

오이 시설재배의 기계화실태 및 모델

Survey on the cucumber cultivation system in greenhouse and development of it's mechanized cultivation model

전종길 · 박원규 · 강창호

J.K.Jeun · W.K.Park · C.H.Kang

농업기계화연구소

National Agricultural Mechanization Research Institute

1. 서언

국민소득 향상과 함께 식품소비구조도 변화되어 곡류의 소비량은 계속 감소하고 있는 반면, 신선채소, 화훼, 육류의 소비는 크게 늘어나는 추세에 있다. 소비형태도 계절소비에서 연중 소비로 변화됨에 따라 노지재배에서 시설재배로 전환되고 있으며, 작목별 10a당 노동투하시간도 1981년도에 벼농사는 92.8시간이 소요되던 것이 '95년도에는 34.7시간으로 63%가 감소되어 그동안 기계화가 많이 이루어져 왔으나, 시설오이는 837시간에서 724시간으로 약 13%가 감소되었다.

이는 아직까지 원예작물의 생력기계화 및 자동화가 미흡함을 나타내고 있으며, 앞으로 이 분야의 발전이 매우 절실함을 나타내고 있다.

그런데, 시설내 농작업의 특징은 과습해지기 쉬우며, 계절에 따라서는 30℃ 이상의 고온과 농약살포 등 방제작업은 어렵고 위험한 작업이며, 제초,유인, 수확작업은 쪼그리고 앉거나 허리를 구부린 자세에서 하는 피로운 작업이다.

이와같은 곳에서 시설원에 농산물의 고품질화, 농작업의 생력화 등을 위해서는 기계 및 시설의 현대화와 더불어 파종에서 수확, 선별 및 포장작업, 출하작업까지 일관작업이 가능하도록 기계화 및 자동화시스템이 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서는 시설오이 재배농가의 작업별 기계화 실태를 조사 분석하고 그 결과를 기초로 하여 경운·정지작업에서부터 수확 및 선별 포장작업, 그리고 출하작업에 이르기까지 기계화모델을 제시하여 오이생산 농가가 효율적 농기계 이용에 이바지 하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 시설오이 기계화실태조사

오이의 시설재배 기계화실태를 대한 조사표본은 전국 16개 시·군 35농가를 대상으로 조사하였으나 설정한 재배규모와 차이가 크거나 재배경험부족 등으로 조사가 미흡했던 5농가를 제외한 30농가를 대상으로 분석하였다. 재배유형별 분석농

가는 파이프 및 철골은실의 경우 각각 10농가 및 5농가, 토양 및 양액재배농가수는 각각 24농가 및 6농가 등이었다. 그리고 재배규모별 농가의 실제 재배면적은 파이프 0.3ha수준의 경우 0.27~0.33ha, 파이프 0.5ha수준은 0.47~0.57ha, 철골 0.5ha수준은 0.4~0.5ha, 철골 1.0ha수준은 0.80~1.27ha범위였다.

조사내용은 농가개황(영농형태, 경영주의 연령분포 등), 재배작물 및 작형, 보유 또는 활용 농기계, 각 작업별 작업방법 및 소요시간, 기계화 가능 작업 및 개선방안 등을 조사하였으며, 조사방법으로는 농촌지도소등의 협조를 받아 해당 시·군의 표본농가를 직접·방문하여 설문 항목별로 청취조사 하였다.

나. 오이 시설재배의 기계화모델 개발

시설오이 기계화실태에 관한 설문조사를 기초로 하여 작업공정별 기계화 방안 등을 검토하고, 경운·정지작업에서부터 수확, 선별 및 출하작업까지의 공정에 대하여 기계화모델을 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 시설오이 기계화실태

(1) 농가개황

오이의 시설재배 농가의 영농형태는 시설오이만 재배하는 전업농이 파이프 0.3~0.5ha수준에서 45%, 철골 1.0ha수준에서 60%였으며, 이 외는 모두 논농사 또는 밭농사 등과 복합영농을 하는 것으로 나타났다.

재배규모별 경영주 연령분포는 0.3ha수준에서 30대가 50%, 0.5ha수준은 40대가 70%, 1ha수준은 30대가 60%로 경영주의 50%이상인 30~40대로 오이의 시설재배에는 젊은층이 많이 재배하는 경향이였다.

재배양식은 두둑폭의 경우 토양재배에서 100~150cm, 양액재배에서 15~30cm였으며 두둑높이는 10~20cm였고 고랑폭은 토양재배에서 30~60cm, 양액재배에서 110cm 등으로 나타났다.

농기계의 농가당 보유대수는 경운기의 경우 모두 1대정도 보유하고 있었으며, 트랙터는 파이프 0.3ha 및 0.5ha수준은 각각 0.7대 및 0.8대, 철골 0.5ha 및 1ha수준은 각각 1대 및 1.2대 등으로 재배규모가 클수록 트랙터의 보유대수가 많았으며 크기는 대부분이 30ps급 이하였다.

환경조절장치는 0.3~0.5ha수준의 경우 개별 또는 집중제어식 1대를, 철골 1ha수준은 컴퓨터제어식 1대를 보유하고 있는 것으로 나타나 재배규모가 클수록 현대화 시설을 갖추고 있음을 엿볼 수 있었다. 온도관리용 난방기는 온풍난방기가 주종을 이루었으며 재배규모별 보유대수는 파이프 0.3ha수준에서 2대, 0.5ha~1ha수준에서는 3대를 보유하고 있었다.

(2) 작업공정별 작업수단

(가) 포장준비작업

포장준비의 작업수단은 토양재배의 경우 정식예정일 15~20일전에 퇴비를 전면
에 살포하고 경운정지→두둑성형작업으로 이루어 지는데, 퇴비운반은 파이프 0.
3~0.5ha수준에서 경운기, 철골 0.5~1.0ha수준에서 트럭 및 트랙터의 이용율이 많
았다. 경운정지작업은 재배규모별로 67~80%가 트랙터를 사용하였으며, 두둑성형
작업은 재배규모에 따라 다소 차이가 있으나 관리기의 사용가능율이 67~100%로
가장 높았다. 따라서 토양재배시의 포장준비에서 농가의 농기계 이용측면을 고려
한다면 기계화모델은 경운정지 및 퇴비운반에 트랙터, 두둑성형에 관리기를 설정
할 필요성이 있다고 생각된다. 그리고 양액재배시 베드설치, 토양 및 양액재배시
의 지주세우기 등은 모두 인력에 의존하고 있었다.

(나) 육묘작업

육묘작업의 경우 파이프 0.5ha수준에서 공정육묘 10%를 제외하고 모두 농가별
자가육묘를 하고 있었다. 그러나 노동력의 절감 및 우량묘 육성 등을 위하여 공정
육묘의 필요성이 강조되고 있으므로 기계화모델은 공정육묘를 대상으로 설정할
필요성이 있다고 생각된다.

(다) 재배관리작업

재배관리의 작업수단은 지주세우기, 적심적아 및 유인작업의 경우 모두 인력에
의존하고 있었다. 제초 및 방제작업은 제초의 경우 모두 인력에 의존하였으며, 방
제는 토양재배농가가 재배규모에 관계없이 74%이상이 동력분무기를 사용하였으
며 양액재배농가는 83%가 무인방제기를 사용하는 것으로 나타났다.

물관리 및 약액관리작업은 관수의 경우 파이프온실에서 일부 분무호스를 이용
하였으나 점적관수에 의한 것이 토양재배는 75~100%, 양액재배는 100%로 대부분이
점적관수를 이용하였다. 그리고 양액재배시의 양액판리는 모두 양액제어장치를 이용
하는 것으로 나타났다.

온도판리는 토양재배농가의 경우 온풍난방기를, 양액재배농가는 온수보일러를
주난방장치로 사용하고 있었다. CO₂판리는 토양재배농가의 경우 50~87%는 CO₂
시용을 하지 않았는데 이는 토양재배의 경우 살포된 퇴비가 대부분 벗짚이나 우
분으로 여기서 상당량의 CO₂가 발생되기 때문이라 생각된다. CO₂판리를 하는 농
가는 연소식 또는 액화식 CO₂발생기를 사용하였고 양액재배농가는 67%가 CO₂발
생기를 사용하여 CO₂판리를 하는 것으로 나타나 토양재배보다 양액재배시에 CO₂
판리의 실시가능율이 높은 경향이였다.

(라) 수확후 작업

수확에서 출하까지의 작업단계별 작업수단은 수확의 경우 모두 인력, 수확물의

운반은 토양재배시 0.5ha수준 이하는 모두 인력, 철골 1.0ha와 양액재배농가는 인력과 동력이 각각 50%였다. 선별 및 포장은 모두 인력에 의존하였으며 출하는 트럭을 이용하는 것으로 나타났다.

나. 기계화모델

오이의 시설재배 기계화모델은 전업농 규모인 0.3~1.0ha수준의 파이프 또는 철골온실을 대상으로 토양 또는 양액재배를 전제로 기계화모델을 설정하였다. 즉, 토양재배시의 파이프 0.3ha, 파이프 또는 철골 0.5ha, 양액재배시의 철골 0.5ha 및 1.0ha 등 4개수준이다.

(1) 설정방법

작업공정별 투입가능 농기계는 농가의 농기계 이용실태에서 사용되고 있거나 관련자료를 기초로 투입이 가능하다고 판단되는 기종으로 설정하였다. 토양재배시 포장준비를 위한 경운정지 및 퇴비의 운반작업에는 경운기 또는 트랙터, 두둑성형에는 관리기의 이용율이 높았으므로 이를 적용하였다.

육묘관리는 노동력 경감 및 우량육묘 확보 등을 감안하여 공정육묘로 하였으며 물관리는 물 손실량이 적고 균일관수가 가능한 점적관수, 양액재배시의 양액공급장치는 양액혼합기, 살균소독기, 관수장치(점적관수) 등으로 구성되는 공급제어장치를 대상으로 하였다.

방제작업은 농작업의 편리성을 고려하여 세무방제, 상온연무기, 전자방제기 등 자동 또는 무인방제기 등을 대상으로 하였으며 탄산가스 발생기는 농도조절이 용이하고 유해가스 피해가 없는 액화식 CO₂발생기로 설정하였다.

온도관리는 토양재배시 온풍난방기, 양액재배시 온수보일러를 주난방장치로 설정하였으며, 양액재배의 온풍난방기는 비상시 보조수단으로 하였다. 선별은 작업의 편리성과 노력절감 등을 위하여 생산공급되는 형상식 선별기, 출하는 트럭을 대상으로 하였다.

(2) 이론적 산정 기준

온풍난방기 및 온수난방기의 설치용량은 최대 난방부하식을 이용하여 다음과 같이 산정하였다.

○ 온풍난방기의 설치용량 산정

$$Q_b = Q_g \cdot f_h(1 + r)$$

여기서 Q_i : 난방기의 설치용량(kcal/h)

Q_g : 최대 난방부하(kcal/h)

f_r : 공기분산방식에 의한 보정계수

r : 안전계수

$$Q_g = \{A_g(q_t + q_v) + A_s \cdot q_d\} f_u$$

여기서, Q_g : 최대 난방부하(kcal/h)

A_g : 온실의 피복면적(m^2)

A_s : 온실의 바닥면적(m^2)

q_t : 단위 피복면적당 관류열부하(kcal/ $m^2 \cdot h$)

q_v : 단위 피복면적당 환기전열부하(kcal/ $m^2 \cdot h$)

q_d : 단위 바닥면적당 지중전열부하(kcal/ $m^2 \cdot h$)

f_u : 풍속에 따른 보정계수

○ 온수난방기의 설치용량 산정

$$Q_h = (Q_g \cdot f_h + Q_{loss})(1 + r)$$

여기서, Q_h : 보일러의 용량(kcal/h)

Q_g : 최대 난방부하(kcal/h)

f_h : 배관방식에 따른 보정계수

Q_{loss} : 온실의 배관으로부터의 열손실량(kcal/h)

r : 안전계수

지중가온장치의 필요열량 및 물관리의 시설용량은 다음식을 이용하여 산정하였다.

○ 지중가온장치의 필요열량 산정

$$Q = Q_{cond} + Q_{conv} + Q_R$$

$$Q_{cond} = F_a k A (T_s - T_{ds}) / d_x$$

여기서 F_a : 두둑면적

k : 토양의 열전도율(kcal/ $m \cdot hr \cdot k$)

T_s : 근권부의 온도(k)

T_{ds} : 지하부의 온도(k)

A : 하우스의 상면적(m^2)

d_x : 지하부의 거리(m^2)

$$Q_{conv} = F_a h A (T_s - T_{ai})$$

여기서 F_a : 두둑면적

h : 대류열전달계수(kcal/ $m^2 \cdot hr \cdot k$)

A : 하우스의 상면적(m^2)

T_s : 하우스지표면의 온도(k)

T_{ai} : 하우스의 내부온도(k)

$$Q_R = \frac{\sigma (T_F^4 - T_C^4)}{\frac{1 - \epsilon_F}{\epsilon_F A_F} + \frac{1}{A_F F_{F-C}} + \frac{1 - \epsilon_C}{\epsilon_C A_C}}$$

여기서 σ : 스테판볼츠만상수(kcal/m² · hr · k⁴)

ϵ_F : 하우스지표면의 방사율

ϵ_C : 하우스내부표면의 방사율

F_{F-C} : 하우스지표면과 하우스표면과의 형상계수

A_F : 하우스의 상면적(m²)

A_C : 하우스의 표면적(m²)

T_F : 하우스지표면의 절대온도(k)

T_C : 하우스표면의 절대온도(k)

○ 물관리의 이론적 시설용량

$$Q = 2.78 \frac{AI}{FH} \times \frac{1}{1,000} \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

여기서, A : 관개면적(ha) F : 간단일수(일)

I : 1회의 조용수량(mm) H : 1일 실관수시간(시간)

(3) 재배유형별 기계화모델

(가) 재배규모 : 파이프하우스 0.3ha(토양재배)

경운·정지작업시 동력원은 경운기 또는 트랙터로 하였으며, 경운기의 경우 현재 농가에서 가장 많이 사용되고 있는 8~10ps을, 트랙터는 시설내 작업폭과 높이를 고려하여 39ps급 이하로 하였다.

두둑성형작업은 시설재배 농가에 가장 많이 사용되고 있는 관리기 5.5~6.5ps로 설정하였으며, 재배규모, 기계 구입가격, 연간 작업시간등을 고려하여 경운기, 트랙터, 관리기는 5~10호가 공동구입하여 교대로 사용하거나 위탁하는 것으로 하였다.

육묘관리는 100% 자가육묘를 하고 있었으나 노동력 경감 및 우량묘 확보 등을 고려하여 공정육묘로 하였으며, 물관리는 물 손실량이 적고 균일관수가 가능하며, 고랑관수나 분수호스에 의한 관수처럼 일시에 지나친 관수가 될 위험이 적으며, 병발생을 또한 적은 점적관수 시설로 하였다. 환경조절장치는 개별제어, 집중제어, 복합제어중에서 작업의 편리성, 정밀 환경관리의 여건 조성 및 구입가격등을 고려

하여 중앙집중식으로 모델을 설정하였다.

온도관리는 농가 사용실태, 난방용량 등을 감안하여 지상 온도관리에는 온풍난방기 12~16만kcal/hr 2대, 지중가온에는 온수보일러 10~15만kcal/hr 1대로 하였다. 방제작업은 동력분무기를 대부분 농가(78%)가 사용하고 있었으나, 작업의 편리성, 작업자의 안전성 등을 고려하여 무인 또는 자동방제기로 하였으며, 선별작업은 선별기의 구입가격, 재배규모(0.3ha), 작업시간 등을 고려하여 0.3ha 규모에서는 수작업에 의한 선별로 하였으며, 출하시 작업수단으로는 1~5ton 정도의 트럭 1대를 5~10호가 공동구입하여 출하하거나 위탁하는 것으로 모델을 설정하였다.

(나) 재배규모 : 파이프하우스 및 철골온실 0.5ha(토양재배)

경운·정지 및 두둑성형 작업은 파이프 0.3ha 토양재배시와 같이 경운기, 트랙터, 관리기는 위탁 또는 부락 단위로 공동구입하여 필요시 교대로 사용하는 것으로 하였으며, 규격은 경운기의 경우 8~10ps, 트랙터는 39ps급이하, 관리기는 5.5~6.5ps로 하였다. 육묘관리는 우량육묘 확보 및 노동력 경감 등을 고려하여 공정육묘로 하였으며, 물관리 역시 물 손실량이 적고 병발생율이 적은 점적관수를, 환경조절장치는 중앙집중식 제어장치를, 지상 온도관리는 온풍난방기 14~16만kcal/hr 3대, 지중가온은 온수보일러 15~25만kcal/hr 1대를 모델로 설정하였다.

방제작업은 대부분 농가(83%)가 동력분무기를 사용하고 있었으나 작업자의 안전성 및 농작업 생력화를 고려하여 무인 또는 자동방제작업으로 하였다. 선별작업은 재배규모, 작업시간, 작업의 편리성 등을 고려하여 형상선별기 1대로 하였으며, 출하작업은 트럭 1~5ton 1대를 오이출하시 위탁하거나 5~10호가 공동구입하여 사용하는 것으로 모델을 설정하였다.

(다) 재배규모 : 철골온실 0.5ha(양액재배)

양액재배시 경운·정지, 두둑성형 작업은 생략되며, 육묘관리는 공정육묘 구입으로 설정하였으며, 환경조절장치는 농작업의 생력화 및 정밀 환경조성을 위하여 복합제어식으로 하였다. 지상 온도관리는 온수보일러 50~60만kcal/hr 1대를 주난방장치로 하고, 비상시 보조수단으로 온풍난방기 14~16만kcal/hr 2대를 설정하였으며, 지중가온은 온수보일러 15~25만kcal/hr 1대로 하였다.

양액재배시 양액 공급장치는 양액혼입기, 살균소독기, 관수장치(점적관수)등으로 구성되는 공급장치로 하였으며, 방제작업은 무인 또는 자동방제기, CO₂ 발생기는 액화식 탄산가스 발생기, 수확물 운반작업 수단으로는 축전지식 밧데리카 2~4대를 모델로 설정하였다.

(라) 재배규모 : 철골온실 1.0ha(양액재배)

육묘작업, 환경조절장치는 철골온실 0.5ha 양액재배시 모델 설정기준과 같이 공정육묘 및 복합제어식으로 하였으며, 지상 온도관리는 난방부하량 등을 감안하여

온수보일러 100~120만kcal/hr 1대를 주난방장치로 하고, 비상시 보조수단으로 온풍난방기 14~18만kcal/hr 2대로 설정하였으며, 지중가온은 온수보일러 30~50만 kcal/hr 1대를 모델로 설정하였다. 양액판리는 양액펌프, 원수탱크, 액비혼입기, 양액소독기 등을 1set로 하며, 양액 재사용 및 환경오염 방지를 위하여 양액소독기를 첨가하였다.

방제작업은 무인 또는 자동방제기를, CO₂ 발생기는 농도조절이 용이하고 유해가스 피해가 없는 액화식 CO₂ 발생기로 하였으며, 수확물 운반작업 수단으로는 축전지식 밧데리카 5~7대를, 선별작업은 형상선별기 1대를 모델로 설정하였다.

4. 참고문헌

1. 김홍윤 외 5인. 1996. 시설원예의 기계화·자동화 모델 개발. 한국농업기계학회 학술발표대회논문집. pp.216-220.
2. 박중춘외. 1994. 시설원예 현대화 하우스 모델설정 및 재배효과에 관한 연구. pp.293-365. 농촌진흥청.
3. 서원명의 . 1994. 施設園藝研究. 경상대 시설원예연구소. pp.131-166.
4. 송현갑외 5인. 1996. 施設園藝自動化. 文運堂. 서울. pp.222-257.
5. 윤진하. 1997. 원예재배의 기계화 현황과 발전방향. 농업기계화연구소. pp.78-95.
6. 三原義秋. 1980. 溫室設計の基礎と實際. 日本 養賢堂(株). 東京. pp.170-182.
7. 相原良安. 1994. 新 農業施設學. 朝倉書店
8. 高倉直 外. 1991. 施設園藝における高度集約生産システムの展開方向. 日本施設園藝協會
9. Yasushi Hashimoto, Gerard P.A.Bot, W.Day, H.J.Tantau, Hiroshi Nonami. 1993. The Computerized Greenhouse. Academic Press, Inc. pp.139-152
10. Louis D. Albright. 1990. Environment Control for Animals and Plants. The American Society of Agricultural Engineers. pp.287-318