

접목묘 활착 과정의 소비전력 및 전력요금 분석^{*}

Analysis of Electric Energy Consumption and Its Cost in Graft-taking of Grafted Seedlings

김용현* 김진국 이상헌
정회원
Y.H. Kim J.K. Kim S.H. Lee

1. 서론

최근 들어 육묘시설의 양적증가와 육묘 기술 수준의 향상에 힘입어 플러그묘의 보급이 확대되고 있으며 육묘와 재배의 분업화가 진행되고, 고품질 묘의 안정된 수급에 대한 관심이 늘어나면서 육묘 산업에 대한 비중이 점차 증가하고 있다. 현재 국내의 모든 육묘시설은 개방형 묘생산 시스템으로서, 육묘 시설 내의 환경을 일정한 수준으로 제어하기가 곤란하므로 균일한 묘소질을 지닌 묘를 계획적으로 생산하는 것이 근본적으로 불가능하다.

따라서 외부 기상 변화에 상관없이 묘소질이 균일한 묘를 대량으로 생산하려면 자연광에 의존한 현재의 플러그묘 생산 방식이 인공광을 이용한 식물공장적 생산 방식의 묘생산 시스템으로 전환되어야 한다. 김(2000)은 외부 기상 변화에 상관없이 묘소질이 일정한 접목묘를 생산할 수 있는 인공광형 접목묘 활착촉진장치의 시작품을 개발한 바 있다. 또한 인공광형 활착촉진장치 내에서 접목묘의 증발산속도 측정시스템을 제작하여 접목묘의 증발산속도와 활착에 미치는 기온, 상대습도, 광량, 포차 등의 효과를 구명하였다. (김과 박, 2001; 김 등, 2001)

접목묘의 활착에 필요한 광원으로 자연광 대신에 인공광을 사용하면 광량의 제어가 용이하고, 선반을 이용한 다단 구조가 가능하여 활착실 공간을 효과적으로 활용할 수 있으며, 활착실 공간에 대한 밀폐가 가능하여 활착실 내의 물리적 환경을 손쉽게 제어할 수 있는 장점을 지닌다. 그런데 인공광을 이용하여 묘를 생산할 때 광원으로부터의 발열에 따른 냉방부하의 경감을 위해서 적지 않은 전력이 소요되는 바 전기 에너지를 절감할 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 본 연구에서는 접목묘의 활착 기간에 소비된 전력을 항목별로 측정하여 전체 전력소모량을 산정하고, 국내의 전력요금 체계에 따라 전력요금을 계산하였다.

2. 재료 및 방법

가. 국내의 전기 요금 체계

현재 국내의 전력 요금 체계는 주택용, 일반용(갑,을), 교육용, 산업용(갑,을,병), 농사용, 심야 전력, 가로등으로 구분된다. 이에 본 연구에서는 주택용과 가로등을 제외한 요금 체계별 전기 요금을 비교하였으며, 일반용과 산업용은 모두 갑으로 가정하여 계산하였다.

^{*} 본 연구는 2000년도 농림기술관리센터의 첨단기술개발과제로 수행되었음.

^{*} 전북대학교 생물자원시스템공학부(농업과학기술연구소)

Table 1~5는 각각의 요금 체제별 전기요금을 나타낸 것이다.

Table 1. The electric energy charge for general use.

Item	Unit cost (Won/kW)	Electric energy charge (Won/kWh)			
		Summer ¹⁾	Spring, Fall ²⁾	Winter ³⁾	
Low voltage power	5,720	101.20	67.50	71.80	
Case I	High voltage A	5,890	101.00	67.30	71.70
	High voltage B		98.10	65.30	69.60
Case II	High voltage A	6,780	96.50	62.80	67.20
	High voltage B		93.60	60.80	65.10

¹⁾ from July to August

²⁾ from April to June, September

³⁾ from October to March

Table 2. The electric energy charge for educational use.

Item	Unit cost (Won/kW)	Electric energy charge (Won/kWh)			
		Summer ¹⁾	Spring, Fall ²⁾	Winter ³⁾	
Low voltage power	5,210	93.00	59.70	64.30	
Case I	High voltage A	5,520	92.50	59.40	64.10
	High voltage B		91.80	59.00	63.40
Case II	High voltage A	6,330	88.40	55.30	60.00
	High voltage B		87.70	54.90	59.30

¹⁾ from July to August

²⁾ from April to June, September

³⁾ from October to March

Table 3. The electric energy charge for industrial use.

Item	Unit Cost (Won/kW)	Electric Energy Power (Won/kWh)			
		Summer ¹⁾	Spring, Fall ²⁾	Winter ³⁾	
Low Power	4,240	65.10	49.10	52.90	
Case I	High voltage A	4,490	64.80	48.90	52.50
	High voltage B		63.90	48.10	51.70
Case II	High voltage A	4,140	61.40	45.50	49.10
	High voltage B		60.60	44.80	48.40

¹⁾ from July to August

²⁾ from April to June, September

³⁾ from October to March

Table 4. The electric energy charge for agricultural use.

Item	Unit cost (Won/kW)	Electric energy charge (Won/kWh)
Case I	360	21.40
Case II	960	27.20
Case III	1,100	37.80
Lamp	19.80Won per Watt (Monthly minimum electric charge : 660 Won)	

Table 5. The electric energy charge for nighttime use.

Item	Unit cost (Won/kW)	Electric energy charge (Won/kWh)
Case I	23.20 (Monthly minimum electric charge : 464 Won)	
Case II	6,210Won x $\frac{\text{Electric charge during non-nighttime}}{\text{monthly total electric charge}}$	Nighttime : 26.20 Non-nighttime : 76.80

나. 요금 체계별 전기요금의 비교

농사용에서 육묘 또는 전조재배에 사용되는 전력은 농사용(을)에 해당하므로, 본 연구에서는 농사용(을)을 적용하여 전기요금을 계산하였다. 심야전력은 한국전력이 인정하는 심야전력 기기를 설치하여 전력 사용이 적은 심야(밤 10시~아침 8시)에 열, 온수 또는 얼음을 생산, 저장하였다가 하루 종일 난방 또는 냉방에 이용하는 경우에 적용한다.

3. 결과 및 고찰

가. 활착촉진장치에서 소비된 전기 에너지

계절에 따른 전력소모의 차이를 검토하고자 본 연구에서는 2월, 8월, 10월의 3차례에 걸쳐 적산전력계를 사용하여 전력소모량을 측정하였다.

Table 6. The total electric energy consumed in graft-taking of grafted seedling.

Item	Electric consumption (kWh)	Operating time (h)	Average electric energy consumed (kW)	
Heater	1st	190.68	87	2.19
	2nd	267.90	102	2.63
	3rd	318.90	144	2.21
	Average	259.16	111	2.34
Compressor	1st	245.10	87	2.82
	2nd	278.20	102	2.73
	3rd	286.70	144	1.99
	Average	270.00	111	2.51
Fan	1st	7.40	87	0.08
	2nd	9.10	102	0.09
	3rd	11.10	144	0.08
	Average	9.20	111	0.08
Humidifier	1st	17.25	87	0.20
	2nd	22.90	102	0.22
	3rd	25.49	144	0.14
	Average	20.23	111	0.19
Light	1st	7.17	32	0.22
	2nd	8.32	42	0.20
	3rd	13.15	60	0.22
	Average	9.55	45	0.21

Table 6은 활착촉진장치의 기온, 상대습도 및 기류속도를 각각 27℃, 90%, 0.1m·s⁻¹로 제어하고, 최초 24시간의 암조건을 거쳐 명기/암기가 12/12h인 조건에서 플러그트레이의 배지 표면에서 광합성유효광량자속을 50 μmol·m⁻²·s⁻¹로 유지할 때 5~6일간의 활착 기간에 가열기, 컴프레서, 송풍기, 가습기, 형광등의 소모 전력, 운전시간을 나타낸 것이다.

이 기간에 가열기, 컴프레서, 송풍기, 가습기, 형광등의 시간당 평균 전력소모량은 각각 2.34 kW, 2.51kW, 0.08kW, 0.19kW, 0.21kW로서 이들의 구성비는 각각 43.9%, 47.1%, 1.5%, 3.6%, 3.9%로 나타났다. 결국 활착촉진장치에서 소비되는 전력의 91.0%가 공기조화 시스템에서 이루어져 활착촉진장치에서 소비전력을 절감하려면 공조시스템에서 에너지 소비를 최소화 할 수 있는 방안이 우선적으로 고려되어야 함을 알 수 있다.

나. 요금 체계에 대한 활착기간에 소비된 전기요금의 산정

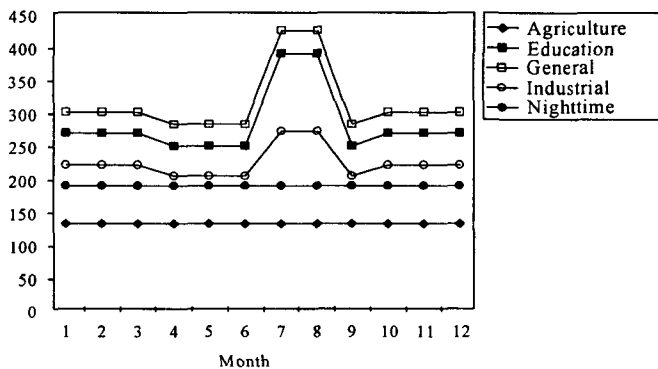


Fig. 1. Comparison of the different electric energy charge.

전력소모의 실측지를 기초로 하여 계산된 1개월 동안의 소비전력에 대한 요금 체계별 전기요금을 Fig. 1에 나타내었다. 일반용, 교육용, 산업용은 계절에 따라 요금이 차등으로 부과되어 소비전력 요금은 전력 수요가 큰 여름철(7~8월)이 가장 높으며, 다음으로 겨울철(10~3월)과 봄, 가을철(4~6월, 9월)의 순서로 나타났다. 한편 농사용과 심야전력은 계절과 무관하게

일정한 요금이 적용된다. 전체적으로 요금 체계별 전기요금을 비교하면 일반용>교육용>산업용>심야전력>농사용의 순서로 높게 나타났다. 이 가운데 농사용과 심야전력의 전기요금은 여름철의 일반용(값)에 비해서 각각 31.3%, 45%에 불과하여 저렴한 것으로 나타났다.

대량으로 접목된 접목묘의 활착 단계에서 전기요금을 산출하고자 활착촉진장치 내에 1회에 2400주(50공 플러그트레이 48개)의 접목묘를 활착시키면서 적산전력계를 사용하여 소비전력을 측정하였다. 다음으로 1회의 활착에 5일이 소요되는 바, 1개월에 최대 6회의 활착이 가능하여 월 14,400주의 접목묘를 생산하는 데 소비되는 전기요금을 요금 체계별로 산출한 후 1주당 활착에 소비되는 전기요금이 Fig. 1에 실려 있다. 이 때 심야전력은 한국전력이 인정하는 심야전력용 기기를 설치하여야 하고, 전력 사용이 적은 심야(밤10시~아침8시)에 열, 온수 또는 얼음을 생산, 저장하였다가 하루 종일 난방 또는 냉방에 이용하는 경우에만 적용되는 바, 접목묘의 대량 활착 단계에서 심야전력에 기초한 전기요금의 계산은 배제하였다.

Fig. 2에서 접목묘 1주를 활착시키는 데 필요한 전기요금은 농사용을 적용할 경우 9.24원으로서 가장 저렴하게 나타났으며, 산업용, 교육용, 일반용의 순서로 높게 나타났다. 요금 체계가 가장 비싼 일반용으로 적용할 때 봄과 가을, 겨울, 여름철의 1주당 전기요금은 각각 21.2원, 22.6원, 32원으로서 농사용과 비교할 때 각각 2.3배, 2.4배, 3.4배에 해당하였다. 계절

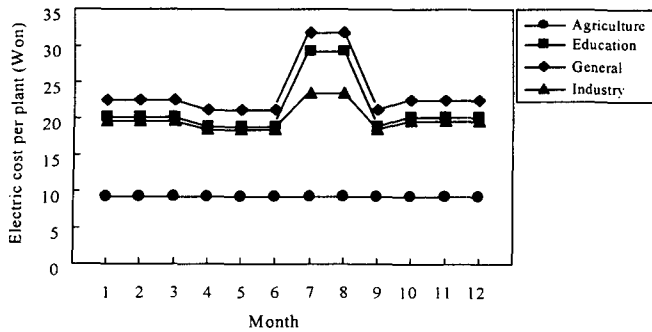


Fig. 2 Electric energy charge per plant in graft-taking of grafted seedlings .

조명, 송풍기, 가습기 등의 구성별로 표시한 결과가 Fig. 3에 제시되어 있다. 전체 사용 전력량의 57%가 가열기에서 소비되어 가장 높게 나타났으며, 컴프레서(28%), 조명(11%), 가습기(3%), 송풍기(1%)의 순서로 나타난다. 활착촉진장치에서 소비된 전력 가운데 공조 시스템, 즉 냉·난방이 차지하는 비중이 전체의 85%로서 매우 높게 나타난 바, 활착촉진장치에서 소비전력을 절감하려면 가열기와 컴프레서에서 소비되는 전력의 절감 방안이 우선적으로 모색되어야 한다.

본 연구에서는 활착촉진장치 내의 기온과 상대습도를 정확하게 제어하고자 컴프레서를 연속 작동하면서 가열기의 작동량을 결정하였다. 그 결과 활착촉진장치 내의 기온과 상대습도는 목표치에 도달하는 만족스런 결과를 얻었으나, 공조 시스템에서 소비전력이 높게 나타났다. 그러므로 활착촉진장치가 소비하는 전력을 절감하려면 공조 시스템에 대한 전력소모량의 절감 방안이 우선적으로 강구되어야 한다.

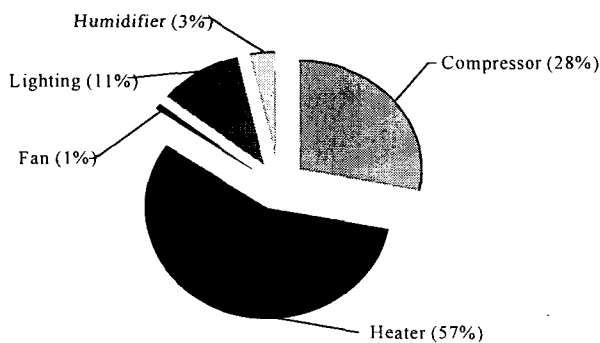


Fig. 3. Composition of electric energy charge in graft-taking of grafted seedlings.

특히 활착 과정에 있는 접목묘에 스트레스를 부여하지 않는 범위 내에서 기온과 상대습도의 제어 범위를 설정하고, 가열기와 컴프레서에서 소비되는 전력이 최소화 되도록 제어 방식을 적용하면 공조 시스템에서 소비전력의 대폭적인 절감이 기대된다.

인공광을 사용한 묘생산 시스템에서 조명에 의한 전력소모를 절감시키려면 고효율의 인공광원이 개발되어야 한다.

또한 광원으로부터 조사된 광에너지의 대부분이 상면 또는 벽면 등에 의해서 흡수 되지 않고, 식물에 의해서만 흡수될 수 있도록 조명시스템이 개발되어야 한다. 이와 같은 조명시스템의 개발은 조명전력 뿐만 아니라 냉방전력의 절감에 크게 기여할 것이다.

4. 요약 및 결론

본 실험은 주택용, 일반용, 교육용, 산업용, 농사용, 심야전력 등 국내의 종별요금체계에 따라 인공광을 이용한 접목묘 활착촉진장치에서 소비된 전기에너지와 전력요금을 비교하고

자 수행되었다. 그 결과 전력요금은 일반용>교육용>산업용>심야전력>농사용의 순서로 나타났다으며 접목묘 1주를 활착시키는 데 필요한 전기요금은 농사용의 경우 9.24원이었으며, 일반용 전력요금과 비교할 때 봄과 가을, 겨울, 여름철의 1주당 생산단가는 각각 2.3배, 2.4배, 3.4배로 나타났다.

또한 본 실험에서 소비된 전력은 컴프레서, 가열기, 조명, 가습기, 송풍기의 순서로 각각 28%, 57%, 11%, 3%, 1%로 나타났다. 활착촉진장치에서 소비된 전력 가운데 공조 시스템, 즉 냉·난방이 차지하는 비중이 전체의 85%로서 매우 높게 나타난 바, 공조 시스템에 대한 전력소모량의 절감 방안이 우선적으로 강구되어야 할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 김용현. 2000. 인공광을 이용한 접목묘 활착촉진 시스템의 시작품 설계- 활착촉진시스템 내의 기온과 상대습도 분포에 미치는 기류속도의 효과.- 한국농업기계학회지 25(3):232-236.
2. 김용현, 김철수, 이지원, 이상규. 2001. 인공광하에서 접목묘 개체군의 증발속도와 활착에 미치는 온도차의 영향. 생물환경조절학회지 10(4):232-236.
3. 김용현, 박현수. 2001. 인공광하에서 접목묘의 증발산속도에 미치는 상대습도와 광합성유효광량자속의 효과. 한국농업기계학회지 26(4):379-384.