دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

بررسی میزان مصرف انرژی و ارتباط انرژی ورودی و خروجی در تولید گندم

اسماعیل یدی[۱]، داوود براری تاری[۲*]، مهران محمودی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
۲- گروه اگروتکنولوژی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی:**davoodbarari@yahoo.com**

(تاریخ دریافت: ۲۵ شهریور ۱۴۰۰ ، تاریخ پذیرش: ۱۵ آبان ماه ۱۴۰۰)

چکیده

به‌منظور بررسی میزان مصرف انرژی و ارتباط انرژی ورودی و خروجی در تولید زراعی گندم، ۱۰ مزرعه گندم در منطقه ساری (دشت و کوهستانی) انتخاب شدند. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از مزارع، کلیه عملیات زراعی به ۸ بخش تهیه زمین، کاشت، کود دهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل‌ونقل به سیلو تفکیک شدند. با شروع هر عملیات، با توجه به نوسانات دمایی تنوع روش‌های تولید و مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها توسط کشاورزان منطقه اطلاعات در هر مرحله جمع‌آوری و ثبت شدند. نتایج نشان داد که میانگین انرژی ورودی در۱۰ مزرعه برابر ۱۴۵۹۷/۷۶ مگاژول در هکتار بود. در بین نهاده‌های مصرفی در ۱۰ مزرعه گندم، کود نیتروژن معادل ۳۵/۳۳ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داد. از کل انرژی‌های ورودی انرژی‌های غیرمستقیم میانگین ۱۱۲۴۵/۶۹ مگاژول در هکتار و انرژی مستقیم میانگین ۳۳۵۱/۲۶ مگاژول در هکتار را دارا بودند. میانگین عملکرد دانه در ۱۰ مزرعه گندم ۴۲۷۵ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین بهره‌وری انرژی در ۱۰ مزرعه گندم برابر ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول بود. به‌طورکلی نتایج نشان داد که از کل انرژی‌های ورودی، میانگین انرژی غیرمستقیم، ۱۱۲۴۵/۶۹ مگاژول در هکتار و انرژی مستقیم میانگین ۳۳۵/۲۶ مگاژول در هکتار را دارا بودند.

کلمات کلیدی: نهاده، سوخت، نیتروژن، عملیات زراعی.

مقدمه

گندم یکی از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین محصول زراعی ازلحاظ سطح زیر کشت و اهمیت در دنیا شناخته می‌شود، و به همراه برنج و ذرت نقش مهمی را در تغذیه مردم جهان به عهده دارد (۱۳). میزان تولید گندم در ایران حدود ۱۴/۳ میلیون تن برآورد شده که سهم اراضی آبی ۶۹/۱ درصد و سهم اراضی دیم ۳۰/۹ درصد می‌باشد (۱). برای دستیابی به عملکرد مطلوب در تولید گیاهان زراعی، شناسایی بهترین روش مدیریت تولید محصولات بسیار حائز اهمیت است. یکی از مواردی که می‌بایست درکشت گیاهان زراعی مدنظر قرار گیرد، ارزیابی هزینه تولید و ارتباط انرژی مصرفی با دیگر فاکتورهای تأثیرگذار در رشد گیاهان می‌باشد (۱۲). رابطه نزدیکی بین کشاورزی و انرژی وجود دارد وکشاورزی یک تأمین‌کننده انرژی در قالب انرژی زیستی است (۲۰). برای تولیدات کشاورزی در قرن حاضر بایستی با نگاه به آینده و در راستای افزایش امنیت غذایی گام برداشت و به منابع نسبتاً کمیاب مانند زمین‌های زراعی آب، سوخت‌های فسیلی و انرژی‌های تجدید ناپذیر وابستگی کمتری داشت. استفاده مؤثر از انرژی در کشاورزی یکی از عوامل مهم در پیدایش کشاورزی پایدار است زیرا موجب صرفه‌جویی اقتصادی، حفظ سوخت فسیلی و کاهش آلودگی هوا می‌گردد (۱۴، ۱۰). امروزه تحقیقات درزمینه انرژی در کشاورزی در مواجهه با افزایش جمعیت، عرضه محدود زمین‌های قابل‌کشت و تمایل به افزایش سطح زندگی توسعه‌یافته است. از مواردی که می‌بایست توجه ویژه‌ای به آن نمود استفاده از شیوه‌هایی است که سبب صرفه‌جویی در انرژی می‌شود. شناسایی این روش‌ها و پیشنهاد آن برای کشت گیاهان زراعی ازجمله گندم بسیار حائز اهمیت می‌باشد (۱۱). ارقام گندم با توجه به توسعه نوترکیبی ژنتیکی باکیفیت‌های مختلف توسعه‌یافته‌اند. گزارش‌شده است که از کل انرژی‌های ورودی انرژی‌های غیرمستقیم در مقایسه باانرژی های مستقیم سهم بیشتری را در تولید گندم دارا بودند (۱۵). همچنین در تحقیق دیگری در گندم بیان‌شده است که سهم انرژی ورودی غیرمستقیم به‌ویژه کودهای شیمیایی به‌مراتب بیشتر از انرژی‌های مستقیم می‌باشد. در دیگر محصولات زراعی نیز سهم کودهای شیمیایی به‌ویژه کود نیتروژن بیشتر از سایر انرژی‌های ورودی بوده است (۲۵). در ارتباط بااهمیت عنصر نیتروژن در گیاه گندم مطالعات مختلفی در ایران نیز صورت پذیرفته است (۸، ۲). با تجزیه‌وتحلیل بهره‌وری انرژی در نظام‌های کاشت با روش‌های مختلف مدیریت گزارش‌شده است که انرژی ورودی نظام کم نهاده تا حدود ۳۰ درصد کاهش یافت. مهم‌ترین منبع ورودی در تولید کلزا کودهای شیمیایی (۶۴/۶۶ ٪) سوخت دیزل (۲۴/۴۵ ٪) و آفت‌کش‌ها (۴/۴ ٪) بودند (۱۵). نسبت انرژی بیان‌کننده کارایی انرژی یک نظام زراعی می‌باشد متوسط نسبت انرژی در شش روش تولید گندم برابر ۶/۵ بود که از این میان حداکثر نسبت انرژی ۹/۶ بود (۲۱). بهره‌وری از منابع و انرژی یکی از عوامل اصلی ملزومات کشاورزی کارآمد و پایدار می‌باشد. بهره‌وری در محصولات مختلف کشاورزی سیستم‌های کم نهاده در مقایسه با سیستم‌های با ورودی بالا و پر نهاده از کارایی بیشتری در مصرف انرژی و انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای برخوردارند (۲۵). با توجه به وجود نتایج مختلف درزمینه تأثیر عوامل تأثیرگذار بر رشد گندم ازجمله نیتروژن (۶، ۷، ۵) گزارش‌های بسیار محدودی در رابطه با ارزیابی انرژی ورودی و خروجی به‌ویژه در سیستم‌های تولید گندم در مناطق جنوبی دریای خزر وجود دارد بنابراین از اهداف اصلی در انجام این تحقیق تعیین سهم هر نهاد در مصرف انرژی ورودی و تأثیر آن بر انرژی خروجی در مزرعه گندم و همچنین ارتباط بین انرژی ورودی و خروجی عملیات زراعی بود.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این تحقیق دو روش کاشت رایج و بهبودیافته(مصرف کود نیتروژن به‌صورت تقسیطی) برای تولید گندم در شهرستان ساری با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی قرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. اطلاعات هواشناسی در جدول ۱ ارائه‌شده است. ابتدا ۱۰ مزرعه گندم در شهرستان ساری انتخاب شد. نحوه انتخاب مزرعه به‌گونه‌ای بود که ۵ مزرعه در قسمت کوهستانی و ۵ مزرعه در منطقه دشت انتخاب شدند، به‌طوری‌که همه روش‌های عمده تولید از قبیل کشت سنتی، کشت مکانیزه، کشت نیمه مکانیزه، مصرف نیتروژن در مزارع به‌صورت تقسیطی و کاشت کم خاک‌ورزی را در منطقه موردنظر پوشش دهد. کلیه اقدامات مدیریتی مزارع انتخاب‌شده تحت نظارت ناظرین قرار داشتند. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از مزارع، ابتدا کلیه اعمال زراعی به ۸ بخش تهیه زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل‌ونقل به کارخانه تفکیک شدند. سپس، با شروع هر عملیات، با توجه به مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها (ورودی‌ها) توسط کشاورزان منطقه، اطلاعات عملیات زراعی از قبیل تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی و ... در مزارع از طریق تکمیل پرسشنامه مصاحبه چهره به چهره با کشاورز با نظارت ناظرین جمع‌آوری و ثبت شد. ویژگی‌های آب و هوایی منطقه طی دوره انجام پژوهش در جدول ۱ ارائه‌شده است. در این بررسی‌ها شیوه انجام هر عملیات مدیریتی در مزارع در هر یک از مراحل تهیه بستر بذر، کاشت، داشت و برداشت و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف عملیات مدیریتی استفاده کرده بودند مشخص شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت‌شده توسط کشاورزان ثبت شد. انرژی مصرفی برای تولید کشاورزی شامل دو بخش است: انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم. انرژی مستقیم در تولید گندم شامل سوخت موردنیاز تراکتورها (عمدتاً گازوئیل) جهت عملیات تهیه زمین، کاشت، داشت، برداشت و حمل‌ونقل، نیروی برق (سوخت الکتریسیته) جهت پمپ آب آبیاری و نیروی انسانی (کارگری) می‌باشد (۴). انرژی غیرمستقیم در تولید گندم شامل انرژی مصرفی جهت ساخت و حمل‌ونقل کودهای شیمیایی، انرژی موردنیاز برای تولید و حمل‌ونقل سموم شیمیایی همچون علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، انرژی موردنیاز به‌منظور ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین‌های کشاورزی و انرژی موجود در بذر گندم می‌باشد (۹). بر این اساس مبنای محاسبات در این تحقیق به دو صورت انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم انجام شد و درنهایت انرژی خروجی محصول در دو بخش دانه و کاه و کلش محاسبه شد.

آنالیز داده‌ها

جهت برآورد سوخت مصرفی ماشین‌آلات، نخست کلیه عملیات زراعی به ۸ مرحله تفکیک شد. سپس با شروع هر عملیات، مدت‌زمان کارکرد ماشین‌آلات مختلف در هر مزرعه از آغاز تا پایان مراحل تولید گندم به‌طور جداگانه محاسبه شد. سپس با توجه به تجربه کاری خدمه ماشین‌آلات در طی سنوات گذشته، میزان سوخت مصرفی بر اساس رابطه زیر محاسبه شد.

$FT = t \times FH$ رابطه ۱:

که در آن FT= سوخت موردنیاز برای انجام عملیات زراعی در سطح یک هکتار (لیتر بر هکتار)، t= مدت‌زمان کارکرد ماشین‌آلات (ساعت در هکتار) و FH= سوخت موردنیاز تراکتور در یک ساعت انجام عملیات (لیتر بر

ساعت) می‌باشد. میزان سوخت مصرفی موتورهای دیزلی جهت پمپاژ آب آبیاری، کمباین جهت برداشت محصول و ماشین‌ها جهت حمل‌ونقل محصول از مزرعه به کارخانه نیز از رابطه بالا محاسبه شد (۴).

انرژی ورودی (مصرفی)

در این مرحله همه ورودی‌ها مستقیم (سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی) و غیرمستقیم (بذر، موارد شیمیایی، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات) در هنگام اجرای عملیات زراعی مختلف برای تولید گندم با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی استخراج‌شده از منابع متعدد برای هر عملیات معادل‌سازی شده و سپس مقدار انرژی ورودی برای هر نهاده و عملیات محاسبه شد (جدول ۲).

انرژی خروجی (ستانده)

در این مرحله مقدار انرژی خروجی به‌دست‌آمده از دانه و کاه و کلش گندم، با استفاده از ضرایب تبدیل انرژی استخراج‌شده مربوط به دانه و کاه و کلش گندم معادل‌سازی شده و سپس مقدار کل انرژی خروجی برای هر یک به‌طور جداگانه محاسبه گردید. ضریب تبدیل انرژی برای دانه گندم برابر ۱۴/۷ (۲۳) و کاه و کلش گندم برابر ۹/۲۵ (۲۲) منظور گردید. با محاسبه عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) و به‌دست‌آمده آوردن شاخص برداشت از منابع متعدد (۰/۴۵)، میزان عملکرد زیستی (عملکرد دانه و کاه و کلش) در سطح یک هکتار از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه ۲: $HI = Gy / (Gy + NGy) \times 100$

در این رابطه HI شاخص برداشت گندم، Gy عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه به‌صورت کیلوگرم در هکتار) گندم می‌باشد. Gy + NGy عملکرد زیستی (مجموع دانه و کاه و کلش به‌صورت کیلوگرم در هکتار) گندم می‌باشد. سپس میزان خالص خروجی کاه و کلش از مزارع با احتساب این‌که 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) برحسب مگاژول در هکتار محاسبه شد. میزان انرژی موجود دردانه نیز با استفاده از ضریب تبدیل دانه گندم (۱۴/۷ مگاژول بر کیلوگرم) برحسب مگاژول در هکتار محاسبه شد. در پایان داده‌ها و پردازش اولیه آن‌ها توسط نرم‌افزار Excel، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در سه بخش، شامل انرژی‌های ورودی (مصرفی)، انرژی خروجی (تولیدی) و شاخص‌های ارزیابی بیلان انرژی انجام گردید و نتایج تجزیه‌وتحلیل انرژی ورودی و خروجی ارائه گردید

جدول ۱. میانگین ویژگی‌های آب و هوایی منطقه طی دوره آزمایش

ماه‌های سال	دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد)	متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)	تبخیر ماهانه (میلی‌متر)	میزان بارندگی (میلی‌متر)	رطوبت نسبی (درصد)
مهر	۱۵	۲۵	۱۹/۹	۸۲	۱۱۲	۷۱
آبان	۱۰/۲	۱۸/۴	۱۴/۳	۵۶	۹۵	۷۵
آذر	۳/۶	۶/۲	۱۱/۱	۲۶	۱۲۰	۷۴
دی	۳/۸	۱۳/۸	۸/۸	۳۱	۸۷	۷۳
بهمن	۴/۵	۱۰/۸	۷/۴	۳۴/۲	۸۵	۷۲
اسفند	۵/۵	۱۳/۷	۱۰/۵	۴۷	۴۵	۷۶
فروردین	۸/۷	۱۴/۶	۱۲/۷	۶۵	۶۵	۷۶
اردیبهشت	۱۲/۵	۱۸/۶	۱۶/۲	۸۶	۹۵	۷۷
خرداد	۱۵	۲۷	۲۱/۱	۱۲۵	۴۵	۷۴
تیر	۱۹	۳۵	۲۷/۴	۱۷۴	۳۶	۷۵
مرداد	۲۵	۳۱	۲۴/۸	۱۳۵	۳۴	۷۹
شهریور	۲۱	۲۸	۲۳/۴	۱۲۵	۷۱	۷۴

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورداستفاده در تولید گندم (۴)

ورودی/خروجی‌ها	واحد مصرف	معادل انرژی (مگاژول بر واحد)
ورودی‌ها		
بذر گندم	کیلوگرم	۱۵/۷
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶
ادوات و ماشین‌آلات	کیلوگرم	۱۴۲/۷
کودهای شیمیایی	کیلوگرم	
نیتروژن		۶۰/۶
فسفر		۱۱/۱
پتاسیم		۶/۷
سوخت	لیتر	
گازوئیل		۳۸
بنزین		۳۷
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۲/۱
مواد شیمیایی	کیلوگرم ماده مؤثره	
علف‌کش		۲۷۸
قارچ‌کش		۹۹
حشره‌کش		۲۳۷
خروجی‌ها		
دانه گندم	کیلوگرم	۱۴/۷
کاه و کلش گندم	کیلوگرم	۹/۲۵

نتایج و بحث

مدت‌زمان استفاده و میزان انرژی نیروی انسانی

میانگین مدت‌زمان استفاده از نیروی انسانی در ۱۰ مزرعه گندم برابر ۱۱۷/۳ ساعت در هکتار بود که ۲۲۹/۹۱ مگاژول در هکتار انرژی را به خود اختصاص داد. مدت‌زمان استفاده از نیروی انسانی برای ۱۰ مزرعه گندم بین ۹۵ الی ۱۴۵ ساعت در هکتار و انرژی معادل آن بین ۱۸۶/۲ الی ۲۸۴/۲ مگاژول در هکتار متغیر بود که مزارع ۳ و ۹ به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را دارا بودند (جدول۳). مزارع ۳، ۴ و ۲ به ترتیب بیشترین مقدار انرژی و ساعت کارگری را دارا بودند. در مزرعه شماره ۳ با ۱۴۵ ساعت کار نیروی انسانی در هکتار و انرژی ۲۸۴/۲ مگاژول در هکتار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و به دنبال آن مزارع ۴ و ۱ با ۱۳۸ و ۱۳۵ ساعت کار در هکتار و انرژی ۲۷۰/۴۸ و ۲۶۴/۶ مگاژول در هکتار به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). عملیات آبیاری با میانگین ۴۶/۶ ساعت در هکتار کار نیروی انسانی و انرژی ۹۱/۳۴ 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. به‌طوری‌که مزارع ۳، ۴ و ۱ به دلیل انجام عملیات آبیاری در دو مرحله بیشترین مقدار مصرف انرژی را نسبت به سایر مزراع دارا بودند درحالی‌که عملیات آبیاری یک مرحله‌ای در مزرعه ۹ با ۴۰ ساعت نیروی کارگری ۷۸/۴ مگاژول در هکتار و در مزرعه ۱۰ با ۴۲ ساعت نیروی کارگری ۸۲/۳۲ مگاژول در هکتار کمترین مقدار را دارا بودند. در مزارع ۸ و ۹ به دلیل عدم انجام آبیاری دوم و مبارزه با آفات، مقدار کل انرژی نیروی انسانی کمتر از سایر مزارع بود (جدول ۳). عملیات برداشت با میانگین ۱۴/۲ ساعت نیروی کارگری در هکتار ۲۷/۸۳ مگاژول در هکتار و عملیات تهیه زمین با میانگین ۱۳/۲ ساعت نیروی کارگری در هکتار ۲۵/۸۷ مگاژول در هکتار بعد از عملیات آبیاری بیشترین مقدار انرژی نیروی انسانی را دارا بودند. مزارع ۳ و ۴ به ترتیب با ۱۸ و ۱۷ ساعت نیروی کارگری ۳۵/۲۸ و ۳۳/۳۲ مگاژول انرژی برای عملیات برداشت به خود اختصاص دادند. مزارع واقع در دشت به دلیل شرایط مطلوب مزارع کمترین ساعت نیروی کارگری و مقدار انرژی را برای عملیات تهیه زمین به خود اختصاص دادند. در بسیاری از مناطقی که نیروی کارگری کمتری و به‌تبع آن انرژی کمتری برای فعالیت زراعی صورت پذیرفت به دلیل شرایط خاص توپوگرافی منطقه بود که نتایج حاصله با نتایج تحقیقات درزمینه تأثیر سطوح زمین‌های زراعی بر مصرف انرژی ورودی مطابقت داشت (۱۶).

مقدار سوخت و انرژی سوخت

مقایسه کلیه عملیات زراعی در مصرف سوخت نشان داد که میانگین مصرف سوخت در ۱۰ مزرعه گندم برابر ۷۲/۱ لیتر در هکتار بوده است که معادل ۲۷۳۹/۸ مگاژول در هکتار انرژی مصرف شد. مقدار سوخت مصرفی در ۱۰ مزرعه گندم بین ۵۲ الی ۹۲ لیتر در هکتار متغییر بود که انرژی معادل ۱۹۷۶ الی ۳۴۹۶ مگاژول در هکتار را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). مزرعه ۶ با مصرف ۹۲ لیتر سوخت باانرژی ۳۴۹۶ مگاژول در هکتار بیشترین انرژی مصرفی را دارا بود و مزارع ۷، ۸ و ۱۰ به ترتیب با ۸۷، ۸۵ و ۸۳ لیتر سوخت مصرفی در هکتار باانرژی ۳۳۰۶، ۳۲۳۰ و ۳۱۵۴ مگاژول در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین مقدار سوخت مصرفی مربوط به حفاظت گیاه و کنترل علف‌های هرز با میانگین ۴/۲ و ۴/۴ لیتر در هکتار باانرژی ۱۵۹/۶ و ۱۶۷/۲ مگاژول در هکتار بود. همچنین مقدار سوخت مصرفی برای کوددهی و حمل‌ونقل نیز برابر ۵/۳ و ۵ لیتر در هکتار بود که معادل ۲۰۱/۴ و ۱۹۰ مگاژول در هکتار انرژی را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار سوخت مصرفی برای تهیه زمین مربوط به مزرعه شماره ۶ و کمترین مقدار آن مربوط به مزرعه شماره ۵ بوده است که به ترتیب معادل ۳۶ و ۲۱ لیتر مصرف سوخت

باانرژی ۱۳۶۸ و ۷۹۸ مگاژول در هکتار بود. بیشترین مقدار سوخت مصرفی جهت عملیات کاشت نیز در منطقه دشت در مزارع ۶، ۷ و ۸ بوده که به ترتیب ۱۳، ۱۲ و ۱۱ لیتر در هکتار سوخت مصرف شد که مقدار انرژی مصرفی آن نیز معادل ۴۹۴، ۴۵۶ و ۴۱۸ مگاژول در هکتار بود. کمترین مقدار سوخت مصرفی مربوطه به مزرعه شماره ۲ با ۶ لیتر سوخت در هکتار و انرژی مصرفی ۲۲۸ مگاژول در هکتار بود. بیشتر بودن مصرف سوخت در تولید گندم در این تحقیق در مزارع واقع در دشت را می‌توان به کاربرد بیشتر ادوات و ماشین‌آلات و کاشت نیمه مکانیزه و مکانیزه گندم نسبت به منطقه کوهستانی نسبت داد. تسطیح بعد از گاوآهن قلمی به سوخت، انرژی و توان کمتری نسبت به گاوآهن بشقابی نیاز دارد. عملیات گاوآهن بشقابی یکی از سیستم‌های گران و پیچیده بوده و انرژی و نیروی بیشتری نیاز دارد. در تحقیقی مشابه بیشترین میزان مصرف سوخت را در تولید گندم با ۴۶/۵ لیتر در هکتار مربوط به عملیات تهیه زمین گزارش شد (۱۸).

انرژی و زمان کاربرد ماشین‌آلات

اطلاعات موردنیاز برای مدت‌زمان کاربرد ادوات و ماشین‌آلات در طی انجام عملیات زراعی در جدول ۱۰ و مقادیر انرژی مصرفی مربوط به آن در جدول ۴ ارائه‌شده است. میانگین مدت‌زمان استفاده از ادوات و ماشین‌آلات در ۱۰ مزرعه گندم برابر ۶۰/۹ ساعت در هکتار بوده که معادل ۱۶۴۲ مگاژول در هکتار انرژی را به خود اختصاص داد. مدت‌زمان استفاده از ادوات و ماشین‌آلات بین ۴۸ الی ۷۴ ساعت در هکتار متغیر بود که مقادیر انرژی مصرفی در این دامنه نیز بین ۱۴۵۰ الی ۱۸۵۰ مگاژول در هکتار بود. حداکثر مدت‌زمان استفاده از ادوات و ماشین‌آلات برای عملیات تهیه زمین با میانگین ۱۳/۳ ساعت در هکتار معادل ۳۶۰/۳۹ مگاژول در هکتار بود. زمان مورداستفاده برای عملیات آبیاری با ۱۱/۴۵ ساعت در هکتار معادل ۳۰۶/۴۸ مگاژول در هکتار بود. مدت‌زمان مورداستفاده ادوات و ماشین‌آلات برای عملیات کوددهی، کاشت و حفاظت گیاه در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین مدت‌زمان استفاده از ماشین‌آلات مربوط به عملیات حمل‌ونقل، برداشت و کنترل علف‌های هرز بوده در رتبه‌های آخر قرار گرفتند. عملیات برداشت و حمل‌ونقل کمترین مقدار، مدت‌زمان و انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده‌اند. مطالعات محققان دیگر نیز نشان داد که نوع ادوات مورداستفاده در طول انجام عملیات اثر معنی‌داری بر میزان مصرف انرژی داشته است (۲۴).

تجزیه‌وتحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی

ورود و خروج انرژی مربوط به ۱۰ مزرعه گندم در جدول ۶ نشان داده‌شده است. طبق یافته‌های موجود در این جدول مشاهده می‌شود که میانگین انرژی ورودی در ۱۰ مزرعه برابر ۱۴۵۹۷/۷۶ مگاژول در هکتار بود که کم‌ترین میزان انرژی ورودی در مزرعه شماره ۲ با ۱۲۶۲۱/۱ مگاژول در هکتار حاصل شد. بیشترین میزان انرژی ورودی با ۱۶۲۶۶/۳ مگاژول در هکتار مربوط به مزرعه شماره ۶ بوده است و مزارع ۸، ۷ و ۳ با مجموع انرژی ورودی برابر ۱۵۵۹۲/۸۸، ۱۵۳۸۳/۸ و ۱۵۳۳۱/۴ مگاژول در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. مجموع انرژی ورودی در مزارع ۱، ۴ و ۹ نیز به ترتیب برابر با ۱۴۰۷۸/۱، ۱۴۷۷۹/۱۸ و ۱۴۴۵۹/۹ مگاژول در هکتار بود. همچنین انرژی ورودی مربوط به مزارع شماره ۵ و ۱۰ نیز برابر ۱۳۵۱۶/۲ و ۱۳۹۴۸/۷۲ مگاژول در هکتار بود. (جداول ۶ و ۷). در بین نهاده‌های مصرفی در ۱۰ مزرعه گندم کود نیتروژن با میانگین ۵۱۵۷/۰۶ مگاژول در هکتار معادل ۳۵/۳۳ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داد. از کل انرژی‌های ورودی، انرژی غیرمستقیم میانگین ۱۱۲۴۵/۶۹ مگاژول در هکتار و انرژی مستقیم با میانگین ۳۳۵/۲۶ مگاژول در هکتار را دارا بودند که از این میزان کودهای شیمیایی ۴۰ الی ۵۰ درصد انرژی‌های ورودی را در نظام‌های زراعی شامل می‌شوند. بنابراین با توجه به اینکه از کل انرژی‌های

ورودی غیرمستقیم کودها به‌ویژه نیتروژن بیشترین سهم را دارا می‌باشند. رابطه خطی مثبتی میان افزایش کود نیتروژن و کل انرژی ورودی وجود دارد. افزایش کاربرد کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن موجب افزایش رشد محصول و درنتیجه به افزایش انرژی ورودی به‌نظام های زراعی برای برداشت و حمل‌ونقل منجر گردید، که در این راستا مدیریت بهینه کود نیتروژن مهم‌ترین عامل برای حفظ و ذخیره انرژی در کشاورزی می‌باشد (۱۹).

نتیجه‌گیری

مقایسه عملکرد محصول گندم در ۱۰ مزرعه گندم نشان داد که مزارع منطقه دشت به دلیل کاشت مکانیزه و شرایط مساعد خاک و محیط دارای عملکرد بالاتری نسبت به مزارع منطقه کوهستانی بودند. بیشترین عملکرد دانه در مزرعه شماره ۸ حاصل شد که دیگر مزارع منطقه دشت اختلاف چندانی با مزرعه شماره ۸ نداشتند. بیشترین میزان انرژی خروجی در منطقه دشت مشاهده شد به‌طوری‌که حداکثر انرژی خروجی دانه در مزرعه شماره ۸ به دست آمد. مزرعه شماره ۹ در رتبه دوم قرار گرفت. بیشترین میزان انرژی خالص در مزرعه شماره ۸، ۹ و ۷ به دست آمد. درمجموع می‌توان بیان کرد که کشت رایج به علّت عدم درک صحیح از نیازمندی‌های گیاه گندم، با مشکلات زیادی مواجه بود. در صورت بی‌توجهی به مسائل مربوط به انرژی ورودی و خروجی، در بلندمدت کشت این محصول استراتژیک با خطر جدی مواجه خواهد شد.

جدول ۳. مقادیر انرژی نیروی انسانی بر حسب مگاژول در هکتار جهت انجام عملیات زراعی در ۱۰ مزرعه گندم

عملیات زراعی	مزرعه										اشتباه معیار (SEM)	میانگین
	منطقه کوهستانی					منطقه دشت						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰		
تهیه زمین	۳۵/۲۸	۲۹/۴	۳۷/۲۴	۳۵/۲۸	۲۳/۵۲	۲۱/۵۶	۱۹/۶	۱۷/۶۴	۱۹/۶	۱۹/۶	۱۸/۶۴	۲۵/۸۷
کاشت	۱۹/۶	۲۱/۵۶	۲۹/۴	۲۵/۴۸	۱۷/۶۴	۱۹/۶	۱۳/۷۲	۱۱/۷۶	۱۳/۷۲	۱۷/۶۴	۸/۷۸	۱۹/۰۱
کوددهی	۲۷/۴۴	۲۱/۵۶	۲۷/۴۴	۲۳/۵۲	۱۹/۶	۲۳/۵۲	۱۷/۶۴	۱۵/۶۸	۱۳/۷۲	۱۵/۶۸	۱۷/۶۵	۲۰/۵۸
حفاظت گیاه	۲۳/۵۲	۱۳/۷۲	۱۷/۶۴	۲۱/۵۶	۱۵/۶۸	۱۹/۶	۱۳/۷۲	۱۵/۶۸	۱۷/۶۴	۱۹/۶	۷/۳۲	۱۷/۸۴
کنترل علف‌های هرز	۲۱/۵۶	۲۵/۴۸	۲۳/۵۲	۱۹/۶	۱۷/۶۴	۱۵/۶۸	۱۷/۶۴	۱۷/۶۴	۱۳/۷۲	۱۷/۶۴	۱۲/۲۱	۱۹/۰۱
آبیاری	۹۸	۹۰/۱۶	۱۰۳/۸۸	۱۰۱/۹۲	۹۴/۰۸	۸۸/۲	۹۰/۱۶	۸۶/۲۴	۷۸/۴	۸۲/۳۲	۳۲/۲۲	۹۱/۳۴
برداشت	۲۹/۴	۳۱/۳۶	۳۵/۲۸	۳۳/۳۲	۲۹/۴	۲۷/۴۴	۲۵/۴۸	۲۱/۵۶	۲۳/۵۲	۲۱/۵۶	۱۸/۲۴	۲۷/۸۳
حمل‌ونقل	۹/۸	۱۱/۷۶	۹/۸	۹/۸	۷/۸۴	۹/۸	۷/۸۴	۵/۸۸	۵/۸۸	۵/۸۸	۲/۹۷	۸/۴۳
کل	۲۶۴/۶	۲۴۵	۲۸۴/۲	۲۷۰/۴۸	۲۲۵/۴	۲۲۵/۴	۲۰۵/۸	۱۹۲/۰۸	۱۸۶/۲	۱۹۹/۹۲	۶۴/۲۳	۲۲۹/۹۱

جدول ۴. مقادیر انرژی ادوات و ماشین‌آلات بر حسب مگاژول در هکتار جهت انجام عملیات زراعی در ۱۰ مزرعه گندم

عملیات زراعی	مزرعه										اشتباه معیار (SEM)	میانگین
	منطقه کوهستانی					منطقه دشت						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰		
تهیه زمین	۴۲۵	۳۶۰	۳۳۲/۲۹	۳۶۳/۵۶	۴۰۱/۵۴	۴۳۰/۷۷	۳۲۵	۳۵۱/۸۴	۳۳۱/۲۹	۲۸۲/۵۸	۵۴/۷۵	۳۶۰/۳۹
کاشت	۱۵۵/۸۴	۱۵۰	۱۲۰/۸۳	۱۸۱/۷۸	۲۲۱/۵۴	۲۱۵/۳۸	۲۲۵	۲۰۶/۲۵	۲۰۳/۸۷	۱۷۹/۸۳	۴۷/۴۲	۱۸۶/۰۳
کوددهی	۲۲۶/۶۷	۲۱۰	۱۸۱/۲۵	۱۸۱/۷۸	۲۳۵/۳۸	۱۶۱/۵۴	۱۸۷/۵	۱۹۴/۱۲	۲۰۳/۸۷	۲۰۵/۵۲	۳۴/۳۹	۱۹۸/۷۶
حفاظت گیاه	۲۱۲/۵	۱۰۵	۱۸۱/۲۵	۲۲۳/۷۳	۱۶۶/۱۵	۱۸۸/۴۶	۲۰۰	۱۹۴/۱۲	۱۷۸/۳۹	۱۷۹/۸۳	۲۹/۳۹	۱۸۲/۹۴
کنترل علف‌های هرز	۱۱۳/۳۳	۱۳۵	۱۰۵/۷۳	۱۳۹/۸۳	۱۶۶/۱۵	۱۳۴/۶۲	۲۱۲/۵	۱۲۱/۳۲	۱۵۲/۹۰	۱۲۸/۴۵	۳۴/۲۴	۱۴۰/۹۸
آبیاری	۲۸۳/۳۳	۱۹۵	۲۸۶/۹۸	۳۰۷/۶۳	۲۶۳/۰۹	۳۷۶/۹۲	۴۲۵	۳۶۳/۹۷	۲۸۰/۳۲	۲۸۲/۵۹	۶۹/۷۵	۳۰۶/۴۸
برداشت	۱۱۳/۳۳	۱۶۵	۹۰/۶۳	۱۱۱/۸۶	۱۶۶/۱۵	۱۳۴/۶۲	۱۵۰	۱۴۵/۵۹	۱۲۷/۴۲	۱۴۱/۲۹	۲۳/۸۹	۱۳۴/۶۰
حمل‌ونقل	۱۷۰	۱۸۰	۱۵۱/۰۴	۱۳۹/۸۳	۱۸۰	۱۰۷/۶۹	۱۲۵	۷۲/۷۹	۱۰۱/۹۴	۸۹/۹۱	۲۱/۱۶	۱۳۱/۸۲
کل	۱۷۰۰	۱۵۰۰	۱۴۵۰	۱۶۵۰	۱۸۰۰	۱۷۵۰	۱۸۵۰	۱۶۵۰	۱۵۸۰	۱۴۹۰	۷۳/۳۹	۱۶۴۲

جدول ۵. مقادیر انرژی سوخت بر حسب مگاژول در هکتار جهت انجام عملیات زراعی در ۱۰ مزرعه گندم

عملیات زراعی	مزرعه										اشتباه معیار (SEM)	میانگین
	منطقه کوهستانی						منطقه دشت					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰		
تهیه زمین	۸۷۴	۸۳۶	۹۸۸	۹۵۰	۷۹۸	۱۳۶۸	۱۲۵۴	۱۱۷۸	۱۲۱۶	۱۱۴۰	۶۷/۹۶	۱۰۶۰/۲
کاشت	۳۰۴	۲۲۸	۳۰۴	۲۶۶	۲۶۶	۴۹۴	۴۵۶	۴۱۸	۳۴۲	۳۰۴	۴۲/۱۲	۳۳۸/۲
کوددهی	۱۵۲	۱۱۴	۱۹۰	۱۹۰	۱۵۲	۱۹۰	۲۶۶	۲۶۶	۲۲۸	۲۶۶	۴۹/۱۴	۲۰۱/۴
حفاظت گیاه	۱۱۴	۱۱۴	۱۵۲	۱۱۴	۱۱۴	۱۵۲	۱۵۲	۲۲۸	۱۹۰	۲۶۶	۲۶/۹۴	۱۵۹/۶
کنترل علف‌های هرز	۷۶	۷۶	۱۹۰	۱۵۲	۱۱۴	۱۵۲	۱۹۰	۱۹۰	۲۲۸	۳۰۴	۴۱/۳۲	۱۶۷/۲
آبیاری	۲۲۸	۲۲۸	۲۶۶	۲۲۸	۱۹۰	۴۹۴	۴۱۸	۳۸۰	۳۸۰	۳۴۲	۶۵/۴۵	۳۱۵/۴
برداشت	۲۲۸	۱۹۰	۲۶۶	۲۶۶	۲۶۶	۴۹۴	۳۸۰	۳۴۲	۳۰۴	۳۴۲	۶۹/۳۴	۳۰۷/۸
حمل‌ونقل	۲۲۸	۱۹۰	۲۲۸	۱۹۰	۱۵۲	۱۵۲	۱۹۰	۲۲۸	۱۵۲	۱۹۰	۳۲/۳۴	۱۹۰
کل	۲۲۰۴	۱۹۷۶	۲۵۸۴	۲۳۵۶	۲۰۵۲	۳۴۹۶	۳۳۰۶	۳۲۳۰	۳۰۴۰	۳۱۵۴	۷۱/۶۵	۲۷۳۹/۸

جدول ۶. انرژی ورودی و خروجی بر حسب مگاژول در هکتار مربوط به نهاده‌های مختلف در ۱۰ مزرعه گندم

ورودی / خروجی	مزرعه										اشتباه معیار (SEM)	میانگین	درصد
	منطقه کوهستانی					منطقه دشت							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰			
ورودی‌ها													
بذر	۲۹۸۳	۲۶۶۹	۳۲۹۷	۳۱۴۰	۲۸۲۶	۳۱۴۰	۲۸۲۶	۲۹۸۳	۲۶۶۹	۲۵۱۲	۶۴/۳۲	۲۹۰۴/۵	۱۹/۹۰
نیروی انسانی	۲۶۴/۶	۲۴۵	۲۸۴/۲	۲۷۰/۴۸	۲۲۵/۴	۲۲۵/۴	۲۰۵/۸	۱۹۲/۰۸	۱۸۶/۲	۱۹۹/۹۲	۵۳/۷۶	۲۲۹/۹۱	۱/۵۷
ادوات و ماشین‌آلات	۱۷۰۰	۱۵۰۰	۱۴۵۰	۱۶۵۰	۱۸۰۰	۱۷۵۰	۱۸۵۰	۱۶۵۰	۱۵۸۰	۱۴۹۰	۶۹/۲۹	۱۶۴۲	۱۱/۲۵
سوخت	۲۲۰۴	۱۹۷۶	۲۵۸۴	۲۳۵۶	۲۰۵۲	۳۴۹۶	۳۳۰۶	۳۲۳۰	۳۰۴۰	۳۱۵۴	۷۷/۳۴	۲۷۳۹/۸	۱۸/۷۷
نیروی برق	۰	۰	۰	۰	۰	۷۰۱/۸	۶۰۵	۷۸۶/۵	۹۴۳/۸	۷۸۶/۵	۲۳/۳۲	۳۸۲/۳۶	۲/۶۲
کود شیمیایی													
نیتروژن (N)	۵۲۱۱/۶	۴۷۲۶/۸	۵۸۷۸/۲	۵۵۷۵/۲	۵۰۲۹/۸	۵۵۷۵/۲	۵۰۲۹/۸	۵۳۳۲/۸	۴۷۲۶/۸	۴۴۸۴/۴	۸۷/۳۴	۵۱۵۷/۰۶	۳۵/۳۳
فسفر (P_2O_5)	۶۶۶	۵۵۵	۷۲۱/۵	۷۷۷	۷۵۴/۸	۶۱۰/۵	۷۲۱/۵	۶۶۶	۴۹۹/۵	۴۴۴	۶۹/۹۷	۶۴۱/۵۸	۴/۴۰
پتاسیم (K_2O)	۳۶۸/۵	۴۳۵/۵	۴۰۲	۴۲۸/۸	۴۵۵/۶	۳۳۵	۴۰۲	۳۶۸/۵	۴۶۹	۴۳۵/۵	۱۶/۲۳	۴۱۰/۰۴	۲/۸۱
سموم شیمیایی													
علف‌کش	۴۳۲	۲۳۴/۴	۴۰۳/۲	۳۴۵/۶	۲۳۰/۴	۲۵۹/۲	۲۰۱/۶	۲۳۰/۴	۳۴۵/۶	۴۰۳/۲	۴۳/۴۳	۳۰۸/۵۶	۲/۱۱
قارچ‌کش	۵۸/۸	۱۳۷/۲	۹۸	۱۱۷/۶	۰	۷۸/۴	۱۱۷/۶	۵۸/۸	۰	۳۹/۲	۴۵/۳۴	۷۰/۵۶	۰/۴۸
حشره‌کش	۱۸۹/۶	۱۴۲/۲	۲۱۳/۳	۱۱۸/۵	۱۴۲/۲	۹۴/۸	۱۱۸/۵	۹۴/۸	۰	۰	۱۹/۶۵	۱۱۱/۳۹	۰/۷۶
کل	۱۴۰۷۸/۱	۱۲۶۲۱/۱	۱۵۳۳۱/۴	۱۴۷۷۹/۱۸	۱۳۵۱۶/۲	۱۶۲۶۶/۳	۱۵۳۸۳/۸	۱۵۵۹۲/۸۸	۱۴۴۵۹/۹	۱۳۹۴۸/۷۲	۷۹/۴۳	۱۴۵۹۷/۷۶	۱۰۰
خروجی‌ها													
دانه گندم	۶۰۲۷۰	۵۲۹۲۰	۶۲۴۷۵	۷۴۹۷۰	۷۰۵۶۰	۷۶۴۴۰	۷۹۳۸۰	۷۷۹۱۰	۷۴۹۷۰	۷۲۰۳۰	۸۸/۳۵	۷۰۱۹۲/۵	۵۹/۴۷
کاه و کلش گندم	۵۱۸۰۰	۵۳۸۲۴	۴۱۶۲۵	۴۷۱۷۵	۴۴۴۰۰	۴۸۱۰۰	۴۹۹۵۰	۴۹۰۲۵	۴۷۱۷۵	۴۵۳۲۵	۷۶/۹۷	۴۷۸۳۹/۹	۴۰/۵۳
کل	۱۱۲۰۷۰	۱۰۶۷۴۴	۱۰۴۱۰۰	۱۲۲۱۴۵	۱۱۴۹۶۰	۱۲۴۵۴۰	۱۲۹۳۳۰	۱۲۶۹۳۵	۱۲۲۱۴۵	۱۱۷۳۵۵	۶۶/۵۴	۱۱۸۰۳۲/۴	۱۰۰

جدول ۷. مقایسه انواع انرژی ورودی و خروجی بر حسب مگاژول در هکتار ۱۰ مزرعه گندم

انواع انرژی	مزرعه										اشتباه معیار (SEM)	میانگین
	منطقه کوهستانی					منطقه دشت						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰		
ورودی												
مستقیم (مگاژول در هکتار)	۲۴۶۸/۶	۲۲۲۱	۲۸۶۸/۲	۲۶۲۶/۴۸	۲۲۷۷/۴	۴۴۲۳/۲	۴۱۱۶/۸	۴۲۰۸/۵۸	۴۱۷۰	۴۱۴۰/۴۲	۷۵/۳۴	۳۳۵۱/۲۶
غیرمستقیم (مگاژول در هکتار)	۱۱۶۰۹/۵	۱۰۴۰۰/۱	۱۲۴۶۳/۲	۱۲۱۵۲/۷	۱۱۲۳۸/۸	۱۱۸۴۳/۱	۱۱۲۶۷	۱۱۳۸۴/۳	۱۰۲۸۹/۹	۹۸۰۸/۳	۷۶/۴۵	۱۱۲۴۵/۶۹
تجدیدپذیر (مگاژول در هکتار)	۳۲۴۷/۶	۲۹۱۴	۳۵۸۱/۲	۳۴۱۰/۴۸	۳۰۵۱/۴	۳۳۶۵/۴	۳۰۳۱/۸	۳۱۷۵/۰۸	۲۸۵۵/۲	۲۷۱۱/۹۲	۸۹/۳۴	۳۱۳۳/۶۰
تجدیدناپذیر (مگاژول در هکتار)	۱۰۸۳۰/۵	۹۷۰۷/۱	۱۱۷۵۰/۲	۱۱۳۶۸/۷	۱۰۴۶۴/۸	۱۲۹۰۰/۹	۱۲۳۵۲	۱۲۴۱۷/۸	۱۱۶۰۴/۷	۱۱۲۳۶/۸	۸۸/۴۵	۱۱۴۶۳/۳۵
کل انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)	۱۴۰۷۸/۱	۱۲۶۲۱/۱	۱۵۳۳۱/۴	۱۴۷۷۹/۱۸	۱۳۵۱۶/۲	۱۶۲۶۶/۳	۱۵۳۸۳/۸	۱۵۵۹۲/۸۸	۱۴۴۵۹/۹	۱۳۹۴۸/۷۲	۸۷/۴۵	۱۴۵۹۷/۷۶
خروجی												
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۴۱۰۰	۳۶۰۰	۴۲۵۰	۴۰۵۰	۳۸۰۰	۴۶۰۰	۴۵۰۰	۴۷۰۰	۴۶۵۰	۴۵۰۰	۱۹/۴۲	۴۲۷۵
عملکرد کاه و کلش (کیلوگرم در هکتار)	۵۶۰۰	۵۸۰۰	۴۵۰۰	۵۱۰۰	۴۸۰۰	۵۲۰۰	۵۴۰۰	۵۳۰۰	۵۱۰۰	۴۹۰۰	۳۲/۶۷	۵۱۷۰
انرژی دانه (مگاژول در هکتار)	۶۰۲۷۰	۵۲۹۲۰	۶۲۴۷۵	۵۹۵۳۵	۵۵۸۶۰	۶۷۶۲۰	۶۶۱۵۰	۶۹۰۹۰	۶۸۳۵۵	۶۶۱۵۰	۱۲۴/۱۲	۶۲۸۴۲/۵
انرژی کاه و کلش (مگاژول در هکتار)	۵۱۸۰۰	۵۳۶۵۰	۴۱۶۲۵	۴۷۱۷۵	۴۴۴۰۰	۴۸۱۰۰	۴۹۹۵۰	۴۹۰۲۵	۴۷۱۷۵	۴۵۳۲۵	۱۰۳/۱۳	۴۷۸۲۲/۵
کل انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)	۱۱۲۰۷۰	۱۰۶۵۷۰	۱۰۴۱۰۰	۱۰۶۷۱۰	۱۰۰۲۶۰	۱۱۵۷۲۰	۱۱۶۱۰۰	۱۱۸۱۱۵	۱۱۵۵۳۰	۱۱۱۴۷۵	۹۷/۱۵	۱۱۰۶۶۵

منابع

۱- آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی. جلد اول محصولات زراعی "سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷". دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی. ۹۷ صفحه.

۲- خیاط، ش.، مجد، م. و فاضل، م.ع. ۱۳۹۳. اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه و کارآیی مصرف نیتروژن ژنوتیپ های گندم دوروم در خوزستان. ۶(۲۱): ۱۰۳-۱۱۳.

۳- دستان، س.، سلطانی، ا.، نورمحمدی، ق. و مدنی، ح. ۱۳۹۳. انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی فسیلی در نظام‌های کاشت شالیزاری. مجله بوم‌شناسی کشاورزی. ۶(۴): ۸۲۳-۸۳۵.

۴- رجبی، م.ح.، سلطانی، ا.، زینلی، ا. و سلطانی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹(۳): ۱۴۳-۱۷۱.

۵- رستمی، ف. و قبادی، م.ا. ۱۴۰۰. بررسی اثر گوگرد بنتونیت دار و سطوح نیتروژن بر رشد ریشه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد گندم. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی – دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۳(۵۰): ۵-۲۲.

۶- فاضل، م.ع. ۱۳۹۴. ارزیابی میزان انتقال مجدد به دانه ژنوتیپ های گندم نان و دوروم در واکنش به مقادیر نیتروژن. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی – دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷ (۲۸).

۷- موسویان، س.ن.، اکبری، ن.، عسیوند، ح.ر.، اسماعیلی، ا. و مشتطی، ع. ۱۳۹۹. اثر سطوح مختلف نیتروژن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم رقم چمران در شرایط تنش گرمای آخر فصل در اهواز. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۱۲(۴۶): ۲۵-۴۴.

۸- مهابادی، ع.م.، رضوان، ش. و دماوندی، ع. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات کمی و کیفی عملکرد گندم دوروم با کاربرد کودهای نیتروژن و روی تحت سطوح مختلف آبیاری. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۲ (۴۶): ۶۵-۸۰.

9. Aravindakshan. S. Ross. F. J. and Krupnik. T. J. 2015. What does benchmarking of wheat farmers practicing conservation tillage in the eastern Indo-Gangetic plains tell us about energy use efficiency? An application of – based data envelopment analysis. Energy. 90(1): 483-493.

10. Atici. K. B. and Podinovski. V. V. 2015. Using data development analysis for the assessment of technical efficiency of units with different specialisation: an application agriculture omega. 54:72-83.

11. Balancard. S. and Martin. E. 2014. Energy efficiency measurement in agriculture with imprecise energy content information. Energy Policy. 66:198-208.

12. Bhan. S. and Behera. U. K. 2014. Conservation agriculture in India Problems prospectes and policy issues. International Soil and Water Conservation Research. 2(4):1-12.

13. Food and Agriculture Organization (FAO). 2014. FAO STAT statistics database.

14. Hosseinzadeh. B. H. D. Safarzadeh. E. Ahmadi. E. and Pelesaraei. A. N. 2018. Optimization of energy consumption of dairy farms using data development analysis-A case study: Qazvin city of Iran. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 17:217-228.

15. Houshyar. E. and Grundmann. P. 2017. Environmental impact of energy use in wheat tillage system: A comparative life cycle assessment (LCA) study in Iran. Energy. 122:11-24.
16. Kouchaki. H. Sharifi. M. Mousazadeh. H. Zarea. H. H and Nabavi. P. A. 2016. Gate to gate life cycle assessment of flat pressed particle board production in Islamic Republic of Iran. J. Clean. Prod. 112:343-350.
17. Mardani. M. and Salarpour. M. 2015. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. Information Processing in Agriculture. 2(4): 6-14.
18. Mohammadi, A. Rafiee. S. Jafar. A. Keyhani. A. Mousavi. A. S. H. and Nonhebel. S. 2014. Energy use efficiencyf and green house gas emissions of farming systems in north Iran. Renew Sustain. Energy Rev. 30:724-733.
19. Nabavi. P. A. 2016. Optimization of energy consumption of dairy farms using data envelopment analysis – A case study: Qazvin city of Iran. J. Saudi. Soc. Agric. Sci. 17:217-228.
20. Rusu. T. 2014. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. International Soil and Water Conservation Research. 2(4): 42-49.
21. Sahabi. H. Feizi. H. and Karbasi. A. 2016. Is saffron more energy and economic efficient than wheat in crop rotation systems in northeast Iran? Sustain. Prod. Consum. 5:29-35.
22. Tabatabaeefar. A. Ebrahimzadeh. H. Varnamkhasti. M. G. Rahimzadeh. R. and Karimi. M. 2009. Comparision of energy of tillage systems in wheat production. Energy. 34: 41-45
23. Tipi. T. Certin. B. and Vardar. A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Agriculture and Environment. 7:352-356.
24. Yildiz. T. 2016. An input-output energy analysis of wheat production in carsamba district of Samsun province. Journal of Agricultural Faculty of Coziosmanpasa University. 33(3): 10-20.
25. Yuan. S. and Peng. S. 2017. Trends in the economic return on energy use and energy use efficiency in China's crop production. Renew. Sustain. Energy Rev. 70:836-844.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 11, Issue 2, autumn and winter 2021

Investigating the amount of energy consumption and the relationship between input and output energy in wheat production

Esmael Yadi[1], Davood Barari Tari[2*], Mehran Mahmoudi[2]

1- Agronomy Msc Student, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
2- Department of Agrotechnology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
*** Corresponding Author, Email**: **davoodbarari@yahoo.com**

(Received: 16 September 2021; Accepted: 6 November 2021)

Abstract

In order to investigation the amount of energy consumption and the relationship between input and output energy in wheat production, 10 wheat farms in Sari region (plain and mountainous) were selected. To collect information from the farms, first, all agricultural activities were divided into 8 parts: land preparation, planting, fertilizing, plant protection, weed control, irrigation, harvesting, and transportation to the factory. Results showed that the most of the fuel used for land preparation, which was significantly different from other agricultural operations. The average input energy in 10 farms was 14597.76 M J. ha^{-1}. Among the consumer inputs in 10 wheat farms, nitrogen fertilizer is equivalent to 35.33% of the total input energy. Indirect energies had an average of 11245.69 MJ. ha^{-1} and direct energy had an average of 3351.26 MJ. ha^{-1}. The average grain yield in 10 wheat fields was 4275 kg. ha^{-1}. The average energy efficiency in 10 wheat fields was 3.42 MJ. ha^{-1}. In general, the results showed that one of the most important factors in reducing economic productivity in an agricultural system, is the excessive consumption of inputs, which in the long term, the production of this this crop will be at risk.

Keywords: Input, Fuel, Nitrogen, Crop traits.