

Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina)

Denoia, J.; Montico, S.***

Resumen

Se analizó la gestión de la energía en cultivos de papa, tomate y lechuga en un área próxima a la ciudad de Rosario (Argentina). Se consideraron todos los ingresos de materia al sistema y su producción transformándolos en energía al multiplicar las cantidades de insumos por sus contenidos energéticos. Se analizó tanto la energía directa como la indirecta. Se estudió la gestión energética dentro de los límites físicos del sistema. Los indicadores empleados fueron: eficiencia energética (EfE) y productividad energética (PE). Los balances energéticos de papa y tomate fueron negativos, mientras que en lechuga, la energía producida fue menor que la ingresada. La mayor eficiencia energética se registró en tomate (3,54), seguida por papa (2,69); la menor fue en lechuga (0,25). La energía ingresada en tomate resultó la más eficiente (88,6 kgMS/100 Mj), seguida por la de papa (16 kgMS/100 Mj) y la de lechuga (10,8 kgMS/100 Mj).

Palabras clave: ciencias agrarias. eficiencia energética, balance de energía, cultivos hortícolas

El artículo se desarrolló en el marco del Proyecto "Valoración energética desde la producción de cereales y oleaginosas a los biocombustibles", aprobado por la SECyT; Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario -UNR-; recibido en diciembre 2009, admitido en setiembre 2010.

Autores: *Jefe Trabajos Prácticos, Cátedra Manejo de Suelos. ** Profesor Titular, Cátedra Manejo de Tierras, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR (Zavalla, Santa Fe, Argentina). E-mail: jdnoia@unr.edu.ar

Energy balance in field vegetable crops in Rosario (Santa Fe, Argentina)

Abstract

The energy management in potato, tomato and lettuce production systems was analyzed in an area close to the city of Rosario (Argentina). All the material inputs and the yields were considered and transformed into energy units by means of multiplying the quantity of material by their energy contents. The direct as well as the indirect energy were analyzed. For the energy management, the physical limits of the system were considered. The indicators used were energy efficiency (EfE) and energy productivity (EP). The potato and tomato crops energy balances were negative while the energy output of the lettuce crop was lower than its input. Tomato crop showed the best energy efficiency (3.54) followed by potato crop (2.69). Energy efficiency was the least (0.25) in lettuce crop. Moreover, energy input in the tomato production was the most efficient (88.6 kgMS/100 Mj), followed by the potato (16 kgMS/100 Mj) and the lettuce (10.8 kgMS/100 Mj).

Keywords: agricultural sciences, energy balance, energy efficiency, vegetable crops

Balanceamento de energia em cultivos hortícolas a campo em Rosario (Santa Fe, Argentina)

Resumo

Analisou-se a gestão da energia em cultivos de batata, tomate e alface numa área próxima à cidade de Rosario (Argentina). Consideraram-se todos os ingressos de matéria ao sistema e sua produção transformando-os em energia ao multiplicar as quantidades de insumos por seus conteúdos energéticos. Analisou-se tanto a energia direta como a indireta. Estudou-se a gestão energética dentro dos limites físicos do sistema. Os indicadores empregados foram: eficiência energética (EfE) e produtividade energética (PE). Os balanceamentos energéticos de batata e tomate foram negativos, quanto que em alface, a energia produzida foi menor que a ingressada. A maior eficiência energética se registrou em tomate (3,54), seguida por batata (2,69); a menor foi em alface (0,25). A energia ingressada em tomate resultou a mais eficiente (88,6 kgMS/100 Mj), seguida pela de batata (16 kgMS/100 Mj) e a de alface (10,8 kgMS/100 Mj).

Palavras chave: ciências agrárias. eficiência energética, balanceamento de energia, cultivos hortícolas

I. Introducción

La actividad agropecuaria puede ser considerada como un proceso de conversión de energía, donde la energía solar, a través de la fotosíntesis, es transformada en alimentos para los seres humanos y forrajes para los animales.

La agricultura moderna requiere de aportes de energía fósil en todas las etapas de la producción, tales como el uso directo de la energía en maquinaria agrícola, agua de riego, operaciones de cultivo y cosecha. Además, se debe contabilizar el empleo de energía a través de fertilizantes minerales, insecticidas y herbicidas, lo que se considera una forma de uso indirecto. En términos generales, los agrosistemas actuales requieren cantidades altas y crecientes de insumos [1], lo que implica elevados costos energéticos. Por otra parte, el empleo de tecnologías de fertilización y control de adversidades, sumado al mejoramiento genético de los cultivos conducen al incremento de los rendimientos y por lo tanto del *output* de los agrosistemas [2].

De acuerdo al enfoque adoptado en el análisis energético del sistema, cuando el producto atraviesa la frontera del sistema de producción también pueden ser considerados los costos energéticos derivados de la transformación de los alimentos, el almacenamiento y el transporte a los mercados, arribándose a un análisis integral de la cadena de producción, aspecto no abordado en este trabajo.

Por otra parte, ante recursos energéticos limitados, resulta conveniente seleccionar aquellos sistemas de producción que resulten eficientes en la gestión de la energía, los que además permitirán la generación de recursos alimenticios o energéticos, sin incrementar la concentración de gases que contribuyen al afecto invernadero. Además, el uso racional de la energía constituye una forma de optimizar el empleo de fertilizantes, combustibles, herbicidas e insecticidas mejorando la competitividad de la empresa en el mercado.

La producción de alimentos representa sólo una proporción relativamente pequeña del total de la demanda final de energía, tanto en países industrializados como en desarrollo, alrededor de 4% y 8%, respectivamente [3]. Al incluir la demanda energética de la elaboración

de alimentos y el transporte, esta proporción podría llegar al doble de las cifras expresadas anteriormente. A pesar de esta aparentemente poca importancia se considera que su uso no resulta sustentable en el largo plazo, bajo las actuales formas de uso y gestión energética principalmente en países desarrollados. Algo semejante ocurre en países con economías no desarrolladas, pero con un sector agrícola de gran importancia, que emplean tecnología moderna pero en los que la planificación de uso de los recursos naturales no resulta una prioridad en las políticas nacionales [4].

Por otra parte, en términos generales, las regiones con mayor consumo de energía tienen mayores rendimientos agrícolas, aunque la relación energía empleada y producción se ve también afectada por cuestiones tales como disponibilidad y calidad de los recursos naturales. Por todo esto, la elaboración de conclusiones de carácter nacional, principalmente en países en desarrollo, con escasez de información acerca de la eficiencia en el uso de la energía resulta difícil o carente de precisión. Es por ello que surge la necesidad de enfocar el análisis energético a nivel de cultivos, donde la recopilación de información básica es factible. Para muchas de las etapas del proceso de producción de alimentos no existen datos confiables y más aún, son escasas las referencias disponibles acerca del uso de la energía en cultivos tales como los hortalizas.

La actividad orientada a la producción de hortalizas en Argentina es de gran importancia económica y social, utilizando el 2% de la superficie agrícola, pero produciendo el 11,6% del PBI agrícola nacional, lo que genera una demanda de mano de obra directa (conjuntamente con la fruticultura) que involucra a 200.000 personas [5]. La provincia de Santa Fe participa con el 8% de la superficie nacional cultivada con hortalizas. Dentro de ella, la zona de cultivo más importante es la de Rosario, con una superficie superior a las 5000 ha y 250 establecimientos productivos hortalizas en actividad, con una participación estimada de más de 8.000 operarios en forma directa a estas actividades [6].

Respecto del modelo tecnológico adoptado en la horticultura zonal, [7¹⁰⁻¹¹] plantea que “éste no ha reemplazado la necesidad de mano de obra calificada requerida en diferentes momentos del cultivo, aspecto

que la diferencia de la producción agrícola extensiva”, aclarando además que “mientras que los cambios tecnológicos desde la modernización en agricultura favorecen prácticas económicas que permiten una reducción en los costos; reducción en labores y tiempo de trabajo destinado a la producción, lo que trae aparejado una necesidad menor del número de trabajadores, en la organización del proceso productivo hortícola la tecnología no ha penetrado del mismo modo”, transformándose en un aspecto destacado del modelo desde la perspectiva energética.

El objetivo de este trabajo fue analizar la gestión energética en cultivos hortícolas realizados bajo condiciones de campo, en establecimientos del área de influencia de la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe.

II. Materiales y métodos

Los datos empleados en este trabajo están basados en información aportada por integrantes del Proyecto Hortícola Rosario, Universidad Nacional de Rosario, en relación a los cultivos de lechuga, tomate y papa, todos en la modalidad de producción a “cielo abierto”, que es la más representativa (99,5% de la superficie hortícola del área Rosario) con relación a la producción bajo invernáculo [8, 9].

Los cultivos fueron seleccionados por su superficie cultivada en el área de estudio. La papa es el cultivo de mayor importancia en el área hortícola cercana a la ciudad de Rosario (27%), bajo un modelo de producción “extensivo”, si se lo compara con los otros dos cultivos estudiados. Lechuga es el más importante dentro de los cultivos intensivos (15,2%), mientras que el tomate de campo, con 120 ha, ocupa el 2,18% de la superficie, siendo también uno de los más relevantes [9].

Para coleccionar la información necesaria se solicitó a expertos del referido Proyecto Hortícola información relacionada a labores de implantación, cantidad de insumos comerciales (semillas, fertilizantes, insecticidas, herbicidas y funguicidas) y requerimientos de mano de obra, representando en conjunto al total del flujo de ingreso al sistema. Por otra parte, se requirió la cantidad de producto obtenido, lo que constituyó la salida del sistema. Tanto los insumos como la producción se calcularon para un período de cultivo y para la superficie de una hectárea.

En este estudio se empleó el método de análisis de procesos [10], considerando todos los ingresos de energía (energía directa: maquinarias, combustibles y lubricantes e indirecta: semillas, herbicidas, insecticidas, funguicidas y fertilizantes) al sistema, caracterizados a través de flujos de materia física, lo que permitió incluir en el análisis aproximadamente un 90% del *input* de energía [11].

No fue considerada la energía aportada por el sol, y además sólo se consideró la energía indirecta empleada en un paso previo al ingreso de los insumos al sistema (la necesaria para elaborar el producto comercial), excluyendo el consumo de energía en etapas anteriores (por ejemplo: fabricación de maquinaria involucrada en la elaboración del insumo en cuestión). Otro límite impuesto fue que el análisis de la gestión energética se extendió sólo hasta el momento en que los productos transpusieran los límites físicos del sistema, quedando excluidos los procedimientos de envasado, secado, almacenaje, transporte hasta los consumidores, etc. El criterio de selección de estos límites se basó en que el análisis pretendido en el estudio, centrado en la gestión de la energía en los sistemas de producción y no en toda la cadena productiva y comercial en que cada producto podría estar involucrado.

Como primer paso para la construcción de los indicadores energéticos se convirtió cada uno de los datos obtenidos a unidades equivalentes en Mega Joules por unidad de peso o volumen (**Cuadro N° 1**).

CUADRO N° 1. Contenido energético de los insumos empleados y operaciones realizadas en el proceso productivo

Concepto	Unidad(U)	Mj U	Concepto	Unidad(U)	Mj U
Semillas					
Lechuga	kg	16,62 (f)	Gas oil	Lt	43,3 (f)
Papa	kg	16,62 (a)	Maquinarias	Mj/Lt gas oil	12 (g)
Tomate	kg	32,99 (f)	Lubricantes	Mj/Lt gas oil	3,6 (g)
Mano de obra					
Mj/h		2,3 (h)			
Operaciones					
Pesticidas¹			Fertilización	ha	99,59 (e)
Herbicidas	cm ³	0,418 (b)	Fumigación	ha	99,59 (e)
Insecticidas	cm ³	0,364 (b)			
Fertilizantes			Productos		
Nitrógeno (N)	kg	77,53 (c)	Lechuga	Mj/kg	0,46 (d)
Fósforo (P)	kg	6,035 (c)	Papa	Mj/kg	3,18 (d)
Cama de pollo	Mg	303,1 (h)	Tomate	Mj/kg	0,8 (i)

1. Concentración energética por unidad de principio activo. [12] (a) Teixeira (2005)*, (b) Pimentel (1980)*, (c) Machioro (1985)*, (d) [13] (2002), (e) Embrapa (1991)*, (f) [143] (1976), (g) [154] (2001), (h) [16], (i) [17], * Citados por [18]

De la relación que se estableció entre la energía producida (egreso de energía desde el sistema -EE-) y el total de energía ingresada al sistema (IE), se obtuvo una medida de la eficiencia energética del proceso analizado (Ef E: EE/IE). El diseño de este indicador resulta relevante en la planificación y control de actividades a escala predial que incluyan la sustentabilidad como objetivo de trabajo. El equilibrio en el uso de la energía es necesario para el cumplimiento de este objetivo ya que su empleo deficitario limita la obtención de una producción adecuada y, por otro lado, el exceso incide negativamente sobre la eficiencia y se traduce en efectos como agotamiento de recursos naturales, calentamiento global y otras formas de estrés ambiental.

Otro indicador energético empleado fue la productividad energética (PE), vinculando en forma directa la producción de materia seca con el ingreso de la energía en el sistema. En el **Cuadro N° 2** se detallan los parámetros energéticos empleados y los indicadores seleccionados.

CUADRO N° 2. Parámetros energéticos e indicadores seleccionados para caracterizar la gestión energética en sistemas de producción de papa, lechuga y tomate

Parámetros energéticos	Composición
Ingreso de energía directa (IE _d)	Gas oil + Maquinaria + Mano de Obra
Ingreso de energía indirecta (IE _i)	Semillas + Fertilizantes + Pesticidas
Ingreso de energía (IE)	IE = IE _d + IE _i
Egreso de energía (EE)	Biomasa cosechada
Indicadores	
Eficiencia energética (Ef E)	Ef E = EE/IE
Productividad energética (PE)	PE = Producto obtenido/IE

III. Resultados y discusión

La energía directa aportada al sistema de producción de tomate (**Cuadro N° 3**) representa una proporción pequeña respecto al total de ingreso (3,5 %). El combustible constituye la mayor fuente de consumo energético directo. La energía indirecta de los fertilizantes y enmiendas empleados resultó el mayor aporte al sistema, en coincidencia con lo obtenido por otros autores como [12] en un trabajo de balance energético realizado en Brasil y por [16] en Turquía. En ambos casos, las fuentes nitrogenadas de fertilizantes fueron las más importantes en cuanto a su aporte de energía al sistema, resultado similar al obtenido en este trabajo (**Cuadro N° 4**).

A partir de una alta producción energética del cultivo de tomate, el balance es negativo. En coincidencia con lo planteado, [16] informaron un balance negativo de 32.676 Mj/ha en un cultivo de tomate con una producción de 200 Mg/ha de producto fresco. En el presente trabajo el rendimiento considerado fue de 120 toneladas por hectárea (resultado no presentado).

CUADRO N° 3. Ingresos y egresos energéticos. Cultivos de tomate, lechuga y papa bajo condiciones de cielo abierto en el cinturón hortícola de Rosario, Santa Fe.

Ingreso de energía	Tomate		Lechuga		Papa	
	(MJ/ha)	(%)	(MJ/ha)	(%)	(MJ/ha)	(%)
Energía directa						
Gas Oil	1618	5,97	2016	7,78	2387	14,41
Mano de obra	32	0,12	46	0,18	0	-
Maquinaria	448	1,6	559	2,2	832	5
Total energía directa	2098	-	2621	-	3219	-
Energía indirecta						
Fertilizantes y enmiendas	18051	66,6	21397	82,5	12153	73,4
Herbicidas	4013	14,8	0	0	349	2,11
Insecticidas	1678	6,19	1186	4,58	135	0,81
Fungicidas	1266	4,7	707	2,7	707	4,3
Total energía indirecta	25008	-	23290	-	13343	-
Total ingreso energía	27106	100	25911	100	16562	100
Salidas de energía						
Producción	96000	-	6440	-	44520	-
Balance	-68894	-	19471	-	- 27958	-

Por otra parte, en el **Cuadro 3** se puede ver que, en el cultivo de lechuga, la energía directa empleada tuvo como principal origen al combustible, mientras que la mano de obra representa, al igual que en tomate, una proporción muy baja del total de energía ingresada. La mayor parte del ingreso energético al sistema es energía indirecta (85%). Los fertilizantes son el aporte más significativo del flujo energético de ingreso, mientras que los insecticidas ocupan el tercer lugar, luego del gas oil. El balance energético de lechuga es positivo, basado en un elevado uso de insumos respecto a la cantidad de energía producida por el cultivo.

Dentro de los fertilizantes, las formas nitrogenadas representaron el mayor gasto energético del sistema en los cultivos de lechuga y papa, a la vez que en tomate también la enmienda cálcica resultó importante (**Cuadro N° 4**). El aporte energético de las enmiendas orgánicas fue significativo en tomate y lechuga, mientras que en el cultivo de papa se emplean mayormente fertilizantes químicos.

CUADRO N° 4. Ingreso de energía indirecta al sistema como fertilizantes y enmiendas en cultivos de papa, lechuga y tomate.

Nutriente	Tomate		Lechuga		Papa	
	Mj/ha	%	Mj/ha	%	Mj/ha	%
N	4186	23,2	13026	61	11320	93,1
P	1936	10,7	399	1,8	833	6,9
K	-		3425	16	-	
S	2630	14,5	-		-	
Ca	4752	26,4	-		-	
Cama de pollo	4547	25,2	4547	21,2	-	
Total	18051	100	21397	100	12153	100

Los ingresos de energía directa e indirecta al sistema de producción de papa fueron semejantes en sus proporciones a los de lechuga y tomate (**Cuadro N° 3**). La energía directa ingresada en papa resultó mayor que en los otros cultivos y se debe destacar la ausencia de aporte de mano de obra, vinculada a la mecanización de las labores de preparación de la cama de siembra, protección y cosecha del cultivo.

A partir de una alta producción energética, en papa, al igual que en tomate, el balance de energía resultó negativo aunque la cantidad de energía emitida por el sistema fue menor que en tomate.

CUADRO N° 5. Cultivos de tomate, lechuga y papa. Eficiencia energética y productividad energética.

Parámetros e indicadores	Tomate	Lechuga	Papa
IE (Mj/ha/año)	27106	25911	16562
EE (Mj/ha/año)	96000	6440	44520
Ef E= EE/IE	3,54	0,25	2,69
PE (kgMS/100 Mj)	88,6	10,8	16,9

Referencias: IE: ingreso de energía. EE: egreso de energía. Ef E: eficiencia energética.

PE: productividad energética

En el **Cuadro N° 5** se presentan los valores alcanzados en los indicadores energéticos empleados. En el cultivo de papa, a partir de una alta producción de energía como biomasa cosechada y un bajo ingreso al sistema se logra una alta eficiencia energética -2,69 Mj/ha producidos por cada Mj/ha ingresados-, a diferencia de la relación 1,25

obtenida por [19] en la provincia de Ardabil (Irán). Un trabajo similar realizado en Eslovaquia por [20] arrojó valores de eficiencia energética en papa bajo condiciones de campo y con sistemas de manejo diferentes (orgánico, de bajos insumos y convencional) comprendidos entre 2,05 y 3,11, similares a los de este trabajo.

Respecto de la productividad energética del cultivo de papa, ésta fue intermedia entre las de lechuga y tomate. Por otra parte, los casi 17 kg de MS obtenidos por cada MJ de energía empleados (**Cuadro N° 5**) resultaron superiores a los 3,78 a 5,94 MJ/kg de materia seca obtenidos por [20] y a los 0,35 MJ/kg reportados por [19], lo que estaría relacionado principalmente a menor cantidad de insumos registrados en este trabajo respecto a los mencionados.

Por último, en tomate se registró la más alta eficiencia energética. En este sentido, [16] obtuvieron un valor de eficiencia superior (1,26) y una mayor cantidad de materia seca por unidad energética ingresada: 157 kg MS/100 Mj frente a los 88,6 kg MS/100 Mj obtenida en este trabajo, lo que podría estar vinculado a una mejor expresión productiva del sistema asociada a condiciones ambientales más favorables, que incrementan la eficiencia energética del sistema.

En términos generales, se puede afirmar que el proceso productivo de papas y tomates en la región próxima a la ciudad de Rosario reunió condiciones positivas respecto de la gestión de la energía, constituyendo procesos en los cuales el aporte energético involucrado resultó menor que la producción energética del sistema. En el caso de lechuga, las condiciones de sustentabilidad productiva no se cumplieron, fundamentalmente a partir de la baja eficiencia energética del proceso originada probablemente en la escasa cantidad de kilogramos por unidad de superficie producida en relación a los demás cultivos analizados en este trabajo y en el bajo contenido energético por unidad de peso del cultivo.

IV. Conclusiones

Las producciones de papa y tomate, en las condiciones relevadas en este trabajo, fueron energéticamente eficientes y alta su productividad energética. En lechuga, el ingreso de energía al sistema resultó supe-

rior a la producción energética. En todos los sistemas analizados, el flujo de ingreso energético más importante fue el de fertilizantes químicos nitrogenados. La energía directa, en todos los casos, fue proporcionalmente menor a la indirecta. La energía ingresada en el rubro mano de obra fue baja en tomate y lechuga, a pesar de tratarse de cultivos intensivos en el empleo de técnicas manuales.

El análisis energético aportó información vinculada a propiedades de los sistemas productivos analizados que podría ser empleada en la optimización de la gestión de la energía en la producción de alimentos.

Resulta importante destacar la necesidad de ampliar el análisis de la gestión energética a otros cultivos o a otras modalidades productivas, en virtud de la importancia para la región de estos procesos de producción de alimentos y de la escasa información vinculada al uso de la energía en el sector hortícola.

Referencias bibliográficas

- [1] DENOIA, J.; VILCHE, M.; MONTICO, S.; BONEL, B.; DI LEO, N. Análisis descriptivo de la evolución de los modelos tecnológicos difundidos en el Distrito Zavalla (Santa Fe) desde una perspectiva energética. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 2006; XVII (33): 211-226.
- [2] BONEL, B.; MONTICO, S.; DI LEO, N.; DENOIA, J.; M. VILCHE. Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. *Revista de la FAVE - Ciencias Agrarias*. 2005; 4 (1-2): 37-47.
- [3] UHLIN, H.E. Energy productivity of technological agriculture-lessons from the transition of Sweddish agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1999; 73: 63-81.
- [4] MONTICO, S.; DI LEO, N.; BONEL B.; DENOIA, J. *Gestión de la energía en el sector rural*. Rosario: UNR Editora; 2007.
- [5] GARCÍA, M.; HANG, G. Impacto de la devaluación de principios de 2002 en el cinturón hortícola platense. Estrategias tecnológicas adoptadas, sus resultados y consecuencias. *Mundo Agrario*. 2007; 8 (15): 81-86.
- [6] FERRATO, J. El Proyecto Hortícola de Rosario (PHR), a 10 años de su creación. *Revista Agromensajes*. 2004; 14: 12-13.
- [7] PROPERSI, P. Persistencia y cambio de las unidades de producción hortícola en el Cinturón Verde del Gran Rosario. *Mundo Agrario*. 2006; 7 (13):1-13.
- [8] BOUZO, C. *Producción hortícola mediante invernaderos en la provincia de Santa Fe*. 2008. Disponible en:<http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2008/10/informe-santa-fe.doc> [02 de noviembre de 2009].
- [9] LONGO, A., GRASSO, R., MONDINO, C Y FERRATO, J. *Censo del Cinturón Hortícola de Rosario*. 2002. Disponible en: http://www.fcagr.unr.edu.ar/phrfile/censo_cinturon.pdf. [17 de septiembre de 2009].
- [10] MEUL, M.; NEVENS, F.; REHEUL D.; HOFMAN, G. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2007; 199: 135-144.
- [11] REFSGAARD, K.; HALBERG, N.; KRISTENSEN, E. Energy utilization in crop

- and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agricultural Systems*. 1998; 57: 599-630.
- [12] TEIXEIRA, C.; DE LACERDA FILHO, A.; PEREIRA, S.; DE SOUZA, L.; RUSSO, J. Balanço energético de uma cultura de tomate. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2005; 9 (3): 429-432.
- [13] CECCON, P.; COIUTTI, C.; GIONANARDI, R. Energy balance of four farming systems in north-eastern Italy. *Italian Journal of Agronomy*. 2002; 6 (1): 73-83.
- [14] LEACH, G. *Energy and food Production*. Surrey: IPC Science and Technology Press Ltd; 1976.
- [15] DALGAARD, T.; HALBERG, N.; PORTER, J.R. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* 87: 51-65.
- [16] OZKAN B; AKCAOZ, H; KARADENIZ, F. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Convers Manage*. 2004; 45:1821-30.
- [17] HATIRLI, S; OZKAN, B; FERT, C An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2005; 9:608-23.
- [18] PEREIRA DOS SANTOS, H.; FONTANELLI, RS; IGNACZAK, JC; ZOLDAN, SM. Conversão e balanço energético e sistemas de produção de grãos com pastagens sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2000; 35 (4):743-752.
- [19] MOHAMMADI, A; TABATABAEFAR, A; SHAHIN, S; RAFIEE, S; KEYHANI, A. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management*. 2008; 49:3566-70.
- [20] ZAK, S; MACAK, M; KOVAC, K. Energy balance of potato growing in ecological low-input and conventional production system. *Agriculture*. 2006; 52 (3): 132-43