

## A 08

## 閉鎖型苗生産システムにおける電力消費量・電力コストおよびそれらの削減方法

西村将雄・古在豊樹（千葉大園芸）

はじめに 日射に不透明な断熱壁を用い、物質とエネルギーの輸送を人為的に制御できる空間内の人工光源下で苗生産する閉鎖型苗生産システムでは、環境制御が容易であり、高品質苗を安定的に大量生産できる（古在、1999）。本研究では、実用化を目指して試作した閉鎖型苗生産システム（試作システム、Fig. 1、Table 1）の電力消費量を調べ、その削減方法について検討した。

材料および方法 試作システムは、7段の育苗棚、照明器具、空調器具、ファンおよび加湿器から構成される基本モジュールを2台有し、育苗棚当たり8トレイ、計112トレイを設置可能であった。棚内の光合成有効放射（PAR）は、インバータで制御した。サツマイモ（*Ipomoea batatas* (L.) Lam., 品種：ベニアズマ）の葉1枚を含む単節を72穴のセルトレイに植え付け、Table 2に示す環境条件下で15日間育苗した。照明器具、空調器具、ファン、加湿器の電力消費量（それぞれ $W_L$ 、 $W_C$ 、 $W_F$ および $W_H$ ）を電力計を用いて測定し、総電力消費量（ $W_T$ ）を算定した。苗の化学エネルギー増加量（ $Q_p$ ）は、苗の乾物重増加量および乾物当たりの化学エネルギー量（ $15.9 \text{ kJ g}^{-1}$ ）から算定した。試作システムの成績係数（ $\text{COP}_S$ ）は $W_L$ 、 $W_H$ 、 $W_F$ の和を $W_C$ で除して求めた。蛍光灯が射出したPAR（ $\text{PAR}_L$ ）は、 $W_L$ からPARへの変換係数（ $293 \text{ mW W}^{-1}$ ）から、また苗の受けたPAR（ $\text{PAR}_p$ ）は、照明率から算定した。トレイあたりの電力コスト（ $C_p$ ）は、東京電力（株）の高圧電力A（Table 3）を用いて算定した。30日/月とし、基本料金/日を算定した。

結果および考察  $\text{PAR}_L/W_L$ は0.23であった。インバータを用いず、蛍光灯の点灯本数によってPARを制御すれば、 $\text{PAR}_L/W_L$ は0.27（1.2倍）になると考えられる。しかし、インバータを用いた方が、1) PAR制御が容易で、2) 均一なPAR分布を得やすい、ことからインバータ制御は妥当であったと考えた。 $\text{PAR}_p/\text{PAR}_L$ は0.46であった。棚の開口部への反射板の設置により、50および60%であった棚の天井面および壁面の反射率を、80および70%程度に向上させることで、 $\text{PAR}_p/\text{PAR}_L$ は0.60（1.3倍）になると考えられる。 $Q_p/\text{PAR}_p$ は0.08であった。蛍光灯を光源とした場合の $Q_p/\text{PAR}_p$ の最大値は、約0.12であると考えられる。葉面積指数に合わせたPARおよび気流速度制御、水環境（培地含水率および飽差）制御を行うことで、 $Q_p/\text{PAR}_p$ は1.5倍になりうると考えられる。以上より、0.008であった $Q_p/W_L$ は0.017（2.1倍）となり、 $Q_p$ を削減することなく、 $W_L$ は0.5倍になりうると考えられる。 $\text{COP}_S$ は3.8であった。最大冷房能力の大きい（6.3 kW）業務用空調器具を1台設置する代わりに、最大冷房能力は小さい（3.5 kW）が、COPの高い（5.0）家庭用空調器具を3台設置することで、 $\text{COP}_S$ は5.0となり、 $W_C$ は0.8倍になると考えられる。 $W_F$ および $W_H$ は、それぞれファンの台数制御および空調器具の変更による除湿量の削減により、それぞれ0.6および0.7倍になると考えられる。試作システムおよび改良後のシステムの電力消費量、 $Q_p$ 、 $\text{PAR}_L$ および $\text{PAR}_p$ の測定値および推定値をTable 4に示す。

$C_p$ は353円であった。高圧電力Aにおいて、夜間の電力料金は、昼間のその約半分である。同一日積算PARであれば、明期（ $16 \text{ h d}^{-1}$ ）を夜間の電力料金適用時間内（ $10 \text{ h d}^{-1}$ ）に削減することで、 $Q_p$ を抑制することなく $C_p$ を259円（0.7倍）にできると考えられる。試作システムおよび改良後のシステムの電力コストの算定値および推定値をTable 5に示す。

以上より、 $W_T$ は $238 \text{ MJ m}^{-2}$ （0.42倍）に、 $C_p$ は126円（0.36倍）になる可能性が示された。

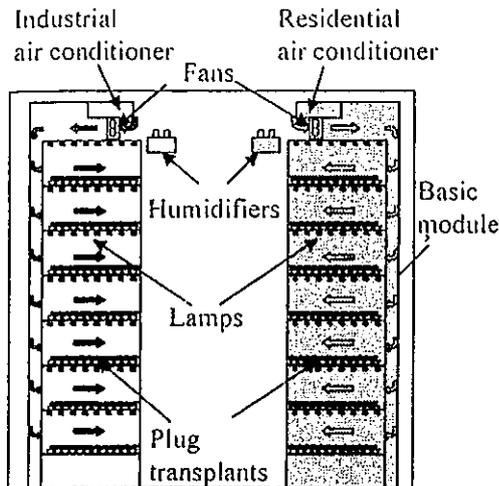


Fig. 1 Schematic diagram of the two basic modules in the closed-type transplant production system used in this experiment (Trial system)

Table 1 Characteristics of the trial system

Trial system	
Volume	165 m <sup>3</sup>
No. of air exchanges	0.08 / 0.12 h <sup>-1</sup> (1-10 / 11-15 days after planting)
No. of basic modules	2
Basic module	
No. of shelves	7
Size of shelves	W 685 mm × L 2670 mm × H 520 mm
No. of trays	56
No. of lamps	112 (32 W white fluorescent lamp) 21 (16 W white fluorescent lamp)
No. of air conditioners	2 residential air conditioners (0.5 kW) for one module 1 industrial air conditioner (2.2 kW) for the other module
No. of humidifiers	1
No. of fans	3

Table 2 Description of the environmental conditions in the system

Air temperature	28°C
Relative humidity	76%
PAR*	31 / 42 / 68 W m <sup>-2</sup> (1-5 / 6-10 / 11-15 days after planting)
CO <sub>2</sub> concentration	925 μmol mol <sup>-1</sup>
Photoperiod	16 h d <sup>-1</sup>

\*Photosynthetically active radiation on the empty tray surface

Table 3 Description of the high voltage power A

Demand charge	1,175.00 (Yen kW <sup>-1</sup> month <sup>-1</sup> )
Electric energy charge	
Peak time	15.55 (Yen kWh <sup>-1</sup> )
Day time	
Summer season	14.00 (Yen kWh <sup>-1</sup> )
Other seasons	13.25 (Yen kWh <sup>-1</sup> )
Night time	6.15 (Yen kWh <sup>-1</sup> )

Peak time: From 1 p.m. to 4 p.m. in summer season

Day time: From 8 a.m. to 10 p.m.

Summer season: From July to September

Other seasons: From October to June

Night time: From 10 p.m. to 8 a.m.

Table 4 Measured and estimated  $W_T$ ,  $W_L$ ,  $W_F$ ,  $W_H$ ,  $Q_p$ ,  $PAR_L$  and  $PAR_p$  of the trial and the improved systems

Energy (Integral of 15 days for transplant production)	Trial system (MJ m <sup>-2</sup> )	Improved system (MJ m <sup>-2</sup> )	Energy ratio of the improved system to trial system
Total electric energy consumption ( $W_T$ )	568	235	0.41
Electric energy consumption of lamps ( $W_L$ )	376	187	0.50
Electric energy consumption of air conditioners ( $W_C$ )	118	47	0.40
Electric energy consumption of fans ( $W_F$ )	55	36	0.65
Electric energy consumption of humidifiers ( $W_H$ )	19	13	0.68
Chemical energy of transplants ( $Q_p$ )	3	3	1.00
PAR emitted by lamps ( $PAR_L$ )	87	43	0.49
PAR absorbed by transplants ( $PAR_p$ )	40	26	0.65

Table 5 Electric energy cost of the trial and the improved systems (Tax is excluded)

Cost	Trial system (Yen / tray)	Improved system (Yen / tray)	Cost ratio of the improved System to trial system
Total electric energy cost ( $C_p$ )	353	126	0.36
Demand cost	63	50	0.79
Electric energy cost of lamps	196	49	0.25
Electric energy cost of air conditioners	60	14	0.23
Electric energy cost of fans	25	11	0.44
Electric energy cost of humidifiers	10	2	0.20