مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱
http://jopp.gau.ac.ir

ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان

محمدحسین رجبی[۱]، [*]افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳] و الیاس سلطانی[۴]

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، [۲]استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

چکیده

نگرانی‌های مربوط به حفاظت از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش تحقیقات بر روی توازن انرژی در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی شده است. برای انجام این تحقیق ابتدا ٦ مزرعه گندم در دو بخش شرقی و غربی گرگان انتخاب شدند. در طول سه سال اطلاعات مربوط به مصرف انرژی ناشی از کلیه عملیات تولید زراعی ثبت و جمع آوری شدند. سپس مصارف انرژی در هشت بخش شامل تهیه زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل ونقل به کارخانه جهت سیلو طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که متوسط انرژی ورودی برابر ۱۵۵۷۸/٦ مگاژول در هکتار در کل مزارع بوده است. حداکثر انرژی ورودی معادل ۲۱۱۷۹/۳ مگاژول در هکتار و حداکثر انرژی خروجی معادل ۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول در هکتار بود. انرژی ورودی کودهای شیمیایی (٤٥/۸ درصد) عمدتا نیتروژن (۳۸/۳ درصد) بیشترین سهم را در کل انرژی‌های ورودی دارا بود و به دنبال آن انرژی ورودی سوخت (۲۲/٥ درصد) قرار داشت. متوسط نسبت انرژی خروجی به ورودی ٦/۳ و حداکثر و حداقل آن به‌ترتیب ۹/۳ و ۳/۷ بود. متوسط انرژی ویژه ٤ گیگاژول بر تن و متوسط بهره‌وری انرژی ۰/۳ تن بر گیگاژول برآورد گردید. نتیجه‌گیری شد که با اعمال تغییرات مناسب امکان کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش اثرات زیست محیطی مربوطه وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، سوخت، گندم، محیط زیست

---

[*]مسئول مکاتبه: afsoltani@yahoo.com

www.SID.ir
Archive of SID

مقدمه

نگرانی‌های مربوط به حفاظت از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش مطالعات مربوط به توازن انرژی در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی شده است (کوگا، ۲۰۰۸). انرژی را می توان به دو بخش انرژی‌های ورودی[1] و انرژی‌های خروجی[2] تقسیم‌بندی نمود که در اکثر مطالعات حاضر انرژی‌های ورودی (مصرفی) به دو بخش انرژی مستقیم[3] و انرژی غیرمستقیم[4] طبقه‌بندی می‌شوند (کالتساس وهمکاران، ۲۰۰۷؛ تورهان و همکاران، ۲۰۰۸؛ تیپی و همکاران، ۲۰۰۹؛ کیزی لاسلن، ۲۰۰۹؛ اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹). در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی انرژی ورودی شامل انرژی خورشیدی (اکولوژیک) و انرژی زراعی هستند (کوچکی و حسینی، ۱۹۹٤، اس چرول، ۱۹۹٤؛ ازکان و همکاران، ۲۰۰٤). انرژی زراعی مستقیم شامل آماده‌سازی زمین، آبیاری، برداشت، فراوری پس از برداشت، حمل و نقل نهاده‌ها و محصول می‌شود و انرژی زراعی غیرمستقیم کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها هستند (آلام و همکاران، ۲۰۰۵).

استفاده موثر از انرژی در کشاورزی یکی از شرایط مهم در پیدایش کشاورزی پایدار است، زیرا موجب صرفه‌جویی اقتصادی، حفظ سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا می‌گردد (اوهلین، ۱۹۹۸؛ پروان چون و همکاران، ۲۰۰۲). ضمن این‌که جهت برآورده ساختن نیازهای غذایی جمعیت رو به گسترش بشر، یک سیستم پایدار با بهره‌وری بالا باید در اولویت باشد. بنابراین، با تجزیه و تحلیل سیستم‌های مختلف کشاورزی، می‌توان به میزان استفاده از تمام اشکال انرژی پی برد و می‌توان از منابع محدود نظیر زمین، آب و منابع بیولوژیکی برای نسل‌های آینده حفاظت نمود (پیمنتل و پیمنتل، ۱۹۹٦). یکی از رویکردهای مناسب در جهت کاهش انرژی های ورودی و از سوی دیگر افزایش انرژی خروجی، بررسی و ارزیابی شاخص های به دست آمده از مطالعات منطقه ای می باشد. این که چه عواملی چگونه و به چه میزان بیشترین تاثیر را در مقدار این شاخص ها می گذارند در کنار بررسی امکان جایگزینی آنها با سایر عوامل و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی، در نهایت می تواند منجر به بهینه سازی الگوی مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی گردد (ویتنی، ۱۹۹۵). از طرفی آنالیز مصرف انرژی می‌تواند نشان دهنده چگونگی کاهش انرژی ورودی به نظام تولیدی و افزایش کارایی

1- Energy Input
2- Energy Output
3- Direct Energy
4- Indirect Energy

www.SID.ir

انرژی باشد (فلاک و بیرد، ۱۹۸۲؛ پانسار و فلاک، ۱۹۹۳؛ اگاروال، ۱۹۹۵؛ کلمنتس و همکاران، ۲۰۰۵؛ استراپاتسا و همکاران، ۲۰۰٦).

مطالعات مختلف در مورد توازن انرژی در سیستم‌های زراعی صورت گرفته است (ازکان و همکاران، ۲۰۰٤؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ تیپی و همکاران، ۲۰۰۹). ازکان و همکاران (۲۰۰٤) به تحلیل انرژی ورودی و خروجی در کشاورزی ترکیه پرداختند. هدف آنها تعیین مصرف انرژی در کل بخش کشاورزی در دوره ۲۰۰۰– ۱۹۷۵ بود. نهاده های مورد نظر در محاسبه مصرف انرژی شامل نیروی انسانی و حیوانی، ماشین آلات، الکتریسیته، گازوئیل، کودهای شیمیایی، بذر و انرژی خروجی شامل ۳٦ محصول کشاورزی بود. نتایج نشان داد که کل انرژی های ورودی و کل انرژی خروجی در طی زمان افزایش یافته است. اما نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی در طی زمان کاهش پیدا کرده است. یعنی در حقیقت بخش کشاورزی در مصرف نهاده ها به صورت کارا عمل نکرده که این امر موجب مسائل و مشکلات زیست محیطی نظیر گرم شدن هوا، انتشار گازهای گلخانه ای و غیره خواهد شد (ازکان و همکاران، ۲۰۰٤).

سینگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز به منظور بیشینه کردن عملکرد تولید گندم به مقایسه الگوهای مصرف انرژی در نقاط مختلف هند پرداخت. نتایج حاکی از آن بود که سطح تکنولوژی، انرژی های ورودی و عوامل اقلیمی ــ زراعی جزء مهمترین پارامترهای تولید گندم به شمار می‌روند. ضمن اینکه بیشترین میزان انرژی ورودی برای گندم ۱۷/۸ گیگاژول در هکتار و بالاترین نسبت انرژی برابر با ۵/۲ به دست آمد. تیپی و همکاران (۲۰۰۹) با آنالیز مصرف انرژی از ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مارمارای ترکیه نشان دادند که تولید گندم به میزان ۲۰٦۵۳/۵ مگاژول در هکتار انرژی مصرف می کند که از این میان انرژی ورودی سوخت با ٤۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبال آن کود های شیمیایی با ۳٤/۲۱ درصد (به ویژه کود نیتروژن با ۳۱/۷۷ درصد) بودند. آنها همچنین نسبت انرژی را ۳/۰۹ برآورد کرده و به این نتیجه رسیدند که با افزایش اندازه مزارع گندم نسبت انرژی نیز افزایش خواهد یافت.

گیاه گندم به عنوان یکی از اصلی ترین مواد غذایی از جایگاه ویژه ای در دنیا برخوردار است. در سال ۲۰۰۷ میلادی کل سطح برداشت شده گندم در جهان ۲۱٤/۲ میلیون هکتار، میانگین عملکرد دانه ۲۸۲۹ کیلوگرم در هکتار و کل گندم تولید شده برابر ٦۰٦ میلیون تن بوده است (فائو، ۲۰۰۹). در ایران نیز گندم مهم ترین گیاه زراعی به شمار می رود به طوری که هر ساله بیش از ۵۰ درصد از کل زمین

www.SID.ir

های قابل کشت به زراعت گندم اختصاص داده می شود (زینلی، ۲۰۰۹). در استان گلستان و منطقه گرگان نیز سطح وسیعی از مزارع به کشت گندم اختصاص دارد به طوری که در سال زراعی ۸۶- ۸۵ کل سطح زیر کشت گندم در استان گلستان ۳۸۰/۲ هزار هکتار (۲۱۹/۸ هزار هکتار آن به صورت دیم و ۱۶۰/٤ هزار هکتار آن به صورت آبی) و میانگین عملکرد در مجموع کشت دیم و آبی ۱۱۱۹۸/۷ تن بوده است (زینلی، ۲۰۰۹). از آنجا که تاکنون مطالعه ای در مورد مصرف انرژی در تولید گندم در منطقه گرگان انجام نشده است بنابراین هدف از این تحقیق عبارت بود از: (۱) تعیین کل انرژی ورودی برای تولید گندم از طریق نیروی کارگری، سوخت، مواد شیمیایی، ماشین آلات و غیره، (۲) تعیین کل انرژی خروجی حاصل از تولید دانه و کاه، (۳) ارزیابی شاخص های مرتبط با انرژی شامل کارآیی انرژی، انرژی ویژه، بهره وری و عملکرد انرژی خالص و (٤) ارایه پیشنهادات و راه کارهایی جهت کاهش مصرف انرژی.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها: برای انجام این تحقیق ابتدا ٦ مزرعه گندم در دو بخش شرقی و غربی منطقه گرگان انتخاب شدند. نحوه انتخاب مزارع به شکلی بود که کلیه روش‌های عمده تولید را در منطقه مورد نظر پوشش دهد. خصوصیات مزارع و اطلاعات تکمیلی مربوط به آنها توسط رجبی (۲۰۱۰) ارایه شده است. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از مزارع، ابتدا کلیه اعمال زراعی به ۸ بخش تهیه زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل و نقل به کارخانه جهت سیلو تفکیک شدند. سپس با شروع هر عملیات، با توجه به نوسانات دمایی، تنوع روش‌های تولید و مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها (ورودی‌ها) توسط کشاورزان منطقه و به منظور تهیه اطلاعات جامع‌تر، اطلاعات تیپیک عملیات زراعی از قبیل تاریخ شروع هر عملیات و میزان ورودی‌ها در هر مرحله از اجرا (کاشت تا برداشت) برای سه سال زراعی از ٦ مزرعه تحت آزمایش جمع آوری و ثبت شدند (رجبی، ۲۰۱۰؛ رجبی و همکاران، ۲۰۱۲).

انرژی مصرفی برای تولید کشاورزی شامل دو بخش است: انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم.

مصرف مستقیم انرژی در تولید گندم شامل:

- سوخت مورد نیاز تراکتورها (عمدتاً گازوئیل) جهت آماده کردن زمین، کاشت، داشت، برداشت و حمل و نقل.

www.SID.ir

- نیروی برق (سوخت الکتریسیته) جهت پمپ های آبیاری.
- نیروی انسانی (کارگری) جهت انجام کلیه عملیات زراعی.

مصرف غیرمستقیم انرژی در تولید گندم شامل:

- انرژی مصرفی جهت ساخت و حمل و نقل کودهای شیمیایی.
- انرژی مورد نیاز برای تولید و حمل و نقل سموم شیمیایی همچون علف کش‌ها و آفت کش‌ها.
- انرژی مورد نیاز به منظور ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین‌های کشاورزی.
- انرژی موجود در بذر گندم.

بنابراین با توجه به مطالب عنوان شده در بخش بالا، مبنای محاسبات در این تحقیق بر اساس دو شکل مستقیم و غیرمستقیم انرژی‌های ورودی، انجام شد و در نهایت انرژی خروجی محصول در دو بخش دانه و کاه و کلش گندم محاسبه گردید.

آنالیز داده‌ها

سوخت: به منظور تخمین مصرف سوخت، مدت زمان هر عملیات از آغاز تا پایان بطور جداگانه محاسبه شده و سپس با توجه به تجربه کاری خدمه تراکتور در طی سنوات گذشته، میزان سوخت مصرفی بر اساس رابطه زیر محاسبه شد.

$$FT = t \times FH \qquad (1)$$

که در آن FT سوخت مورد نیاز برای انجام عملیات زراعی در سطح یک هکتار (لیتر بر هکتار)، t مدت زمان کارکرد تراکتور (ساعت در هکتار) و FH سوخت مورد نیاز تراکتور در یک ساعت انجام عملیات (لیتر بر ساعت) می‌باشد. همچنین در مزارعی که برای عملیات پمپاژ آب از سوخت دیزل استفاده می‌کردند (مزارع ۵ و ٦)، مقدار سوخت مصرفی از رابطه (۱) محاسبه شد. سپس با بدست آمدن میزان کل سوخت مصرفی (لیتر در هکتار) برای هر عملیات، مقدار انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هکتار با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی محاسبه شد (جدول ۱).

الکتریسیته: در سه مزرعه که برای پمپاژ آب آبیاری از منبع سوخت الکتریسیته استفاده می‌کردند (مزارع ۱، ۲ و ۳)، مقدار الکتریسیته (کیلو وات ساعت) بر اساس کارکرد کنتور چاه‌های زراعی در

www.SID.ir

طول مراحل آبیاری ثبت شد. سپس با استفاده از ضریب تبدیل مربوطه این مقدار برای انرژی ورودی سوخت الکتریسیته بر حسب مگاژول در هکتار به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید گندم.

ورودی‌ها / خروجی‌ها	واحد مصرف	معادل انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
ورودی‌ها			
بذر گندم	کیلوگرم	۱۵/۷	(تیپی و همکاران، ۲۰۰۹)
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	(ازکان و همکاران، ۲۰۰٤)
ادوات و ماشین‌آلات*	کیلو گرم	۱٤۲/۷	(کالتساس و همکاران، ۲۰۰۷)
کودهای شیمیایی	کیلوگرم		
ازت		٦۰/٦	(اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹)
فسفر		۱۱/۱	(اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹)
پتاسیم		٦/۷	(اکسوز و همکاران، ۲۰۰۹)
سوخت	لیتر		
گازوئیل		۳۸	
بنزین		۳۷	
الکتریسیته	کیلو وات ساعت	۱۲/۱	(کالتساس و همکاران، ۲۰۰۷)
مواد شیمیایی	کیلوگرم ماده موثره		
علف کش ها		۲۷۸	(تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵)
قارچ کش ها		۹۹	(استراپاتسا و همکاران، ۲۰۰٦)
حشره کش ها		۲۳۷	(تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵)
خروجی ها			
دانه گندم	کیلوگرم	۱٤/۷	(تیپی و همکاران، ۲۰۰۹)
کاه و کلش گندم	کیلوگرم	۹/۲۵	(طباطبایی فر و همکاران، ۲۰۰۹)

* این انرژی شامل ساخت، تعمیرات و نگهداری و حمل و نقل می باشد.

نیروی انسانی: در کلیه مراحل عملیات زراعی، تعداد ساعات کار در مزرعه از خدمه تراکتور گرفته تا کارگران مزرعه بر حسب ساعت در هکتار ثبت شدند و سپس با توجه به ضریب تبدیل انرژی برای

www.SID.ir

نیروی انسانی، کل انرژی ورودی نیروی انسانی برای عملیات زراعی مختلف بر حسب مگاژول در هکتار معادل سازی شد (جدول ۱).

پس از انجام محاسبات مربوط به انرژی مستقیم، در بخش بعدی کل انرژی‌های غیر مستقیم محاسبه شدند که در این مرحله به منظور ارزیابی مصرف انرژی ورودی‌های غیرمستقیم در مزارع تولید گندم و از آنجا که اکثر قریب به اتفاق کشاورزان منطقه از سطح سواد کمی برخوردار بوده و اطلاعات چندانی راجع به کلیات ساخت نهاده‌های کشاورزی نداشتند، اطلاعات تخصصی تر شامل درصد عناصر غذایی کودهای شیمیایی، درصد ماده موثره سموم شیمیایی و وزن ادوات و ماشین آلات مورد استفاده به همراه عمر مفیدشان، از سازندگان مربوط به هر مورد ذکر شده بدست آمد (رجبی، ۲۰۱۰).

کودهای شیمیایی: ترکیب شیمیایی ساخت کودها و درصد عناصر غذایی (NPK) آنها با هم متفاوت هستند. جزئیات کامل درصد مواد تشکیل دهنده کودهای شیمیایی، از منابع مختلف بدست آمد. سپس به منظور برآورد انرژی در کودها، محاسبات بر اساس مقادیر خالص N، P_2O_5 و K_2O انجام شد. بر این اساس وزن کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در درصد عناصر تشکیل دهنده، ضرب شد. سپس میزان انرژی کود با استفاده از ضریب تبدیل انرژی برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم محاسبه شد (جدول ۱).

سموم شیمیایی: به منظور ارزیابی مصرف انرژی در بخش سموم شیمیایی، درصد ماده موثره هر سم از طریق مصاحبه با شرکت‌های تولید کننده سموم کشاورزی و برچسب قوطی سم در دسترس قرار گرفت. از آنجا که چگالی هر سم با سم دیگر تفاوت داشت، بنابراین سمومی که به‌صورت مایع (لیتر) در بازار عرضه می شدند ابتدا به صورت پر وزن شدند و سپس وزن خالی ظرف محتوی سم وزن شد تا وزن مخصوص (کیلوگرم در لیتر) بدست آید. از حاصلضرب وزن مخصوص در درصد ماده موثره، میزان خالص سموم کاربردی در مزارع بر حسب کیلوگرم در هکتار بدست آمد. سپس بر اساس ضریب تبدیل انرژی، میزان مصرف انرژی به تفکیک برای علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه شد (جدول ۱).

ادوات و ماشین آلات: انرژی کاربرد ماشین آلات و ادوات بر اساس مطالعات قبلی (کالتساس و همکاران، ۲۰۰۷) طبق رابطه زیر محاسبه شد.

$$Em = \left(\frac{E \times W}{Lt} \right) \times t \qquad (۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن Em انرژی کاربرد ادوات و ماشین آلات جهت انجام عملیات زراعی (مگاژول در هکتار)، E انرژی برای ساخت، تعمیر و نگهداری و حمل و نقل ماشین آلات و ادوات (مگاژول بر کیلوگرم)، W وزن ادوات و ماشین آلات (کیلوگرم)، Lt عمر مفید ادوات و ماشین آلات (ساعت) و t مدت زمان کاربرد ادوات و ماشین آلات (ساعت) است. E عدد ثابت و معادل ۱۴۲/۷ مگاژول بر کیلوگرم می باشد که شامل ۸۶/۳۸ مگاژول بر کیلوگرم برای ساخت، ۴۷/۵ مگاژول بر کیلوگرم برای تعمیر و نگهداری و ۸/۸ مگاژول بر کیلوگرم برای حمل و نقل ادوات و ماشین آلات مورد استفاده در مزارع می باشد (کالتساس و همکاران، ۲۰۰۷). اطلاعات وزن و طول عمر مفید ادوات و ماشین آلات مورد استفاده در تولید گندم توسط رجبی (۲۰۱۰) ارایه شده است که این اطلاعات از طریق مصاحبه با فروشندگان و تعمیرکاران ماشین آلات کشاورزی منطقه گرگان و تحقیقات کاستنز (۱۹۹۷) بدست آمد.

بذر: میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) در هر مزرعه ثبت شده و سپس با استفاده از ضریب تبدیل انرژی برای بذر گندم (۱۵/۷ مگاژول بر کیلوگرم)، کل انرژی موجود در بذر بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه شد.

در مرحله آخر نیز پس از برداشت محصول میزان انرژی خروجی حاصل از دانه و کاه و کلش گندم به صورت زیر محاسبه شد:

با محاسبه عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) و بدست آوردن شاخص برداشت از منابع متعدد (۰/۴۵)، میزان عملکرد بیولوژیکی (عملکرد دانه و کاه و کلش) در سطح یک هکتار از رابطه زیر محاسبه شد.

$$HI = Gy/(Gy + NGy) \qquad (۳)$$

که در آن HI شاخص برداشت گندم به میزان ۴۵ درصد می باشد که از منابع متعدد استخراج شده است، Gy عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) گندم می باشد (کیلوگرم در هکتار)، Gy + NGy عملکرد بیولوژیکی (مجموع دانه و کاه و کلش) گندم می باشد (کیلوگرم در هکتار). سپس میزان خالص خروجی کاه وکلش از مزارع با احتساب این که ۲۵ درصد از کاه و کلش در داخل مزارع باقی می‌ماند، محاسبه شد. بدین ترتیب میزان انرژی موجود در کاه و کلش خالص از حاصلضرب 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. میزان انرژی موجود در دانه نیز با استفاده از ضریب تبدیل انرژی دانه گندم (۱۴/۷ مگاژول بر کیلوگرم) بر حسب مگاژول در هکتار محاسبه گردید.

www.SID.ir

با برآورد کل انرژی های ورودی و خروجی، پارامترهای شاخص ارزیابی انرژی از قبیل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و عملکرد انرژی خالص برای هر مزرعه با استفاده از روابط زیر (ماندال و همکاران، ۲۰۰۲؛ سینگ و همکاران، ۱۹۹۷؛ مانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ راتکه و همکاران، ۲۰۰۷) محاسبه شدند. شایان ذکر است که پارامترهای توصیف شده به‌منظور ارزیابی رابطه بین مصرف انرژی و کل انرژی ورودی و خروجی در هر هکتار تعیین شده‌اند که بسته به نوع محصول، نوع خاک، ماهیت عملیات خاک‌ورزی جهت آماده‌سازی بستر بذر، نوع و میزان کودهای شیمیایی و آلی، عملیات داشت، برداشت و در نهایت سطوح عملکرد تغییر می‌کنند (کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵).

$$ER = EO/EI \quad (٤)$$

که در آن ER نسبت یا کارآیی انرژی عددی است بدون واحد، EO مجموع انرژی های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می باشد.

$$EP = GY/EI \quad (٥)$$

که در آن EP بهره وری انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)، GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI مجموع انرژی های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می باشد.

$$SE = EI/GY \quad (٦)$$

که در آن SE انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، EI مجموع انرژی های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می باشد.

$$NEY = EO-EI \quad (٧)$$

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

نتایج و بحث

سوخت و انرژی سوخت: نتایج این تحقیق نشان داد که انرژی حاصل از مصرف سوخت در این ٦ مزرعه، بین ۲۰۲۵/۷ الی ٤٦٦٤/۱ مگاژول در هکتار متغیر بود. میانگین انرژی حاصل از سوخت مصرفی نیز برابر ۳۸۱۵/۹ مگاژول در هکتار بود. مزارع شماره ۵ و ٤ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان انرژی را داشته‌اند. بیشترین انرژی سوخت مصرفی (متوسط ۲۰۹۱/۳ مگاژول در هکتار) مربوط

www.SID.ir

به بخش عملیات تهیه زمین (خاک‌ورزی) بود که کلیه روش‌های خاک‌ورزی اولیه و ثانویه را شامل می‌شد. البته منظور از عملیات اولیه و ثانویه خاکورزی در این تحقیق، عملیات شخم و دیسک می‌باشد. جزییات بیشتر در تحقیقات قبل ارایه شده است (رجبی، ۲۰۱۰؛ رجبی و همکاران، ۲۰۱۲).

بیشترین میزان انرژی نیز معادل با ۲۸۲۱/۵ و ۲۷۷٤ مگاژول در هکتار به ترتیب برای مزارع شماره ۳ و ۵ حاصل شد که می‌توان علت اصلی را کاربرد بیشتر دفعات عملیات دیسک نسبت به سایر مزارع عنوان کرد. همچنین گاوآهن مورد استفاده در این مزارع از نوع بشقابی بود که در مقایسه با گاوآهن قلمی (چیزل) که در سایر مزارع استفاده شده بود نیاز به مصرف سوخت و انرژی بیشتری داشت. در همین رابطه میشل و همکاران (۱۹۸۵) بیان کردند که استفاده از گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن بشقابی باعث صرفه‌جویی ٤۰ درصدی سوخت مصرفی می‌شود. ضمن اینکه تسطیح بعد از گاوآهن قلمی به سوخت، انرژی و توان کمتری نسبت به گاوآهن بشقابی نیاز دارد. کارمن (۱۹۹۷) نیز در تحقیقی مشابه گزارش کرد که عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن بشقابی یکی از سیستم‌های گران و پیچیده بوده و انرژی و نیروی بیشتری نیاز دارد.

اگر چه نوع ادوات و ماشین‌آلات زراعی نیز ارتباط مستقیمی با میزان مصرف سوخت در کل عملیات تولید دارد. در این رابطه قهدریجانی و همکاران (۲۰۰۹) با مقایسه مصرف سوخت تراکتورهای زراعی مسی فرگوسن ۲۸۵، مسی فرگوسن ۳۹۹، جاندیر ۲۰٤۰، رومانی ٦۵۰ و جاندیر ۳۱٤۰ نشان دادند که تراکتورهای جاندیر۳۱٤۰ و رومانی ٦۵۰ بیشترین مصرف سوخت و انرژی را در هنگام عملیات زراعی دارند. بنابراین با توجه به این‌که در مزارع شماره ۳ و ۵ برای انجام عملیات زراعی شخم از تراکتور جاندیر ۳۱٤۰ استفاده شده بود می‌توان مصرف سوخت بیشتر در این مزارع را به دلیل کاربرد این نوع ماشین‌آلات دانست (رجبی و همکاران، ۲۰۱۲).

عملیات تهیه زمین با ٥٤/۸ درصد بالاترین سهم را در انرژی مصرف سوخت داشت و به دنبال آن آبیاری، برداشت و کاشت هر کدام به ترتیب با ۱٦/۷، ۹/۷ و ۷/٤ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. همچنین عملیات حفاظت گیاه (کنترل علف‌های هرز) و کوددهی، پایین‌ترین سهم را در انرژی مصرف سوخت داشتند (۲ درصد) (رجبی و همکاران، ۲۰۱۲؛ رجبی، ۲۰۱۰).

در تحقیقی مشابه کاناکسی و همکاران (۲۰۰۵) بیشترین میزان مصرف سوخت را در تولید گندم با ٤٦/۵ لیتر در هکتار مربوط به عملیات تهیه زمین گزارش کردند. تیپی و همکاران (۲۰۰۹) نیز با ارزیابی میزان سوخت مصرفی در تولید گندم در ترکیه نشان دادند که عملیات تهیه زمین در حدود ۳۰ لیتر در هکتار سوخت مصرف می کند که نسبت به سایر عملیات زراعی بیشتر است. سایر محققان نیز

www.SID.ir

بیشترین میزان مصرف سوخت و ورودی انرژی را مربوط به عملیات تهیه زمین دانسته‌اند (پیمنتل و همکاران، ۱۹۷۳؛ بورین و همکاران، ۱۹۹۷؛ کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵). از طرفی تحقیقات نشان داده است که سوخت بخش اعظم انرژی ورودی را نسبت به سایر ورودی های مستقیم تشکیل می‌دهد (۲۲ الی ۷۱ درصد) (تسات سارلیز، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳؛ استراپاتسا و همکاران، ۲۰۰۶). بوناری و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که کاهش عملیات خاک‌ورزی منجر به ۵۵ درصد مصرف سوخت کمتر در مقایسه با خاک‌ورزی متعارف، بدون تغییر قابل توجهی در عملکرد محصول شده است. اگرچه نسبت مصرف سوخت در واحد سطح مزرعه توسط عواملی از قبیل نیروی اسب بخار تراکتور، عمق شخم، نوع خاک و غیره تحت تاثیر می‌باشد (کالتساس و همکاران، ۲۰۰۷).

انرژی و زمان کاربرد ماشین‌آلات: در این رابطه جدول ۲ اطلاعات مورد نیاز برای مدت زمان کاربرد ادوات و ماشین آلات را در طی انجام هر عملیات و جدول ۳ مقادیر انرژی مصرفی کاربرد این تجهیزات را ارایه می‌دهد. دامنه انجام عملیات بین ۱۹ الی ٤٧ ساعت در هکتار و میزان انرژی حاصل از آن بین ٦٦٦ الی ۱۸۲۳ مگاژول در هکتار متغیر است. مزرعه شماره ٤ کمترین ساعت کاربرد ماشین آلات و همچنین انرژی را دارا بود در حالی که مزرعه شماره ۵ با ٤٧ ساعت در هکتار بالاترین رتبه را در بین سایر مزارع به خود اختصاص داد. با این وجود مزرعه شماره ۵ از لحاظ مصرف انرژی کاربرد ماشین‌آلات (١٤٣٨ مگاژول در هکتار) در مکان پنجم قرار داشت. در عوض مزرعه شماره ۳ با ٤٠/۵ ساعت کاربرد ماشین آلات، بالاترین میزان انرژی را با ۱۸۲۳ مگاژول در هکتار دارا بود (جدول ۲ و ۳). با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان این گونه اظهار کرد که نوع ادوات مورد استفاده در طول انجام عملیات به لحاظ وزن و طول عمرهای مختلف اثر معنی‌داری بر میزان مصرف انرژی داشته است.

همچنین مشخص شد که عملیات آبیاری بیشترین زمان کاربرد ادوات را با ١٤/٣ ساعت دارا بوده است و پس از آن عملیات تهیه زمین با ١٣/٦ ساعت در هکتار در مکان دوم قرار گرفته است. در حالی که میزان انرژی حاصل برابر با ٧٦٠/٨ و ۱۷۱/۱ مگاژول در هکتار به ترتیب برای عملیات تهیه زمین و آبیاری بود. بنابراین، با وجودیکه عملیات آبیاری بالاترین ساعت کارکرد عملیات را شامل می‌شد ولی به دلیل پایین بودن نسبت جرم به عمر تخمینی دستگاه پمپاژ آبیاری (الکتروموتور و موتور دیزل) در مقایسه با تراکتورهای مورد استفاده، بعد از عملیات تهیه زمین و برداشت در رتبه سوم به لحاظ مصرف انرژی قرارگرفت.

www.SID.ir

جدول ۲- مقادیر مدت زمان استفاده از ادوات و ماشین آلات جهت انجام عملیات زراعی در مزرعه گندم برحسب ساعت در هکتار، مقادیر میانگین، اشتباه معیار (SEM)، حدود اطمینان و سهم هر عملیات زراعی نیز در مجموع آورده شده اند.

عملیات زراعی	مزرعه						میانگین	SEM	حدود اطمینان ۹۵ درصد		درصد از کل
	۱	۲	۳	۴	۵	۶			پایین	بالا	
تهیه زمین	۱۴/۳	۱۳/۷	۱۷	۱۲/۶	۱۳/۵	۱۰/۵	۱۳/۶	۰/۸۷	۱۲/۹	۱۴/۳	۳۵/۱
کاشت	۲	۵*	۲/۵	۰	۲	۱/۵	۲/۲	۰/۶۷	۱/۷	۲/۷	۵/۷
کوددهی	۵/۳	۰/۷	۲/۳	۰	۳	۱/۲	۲/۱	۰/۷۸	۱/۵	۲/۷	۵/۴
حفاظت گیاه	۶	۰	۲/۷	۰	۲/۷	۰	۱/۹	۰/۹۸	۱/۱	۲/۷	۲/۹
کنترل علفهای هرز	۲	۲/۵	۲	۵	۲	۲	۲/۶	۰/۴۹	۲/۲	۳	۶/۷
آبیاری	۱۰	۱۸	۱۲	۰	۲۲	۲۴	۱۴/۳	۳/۶۳	۱۱/۴	۱۷/۲	۳۷
برداشت	۱	۲	۱/۳	۱	۱	۲	۱/۴	۰/۲۰	۱/۲	۱/۶	۳/۶
حمل و نقل	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۶	۰/۰۸	۰/۵	۰/۷	۱/۶
جمع کل	۴۱/۱	۴۲/۶	۴۰/۵	۱۹/۱	۴۷/۲	۴۱/۷	۳۸/۷	۴/۰۴	۳۵/۵	۴۱/۹	۱۰۰

*در این مزرعه برای کاشت بذر از خطی کار کاملا مکانیزه کشت گستر استفاده شده است.

of SID

www.SID.ir

جدول ۳ سهم انرژی مصرفی حاصل از کاربرد ماشین‌ها را نشان می‌دهد. عملیات تهیه زمین بیشترین سهم را در بین سایر عملیات داشت (۵۲/٤ درصد) و عملیات برداشت، آبیاری و کاشت به ترتیب با ۱۸/۵، ۷/٤ و ۷/۱ درصد در رتبه‌های بعدی بودند. در این رابطه پلیزی و همکاران (۱۹۸۸) بیان داشتند که انجام عملیات تهیه زمین نیازمند ۷۵ درصد کل انرژی ورودی قبل از زمان کاشت بذر می‌باشد. همچنین عملیات کنترل علف‌های هرز و حفاظت گیاه (کنترل آفات) به‌ترتیب با ۳/۱ و ۳/۲ درصد کمترین سهم را در مصرف انرژی ماشین‌ها داشتند.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان این گونه اظهار کرد که انرژی مصرفی در سوخت ارتباط مستقیمی با انرژی کاربرد ماشین‌ها دارد. به طوری که در هر دو مورد عملیات تهیه زمین بیشترین سهم را در بین سایر عملیات زراعی داشته است.

انرژی نیروی انسانی: مدت زمان استفاده از نیروی انسانی برای ٦ مزرعه تولید گندم بین ۲۳/۸ الی ۱۰۹/۷ ساعت در هکتار و انرژی معادل آن بین ٤٦/۸ الی ۲۱۵ مگاژول در هکتار متغیر بود. که از این میان مزارع ٦ و ٤ به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بودند. میانگین ساعت کار نیروی انسانی برابر با ۷۲/٦ ساعت در هکتار معادل با ۱٤۲/۳ مگاژول در هکتار بود (جدول ٤). مزارع ٦، ۵ و ۲ به‌ترتیب بیشترین مقدار انرژی و ساعات کارگری را داشتند. به طوریکه در مزرعه شماره ٦، ساعت کار نیروی انسانی در بخش آبیاری با ۹٦ ساعت در هکتار و انرژی ۱۸۸/۲ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و به دنبال آن مزارع ۵ و ۲ با ۸۸ و ٦۳ ساعت در هکتار و انرژی معادل ۱۷۲/۵ و ۱۲۳/۵ مگاژول در هکتار به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. میانگین عملیات آبیاری با ۵۳/۸ ساعت در هکتار کار نیروی انسانی و انرژی معادل ۱۰۵/۵ مگاژول در هکتار نشان داد که زمان و انرژی مصرفی نیروی انسانی در عملیات آبیاری اختلاف معنی‌داری با سایر عملیات زراعی در تولید گندم دارد (جدول ٤). تیپی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی کل انرژی نیروی انسانی نشان دادند که ٤۵/۸ درصد برای آماده‌سازی زمین، ٤۱/۳ درصد در عملیات کاشت، کوددهی و سمپاشی و ۱۲/۹ درصد برای عملیات برداشت و حمل و نقل انرژی نیروی انسانی مصرف می‌شود با توجه به اینکه عملیات آبیاری در این تحقیق انجام نشده بود.

www.SID.ir

جدول ۳- مقادیر انرژی استفاده شده مربوط به ادوات و ماشین آلات (ساخت و نگهداری) جهت انجام عملیات زراعی در هر مزرعه گندم بر حسب مگاژول در هکتار، مقادیر میانگین، اشتباه معیار (SEM)، حدود اطمینان و سهم هر عملیات زراعی در مجموع تیر آورده شده اند.

عملیات زراعی	مزرعه						میانگین	SEM	حدود اطمینان ۹۵ درصد		درصد از کل
	۱	۲	۳	۴	۵	۶			پایین	بالا	
تهیه زمین	۸۳۰/۲	۷۳۲/۹	۱۱۱۲/۸	۴۵۳/۴	۷۲۷/۸	۷۰۷/۶	۷۶۰/۸	۸۷/۱۶	۶۹۱/۱	۸۳۰/۵	۵۲/۴
کاشت	۹۱/۶	*۲۵۲/۷	۱۱۴/۵	۰	۹۱/۶	۶۸/۷	۱۰۳/۲	۳۳/۹۵	۷۶	۱۳۰/۴	۷/۱
کوددهی	۱۳۴/۲	۱۶/۷	۵۷/۷	۰	۷۶	۵۸/۷	۵۷/۴	۱۹/۳۲	۴۱/۹	۷۲/۹	۴
حفاظت گیاه	۱۶۰/۵	۰	۷۱/۲	۰	۴۹	۰	۴۶/۸	۲۵/۸۸	۲۶/۱	۶۷/۵	۲/۲
کنترل علفهای هرز	۵۳/۵	۶۶/۹	۵۳/۵	۵/۲	۳۶/۹	۵۳/۵	۴۴/۹	۸/۸۴	۳۷/۸	۵۲	۳/۱
آبیاری	۴۹/۹	۱۲۸/۳	۵۹/۹	۰	۲۳۵/۴	۱۷۱/۱	۱۰۷/۴	۳۵/۵۸	۷۸/۹	۱۳۵/۹	۷/۴
برداشت	۱۹۲/۱	۳۸۸/۱	۲۵۸/۱	۱۹۲/۱	۱۹۲/۱	۳۸۸/۱	۲۶۹/۴	۳۸/۸۸	۲۳۸/۳	۳۰۰/۵	۱۸/۵
حمل و نقل	۷۱/۴	۹۲/۲	۹۲/۲	۱۳/۳	۲۷/۵	۷۱/۴	۶۲	۱۳/۹۲	۵۰/۹	۷۳/۱	۴/۳
جمع کل	۱۵۸۵/۴	۱۶۷۹/۸	۱۸۲۲/۹	۶۶۶	۱۴۳۸/۳	۱۵۱۹/۱	۱۴۵۱/۹	۱۶۶/۳۱	۱۳۱۸/۸	۱۵۸۵	۱۰۰

*در این مزرعه برای کاشت بذر از عملی کار کامبلا مکانیزه کشت گستر استفاده شده است.

of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقادیر انرژی به صورت نیروی انسانی جهت انجام عملیات زراعی در هر مزرعه گندم بر حسب مگاژول در هکتار، مقادیر میانگین، اشتباه معیار (SEM)، حدود اطمینان و سهم هر عملیات زراعی در مجموع نیز آورده شده اند.

عملیات زراعی	مزرعه							حدود اطمینان ۹۵ درصد		درصد از کل
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	میانگین	SEM	پایین	بالا	
تهیه زمین	۱۴	۱۳/۴	۱۶/۷	۱۲/۴	۱۳/۲	۱۰/۳	۱۳/۳	۰/۸۵	۱۲/۶	۱۴	۹/۳
کاشت	۳/۹	۴/۹	۴/۹	*۵/۹	۳/۹	۱/۵	۴/۲	۰/۶۱	۳/۷	۴/۷	۳
کوددهی	۱۰/۴	۱/۳	۳/۶	*۵/۹	۴/۹	۴/۲	۵/۱	۱/۲۴	۴/۱	۶/۱	۳/۶
حفاظت گیاه	۵/۹	۰	۵/۲	۰	۴/۶	۰	۲/۶	۱/۱۸	۱/۷	۳/۵	۱/۸
کنترل علفهای هرز	۲	۴/۹	۲	۱۹/۶	۲	۲	۵/۴	۲/۸۸	۳/۱	۷/۷	۳/۸
آبیاری	۷۸/۴	۱۲۳/۵	۷۰/۶	۰	۱۷۲/۵	۱۸۸/۲	۱۰۵/۵	۲۸/۷۱	۸۲/۵	۱۲۸/۵	۷۴/۱
برداشت	۳/۹	۷/۸	۵/۲	۲	۳/۹	۷/۸	۵/۱	۰/۹۵	۴/۳	۵/۹	۳/۶
حمل و نقل	۱	۱/۳	۱/۳	۱	۱	۱	۱/۱	۰/۰۶	۱	۱/۲	۰/۸
جمع کل	۱۱۹/۵	۱۵۷/۱	۱۰۹/۵	۴۶/۸	۲۰۶	۲۱۵	۱۴۲/۳	۲۶	۱۲۱/۵	۱۶۳/۱	۱۰۰

*در این مزرعه کاشت بذر و پخش کود به روش سنتی و با استفاده از نیروی انسانی انجام شده است.

of SID

www.SID.ir

بررسی‌ها نشان داد که مزارع شماره ٦، ٥ و ٢ به‌دلیل انجام عملیات آبیاری در دو نوبت، بیشترین مقدار مصرف انرژی را نسبت به سایر مزارع دارا بودند در حالی که عملیات آبیاری یک مرحله‌ای در سایر مزارع با ٤٠ ساعت نیروی کار و انرژی معادل ٧٨/٤ مگاژول در هکتار (مزرعه ١) و ٣٦ ساعت نیروی کار و انرژی معادل ٧٠/٦ مگاژول در هکتار (مزرعه ٣) در جایگاه پایین‌تری قرار داشتند. در مزرعه شماره ٤ به‌دلیل انجام نشدن عملیات آبیاری و مبارزه با آفات، مقدار کل انرژی نیروی انسانی معادل ٤٦/٨ مگاژول در هکتار بود که کمترین مقدار را در بین سایر مزارع دارا بود. علیرغم این‌که عملیات کاشت بذر و کوددهی با ٣ ساعت و انرژی معادل ٥/٩ مگاژول در هکتار (به دلیل سیستم کشت نیمه سنتی) و همچنین کنترل علف‌های هرز با ١٠ ساعت و انرژی معادل ١٩/٦ مگاژول در هکتار (به دلیل کاربرد سمپاش کوله پشتی) بیشترین مقدار انرژی نیروی انسانی را نسبت به سایر مزارع دارا بود (جدول ٤).

همچنین نتایج نشان داد که عملیات آبیاری با ٧٤/١ درصد بیشترین سهم را در مصرف انرژی نیروی انسانی داشته است و به دنبال آن عملیات تهیه زمین (٩/٣ درصد) و کنترل علف های هرز (٣/٨ درصد) بودند. عملیات حمل و نقل با ٠/٨ درصد کمترین سهم را در بین سایر عملیات داشته و سایر عملیات نظیر کنترل آفات، کاشت بذر، کوددهی و برداشت بین ١/٨ تا ٣/٦ درصد در مصرف انرژی نیروی انسانی سهیم بودند (جدول ٤). با توجه به نتایج به دست آمده مصرف کمتر انرژی نیروی انسانی را به دلیل توسعه مکانیزاسیون و ماشین‌آلات در این منطقه می‌توان توضیح داد به استثناء عملیات آبیاری که به طور مستقیم از انرژی نیروی انسانی در کنترل و مهار آب در سطح مزرعه استفاده شده بود و سایر عملیات به دلیل کاربرد همزمان ماشین‌ها و نیروی انسانی سهم کمتری در مصرف انرژی داشتند. باید یادآور شد که نیروی انسانی در بین انرژی‌های ورودی مستقیم به میزان شدید و زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما به‌دلیل ضریب تبدیل پایین انرژی نسبت به سایر ورودی‌ها، از لحاظ مصرف انرژی سهم ناچیزی را شامل می‌شود اما با این وجود عملیات آبیاری مرسوم، سهم قابل‌توجهی در مصرف انرژی نیروی انسانی دارد (کیزی لاسلن، ٢٠٠٩).

نتایج ارزیابی مصرف انرژی در سه بخش سوخت، ماشین‌آلات و نیروی انسانی نشان داد که متوسط کل انرژی مصرفی در این ٦ مزرعه برابر ٥٤١٠/٢ مگاژول در هکتار بوده است. دامنه مصرف انرژی بین ٢٧٣٨/٥ تا ٦٥٢٤/٤ مگاژول در هکتار می‌باشد که مزارع شماره ٤ و ٣ به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقدار مصرف انرژی را در کل این سه بخش دارا بودند (شکل ١). در مزرعه شماره ٣ عملیات

www.SID.ir

تهیه زمین با ۳۹۵۱ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار را از مجموع مصارف انرژی سوخت، ماشین‌آلات و نیروی انسانی دارا بود و به دنبال آن مزرعه شماره ۵ با ۳۵۱۵ مگاژول در هکتار در رتبه بعدی قرار داشت در حالی که مزرعه شماره ٤ با ۲۰٤۰/۵ مگاژول در هکتار کمترین مقدار را در بین سایر مزارع دارا بود. عملیات حفاظت گیاه (کنترل آفات) در مجموع کمترین مقدار مصرف انرژی را با متوسط ۱۳۷/۹ مگاژول در هکتار دارا بود که از این میان مزرعه شماره ۱ با ۳۹٤/٤ مگاژول در هکتار بیشترین میزان مصرف انرژی را برای این سه بخش (سوخت، ماشین آلات و نیروی انسانی) دارا بود (شکل ۱). شکل (۲) سهم هر عملیات را از کل انرژی‌های ورودی نشان می‌دهد. همان‌طور که از این شکل پیداست عملیات تهیه زمین با ۵۳ درصد بیشترین سهم را از کل ورودی انرژی در مجموع انرژی‌های سوخت، ماشین‌آلات و نیروی انسانی داشته است و بعد از آن عملیات آبیاری (۱۵/۷)، برداشت (۱۱/۹) و کاشت بذر (۷/۲) بودند. ضمن اینکه سایر عملیات نظیر کنترل علف‌های هرز، کوددهی و حمل و نقل سهم کمتری به میزان ۳/۱ تا ۳/۳ درصد داشتند. همچنین عملیات حفاظت گیاه با ۲/۵ درصد کمترین سهم را از کل انرژی‌های ورودی دارا بود. در این راستا سایر محققان نیز در مطالعات قبلی به نتایج مشابه دست یافتند. آن‌ها دریافتند که در مقایسه با انرژی‌های ورودی سوخت و کودهای شیمیایی، سایر عملیات نظیر کنترل علف‌های هرز، حفاظت گیاه (کنترل آفات)، بذر و ماشین آلات انرژی کمتری را به نظام‌های تولیدی وارد می‌کنند (کلمنتس و همکاران، ۲۰۰۵؛ زنتنر و همکاران، ۱۹۸۹؛ هالسبرگن و همکاران، ۲۰۰۱؛ راتکه و همکاران، ۲۰۰۲).

انرژی های ورودی (مستقیم و غیر مستقیم): نتایج آنالیز مصرف انرژی در این ٦ مزرعه نشان داد که متوسط انرژی ورودی برابر ۱۵۵۷۸/٦ مگاژول در هکتار با دامنه تغییراتی بین ۷٦۸٦/۵ تا ۲۱۱۷۹/۳ مگاژول در هکتار بوده است که از این میان مزارع شماره ۵ و ٤ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را در کل انرژی‌های ورودی دارا بودند. جدول ۵ اطلاعات کاملی از هر ورودی را نشان می‌دهد. در همین رابطه از کل انرژی‌های ورودی مستقیم، سوخت عملیات زراعی با میانگین ۳۳۹۰ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار را دارا بوده است و بعد از آن سوخت الکتریسیته با میانگین ۳۰۸/۵ مگاژول در هکتار در جایگاه بعدی قرار داشت. لازم به ذکر است که این مقدار تنها برای سه مزرعه (۱، ۲ و ۳) که از این سوخت جهت انجام عملیات آبیاری استفاده می‌کردند لحاظ شده است. مزرعه شماره ۳ با ۳۸٦۱/٦ مگاژول در هکتار بیشترین میزان انرژی سوخت عملیات زراعی را به خود اختصاص داده است ضمن این که مزرعه شماره ٤ با ۱۹۳۳/۲ مگاژول در هکتار کمترین رتبه را در بین سایر مزارع

www.SID.ir

داشته است. در دیگر موارد مزرعه شماره ۱ با انرژی معادل ۱۹۰ مگاژول در هکتار بیشترین انرژی را در بخش حمل و نقل داشته است و سایر مزارع در این زمینه بین ۵۷ تا ۱۲۵/٤ مگاژول در هکتار انرژی مصرف کرده بودند. بیشترین مقدار انرژی ورودی نیروی انسانی نیز با ۲۱۵ و ۲۰٦ مگاژول در هکتار به ترتیب برای مزارع شماره ٦ و ۵ و در دیگر مزارع این مقدار بین ٤٦/۸ تا ۱۵۷/۱ مگاژول در هکتار بود (جدول ۵).

همچنین نتایج ارزیابی انرژی‌های ورودی غیر مستقیم در این ٦ مزرعه، نشان داد که کود نیتروژن با متوسط ۵۹٦٤/۱ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار را در بین سایر کودهای شیمیایی نظیر فسفر و پتاسیم با متوسط ۷۳۸/۲ و ٤۲۵/٤ مگاژول در هکتار داشته است (جدول ۵). که از این میان از کل انرژی‌های ورودی برای کودها، مزرعه شماره ۱ با انرژی معادل ۱۲۳٦٦/۳ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار را داشته است و به دنبال آن مزرعه شماره ۵ با ۱۱٦۵۷/۷ مگاژول در هکتار در رتبه بعدی قرار داشت و سایر مزارع میزان انرژی بین ٤٤۱۵/۷ تا ٦۵۷۱/۵ مگاژول در هکتار داشتند. ضمن این که مزرعه شماره ٤ با انرژی معادل ۱۲٤۸/۳ مگاژول در هکتار کمترین مقدار ورودی را دارا بود (جدول ۵).

کاربرد ماشین‌آلات نیز با متوسط ۱٤۵۱/۹ مگاژول در هکتار پس از کودها و بذر گندم در رتبه سوم انرژی‌های غیرمستقیم قرار داشته که از این نظر در بین ٦ مزرعه مورد مطالعه، مزرعه شماره ۳ با انرژی معادل ۱۸۲۲/۹ مگاژول در هکتار مکان اول را نسبت به سایر مزارع دارا بود (جدول ۵).

در رابطه با سموم استفاده شده در این مزارع مشخص شد که علف‌کش‌ها (متوسط ۲۲۱/۵ مگاژول در هکتار) در مقایسه با قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها بیشترین میزان انرژی ورودی را داشتند و بعد از آن حشره‌کش‌ها (متوسط ۷۱/۱) و قارچ‌کش‌ها (متوسط ۲٦/۹) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۵).

در نهایت با مقایسه سهم هر یک از ورودی‌ها مشخص شد که در بین انرژی‌های مستقیم انرژی سوخت با ۲۲/۵ درصد به ویژه سوخت عملیات زراعی با ۲۱/۸ درصد بیشترین سهم را داشته است و به دنبال آن الکتریسته (۱/۹) و نیروی انسانی (۰/۹) در رتبه‌های بعدی بودند در حالی که کودها با ٤۵/۸ درصد به ویژه کود نیتروژن با ۳۸/۳ درصد بیشترین سهم را در بین انرژی‌های غیر مستقیم داشته‌اند و به دنبال آن انرژی ورودی بذر (۱۷/۵) و ماشین‌آلات (۹/۳) در مکان های بعد قرار داشتند. ضمن اینکه سموم شیمیایی با ۲/۱ درصد سهم ناچیزی نسبت به سایر ورودی‌ها داشتند (جدول ۵). در همین رابطه سایر محققین نیز گزارش کردند که کودهای شیمیایی ٤۰ الی ۵۰ درصد انرژی ورودی به سیستم‌های زراعی را شامل می‌شوند (هلسل، ۱۹۹۲؛ ام‌سی‌لافلین و همکاران، ۲۰۰۰؛ هالسبرگن و همکاران، ۲۰۰۱؛ راتکه و همکاران، ۲۰۰۲).

www.SID.ir

جدول ۵- مقادیر انرژی های ورودی مستقیم و غیر مستقیم برای هر مزرعه گندم بر حسب مگاژول در هکتار. مقادیر میانگین، انحراف معیار (SEM)، حدود اطمینان و سهم هر عملیات زراعی در مجموع نیز آورده شده اند.

انرژی های ورودی مستقیم/ غیرمستقیم	مزرعه						میانگین	SEM	حدود اطمینان ۹۵ درصد		درصد از کل
	۱	۲	۳	۴	۵	۶			بالا	پایین	
مستقیم											
سوخت برای عملیات زراعی	۳۱۴۰/۳	۳۰۷۴/۲	۳۸۶۱/۶	۱۹۳۳/۲	۴۶۰۷/۱	۳۷۲۳/۶	۳۳۹۰	۳۶۹/۶۶	۳۰۹۲/۲	۳۶۸۵/۸	۲۱/۸
سوخت برای حمل و نقل	۱۹۰	۱۲۵/۴	۱۲۵/۴	۹۲/۵	۵۷	۱۱۴	۱۱۷/۴	۱۷/۹۶	۱۰۳	۱۳۱/۸	۰/۸
الکتریسیته	۳۹۹/۳	۸۲۷	۶۰۵	۰	۰	۰	۳۰۸/۵	۱۲۹/۶۳	۱۸۸/۸	۴۲۸/۲	۱/۹
نیروی انسانی	۱۱۹/۵	۱۵۷/۱	۱۰۹/۴	۴۶/۷	۲۰۶	۲۱۲/۹	۱۴۲/۳	۲۶/۰۱	۱۲۱/۵	۱۶۳/۱	۰/۹
غیر مستقیم											
کود نیتروژن	۱۱۰۸۹/۸	۳۱۸۱/۵	۵۲۷۲/۲	۰	۱۱۰۸۹/۸	۵۱۵۱	۵۹۶۴/۱	۱۷۹۸/۱۲	۲۵۲۵/۳	۷۲۰۲/۹	۳۸/۳
کود فسفر	۱۲۷۶/۵	۵۱۰/۶	۵۱۰/۶	۷۶۵/۹	۲۶۶/۴	۱۰۹۸/۹	۷۳۸/۲	۱۵۷/۷۸	۶۱۲	۸۶۴/۴	۴/۷
کود پتاسیم	۰	۷۲۳/۶	۷۲۳/۶	۴۸۲/۴	۳۰۱/۵	۳۲۱/۶	۴۲۵/۴	۱۱۳/۷۵	۳۳۴/۴	۵۱۶/۴	۲/۷
بذر	۲۶۶۹	۲۵۱۲	۲۸۲۶	۳۱۴۰	۲۸۲۶	۲۳۵۵	۲۷۲۱/۳	۱۱۲/۲۴	۲۶۳۱/۵	۲۸۱۱/۱	۱۷/۵
علف کش ها	۱۶۳/۶	۱۶۵/۰۲	۱۶۳/۶	۵۵۹/۷	۱۱۴/۵	۱۶۲/۹	۲۲۱/۵	۶۸/۱۱	۱۶۷	۲۷۶	۱/۴
قارچ کش ها	۷۰/۳	۰	۳۱/۷	۰	۵۹/۴	۰	۲۶/۹	۱۳/۰۸	۱۶/۴	۳۷/۴	۰/۲
حشره کش ها	۰	۰	۲۱۳/۳	۰	۲۱۳/۳	۰	۷۱/۱	۴۲/۹۷	۳۵/۱	۱۰۷/۱	۰/۵
ماشین آلات	۱۵۵۴	۱۹۷۹/۸	۱۸۲۲/۹	۶۶۶	۱۳۳۸/۳	۱۵۱۹/۱	۱۴۵۱/۸	۱۶۶/۳۱	۱۳۱۸/۷	۱۵۹۲/۹	۹/۳
جمع کل	۲۰۷۰۳/۶	۱۲۹۷۶/۲	۱۶۲۶۵/۲	۷۶۸۶/۳	۲۱۱۷۹/۱	۱۴۶۶۱	۱۵۵۷۸/۶	۲۰۹۵/۶۴	۱۷۳۲۱/۴	۱۳۹۲۵/۸	۱۰۰

www.SID.ir

نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که از کل انرژی‌های ورودی، انرژی‌های غیر مستقیم (۷٤/۷) در مقایسه با انرژی‌های مستقیم (۲۵/۳) سهم بیشتری را در تولید گندم دارا بودند. در همین رابطه کوچکی و حسینی (۱۹۹٤) بیان داشتند که در یک سیستم کشاورزی رایج در حدود یک سوم انرژی ورودی به شکل مستقیم و دو سوم آن به شکل غیرمستقیم می‌باشد. سایر محققین نیز با ارزیابی کل انرژی‌های ورودی در تولید گندم بیان داشتند که سهم انرژی ورودی‌غیرمستقیم به ویژه کودهای شیمیایی به مراتب بیشتر از انرژی ورودی مستقیم می‌باشد (تیپی و همکاران، ۲۰۰۹؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵). در دیگر محصولات نیز سهم کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن بیشتر از سایر انرژی‌های ورودی بود و سوخت‌ها در رتبه بعدی قرار داشتند (هالسبرگن و همکاران، ۲۰۰۱؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ تزیلیواکیس و همکاران، ۲۰۰۵؛ استراپاتسا و همکاران، ۲۰۰٦).

انرژی خروجی: مقایسه عملکرد محصول گندم در این ٦ مزرعه نشان داد که مزرعه شماره ۲ با ۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و انرژی معادل ۷٦٤٤۰ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار انرژی خروجی و مزارع شماره ۳ و ۱ با ٤٦۰۰ و ٤۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و انرژی معادل ٦۷٦۲۰ و ٦۰۲۷۰ مگاژول در هکتار به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. متوسط عملکرد دانه نیز برابر ۳۹۵۰ کیلوگرم و انرژی معادل ٤۷٦٦/۷ مگاژول در هکتار بود.

در مزارع ٦ و ۵ با وجود عملیات آبیاری دو مرحله‌ای و همچنین کاربرد فراوان کودهای شیمیایی به ویژه در مزرعه شماره ۵، میزان عملکرد دانه ۳۹۰۰ و ۳٤۰۰ کیلوگرم در هکتار با انرژی معادل ۵۷۳۳۰ و ٤۹۹۸۰ مگاژول در هکتار حاصل شد که در مقایسه با مزرعه شماره ۲ (۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، در حد مطلوب نبود و نشان از مصرف انرژی بدون بهره‌وری مناسب داشت.

میزان انرژی کاه و کلش نیز با فرض اینکه ۲۵ درصد آن از مزرعه خارج نمی‌شود در مزرعه شماره ۲ بیشترین مقدار را با ٦۳۵۵/۵ کیلوگرم در هکتار و انرژی معادل ٤٤۰۹۱/۳ مگاژول در هکتار دارا بود و به دنبال آن مزارع ۳ و ۱ با عملکرد ۵٦۲۲/۲ و ۵۰۱۱/۱ کیلوگرم در هکتار و انرژی معادل ۳۹۰۰٤ و ۳٤۷٦٤/۵ مگاژول در هکتار در رتبه های بعدی قرار داشتند. متوسط عملکرد کاه و کلش نیز در مزارع مورد مطالعه برابر ٤۸۲۷/۷ کیلوگرم در هکتار با انرژی معادل ۳۳٤۹۲/۵ مگاژول در هکتار بود.

نتایج بررسی کل انرژی خروجی (دانه و کاه و کلش) در مزارع تولید گندم نشان داد که میزان انرژی خروجی دانه گندم از انرژی کاه و کلش آن بیشتر است در حالی که عکس قضیه برای عملکرد دانه و کاه و کلش صادق بود. مزرعه شماره ۲ از لحاظ کل انرژی های خروجی با ۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول در هکتار اختلاف معنی داری با سایر مزراع داشت. بعد از آن مزرعه شماره ۳ (۱۰٦٦۲٤) از این نظر

www.SID.ir

در رتبه دوم قرار گرفت. بین مزارع شماره ۱ و ٦ (۹۵۰۳٤/۵ و ۹۰۳۹۸/۹) هیچ اختلاف معنی داری از نظر کل انرژی خروجی مشاهده نشد و مزرعه شماره ٤ با انرژی ۵۷۹٤۷/۵ مگاژول در هکتار در پایین ترین مکان قرار داشت. دلایل عملکرد پایین در این مزرعه نسبت به سایر مزارع را می توان نداشتن شرایط آبیاری، سیستم کشت نیمه سنتی و نحوه مدیریت زراعی در استفاده از منابع ذکر کرد.

شاخص های انرژی: نسبت انرژی بیان کننده راندمان یا کارایی انرژی یک سیستم است. متوسط نسبت انرژی در این ٦ مزرعه برابر با ٦/۳ بود که از این میان مطابق با جدول ٦ بیشینه نسبت انرژی مربوط به مزرعه شماره ۲ (۹/۳) بود که اختلاف معنی‌داری با سایر مزارع داشت و مزرعه شماره ٤ (۷/۵) در رتبه بعدی قرار داشت. این نسبت در مزارع شماره ۵ (۳/۷) و ۱ (٤/٦) به ترتیب کمترین مقدار را دارا بود. در سایر مزارع نیز اختلاف چندانی وجود نداشت (مزارع ۳ و ٦) (جدول ٦). در سایر تحقیقات مشابه این نسبت برابر ۲/۹٤ تا ۳/۵۰ (تیپی و همکاران، ۲۰۰۹)؛ ۲/۲ تا ۵/۹ (سینگ و همکاران، ۲۰۰۷)؛ ۳/۲ (سینگ و همکاران، ۲۰۰۲)؛ ۳/۲ (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳) و ۲/۸ (کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵) گزارش شده است.

بر این اساس این طور نتیجه‌گیری می‌شود که مزرعه شماره ۲ از نظر میزان مصرف انرژی ورودی و خروجی مناسب‌ترین مزرعه در بین سایر مزارع بوده است و در عوض مزرعه شماره ۵ به دلیل مصرف بی رویه نهاده‌ها در مصرف انرژی به طور کارا عمل نکرده و جایگاه مناسبی به لحاظ انرژی ورودی و انرژی خروجی نداشته است. در رابطه با انرژی ویژه نیز مشخص شد مزرعه شماره ۵ با ٦/۲ گیگاژول بر تن بیشترین مقدار را داشته است و مزرعه شماره ۱ (۵/۱) در رتبه بعدی قرار داشته است. لازم به ذکر است که انرژی ویژه عملکرد سیستم‌های تولیدی را در خصوص مصرف انرژی نشان می‌دهد. این در حالی است که مزرعه شماره ۲ با ۲/۵ گیگاژول بر تن، مناسب‌ترین مزرعه برای تولید گندم بوده است (جدول٦). این نتایج تقریبا مشابه با مطالعات سینگ و همکاران (۲۰۰۷) بود. در مطالعات قبلی نیز مقدار انرژی ویژه در تولید گندم برابر ۵/۲ و ۳/۹ مگاژول بر کیلوگرم به ترتیب برای ترکیه و آمریکا گزارش شده است (کاناکسی و همکاران، ۲۰۰۵؛ پرینگر و استین برگ، ۲۰۰٦).

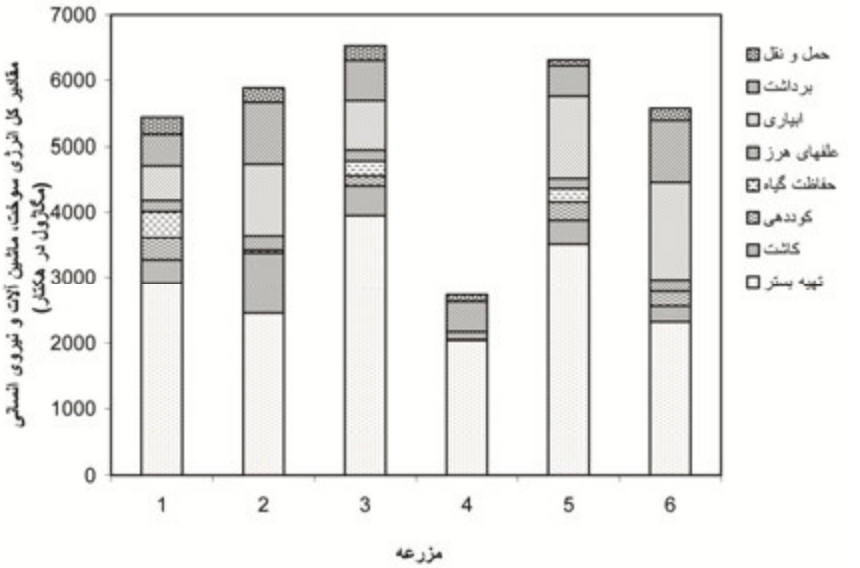
بیشینه مقدار بهره‌وری انرژی در مزرعه شماره ۲ با ۰/٤ تن بر گیگاژول بود. حداقل این مقدار در مزارع شماره ۱ و ۵ (۰/۲) مشاهده شد و در سایر مزارع هیچ اختلافی وجود نداشت (۰/۳). بیشترین مقدار عملکرد انرژی خالص نیز با ۱۰۷/۵ گیگاژول در هکتار متعلق به مزرعه شماره ۲ بود و مزارع شماره ۳، ٦، ۱ و ۵ هر کدام به ترتیب با ۹۰/۳، ۷۵/۷، ۷٤/٤ و ۵۷/٦ گیگاژول در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. ضمن اینکه کمترین مقدار نیز متعلق به مزرعه شماره ٤ (۵۰/۲) بود (جدول ٦).

www.SID.ir

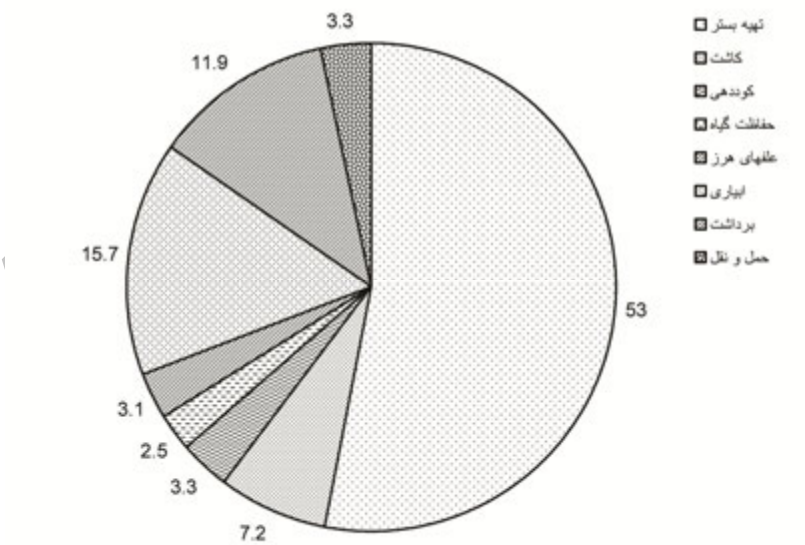
جدول ۶- مقادیر انرژی های ورودی و خروجی، نسبت انرژی خروجی به ورودی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی و عملکرد انرژی خالص، مقادیر میانگین، اشتباه معیار (SEM) و حدود اطمینان نیز در مجموع آورده شده اند.

شکل های مختلف انرژی	مزرعه						میانگین	SEM	حدود اطمینان ۹۵ درصد	
	۱	۲	۳	۴	۵	۶			پایین	بالا
ورودی ها										
انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار)	۳/۸	۴/۲	۴/۷	۲/۱	۴/۹	۴/۱	۴	۰/۴۱	۳/۷	۴/۳
انرژی ورودی غیر مستقیم (گیگاژول در هکتار)	۱۶/۹	۸/۸	۱۱/۶	۵/۶	۱۶/۳	۱۰/۶	۱۱/۶	۱/۷۸	۱۰/۲	۱۳
انرژی ورودی کل (گیگاژول در هکتار)	۲۰/۷	۱۳	۱۶/۳	۷/۷	۲۱/۲	۱۴/۷	۱۵/۶	۲/۰۶	۱۳/۹	۱۷/۳
خروجی ها										
انرژی خروجی دانه (گیگاژول در هکتار)	۶۰/۳	۷۶/۴	۶۷/۶	۳۶/۷	۵۰	۵۷/۳	۵۸/۱	۵/۶۴	۵۳/۶	۶۲/۶
انرژی خروجی کاه و کلش (گیگاژول در هکتار)	۳۴/۸	۴۴/۱	۳۹	۲۱/۲	۲۸/۸	۳۳/۱	۳۳/۵	۳/۲۵	۳۰/۹	۳۶/۱
انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار)	۹۵/۱	۱۲۰/۵	۱۰۶/۶	۵۷/۹	۷۸/۸	۹۰/۴	۹۱/۵	۸/۸۹	۸۴/۴	۹۸/۶
نسبت انرژی خروجی به ورودی	۴/۶	۹/۳	۶/۵	۷/۵	۳/۷	۶/۱	۶/۳	۰/۸۲	۵/۶	۷
عملکرد (تن در هکتار)	۴/۱	۵/۲	۴/۶	۲/۵	۳/۴	۳/۹	۴	۰/۳۸	۳/۷	۴/۳
انرژی ویژه (گیگاژول بر تن)	۵/۱	۲/۵	۳/۵	۳/۱	۶/۲	۳/۸	۴/۰۲	۰/۵۶	۳/۶	۴/۴
بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول)	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۰۳	۰/۳	۰/۳
عملکرد انرژی خالص (گیگاژول در هکتار)	۷۴/۴	۱۰۷/۵	۹۰/۳	۵۰/۲	۵۷/۶	۷۵/۷	۷۶	۸/۵۷	۶۹/۱	۸۲/۹

www.SID.ir



شکل ۱- مقادیر کل انرژی به کار رفته به صورت سوخت، ماشین آلات و نیروی انسانی جهت انجام عملیات زراعی مختلف برای هر مزرعه گندم بر حسب مگاژول در هکتار.



شکل ۲- سهم هر عملیات زراعی از کل انرژی‌های ورودی در ٦ مزرعه تولید گندم در گرگان.

www.SID.ir

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق، ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در ٦ مزرعه منطقه گرگان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که متوسط انرژی ورودی برابر ۱۵۵۷۸/٦ مگاژول در هکتار در کل مزارع بوده است. بیشینه انرژی ورودی ۲۱۱۷۹/۳ مگاژول در هکتار بوده است و بیشینه انرژی خروجی۱۲۰۵۳۱/۳ مگاژول در هکتار بوده است. انرژی ورودی کودهای شیمیایی (٤٥/۸ درصد) و عمدتا نیتروژن (۳۸/۳ درصد) بیشترین سهم را در کل انرژی های ورودی دارا بود و به دنبال آن انرژی ورودی سوخت (۲۲/٥ درصد) قرار داشت.

میانگین نسبت انرژی خروجی به ورودی در این ٦ مزرعه برابر ٦/۳ بوده، همچنین بالاترین نسبت انرژی خروجی به ورودی برابر ۹/۳ و پایین‌ترین آن برابر ۳/۷ بوده است.

کمترین میزان انرژی ویژه برابر ۲/٥ و بیشترین آن برابر ٦/۲ گیگاژول بر تن حاصل شد. این در حالی است که میانگین ٦ مزرعه برابر با ٤/۰۲ گیگاژول بر تن بود. مزرعه شماره ۲ اولین مکان را در بهره‌وری گندم (۰/٤ تن بر گیگاژول) دارا بوده و سایر مزارع بین ۰/۲ تا ۰/۳ تن بر گیگاژول بهره‌وری انرژی داشتند.

با توجه به این تحقیق می توان پیشنهادات زیر را جهت بهینه سازی مصرف انرژی و الگوی کشت مناسب در تولید گندم توصیه نمود: (۱) استفاده از منابع انرژی به صورت کارآمدتر با بهینه سازی مصرف انواع نهاده‌های به کار رفته در سیستم از طریق انتخاب صحیح نوع، مقدار، روش و زمان مصرف نهاده‌هایی مانند کودها و سموم شیمیایی که این امر کارآیی این نهاده‌ها را افزایش داده و موجب مصرف کمتر انرژی‌های ورودی به مزرعه خواهد شد. (۲) برگشت بخشی از بقایای محصول به خاک به منظور جبران قسمتی از عناصر برداشت شده از خاک توسط گیاه و افزایش مواد آلی و حاصل‌خیزی خاک جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن. (۳) استفاده از کود سبز و تناوب محصول گندم با بقولات در جهت کاهش مصرف کودهای نیتروژنه. (٤) استفاده از ماشین‌آلات ترکیبی[1] که قادر به انجام چند کار همزمان با هم می‌باشد (برای مثال کودپاشی و بذرکاری) و همچنین اجرای خاک‌ورزی حداقل و حفاظتی جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی از طریق کاربرد کمتر ماشین‌آلات (کاهش عملیات دیسک) و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی از طریق

1- Combinate

www.SID.ir

حفظ پوشش خاک زراعی و باقی ماندن بقایا در سطح خاک به واسطه سیستم‌های خاک‌ورزی حداقل و (۵) انتخاب ادوات و تجهیزات مناسب خاک‌ورزی و اتخاذ شیوه‌های عملیات خاک‌ورزی جدید، این مسئله باید به عنوان یک ضرورت ملّی مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد و با بررسی بیشتر علمی و انجام تحقیقات گسترده، روش‌ها و ماشین‌آلات مناسب جهت عملیات خاک‌ورزی با حداقل توان انرژی مصرفی شناسایی و به زارعین معرفی شود.

سپاسگزاری

از شرکت بهینه سازی مصرف سوخت به دلیل حمایت مالی پایان نامه نویسنده اول کمال تشکر را داریم.

منابع

1.Aggarwal, G.C. 1995. Fertilizer and irrigation management for energy conservation in crop production. Energy. 20: 771-776.
2.Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. J. Food. Agric. Environ. 7:475-480.
3.Alam, M.S., Alam, M.R., and Islam, K.K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American. J. Environ. Sci. 3: 213-220.
4.Bonari, E., Mazzoncini, M. and Peruzzi, A. 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil Till. Res. 33:91-108.
5.Borin, M., Merini, C. and Sartori, L. 1997. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil Till. Res. 40: 209–26.
6.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. Convers manage. 46: 655-666.
7.Carman, K. 1997. Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Antalia. Soil Till. Res. 40: 201-207.
8.Clements, D.R., Weise, S.F., Brown, R., Stonehouse, D.P., Hume, D.J., and Swanton, C.J. 2005. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management-systems. Agric. Ecosyst. Environ. 52: 119-128.
9.FAO. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), http://apps.fao.org.
10.Fluck, R.C., and Baird, C.D. 1982. Agricultural Energetics. AVI Publications, Westport, CT.
11.Ghahderijani, M., Keyhani, A.R., Tabatabaeefar, S.A., and Omid, N. 2009. Evaluation and determination of energy ratio for potato production in different

www.SID.ir

level of cultivated areain the western Isfahan (Case study: Fereydoonshahr). J. Agric. Sci. Nature. Res. 16: 183-193.
12.Helsel, Z.R. 1992. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. In: Fluk, R.C. (Ed), Energy in farm production. Energy. 6:177-201.
13.Hulsbergen, K.J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.W., Kalk, W.D., and Diepenbrock, W. 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agric. Ecosyst. Environ. 86:303-321.
14.IIES, Institute for International Energy Studies (2007). Iran Hydrocarbons Energy Balance, Ministry of oil and gas.
15.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. Agric. Ecosyst. Environ. 122: 243-251.
16.Kastens, T. 1997. Farm machinery operation cost calculations. Department of Agriculture Economics. Kansas State University.
17.Kizilaslan, N. 2009. Energy use and input-output energy analysis for apple production in Turkey. J. Agric. Environ. 7:419-423.
18.Koocheki, A., Hosseini, M. 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. Uni. Mashhad Public. 299 p.
19.Koga, N. 2008. An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japon: Perspectives on fuel ethanol production from suger beet. Agric. Ecosyst. Environ. 125:101-110.
20.Mandal, K.G., Saha. K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M., and Bandyopadhyay, K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean based crop production systems in Central India. Biomass and Bioenergy. 23:337-345.
21.Mani, I., Kumar, P., Panwar, J.S., and Kant, K. 2007. Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in Hilly Regions of Himachal Paradesh, India. Energy. 32:2336-2339.
22.Mclaughlin, N.B., Hiba, A., Wall, G.J., and King, D.J. 2000. Comparison of energy inputs for inorganic fertilizer and manure based corn production. Can. J. Agric. Eng. 42:201-214.
23.Michel, J.A., Formstorm, K.J. and Borrelli, J. 1985. Energy requirementes of two tillage systems for irrigated sugar beets, drybeens and corn. Trans of the ASAE 28: 1731-1735.
24.Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input –output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy. 29: 39-51.
25.Panesar, B.S., and Fluck, R.C. 1993. Energy productivity of a production system-analysis and measurement. Agric. Syst. 43: 415-437.
26.Pelizzi, G., Cavalchini, A., and Lazzari, M. 1988. Energy in agricultural machinery and mechanization. London, New York: Elsevier Applied Sci.

Archive of SID

www.SID.ir

27.Pervanchon, F., Bockstaller, C., and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. Agric. Syst. 72:149-172.
28.Pimentel, D., and Pimentel, M. 1996. Food, Energy and Society. Colorado Press, Niwet.
29.Pimentel, D., Hurd, L.E., Bellotti, A.C., Forster, M.J., Oka, I.N., Sholes, O.D. and Whitman, R.J. 1973. Food production and the energy crisis. Science 182, 443–449.
30.Piringer, G., and Steinberg, L.J. 2006. Re-evaluation of energy use in wheat production in the United States. J. Ecol. 10:149-167.
31.Rajabi, M.H. 2010. Evaluation of energy balance and greenhouse gases emission in wheat production in Gorgan. Agronomy M.Sc. Thesis, Islamic Azad University of Bojnourd Branch. p 110 (in Persian with English abstract).
32.Rajabi, M.H., Soltani, A., Vahidnia, B., Zeinali, E., and Soltani, E. 2012. Evaluation of Fuel Consumption in Wheat Fields in Gorgan. Environ. Sci. 9:143-164 (in Persian with English abstract).
33.Rathke, G.W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Europ. J. Agron. 24:35-44.
34.Rathke, G.W., Korschens, M., and Diepenbrock, W. 2002. Substance and energy balances in the static fertilization experiment bad Lauchstadt. German. J. Agron. 48:423-433.
35.Rathke, G.W., Wienhold, B.J., Wilhelm, W.W., and Diepenbrock, W. 2007. Tillage and rotation effect on corn-soybean energy balances in eastern Nebraska. Soil Till. Res. 97:60-70.
36.Schroll, H. 1994. Energy –flow and ecological sustainability in Danish agriculture. Agric. Ecosyst. Environ. 51:301-310.
37.Sing, H., Mishra, D. and Nahar, N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India– part I. Energy. Convers. Manage. 43: 2275-2286.
38.Sing, H., Mishra, D., Nahar, N.M., and Ranjan, M. 2003. Energy use pattern in production agriculture of typical village in aride zone, India. Part II. Energy. Convers. Manage. 43:1053-1067.
39.Sing, H., Sing, A.K., Kushwaha, H.L., and Sing, A. 2007. Energy consumption pattern of wheat production in India. Energy. 32:1848-1854.
40.Sing, M.K., Pal, S.K., Thakur, R., and Verma, U.N. 1997. Energy input output relationship of cropping systems. Indian J. Agric. Sci. 67:262-264.
41.Strapatsa, A.V., Nanos, G.D. and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agric. Ecosyst. Environ. 116: 176-180.

www.SID.ir

42.Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Ghasemi Varnamkhasti, M., Rahimizadeh, R., and Karimi, M. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy. 34:41-45.
43.Tipi, T., Cetin, B. and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. J.Agric. Environ. 7: 352-356.
44.Tsatsarelis, C.A. 1991. Energy requirements for cotton production in central Greece. J. Agric. Eng. Res. 50: 239–246.
45.Tsatsarelis, C.A. 1992. Energy flow in sugar-beet production in Greece. Appl. Eng. Agric. ASAE 8: 585–589.
46.Tsatsarelis, C.A. 1993. Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. Agric. Ecosyst. Environ. 43: 109–118.
47.Turhan, S., Canan Ozbag, B., and Rehber, E. 2008. A comparison of energy use in organic and conventional tomato production. J. Food. Agric. Environ. 6:318-321.
48.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*) production in the UK. Agric. Syst. 85: 101-119.
49.Uhlin, H. 1998. Why energy productivity is increasing: An I-O analysis of Swedish agriculture. Agric. Syst. 56:443-465.
50.Witney, B. 1995. Choosing and using farm machines. Land Technology Ltd, UK.
51.Zeinali, E. 2009. Wheat nitrogen nutrition in Gorgan; agronomical, physiological, and environmental aspects. P.H.D. Thesis, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 201 p.
52.Zentner, R.P., Stumborg, M.A., and Campbell, C.A. 1989. Effect of crop rotation and fertilization on energy balance in typical production systems on the Canadian prairies. Agric. Ecosyst. Environ. 25:217-232.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Plant Production, Vol. 19(3), 2012
http://jopp.gau.ac.ir

Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan

M.H. Rajaby[1], *A. Soltani[2], E. Zeinali[3], and E. Soltani[4]
[1]Former M.Sc. student, Islamic Azad University–Bojnurd Branch, Bojnurd, Iran, [2]Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [3]Assistant Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [4]Assistant Prof., College of Abureyhan, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Concerns related to conservation of fossil fuels and greenhouse gas emission has increased energy balance studies in crop production systems. In the present study, six wheat (*Triticum aestivum* L) fields were selected from east and west of Gorgan, Golestan province, Iran. During three consecutive growing seasons, data were gathered on energy use in all production practices. Then, all the energy uses were classified into eight categories, i.e. seed bed preparation, plant protection, weed control, irrigation, harvesting and transportation to the storage places. Results indicated that average input energy was 15579 MJ ha^{-1}. Maximum was 21179 MJ ha^{-1} and maximum output energy was 120531 MJ ha^{-1}. The greatest contribution to input energy belonged to energy from chemical fertilizers (45.8%), especially nitrogen fertilizers (38.3%), and then energy from fuels (22.5%). Average output-input energy ratio was 6.3 with a minimum of 3.7 and maximum of 9.3. Average specific energy was 4 GJ t^{-1} and average energy utilization was 0.3 t GJ^{-1}. It was concluded that implementation of desired changes can result in reduction of energy use and hence their environmental impacts.

Keywords: Energy; Environment; Fuel; Wheat

*Coressponding author; Email: afsoltani@yahoo.com

www.SID.ir
Archive of SID