بررسی جریان انرژی در کشت بوم‌های گندم آبی
مطالعه موردی: شهرستان ری

علی علیپور[1*]، رضا کشاورز افشار[2]، آرش قلعه گلاب بهبهانی[3]، محمد کریمی‌نژاد[4] و وحید محمدی[1]

تاریخ دریافت: 91/4/14 تاریخ پذیرش: 91/9/29

1- دانشجویان دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه زابل
2- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
3- فارغ التحصیل رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری
4- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
* **مسئول مکاتبه**: Emai: Ali_g_tar@yahoo.com

چکیده

ارزیابی روند ورود و خروج انرژی در سامانه‌های کشاورزی یکی از روش‌های تعیین سطح پایداری در این سامانه‌ها است. از این رو در تحقیق حاضر میزان انرژی‌های ورودی و خروجی و شاخص‌های مربوط به آن در کشت‌بوم‌های گندم شهرستان ری واقع در استان تهران در سال زراعی 90-1389 مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق کل انرژی ورودی و خروجی به مزارع گندم این منطقه به ترتیب 47377/6 و124990 مگاژول در هکتار بود. در بین نهاده‌های مصرفی بیشترین سهم از کل انرژی ورودی به ترتیب مربوط به کود شیمیایی نیتروژن (31/1 درصد)، سوخت دیزل (19/9 درصد) و ماشین‌آلات (12/1 درصد) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی مصرف انرژی این کشت‌بوم‌ها 2/63، انرژی خالص تولید شده 77611/6 مگاژول در هکتار و میزان بهره‌وری انرژی در آنها 0/11 می‌باشد. از کل انرژی ورودی به این کشت بوم‌ها 62/1 درصد انرژی غیر مستقیم و همچنین 72/2 درصد از کل انرژی ورودی به این سامانه‌ها مربوط به منابع تجدید ناپذیر انرژی بودند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق هر چند انرژی خالص خروجی از کشت بوم‌های گندم آبی این منطقه در مقایسه با سایر مناطق کشور از وضعیت قابل قبولی برخوردار است ولی کارایی مصرف انرژی در این مزارع چندان قابل توجه نیست. همچنین، میزان اتکا به منابع تجدید ناپذیر انرژی برای تولید گندم در این منطقه زیاد است و باید در جهت جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر به جای منابع تجدید ناپذیر تلاش شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی خالص، بهره‌وری انرژی، کارایی انرژی، کشاورزی پایدار

Evaluation of Energy Flow in Irrigated Wheat Agro Ecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City

A Alipour[1*], R Keshavarz Afshar[2], M Karimi Nejad[3], A Ghalegolab Behbahani[4] and V Mohammadi[1]

Received: July 4, 2012 Accepted: December 19, 2012
[1]PhD students of Crop Ecology, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]PhD student of Crop Ecology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[3]PhD student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[4]Former student of Agronomy, Dept of Agronomy and Plants Breeding, Islamic Azad University, Shahre- e-rey Branch, Tehran, Iran
Corresponding Author: Email: Ali_g_tar@yahoo.com

Abstract

Evaluation of energy flow in agro ecosystems is considered to be a valuable technique for evaluation the sustainability level of these ecosystems. Hence, a study was conducted in 2009-10 growing season to evaluate energy input, output and energy balance indices of irrigated wheat production in Shahre -e- Rey, Iran. The total energy input and output for wheat production was found to be 47377.6 and 124990 MJ ha^{-1}, respectively. The largest share of energy inputs was related to chemical nitrogen fertilizer followed by diesel fuel and machinery which were responsible for 31.1, 19.9 and 12.15% of the total energy input, respectively. Net energy, energy use efficiency and energy productivity of the wheat farms were calculated as 77611.6 MJ ha^{-1}, 2.63 and 0.11 kg MJ^{-1}, respectively. The contribution of indirect energy was 62.1% and share of non-renewable energy was 72.2% of the total energy input. Although the net energy produced in the wheat farms of the targeted area was considerably higher than those reported for the other areas of the country, but energy were not consumed quite efficient. Furthermore, the share of non renewable energy for wheat production was relatively high and efforts should be made to substitute renewable sources for some part of the non renewable sources.

Keywords: Net energy; Energy productivity, Energy efficiency, Sustainable agriculture

مقدمه

انرژی نیروی حیاتی بوم نظام‌ها و بطور کلی زیست سپهر است و در حقیقت کشاورزی نوعی دست کاری انسان برای دریافت انرژی و جریان آن در بوم نظام‌ها می‌باشد (گلیسمن 2007). از این رو ارتباط مابین کشاورزی و انرژی بسیار نزدیک است. کشاورزی در حقیقت هم مصرف کننده و هم تولیدکننده

انرژی به شکل انرژی زیستی[1] می‌باشد (آلام 2005 و کریمی 2008). انرژی مصرفی در بخش کشاورزی در پاسخ به افزایش تولیدات، محدودیت دسترسی به زمین‌های زراعی و تمایل برای افزایش استانداردهای زندگی افزایش یافته است. در تمام جوامع این عوامل (نیاز به افزایش تولید محصول، کاهش سطح اراضی کشاورزی و افزایش نسبی رفاه اجتماعی) مشوق کشاورزان برای افزایش مقدار انرژی‌های ورودی به مزارع برای دستیابی به حداکثر عملکرد بوده است (اسنگون و همکاران 2007). اما با وجود اهمیت این مقوله در تولید محصولات کشاورزی، مصرف انرژی بسیار پر هزینه می‌باشد (گوندوگموز 2006).

امروزه در مبانی کشاورزی پایدار تاکید بر آن است که سامانه‌های تولید به گونه‌ای طراحی شوند که ضمن حفظ سودآوری اقتصادی، در فرایند تولید از منابع انرژی نیز محافظت به عمل آید. در حقیقت افزایش راندمان مصرف انرژی در سامانه‌های کشاورزی یکی از شرایط دستیابی به پایداری در تولید است زیرا استفاده کارآمد از انرژی، علاوه بر صرفه جویی اقتصادی از منابع تجدید ناپذیر سوخت‌های فسیلی نیز محافظت کرده و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف این سوخت‌ها را کاهش می‌دهد (پروانچون و همکاران 2002) و بدین ترتیب موجبات پایداری در کشت بوم را فراهم می‌کند (اسکرول 1994). در واقع افزایش کارایی مصرف انرژی می‌تواند سبب افزایش بوم سازگاری فعالیت‌های کشاورزی شود (گوندوگموز 2006). از این رو، ارزیابی انرژی مصرفی در سامانه‌های مختلف کشاورزی یکی از روش‌های تعیین سطح پایداری در این سامانه‌ها است (گوندوگموز 2006). در حقیقت محاسبه میزان انرژی ورودی و انرژی خروجی از بوم نظام های کشاورزی دو عامل کلیدی برای تعیین کارایی مصرف انرژی و همچنین کارایی اکولوژیکی در سامانه‌های کشاورزی می باشد.

بنابراین، شناسایی روش‌هایی برای تولید محصول که بتوانند کارایی مصرف انرژی را به حداکثر و تولید گازهای گلخانه‌ای را به حداقل برسانند، باید از اولویت‌های پژوهشی و تحقیقاتی بخش کشاورزی به شمار آید (تزیلیواکیس و همکاران 2005).

در این راستا مطالعات فراوانی بر روی ورودی‌ها و خروجی‌های انرژی در بوم نظام های کشاورزی ایران و سایر کشورها صورت گرفته است. در پژوهشی در ایران میزان انرژی ورودی به مزارع گندم آبی (به عنوان سیستم پرنهاده) 45376 مگاژول در هکتار محاسبه گردید که 4/8 برابر انرژی ورودی به مزارع گندم دیم (به عنوان یک سیستم کم نهاده) بود (قربانی و همکاران 2011). در پژوهش دیگری در ترکیه مشخص گردید که سهم کودهای شیمیایی، بذر، سوخت، نهاده‌های شیمیایی و نیروی انسانی ازکل انرژی ورودی به کشت بوم‌های تولید گندم به ترتیب 54/1، 25/2، 17/4، 6 و 1 درصد بوده است. در این تحقیق کارایی مصرف انرژی در تولید گندم 2/8 محاسبه گردید (کاناکی و همکاران 2005). در تحقیقی دیگر بر روی گندم در مناطق مختلف هند، این مقدار بسته به نوع سامانه تولید، از 2/9 تا 5/2 گزارش شده است (سینگ 2002). در مطالعه‌ای در آلمان نشان داده شد که در سیستم‌های تولید گندم بین 7500 تا 17500 مگاژول انرژی وارد کشت بوم می‌شود (کوسترز و لامل 1999).

با توجه به موارد مطرح شده مشخص است که تجزیه وتحلیل جریان انرژی در بوم نظام‌های کشاورزی می‌تواند نقش قابل توجهی در توسعه دیدگاه انسان نسبت به این بوم نظام‌ها داشته باشد و باعث ایجاد دیدگاهی با محوریت محیط زیست از لحاظ مصرف بهینه منابع، تولید انرژی و افزایش کارایی سیستم در بیان انرژی شود. همچنین، با انجام چنین مطالعاتی نهاده‌های انرژی خواه تعیین شده و با توجه به منابع محدود انرژی میزان اتکای سیستم به هر نهاده مشخص می‌شود و در تصمیم گیری‌های آینده برای

[1] Bioenergy

طراحی بوم نظام‌های پایدار، همسو و هم جهت با توسعه پایدار مؤثر واقع می‌شود.

هدف از انجام این تحقیق بررسی و تعیین میزان انرژی‌های ورودی و خروجی و اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به آنها در مزارع گندم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با روش توصیفی و با استفاده از فن پیمایش در شهرستان ری واقع در جنوب استان تهران در سال زراعی90-1389 اجرا گردید. ابزار این تحقیق پرسشنامه بود که بصورت حضوری و رودررو با کشاورزان تکمیل شد. برای بررسی وضعیت مصرف انرژی در کشت بوم‌های منطقه تعداد 83 نفر از کشاورزان به روش آماری با پذیرش خطای 5 درصد و حد اعتماد 95 درصد (t = 1.64) طبق جدول تخمین نمونه بارتلت و همکاران (2001) با روش تصادفی به عنوان نمونه آماری انتخاب و اطلاعات مورد نظر از آنها جمع آوری گردید. از طریق پرسشنامه‌های مذکور اطلاعات مربوط به ساعات نیروی‌کار کارگری و ماشین آلات، میزان سوخت مصرفی، الکتریسیته، کودهای شیمیایی و دامی، آفت کش‌ها، مقدار آب آبیاری و بذر مصرفی برای تولید هر هکتار گندم به عنوان نهاده‌های ورودی و عملکرد دانه گندم و کاه و کلش تولیدی نیز به عنوان محصول خروجی از کشت بوم جمع‌آوری گردید. برای ارزیابی جریان انرژی در بوم نظام‌های کشاورزی لازم است که تمام نهاده‌های مصرفی با استفاده از ضرایب ویژه که در تحقیقات متعددی محاسبه شده اند، به معادل انرژی آن تبدیل شوند. در حقیقت با استفاده از ضرایب ویژه و استاندارد (که در جدول 1 نشان داده شده است) می‌توان ورودی و خروجی‌های یک کشت بوم را به معادل انرژی (بر حسب مگاژول) تبدیل کرده و بدین ترتیب شاخص‌های مورد نظر را محاسبه نمود.

جدول 1- ضرایب استاندارد برای تبدیل نهاده‌های ورودی و محصولات خروجی به معادل انرژی

ردیف	نهاده ورودی/محصول خروجی	معادل انرژی (مگا ژول)	منبع
1	نیروی کارگری (ساعت)	1/96	سینگ (2002)
2	ماشین‌آلات (ساعت)	62/70	گوندوگموز (2006)
3	کود شیمیایی نیتروژن (کیلوگرم)	60/60	سینگ (2002)
4	کود شیمیایی فسفر (کیلوگرم)	11/10	سینگ (2002)
5	کود شیمیایی پتاسیم (کیلوگرم)	6/70	سینگ (2002)
6	کودآلی (کیلوگرم)	0/30	سینگ (2002)
7	حشره‌کش (لیتر)	199	گوندوگموز (2006)
8	قارچ‌کش (لیتر)	92	پاداک و بینینگ (1985)
9	علف‌کش (لیتر)	238	هلسل و فلاک (1992)
10	سوخت (لیتر)	56/31	سینگ (2002)
11	الکترسیته(کیلوات ساعت)	3/6	گوندوگموز (2006)
12	آب آبیاری (متر مکعب)	1/02	محمدی و همکاران (2010)
13	بذر (کیلوگرم)	14/7	اوزکان و همکاران (2004)
14	دانه (کیلوگرم)	14/7	اوزکان و همکاران (2004)
15	کاه و کلش (کیلوگرم)	12/5	اوزکان و همکاران (2004)

برای انجام محاسبات آماری از نرم افزار spss18 استفاده شد. برای ارزیابی جریان انرژی در کشت بوم‌های گندم از چند شاخص‌های مهم شامل کارآیی مصرف انرژی (دمیرکان و همکاران 2005 و ماندال و همکاران 2002)، بهره‌وری انرژی (کاناکی و همکاران 2005 و خان و سینگ 1997) و انرژی خالص (هولسبرگن و همکاران 2001) استفاده گردید. نحوه محاسبه این شاخص‌ها در فرمول 1-3 ارائه شده است.

1)

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی } (MJ)}{\text{انرژی ورودی } (MJ)}$$

2)

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی } (kg)}{\text{انرژی ورودی } (MJ)}$$

3)

انرژی ورودی– انرژی خروجی= انرژی خالص

پس از تعیین معادل انرژی برای هر یک ار نهاده های مصرفی، انرژی‌های ورودی به دو دسته مستقیم (شامل نیروی کارگری، نیروی حیوانی، سوخت و الکترسیته) و غیر مستقیم (شامل بذر، کودهای شمیایی، کود آلی، آفت کش‌ها، ماشین‌آلات) تقسیم بندی شد. همچنین، انرژی ورودی به دو گروه تجدید پذیر (شامل نیروی کارگری، نیروی حیوانی، کود آلی، بذر) و تجدید ناپذیر (شامل کودهای شمیایی، آفت کش‌ها، ماشین‌آلات، سوخت دیزل و الکترسیته) تقسیم بندی گردید.

نتایج

انرژی ورودی و انرژی خروجی

ورودی‌ها و خروج‌های انرژی در کشت بوم‌های گندم شهرستان ری در جدول (2) ارئه شده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق کل انرژی ورودی به کشت بوم‌های گندم آبی، 47377/6 مگاژول در هکتار بود (جدول 3). در بین نهاده‌های مصرفی بیشترین انرژی ورودی مربوط به کود شیمیایی نیتروژن (14744 مگاژول)، سوخت دیزل (9105/3 مگاژول) و ماشین‌آلات (5755/9 مگاژول) بود که به ترتیب 31/1، 19/2 و 12/1 درصد از کل انرژی ورودی به مزارع گندم را به خود اختصاص دادند. کمترین سهم در انرژی ورودی نیز متعلق به قارچکش‌ها (0/2درصد) و کود شیمیایی پتاسیم (0/3درصد) بود. در تحقیق مشابهی در رابطه با ارزیابی انرژی ورودی و خروجی به مزارع گندم استان خراسان شمالی قربانی و همکاران (2011) گزارش کردند که کود شیمیایی نیتروژن و سوخت دیزل به ترتیب با 33/27 و 24/14 درصد از کل انرژی ورودی بیشترین سهم را در انرژی ورودی به مزارع گندم آبی به خود اختصاص دادند. در تحقیق قربانی و همکاران (2011) کل انرژی ورودی به مزارع گندم خراسان شمالی 45367/63 مگاژول در هکتار برآورد گردید (حدود 2010 مگاژول کمتر از نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر) که بخشی از این تفاوت ناشی از اختلاف در ضرایب انرژی به کار رفته در این دو تحقیق می باشد. نتایج ارائه شده توسط سایر محققین از جمله کانکسی و همکاران (2005) در ترکیه که نشان دادند بیشترین میزان انرژی ورودی به مزارع گندم مربوط به کودهای شیمیایی، بذر و سوخت دیزل (به ترتیب 54/1، 25/2، 17/4 درصد از کل انرژی ورودی) می‌باشد، نیز مطابقت دارد.

خروجی انرژی در مزارع گندم در درجه اول دانه و سپس کاه و کلش تولید شده می باشد. در رابطه با انرژی‌های خروجی در مزارع گندم مورد مطالعه کل انرژی خروجی معادل 124990 مگاژول بود که از این مقدار 65/5 درصد مربوط به دانه (5548 کیلوگرم در هکتار) و 34/5 درصد (3450 کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به کاه و کلش بود (جدول 2). این در حالی است که بر اساس گزارش قربانی و همکاران (2011) کل انرژی خروجی مزارع گندم آبی استان خراسان شمالی

31672 مگاژول در هکتار می باشد (2865 کیلوگرم در هکتار دانه و 2578 کیلوگرم در هکتار کاه و کلش) که به مراتب کمتر از منطقه شهرری است. این نتایج با اطلاعات ارائه شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی نیز مطابقت دارد. بر اساس آمارنامه جهاد کشاورزی (بی‌نام، 2009) متوسط عملکرد گندم آبی در استان تهران 5351 و متوسط عملکرد آن در استان خراسان شمالی 3658 کیلوگرم در هکتار است. از مهمترین دلایل این تفاوت می توان به استفاده بیشتر از مکانیزاسیون در مزارع استان تهران اشاره نمود. با مقایسه نتایج به دست آمده از این تحقیق و نتایج گزارش شده توسط قربانی و همکاران (2011) مشاده می شود که تعداد ساعات استفاده از ماشین آلات در مزارع گندم شهرری 91 و خراسان جنوبی تنها 18 بوده است. با این وجود مقدار سوخت دیزل مصرفی نیز در استان تهران به طور قابل توجهی کمتر از خراسان جنوبی بوده است (161 لیتر در مقابل 218 لیتر). این موضوع نشان می دهد ماشین آلات مورد استفاده در شهرری نسبت به خراسان جنوبی مدرن تر بوده و از نظر مصرف سوخت فسیلی نیز کارآمدتر بوده اند. در مطالعه مشابه دیگری میزان انرژی خروجی (دانه) از مزارع گندم هند 64000 مگاژول (معادل 2250 کیلوگرم دانه در هکتار) گزارش شده است (سینگ و همکاران 2007). بنابراین، می توان اینگونه نتیجه گیری نمود که کشت گندم آبی در منطقه شهرری از نظر عملکرد و میزان انرژی خروجی از وضعیت مناسب و قابل قبولی برخوردار است که این موضوع می تواند مرتبط با شرایط اقلیمی و مدیریتی حاکم بر مزارع گندم این منطقه باشد. البته بخشی از تفاوت عملکرد بین این مناطق نیز ممکن است به تفاوت ارقام مورد استفاده برای کشت در این مناطق مرتبط باشد که از حیطه بحث این مقاله خارج است.

جدول 2- مقدار نهاده‌های ورودی، محصولات خروجی و معادل انرژی آن ها در کشت‌بوم‌های گندم آبی شهرستان ری

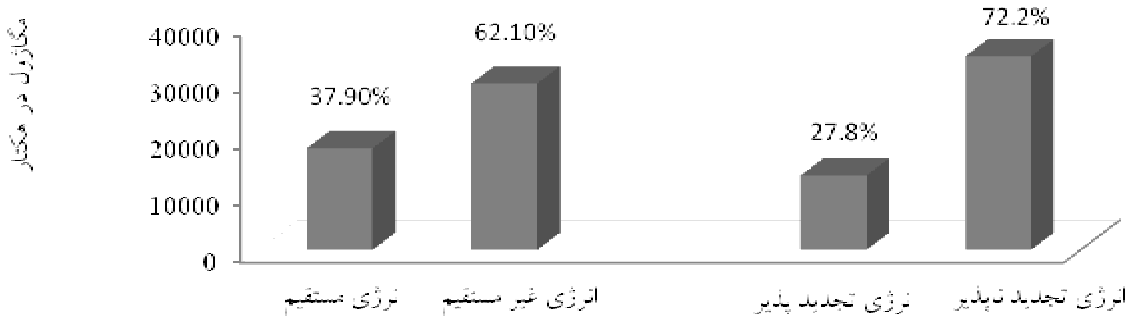
ورودی و خروجی (واحد)	مقدار در هکتار	انرژی معادل	درصد از کل
نیروی کارگری (ساعت)	506/7	993/1	2/1
ماشین‌آلات (ساعت)	91/8	5755/9	12/1
کود شیمیایی نیتروژن (کیلوگرم)	243/3	14743/98	31/1
کود شیمیایی فسفر (کیلوگرم)	266/7	2960/37	6/2
کود شیمیایی پتاسیم (کیلوگرم)	23/2	155/44	0/3
کودآلی (کیلوگرم)	2300	690/00	1/5
حشره‌کش (لیتر)	2/1	417/90	0/9
قارچ‌کش (لیتر)	0/9	82/80	0/2
علف‌کش (لیتر)	1/9	452/20	1/0
سوخت (لیتر)	161/7	9105/33	19/2
الکتریسیته (کیلوات ساعت)	151/4	545/04	1/2
آب آبیاری (متر مکعب)	7168/3	7311/6	15/4
بذر (کیلوگرم)	283/3	4164/5	8/8
مجموع انرژی ورودی		47377/6	100
دانه	5568/7	81860	65/5
کاه و کلش	3450/4	43130	34/5
مجموع انرژی خروجی		124990	100

تفکیک انرژی ورودی به انرژی مستقیم و غیر مستقیم و انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر

از کل مقدار انرژی ورودی به کشت‌بوم‌های گندم منطقه شهر ری، 62/1درصد به صورت انرژی‌های غیر مستقیم و 37/9درصد به صورت انرژی مستقیم مصرف شده اند (شکل 1). در گزارش قربانی و همکاران (2011) سهم انرژی غیر مستقیم در تولید گندم آبی 52/4 درصد و سهم انرژی مستقیم 47/6 درصد از کل انرژی ورودی محاسبه شده است. در بین نهاده‌های ورودی که انرژی مربوط به آنها غیر مستقیم محسوب می شود کود نیتروژن بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. این یافته با نتایج (میرینی و همکاران 2001 و پیمنتل و برگس، 1980) مبنی بر اینکه بیشترین میزان انرژی غیر مستقیم ورودی به انواع بوم نظام‌های زراعی متعلق به کود نیتروژن می باشد، مطابقت دارد. از سویی دیگر، از مجموع انرژی‌های ورودی 72/2درصد مربوط به انرژی‌های غیر تجدید پذیر و 27/8درصد مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر می باشد. این امر بیانگر وابستگی شدید این کشت بوم‌ها به منابع تجدید ناپذیر انرژی است که خود حاکی از ناپایداری این سامانه‌های تولیدی می باشد. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر بجای منابع تجدید ناپذیر یک نکته مهم و کلیدی در پایداری نظام‌های تولید می‌باشد. وابستگی شدید به منابع تجدید ناپذیر انرژی به ویژه در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، که سطح تکنولوژی به ویژه در بخش کشاورزی در آنها چندان بالا نیست نه تنها موجبات افزایش آلودگی‌های زیست محیطی را فراهم می سازد، بلکه منجر به کاهش و تخلیه این منابع ارزنده نیز می شود که خود می‌تواند در آینده‌ای نزدیک سبب ساز بروز انواع مشکلات اقتصادی و سیاسی برای این کشورها شود. بنابراین حرکت به سوی استفاده از منابع تجدید پذیر انرژی و کاهش وابستگی به مصرف منابع تجدید ناپذیر به ویژه سوخت‌های فسیلی واقعیتی انکارناپذیر است و همانگونه که در بسیاری از کشورها این امر محقق شده است، لازم است تدوین استراتژی‌های دقیق برای تحقق این امر در سرلوحه سیاستگذاری‌های بخش کشاورزی کشور قرار گیرد. همانگونه که پیش تر نیز اشاره گردیدکود شیمیایی نیتروژن از مهمترین نهاده های انرژی خواه در تولید محصولات زراعی است و در تولید آن از مقادیر بسیار زیادی انرژی به ویژه سوخت فسیلی استفاده می شود. بنابراین، یکی از مهمترین گام ها در جهت کاهش مصرف منابع تجدید ناپذیر انرژی در تولید محصولات زراعی، کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن از طریق روش های اکولوژیکی همچون مدیریت مصرف کود، مدیریت آبیاری، قرار دادن بقولات در تناوب زراعی، استفاده از کود سبز، استفاده از کود دامی و غیره می باشد. استفاده از سامانه های آبیاری مدرن، تعویض پمپ های آبیاری کم بازده و همچنین استفاده از ماشین آلات مدرن و کارآمد از نظر مصرف سوخت و نیز بهره گیری از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی همچون کم خاک ورزی از دیگر راهکارهای پیش رو جهت کاهش مصرف منابع تجدید ناپذیر انرژی در تولید محصولات زراعی می‌باشد.

شاخص‌های انرژی

در بررسی و برآورد شاخص‌های مربوط به تعادل (بالانس) انرژی، میزان انرژی خالص تولید شده (بر حسب مگاژول در هکتار)،کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی (کیلوگرم محصول تولید شده به ازای هر مگاژول انرژی ورودی) در بوم نظام‌های گندم آبی محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در کشت‌بوم‌های گندم منطقه شهر ری میزان انرژی خالص تولیدی 77611/7 مگاژول در هکتار می باشد (جدول 2). این مقدار برای مزارع گندم آبی خراسان شمالی 19968/6، برای مزارع گندم دیم این استان 22317/7 (قربانی و همکاران 2011) و برای مزارع جو استان همدان



شکل 1 تفکیک انرژی ورودی به کشت بوم های گندم آبی شهرستان ری به انرژی مستقیم، غیر مستقیم و انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر

- انرژی مستقیم شامل: نیروی کارگری، سوخت دیزل، الکتریسیته و آب آبیاری.
- انرژی غیر مستقیم شامل: بذر، کودهای شیمیایی، کود آلی، آفت کش‌ها، ماشین آلات
- انرژی تجدید پذیر شامل: نیروی کارگری، کود آلی، بذر و آب آبیاری
- انرژی تجدید ناپذیر شامل: کودهای شیمیایی، آفت کش‌ها، ماشین‌آلات، سوخت دیزل و الکتریسیته

46497/9 مگاژول در هکتار (مبتکر و همکاران 2011) گزارش شده است. بر این اساس انرژی خالص تولیدی در مزارع گندم آبی شهر ری از وضعیت نسبتا مناسبی برخوردار است. یکی از شاخص‌های بسیار مهم در بررسی روند ورود و خروج انرژی در سامانه‌های کشاورزی، محاسبه کارایی مصرف انرژی می باشد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق کارایی مصرف انرژی در مزارع گندم آبی شهر ری 2/63 می باشد (جدول 2). این شاخص برای گندم تولید شده در استان خراسان شمالی 1/44 (قربانی و همکاران 2011)، ترکیه 2/8 (کاناکی و همکاران 2005) و مناطق مختلف هند از 2/9 تا 5/2 گزارش شده است (سینگ و همکاران 2007). کمتر بودن کارایی مصرف انرژی در مزارع گندم ایران در مقایسه با ترکیه و هندوستان بیانگر وابستگی بیشتر این کشت بوم‌ها به نهاده‌های ورودی و مصرف بیشتر انرژی در مزارع گندم ایران می باشد.

از دیگر شاخص‌های مهم در ارزیابی جریان انرژی در سامانه‌های کشاورزی، بهره وری انرژی است که این شاخص برای گندم آبی درمنطقه مورد مطالعه 0/11 محاسبه گردید (جدول 2). این شاخص برای مزارع گندم آبی استان خراسان شمالی 0/06 گزارش شده است (قربانی و همکاران 2011). بر اساس این یافته‌ها میزان بهره وری انرژی که در حقیقت نشان دهنده مقدار محصول تولید شده به ازای هر واحد انرژی ورودی است، در کشت بوم‌های گندم ایران بسیار پایین می باشد هر چند از این نظر وضعیت مزارع شهر ری به مراتب بهتر از خراسان شمالی می باشد. هر اندازه اتکای سیستم به انرژی ورودی بیشتر باشد مقدار این شاخص کاهش می یابد مگر در یک صورت این شاخص افزایش می‌یابد که آن هم افزایش عملکرد در واحد سطح است.

جدول3- شاخص‌های انرژی در کشت بوم‌های گندم آبی

ردیف	شاخص	واحد	مقدار
1	مجموع انرژی ورودی	مگاژول در هکتار	47378/2
2	مجموع انرژی خروجی	مگاژول در هکتار	124989/9
3	انرژی خالص	مگاژول در هکتار	77611/6
4	کارایی مصرف انرژی	-	2/63
5	بهره وری انرژی	مگاژول در هکتار	0/11

نتیجه گیری

با مطالعه روند جریان انرژی در کشت بوم‌های گندم آبی شهرستان ری مشخص گردید میزان انرژی ورودی و خروجی به این کشت بوم‌ها به ترتیب 47377/6 و124990 مگاژول در هکتار می‌باشد. در بین نهاده‌های مصرفی بیشترین سهم از کل انرژی ورودی به ترتیب مربوط به کود شیمیایی نیتروژن (31/1درصد)، سوخت دیزل (19/9درصد) و ماشین‌آلات (12/1درصد) بود. کارایی مصرف انرژی این کشت‌بوم‌ها 2/63، میزان انرژی خالص تولید شده 77611/6 و میزان بهره‌وری انرژی در آنها 0/11 می‌باشد. در بین انرژی های ورودی شهم انرژی غیر مستقیم بیشتر از انرژی مستقیم و سهم منابع تجدید ناپذیر بیشتر از منابع تجدید پذیر می باشد. کارایی مصرف انرژی در این کشت بوم‌ها پایین است و باید در جهت ارتقا آن تلاش شود. همچنین، میزان اتکا به منابع تجدید ناپذیر انرژی برای تولید گندم در این منطقه زیاد است و باید در جهت جایگزین نمودن منابع انرژی تجدید پذیر به جای منابع تجدید ناپذیر تلاش شود.

منابع مورد استفاده

Alam MS, Alam MR, and Islam KK, 2005. Energy Flow in Agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Sciences, 1(3): 213–220.

Anonymous, 2009. Annual Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Available at: http://www.maj.ir (in Persian).

Bartlett J, Kotrlik J, and Higgins C, 2001. Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research, Information Technology, Learning, and Performance Journal. 19 (1): 43- 50.

Bonny S, 1995. Quelques pistes de recherche pour une meilleure efficacite´ e´nerge´tique en agriculture. Contribution to a study for the European Commission, DGXII, April 1995.

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 Conversion and Management 46: 655–666.

Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D, and Ekinci C, 2005. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761–1769.

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

Ghasemi Mobtaker H, Keyhani A, Mohammadi A, Rafiee S, and Akram A, 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 137: 367–37

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

Gliessman SR, 2007. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems**.** CRC Press INC, 384 pages

Gundogmus E, 2006. Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holding in Turkey. Energy Conversion and Management 47: 3351-335.

Helsel ZR, and Fluck RC, 1992. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide. Energy World Agric 6:177–210.

H¨ulsbergen KJ, Feil B, Biermann S, Rathke GW, Kalk WD, and Diepenbrock W, 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystem and Environment. 86: 303–321.

Karimi M, Rafiee S, Rajabi Pour A, Khairalipour K, and Shahin S, 2008. A Pattern to Distribute Tractor Power from the Viewpoint of Energy Case Study: Isfahan Province in Central Region of Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science. 3 (4): 526-531.

Khan MA, and Singh G, 1997. Energy inputs and crop production in Western Pakistan. Energy 21(1):45-53.

Khan S, Khan MA, and Latif N, 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Soil & Environment 29(1): 61 – 68.

Kuesters J, and Lammel J. 1999. Investigations of the energy efficiency of the production of winter wheat and sugar beet in Europe. European Journal of Agronomy 11: 35–43.

Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM, and Bandyopadhyay KK, 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass and Bioenergy 23(5): 337–345.

Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi S S, and Rafiee H. 2010. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35:1071e5.

Mrini M, Senhaji F, and Pimentel D, 2001. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. Environment, Development and Sustainability 3: 109–126.

Ozkan B, Akcaoz H, and Karadeniz F, 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management 45: 1821–1830

Pathak B S, and Bining AS, 1985. Energy use pattern and potential for energy saving in rice-wheat cultivation. Energy in Agriculture 4:271-278.

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. Agriculture Systems 72: 149–172.

Pimentel D, and Burgess M, 1980.Energy inputs in Corn production. In Handbook of energy utilization in agriculture, eds. D. Pimentel, 67-84.CRC Press, Inc.

Rathke GW, and Diepenbrock W, 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy. 24, 35–44.

Schroll H, 1994. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. Agriculture, Ecosystem and Environment. 51: 301–310.

Singh H, Singh AK, Kushwaha HL, and Singh A, 2007. Energy consumption pattern of wheat production in India. Energy 32: 1848–1854.

Singh JM, 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of science, International Institute of Management University of Flensburg, Germany.

Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA, and Jaggard K, 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural System. 85: 101–119.