

Energy audit of organic and non-organic olive (*Olea europaea* L.) production in agro-ecosystems in Rudbar región, Irán

Auditoría energética de la producción de aceituna (*Olea europaea* L.) en los agro-ecosistemas orgánicos e inorgánicos en la región Rudbar, Irán

Auditoria energética da produção de oliva orgânica e não orgânica (*Olea europaea* L.) em agro-ecossistemas na região de Rudbar, Irán

Leyla Paydar, Saeed Firouzi*, Hashem Aminpanah

Department of Agronomy, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. Email: lpaydar@yahoo.com, firoozi@iaurasht.ac.ir, aminpanah@iaurasht.ac.ir.

Abstract

Optimal use of energy sources in the agricultural sector has a marked effect on the economy and the environment. This highlights the importance of analyzing the energy indicators of agricultural produce. The present study examined this factor by randomly administering 305 questionnaires to olive (*Olea europaea* L.) growers of Rudbar County in Northern Iran. The study orchards were divided into three groups (<1 ha, 1-5 ha, >5 ha), and the olive growers were also classified as either organic or non-organic growers. The mean energy-use indices were determined for energy use ratio, energy productivity, energy intensity, and net energy gain. Energy use ratio and productivity in small orchards (1.97 and 0.17 kg ·MJ⁻¹, respectively) were more than those of medium and large olive orchards (1.67 and 0.14 kg ·MJ⁻¹, and 1.11 and 0.09 kg ·MJ⁻¹, respectively), showing better energy performance in small units. The energy use ratio was higher for organic olives production (7.48) than for the non-organic method (1.63). Also, organic orchards showed higher energy productivity than the non-organic orchards (0.63 and 0.14 kg ·MJ⁻¹, respectively), meaning better energy performance in organic agro-ecosystem for olive production in Iran. Therefore, organic olive agro-

Recibido el 12-04-2016 • Aceptado el 17-07-2017

*Corresponding author. Email: firoozi@iaurasht.ac.ir

ecosystem can be effective for optimum use of energy sources and diminishing the environmental impacts of agricultural sector in Iran.

Key words: *Olea europaea*, energy indicators, energy ratio, renewable.

Resumen

El uso óptimo de las fuentes de energía en el sector agrícola tiene un marcado efecto sobre la economía y el ambiente. Esto coloca en relieve la importancia de analizar los indicadores energéticos de los productos agrícolas. El presente estudio examinó este factor mediante la distribución aleatoria de 305 cuestionarios a los productores de aceitunas (*Olea europaea* L.) del Condado de Rudbar al norte de Irán. Los huertos de estudio fueron divididos en tres grupos (<1 ha, 1,5 ha, >5 ha) y los oleicultores también fueron clasificados como productores orgánicos e inorgánicos. Se determinaron los índices promedios del uso de energía, productividad energética, intensidad energética y ganancia neta de la energía. La relación del uso de la energía y la productividad de los pequeños huertos (1,97 y 0,17 kg·MJ⁻¹ respectivamente) fue mayor que los de medianos y grandes olivares (1,67 y 0,14 kg·MJ⁻¹, y 1,11 y 0,09 kg·MJ⁻¹, respectivamente), mostrando un mayor rendimiento de energía en unidades pequeñas. La proporción de uso de energía fue mayor para la producción de aceitunas orgánicas (7,48) que para el método inorgánico (1,63). Además, los huertos orgánicos (0,63 kg·MJ⁻¹) mostraron mayor productividad energética que los huertos inorgánicos (0,14 kg·MJ⁻¹), lo que significó un mayor rendimiento energético en el agro-ecosistema orgánico para la producción de aceitunas en el Condado de Rudbar, Irán. Por lo tanto, puede ser eficaz para el uso óptimo de las fuentes de energía y la disminución del impacto ambiental del sector agrícola en Irán.

Palabras clave: *Olea europaea*, indicadores de energía, energía, renovables.

Resumo

A utilização ótima de fontes de energia na agricultura tem um efeito significativo sobre a economia e o meio ambiente. Isso destaca a importância de analisar os indicadores de energia dos produtos agrícolas. O presente estudo examinou este factor por distribuição aleatória de 305 questionários aos produtores de azeitona (*Olea europaea* L.) de Rudbar County norte do Irão. Os pomares do estudo foram divididos em três grupos (<1 ha, 1,5 ha, >5 ha) e os produtores de azeitonas, também foram classificados como produtores orgânicos e não-orgânicos. Foram determinadas as taxas médias de utilização de energia, a produtividade de energia, a intensidade de energia e ganho líquido de energia. Rácio de utilização de energia e produtividade de pequenos jardins (1,97 e 0,17 kg·MJ⁻¹, respectivamente) foi mais do que aqueles de grandes olivais (1,67 e 0,14 kg·MJ⁻¹, e 1,11 e 0,09 kg·MJ⁻¹, respectivamente), mostrando melhor desempenho energia em pequenas unidades. A proporção de utilização de energia foi maior

para a produção de azeitonas orgânicas (7,48) do que para o método não-orgânica (1,63). Além disso, pomares orgânicos (0,63 kg ·MJ⁻¹) mostrou uma maior energia do que os pomares de produtividade não-orgânicos (0,14 kg ·MJ⁻¹), o que significa uma melhor eficiência energética em agro-ecossistemas para produção orgânica de azeitona em Rudbar County, Irão. Portanto, pode ser eficaz para uso otimizado de fontes de energia e reduzir o impacto ambiental do setor agrícola no Irão.

Palavras-chave: *Olea europaea*, indicadores de energia, energia renovável.

Introduction

Growing global population and higher demand for food, on the one hand, and the limited production inputs, on the other hand, has made improving the crop yield and cultivated lands the major objectives of agriculture. Increasing production, however, requires more energy, and agricultural production has a direct relationship with the energy input (Esengun *et al.*, 2007; Nikkhah Kolachahi *et al.*, 2015). Today's agriculture largely depends on the amount of energy inputs used in crop production. Therefore, it is necessary for the development of sustainable production systems to have a comprehensive knowledge of energy use in agricultural systems (Ziesemer, 2007). Studying the energy flow in agriculture can reveal unknown aspects of crop productions that have been ignored in other management systems, including conventional investigation of mechanization and economic methods. An analysis of input and output energy can identify the strengths and weaknesses of energy flow in the production system

Introducción

La creciente población, la demanda de alimentos y la producción limitada han mejorado el rendimiento de los cultivos y las tierras cultivadas, que son los principales objetivos de la agricultura. Sin embargo, el aumento de la producción requiere mayor energía y la producción agrícola tiene una relación directa con el aporte energético (Esengun *et al.*, 2007; Nikkhah Kolachahi *et al.*, 2015). La agricultura actual depende en gran medida de la cantidad de energía utilizada en la producción de los cultivos. Por lo tanto, es necesario tener un amplio conocimiento del uso de la energía en los sistemas agrícolas (Ziesemer, 2007) para lograr el desarrollo sostenible de los sistemas de producción. Al estudiar el flujo de energía en la agricultura se pueden observar los aspectos desconocidos de la producción de los cultivos que han sido ignorados en otros sistemas de gestión, incluyendo la investigación convencional de mecanización y los métodos económicos. Un análisis del aporte de energía y la energía producida puede identificar las fortalezas y debilidades del flujo de energía en el sistema de producción

(Meysami *et al.*, 2008; Sarkheil *et al.*, 2010).

Olives (*Olea europaea* L.) are consumed as processed fruit and as oil extracted from the fruit (Fernández-Escobar *et al.*, 2006). The olive tree is highly regarded for its nutritional benefits and medicinal and therapeutic applications (Ribarova *et al.*, 2003; Ghanbari *et al.*, 2012). The total area under olive cultivation is 9,984,919 ha in the world and 30,500 ha in Iran (FAO, 2012). Rudbar region in Guilan Province serves as the main olive production center thanks to its favorable weather conditions for olive cultivation. Wild species of olive are found in most parts of the country, especially in the Golestan Province and the Zagros Mountains. To increase the energy efficiency of olive production, it is essential to determine the level of energy input used to produce olives in various agro-ecosystems. The adverse environmental and economic effects of energy consumption on the agriculture sector, especially in the form of industrial and chemical inputs, are a continuing matter of interest. To realize sustainable agriculture, policy-makers in the agricultural sector should include the optimal and efficient use of energy sources among their production goals. Among all agro-ecosystems, organic farming methods appears to use more renewable resources and less purchased energy and materials, obtaining a more sustainable production (Ceccarelli 2014, Ludin *et al.*, 2014). In this regard, various organic farming technologies have been developed for about 6,000 years

(Meysami *et al.*, 2008; Sarkheil *et al.*, 2010).

Las aceitunas (*Olea europaea* L.) se consumen como fruto procesado y como aceite extraído del fruto (Fernández-Escobar *et al.*, 2006). Los árboles de olivo son muy apreciados por sus beneficios nutricionales, medicinales y terapéuticos (Ribarova *et al.*, 2003; Ghanbari *et al.*, 2012). El área total bajo cultivo de olivos es de 9.984.919 ha en el mundo y 30.500 ha en Irán (FAO, 2012). La región de Rudbar en la provincia de Guilan se conoce como el centro de producción principal de aceitunas debido a sus favorables condiciones climáticas para el cultivo del olivo. Las especies silvestres de olivo se encuentran en la mayor parte del país, especialmente en la provincia de Golestan y en las montañas de Zagros. Con el propósito de aumentar la eficiencia de la producción de los olivos es crucial determinar el nivel de aporte de energía usada para producir aceitunas en diversos agro-ecosistemas. Los efectos ambientales y económicos adversos del consumo de energía en el sector agrícola, especialmente en la forma de insumos industriales y químicos, son un tema de interés. Con el fin de llevar a cabo una agricultura sostenible, los encargados de las políticas del sector agrícola deben incluir el uso óptimo y eficiente de fuentes de energía entre sus metas de producción. Entre todos los ecosistemas agrícolas, los métodos de cultivos orgánicos parecen usar más recursos renovables y menos compra de energía y materiales, obteniendo una producción más sostenible (Ceccarelli 2014, Ludin *et al.*, 2014).

so as to make agriculture sustainable, while at the same time conserving the natural and energy resources (Pimentel *et al.*, 2005).

Some studies have been conducted to investigate the energy flow in organic agro-ecosystems. Gündoğmuş (2006) compared the energy use by organic and conventional farms of apricot in Turkey. The energy use ratio for organic agro-ecosystem (2.22) was reported to be higher than that of conventional production method (1.45). Fossil energy inputs were computed to be about 30% lower for organic corn production than for conventionally produced corn in the USA (Pimentel *et al.*, 2005). It was reported that the inputs of fertilizer, energy, and pesticides of organic farms were 34, 53, and 97%, respectively, lower than those of conventional farms in 21 European countries (Mäder *et al.*, 2002), but the crop yields were decreased by 20%. It was reported that after the first oil shock in the 1970s, organic farms consumed far less energy for maize production in the USA, a result that did not hold for soybeans (Klepper *et al.*, 1977). Guzman and Alonso (2008) also studied the energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. Results showed greater non-renewable energy efficiency of olive oil production in the organic agro-ecosystems compared to the conventional production method. In the study of Dessane (2003), the average energy efficiency (gross energy content of useful product to non-renewable energy inputs) for olive fruit production in organic

En este sentido, se han desarrollado diversas tecnologías de agricultura orgánica desde hace 6.000 años con el propósito de lograr que la agricultura sea sostenible y conservar los recursos naturales y energéticos (Pimentel *et al.*, 2005).

Se han realizado algunos estudios para investigar el flujo de energía en los ecosistemas agrícolas orgánicos. Gündoğmuş (2006) comparó el consumo de energía de las granjas orgánicas y convencionales de albaricoque en Turquía. La proporción del uso de energía para el agro-ecosistema orgánico (2,22) fue mayor que la del método de producción convencional (1,45). Los insumos de energía fósil se calcularon en 30% más bajos para la producción de maíz orgánico que para el maíz sembrado de forma convencional en los Estados Unidos (Pimentel *et al.*, 2005). Se reportó que el uso de fertilizantes, energía y pesticidas de las granjas orgánicas fueron 34, 53 y 97%, respectivamente, inferiores a los de las granjas convencionales en 21 países europeos (Mäder *et al.*, 2002), pero los rendimientos del cultivo disminuyeron en un 20%. Se reportó que para la primera crisis petrolera en la década de 1970, las granjas orgánicas consumieron mucho menos energía para la producción de maíz en los Estados Unidos, resultado que difirió en la soya (Klepper *et al.*, 1977). Guzmán y Alonso (2008) también estudiaron el uso de energía en la producción convencional y orgánica del aceite de oliva en España. Los resultados mostraron una mayor eficiencia de energía no

groves was 6.0, compared to 3.0 for the conventional ones.

This research was conducted to determine the energy use indices for olive production (*Olea europaea* L.) in two agro-ecosystems of organic and non-organic methods at various orchard sizes in Rudbar County in Iran.

Materials and methods

The research was carried out in Rudbar County in Guilan Province, Northern Iran. The statistical population comprised 14,000 olive growers in Rudbar, Iran. Cochran's formula was used to determine the required sample size (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011a). A sample size of 305 was determined for this study and then, 305 questionnaires were randomly administered to the regional olive growers.

In the study region, the inputs of non-organic or conventional olive production system are farm machinery, fossil fuels, labor, herbicides, insecticides, manure, and chemical fertilizers; while no chemicals and chemical fertilizers are used in organic olive production system. The output is the olive fruit. Table 1 shows the energy equivalent of each input in MJ unit⁻¹. Total energy input for each production facility was calculated according to the amount of its consumption and the corresponding energy equivalent derived from table 1.

Based on the energy equivalent of inputs and the output (table 1), the amounts of energy in olive production

renovable en la producción de aceite de oliva en los agro-ecosistemas orgánicos en comparación con el método de producción convencional. En la investigación llevada a cabo por Dessane (2003), la eficiencia energética media (contenido de energía bruta de un producto útil a los aportes de energía no renovable) para la producción de aceituna, en huertos orgánicos fue de 6,0, en comparación con 3,0 para los convencionales.

El objetivo de esta investigación fue determinar los índices del uso de energía para la producción de aceitunas (*Olea europaea* L.) en dos agro-ecosistemas bajo métodos orgánicos e inorgánicos en huertos de varios tamaños en el Condado de Rudbar, Irán.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Condado de Rudbar en la provincia de Gilan, al norte de Irán. La población estuvo compuesta por 14.000 oleicultores en Rudbar, Irán. Se utilizó la fórmula de Cochran para determinar el tamaño de la muestra (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011a). Para este estudio se determinó un tamaño de muestra de 305, luego se aplicaron 305 cuestionarios de forma aleatoria a los oleicultores regionales.

En la región de estudio, el aporte energético del sistema de producción de aceituna inorgánico o convencional estaba constituido por maquinaria agrícola, combustibles, mano de obra, herbicidas, insecticidas, abono y fertilizantes químicos; mientras que en el sistema de producción orgánico no

agro-ecosystems were computed for all inputs and the total yield. The total energy input was divided into direct and indirect energy and into renewable and non-renewable forms (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011a). Direct energy included labor and fossil fuels. Indirect energy included machinery, insecticides, manure, and chemical fertilizers. Renewable energies comprised labor and manure, and non-renewable energy comprised machinery, fossil fuels, insecticides,

se utilizaron productos ni fertilizantes químicos. El consumo es el fruto de la aceituna. El cuadro 1 muestra la energía equivalente de cada aporte en MJ unidad⁻¹. El aporte total energético para cada producción se calculó según la cantidad de su consumo y la energía equivalente correspondiente derivada del cuadro 1.

Basado en el equivalente de los aportes energéticos y del consumo de energía (cuadro 1), las cantidades de energía en los ecosistemas agrícolas

Table 1. Energy equivalents of olive production facilities.

Cuadro 1. Equivalentes energéticos de los equipos usados en la elaboración de aceite.

Items	Energy equivalent (MJ·unit ⁻¹)	References
A: Inputs		
1. Human labor		
Man (h)	1.96	Singh (2002)
Woman (h)	1.57	Singh (2002)
2. Machinery (h)	62.7	Canakci and Akinci (2006)
3. Fuel		
Diesel (L)	47.8	Kitani (1999)
Gasoline (L)	46.3	Kitani (1999)
4. Chemical fertilizer		
N (kg)	78.1	Kitani (1999)
P ₂ O ₅ (kg)	17.4	Kitani (1999)
K ₂ O (kg)	13.7	Kitani (1999)
5. Farmyard manure	0.3	Singh (2002)
6. Biocides		
Insecticide (kg)	229	Kitani (1999)
Herbicide (kg)	85	Kitani (1999)
B: Output		
Olive fruit (kg)	11.8	Ozkan <i>et al.</i> (2004)

herbicides and chemical fertilizers (Kizilaslan, 2009). Renewable energy comes from sources generated by nature over time. Non-renewable energy comes from sources available in finite amounts on the earth.

For more detailed analysis of energy consumption, the total input and output energy and energy indices (energy use ratio, energy intensity, net energy gain, and energy productivity) were calculated for orchards of different sizes. To do so, the studied orchards were divided into three groups: small (<1 ha), medium (1-5 ha), and large (>5 ha). Moreover, the olive orchards in the study region were broadly divided into organic and non-organic olive orchards. Energy use indices were also computed for the two distinct production systems including the non-organic agro-ecosystem (common production system with the use of the chemicals and chemical fertilizers), and organic agro-ecosystems (excluding chemical fertilizers and biocides).

Energy indices including energy use efficiency and productivity, energy intensity, and net energy gain were computed by the following formulas (Moitzi *et al.*, 2014; Mohammadi-Barsari *et al.*, 2016):

$$\text{Energy use efficiency} = \frac{E_o}{E_i} \quad (1)$$

$$\text{Energy productivity (kg MJ}^{-1}\text{)} = \frac{Y}{E_i} \quad (2)$$

$$\text{Energy intensity (MJ kg}^{-1}\text{)} = \frac{E_i}{Y} \quad (3)$$

de la producción de olivo se calcularon para todos los aportes y el rendimiento total. El aporte total energético se dividió en energía directa e indirecta y en forma renovable y no renovable (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011a). La energía directa incluyó la mano de obra y los combustibles fósiles. La energía indirecta incluyó la maquinaria, insecticidas, abono y fertilizantes químicos. La energía renovable estuvo compuesta por mano de obra y estiércol, y la energía no renovable estuvo formada por maquinaria, combustibles, insecticidas, herbicidas y fertilizantes químicos (Kizilaslan, 2009). La energía renovable proviene de fuentes generadas por la naturaleza en el tiempo. La energía no renovable proviene de fuentes disponibles en cantidades finitas sobre la tierra.

Para un análisis más detallado del consumo de energía, se calcularon en huertos de diferentes tamaños los aportes energéticos totales, el consumo total de energía, y los índices de energía (relación del uso de energía, intensidad energética, ganancia neta de la energía y productividad de energía). Para ello, los huertos estudiados se dividieron en tres grupos: pequeños (<1 ha), medianos (1-5 ha) y grandes (>5 ha). Además, el olivar en la región de estudio se dividió en olivos orgánicos e inorgánicos. También, se calcularon los índices de uso de energía para los dos sistemas de producción incluyendo el agro-ecosistema inorgánico (sistema de producción común que utiliza productos y fertilizantes químicos) y agro-ecosistemas orgánicos (excluyendo biocidas y fertilizantes

$$\text{Net energy gain (MJ ha}^{-1}\text{)} = E_o - E_i \quad (4)$$

where:

E_i = Energy input (MJ ha⁻¹); E_o = Energy output (MJ ha⁻¹); Y = Olive fruit yield (kg ha⁻¹).

Results and discussion

The results showed that mean total energy input for olive fruit production in Rudbar County of Iran was 37,500.76 MJ ha⁻¹ and the total energy output was 64,568.27 MJ ha⁻¹ (table 2). Regardless of orchard size, the maximum contribution was for nitrogen fertilizer, accounting for the 54.07% of the total energy input. Higher percentage of energy equivalent of nitrogen fertilizer among production inputs were also reported for cotton production in Turkey (Dagistan *et al.*, 2009), maize production in Greece (Polychronaki *et al.*, 2007), nectarine (Qasemi Kordkheili *et al.*, 2013, faba bean (Kazemi *et al.*, 2015) and garlic production in Iran (Samavatean *et al.*, 2011). However, Polychronaki *et al.* (2007) reported lower energy share for nitrogen fertilizer (2.07%) for olive production in Greece. Their research showed that the highest energy share (35.03% of the total energy input) belonged to the energy embodied in farm machinery which was considerably higher than that calculated in this study (7.06%). The discrepancy may be related to the lower level of mechanization of olive cultivation in Rudbar County, Iran.

According to table 2, the highest energy contribution of production inputs in small and medium olive

químicos).

Se calcularon los índices de energía, incluyendo la eficiencia y productividad de la energía, intensidad energética y aumento de la energía neta, el cálculo se realizó por medio de las siguientes fórmulas (Moitzi *et al.*, 2014; Mohammadi-Barsari *et al.*, 2016):

$$\text{Uso energético eficiente} = \frac{E_o}{E_i} \quad (1)$$

$$\text{Productividad de la energía (kg MJ}^{-1}\text{)} = \frac{Y}{E_i} \quad (2)$$

$$\text{Intensidad de la energía (MJ kg}^{-1}\text{)} = \frac{E_i}{Y} \quad (3)$$

$$\text{Ganancia neta de la energía (MJ ha}^{-1}\text{)} = E_o - E_i \quad (4)$$

Donde:

E_i = aporte energético (MJ ha⁻¹); E_o = consumo de energía (MJ ha⁻¹); Y = rendimiento de los frutos (kg ha⁻¹).

Resultados y discusión

Los resultados mostraron que el promedio del aporte energético total para la producción de frutos de oliva en Rudbar, Condado de Irán, fue de 37.500,76 MJ ha⁻¹ y el consumo total de energía fue de 64.568,27 MJ ha⁻¹ (cuadro 2). Sin importar el tamaño del huerto, la contribución máxima fue para el fertilizante nitrogenado, representando 54,07% del aporte total energético. También, se reportó un mayor porcentaje de energía equivalente a fertilizante nitrogenado

**Table 2. Energy inputs and output for olive production in Rudbar region, Iran (MJ·ha⁻¹).
Cuadro 2. Aporte energético y consumo de energía para la producción de oliva en la región Rudbar, Irán (MJ·ha⁻¹).**

Input-Output Items	Orchard size groups (ha)			Average
	Small (<1)	Medium (1 -5)	Large (>5)	
A: Inputs				
1. Human labor	3,174.47 (6.23%)*	1,094.57 (4.73%)	1,085.16 (2.72%)	1,931.59 (5.15%)
2. Machinery	4,347.65 (8.53%)	1,415.83 (6.11%)	1,684.86 (4.22%)	2,648.45 (7.06%)
3. Fuel				
Diesel	8,872.15 (17.40%)	1,963.88 (8.48%)	1,211.51 (3.04%)	4,609.23 (12.29%)
Gasoline	1,606.41 (3.15%)	668.97 (2.89%)	679.78 (1.70%)	1,049.03 (2.80%)
4. Chemical fertilizer				
Nitrogen (N)	24,002.32 (47.08%)	13,721.22 (59.26%)	26,617.97 (66.74%)	20,277.58 (54.07%)
Phosphate (P ₂ O ₅)	2,085.54 (4.09%)	1,380.08 (5.96%)	3,750.29 (9.40%)	2,107.53 (5.62%)
Potassium (K ₂ O)	2,066.97 (4.05%)	1,229.41 (5.31%)	2,187.49 (5.49%)	1,746.23 (4.66%)
5. Farmyard manure	3,394.85 (6.65%)	1,075.99 (4.65%)	2,184.63 (5.48%)	2,218.32 (5.92%)
6. Biocide				
Insecticides	1,384.39 (2.72%)	549.03 (2.37%)	412.15 (1.03%)	860.33 (2.29%)
Herbicide	42.60 (0.08%)	55.68 (0.24%)	66.73 (0.17%)	52.47 (0.14%)
Total input energy	50,977.35	23,154.66	39,880.57	37,500.76
B: Output				
Olive fruit	100,263.71	38,713.79	44,239.62	64,568.27

*Values in the parenthesis indicate the contribution percentage of the total energy input in each group.

orchards was related to the nitrogen fertilizer (47.08 and 59.26% of the total energy input, respectively) followed by the diesel fuel (17.40 and 8.48% of the total energy input, respectively). In large orchards, the contribution of the diesel fuel (3.04% of total energy input) was ranked the sixth. The minimum energy consumption at all orchard sizes was for herbicide (0.08, 0.24, and 0.17 of the total energy input, respectively). Excessive use of chemical fertilizers usually occurs from lack of knowledge by growers about their optimal dosage. Most olive growers have no detailed knowledge of the right amounts of chemical fertilizers to apply and they often mistakenly believe that increasing the amount of chemical fertilizers will increase the yield. A simple soil test to identify the amounts of soil macroelements and the required quantities of various chemical fertilizers can help to determine the more accurate level of chemical fertilizers and decrease their use. State subsidies may also contribute to increased use of chemical fertilizers in the region.

The higher energy embodied in diesel fuel and machinery used in small orchards (8,872.15 and 4,347.65 MJ ha⁻¹, respectively) as compared to the corresponding figures for medium orchards (1,963.88 and 1,415.83 MJ ha⁻¹, respectively), and large orchards (1,211.51 and 1,684.86 MJ ha⁻¹, respectively) shows less tendency to mechanized farming operation in larger units. This may be contributed to the fact that larger orchards are mainly located in the foothills of the region. This result is in contrast with the results of Pishgar-

en los aportes de la producción en la cosecha de algodón en Turquía (Dagistan *et al.*, 2009), la producción de maíz en Grecia (Polychronaki *et al.*, 2007), nectarina (Qasemi Kordkheili *et al.*, 2013), haba (Kazemi *et al.*, 2015) y ajo en Irán (Samavatean *et al.*, 2011). Sin embargo, Polychronaki *et al.* (2007) reportaron un menor intercambio de energía del fertilizante nitrogenado (2,07%) para la producción de olivo en Grecia. La investigación también demostró que el porcentaje más alto de energía (35,03% del aporte total energético) perteneció a la energía incorporada en la maquinaria agrícola, la cual fue considerablemente más alta que el calculado en este estudio (7,06%). La diferencia podría estar relacionada con el nivel más bajo de la mecanización del cultivo de olivo en el Condado de Rudbar, Irán.

De acuerdo al cuadro 2, la mayor contribución de energía de los insumos de la producción en pequeños y medianos olivares estuvo relacionada con el fertilizante nitrogenado (47,08 y 59,26% del aporte total energético, respectivamente) seguido por el combustible diesel (17,40 y 8,48% del aporte total energético, respectivamente). En grandes huertos, la contribución del combustible diesel (3,04% del aporte total energético) ocupó el sexto lugar. El consumo mínimo de energía en todos los tamaños de los huertos correspondió a los herbicidas (0,08; 0,24 y 0,17 del aporte total energético, respectivamente). El uso excesivo de los fertilizantes químicos se produce generalmente por la falta de conocimiento de los productores y

Komleh *et al.* (2011a; 2011b) for corn and rice production in Iran.

Labor input in olive production accounted for about 5.15% of total input energy. The maximum equivalent energy for labor (6.23%) occurred in small orchards. The density of the olive trees and their excessive heights slow down their maintenance, increasing the required hours of labor. Orchard conditions (tree height, inaccessibility of routes) strongly contribute to this issue.

Regardless of the production system, the results show a total energy use ratio of 1.72 for olive production in Rudbar County; this means that output energy was 1.72 times higher than the input energy (table 3). This value was higher than that reported for conventional olive orchards in Chalkidiki region of Greece (1.3), while is lower than that reported for conventional olive orchards (3.02) in Thasos island of Greece (Genitsariotis

and sus dosis óptimas. La mayoría de los olivicultores no poseen el conocimiento detallado de las cantidades adecuadas de fertilizantes químicos a aplicar y a menudo creen que el aumento de la cantidad de fertilizantes químicos aumentará el rendimiento. Para determinar el nivel más exacto de los fertilizantes químicos y así disminuir su uso se puede aplicar una simple prueba del suelo para identificar las cantidades de macro-elementos de suelo y las cantidades requeridas de fertilizantes químicos. Los subsidios estatales también pueden contribuir al incremento del uso de fertilizantes químicos en la región.

La energía incorporada en el combustible diesel y la maquinaria utilizada en los huertos pequeños (8,872,15 y 4,347,65 MJ ha⁻¹, respectivamente) en comparación con las cifras correspondientes para los huertos medianos (1,963,88 y 1,415,83 MJ ha⁻¹, respectivamente)

Table 3. Energy indices of olive production in different orchard sizes in Rudbar region, Iran.

Cuadro 3. Índices energéticos de la producción de oliva en diferentes tamaños de huertos en la región de Rudbar, Irán.

Items	Unit	Orchard size groups (ha)					Average	(%)
		Small (<1)	Medium (1 -5)	Large (>5)				
Energy use ratio	--	1.97	1.67	1.11	1.72	--		
Energy productivity	kg·MJ ⁻¹	0.17	0.14	0.09	0.15	--		
Energy intensity	MJ kg ⁻¹	5.74	6.85	10.55	6.63	--		
Net energy gain	MJ ha ⁻¹	49,286.81	16,363.48	4,676.92	28,349.42	--		
Direct energy	MJ ha ⁻¹	11,438.57	3,212.21	2,976.46	6,426.27	17.14%		
Indirect energy	MJ ha ⁻¹	39,539.42	19,942.26	36,904.13	31,074.95	82.86%		
Renewable energy	MJ ha ⁻¹	6,682.42	2,170.56	3,269.79	4,195.53	11.19%		
Non-renewable energy	MJ ha ⁻¹	44,295.24	20,984.13	36,611.87	33,305.69	88.81%		

et al., 1996; Kaltsas *et al.*, 2007). This low energy use ratio suggests the need for more efficient use of input energy. A higher energy use ratio requires better management of production inputs. It is important to optimize the use of inputs such as chemical fertilizers and fossil fuels, which have high per-unit energy equivalents (78.1 and 47.8 for N fertilizer and diesel fuel, respectively).

The mean values for energy productivity, energy intensity, and net energy gain were calculated as 0.15 kg MJ⁻¹, 6.63 MJ kg⁻¹ and 28,349.42 MJ ha⁻¹, respectively (table 3). Sarkheil *et al.* (2010) reported values for these indices to be 0.26 kg MJ⁻¹, 3.81 MJ kg⁻¹, and 27,942.18 MJ ha⁻¹, respectively, for olive production in Tarom region of Zanjan Province, Iran. A comparison of the results of the two studies reveals that olive orchards in Rudbar yield more olives than those in Tarom per MJ of input energy.

Small orchards outperformed medium and large orchards for energy use ratio (1.97), energy productivity (0.17 kg MJ⁻¹) and energy intensity (5.74 MJ ha⁻¹). Larger orchards showed the lowest efficiency. Similar findings have been reported for rainfed wheat in Lorestan Province in Iran (Ajabshirchi-Osku'e *et al.*, 2011). They reported higher energy productivity for small farms than the larger units.

The maximum direct energy (22.44% of total input energy) occurred in small orchards and the minimum (7.46% of total input energy) in large orchards. The maximum renewable energy (13.11% of total input energy) was recorded for small orchards and

y los huertos grandes (1211,51 y 1684,86 MJ ha⁻¹, respectivamente) muestran una menor tendencia hacia la agricultura mecanizada en las unidades más grandes. Esto se podría deber al hecho que los huertos más grandes se encuentran principalmente en las laderas de la región. Este resultado contrasta con los resultados mostrados por Pishgar-Komleh *et al.* (2011a; 2011b) para la producción de maíz y arroz en Irán.

La mano de obra en la producción de aceitunas representó aproximadamente 5,15% del aporte total energético. La energía máxima equivalente a la mano de obra (6,23%) se presentó en los huertos pequeños. La densidad de los olivos y su altura excesiva hace más lento e incrementa el mantenimiento y aumentó los requerimientos de mano de obra. Las condiciones del huerto (altura del árbol, inaccesibilidad de las rutas) contribuyeron en gran medida en este aspecto.

Independientemente del sistema de producción, los resultados mostraron una relación del uso de energía total de 1,72 para la producción de olivos en el Condado de Rudbar; esto significó que el consumo de energía fue 1,72 más alto que el aporte energético (cuadro 3). Este valor fue mayor que el reportado para los huertos convencionales de olivo en Chalkidiki, región de Grecia (1,3), y más bajo que el reportado para los huertos convencionales (3,02) en la isla de Thasos, Grecia (Genitsariotis *et al.*, 1996; Kaltsas *et al.*, 2007). Esta baja relación de energía sugiere la necesidad del uso eficiente del aporte energético. Una relación más alta del

the minimum (8.20% of total input energy) for large orchards. This results show higher tendency of small olive orchards to the practice of organic farming in the region.

On average, non-renewable energy inputs accounted for 88.81% of total energy used in olive orchards and renewable sources accounted for 11.19% of the total energy input. The large share of non-renewable energy input indicates that olive production in the study region largely depended on the non-renewable energy inputs including chemical fertilizers. The high dependence on indirect and non-renewable energy has also been reported for olive production in Tarom county of Iran (Sarkheil *et al.*, 2010), citrus production in Turkey (Ozkan *et al.*, 2003), rice production in Iran (Pishgar-Komleh *et al.*, 2011b), and cotton production in Turkey (Dagistan *et al.*, 2009). In small orchards, the intense use of labor and manure and decreased use of chemicals (with high equivalent energy) contributed to improved energy use indices.

A comparison of energy use indices between organic and non-organic orchards showed that the energy use ratios were 7.48 and 1.63, respectively (table 4). It implies that one energy unit used in the organic production systems resulted in 7.48 J of olives. This result shows better energy performance of organic orchards than the non-organic ones. Lower energy ratio of olive production in conventional or non-organic agroecosystems is highly attributed to the greater energy equivalent of chemical fertilizers especially for nitrogen

uso de la energía requiere un mejor manejo de los insumos de producción. Por lo tanto, es importante optimizar el uso de los insumos como fertilizantes químicos y combustibles fósiles, que tienen altos equivalentes de unidad energética (78,1 y 47,8 de fertilizante nitrogenado y combustible diesel, respectivamente).

Los valores promedios de la productividad de la energía, la intensidad de la energía y la ganancia neta energética se calcularon como 0,15 kg·MJ⁻¹; 6,63 MJ·kg⁻¹ y 28.349,42 MJ·ha⁻¹, respectivamente (cuadro 3). Sarkheil *et al.* (2010) reportaron valores para estos índices de 0,26 kg·MJ⁻¹; 3,81 MJ·kg⁻¹ y 27.942,18 MJ·ha⁻¹; respectivamente, para la producción de olivo en Tarom, región de la provincia de Zanjan, Irán. Una comparación de los resultados de dos estudios reveló que los huertos de olivos de Rudbar produjeron más aceitunas que los huertos ubicados en Tarom, por aporte energético.

Los huertos pequeños superaron a los huertos medianos y grandes por la relación del uso de la energía (1,97), productividad de la energía (0,17 kg·MJ⁻¹) y la intensidad energética (5,74 MJ·ha⁻¹). Los huertos más grandes tuvieron la eficiencia más baja. Se han reportado resultados similares para el trigo de secano en la provincia de Lorestan en Irán (Ajabshirchi-Osku'e *et al.*, 2011). Los autores reportaron una mayor productividad de energía en las unidades pequeñas en comparación con las unidades más grandes.

La energía máxima directa (22,44% del aporte energético total) se produjo

Table 4. Energy indices of olive production in organic and non-organic production agro-ecosystems in Rudbar region, Iran.

Cuadro 4. Índices energéticos en agro-ecosistemas de producción orgánica y no orgánica de oliva en la región de Rudbar, Irán.

Items	Unit	Agro-ecosystems	
		Organic	Non-organic
Energy use ratio	--	7.48	1.63
Energy productivity	kg · MJ ⁻¹	0.63	0.14
Energy intensity	MJ · kg ⁻¹	1.58	7.22
Net energy gain	MJ · ha ⁻¹	36,553.21	26,801.69
Direct energy	MJ · ha ⁻¹	3,488.77 (61.84%)	7,001.08 (16.58%)
Indirect energy	MJ · ha ⁻¹	2,152.93 (38.16%)	35,212.72 (83.42%)
Renewable energy	MJ · ha ⁻¹	3,422.00 (60.66%)	4,354.12 (10.31%)
Non-renewable energy	MJ · ha ⁻¹	2,219.70 (39.34%)	37,859.68 (89.69%)

*Values in the parenthesis indicate the contribution percentage of the total energy input in each group.

fertilizer and then more energy input compared to the organic olive production agro-ecosystems. Energy ratios of conventional and organic olive groves in Thasos island of Greece were reported to be as 3.02 and 3.31, respectively (Kaltsas *et al.*, 2007). Genitsariotis *et al.* (1996) determined the energy ratio of conventional groves in Chalkidiki region of Greece to be 1.3, which is lower than those of our study (1.63) and the study of Thasos Island of Greece (3.02). Rajaeifar *et al.* (2014) also reported an energy ratio of 3.02 for olive oil production in Iran. Dessane (2003) also defined the energy efficiency of organic and conventional groves based on the ratio of the gross energy content of useful product to the non-renewable energy inputs (fossil fuels, chemical fertilizers, and biocides) used to produce it. According to their findings, the average energy

en los huertos pequeños y el mínimo (7,46% del aporte energético total) en los huertos grandes. Se registró la energía máxima renovable (13,11% del aporte total energético) en los huertos pequeños y el mínimo (8,20% del aporte total energético) para los huertos grandes. Este resultado muestra una mayor tendencia de huertos pequeños de olivo para la práctica de la agricultura orgánica en la región.

En promedio, el aporte de energía no renovable representó 88,81% de la energía total usada en olivares y 11,19% del aporte total energético de las fuentes renovables. La mayor contribución de energía no renovable indica que la producción olivícola en la región de estudio depende en gran medida del aporte de energía no renovable incluyendo los fertilizantes químicos. También se ha reportado

efficiency of organic groves (6.0) was twice as high as the amount of the conventional groves (3.0) in Greece. Higher energy ratio of organic agro-ecosystems (2.22) compared to that of the conventional agro-ecosystems (1.45) was also reported for apricot production on small holdings in Turkey (Gündoğmuş, 2006).

Energy productivity, energy intensity and net energy gain of organic groves were determined as $0.63 \text{ kg} \cdot \text{MJ}^{-1}$, $1.58 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $36,553.21 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively. Energy productivity of conventional olive production in Thasos and Chalkidiki regions of Greece were reported be 0.07 and $0.017 \text{ kg} \cdot \text{MJ}^{-1}$, respectively (Genitsariotis *et al.*, 1996; Genitsariotis *et al.*, 2000; Kaltsas *et al.*, 2007). They are lower than that of our study. Results in table 2 also indicate that the energy productivity, energy intensity, and net energy gain in non-organic agro-ecosystem were $0.14 \text{ kg} \cdot \text{MJ}^{-1}$, $7.22 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, and $26,801.69 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively. The energy intensity of olive production in organic agro-ecosystem ($1.58 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) was lower than that of conventional or non-organic agro-ecosystem ($7.22 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$). This result may also be contributed to the lower energy input facilities used in organic olive production agro-ecosystem. Kaltsas *et al.* (2007) also reported lower energy intensity and higher energy use ratio (energy efficiency) in organic olive orchards than the conventional olive orchards, while the energy productivity was equal for both agro-ecosystems.

una alta dependencia de energía indirecta y no renovable para la producción de aceitunas en el Condado de Taron, Irán (Sarkheil *et al.*, 2010), en la producción de cítricos en Turquía (Ozkan *et al.*, 2003), en la producción de arroz en Irán (Pishgar-Komleh *et al.* 2011b) y en la producción de algodón en Turquía (Dagistan *et al.*, 2009). En los huertos pequeños, el uso intensivo de la mano de obra y el uso del estiércol, el bajo uso de productos químicos (con altos equivalentes energéticos) contribuyeron al aumento del uso de los índices energéticos.

Un estudio comparativo de los índices de uso energético entre los huertos orgánicos e inorgánicos evidenció que la relación del uso de energía fue 7,48 y 1,63; respectivamente (cuadro 4). Esto implica que una unidad de energía utilizada en los sistemas de producción orgánica resultó en 7,48 J de aceitunas. Este resultado mostró un mejor rendimiento energético de los huertos orgánicos que los inorgánicos. La menor relación de energía en los agro-ecosistemas olivícolas convencionales e inorgánicos se atribuyó al gran uso de equivalentes energéticos tales como fertilizantes químicos especialmente el fertilizante nitrogenado, y al mayor aporte energético en comparación a los agro-ecosistemas orgánicos de producción de aceitunas. Las relaciones de la energía del olivar convencional y orgánico en la isla de Thasos, Grecia fue 3,02 y 3,31; respectivamente (Kaltsas *et al.*, 2007). Genitsariotis *et al.* (1996) determinaron que la relación energética en los olivares convencionales de la región de

In general, improvement of energy efficiency is possible by “decreasing production inputs”, “reducing and eliminating the chemicals in agricultural production”, and “increasing production per unit area”. Clearly, decreasing the energy input will lower yield (production per unit area) in agricultural systems. To improve energy use efficiency, industrial energy resources should be replaced with biological resources; like those applied to the natural-based farming method of organic agriculture.

Conclusions

The following conclusions can be drawn based on the findings of this research: the energy use ratio and productivity of olive production in small orchards of the study region was higher than those of medium and large ones; indicating better management of the production inputs in small olive orchards. Therefore, it is suggested that the medium and large olive orchards owners be trained according to the newest agronomic research relevant to the olive production. In this regard, the simple soil test may be a useful tool to determine the optimum dosage of the chemical fertilizers required to grow the olive.

The energy use ratio of olive production in organic agro-ecosystems (7.48) was higher than that of non-organic agro-ecosystem (1.63). Therefore, to optimize energy use efficiency and decrease the environmental impacts of olive production in the study region, organic olive agro-ecosystem is more efficient

Chalkidiki, Grecia fue 1,3; inferior a los obtenidos en la presente investigación (1,63) y el estudio llevado a cabo en la isla de Thasos, Grecia (3,02). Rajaeifar *et al.* (2014) también reportaron una relación de energía de 3,02 para la producción de aceite de oliva en Irán. Dessane (2003) también definió la eficiencia energética de los olivares orgánicos y convencionales basados en la relación entre el contenido de energía bruta del producto útil para el aporte energético no renovable (combustibles fósiles, fertilizantes químicos y biocidas) utilizados para producir la energía. Según sus resultados, la eficiencia promedio de los olivares orgánicos (6,0) fue dos veces más alta como la cantidad de los olivares convencionales (3,0) en Grecia. La relación más alta de energía en los agro-ecosistemas orgánicos (2,22) en comparación con la de los agro-ecosistemas convencionales (1,45) fue reportada también para la producción de albaricoque en pequeñas plantaciones en Turquía (Gündoğmuş, 2006).

La productividad energética, la intensidad energética y la ganancia neta de energía de las plantaciones orgánicas se determinaron en 0,63 kg·MJ⁻¹, 1,58 MJ·kg⁻¹, y 36.553,21 MJ·ha⁻¹, respectivamente. La productividad energética para la elaboración convencional de aceite en las regiones de Thasos y Chalkidiki, Grecia fueron 0,07 y 0,017 kg·MJ⁻¹; respectivamente (Genitsariotis *et al.*, 1996; Genitsariotis *et al.*, 2000; Kaltsas *et al.*, 2007). Las cifras fueron inferiores a las reportadas en el presente estudio. Los resultados

than the non-organic agro-ecosystem. So, promoting the public knowledge about the benefits of organic foods besides pricing the olive product based on the production method (conventional or organic systems) in consumer markets may help enhance the trend towards organic olive farming in the region.

Acknowledgments

The authors are grateful for supporting from Rasht Branch, Islamic Azad University.

Literature cited

- Ajabshehichi, Y., M. Taki, R. Abdi, A. Ghobadifar and I. Ranjbar. 2011. Investigation of energy use efficiency for dry-land wheat production using data envelopment analysis (DEA) approach; Case study: Silakhor Plain. Iran J. Agric. Mach. Eng. 1(2):122-132.
- Canakci, M. and I. Akinci. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy 31:1243-1256.
- Ceccarelli, S. 2014. GM crops, organic agriculture and breeding for sustainability. Sustainability 6:4273-4286.
- Dagistan, E., H. Akcaoz, B. Demirtas and Y. Yilmaz. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. Afr. J. Agric. Res. 4(7):599-604.
- Dessane, D. 2003. Energy efficiency and life cycle analysis of organic and conventional olive groves in the Messara Valley, Crete, Greece. Ecological Agriculture Master of Science Thesis, Biological Farming Systems Group, Wageningen University, Marijkeweg 22-6709 PG Wageningen, The Netherlands. 108 p.
- mostrados en el cuadro 2 también indicaron que la productividad energética, la intensidad energética y la ganancia neta de energía en el agro-ecosistema inorgánico fueron 0,14 kg·MJ⁻¹, 7,22 MJ·kg⁻¹, y 26.801,69 MJ·ha⁻¹; respectivamente. La intensidad energética de la producción de aceitunas en el agro-ecosistema orgánico (1,58 MJ·kg⁻¹) fue más baja que la del agroecosistema convencional o inorgánico (7,22 MJ·kg⁻¹). Este resultado también podría deberse al menor uso de equipos de bajo aporte energético usados en los agro-ecosistemas orgánicos de producción de oliva. Kaltsas *et al.* (2007) también reportaron menor intensidad de energía y mayor relación del uso de la energía (eficiencia energética) en los olivares orgánicos que el olivar convencional, mientras que la productividad energética fue igual en ambos agro-ecosistemas.
- Por lo tanto, se puede mejorar la eficiencia energética al “disminuir los insumos de producción”, al “reducir y eliminar los productos químicos en la producción agrícola” y al “aumentar la producción por unidad de superficie”. De igual forma, al disminuir el aporte energético el rendimiento será más bajo (producción por unidad) en los sistemas agrícolas. Con el fin de mejorar la eficiencia del uso energético, los recursos energéticos industriales deben sustituirse por recursos biológicos tales como aquellos métodos naturales que se utilizan en la agricultura orgánica.

Esengun, K., G. Erdal, O. Gunduz, and H. Erdal. 2007. An economic analysis and energy use in stake tomato production in Tokat province of Turkey, *Renew. Energy* 32:1873-1881.

Fernández-Escobar, R., G. Beltrán, M.A. Sánchez-Zamora, J. García-Novelo, M.P. Aguilera and M. Uceda. 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *Hort. Sci.* 41:215-219.

Food and Agricultural Organization (FAO). 2012. Country statistics (FAOSTAT). Available in: <http://www.fao.org/>. Date of consultation: August 2016.

Genitsariotis, M., G. Chlioumis, B. Tsarouhas, C. Tsatsarelis and E. Sfakiotakis. 2000. Energy and nutrient inputs and outputs of a typical olive orchard in northern Greece. *Acta Hort.* 525:455-458.

Genitsariotis, M., O. Stougioti, B. Tsarouhas and G. Chlioumis. 1996. Alternative farming practices in integrated olive groves. Aristotle University of Thessaloniki, Greece (in Greek).

Ghanbari, R., F. Anwar, K.M. Alkharfy, A.H. Gilani and N. Saari. 2012. Valuable nutrients and functional bioactives in different parts of olive (*Olea europaea* L.). A Review. *Int. J. Mol. Sci.* 13(3):3291-3340.

Gündoğmuş, E. 2006. Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. *Energy Convers. Manage.* 47:3351-3359.

Guzman, G.I. and A.M. Alonso. 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Agric. Syst.* 98(3):167-176.

Kaltsas, A.M., A.P. Mamolos, C.A. Tsatsarelis, G.D. Nanos and K.L. Kalburtji. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agric. Ecosyst. Environ.* 122(2):243-251.

Kazemi, H., M. Shahbyki, and S. Baghiani. 2015. Energy analysis for faba

Conclusiones

Las siguientes conclusiones se extrajeron basadas en los resultados de esta investigación: la relación del uso energético y la productividad de la producción de aceitunas en pequeños huertos de la región en estudio fueron superiores que la de los huertos medianos y grandes, lo que indica que existe un mejor manejo de los insumos de producción en los huertos pequeños de olivo. Por lo tanto, se sugiere que los propietarios de olivares medianos y grandes reciban un entrenamiento siguiendo los lineamientos de las investigaciones más recientes en el área de producción de oliva. En este sentido, la prueba de suelo sencilla puede ser una herramienta útil para determinar la dosificación óptima de los fertilizantes químicos necesarios para cultivar olivos.

La relación del uso energético en los agro-ecosistemas orgánicos de oliva (7,48) fue mayor que el del agro-ecosistema inorgánico (1,63). Por lo tanto, el agro-ecosistema orgánico de olivos es más eficiente que el agro-ecosistema inorgánico para optimizar la eficiencia de uso de energía y disminuir los impactos ambientales de la producción de olivo en la región de estudio. Por lo tanto, dar a conocer los beneficios del consumo de alimentos orgánicos además de los precios de estos productos basados en los métodos de producción (sistemas convencionales u orgánicos) a los consumidores podría ayudar a mejorar a aumentar la producción orgánica de aceituna en la región.

Fin de la versión en Español

- bean production: A case study in Golestan province, Iran. *Sustainable Production and Consumption* 3:15-20.
- Kitani, O. 1999. Energy and biomass engineering. In: *CIGR Hand- Book of Agricultural Engineering*. St. Joseph, MI: ASAE.
- Kizilaslan, H. 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Appl. Energy*. 86:1354-1358.
- Klepper, R., W. Lockeretz, B. Commoner, M. Gertler, S. Fast, D. O'leary and R. Blobaum. 1977. Economic performance and energy intensiveness on organic and conventional farms in the Corn Belt: A Preliminary Comparison. *Am. J. Agr. Econ.* 59(1):1-12.
- Ludin, N.A., M. Azwan, M. Bakri, N. Kamaruddin, K. Sopian, M.S. Deraman, N.H. Hamid, N. Asim and M.Y. Othman. 2014. Malaysian oil palm plantation sector: Exploiting renewable energy toward sustainability production. *J. Clean. Prod.* 65:9-15.
- Mäder, P., A. Fliebach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried and U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296(5573):1694-1697.
- Meysami, M., Y. Ajab-Shirchi and E. Ranjbar. 2008. Energy use pattern in producing some agricultural products and estimating their energy indices. Case study of Bonab, Iran. 5th National congress on Farm Machinery and Mechanization, Mashhad, Iran, September.
- Mohammadi-Barsari, A., S. Firouzi and H. Aminpanah. 2016. Energy-use pattern and carbon footprint of rain-fed watermelon production in Iran. *Information Processing in Agriculture* 3:69-75.
- Moitzi, G., M. Martinov, L. Nozdrovicky, A. Naghiu and A. Gronauer. 2014. Energy use and energy efficiency in selected arable farms in Central and South Eastern Europe. *Agric. Conspec. Sci.* 79(1):51-56.
- Nikkhah Kolachahi, A., M. Khojastehpour, B. Emadi, A. Taherirad and S. Khorramdel. 2015. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. *J. Clean. Prod.* 92:84-90.
- Ozkan, B., H. Akcaoz and F. Karadeniz. 2003. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Convers. Manage.* 45:1821-1830.
- Ozkan, B., H. Akcaoz and C. Fert. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renew. Energy*. 29(1):39-51.
- Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, R. Seidel and D. Douds. 2005. Organic and conventional farming systems: Environmental and economic issues. Report 05-1, July. 53 p.
- Pishgar-Komleh, S.H., A. Keyhani, Sh. Rafiee and P. Sefeedpari. 2011a. Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy* 36:3335-3341.
- Pishgar-Komleh, S.H., P. Sefeedpari and Sh. Rafiee. 2011b. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. *Energy* 36:5824-5831.
- Polychronaki, E.A., A.C. Douma, T.H. Dantsis, C. Giourga and A. Loumou. 2007. Energy analysis as an indicator of agricultural sustainability: the case of western Macedonia and Epirus, Greece. Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology Kos island, Greece, 5-7 September. p. A1190-A1198.
- Qasemi Kordkheili, P., N. Kazemi, A. Hemmati and M. Taki. 2013. Energy consumption, input-output relationship and economic analysis for nectarine production in Sari region, Iran. *Intl. J. Agri. Crop. Sci.* 5(2):125-131.
- Rajaeifar, M.A., A. Akram, B. Ghobadian, Sh. Rafiee and M.D. Heidari. 2014. Energy-economic life cycle assessment

- (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran. *Energy* 66:139-149.
- Ribarova, F., R. Zanev, S. Shishkov and N. Rizov. 2003. α -Tocopherol, fatty acids and their correlations in Bulgarian foodstuffs. *J. Food Compos. Anal.* 16:659-667.
- Samavatean, N., Sh. Rafiee, H. Mobli and A. Mohammadi. 2011. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. *Renew. Energ.* 36:1808-1813.
- Sarkheil, S., A. Taheri Hajivand, A. Hemmati and H. Navid. 2010. Analysis of energy flow in producing olive. Case of Tarom, Iran. 3rd. International conference on oil seeds and edible oils. Golestan, Iran, July.
- Singh, J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana India, Master of Science Thesis (Unpublished), International Institute of Management University of Flensburg, Germany.
- Zieseemer, J. 2007. Energy use in organic food systems United Nations Food and Agriculture Organization. Available in: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/233069/energy-use-oa.pdf>. Date of consultation: August 2016.