مجله کشاورزی بوم‌شناختی (۲)۵ (۱۳۹۴) ۸۸- ۷۵

بررسی گردش انرژی در گندمزارهای آبی و دیم در شرایط اقلیمی مختلف استان کرمانشاه

فرزاد مندنی*، محمود خرمی‌وفا، سپیده آل‌آقا و روژین قبادی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

*نویسنده مسئول: f.mondani@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۱۹

مندنی، ف.، م. خرمی‌وفا، س. آل‌آقا و ر. قبادی. ۱۳۹۴. بررسی گردش انرژی در گندمزارهای آبی و دیم در شرایط اقلیمی مختلف استان کرمانشاه. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۵ (۲): ۸۸- ۷۵.

چکیده

در بوم‌نظام‌های کشاورزی مدیریت انرژی به‌منظور استفاده کارآمد و پایدار آن بسیار مهم است. بنابراین با هدف ارزیابی انرژی ورودی، خروجی و شاخص‌های انرژی در گندمزارهای آبی و دیم در شرایط اقلیمی مختلف استان کرمانشاه این بررسی انجام شد. اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و خروجی با گفتگوهای رو در رو با کشاورزان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ گردآوری شدند. نتایج نشان داد صرف‌نظر از شرایط اقلیمی، کل انرژی ورودی در گندمزارهای آبی و دیم به ترتیب، ۵۲۴۴۴ و ۱۵۶۱۳ مگاژول در هکتار بود. بیشترین و کمترین میزان انرژی ورودی در بین گندمزارهای آبی به ترتیب در اقلیم‌های گرم و خشک (۶۰۱۵۸) و معتدل و مرطوب (۴۸۰۸۳) مشاهده شد، در حالی که در گندمزارهای دیم به ترتیب متعلق به اقلیم‌های سرد و نیمه خشک (۱۵۲۹۵) و سرد و مرطوب (۱۶۲۶۴) بود. بیشترین میزان انرژی خروجی در گندمزارهای آبی مربوط به اقلیم سرد و نیمه خشک ۱۷۴۲۸۹ مگاژول در هکتار و کمترین آن مربوط به اقلیم گرم و خشک ۱۱۴۹۴۰ مگاژول در هکتار بود. در گندمزارهای دیم بیشترین میزان انرژی خروجی به اقلیم گرم و نیمه خشک (۷۰۸۰۶) و کمترین آن به اقلیم گرم و خشک (۳۶۹۵۵) مربوط بود. به‌طور کلی کارآیی کاربرد انرژی گندمزارهای دیم ۱۹/۹ درصد بیشتر از گندمزارهای آبی بود. بالاترین کارآیی کاربرد انرژی در گندمزارهای آبی در اقلیم سرد و نیمه خشک (۳/۵) و در گندمزارهای دیم در اقلیم گرم و نیمه خشک (۴/۴) به‌دست آمد. بیشترین شاخص بهره‌وری انرژی در گندمزارهای آبی به اقلیم‌های سرد و مرطوب (۰/۱۱) و سرد و نیمه خشک (۰/۱۱) و در گندمزارهای دیم به اقلیم‌های معتدل و مرطوب (۰/۱۱) و سرد و نیمه خشک (۰/۱۱) تعلق داشت. بنابر نتایج این بررسی گندمزارهای گندم دیم کارایی و بهره وری بالاتری در مقایسه با گندمزارهای گندم آبی داشتند.

واژه‌های کلیدی: کارایی کاربرد انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی قابل بازیافت، انرژی مستقیم، شرایط اقلیمی.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تولید مواد غذایی به‌ویژه گندم رابطه بسیار نزدیکی با توان سیاسی و اقتصادی کشورهای جهان دارد. از سویی افزایش شتابان و روزافزون جمعیت و نبود بهره‌گیری از روش‌های بهینه تولید در کشورهای درحال توسعه، وابستگی این کشورها را به واردات گندم بیشتر کرده است. سطح زیر کشت گندم در جهان بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار با تولید کل بیش از ۵۰۰ میلیون تن گزارش شده است. در ایران نیز سطح زیر کشت گندم در حدود ۶/۵ میلیون هکتار است که به ترتیب حدود ۴/۲ و ۲/۳ میلیون هکتار آن به کشت دیم و آبی اختصاص دارد (Anonymous, 2013 a).

در بخش کشاورزی انرژی نهاده‌ای است که به دلایل مختلف؛ مانند افزایش تولید، افزایش امنیت غذایی و کمک به توسعه اقتصاد روستایی به کار رفته و در سال‌های اخیر کاربرد آن در کشاورزی به علت افزایش جمعیت، محدودیت زمین‌های زراعی و بالا رفتن استانداردهای زندگی افزایش یافته است (FAO, 2000). استفاده کارآمد از منابع انرژی یکی از مهم‌ترین اصول برای توسعه پایدار تولید مواد غذایی در کشاورزی است. فرآیند کاربرد منابع تولید بایستی به گونه‌ای باشد که افزون بر رفع نیازهای غذایی نسل کنونی، منابع غذایی نسل آینده را به خطر نیاندازد. همچنین لازم است هدررفت انرژی را به کمترین رسانده و نظام‌های پایدار تولید مواد غذایی به گونه‌ای طراحی شود که افزون بر منافع اقتصادی، از نظر تولید انرژی نیز دارای موازنه باشد (Molaeei and Afzalinia, 2012). از سویی با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کاربرد بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، اثرگذاری‌های سوء کاربرد منابع انرژی روی محیط زیست و سلامت انسان امری مسلم است و بررسی الگوی مناسب کاربرد انرژی نقش بسزایی در کاهش چالش‌های زیست محیطی، جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و سودمندی اقتصادی در بوم‌نظام‌های پایدار و سازگار با محیط ایفاء می‌کند (Alam *et al*., 2005).

کشاورزی هم به عنوان تولید کننده انرژی و هم کاربرد کننده انرژی شناخته می‌شود. بررسی عامل‌های مؤثر بر افزایش انرژی‌های کاربردی در تولید محصولات کشاورزی می‌تواند راهکارهای بهینه‌سازی کاربرد منابع را نمایان سازد. از این رو موازنه انرژی در کشاورزی با تجزیه و تحلیل و مقایسه منابع ورودی و خروجی‌های یک سامانه کشاورزی به‌دست می‌آید (Nasirian *et al*., 2005). بنابراین درک شیوه‌های توزیع انرژی در توسعه و طراحی مدیریت‌های زراعی اهمیت داشته و نیاز به انرژی و مدیریت پایدار محیطی، از لحاظ بوم شناختی، با توسعه پایدار در ارتباط خواهد بود (Hassanzadeh avval and Rezvani Moghadam, 2013). در همین راستا پژوهش‌های بسیاری در نقاط مختلف جهان در بوم نظام‌های زراعی به منظور ارزیابی کارآیی کاربرد انرژی انجام گرفته است (Koochaki and Hosseini, 1994.). برای مثال Ghorbani *et al*. (2011) گزارش کردند که کل انرژی کاربردی در نظام‌های تولید گندم آبی و دیم استان خراسان شمالی به‌ترتیب، ۴۵۳۶۷ و ۹۳۵۴ مگاژول در هکتار و کارآیی کاربرد انرژی نیز به‌ترتیب، ۱/۴۴ و ۳/۳۸ بود. Yousefi and Mahdavi Damghani (2013) نیز گزارش کردند کل انرژی ورودی در گندمزارهای ذرت و یونجه استان کرمانشاه به ترتیب، ۶۴۸۱۸/۳ و ۵۵۹۵۹/۶ مگاژول در هکتار بود. همچنین Hassanzadeh avval and Rezvani Moghadam (2013) کل انرژی ورودی در گندمزارهای پیاز استان خراسان رضوی را ۹۸۴۷۹ مگاژول در هکتار محاسبه کردند که به ترتیب در حدود، ۵۰/۹ و ۱۴/۷ درصد از آن مربوط به انرژی الکتریسیته و کاربرد کود نیتروژن بود. نامبردگان همچنین اظهار داشتند که کارآیی کاربرد انرژی ۱/۱۹ بود. Rajabi *et al*. (2012) نیز گزارش کردند که کل انرژی کاربرد شده در گندمزارهای گندم گرگان ۲۱۱۷۹/۳ مگاژول در هکتار و بیشترین انرژی خروجی ۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول در هکتار بود، همچنین انرژی ورودی کودهای شیمیایی (۴۵/۸ درصد) و به‌طورعمده نیتروژن (۳۸/۳ درصد) بیشترین سهم را در بین کل منابع انرژی به خود اختصاص داد. آنچه مشخص است هر چه سهم کاربرد انرژی‌های تجدید شونده در نظام کشاورزی افزایش یابد، نظام پایداری بیشتری خواهد داشت، این در حالی است که هر چه سهم تأمین منابع انرژی از درون نظام بیشتر شده و اتکا به انرژی‌های خارج از نظام کمتر باشد کارآیی نظام افزایش می‌یابد (Kizilaslan, 2009).

استان کرمانشاه با دارا بودن شرایط آب و هوایی و خاک‌های گوناگون زراعی امکانات بالقوه فراوانی برای توسعه کشاورزی دارد. سطح زیر کشت گندم استان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در حدود ۴۴۰ هزار هکتار گزارش

Archive of SID

www.SID.ir

شده است که از این میزان ۱۰۵ هزار هکتار آن به کشت آبی و ۳۳۵ هزار هکتار به کشت دیم اختصاص داشت (Anonymous, 2013 a). بر این پایه با توجه به اهمیت کشت گندم در استان کرمانشاه این پژوهش با هدف بررسی وضعیت جریان انرژی‌های ورودی و خروجی، کارایی کاربرد و بهره‌وری انرژی گندمزارهای آبی و دیم استان در سال زراعی ۱۳۹۲ - ۱۳۹۱در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

استان کرمانشاه (عرض جغرافیایی از ۳۳ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی، و طول جغرافیایی از ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی تا ۴۸ درجه و ۶۰ دقیقه شرقی) از مهم‌ترین مناطق تولید محصولات کشاورزی در غرب ایران است. میانگین دما و بارندگی سالیانه استان به‌ترتیب، ۱۶/۵ درجه سلسیوس و ۴۰۳ میلی‌متر است. در این بررسی اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد و تولید گندم آبی و دیم در کل استان و به تفکیک شهرستان‌ها از وزارت جهاد کشاورزی گردآوری شد (Anonymous, 2013a). پس از گردآوری اطلاعات اولیه، همه‌ی فعالیت‌های زراعی مانند آماده سازی زمین، میزان بذر کاربردی، میزان آب آبیاری، کودها و سموم شیمیایی و نیروی انسانی مورد نیاز در نظام‌های تولید گندم دیم و آبی مشخص شد. سپس اطلاعات مربوط به همه‌ی نهاده‌های ورودی و خروجی در هر نظام به‌طور جداگانه با گفتگوهای رو در رو با کشاورزان استان و بنابر پرسشنامه‌های طراحی شده استخراج شد. به منظور تکمیل پرسشنامه‌های طراحی شده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده دو مرحله‌ای در بین گندم کاران استان استفاده شد. این روش نمونه‌گیری در واقع آسان‌ترین روش نمونه‌گیری است و نتایج آن با رعایت اصول نمونه‌گیری قابل اعتماد و قابل تعمیم به کل جامعه است. شمار نمونه برابر معادله ۱ محاسبه شد.

$$n=\frac{n\times s^2\times t^2}{(N-1)d^2+(s^2\times t^2)} \qquad (۱)$$

در این فرمول، n، شمار نمونه مورد نیاز و N، شمار کل جمعیت هدف است. s، برآورد واریانس صفت مورد بررسی در جامعه است. t، با فرض عادی (نرمال) بودن صفت مورد نظر از جدول t استیودنت در سطح اطمینان ۹۵٪ به‌دست می‌آید و d خطای شایان پذیرش که میزان آن در سطح اطمینان ۹۵٪، ۵٪ می‌باشد (Kizilaslan, 2009; Mousavi-Avval *et al*., 2011). بر پایه معادله بالا، شمار نمونه‌های لازم برای تکمیل پرسشنامه ۳۰۰ کشاورز به‌دست آمد که برای افزایش دقت محاسبات این رقم به ۳۶۰ کشاورز افزایش یافت.

پس از میانگین‌گیری از اطلاعات به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها وتعمیم آنها به سطح یک هکتار، برای محاسبه انرژی‌های ورودی به گندمزارها، انرژی مربوط به بذرها، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی شامل نیتروژنه، فسفاته و پتاسه و کودهای ریزمغذی که واحد آنها کیلوگرم یا لیتر در هکتار بود از حاصل‌ضرب هم‌ارز انرژی (جدول ۱) در میزان استفاده از آنها به‌دست آمد (Ghorbani *et al*., 2011).

در گندمزارها میزان کاربرد شده نیتروژن، فسفر و پتاسیم خالص از منابع کودی متداول منطقه که شامل اوره، نیترات آمونیوم، سوپر فسفات تریپل و نیترات پتاسیم و همچنین کود دامی بود، محاسبه شد. انرژی کارگر مورد نیاز در همه‌ی مراحل تولید گندم شامل آبیاری، هدایت تراکتور، سم‌پاشی و مدیریت گندمزار نیز از پرسشنامه‌ها استخراج شد و سپس در هم‌ارز انرژی خود ضرب شد (جدول ۱). همچنین میزان سوخت کاربردی تعیین شده به وسیله پرسشنامه‌ها در هم‌ارز انرژی ضرب و معادل انرژی آن محاسبه شد (جدول ۱). انرژی خروجی نیز شامل انرژی دانه و کاه و کلش بود که میزان زیادی از کاه توسط ماشین‌های بسته‌بند گردآوری و بقیه به خاک برگردانده شدند. به منظور محاسبه انرژی خروجی، دانه و میزان کاه تولید شده در هم‌ارز انرژی مربوطه ضرب و معادل انرژی آنها محاسبه شد (جدول ۱). در این بررسی برای میزان انرژی ورودی و خروجی واحد مگاژول در نظر گرفته شد که متداول‌ترین واحدها در بررسی‌های تجزیه و تحلیل انرژی بوده و میزان آن برابر $۱۰^۶$ ژول است. به‌منظور محاسبه‌ی کارآیی و بهره‌وری کاربرد انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص نیز از معادله‌های زیر استفاده شد (Ghorbani *et al*., 2011).

$$EUE=\frac{Eout}{Ein} \qquad (۲)$$

$$EP=\frac{CY}{Ein} \qquad (۳)$$

$$SE=\frac{Ein}{CP} \qquad (۴)$$

$$NE=Eout-Ein \qquad (۵)$$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- معادل‌های انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام‌های تولید گندم آبی و دیم.

نوع نهاده(ورودی)	واحد (در هکتار)	معادل انرژی (مگاژول)	منابع
الف: انرژی‌های ورودی			
۱- نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۵	(Taylor *et al.*, 1993)
۲-ماشین‌ها و ادوات کشاورزی	ساعت	۶۲/۷	(Alam *et al.*, 2005)
۳- سوخت فسیلی	لیتر	۵۰/۲۳	(Taylor *et al.*, 1993)
۴- کودهای شیمیایی			
الف) نیتروژن	کیلوگرم	۷۵/۴۶	(Taylor *et al.*, 1993)
ب) فسفات	کیلوگرم	۱۳/۰۷	(Taylor *et al.*, 1993)
ج) پتاسیم	کیلوگرم	۱۵/۱۱	(Demircan *et al.*, 2006)
۵- کودهای حیوانی	کیلوگرم	۰/۳	Esengun *et al.*, 2007) (Yilmaz *et al.*, 2005)
۶- علف‌کش‌ها			
الف) تاپیک	لیتر	۲۷۱/۳۸	(Taylor *et al.*, 1993)
ب) توفوردی	لیتر	۸۴/۹۱	(Taylor *et al.*, 1993)
ج)گرانستار	کیلوگرم	۲۳۸/۳	(Taylor *et al.*, 1993)
۷-آفت‌کش‌ها	لیتر	۱۹۹/۰۰	(Taylor *et al.*, 1993)
۸- قارچ‌کش‌ها	کیلوگرم	۱۸۱/۹۰	(Taylor *et al.*, 1993)
۹- کودهای ریزمغذی	لیتر	۱۲۰/۰۰	(Taylor *et al.*, 1993)
۱۰- نیروی الکتریسیته	کیلووات ساعت	۳/۶۰	(Taylor *et al.*, 1993)
۱۱- آب آبیاری	مترمکعب	۰/۶۳	(Ozkan *et al.*, 2004)
۱۲- بذر گندم	کیلوگرم	۲۰/۱۰	(Ozkan *et al.*, 2004)
ب: انرژی‌های خروجی			
۱- عملکرد دانه گندم	کیلوگرم	۱۴/۷۰	(Ozkan *et al.*, 2004)
۲-عملکرد کاه و کلش‌گندم	کیلوگرم	۱۲/۵۰	(Ozkan *et al.*, 2004)

در اینجا، EUE کارآیی مصرف انرژی؛ Eout انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)؛ Ein انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)؛ EP بهره‌وری انرژی (کیلوگرم محصول زراعی تولید شده به مگاژول انرژی ورودی)؛ CY عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)؛SE انرژی مخصوص (مگاژول بر تن) و NE، انرژی خالص (مگاژول در هکتار) است.

تقسیم‌بندی انرژی‌های مصرفی می‌تواند به دو شکل انجام شود؛ انرژی‌های مستقیم که شامل نیروی کارگری، سوخت‌های فسیلی، انرژی الکتریسیته و آب آبیاری است و انرژی‌های غیر مستقیم که شامل ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، کودهای شیمیایی، کودهای آلی، آفت‌کش‌ها و بذر است (Alam *et al.*, 2005). همچنین نوعی دیگر از تقسیم بندی انرژی‌های کاربردی بر پایه تجدیدپذیر بودن انرژی انجام می‌شود که شامل انرژی‌های تجدید شونده مانند نیروی کارگری، کودهای دامی و آب آبیاری و انرژی‌های غیر قابل تجدید مانند سوخت فسیلی، الکتریسیته، مواد شیمیایی، کودهای شیمیایی و ماشین‌ها و ادوات کشاورزی است (Alam *et al.*, 2005). در پایان نیز به کمک اطلاعات ۳۰ ساله به‌دست آمده از سازمان هواشناسی استان کرمانشاه (Anonymous, 2013b)، ۱۴ شهرستان این استان بر پایه طبقه بندی اقلیمی دومارتن به ۵ محدوده اقلیمی (جدول ۲) تقسیم‌بندی شد و میزان انرژی ورودی و خروجی و شاخص‌های کاربرد انرژی برای هر کدام از این مناطق به تفکیک محاسبه شد.

نتایج و بحث

انرژی‌های ورودی

نتایج به‌دست آمده از این بررسی نشان داد که کل انرژی ورودی در گندمزارهای آبی بیشتر از گندمزارهای دیم بود، به‌طوری‌که میانگین میزان انرژی ورودی ۵ اقلیم استان

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- شهرستان‌های استان کرمانشاه برپایه طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن.

نام شهرستان	اقلیم ۱ (سرد و مرطوب)	اقلیم ۲ (معتدل و مرطوب)	اقلیم ۳ (سرد و نیمه خشک)	اقلیم ۴ (گرم و نیمه خشک)	اقلیم ۵ (گرم و خشک) گرم)
پاوه		*			
سرپل‌ذهاب				*	
سنقر و کلیائی			*		
صحنه	*				
ثلاث باباجانی				*	
جوانرود		*			
دالاهو		*			
کرمانشاه			*		
کنگاور			*		
گیلانغرب				*	
روانسر	*				
قصرشیرین					*
هرسین			*		

برای گندمزارهای آبی و دیم به‌ترتیب، ۵۱۷۲۲/۲ و ۱۵۶۱۲/۷ مگاژول در هکتار بود (جداول ۳ و ۴). در همه‌ی اقلیم‌های مورد بررسی در بین انرژی‌های کاربرد شده در گندمزارهای آبی به ترتیب، انرژی سوخت فسیلی (۴۳/۲ درصد)، کودهای شیمیایی (۱۴/۸ درصد)، نیروی الکتریسیته (۱۰/۳ درصد)، بذر گندم (۹/۳ درصد) و آب آبیاری (۷/۵ درصد) بیشترین سهم را به خود اختصاص دادند، در حالی‌که در گندمزارهای دیم به ترتیب، انرژی سوخت فسیلی (۴۸/۹ درصد)، بذر گندم (۲۳/۸ درصد) و کودهای شیمیایی (۱۷/۷ درصد) بیشترین میزان انرژی‌های ورودی را شامل شدند. افزون براین در گندمزارهای آبی و دیم انرژی مربوط به نیروی انسانی کمترین میزان را در بین دیگر انرژی‌های ورودی داشت. البته میانگین میزان کاربرد انرژی انسانی در گندمزارهای آبی (۱۱۱/۳ تا ۱۳۸/۴ مگاژول در هکتار) بیشتر از گندمزارهای دیم (۳۱/۵ تا ۳۷/۷ مگاژول در هکتار) بود (جداول ۳ و ۴).

بالاتر بودن میزان انرژی ورودی در گندمزارهای آبی نسبت به گندمزارهای دیم می‌تواند به دلیل کاربرد بیشتر سوخت فسیلی (۷۱/۹ درصد) و نیروی الکتریسیته برای آبیاری (۱۰۰ درصد) و ساعات بیشتر استفاده از ماشین‌ها و ادوات کشاورزی جهت آماده‌سازی زمین (۴۷/۹ درصد) باشد. از سوی دیگر بالا بودن میزان کاربرد سوخت فسیلی شاید به علت استفاده نکردن از نیروی الکتریسیته به‌دلیل برقی نبودن چاه‌های آب در گندمزارها باشد. به‌دلیل استفاده نادرست از منابع آبی و افت سفره‌های آب زیرزمینی استان کرمانشاه، پمپاژ آب از اعماق بیشتر با صرف انرژی بیشتری همراه است، که در نتیجه استفاده بیشتر از منابع انرژی را به همراه دارد (Yousefi and Mahdavi Damghani, 2013). کاربرد بیشتر بذر و عناصر غذایی به علت تراکم بوته بالاتر و به دنبال آن نیاز غذایی بیشتر در گندمزارهای آبی از دیگر دلایل بالاتر بودن انرژی ورودی در این نظام بود. بنابر اطلاعات به‌دست آمده از گندمزارهای آبی حجم ساعات استفاده از نیروی کارگری نسبت به گندمزارهای دیم بالاتر بود که این موضوع به‌دلیل بیشتر بودن عملیات داشت در گندمزارهای آبی نسبت به گندمزارهای دیم بود (جداول ۳ و ۴). Ghorbani *et al.* (2011) نیز کل انرژی ورودی در گندمزارهای آبی و دیم استان خراسان شمالی را به ترتیب، ۴۵۳۶۷/۶ و ۹۳۵۴/۲ مگاژول در هکتار گزارش کردند. نامبردگان همچنین اظهار داشتند که از کل میزان انرژی ورودی به گندمزارهای آبی، سهم کود نیتروژن ۳۳/۳ درصد، سوخت فسیلی ۲۴/۱ درصد، آب آبیاری ۱۳/۱ درصد، بذر ۱۱/۱ درصد و انرژی الکتریسیته ۹/۵ درصد بود. بنابر نتایج این محققان در گندمزارهای دیم نیز کاربرد سوخت فسیلی بیشترین سهم از انرژی‌های ورودی (۴۴/۵ درصد) را به خود اختصاص داد. (Meysami *et al.* 2008) نیز بیان داشتند که انرژی مربوط به سوخت فسیلی بیشترین میزان (۵۰ درصد) از کل انرژی‌های ورودی به گندمزارهای گندم آبی شهرستان بناب را شامل شد و پس از آن کود شیمیایی و انرژی بذر در رتبه‌های بعدی قرار داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میزان انرژی‌های ورودی و خروجی و معادل آنها در گندمزارهای گندم آبی.

	اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه بر پایه طبقه بندی دومارتن									
	اقلیم ۱		اقلیم ۲		اقلیم ۳		اقلیم ۴		اقلیم ۵	
	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی
الف: انرژی‌های ورودی										
۱- نیروی انسانی	۵۷/۱	۱۱۱/۳	۶۳/۲	۱۲۳/۳	۵۹/۲	۱۱۵/۴۷	۶۶/۷	۱۳۰/۱۰	۷۰/۹	۱۳۸/۴
۲-ماشین‌ها و ادوات کشاورزی	۲۹/۹	۱۷۸۴/۱	۳۱/۱	۱۹۴۶/۲	۳۲/۸	۲۰۵۵/۳	۳۶/۲	۲۲۷۲/۲	۳۶/۷	۲۲۹۸/۶
۳- سوخت فسیلی	۴۸۸/۳	۲۴۵۲۷/۳	۴۵۲/۸	۲۲۷۴۷/۷	۵۶۷/۵	۲۸۵۰۸	۵۳۳/۵	۲۶۷۹۷/۷	۶۶۳/۳	۳۳۳۱۶/۱
۴- نیتروژن	۶۸/۱	۵۱۳۸/۱	۸۸/۴	۶۶۷۴/۴	۱۰۳/۹	۷۸۴۴/۱	۸۹/۲	۶۷۳۱	۹۷/۹	۷۳۹۳/۶
۵- فسفر	۴۱/۸	۵۴۶/۲	۵۳/۸	۷۰۳/۸	۴۸/۲	۶۲۹/۴	۴۴/۹	۵۸۶/۸	۴۷/۴	۶۱۹/۳
۶- پتاسیم	۱۴/۸	۲۲۴/۴	۱۷/۹	۲۷۱/۲	۲۴/۲	۳۶۵/۳	۱۹/۵	۲۹۵/۴	۱۶/۷	۲۵۱/۶
۷- کود حیوانی	۱۴۳۳/۳	۴۳۰/۰	۵۰۰/۰	۱۵/۰	۲۶۴۵/۸	۷۹۳/۷	۲۳۸۰/۸	۷۱۴/۲	۲۴۶۶	۷۳۹/۸
۸- تاپیک	۱/۰	۲۷۶/۸	۱/۲۶۳	۳۴۱/۹	۰/۴	۱۰۸/۵	۰/۸	۲۱۷/۱	۰/۵۵	۱۴۹/۳
۹- توفوردی	۱/۵	۱۲۸/۲	۱/۶	۱۳۵/۸	۱/۵	۱۲۷/۴	۱/۷	۱۴۴/۳	۱/۸	۱۵۲/۸
۱۰- گرانستار	۰/۰۳	۷/۴	۰/۰۰۸	۱/۹	۰/۰۲	۴/۸	۰/۰۱	۲/۴	۰/۰۲	۵/۲
۱۱- آفت‌کش‌ها	۰/۸	۱۵۹/۲	۱/۱	۲۰۸/۹	۰/۹	۱۷۹/۱	۱/۲	۲۴۸/۷	۱/۰۶	۲۱۰/۹
۱۲- کاربوکسین‌تیرام	۱/۰	۱۸۱/۹	۱/۵	۲۷۲/۸	۱/۵	۲۷۲/۸	۱/۳	۲۳۶/۵	۱/۰	۱۸۱/۹
۱۳- تیلت	۰/۴	۷۲/۸	۰/۵	۹۰/۹	۰/۳	۵۴/۶	۰/۶	۱۰۹/۱	۰/۶	۱۰۹/۱
۱۴- کودهای میکرو	۲/۳	۲۷۳/۶	۲/۱	۲۴۷/۲	۲/۲۵	۲۷۰/۰۰	۲/۶۶	۳۱۹/۲	۲/۴	۲۸۸/۰
۱۵- نیروی الکتریسیته	۱۵۶۳/۸	۵۶۲۹/۷	۱۵۶۶/۲	۵۶۳۸/۳	۱۵۹۰/۲	۵۷۲۴/۷	۱۲۶۲/۵	۴۵۴۵/۰	۱۳۹۸/۶	۵۰۳۴/۹
۱۶- آب آبیاری	۵۸۳۷/۳	۳۶۷۷/۵	۵۷۲۱/۱	۳۶۰۴/۳	۵۶۲۸/۴	۳۵۴۵/۹	۶۱۰۵/۸	۳۸۴۶/۶	۷۳۵۲/۶	۴۶۳۲/۱
۱۷- بذر گندم	۲۴۹/۴	۵۰۱۲/۹	۲۴۵/۰	۴۹۲۴/۷	۲۲۸/۶	۴۵۹۴/۹	۲۳۸/۷	۴۷۹۷/۹	۲۳۰/۷	۴۶۳۶/۳
کل انرژی‌های ورودی		۴۸۱۸۱/۳		۴۸۰۸۳/۵		۵۰۱۹۴/۱		۵۱۹۹۴/۴		۶۰۱۵۷/۸
خطای معیار انرژی ورودی (SE)		± ۵۱۴/۳		± ۲۴۵/۱		± ۳۲۶/۴		± ۷۵۱/۵		± ۹۴۵/۸
ب: انرژی‌های خروجی										
۱-دانه گندم	۵۴۰۵/۳	۷۹۴۵۸/۲	۵۲۴۸/۹	۷۷۱۵۸/۸	۵۷۷۳/۵	۸۴۸۷۰/۴	۵۱۵۸	۷۵۸۲۲/۶	۳۲۰۰/۰	۴۷۰۴۰/۰
۲- کاه و کلش گندم (کیلوگرم)	۷۱۴۷/۰	۸۹۳۳۷/۵	۶۸۸۱/۸	۸۶۰۲۲/۵	۷۱۵۳/۵	۹۸۹۴۱۸/۸	۶۹۲۱/۵	۸۶۵۰۶/۲	۵۴۳۳/۰	۶۷۹۰۰/۰
کل انرژی‌های خروجی		۱۶۸۷۹۵/۷		۱۶۳۱۸۱/۳		۱۷۴۲۸۹/۲		۱۶۲۳۲۸/۸		۱۱۴۹۴۰/۰
خطای معیار انرژی خروجی (SE)		± ۳۴۵۷/۵		± ۱۰۶۶۰/۴		± ۵۱۲۴/۳		± ۱۱۶۰/۲		± ۹۸۷۷/۲

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- میزان انرژی‌های ورودی و خروجی و معادل آن‌ها در گندمزارهای گندم دیم.

	اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه بر اساس طبقه بندی دومارتن									
	اقلیم ۱		اقلیم ۲		اقلیم ۳		اقلیم ۴		اقلیم ۵	
	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی	میزان نهاده	معادل انرژی
الف: انرژی‌های ورودی										
۱- نیروی انسانی	۱۸/۱	۳۵/۳	۱۶/۶	۳۲/۳	۱۶/۱	۳۱/۵	۱۹/۴	۳۷/۷	۱۸/۰	۳۵/۱
۲-ماشین‌ها و ادوات کشاورزی	۱۶/۹	۱۰۵۸/۴	۱۵/۵	۹۷۱/۲	۱۹/۹	۱۲۵۰/۲	۱۸/۵	۱۱۶۲/۴	۱۷/۵	۱۰۹۷/۹
۳- سوخت فسیلی	۱۶۳/۲	۸۱۹۸/۱	۱۵۵/۵	۷۸۱۰/۳	۱۳۷/۲	۶۸۹۱/۵	۱۵۵/۲	۷۷۹۷/۷	۱۴۸/۹	۷۴۸۲/۸
۴- نیتروژن	۳۴/۲	۲۵۷۹/۹	۳۲/۲	۲۴۳۰/۶	۳۳/۳	۲۵۱۴/۳	۳۰/۶	۲۳۰۹/۱	۳۱/۶۰	۲۳۸۴/۵
۵- فسفر	۲۷/۰	۳۵۲/۶	۲۵/۱	۳۲۷/۷	۲۳/۱	۳۰۲/۱	۱۸/۶	۲۴۲/۸	۲۶/۸	۳۵۰/۴
۶- تاپیک	۰/۷	۱۷۹/۱	۰/۲	۴۳/۴	۰/۴	۱۰۰/۴	۰/۵	۱۴۳/۸	۰/۲	۵۴/۳
۷- گرانستار	۰/۰۱	۲/۳۸	۰/۰۲	۴/۷۶	۰/۰۰۸	۲/۳	۰/۰۲	۴/۱	۰/۰۲	۴/۸
۸- آفت‌کش‌ها	۰/۷	۱۳۱/۳	۰/۶	۱۱۳/۴۳	۰/۵	۹۹/۵	۰/۸	۱۵۱/۲	۰/۸	۱۵۹/۲
۹- قارچ‌کش‌ها	۰/۲	۳۶/۴	۰/۵	۹۰/۹	۰/۷	۱۳۴/۶	۰/۵	۹۰/۹	۰/۷	۱۲۷/۳
۱۰- کودهای میکرو	-	-	-	-	۰/۵	۶۰/۰	-	-	-	-
۱۱- بذر گندم	۱۸۳/۶	۳۶۹۰/۴	۱۷۴/۷	۳۵۱۱/۵	۱۹۰/۰	۳۸۱۹/۰	۱۹۱/۷	۳۸۵۳/۸	۱۸۳/۰	۳۶۷۸/۳
کل انرژی‌های ورودی		۱۶۲۶۳/۸		۱۵۳۳۶/۱		۱۵۲۹۵/۴		۱۵۷۹۳/۶		۱۵۳۷۴/۵
خطای معیار انرژی ورودی (SE)		± ۱۸۵/۷		± ۳۸/۱		± ۱۸۰/۳		± ۸۵/۲		± ۹۵/۱
ب: انرژی‌های خروجی										
۱-دانه گندم	۱۴۹۰/۳	۲۱۹۰۷/۴	۱۶۹۵/۰	۲۴۹۱۶/۵	۱۷۹۹/۵	۲۶۴۵۲/۷	۱۷۷۰/۳	۲۶۰۲۳/۴	۹۳۵/۷	۱۳۷۵۴/۳
۲- کاه و کلش گندم (کیلوگرم)	۳۰۰۳/۶	۳۷۵۴۵/۰	۳۳۳۶/۶	۴۱۷۰۷/۵	۳۲۲۷/۹	۴۰۳۴۸/۸	۳۵۸۲/۶	۴۴۷۸۲/۵	۱۸۵۶/۰	۲۳۲۰۰/۰
کل انرژی‌های خروجی		۵۹۴۵۲/۴		۶۶۶۲۴/۰		۶۶۸۰۱/۴		۷۰۸۰۵/۹		۳۶۹۵۴/۹
خطای معیار انرژی خروجی		± ۴۲۳۰/۱		± ۳۲۴۱/۵		± ۲۳۲۱/۳		± ۳۲۵۸/۴		± ۷۲۸۵/۹

Archive of SID

www.SID.ir

Mashhooriazar and Mohajerdoost (2008) نیز عنوان کردند که بیشترین سهم از کل انرژی‌های ورودی در گندمزارها مربوط به سوخت فسیلی است که با نتایج ارائه شده در این تحقیق همخوانی داشت. همچنین Mollaee *et al*. (2008) نیز در بررسی کارآیی مصرف انرژی گندمزارهای دیم بیشترین انرژی کاربردی را مربوط به کود نیتروژن (۵۷/۵ درصد) و کمترین آن را مربوط به نیروی انسانی (۰/۰۲ درصد) گزارش کردند.

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که اقلیم‌های مختلف استان از نظر انرژی‌های ورودی در تولید گندم آبی و دیم با یکدیگر تفاوت دارند، به‌طوری‌که بیشترین میزان انرژی ورودی به گندمزارهای آبی در اقلیم گرم و خشک (۶۰۱۵۷/۸ مگاژول در هکتار) و کمترین آن در اقلیم مرطوب و معتدل (۴۸۰۸۳/۵ مگاژول در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). انرژی ناشی از کاربرد سوخت فسیلی، آب آبیاری، ماشین‌ها و ادوات کشاورزی و نیروی انسانی در گندمزارهای آبی در شرایط آب و هوایی اقلیم گرم و خشک به ترتیب با مقادیر ۳۳۳۱۶/۱، ۴۶۳۲/۱، ۲۲۹۸/۶ و ۱۳۸/۴ مگاژول در هکتار (که برابر ۵۵، ۷/۷، ۳/۸۲ و ۰/۲۳ درصد از کل انرژی ورودی بود) محاسبه شد که نسبت به دیگر اقلیم‌ها بیشتر بود (جدول ۳). در گندمزارهای آبی اقلیم گرم و خشک که شامل شهرستان قصرشیرین بود، به این دلیل بارها و ساعت‌های آبیاری بیشتر، حجم استفاده از نیروی کار انسانی نسبت به سایر شهرستان‌ها بالاتر بود (جدول ۳). افزون بر این، زمان کاربرد نیروی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی در این شهرستان بیشتر از دیگر اقلیم‌ها بود که درنتیجه میزان مصرف سوخت آن نیز بالاتر از دیگر مناطق اقلیمی بود (جدول ۳). در مقابل در اقلیم معتدل و مرطوب که شامل شهرستان‌های پاوه، جوانرود و دالاهو بود، کمترین میزان انرژی ورودی به گندمزارهای آبی مشاهده شد. با توجه به وضعیت آب و هوایی این اقلیم (معتدل و مرطوب)، بخش زیادی از نیاز آبی گندم در چرخه فصل رشد با بارندگی‌های فصلی تأمین شده است و در نتیجه مصرف سوخت فسیلی و نیروی الکتریسیته برای پمپاژ آب و آبیاری گندمزارها نسبت به دیگر منطق اقلیمی کمتر بوده است.

در بین اقلیم‌های مختلف بیشترین و کمترین میزان انرژی ورودی به گندمزارهای دیم به ترتیب با مقادیر ۱۶۲۶۳/۹ و ۱۵۲۹۵/۴ مگاژول در هکتار در اقلیم سرد و مرطوب و اقلیم سرد و نیمه خشک مشاهده شد (جدول ۴). کاربرد بیشتر سوخت‌های فسیلی (۲۹۳۲/۶ مگاژول در هکتار معادل ۵۰/۴ درصد از کل انرژی ورودی) و کودهای شیمیایی (۸۱۹۸/۱ مگاژول در هکتار معادل ۱۸/۱ درصد از کل انرژی ورودی) نسبت به دیگر مناطق اقلیمی دلیل بالاتر بودن انرژی ورودی به گندمزارهای اقلیم سرد و مرطوب بود. از آنجا که در دیمزارها میزان کاربرد نهاده‌ها به‌طورعمده به میزان بارش‌های جوی وابسته است بنابراین بالاتر بودن میزان کاربرد انرژی در اقلیم سرد و مرطوب در مقایسه با اقلیم سرد و نیمه خشک پدیده دور از ذهنی نیست (جدول ۴).

انرژی‌های خروجی

میزان عملکرد دانه و کاه و کلش گندم، بر حسب کیلوگرم در هکتار و انرژی موجود در آنها بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه و در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است. با توجه به شرایط مطلوب‌تر گندمزارهای آبی در مقایسه با گندمزارهای دیم به‌طورکلی مجموع میزان انرژی خروجی حاصل از دانه و کاه و کلش گندم در گندمزارهای آبی (۱۱۴۹۴/۰ تا ۱۷۴۲۸۹/۲ مگاژول به‌ازای هر هکتار) بیشتر از گندمزارهای دیم (۳۶۹۵۴/۹ تا ۷۰۸۰۵/۹ مگاژول در هکتار) بود. صرف‌نظر از شرایط اقلیمی میانگین کل انرژی خروجی گندمزارهای آبی ۶۱/۶ درصد بالاتر از گندمزارهای دیم بود. در بررسی Ghorbani *et al*. (2011) نیز مجموع انرژی خروجی گندمزارهای آبی (۶۵۳۳۶/۳ مگاژول در هکتار) بیشتر از گندمزارهای دیم (۳۱۶۷۱/۹۸ مگاژول در هکتار) بود.

با بررسی انرژی خروجی از گندمزارها در ۵ منطقه اقلیمی استان مشخص شد که بیشترین میزان انرژی خروجی در گندمزارهای آبی (۱۷۴۲۸۹/۲ مگاژول در هکتار) مربوط به اقلیم سرد و نیمه خشک بود که از این میزان ۴۳/۱ درصد آن مربوط به تولید دانه و ۵۶/۹ درصد آن مربوط به تولید کاه و کلش بود. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به سهم قابل توجه کاه و کلش از کل انرژی خروجی در صورت استفاده نکردن مناسب از آن، بهره‌وری تولید این محصول به‌شدت کاهش می‌یابد. کمترین میزان انرژی خروجی (۱۱۴۹۴/۰ مگاژول در هکتار) نیز در گندمزارهای آبی اقلیم گرم و خشک به‌دست آمد که به‌ترتیب ۴۰/۹ و ۵۹/۱ درصد آن مربوط به تولید دانه و کاه و کلش بود (جدول ۴).

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که در بوم‌نظام دیم بیشترین میزان انرژی خروجی (۷۰۸۰۵/۹ مگاژول در هکتار) در اقلیم گرم و نیمه خشک (۳۶/۷ درصد انرژی دانه و ۶۳/۲ درصد انرژی ذخیره شده در کاه و کلش) و کمترین میزان آن (۳۶۹۵۴/۹ مگاژول در هکتار) در اقلیم گرم و خشک (۳۷/۲ درصد انرژی دانه و ۶۲/۸ درصد انرژی ذخیره شده در کاه و کلش) مشاهده شد (جدول ۴).

شاخص‌های انرژی

نتایج این تحقیق نشان داد که در همه‌ی شرایط اقلیمی استان کرمانشاه میانگین کارآیی کاربرد انرژی گندمزارهای دیم ۱۹/۹ درصد بالاتر از گندمزارهای آبی بود، به‌عبارت دیگر در گندمزارهای دیم نسبت به گندمزارهای آبی به ازای هر واحد انرژی ورودی، ماده خشک و انرژی بیشتری تولید شده است. صرف‌نظر از شرایط اقلیمی متوسط کارآیی مصرف انرژی در گندمزارهای آبی و دیم استان به ترتیب، ۳/۱ و ۳/۸ بود (جدول ۵). بالاتر بودن کارآیی مصرف انرژی گندمزارهای دیم به علت کاربرد پایین‌تر انرژی است. Ghorbani *et al.* (2011) نیز استفاده از نهاده‌های (ورودی) کمتر در گندمزارهای دیم نسبت به گندمزارهای آبی را دلیل بالاتر بودن کارآیی مصرف انرژی گندمزارهای دیم عنوان کردند. Safa and Tabatabaeefar (2002) با بررسی انرژی کاربردی در تولید گندم آبی و دیم در شهرستان ساوه، کارآیی مصرف انرژی را در گندمزارهای آبی ۱/۱۷ و در گندمزارهای دیم ۰/۹۹ گزارش دادند. بیشتر بودن کارآیی مصرف انرژی گندمزارهای آبی در بررسی آنان به‌علت تولید ماده خشک بسیار پایین در گندمزارهای دیم بود. بالاتر بودن میزان کارآیی مصرف انرژی در این بررسی را در مقایسه با نتایج Safa and Tabatabaeefar (2002) را می‌توان به‌علت بالاتر بودن سطح عملکرد گندم نسبت به این شهرستان دانست.

کارآیی مصرف انرژی گندمزارهای آبی و دیم در شرایط آب و هوایی مختلف استان با یکدیگر تفاوت قابل توجهی داشت،

به‌طوری که بالاترین و پایین‌ترین کارآیی مصرف انرژی در گندمزارهای گندم آبی با میزان‌های ۳/۵ و ۱/۹ به‌ترتیب در اقلیم‌های سرد و نیمه خشک و گرم و خشک مشاهده شد. گندمزارهای آبی که در شرایط آب و هوایی اقلیم‌های سرد و نیمه خشک (اقلیم ۳) و گرم و خشک (اقلیم ۵) واقع شده بودند،به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد و انرژی خروجی را نیز داشتند. افزون بر این بیشترین انرژی ورودی به گندمزارهای آبی اقلیم گرم و خشک تعلق داشت که این مطلب پایین بودن کارآیی مصرف انرژی در گندمزارهای آبی در شرایط آب و هوایی این اقلیم را توجیه می‌کند. در رابطه با گندمزارهای دیم بالاترین و پایین‌ترین کارآیی مصرف انرژی با میزان‌های ۴/۴۸ و ۲/۴۵ به ترتیب در اقلیم‌های گرم و نیمه خشک و گرم و خشک به‌دست آمد یعنی مناطقی که به‌ترتیب بیشترین و کمترین تولید ماده خشک و انرژی خروجی را نیز داشتند (جدول ۵).

دیگر شاخص مهمی که بررسی شد، بهره‌وری انرژی بود که نشان دهنده کیلوگرم محصول زراعی تولید شده به مگاژول انرژی ورودی است. بالا بودن میزان بهره‌وری انرژی نشان دهنده عملکرد بیشتر و انرژی ورودی کمتر و در نتیجه بالا بودن کارآیی نظام‌های مورد بررسی است. صرف‌نظر از نوع اقلیم متوسط بهره‌وری انرژی در گندمزارهای آبی و دیم به‌ترتیب، ۰/۰۹۲ و ۰/۰۹۴ بود. بهره وری بالاتر انرژی گندمزارهای دیم در مقایسه با گندمزارهای آبی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Ghorbani *et al.* 2011). بهره‌وری انرژی گندمزارهای آبی در شرایط اقلیمی مختلف استان نیز با یکدیگر تفاوت داشت، به‌طوری‌که بیشترین (۰/۱۱) و کمترین (۰/۰۵) میزان این شاخص به ترتیب در اقلیم‌های سرد و مرطوب (اقلیم ۱) و سرد و نیمه خشک (اقلیم ۳) و اقلیم گرم و خشک (اقلیم ۵) مشاهده شد. به نظر می‌رسد عملکرد بالاتر گندم در گندمزارهای آبی اقلیم‌های سرد و مرطوب و سرد و نیمه خشک در مقایسه با دیگر شرایط اقلیمی (جدول ۳) دلیل اختلاف بهره‌وری انرژی است. در گندمزارهای دیم نیز بیشترین میزان این شاخص (۰/۱۱) به اقلیم‌های معتدل و مرطوب (اقلیم ۲) و سرد و نیمه خشک (اقلیم ۳) و کمترین میزان آن (۰/۰۶) به اقلیم گرم و خشک (اقلیم ۵) تعلق داشت. در بین ۵ منطقه اقلیمی مورد بررسی گندمزارهای دیم اقلیم‌های معتدل و مرطوب و سرد و نیمه خشک کمترین مقادیر انرژی‌های ورودی و گندمزارهای دیم اقلیم گرم و خشک کمترین میزان تولید محصول را داشتند (جدول ۴).

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که صرف‌نظر از شرایط اقلیمی در گندمزارهای آبی سهم انرژی‌های

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- شاخص‌های انرژی در گندمزارهای گندم آبی و دیم.

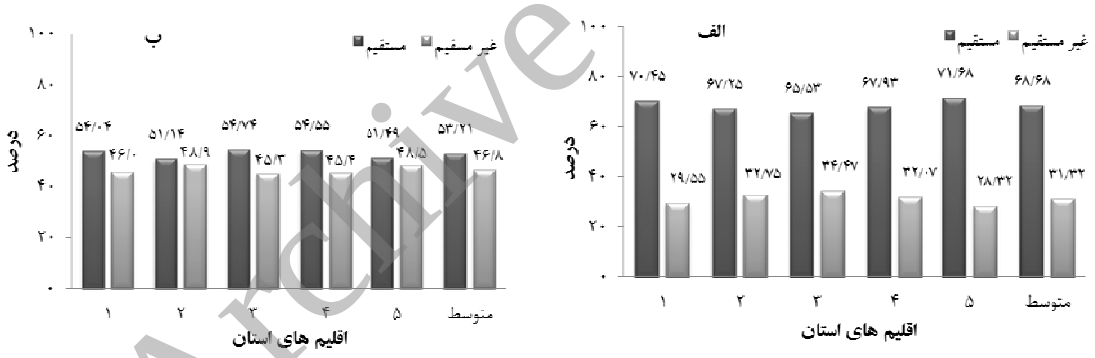
	اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه بر پایه طبقه بندی دومارتن									
	اقلیم ۱		اقلیم ۲		اقلیم ۳		اقلیم ۴		اقلیم ۵		میانگین	
	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم	آبی	دیم
کارآیی کاربرد انرژی	۳/۵±۰/۲	۳/۶±۰/۱	۳/٤±۰/۱	٤/۳±۰/۲	۳/۵±۰/۳	٤/٤±۰/۲	۳/۱±۰/۱	٤/۵±۰/۳	۱/۹±۰/۳	۲/٤±۰/۲	۳/۱±۰/٤	۳/۸±۰/۳
انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)	۸/۹	۱۰/۹	۹/۲	۹/۱	۸/۷	۸/۵	۱۰/۱	۸/۹	۱۸/۸	۱٦/٤	۱۱/۱٤	۱۳/٤
بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰٦	۰/۰۹۲	۰/۰۹٤
انرژی خالص (مگاژول در هکتار)	۱۲۰٦۱٤/٤	٤۳۱۸۸/۵	۱۱۵۰۹۷/۸	۵۱۲۸۷/۹	۱۲٤۰۹۵/۱	۵۱۵۰٦/۰	۱۱۰۳۳٤/٤	۵۵۰۱۲/۳	۵٤۷۸۲/۲	۲۱۵۸۰/٤	۱۰٤۹۸٤/۸	٤٤۵۱۵/۱
انرژی مستقیم (مگاژول در هکتار)	۳۳۹٤۵/۷	۸۷۸۹/۷	۳۲۳۳٦/۵	۷۸٤۲/۵	۳۲۸۹٤/۱	۸۳۷۲/٤	۳۵۳۱۹/٤	۸٦۱٦/۱	٤۳۱۲۱/٤	۷۹۱٦/٦	۳۵۵۲۳/٤	۸۳۰۷/۵
انرژی غیرمستقیم (مگاژول در هکتار)	۱٤۲۳۵/۵	۷٤۷٤/۱	۱۵۷٤٦/۹	۷٤۹۳/٦	۱۷۳۰۰/۹	٦۹۲۳/٦	۱٦٦۷۵/٦	۷۱۷۷/۵	۱۷۰۳٦/۳	۷٤۵۷/٤	۱٦۱۹۸/۹	۷۳۰۵/۲
انرژی تجدیدپذیر (مگاژول در هکتار)	۹۲۳۱/۷	۳۷۲۵/٦	۸۹۸۲/۲	۳۵٤۳/۷	۹۰٤۹/۹	۳۸۵۰/٤	۹٤۸۸/۸	۳۸۹۱/۵	۱۰۱٤۵/۵	۳۷۱۳/۳	۹۳۷۹/٦	۳۷٤٤/۹
انرژی تجدید ناپذیر (مگاژول در هکتار)	۳۸۹٤۹/۵	۱۲۵۳۸/۲	۳۹۱۰۲/٦	۱۱۷۲۹/٤	٤۱۱٤٤/۱	۱۱٤٤۵/۰	٤۲۵۰۵/۵	۱۱۹۰۲/۱	۵۰۰۱۱/۲	۱۱٦٦۱/۲	٤۲۳٤۲/٦	۱۱۸٦۷/۷

Archive of SID

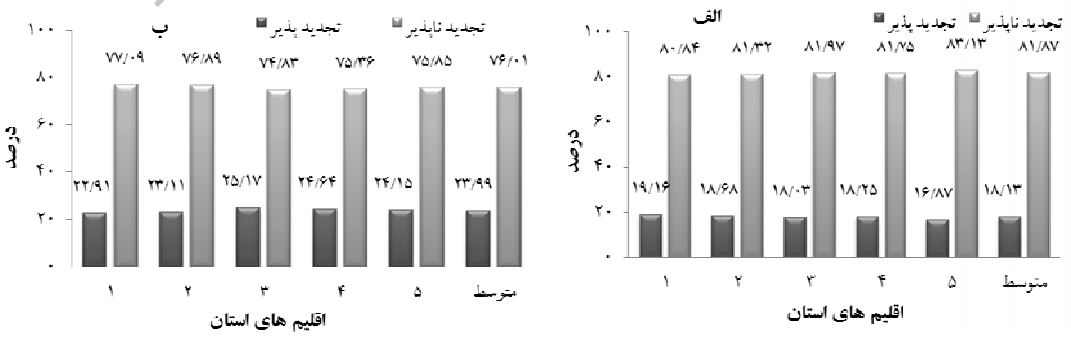
www.SID.ir

مستقیم نسبت به گندمزارهای دیم افزایش قابل توجهی داشت، به‌طوری‌که سهم انرژی مستقیم در گندمزارهای آبی ۶۷/۸ درصد (معادل ۳۵۵۲۳/۴ مگاژول بر هکتار) و در گندمزارهای دیم ۵۳/۲ درصد (معادل ۸۳۰۷/۵ مگاژول بر هکتار) بود (جدول ۵ و شکل ۱).

به نظر می‌رسد علت این موضوع استفاده نکردن از برخی منابع انرژی در گندمزارهای دیم مانند کود حیوانی، انرژی الکتریسیته و آب آبیاری و همچنین کاربرد مقادیر کمتر دیگر منابع باشد. بنابراین از نقطه نظر پایداری، گندمزارهای دیم نسبت به آبی اولویت بیشتری دارد، چرا که در آنها از نهاده‌های خارجی کمتری استفاده شده بود. Ghorbani *et al*. (2011) نیز گزارش کردند که سهم انرژی مستقیم در نظام تولید گندم آبی و دیم استان خراسان شمالی به ترتیب برابر ۴۷/۶ و ۴۵/۷ درصد بود. همچنین میزان کاربرد انرژی‌های مستقیم در گندمزارهای آبی و دیم اقلیم‌های مختلف با یکدیگر اختلاف ناچیزی داشت که این نتیجه شاید به این علت باشد که بیشتر کشاورزان گندم کار استان از نظر نوع کاربرد نهاده‌ها تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند (شکل ۱). میانگین انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر نیز برای گندمزارهای آبی به ترتیب، ۹۳۷۹/۶ و ۴۲۳۴۲/۶ مگاژول در هکتار و برای گندمزارهای دیم به ترتیب، ۳۷۴۴/۹ و ۱۱۸۶۷/۸ مگاژول در هکتار بود (جدول ۵). صرف‌نظر از شرایط اقلیمی در گندمزارهای دیم سهم انرژی‌های تجدید پذیر در مقایسه با گندمزارهای آبی بیشتر بود (شکل ۲). میزان انرژی‌های تجدید پذیر در گندمزارهای دیم و آبی به ترتیب، ۲۴/۰ و ۱۸/۱ درصد از کل انرژی‌های مصرفی بود. Mohammadi *et al*. (2014) نیز به نتایج همسانی دست یافتند، آن‌ها میانگین انرژی ورودی به گندمزارهای استان گلستان را ۲۶/۲ گیگاژول در هکتار گزارش کردند، که از این میزان سهم انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم به ترتیب، ۵۸/۸ و ۴۱/۲ درصد و سهم انرژی‌های تجدید ناپذیر و تجدید پذیر به ترتیب، ۸۲/۱ و ۱۷/۹ درصد بود. بالاتر بودن سطح انرژی‌های تجدید ناپذیر و مستقیم نسبت به انرژی‌های تجدید پذیر و غیر مستقیم را می‌توان به دلیل مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی در مناطق مورد بررسی دانست. بنابراین می‌توان به منظور کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش کارآیی مصرف انرژی،



شکل ۱- مقایسه انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم در گندمزارهای آبی (الف) و دیم (ب) در شرایط اقلیمی مختلف.



شکل ۲- مقایسه انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در گندمزارهای آبی (الف) و دیم (ب) در شرایط اقلیمی مختلف.

Archive of SID

www.SID.ir

راهکارهایی مانند استفاده از انرژی‌های پایدار و تجدید پذیری مانند انرژی خورشیدی را برای استخراج آب آبیاری و همچنین کابرد کودهای زیستی در نظام‌های تولید محصولات کشاورزی را پیشنهاد کرد. همچنین در گندمزارهای آبی اجرای مدیریت بهینه زراعی از جمله تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت با هدف سازگاری و هماهنگی بیشتر نیاز آبی گندم با بارندگی‌ها به منظور کاهش شمار آبیاری، رعایت تناوب زراعی مناسب به هدف تأمین حاصل‌خیزی خاک و کنترل شیوع آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و اجرای نظام‌های خاکورزی حفاظتی به منظور کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و استهلاک ماشین‌ها و ادوات کشاورزی می‌تواند منجر به کاهش وابستگی نظام‌های تولید و در در نهایت پایداری هرچه بیشتر آنها شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که صرف‌نظر از شرایط اقلیمی، میانگین کل انرژی ورودی در گندمزارهای آبی (۵۲۴۴۴ مگاژول در هکتار) ۷۰/۲ درصد بالاتر از گندمزارهای دیم (۱۵۶۱۳ مگاژول در هکتار) بود. در بین نواحی اقلیمی مختلف استان کرمانشاه، بیشترین میزان انرژی ورودی برای بوم نظام‌های گندم آبی، به اقلیم گرم و خشک (۶۰۱۵۸ مگاژول در هکتار) مربوط بود، این در حالی بود که کمترین میزان انرژی ورودی در اقلیم معتدل و مرطوب (۴۸۰۸۳ مگاژول در هکتار) مشاهده شد. همچنین میزان انرژی ورودی در بوم نظام‌های تولید گندم دیم نیز در بین نواحی اقلیمی متفاوت با یکدیگر تفاوت داشت، به‌طوری‌که بیشترین انرژی ورودی به اقلیم سرد و مرطوب (۱۶۲۶۴ مگاژول در هکتار) و کمترین آن به اقلیم سرد و نیمه خشک (۱۵۲۹۵ مگاژول در هکتار) مربوط بود. بیشترین میزان انرژی خروجی در گندمزارهای آبی مربوط به اقلیم سرد و نیمه خشک به میزان ۱۷۴۲۸۹ مگاژول در هکتار و کمترین میزان آن مربوط به اقلیم گرم و خشک به میزان ۱۱۴۹۴۰ مگاژول در هکتار بود. در گندمزارهای دیم بیشترین میزان انرژی خروجی به اقلیم گرم و نیمه خشک (۷۰۸۰۶ مگاژول در هکتار) و کمترین میزان آن به اقلیم گرم و خشک (۳۶۹۵۵ مگاژول در هکتار) مربوط بود. میانگین کارآیی مصرف انرژی گندمزارهای آبی و دیم به ترتیب، ۳/۱ و ۳/۸ بود. کارایی مصرف انرژی در گندمزارهای دیم ۱۹/۹ درصد بیشتر از گندمزارهای آبی بود. این مطلب نشان دهنده مصرف کاراتر انرژی در بوم نظام‌های گندم دیم در مقایسه با بوم نظام‌های گندم آبی بود. به نظر می‌رسد مصرف کمتر انرژی‌های غیر قابل تجدیدی همچون سوخت فسیلی و ترکیبات شیمیایی (کودها و سموم) در گندمزارهای دیم دلیل بالاتر بودن مصرف انرژی بود. در بین نواحی اقلیمی استان، بالاترین کارآیی مصرف انرژی در گندمزارهای آبی در اقلیم سرد و نیمه خشک (۳/۵) و در گندمزارهای دیم در اقلیم گرم و نیمه خشک (۴/۴) مشاهده شد. میانگین میزان بهره‌وری انرژی در گندمزارهای دیم (۰/۰۹۴) بالاتر از گندمزارهای آبی (۰/۰۹۲) بود. همچنین بیشترین شاخص بهره‌وری انرژی در گندمزارهای آبی به اقلیم‌های سرد و مرطوب (۰/۱۱) و سرد و نیمه خشک (۰/۱۱) و در گندمزارهای دیم به اقلیم‌های معتدل و مرطوب (۰/۱۱) و سرد و نیمه خشک (۰/۱۱) تعلق داشت.

منابع

Alam, M., Ala, M. and Islam, K., 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. Environment Science. 1, 213-220.

Anonymous., 2013 a. Ministry of Jihad e Agriculture. Available online at: http://kermanshah.maj.ir.

Anonymous., 2013 b. Kermanshah Regional Met office. Available online at: http://kermanshahmet.ir.

Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H., Akbolat, D. and Ekinci, C., 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conservation Management. 47, 1761-1769.

Esengun, K., Gunduz, O. and Erdal, G., 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conservation Management. 48, 592-598.

FAO, 2000. FAO STAT. Available online at: http://FAO.org.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, S., Sanjani, M., Anvarkhah, S. and Aghel, S., 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy. 88, 283-288.

Hassanzadeh avval, F. and Rezvani moghadam, P., 2013. Energy efficiency evaluation and

Archive of SID

www.SID.ir

economic analysis of onion (*Allium cepa L.*) in Khorasan Razavi. Applied Ecology. 2(2), 1-11.

Hasanzadeh ghoorttape, A., Ghalavand, A., Ahmadi, R. and Mirnia, S., 2001. Effect of feeding systems on the energy efficiency of sunflower varieties. Agricultural Sciences and Natural Resources. (2)8, 77-87.

Hatirli, S., Ozkan, A. and Fert, K., 2005. An econometric analysis of energy input/output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 9, 608-623.

Kizilaslan, H., 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Applied Energy. 86, 1354-1358.

Koochaki, A. and Hosseini, M., 1994. Energy Efficiency in Agroecosystems. Publications University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Mashhooriazar, M. and Mohajerdoost, A., 2008. Analysis of energy consumption and production costs crops of Maragheh. In 5th National Conference on Agriculture Machinery Engineering and Mechanization, 28th-29th August, Mashhad, Iran. p. 123.

Meysami, M., Ajabshirchi, Y. and Ranjbar, A., 2008. Energy consumption in the production of energy crops and estimate the parameters of the case study in the bonab. In 5th National Conference on Agriculture Machinery Engineering and Mechanization, 28th-29th August, Mashhad, Iran. p. 84.

Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S. and Nonhebel, S., 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 30, 724-733.

Molaeei, K. and Afzalinia, S., 2012. Determination of energy indices in producing wheat and canola in Dashte Namdan Agro-industry (Eghlid region, Fars). Journal of Ecophysiology. 4(1), 26-37. (In Persian with English abstract).

Mollaee, K., Keyhani, A., Karimi, M., Khairalipour, K. and Ghasemi, V., 2008. Energy ratio in dryland wheat: Case study in Eghlid. In 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 14th-17th Augest, Antaliya, Turkey. p. 409.

Mousavi-Avval, S., Rafiee, Sh., Jafari, A. and Mohammadi, A., 2011. Optimization of energy consumption forsoybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy. 88(11), 3765–3772.

Nasirian, N., Almasi, M., Minaee, S. and Bakhoda, H., 2005. Assessment of energy flow of energy in the production of sugar cane agro-industry in one unit south of Ahvaz. In 4th National Congress of Agricultural Mechanization Engineering, 30th-31th Agust, Tabriz, Iran. p. 212.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fer, C. 2004. Energy input-output analysis inturkish agriculture. Renewable Energy. 29, 39-51.

Rajabi, M., Soltani, A. and Zeinali, A., 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. Journal of Manufacturing Plants. 19(3), 143-172.

Safa, M. and Tabatabaeefar, A., 2002. Energy Consumption in Wheat Production, IACE 2002. Wuxi, China. Paper presented at the IACE 2002, Wuxi, China.

Taylor, E., Callaghan, B. and Probert, S., 1993. Energy audit of an English farm. Applied Energy. 44, 315-335.

Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan. B., 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton roduction in Turkey. Renewable Energy. 30, 145-155.

Yousefi, M. and Mahdavi Damghani, A., 2013. Evaluating the water and energy productivity of irrigated agroecosystems in Kermanshah Province. Agroecology Journal. 5(2), 113-121. (In Persian with English abstract).

Archive of SID

www.SID.ir

Assessment of energy flow in irrigated and dry-land wheat farms under different climatic conditions in Kermanshah province

Farzad Mondani*, Mahmud Khoramivafa, Sepide Aleagha and Rozhin Ghobadi
Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

*Corresponding author: f.mondani@razi.ac.ir.

Abstract

Energy management in agroecosystems helps to attain efficient and sustainable use of energy. The aims of this study were to evaluate the energy input, energy output and energy indices in irrigated and dry-land wheat farms under different climatic conditions in Kermanshah Province. Data were collected from irrigated and dry-land wheat growers by using a face-to-face questionnaire during 2012-2013. The results showed that, regardless of climatic conditions, total energy input in irrigated and dry-land wheat farms was 52444 and 15612 MJ ha^{-1}, respectively. Among irrigated wheat farms, the highest and the lowest energy inputs were calculated in arid-warm (60157 MJ ha^{-1}) and wet-moderate (48083 MJ ha^{-1}) climates while, in dry-land wheat farms, these were calculated in semiarid-cold (15295 MJ ha^{-1}) and wet-cold (16263 MJ ha^{-1}) climates, respectively. In irrigated wheat farms the highest energy output was 174289 MJ ha^{-1} for a semiarid-cold climate and the lowest was 11494 MJ ha^{-1} for an arid-warm climate while, in dry-land wheat farms, the highest was 70806 MJ ha^{-1} for a semiarid-warm climate and the lowest was 36955 MJ ha^{-1} for an arid-warm climate. Energy use efficiency was about 19.9% higher in dry-land farms than in irrigated ones. The highest energy use efficiency in irrigated and dry-land wheat farms was 3.5 (in a semiarid-cold climate) and 4.4 (in a semiarid-warm climate), respectively. The highest energy productivity in irrigated farms was 0.11 for wet-cold and semiarid-cold climates while it was 0.11 for wet-moderate and semiarid-cold climates in dry-land farms. Based on our results, dry-land wheat farms had higher efficiency and productivity compare to irrigated wheat farms.

Keywords: Energy use efficiency, Energy Productivity, Renewable energy, Direct energy, Climatic conditions.

Archive of SID

www.SID.ir