheat production in India. **Energy** 32: 1848-1854.
- Strapatsa, A. V., Nanos, G. D. and Tsatsarelis, C. A. 2006.** Energy flow for integrated apple production in Greece. **Agriculture, Ecosystem and Environment** 116: 176-180.
- Tzilivakis, J., Warner, D. J., May, M., Lewis, K. A. and Jaggard, K. 2005.** An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production in the UK. **Agricultural Systems** 85: 101-119.
- 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).
- Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B. 2005.** An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. **Renewable Energy** 30: 145-155.

Investigation and comparison of energy flow in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships

Hossein Kazemi^{1*} and Samira Zare²

1 and 2. Assist. Prof. and B. Sc. Student, respectively, Dept. of Agronomy, University of Gorgan
Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: February 17, 2014- Accepted: September 22, 2014)

Abstract

In this study, the energy flow is analyzed and compared in wheat fields of Gorgan and Marvdasht townships. The indicators of energy use efficiency, net energy, specific energy, energy productivity, direct energy, indirect energy, renewable and non-renewable energy, total input energy and total output energy were calculated. Primary data were obtained through field survey and personal interviews using questionnaires from farmers and agricultural experts in two regions. Secondary data and energy equivalents were obtained from available literature using collected data of the production period. Analysis of data showed that the greatest contribution of input energy belonged to, chemical fertilizers, fuels, machinery and irrigation in two agroecosystems. Energy use efficiency was calculated as 2.91 in Gorgan and 2.56 in Marvdasht. Also, total input energy and total output energy in wheat production were higher in the fields of Marvdasht than Gorgan. In this study, the average energy productivity was 0.125 in Gorgan and 0.123 in marvdasht. This means that 0.125 and 0.123 grain output were obtained per energy unit in Gorgan and Marvdasht, respectively. It is showed that variables of seed, human labor and chemicals were the least demanding input energy for wheat production in two regions. In general, Gorgan fields had better management and were more successful in energy consumption.

Keywords: Energy flow, Energy use efficiency, Input energy, Output energy

*Corresponding author: hossein_k_p@yahoo.com