ارزیابی کارآیی مصرف انرژی مزارع گندم خرمشهر به منظور بهبود بهره‌وری تولید

آیدین خدایی جوقان*[1]، مرتضی تاکی[2]، حمید مطوریان[3]

1- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

2- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

3- دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

Email:a.khodaei@asnrukh.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی میزان مصرف انرژی در مزارع گندم شهرستان خرمشهر بود. جمع‌آوری داده‌ها به روش پرسشنامه و پایش مستمر در 60 مزرعه گندم در سال زراعی 98-1397 انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش‌های انرژی نهاده‌های مصرفی صورت گرفت. نتایج نشان‌داد میزان انرژی ورودی در یک هکتار مزارع گندم مورد مطالعه 41810 مگاژول بود که بیشترین تاثیر را نهاده‌های الکتریسیته، کود نیتروژن و سوخت به خود اختصاص دادند. از این مقدار 22606 مگاژول بر هکتار انرژی مستقیم و 19204 مگاژول بر هکتار انرژی غیرمستقیم محاسبه گردید. همچنین میزان انرژی ورودی تجدیدپذیر 5546 مگاژول برهکتار و تجدید ناپذیر 36263 مگاژول بر هکتار به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: انرژی مستقیم و غیر مستقیم، بهره وری انرژی، غلات

مقدمه

استفاده کارآمد از منابع انرژی یکی از مهم‌ترین اصول برای توسعهٔ پایدار در کشاورزی است که منجر به کاهش چالش‌های زیست محیطی، جلوگیری از تخریب منابع‌طبیعی و سودمندی اقتصادی در بوم‌نظام‌های پایدار تولید محصولات زراعی خواهد شد (7). هدف از مطالعه روند انرژی ورودی و خروجی نظام‌های زراعی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های عملکرد و تولید از طریق کاهش هزینه‌های مصرف انرژی است. انرژی مصرفی به طور مستقیم در عملیات کاشت، داشت، برداشت و بطور غیر مستقیم در تولید نهاده‌هایی از قبیل آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات، ذخیره‌سازی و خشک‌کردن محصولات و سایر نهاده‌هایی که در ارتباط با تولید محصول می باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مطالعات زیادی در زمینه‌های فوق در سرتاسر جهان صورت گرفته است. امیدمهر (5) در بررسی جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم دیم در منطقه کالپوش استان سمنان نشان داد که کل مصرفی ناشی از کاربرد نهاده‌ها در سه روش کشت رایج، کم‌خاکورزی و مستقیم بین 18713 تا 13900 مگاژول بر هکتار متغیر بود. اصغری‌پور و همکاران (1) در تحقیقی الگوی مصرف انرژی در تولید گندم آبی شهرستان کرمانشاه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی حدود 41921/8 مگاژول در هکتار بوده و در بین نهاده‌های ورودی انرژی، کود نیتروژن با 38 درصد و پس از آن سوخت دیزل با 13 درصد بیشترین سهم‌ها را دارا هستند. در ایران گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌رود به طوری که هر ساله بیش از 50 درصد از کل زمین‌های قابل کشت را به خود اختصاص داده است. بنابر آمار وزارت جهاد کشاورزی در استان خوزستان میانگین عملکرد 4400 کیلوگرم در هکتار در اراضی آبی و 1100 کیلوگرم در هکتار در اراضی دیم بوده و به طور متوسط سالانه 1860 هزار تن در استان تولید می‌شود. استان خوزستان یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید گندم در کشور بوده و سالانه حدود 19 درصد

تولید گندم کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد. در همین حال در سال‌های اخیر به طور میانگین 535 هزار هکتار زمین در استان خوزستان زیر کشت گندم بوده است. سطح زیرکشت گندم در شهرستان در سال زراعی97-1396 به ترتیب 12668 هکتار و میزان برداشت آن 30502 تن بوده است.

این مطالعه در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم در منطقه خرمشهر به منظور بررسی وضعیت جریان انرژی ورودی و خروجی، بهره‌وری مصرف انرژی و عملکرد انرژی خالص و ارایه پیشنهادات و راه کارهایی جهت کاهش مصرف انرژی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه مورد نظر در شهرستان خرمشهر انجام گرفت. مختصات جغرافیایی شهرستان خرمشهر N 48.1891° E 30.4256° بوده و متوسط دما و میانگین بارش 60 ساله در شهرستان خرمشهر به ترتیب 28/2 درجه سیلسیوس و 153/3 میلی متر می‌باشد. به منظور برآورد جریان انرژی، پایش مزارع در 60 مزرعه گندم منطقه خرمشهر در سال زراعی 98-1397 انجام و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شد. داده‌ها از طریق پایش مستمر مزارع در طول فصل رشد و همچنین مصاحبه شخصی با کشاورزان جمع‌آوری شدند. مزارع با کمک مراکز خدمات کشاورزی شهرستان خرمشهر انتخاب شدند.

در نظام تولید گندم، پس از جمع‌آوری داده‌ها، برای بدست آوردن انرژی حاصل از هر ورودی و خروجی، از ضرایب معادل‌سازی انرژی برای هرکدام از نهاده‌های ورودی و خروجی استفاده گردید. بدین‌ترتیب انرژی حاصل از هر کدام از نهاده‌های ورودی و خروجی بر حسب مگاژول به‌دست آمده و داده‌ها بر این اساس تجزیه و تحلیل شدند.

در مزارع تولید گندم، انرژی‌های خروجی شامل دانه و کاه و کلش است که انرژی حاصل از تولید هرکدام از آنها جداگانه محاسبه شد. در این پژوهش برای محاسبه مولفه‌های مختلف از روابط زیر بهره گرفته شد.

رابطه (1) $E_R = E_{ou} / E_{In}$

رابطه (2) $E_P = Y / E_{In}$

رابطه (3) $E_I = E_{In} / Y$

رابطه (4) $NEG = E_{Ou} - E_{In}$

در این روابط E_{ou} انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)، E_{In} انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)، E_R کارایی مصرف انرژی[1] (درصد)، Y عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، E_I شدت انرژی[2] (مگاژول بر کیلوگرم)، E_P بهره‌وری انرژی[3] (کیلوگرم بر مگاژول) و NEG انرژی خالص[4] (مگاژول بر هکتار) است. سپس براساس نوع فعالیت‌های کشاورزی و نهاده‌های ورودی که در سیستم‌های مختلف استفاده می‌شوند، سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم و همچنین سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از انرژی کل مصرفی محاسبه گردید. براساس نوع نهاده‌ها، انرژی‌های مستقیم شامل نیروی‌کارگری، سوخت، انرژی برق و آب و انرژی‌های غیرمستقیم شامل بذر، کوددامی، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و ماشین‌آلات بودند. انرژی‌های نیروی-کارگری، بذر، آب و کود دامی، انرژی تجدیدپذیر و انرژی‌های سوخت، برق، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، قارچ-کش‌ها و ماشین‌آلات متعلق به انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌باشند. انرژی ماشین‌آلات از تقسیم جرم ماشین (کیلوگرم) به عمر تخمینی (ساعت) ضربدر ساعت کارکرد ماشین در انرژی معادل ساخت هر کیلوگرم به‌دست آمد.

متغیر نیروی انسانی، از مجموع ساعات نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختلف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سمپاشی، آبیاری، برداشت و حمل و نقل می شود، محاسبه گردید.

1 - Energy Ratio
2 - Energy intensity
3 - Energy productivity
4 - Net Energy Gain

نهاده ماشین‌آلات به عنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه، شامل ساعات کار ماشین‌آلات و ادواتی می‌باشد که از کاشت تا برداشت و حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقدار گازوئیل و روغنی که جهت سوخت ماشین‌آلات مختلف برای شخم، کاشت، آبیاری، کودهی، برداشت و نیز حمل‌ونقل در یک هکتار مزرعه گندم مورد استفاده قرار گرفت، در زیر مجموعه متغیر سوخت قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین متغیرهای ورودی به بوم‌نظام‌های کشاورزی کودهای شیمیایی است. از کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع می‌توان به نیتروژن، فسفر و پتاسیم اشاره کرد. مقادیر این کودها بصورت خالص در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر مصرف سموم کشاورزی شامل علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها مورد استفاده در مناطق مورد مطالعه نیز جمع‌آوری شد و تحت متغیر موادشیمیایی ارزیابی گردیدند. یکی از نهاده‌های ورودی در این منطقه آب است. بخش زیادی از اراضی این مناطق برای تامین آب از پمپ‌های الکتریکی استفاده می‌کنند. میزان الکتریسیته مورد استفاده در مزرعه (کیلووات در ساعت) براساس کارکرد کنتور برق در طول رشد محصول ثبت شد و سپس با استفاده از ضریب تبدیل، مقدار انرژی ورودی الکتریسیته برحسب مگاژول در هکتار به‌دست آمد. مقدار بذر مصرفی در هر هکتار مزرعه گندم نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن بصورت مگاژول در هکتار محاسبه گردید. عملکرد دانه و میزان کاه و کلش نیز در مزارع مختلف ثبت و سپس برای شهرستان میانگین گرفته شد. این متغیرها به عنوان خروجی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای محاسبه میزان خالص کاه و کلش خروجی از مزارع با احتساب این که 25 درصد از کاه‌وکلش در مزرعه باقی می‌مانند، از روش رجبی و همکاران (7) استفاده گردید. بدین‌ترتیب که میزان انرژی موجود در کاه و کلش خالص از حاصل‌ضرب کل خروجی کاه‌وکلش در عدد 0/75 به‌دست خواهد آمد.

نتایج و بحث

مقادیر انرژی ورودی نهاده‌های مختلف و سهم هر کدام از آنها در جدول 1 نشان داده شده است. میزان انرژی مربوط به هر نهاده از حاصل ضرب مقدار مصرف در معادل انرژی هر نهاده محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست آمده کارائی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و انرژی خالص گندم به ترتیب 1/32، 0/09 کیلوگرم بر مگاژول، 11/44 مگاژول بر کیلوگرم و 51223 مگاژول بر هکتار به‌دست آمد. در این جدول انرژی معادل الکتریسیته بیشترین سهم انرژی ورودی معادل 35/69 درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داد. پهلوان و همکاران (6) در تولید ریحان گلخانه‌ای در اصفهان الکتریسیته مصرفی را حدود 75 درصد از کل انرژی ورودی محاسبه کردند. انرژی ورودی الکتریسیته صرف تامین آب مزارع توسط پمپ‌های برقی می‌شود که براساس دبی، دفعات آبیاری و مدت زمان هر آبیاری محاسبه گردید. در مقایسه با سایر نهاده‌ها کود نیتروژن با 26 درصد از کل، در رده دوم بیشترین سهم انرژی ورودی قرار گرفت که از دلایل آن بالا بودن مصرف این کود در مزارع و معادل انرژی بیشتر آن است. سوخت مصرفی به عنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات زراعی و حمل و نقل استفاده میشود. نتایج این تحقیق نشان داد که انرژی معادل سوخت برابر 6765 (16/19 درصد) و متوسط مقدار انرژی سوخت مصرفی به ازاء 141/5 لیتر سوخت مصرفی بود که بخش اعظم این سوخت صرف عملیات خاکورزی و برداشت محصول گردید. یکی از روشهای کاهش مصرف سوخت و بهینه سازی آن استفاده از اداوات زراعی مناسب مانند دستگاه کمبینات است. این دستگاه تردد تراکتور را در مزرعه کاهش داده و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود (7).

ارزیابی داده‌های جمع‌آوری شده نشان داد در مزارع تولید گندم، حداقل به میزان 51/36 مگاژول (0/12 درصد) کود پتاسیم استفاده شده است که کمترین مقدار انرژی ورودی به مزارع در منطقه به همین متغیر تعلق داشت. از کل مزارع مورد مطالعه فقط 5 مزرعه با متوسط 92 کیلوگرم در هکتار از این نوع کود استفاده کردند که نشان از عدم رغبت کشاورزان به استفاده از این کود می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به بالا بودن قیمت و عدم ترویج استفاده از این نوع کود و کودهای میکرو در منطقه اشاره کرد.

جدول 1- مقادیر انرژی ورودی در سیستم تولید گندم

Table 1- Energy Amounts of input in Wheat production systems

ورودی Input	میانگین (مگاژول در هکتار) Average (MJ/ha)	درصد Percent
نیروی انسانی Human labor	103	0.25
حمل و نقل Transportation	815.81	1.95
بذر Seed	5443.58	13.01
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	10884.02	26.03
کود فسفات Phosphorus fertilizer	1425.95	3.41
کود پتاسیم Potassium fertilizer	51.36	0.12
علف‌کش Herbicide	322.49	0.78
الکتریسیته Electricity	14922	35.69
سوخت Fuel	6765.80	16.19
ساخت و استهلاک Construction and depreciation	1076.15	2.57
مجموع Total	41810.16	100

انرژی خروجی از نظر بیولوژیکی کل زیست ماده (بیوماس) تولیدی در سطح زمین به شمار می‌روند. اما در محاسبات اقتصادی، محصول دارای ارزش اقتصادی را در نظر می‌گیرند که خود به هدف پژوهشگر بستگی دارد. میانگین انرژی خروجی در مزارع مورد مطالعه، پس از تعیین میزان عملکرد محصول و ضرایب تبدیل، 93033 مگاژول در هکتار محاسبه گردید (جدول 2).

جدول 2- مقادیر انرژی خروجی در سیستم های تولید گندم

Table 2. Energy Amounts of output in Wheat production systems

خروجی Output	میانگین (مگاژول در هکتار) Average (MJ/ha)	درصد Percent
کاه straw	37665	40.5

دانه	55368	59.5
seed		
مجموع	93033	100
Total		

میانگین انرژی مصرف شده در هر هکتار مزرعه گندم آبی مورد مطالعه 41810 مگاژول در هکتار محاسبه شد. میانگین انرژی ورودی مستقیم و غیر مستقیم به‌ترتیب 22607 (54 درصد) و 19204 (46 درصد) مگاژول در هکتار به‌دست آمد. از منظر انرژی ورودی مستقیم سوخت و الکتریسیته به ترتیب با میانگین 6766 و 14922 مگاژول در هکتار (95/92 درصد) بیشترین سهم را داشتند. میانگین بهره‌وری در مزارع مورد بررسی 0/09 کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد که نشان از مصرف بالای انرژی در عملکرد برابر است. امیدمهر (5) گزارش داد در سه روش کاشت رایج، کم‌خاکورزی و مستقیم؛ روش کشت مستقیم گندم به دلیل مصرف کمتر انرژی نسبت به دو روش دیگر دارای بهره‌وری بالاتری بود. بهره‌وری انرژی نشان‌دهنده این است که در هر زمان برای هر نوع محصول مشخص در هر منطقه، به ازای هر واحد انرژی مصرفی، چه میزان تولید می‌شود و رابطه مستقیم با شاخص دارد (3).

میانگین شدت انرژی به‌دست آمده در زراعت گندم 11/5 مگاژول بر کیلوگرم حاصل شد. در مطالعه بورین و همکاران (2) شدت انرژی مصرفی با افزایش عملیات خاکورزی رابطه مستقیم داشت که می‌توان با استفاده از روش‌های کم‌خاکورزی شدت مصرف انرژی را کاهش داد. شدت انرژی بیان کننده انرژی صرف شده برای تولید هر واحد از محصول است.
بازده انرژی برای تولید گندم عدد 2/2 را نشان داد که بیان کننده این است که به ازاء هر یک مگاژول انرژی ورودی 2/2 مگاژول انرژی معادل محصول تولید شده است. از دلایل بالابودن بازده انرژی استفاده از تناوب زراعی است. کشت مداوم یک محصول در یک زمین علاوه بر کاهش عملکرد محصول باعث هجوم علفهای هرز، آفات و بیماری‌ها می‌شود که این عوامل باعث استفاده بیشتر از نهاده‌های مصرفی می‌گردد که علاوه بر کاهش کارایی انرژی باعث افزایش آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود. مورنو و همکاران (4) در ارزیابی 15 ساله جریان انرژی در تناوب‌های زراعی بر مبنای جو در نظام‌های مختلف کشت در منطقه نیمه خشک کاستیلا لامانچا در اسپانیا نشان دادند که تناوب جو- ماشک تحت نظام کشت ارگانیک، دارای بیشترین نسبت انرژی خروجی به ورودی و کارائی مصرف انرژی بیشتر نسبت به بقیه نظام‌های کشت داشت.
سهم انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در کشتزارهای گندم به ترتیب 13/3 و 86/7 درصد محاسبه شد. نتایج حاصل نشان‌دهنده وابستگی شدید این نظام‌های کشت به منابع تجدید ناپذیر انرژی است که خود بیانگر ناپایداری این سامانه‌های تولیدی می باشد. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر بجای منابع تجدیدناپذیر یکی از عوامل مهم در بالا بردن پایداری نظامهای تولید می‌باشد. وابستگی شدید به منابع تجدید ناپذیر انرژی موجب افزایش آلودگیهای زیست محیطی می‌گردد. یکی از مهم‌ترین اقدامات در جهت کاهش مصرف منابع تجدیدناپذیر انرژی در تولید محصولات زراعی، کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن از طریق روش‌های اکولوژیکی، مدیریت آبیاری، قرار دادن بقولات در تناوب زراعی، استفاده از کود سبز، استفاده از کود دامی می‌باشد. استفاده از سامانه‌های آبیاری مدرن، تعویض پمپ های آبیاری کم‌بازده و همچنین استفاده از ماشین‌آلات مدرن و کارآمد از نظر مصرف سوخت و نیز بهره‌گیری از روشهای خاک‌ورزی حفاظتی همچون کم خاک‌ورزی از دیگر راهکارهای پیش رو جهت کاهش مصرف منابع تجدید ناپذیر انرژی در تولید محصولات زراعی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کارایی مصرف انرژی 1/32 و کارآیی مصرف انرژی برای تولید دانه و کاه 2/22، بهره وری انرژی برای عملکرد بیولوژیک 0/09 کیلوگرم بر مگاژول بدست آمد. با توجه به اینکه انرژی خروجی مربوط به کاه بالای 40 درصد می

باشد، استفاده مناسب از بقایای این محصولات، بهره وری تولید را افزایش می‌دهد. انرژی خالص برای دانه گندم 55368 مگاژول بر هکتار محاسبه گردید. بیشترین انرژی ورودی به ترتیب مربوط به الکتریسیته، کود نیتروژن و سوخت بود.

Evaluating energy efficiency of wheat fields in Khorramshahr in order to improve productivity

Aydin Khodaei joghan*, Morteza Taki, Hamid Matoorian

Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir

1- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

3- Ph.D student of Agrotechnology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

The purpose of this study was to investigate energy consumption efficiency in wheat fields of Khorramshahr. Data were collected by questionnaire and continuous monitoring in 60 wheat fields during 1397-98 growing season. Data analysis was performed in the energy sections of consumer inputs. Results showed that input energy amount per hectare of wheat fields studied was 41810 MJ. Electricity, nitrogen fertilizer and fuel inputs had the greatest impact. Of this amount, 22,606 MJ/ha was direct energy and 19204 MJ/ha was indirect energy. Renewable energy amount was 5546 MJ/ha and the non-renewable energy was 36263 MJ/ha.

Keywords: Cereals, Direct and indirect energy, Energy productivity

منابع

1- Asgharipoure MR, Mondani F and Riahinia Sh, 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy, 44: 1078-1084. (In Persian with English Abstract).
2- Borin, M., Merini, C. and Sartori, L. 1997. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. Soil Tillage Research 40: 209-226.
3- Habibi zadeh, M. Gholami Parshokoohi, M. 2017. Study of Energy Consumption in Traditional and Mechanized Methods for Hashemi and Gohar Varieties Rice Production (Case study: Sowme'eh Sara county. Journal of Biosystems Engineering 5(1): 27-45
4- Moreno, M. M., Lacasta, C., Meco, R. and Moreno, C. 2011. Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: Results of along-term trial. Soil and Tillage Researches 114:18–27.
5- Omid-Mehr, Z. 2015. Evaluating energy flow and greenhouse gas emissions in rainfed wheat production. Cereal Research a Quarterly Journal 6(3): 353-366
6- Pahlavan, R., Omid, M. and Akram, A. 2012. The relationship between energy inputs and crop yield in greenhouse basil production. Journal of Agricultural Sciences Technology 14: 1243-1253. (In Persian with English Abstract).

7- Rajaby, M. H., Soltani, A., Vahidnia B., Zeinali, E. and Soltani, E. 2012a. Evaluation of fuel consumption in wheat fields in Gorgan . Environmental Sciences 9: 142-164. (In Persian with English Abstract).