

施設菜蔬 生産시스템의 純 에너지 分析

Net Energy Analysis for Protected Vegetable Production System

洪 志 亨
Hong, Ji Hyung

Summary

This paper presents analytic results of energy sequestered for the forcing cultural cucumber and the others production system with the input-output tables method in the southern parts of Korea.

In this study an attempt is made to evaluate input of direct and indirect energy, output of yield energy and net energy in order to achieve increased energy productivity under P E greenhouse. Cultural practices were grouped soil and soilless with perlite for vegetable production.

The results from this study are summarized as follows :

1. Total energy inputs in cucumber production were calculated to be 510 GJ/10a(direct energy : 480 GJ/10a, indirect energy : 30 GJ/10a) from soil culture and 440 GJ/10a(direct energy : 420 GJ/10a, indirect energy : 20 GJ/10a) from soilless culture in perlite hydroponics.
2. Energy outputs from cucumber and biomass were 7 GJ/10a and 120 GJ/10a at a uniform rate respectively.
3. Heating fuel as diesel is a major energy inputs approaching 90% of the total energy requirements for cucumber production.
4. Net energy in cucumber production was calculated to be 503 GJ/10a from soil culture and 431 GJ/10a from soilless culture. Net energy productivity was maintained costantly as 0.98.
5. Energy productivity in cucumber was calculated to be 0.029 kg/MJ from soil culture and 0.043kg/MJ from soilless culture, while energy efficiency was 0.012 and 0.015 respectively. It is expected that a soilless cultural production system seems to be reductive in sequestered energy input by 13%.

I. 緒 論

UR타결 이후의 국제화 시대에 우리나라 농업이 지속적으로 발전할 수 있는 길은 생산비 절감과 유통구조 개선 및 고품질 농산물 공급으로 국제 경쟁력을 강화하는 방법 밖에 없다. 생산비 절감은 토지 생산성보다는 노동 생산성과 에너지 생산성의 향상에 있다. 그러므로 시설농업의 생력 기계화에 따른 화석연료와 비료등의 제 보조 에너지의 과다한 투입을 방지하여 환경오염을 억제 하면서 지속적인 생산이 가능한 환경 조화형의 농업 기술 개발⁹⁾이 중요한 실정이다.

지금까지, 시설원예 산업은 작업의 생력화, 합리화로서 노동 생산성을 다소나마 향상 시켜 왔으나, 화석연료와 석유화학제품등의 대량 투입으로 토양, 지하수 및 대기등을 오염하는 환경문제와 생산물에 잔류된 농약과 유해물질로서 식품의 안전성 문제와 더불어, 에너지 효율과 에너지 생산성의 증대에 관심이 높아지고 있다.

국민경제가 발전함에 따라 농축산물 생산이 자급자족 단계에서 상업농 단계로 전환되는 과정에서 고소득 시설원예 작물이 크게 늘어났으며 또한, 소비도 고급, 다양화되어 식량작물에 재배면적이 줄어든 반면에 과채류의 시설재배 면적이 증가 추세에 있다. 그러나, 시설채소 생산 농가의 호당 재배면적은 1000평 이하가 72%로서 경영규모가 영세한 실정⁷⁾에 있다.

작물생산은 기본적으로 태양 에너지의 생 에너지로의 변환으로 여기에 여러가지의 생산 기술을 도입하여 이 변환을 보다 효율이 높고 안정되게 하기 위하여 보조 에너지를 사용하게 되었다.

일반적으로 농축산물 생산 시스템에 투입되는 보조 에너지는 직접 에너지와 간접 에너지로 구분되며, 전자는 동력과 열원이되는 인력, 전력 및 연료등이며 후자는 기계, 온실등의 고정재와

비료, 농약등의 유동재¹⁸⁾등으로 구성되어 있다.

특히 농산물 생산 활동과정에서 가장 에너지를 다량 소비하는 생산형태는 야채 축성재배이다.¹⁴⁾ Pimental²⁰⁾은 농업이 근대화 될수록 에너지 효율이 감소 된다고 말했으며, Steinhart²²⁾등은 식량작물 생산 과정에서 에너지 효율은 1 : 9라고 발표 하고, 金³⁾과 宇田川¹⁴⁾는 벼의 에너지 생산성은 3.7-9.6kg/MJ 범위에 있으며, 고소득 작물이 작은 경향을 나타낸다고 지적 하였다.

木谷등¹¹⁾은 시설원예에 투입되는 에너지는 작물과 作型에 따라 큰 폭으로 차이가 있다고 말하고, 무가운 재배는 노지 재배보다 2배 이상을 가운 재배는 무가운 재배보다 수배 이상의 차이가 있었다고 발표 했으며, 단위 수확량에 대한 투입 에너지는 에너지 투입 증가에 따라 늘어난다고 하였으며, 또한 시설재배의 직접 에너지량 가운데 연료가 96%를 간접 에너지량 가운데 비료가 44%로서 보조 에너지에 가장 큰 비중을 차지 한다고 지적했다.¹⁴⁾

한편, 吉野¹⁶⁾는 쌀 생산의 에너지 효율은 1.32이고 시설오이 생산의 에너지 효율은 0.02로서 에너지 절약적인 측면에서 적정 작목의 선정이 필요하다고 발표했다.

이와 같이 작물 생산시스템의 에너지 분석은 생력 기계화에 의한 노동 생산성 향상에서 발생하는 에너지의 과다한 투입을 억제하여 에너지 효율을 향상하고 화석연료 의존에 따른 공해방지를 위해서 지속적으로 안정된 생산활동을 유지하는데 있으며 특히, 순 에너지 분석은 작물 수확량에 대한 산출 에너지와 작물 생산에 투입된 보조 에너지량과의 차이로서 작물 시스템의 에너지 생산성을 평가하는 기준으로 작물 생산과정에서 에너지의 효율적인 관리를 정성적, 정량적으로 검토하여 농축산물 생산시스템의 구조와 기능을 개선하는데 있다.

따라서, 본 연구는 시설채소 원예산업이 전업화 경향에 있는 전남 동부지역의 작물별, 재배

방식별 보조 에너지의 투입과 산출물의 에너지를 산정하여 에너지 생산성과 에너지 효율 향상에 미치는 요인을 구명하여, 저투입 에너지에 의한 환경보전형 시설재배 생산시스템의 개발에 필요한 기초자료를 제공하는 것이 목적이다.

II. 對象施設 및 分析方法

1. 對象施設의 概要

시설채소 농가는 전라남도 동부지역인 光陽郡, 昇州郡 및 求禮郡 등의 저온성 작물 재배 농가 20개소를 관련기관의 자료에서 무작위 추출하였다. 선정된 농가의 재배 작물, 재배면적, 作型 및 재배방식 등은 Table-1에 나타난 바와 같으며, 재배 일정은 작물에 따라 약간의 차이가

있으나 대체적으로 9월 하순에 파종하여 10월 하순경에 定植을 하였다. 난방기간은 11월 중순부터 이듬해 4월 중순까지 약 5개월이며, 이때 난방기간 동안의 평균 외기온도는 5.4℃, 최고 및 최저 기온의 평균은 각각 10.3℃, 0.7℃이며 일조량은 평균 5.78시간/일이며, 온실의 난방은 경유용 난방기를 이용하였으며, 야간의 설정온도는 13-16℃로 하였다. 수확기간은 12월 중순에서 익년 6월 하순까지 7개월 이내였다.

온실은 PE온실로서 연화 비닐필름과 강재 파이프 골조이며 보온방식은 일중피복과 이중 커튼이며, 작업용 기계는 온풍 난방기를 비롯하여 경운기, 동력분무기, 관리기, 양수기 및 모터등이 사용되고 있었으며, 포장내에서 작업 순서별 주요 특성은 Table-2와 같다.

Table-1. General aspects of forcing vegetable production

Case No.	Cultivated		Cultural practices	Case No.	Cultivated		Cultural practices
	area(a)	crop			area(a)	crop	
1	17	Cucumber	soil	11	40	Cucumber	soil
2	13	"	"	12	20	"	"
3	17	"	"	13	55	"	soiless
4	13	"	"	14	53	"	with perlite
5	34	"	"	15	20	"	soil
6	34	"	"	16	34	"	"
7	40	"	"	17	20	"	"
8	13	"	"	18	20	"	"
9	17	"	"	19	20	"	"
10	26	"	"	20	47	Tomato	"

Table-2. Field operations of vegetable production

1. Setting up iron bars for greenhouse.
2. Ploughing at a depth of 15-20cm and harrowing three times of cultivated soil.
(Hydroponics with perlite in soiless culture as No. 13 and 14.)
3. Applying fertilizers, making compost and their moving to field.
4. Listing and manual sowing.
5. Seedbed pest control four times.
6. Manual P E covering of outside curtain and inside two layer of thermal screen.
7. Mulching manually for weed control.
8. Manual grafting and transplanting.
9. Applying water and agri. chemicals by two or three times per week.
10. Hot air heating during five months in winter.
11. Defoliation and stalk inticement before harvesting.
12. Harvesting, sorting, packaging and transport to truck.

2. 分析方法 및 算定項目

시설채소 육성재배에 투입된 보조 에너지는 직접 에너지와 간접 에너지로 구분 하였으며, 전자는 동력과 열원으로 구성되는 인력, 전력, 연료로 나누고 후자는 유동재와 고정재로 구성되는 비료, 퇴비, 농약, 종자, 자재 및 기계 등으로 나누어 20개소 시설농가별로 산정한후 10a당 투입량으로 환산하였다.

보조 에너지의 분석 평가법은 투입-산출표

분석에 따라 산정 했으며 이를 근거로 투입과 산출에너지, 에너지 생산성, 에너지 효율, 순 에너지 및 에너지 순 생산성등을 평가하였다.

보조 에너지의 종별 에너지 상수는 Table-3에 제시된 기존의 여러 연구 성과 자료와 참고문헌을 사용하였고, 포장 작업용 농업 기계의 기종별 제반 특성은 농업 자재 검사소의 최근 10년간의 농업기계 검사연보⁴⁾로부터 인용 하였으며 에너지 분석 방법은 다음과 같다.

Table-3. Published value for the energy content of inputs and outputs

Item	Unit	Energy content (MJ/unit)	Ref.	Item	Unit	Energy content (MJ/unit)	Ref.
Manufacture, Transport & Repair	kg	100.7	1	Potassium	kg	9.0	2
Labour	hr	2.2	17	Agr. chemicals	"	100.2	"
Fuel	L	47.2	17	Seed	"	16.8	"
Electric energy	kWh	12.0	2	P E	"	24.7	15,16
Nitrogen	kg	80.2	2	Iron	"	11.5	"
Phosphate	"	14.0	"	Container	m ³	50.0	19
				Perlite	kg	0.071	10
				Cucumber	"	0.42	6
				Tomato	"	0.84	6
				Biomass	"	17.6	3

가. 分析方法

1) 기계에너지 : 기계에너지는 기계의 생산, 수송 및 수리등을 포함한 에너지 상수(100.7MJ/kg)와 기종별 무게, 耐用시간, 작업능률 등을 산정하여 다음 공식으로 산정 했다.

$$\text{기계에너지}^{18)} = (100.7\text{MJ/kg} \times \text{기계무게}) / (\text{내용시간} \times \text{작업능률}) \dots\dots\dots(1)$$

2) 비료에너지 : 비료에너지는 화학 비료와 유기질 비료로 구분하여 이 들의 기비와 추비등의 총 투입량을 산출하고, 총 투입량의 주요 비료 성분인 질소, 인산 및 칼리등의 성분 비율과 이 들 각 성분의 에너지 상수를 곱하여 산정 하였다. 본 연구에서 사용한 화학 비료의 질소, 인산, 칼리등의 성분 비율¹²⁾

은 각각 10%, 21%, 14%이며, 유기질 비료의 각 성분 비율은 각각 0.5%, 0.3%, 0.4%였다.

3) 연료 및 전력에너지 : 연료에너지는 작업시간, 단위 시간당 연료 소비량 및 에너지 상수등을 곱하여 산정하고, 전력 에너지는 사용 기계의 소요동력으로 부터 단위 시간당 소요 에너지량, 운전시간과 일수 및 에너지 상수등을 곱하여 산정했다.

4) 기타 에너지 : 이외의 보조 에너지 성분은 투입량 또는 작업 시간에 에너지 상수를 곱하여 산정 하였다.

나. 算定 項目

시설재배의 에너지 분석 항목은 오이의 土耕재배와 水耕재배에서① 단위 면적(10a)당

직접 및 간접 에너지의 성분별 투입량과 구성비, ②수확물과 부산물의 에너지 ③투입 에너지와 산출 에너지의 차이(純 에너지), ④수확량에 대한 투입 에너지(에너지 생산성) ⑤산출에너지에 대한 투입에너지(에너지효율), ⑥순 에너지에 대한 투입에너지(에너지 純 생산성)등이다.

III. 結果 및 考察

1. 直接에너지 投入量

시설재배 농가의 작목과 재배 방식에 따른 직접 에너지 종류별 총 투입량은 Table-4에 표시된 바와 같다. 분석 대상 시설채소 원예 농가는 오이가 대부분으로 토경재배가 17개소이며, 수경재배가 2개소(No. 13, No. 14), 토마토 1개소(No. 20)등이다. 오이의 토경재배와 수경재배 그리고 토마토의 토경재배에 있어서 직접 에너지의 총 투입량은 각각 480GJ/10a, 420GJ/10 및 300GJ/10a이며 성분별로는 연료가 가장 큰 비중을 차지하고 있었으며 연료 에너지의 투입량은 오이의 토경과 수경 재배에서 각각 460GJ/10와 400GJ/10a이

며, 토마토 토경 재배가 280MJ/10a로서 같은 기상조건하에서 재배방식과 작목에 따라 에너지 투입량이 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 특히 오이의 직접 에너지 소요량은 수경 재배가 토경 재배보다 약 12%정도 절감가능하였다.

연료를 제외한 전력과 인력에너지는 오이 토경재배에서 각각 20GJ/10a, 6GJ/10a이고 오이의 수경 재배에서는 19GJ/10a, 6GJ/10a로서 근소한 차이가 있으나, 토마토의 토경 재배는 각각 13GJ/10a, 4GJ/10a로서 작목에 따라 상당한 차이가 있음을 나타내고 있었다.

직접에너지 투입량은 거의 대부분이 가온용 난방 연료에너지인 경우로서 연료 소비량은 작목과 재배 방식에 따라 큰 영향을 받으므로 에너지의 저 투입으로 에너지 효율을 향상하기 위해서는 적정 작목과 재배 방식의 선택은 물론, 대체 에너지의 활용이 대단히 중요하다는 것을 알 수 있었다.

2. 間接에너지 投入量

시설재배에 있어서 간접 에너지 종류별 총 투입량은 Table-5와 같으며 여기서 자재성분

Table-4. Distribution of direct energy to inputs(MJ/10a)

Case No.	Labour	Fuel	Electricity	Total	Case No.	Labour	Fuel	Electricity	Total
1	9812	389703	15382	414897	11	4193	426051	19858	450102
2	8801	509496	24221	542518	12	5782	425980	18113	449875
3	6986	417460	20446	444892	13	5701	429091	19599	454391
4	7093	582100	22513	611706	14	5854	356225	18154	380233
5	7248	334208	13011	354467	15	6645	473062	22146	501856
6	6411	431405	16663	454479	16	5039	556326	23954	585319
7	3581	355050	13425	372056	17	4904	473062	21395	499361
8	5555	509496	24226	539277	18	5135	426146	20870	452151
9	4963	334200	16254	355417	19	4936	378828	18728	402492
10	5114	727259	33621	765994	20	4012	282184	13458	299654
*					**				
Average	6012	455889	20284	482185	Average	5778	392658	18877	417313

* Average of cucumber values from soil cultural practices.

** Average of cucumber values from soilless cultural practices.

(I)은 온실 자재인 폴리에치렌 필름과 강재 파이프 골조와 수경재배에 사용되는 퍼라이트(perlite)를 나타내고, 수확물 포장용 골판지는 자재(II)로 구분하였다.

작목과 재배법에 따라 오이의 토경재배, 수경재배 및 토마토의 토경재배로 나누어 간접에너지 총투입량을 분석한 결과는 각각 30GJ/10a, 20GJ/10a 및 24GJ/10a등으로 나타나, 작목과 재배법에 따라 상이한 바, 수경재배가 토경재배보다 에너지 소요량이 적게 나타났으며, 오이의 경우에는 수경재배가 토경재배보

다 약 30%의 간접에너지 절감 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

오이의 토경 및 수경재배 방식별 간접에너지의 성분별 투입량을 비교 검토한 결과는 다음과 같다. 기계에너지는 토경재배가 1.8GJ/10a, 수경재배는 1.6GJ/10a이고, 비료 에너지는 토경재배가 11.8GJ/10a, 수경재배는 1.8GJ/10a이며, 농약 에너지는 토경이 1.3GJ/10a, 수경이 1.9GJ/10a이었다. 종자에너지는 모두 9GJ/10a이며 자재에너지(I)은 똑 같이 11.4GJ/10a이며 자재(II)는 토경이 1.8GJ/10a, 수경

Table-5. Distribution of indirect energy to inputs(MJ/10a)

Case No.	Machinery	Fertilizers	Agr. chemicals	Seed	Materials(I)	Materials(II)	Total
1	1617	9564	1415	9	11135	1853	25593
2	2200	13409	1465	9	11649	1923	30655
3	1597	19350	1415	9	11135	1853	35359
4	2087	21055	1542	9	11649	1923	38265
5	1276	14505	1415	9	11135	1838	30178
6	1784	16891	1474	9	11135	1838	33131
7	1301	9051	1028	9	11358	1875	24622
8	2157	8678	1542	9	11649	1923	25958
9	1458	10308	1002	9	11135	1853	25765
10	2387	9578	1040	9	11650	1923	26587
11	1858	7826	1503	9	11358	1875	24429
12	1677	13221	1503	9	11358	1875	29643
13	1668	1777	1913	9	11358	3070	19795
14	1493	1845	1891	9	11429	3176	19843
15	1976	10969	1503	9	11358	1876	27691
16	2001	9094	973	9	11135	1838	25050
17	1782	11233	952	9	11358	1875	27209
18	1681	9387	1503	9	11358	1875	25813
19	1462	6683	952	9	11358	1875	22339
20	653	9006	1876	9	11277	1117	23938
* Ave.	1782	11812	1307	9	11348	1876	28134
** Ave.	1581	1811	1902	9	11394	3123	19820

* Average of cucumber values from soil cultural practices.

** Average of cucumber values from soilless cultural practices.

이 3GJ/10a등으로 구성 되었다. 여기서, 비료 에너지가 수경재배에서 크게 절감된 이유는 물 관리와 함께 施肥작업을 適期에 실시한 것으로 판단 되고, 수경재배의 자재(II)가 많은

것은 퍼라이트 재료가 추가되기 때문이었다.

3. 補助에너지 所要量 및 構成 比率

오이의 재배 방식별 보조 에너지의 투입량과 구성

施設菜蔬 生産시스템의 純 에너지 分析

Table-6. Distribution of sequestered energy to inputs for cucumber production(MJ/10a)

Inputs	Soil culture		Soiless culture	
	Energy	Rate(%)	Energy	Rate(%)
Labour	6012	1.18	5778	1.32
Fuel :	455889	89.33	392658	89.83
Gasoline	313		0	
Diesel(power)	787		0	
Diesel(heat)	454789		392658	
Electricity	20284	3.97	18877	4.32
Machinery	1782	0.35	1581	0.36
Fertilizers	11812	2.32	1811	0.41
Agr. chemicals	1307	0.25	1902	0.44
Seed	9	0.00	9	0.00
Materials	13224	2.60	14517	3.32
Total	510319	100.00	437133	100.00

비율은 Table-6에서 알 수 있는 바와 같이 토경재배가 510GJ/10a 이며, 수경재배가 440 GJ/10a로서 토경보다 수경이 약 13%의 에너지 투입량을 절감 할 수 있었다. 한편, 난방용 연료 에너지는 총 투입 에너지량의 89%를 차지 하고 있었으며, 그다음으로는 전력에너지가 4%, 자재에너지가 3%, 인력 에너지가 1.2-1.3%, 비료 에너지는 토경이 2.3%, 수경이 0.4%로서 토경이 수경보다 6배 가량 많이 소요

되었으며, 기계 에너지는 0.4%, 농약 에너지는 0.3-0.4%등으로 구성 되고 있었다.

4. 産出 에너지量

시설재배 방식별, 수확량과 바이오매스량 및 에너지 산출량은 Table-7에 나타난 바 같다. 여기서, 오이 작목의 재배 방식별 수확량과 에너지 산출량은 각각 15000kg/10a, 7GJ/10a이며, 바이오매스 발생량과 에너지 산출

Table-7. Distribution of yields and output energy in vegetable production

Case No.	Yields, kg/10a		Output energy, MJ/10a		Case No.	Yields, kg/10a		Output energy, MJ/10a	
	Fruit	Biomass	Fruit	Biomass		Fruit	Biomass	Fruit	Biomass
1	14706	6694	6176	117816	11	15000	6825	6300	120120
2	15385	7000	6462	123200	12	15000	6825	6300	120120
3	14705	6694	6176	117817	13	15000	6300	6826	120128
4	15385	7000	6462	123200	14	15094	6868	6340	120876
5	14706	6691	6176	117765	15	15000	6300	6825	120120
6	14706	6691	6176	117765	16	14706	6691	6176	117765
7	15000	6825	6300	120120	17	15000	6825	6300	120120
8	15385	7000	6462	123200	18	15000	6825	6300	120120
9	14706	6694	6176	117816	19	15000	6825	6300	120120
10	15385	7000	6462	123200	20	8936	6777	7506	119268
* Ave.	14987	6789	6325	120023	** Ave.	15047	6584	6583	120502

* Average of cucumber values from soil cultural practices.

** Average of cucumber values from soiless cultural practices.

Table-8. Energy productivity, intensity and efficiency

Case No.	Input MJ/10a	output		Productivity	Intensity	Efficiency
		kg/10a	MJ/10a	kg/MJ	MJ/kg	Out/In
1	440490	14706	6176	0.033	29.25	0.014
2	573173	15385	6462	0.027	37.26	0.011
3	480251	14705	6176	0.031	32.66	0.013
4	649971	15385	6462	0.024	42.25	0.010
5	384645	14706	6176	0.038	26.16	0.016
6	487610	14706	6176	0.030	33.16	0.013
7	396678	15000	6300	0.038	26.45	0.016
8	565235	15385	6462	0.027	36.74	0.011
9	381182	14706	6176	0.039	25.92	0.016
10	792581	15385	6462	0.019	51.52	0.008
11	474531	15000	6300	0.032	31.64	0.013
12	479581	15000	6300	0.031	31.97	0.013
13	474186	15000	6826	0.032	31.61	0.014
14	400076	15094	6340	0.038	26.51	0.016
15	529543	15000	6825	0.028	35.30	0.013
16	610369	14706	6176	0.024	41.50	0.010
17	526570	15000	6300	0.028	35.10	0.012
18	477964	15000	6300	0.031	31.86	0.013
19	424381	15000	6300	0.035	28.29	0.015
20	323592	8936	7506	0.028	36.21	0.023
* Ave.	510319	14987	6325	0.029	34.05	0.012
** Ave.	437133	15047	6583	0.034	29.05	0.015

* Average of cucumber values from soil cultural practices.

** Average of cucumber values from soilless cultural practices.

량은 각각 6700kg/10a, 120GJ/10a로서 거의 일정한 에너지가 발생되고 있었다.

한편, 토경 재배에서 오이와 토마토의 수확량을 비교 할때에 오이가 토마토 보다 약 40%의 증수효과가 있었으나, 산출 에너지는 이와는 반대로 토마토가 16%정도 많음을 알 수 있었다.

이와 관련하여 Table-8의 보조 에너지 투입량을 보면 토경재배와 수경재배를 포함한 오이가 토마토보다 32%정도 더 많이 투입되고, 토경재배의 오이와 토마토의 경우는 오이가 37%가량 더 많이 투입되나, 오이가 토마토보다 수확량이 많고 취급이 용이하여 토마토보다 오이를 많이 재배하고 있다고 판단된다.

5. 에너지 生産性, 에너지 效率 및 純 에너지

Table-8에서 시설채소 작목별 및 재배 방식별 에너지 생산성 및 에너지 효율등을 분석한 결과를 보면, 에너지 생산성은 오이의 토경 재배와 수경 재배에서 각각 0.029kg/MJ, 0.034kg/MJ이며 토마토의 토경 재배는 0.028kg/MJ로서 시설채소 축성재배의 에너지 생산성은 대체로 0.03kg/MJ의 값을 유지 하고 있었다.

에너지 효율은 오이의 토경재배와 수경재배에서 각각 0.012, 0.015이고, 토마토의 토경 재배에서는 0.023으로 시설채소 축성 재배의 에너지 효율은 일반적으로 0.01-0.02의 범위를 나타내어 吉野¹⁵의 시설채소 생산시스템의 에너지 효율 0.02와 비슷한 결과를 타나내고 있었다.

시설축성 재배의 순 에너지 분석 결과는 Table-9에 나타난 바와 같다. 오이 재배 생산 시스템의 순 에너지는 토경 재배와 수경 재배

에서 각각 503GJ/10a, 433GJ/10a이며 이때 에 투입 에너지량은 각각 510GJ/10a, 440GJ/10a이므로 에너지 순 생산성은 재배 방식과는 무관하게 일정한 0.98정도를 이루고 있어 에너지 집약형의 생산 구조라는 것을 두드러지게 나타내고 있었다.

한편, 오이 재배에 있어서 순 에너지는 토경 재배가 수경 재배보다 70GJ/10a이 많고,

토마토 토경 재배에 비교하면 186GJ/10a이 많았다.

이와 같은 결과로서, 시설 오이 생산 시스템의 작형과 재배 방식의 개선은 물론, 소수력 열병합 발전등의 자연 에너지의 실용화 기술 개발 보급으로 환경 제어용 연료 에너지의 화석 연료 의존을 탈피하여 환경 조화형 시설농업 생산 시스템의 창출이 필요 하다고 생각 되었다.

Table-9. Net energy analysis in the protected vegetable production(MJ/10a)

Case No.	Input energy	Output energy	Net energy	Case No.	Input energy	Output energy	Net energy
1	440490	6176	434314	11	474531	6300	468231
2	573173	6462	566711	12	479581	6300	473281
3	480251	6176	474075	13	474186	6826	467360
4	649971	6462	643509	14	400076	6340	393736
5	384645	6176	378469	15	529543	6825	522718
6	487610	6176	481434	16	610369	6176	604193
7	396678	6300	390378	17	526570	6300	520270
8	565235	6462	558773	18	477964	6300	471664
9	381182	6176	375010	19	424381	6300	418081
10	792581	6462	786119	20	323592	7506	316086
* Ave.	510319	6325	503994	** Ave.	437133	6583	430550

* Average of cucumber values from soil cultural practices.

** Average of cucumber values from soiless cultural practices.

IV. 結 論

본 연구는 시설채소 축성재배 생산시스템에 투입되는 보조 에너지를 직접 에너지와 간접 에너지로 구분하여 투입 에너지량을 구하고 작물의 수확량과 바이오매스량으로부터 산출 에너지량을 분석하였다. 에너지 분석 방법은 작목별, 재배방식별로 투입-산출표 분석법으로 하고, 에너지 평가 항목은 에너지 효율, 에너지 생산성, 순 에너지등이며 시설오이 생산 시스템의 에너지 분석 결과는 다음과 같다.

1. 저투입 에너지로 일정한 수확량을 유지 하면서 지속적인 시설채소 생산 활동을 하는 데는 에너지 생산성의 증대가 필요하다. 이

것을 달성하는데는 가온용 난방연료를 절감 시키기 위한 자연 에너지의 이용 효율을 향상 시키는 것외에도 지역의 자연적인 요인에 적합한 작목, 작형 및 재배 방식등의 선정이 중요하다.

2. 오이의 토경재배에 투입된 보조 에너지량은 연간 510GJ/10a(직접 에너지 : 480GJ/10a, 간접 에너지 : 30GJ/10a)이며, 오이의 수경재배에 소요된 보조 에너지량은 연간 440GJ/10a(직접 에너지 : 420GJ/10a, 간접 에너지 : 20GJ/10a)이었다.

3. 오이의 토경재배와 수경재배에서 오이와 바이오매스의 산출 에너지는 각각 7GJ/10a, 120GJ/10a로서 재배 방식에 무관하게 거의

일정한 에너지가 발생 되고 있었다.

4. 오이 생산에 투입된 난방용 에너지는 토경재배에서 460GJ/10a, 수경재배에서 400GJ/10a로서 총 투입에너지량의 약 89%를 차지하고 있었다.

5. 오이 생산의 순 에너지는 토경재배가 503GJ/10a, 수경재배가 433GJ/10a이며, 에너지 순 생산성은 양쪽 모두 약 0.98로서 에너지 집약적인 현상을 보였다.

6. 오이 생산 시스템의 에너지 생산성은 토경재배가 0.029kg/MJ, 수경재배가 0.034kg/MJ로서 평균 0.03kg/MJ이며, 이때의 에너지 효율은 각각 0.012, 0.015이며 평균 0.014로서 토마토의 0.023에 비해 에너지 집약적인 양상을 보이고 있었고, 오이의 보조 에너지투입량은 수경재배가 토경재배보다 약 13% 정도 절약이 가능하였다.

이 논문은 1994년도 순천대학교 자체 연구비 지원에 의하여 연구 되었음.

參 考 文 獻

1. 김인수, 장진구(1993), 시설원예의 경영규모와 경제성, 시설원예 산업 발전을 위한 심포지움 논문집. pp.35-61.
2. 김영중(1993), 우리나라 벼 생산과정에서의 에너지 사용량 추정. 한국농업기계학회지, 18권 1호 pp.71-77.
3. 김정부, 이광원, 김충실(1981), 농촌의 에너지 수급에 관한 연구. 한국농촌경제연구원 연구보고서 42집 pp.246-253.
4. 국립농업자재검사소(1985-1993), 농업기계검사연보.
5. 농림수산부(1993), 1992년도 채소생산실적, pp.143-150.
6. 농촌진흥청(1991), 식품분석표 제4개정판, 농촌영양개선연수원. pp.195-210.
7. 박병원(1994), 시설채소원예 현대화 시책과 장기육성, 경상대 시설원예연구논문집. 1권 pp.13-29
8. 박상근, 고관달(1991), 시설원예의 전망과 시설의 기계화. 전작, 시설원예의 기계화

현황 및 추진 방향 심포지움 논문집. 한국농업기계학회. pp. 39-62.

9. 홍지형(1993), 환경공해와 신 농업기술, 한국농업기계학회지, 18권 4호 pp.410-418.
10. 홍지형(1986), 농업에너지공학(역서). 대광문화사. pp.55-84.
11. 木谷 收(1983), 施設園藝におけるエネルギー-利用實態とその評價, 地域農業における土地利用システムの類型化エネルギー-利用實態の解明論文集, 農林水産技術會議事務局. pp.134-135.
12. 森田幹彦ら(1980), 農業におけるエネルギー- 收支の解析(第1報). 農業電化30券2號 pp.24-32.
13. 大久保忠旦(1991), 畜産におけるエネルギー- 効率. 畜産 研究45卷6號 pp.729-738.
14. 宇田川武俊(1980). 農業生産とエネルギー-. 第18回 農業電化研究會資料論文集. pp.1-13.
15. 吉野昭朗(1979). とまとの促成栽培とエネルギー-利用. 農業電化 31卷3號 pp.20-27.
16. 吉野昭朗(1977). 農業生産および食糧供給のエネルギー-分析. 昭和52年度電氣4學會聯合大會, 講演要旨, pp.70-73.
17. Bridges, T.C. and E.M. Smith(1979), A method for determining the total energy input for agricultural practices. Transactions of the ASAE 22 pp.781-784.
18. Fluck, R. C(1985), Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery. Transactions of the ASAE 28 pp. 738-744.
19. Fluck, R. C(1979), Energy productivity : A measure of energy utilization in agricultural system. Agricultural systems 4 pp.29-37.
20. Pimental, D(1980), Energy inputs for the production, formulation, packaging and transport of various pesticides. In handbook of energy utilization in agriculture, CRC press, pp. 35-42.
21. Pimental, D. et al(1973), Food production and the energy crisis. Science 182 pp. 443-449.
22. Tsatsarelis, C. A (1991), Energy requirements for cotton production in central Greece. Jour. of Agr. Enging. Res. 50 pp. 239-246.