ارزیابی کارایی و بهره‌وری انرژی تولید گندم آبی در منطقه جلگه استان اصفهان

عبداله ایمان‌مهر[1*]، مجید لشگری[2]

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه اراک

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه اراک

* ایمیل نویسنده مسئول a-imanmehr@araku.ac.ir

چکیده

این بررسی به منظور ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی تولید گندم آبی (در منطقه جلگه استان اصفهان) در سال ۱۳۹۴ انجام شد. داده‌های اولیه با استفاده از آمار و اطلاعات پرسشنامه‌ای زارعین گندمکار استان بدست آمد. داده‌های مربوط به نهاده‌ها و ستاده به مقادیر معادل انرژی مصرفی و تولیدی تبدیل گردید و سپس راندمان انرژی محاسبه شد. میزان کل انرژی ورودی برابر با ۳۱۰۷۳ مگاژول در هکتار (۲۵/۷۴٪ انرژی مستقیم، ۷۴/۲۶٪ انرژی غیر مستقیم، ۲۶/۲۴٪ انرژی تجدیدپذیر، ۷۳/۷۶٪ انرژی تجدیدناپذیر) و میزان کل انرژی خروجی (گندم و کاه) ۶۶۶۵۷/۵ مگاژول در هکتار بدست آمد. میزان کارایی انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی گندم به ترتیب برابر با ۲/۱۵، ۳۵۵۸۴/۵ مگاژول بر هکتار، ۳/۰۹ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۳۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین انرژی مصرفی در کشت گندم به کودهای شیمیایی (۵۸/۱۳٪) تعلق دارد.

واژه‌های کلیدی: گندم، راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه

مقدمه

کشاورزی یک فرآیند تبدیل انرژی است. در این فرآیند انرژی نوری خورشید، فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف موردنیاز انسان تبدیل می‌گردد. تأمین غذا و نیازهای جمعیت روزافزون جامعه بشری نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری در زمینه انرژی به عنوان یک نهاده داشته است به نحوی که طی قرن‌ها، نیروی حیوانات به خدمت گرفته شده و کمی بعد بشر با کنترل کردن نیروی آب و باد، آنها را جایگزین نیروی حیوانات کرد. با این تغییرات ضمن آزاد شدن وقت و انرژی بیشتری از انسان، نیروی بیشتر و ارزانتری نسبت به گذشته در اختیار او قرار گرفت (آینه‌بندا، ۱۳۸۶). سینگ و همکاران در تحقیقی نشان دادند که استفاده از ارقام پرمحصول، سیستم‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن را سبب شده است (Singh *et al.*, 2004). ازکان و همکاران نیز اعلام کردند که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده ترکیه، به‌ازای هر هکتار از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش یافته است، در حالیکه میزان خروجی انرژی طی همین مدت با رشدی کمتر، از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. بدین ترتیب طی ۲۵ سال کارایی انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است (Ozkan *et al.*, 2004). اوهلین نیز وضعیت روند کاهش بهره‌وری

انرژی در کشاورزی سوئد را نگران کننده توصیف می‌کند، البته در تمامی زیربخش‌های کشاورزی، میزان بهره‌وری انرژی خورشیدی افزایش یافته است که به افزایش عملکرد مربوط می‌شود. از بین منابع انرژی حمایتی، کودهای شیمیایی در راستای افزایش بهره‌وری انرژی خورشیدی بزرگترین نقش را ایفا کرده‌اند (Uhlin, 1998). مطالعات زیادی در زمینه مصرف انرژی انجام شده است: برای مثال کارایی انرژی تولید سیب‌زمینی در مشهد و نیشابور، به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷ بدست آمد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). صفا و طباطبایی‌فر انرژی لازم برای تولید گندم آبی و دیم را در منطقه ساوه به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۰/۶ مگاژول بر کیلوگرم برآورد کردند که بیشترین منبع مصرفی انرژی سوخت تشخیص داده شد که برای اراضی آبی ۶۷٪ و برای اراضی دیم ۵۲٪ محاسبه شد (Safa and Tabatabaeefar, 2002). انرژی نقش مهم و محوری در توسعه و پیشرفت ملت‌ها بازی می‌کند بطوریکه می‌توان گفت در صورت نبود آن شکل‌گیری تمدن‌ها به صورت امروزی محال به نظر می‌رسد. هدف از تولید در حال حاظر مسائل اقتصادی است در حالی‌که در سال های اخیر مساله حفظ محیط زیست و منابع طبیعی خیلی مورد توجه قرار گرفته است لذا یکی دیگر از اهداف سیاست‌های کشاورزی حفظ محیط زیست و منابع طبیعی است تا جنگل‌ها، مراتع، خاک و آب کشور فرسوده نشده، از بین نرود و امکان تولید غذا برای نسل های آینده و توسعه ی پایدار باقی بماند. در زمینه انرژی، اطلاع از میزان انرژی مصرفی در تولید محصولات می تواند راهنمای مناسبی برای میزان کارایی الگوی کشت موجود بوده و راه را برای مصرف صحیح انرژی و سایر نهاده‌ها به ازای واحد تولید هموار سازد. کشاورزی امروز شدیداً به انرژی بویژه سوخت‌های فسیلی وابسته است. با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و آلایندگی آنها لزوم تحقیقات بیشتر جهت تعیین میزان مصرف انرژی و استفاده صحیح از منابع موجود را ضروری می‌نماید (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۲). در ایران ارزش تولیدات بخش کشاورزی که در ابتدای قرن حاضر در حدود ۷۰ درصد کل تولیدات کشور را تشکیل می داد امروزه به حدود ۲۵ درصد تنزل پیدا کرده است. با وجود این، بخش کشاورزی هنوز بزرگترین فعالیت اقتصادی غیر دولتی را تشکیل می‌دهد. در کشور ما هر تولید کننده برای ۱۵ الی ۲۰ نفر می تواند غذا تهیه کند در حالیکه در کشورهای پیشرفته یک کشاورز می‌تواند غذای ۱۰۰ تا ۱۵۰ نفر را مهیا کند (کوپاهی، ۱۳۸۳). یکی از چالش‌های پیش‌روی این بخش اتلاف نهاده‌ها و کاهش بهره‌وری عوامل تولیدی کار، سرمایه و زمین می‌باشد که به علت عدم وجود اطلاعات کافی و مدیریت صحیح پدید می‌آید. با توجه به محدودیت منابع، لزوم تحقیقات بیشتر جهت تعیین میزان مصرف نهاده و استفاده‌ی صحیح از منابع را ضروری می‌نماید. امروزه مکانیزاسیون کشاورزی که خود امری پرمصرف در زمینه انرژی است، عامل مهمی در ایجاد تحول در بخش کشاورزی به شمار رفته بطوری‌که بکارگیری صحیح دانش مکانیزاسیون می تواند سهم قابل توجهی در تولید مواد غذایی و فرآورده های دیگر مرتبط با کشاورزی ایفا نماید. محاسبه شاخص های‌انرژی و مقایسه آنها با یکدیگر یکی از روش‌هایی است که می‌تواند میزان مطلوبیت عملکرد یک محصول را در مزرعه نشان دهد. تولید در کشاورزی مستلزم مصرف انرژی به صورت های مختلف است. مدیریت انرژی تنها و نزدیک‌ترین راه برای بهره‌برداری مناسب‌تر از سوخت های موجود و منابع انرژی است. مدیریت مناسب انرژی علاوه بر فواید کوتاه‌مدت اقتصادی مجال و زمان کافی برای انتقال به سوخت‌های دیگر را فراهم می‌آورد (کوچکی، ۱۳۷۳). به طور کلی تحلیل و بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تعیین کننده بازده انرژی یا مصرف

انرژی مؤثر در طبیعت می باشند. مطالعاتی انجام شده که بازده انرژی مصرفی محصولات مختلف کشاورزی اعم از سیب زمینی، ذرت، گندم، و گل آفتابگردان را تعیین کرده است (Unakitan *et al*., 2010). بدلیل اهمیت تولید گندم بعنوان یک محصول استراتژیک در کل کشور و استان اصفهان، محاسبه بهره‌وری و کارایی انرژی تولید گندم هدف این تحقیق قرار گرفت.

مواد روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴ در شهرستان اصفهان (منطقه جلگه) انجام گرفت. برای انجام این تحقیق نیاز به جمع‌آوری داده‌ها از منطقه مورد مطالعه بود که این داده‌ها برحسب نوع خود از طریق آمارگیری و مصاحبه حضوری بدست آمد. جامعه آماری این پژوهش گندمکاران منطقه جلگه بودند و برای پیدا کردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شده است. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه گیری تصادفی فرمول زیر را ارائه کرده است (منصورفر، ۱۳۷۶).

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + t2S^2} \qquad (۱)$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد زارعین(سیب کار)، T ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول T استیودنت به دست می آید. S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه که در این جا واریانس کارایی انرژی در مناطق مورد مطالعه است، D دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و N حجم نمونه است. بدین ترتیب حجم نمونه ۲۷ نفر تخمین زده شد و جهت افزایش دقت محاسبات این رقم به ۳۰ نفر افزایش یافت. سپس مقادیر متوسط مصرف انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی در واحد هکتار و کل انرژی خروجی محصول برداشت شده (گندم و کاه) استخراج گردید.

جدول ۱: معادل‌های انرژی نهاده‌ها وستاده درتولید گندم

مشخصه	واحد	معادل انرژی (MJ/unit)	منبع
الف. ورودی‌ها			
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	Zangeneh *et al*., 2010
بنزین	لیتر	۴۶/۳	Rafiee et al., 2010
دیزل	لیتر	۵۶/۳	Rafiee et al., 2010
ماشین‌ها و ادوات	ساعت	۶۲/۷	Zangeneh *et al*., 2010
اوره	کیلو گرم	۶۶/۱۴	Zangeneh *et al*., 2010
فسفات	کیلو گرم	۱۲/۴۴	Zangeneh *et al*., 2010
علف کش	کیلو گرم	۲۳۸/۳	Zangeneh *et al*., 2010
حشره‌کش	کیلو گرم	۱۰۱/۲	Zangeneh *et al*., 2010

آب آبیاری	متر مکعب	۱/۰۲	Zangeneh *et al*., 2010
بذر مصرفی	کیلو گرم	۱۴/۷	Moghimi *et al*., 2013
ب . خروجی			
دانه	**کیلو گرم**	**۱٤/۷**	**Moghimi *et al*., 2013**
کاه	**کیلو گرم**	**۱۲/۵**	**Bahrami *et al*., 2011**

منابع مصرف انرژی عبارتند از؛ انرژی سوخت دیزل و بنزین، انرژی آبیاری، انرژی نیروی انسانی، انرژی بذر، انرژی کود، انرژی سموم شیمیایی و انرژی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی. برای برآورد انرژی مصرف شده در تولید گندم، مقدار مصرفی هر یک از نهاده ها در معادل انرژی مخصوص هر یک از نهاده ها ضرب می‌گردد (جدول ۱) و با اثر دادن این ضرایب، مقادیر نهاده‌ها برحسب انرژی بیان می گردد. همچنین برای تحلیل و ارزیابی درستی از سیستم تولیدی با دید انرژی، شاخص‌هایی نظیر: راندمان انرژی (ER)، بهره‌وری انرژی (EP)، انرژی خالص (NEG) و انرژی ویژه (SE) لحاظ گردید که به کمک آنها می‌توان مصرف انرژی در قسمت‌های گوناگون یک سیستم را با یکدیگر مقایسه نمود و علاوه برآن امکان مقایسه چند سیستم تولیدی با یکدیگر میسر می‌گردد. با کمک این شاخص‌ها دلایل احتمالی مصرف بالای انرژی در قسمت و یا سیستم خاصی به راحتی کشف شده و به محقق در رفع اشکالات و مصرف صحیح انرژی یاری می‌رساند، مهترین این شاخص‌ها به قرار زیر هستند (Hatirli *et al*., 2005):

۱- راندمان انرژی یا بازده انرژی

این شاخص از تقسیم انرژی خروجی (تولیدی) حاصل از محصول اصلی و یا محصول اصلی و فرعی بر انرژی ورودی (مصرفی) بدست می‌آید و عددی بدون واحد است. طبق تعریف، این شاخص نشان می‌دهد که انرژی دریافتی از مزرعه چند برابر انرژی وارد شده به آن است و هر چه بالاتر باشد بهتر است. ضمناً در این پژوهش انرژی ورودی شامل انرژی خورشید و انرژی مواد موجود در خاک در نظر گرفته نشده و فقط شامل انرژی‌هایی می‌شود که به سیستم، بوسیله کشاورز داده یا اضافه می‌شود و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$E.R = E_{out} / E_{in} \quad (۲)$$

که:

E.R = نسبت بازدهی انرژی

Eout = انرژی خروجی از سیستم (مگاژول بر هکتار)

Ein = انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار).

۲- انرژی خالص

انرژی خالص یا خالص افزوده انرژی بیانگر میزان اختلاف بین انرژی‌های خروجی با انرژی‌های ورودی به مزرعه است. این شاخص نشان می‌دهد که در فرآیند تولید چه مقدار انرژی بدست آمده و یا از دست رفته است. محاسبه شاخص افزوده انرژی با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود:

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۳)$$

که:

NEG = افزوده خالص انرژی (مگاژول بر هکتار)

Eout = انرژی خروجی از سیستم (مگاژول بر هکتار)

Ein = انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار).

۳- بهره‌وری انرژی

یکی از شاخص‌های مهمی است که بیانگر کیفیت فرآیند تولید می‌باشد، بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد در مقابل یک مگاژول انرژی چند کیلوگرم محصول تولید شده است، در واقع این شاخص به‌صورت یک ارزیاب چگونگی بهره‌وری انرژی در سیستم‌های مختلف تولیدی که محصول به خصوصی را به ما می‌دهند، کاربرد دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$EP = Y / E_{in} \quad (۴)$$

که:

EP = بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)

Y = عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)

Ein = انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار).

۴- انرژی ویژه

شاخص انرژی ویژه نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم محصول چه مقدار انرژی مصرف شده است. واضح است که هرچه این شاخص کوچکتر باشد کارایی سیستم تولید بالاتر می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$SE = E_{in} / Y \quad (۵)$$

که:

SE = انرژی ویژه (مگاژول بر کیلو گرم)

Ein = انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار)

Y = عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار).

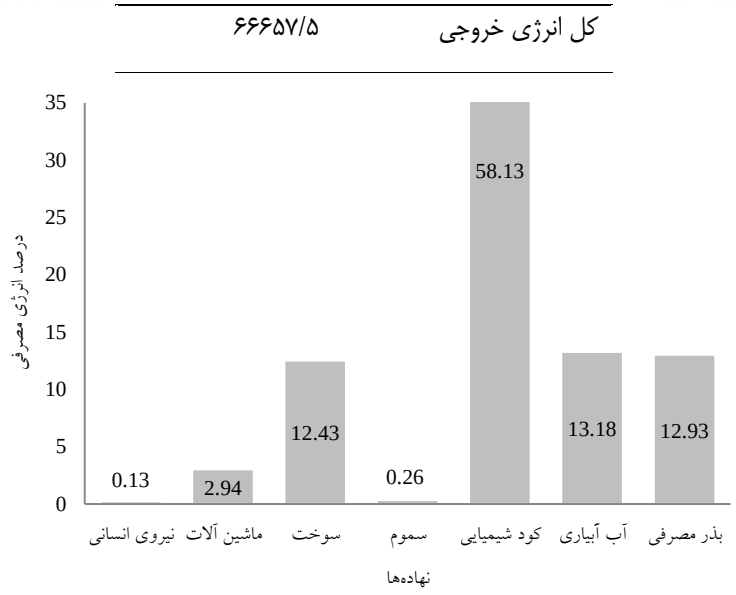
همچنین انرژی مستقیم آن قسمت از انرژی است که بدون واسطه در مزرعه مصرف می‌شود و انرژی غیرمستقیم آن است که در خارج از مزرعه صرف ساخت ماشین‌ها و نهاده‌های دیگر شده است. بطور مثال در مورد ماشین‌ها، سوخت مصرفی آنها در بخش انرژی مستقیم قرار می‌گیرد، ولی خود آنها شامل وسایل خودگردان و ادوات دنباله‌بند همگی با توجه به انرژی ساخت و حمل و نقل آنها که در خارج از مزرعه بوده، در بخش انرژی های غیر مستقیم قرار می‌گیرند. انرژی‌های مستقیم: سوخت، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های غیرمستقیم: ماشین‌آلات، سموم و کودهای شیمیایی و برق مصرفی و بذر می‌باشند (حسین پناهی و کافی، ۱۳۹۱). در ضمن انرژی تجدیدپذیر انرژی‌هایی است که قابل بازیافت بوده و در مقابل انرژی تجدیدناپذیر غیرقابل بازیافت می‌باشند و شامل موارد زیر هستند. انرژی‌های تجدیدپذیر: کودهای دامی، بذور، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های تجدیدناپذیر: سوخت، کودهای شیمیایی، سموم، الکتریسیته، و ماشین‌آلات می‌باشد. پس از برآورد انرژی مصرف شده در هر قسمت، انرژی کل مصرف شده و نیز انرژی تولید شده محاسبه و ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

نهاده‌ها و ستاده‌های انرژی تولید گندم در جدول (۲) آورده شده است. همچنین شکل (۱) درصد مصرف هر یک از نهاده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲: نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی گندم

نهاده	مگاژول در هکتار
نیروی انسانی	۴۰/۵۴
ماشین آلات	۹۱۲/۷۱
سوخت	۳۸۶۲/۷۷
کود شیمیایی	۱۸۰۶۳/۹۱
آب آبیاری	۴۰۹۵/۴۷
بذر	۴۰۱۸
سموم	۷۹/۵۸
کل انرژی ورودی	۳۱۰۷۳
ستانده	
دانه	۵۷۰۷۳/۲
کاه	۹۵۸۴/۳



شکل۱: درصد انرژی مصرفی نهاده‌های تولید گندم

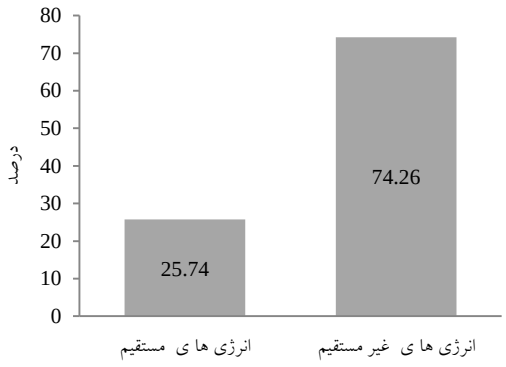
همانطور که در شکل‌های (۱) مشاهده می‌شود نهاده کود شیمیایی (۵۸/۱۳٪) بیشترین انرژی مصرفی را در تولید گندم به خود اختصاص داده است (۵۷/۵٪ کود اوره و ۰/۶۴٪ کود فسفات) و پس از آن آب آبیاری (۱۳/۱۸٪) و بذر مصرفی (۱۲/۹۳٪) قرار دارند. نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به عنوان پرمصرف ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان معرفی گردید (حسین پناهی و کافی ۱۳۹۱). بالا بودن مصرف کودهای شیمیایی و بخصوص کود اوره در تولید گندم علاوه بر مصرف بالای انرژی خطرات زیست محیطی در منطقه را در پی دارد. لذا جایگزینی کودهای دامی علاوه بر کاهش هزینه و انرژی، از لحاظ محیط زیست نیز سازگار است. قاسمی مبتکر و همکاران میزان مصرف نهاده الکتریسته در تولید یونجه در مزارع استان همدان را ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش کردند (قاسمی مبتکر و همکاران، ۱۳۸۹). جدول شماره (۳) شاخص‌های بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و همچنین عملکرد محصول را نشان می‌دهد. بازده انرژی در تولید گندم ۲/۱۵ و مقدار بهره‌وری انرژی ۰/۳۲ کیلوگرم به ازای هر مگاژول به دست آمد. تساتسارلیس و کوندراس نیز در تحقیق خود بازده انرژی در تولید یونجه را ۶/۲۵ بدست آوردند (Tsatsarelis and koundouras, 1994).

جدول ۳: شاخص‌های انرژی و عملکرد محصول گندم

شاخص	مقدار	شاخص	مقدار
راندمان انرژی	۲/۱۵	انرژی خالص	۳۵۵۸۴/۵ مگاژول در هکتار
بهره‌وری انرژی	۰/۳۲کیلوگرم بر مگاژول	انرژی ویژه	۳/۰۹ مگاژول بر کیلوگرم

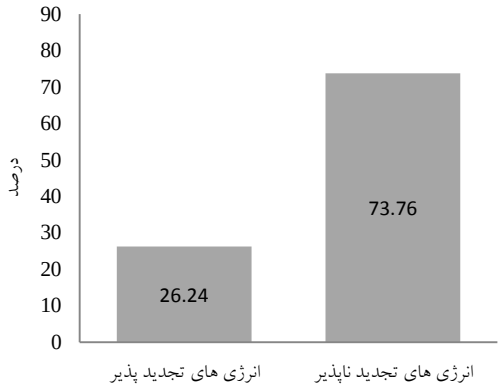
عملکرد محصول: ۱۰/۰۵ تن دانه در هر هکتار و ۲/۱۱ تن کاه در هکتار

در این تحقیق انرژی‌های ناشی از نیروی انسانی، سوخت، الکتریسیته و آب آبیاری جزء انرژی‌های مستقیم و انرژی‌های ناشی از ماشین‌آلات، سموم، کودهای شیمیایی و بذر مصرفی جزء انرژی‌های غیر مستقیم در نظر گرفته شد. همچنین انرژی‌های نیروی انسانی، کود آلی، آب آبیاری و بذر مصرفی منابع انرژی تجدیدپذیر و سایر انرژی‌ها منابع تجدید ناپذیر به‌حساب می‌آیند. در شکل (۲) انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم مقایسه شده است. مطابق شکل درصد مصرف انرژی‌های غیر مستقیم (۷۴/۲۶٪) حدود ۳ برابر انرژی‌های مستقیم (۲۵/۷۴٪) است. و با توجه به بالا بودن مصرف کودهای شیمیای به‌عنوان یک منبع غیر مستقیم، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای دامی این اختلاف را بشدت کاهش می‌دهد.



شکل ۲: مقایسه انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم

در شکل (۳) انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مقایسه شده است. از مجموع انرژی‌های مصرفی ۷۳/۷۶٪ آن تجدید ناپذیر و بقیه به صورت تجدیدپذیر بوده است. بالا بودن منابع مصرفی تجدید ناپذیر در تولید گندم در این منطقه از لحاظ انرژی و اقتصادی و زیست محیطی ایده‌آل نمی‌باشد.



شکل ۳: مقایسه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

میزان استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر حدود ۳ برابر منابع انرژی تجدیدپذیر است و بیشترین سهم انرژی‌های تجدید ناپذیر را کودهای شیمیایی در بر می‌گیرد که از لحاظ سلامت محیط زیست خطرناک و هشدار انگیز است و با توجه به کمبود منابع تجدیدپذیر باید اقدامات اساسی صورت پذیرد. در تحقیقی دیگر نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان شناخته شد (حسین پناهی و کافی، ۱۳۹۱). همچنین میزان مصرف نهاده الکتریسته در تولید یونجه در مزارع استان همدان را ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش گردید (قاسمی مبتکر و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری

راندمان انرژی تولید گندم (نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی) ۲/۱۵ بدست آمد ولی درصد استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر حدود ۳ برابر منابع انرژی تجدید پذیر است و در شرایط ایده‌آل قرار ندارد. سهم عمده مصرف انرژی (۵۸/۱٪) مربوط به مصرف کودهای شمیایی است که اولاً جزء منایع انرژی تجدیدناپذیر بوده و باعث کاهش راندمان انرژی می گردد و ثانیاً باعث افزایش آلودگی منابع آبی و خاکی می‌شود. بنابراین باید برای بهبود این وضعیت با انجام آزمایش‌های شیمیایی مناسب بر روی خاک و با توجه به نیاز گیاه، اولاً به اندازه مورد نیاز و به طور بهینه از کودهای شیمیایی استفاده نمود تا منجر به کاهش آلایندگی و افزایش راندمان گردد و ثانیاً از کودهای آلی بعنوان جایگزین مناسب استفاده نمود.

منابع

آینه‌بند ا. ۱۳۸۶. اکولوژی بوم نظام‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۷۴ صفحه. مطالعه موردی: دشت دهگلان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد۴، شماره۲، ۱۵۹-۱۶۹. ۱۳۹۰.

حسین پناهی، ف و م. کافی. ۱۳۹۱. ارزیابی بودجه انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب زمینی استان کردستان، مطالعه موردی: دشت دهگلان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد۴، شماره۲، ۱۵۹-۱۶۹.

قاسمی مبتکر، ح.، ا. اکرم و ع. کیهانی. ۱۳۸۹. مقایسه میزان مصرف انرژی در اندازه های مختلف مزارع برای تولید یونجه در مزارع استان همدان. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران(کرج).

کوپاهی، م. ۱۳۸۳. اصول اقتصاد کشاورزی. تهران. ویرایش ۵. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۴۷۶ ص.

کوچکی، ع. ، م. حسینی و ح . خزایی. ۱۳۷۶. نظام های کشاورزی پایدار، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کوچکی، ع. ۱۳۷۳. کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک). ترجمه. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد۲۲۹ ص.

کوچکی، ع. و م. حسینی. ۱۳۸۲. سیر انرژی در اکوسیستم های کشاورزی. چاپ سوم. انتشارات جاوید.

منصورفر، ک. ۱۳۷۶، روش های آماری، انتشارات دانشگاه تهران

Bahrami, H., M. Taki and N. Monjezi. 2011. Optimization of energy consumption for wheat production in Iran using data envelopment analysis technique. African journal of agricultural research. Vol., 6(27), pp 5978-5986.

Hatirli S. A., B. Ozkan and C. Fert. 2005. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable Sustainable Energy Rev 9(6): 608-623.

Moghimi, M. R., B. Mohammaadi Alasti and A. M. Hadad Drafshi, 2013. International Journal of Agriculture and Crop Science. Vol., 5(18), 2064-2070.

Ozkan B., H. Akcaoz and C. Fert. 2004. Energy Input-Output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.

Rafiee, S. H., S. H. Mousavi and A. Mohammadi. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35(8): 3301-3306.

Safa, M and A. Tabatabaeefar. 2002. Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming . IN: Proc.Intl.Agric, Engg. Conf, Wuxi, China, Now, 28-30.

Singh, G., S. Singh and I. Singh. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversion and Management, Vol. 45.pp 453-465.

Tsatsarelis C. A., and D. S. Koundouras. 1994. Energetics of baled alfalfa hay production in northern Greece. Agric Ecosyst Environ. 49(2): 123-30.

Uhlin H. 1998. Why energy productivity is increasing: an I–O analysis of Swedish agriculture. Agric Syst ;56(4):443–465.

Unakitan, G., H. Hurma, and F. Yilmaz. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Namik kemal University of agriculture. Department of Agriculture Economics, Energy, Vol. 35, PP. 623-3627.

Zangeneh, M. Omid and A. Akram. 2010.A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy, 35:2927-2933.

Assessment of energy efficiency and productivity of irrigated wheat production in the Jolgeh region of Isfahan province