

ارزیابی انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی در زراعت ارقام بومی برنج در استان مازندران

اسماعیل یساری^{۱*}، سلمان دستان^۲، رضا یدی^۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۱

۱- استادیار، بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- پژوهشگر پسادکتری، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

۳- عضو هیأت علمی، بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: e_yassari@yahoo.com

چکیده

تجزیه و تحلیل الگوی مصرف انرژی و کارایی آن در نظام‌های کشاورزی می‌تواند از طریق شناسایی نقاط هدر رفت انرژی نقش بسیار مهمی در توسعه شناخت نسبت به بوم‌نظام‌های زراعی داشته باشد. جهت رسیدن به این هدف ضروری است که بوم‌نظام‌های زراعی از نظر ورود و خروج انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. بنابراین در این تحقیق اراضی شالیزاری زیر کشت ارقام محلی به تفکیک شهرستان در استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفتند. ابتدا میزان انرژی ورودی ناشی از مصرف نهاده‌های مختلف برآورد و سپس انرژی خروجی محاسبه و میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از آن تخمین زده شد. نتایج نشان داد که آب آبیاری، سوخت فسیلی، کود نیتروژن و ادوات و ماشین‌آلات دارای حداکثر انرژی ورودی بوده و قارچ‌کش، کود پتاسیم و فسفر کمترین انرژی ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. شهرستان‌های بابل و آمل به‌علت بالاترین سطح زیر کشت بیشترین میزان انرژی ورودی و گرمایش جهانی را در مقایسه با سایر شهرستان‌ها به خود اختصاص دادند. بنابراین، استفاده مؤثر از انرژی در زراعت برنج یکی از عوامل مهم در پیدایش توسعه پایدار است. علاوه بر این، افزایش بهره‌وری انرژی موجب صرفه‌جویی اقتصادی، حفظ سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، برنج، بهره‌وری، تغییر اقلیم، گرمایش جهانی

Evaluation of CO₂ Emission Caused By Energy Consumption of Local Rice Cultivars In Mazandaran Province

Esmail Yasari^{1*}, Salman Dastan², Reza Yadi³

Received: January 21, 2017 Accepted: October 13, 2017

1- Assist. Prof., Dept. of Agricultural Science, Payame Noor University, Iran.

2- Postdoctoral Researcher, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran.

3- Faculty Member, Dept. of Agricultural Science, Payame Noor University, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: e_yassari@yahoo.com

Abstract

Evaluation of energy consumption pattern and its efficiency in agricultural systems can play important role in recognition of agronomic ecological systems by highlighting energy wasting points. In order to reach this point, it is essential to evaluate the incoming and outgoing energy to the system. In this research, paddy fields under cultivation of local cultivars were examined across different cities of Mazandaran. Initially the amount of incoming energy, thereafter the amount of outgoing energy were calculated based on agricultural incomes, then ultimately the total carbon dioxide emission were estimated. The results demonstrated that irrigation water, fossil fuel, nitrogen fertilizer and agricultural machinery were the maximum and fungicides, potassium and phosphorous fertilizer, the minimum incoming energy to the system. Babol and Amol cities, because of more cultivating area have maximum incoming energy and causing global warming. It was therefore postulated that effective use of energy in rice cultivation is an important factor in sustainable development, playing in economical saving, fossil fuel reservation and decreasing air pollution.

Keyword: Climate Change, Energy, Global Warming, Productivity, Rice

مقدمه

به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک شایانی نماید (دستان و همکاران ۲۰۱۵ ب). بهینه‌سازی مصرف انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی منجر به کاهش هزینه عملیات زراعی، بهبود کیفیت هوا، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و توسعه پایدار می‌شود (دستان و همکاران ۲۰۱۵ الف).

امروزه، به دلیل درک ضرورت حفظ منابع طبیعی و نیز عواقب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این، توسعه نظام‌های کشاورزی با حداقل انرژی ورودی از جمله کاهش اتکا به انرژی ورودی، می‌تواند

انرژی خالص در SRI مشاهده شد. اما، انرژی ویژه برای SRI کمتر از دو نظام دیگر بود که این تغییرات به میزان ورودی‌ها و شرایط رشد بستگی دارد. نتایج نشان داد که مدیریت انرژی در سطح مزرعه بهره‌وری انرژی و کارایی اقتصادی را بهبود می‌بخشد. منابع انرژی تجدیدپذیر یکی از راه‌حل‌های کارآمد و مؤثر برای توسعه پایدار انرژی و پیشگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی در ایران و جهان هستند (دستان و همکاران ۲۰۱۵ الف). در پژوهش ارزیابی انرژی ورودی در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در منطقه گرگان مشاهده شد که از کل انرژی‌های ورودی مستقیم، سوخت مصرفی در جریان عملیات زراعی با میانگین ۳۳۹۰ مگاژول در هکتار بیش‌ترین مقدار را داشته و بعد از آن تأمین نیروی برق با میانگین ۳۰۹ مگاژول در هکتار در جایگاه بعدی قرار گرفت (سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). همچنین در مطالعه قربانی و همکاران (۲۰۱۱) میزان انرژی ورودی در نظام کاشت کم‌نهاد و پرنهاد گندم به ترتیب برابر ۹۳۵۴/۲ و ۴۵۳۶۷/۶ مگاژول در هکتار بود.

توسعه نظام‌های زراعی با ورودی کمتر و بهره‌وری بالا می‌تواند به کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای CO₂ در بخش کشاورزی کمک کند (دالگاراد و همکاران ۲۰۰۰). دستان و همکاران (۲۰۱۵ ب) بیان داشتند که میانگین انرژی ورودی در نظام‌های تولید برابر ۲۲۷۹۳/۰۲ مگاژول در هکتار و کم‌ترین میزان انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی، ۱۶۱۰۲/۹۸ مگاژول در هکتار بود. بیش‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های تولید، مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری است که بالاترین مقدار را از نظر انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی نیز به خود اختصاص داد و کود نیتروژن و سوخت در رتبه‌های دوم و سوم انتشار دی‌اکسید کربن قرار گرفتند (دستان و همکاران ۲۰۱۵ ب). متوسط پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید برنج برابر ۲۳۰۷/۳۳ کیلوگرم CO₂ در

اتخاذ مدیریت مناسب در کشاورزی می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کنترل و نتیجه آن، کاهش پتانسیل گرمایش جهانی و ردپای کربن در تولیدات کشاورزی در مزرعه است (گان و همکاران ۲۰۱۱). بر اساس نتایج برخی مطالعات، بخش قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به تولید محصولات کشاورزی می‌تواند از طریق بهبود شیوه‌های زراعی کاهش یابد (مالموتی و همکاران ۲۰۰۹). دستان و همکاران (۲۰۱۶) با هدف تخمین ردپای کربن و گرمایش جهانی در نظام‌های تولید رایج، بهبودیافته و حفاظتی برنج بیان کردند که میانگین پتانسیل گرمایش جهانی^۱ (GWP) در سه نظام کاشت برابر ۲۸۰۳/۲۵ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود. بیش‌ترین و کم‌ترین GWP در نظام‌های کاشت فشرده و رایج منطقه مشاهده و GWP در واحد انرژی ورودی و خروجی در نظام کاشت فشرده حداقل و در نظام کاشت رایج منطقه حداکثر بود. کم‌ترین و بیش‌ترین ردپای کربن در واحد وزن نیز در نظام‌های کاشت فشرده و رایج منطقه به دست آمد و بنابراین، شیوه صحیح مدیریت مزرعه در نظام تولید فشرده به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی و ردپای کربن منجر شد. همچنین، نتایج آن‌ها در گزارش دیگر نشان داد (دستان و همکاران ۲۰۱۵ الف)، که میانگین انرژی ورودی در نظام‌های مورد مطالعه شامل انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر برابر ۲۴۲۶۲/۲۹ مگاژول در هکتار و کل انرژی خروجی در نظام‌های تولید نیز برابر ۱۹۱۳۴۰ مگاژول در هکتار به دست آمد. درصد انرژی مستقیم و تجدیدپذیر مصرفی در نظام کاشت فشرده (SRI^۲) بیش‌تر از نظام‌های بهبودیافته و رایج منطقه بود، اما درصد انرژی غیرمستقیم و تجدیدناپذیر مصرفی در SRI کمتر از نظام‌های بهبودیافته و رایج منطقه بود. بالاترین میزان کارایی و بهره‌وری انرژی و

^۱ GWP^۲ System of Rice Intensification

مدیرانه‌ای و نواحی کوهستانی مازندران نیمه‌مرطوب است.

مناطق و شهرستان‌های مورد مطالعه

قلمرو مکانی این تحقیق شهرستان‌های استان مازندران (گلوگاه، بهشهر، نکا، میانرود، سوادکوه، ساری، قائمشهر و سیمرغ، جویبار، بابل، بابلسر، آمل، محمودآباد و فریدونکنار، نور و رویان، نوشهر و چالوس و تنکابن و رامسر) بود که با توجه به روش تحقیق، جامعه مذکور از طریق روش‌های علمی و آماری مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین سطح زیر کشت و تولید برنج استان مازندران به ترتیب به شهرستان‌های آمل، بابل و ساری اختصاص دارد (آمارنامه وزارت کشاورزی ۱۳۹۲). برای انجام این تحقیق ابتدا ۱۰ مزرعه برنج بر اساس روش کوکران برای هر شهرستان در سال ۱۳۹۳ شناسایی شده‌اند. نحوه شناسایی مزارع به شکلی بود که تمامی شیوه‌های تولید برنج از نظر مدیریت زراعی و مصرف نهاده‌ها را در شهرستان‌های مورد نظر پوشش دهد. سپس، ویژگی‌های مزارع و اطلاعات تکمیلی مربوط به آن‌ها ثبت شد. در روش کاشت نیمه‌مکانیزه، علاوه بر تیلر و خرمنکوب از ماشین‌های نشاکار برنج و دروگر خودگردان استفاده می‌شود (پیمان و همکاران ۲۰۰۵).

تمامی اقدامات مدیریتی مزارع انتخاب شده تحت نظارت مهندسان کشاورزی قرار داشتند. در این آزمایش تنها ارقام بومی (محلی) در سطح شالیزارهای استان مورد مطالعه قرار گرفتند و به دلیل کاهش سطح زیر کشت ارقام پرمحصول (اصلاح شده) و عدم کشت مکانیزه آن‌ها (غلامی و فاتحی عبدالملکی ۲۰۱۰)، این ارقام انتخاب نشدند. به منظور جمع‌آوری اطلاعات از مزارع، عملیات زراعی به هشت بخش تهیه زمین، کاشت، کوددهی، حفاظت گیاه، کنترل علف‌های هرز، آبیاری، برداشت و حمل و نقل به کارخانه تفکیک شد. با شروع هر عملیات، با توجه به نوسانات دمایی، تنوع روش‌های

هکتار به دست آمد (دستان و همکاران ۲۰۱۵). کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار تولید GWP به ترتیب برابر ۱۶۴۰ و ۲۷۲۸ کیلوگرم CO₂ در هکتار در نظام‌های کاشت حفاظتی و رایج حاصل شد. مقادیر GWP در واحد انرژی ورودی نیز در نظام کاشت حفاظتی حداقل و در نظام کاشت رایج حداکثر بوده و نظام کاشت حفاظتی کم‌ترین GWP را در واحد انرژی خروجی دارا بود. نظام‌های کاشت بهبودیافته و رایج در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند. به طور کلی، میزان GWP ارتباط مستقیمی با شیوه مدیریت مزرعه و مصرف نهاده‌ها داشته و بر این اساس کم‌ترین مقدار این شاخص‌ها در نظام کاشت حفاظتی به دست آمد. کشاورزی و به‌ویژه زراعت برنج به‌عنوان یک عامل قابل توجه در انتشار گازهای گلخانه‌ای محسوب شود و ارزیابی چرخه تولید برنج برای تعیین میزان انرژی مصرفی و نیز الگوی مصرف انرژی به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای امری ضروری است. از این‌رو، هدف از این پژوهش ارزیابی انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی ارقام بومی برنج در استان مازندران بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه

استان مازندران در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی قرار دارد. این استان بر اساس ویژگی‌های دما، بارش و توپوگرافی منطقه به دو نوع آب و هوای معتدل خزری و آب و هوای کوهستانی تقسیم می‌شود. این تحقیق در شرایط آب و هوایی معتدل خزری انجام شد. میانگین بارندگی سالیانه در نوار ساحلی استان برابر با ۹۷۷ میلی‌متر است. حداکثر بارندگی در پاییز و حداقل آن در بهار اتفاق می‌افتد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن نواحی غربی مازندران بسیار مرطوب، نواحی مرکزی مازندران مرطوب و نواحی شرقی مازندران

گردید (دستان و همکاران ۲۰۱۵ ب؛ سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). انرژی استفاده از ماشین‌ها، شامل ساخت و نگهداری و انتقال آن‌ها به مزارع بوده و برای محاسبه این انرژی ورودی از روابط ۱ و ۲ استفاده شد (رجبی و همکاران، ۲۰۱۲):

$$TE = UEH * t \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$UEH = (UEW * W) / ULT \quad (\text{رابطه ۲})$$

در روابط (۱) و (۲)، TE: انرژی حاصل از استفاده از ماشین (مگاژول در هکتار)؛ UEH: انرژی مصرفی ادوات و ماشین‌ها برای انجام عملیات زراعی بر حسب (مگاژول در ساعت)؛ t: مدت زمان کاربرد ماشین (ساعت در هکتار)؛ UEW: انرژی مورد نیاز برای ساخت، تعمیر و نگهداری و حمل و نقل ماشین بر حسب مگاژول بر کیلوگرم؛ W: وزن ماشین بر حسب کیلوگرم؛ ULT: عمر مفید ماشین‌ها بر حسب ساعت است. معادله‌های انرژی استفاده شده برای سایر نهاده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

معادلات شاخص‌های انرژی به شرح ذیل است:

$$ER = EO / EI \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن ER نسبت یا کارایی انرژی بوده و عددی بدون واحد است. EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه است.

$$EP = PY / EI \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن EP بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، PY عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) است.

$$SE = EI / PY \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن SE انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و PY عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار) است.

$$NEY = EO - EI \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در آن NEY عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار) است.

تولید و مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها (ورودی‌ها) توسط کشاورزان منطقه و به‌منظور تهیه اطلاعات جامع‌تر، تاریخ شروع هر عملیات و میزان ورودی‌ها در هر مرحله از اجرا (کاشت تا برداشت) در مزارع از طریق مصاحبه رودرو با کشاورزان با نظارت ناظرین جمع‌آوری و ثبت شد.

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش کلیه عملیات مدیریتی انجام شده از مرحله شخم اولیه و تهیه خزانه تا برداشت از طریق مطالعات میدانی ثبت گردید. در این بررسی‌ها شیوه انجام هر عملیات مدیریتی در مزارع برای هر یک از مراحل تهیه بستر بذر، کاشت، داشت و برداشت مشخص شد. تمامی اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه بستر (تعداد و زمان شخم، دیسک و غیره)، زمان کاشت، کود (میزان کود و زمان مصرف کود)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آبیاری (تعداد و زمان آبیاری) و مسائل مربوط به برداشت (زمان برداشت و میزان عملکرد) جمع‌آوری شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده ثبت و برای برآورد مصرف انرژی، میزان ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین گردید. برای ارزیابی انرژی ورودی (مصرفی)، همه ورودی‌ها در هنگام اجرای عملیات زراعی با استفاده از روابط معادله‌های انرژی (ضرایب تبدیل) استخراجی از منابع متعدد برای هر عملیات زراعی معادله‌سازی شد (دستان و همکاران ۲۰۱۵ ب؛ سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). سپس مقدار انرژی ورودی برای هر نهاده و عملیات محاسبه شد (سلطانی و همکاران ۲۰۱۳؛ سینگ و همکاران ۲۰۱۳). برای تعیین انرژی خروجی (تولیدی) به‌دست آمده از شلتوک و کاه و کلش، با استفاده از معادله‌های انرژی (ضرایب تبدیل) استخراج شده مربوط به شلتوک و کاه و کلش در برنج معادله‌سازی شده (جدول ۱)، مقدار کل انرژی ورودی و خروجی آن‌ها به‌طور جداگانه محاسبه

عامل انتشار در نظر گرفته شد (بی‌نام ۲۰۱۱، هیأت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی ۲۰۰۷ الف و ب). پس از محاسبه GWP کل، برای تخمین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح (کیلوگرم CO₂ در هکتار)، در واحد وزن (کیلوگرم CO₂ در تن شلتوک)، در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم CO₂ در گیگاژول) و در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم CO₂ در گیگاژول) محاسبه گردید.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی، ابتدا مقدار سوخت مصرفی در کارخانه و انرژی مصرفی مربوط به تولید و حمل و نقل نهاده‌ها شامل: کود و سموم شیمیایی، ادوات و ماشین‌آلات و مصرف سوخت برای عملیات زراعی تعیین شد (تزیلیواکیس و همکاران ۲۰۰۵ الف و ب، گرین ۱۹۸۷، هیأت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی ۲۰۰۷ الف و ب). سپس، مقدار انتشار دی‌اکسید کربن مربوط به هر بخش محاسبه شد. انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از بوجاری، ضدعفونی و حمل و نقل بذر برنج با توجه به نوع مدیریت زراعی و کیفیت بذر

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در تولید برنج

منبع	معادل انرژی (مگاژول در واحد)	واحد مصرف	ورودی‌ها / خروجی‌ها
ازکان و همکاران ۲۰۰۴، هاتیرلی و همکاران ۲۰۰۶	۲۵	kg	بذر برنج
ازکان و همکاران ۲۰۰۷، تیپی و همکاران ۲۰۰۹	۱/۹۶	h	نیروی انسانی
سینگ و همکاران ۲۰۰۲، کاناکسی و همکاران ۲۰۰۵	۶۲/۷	h	ادوات و ماشین‌آلات الف
بی‌نام ۲۰۰۸	۳۸	l	سوخت دیزل
کالتاس و همکاران ۲۰۰۷	۱۲/۱	kWh	نیروی برق
ازکان و همکاران ۲۰۰۴، آکسوز و همکاران ۲۰۰۹	۶۰/۶	kg N	نیترژن
ازکان و همکاران ۲۰۰۴، آکسوز و همکاران ۲۰۰۹	۱۱/۱	kg P ₂ O ₅	فسفر
ازکان و همکاران ۲۰۰۴، آکسوز و همکاران ۲۰۰۹	۶/۷	kg K ₂ O	پتاسیم
تزیلیواکیس و همکاران ۲۰۰۵ الف، راتک و دیپنبروک ۲۰۰۶	۲۸۸	kg a.i.	علف‌کش
تزیلیواکیس و همکاران ۲۰۰۵ الف، راتک و دیپنبروک ۲۰۰۶	۲۳۷	kg a.s.	حشره‌کش
دیک و همکاران ۲۰۰۸	۱۹۶	kg a.s.	قارچ‌کش
ازکان و همکاران ۲۰۰۴، تیپی و همکاران ۲۰۰۹	۱۴/۷	kg	شلتوک
ازکان و همکاران ۲۰۰۷، اقبال ۲۰۰۷	۱۲/۵	kg	کاه و کلش

الف: این انرژی شامل ساخت، تعمیرات، نگهداری و حمل و نقل است

نتایج و بحث

۵۷۳۶۸/۸ مگاژول در هکتار با تفاوت ناچیز در رتبه بعدی قرار گرفتند. انرژی ورودی مربوط به ادوات و ماشین‌آلات نیز برابر ۳۷۹۷۴/۵۱ مگاژول در هکتار بوده است. انرژی ورودی بذر، حشره‌کش و علف‌کش برابر ۲۰۶۹۲/۵، ۱۶۸۸۲/۹۴ و ۱۹۶۶۱/۵۲ مگاژول در هکتار بوده است. کمترین انرژی ورودی مربوط به قارچ‌کش، کود پتاسیم و کود فسفر بوده که مجموع آن برابر ۱۲۱۵۹/۰۶، ۷۲۱۷/۷۷ و ۳۵۳۶/۶ مگاژول در هکتار بود

یافته‌های جدول ۲ انرژی ورودی ناشی از مصرف نهاده‌های مختلف را در شهرستانهای استان مازندران نشان می‌دهد. مجموع انرژی ورودی مربوط به هر نهاده در تمامی شهرستانها نشان می‌دهد که انرژی آب مصرفی دارای بالاترین رتبه از نظر انرژی ورودی (۱۰۳۳۰۷/۴ مگاژول در هکتار) می‌باشد. انرژی سوخت و کود نیترژن با مجموع ورودی ۵۸۰۵۱/۸ و

درصد از کل انرژی ورودی تعیین شد (دستان و همکاران، ۲۰۱۵ الف). علاوه بر این، کمترین انرژی ورودی در هر سه نظام تولید برنج مربوط به نیروی انسانی بود که ۳/۴۳ درصد از کل انرژی ورودی را شامل می‌شود. سهم انرژی ورودی مربوط به نیروی انسانی با میانگین (۸۳۲/۷۱ مگاژول در هکتار) در SRI با میزان مصرف ۳۴۴/۹۶ مگاژول در هکتار معادل ۱/۷۲ درصد از کل بود که در مقایسه با نظام‌های بهبودیافته (۱۰۳۴/۸۸ مگاژول در هکتار و ۴/۰۶ درصد) و رایج منطقه (۱۱۱۸/۲۸ مگاژول در هکتار و ۴/۱۲ درصد) به‌علاوه مکانیزه بودن این روش، انرژی کارگری کمتری مصرف شد.

(جدول ۲). دستان و همکاران (۲۰۱۵ الف) با ارزیابی بیان انرژی در نظام‌های تولید برنج گزارش کردند که با توجه به بیان انرژی ورودی مشاهده می‌شود که میانگین انرژی ورودی هر سه نظام کاشت مربوط به انرژی آب آبیاری (۷۷۸۰/۴۶ مگاژول در هکتار)، کودهای شیمیایی (۵۲۲۴/۵۳ مگاژول در هکتار) و سوخت (۳۵۴۰ مگاژول در هکتار) بود که سهم هر یک از آن‌ها به ترتیب معادل ۳۲/۴۸، ۲۱/۵۳ و ۱۴/۵۹ درصد از کل انرژی ورودی را شامل می‌شود. همچنین انرژی ورودی مربوط به ادوات و ماشین‌آلات (۲۰۰۶/۴ مگاژول در هکتار)، سموم شیمیایی (۱۹۴۴/۸۵ مگاژول در هکتار) و بذر (۱۸۳۳/۳۳ مگاژول در هکتار) بود که سهم هر یک از آن‌ها به ترتیب برابر ۸/۲۷، ۸/۰۲ و ۷/۵۶

جدول ۲- انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) ناشی از مصرف نهاده‌های مختلف در اراضی شالیزاری شهرستان‌های مازندران

نام شهرستان	بذر	نیروی انسانی	ادوات و ماشین‌آلات	سوخت	آب آبیاری	نیترژن (N)	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)	علف‌کش (kg a.i.)	قارچ‌کش (kg a.i.)	حشره‌کش (kg a.i.)
گلوگاه	۱۵۱۲/۵۰	۸۹۳/۷۶	۲۶۲۷/۱۳	۴۰۴۷	۷۴۰۲/۵۰	۴۳۲۰/۷۸	۴۹۹/۵۰	۲۵۱/۲۵	۱۱۳۴/۷۲	۱۹۶	۱۳۴۶/۱۶
بهشهر	۱۴۸۷/۵۰	۹۵۲/۵۶	۲۶۵۱/۲۹	۳۹۲۳	۷۲۷۶/۵۰	۳۷۶۳/۲۶	۵۸۲/۷۵	۲۵۱/۲۵	۹۸۴/۹۶	۱۹۴/۰۴	۱۳۵۲/۲۷
نکا	۱۴۶۲/۵۰	۸۴۰/۸۴	۲۵۷۶/۹۷	۴۲۶۹/۳۰	۶۸۳۵/۵۰	۳۳۴۵/۱۲	۴۷۱/۷۵	۳۰۱/۵۰	۹۹۳/۶۰	۱۹۲/۰۸	۱۲۷۹/۸۰
میاندرد	۱۴۶۲/۵۰	۸۸۷/۸۸	۲۳۳۲/۴۴	۳۰۷۱/۵۰	۷۱۱۹	۴۰۴۲/۰۲	۵۳۸/۳۵	۲۱۷/۷۵	۱۰۶۲/۷۲	۲۰۷/۷۶	۱۲۴۸/۹۹
سناری	۱۳۶۲/۵۰	۸۰۴/۵۸	۲۵۸۹/۵۴	۳۶۲۹	۶۳۰۰	۲۸۴۳/۳۵	۴۷۱/۷۵	۲۳۴/۵۰	۱۷۱۰/۷۲	۱۹۵/۸۰	۱۳۷۴/۶۰
جویبار	۱۴۳۷/۵۰	۸۱۷/۵۲	۲۵۷۰/۷۰	۳۶۲۹	۶۷۴۱	۴۳۲۰/۷۸	۵۸۲/۷۵	۳۰۱/۵۰	۱۲۵۸/۵۶	۱۹۰/۱۲	۱۳۵۲/۲۷
قائم‌شهر و سیمرغ	۱۲۳۷/۵۰	۷۸۰/۰۸	۲۵۴۵/۶۲	۳۸۱۹	۶۷۲۸/۴۰	۳۹۰۲/۶۴	۳۹۱/۲۷	۱۵۰/۷۵	۹۶۱/۹۲	۱۷۶/۴۰	۲۱۱۸/۷۸
سوادکوه	۱۳۱۲/۵۰	۹۱۱/۴۰	۲۸۵۲/۸۵	۴۳۱۳	۶۸۶۷	۳۵۴۰/۲۵	۴۹۹/۵۰	۲۱۷/۷۵	۱۰۳۳/۹۲	۲۱۱/۶۸	۱۱۵۶/۵۶
بابل	۱۳۲۵	۷۲۳/۲۴	۲۳۵۱/۲۵	۳۹۷۱	۸۰۰۱	۵۷۱۴/۵۸	۵۸۲/۷۵	۲۲۳/۹۵	۱۳۳۳/۴۴	۲۳۷/۱۶	۱۳۵۵/۶۴
آمل	۱۲۷۵	۶۹۵/۸۰	۲۵۴۹/۹۰	۳۹۱۴	۶۳۰۰	۳۶۲۳/۸۸	۳۳۳	۱۳۴	۱۰۷۷/۵۰	۱۸۴/۲۴	۱۲۵۲/۷۳
بابلسر	۱۱۰۵	۶۹۰/۹۰	۲۱۸۱/۹۶	۳۷۶۲	۶۸۸۵/۹۰	۳۵۶۸/۱۳	۲۲۲	۲۱۴/۴۰	۹۳۶	۲۹۷/۹۲	۱۱۲۳/۳۸
فریدونکنار و محمودآباد	۱۳۰۰	۶۶۴/۴۴	۲۲۵۷/۲۰	۳۹۳۳	۶۷۶۶/۲۰	۳۹۰۲/۶۴	۵۲۷/۲۵	۱۸۴/۲۵	۱۱۵۲	۲۱۳/۶۴	۱۲۶۷/۹۵
نور	۱۴۶۲/۵۰	۷۸۲/۰۴	۲۶۵۸/۴۸	۳۸۳۸	۷۰۸۷/۵۰	۳۶۵۱/۷۵	۴۷۱/۷۵	۲۱۷/۷۵	۹۹۶/۴۸	۱۹۲/۰۸	۱۲۰۶/۳۳
نوشه‌رو چالوس	۱۴۷۵	۸۷۲/۲۰	۲۶۸۳/۵۶	۳۹۱۴	۶۵۰۷/۹۰	۳۳۴۵/۱۲	۵۱۶/۱۵	۲۳۴/۵۰	۱۰۴۵/۴۴	۱۸۲/۲۰	۱۰۵۲/۲۸
تنکابن، بایس‌آباد و رامسر	۱۴۷۵	۸۴۱/۸۲	۲۵۴۵/۶۲	۴۰۰۹	۶۴۸۹	۳۴۸۴/۵۰	۵۲۷/۲۵	۳۰۱/۵۰	۱۲۰۰/۹۶	۲۱۳/۶۴	۱۱۷۰/۷۸
جمع کل	۲۰۶۹۲/۵۰	۱۲۱۵۹/۰۶	۳۷۹۷۴/۵۱	۵۸۰۵۱/۸	۱۰۳۳۰۷/۴۰	۵۷۳۶۸/۸۰	۷۲۱۷/۷۷	۳۵۳۶/۶۰	۱۶۸۸۲/۹۴	۳۰۸۸/۷۶	۱۹۶۶۱/۵۲

۲۴۷۶۴۷۱ مگاژول در هکتار بوده است. حداکثر انرژی ورودی برابر ۲۵۹۱۹، ۲۴۲۳۱/۳ و ۲۳۴۳۰/۳۸ مگاژول در هکتار به ترتیب مربوط به شهرستانهای بابل، گلوگاه و بهشهر بود.

مطابق یافته‌های جدول ۳ که انرژی ورودی و خروجی، کارایی انرژی و انرژی خالص مربوط به اراضی شالیزاری شهرستانهای مختلف را نشان می‌دهد مجموع انرژی ورودی و خروجی برای شهرستانهای استان به ترتیب برابر ۳۳۹۹۴۱/۷ و

جدول ۳- میانگین انرژی ورودی و خروجی (مگاژول در هکتار) اراضی شالیزاری شهرستان‌های مازندران

نام شهرستان	انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)	انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)	کارایی انرژی	انرژی خالص (مگاژول در هکتار)
گلوگاه	۲۴۲۳۱/۳	۱۶۸۴۸۹	۶/۹۵	۱۴۴۲۵۷/۷۰
بهشهر	۲۳۴۳۰/۳۸	۱۶۶۷۵۴	۷/۱۲	۱۴۳۳۲۳/۶۰
نکا	۲۲۵۶۸/۹۶	۱۶۵۳۴۳	۷/۳۳	۱۴۲۷۷۴
میانرود	۲۲۱۹۰/۹۱	۱۶۱۴۱۸	۷/۲۷	۱۳۹۲۲۷/۱۰
ساری	۲۱۵۱۶/۳۴	۱۷۱۷۰۵/۵۰	۷/۹۸	۱۵۰۱۸۹/۲۰
جویبار	۲۳۲۰۲/۷۰	۱۷۱۹۲۹	۷/۴۱	۱۴۸۷۲۶/۳۰
قائم‌شهر و سیمرغ	۲۲۸۱۲/۳۷	۱۶۹۰۱۸	۷/۴۱	۱۴۶۲۰۵/۶۰
سوادکوه	۲۲۹۱۶/۴۱	۱۵۰۷۱۴	۶/۵۸	۱۲۷۷۹۷/۶۰
بابل	۲۵۹۱۹/۰۱	۱۷۶۹۳۸	۶/۸۳	۱۵۱۰۱۹
آمل	۲۱۳۴۱/۰۵	۱۷۲۱۳۲	۸/۰۷	۱۵۰۷۹۱
بابلسر	۲۰۹۸۷/۵۹	۱۷۸۹۵۸	۸/۵۳	۱۵۷۹۷۰/۴۰
فریدونکنار و محمودآباد	۲۲۱۶۸/۵۷	۱۷۴۵۱۸	۷/۸۷	۱۵۲۳۴۹/۴۰
نور	۲۲۵۶۴/۶۶	۱۵۴۳۴۸	۶/۸۴	۱۳۱۷۸۳/۳۰
نوشهر و چالوس	۲۱۸۳۲/۳۵	۱۴۱۵۵۰	۶/۴۸	۱۱۹۷۱۷/۷۰
تنکابن، عباس‌آباد و رامسر	۲۲۲۵۹/۰۷	۱۵۲۶۵۶/۵۰	۶/۸۶	۱۳۰۳۹۷/۴۰
جمع کل	۳۳۹۹۴۱/۷۰	۲۴۷۶۴۷۱	۷/۲۹	۲۱۳۶۵۲۹

محمودآباد، ساری و قائمشهر در رتبه های بعدی قرار گرفتند. کمترین کارایی انرژی برابر ۶/۴۸ و ۶/۸۴ در شهرستانهای نوشهر و چالوس و نور و همچنین تنکابن، عباس آباد و رامسر برابر ۶/۸۶ به دست آمد (جدول ۳). انرژی خالص مربوط به شالیزارهای استان نشان می‌دهد که شهر بابلسر با ۱۵۷۹۷۰/۴ مگاژول انرژی خالص در هکتار در رتبه اول و شهرستانهای نوشهر و چالوس با ۱۱۹۷۱۷/۷ مگاژول انرژی خالص در هکتار در رتبه آخر قرار گرفت (جدول ۳).

در مطالعه‌ای با بررسی نظام‌های کاشت برنج مشاهده شد که میانگین انرژی ورودی در نظام‌های

شهرستان جویبار با انرژی رودی ۲۳۲۰۲/۷ مگاژول در هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. کمترین انرژی ورودی برابر ۲۱۳۴۱/۰۵ مگاژول در هکتار برای شهرستان آمل مشاهده شد. انرژی خروجی شهرستانهای بابلسر (۱۷۸۹۵۸ مگاژول در هکتار) و فریدونکنار و محمودآباد (۱۷۸۹۵۸ مگاژول در هکتار) حداکثر بود. حداقل انرژی خروجی برابر ۱۴۱۵۵۰ مگاژول در هکتار برای شهرستان نوشهر و چالوس مشاهده شد (جدول ۳). کارایی انرژی در شهرستان بابلسر و آمل به ترتیب برابر ۸/۵۳ و ۸/۰۷ بالاترین میزان را نشان داد شهرستانهای ساری، فریدونکنار و

یک معادل ۲۷/۵۸، ۲۰/۶۳، ۱۴/۸۸، ۱۳/۸۳ و ۱۳/۶۸ درصد از کل انرژی ورودی را شامل می‌شود. کمترین سهم انرژی ورودی در نظام کاشت SRI مربوط به کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم و علفکش به دلیل عدم استفاده از آنها بود (دستان و همکاران ۲۰۱۵ الف).

با توجه به جدول ۴ که میزان انرژی ورودی و خروجی، کارایی انرژی و انرژی خالص شالیزارهای استان را در کل سطح زیر کشت آن نشان می‌دهد مجموع سطح زیرکشت برنج استان مازندران برابر ۱۶۰۳۴۰/۵ هکتار بوده است.

تولید برابر ۲۴۲۶۲/۲۸ مگاژول در هکتار بود که کمترین میزان انرژی ورودی در نظام SRI برابر ۲۰۱۶۰/۲۲ مگاژول در هکتار حاصل شد و میزان انرژی ورودی در دو نظام بهبودیافته و رایج منطقه به ترتیب برابر ۲۷۱۴۹/۵۶ و ۲۵۴۷۷/۰۸ بیشترین سهم انرژی ورودی در نظام تولید SRI مربوط به انرژی آب آبیاری (۵۵۶۰/۳۸ مگاژول در هکتار)، سوخت (۴۱۶۰ مگاژول در هکتار)، کود دامی (۳۰۰۰ مگاژول در هکتار)، کود شیمیایی نیتروژن (۲۷۸۷/۶ مگاژول در هکتار) و ادوات و ماشین‌آلات (۲۷۵۸/۸ مگاژول در هکتار) بود که به ترتیب سهم هر

جدول ۴- میانگین انرژی ورودی و خروجی (گیگاژول در واحد سطح) اراضی شالیزاری شهرستان‌های مازندران

نام شهرستان	سطح زیر کشت	انرژی ورودی (گیگاژول در واحد سطح)	انرژی خروجی (گیگاژول در واحد سطح)	کارایی انرژی	انرژی خالص (گیگاژول در واحد سطح)
گلوگاه	۲۳۱۸	۵۶۱۶۸/۱۵	۳۹۰۵۵۷/۵۰	۶/۹۵	۳۳۴۳۸۹/۴۰
بهشهر	۱۳۳۵	۳۱۲۷۹/۵۶	۲۲۲۶۱۶/۶۰	۷/۱۲	۱۹۱۳۳۷
نکا	۵۵۵۴	۱۲۵۳۴۸	۹۱۸۳۱۵	۷/۳۳	۷۹۲۹۶۷
میاندرد	۳۰۲۴	۶۷۱۰۵/۳۱	۴۸۸۱۲۸	۷/۲۷	۴۲۱۰۲۲/۷۰
ساری	۱۹۴۵۰	۴۱۸۴۹۲/۸۰	۳۳۳۹۶۷۲	۷/۹۸	۲۹۲۱۱۷۹
جویبار	۶۷۴۶	۱۵۶۵۲۵/۴۰	۱۱۵۹۸۳۳	۷/۴۱	۱۰۰۳۳۰۸
قائم‌شهر و سیمرغ	۵۷۰۲	۱۳۰۰۷۶/۱۰	۹۶۳۷۴۰/۶۰	۷/۴۱	۸۳۳۶۶۴/۵۰
سوادکوه	۱۸۷۶	۴۲۹۹۱/۱۹	۲۸۲۷۳۹/۵۰	۶/۵۸	۲۳۹۷۴۸/۳۰
بابل	۳۳۱۰۸	۸۵۸۱۲۶/۶۰	۵۸۵۸۰۶۳	۶/۸۳	۴۹۹۹۹۳۶
آمل	۳۰۲۵۹	۶۴۵۷۵۸/۸۰	۵۲۰۸۵۴۲	۸/۰۷	۴۵۶۲۷۸۳
بابلسر	۱۰۷۰۴	۲۲۴۶۵۱/۲۰	۱۹۱۵۵۶۶	۸/۵۳	۱۶۹۰۹۱۵
فریدونکنار و محمودآباد	۲۳۳۵۹	۵۱۷۸۳۵/۶۰	۴۰۷۶۵۶۶	۷/۸۷	۳۵۵۸۷۳۰
نور	۸۱۶۸	۱۸۴۳۰۸/۱۰	۱۲۶۰۷۱۴	۶/۸۴	۱۰۷۶۴۰۶
نوشهر و چالوس	۱۸۸۵	۴۱۱۵۳/۹۸	۲۶۶۸۲۱/۸۰	۶/۴۸	۲۲۵۶۶۷/۸۰
تنکابن، عباس‌آباد و رامسر	۶۸۵۲/۵۰	۱۵۲۵۳۰/۳۰	۱۰۴۶۰۷۹	۶/۸۶	۸۹۳۵۴۸/۷۰
جمع کل	۱۶۰۳۴۰/۵۰	۳۶۵۲۳۵۱	۲۷۲۹۷۹۵۴	۷/۵۰	۲۳۷۴۵۶۰۳

شهرستان‌های بابل و آمل دارای بیشترین سطح زیرکشت ارقام محلی (به ترتیب برابر ۳۳۱۰۸ و ۳۰۲۵۹ هکتار) بودند و ساری با ۱۹۴۵۰ هکتار در رتبه بعدی قرار گرفت. مجموع انرژی ورودی و خروجی در کل شالیزارهای استان به ترتیب برابر ۳۶۵۲۳۵۱ و

۲۷۳۹۷۹۵۴ گیگاژول در هکتار بود. کارایی انرژی در شالیزارهای استان برابر ۷/۵ بوده است. همچنین انرژی خالص برای شالیزارهای استان برابر ۲۳۷۴۵۶۰۳ گیگاژول در هکتار به دست آمد (جدول ۴).

(تی پی و همکاران ۲۰۰۹): ۲/۲ تا ۲/۸ (سینگ و همکاران ۲۰۰۷): ۳/۲ (سینگ و همکاران ۲۰۰۲)، ۳/۲ (سینگ و همکاران ۲۰۰۲) و ۲/۸ (کاناکسی و همکاران ۲۰۰۵) گزارش شده است. در مطالعات قبلی نیز مقدار انرژی ویژه در تولید گندم برابر ۵/۲ و ۲/۹ مگاژول بر کیلوگرم به ترتیب برای ترکیه و آمریکا گزارش شده است (کاناکسی و همکاران ۲۰۰۵).

طبق یافته‌های جدول ۵ که میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف نهاده‌ها را نشان می‌دهد مشاهده شد که مجموع انتشار در سطح شالیزارهای استان برابر ۱۸۹۹۱/۷۴ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود. بیشترین میزان انتشار CO₂ مربوط به شهرستان بابل (۱۴۳۲/۲۵ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود و شهرستانهای گلوگاه، جویبار، قائمشهر، میاندرود و بهشهر به ترتیب با میانگین‌های ۱۳۳۷/۹۹، ۱۳۲۰/۰۶، ۱۳۱۴/۶۸، ۱۱۸۷/۶۵ و ۱۲۸۲/۸۲ کیلوگرم CO₂ در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن برابر ۱۱۳۵/۱۸ کیلوگرم CO₂ در هکتار در شهرستان بابلسر مشاهده شد (جدول ۵).

میزان انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس نوع نهاده نیز نشان داد که بالاترین میزان انتشار این گاز ناشی از ادوات و ماشین‌آلات (۴۷۵۰/۶۱ کیلوگرم CO₂ در هکتار) بود که انرژی سوخت با مجموع ۴۵۲۸/۰۴ کیلوگرم CO₂ در هکتار با اختلاف جزئی در رتبه دوم قرار گرفت. کود نیتروژن نیز با مجموع ۴۱۷۶/۴۵ کیلوگرم CO₂ در هکتار در رتبه سوم قرار گرفت. میزان انتشار CO₂ ناشی از حشره‌کش، علف‌کش و کود فسفر به ترتیب برابر ۲۰۲۵/۱۴، ۱۷۳۸/۹۴ و ۵۹۶/۱۹ کیلوگرم CO₂ در هکتار بود. کمترین میزان انتشار دی‌اکسید کربن مربوط به کود پتاسیم، قارچ‌کش و بذر بود که به ترتیب برابر ۲۸۵/۰۵، ۳۱۸/۱۴ و ۵۷۳/۱۸ کیلوگرم معادل CO₂ در هکتار بود (جدول ۵).

در رابطه با انرژی‌های خروجی در نظام‌های کاشت یافته‌های دیگر محققان نشان می‌دهد که کل انرژی تولیدی در نظام کاشت SRI بیشتر از دو نظام کاشت بهبودیافته و رایج منطقه بود. انرژی حاصل از عملکرد شلتوک و کاه و کلش در نظام کاشت SRI به ترتیب معادل ۴۸/۷۲ و ۵۱/۲۸ درصد از کل انرژی خروجی است. انرژی خروجی حاصل از عملکرد شلتوک و کاه و کلش در نظام تولید بهبودیافته به ترتیب برابر ۸۹۳۹۰/۷۰ و ۱۰۰۸۷۵ مگاژول در هکتار بود که ۴۶/۹۸ درصد از آن مربوط به عملکرد شلتوک و ۵۳/۰۲ درصد آن مربوط به عملکرد کاه و کلش بود (جدول ۴). طبق یافته‌های جدول ۴، انرژی حاصل از عملکرد شلتوک و کاه و کلش در نظام تولید رایج منطقه برابر ۸۳۶۷۲/۴۰ و ۱۰۶۶۰۰ مگاژول در هکتار بود که سهم هر یک به ترتیب برابر ۴۳/۹۸ و ۵۶/۰۲ درصد بود. دلیل اصلی اختلافات مشاهده شده در سه میزان انرژی ورودی و خروجی نظام‌های کاشت، تفاوت در اعمال مدیریت و میزان مصرف نهاده‌ها می‌باشد. البته تفاوت در میزان انرژی ورودی اهمیت بسیار کمتری نسبت به تفاوت در بهره‌وری و کارایی انرژی خواهد داشت. سطح دانش فنی، انرژی ورودی و عوامل اقلیمی - زراعی، مهم‌ترین عوامل تولید هستند (دستان و همکاران ۲۰۱۵ الف). طبق گزارش مور (۲۰۱۰) جهت حصول یک نظام پایدار تولید غذا، بایستی میزان کارایی انرژی و سهم انرژی تجدیدپذیر را در بوم‌نظام کشاورزی افزایش داد. البته در زمان حاضر تأمین غذای جمعیت رو به رشد دنیا بدون استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر تقریباً کاری دشوار و شاید غیر ممکن باشد. بنابراین، با در نظر گرفتن پیامدهای زیست‌محیطی استفاده از مواد شیمیایی و سوخت‌های فسیلی، متخصصان کشاورزی چاره‌ای جز اندیشیدن به افزایش پایداری در کشاورزی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در نظام‌های تولید نخواهند داشت. در سایر تحقیقات مشابه این نسبت برابر ۲/۹۴ تا ۳/۵

جدول ۵- انتشار CO₂ بر حسب کیلوگرم در هکتار ناشی از مصرف نهاده‌های مختلف در اراضی شالیزاری شهرستان‌های مازندران

نام شهرستان	بذر	ادوات و ماشین‌آلات	سوخت	کود ازت	کود فسفر	کود پتاسیم	علف‌کش	قارچ‌کش	حشره‌کش	پتانسیل گرمایش جهانی
گلوگاه	۴۱/۹۰	۳۲۸/۶۵	۳۱۵/۶۷	۳۱۴/۵۵	۴۱/۲۶	۲۰/۲۵	۱۱۶/۸۸	۲۰/۱۹	۱۳۸/۶۵	۱۳۲۷/۹۹
بهشهر	۴۱/۲۰	۳۳۱/۶۸	۳۰۶/۷۷	۲۷۳/۹۷	۴۸/۱۳	۲۰/۲۵	۱۰۱/۴۵	۱۹/۹۹	۱۳۹/۳۹	۱۲۸۲/۸۳
نکا	۴۰/۵۱	۳۲۲/۳۸	۳۳۳/۰۱	۲۴۳/۵۲	۳۸/۹۷	۲۴/۳۰	۱۰۲/۳۴	۱۹/۷۸	۱۳۱/۸۲	۱۲۵۶/۶۳
میاندرو	۴۰/۵۱	۲۹۱/۷۹	۲۳۹/۵۸	۲۹۴/۲۶	۴۴/۴۷	۱۷/۵۵	۱۰۹/۴۶	۲۱/۴۰	۱۲۸/۶۵	۱۱۸۷/۶۶
ساری	۳۷/۷۴	۳۲۳/۹۵	۲۸۳/۰۶	۲۰۶/۹۹	۳۸/۹۷	۱۸/۹۰	۱۷۶/۲۰	۲۰/۱۷	۱۴۱/۵۸	۱۲۴۷/۵۷
جویبار	۳۹/۸۲	۳۲۱/۵۹	۲۸۳/۰۶	۳۱۴/۵۵	۴۸/۱۳	۲۴/۳۰	۱۲۹/۶۳	۱۹/۵۸	۱۳۹/۳۹	۱۳۲۰/۰۷
قائم‌شهر و سیمیرغ	۳۴/۲۸	۳۱۸/۴۶	۲۹۷/۸۸	۲۸۴/۱۱	۳۲/۳۲	۱۲/۱۵	۹۹/۰۸	۱۸/۱۷	۲۱۸/۲۳	۱۳۱۴/۶۸
سوادکوه	۳۶/۳۶	۳۵۶/۸۹	۳۳۶/۴۱	۲۵۷/۷۳	۴۱/۲۶	۱۷/۵۵	۱۰۶/۴۹	۲۱/۸۰	۱۱۹/۱۲	۱۲۹۳/۶۲
بابل	۳۶/۷۰	۲۹۴/۱۴	۳۰۹/۷۴	۴۱۶/۰۲	۴۸/۱۳	۲۶/۱۱	۱۳۷/۳۴	۲۴/۴۳	۱۳۹/۶۳	۱۴۳۲/۲۵
آمل	۳۵/۳۲	۳۱۸/۹۹	۳۰۵/۲۹	۲۶۳/۸۲	۲۷/۵۱	۱۰/۸۰	۱۱۰/۹۸	۱۸/۹۸	۱۲۹/۱۳	۱۲۲۰/۸۲
بابلسر	۳۰/۶۱	۲۷۲/۹۶	۲۹۳/۴۴	۲۵۹/۷۶	۱۸/۳۴	۱۷/۲۸	۹۶/۴۱	۳۰/۶۹	۱۱۵/۷۱	۱۱۳۵/۱۹
فریدونکنار و محمودآباد	۳۶/۰۱	۲۸۲/۳۸	۳۰۶/۷۷	۲۸۴/۱۱	۴۳/۵۵	۱۴/۸۵	۱۱۸/۶۶	۲۲/۰۰	۱۳۰/۶۰	۱۲۳۸/۹۳
نور	۴۰/۵۱	۳۳۲/۵۸	۲۹۹/۳۶	۲۶۵/۸۵	۳۸/۹۷	۱۷/۵۵	۱۰۲/۶۴	۱۹/۷۸	۱۲۴/۲۵	۱۲۴۱/۴۹
نوشهر و چالوس	۴۰/۸۶	۳۳۵/۷۱	۳۰۵/۲۹	۲۴۳/۵۲	۴۲/۶۳	۱۸/۹۰	۱۰۷/۶۸	۱۹/۱۸	۱۰۸/۳۸	۱۲۲۲/۱۷
تنکابن، عباس‌آباد و رامسر	۴۰/۸۶	۳۱۸/۴۶	۳۱۲/۷۰	۲۵۲/۶۷	۴۳/۵۵	۲۴/۳۰	۱۲۳/۷۰	۲۲/۰۰	۱۲۰/۵۹	۱۲۵۹/۸۳
جمع کل	۵۷۳/۱۸	۴۷۵۰/۶۱	۴۵۲۸/۰۴	۴۱۷۶/۴۵	۵۹۶/۱۹	۲۸۵/۰۵	۱۷۳۸/۹۴	۳۱۸/۱۴	۲۰۲۵/۱۴	۱۸۹۹۱/۷۴

ترتیب برابر ۸/۵۸، ۸/۱، ۸/۰۴، ۸/۶۳ و ۸/۲۵ کیلوگرم CO₂ در گیگاژول بود. کمترین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی برابر ۶/۳۴ کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول در شهرستان بابلسر به دست آمد (جدول ۶).

جدول ۷ میزان انتشار دی اکسید کربن بر اساس کل سطح زیر کشت برنج در استان مازندران را به تفکیک شهرستانها گزارش می دهد. میزان پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، انرژی ورودی و خروجی در کل استان به ترتیب برابر ۲۰۵۰۰۶/۸ تن معادل CO₂ در هکتار و ۹۰۰۶۱۳۶ و ۱۲۰۱۷۰۱ کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول بود. شهرستانهای بابل و آمل به دلیل بالاترین سطح زیر کشت دارای حداکثر میزان پتانسیل گرمایش جهانی بودند و شهر ساری در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۷).

با توجه به جدول ۶ پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی و خروجی در کل شهرستانهای استان به ترتیب برابر ۸۳۸/۱۷ و ۱۱۵/۴۵ کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول بود. بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی در شهرستان ساری، قائمشهر و آمل برابر ۵۷/۹۸، ۵۷/۶۳ و ۵۷/۲۱ کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول بود. شهرستانهای سوادکوه، نوشهر و چالوس و تنکابن و رامسر با ۵۶/۴۵، ۵۵/۹۸ و ۵۶/۶ کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول در رتبه های بعدی قرار گرفتند. کمترین پتانسیل گرمایش جهانی برابر ۵۳/۵۲ کیلوگرم معادل CO₂ در گیگاژول مربوط به میاندرو بود (جدول ۶).

بالاترین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی برای شهرستانهای سوادکوه، بابل، نور، نوشهر و چالوس و تنکابن و رامسر تولید شد که به

جدول ۶- پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم معادل CO₂ در واحد سطح، انرژی ورودی و انرژی خروجی در اراضی شالیزاری مازندران

نام شهرستان	پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)	پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)	پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)
گلوگاه	۱۳۳۷/۹۹	۵۵/۲۲	۷/۹۴
بهشهر	۱۲۸۲/۸۳	۵۴/۷۵	۷/۶۹
نکا	۱۲۵۶/۶۳	۵۵/۶۸	۷/۶۰
میاندرو	۱۱۸۷/۶۶	۵۳/۵۲	۷/۳۶
ساری	۱۲۴۷/۵۷	۵۷/۹۸	۷/۲۷
جویبار	۱۳۲۰/۰۷	۵۶/۸۹	۷/۶۸
قائمشهر و سیمیرغ	۱۳۱۴/۶۸	۵۷/۶۳	۷/۷۸
سوادکوه	۱۲۹۳/۶۲	۵۶/۴۵	۸/۵۸
بابل	۱۴۳۲/۲۵	۵۵/۲۶	۸/۱۰
آمل	۱۲۲۰/۸۲	۵۷/۲۱	۷/۰۹
بابلسر	۱۱۳۵/۱۹	۵۴/۰۹	۶/۳۴
فریدونکنار و محمودآباد	۱۲۳۸/۹۳	۵۵/۸۹	۷/۱۰
نور	۱۲۴۱/۴۹	۵۵/۰۲	۸/۰۴
نوشهر و چالوس	۱۲۲۲/۱۷	۵۵/۹۸	۸/۶۳
تنکابن، عباس‌آباد و رامسر	۱۲۵۹/۸۳	۵۶/۶۰	۸/۲۵
جمع کل	۱۸۹۹۱/۷۴	۸۳۸/۱۷	۱۱۵/۴۵

جدول ۷- سطح زیر کشت و پتانسیل گرمایش جهانی در اراضی شالیزاری شهرستان‌های مازندران

نام شهرستان	سطح زیر کشت	پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح (تن معادل CO ₂ در هکتار)	پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)	پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)
گلوگاه	۲۳۱۸	۳۱۰۱/۴۵	۱۲۸۰۰۰	۱۸۴۰۴/۹۲
بهشهر	۱۳۳۵	۱۷۱۲/۵۸	۷۳۰۹۱/۲۵	۱۰۲۶۶/۱۵
نکا	۵۵۵۴	۶۹۷۹/۳۳	۳۰۹۲۴۶/۷۰	۴۲۲۱۰/۴۰
میاندرو	۳۰۲۴	۳۵۹۱/۴۸	۱۶۱۸۴۴/۵۰	۲۲۲۵۶/۶۴
ساری	۱۹۴۵۰	۲۴۲۶۵/۳۰	۱۱۲۷۷۱۱	۱۴۱۴۰۱/۵۰
جویبار	۶۷۴۶	۸۹۰۵/۱۶	۳۸۳۷۷۹/۹۰	۵۱۸۰۹/۲۸
قائمشهر و سیمیرغ	۵۷۰۲	۷۴۹۶/۳۱	۳۲۸۶۰۶/۳۰	۴۴۳۶۱/۵۶
سوادکوه	۱۸۷۶	۲۴۲۶/۸۴	۱۰۵۹۰۰/۲۰	۱۶۰۹۶/۰۸
بابل	۳۳۱۰۸	۴۷۴۱۹	۱۸۲۹۵۴۸	۲۶۸۱۷۴/۸۰
آمل	۳۰۲۵۹	۳۶۹۴۰/۷۹	۱۷۳۱۱۱۷	۲۱۴۵۳۶/۳۰
بابلسر	۱۰۷۰۴	۱۲۱۵۱/۰۴	۵۷۸۹۷۹/۴۰	۶۷۸۶۳/۳۶
فریدونکنار و محمودآباد	۲۳۳۵۹	۲۸۹۴۰/۲۴	۱۳۰۵۵۳۵	۱۶۵۸۴۸/۹۰
نور	۸۱۶۸	۱۰۱۴۰/۴۸	۴۴۹۴۰۳/۴۰	۶۵۶۷۰/۷۲
نوشهر و چالوس	۱۸۸۵	۲۳۰۳/۷۸	۱۰۵۵۲۲/۳۰	۱۶۲۶۷/۵۵
تنکابن، عباس‌آباد و رامسر	۶۸۵۲/۵۰	۸۶۳۳/۰۱	۳۸۷۸۵۱/۵۰	۵۶۵۳۳/۱۳
جمع کل	۱۶۰۳۴۰/۵۰	۲۰۵۰۰۶/۸۰	۹۰۰۶۱۳۶	۱۲۰۱۷۰۱

انرژی سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این، توسعه نظام‌های کشاورزی با انرژی ورودی حداقل همانند کشاورزی ارگانیک می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی کمک شایانی نماید (دالگرا و همکاران ۲۰۰۱). در همین رابطه کالتساس و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی دو روش کشت ارگانیک و رایج در یونان به این نتیجه رسیدند که مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در نظام کاشت ارگانیک کمتر از نظام کاشت رایج بوده است.

نتیجه‌گیری

امروزه، به دلیل درک ضرورت حفظ منابع طبیعی و نیز عواقب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش دادن استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این، توسعه نظام‌های کشاورزی با حداقل انرژی ورودی از جمله کاهش اتکا به انرژی ورودی، می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک شایانی نماید. در همین رابطه با یافته‌ها مشاهده شد که آب آبیاری، سوخت فسیلی، کود نیتروژن و ادوات و ماشین آلات دارای حداکثر انرژی ورودی بوده و قارچ کش، کود پتاسیم و فسفر کمترین انرژی ورودی را به خود اختصاص داده اند. شهرستان‌های بابل و آمل به علت بالاترین سطح زیر کشت بیشترین میزان انرژی ورودی و گرمایش جهانی را در مقایسه با سایر شهرستان‌ها به خود اختصاص دادند. بنابراین، استفاده مؤثر از انرژی در زراعت برنج یکی از عوامل مهم در پیدایش توسعه پایدار است. علاوه بر این، افزایش بهره‌وری انرژی موجب صرفه‌جویی اقتصادی، حفظ سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا می‌گردد.

سایر محققان نیز با ارزیابی انرژی ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی به‌دست آمده از آن در محصولات مختلف، نظری مشابه با یافته‌های این پژوهش داشتند (کالتساس و همکاران، ۲۰۰۷؛ پاتاک و واسمن ۲۰۰۷؛ لال ۲۰۰۴). در همین رابطه رجبی و همکاران (۲۰۱۲) با ارزیابی شش مزرعه گندم در شرایط دیم و آبی در گرگان بیان داشتند که پتانسیل گرمایش جهانی ارتباط مستقیمی با مصرف نهاده‌های زراعی (انرژی‌های ورودی) داشته است.

کودهای شیمیایی (به‌ویژه کود ازته) و سوخت‌های فسیلی به‌ترتیب با ۴۵/۸ و ۲۲/۵ درصد بیش‌ترین سهم را در مصرف انرژی داشتند که متعاقب آن نیز بیش‌ترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی داشتند (سلطانی و همکاران ۲۰۱۳). تزیلیواکیس و همکاران (۲۰۰۵ الف) مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی در مزارع تولید چغندر قند در انگلستان را برابر ۰/۰۰۶۲ تن معادل CO₂ در گیگاژول انرژی خروجی برآورد کردند. در سایر پژوهش‌ها نیز پتانسیل گرمایش جهانی در واحد وزن بین ۰/۰۰۹۳ تا ۰/۱۷۴ تن در معادل CO₂ در تن محصول گندم و مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی نیز بین ۰/۰۰۵۳ تا ۰/۰۱۰۹ تن معادل CO₂ در گیگاژول گزارش شده است (راتکه و دیپن بروک ۲۰۰۳). وود و چووی (۲۰۰۴) بیان کردند که انتشار گازهای گلخانه‌ای در هنگام فعالیت‌های متنوع کشاورزی یا به‌طور مستقیم از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی در طی اجرای عملیات زراعی (کاشت تا برداشت) و یا به‌طور غیرمستقیم در زمان تولید و حمل و نقل ورودی‌های مورد نیاز مزرعه (علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی) به‌دست می‌آیند. باید توجه داشت که امروزه، به دلیل حفظ منابع طبیعی (برون و همکاران ۱۹۹۸) و همچنین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر (ای پی سی سی ۱۹۹۶)، استفاده از

منابع مورد استفاده

- Akcaoz H, Ozcatalbas O and Kizilay H, 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7: 475-480.
- Anonymous. 2008. Hydrocarbon balance of Iran in 2007. Tehran, Iran: Institute of International Energy Studies. Tehran, Iran 549 pp. (In Persian).
- Anonymous, 2011. National greenhouse accounts factors. Department of Climate Change and Energy Efficiency Commonwealth of Australia. Published by an Australian Government. Department of the Environment. 85 pp.
- Brown LR, Flavin CF and French H, 1998. State of the world: A world watch Institute report on progress toward a sustainable society. New York: Norton, 72 p.
- 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.
- Dalgaard T, Halberg N and Fenger J, 2000. Fossil energy use and emissions of greenhouse gases - three scenarios for conversion to 100% organic farming in Denmark. In: van Lerland, E., A.Q. Lansink, and E. Schmieman. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Sustainable Energy: New Challenges for Agriculture and Implications for Land Use*, Wageningen, The Netherlands. Chapter 7.2.1, 11 p.
- Dalgaard T, Halberg N and Porter JR, 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87: 51-65.
- Dastan S, Noormohamadi Gh, Madani H and Soltani A. 2015a. Analysis of Energy Indices in Rice Production Systems in the Neka Region. *Journal of Environmental Sciences*, University of Shahid Beheshti. 13(1): 53-66. (In Persian).
- Dastan S, Soltani A, Noormohamadi Gh and Madani H. 2015b. CO₂ emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems. *Journal of Agroecology*. 6(4): 823-835. (In Persian).
- Dastan S, Soltani A, Noormohamadi Gh, Madani H and Yadi R. 2016. Estimation of the Carbon Footprint and Global Warming Potential in Rice Production Systems. *Journal of Environmental Sciences*. 14(1): 19-22. (In Persian).
- Deike S, Pallutt B and Christen, O. 2008. Investigation on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. *European Journal of Agronomy*, 28: 461-470.
- Gan Y, Liang C, Hamel C, Cutforth H and Wang H, 2011. Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(4): 643-656.
- Gholami M and Fatehi Abdolmaleki A. 2010. Rice guide (Cultivars). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Staff Training Office (STO), Agricultural Education Publisher. 114p. (In Persian).
- 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.
- Green M, 1987. Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Helsel ZR, editor. *Energy in plant nutrition and pest control*, V. 7. Amsterdam: Elsevier, ISBN 0-444-42753-8 p. 165-177.
- Hatirli SA, Ozkan B and Fert C, 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy Journal* 31: 427-438. IPCC. 2007a. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC). Climate change group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge. 996 pp.

- IPCC, 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, UK.
- IPCC, 2007a. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge. 850 pp.
- IPCC, 2007b. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability. In: Parry, M. L., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson, editors. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 976 pp.
- Iqbal T, 2007. Energy input and output for production of Boron rice in Bangladesh. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 7: 2717-2722.
- Kaltsas AM, Mamolos AP, Tsatsarelis CA, Nanos GD and Kalburtji KL, 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122(2): 243-251.
- Koocheki AL, Ghorbani R, Mondani F, Alizadeh Y and Moradi M, 2011. Pulses Production Systems in Term of Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Iran. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 1(4): 95-106.
- Lal R, 2004. Carbon emissions from farm operations. *Environment International*, 30: 981-990.
- Malmuti M, West JS, Watts J, Gladders P and Fitt BDL, 2009. Controlling crop disease contributes to both food security and climate change mitigation. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(3): 189-202.
- Moore SR, 2010. Energy efficiency in small-scale bio intensive organic onion production in Pennsylvania, USA. *Renewable Agriculture and Food System*, 25: 181-188.
- Ozkan B, Akcaoz H and Fert C, 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renew. Energy*, 29: 39-51.
- Ozkan B, Fert C and Karadeniz CF, 2007. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. *Energy*, 32: 1500-1504.
- Pathak H and Wassmann R, 2007. Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients. *Agricultural Systems*, 94: 807-825.
- Peyman MH, Rouhi R and Alizadeh MR. 2005. Determine of energy use in two semi-mechanized and conventional methods for rice production (case study in Guilan province). *Journal of Agricultural and Engineering Research*. 6(22): 67-80. (In Persian).
- Rajabi MH, Soltani A, Zeinali E and Soltani E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. *J. of Plant Production*. 19(3): 143-171. (In Persian).
- Rathke GW and Diepenbrock W, 2006. Energy balance of winter oilseed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy*, 24: 35-44.
- Singh H, Mishra M and Nahar NM, 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India: part I. *Energy Conversion and Management*, 43: 2275-2286.
- Singh H, Singh AK, Kushwaha HL and Singh A, 2007. Energy consumption pattern of wheat production in India. *Energy*, 32: 1848-1854.
- Soltani A, Rajabi MH, Zeinali E and Soltani E, 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy*, 50: 54-61.
- Tipi T, Cetin 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.

- Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA and Jaggard K, 2005a. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85: 101-119.
- Tzilivakis J, Jaggard K, Lewis KA, May M and Warner DJ, 2005b. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107: 341-358.
- Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA and Jaggard K, 2005a. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85: 101-119.
- Wood S and Cowie A, 2004. A review of greenhouse gas emission factors for fertilizer production. Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Cooperative Research Center for greenhouse Accounting.