GOVP1199814310

최 종
연구보고서

농가용 Plug묘 파종장치 개발
-중소규모 영농단지의 육묘생력화를 위한 반자동 파종시스템-

Development of Convenient Seeding System for
Plug Seedling Production
-The Semi-automatic Seeding System for Labor-saving
of Small-sized Scale of Farm-

반자동 파종장치 개발
Development of Semi-automatic Seeding System

파종시스템 설정과 능률적 이용연구
Establishment of Seeding System and Their
Efficient Utilization

연 구 기 관
경상대학교 시설원예연구소

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "농가용 Plug묘 파종장치 개발에 관한 연구"과제(세부과제 "반자동 파종장치 개발", "파종시스템 설정과 능률적 이용연구")의 최종보고서로 제출합니다.

1 9 9 8. 1 0. 3 1.

주관연구기관명 : 경 상 대 학 교
시설원예연구소

총괄책임연구자 : 민 영 봉

연 구 원 : 박중춘, 정한택,
장사문, 김진일,

연 구 보 조 원 : 박봉식, 하종규,
오상석, 김종봉,
신순선

요 약 문

Ⅰ. 제목

농가용 plug 묘 파종장치 개발

- 중소규모 영농단지의 육묘생력화를 위한 반자동 파종 시스템-

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 목적

가. 간이형 농가용 반자동파종장치의 최적설계자료획득

나. 모종용 상토의 물리성과 기계작업 특성 구명

다. 조작간편, 효율 최대화 및 저가격의 농가용 파종장치 개발

라. 종자별 최대발아율과 강건묘 생육을 나타내는 최적 파종조건 구명

마. 최대의 이용효과를 제고하는 최적 파종 시스템 설정

2. 중요성

가. 고품질 원예작물의 주년 소비요구가 증가하고 있고, 농업노동력의 양적 질적 저하에 대한 대책으로 육묘와 재배의 분업화가 요구되고 있다.

나. 시설원예 현대화 사업 지원에 힘입어 육묘는 공장형 공정육묘의 형태로 발전하면서 묘질향상과 생산비의 저렴화를 도모하여 왔으나, 중소규묘 원예영농의 경우 현재의 개발보급된 종자파종장치는 과대설비로서 농가의 비용부담이 높다.

다. 현재의 육묘공장의 증가추세에도 불구하고 모종생산 필요량의 75%는 관행육묘로 남게되어, 원예작물의 고품질 다수확 생산을 달성하기위한 중소 규모농가에 적합한 파종장치의 개발이 필요하다.

라. 소형 간이형 파종기의 경우 외국에서는 일부 부분장치들이 상품화 되었으나 종자파종작업 일관 시스템으로 구성되지 않았고 파종율이 저조하다.

마. 파종장치와 관련된 상토의 물리적 특성과 기계작업 특성에 대한 기초연구자료가 없으며, 학술적 연구가 뒷받침된 적합한 기계구조의 설계제작이 이루어지지 않았다.

바. 종자의 최대발아율과 생육을 나타내는 최적파종조건에 대한 연구결과가 없다.

사. 본 제품의 성공적 개발에 의해 중소규모 원예농가의 현장애로 타개와 기업의 기술확보 및 활성화가 이루어 질 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 반자동 파종장치개발

가. 파종장치 개발을 위한 기초연구

1) 문헌 및 현장조사

· 파종장치 현황 및 문제점 조사

· 농가용 파종장치 최적 모형 확립

2) 상토 재료의 물리적 특성 시험

· 원재료와 혼합재료의 통기도, 밀도, 흡수성 구명

3) 상토의 유동특성 시험

· 상토 안식각과 저항계수 구명

· 고체평판과의 미끄럼각 구명

· 경사호퍼내의 유동해석 및 시험

- 상토가 자연배출되는 저장호퍼 경사각과 토출구 크기 구명

4) 상토의 기계작업특성 시험

· 상토-기계작업시의 소요동력, 이송효율, 최적작업조건 구명

- 상토혼합기

- 스크류 및 스크레이퍼 컨베이어

- 버킷 엘리베이트

5) 진공노즐식 파종기의 파종특성 연구

· 종자별 최적 파종기 조절조건 구명

· 종자별 진공압, 노즐경, 흡입거리 및 진동폭이 종자파종율에 미치는 영향 구명

나. 시작품 개발

1) 상토혼합충진기 개발

· 시작기 설계 및 제작

- 상토혼합, 파쇄, 급수, 충진, 기능의 도입검토
- 각종 규격 트레이 사용 가능
- 모터 구동형 반자동

· 성능시험 및 보완

2) 반자동 파종기 개발

· 시작기 설계 및 제작

- 진공흡착판식 또는 니들식
- 간편, 경량 구조
- 72공 200공 트레이 사용

· 성능시험 및 보완

3) 수동 진압기 개발

· 시작기 설계 및 제작

- 인력형, 족답방식
- 균일 진압방식 및 기구 개발

· 성능시험 및 보완

4) 수동 복토기 개발

· 시작기 설계 및 제작

- 인력
- 균일 복토 및 복토량 조절 장치

· 성능시험 및 보완

5) 최적 파종시스템 구성

· 각 구성기계별 적합구조 선정

· 대량작업형, 간이형 구분과 성능분석

2. 파종시스템 설정 및 능률적 이용 연구

가. 파종시스템의 분석

1) plug육묘의 특성

- 관행육묘와 plug묘의 생산특성 비교검토
- 국내외 공정육묘관련 기술개발현황
- 관행육묘의 한계성과 애로사항
- plug묘의 이용효과

2) 우리나라의 공정묘 생산기술의 현황과 문제점

- plug육묘 도입과 문제점
- plug육묘의 주요작업 공정
- plug육묘시설과 주요기자재의 구성
- 파종시스템의 기기별 용도와 성능
- 파종기선정을 위한 적정규묘산정

나. plug묘 보급의 문제점과 양질묘 구비조건 및 수요예측

1) 육묘현실과 plug묘 보급의 문제점

2) 양질의 plug특징과 평가

3) plug묘 수요전망과 생산량 예측

다. 양질 plug묘 생산을 위한 파종여건 구명

1) 생육단계와 종자 및 발아

- 주요채소류의 발아환경과 발아소요일수
- 종자발아의 조건

2) plug묘 생육에 미치는 환경요인

- 지상부 및 지하부 환경
- plug육묘용 트레이 규격과 생육
- 상토의 화학적, 물리적 특성검토

라. 농가용 plug묘 파종장치의 구성과 이용시험

1) plug묘 생산온실의 배치모형과 작업공정

2) 발아 및 육묘효과 시험

3) plug파종장치의 경제성 분석

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 반자동 파종장치개발

1) 파종장치 개발을 위한 기초연구

가) 문헌 및 현장조사]

(1) 종래 점파기는 대부분 노지파종을 전제로 개발되어 1 3粒씩 파종하는 홈붙이 드럼식이 사용되다가, 1980년대 1粒의 精密파종기가 개발되었다. 1粒 정밀파종기에 이용된 방법은 진동식, 진공흡착식, 유체흐름식 등으로 1粒 파종의 counter와 파종간격 제어기의 연구가 많이 이루어졌다. 최근 plug묘의 파종에는 진공흡착식 니들 파종기가 1粒 파종에 가장 우수한 성능을 보여 이 기종이 주류를 이루고 있다.

(2) 현재의 plug tray에 상토를 충전하는 과정은 상토재료 혼합-이송-충전으로 혼합기와 충전기가 따로 구비되어 있고 대형화되어있다. 향후 상토의 상품화는 필요한 상토재료를 혼합한 것을 공급하는 형태로 발전되고 있으므로 상토혼합기는 필요치 않을 것으로 판단된다.

(3) 파종된 plug tray상에 상토의 복토는 롤러식 복토장치로서 동력을 이용하거나 인력으로 레바를 작동시키도록 되어 있는 것으로 조사되었다. 볍씨 파종기 등의 상토 충전기는 동력형이 좋지만 소량의 복토작업에는 인력형이 좋은 것으로 판단되었다.

(4) 문헌 및 현장조사 결과 농가용 plug묘 파종장치는 반자동또는 수동 상토혼합충전기, 트레이 적재식 진압, 수동 파종기, 수동복토기로 구성하는 것이 타당할 것으로 분석되었다.

나) 상토 재료의 물리적 특성 시험

시험은 원재료인 순수재료와 혼합재료(시험용 표준상토)에 대하여 실시하였다. 혼합재료인 시험용 상토는 부피비로서 코코피트 43%, 퍼라이트 20%, 훈탄 12.5%, 왕겨분 12.5%, 고령토 12%을 넣고 혼합시 물과 영양액(CDU)을 넣어 조제하였다. 이때 시험상토의 습물기준 수분이 30%일때 비중은 0.55 g/cm3 이었다. 상토에 대한 수

분변화를 15%,30%,40%로하여 물리적 특성을 조사한 내용을 요약하면 다음과 같다.

(1) 통기도 실험에서 공기압력{P=32(g/㎠)}, 통과공기량{Q=1500(㎤)}, 시험편 높이{h=8(㎝)}, 시험편의 단면적{A=26.41(㎠)}을 유지시켜 놓고 통과시간의 변화만 측정하였다. 통기도의 계산식은 다음과 같다.

$$K = \frac{Q \times h}{P \times A \times t} \quad (cm^4/g \cdot \sec)$$

K : 통기도

Q : 통과공기량(㎤)

h : 시험편 높이(㎝)

P : 공기압력(g/㎠)

A : 시험편 단면적(㎠)

t : 통과시간(s)

(2) 순수재료의 완전건조 상태에서는 코코피트와 훈탄의 통기성이 동일하였고, 다른 재료보다 좋은 것으로 나타났다. 그러나 수분의 함량이 있으면 통기성이 떨어지는 것으로 나타났다. 반면 훈탄의 경우는 수분 함량이 증가하면 통기도가 좋아졌다. 밀도가 높은 고령토는 수분에 관계없이 통기성이 나쁘게 나타났다.

(3) 흡수성을 나타내는 흡수비는 (포함한 물의 중량(g)/ 건토의 중량(g))으로 계산하여 비교하였는 데, 흡수성은 입자내부 공극이 많은 훈탄이 가장 우수했고, 대부분 이 재료의 밀도와 반비례하는 특성을 보였다.

(4) 수분 30%의 혼합상토에서 공극율이 큰 코코피트와 훈탄을 각각 1/2씩 혼합량을 증감하였을 때, 코코피트의 경우는 통기도가 약간 증가하였으나 훈탄의 경우는 오히려 통기도가 감소하는 것으로 나타났다.

(5) 통기도와 흡수성 조절은 코코피트의 혼합율을 조절하므로서 가능하나, 지속적인 흡수성유지의 조절은 훈탄의 량으로 조절하는 것이 바람직한 것으로 나타났으며 통기도를 떨어뜨리지 않기 위해서는 훈탄을 13% 이하로 혼합해야 하는 것으로 나타났다.

(6) 본 연구는 일정한 물리적 특성을 갖는 육묘용 상토의 재료배합비율을 결정하는데 유용한 자료를 제공하였다.

다) 상토의 유동특성 시험

상토충전기와 복토기는 혼합된 상토의 일시저장이 필요하며 작업시는 저장호퍼 하단의 배출구로 일정량의 상토를 배출하여 트레이에 충전과 복토를 수행한다. 이때 호퍼의 측경사면의 각도와 배출구의 크기는 상토가 호퍼내에 잔류하지 않고 전부 배출될 수 있게 하여야한다. 국내의 시중상토와 비슷한 물리적 성질을 갖는 나)항의 시험재료로서 시험용 표준상토의 유동특성 시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

(1) 표준상토의 안식각 ϕ는 40,2°, 상토와 베니어판의 미끄럼각은 43° 및 재료의 전단저항계수 γ는 0.845 로 나타났다.

(2) 경사각이 β인 상토 저장호퍼내에 상토를 h 높이로 적재하였을 때, 상토가 호퍼하단의 배출구로 완전히 배출가능한 배출구의 폭 b는 다음의 관계식으로 유도되었다.

$$b = \frac{\lambda \cdot h^2 \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta}{\sqrt{h^2 + b^2}}$$

(3) 호퍼의 경사각과 상토 적재높이에 따른 배출폭을 시험한 결과 이론적 계산 값과 거의 일치하였으나 호퍼 경사각이 75° 보다 큰 경우는 이론적으로 계산한 배출 폭보다 5cm 정도 큰 배출폭이 필요하였다.

(4) 이와 같은 결과는 상토의 유동을 취급하는 기계의 설계제작에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

라) 상토의 기계작업특성 시험

(1) 상토혼합기의 혼합특성

상토혼합기의 작업특성은 선행연구자료를 분석하여 기계의 설계제작에 필요한 자료를 취득하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(가) 종래의 상토혼합기는 1축 또는 2축 로타리날 방식을 이용하였는데, 회전축에 나선상으로 배열한 폭이 좁은 날의 반전능력이 부족하여 파쇄기능은 우수한 반면 혼합기능이 떨어지는 것으로 나타났다.

(나) 스크류밴드 방식은 나선형으로 배열된 로타리날의 중간과 끝에 5cm폭의 띠판을 1/4원주 간격으로 부착하여 반전 능력을 대폭 향상시킨 빠른 상토혼합이 이루어 지는 것으로 분석되었다.

(다) 현재의 육묘용 상토는 작물이 최적 생육에 필요로 하는 재료를 적당한 크기로 파쇄한 것을 이용하기 때문에 상토 혼합기의 파쇄기능은 거의

불필요 한 것으로 판단된다.

(라) 로타리날 방식과 스크류밴드 방식의 상토혼합 성능을 비교한 결과, 상토 100ℓ 혼합시의 소요동력, 혼합시간 및 축회전수는 각각 3.7㎾, 20분과 2분 및 20rpm 동일로 나타났다.

(2) 스크류컨베이어

육묘용 상토재료의 수평이송장치로서 스크류 컨베이어 장치를 구성하고 각 상토 원자재 및 혼합재료(표준상토)의 이송특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 이송특성을 나타내는 특성값은 다음의 수식으로 계산하였다.

* 실소요동력(PS) = 이송동력 - 공회전 소요동력

* 소요동력계수(K) = $\dfrac{\text{실소요동력} \times 8100}{C \times L}$

C : 컨베이어 용량(㎥/hr)

L : 컨베이어 길이(m)

* 이론 이송량(㎥/min)

$$= \frac{\pi}{400} \times (D^2 - d^2) PNS$$

D : 스크류 직경(m)

d : 축 직경(m)

P : 스크류 피치(m)

N : 회전수(rpm)

S : 단면 통과율(%)

* 이송손실계수(φ) = $\dfrac{\text{실제이송량(㎥/ min)}}{\text{이론이송량(㎥/ min)}}$

육묘용 상토재료의 수평이송장치로서 스크류 컨베이어 장치를 구성하고 각 상토 원자재 및 혼합재료(표준상토)의 이송특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 이송특성을 나타내는 특성값은 다음의 수식으로 계산하였다.

(가) 소요동력은 입자가 작고 비중이 높은 재료일수록 높은 것으로 나타났다.

(나) 소요동력계수는 스크류의 모양과 재료의 종류에 따라 차이는 있지만 축회전수가 증가함에 따라 감소하다가 일정 회전수 이상에서는 증가하

는 것으로 나타났 다.

(다) 순수재료의 이송효율은 1.0으로 하는 것이 동력효율면에서 유리하며, 이 때의 축회전수는 110rpm으로 하여 이송 스크류의 적합한 사양을 결정하는 것이 좋은 것으로 판단된다.

(라) 고령토와 같은 높은 이송저항을 갖는 재료는 비중이 낮고 마찰저항이 작은 재료와 일정비율로 혼합하면 이송저항을 80%정도 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

(마) 육묘용 혼합상토(표준상토)의 수평이송을 위한 스크류컨베이어의 최적 설계조건은 이송효율 1.0, 축회전수 110rpm 및 소요동력계수 15로 하는 것이 성능과 효율면에서 가장 바람직한 것으로 판단되었다.

(3) 버킷엘리베이터

수직 이송 버킷엘리베이터의 육묘용 상토 이송시험에 의한 성능분석결과를 요약하면 다음과 같다. 이송특성을 나타내는 특성값의 계산식은 다음과 같다.

* 이론이송량(W_{th})

$$W_{th} = \pi \cdot D \cdot N \cdot z \cdot V$$

여기서, W_{th} : 이론 이송량 [l/ min]
D : 풀리 직경 [m]
N : 회전수 [rpm]
z : 버킷 1m 당 갯수 [개/m]
V : 버킷 1개당 체적 [l/개]

* 이송효율(η_W)

$$\eta_W = \frac{W}{W_{th}}$$

여기서, W : 실제 이송량

* 슬립율(S)

$$S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$$

여기서, ω : 실제 측정 속도(m/ min)
ω_0 : 무부하 속도(m/ min)

* **이론 소요 축동력**(Hth)

$$H_{th} = \frac{1000 \pi N D z \gamma h V}{60 \cdot 102}$$

여기서, H_{th} : **이론 소요 동력** $[W]$

γ : **비중** $[kg/m^3]$

h : **실제 이송 높이** $[m]$

* **소요 축동력** (H_S)

$$H_S = H - H_0$$

여기서, H : **실제 측정동력** $[W]$

* **축동력 손실계수**(ϕ)

$$\phi = \frac{H_S}{H_{th}} = \frac{H - H_0}{H_{th}}$$

(**가**) **상토재료의 비중이 변동함에 따라 버킷엘리베이터의 이송효율은 최소** 46.26**에서 최대** 76.54%**를 나타내었으며 표준혼합상토는** 51.01%**를 나타내었다. 상토재료의 소요축동력손실계수는 최소** 0.6517**에서 최대** 1.1893**를, 표준 혼합상토는** 0.7384**를 나타내었으며 슬립율은 최소** 0.0246**에서 최대** 0.0983, **표준 혼합시** 0.0647**을 나타내었다.**

(**나**) **슬립율과 비중은 거의 비례 관계를 나타내고 있으며 이 두 조건과 동력 손실계수에 따라 이송효율의 차이를 보였다. 따라서 비중이 큰 재료일 경우, 슬립율과 동력 손실계수에 영향을 미치게 되어 이송효율이 낮아지는 것으로 나타났다.**

(**다**) **육묘용 상토재료의 경우 축손실계수가** 0.75**이상인 때는 이송효율이** 50%**이하로 낮아지게 되므로 최적의 이송효율과 축손실계수는** 75%**와** 0.7**로 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.**

(**라**) **버킷엘리베이터의 성능분석을 통해 이송량, 소요동력 등을 추정할 수 있는 수식을 정립함으로써 육묘용 파종장치등의 설계에 필요한 자료를 획득하였다.**

(4) 스크레이퍼 컨베이어

상토충전기의 상부이송장치로 이용되는 스크레이퍼 컨베이어의 최적설계에 필요한 상토 이송시의 마찰 저항과 이송효율 및 이송동력을 정확하게 산출할 수 있도록 시험장치를 구성하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(가) 상토-철판의 마찰계수는 0.445로 나타나 철재간 마찰계수 0.532보다 약간 낮은 값을 나타내었다.

(나) 경사 45° 이송용 스프레이퍼 컨베이어의 이송효율(실제이송량/이론이송량)은 83%로 나타났다.

(다) 경사각이 수직에 가까울수록 이송효율은 떨어지지만 상토의 안식각까지는 이송효율의 변화가 없으며 안식각보다 클 경우 이송효율을 높이기 위해서는 컨베이어의 상부덮개를 하여야 하는 것으로 판단된다.

(라) 지상으로부터 1m 1.5m 사이에서 트레이에 상토를 충전하는 스크레이퍼 컨베이어의 실소요동력은 상토이송량 1 ℓ/min당 0.5[W]로 나타났다.

(5) 노즐식 파종기의 파종특성

주사기 바늘을 가공한 노즐을 사용하는 진공흡착식 파종기의 파종조건별 종자파종 시험을 실시하였다. 공시기는 대형의 진공 노즐식 파종기를 이용하였다. 바늘직경(노즐경), 바늘과 종자판 사이의 간격, 흡입압력, 진동압력 및 트레이 이송속도를 변수로하여 파종작업을 수행하고 파종율을 조사하였다. 시험용 종자는 무(원형), 고추(납작형) 및 오이(타원형)으로 종자의 형태별 파종율의 변화를 조사하였다. 시험결과을 분석하여 최적의 파종조건을 구명한 내용을 요약하면 다음과 같다.

(가) 무는 흡입압력 0.4㎏/㎠, 노즐끝과 종자판의 간격 5.5mm, 진동압 0.7㎏/㎠, 바늘직경 0.65mm 일 때 100 %의 파종율을 나타내었다.

(나) 고추는 흡입압력 0.4㎏/㎠, 노즐끝과 종자판의 간격 4mm, 진동압 0.6㎏/㎠, 바늘 직경 0.45mm 일 때 97 %의 파종율을 나타내었다.

(다) 오이는 흡입압력 0.8㎏/㎠, 노즐끝과 종자판의 간격 5.5mm, 진동압 0.6㎏/㎠, 바늘 직경 0.65mm 일 때 95 %의 파종율을 나타내었다.

(라) 128공 트레이의 이송속도는 2.4 ㎝/sec 즉, 1분당 2.5 개의 트레이 이송속도가 최적 작업속도인 것으로 나타났다.

(마) 종자의 흡착이 가장 잘 되는 노즐 끝과 종자의 거리는 0.5mm 이내로

나타났다.

(바) 종자모양에 따른 바늘경의 크기 선택은 바늘이 종자면에 흡착될 시 밀착이 가장 잘 되는 조건일 때로 해야하는 것으로 판단되었다.

(사) 흡입압력은 종자의 무게에 손실계수 100을 곱한 흡착력(흡입압력×바늘구멍면적)이 되도록 할때 파종율은 최대의 값을 나타내었다.

2) 시작기 개발

자가육묘나 중소규묘 원예단지의 육묘용 파종시스템에 적합한 상토충전기, 파종기, 진압기 및 복토기를 설계제작하여 시험 및 보완하고 기업체가 상품화할 수 있는 단계의 시작품을 개발하였다. 그 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

가) 상토충전기 개발

(1) 상토충전기는 파쇄, 혼합, 급수 및 충전기능이 있는 버켓엘리베이터 방식(시작기1)과 충전기능만 있는 수직 스크레이퍼 방식(시작기2)의 2가지를 개발하였다.

(2) 시작기1은 장치가 복잡하여 제작가격이 시작기2보다 1.5배로 높았고, 소요동력은 상토이송율 1ℓ/분 당 1.5W로 높은 편이며, 시중상품 상토를 사용 시 충전이외의 기능은 불필요한 것으로 판단되었다.

(3) 시작기2는 구조가 간단하고 최대 충전작업속도가 800트레이/시간 으로 인력에 의한 트레이 공급한계를 초과하였다. 따라서 상토이송량은 40ℓ/분, 작업능률은 150트레이/시간 및 소요동력은 여유율 4배로 하여 100W로 하는 것이 최적으로 판단되었다.

나) 반자동파종기 개발

(1) 반자동 파종기는 니들형과 평판형의 2종류를 개발하였는데, 평판형은 파종율이 80%전후로 니들형의 98%보다 매우 저조하였고, 작업능률은 80트레이/시간(128공)으로 니들형보다 약간 높았다.

(2) 니들형은 1차 시작기를 보완 2·3차 시작기를 개발하였는데, 수동작업의 편의성을 고려한 작업형태 개선, 종자판에 진동기 부착, 충분한 흡입압력(0.6 ㎏/㎡)을 얻는 터보팬과 공기압축기를 설치하여 작업능률 75 트레이/시간(128구), 파종율 98%이상으로 효율을 향상시켰다.

다) 수동 진압기 개발

(1) 수동진압기는 인력에 의하므로 작업능률의 향상을 위해 러그 달린 압축

판을 이용한 동시 압축식으로 고안하고, 누름 손잡이를 1번 누를 때 진압이 완료될 수 있도록 개발하였다.

(2) 작업능률은 350트레이/시간 으로 나타났다.

라) 수동 복토기 개발

(1) 인력형 복토기는 평벨트-롤러 구동형으로 인력으로 본체를 1왕복시킬 때 복토작업이 완료되도록 개발하였다.

(2) 작업능률은 300트레이/시간으로, 복토 불균일 편차가 1.5 mm로 나타났다.

마) 농가용 파종시스템의 최적구성

(1) 농가용 파종시스템은 2가지 형태로 구성하는 것이 적합한 것으로 판단되었다. 1형은 반자동 충전기에 의한 복토 - 트레이 쌓기식 진압 - 반자동 파종기에 의한 파종 - 수동복토기에 의한 복토 - 물조루에 의한 관수이며, 2형은 복토를 인력으로 하는 것으로 정리하였다.

(2) 동력형 충전기는 구조가 복합하고 가격이 비싸므로 수동 복토기의 용량을 키워서 사용하면 경제적일 것으로 판단되었다.

(3) 트레이 쌓기에 의한 진압은 트레이 규격에 따른 제약이 없고 파종기 근처에서 적재만 하면 되기 때문에 진압기는 사실상 불필요한 것으로 판단되었다.

(4) 개발된 농가용 파종시스템은 대형파종 시스템에 비해 가격이 10 20% 수준으로 공급가능하며, 본 연구를 통해 업체의 상품화를 위한 제반 기술을 확보하였다.

나. 파종시스템 설정 및 능률적 이용 연구

1) 파종시스템의 분석

가) plug육묘의 특성

(1) plug육묘와 관행육묘의 생산특성을 비교한바 파종속도, 묘의 균일도, 종자이용 효율, 노동력 등 많은 부분에서 효과적이었고 기자재비용, 육묘기술등에는 해결되어야 할 문제점이 있었다.

(2) 국내외 육묘기술 현황을 비교한바 육묘규묘, 육묘방법, 육묘배지, 육묘일수 등에서 개선되어야할 문제점이 많았다. 그리고 plug육묘와 관련된 여러 가지 기기장비에 대한 개발이 요구되었다.

(3) 관행육묘의 한계성과 애로사항을 기술적측면과 사회적측면에서 검토하여 plug묘 도입 필요성을 강조하였으며 주요채소류의 관행육묘 노동비율을 산정한바 작형에 따라 5-20% 범위내외어 있었다.

(4) plug묘의 이용효과를 검토한바 육묘시기의 안정성, 묘소질, 발아율, 평당 묘생산성, 정식의 작업성 등에서 경제적 효과가 매우 높았다.

나) 우리나라의 plug묘 생산기술의 현황과 문제점

(1) 우리나라 plug묘 생산기술 수준을 육묘자재 및 시설, 주요장치, 육묘기술과 재배기술 측면에서 검토하여 주요 문제점을 지적하였다. 특히 육묘관련 장치에서 파종시스템의 정밀도, 범용성 그리고 생산규묘별 적정장비의 개발 등이 필요하였고 그외 재배베드, 접목묘생산장치등의 국산화가 필요하였다.

(2) plug묘 생산을 위한 주요작업공정과 단계별 주요내용을 검토하였으며 특히 파종공정과 간련된 상토혼합, 상토담기 및 압축, 파종, 복토, 관수등에 대한 균일성, 상토의 보수성과 통기성, 파종율, 관수의 강도등이 지적되었다.

(3) 파종시스템의 기기별 용도와 성능을 분석하였다. 일관작업을 위한 능율을 높이기 위하여는 파종기의 파종능률이 주요결정요인이 되며 파종형식에 따라 시간당 150-300트레이 작업성ㅇ르 가질 수 있었다. 드럼형은 작업속도는 빠르나 파종율이 72%로 노즐형 95%에 비하여 매우 저조하고 종자형태에 따라 파종율의 차가 크고, 적정종자선택이 중요하였다.

(4) 평판형 반자동파종기의 구조적 특성과 작업성을 검토하였으며 자동화 적응성, 파종율, 작업능력 등을 자동파종시스템의 드럼형 및 노즐형과 비교하였다. 특히 파종율과 작업능력에서 효율성이 낮았으며 중소규묘 plug 육묘장의 도입측면에서 개발목표를 설정하여야 하였다.

(5) 육묘장 규묘에 따른 적정파종기 선정을 위한 능력계산을 행한바 분당 트레이 2매를 기준으로 하여 6시간 작업시 720공트레이가 가능하고 10,000 트레이를 파종한 경우 13.9일이 소요된다. 이를 기준으로 파종기의 종류 및 개수를 결정할 수 있다. 그러나 반자동파종기를 도입할 경우 인력에 의한 노동비율이 증가되므로 이를 감안하여야 할 것이다.

2) plug묘 보급의 문제점과 양질묘 조건 및 수요예측

가) 육묘현실과 plug묘 보급의 과제

농촌노등력부족과 묘생산비의 상승, 불량묘가 수량과 품질에 미치는 영향등이 현재 우리 육묘현실의 애로사항이며 또한 농가가 plug묘에 대한 관리 및 묘령에 대한 정확한 인식이 부족하여 plug묘 도입의 걸림돌이 되고 있다. 따라서 이와 관련된 몇가지 사례들을 조사정리하고 특히 plug묘 도입효과를 분석한바 배지절약, 묘 균일도 향상, 면적당 묘생산성, 작업생력화 등의 효과가 있는 반면 투자비상승, 환경제어 및 육묘기술의 향상등이 필요하였다.

나) 양질의 plug묘 구비조건과 이용방법

plug묘의 분포적응성, 품종고유특성, 트레이 결주율 등과 근군형성과 관련된 몇가지 plug묘의 특성을 검토하였고 특히 유량묘의 평가방안을 제시하였으며 금후 기계이식을 위한 중요성을 강조하였다.

다) 국내 plug묘 수요전망과 생산량 예측

재배농가의 plug묘에 대한 인지도와 도입유무에 대한 의견등을 조사하였든다 정확한 특성을 알고 있는 농가가 20%정도였고 대부분의 농가가 관련 정보가 부족하였다. plug묘 수요전망을 '96년말 현재 주요채소류 재배현황을 기준으로 산출하였고 보급율 50% 볼 때 약 7,015000천주가 예상되었다. 그리고 1,500평 plug육묘 온실에서 주요과채류묘의 연간 생산가능 주수를 추정한바 작물, 묘령, 트레이공수, 연간 생산횟수등에 따라 다르나 대략 1,000-2,000만주 범위위에 있었다.

3) 양질 plug묘 생산을 위한 파종여건 구명

가) 육묘의 생육단계와 환경

plug묘의 생산과 발달과정을 4단계로 구분하여 수분, 산소, 온도, 광등의 적절한 환경조건과 종자 상태와 발아 조건에 대한 몇가지 사례들을 예시하였다.

나) plug묘 생육에 미치는 환경요인

지상부환경과 지하부환경을 구분하여 정리요약하였으며 특히 plug묘 생산을 위한 표준tray이용과 관련된 공수와 부피, 상토종류와 상토충전정도가 수분함량과 공극율에 미치는 영향을 고찰하였다. 그리고 상토의 배지특성과 종자발아와 그후 생육에 미치는 영향을 물리, 화학적 측면에서 검토하고 현재 우리나라에서 이용되고 있는 주요 자재에 대하여 그들의 특성을 활용성측면에서 각각 정리하였다.

4) 농가용 plug묘 파종장치의 구성과 이용시험

가) plug묘 생산온실의 배치모형과 작업공정

농가보급 가능한 공정묘 생산온실 규묘에서 파종작업과 관련한 적업실의 기자재 배치모형을 작성하여 plug묘 생산시설을 도입코터 할 때 참고가 될 수 있도록 하였으며 또한 plug육묘장의 작업공정을 단계별로 구분하여 각각의 작업에서 준비 및 유의하여야 할 관리사항들을 상토의 준비부터 발아실의 관리까지 9개 단계로 나누어 체계화 하였다.

나) plug묘의 발아 및 육묘 효과시험

상토재원별 주요채소류의 발아율과 상토특성을 비교검토하였다.

상토재료는 입상암면, 왕겨, 훈탄, 고령토, 피트모스, 펄라이트, 버미튤라이트 등을 이용하여 단독 또는 혼합처리하여 고추를 파종하고 발아율, pH, EC등을 조사하였다. 6개종에서 발아율은 83-94%범위에 있었으며 pH는 파종전 6.12-6.86, 파종후는 5.77-6.96범위 있었으며, EC는 0.18-1.43mS・㎝-1, 파종후는 0.71-1.93mS・㎝-1 범위에 있었다. 그리고 상토 및 액비의 종류가 발아에 미치는 영향을 배추, 토마토, 고추작물을 대상으로 실시한바 배추에서는 처리간 유의성이 없었으나 토마토와 고추에서는 1%의 유의차를 보였다. 그외 선발상토와 유통되고 있는 몇가지 시판상토를 대상을로 고추를 공시재료로 발아율을 비롯한 그이후 생육에 미치는 영향을 조사하여 육묘효과를 비교감토하였다.

다) 농가용 plug파종장치의 경제성 분석

본과제에서 개발된 농가용 plug묘 파종장치 Ⅰ형과 Ⅱ형을 기존의 자동파종시스템과 비교하여 경제성을 분석한바 투자액은 Ⅰ형이 7,600천원인 반면 Ⅱ형은 상토충전을 인력으로 대체하므로서 가장낮은 2,600천원이었다. 반면에 일관자동파종시스템은 40,000천원으로 가장 많았다. 노동시간과 노임을 128공트레이 1,200개 생산을 기준으로 할 때 Ⅰ형과 Ⅱ형은 노동시간이 23-24시간 범위이고 노임은 115,000-119,000원범위에 있었다. 반면에 자동파종시스템은 노동시간 28시간, 노임 177,750원으로 반자동파종장치보다 높았다. 이들성적에서 인건비와 감가상가비를 기준으로 경제성을 비교한바 자동시스템이 193,249원인 반면 반자동 Ⅰ형은 117,720원, Ⅱ형은 120,896원으로 산출 되었다.

이상의 결과에서 공정육묘장의 환경 및 재배관리여건이 자동화되어있고 대규모일때는 일관자동파종시스템도입이 필요할 것이며 본과제에서 개발된 Ⅰ형과 Ⅱ형은 작목반단위의 중소형 육묘장에 도입될 때 효과적일 것으로 사료되었다.

2. 활용에 대한 건의

가. 활용계획 (건의)

1) 농림부 - 소규묘 육묘농가용 파종장비 도입지원 및 관련 기술 보급
2) 산업체 - 국산화 장치개발
3) 농업인 - 저비용 파종장치 및 파종기술 도입
4) 학 계 - 기초자료로 활용

나. 활용자료

1) 결과보고서 - 반자동 파종시스템 개발 기술, 파종과 육묘기술
2) 자료

가) 박중춘. 1997. 원예용 상토의 개발방향과 토실이의 특성, 신안그로 창사기념 심포지움, 워크새, 신안그로 1-26.

나) 박중춘, 민영봉.1997. 한국형 공정육묘 공장의 표준 시설장비와 프러그 묘의 생산, 용현농협육묘장 완공 세미나 자료집: 1-34.

다) 민영봉, 박중춘, 정한택, 오태한, 이상옥.1997. 공정육묘장의 자동화를 위한 신개발 시설장비, 용현농협육묘장 완공 세미나 자료집: 35-76.

3) 산업재산권 출원

o. 진공흡착식 반자동 파종기, 실용신안, 97-21736

o. 간이형 상토 충전혼합기, 실용신안, 95-25106

SUMMARY

Development of Convenient Seeding System for Plug Seedling Production

- The Semi-automatic Seeding System for Labor-saving of Small-sized Scale of Farm -

1. Introduction

This study was consisted of two sub-projects. The one of study was the development of a convenient seeding system for labor-saving and lower cost production of plug seedling. This sub-project was carried out to investigate the optimum structure of the seeding system for small farm size based on reviews and visiting the farm produced plug seedlings and to devise a semi-automatic seeder system.

The another study was carried out to establish the standardization of plug production system, to find out the proper treatment of seeding process and to investigate the optimum consistency of the semi-automatic seeding system.

The results are summarized as follows.

2. Development of Semi-automatic seeding system

A. Basic studies for developing the related machines

1) Results of survey

a) For deciding the direction of developing the seeding system, the related references and the commercial seeding system were surveyed. It was considered that the optimum seeder for plug production could be seeded each grain of one by one in the cell of plug tray in use of the needle tip with vacuum pump.

b) At present, the larger scale of seeding system was supplied widely in Korea. This large scale system equipped with automatic seeding processes such as mixing the medium, supplying the tray, filling the medium and packing, sowing, covering and irrigation. Now a day, the mixing device of commercial medium is not need because the commercial medium was mixed with various materials in the factory.

c) Covering device covered the seeds sowed into cells of plug tray was investigated to use generally the roller types driven by electric or man power. The covering machine deal with small capacity was seemed better to use the man power for driving it.

d) From the results obtained by investigation, it seemed that the medium compaction of semi-automatic seeding system should be performed by the stack of the tray filled in medium.

2) Physical properties of medium materials

In this part of the study, several experiments were conducted to obtain the specific gravity, water absorptivity and air permeability of the medium effected on the growth of plug seedlings. The materials used every experiment were each pure medium and the mixed medium named Tosili as standard medium. The materials consist of standard medium were 43% of peat, 20% of perlite, 12.5% of carbonized rice hull, 12.5% of fine particle rice hull and 12% of kaolin by volumetric percentage. The specific gravity and water content of the standard medium were 0.55g/㎤ and 30% of wet basis, respectively.

The results of experiment were summarized as follows.

a) Air-permeability of the standard medium was represented as below by using the AFA regulations.

$$K = \frac{Q \times h}{P \times A \times t} (cm^4/g \cdot \sec)$$

Q : Air volume passed through medium specimen in steel cylinder (㎤)
h : medium specimen height (㎝)
P : Air pressure (g/㎤)
A : cylinder section area (㎠)
t : passed time(sec)

b) Air-permeability was represented the higher order of peat, rice hull, perlite, carbonized rice hull and kaolin, but in case of exceeding 30% of moisture content, that of carbonized rice hull was shown the highest value.

c) Water absorptivity represented the ratio of contained water weight(g) per dried medium weight(g) was in the higher order of peat, carbonized rice hull, rice hull, perlite and kaolin which was proportioned inversely to the specific gravity of it.

d) Water absorptivity and air-permeability could be adjusted by the mixing ratio of peat, but to keep the water absorption long time, it was good to rise up the mixing ratio under 13%.

3) Flow characteristics of medium

In medium filling process by the machine, the medium before filling into tray was reserved temporarily in hopper and exhausted through the outlet of hopper on time when plug tray moved under the hopper. At that time, the medium exhaust ability was depended on the inclination and the outlet hole size of the side wall of hopper.

The results of experiment were as follows.

a) Angle of repose(ϕ) of the standard medium was 40.2 degree, the inclined angle of wooden plate occurred the medium sliding was 43 degree and the shearing resistance coefficient(γ) of the medium was 0.845.

b) When the inclined angle of steel plate wall of hopper and the height of medium filled in hopper are written respectively as β and h, the exhausting outlet width b is expressed as following formula;

$$b = \frac{\lambda^2 \cdot h^2 \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta}{\sqrt{h^2 + b^2}}$$

c) The exhausting outlet width earned from theoretical calculation represented to agree with that earned from experiment. but when the inclined angle was exceeded 75 degree, that earned from experiment was more wide about 5cm than that earned from theoretical calculation.

4) Medium reaction characteristics in machine work

a) Medium filler

The performances of the filler had been researched by pre-study. the results are as follows.

(1) The conventional medium mixers used one shaft or two shaft attached rotary blades had the better performance in crushing the lump of medium and the worse performance in mixing.

(2) The screw band type of mixer had shorter time to perform mixing the medium.

(3) The mixing performances of the rotary type and the screw band type when the shaft speed was 20rpm and the mixing volume of medium was 100ℓ were compared. The power of both type was same as 3.7KW but the mixing time of it was 20 and 2 minutes, respectively.

(4) It seems that the processes of mixing and crushing the medium should be omitted because the commercial medium was mixed and crushed already the medium materials.

b) Screw conveyer

A screw conveyer to transport horizontally the medium was constructed, and examined to obtain the performances of transportation of pure and standard medium.

The terms represented as below was used to express the performance of screw conveyer

* Actual consumption power(Pa) = Total power-Idle power(PS)

* Consumption power factor(K) = $\frac{Pa \times 8100}{C \times L}$

C : Capacity of conveyer(㎤/hr)

L : Length of conveyer (m)

* Theoretical transportation rate (Sth)

$$S_{th} = \frac{\pi}{400} \times (D^2 - d^2) PNS \quad (m^3/\min)$$

D : Out diameter of screw (m)

d : Inner diameter of screw(m)

P : Screw pitch(m)

N : Revolution speed(rpm)

S : Sectional passage rate(%)

* Transportation loss coefficient(Φ, transportation efficiency)

$$\Phi = \frac{Actual\ transportion\,(m^3/\min)}{S_{th}(m^3/\min)}$$

The results were summarized as follows.

(1) The consumption power of transportation of mediums were proportioned directly to the gravity of medium and inversely to the particle size of medium.

(2) The consumption power factor was decreased in accordance with the increase of shaft speed although that had the difference value according to the kinds of medium and the shapes of the screw.

(3) The transportation efficiency was represented as 1.0 to keep the maximum consumption power factor, so that the optimum speed of shaft should be decided as 110rpm in the specification of screw conveyer design.

(4) Although the kaolin had the high consumption power factor. This factor was decreased about 80% depending on mixing the materials with lower gravity and friction.

(5) It seemed that the optimum design conditions of the screw conveyer used in horizontal transportation of the medium should be decided as 1.0 of transportation efficiency, 110 rpm of screw shaft speed and 15 of consumption factor.

c) Bucket elevator

The optimum design of bucket elevator used for vertical transporting the medium. The experiments were conducted to obtain the performance data. The terms represented as below was used to express the performance of bucket elevator

* Theoretical transportation rate

$$W_{th} = \pi \cdot D \cdot N \cdot Z \cdot V \quad [\ell/\min]$$

D : Pulley diameter[m]

N : Pulley speed[rpm]

Z : Number of bucket per unit length[No./m]

V : Volume of a bucket[ℓ]

* Transportation efficiency

$$\eta_W = \frac{W}{W_{th}}$$

W : Actual transportation rate

* Slip

$$S = \frac{w_0 - w}{w_0}$$

w : Speed of bucket under load (m/min)

$w0$: Speed of bucket under no load (m/min)

* Theoretical consumption power

$$H_{th} = \frac{1000 \gamma N D z \lambda h V}{60 \cdot 102} \quad [W]$$

γ : Specific gravely [kg/㎥]

h : Actual transportation height[m]

* Real consumption power

$$H_S = H - H_0 \ [W]$$

H : Total consumption power [W]

$H0$: Idle power [W]

* Power factor

$$\phi = \frac{H_S}{H_{th}} = \frac{H - H_0}{H_{th}}$$

The results were summarized as follows.

(1) The transportation efficiency of pure medium materials was between the maximum of 76.54% and the minimum of 46.26% and that of the standard medium (Tosili) was 51.01%. The power factor was between the maximum of 0.6517 and the minimum of 1.1893 and that of the standard medium was 0.7384. The slip of pure medium materials was between maximum of 0.0983 and minimum of 0.0246 and that of the standard medium was 0.0647.

(2) The slip was proportioned directly to the specific gravity of medium and the power factor were effected on the transportation factor. Therefore the medium with the higher specific gravity was occurred

the lower transportation efficiency.

(3) It seemed that the optimum transportation efficiency and power factor should be decided as 75% and 0.7, respectively.

d) Scraper conveyer

For the optimum design of the scraper conveyer used for transporting vertically the medium, the experimental apparatus was constructed and tested. The data obtained from the test were used to establish the formulas can be calculated for the friction resistance, transportation efficiency and transportation power.

The results were summarized as follows.

(1) The friction coefficient between the medium and steel plate was 0.445 which was lower than that between steel and steel which was 0.532.

(2) The transportation efficiency for transporting the medium on the steel plate inclined 45° against the water level was 83%.

(3) As the inclined degree of the steel plate was increased, which was only existed beyond the angle of repose of medium, the transportation efficiency was decreased. The cover of scraper was considered to increase the efficiency when the inclined angle was beyond the angle of repose of medium.

(4) The power consumption of scraper conveyer for the use of the seeding system was 0.5 watt per unit transportation rate(1ℓ/min).

5) Optimum seeding conditions of needle type seeder

Tests were performed by a automatic seeder with nozzle which a seed is attached on the tip of syringe needle by vacuum pressure. The seeding rate(the number of cells put into only one seed per total cells a tay) was investigated by seeding work depending on the change of the inner diameter of needle(Di), the distance from the needle tip to the bottom of seed tray(td), absorbing pressure(Pa), the pressure of vibrating the seed tray(Pv) and seeding speed. Tested seeds were radish(sperical seed), pepper(flat seed) and cucumber(oval seed).

The results were summarized as follows.

a) The maximum seeding rate of radish represented 100% at the conditions which Pa, td, Pv and Di were 0.4kg/㎠, 5.5mm, 0.7kg/㎠ and 0.65mm, respectively.

b) The maximum seeding rate of pepper represented 97% at the conditions which Pa, td, Pv and Di were 0.4kg/㎠, 4mm, 0.6kg/㎠, and 0.45mm, respectively.

c) The maximum seeding rate of cucumber represented 95% at the conditions which Pa, td, Pv and Di were 0.8kg/㎠, 5.5mm, 0.6kg/㎠, and 0.65mm, respectively

d) The optimum seeding speed using the 128 hole tray was 2.4㎝/s which was equal to 2.5 trays per minute.

e) When the distance between nozzle tip and seed was within 0.5mm, the seeding rate represented top value.

f) The selection of needle size for maximum seeding rate should be considered to satisfy the conditions which the seed was perfectly contacted with the tip of needle.

g) Optimum absorbing pressure in nozzle for maximum seeding rate could be calculated by $100 \times Pa \times \pi Di2/4$.

B. Development of prototype seeding system

For the use of the individual form or small horticultural complex, a convenient seeding system consist of machines and devices of filling, seeding, compacting and covering was developed. Each machine and device were devised, examined, and complemented until to develop the commercial models.

The results were summarized as follows.

1) Development of medium filler

a) The prototype 1 and 2 of medium filler were designed and manufactured. The prototype 1 was prepared the function of cracking and mixing the medium and watering into the medium and filling the medium into the cells of tray. The prototype 2 was prepared only the function of filling.

b) The structure and manufacturing price of prototype 1 were more complex and expensive of 1.5 times higher than those of prototype 2. The consumption power of prototype 1 was 1.5 watt per 1ℓ/min of medium transportation rate. It was considered that the medium filler should be had only the function of filling when the commercial medium was used.

c) The prototype 2 was simply made for cost down, and it's maximum filling workability was 800 tray per a hour which was exceeded the limit of manual supplying of the tray. Therefore, for the optimum design of prototype 2, the transportation rate of medium, the filling workability and the consumption power should be kept 40ℓ/min, 150 tray/h and 200watt (5W/ℓ/min), respectively.

2) Development of semi-automatic seeder

a) The semi-automatic seeders developed were two types. The one was the needle type which was made use of a vacuum needle and the another was the plate type which was made use of a absorbing plate. The seeding rate of the plate type was 80% that it was lower than that of the needle type which was 98%. The seeding workability of the plate type was 80 tray per a hour based on 128 plug cells.

b) For the development of the needle type, the manufacturing of it was tried to modify three times for convenience of handling and vibrating of seed tray and raising up the absorption pressure for improving the seeding rate. And it's efficiency was improved that the workability and seeding rate was 75 tray per an hour and over of 98% based on 128 plug cells of tray, respectively

3) Development of manual compactor

a) The manual compactor was designed and manufactured by using the lug plate which the number of lugs was equal to cells of the tray for improving the workability. It was devised that the compacting process was finished by pushing one time the nob on lug plate in use of hand.

b) The workability was 350 tray per an hour.

4) Development of manual covering machine

a) The manual covering machine was designed and manufactured by using a flat belt-roller device. It was devised that the covering process was finished by moving the body to one stroke in use of hand.

b) The workability was 300 tray per an hour and the irregularity of covering was represented 1.5mm

5) Optimum construction of convenient seeding system

a) It was considered that the seeding system for individual farm was classified by two types. It was established that the type 1 which adapted for large scale farm could be consisted of electric filler-compacting by stack of tray-semi-automatic seeder-manual covering machine-manual watering and the type 2 which adapted for small farm could be consisted of manual filling and others of the same machines and method.

b) Because the electric filler was the complication of structure and high price, it was considered that the manual covering machine improved for large capacity could be used for filling the medium instead of electric filler.

c) The compaction by the stack of tray was adapted to any kinds of trays such as the tray lies on another at vacant place near the seeder. Therefore any compacting facilities were not needed for the seeding system.

d) The developed seeding system could be supplied to customers as the price of 10% to 20% of the conventional automatic seeding system.

e) From these basic and practical studies, sufficient information and technology derived to commercialize each machine of the convenient seeding system.

3. Establishment of seeding system and their efficient utilization

A. Analysis of seeding system

1) Characteristic of plug seedling

a) Although seedling speed, seedling uniformity, seed utilization, and labor-saving were succeed, facility cost and growing seedling technique for seedling, have problems to be solved when production character were compared between plug seedling and normal seedling.

b) In comparison of growing techniques for seedling between domestic and foreign countries, scales, growing protocols, medium and suitable time for seedling have problems to be solved and improved. Therefore, it is necessary to develop various facility for plug seedling.

c) It is necessary to be in introduced plug seedling. Because normal seedling has limitations and difficulties in case of technical and social points. When labor efficiency in normal seedling was calculated, the main vegetables were within 5-20% according to harvest.

d) Economic effects in suitable time for seedling, seedling quality, germination efficiency, seedling production per pyoung and working efficiency of transplant were significantly increased utilization effect in plug seedling was investigated.

2) The present situation and problems for production technique of plug seedling in Korea

a) Some problems, such as equipments and facility for growing seedling, main controllers and culture techniques of seedling in production technique of plug seedling in Korea were indicated. Especially, it was necessary to develop accuracy and banality of seedling system and proper facility per production scale. In addition, culture bed and production facility of grafting seedling was to be need home manufacture.

b) Main working process and content of each working stages for prodution of plug seedling were investigated. Especially, seedling progress, mix and put of soil, uniformity of compression, seedling, soil covering and irrigation, water capacity and ventilation in soil, seedling efficiency and strength of irrigation were be pointed out.

c) Purposes and capacity of each facilities for seedling system were analyzed. Sawing efficiency of seedling machine was main factor in order to increase working efficiency, and working efficiency was 150-300 tray per hour based on seedling type. In drum type, although working speed was fast, seedling efficiency was low(72%) compared to nozzle type(95%). It was important to select proper seed because seedling efficiency was different according to seed shape.

d) Structural character and working efficiency of plate type semi-automatic seeding machine were investigated. Sawing and working efficiencies in semi-automatic seeding machine were low when it compared to drum and nozzle types of automatic seeding system. Therefore, it is to be need establishment to introduce in small and medium-sized plug seedling place.

e) To select proper seeding machine depending on the scale of seedling place, was calculated. In basis of two tray per minute, 720 tray can be possible in 6 hours of working. If 10,000 tray were sawed, 13.9/days can be spent. As this results, type and number of seedling machine can be decided. However, labor ratio will be increased by human strength of labor when semi-automatic seeding machine was introduced.

B. Problems of plug seedling supply, the condition of seedling quality and prediction of demand

1) Current situation of seedling and assignment for plug seedling supply

Lack of labor in rural area, increase of production cost of seedling and badness seedling to be effect quality and quantity were presently a bottle-neck of current situation of seedling. Management of plug seedling and lack of correct recognition about seedling age were difficult to introduce plug seedling in rural household. Medium saving, improvement of seedling uniformity, seedling production per area and labor-saving of work were effective when introduction efficiency for plug seedling was analyzed. However, increase of investigating cost, environment control and seedling growing technique were to be improved.

2) The condition of plug seedling quality and method of their utilization

Distributional adaptation of plug seedling, original character of variety, missing hill ratio of tray and various characters of plug seedling about root formation were investigated. Especially, evaluation scheme for good quality seedling and importance for machinery transfer were pointed out.

3) Prediction of demand and productive capacity of plug seedling in Korea

First, we survey the peasant's cognition and opinions about importation of the plug seedling. Twenty percent peasants known about plug seedling, almost peasants did not known about it. Productive capacity was calculated based on vegetable cultural situation at later '96. If 50% plug seedling were used by peasants, total 7,015,000,000 seedling will be required. Number of seedling were presumed in 1,500 pyong green house for one year culture, even though the seedling numbers are depend on cultivar, age of the seedling, number of tray, and number of productive capacity, ten or twenty million seedling will be producible.

C. Determination of seedling conditions to product high quality plug seedling

1) Growing stage and environment

Several case studies to assay the situation and germination of seeds were illustrated the production and the development of the plug seedling, according to the environmental conditions such as humidity, concentration of oxygen, temperature, and light intensity.

2) Effects of environmental factors for plug seedling growth

Environments on the ground and underground were classified and briefly summarized. Especially, the utilization of standard tray including size and volume plug seedling production, various kinds of soil, and level of soil filling to be effect water content and pore space ratio were examined. Medium character of soil and seed germination to be effect growth were investigated in side of physics and chemistry. and main equipments, which were presently using in Korea, and their characters were arranged in order to use.

D. Composition of seeding facility of plug seedling for rural household and test of their utilization

1) Disposed working model and operating of the green house for plug seedling

Arrangement model of facility to do seedling work in working room was established for introduction of equipment producing plug seedling in green house scale distributing rural household. Working progress in plug seedling growing place was divided as nine stages including from soil preparation to management of germination room.

2) Germination and Growing of the plug seedling in green house

Germination ratio of main vegetables in each soils and soil character were examined. Red peppers were sawed in either soil alone or mixture using rockwool, rice hull, carbonized rice hull, kaolin, peatmoss, perlite and vermiculite as soil materials, and their germination efficiency, pH and EC were investigated. In six varieties, germination efficiency was between 83% and 94%, and pH and EC were 6.12 - 6.86, 0.18 - 1.43mS · cm-1 in before seeding and 5.77 - 6.96, 0.71 - 1.93mS · cm-1 in after seeding, respectively. The kinds of soil and hydroponic were examined to affect germination in chinese cabbage, tomato and red pepper. As result, there was no significance in chinese cabbage. However, in tomato and red pepper, there was different of 1% significance. In red pepper as standard material, germination efficiency and their further growing were investigated using selected soil and various present commercial soil.

3) Economic analysis of the plug seeding instrument

In comparison of between the existing automatic seeding system and type I and type II of plug seeding facility for rural household, which were developed by this project, economic point was analyzed that investigation money was 7,600 in type I. However, type II was lowest cost as 2,600 because soil filling was changed by human strength. Automatic seeding system was highest cost as 40,000. Labor time and income using type I and type II were 23-24 hours and 115,000 - 119,000 won, respectively, when 1,200 per 128 tray was produced. whereas automatic seeding system was higher then semi-automatic system as 28 hours in labor time and 177,750 won in labor income. In basis of labor and depreciation costs, economic point was compared that automatic system was 193,249 won, whereas type I and type II of semi-automatic system were calculated as 117,720 won and 120,896 won, respectively.

In conclusion, if the environment of seedling growing place and culture control condition were automatic and large scale, automatic seeding system was to be need introduce. However, type I and type II of semi-automatic system developed by this project were suitable for medium or small-sized scale of seedling growing place.

CONTENTS

목　　차

제 1 장 서 론

제 1 절 공정육묘 설비의 도입과 기계화

우리의 농업환경은 국내외적으로 매우 어려운 상황에 놓여 있다. 국내적으로는 안전하고 질좋은 상품에 대한 소비자의 연중수요가 증가한 반면, 시설과 장비의 미도입과 농촌노동력의 부족으로 그 수요를 충족하기가 어려운 실정이다. 국제적으로는 농산물의 수입개방에 따른 원예산물의 경쟁력제고에 문제점을 많이 안고 있다.

원예농가의 고수익 제고를 위해서는 토지 생산성의 향상, 노동 생산성의 향상, 자본 생산성의 향상을 기할 수 있는 체계로 발전되어야 하며, 고효율 생산시스템을 갖추어야 한다. 이와 같은 고효율 생산체계는 시설과 장비의 현대화와 더불어 생산작업의 기계화에 그 의존도가 높게 된다. 작물재배는 대부분 육묘라는 과정을 필요로 하며, 묘의 소질은 원예 작물의 수량과 품질에 결정적인 영향을 미친다. 따라서 양질의 모종을 육성한다는 것은 고품질 다수확의 기초가 되는 중요한 작업이다. 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 최근 육묘관리 시스템이 도입되었고, 육묘를 재배와 분리함으로서 양질의 묘를 생산 보급하게 되었다. 이러한 육묘관리 시스템은 plug묘 생산방식으로 채택되는 것이 대부분이며, 우리나라에서도 대형 육묘장설립에 정부의 지원이 이루어지고 있는 실정이며, 2001년까지 공동육묘장을 전국에 100여개소를 설치할 계획을 추진하고 있다.

공정육묘는 종래의 묘종생산 방식과 비교하여 식물개체당 생산비의 감소, 이식시의 활착성 양호, 자동화 생산 및 본포이식작업의 기계화가 가능한 다양한 잇점으로 우리나라도 채소묘의 생산방식은 이 시스템으로 추진되어야 한다. 공정육묘는 시설과 장비의 현대화로 묘생산작업이 기계화를 전제로 하기 때문에 고효율, 고성능의 기계들이 조화있게 구성되어야 하며, 아직까지 크게 만족할 만한 기계들이 개발 완료된 상태는 아닌 것으로 추측된다.

제 2 절 중소규모의 파종 시스템 개발 필요성

공정육묘 시스템은 육묘의 생산화, 효율화, 안정화 및 연중계획생산을 목적으로

구성되므로 규격화된 plug 트레이에 파종하여 육성시킨 모종을 생산한다. 모종생산 과정중 파종작업은 상토의 조제, 트레이에 충전, 진압, 파종, 복토, 및 관수 작업으로 이루어지고 육묘작업중 가장 노력이 집중되는 작업이다. 파종작업의 기계화는 공정육묘 공장을 대상으로 자동파종장치가 외국에서 이미 개발 되었고, 국내에서도 고성능의 파종장치가 개발 보급 되었다. 이 대형의 파종장치는 대단위 공동육묘장이나 육묘공장용으로 중소농가의 관행육묘방식의 생력화기계로는 적합하지 못한 실정이다. 96년도 농림부 통계에 의하면 원예작물재배면적은 과채류 71,436ha, 양념채소 115,808ha, 그 외 73,711ha로서 소요되는 묘생산 필요량은 120억분으로 추정된다. 2001년까지 대형 육묘장에서 보급 가능한 것은 이중 25%정도인데 전국 채소류모종의 75%인 90억본은 관행육묘로 남게 되므로, 고품질 다수확 생산을 희망하는 농가의 요구를 충족시킬 수 없다. 이의 해결책으로 중소규모 육묘용 저가격의 반자동 파종장치를 개발 보급하고, 공정육묘온실에서 연구된 묘질 향상기술을 도입하는 것이다.

제 3 절 파종작업조건과 발아율

공정육묘시스템은 파종용기가 매우 작은 것을 이용하므로 가온, 관수 및 시비등의 관리에 고도의 정밀성이 요구된다. 즉 배지량이 적고 완충능력이 낮은 소재를 이용하므로 적합한 파종작업조건을 갖추고 환경관리가 잘 되어야 한다.

공정육묘장의 발아실 설비는 근래 2 3년 동안 기술적 측면에서 매우 안정적으로 발전되었기 때문에 기계파종시의 파종작업조건(파종깊이, 복토량, 관수량, 트레이크기 등)의 최적화 연구가 필요하다.

제 4 절 연구개발 목적과 범위

육묘공장형 파종시스템은 고가격의 대형장치로서 상토혼합, 상토이송, 충진, 진압, 파종, 복토 및 관수에 따른 각 기능을 갖는 기계가 6 7개로 구성되어 있고 영농단지나 독농가등에서 구입시는 가격부담이 높고 처리용량이 크다. 따라서 소형 반자동 파종시스템을 개발하여 파종작업을 150Tray/시간으로 수행하고 3,000 6,000평 규모

의 원예농가나 기계화 영농단, 영농조합 및 독농가등에 적합한 고성능 저가격 파종 시스템을 개발코저 하는 것이 목적이며 구체적 연구범위는 다음과 같다.

1. 상토의 물리성 시험과 상토-기계의 작업특성시험을 실시하여, 상토를 취급하는 기계와 장치의 설계에 필요한 기초 자료를 획득한다.
2. 중소농가용 육묘파종장치의 구성에 필요한 자동 상토 충전기, 인력 진압기, 반자동 파종기 및 인력복토기를 저가격, 작업편의성, 고능률 및 경량화를 고려하여 고안 제작한다.
3. 고안 제작된 각 장치의 작업성능을 시험하고 문제점을 보완하여 시제품화된 시작기를 개발한다.
4. 각 기능의 기계들의 상호 조합 및 대형파종시스템에 의한 파종작업 경제성 분석을 통해 농가 규모별 적합한 파종시스템을 설정한다.
5. 파종작업기계화와 관련된 종자별 최적 파종작업조건에 대하여 시험하고 파종장치 이용효과제고 방법을 찾아낸다.
6. 육묘설비 구조에 따른 작업능율향상을 기할 수 있는 파종시스템의 적합한 배치에 대하여 연구한다.

제 2 장 반자동 파종장치 개발

제 1 절 서 설

plug묘 트레이의 상이규격에도 적응성이 높고, 성능과 작업성이 간편한 상토혼합 충진기, 간이식 진압기, 반자동파종기 및 수동복토기를 개발하여 시제품화할 수 있게 하며, 상토의 물리적 성질과 각 기계 장치의 적합성에 대하여 연구하고, 종자별 최대발아율을 나타내는 파종작업 조건을 구명하여, 실용적, 저가격의 농가용 파종장치를 개발하는 것이 최종 목표이다. 현재, 우리나라의 육묘용 파종시스템은 대형자동화 장치로서 4,000 8,000만원대이기 때문에 중소규묘 영농단지, 독농가 등에서의 비용부담이 커서 구입이 어려운 실정이다. 농가의 비용부담을 줄이고, 생력화 파종작업이 가능하며, 국내개발에 의한 산업화로 외국제품 수입 및 기술종속에서 탈피하고 국제경쟁력을 향상시킬 수 있는 반자동파종장치의 개발 보급이 필요하다.

제 2 절 파종장치개발을 위한 기초연구

1. 문헌 및 현장조사

조사된 문헌은 80여종과 출장에 의한 현지조사 내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 종자의 파종법은 일반적으로 散播, 條播, 点播로 大別된다. plug묘 파종에는 plug tray의 cell내에 種子를 1粒씩 파종하는 点播이며, 点播는 일정간격과 거리에 1粒씩 파종하므로 고도의 기술이 필요하다.

종래 점파기는 대부분 노지파종을 전제로 개발되어 1 3粒씩 파종하는 홈붙이 드럼식이 사용되다가, 1980년대 1粒의 精密파종기가 개발되었다. 1粒 정밀파종기에 이용된 방법은 진동식, 진공흡착식, 유체흐름식 등으로 1粒 파종의 counter와 파종간격 제어기의 연구가 많이 이루어졌다.

최근 plug묘의 파종에는 진공흡착식 니들 파종기가 1粒 파종에 가장 우수한 성능을 보여 이 기종이 주류를 이루고 있다. 그러나 이들 파종기들은 정밀제작과 제어성

능을 요구하고 가격이 비싸며 유지 관리에 기술을 요하고 있기 때문에 공장형 공정 육묘온실에서만 이용이 가능하고 중소단지 및 독농가가 이용키에는 부적합한 문제가 있다.

외국에서 개발된 독농가용의 파종기는 진동식, 진공 구멍판식과 진공니들식이 있는데, 진동식은 가격은 싸지만 숙련을 요하며, 진공니들식은 종자의 종류에 따라 니들의 구경과 작용부압을 변화시켜야 하는 문제가 있었다. 본 연구에서의 파종기개발은 프라스틱 파이프와 실험용 주사기 바늘, 흡입관과 밸브를 이용하여 값싸고 성능 좋은 저가격 수동파종기로 개발 방향을 결정하였다.

2) 현재의 plug tray에 상토를 충전하는 과정은 상토재료 혼합-이송-충전으로 혼합기와 충전기가 따로 구비되어 있고 대형화되어있다. 향후 상토의 상품화는 필요한 상토재료를 혼합한 것을 공급하는 형태로 발전되고 있으므로 상토혼합기는 필요치 않을 것으로 판단된다. 따라서 농가용으로 상품화 상토의 2차 파쇄, 충전 및 관수를 동시에 시행하는 간단한 기계가 필요하다.

3) 파종된 plug tray상에 상토의 복토는 롤러식 복토장치로서 동력을 이용하거나 인력으로 레바를 작동시키도록 되어 있는 것으로 조사되었다. 볍씨 파종기 등의 상토 충전기는 동력형이 좋지만 소량의 복토작업에는 인력형이 좋은 것으로 판단되며, 본 연구에서는 push-pull형 간이 복토기를 구상중에 있다.

4) 이상이 문헌 및 현장조사 결과 농가용 plug묘 파종장치는 다음과 같은 모형으로 구성하는 것이 타당할 것으로 분석되었다.

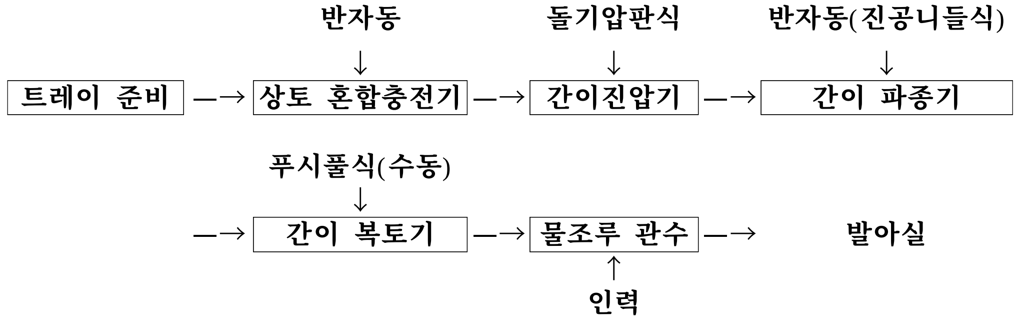


그림 2.1. 농가용 plug묘 파종장힝 구성

2. 상토재료의 물리적 특성시험

가. 서언

농업의 발달에 따른 육묘과정이 자동화 되었고, 상토는 양질묘의 생산에 적합한 물리성, 화학성 및 생물적 특성이 적절한 자재로 만들어져야 하며, 이는 곧 육묘에 가장 기본이 되는 요소라 할 수 있다. 육묘용 상토가 갖추어야하는 기본적인 기능은 다음과 같다. 첫째, 작물에 필요한 적절한 양수분을 보유, 유지하여야 하며, 둘째, 뿌리에 필요한 산소를 공급하고 이산화탄소를 원활하게 배출할 수 있는 가스의 교환 기능을 수행할 수 있어야 하며, 셋째, 뿌리의 보호 및 작물체를 지지하여야 한다.

위와 같은 기능을 원활하게 수행하기 위해서 상토는 물리적 측면에서 통기성, 보수성, 흡수력 및 투수속도 등이 적절하여야 하며, 성질은 가급적 변화되지 않고 유지되어야 한다.

농촌진흥청(3) 조사에 따르면 전국 공급 상토재료의 공극율과 보수량이 가장 큰 재료는 피트모스이고, 시판상토의 공극율은 87%, 보수량은 520㎖/ℓ로 발표하고 있으나, 물을 흡수한 후의 통기성은 공극율과 관계가 있는 지는 알려지지 않았다.

본 연구에서는 상토의 물리적 특성 중에서 통기도, 흡수성, 밀도를 조사해서 작물배양에 적합한 상토의 판정을 위한 자료를 획득하고자 하였다.

표 2.1. 상토 소재별 물리적 특성

상토재료	공극율(%)	가비중(g/㎖)	보수량(㎖/ℓ)	철판- 마찰계수
코이어	90	0.24	580	0.73
피트모스	93	0.22	640	0.68
훈탄	88	0.13	180	0.34
퍼라이트	85	0.27	510	0.56
산적토	58	1.21	420	0.84
버미큘라이트	81	0.25	620	0.62

* 자연상태 10일 적재, 완전 건조후 계측.

표 2.2. 국내 시판 육묘상토의 물리성(무토양 상토)

구 분	가비중(g/㎖)	보수량(㎖/ℓ)	공극율(%)	철판-마찰계수	수분(%)
자연상태	0.27	520	87	0.68	21
10일 육묘후	0.35	670	82	0.75	33

* 수분 5% 증가에 따른 마찰계수 증가는 약 0.04였음.

나. 재료 및 방법

1) 실험 재료

실험 재료로는 (주) 신안 정밀의 토실이와, 코크피트, 펴라이트, 고령토, 훈탄, 왕겨등의 5가지 순수 재료를 사용하였다. 각 상토를 혼합한 표준상토는 부피비로서 코코피트 43%, 펴라이트 20%, 훈탄 12.5%, 왕겨분 12.5%, 고령토 12%로 혼합한 것을 사용하였다.

2) 실험방법

가) 상토재료의 환전 건조를 위해 건조기 내에 넣고 105℃에서 24시간 동안 건조 유지시켰고, 실험 시에 꺼내어 사용하였다.

나) 완전 건조상태의 상토재료의 일정량에 대해 흡수성시험을 실시한다. 흡수성은 보수량으로 계산하여 표시하였다.

다) 완전 건조한 재료에 물을 섞어 습량기준 함수율 15%와 30% 수분함량 재료를 만든다.

라) 완전건조, 15% 및 30% 수분함량 재료에 대해 가비중과 통기도 시험을 실시한다.

마) 특정한 재료가 가비중, 통기도 및 보수량 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 표준상토의 특정 재료비율에서 1/2증가 또는 1/2을 감소시켜 시험하였다.

3) 실험식

가) 함수율(수분함량)

$$\text{함수율}(\%) = \frac{\text{물의무게}}{\text{건조재료의무게}} \times 100$$

나) 흡수성

무게를 측정하여 알고 있는 건조 재료를 #50채에 담아 물을 충분히 흡수시킨 후 물 공급을 중단하여 배수를 시키고, 1분 동안에 물방울이 낙하하지 않는 시점에서 무게를 단 다음 다음 식에 의해 흡수성을 측정하였다.

$$흡수비 = \frac{흡수된물의무게(g)}{건조재료의무게(g)}$$

다) 통기도

통기도는 공기를 통과시키는 정도를 비교하기 위하여 일정량의 공기가 일정한 형상을 한 시편을 통과하여 배제될 때 통과한 공기량과 시험편의 높이를 곱한 값에 압력과 시험편의 단면적과 통과시간의 곱을 나누어서 계산한다.

$$K = \frac{Q \times h}{P \times A \times t} \quad (cm^4/g \cdot sec) \qquad (2.1)$$

K : 통기도

Q : 통과공기량(㎤)

h : 시험편 높이(㎝)

P : 공기압력(g/㎠)

A : 시험편 단면적(㎠)

t : 통과시간(s)

통기도 실험에서 공기압력{P=32(g/㎠)}, 통과공기량{Q=1500(㎤)}, 시험편 높이{h=8(㎝)}, 시험편의 단면적{A=26.41(㎠)}을 유지시켜 놓고 통과시간의 변화만 측정하였다.

라) 실험장치

그림 2.2는 통기도 실험을 위해 직접 제작한 장치로서 PVC 파이프(지름50mm×길이200mm)의 중간에 그물 망을 넣어 시편이 공기구멍을 막지 않게 하였다. 파이프의 아래위쪽의 구멍 뚫린 아크릴판을 볼트, 너트로 고정하였는 데 파이프와 아크릴판 사이에는 고무 패킹을 넣어 공기가 외부로 새어 나가지 않게 하였다.

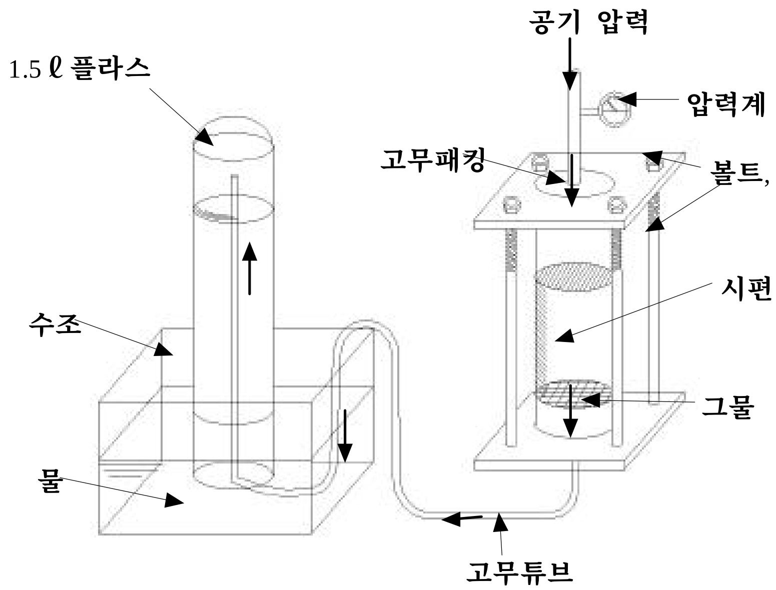


그림 2.2. 통기도 실험장치

위쪽의 구멍으로 공기압 32g/㎠의 공기를 투입하고, 아래쪽의 구멍을 통하여 배출되는 공기를 고무관을 통하여 거꾸로 세워진 물이 가득 찬 1.5ℓ프라스틱 용기로 넣어 공기가 가득 찰 때까지의 시간을 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

표 2.3은 순수재료의 물리적 특성을 시험한 결과를 나타낸 것이다.

흡수성을 나타내는 흡수비는 코코피트가 1.12로 가장 높고 고령토가 0.17로 가장 낮았다. 흡수비는 재료의 공극율과 관계가 가장 높은 것으로 공극율이 높은 재료일수록 높게 나타났다. 가비중은 표 2.1의 전국 조사값과 거의 같은 것으로 나타났다. 흡수비는 표 2.1의 보수량과 같은 비교값의 척도로 볼 수 있으며 전국 조사값과 같은 경향으로 나타났다.

작물의 생육기간 내에서는 상토는 수분을 함유하고 있으므로 공극율이 높은 재료라고 하더라도 통기성이 높다고는 단정할 수 없다. 왜냐하면 공극이 물로 차서 메워

지기 때문이다. 작물의 뿌리에 산소등 공기중의 원소를 보급할 수 있는 정도는 통기성에 관계가 높다고 할 수 있다.

대부분의 재료는 수분이 증가하면 통기도는 떨어지는 것으로 생각할 수 있지만 퍼라이트, 고령토, 훈탄은 수분이 증가하면 통기도도 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 재료에 수분을 공급하면 재료입자 내의 공극이 먼저 채워지고 다음으로 입자와 입자사이에 수분이 응집하여 지며 입자와 입자사이의 물은 어느 정도 이상에서서는 흘러내리게 된다. 따라서 입자가 미세한 재료는 입자간 응집수의 량이 많고, 입자가 큰 재료는 이 응집수의 량이 적게 되지만 입자내 공극이 많은 재료는 응결수량이 많게 되는 원리와 같다.

표 3. 순수재료의 물리적 특성

수　분	상토재료	가비중(g/㎖)	통기도	흡수비
0%	코코피트	0.20	2.367	2.12
	퍼라이트	0.22	1.578	1.19
	고 령 토	0.96	0.747	0.17
	훈　　탄	0.16	1.291	1.7
	왕 겨 분	0.08	2.367	1.67
	표준상토	0.385	1.014	0.86
15%	코코피트	0.24	1.183	
	퍼라이트	0.38	1.775	
	고 령 토	1.14	0.752	
	훈　　탄	0.19	1.578	
	왕 겨 분	0.23	1.775	
	표준상토	0.46	1.542	
30%	코코피트	0.28	0.887	
	퍼라이트	0.59	1.785	
	고 령 토	0.65	0.789	
	훈　　탄	0.27	2.028	
	왕 겨 분	0.41	1.420	
	표준상토	0.55	1.867	

따라서, 화산석이나 식물의 탄화물 등이 어느 정도 입자의 크기를 갖고 있을 때, 공극율, 흡수성 및 통기도가 양호한 재료가 될 수 있다. 훈탄은 수분증가와 더불어

미세입자들은 뭉쳐지게 되고 입자사이의 공극이 커지게 되어 수분증가에 따라 통기성이 증가하는 것으로 추측된다.

그러나 이런 다공성 재료들은 수분의 빠짐 시간이 길이 때문에 건조 시에 빨리 건조되지는 않으므로, 비료성분 등의 지속적 유지력이 크다고 할 수 있다.

따라서 훈탄재료는 보수성과 통기성을 개선시키는 재료로서는 매우 좋은 것으로 생각된다.

표 2.4는 상토를 구성하는 각 재료의 혼합비율을 변화시킬 때의 흡수비와 통기도 변화를 조사한 결과이다.

흡수비와 통기도의 변화를 가장 크게 하는 재료는 코코피트이며, 훈탄의 경우보다 약간 높았다. 이 경향은 수분이 30%로 증가하여도 같은 경향으로 나타났다. 순수재료일 때는 훈탄의 경우 수분 30%에서 통기도가 가장 높았으나 혼합재료에서는 훈탄이 1/2증가하면 오히려 통기도가 떨어지는 것으로 나타났다.

이와 같은 경향은 순수 재료에서는 고른 입자분포를 가지지만 혼합 재료에서는 입자의 분포가 폭넓게 구성되므로 굵은 입자사이의 공극에 미세 입자가 채워져 혼합재료의 통기도는 코코피트 량의 지배를 받게 되는 것으로 나타났다.

따라서 통기도의 조절은 코코피트 량에 의하여야 하며, 흡수성은 훈탄의 량으로 조절하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 훈탄의 량은 부피비로서 최대 13%가 한계인 것으로 생각되지만 작물에 따라서 이들 구성비는 달라져야 할 것으로 판단된다.

표 2.4. 표준상토에서 순수재료의 함량 증감에 따른 혼합상토의 특성

재 료		수 분 0%			수 분 30%	
		가비중	흡수비	통기도	가비중	통기도
퍼라이트	1/2% 증가	0.395	0.774	2.028	0.535	1.578
	1/2% 감소	0.490	0.507	1.775	0.64	1.291
코코피트	1/2% 증가	0.405	0.821	1.092	0.54	1.775
	1/2% 감소	0.480	0.515	1.420	0.66	1.183
훈 탄	1/2% 증가	0.421	0.830	1.775	0.565	1.742
	1/2% 감소	0.442	0.702	1.092	0.565	2.028
왕 겨 분	1/2% 증가	0.383	0.773	0.887	0.485	1.014
	1/2% 감소	0.445	0.772	1.291	0.612	1.775

* 표준 혼합상토의 구성(부피비) : 퍼라이트 20%, 코코피트 43%, 훈탄 12.5%, 왕겨분 12.5%

라. 요약

표준상토와 상토의 순수 재료별, 순수 재료의 배합 비율에 따른 상토의 물리적 특성을 계측과 시험을 통해 조사 분석한 내용을 요약해 보면 다음과 같다.

1) 순수재료의 완전건조 상태에서는 코코피트와 훈탄의 통기성이 동일하였고, 다른 재료보다 좋은 것으로 나타났다. 그러나 수분의 함량이 있으면 통기성이 떨어지는 것으로 나타났다. 반면 훈탄의 경우는 수분 함량이 증가하면 통기도가 좋아졌다. 밀도가 높은 고령토는 수분에 관계없이 통기성이 나쁘게 나타났다.
2) 흡수성은 입자내부 공극이 많은 훈탄이 가장 우수했고, 대부분이 재료의 밀도와 반비례하는 특성을 보였다.
3) 수분 30%의 혼합상토에서 공극율이 큰 코코피트와 훈탄을 각각 1/2씩 혼합량을 증감하였을 때, 코코피트의 경우는 통기도가 약간 증가하였으나 훈탄의 경우는 오히려 통기도가 감소하는 것으로 나타났다.
4) 통기도와 흡수성 조절은 코코피트의 혼합율을 조절하므로서 가능하나, 지속적인 흡수성유지의 조절은 훈탄의 량으로 조절하는 것이 바람직한 것으로 나타났으며 통기도를 떨어뜨리지 않기 위해서는 훈탄을 13% 이하로 혼합해야 하는 것으로 나타났다.
5) 본 연구는 일정한 물리적 특성을 갖는 육묘용 상토의 재료배합비율을 결정하는데 유용한 자료를 제공하였다.

3. 상토의 유동특성

가. 시험상토

육묘용 상토는 부피비로서 코코피트 43%, 퍼라이트 20%, 훈탄 12.5%, 왕겨분 12.5%, 고령토 12% 또는 왕겨분 대신에 질석을 넣고 혼합시 물과 영양액(CDU)을 넣어 조제한다. 제품화된 상토의 습물기준 수분은 30% 내외로 조사되었다.

나. 상토의 유동특성

1). 안식각

재료의 저장, 이송 등의 과정에서 재료의 유동은 안식각과 관계가 깊다. 안식각은 그림 2.3과 같이 재료를 자연상태로 쌓을 때 생기는 각 ϕ이다.

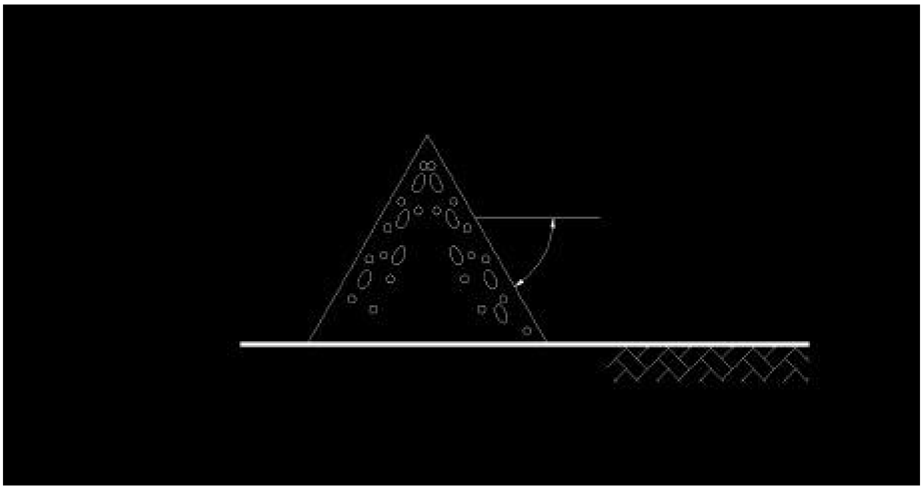


그림 2.3. 재료의 안식각

2) 미끄럼각

상토재료를 경사판 위에 올려놓을 때, 경사판이 수평면과 이루는 각이 일정각도 이상에서는 재료가 전부 미끄러져 내리게 되는되 이 한계각을 미끄럼각으로 정의하였다.

3) 최소배출간격

상토재료를 두 개의 맞댐판 위에 쌓아놓고 맞댐판의 간격을 띠워갈 때 쌓여있는 상토재료는 안식각을 이루며 배출된다. 상토는 점성과 마찰이 있기 때문에 배출간격이 일정거리 이상일 때 배출되게 되는데 이 간격을 최소배출간격으로 정의하였다.

4) 유동특성 관계식

그림 2.4에서 안식각(Angle of repose)을 ϕ, 경사면 설정각을 θ, 재료사이의 저항계수(응집 + 마찰)를 γ로 하면, 미소입자 dm의 무게 W에 대한 경사면을 향한 힘 P 와 경사면에 수직인 힘 Q 및 마찰력 F 의 관계식은 다음과 같다.

$$P = W\sin\theta,\quad Q = W\cos\theta,\quad F = \gamma Q \quad \text{......(2.2)}$$

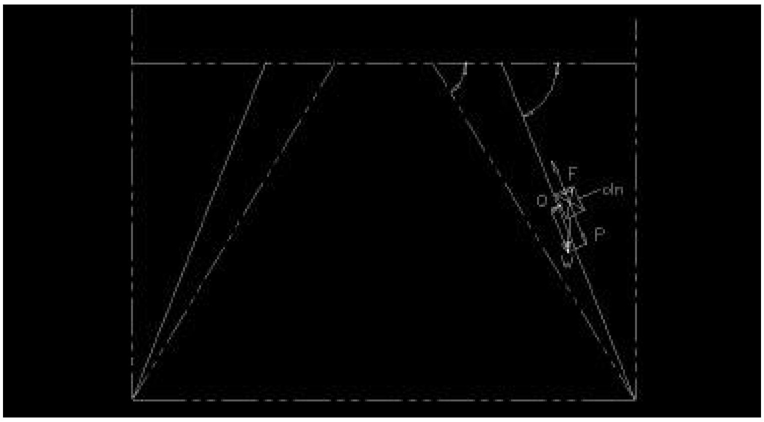


그림 2.4. 물질유동 해석

입자 dm이 미끄러져 내려오는 경우

$$P > F, \quad W\sin\theta > \gamma W\cos\theta \qquad \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta > \gamma \quad \text{.............................} (2.3)$$

입자 dm이 스스로 미끄러져 내려오는 한계각은 안식각과 같으므로 $\tan\theta = \gamma$, $\theta = \phi$ 로 되고

$$\tan\phi = \gamma, \qquad \phi = \tan^{-1}\gamma \quad \text{...} (2.4)$$

로 된다. 시험 상토의 안식각은 40.2 ° 이므로 저항계수(γ)는 0.845로 계산된다.

5) 저장호퍼 내의 상토유동 해석

상토충전기와 복토기는 혼합된 상토의 일시저장이 필요하며 작업시는 저장호퍼 하단의 배출구로 일정량의 상토를 배출하여 트레이에 충전과 복토를 수행한다. 이때 호퍼의 측경사면의 각도와 배출구의 크기는 상토가 호퍼내에 잔류하지 않고 전부 배출될 수 있게 하여야한다.

그림 2.5에서 호퍼내의 미소덩어리 dm이 낙하되는 것은, $x = 0$이후 x까지는 dm이 자체의 결집력에 의해 붙어 있다가 x되는 지점에서 수직 단면 dy면에서 낙하하려고 한다면 dy면에서의 결집력이 dm의 자중 G보다 작을 때 낙하된다고 가정한다.

표 2.5. 상토 및 원자재의 유동특성

재 료		표준상토	고령토	훈탄	왕겨	코코피트	파라이트
비 중 (g/cm^3)		0.55	0.65	0.27	0.41	0.14	0.3
안식각 (ϕ°)		40.2	37.1	37.2	32.9	38.4	22.1
미끄럼각	베니어	37.3	39.0	41.4	42.8	41.6	31.2
	스 텐	33.8	30.2	32.0	34.4	38.9	26.5
최소배출간격, cm		5.0	3.7	5.4	3.4	5.3	0.6

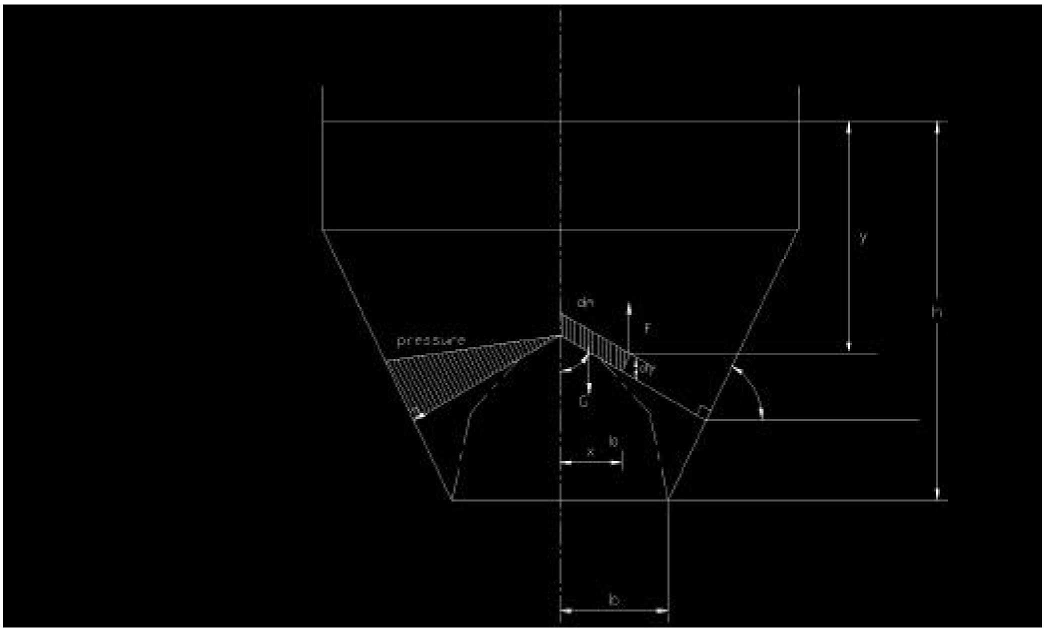


그림 2.5. 호퍼내의 상토유동

상토내의 압력은 호퍼의 경사면에 직각방향으로 작용하며 dy면에서의 압력은 y에 비중을 곱한 값이 경사면에 직각분력으로 작용한다. 이러한 압력은 상토의 자중에 의한 압밀과 관계된다고 가정한다.

열려있는 호퍼밑면의 폭이 b이면 그 상부에 일점쇄선모양의 공동부가 예상된다.

dm의 단위폭에 대하여 다음의 관계식이 정립된다.

$$G = \rho\, x\, dy \qquad \text{......} (2.5)$$

결집력 F는 dy면에 작용하는 힘(압력×면적)에 저항계수(γ)를 곱하여

$$F = \gamma \cdot y \cdot \rho \cdot dy \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta \qquad \text{......} (2.6)$$

로 되며, 수직한 dy면과 각도 τ로 이루어 지는 즉, 절단각을 이루는 면에서 힘의 평형은 G = cos τ 、 F 인 때이므로

$$\rho \cdot x \cdot dy = \gamma \cdot y \cdot \rho \cdot dy \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta \cdot \cos\tau \qquad \text{......} (2.7)$$

로 된다. 임계점까지의 거리 x는

$$x = \gamma \cdot y \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta \cdot \cos\tau \qquad \text{......} (2.8)$$

로 된다.

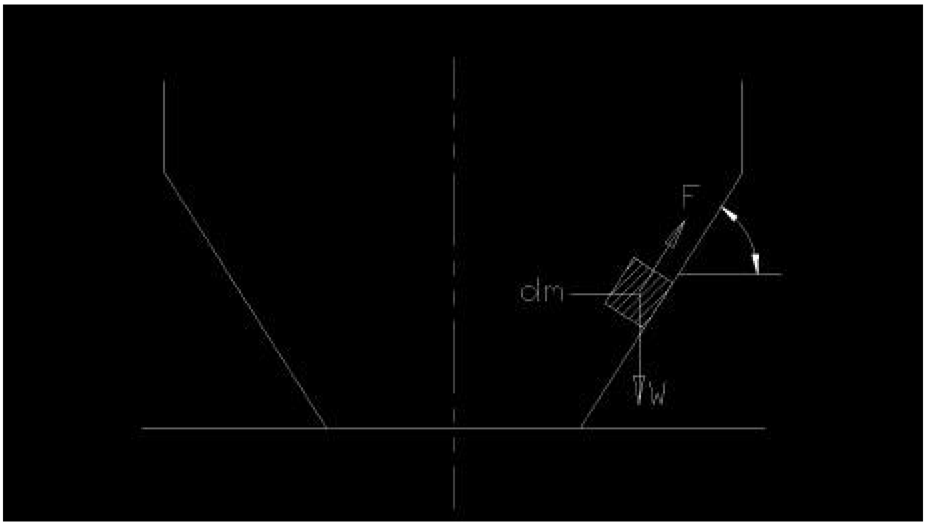


그림 2.6. 저장호퍼 경사면의 각도와 상토 낙하

상토가 낙하되어 호퍼를 관통하는 공동부가 생기는 배출구 폭이 b이고 상토의 채움높이가 h일 때 cos ㄷ= $h/(2\sqrt{h^2+b^2})$이고, x = b/2 이므로

$$b = \frac{\lambda \cdot h^2 \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta}{\sqrt{h^2 + b^2}} \quad \cdots\cdots (2.9)$$

로 된다. 따라서 호퍼의 구조와 유동은 다음과 같은 결과로 귀착된다.

① (1)식에서 β = 90° 이면 b= 0인 것으로 되지만 재료의 다짐에 의한 응집력 때문에 b는 최소한 간격(실험값 5.5cm)을 유지하여야 한다.

② β < φ 이면 β = φ 로 하여 계산한다.

③ 재료가 쌓임이 없는 호퍼의 사면 경사각 β는 φ < β ≶ tan-1γ 로서 설계가능하지만 압밀에 의해 막히는 경우가 예상되므로 계산값보다 크게하든지 호퍼에 진동충격을 가하여야 한다.

6) 호퍼내의 상토배출 시험

표 2.6는 호퍼 경사각과 상토 적재높이가 변화함에 따라 상토가 완전히 배출되는 배출구 폭을 나타낸 것이다. 이론치는 식 (2.9)에 의해 계산한 것이고, 실험치는 표준상토를 골고루 섞어 부드럽게 한 후 배출구 폭을 일정하게 한 호퍼내에 넣고 밑면을 열어서 상토가 완전히 배출될 때의 값이다. 배출되지 않을 시는 폭을 넓히고 반복시험을 수행하였다.

표 2.6. 호퍼 경사각과 상토 적재높이에 따른 배출구 폭

단위 : cm

경사각 (°)	높이, h					
	1 m		2 m		3 m	
	이론치	시험치	이론치	시험치	이론치	시험치
30	39	41	78	76	117	-
40.2	39	37	78	74	117	-
60	35	32	69	63	104	-
75	21	24	41	45	62	-

호퍼 경사각이 작을 때는 실험치가 이론치보다 작은 값을, 경사각이 75° 이상 클 때는 실험치가 이론치보다 3-4cm 큰 값을 보였다. 이것은 경사각이 큰 경우 일수록 상토배출속도가 빠르게 작용하여 경사판으로부터 밀리는 압력이 증가하고 경사판과

상토의 마찰저항도 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

다. 요 약

국내의 시중상토와 비슷한 물리적 성질을 갖는 시험용 표준상토의 유동특성 시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 표준상토의 안식각 ϕ는 40.2°, 상토와 베니어판의 미끄럼각은 43° 및 재료의 전단저항계수 γ는 0.845 로 나타났다.
2) 경사각이 β인 상토 저장호퍼내에 상토를 h 높이로 적재하였을 때, 상토가 호퍼 하단의 배출구로 완전히 배출가능한 배출구의 폭 b는 다음의 관계식으로 유도 되었다.

$$b = \frac{\lambda \cdot h^2 \cdot \cos\beta \cdot \sin\beta}{\sqrt{h^2 + b^2}}$$

3) 호퍼의 경사각과 상토 적재높이에 따른 배출폭을 시험한 결과 이론적 계산 값과 거의 일치하였으나 호퍼 경사각이 75° 보다 큰 경우는 이론적으로 계산한 배출폭보다 5cm 정도 큰 배출폭이 필요하였다.
4) 이와 같은 결과는 상토의 유동을 취급하는 기계의 설계제작에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

4. 상토의 기계작업 특성시험

가. 서언

공정육묘장의 파종시스템은 상토의 조제, 트레이에 충전, 파종구 형성(지압), 파종, 복토 및 관수작업을 수행하는 기계들로 구성된다. 이들 기계들은 상토재료의 파쇄혼합, 수평수직이송 및 저장 작업들을 수행하고 있는 경우가 많다. 육묘용 상토와 그 재료들에 대한 기계작업특성은 연구 발표된 자료가 거의 찾아볼 수 없다.

파종시스템외 국산화에 있어서 이들 기계들의 적합용량, 소요동력 및 최적구조에 대한 기초연구자료는 기계와 장치의 최적 설계와 제작에 매우 필요한 것이다.

여기서는 파종장치 설계제작에 필요한 각 기계의 상토작업 특성을 시험 분석을 통해 규명하고자 시도하였다.

나. 상토 혼합기

1) 재료 및 방법

상토 혼합기는 선행연구(6, 14)에서 거의 작업특성시험과 분석이 이루어졌기 때문에 여기서는 그 결과만 요약하고 농가용 파종장치 구성시의 상토충전기 설계제작 자료로 활용하였다.

2) 결과 및 고찰

입자형 재료의 혼합에는 상부투입 하부 배출의 연속혼합방식으로 충돌핀 방식과 터빈로타리 방식이 있고, 배치타입으로 1축 및 2축 로타리날 방식 및 드럼형 텀블링 배럴 방식의 것이 산업적으로 이용되고 있다.

육묘용 상토의 파쇄 혼합에는 1축 또는 2축 로타리날 방식을 지금가지 이용하고 있었는데 로타리날의 선회에 의한 상토의 이송과 반전이 원활하지 못하다. 이것은 파쇄기능에 비중을 높게 두었기 때문인데 로타리날의 부착은 선회축상에 나선배열을 하여 선회시 상토의 이송과 반전을 꾀하고 있다. 폭이 좁은 로타리날의 반전능력은 작기 때문에 혼합능력은 부족한 것이 결점이다. 이의 결점을 보완하기 위하여 나선형으로 배열된 로타리날의 중간부와 끝단에 3-6cm폭의 띠판을 1/4간격으로 부착하여 상토의 혼합능력을 대폭 향상시킨 스크류밴드-로타리날 방식의 혼합기가 만들어졌다.

표 2.7은 배치타입 혼합기들의 특성을 비교한 것이다.

로타리날 방식은 소요동력이 높고 상토의 완전 혼합시간이 20분 이상으로 길며, 상토의 미소입자화가 발생하는 특성을 가진 것으로 조사되었다. 반면에 스크류밴드 방식은 본래의 상토입자를 그대로 유지하면서 완전 혼합시간이 2분으로 로타리 방식보다 10배나 빠르고 소용동력도 20%정도 절약되는 것으로 나타났다.

이상에서 상토 혼합기는 상토의 파쇄가 목적이면 로타리날 방식을, 빠른 혼합을 목적으로 하면 스크류밴드 방식을 선택하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

로타리날 방식과 스크류밴드 방식의 상토 1000ℓ 혼합시의 소용동력, 혼합시간 및 축회전수 는 각각 3.7㎾ 와 3㎾, 20분과 2분 및 30rpm동일로 나타났다.

표 2.7. 상토혼합기의 특성비교

종　　류	혼합용량 (ℓ)	소요동력 (㎾)	축회전수 (rpm)	혼합시간 (분)	비　　고
1축 로타리	500	2.2	30	30	상토의 미소입자 파쇄가 있음
2축 로타리	1000	3.7	30	20	〃
스크류밴드	1000	3	30	2	상업용 상토에 적합 (미소파쇄 없음)

3) 요약

상토혼합기의 작업특성은 선행연구자료를 분석하여 기계의 설계제작에 필요한 자료를 취득하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가) 종래의 상토혼합기는 1축 또는 2축 로타리날 방식을 이용하였는데, 회전축에 나선상으로 배열한 폭이 좁은 날을 반전능력이 부족하여 파쇄기능은 우수한 반면 혼합기능이 떨어지는 것으로 나타났다.

나) 스크류밴드 방식은 나선형으로 배열된 로타리날의 중간과 끝에 5cm폭의 띠판을 1/4원주 간격으로 부착하여 반전 능력을 대폭 향상시킨 빠른 상토혼합이 이루어 지는 것으로 분석되었다.

다) 현재의 육묘용 상토는 작물이 최적 생육에 필요로 하는 재료를 적당한 크기로 파쇄한 것을 이용하기 때문에 상토 혼합기의 파쇄기능은 거의 불필요한 것으로 판단된다.

라) 로타리날 방식과 스크류밴드 방식의 상토혼합 성능을 비교한 결과, 상토 100 ℓ혼합시의 소요동력, 혼합시간 및 축회전수는 각각 3.7㎾, 20분과 2분 및 20rpm 동일로 나타났다.

다. 스크류 컨베이어

상토조제설비 중 스크류 컨베이어의 이송에 대한 역학적 수식을 정리하고 현장실험을 통해 자료를 분석하여 소요동력 및 이송량 등의 설계자료를 취득하고자 하였다.

1) 재료 및 방법

스크류컨베이어는 상토재료를 수평 및 임의경사각으로 이송하는 것으로 본 연구에서는 오픈관 방식의 수평이송장치를 이용하였다.

가) 시험장치

표 .2.8은 실험장치로 구성한 스크류 컨베이어의 제원이며 그림 2.7은 장치의 구조

도이다.

표 2.8. 시험장치 제원

<table>
<tr><td rowspan="2">구분
종류</td><td colspan="2">전 장(cm)</td><td rowspan="2">스크류
직 경
(cm)</td><td rowspan="2">축직경
(cm)</td><td rowspan="2">피치
(cm)</td><td colspan="3">전 동 기</td></tr>
<tr><td>각상토</td><td>혼합</td><td>정격
출력</td><td>효율
(%)</td><td>회전수
(rpm)</td></tr>
<tr><td>장 치1</td><td>446</td><td>283</td><td>19.3</td><td>6.2</td><td>17.5</td><td rowspan="2">0.75kW
1Hp</td><td rowspan="2">73</td><td rowspan="2">120</td></tr>
<tr><td>장 치2</td><td colspan="2">100</td><td>14.4</td><td>4.9</td><td>14.9</td></tr>
</table>

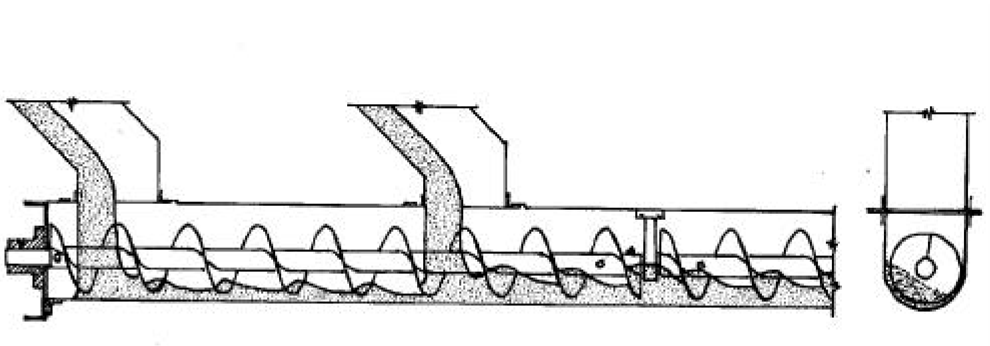


그림 2.7. 시험용 스크류 컨베이어의 구조

나) 시험용 상토

시험용으로 제조한 상토는 표 2.9와 같다.

시험용 상토는 2종류로 하였으며, 혼합재료1은 상품용인 표준혼합비이며, 혼합재료2는 이송저항이 클 것으로 예상되는 재료들로서 구성한 것이다. 시험은 상토를 구성하는 순수재료 자체와 혼합상토를 모두 시험하였다.

다) 시험 방법

(1) 상토 원자재별 이송 성능 실험

- 단면 통과율 100%로 스크류 컨베이어를 작동시켜 각 상토 원자재의 이송 성 능 측정

(2) 혼합 재료의 이송 성능 실험

표 2.9. 시험용 상토

상 토 명	비 중	혼합재료1 비 율 (%)	혼합재료2 비 율 (%)
퍼 라 이 트	0.204	20	50
고 령 토	0.691	12	25
코 코 피 트	0.203	43	-
훈 탄	0.129	12.5	25
왕 겨	0.118	12.5	-

- 단면 통과율 50, 75, 100%로 스크류 컨베이어를 작동시켜 각 혼합재료의 이 송성능 측정

(3) 데이터 측정

- 동력 측정 : 디지탈 전압계(±0.01V), 전류계(±0.01A)로 상토 원자재, 혼합재료의 전압, 전류를 측정
- 이송량 측정

: 스크류 컨베이어를 작동시켜 후 1분간의 통과부피 측정(10ℓ,20ℓ,50ℓ들이단위용기로 부피 측정)

(4) 실험 자료 분석에 필요한 수식

* 이송동력(PS) = 전류(A) × 전압(V) ....(2.10)

(1PS = 735.5W)

* 실소요동력(PS) = 이송동력 - 공회전 소요동력 ....(2.11)

* 소요동력계수(K) = $\frac{\text{실소요동력} \times 8100}{C \times L}$ ....(2.12)

C : 컨베이어 용량(㎥/hr)

L : 컨베이어 길이(m)

* 이론 이송량(㎥/min)

$$= \frac{\pi}{400} \times (D^2 - d^2)PNS \qquad (2.13)$$

D : 스크류 직경(m)

d : 축 직경(m)

P : 스크류 피치(m)

N : 회전수(rpm)

S : 단면 통과율(%)

$$* \ \text{이송손실계수}(\phi) = \frac{\text{실제이송량}(m^3/min)}{\text{이론이송량}(m^3/min)} \quad \cdots\cdots (2.14)$$

2) 결과 및 고찰

가) 순수재료의 이송특성

표 2.10은 순수재료에 대하여 축회전수 변화에 따른 소요전류와 전압을 나타낸 것이다.

이 시험은 각 재료가 스크류 직경과 높이로 적재되어 이송되는 즉, 단면 통과율 100%일 때의 데이터이다.

상토의 비중이 높고 마찰계수가 큰 재료일수록 전류가 상승하고 축회전수가 감소하는 것으로 나타났다.

표 2.11은 순수재료별 각 장치의 이송특성을 나타낸 것으로 단면 통과율 100일 때이다.

스크류 컨베이어의 성능을 나타내는 소요동력계수와 이송효율계수는 장치2보다 장치1이 높게 나타났다. 특히 소요동력계수는 동일재료에서 2.7 9.4배로 장치1이 장치2보다 높게 나타났다. 비중이 높고 입자가 작은 재료가 더 높은 소요동력계수를 보이고 있다. 장치1은 장치2보다 공회전수가 1/13정도로 느린 것으로 전반적으로 이송속도가 빨라야 소요동력이 적게 되는 것으로 판단된다.

장치2는 가시적으로 판단해서 무리 없이 상토재료가 이송되는 축회전수를 잡은 것이며 장치1은 저속의 이송속도를 위해 축회전수를 1/13배로 감소시킨 것인데 장치2는 고령토를 제외하고 비중이 낮은 퍼라이트와 코코피트가 이송효율계수가 1부근이므로 이들에 대하여는 적합한 이송속도를 선정하였다고 판단된다. 고령토는 이송효율계수가 0.49로 낮지만 소요동력계수가 높으므로 이 이송속도는 알맞다고 판단된다. 실제 이송량을 늘리기 위해서는 축의 회전속도를 빠르게 하는 것 보다 축경은 키우고 알맞은 피치를 선정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

이상에서 상토를 구성하는 순수재료의 이송효율은 1.0정도로 하는 것이 동력효율면에서 유리하며, 이때의 축회전수는 110rpm정도로 고정하고 실제이송량의 결정은 스크류의 외경과 피치를 관련수식으로 계산하면 적합한 것으로 판단된다.

표 2.10. 단면 통과율100%시의 소요동력

구분 / 종류	장치1(감속비10:1+15:1)			장치2(감속비15:1)		
	전 류 (A)	전 압 (V)	회전수 (rpm)	전 류 (A)	전 압 (V)	회전수 (rpm)
공 회 전	1.480	250	9	1.93	215	117.6
고 령 토	1.655	359	7	2.25	219	109.2
퍼라이트	1.535	378.5	8.6	2.04	218	111.6
코코피트	1.520	276.3	8.3	1.97	217	114

표 2.11. 순수 상토재료의 이송특성

구분 / 종류		일 (W)	실소요 동력(PS)	소요 동력 계수(K)	이 론 이송량 (m^3/min)	실 제 이송량 (m^3/min)	이송 효율 계수(φ)
장치1	고 령 토	594	0.305	352.4	0.0262	0.0145	0.55
	퍼라이트	581	0.287	219.9	0.0395	0.0430	1.09
	코코피트	420	0.068	27.1	0.0760	0.0860	1.13
장치2	고 령 토	493	0.107	61.7	0.2343	0.1140	0.49
	퍼라이트	445	0.041	23.5	0.2395	0.2304	0.96
	코코피트	428	0.018	10.3	0.2446	0.2560	1.05

나) 혼합상토의 이송특성

표 2.12와 2.13은 혼합상토1(표준상토)의 단면 통과율별 스크류 컨베이어의 이송특성을 나타낸 것이다.

단면 통과율이 증가함에 까라 소요동력이 증가하지만 효율을 나타내는 이송효율계수와 소용동력계수도 증가하므로 단면 통과율을 100%로 유지하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

단면 통과율 100%일 때 장치1이 장치2 보다 소요동력계수와 이송효율계수가 높은 것으로 나타났다. 축의 회전수가 낮은 장치1이 이송효율계수가 거의 1인 때 소요동력계수로도 큰 값을 나타내는 것으로 나타났다.

그러나 순수재료의 경우는 장치간 차이(회전수 차이)에 따른 소요동력계수와 이송

표 2.12. 표준상토의 단면 통과율별 스크류 컨베이어 소요동력 시험치

구분 / 단면 통과율	장 치 1			장 치 2		
	전류 (A)	전압 (v)	회전수 (rpm)	전류 (A)	전압 (v)	회전수 (rpm)
공 회 전	1.56	428	87	1.99	220	112.8
50%	1.62	432	87	2.02	221	111.6
75%	1.70	438	87	2.04	221	110.4
100%	1.98	444	85	2.08	221	108

표 2.13. 표준상토 단면 통과율별 스크류 컨베이어 이송특성

구분 / 단면 통과율		일 (W)	실소요 동 력 (PS)	소요 동력 계수(K)	이 론 이송량 (m^3/min)	실 제 이송량 (m^3/min)	이송 효율 계수(φ)
장치 1	50%	699.8	0.044	10.42	0.20	0.18	0.90
	75%	744.6	0.105	16.70	0.30	0.28	0.94
	100%	879	0.287	35.10	0.39	0.38	0.97
장치 2	50%	446.4	0.012	13.5	0.120	0.162	1.35
	75%	450.8	0.018	13.7	0.178	0.172	0.97
	100%	459.7	0.030	17.46	0.232	0.193	0.83

표 2.14. 혼합상토의 단면 통과율별 스크류 컨베이어 소요동력 시험치

구분 / 단면 통과율	장 치 1			장 치 2		
	전류 (A)	전압 (V)	회전수 (rpm)	전류 (A)	전압 (V)	회전수 (rpm)
공회전	1.560	428.0	87	1.99	220	113
50%	1.710	421.2	86	2.11	221	109
75%	1.730	421.7	86	2.13	221	108
100%	1.765	422.2	86	2.14	221	108

효율계수의 변동폭이 크지만 혼합재료일 경우는 변동폭이 작은 것으로 나타났다.

이것은 이송마찰을 줄이는 재료로서 비중이 낮고, 마찰 손실이 작은 재료의 혼합에 의해 실소요동력이 급격하게 떨어지는 현상 때문인 것으로 사료된다.

표 2.14와 2.15는 혼합상토2의 단면 통과율별 이송특성을 나타낸 것이다.

표 2.15. 혼합상토의 단면 통과율별 스크류 컨베이어 이송특성

단면 통과율 \ 구분		일 (W)	실소요 동력(PS)	소요 동력 계수(K)	이론 이송량 (m^3/min)	실제 이송량 (m^3/min)	이송 효율 계수(ϕ)
장치 1	50%	720.2	0.072	17.44	0.197	0.188	0.95
	75%	729.5	0.084	13.54	0.296	0.290	0.98
	100%	745.2	0.105	12.65	0.396	0.390	0.99
장치 2	50%	466.3	0.039	45.0	0.117	0.190	1.62
	75%	470.7	0.045	34.9	0.174	0.192	1.10
	100%	472.9	0.048	27.9	0.232	0.193	0.83

혼합상토2는 비중과 마찰계수가 높은 고령토가 25%, 중간정도의 특성인 펴라이트가 50%, 비중이 낮고 마찰계수가 매우 낮은 훈탄이 25%로 혼합된 것인데 예상외로 소요동력계수가 낮은 값을 나타내었다. 이것은 비중이 낮고 마찰계수가 낮은 재료의 혼합이 어느 일정량이상이면 순수재료일 때 보다 마찰저항이 대폭 감소함을 의미한다.

이상의 결과 고찰에서 스크류 컨베이어에 의한 상토의 이송은 이송속도를 어느 한계점 속도까지 빠르게 해야 소요동력이 낮아지며, 비중이 높고 마찰력이 높은 재료는 소요동력이 높고 이송효율이 낮으나 그 반대의 재료를 일정량 혼합하면 소요동력이 대폭 줄어드는 것으로 나타났다. 따라서 육묘용 상토의 경우 이송효율을 1.0, 축회전수를 110정도 할 때, 소요동력 면에서 가장 좋은 것으로 나타났고, 그때의 소요동력계수는 15로 하여 실제 이송량, 소요동력 및 스크류 컨베이어의 제원을 계산하여 적합한 설계제작이 가능할 것으로 판단된다.

3) 요 약

육묘용 상토재료의 수평이송장치로서 스크류 컨베이어 장치를 구성하고 각 상토원자재 및 혼합재료(표준상토)의 이송특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 이송특성을 나타내는 특성값은 다음의 수식으로 계산하였다.

(가) 소요동력은 입자가 작고 비중이 높은 재료일수록 소요동력이 높은 것으로 나

타났다.

(나) 소요동력계수는 스크류의 모양과 재료의 종류에 따라 차이는 있지만 축회전수가 증가함에 따라 감소하다가 일정 회전수 이상에서는 증가하는 것으로 나타났다.

(다) 순수재료의 이송효율은 1.0으로 하는 것이 동력효율면에서 유리하며, 이 때의 축회전수는 110rpm으로 하여 이송 스크류의 적합한 사양을 결정하는 것이 좋은 것으로 판단된다.

(라) 고령토와 같은 높은 이송저항을 갖는 재료는 비중이 낮고 마찰저항이 작은 재료와 일정비율로 혼합하면 이송저항을 80%정도 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

(마) 육묘용 혼합상토(표준상토)의 수평이송을 위한 스크류컨베이어의 최적 설계조건은 이송효율 1.0, 축회전수 110rpm 및 소요동력계수 15로 하는 것이 성능과 효율면에서 가장 바람직한 것으로 판단되었다.

라. 버킷엘리베이터

버킷엘리베이터는 상토를 가장 효과적으로 수직 이송할 수 있는 장치이다. 이장치는 주로 곡물의 수직 이송장치로 사용되고 있으며, 최근 상토 자동제조 공장 등에서 상토의 수직이송 장치로도 이용되고 있다. 곡물과는 달리 단위립의 질량이 작고 거친 상토의 수직이송에는 곡물을 취급할 때보다는 제약요인이 많을 것으로 추측되나 아직까지 이에 대한 최적설계 자료가 없는 실정이다.

1) 재료 및 방법

가) 실험장치

상토제조공장에서 실제 이용되고 있는 버킷 엘리베이터를 이용하였다. 이것의 제원은 표 2.16과 같고, 구조는 그림 2.8과 같다.

나) 시험재료

시험재료는 표 2.17과 같은 우리나라 시판 상토의 원자재(순수재료)와 이들을 적당비율로 혼합한 혼합재료를 이용하였다. 혼합재료는 부피비로서 코코피트 43%, 퍼라이트 20%, 훈탄 12.5%, 왕겨분 12.5%, 괴령토12% 및 CDU를 놓고 물과 혼합한 것이다.

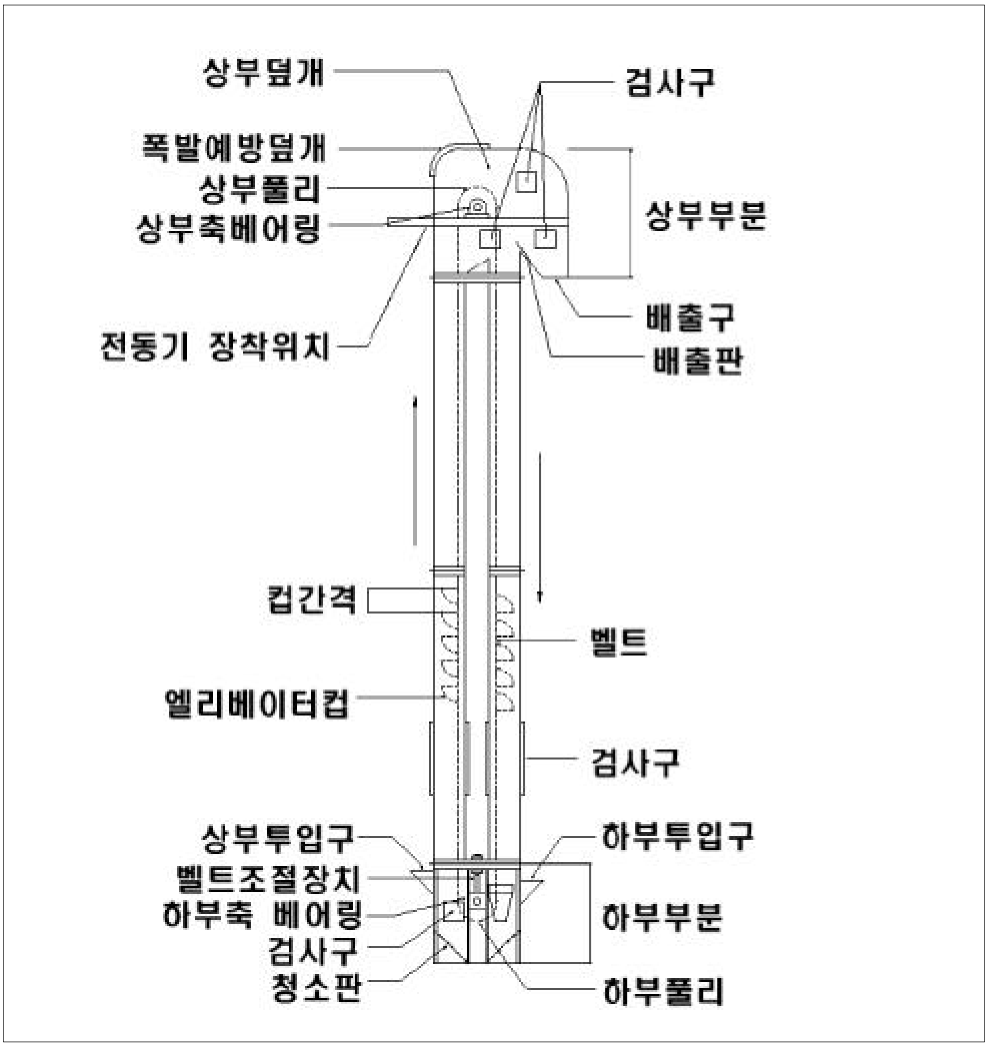


그림 2.8. 버킷엘리베이터의 구조

각 재료와 혼합재료는 신안정밀의 상토공장의 제조라인 가동시에 취출한 것을 그대로 이용하였다. 순수재료의 수분은 코코피트가 가장 많고, 퍼라이트가 가장 적었다. 적재각은 재료의 안식각과 같은 것으로서 그림 2.9와 같이 버킷에 자연스럽게 정적으로 적재시 발생하는 재료의 경사각이다. 혼합재료의 비중은 순수재료의 평균

비중보다 약간 높았는데 입자의 크기가 다른 재료들의 혼합에 의한 공극발생이 적기 때문인 것으로 판단된다.

표 2.16. 버킷 엘리베이터의 제원

구 분	제 원
형 식	원심식, 벨트식, 연속식
버 킷 총 갯 수	31 [개]
1m 당 버 킷 갯 수	3.4 [개/m]
버 킷 1 개 당 용 량	2.37 [l](0.00237[m3]
버 킷 간 격	0.29 [m]
실 이 송 높 이	4.185 [m]
벨 트 전 길 이	9 [m]
풀 리 직 경	0.2 [m]
공 회 전 수	123 [rpm]
공 회 전 동 력	699.6 [W]
벨 트 선 속 도	77.3 [m/min]

표 2.17. 버킷엘리베이터 이송시험에 사용된 상토재료

재 료	비 중	수분(%,wb)	적 재 각	비 고
고 령 토	0.691	20.79	37.1 °	
퍼 라 이 트	0.204	2.39	22.0 °	
코 코 피 트	0.203	69.44	38.4 °	
훈 탄	0.129	51.34	37.2 °	
왕 겨 분	0.118	8.64	32.9 °	
혼 합 재 료	0.422	51.17	40.2 °	양액35ℓ/1000

다) 시험방법

(1) 시료(재료)를 출구를 닫아 높은 투입호퍼에 담고, 전원을 넣어 구동축의 공회전속도, 구동모터에 걸리는 전류와 전압을 측정한다.

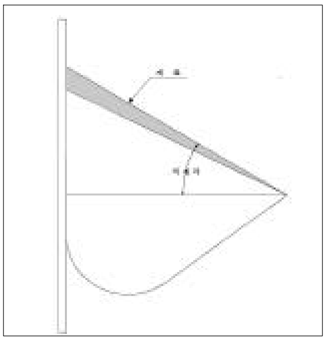


그림 2.9. 버킷의 적재각

⑵ 호퍼의 출구를 모두 열어 구동축 속도, 구동모터의 전류, 전압을 측정한다. 이때 상토투입은 연속적으로 이루어지도록 하였으며 가동후 호퍼상의 상토가 2/3정도 줄었을 때까지 엘리베이터 상부측 출구로부터 이송된 상토를 드럼통에 받는다. 가동을 중지시킴과 동시에 전체 가동시간을 스톱워치로 측정한다.

⑶ 3회 이상 반복시험을 하고, 이상발생 시험구는 자료취득에서 제외한다.

⑷ 관련 수식을 이용해 측정값들을 특성치로 계산한다.

⑸ 계산식

(가) 이론이송량(W_{th})

계산에 의한 이송량으로 버킷이 분당 몇 l를 이송할수 있는지를 나타내는 데 풀리 직경(D), 회전수(N), 버킷 1m 당 개수(z), 버킷 1개당 체적(V)을 이용하여 계산한다. 이때, 적재각을 이용한 적재 부피를 고려해야 하지만 실제 버킷이 벨트에 약 20 30° 정도의 기울기로 장착되어 있고 각 재료별 적재각(그림 2)이 22.0 40.2° 사이로 그 기울기와 재료의 적재각과 차이가 작아 적재각을 무시하고 계산하였다.

$$W_{th} = \pi \cdot D \cdot N \cdot z \cdot V \quad \text{.......} (2.15)$$

여기서, W_{th} : 이론 이송량 $[l/\min]$
D : 풀리 직경 $[m]$

N : 회전수 [rpm]
z : 버킷 1m 당 갯수 [개/m]
V : 버킷 1개당 체적 [l/개]

(나) 이송효율(η_W)

실제 측정한 이송량(W)과 이론 이송량(Wth)과의 관계는 아래 식과 같다.

$$\eta_W = \frac{W}{W_{th}} \qquad (2.16)$$

여기서, W : 실제 이송량

(다) 슬립율(S)

벨트와 풀리의 미끄러지는 비율로 무부하 속도(ω_0)와 실제 측정 속도(ω)와의 차를 무부하 속도로 나눈 값을 말하며 속도 효율이다.

$$S = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \qquad (2.17)$$

여기서, ω : 실제 측정 속도($m/\min$)
ω_0 : 무부화 속도($m/\min$)

(라) 이론 소요 축동력(H_{th})

이론상 소요되는 축동력으로써 회전수(N), 풀리직경(D), 1m당 버킷 개수(z), 비중(γ), 실제 이송 높이(h)와 버킷 1개당 체적(V)을 이용하여 축동력을 계산하였다.

$$H_{th} = \frac{1000 \cdot \pi N D z \gamma h V}{60 \cdot 102} \qquad (2.18)$$

여기서, H_{th} : 이론 소요 동력 $[W]$
γ : 비중 $[kg/m^3]$
h : 실제 이송 높이 $[m]$

(마) 소요 축동력 (H_S)

실제 소요되는 축동력으로써 재료를 운반할 때의 동력(H)과 무부하 상태의 동력(H_0)의 차이를 나타낸다.

$$H_S = H - H_0 \qquad (2.19)$$

여기서, H : 실제 측정동력 $[W]$

(바) 축 손실계수(ϕ)

소요 축 동력(H_S)과 이론 소요 축동력(H_{th})의 비를 나타내는 것으로 아래 식과 같

이 나타난다.

$$\phi = \frac{H_S}{H_{th}} = \frac{H - H_0}{H_{th}} \quad \cdots\cdots \quad (2.20)$$

2) 결과 및 고찰

가) 재료별 이송 시험 결과

(1) 이송량

실제 이송량을 측정하고 식 (2.15), (2.16)을 이용하여 이론 이송량과 이송효율을 계산결과 아래(표 2.17)와 같이 나타났다. 이 표에서 알 수 있는 바와 같이 실제 제품으로 출시되고 있는 혼합 재료를 표준으로 잡았을 때 실 이송량이 297(l), 이론 이송량이 582.24(l)로 나타났는데 이송 효율은 51.01%로 나타났다. 그리고 고령토는 최소의 이송효율을 나타내고 있어 이송 효율면에서 혼합 재료에 비해 성능이 떨어지는 것을 알 수 있으며, 반면에 코코피트인 경우는 최대의 이송효율을 나타내고 있기 때문에 이송효율면에서 매우 유리하다는 것을 알 수 있다.

표 2.17. 이송량과 이송효율

구 분	실 이 송 량(l)	이론이송량(l)	이송효율(%)
고 령 토	**260**	**561.99**	**46.26**
파 라 트	446	597.43	74.65
코 코 피 트	**465**	**607.56**	**76.54**
혼 합 재 료	297	582.24	51.01

(2) 이송속도

무부하 속도와 측정된 속도로 식(2.17)을 이용하여 계산하면 아래 (표 2.18)와 같이 나타났다. 혼합 재료를 표준으로 하였을 때 이송속도 72.3(m/min), 슬립율 0.0647을 나타내었다. 코코피트는 최대의 속도와 최소의 슬립율을 나타내었는데 반해 고령토는 최소의 속도와 최대의 슬립율을 나타내어 혼합 재료에 비해 속도 효율 면에서도 불리한 것을 알 수 있다.

표 2.18. 이송 속도 부하 속도 : 77.3 [m/min]

구 분	측 정 속 도(m/min)	슬 립 율
고 령 토	69.7	0.0983
퍼 라 이 트	74.1	0.0414
코 코 피 트	75.4	0.0246
혼 합 재 료	72.3	0.0647

(3) 소요동력

식 (2.18), (2.19)를 이용하여 이론 소요 축동력을 계산한 후 식(2.20)을 이용하여 동력 손실계수를 계산결과 아래(표 2.19)와 같이 나타났다. 마찬가지로 혼합 재료를 표준으로 하였을 때 실제 동력은 820(W), 소요 축동력은 120.4(W), 이론 소요 축 동력은 163.06(W)이였으며 축 손실계수는 0.7384를 나타내었다. 코코피트는 실제 동력 및 소요 축동력과 축 손실계수는 최소로 나타났지만 이론 소요 축 동력은 퍼라이트 보다 약간 크게 나타났다. 이에 비해 고령토의 경우는 실제 동력 및 소요 축동력, 이론 소요 축동력, 축 손실계수가 가장 크게 나타나 다른 것과 마찬가지로 동력과 축 손실 면에서 다른 재료 보다 불리하다는 것을 알 수 있다.

표 2.19. 소요 동력 및 손실 계수 무부하 동력 : 699.6 [W]

구 분	실제 동력	소요 축동력	이론 소요 축동력	축 손실계수
고 령 토	1006.1	306.5	257.71	1.1893
파 라 트	767.2	67.6	80.48	0.8400
코 코 피 트	753.2	53.6	82.25	0.6517
혼 합 재 료	820.0	120.4	163.06	0.7384

나) 상토재료의 물리성과 이송성능

(1) 비중과 이송효율의 관계

그림 2.10은 비중과 이송 효율의 관계를 나타낸 그래프로써 비중이 증가하면 이송 효율이 감소하였다. 비중이 0.206(파라트)에서 0.422(혼합재료)의 구간에서는 감소하는 경향이 두드러지게 나타나고 0.203에서 0.204, 0.422에서 0.691구간에서는 감소하는 기울기가 완만하게 나타나고 있다. 그리고 비중 0.422 이상의 비중인 재료를 이

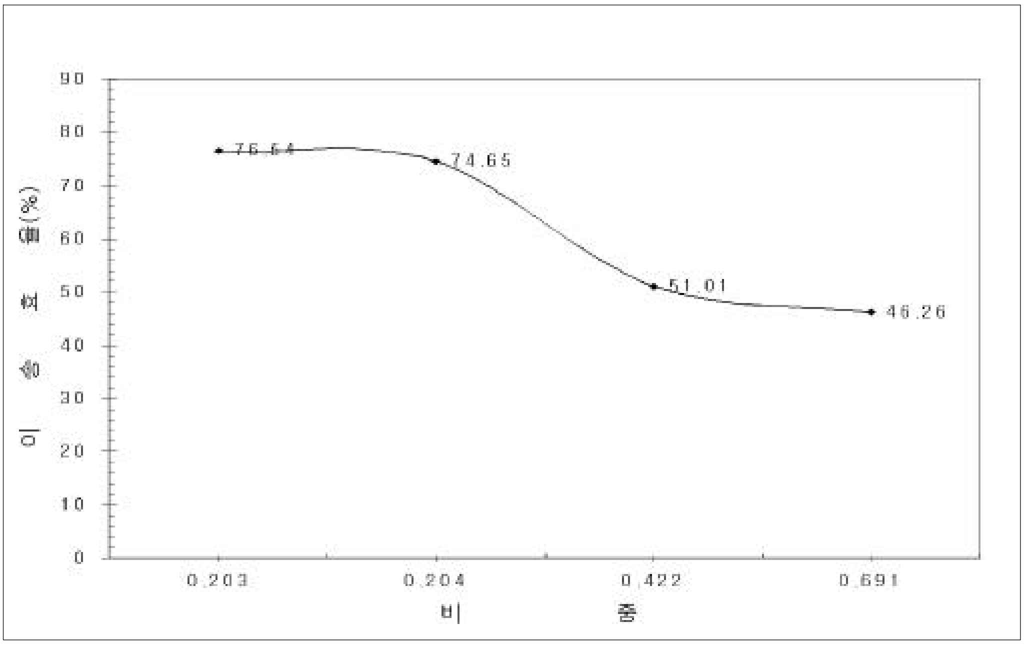


그림 2.10. **비중과 이송효율과의 관계**

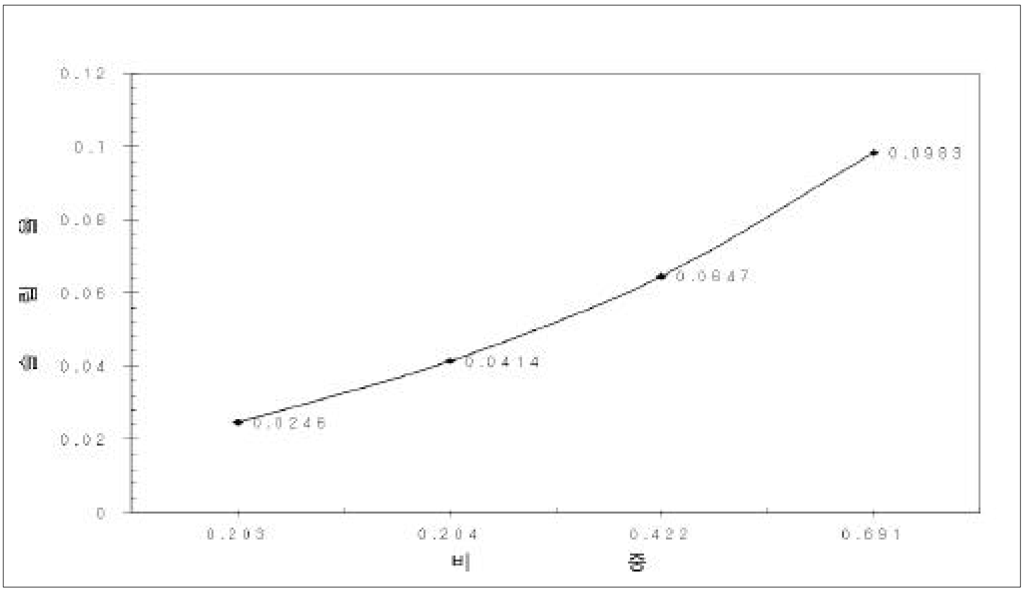


그림 2.11. **비중과 슬립율과의 관계**

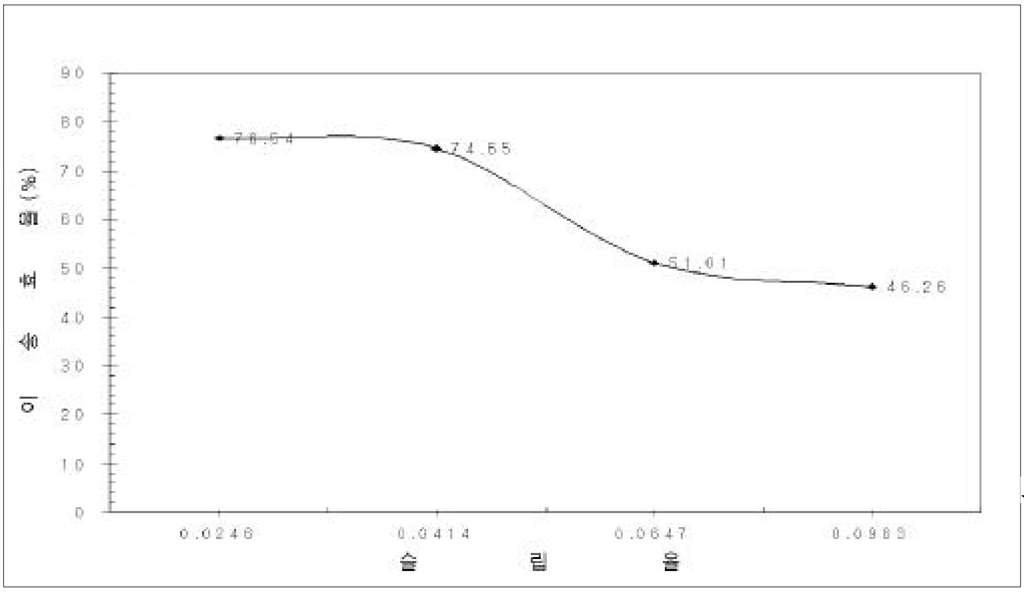
송할 경우 버킷 엘리베이터의 이송 효율 면에서는 50% 이하로 매우 불리하다는 것을 알 수 있다.

(2) 비중과 슬립율의 관계

그림 2.11은 비중과 슬립율를 비교한 그래프로써 비중이 증가함에 따라 슬립율도 거의 비례적으로 증가함을 알 수 있다. 비중이 큰 재료일수록 버킷 엘리베이터의 속도 효율면에서 떨어지는 것을 알 수 있다.

(3) 슬립율과 이송효율 관계

그림 2.12는 이송효율과 슬립율을 비교한 그래프로써 비중과 이송효율의 관계그래프와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 슬립율이 0.0414(비중이 0.204)에서 0.0647(비중이 0.422) 구간에서는 이송효율이 급격히 감소하고 있으며, 0.0647 이상 구간에서는 50% 이하의 이송 효율을 나타내고 있다.



그

그림 2.12. 이송효율과 슬립율과의 관계

(4) 비중과 축손실 계수와의 관계

그림 2.13은 축 손실계수와 비중을 비교한 것으로 전반적으로 비중의 증가에 따라 축 손실 계수도 증가하였다. 단 비중이 0.204 0.422 구간에서는 감소를 하고 있는 것으로 나타났다.

그림 2.13. 비중과 축손실계수 의 관계

(5) 이송 효율과 축 손실 계수의 관계

그림 2.14는 이송효율과 축 손실 계수의 관계를 나타내는 그래프로써 슬립율과 이송효율의 관계와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 축 손실 계수가 0.7384 0.84 구간에서 감소하는 경향이 두드러지게 나타나고 있으며, 그외 구간에서는 완만한 감소 곡선을 그리고 있다. 여기서 나타나듯이 축 손실 계수가 0.7384(혼합재료) 이상의 경우 51.01% 이하의 낮은 이송효율을 나타나는데 축 손실계수가 그 이상일 경우에는 효율이 매우 나쁘게 되어 이송효율면에서 불리하다는 것을 알 수 있다.

그림 2.14. 이송효율과 축손실계수 의 관계

3) 요약

버킷엘리베이터에 의한 육묘용 상토(표준상토)의 수직이송시험을 실시하고 성능을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가) 상토재료의 비중이 변동함에 따라 버킷엘리베이터의 이송효율은 최소 46.26에서 최대 76.54%를 나타내었으며 표준혼합상토는 51.01%를 나타내었다. 상토재료의 소요축동력손실계수는 최소 0.6517에서 최대 1.1893를, 표준 혼합상토는 0.7384를 나타내었으며 슬립율은 최소 0.0246에서 최대 0.0983, 표준 혼합시 0.0647을 나타내었다.

나) 슬립율과 비중은 거의 비례 관계를 나타내고 있으며 이 두 조건과 동력 손실계수에 따라 이송효율의 차이를 보였다. 따라서 비중이 큰 재료일 경우, 슬립율과 동력 손실계수에 영향을 미치게 되어 이송효율이 낮아지는 것으로 나타났다.

다) 육묘용 상토재료의 경우 축손실계수가 0.75이상인 때는 이송효율이 50% 이하

로 낮아지게 되므로 최적의 이송효율과 축손실계수는 75%와 0.7로 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

라) 버킷엘리베이터의 성능분석을 통해 이송량, 소요동력 등을 추정할 수 있는 수식을 정립함으로써 육묘용 파종장치등의 설계에 필요한 자료를 획득하였다.

마. 스크레이퍼 컨베이어

1) 상토-철판 마찰계수 측정

가) 실험장치 및 방법

그림 2.15는 마찰계수 측정을 위한 실험 장치이다.

VS모터로 구동되는 평판형 벨트 컨베이어 위에 잘 딱은 철판(3t)을 올려놓고 그

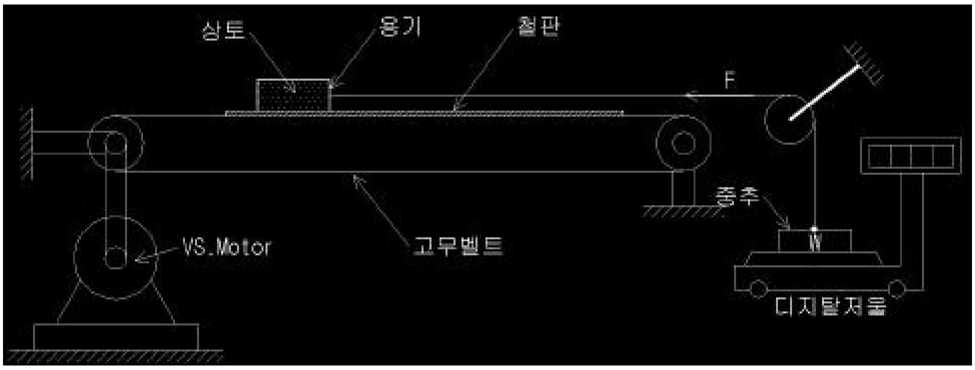


그림 2.15. 상토-철판 마찰계수 측정장치

위에 밑면이 없는 사각용기 (내용적 200×200×150, 무게 106g)를 올려놓았다. 사각용기는 로프로 연결하여 디지털 저울(10㎏,±0.1g)의 중추에 연결시키고 VS모터 가동시 상토 용기의 당기는 힘 F가 중추(W,5㎏)의 무게를 감소시키는 원리로서 상토-철판의 마찰계수를 구하였다. 힘 F는 중추무게-저울지시 값으로 다음과 같이 마찰계수에 관여된다.

$$F = B_1 \cdot W_b + B_2 \cdot W_s \quad \text{.......} (2.21)$$

B_1 : 용기의 마찰계수

W_b : 용기의 무게

B_2 : 상토- 철판의 마찰계수

W_s : 상토의 무게

상토는 표준상토를 이용하였고 벨트속도는 0.1㎧ 전후로 실제 상토충전기에 많이 이용되는 속도 부근으로 설정하였다.

상토를 채우지 않은 빈 용기의 견인력을 측정하고, 일정무게의 상토를 용기에 채우고 견인력을 측정하였다. 각 측정은 10회 이상 반복하여 평균하였다.

나) 측정결과

(1) 용기(철- 철판)의 마찰계수

표 2.20은 용기만 견인하였을 때의 측정값을 정리 한 것이다.

표 2.20. 철재용기 - 철판의 마찰계수

견인속도 (㎧)	용기무게 (g)	견인력 (g)	마찰계수
0.0523	106	61	0.573
0.0842	106	52	0.494
0.0931	106	56	0.524
0.1251	106	57	0.536
평 균			0.532

견인속도에 따라서 마찰계수의 편차가 발생하였으나 진동 등의 영향과 읽음 오차가 발생하기 때문이며 평균 마찰계수는 0.532로 나타났다.

(2) 상토 - 철판의 마찰계수

상토- 철판의 마찰계수는 평균 0.445로 나타나 철재 마찰계수 보다 약간 낮은 값을 나타내었다.

표 2.21. 상토 - 철판의 마찰계수

견인속도 (㎧)	상토무게 (g)	견인력 (g) (전체 견인력 - 용기견인력)	마찰계수
0.0523	1952	945	0.484
0.0842	2072	821	0.396
0.0931	2071	955	0.461
0.1251	2054	898	0.437
평 균			0.445

2) 스크레이 퍼 컨베이어의 이송효율 및 소요동력

가) 재료 및 방법

(1) 시험 장치

그림 2.16는 실험에 이용한 스크레이퍼 컨베이어 방식 상토충전기이다.

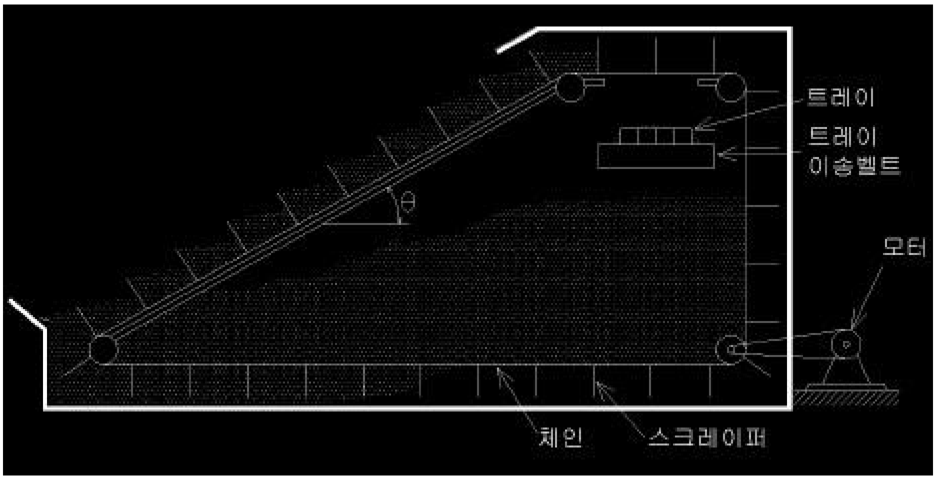


그림 2.16. 스크레이퍼 컨베이어 방식 상토충전기

이 상토충전기는 선행연구과제 수행시 개발한 것으로 스크레이퍼의 수송각(θ)은 45° 이고 스크레이퍼는 50㎜ 높이에 길이 300㎜, 두께 3㎜의 앵글을 No. 80번 더블 피치 체인에 붙인 것이다. 날과 날 사이 간격 203.2㎜이었다. 상부경사 스크레이퍼 길이는 2,200㎜, 하부 스크레이퍼 총 길이(1500+800)는 2,300㎜, 상부 수평스크레이프 800㎜, 높이 1,600㎜이었다. 사용모터는 감속기(15:1)부착 1Hp이고 스크레이퍼 이송

선 속도는 0.1㎧이었다.

(2)시험 방법

(가) 이송효율(yd)

이론적 이송량에 대한 실제의 이송량에 대한 백분율로서 다음 수식으로 나타내었다.

$$y_d = \frac{\text{실이송량}}{\text{스크레이퍼 높이}\times\text{폭}\times\text{이송속도}} = \frac{\text{실제 이송량}}{\text{이론 이송량}}$$

$$= \frac{Q_r}{\text{스크레이퍼 단면적}(A_s)\times\text{이송속도}(V_d)}$$

$A_s =$ 스크레이퍼 단면적 $=$ 높이 $\times$ 폭 (m^2)이고

V_d : 이송속도$(m/\min)$

Q_r : 실이송량$(m^3/\min)$

본 실험장치의 $A_s = 0.05\times0.3 = 0.15m^2$ 이고 $V_d = 0.1\times60 = 6m/\min$ 이므로 이론 이송량 $= 0.9m^3/\min$ 이었다. 실 이송량 측정 시험은 충전기를 가동하여 안정속도에서 트레이 투입구 쪽에 사각용기를 놓았다 1분간 채취한 상토의 부피를 10회 반복 측정하였다.

(나) 소요동력

소요동력은 모터 공회전 상토를 운반하지 않을 때 및 상토운반시의 전력을 측정하였다. 모터의 공회전 소요 동력은 약 5W로 나타났다.

나) 시험 결과

(1) 이송효율

이송효율은 74 86%까지 다양하게 나타났으나 평균 83%정도였다. 스크레이퍼 피치가 20㎝인 경우가 상토의 안식각 영향을 받지 않고 초기 채움 높이가 스크레이퍼 높이보다 높게 채워서 상승하다가 상부에서 양측 면에 40° 가량의 안식각에 의한 경사가 발생하였다. 스크레이퍼 간격이 넓어지면 안식각의 영향 때문에 이송효율이 낮아질 것으로 생각된다. 선행연구에서 이 간격은 20㎝ 정도가 적당한 것으로 시험되었기 때문에 여기서도 같은 결과가 얻어진 것으로 사료된다.

만약에 각θ가 수직으로 가까워질수록, 상토의 수분이 작을수록 이송효율이 떨어질 것으로 예상된다. 따라서 이송효율을 최대로 할 수 있는 각θ는 상토의 안식각이

한계로 생각되며 표준상토에서는 θ는 50° 까지가 한계인 것으로 추측된다. 만약 θ를 이 이상의 각도로 할 경우 덮개를 씌워서 상토의 흘러내림을 방지하여야 할 것으로 사료된다.

(2) 소요동력

공회전 소요동력은 이론적으로 철-철판의 마찰계수와 스크레이퍼 이송부의 수직무게에 이송속도를 관련시켜 구할 수 있다. 이와 같은 이론소요동력은 수직력 작용부길이(3.1m)에 단위 m당 무게(8.4㎏), 마찰계수 (0.532), 이송속도(0.1㎧)를 감안하면,

$$\text{수평 공회전 동력} = 3.1 \times 8.4 \times 0.532 \times 0.1 = 1.385 \quad (Kg\ m/s)$$

$$\text{경사부 공회전 동력} = 0.1(2.2 \times 8.4 \times COS45^\circ$$
$$+ 2.2 \times 8.4 \times SIN45^\circ \times 0.532) = 2.001(Kg\ m/s)$$

로서 공회전 동력 = 3.387 (㎏m/s) = 33.2 (W)이 되고 상토의 이송동력은 하부 스크레이퍼 평균 상토높이 50㎝ 일 때 하중은 상토 최대 비중(0.55)×부피(0.50×0.3×3.0)으로 190㎏이며 경사부 상토하중은 상토비중(0.55×5×220×30)으로 18.5㎏으로 이의 이송마찰력×속도가 이론 소요동력이 된다. 따라서

$$\text{상토의 하부 이송동력} = \frac{190 \times 0.532 \times 0.1}{0.102} = 99.1[W]$$

$$\text{상토의 경사 이송동력} = \frac{(18.15 \times COS45^\circ + 18.15 \times SIN45^\circ \times 0.532) \times 0.1}{0.102} = 19.3[W]$$

따라서 모터 공회전 동력을 감안한 총 이론 소요동력은 152W로서 실제 소요동력 342W의 45%정도였다. 이것은 기계의 손실동력으로 안전율 2배에 해당된다.

상토의 이송량의 측면에서 소요동력을 고려해보면 단위시간당 상토의 이송량에 대한 상토의 실제이송에 소비된 동력을 실소요동력으로 가정할 수 있다. 본 실험에서 순수 상토이송량은 750ℓ/min로서 1ℓ/min당 약 0.5[W]이며, 일반적 상토충전기 사양이 비슷한 경우 상토이송량을 기준으로 소요동력을 산정 하여도 좋을 것으로 판단된다. 이와 같은 결정기준은 동력효율로 정의 할 수 있고, 이 동력효율은 이송

경사각, 이송구조에 따라 차이가 있겠지만 어떠한 스크레이퍼 이송장치의 동력효율은 비슷한 값으로 취하여도 무방할 것으로 사료된다.

3)요약

상토충전기의 상부이송장치로 이용되는 스크레이퍼 컨베이어의 최적설계에 필요한 상토 이송시의 마찰 저항과 이송효율 및 이송동력을 정확하게 산출할 수 있도록 시험장치를 구성하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가) 상토-철판의 마찰계수는 0.445로 나타나 철재간 마찰계수 0.532보다 약간 낮은 값을 나타내었다.

나) 경사 45° 이송용 스프레이퍼 컨베이어의 이송효율(실제이송량/이론이송량)은 83%로 나타났다.

다) 경사각이 수직에 가까울수록 이송효율은 떨어지지만 상토의 안식각까지는 이송효율의 변화가 없으며 안식각보다 클 경우 이송효율을 높이기 위해서는 컨베이어의 상부덮개를 하여야 하는 것으로 판단된다.

라) 지상으로부터 1m 1.5m 사이에서 트레이에 상토를 충전하는 스크레이퍼 컨베이어의 실소요동력은 상토이송량 1 ℓ/min당 0.5[W]로 나타났다.

5. 진공노즐식 파종기의 파종특성

가. 서언

Plug 묘의 파종에는 종자를 1립씩 파종하는 것이 중요하다. 모종은 1주씩 분리되어 이식되므로 공정육묘에는 셀 성형묘를 육묘하게 된다. 그러므로 2립 이상 파종시에는 솎음 작업이 필요하다. 1립씩 파종할 때는 파종율이 높아야 보식 작업의 노력이 적게 들어간다.

1립씩 파종하면서 파종율을 높일 수 있는 가장 효과적인 파종기는 주사기 바늘을 노즐로 사용하는 노즐식 파종기 이다. 이 노즐식 파종기는 주사기 바늘의 끝을 평면으로 가공하여 바늘 구멍내에 흡입 공기압을 발생시켜 종자를 바늘 끝에 1립씩 부착시켜 트레이 셀에 옮겨서 흡입압을 제거시킴으로서 종자를 셀의 중앙에 낙하시켜 파종한다. 또한 종자의 1립 부착을 돕기 위해 진동판을 사용한다. 국내외의 공정육묘장에는 이 파종기가 도입되어 이용되고 있지만 종자별 최고의 파종율을 나타내는 작업조건이 명확하게 알려져 있지 않다.

본 연구에서는 종자의 종류별로 노즐식 파종기의 종자 진동압(진동폭), 흡입압력 및 노즐경의 변화에 따른 파종율 변화를 조사하여, 최대 파종율을 나타내는 최적의 파종조건을 규명하였다.

나. 재료 및 방법

1) 공시 파종기

공시 파종기는 박등(6,13)이 연구 개발하여 (주)대동기전이 상품화한 것으로 다음과 같은 규격의 파종기이다.

① 크기(mm) : 1500 (L) × 500(D) × 850(H)

② 구동장치

- 노즐 이동운동 : 공기 실린더
- 노즐 팁 : L주사기 바늘 가공 (ϕ0.45, 0.55, 0.65)
- 종자받이 : L형 진동판

③ 트레이

- 규 격(mm) : 600(L) × 280(D) × 38(H)
- 공 수 : 8열 16행, 128공

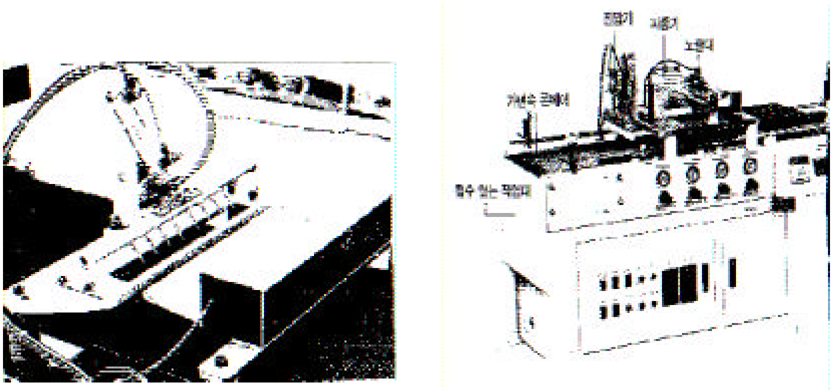


사진 2.1. 공시 파종기(진공 노즐식)

2) 시험종자

시험용 종자는 형태상으로 기준이 될 수 있는 고추(납작형), 오이(타원형)와 무(구형)를 사용하였고 특성은 표 2.22와 같다.

표 2.22. 시험 종자의 외형 특성

성 질	종 자		
	고 추	오 이	무
모 양	납작형	타원형	구형
천립중(g)	6.5	29.4	19.7
직경(mm)	3.6	장직경:8.1 단직경:3.4	3.4
두께(mm)	0.9	1.78	-

3) 시험방법

파종기의 노즐대에 임의 바늘 경을 가지는 노즐을 설치한 후 바늘과 종자판 사이의 간격, 흡입 압력, 진동압력 및 트레이 이송속도를 변수로 파종작업을 실시하여 파종율을 조사하였다. 진동압력은 진동계 가압호스 중간부에 압력계를, 흡입압력은

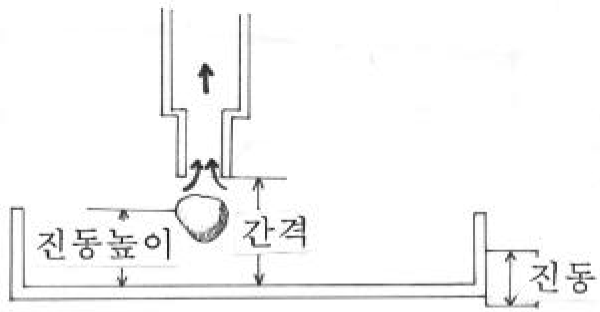


그림 2.17. 파종기 노즐 위치와 진동판

노즐대에 연결한 호스의 중간부에 진공압계를 설치하여 측정하였고, 각각 압력 조절계를 부착하여 압력을 조정하였다. 특성을 나타내는 용어의 특성값은 다음과 같이 정의하였다.

① 파종율(%) = (1립 파종공수 / 전체 공수) × 100

② 바늘직경 = 내경(mm)

③ 이송속도(cm/sec) = 5개 트레이 나열길이 / 통과 시간

다. 결과 및 고찰

1) 종자판 진공과 종자의 진동 높이

종자판에 적합량의 종자를 넣고, 진동계에 압력을 가하여 종자판을 진동시킬 때 종자의 진동높이는 표 2.23과 같이 나타났다.

진동 높이는 진동압력이 증가할수록 증가하였다. 그러나, 종자의 질량과는 무관하였는데 이는 종자의 진동저항은 부피와 모양에 관계되는 것으로 일관화된 관계는 찾기 어려운 것으로 생각된다. 종자판에 종자를 넣으면 종자의 적재 높이가 있어야 하고 노즐팁이 종자판과 떨어져 팁의 손상을 방지하기 위해서는 종자판과 노즐팁 사이의 간격은 7 10mm정도 유지하여야 하기 때문에 진동압은 0.6×kg/㎠정도가 적합한 것으로 판단된다. 파종기 a마다 원리가 다르기 때문에 종자의 진동 높이는 일률적일 수는 없으나 5 7mm가 적합할 것으로 판단된다.

표 2.23. 종자 판의 진동높이 단위 : mm

종 자	진동압(kg/㎠)			
	0.4	0.5	0.6	0.7
무	0	2	3.5	5
오이	0	3	5	7
고추	0	2	5	10

2) 파종율

파종율에 관계되는 파종작업조건이 너무 많기 때문에 분석된 자료는 종자의 진동 높이 5mm부근, 트레이 이송속도 2.4cm/sec로 최대의 파종율을 나타내는 조건으로

고정하였다.

가) 고추의 파종율

그림 2.18은 각 시험 조건에 따른 고추의 파종율을 나타낸 것이다. 진동압력은 0.6㎏/㎠으로 고정하였는데, 이 압력에서 종자의 진동높이가 4 7mm(평균5)로 되어 노즐팁이 종자를 흡착하기 가장 적합 하였기 때문이다.

전반적으로 흡입압력이 증가하면 파종율은 증가하지만 일정압력 이상으로 증가하면 더 이상 파종율의 증가를 나타내지 않았다. 따라서 흡입압력이 종자의 낙하를 방지할 수 있는 임계압력 이상으로 압력을 증가시키는 것은 무의미한 것으로 판단된다.

바늘 직경이 커질수록 파종율이 떨어지는 것으로 나타났다. 이것은 고추가 두께 0.9mm 인 납작원 형으로서 바늘경이 크면 바늘팁과 종자의 밀착상태에서 틈새가 생겨 종자의 흡착이 어렵게 되는 것이 원인인 것으로 판단된다.

종자판과 노즐팁 사이의 간격은 흡입압력이 높아지면 커도 되지만, 최적의 바늘직경 0.45mm를 기준 하면 간격은 5.5mm에서 최대의 파종율을 나타내었다. 이것은 종자의 평균진동높이와 거의 일치하는 것으로 나타났다.

따라서 노즐팁과 종자사이의 간격은 0 0.5mm에서 종자흡착이 가장 좋고 압력에너지도 적게 소비될 것이 예상된다.

바늘직경 0.45mm일 때 흡입압력이 0.4㎏/㎠에서 파종율은 97%로 최댓값, 그 이상의 압력에서는 파종율이 1 7%정도 낮은 값을 보였다.

이것은 압력이 증가할 때 2립 이상의 파종구가 발생하며, 파종율 계산은 1립 파종구만으로 한정한 때문으로 생각된다. 1립 이상 파종된 파종율은 압력 0.4㎏/㎠이상에서는 평균 98%로 나타났다.

나) 오이의 파종율

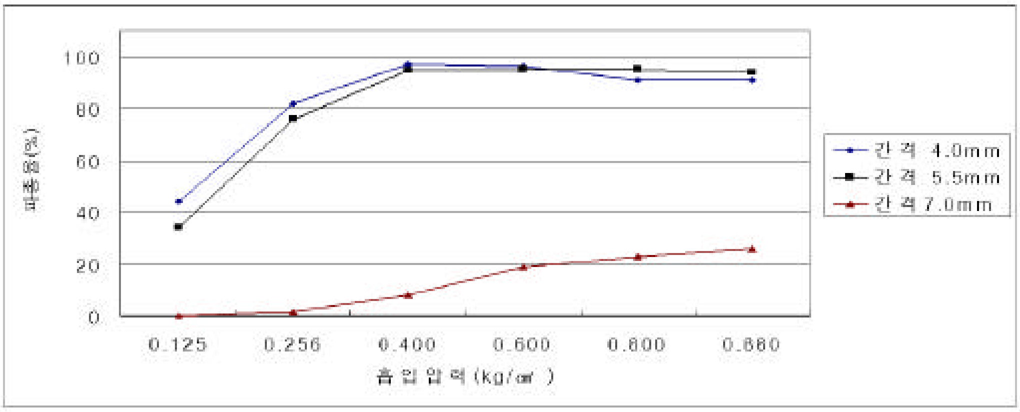
그림 2.19는 각 작업 조건에서 오이종자의 파종율을 나타낸 것이다. 각 작업조건에서 파종의 변화는 고추와 같은 경향을 나타내었다. 진동압력 0.6㎏/㎠에서 고정하여 종자의 진동높이를 5mm로 할 때 종자판과 노즐팁사이의 간격은 5.5mm로 하는 것이 적합함을 보였다. 바늘직경은 0.65mm일 때 최대의 파종율을 나타내었는데 고추인 경우(0.45mm)보다 큰 직경이었다. 오이는 모서리 부분이 예리하여, 면적이 넓은 옆면 바늘 팁에 흡착하는 현상은 나타내며, 1립의 중량이 고추보다 4.5배나 무거우므로 흡입압력이 높고 바늘경이 클 때 파종율이 높은 것으로 나타났다.

최대의 파종율은 바늘경 0.65mm에서 흡입압력이 0.6kg/㎠이상일 때, 95%로 나타났다. 이 값은 고추 97%보다 낮은 값인데 간혹 종자의 모서리 부가 흡착되어 노즐 이동 중에 종자가 낙하하는 현상 때문으로 생각된다.

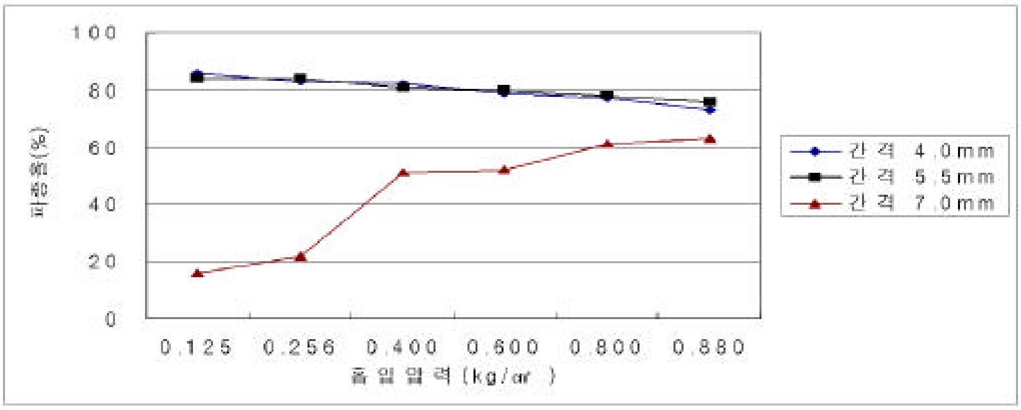
다) 무의 파종율

그림 2.20은 무종자의 파종율을 각 작업조건 변화에 따라 나타낸 것이다. 고정된 조건은 종자의 진동 높이 5mm일 때의 진동압 0.7kg/㎠이다.

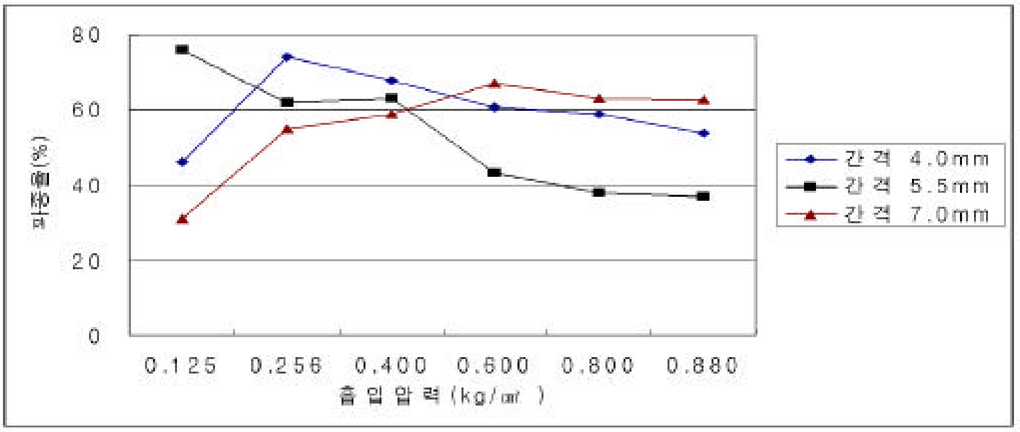
파종율변화는 고추와 오이 종자 파종시와 동일한 경향을 보였다. 최대의 파종율은 바늘직경 0.55mm 흡입압력 0.3kg/㎠ 0.6kg/㎠일 때 100%로 나타났다. 압력 0.6kg/㎠이상인 때는 2립 이상 파종되는 것으로 사실상 파종율은 100%이었다.



a) 바늘직경 0.45mm



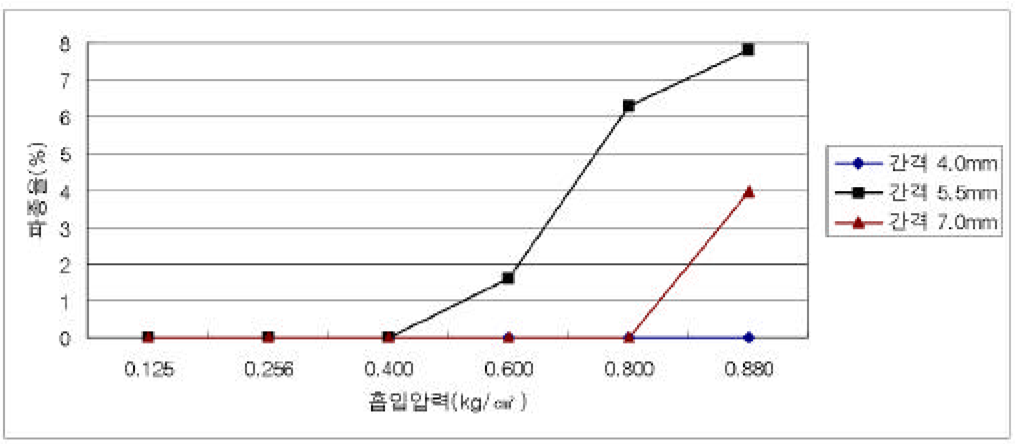
b) 바늘직경 0.55mm



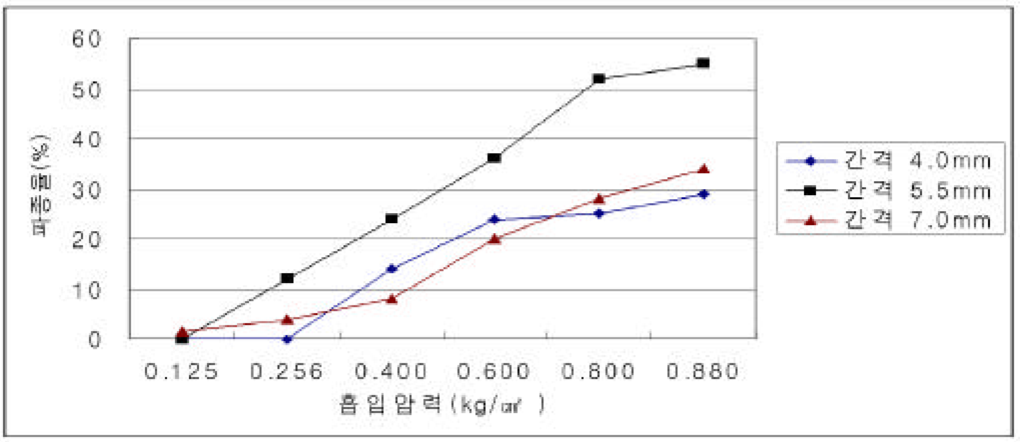
c) **바늘직경** 0.65mm

그림 2.18. **고추종자의 파종율**

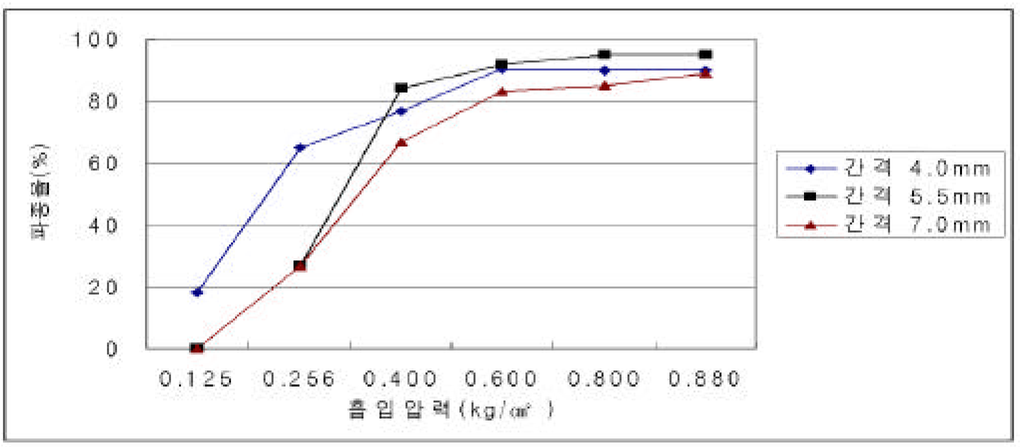
무는 종자가 구형이기 때문에 바늘경이 커져도 바늘팁과의 흡착시 밀봉이 잘되기 때문에 바늘경이 커져도 바늘팁과의 흡착시 밀봉이 잘 되기 때문에 비교적 바늘경의 변화에 의한 파종율의 변동이 적게 나타난다.



a) **바늘직경** 0.45mm

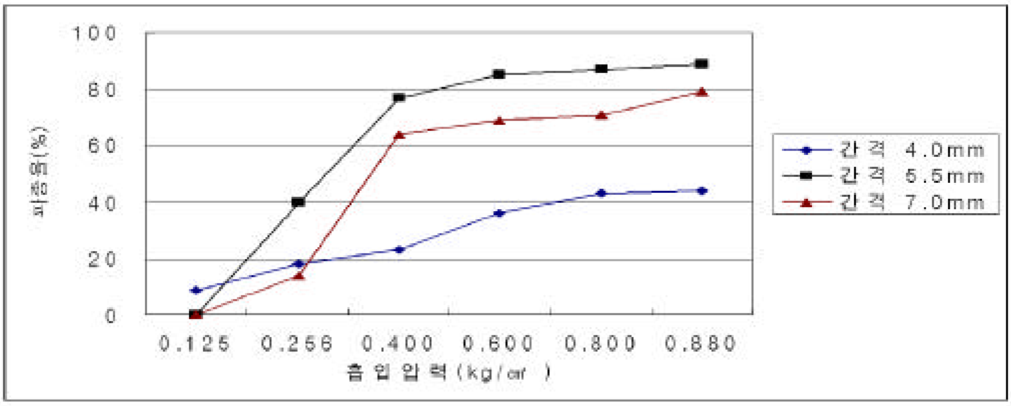


b) **바늘직경** 0.55mm

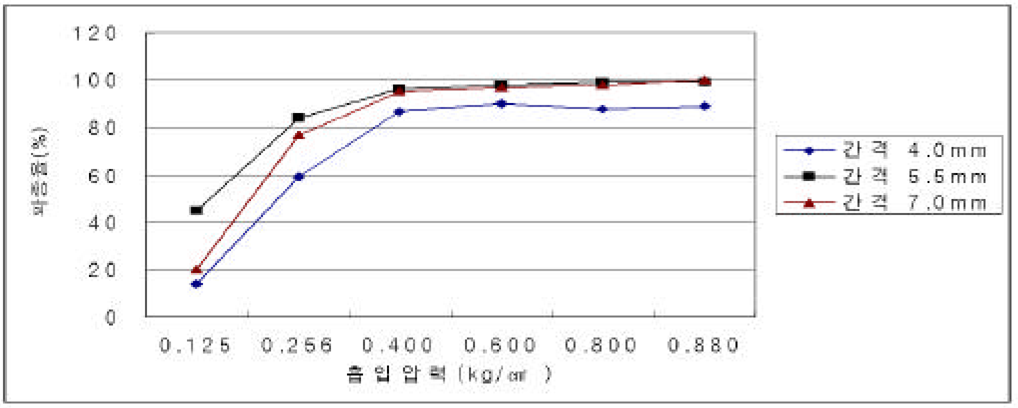


c) **바늘직경** 0.65mm

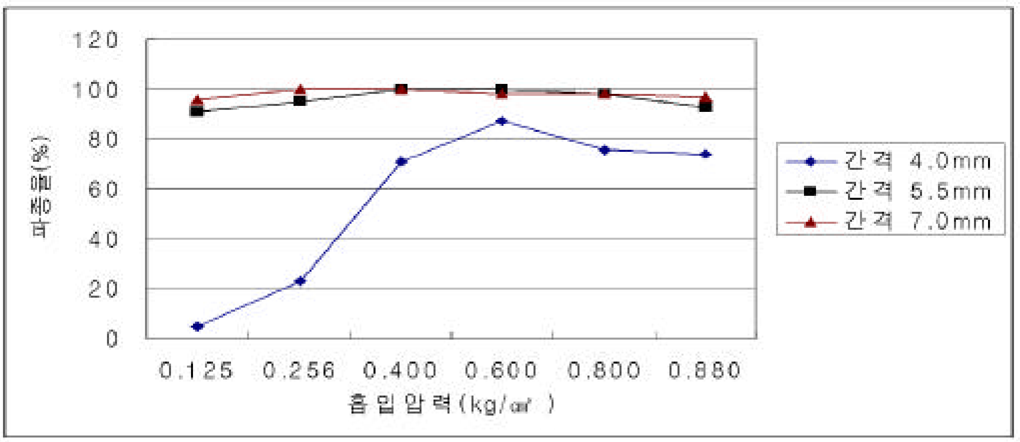
그림 2.19. **오이종자의 파종율**



a) **바늘직경** 0.45mm



b) **바늘직경** 0.55mm



c) **바늘직경** 0.65mm

그림 2.20. 무종자의 파종율

라) 최적 파종조건

각 종자의 파종시험 결과를 분석한 것을 종합하여 보면 종자별 최고의 파종율을 나타내는 바늘 직경과 흡입 압력은 각각 다르다는 것을 알 수 있었다. 이것은 파종기 설계 제작시는 노즐경(바늘크기)은 취급하는 종자별로 다르게 교체할 수 있어야 하고, 흡입압력은 조절될 수 있게 하여야 할 것으로 판단된다.

표 2.24. 최고 파종율

종 자	바늘경(mm)	흡입압력(㎏/㎠)	파종율(%)
고 추	0.45	0.4	97
오 이	0.65	0.8	95
무	0.65	0.3	100

표 2.24는 종자별 최고 파종율을 나타내는 조건을 표시한 것이지만 2립 이상 파종한다면 파종율은 1 2% 상승하게 되며 흡입압력은 표00에 표시한 압력이상이면 가능한 것으로 나타났다.

이론적으로는 흡입압력이 종자의 무게를 지탱할 수 있고, 기계의 진동이나 이송시 종자질량의 가속력(반력)을 견딜 수 있다면 종자의 100% 파종이 가능하다. 즉

$$P = \eta \cdot \frac{4W}{\pi D^2} \quad \cdots\cdots (2.22)$$

P : 흡입압력(㎏/㎠)

η: 손실계수(=100)

W : 종자의 1립 무게(㎏)

D : 바늘(노즐)의 내경(cm)

본 실험에서 고추, 오이 및 무 종자의 손실계수는 90 98로 계산되었으므로 η=100으로 일반화시켜도 좋은 것으로 판단된다. 이때 흡입압력 이외의 조건은 종자의 흡착시 바늘팁과 완전 밀봉상태로 흡착하는 적합바늘경을 추정해야 하며, 흡착시 종자면과 바늘팁 사이의 간격은 0 0.5mm로 해야 하는 것으로 판단된다.

그림 2.21은 트레이 이송속도와 파종율과의 관계를 나타낸 것으로 이송속도가 2.4cm/sec 일 때 최대의 파종율을 나타내었다. 다른 시험조건은 각 종자별 최대의 파종율을 나타낼 때도 하였다. 이송속도가 2.4m/s보다 높아지면 파종율이 떨어지는데, 이것은 이송속도가 빠르다는 것은 파종속도를 빨리 하여야 하는 것이므로 파종속도가 빠를수록 기계의 진동과 종자질량 가속 반력이 증가하여 종자 흡착후 이송시에 종자가 노즐로부터 탈락될 확율이 높은 것에 기인된 것으로 판단된다. 또 적정속도 이하의 파종속도에서는 종자의 2립이상 파종이 이루어지기 때문에 그림2.21에는 파종율이 떨어지는 것으로 나타났다. 최적 파종속도를 노즐 왕복회수로 환산하면 40회/분이고, 128공 트레이 2.5매/분의 작업속도였다.

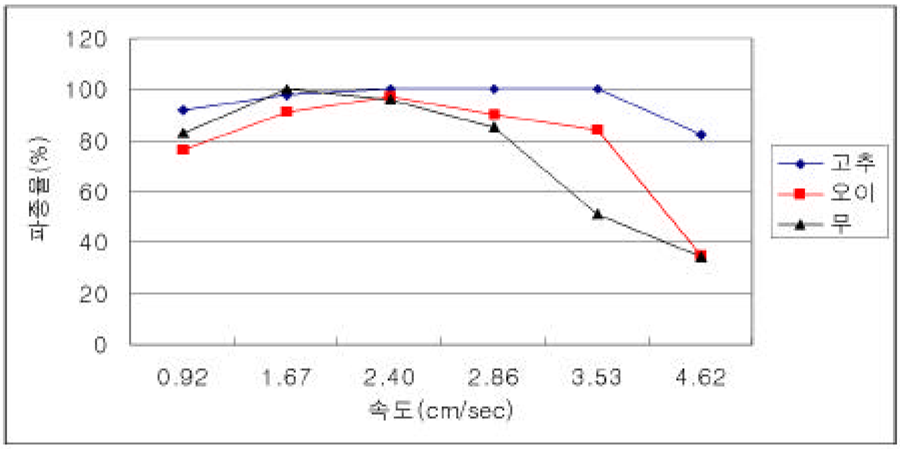


그림 2.21. 트레이 이송속도와 파종율

라. 요약

주사기 바늘을 가공한 노즐을 사용하는 진공흡착식 파종기의 파종조건별 종자파종 시험을 실시하였다. 공시기는 대형의 진공 노즐식 파종기를 이용하였다. 바늘직경(노즐경), 바늘과 종자판 사이의 간격, 흡입압력, 진동압력 및 트레이 이송속도를 변수로하여 파종작업을 수행하고 파종율을 조사하였다. 시험용 종자는 무(원형), 고추(납작형) 및 오이(타원형)으로 종자의 형태별 파종율의 변화를 조사하였다. 시험결과을 분석하여 최적의 파종조건을 구명한 내용을 요약하면 다음과 같다.

1) 무는 흡입압력 0.4kg/㎠, 노즐끝과 종자판의 간격 5.5mm, 진동압 0.7kg/㎠, 바늘

직경 0.65mm 일 때 100 %의 파종율을 나타내었다.

2) 고추는 흡입압력 0.4㎏/㎠, 노즐끝과 종자판의 간격 4mm, 진동압 0.6㎏/㎠, 바늘 직경 0.45mm 일 때 97 %의 파종율을 나타내었다.
3) 오이는 흡입압력 0.8㎏/㎠, 노즐끝과 종자판의 간격 5.5mm, 진동압 0.6㎏/㎠, 바늘 직경 0.65mm 일 때 95 %의 파종율을 나타내었다.
4) 128공 트레이의 이송속도는 2.4 ㎝/sec 즉, 1분당 2.5 개의 트레이 이송속도가 최적 작업속도인 것으로 나타났다.
5) 종자의 흡착이 가장 잘 되는 노즐 끝과 종자의 거리는 0.5mm 이내로 나타났다.
6) 종자모양에 따른 바늘경의 크기 선택은 바늘이 종자면에 흡착될 시 밀착이 가장 잘 되는 조건일 때로 해야하는 것으로 판단되었다.
7) 흡입압력은 종자의 무게에 손실계수 100을 곱한 흡착력(흡입압력×바늘구멍면적)이 되도록 할때 파종율은 최대의 값을 나타내었다.

첨부. 파종율 조사표

1. 고추의 파종율

		흡입압력(kg/㎠)																	
		0.125			0.256			0.400			0.600			0.800			0.880		
바늘 직경 (㎜)	간격 (㎜)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)
0.45	4	56	-	44	105	-	82	124	1	97	123	4	96	117	10	91	117	11	91
	5.5	44	-	34	97	-	76	121	1	95	122	2	95	122	3	95	120	5	94
	7	-	-	-	2	-	1.6	10	-	7.8	24	-	18.8	30	-	23	33	-	26
0.55	4	110	-	86	106	21	83	105	23	82	101	27	79	98	30	77	94	34	73
	5.5	107	-	84	107	18	84	104	20	81	102	24	80	100	27	78	97	30	76
	7	20	-	16	22	-	22	65	3	51	66	3	52	78	4	61	80	8	63
0.65	4	59	10	46	95	28	74	88	39	68	78	48	61	76	51	59	69	59	54
	5.5	97	29	76	79	46	62	80	48	63	55	73	43	48	80	38	47	81	37
	7	40	3	31	71	7	55	73	9	57	84	10	67	81	16	63	80	21	63

2. 오이의 파종율

		흡입압력(kg/㎠)																	
		0.125			0.256			0.400			0.600			0.800			0.880		
바늘 직경 (㎜)	간격 (㎜)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)	1립	2립	파종율 (%)
0.45	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1.6	8	-	6.3	10	-	7.8
	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	4
0.55	4	-	-	-	-	-	-	18	-	14	31	-	24	32	-	25	34	-	29
	5.5	-	-	-	-	-	12	31	-	24	46	-	36	67	-	52	71	-	55
	7	2	-	1.5	15	-	4	23	-	18	25	-	20	36	-	28	44	-	33
0.65	4	24	-	18	5	-	65	99	-	77	116	-	90	115	-	90	115	-	90
	5.5	-	-	-	35	-	27	107	-	84	118	-	92	122	-	95	122	-	95
	7	-	-	-	33	-	26	86	-	67	106	-	83	109	-	85	114	-	89

3. 무의 파종율

		흡입압력(kg/㎠)																	
		0.125			0.256			0.400			0.600			0.800			0.880		
바늘직경(㎜)	간격(㎜)	1립	2립	파종율(%)	1립	2립	파종율(%)	1립	2립	파종율(%)	1립	2립	파종율(%)	1립	2립	파종율(%)	1립	2립	파종율(%)
0.45	4	11	-	9	23	-	18	29	-	23	46	-	36	55	-	43	56	-	44
	5.5	-	-	-	51	-	40	99	-	77	109	-	85	111	-	87	114	-	89
	7	-	-	-	18	-	14	82	-	64	88	-	69	91	-	71	101	-	79
0.55	4	18	-	14	76	-	59	111	-	87	115	-	90	112	-	88	114	-	89
	5.5	71	-	45	107	-	84	123	-	96	126	-	98	127	-	99	127	-	99
	7	26	-	20	99	-	77	122	-	95	124	-	97	126	-	98	128	-	100
0.65	4	7	-	5	30	-	23	91	-	71	111	-	87	97	-	76	95	-	76
	5.5	116	-	91	121	-	95	128	-	100	128	-	100	125	-	98	120	-	94
	7	123	-	96	128	-	100	128	-	100	126	-	100	126	-	98	125	-	98

제 3 절 시작기 개발

1. 서언

모종의 공장생산에 의한 많은 이점 때문에 육묘공장이 설립되면서 우리나라에서도 셀성형묘를 규격화 생산하고 있는데 모두 plug묘를 대상으로 하고 있다.

규격화된 트레이의 셀 1구에 1립의 파종을 하는 일련의 작업과정은 상토의 조제(파쇄 혼합), 트레이에 충전, 파종구 형성(진압), 파종, 복토, 관수, 발아실 이송으로 이루어지고 이와 같은 작업을 일괄처리하는 시스템이 자동파종장치이다. 일본, 미국, 화란 등의 이와 관련된 기계들이 공정육묘시설 설비 초기에 모두 수입되었고, 본 연구진은 이들 수입기계의 철저한 분석과 외국 방문조사를 통해 저가격·고효율 자동파종시스템 개발을 시도한 바 있다.

600坪 이하의 채소재배면적을 보유한 농가를 대상으로 한 자가육묘용 기자재는 거의 개발 되어있지 않다.

본 연구에서는 자가육묘나 중소규묘 단지육묘용 파종시스템을 대상으로 상토충전기, 파종기, 진압기 및 복토기를 대상으로 작업성능 과 정밀도 향상, 생력화 및 저가격을 겨냥하여 연구개발 하였다. 각 기계의 개발은 제2장 제2절의 상토기계 작업특성 기초시험 결과를 충분히 이용하여 설계 제작하였다. 1차 시작기의 제작후 시험하는 과정에서 문제점이 제기된 것은 수정 보완하여 2차 시작기를 재설계 제작하여 시험한후 만족할만한 결과를 가져올때까지 수정 보완하여 참여 기업에 기술이전할 수 있는 수준으로 개발하였다.

2. 시작기 개발내용

가. 상토 충전기

상토혼합기에서 완전 혼합후 배출된 상토를 저장호퍼에 받은 후 이를 이송시켜 벨트구동라인 위의 트레이에 상토를 충전시키는 방식은 벨트 컨베이어 방식, 버켓엘리베이트 방식, 스크레이퍼 컨베이어 방식이 있다. 본 연구에서는 혼합된 상토를 자동으로 긁어 모아 운송할 수 있고, 충전후 여분의 상토를 받아서 재충전 가능한 버킷엘리베이트 방식과 스크레이퍼 컨베이어식 상토공급장치를 개발하였다.

1) 1차 시작기(파쇄혼합충전식)

가) 장치 개발시 검토사항

- 상토의 물리성에 대한 적응성 검토(국내개발 상토와 관련)
- 상토의 경도, 습도, 불순물에 대한 대책
- 상토충전기의 균일성 검토
- 중소규모 농가를 대상으로 한 처리능력
- 트레이 전용 또는 다목적용 여부

나) 설계 방향

- 상토 혼합 + 파쇄 + 급수 + 충전 동시작업
- 충전후 여분상토 자동회수
- 각종 규격 트레이 사용가능
- 모터 구동형 반자동
- 600坪 규묘의 시설원예 재배지역의 육묘용
- 작업 능력 : 200 트레이/시간 이상
- 크기 : 최소화
- 국내 자재의 100% 이용과 제작비 절감

다) 기계의 개요

최근 육묘상토는 농가에서 다른 재료나 성분을 추가하지 않고 사용할 수 있도록 판매되고 있으므로 농가에서는 혼합기가 따로 필요없다. 이 점을 고려하여 그림 2.22와 같이 상품상토의 뭉쳐진 것을 부드럽게 할 수 있는 기능과 plug tray에 상토의 충전기능을 가진 상토혼합충전기를 설계 제작하였다.

구조와 구동원리는 다음과 같다. 그림 2.22의 반입호퍼(10)에 상토를 적재하고 가동 스위치를 넣으면 이송축(1)상의 tm크류(21)에 의해 상토를 파쇄로타리(30)쪽으로 이송하여 파쇄실(31)내에서 부드럽게 파쇄 및 수분공급(32)을 한 뒤 버킷엘리베이터(40)에 의해 상토를 수직이송하여 상부호퍼(50)에 저장시킨다. 분배날개차(51)의 회전에 의해 상토가 우에서 좌로 이송하는 tray(T)위로 떨어지게 되고 여분의 상토는 원형솔(60)에 의해 제거되어 상토충전이 이루어지게 하였다. 원형솔(60)을 트레이의 높이에 따라 조절되며, 상토의 원활한 이송이 되게 하기 위하여 상부호퍼내가 상토로 채워지면 이송축(1)이 먼저 정지하고 일정 시간후 버킷엘리베이터(40)가 정지하여 고장원인을 없애는 제어장치를 구상하였다. 상토의 투입량 조절을 위해 반입호퍼

밑의 칸막이(11)를 설치하였고 트레이 이송속도를 조절토록 하였으며, 충전하고 남는 여분의 상토는 트레이 이송 벨트 및 회수호퍼에 떨어지고, 다시 버킷엘리베이트를 통해 수직이송하게 하여 상토허실과 청소의 용이성을 기하였다. 그림 2.23은 설계 제작된 상토 충전기의 총 조립도이다

그림 2.22. 상토의 파쇄, 혼합, 급수 및 충전이 가능한 반자동 충전기의 원리
(도면 생략)

(1) 설계 기준

(가) Plug Tray

① 128구(300×600×50)

② 1구(<29.6×28.6>+<18.5×17.4>)×5＝31.2 cc

③ TOTAL : 3993.6 cc 4.0 (아농산업 #9544)
3.59 (서울농자재)

＊128구용 1EA의 Tray의 용량 4ℓ

(나) Tray 상토 투입량

① 안전율 : 1.8

4ℓ×1.8＝7.2ℓ

② 이송 컨베이어 속도

600×10EA = 6m/min , motor : 30rpm

③ Hoper에 상토 투입량

7.2ℓ×10EA = 72ℓ/min

(다) Supply Hopper 용량 : 72ℓ/min 이하 , motor : 15rpm

※ Shutter로 조절이 가능함

(라) BUCKET ELERATOR 용량

① 원심배출방식은 50 65m/min 이므로 64m/min, motor : 120rpm

② BUCKET의 용량 : 611.7cc

A=38.23254㎠

L=160㎜

③ BUCKET 전체 이송상토량

(64000/150)×611.7cc×0.65 =169.6ℓ/min 170ℓ/min

(마) Screw Conveyor

외경ø195, 내경ø60, 피치 195

① 이송상토량

MAX : 221.3ℓ/min

MIN : 132ℓ/min

* 이송상토량은 SHUTTER로 조정이 가능함

② 이송속도 : 6.84 m/min

③ 회전수 : 38rpm

(2) 주요 부위의 제원

(가) Screw Conveyor

① 회전수 : 38rpm

② 이송속도 : 6.84m/min

③ 이송상토량 : 132 221.3ℓ/min

④ SCREW 사양

외경ø195, 내경ø60.5, 피치 195

⑤ Motor 제원

· 0.2kW 3ø 220V 4P, 감속비 1/45, 회전수 38rpm

· 금성기어드 모타

⑥ Hopper 용량 : 260 300ℓ

(나) BUCKET ELEVATOR

① 회전수 : 120rpm

② 이송속도 : 64m/min

③ 이송상토량 : 170 260ℓ/min

④ 모타제원

INDUCTION MOTOR <대경모타>

9IDG3-60F, 9GD 15 <750W, 3ø 220V 4P, 감속비 1/15>

(다) SUPPLY HOPPER

① 회전수 : 15rpm

② 이송상토량 : 5.2 12.8ℓ/min <78 192ℓ/min>

③ 모타제원

INDUCTION MOTOR <대경모타>

9IDG3-60F, 9GD120 <6OW, 3ø 220V 4P, 감속비 1/120>

④ Hopper 용량 : 75.6 82.4ℓ

(라) CONVEYOR

① 회전수 : 30rpm

② 이송속도 : 6.52 m/min

③ 모타제원

INDUCTION MOTOR <대경모타>

9IDG3-40, 9GD60 <6OW, 3ø 220V 4P, 감속비 1/60>

(마) SCRAPER BOUSH

① 회전수 : 20rpm

② 이송속도 : 7.85m/min

그림 2.23. 반자동 상토충전기 1차 시작기 총조립도

(도면 생략)

(3) 기계 외형 사양

가로(2520)×세로(1265)×높이(2133)

다) 시작품 성능시험

(1) 호퍼내 상토의 배출

상토 투입호퍼는 높이 750, 가로 800, 세로 730, 가로 측판 경사 45°, 세로 측판 경사 60°, 배출구 가로×세로는 240×140으로 제작하였다. 표준상토를 700mm 높이로 채우고 배출구 아래 스크류축을 회전시켜 상토를 배출시킬 때 호퍼내의 상토가 경사면을 따라 남지 않고 전부 배출되는가를 조사하였다. 식 (2.9)와 표 2.6에 따르면 이론적 배출구는 250×170이 되어야 하는데 세로배출구가 140으로 이론보다 작게 되었다. 실제의 배출 상황은 건조(표준상토)시는 모두 배출되었다. 고습(40%Wb)시에는 가로면으로 채임이 있었다. 이것은 세로면의 상토 압축압이 작용하고 가로면에 배출 셔터를 설치하여 상토배출의 저항을 증가시켰기 때문이며 막대때림에 의한 충격시 모두 배출되었다.

사진 2.2. 제작된 반자동 상토충전기 1차 시작품

(2) 상토의 수평 이송

저장호퍼 밑의 셔터를 완전 개방하여 상토를 스크류 컨베이어로 떨어뜨리고, 스크류 컨베이어에 의한 이송과 로타리날의 파쇄 상태, 이송량 및 소요동력을 조사하였다.

- 이송량은 설계 이송량 221.3ℓ/min으로 추정하였는데 실제이송량은 183.4ℓ/min로 83%의 이송효율을 보였다. 이것은 로타리날의 이송저항과 출구부의 3/7 열음에 의한 저항이 발생한 때문으로 생각된다.
- 배출 상토의 파쇄는 본래 상품용 상토의 입자크기보다 작게된 것이 많았다. 따라서 파쇄 장치인 로타리부는 없어도 무방하며, 단지 상품용 상토가 덩어리진 것의 파쇄가 필요하다면 충전작업 전단계에서 상토의 처리가 필요하지만 시중 상토를 조사한 결과 덩어리는 운반시 또는 기계작업시 잘 파쇄되는 것으로 나타났다.
- 소용동력은 0.2㎾로 설계하였으나, 조사결과 130W 정도 소요되어 안전을 감안하면 충분한 것으로 나타났다. 최고효율을 나타내는 축회전수는 100rpm정도이

지만 상토의 파쇄 등을 고려해 설계 회전수는 38rpm으로 이론 이송량에 대한 이송효율이 80%정도 추정되므로 실이송효율은 66%로 추측되었다.

(3) 버킷 엘리베이터 성능

버킷 엘리베이터 하부의 투입구에 상토를 스크류 이송장치로 강제 투입시켰을 때, 수직 이송상태, 소요동력, 이송효율을 조사하였다.

- 수직이송은 버킷 엘리베이터의 이송능력보다 많은 량을 투입구에 강제 투입시 버킷 엘리베이터의 과부하가 발생하여 구동모타 회전이 정지하였다.
- 최대이송량은 174ℓ/min로서 당초설계용량 170ℓ/min와 거의 동등하였으며, 이는 이론 이송량의 67% 수준으로 나타났다.
- 전체 소요동력은 587W로서 기초실험시 상토 1ℓ/분 당 1.4W소요동력이 필요한 결과와 비교해볼 때 시작기는 2.3W/(ℓ/분)로서 동력 소비가 1.6배 정도 높았던 것으로 나타났다. 그 원인은 벨트구동축 중심과 베어링 중심이 편차가 발생하여 공회전 소요동력이 높게 차지한 것으로 조사되었다.
- 이상에서 버킷 엘리베이터의 표준상토 실이송량은 이론 이송량의 50%, 소요동력은 이론 이송량을 기준으로 상토 1ℓ당 1.5W로 하여 설계 제작한다면 무난한 것으로 판단되었다.

(4) 트레이 충진 작업능률

상토가 최대로 공급될 수 있는 상태로 상토충전기를 가동시키고 트레이에 상토를 충진한 결과는 다음과 같다.

- 128공 트레이 최대 작업량은 충진율 50%로 잡을 때 1300(트레이/시간)이지만 트레이를 인력 공급하므로서 최대 400(트레이/시간)으로 작업할 수 있었고, 그 이하의 작업속도는 공급차단 셔트를 조절하여 제어회로에 의한 통제가 가능하였다.
- 트레이 충전작업 속도를 300(트레이/시간)으로 고정하고 충진율(트레이용량/상토공급량)을 조절해 본 결과 충진율 80% 정도까지는 트레이 셀당 무게 편차가 5% 미만으로 나타났다.
- 인력의 보조를 기준으로 상토 충전작업을 실시할 때 능률적 최대 작업속도는 300(트레이/시간)이며, 이때 상토공급량은 트레이 용량의 1.3배 정도로 잡는 것이 기계가동 에너지를 최소화시킬 수 있는 것으로 나타났다.
- 대형육묘장에 설치된 시중 상토충전기의 충전율은 조사결과 42% 54% 수준으로 나타나 에너지 절감을 위한 충전율 조정장치가 필요하였다.

(5) 급수장치

- 개발한 1차 시작기에 급수노즐을 장치하여 상토에 수분을 공급한 결과 수분 35%(wb) 수준까지는 충전작업이 가능하였으나 그 이상의 수분에서는 상토의 막힘현상에 의해 기계에 과부하가 발생하였고, 트레이에의 충전이 불안정하며, 평탄작업이 불량하였다.
- 시중에 공급되는 상토는 수분 20 - 30% 정도로서 충전작업에서 더 이상의 수분을 공급할 필요가 없기 때문에 상토충전기에는 급수장치가 불필요한 것으로 판단되었다.

2) 2차 시작기

육묘용 상토는 공장으로부터 성분(재료), 입도, 수분, 영양이 적당하게 혼합된 후 포대에 포장되어 수요자인 농민에게 공급되는 것이 요즈음의 추세이다. 따라서 상토 혼합충전기는 상토포대를 충전기의 호퍼에 넣어 줌으로서 상토의 상부이송, 낙하 및 트레이에 충전이 이루어지도록 구성하는, 즉 파쇄혼합기능과 급수기능이 없는 충전기가 필요하게 되고 있다.

본 연구에서는 1차년도에 파쇄·혼합·급수기능이 있는 충전기를 개발하였으나, 구조가 복잡하고 규모가 크며, 생간가격이 높은 결점이 있었다. 2차년도에는 그림 2.24, 2.25와 같이 스크레이퍼 상토이송방식의 간편한 충전기를 고안하고 설계 제작하였다. 장치 설계시 고려한 주요내용은 다음과 같다.

- 상토의 적응성(시중 3개 상토)
- 충전의 균일성
- 충전후 여분상토의 자동회수 및 재 공급
- 규격 상이 트레이의 적용가능
- 처리능력 : 300(트레이/시간) 이상

개발 예정 상토충전기는 선행연구에서 대형 육묘장의 파종시스템 자동화라인 개발시의 기능을 응용한 것인데 소형화 및 확실한 충전기능만을 중요시하여 개발하였다.

가) 2차 시작기 설계기준(스크레이퍼 수직이송형)

(1) 상토이송량

① 128구 기준, 4ℓ×300EA/hr＝1200ℓ/hr

② 대용량 트레이 기준, 1200×4＝4680ℓ/hr＝80ℓ/min

③ 충전율 : 50%, 상토 투하량 : 160ℓ/min

(2) **트레이 이송벨트**

① **최대속도** : 600**트레이**/**시간**×0.6＝360m/hr＝6m/min

② **최소속도** : 200**트레이**/**시간**＝2m/min

그림 2.24. **스크레이퍼에 의한 수직이송형 상토충전기 단면도**(2**차 시작기**)

(**도면 생략**)

그림 2.25. **스크레이퍼에 의한 수직이송형 상토충전기** (2**차 시작기**)

(**도면 생략**)

사진 2.3. **수직이송형 반자동 상토충전기** (2**차 시작기**)

(3) 소요동력

① 상토이송 : 2.0W/(ℓ/분)×160=320W 이상

② 트레이 이송 : 4m/min×5=20W 이상

나) 2차 시작기 제작 사양

(1) 상토 이송부

① 이송체인 : No.80, P=25.4

② 스크레이퍼 피치 : 203.2mm

③ 스크레이퍼 규격 : 300×50mm, 두께 3mm

1칸 용량(공간 용량) : 300×50×203.2=3ℓ

예상상토 채움량 : 약 84%(2.5ℓ)

④ 스크레이퍼 속도 : 160(ℓ/min)/2.5ℓ=64날/min

⑤ 이송속도 : 64×203.2min=12.8m/min

안전속도(80% 고려) : 15.8m/min

⑥ 스프로킷 : 잇수 10개, Dp=82.196mm

⑦ 축회전수 : 50rpm

⑧ 모터 : 750W(감속기 15:1)

(2) 트레이 이송부

① 이송벨트 : 특수고무 3t×300mm

② 이송풀리 : ø100mm

③ 축회전수 : 20rpm

④ 모터 : 60W (감속기 15:1, 무단변속기 부착), 최대속도 120rpm

(3) 호퍼

내용적 : 최대 230ℓ, 적정사용량 150ℓ

(4) 기계외형

가로 1240(2340), 세로 700mm, 높이 1350mm

(5) 기타

평판용 브러쉬 대신 셔터형 직선날 설치

다) 작업성능

표 2.28은 표준상토와 트레이를 이용하여 충전작업을 수행한 결과이다.

표 2.28. 상토 충전기 2차시작기 작업성능

작업능률(트레이/시간)		소요동력 (W)		균등충전편차(%)		문제점
128공	72공	상토이송	트레이 이송	128공	72공	
793	596	620	34	4	6	상토 이송동력과 충전용량이 큼.

최대 작업능률은 128공 트레이에서 793(트레이/시간)으로 일반적 상토충전기가 300(트레이/시간)인 것에 비해 매우 높은 것으로 나타났다. 이것은 상토의 이송장치 설계시 이송량을 160ℓ/min로 한 것에 기인되는데 이 양은 대형 육묘장에 설치된 상토충전기의 이송량을 기준한 것이다. 대형육묘장에서의 상토충전기는 충전율(트레이용량/공급량)이 40 50%로 저조한 상태로 사용하지만 본 연구에서는 충진율을 80%까지 상승시켜도 큰 문제가 발생하지 않았던 점을 감안하면 상토 충전기의 작업능률을 대폭 줄이고 더불어 기체의 경량화, 소비동력의 저하를 꾀할 필요가 있는 것으로 사료된다.

본 상토충전기는 중소규모 농가 대상이므로 작업능률을 ¼로 줄여도 전체 파종작업공정에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 따라서 상토이송량은 40ℓ/min로 하고 전체 소요동력은 200W정도로 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 균등 충전 편차는 6% 미만으로서 국내 보급된 충전기들과 비슷한 성능을 나타내었다.

가격면에서 보다 싼 상토충전기는 수동복토기(그림 4)의 용량을 키운 것이 바람직한 것으로 생각되며, 충전 및 복토겸용으로 사용가능하여 농가보급형으로는 가장 바람직한 것으로 생각된다.

나. 반자동 파종기

1) 파종방식 별 성능조사

파종기는 트레이 셀에 1립의 종자를 착지시키는 것으로 plug묘 종자 파종기의 파종 방식은 드럼형, 평판형, 노즐형이 일반적이다.

각 방식별로 성능을 조사 분석한 결과는 표 2.29과 같다.

표 2.29. 파종방식명 파종성능 비고

구 분		드럼형	노즐형	평판형
특 징		·파종속도가 빠르다 ·트레이 규격에 상응한 드럼의 교체작업 불편 ·드럼의 제작비 높음 ·흡입구의 청소 불편 ·종자특성에 따른 파종율의 변동 폭이 큼	·파종속도가 늦다 ·모든 종자에 대응하여 파종율이 높다 (니들교체) ·트레이 규격에 상응한 노즐대 제작비가 낮다	·자동화가 어렵다 ·작업이 번거럽다 ·결종확인 가능 ·가격은 중간 ·규격판 제작비가 높다 ·종자특성에 따른 파종율 변동 폭이 크다
자동화 적응		중간	높음	낮음
파종율	원형종자	80 90%	95 98%	85 90%
	장방형 종자	75 83%	90 98%	60 82%
	납작형 종자	60 75%	86 98%	50 74%
작 업 능 력 (128공)		최대 420매/시간 표준 300매/시간	최대 180매/시간 표준 150매/시간	최대 150매/시간 표준 100매/시간

상품화된 드럼형과 노즐형은 센서에 의한 트레이 진입 확인 및 셀위치 확인에 의한 1줄씩 자동파종조작을 행하는 것이며, 평판형은 수동작업이다. 드럼형과 평판형은 특정의 둥근 종자의 파종에 이용되므로 각종 씨앗에 범용으로 적용하기 어렵기 때문에 근래에는 노즐형 파종장치의 보급이 늘고있는 실정이다.

이들 파종기는 종자 부착용 흡입공의 크기와 흡입압력이 특정 종자에 대하여 최적인 상태로 파종작업을 수행해야하기 때문에 종자의 변경에 의한 파종 조건을 맞추기가 어렵다.

노즐형 파종기는 압력조절기와 바늘식 노즐의 교체에 의한 폭넓은 종자종류의 파종에 이용할 수 있다.

중소규묘 농가에서의 간이식 파종기는 인력작업에 의존하는 것으로 가정할 때 노즐형과 평판형이 구조변경이 가능하다.

평판형일 경우 축류팬에 의한 부압(흡입압)을 형성하므로 압력이 0.4kg/㎠ 부근으로 종자 1립당 중량이 크고 입자크기가 큰 것은 파종율이 떨어진다. 노즐형일 경우 앞절에서 기초 실험한 결과와 같이 0.6 0.8 kg/㎠정도의 흡입압에서 노즐경 0.2 0.6

㎜로 거의 모든 과채류 종자의 파종이 가능한 것으로 조사되었다.

따라서 본 연구에서는 선형연구로부터 계속되어온 평판형 파종기의 최종 개량 시작기 개발과, 노즐형 반자동 파종기의 개발을 시도하였다.

가) 설계 방향

(1) 진공바늘식

- 인력작업이면서 간편작업
- needle과 needle frame 교체에 의해 종자별 72공 200공 트레이 사용 가능
- 제작비 저렴화(프라스틱 파이프 및 간편 경량 구조)
- 작업능률향상 도모 : 가로열 투입(세로열 투입 방식보다 2배의 능률)
- 터보팬 또는 진공청소기 겸용

(2) 진공흡착판식

- 인력작업이면서 간편 작업
- 경량화
- 평판형 흡착, 배기팬 또는 진공청소기 이용

나) 기계의 설계 제작 및 시험

(1) 진공바늘식(1차 시작기)

① 기계 구조

그림 2.26의 b)와 같이 진공펌프와 배관장치로 종자를 1립씩 바늘 끝에 흡착하여 트레이 셀열에 일치시키도록 이동 후 진공을 제거하여 셀 내에 종자를 떨어뜨리는 구조를 갖는 것으로 설계하였다. 작업의 편리성을 위해 그림 2.26의 a)와 같이 진공펌프(8)에 연결된 프렉시블 튜브(7)를 needle frame부(1,3)에 연결하고 니들 프레림의 손잡이(4)를 쥐고 작업토록 하였다. 손잡이를 이용해needle frame를 우측으로 옮겨 (점선부분) 종자받이(12)내에 있는 일정량의 종자(13)를 needle 끝에 흡착되게 한 후 트레이 가로셀열의 해당 상부에서 종자를 떨어뜨리는 것을 반복하므로서 파종작업을 할 수 있도록 설계하였다. 종자별 흡착압력조절을 위해 압조절밸브(15)를 설치하였다. 종자흡착지점에 바늘이 있을 때 엄지손가락으로 손잡이 바로 앞의 T(14)상의 상부구멍을 막음으로서 바늘구멍내 진공을 유도하고, 파종지점에서 상부구멍을 틔우므로서 진공을 해제하도록 하여 작업의 편리성을 도모하였다.

② 설계제작 사양

∘ 노즐대지지 : 2중 가이드와 베어링

∘ 노즐대 : 플라스틱 외경ø22, 내경ø15

∘ 노즐 : 주사기 바늘, 내경 0.45, 0.55, 0.65

∘ 진공흡입장치

- 풍량 0.16m3/min
- 회전수 무부하 : 18,000 rpm

  부하 : 12,000 rpm
- 소비동력 : 38W(부하)
- 흡입압력 (진공압) : 0.43kg/㎠

그림 2.26. 진공바늘식 반자동 파종기 원리도

(도면 생략)

그림 2.27. 진공바늘식 반자동 파종기 1차 시작기 설계 개요

(도면 생략)

③ 작업성능 및 문제점

흡입압력이 0.43kg/㎠으로 고정된 상태에서 바늘직경을 0.45㎜에서 고추 파종시험을, 바늘직경 0.65㎜에서 오이와 무를 파종 시험하였다. 고추, 오이 및 무의 파종율은 각각 88%, 84%, 86%로 나타났다. 이는 연속파종작업시 종자통으로부터 종자량이 줄어들면 파종율이 10%정도까지 저하하는 현상이 있었기 때문이었다.

노즐대의 이동시 베어링 굴림상태가 원만하지 못하고 낌현상이 발생하며, 노즐대의 진동을 가져오기 때문에 종자의 흡착후 이송시 종자가 낙하하는 현상이 발생하였다.

(2) 반자동 파종기 (2차 시작품, 최종)

그림 2.27과 같은 1차시작품의 시험결과, 진공압 부족, 노즐대 이동시의 진동 및 종자판내 종자 흡입곤란의 문제점이 발견되었다. 2차 시작품은 이들 문제점을 보완하기 위하여 터보팬식 진공펌프(흡입압력 0.6kg/㎠)를 부착하고, 노즐대 손잡이 형태를 작업에 편리하도록 수정하였고, 노즐대 이동시의 레일을 상부레일을 없애고 평판형레일 구조로 하였으며, 종자 진동을 위한 진동기(10W모터, 60㎐, 5㎜ 편심구조)를 부착하였다.

그림 2.28. **진공바늘식 반자동 파종기** 2**차 시작품 설계개요**
(**도면 생략**)

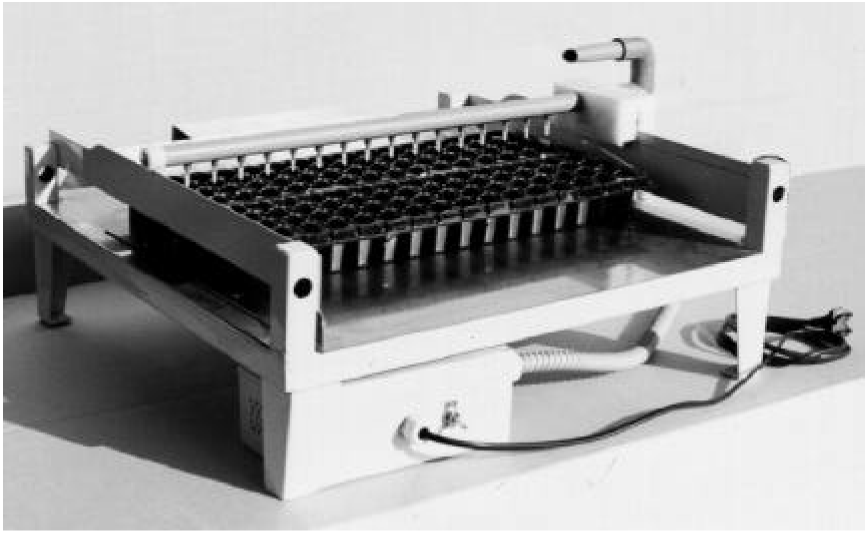


사진 2.4. **진공바늘식 반자동 파종기** 2**차 시작품**

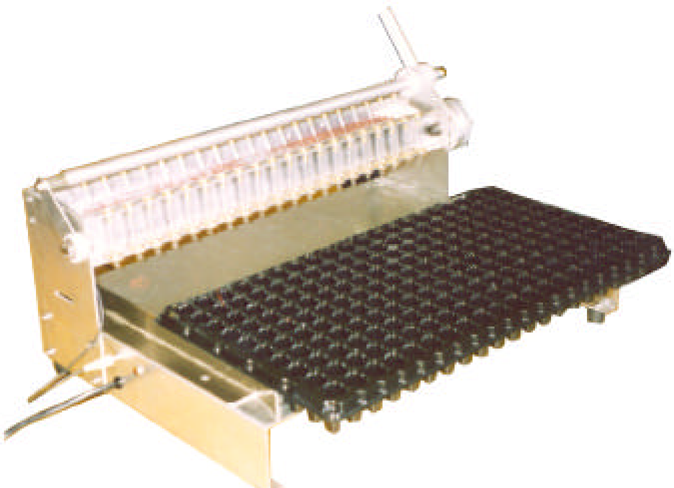


사진 2.5. **반자동 파종기 시제품**

가로형 노즐대 설치로 세로형에 비하여 2배의 작업능률을 가지도록 하였다. 설계치수는 그림 2.28과 같고 제작된 제품은 사진 2.4, 2.5와 같다.

본 개발 반자동 파종기는 인력에 의하여 작업하므로서 노즐대에 흡입된 종자가 100% 부착했는지를 확인하면서 파종작업이 가능하므로 99% 이상의 파종율을 가질 수 있는 것으로 판단되었다.

① 작업능률

128공 작업시 - 75 트레이/시간

② 파종율

- 고추99%, 들깨 98%, 오이 98%
- 작업속도를 40 트레이/시간으로 할 경우 100% 파종율을 나타냄.

③ 개선점

- 자동 트레이 이송장치(향후 시제품 제작시 고려할 것임)

본 개발 파종기는 자동파종기에 비해 작업능률은 ½정도이나 평균 5% 정도의 파종율을 향상시켰기 때문에 모종 보식비용면에서 보면 오히려 더 경제적인 것으로 판단되었다.

(3) 진공흡착판식

사진 2.6과 같은 파종기를 설계 제작하였고 그 특성은 다음과 같다.

- 구 성 : 알루미늄 종자 흡입판, 진공실, 후렉시블 호스, 진공펌프, 종자 보관함
- 작 업 : 전원스위치를 넣고 끊음에 따라 진공동작
- 성 능 : 작업능률; 80 트레이/시간/1인

  파종율 ; 고추 81%, 들깨 96%
- 둥근형상의 씨앗이 아니거나 미소씨앗은 파종율이 70% 이하로 개량이 필요.

파종기 전체를 인력으로 정·반전시켜 작업하므로 작업이 번거러운 문제점이 있었으며, 반전시 흡착된 종자의 낙하로 파종율이 저조한 것으로 나타났다. 둥근형의 종자에 알맞으며 종자별로 종자 흡착판을 교체하여야 하는 문제점이 있어서, 농가용으로 사용할 때는 단일 종자 파종에만 사용 가능한 것으로 판단되었다.

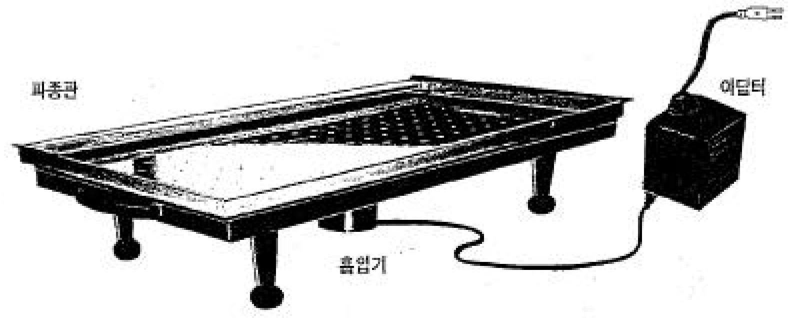


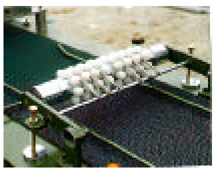
사진 2.6. 진공흡착판식 반자동 파종기

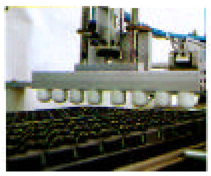
다. 수동 진압기

대형파종시스템의 부속기로서의 진압기는 사진 2.7처럼 동시압축식, 무동력 롤러식, 1열동력 압축식으로 모두 돌기에 의한 상토의 진압이다. 선행연구결과 제어조작의 동작성, 경제성, 성능(정도)면에서 1열압축식 진압기가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구에서는 작업을 인력으로 하는 것이 전제이므로, 압축식을 사용하여 그림 2.29와 같은 진압기를 설계 제작하였다. 트레이를 트레이가이드에 맞춰 바닥에 설치한후 손으로 손잡이를 누름으로서 작업이 완료되는 것으로 매우 간단한 구조이여서 작업능률이 350트레이/시간이었다. 이들 3개 형태 모두의 문제점은 트레이 규격에 따라서 각각 다른 돌기 배열을 갖는 압력판(롤러)을 교체하여야 하는 점인데, 제작비용면에서는 1열압축식이 가장 저렴하다.

본 연구에서는 충전된 트레이 수직 쌓기에 의한 진압가능성을 시험중인데 중간결과, 파종 및 발아에 이상이 없으며, 이 과정을 이용하면 농가용 파종시스템에는 진압기는 필요 없는 것이 되므로 매우 경제적인 것으로 사료된다.





(1) 동시압축식 (2) 무동력 롤러식 (3) 1열압축식

사진 2.7. 기존의 진압기 형태

그림 2.29. 수동 진압기 설계개요
(도면 생략)

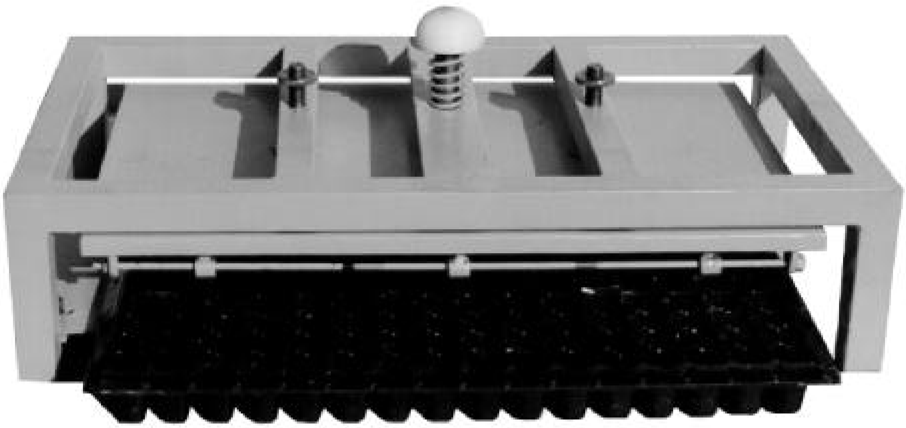


사진 2.8. 수동 진압기 시작기

라. 인력형 복토기

그림 2.30은 설계된 복토기이며 사진 2.9는 제작된 것을 나타낸 것이다. 복토기는 복토용 토양(질석 등)을 파종된 트레이 상부에 고르게 복토하여야 하며 복토량은 파종후의 셀 상부공간을 덮을 정도여야 한다. 본 개발 복토기는 인력으로 작업하도록 고안하였는데 저장호퍼 밑단에 롤러구동형 벨트를 설치하여 벨트가 배출구 쪽으로 이동시 호퍼내 저장된 상토를 배출하도록 하였다. 벨트를 구동하는 2쌍의 롤러 중 1 측에 롤러축을 연장시켜 체인스프로켓을 부착하고 본체를 지지하는 바퀴를 또한 체인스프로켓으로하고, 바닥에 안내체인을 부착하였다. 구동바퀴로부터 롤러축을 선회시키는 것은 체인연결이며 구동바퀴측단에 래칫스프로켓을 부착하여 본체 전진시에만 이송벨트가 구동되어 복토가 이루어지도록 하였고 후진시에는 복토가 되지 않게 하였다.

바닥 프레임에 트레이 안내대를 부착하여 일정위치에 트레이를 놓은 후 본체와 연결된 손잡이에 의해 본체를 전 후진 시키므로서 복토가 가능하게 하였다. 질석을

사용하여 복토 작업시 5㎜ 미만의 복토에서는 복토불균일 편차가 2.6㎜이며 5㎜이상 복토시는 복토불균일 편차가 1.5㎜로 나타났다. 일반적으로 복토는 5 8㎜정도이며 이의 조절은 호퍼 토출구에 셔터를 부착하여 조절토록하였다. 작업능률은 300트레이/시간으로 나타났고, 이 복토기는 인력에 의하므로 경제적이고, 이와 같은 구조의 복토기를 용량만 키우면 인력형 상토 충전기로도 사용 가능할 것으로 판단되었다.

그림 2.30. 인력 복토기 설계개요

(도면 생략)

사진 2.9. 인력 복토기 시작기

마. 농가용 파종시스템의 최적구성

이상의 농가용 파종 시스템 개발을 위한 각작업별 기계장치를 개발한 것을 농가보급형의 모델로 구성하여 128공 트레이 작업능률과 소요인력 및 가격을 요약하면 다음 표 2.30와 같다.

표 2.30. 농가용 파종시스템 장치별 효율

작업명	적합기종	작업능률, 트레이/시간	소요인원	기계가격, 천원
상 토 충 전	수직이송형 반자동 충전기	400	1	5,000
	인력	300	1	0
진 압	수동 진압기	350	1	500
	트레이 포개기	1500	1	0
파 종	니들형, 반자동	75	1	2,000
복 토	수동 복토기	800	1	500
관 수	인력, 물조루	600	1	100
자동파종작업 (대형파종기)	일관작업 자동화	150	2	40,000

소규묘 농가용 육묘에서는 복토는 인력작업으로 하고, 대형육묘농가에서는 상토충전기를 이용하고, 진압기는 필요 없으며 트레이 포개기 진압방식을 이용하면 간이형 파종시스템은 2가지 형태로서 능률적 작업이 가능하게 구성시킬 수 있음을 찾아내었다.

따라서 참여기업은 2가지 형태의 파종시스템을 상품화할 예정이며, 1형은 중대형 규묘농가, 2형은 중소규묘 농가용으로 1형은750만원대, 2형은 250만원대의 가격이 예상되므로 기존의 파종장치 구입에 따른 농가부담을 격감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

표 2.31. 간이형 파종시스템의 구성

작업명 / 형태	충전	진압	파종	복토	관수	비고
1형	충전기 (반자동)	트레이 쌓기	반자동파종기	수동복토기	물조루, 인력	대형 농가용
2형	인력복토	트레이 쌓기	반자동파종기	수동복토기	물조루, 인력	소농가용 (범용)

3. 요약

자가육묘나 중소규묘 원예단지의 육묘용 파종시스템에 적합한 상토충전기, 파종기, 진압기 및 복토기를 설계제작하여 시험 및 보완하고 기업체가 상품화할 수 있는 단계의 시작품을 개발하였다. 그 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

가. 상토충전기 개발

1) 상토충전기는 파쇄, 혼합, 급수 및 충전기능이 있는 버켓엘리베이터 방식(시작기1)과 충전기능만 있는 수직 스크레이퍼 방식(시작기2)의 2가지를 개발하였다.
2) 시작기1은 장치가 복잡하여 제작가격이 시작기2보다 1.5배로 높았고, 소요동력은 상토이송율 1ℓ/분 당 1.5W로 높은 편이며, 시중상품 상토를 사용 시 충전이외의 기능은 불필요한 것으로 판단되었다.
3) 시작기2는 구조가 간단하고 최대 충전작업속도가 800트레이/시간 으로 인력에 의한 트레이공급한계를 초과하였다. 따라서 상토이송량은 40ℓ/분, 작업능률은 150트레이/시간 및 소요동력은 여유율 4배로 하여 100W로 하는 것이 최적으로 판단되었다.

나. 반자동파종기 개발

1) 반자동 파종기는 니들형과 평판형의 2종류를 개발하였는데, 평판형은 파종율이 80%전후로 니들형의 98%보다 매우 저조하였고, 작업능률은 80 트레이/시간(128공)으로 니들형보다 약간 높았다.
2) 니들형은 1차 시작기를 보완 2・3차 시작기를 개발하였는데, 수동작업의 편의성을 고려한 작업형태 개선, 종자판에 진동기 부착, 충분한 흡입압력(0.6 ㎏/㎡)을 얻는 터보팬과 공기압축기를 설치하여 작업능률 75 트레이/시간(128구), 파종율 98%이상으로 효율을 향상시켰다.

다. 수동 진압기 개발

1) 수동진압기는 인력에 의하므로 작업능률의 향상을 위해 러그 달린 압축판을 이용한 동시 압축식으로 고안하고, 누름 손잡이를 1번 누를 때 진압이 완료

될 수 있도록 개발하였다.

2) 작업능률은 350트레이/시간 으로 나타났다.

라. 인력형 복토기 개발

1) 인력형 복토기는 평벨트-롤러 구동형으로 인력으로 본체를 1왕복시킬 때 복토작업이 완료되도록 개발하였다.
2) 작업능률은 300트레이/시간으로, 복토 불균일 편차가 1.5 mm로 나타났다.

마. 농가용 파종시스템의 최적구성

1) 농가용 파종시스템은 2가지 형태로 구성하는 것이 적합한 것으로 판단되었다. 1형은 반자동 충전기에 의한 복토 - 트레이 쌓기식 진압 - 반자동파종기에 의한 파종 - 수동복토기에 의한 복토 - 물조루에 의한 관수이며, 2형은 복토를 인력으로 하는 것으로 정리하였다.
2) 동력형 충전기는 구조가 복합하고 가격이 비싸므로 수동 복토기의 용량을 키워서 사용하면 경제적일 것으로 판단되었다.
3) 트레이 쌓기에 의한 진압은 트레이 규격에 따른 제약이 없고 파종기 근처에서 적재만 하면 되기 때문에 진압기는 사실상 불필요한 것으로 판단되었다.
4) 개발된 농가용 파종시스템은 대형파종 시스템에 비해 가격이 10 20% 수준으로 공급가능하며, 본 연구를 통해 업체의 상품화를 위한 제반 기술을 확보하였다.

제3장 파종시스템설정과 능률적 이용연구

우리나라 원예작물의 육묘는 과거에 냉상이나 온상에서 작기확대를 위한 자가묘의 개별생산 형태에 의존하다가 최근에는 작기확대의 목적 뿐만아니라 품질 좋고 다양한 작물의 묘를 공동 또는 집단으로 생산하는 형태로 발전되었고 그 이후 최근에는 plug를 이용한 공정육묘법이 도입되고있다. 노지에서 뿐만아니라 각종 형태의 시설에서 원예작물의 생산이 주년화되고 작목도 다양화되었으며 생산시스템은 집단화 및 대형화되고 있어 육묘 및 정식의 기계화와 묘종의 상품화를 위한 규격묘의 생산과 육묘의 분업화가 절실히 요구되고 있다.

본 과제에서는 plug육묘 도입에 관한 재문제을 검토하고 특히 간이 plug묘 파종장치와 관련된 파종 및 발아조건에 대해 고찰하고자 한다.

제 1 절 파종시스템의 분석

1. plug육묘의 특성

공정묘 또는 플러그묘(plug seedlings)란 “플러그”라고 불리는 “응집성이 있는 소량의 배지가 담긴 개개의 셀(cell)”에서 길러진 묘종을 일컫는다 (Nelson, 1991). 플러그묘 생산 시스템에서는 종자가 기계적으로 수십 내지 수백개의 셀을 가진 플러그판에 파종되어 한 셀에서 오로지 하나의 식물체가 생산된다. 재래의 묘종생산 방식과 비교해 보면 <표 3.1.>에 나타낸 바와 같은 다양한 잇점이 있다.

표 3.1. plug묘와 관행육묘 생산특성 비교

구 분	플 러 그 묘	재래식 관행묘
파종 속도와 정확성	속도가 빠르고 정확함	낮다
묘의 균일도	균일도가 높다	낮다
이식시의 상처	매우적다	많다
재배적기 맞추기의 용이성	용이함	나쁨
묘 생장속도	빠름	늦다

<계속>

구 분	플 러 그 묘	재래식 관행묘
종자 이용효율	높다	낮다
묘의 수송, 취급 (무게등)	용이함	나쁨
육묘공간 이용효율	높다	낮다
정식의 용이성	용이함	나쁨
병의 발생과 이동성	낮다	높다
환경조절의 정확성	중요하며 필요함	덜 필요
수분조절의 정확성	중요하며 필요함	덜 필요
기자재 비용	높다	낮다
노동력	적다	높다
숙련된 기술인력의 요구도	높다	낮아도 된다

가. 묘기술의 국내외 현황 비교

현재 우리나라 일반재배 농가에서 많이 행하고 있는 개별 유묘의 기술 현황과 기술 수준 및 선진외국에서 행하고 있는 공정육묘 기술의 현황을 서로 비교할 바 <표 3.2.>와 <표 3.3>에서 볼 수 있다.

표 3.2 국내 원예작물 육묘기술 현황과 선진기술 비교

구 분	국내 기술 수준	선진 외국의 기술수준
육 묘 주 체	개별 육묘, 일부 공동육묘	전업형 대량 생산 체제
육 묘 방 법	pot육묘, 온냉상 육묘	공정 자동화 플러그 육묘
육 묘 배 지	개별 제조, 비규격화, 소재 다양화	규격화 배지, 소재 단순화, 상품화
육 묘 일 수	장기: 60일(토마토) 75일(고추)	단기: 35일 (토마토) 40일 (피망)
종 자 발 아	발아율이 낮음: 고추 80%	높음: 토마토 90% 이상
종 자 처 리	개발중	실용화 (코팅, 전처리)
정 식 방 법	대묘 인력 정식	소묘 기계정식, 이식 장치화(화훼)

표 3.3. **선진 외국과 국내 공정육묘관련 기술개발 현황**

구 분	화 란	일 본	미 국	한 국
종자처리	실용화(코팅, 전처리)	다변화(코팅, 전처리; 종자지, 테이프 등)	종류별 처리(비일관성)	시험중
육묘환경	건묘 생산환경조성	접목기술 개발 경쟁	조방적 대량 처리	연구단계
육묘배지	피트모스주재료, 단순	피트모스등, 다양 독자개발 시도	피트모스 주재료, 단회사별 조제 전업화	피트모스 주재료, 수입의존, 개발중
상토혼합, 충진	완전 장치화, 중장비	부분 장치화, 경장비	생산회사별 다양	일부개발
파종	일관, 정밀, 다종류 개발(다국적 조립)	미국제 많음, 다국적 조립, 개선중	정밀성 낮음	일부개발
발아실	활용 불원	적극 활용	활용	부분활용
접목활착	-	활용단계	-	부분활용
이송생력시설	다양, 중점시설 고도 생력화	단순, 비규격화, 인력 의존도 높음	생산회사별 다양	개발초기단계
시비관리	완전 관비육묘, 자동·반자동 겸용, 규격 액비 혼입	관비육묘 단계 접근, 완전 자동 시도, 액비 다양	개별 기술	외국기술 의존, 개발초기단계
육묘관리	단순화 지향, 대면적 일괄	정밀 소분화 관리	자체 해결	연구단계
용도별 시설	온실구조내 용도별 시설 수용	용도별 시설구조 차이 많음	국산화(개별기술)	인식단계
자재개발·수급	수급용이, 종류 단순, 규격화	수급용이, 종류 다양, 일부 비규격화, 대부분 국산화시킴	기술 다양화	규격화개발 필요성 인식
종합기술	생산 위주 기술, 개발과 실용 이원화, 실용기술 위주 개발, 정책, 개발, 생산의 공동책임	기술 다변화(기초, 생산, 타산업), 경영 위주 개발, 기술 개발 다원화, 경영자 책임 위주	생산공정별 및 작물별 완성	표준모형 개발, 활용초기단계, 기술보급활성화필요

나. 관행육묘의 한계성과 애로사항

1) 기술적측면

지금까지의 관행육묘 방식은 개별육묘의 의존도가 높아 육묘시스템의 개발과 노동력절감방안 구축을 어렵게 하였으며 건전양질묘의 대량생산체계 도입에 장해 요

인으로 작용하고 있다. 기술적측면에서의 애로사항을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 육묘기간이 길 뿐만 아니라 배지량이 많이 소요되며 배지 소재가 불균일하고 무균이 아니기 때문에 육묘시설 면적을 많이 필요로 하며 관리면에서도 비용이 많이 들고 위험요소도 많다. 따라서 묘소질이 불량해지기 쉽고 생산비가 많이 들게 된다.

둘째, 포트가 크고 무거우므로 운반, 운송 및 기계화가 어려울 뿐만 아니라 근계 형성이 충분치 못하여 정식시 뿌리가 손상할 위험이 크며 이 때문에 활착도 매우 불량하다.

셋째, 농가 개별육묘에서는 관리기술의 수준이 낮고, 규모가 영세하여 자재 및 시설여건이 불량하므로 적정 생산환경의 조성이 곤란하여 육묘노력이 많이 들고 묘소질이 불량해지며 년중 안정적인 육묘가 불가능하기 때문에 작물 및 작형의 다양화, 극대화 추세에 부응하기 어렵다.

넷째, 따라서 이러한 요인들이 생산비의 상승과 생산성의 저하로 이어지게 된다.

<표 3.4>는 몇 가지 채소의 전체 재배노력에서 육묘노력이 차지하는 비율을 투자노동시간을 기준으로 비교한 것이다. 작형, 육묘일수, 시설 및 장치의 정도에 따라 다르므로 전 재배기간중 육묘가 차지하는 노력부담을 단순 비교한다는 것은 어려운 일이지만 짧은 육묘기간과 적은 면적을 감안할 때 상당히 집중적인 노동투하가 이루어지는 것을 알 수 있다. 또한 육묘는 일상적인 관리노력 이외에도 육묘기간 중 매일 정신적인 부담이 상당히 큰 작업이다.

표 3.4. 주요채소들의 관행육묘시 재배노력에 차지하는 육묘노력비율 (10a당)

작 물	작 형	육묘일수	재배노동시간 (A)	육묘노동시간 (B)	B/A (%)
토마토	촉성 재배	70	1491	94	6.3.
	반촉성재배	60	1789	92	5.1
가 지	반촉성재배	100	1950	401	20.6
	노지 재배	90	2870	198	7.0
오 이	촉성 재배	30	1842	169	9.2
	반촉성재배	35	1427	200	14.0
배 추	가을 재배	30	230	21	9.1
	봄 재 배	30	58	8	13.8

2) 사회적측면

원예작물은 년중 수요가 일어나며 고품질, 기능식품 요구가 급격히 증가하고 있어 시설원예면적이 꾸준히 증가하는데 반하여, 농업 노동력은 질적, 양적으로 급격히 상승하게 되어 농업시설은 더욱 생력화, 장치화된 현대화한 시설이 필요하게 되었고, 정식 및 수확 등의 기타 농작업도 가능한 기계화하지 않으면 않되는 시점에 처하여 있다. 더우기 농산물마져도 수입개방의 예외가 될 수는 없는 시점에서 원가, 고품질에서의 경쟁력 제고는 농업에 있어서 더 없이 절실한 과제가 되고 있다.

다. plug묘의 이용효과

육묘의 분업화는 재배농가가 육묘작업으로 부터 정신적 육체적으로 벗어날 수 있으며, 기본적인 기반기술이 갖추어져 있고 첨단기술의 채용이 용이하며 안정성이 높은 전문 육묘시설에서 육묘된 묘를 생산하므로 묘의 확보 및 공급이 용이하며 안정성이 높은 전문 육묘시설에서 육묘된 묘를 생산하므로 묘의 확보 및 공급이 훨씬 안정적이다.

다시 말하면 동.하절기의 육묘가 곤란한 시기의 육묘, 육묘가 까다로운 작물의 육묘, 육묘기술이 부족한 경우에도 적절한 육묘환경과 기술을 토대로 육묘한 건전묘를 안전하게 공급받을 수 있다.

실제로 우리는 어느정도 기술수준이 안정된 주산단지에서도 기술, 자재, 시설 및 환경 등 여러가지 뜻하지 않은 문제로 육묘에 예기치 못한 차질이 생겨 농사에 큰 낭패를 보는 경우를 종종 볼 수 있다.

또 노동력을 재배에만 전념하여 사용할 수 있고, 수송 및 정식등이 지금까지의 관행묘에 비하여 매우 손쉽게 이루어지므로 시간과 비용면에서 노동생산성이 높아지게 되며 이 결과 여가의 창출도 훨씬 용이하게 된다. 뿐만 아니라 시설 및 포장의 이용효율도 높아질 수 있으며, 품종과 작부계획이 정확하게 결정되기 때문에 시장동향의 파악과 이에 대한 대응도 용이하다.

더욱이 프러그묘는 정식의 기계화가 용이하고 활착이 잘 되어 정식 후의 생육이 순조롭게 진행되는 것이 큰 특징이다. 육묘기간이 짧고, 적은 량의 가벼운 배지를 이용하므로 일반적으로 묘의 생산비도 자가생산묘에 비하여 낮으며 수송도 쉽고 효율적일 뿐만 아니라 수송이 체계화되어 있어 수송중에 상처나 기타 스트레스를 적게 받는 등의 점을 들 수 있다.

또한 육묘 관련 기술의 개발로 지금까지 개별농가의 수준에서 이루어지던 육묘를 산업의 차원으로 끌어올릴 수 있고 이를 토대로 안정된 육묘산업의 기반이 구축될 수 있다.

이상의 결과에서 관행묘와 공정묘의 생산과 관련된 경제성을 비교하여 보면 다음의 표 3.5에서 살펴 볼 수 있다.

표 3.5. 관행묘와 공정묘 생산의 경제성 비교

구 분	관행 개별 육묘	공 정 육 묘
육 묘 시 기	동·하절기 육묘 곤란	주년 안정육묘 가능
노동력비율	전 노동력의 14.5%	-
묘 소 질	불균일, 불량묘 비율 높음	양질, 규격묘
발 아 율	80 85%	95% 이상
육 묘 배 지	300 ml/주	20 ml 내외
묘 운 송 성	곤란	용이 (장거리 수송 가능)
묘 생 산 성	1,000 주/평 (6cm pot)	3,000 9,000 주/평(표준 Tray)
육 묘 환 경	불량 (저온, 다습, 약광)	최적환경 조성 가능
육 묘 작 업	인력	기계화, 자동화
육 묘 노 력	35.0 시간/10a (노지고추)	-
정 식 작 업	인력	기계화 가능

2. 우리나라의 공정묘 생산기술의 현황과 문제점

가. plug육묘의 도입과 문제점

우리나라의 공정육묘 생산의 특징은 첫째, 소량 다품목 육묘작형에서는 시설(파종기와 발아실 등 각종 자동장치)의 효율적인 이용이 어렵다. 둘째, 파종용기가 매우 작으므로 가온, 관수 및 시비 등에 있어서 관리의 정밀성이 요구되고 이러한 요인들이 부적절하면 장해가 나타나기도 한다. 셋째, 결주 발생이 심하거나 종자의 발아가 균일하지 못할 경우에는 생육이 불균일해지므로 양질의 종자가 필수적이다. 각종 육묘관련 자재의 개발 및 관리 기술의 확보가 필요하고, 공정묘에 맞는 작부체계, 재배관리 등의 개발이 뒷받침되어야 한다. 그리고 플러그묘의 이용시에는 배지의 양이 적어 정식적기의 폭이 좁고, 소묘이므로 내한성 및 내서성이 상대적으로 약하며, 고온기에는 수송중 증산에 유의해야 하는 등 플러그묘의 특성에 대한 재배자의 이해

가 필요하다. 그러나 우리나라의 공정묘 생산과 이용 기술은 도입 역사가 매우 짧으나 괄목할 만한 수준에 이르렀고 앞으로의 발전 가능성이 매우 높다. <표 3.6>는 현재의 생산과 이용기술의 수준과 문제점을 나타내고 있다.

표 3.6. 우리나라 공정묘 생산기술 수준과 주요 문제점

구 분		현재의 기술 수준	주요 문제점
육묘용 자재	육묘용기	다양화, 정밀도 미흡	근계발달 조장형 용기개발 필요
	육묘배지	수입에 의존도가 높다	수입의존, 제품 다양
	육묘비료	수입의존, 전용액비개발 미흡	작물별 시비기준 없음
	종 자	발아율 저조	육묘율 낮음 (결주, 생육 불균일 등)
육묘 시설		효율적이고 표준화된 구조와 규격 미설정	육묘환경 및 작업성을 고려한 육묘 전용온실 개발 필요
육묘 장치	파종시스템	국산화 완성	정밀도, 범용 적응성 보완, 규묘별 적정 모델개발
	재 배 상	공간이용율 제고 주력, 규격과 형식 다양	규격, 설치 및 이동방식 표준 없음, 작업성 불량
	접목활착촉진장치	국산화 개발	성능검토 미흡, 용량 미설정
정식 기계화와 공정묘 재배 기술		고추와 배추 플러그묘 정식기계 개발단계, 시비량 및 정지 유인법 등 경종체계 연구	작물, 재배형태 및 시기별 공정묘 이용효과 검사 않됨, 작물별 적정 묘령 및 크기 구명 필요, 공정묘 이용시의 경종체계 미확립으로 작황 다소 불안정
육묘 기술		채소 및 화훼류 국산배지 개발, 일부 실용화 가능; 발아율 제고 기술 개발; 작형별, 계절별 환경관리 체계 미확립; 작물별 시비체계 미개발	플러그묘 생산 기술 개발의 다각적 접근방법 미확립

나. plug육묘의 작업공정

농가에서의 육묘는 높은 기술수준과 재배 이외의 경지면적이 필요할 뿐만 아니라 정신적, 시간적, 노동력에서 많은 부담을준다. 농가가 이로부터 해방되기 위해서는 육묘과정을 산업화, 시스템화 하여 묘생산 비용을 저하시켜 싼 값으로 구입할 수 있게 하여야 한다.

그러나 이러한 효과를 얻을수 있는 시스템 도입에 소요되는 비용은 매우 높게 때문에 소규묘 재배를 시스템화 하는 것은 곤란하다. 특히 우리나라는 여름은 대단히 고온이고, 겨울 기온은 매우 낮으며, 태풍이 많으며 겨울에는 폭설량이 많다. 이러한 기상조건에서 이용 가능한 온실은 그 지역특성에 맞게 검토 개발되어야 한다. 외국의 선진 농업국에서 시설내 관리 부분에서 생력화가 진행되고 있다. 주로 파종 및 묘재배는 기계화 되어있고 묘의 선별은 인력에 의존하나 정식 또는 수확, 선별 작업은 기계화 되고 있는 경우가 많다. 재배를 기계화 혹은 자동화 하는 경우 이에 대응하는 기계 개발이 필요하며, 재배방법이나 생산체계를 변화시켜야 기계화 도입이 가능하다.

표 3.7. 시스템화된 묘생산의 작업공정과 주요내용

1. 상토의준비	: 물리성 - 통기성, 보수성, 작업성이 좋은것 화학성 - pH, 양이온 치환용량 등, - 무비료, 유비료 상토 구분 기타 - 무균상태이면서 계속적으로 공급가능할 것
2. 파종시스템	
1) 상토의 혼합	: 혼합기의 기구, 능력, 물리성등이 변화되지 않아야 함
2) 상토담기	: 양의조정, 균일성, 용토와의 대응
3) 상토의 압축	: 보수성, 통기성, 표면의 형상
4) 파종	: 파종율, 종자의 크기 및 형상, 균일성
5) 복토	: 균일성, 용토와의 대응
6) 관수(파종기)	: 관수의 강도, 관수량 결정
3. 발아실	: 온도, 습도, 수분, (광)
4. 재배실	
1) 육묘실	: 온도, 습도, 광강도, 수분, 병해충 관리 등 일반관리
2) 관수(육묘온실)	: 두상관수 ; 관수노즐의 위치, 방향, 물방울 크기, 관수의 강도, 균일성 : 저면관수 ; 관수량, 관수회수, 균일성
3) 시비	: 액비의 조성, 농도, pH, 희석장치
5. 경화, 순화	: 습도, 온도, 바람, 관수, 광

다. plug육묘시설과 설치기기의 구성

육묘과정을 자동화 하므로써 묘생산의 생력화, 효율화, 안정화를 기하기 위하여 육묘 온실의 각종장치, 재배 베드의 이동라인, 재배관련 기자재의 도입들이 필요하며, 파종과 관련된 상토의 조제, 혼합, 충전, 파종, 관수, 발아 및 육묘관리 그리고 정식 등의 작업을 일관체계화 하여야 한다. 각종 기기들은 묘소질이 균일한 규격화된 양질묘를 계획적으로 생산할 수 있는 조건들이 갖추어져야 한다.

육묘 시스템의 구비조건을 살펴보면 ① 복합환경제어가 가능한 육묘 온실, ② 균일한 양질의 상토와 액비, ③ 규격화 된 트레이, ④ 시스템화된 파종관련 기기, ⑤ 환경제어되는 발아실, ⑥ 베드와 자동관비 등의 설비를 갖춘 육묘상, ⑦ 묘의 수송시설, 그리고 금후에는 ⑧ 정식의 자동화를 위한 자동정식기 등이다.

육묘 시스템의 도입은 시설규묘에 따라 다를수 있으나 일반적으로 갖추어야 할 조건은 ① - ⑦ 이고 자동정식기의 도입은 본포작업의 생력화에 필요하다.

각종 육묘 시스템의 기기설비는 생산하려고 하는 작물의 종류, 육묘일수와 이용빈도, 노동력 정도등에 따라서 필요기기, 시설장치 등이 달라지기 때문에 여러가지 여건을 감안하여 선택되어야 한다.

공정육묘에 관련된 시설 및 기기의 이용 단계별 흐름을 살펴보면 다음과 같다. (그림 3.1.)

―단계―――――자재―――――장치―――――운반―――――시설―――

준비 (육묘계획)
- 사무실

육묘용기
- 자재창고
파종 ――― 육묘용토 –→ 상토혼합기 —→ 상토충전기
- 상토조제 및
트레이공급기 ↑ ↓
충전작업장

상토진압기

↓

파 종 기

- 파종실

↓

복 토 기 이송장

치

↓

관 수 기

↓

발아 발 아 실

- 발아실

↓

생육 육묘용 관 비 장 치 육묘 벤치 베트이

송

비 료 환경제어장치

- 육묘온실

운반대

차 - 접목활착실

접목, 경화 접목장치 접목활착촉진장치 →

- 경화온실

저장 일시저장 저장설비

- 저장실

출하 출하자재

운송수단 출하수송

차 - 검사출하실

↓

정식 묘 발 기 정 식 기

그림 3.1. 공정육묘 시스템의 흐름과 사용되는 자재, 장치, 시설

라. 파종시스템의 장치별 특성검토

육묘 시스템에는 많은 기종의 자재, 기기, 장치들이 있다. 이들은 각각의 특성이 있으며 시스템 조성도 차이가 있어 작목의 생산능력 등에 따라서 적용범위가 서로 다르다. 일반적인 묘생산 시스템을 중심으로 작업공정별 자재, 기기, 장치들의 종류와 기능을 살펴보면 다음과 같다.

표 3.8 파종 시스템의 기기별 용도와 성능

기 기	용 도	성 능
1. 상토혼합기	◦ 상토의 분쇄 및 혼합기능 ◦ 무게가 다른 상토의 균일 혼합	◦ 자동혼합, 매출, 이송 ◦ 연속 또는 비연속성 혼합 ◦ 안전혼합시간 20분/ml3
2. 상토충전기	◦ 충전기 공급 기능 ◦ 육묘용기(트레이)에 자동으로 충전 ◦ 충전부 진동장치 도입 ◦ 시스템과의 적응성 확보	◦ 상토충전의 균일성 ◦ 충전량과 높이 조절 기능 ◦ 잔여 상토 처리 및 회수 장치 도입 ◦ 트레이 전용 및 다목적용 ◦ 충전능력 : 트레이 300매 이상/시간 조절 가능 - 파종기능력과 동일
3. 상토진압 장치	◦ 상토 표면 균일 진압 ◦ cell 중앙의 파종부 요철 진압	◦ 동력압축식 - 트레이 전면 진압 ◦ 무동력 로러식 - cell 일렬식 진압 ◦ 파종능력과 동일하게 함.
4. 파종기	◦ 자동 파종 - 종자의 크기, 형상 등 검토 ◦ 파종율 최대화 ◦ 드럼형 - 원형종자, 코팅종자용 ◦ 노즐형 - 범용형	◦ 트레이 진압 위치 확인 ◦ cell 적정위치 균일 파종 ◦ 종자흡기구 청소기능 ◦ 파종율 95% 이상 ◦ 파종능률 - 드럼형 300트레이/시간 - 노즐형 150트레이/시간
5. 복토기	◦ 균일한 관수기능 ◦ 관수량 조절	◦ 잉여복토재의 회수 기능 ◦ 복토량 조절 기능(로라의 작동속도량 조절)
6. 관수장치	◦ 균일한 관수 기능 ◦ 관수량 조절	◦ 노즐 또는 샤워형 ◦ 진행속도 또는 노즐 개수로 관수량 조절
7. 작업능력 검토	◦ 시스템 일관작업율 확대 ◦ 상토충진 - 진압 - 파종 - 복토 - 관수, 자동이송	◦ 자동파종기 능력에 따라 작업능률 결정 ◦ 드럼형 300트레이/시간 노즐형 150트레이/시간

1) 육묘시스템의 주요장비별 특성

가) 프러그묘 생산용 상토

상토는 크게 흙을 주재료로 한 것과 피트모스를 주재료로 한것, 그리고 기비를 넣은 것과 액비로 시비관리를 하는 것으로 나눌수 있다. 최종적으로는 우리에게 적절한 상토를 개발하는 것이 중요하다.

나) 프러그 트레이

모양, 크기가 다양하며 재질도 경질 poly, 연질 poly등 여러가지가 생산되고 있어 선택을 신중히 하여야 한다. 현재 한국 공정육묘 협회에서 표준 규격을 28×56Cm으로 정하여 사용하고 있다.

트레이의 선정에 주의할 점은 ① 트레이와 파종기의 관계는 중요하므로 파종기가 결정되면 기종에 적합한 트레이를 선정하여야 한다. ② 이후 묘발기와의 호완성에서도 트레이 선정에 신중을 기하여야 한다. ③ 트레이 하부에 있는 배수구는 묘의 생육과 직접적인 관계가 있으므로 구멍의 크기, 균일성이 매우 중요하다. ④ 그외에 재질, 형태, 내구성, 운반성, 가격, 안정공급 그리고 이후 고려되어야 할 자동정식기와의 적응가능성 등 여러가지 검토가 필요하다.

다) 상토혼합기

상토의 혼합기능과 분쇄기능을 독립적으로 가진기종이 대부분이며 일부기종은 혼합과 분쇄 기능을 동시에 가진 단일 기종도 있다. 그리고 육묘공정 라인에 비연속성으로 구성되어 있는것이 있는 반면 연속 혼합장치로 설계되어 있는 기기도 있다. 이와같이 여러가지 형이 있을 수 있으므로 선택에 충분한 검토가 필요하다. 더욱이 상토의 배합종류에 따라 비중에 차이가 많은 재료를 서로 혼합하여야 할때 균일혼합성능의 검토도 필요하다.

라) 상토충전기

트레이에 상토를 채우는 기기로서 충전방법에 따라 여러가지 기종이 있다. 기종의 선택에 있어서 일반적으로 고려되어야 할 사항을 보면 다음과 같다.

① 사용되는 상토의 물리성에 충분히 적응력을 가져야 한다. ② 상토 충전의 균일성, 상토의 적정 경도, 습도, 불순물에 대한 대책을 검토하여야 한다. ③ 상토 홉퍼의 용량 및 상토 공급방식 ④ 처리능력 ⑤ 시스템 라인에의 적응성 ⑥ 프러그 트레이 전용 또는 다목적용 여부 ⑦ 기기의 내구년한 등 세심한 검토가 필요하다.

마) 상토 진압장치

파종작업을 하기전에 트레이에 충전된 상토의 경도를 일정하게 하고 종자가 셀의 중앙에 파종되도록 상토를 진압한다. 상토의 경도가 균일하지 않으면 함수량 및 건조정도가 달라 습도가 고르지 못하여 묘의 생육이 불균일하게 된다.

또 상토의 충전량이 트레이 높이 보다 약간 낮아야 한다. 만약 충전량이 많으면 관수시에 복토 공간이 없어져 종자의 유출 또는 복토가 유출되게 되며 또한 충분한 관수가 이루어지지 않는다. 이것이 발아 관리면에서 중요한 요인이 된다.

바) 파종기

파종기를 유형별로 보면 ① 진공식과 진공식이 아닌 것 ② 코팅종자 전용과 범용인 것 ③ 자동화 라인에 적용이 되는 것과 아닌 것으로 구분할 수 있다. 구조면에서는 ① 종자를 흡인판 방식으로 파종하는 타입, ② 종자를 노즐 팁으로 파종하는 타입 ③ 종자를 드럼 방식으로 파종하는 타입, ④ 코팅종자 전용타입에서 보여지는 요혈방식 및 혈개판을 2매 겹쳐 슬라이드식으로 종자를 떨어뜨리는 타입, ⑤ Seed feeder와 광센스를 이용한 변형된 타입으로 구분할 수 있다.

이와같은 형식 및 구조면에서 다양한 파종기가 있으므로 파종기의 선정에는 여러가지 관점에서 검토된후 결정하여야 한다. 주요 내용을 보면 다음과 같다.

종자의 종류 즉 나종자, 코팅종자, 종자의 크기 및 모양 등에 따라 선택하되 범용성이 큰것이 고려되어야 하며, 파종 속도, 조작의 편리성, 자동화 라인에 적응성, 프러그 트레이와의 관련성등도 검토되어야 하며 내구성 및 가격도 주요한 요인이 될 것이다.

종자는 작물의 종류에 따라 크기, 외피의 형상등이 다양하여 정밀도가 높고 범용성이 큰 파종기라 할지라도 모든 종자를 파종할 수는 없다. 또 종자 종류 및 이용목적에 따라 파종별 특수한 전용 키트가 준비되어 있으므로 사전에 이에 대한 검토가 필요하다.

그리고 파종기의 설비시에는 설치장소의 먼지, 습도, 광, 바람, 진동, 수평도, 작업성 등을 충분히 고려하여야 한다.

사) 복토기

파종후에는 작물에 따라 복토를 하여야 한다. 시스템화된 육묘장치에는 자동적으로 복토를 하게 된다. 현재 이용되고 있는 전용 상토에서는 흙이나 모래등을 복토재로 사용할 수 없다, 이때는 주로 시판되고 있는 전용복토용 버미규라이트를 이용하

고 있다.

아) 관수장치

파종후의 관수는 시스템 라인상에서 자동관수되어 바로 발아실에 넣는 경우가 일반적이다. 이때 시스템특성 또는 작물의 발아조건에 따라 수량, 수압, 수질등을 변화시킬 필요가 있고 충분한 관수를 위하여 2차는 3차 관수까지 회수를 늘려 줄 필요가 있다.

자) 발아실, 재배실

작물별 품종 및 재배조건에 따라 온도, 광, 습도, 탄산가스, 관수, 관비, 베드의 형태, 베드의 이동대차등 여러가지를 고려하여야 한다. 온도관리는 보일러, 온풍, 전열선 등의 방식이 있으나, 기본적으로 기부는 따뜻하게, 상부는 선선하게 유지하여야 한다.

발아실의 기본요건은 일제히 발아가 이루어지도록 온도, 습도등 제반 환경조건을 정확히 제어할 수 있어야 하며 또한, 묘의 단기저장, 변온처리에 의한 발아촉진, 종자의 휴면타파 등에도 이용될 수 있어야 한다.

육묘실은 품종 마다 재배조건, 재배량에 맞추어 하우스 규묘, 베드의 형태, 온도관리, 시비관리, 묘의 운반장치등 묘생육의 최적환경조건, 시설이용의 효율성, 노동력 절감효과 등을 충분히 고려하여 시설활용을 최대화할 수 있는 방안이 검토되어야 한다.

2) 자동파종시스템의 규격과 특성 비교

가) 외국의 공정육묘 시스템 라인의 구성기기별 규격 및 특성

표 3.9 외국의 공정육묘 파종시스템의 특성비교

제품명 / 구성기기명	규격 및 특성	
	Kyowa Green System (일본)	Niagara System (미국)
◦ 용토혼합기 (Soil Mixer)		
모델명	KYM-2 type	TWISTES 1
용량	0.7m3, 1.4m3	0.76m3
전원	AC220V 3상, 63Hz	AC220V 3상, 60Hz
크기	1,750×1,400×1,000mm	2,030×810×1,520mm
기능	각종 용토 혼합 가능	피트모스 사용 위주

<계속>

제품명 구성기기명	규격 및 특성	
	Kyowa Green System (일본)	Niagara System (미국)
◦ 용토충진기		
(Potting Machine)		
모델명	KYM-1 type	134
전원	AC220V 3상, 60Hz	AC220V 3상, 60Hz
변속능력	가능(10 50m/min)	불가
답압여부	가능(빠름)	가능(느림)
진동여부	가능(빠름)	가능(느림)
기능	일반포트, Plug tray 등 다용도	Plug tray 사용 위주
◦ 자동파종기		
(Automatic Seeder)		
모델명	S1802-T(Hamilton), 블랙모아	NIAGARA
전원	AC220V 3상, 60Hz	AC220V 3상, 60Hz
전용노즐키트	S26N14 0.14ф × 1립씩 외 3종과 종자컵 S-055L 외 1종	0.006inch외 2종
콤프레샤	GN-2N	42792 Dayton
기능	나종자, 코팅종자 및 세립에서 대립종자까지 파종가능	무코팅, 코팅 및 일반종자도 가능
◦ 자동관수 장치		
모델명	KYC-C type	149
호스직경	15 19mm	20mm
관수능력	30 50ℓmin	0.17 0.58ℓmin
수압	1kg/cm3 노즐	1kg/cm3 노즐
기능	세립샤워식으로 짧은 시간에 충분히 관수	분무식으로 관수량이 적다
◦ 복토기		
(Soil Covering M)	KYC-C type	
모델명	각종 용토의 복토 가능, 떨어지는 용토량 조절 가능	버미큐라이트로 복토가능, 떨어지는 량 조절 불가
기능		
◦ 전용대차		
(Plug tray exclusive cart)		
모델명	KYOWA	NIAGARA
크기	25×2Row = 50tray	18×5Row = 90tray

<계속>

제품명	규격 및 특성	
구성기기명	Kyowa Green System (일본)	Niagara System (미국)
◦ 발아실 (Germination Chamber)		
용량	Plug tray 200개 입고(소형)	Plug tray 400개 입고(중형)
크기	1,800×1,800×2,240mm	1,800×3,600×2,348mm
온도조절능력	2 35℃	8 25℃
습도조절능력	0 90%	80 95%
기능	변온관리가 가능하고 묘저장용으로 사용가능	변온관리가 줄가
◦ 액비혼입기 (Liquid fertilizer injector)		
모델명	ILM-7	NIAGARA
용량	3.6 7.6m3/min	160 300ℓ/min
혼합비율	350 1,200배	350 1,000배
필터규격	100mesh이상	60mesh이상
특징	이동자동식	고정자동식
◦ 묘발기 (Seeding disloader)		
기능	수동식인발형	수동식

나) 국내서 개발된 자동파종시스템의 기기별 특성

- 상토의 혼합 - 트레이 공급 - 충전 - 진압 - 파종 - 복토 - 관수 - 발아실 이송 작업으로 이루어지는 전체공정을 자동화 할 수 있도록 시스템화함. 72공트레이 150매/시간의 작업능률을 유지토록 개발됨.

(1) 상토혼합기

원심핀충돌방식, 수직로타리 충돌방식 등 연속형으로는 수분, 양액공급의 균일성이 확보되지 않아서 Batch 타입 로타리날 방식 혼합기도입

- 혼합시간단축 : 30분/Bathc → 20분/Batch
- 용량 : 500ℓ → 1,000ℓ

- 축회전수 : 20rpm
- 로타리날+1/4스크류 밴드방식을 시도한 결과 혼합완료 시간이 5분 정도
- 타이머에 의한 관수, 양액주입 및 혼합 시간 조절 가능

(2) 트레이 공급기

트레이의 인력공급에 1인의 작업자가 필요하여 이를 무인화함.

- 공압식- 트레이 1매 감지 및 분리
- 공급속도 조절 : 타이머
- 공급매수 계수장치 : 접점식 카운터
- 상토 충전기 전방에 설치가능 토록함.
- 최대 공급량 : 300매/시간
- 실패율 : 1% 이내

(3) 상토공급 및 충전기

- 체인 스크레이퍼방식 이송 콘베이어(가변속) : 상토공급, 여분상토 회수
- 상부저장호퍼 : 트레이 충전전 균일량 제어, 트레이 감지(광센서)
- 확산 및 표면 조절용 브러쉬 : 표준 트레이 높이에 따라 상하 조절
- 자동운전방식 : 트레이 통과시만 충진, 에너지 절감
- 작업능력 : 420장/시간
- 트레이 가장 자리 상토제거 브러쉬 부착, 진동충격 장치
- 보조구 사용 : 화훼용 화분에도 충전가능
- 불완전 충전율 : 2%이내

(4) 상토진압기

- 상토진압기 종류 : 전판동력압축식, 무동력롤러식, 1열동력압축식
- 전판동력압축식 : 작업속도 가장 빠름, 파종기 작업속도와 연계하면 쉬는 시간이 많음, 트레이 종류별 압축판의 교체로 비용 상승
- 무동력 롤러식 : 트레이 종류별 롤러 구비(중비용 가능), 압축균일성 저조 및 트레이 찌그러짐 발생
- 1열동력압축식 : 타종기와 연계하여 1열씩 압축이동, 가장 경제적이고 제어 간편.
- 광전스위치에 의한 자동 제어 조작

- 작업능력 : 1열동력압축식 150매/시간

  전판동력압축식 : 600매/시간

  무동력 압축식 : 150매/시간

(5) 파종기

◦ 드럼형 파종기는 작업속도(300트레이/시간)가 노즐형(180트레이/시간)보다 빠르지만 고추파종시 파종율은 72%로서 노즐형(95%)에 비해 저조하고, 드럼형은 종자형태에 따라 선택적이나 노즐형은 가능종자의 범위가 크다.

◦ 노즐형 파종기의 특징과 사양

- 진공흡입, 압축공기 배출조작
- 니들을 이용 (주사기 바늘)
- 흡입압력 조절장치 (종자별 적정압 조절)
- 광전선서에 의한 트레이 1열감지 및 파종작업제어
- 1열작업기와 연동작동
- 트레이 규격에 따른 노즐대 교체형
- 노즐막힘 방지 장치 : 압축공기 일시 분출(종자 배출직후)
- 국내 표준트레이(10여종) 및 지피포트, 페이퍼트레이 겸용

(6) 복토기

- 광전 switch에 의한 트레이 인식 및 복토작업
- 브러쉬롤러 방식 복토기, 복토량 조절 : 간격제어, 청소용이 구조
- 파종기와 연동 또는 단독 구동형
- 복토 잔량 회수 버스켓 도입
- 트레이 무복토비율 : 3% 이내
- 복토편차 : ± 0.004g
- 작업능률 : 300트레이/시간

(7) 관수기

- 노즐형 : 균일관수 불량, 복토유실
- 샤워형 : 균일 충분관수
- 관수량 조절 : 일정압력 살수 및 트레이 진행속도 조절
- 광전센서에 의한 트레이 인식 및 관수작업
- 관수성능 : 노즐형 : 셀 평균 관수량 1.33cc 일 때 편차 ± 1.5cc

샤워형 : 편차 8%

- 작업능률 : 300트레이/시간

(8) 이송콘베이어

- 파종완료 후의 트레이의 적대대로 이송하는 장치
- 무동력, 이송방향, 높이, 길이 임의 설치형 : 고무바퀴지지대, 자바라 롤러식

마. 반자동파종기의 구성요건

1) 평판형 반자동 흡입식 파종기

육묘공장에는 자동라인 파종시스템을 도입하여 상토 충전부터 관수까지 일관 작업화하여 시간당 표준트레이 150매 이상을 처리할 수 있는 기종이 필요하다. 그러나 소규묘 농장에서는 소량의 종자를 손쉽게 파종할 수 있어야 한다. 이를 위하여 취급이 간편하며 구조가 단순한 파종기를 개발하였다.

가) 파종기의 설계구조

- ◦ 알루미늄판재에 종자흡입용 구멍이 있고 아래에는 손잡이를 설치하고 손잡이 중앙에 진공펌프와 연결되는 후렉시블 호스가 설치되어있다.
- ◦ 판재 부분의 단면은 2중 절곡으로 홈을 만들어 파종되지 않는 여분의 종자를 외부로 떨어뜨리지 않고 보관할 수 있는 저장부가 있다.

그림 3.2. 평판형 반자동 흡입식 파종기 설계치수

(도면 생략)

사진 3.1 평판형 반자동 흡입식 파종기

(사진 생략)

- ◦ 진공 해제용 발눌림 스위치를 두어 종자가 트레이 셀의 정위치에 가면 파종 개시의 진공해제 작동은 발눌림 스위치로 가능하다.
- ◦ 트레이의 셀수에 따라 파종판을 교체하여야 한다.
- ◦ 작업이 종료되었을 때 파종판 위에 남은 종자를 보관용기로 다시 회수할 수 있는 공기흡입식 회수 장치가있다.
- ◦ 충전된 상토를 균일하게 할 수 있도록 진압용 요철판을 만들고 이 진압

기는 스프링장치 지지물위에 있어 충전된 트레이가 정위치에 왔을 때 아래로 누르면 1회 동작으로 진압시킬 수 있다.

나) 구동방법

- ◦ 상토가 충전, 진압된 트레이를 준비
- ◦ 파종하고자 하는 종자를 종자흡입용 알미늄 판재에 쏟는다.
- ◦ 손잡이의 스위치를 켜면 진공펌프가 작동하여 파종판의 구멍을 통하여 흡입한다.
- ◦ 종자가 규정된 모든 구멍에 흡입될 수 있도록 파종판을 좌우로 두세번 흔든다.
- ◦ 종자의 100% 흡입을 확인하고 대기시킨 트레이 셀과 일치시킨다.
- ◦ 셀의 정위치에서 발눌림 스위치를 이용 진공압을 해제시켜 파종한다.
- ◦ 이때 파종되지 않는 여분의 종자는 판재 곡부에 모이게 되므로 다음번 파종에 활용한다.

2) 파종형식별 비교

표 3.10. 파종기의 형식별 특성비교

구 분	드 럼 형	노 즐 형	평 판 형
특 징	· 파종속도가 빠르다 · 트레이 규격에 상응한 드럼의 교체작업 불편 · 드럼의 제작비 높음 · 흡입구의 청소 불편 · 종자특성에 따른 파종율의 변동 폭이 큼	· 파종속도가 늦다 · 모든 종자에 대응하여 파종율이 높다 (니들교체) · 트레이 규격에 상응한 노즐대 제작비가 낮다	· 자동화가 어렵다 · 작업이 번거럽다 · 결종확인 가능 · 가격은 중간 · 규격판 제작비가 높다 · 종자특성에 따른 파종율 변동 폭이 크다

<계속>

구 분		드 럼 형	노 즐 형	평 판 형
자동화 적응		중간	높음	낮음
파종율	원형종자	80 90%	95 98%	85 90%
	장방형 종 자	75 83%	90 98%	60 82%
	납작형 종 자	60 75%	86 98%	50 74%
작 업 능 력 (128공)		최대 420매/시간 표준 300매/시간	최대 180매/시간 표준 150매/시간	최대 150매/시간 표준 100매/시간

바. 파종기의 규모 산정

◦ **나종자, 코팅종자등 종자형태 따라 선택**

- **나종자 전용 : 일반형태 종자 파종율 높음, 종자 저렴, 파종기 가격 중가 저가**
- **코팅종자 전용 파종기 : 대량 고속파종에 적합 (10트레이/분), 출아율 증진, 종자 고가, 파종율 높음**
- **코팅종자, 나종자 겸용 : 파종기 고가, 종자 저렴, 파종율 다소 낮음(나종자)**

◦ **파종기 성능 : 2매 /분이 표준**

◦ **파종기 성능이 필요능력의 50%를 초과할 경우에는 증설(종자변경, 기계고장 등에 대비),**

◦ **기계고장에 대비 2종류 설치가 바람직하다. 그러나 능력에 따라 반자동파종기를 비치하여 대응**

예) 종자를 10일간 1만 트레이를 파종할 경우

- **파종기 능력 : 2매/분×60분×6시간 = 720매 ----- 1일 파종능력**
- **10,000 매 ÷ 720매/일 = 13.9일--------------- 파종소요 일수**
- **2대 도입 13.9일 ÷2대 = 6.9일 ---------2대 도입시 가동율 70% 정도**
- **2대 도입시에는 겸용방식과 나종자 전용 파종기를 각각 1대씩 도입하는 것이 바람직**

제 2 절 plug묘 보급의 문제점과 양질묘 구비조건 및 수요예측

1. 우리나라 육묘현실과 plug묘 보급의 문제점

가. 육묘 현실

1) 육묘의 기술 수준이 낮아 수량 및 품질 향상의 제한 요인으로 작용
   - 10ha당 수량이 일본에 비하여 오이와 토마토는 50%수준, 딸기는 65%수준으로 매우 낮음

2) 이농 현상의 가속화로 농촌 노동력 절대부족 및 노령화 현상 심화
   - 급격한 노임 상승 및 악성 노동 회피 현상 가속

3) 인건비 상승으로 매년 육묘 비용이 급격히 증가하고 있음
   - 육묘 노력의 과다로 생산비의 상승

4) 과채류의 생산성 및 품질 불량으로 국제 경쟁력이 낮음
   - 생산성 : 한국 70-80%, 일본 80%이상
   - 품질 (상품성) : 한국 70%, 일본 80%이상

나. 공정묘 보급을 위한 과제

프러그묘 도입시 산지에서는 상당한 문제들이 야기된다. 농가는 묘를 구입 이용하므로 육묘의 정신적 부담이 경감되고, 발아 및 관리가 어려운 정식묘와 대목의 묘구입이 용이하며, 정식시의 상처가 경감될 수 있어 효과적이다. 그러나 초기에는 묘의 생장일수들이 파악되지 않아 정식일에 정확히 맞출 수가 없었으며, 또한 대목을 구입한 농가에서는 접수와 접목적기가 맞지 않아 많은 문제점이 있을 수 있다. 그리고, 정식묘의 납일 기일이 예정보다 빠를 경우 생산지에서 육묘시설을 가지고 있지 않아 문제가 발생한다. 또 생산지에서는 묘 가격이 조수입의 10%이상으로 높아져 묘가격이 그 한계점에 올 경우를 생각해야한다.

또한 대량의 묘를 밀식상태로 유통하여야 하므로 이상기후등에 의한 출하의 지연, 재배농민의 포장준비 지연등에 의한 피해 발생이 일어나지 않도록 항상 밀접한 연계를 가져야 한다. 프러그묘를 이용하는 재배농민 측에서는 묘의 특성을 잘알고 적기에 정식하여야 하며, 정식까지 수일이 걸릴 경우에는 반드시 액비를 시용하여 생육조건을 유지시켜야 하며, 정식을할때는 심는 깊이, 적당한 답압, 관수등에 세심한

주의를 하여야 한다. 그리고 묘의 크기에 알맞은 시비관리등 기술적인 문제들이 뒤따라야 한다.

현재 일본에서 유통되고 있는 프러그묘의 보급율은 60% 이상으로 상당히 높으며 매년 신장율이 증가되고 있으나 묘의 구입 가격이 생산비의 10% 혹은 그 이상으로 경영비 상승에 요인이 되고 있어 경영비 부담율을 낮출 수 있는 방안이 검토되고 있다. 예를 들면 상토의 저렴화로 묘생산단가를 낮추는 동시에 본포에 정식이 자동화 될 수 있도록 하며, 생력효과를 더욱 높여 노동력이 부족한 채소 생산 농가에 경제적 실효성을 제공할 수 있도록 한다. 이와 같이 지금보다 부가가치를 더욱 높일수 있을때 프러그묘의 보급은 확대될 수 있을 것이다.

다. plug묘의 도입효과

1) 관행육묘의 비효율성

자가묘의 개별생산 즉 관행육묘 방식의 문제점은 첫째 육묘기간이 길 뿐만 아니라 배지소요량도 많고 소재가 불균일하며 무균상태도 아니다. 따라서 넓은 공간의 육묘시설을 필요로 하고 관리면에서 비용이 많이 소요되었으며 위험요소도 많았다. 이에따라 묘소질은 불량하고 생산단가가 높았다.

둘째 포트가 크고 무거워 운반 운송 및 기계화가 곤란할 뿐만 아니라 정식시 뿌리가 손상되므로 활착에 어려움이 많았다.

셋째 농가 개별육묘에서는 관리기술의 수준이 낮고 규모가 영세하여 자재와 시설여건이 불량하므로 적정 생산환경의 조성이 곤란하여 육묘노력이 많이 들고 묘소질이 불량해지며 연중 안정적인 육묘가 불가능해지며 때문에 작물 및 작형의 다양화 극대화 추세에 부응하기 어렵다.

넷째 부족한 농촌노동력 현실을 감안할 때 너무도 많은 노동력이 집중되고 세심한 주의와 신경을 요하는 작업으로 많은 어려움을 받게 된다. 따라서 이러한 여러 요인들이 생산비의 상승과 생산성의 저하로 이어지게 된다.

2) 공정육묘의 이용효과

건실한 묘를 안전공급할 수 있는 공정육묘의 이용효과는 첫째 농민들이 복잡하고 까다로운 육묘작업으로부터 정신적 육체적으로 해방될 수 있으며 재배에만 전념할 수 있다.

둘째 안정성이 높은 전문육묘시설에서 균일한 묘를 생산하므로 묘의 대량확보와

공급이 용이하다.

셋째 동·하절기와 같이 육묘가 곤란한 시기의 육묘, 육묘가 까다로운 작물의 육묘, 육묘기술이 부족한 경우에도 적절한 육묘환경의 조성과 기술을 토대로 건전한 묘를 안정적으로 공급받을 수 있다.

넷째 모종의 수송과 정식 등이 지금까지의 관행묘에 비해 손쉽게 이루어지므로 시간과 비용면에서 노동생산성이 높아지게 되며 그 결과 재배자들의 여가가 창출된다.

표 3.11. 공정묘와 관행묘의 비교

구 분	공정묘(플러그묘)	관 행 묘
육묘시기	연중 안전육묘 가능	동절기, 하절기 육묘 어렵다
정식시기 맞추기	좋다	어렵다
노동력 비교	-	전체노동력의 15%
묘 균일도(묘소질)	양질묘, 규격묘	불균일, 불량묘 비율 높음
파종속도와 정확성	빠르고 잘된다	느리고 어렵다
발아율	95%이상	80 85%
종자허비정도	적다	많다
육묘배지	20㎖/주	300㎖/주
묘의 서엉	빠르다	느리다
묘의 수송성	쉽다(장거리 및 수출가능)	어렵다
정식시 상처	극히 적다	크다
묘의 생산성	2,000 9,000주/평	500 1,000주/평(6cm포트)
육묘환경	최적환경 조성 가능	환경어려움(저온다습, 약광 등)
육묘작업	기계화, 자동화	인력
육묘노력	-	35시간/10a(노지고추의 경우)
정식작업	기계화, 자동화	인력
묘상 공간이용률	100%	-
병의 확산	적다	크다
환경수분조절 필요성	더 필요	덜 필요
유묘시기 자재비용	많다	적다
숙련기술	꼭 필요	보통

다섯째 시설 및 포장의 이용효율도 높아질 수 있으며 품종과 작부계획이 정확하게 결정되기 때문에 시장동향의 파악과 이에 대한 대응도 용이하다.

여섯째 원예식물의 묘는 작물의 종류에 따라 이식성이 서로 조금씩 다른 특성이

있는데 플러그묘는 이식이 쉽고 정식의 기계화가 용이하여 활착이 잘되어 정식 후의 생육이 순조롭게 진행된다.

일곱째 육묘기간이 짧고 적은 양의 가벼운 상토를 이용하므로 생산비도 자가생산묘에 비하여 낮으며 수송도 쉽고 효율적일 뿐만 아니라 수송이 체계화되어 있어 수송중의 상처나 기타 스트레스를 적게 받아 양호한 생육을 기대할 수 있다.

이처럼 관행육묘에서 공정육묘로의 전환은 국내외 농업여건의 변화와 함께 반드시 도입 정착시켜야 하는 필수조건이다. 앞으로는 좀더 많은 육묘관련기술의 개발로 오랜기간 전통적으로 행해져온 개별농가수준의 육묘를 산업차원으로 끌어올리고 이를 토대로 안정된 육묘산업의 기반을 구축하고 더 나아가서는 각 원예작물의 생산성을 높이고 품질을 향상시켜 국제경쟁력을 높이는데 큰 의미가 있다.

2. 양질의 공정묘 구비조건과 이용방법

가. 우량묘의 특징

일반적으로 우량묘는 본포의 조건에 잘 적응하여 생산성이 높은 것, 품종의 특성을 잘 나나태고 균일한 것, 병충해가 없는 것 등을 말한다. 또한 공정묘는 트레이에 결주율이 낮은 것을 들 수 있다.

근분 형성이 안되어 뽑을 때 흙이 부서지거나, 뿌리가 끊어지거나, 또는 뿌리가 너무 많이 돌아 변색하거나, 지상부가 연약도장하고 잎이 빽빽하여 겹치거나 하면 공정묘로서는 실격이다.

결주율이 높으면 인접묘의 유무에 따라 균일성이 떨어지고 묘수확인에도 불편하다. 특히 기계를 이용한 자동정식의 경우에는 본포의 결주와 연관되어 인력으로 다시 보충을 해주어야 하는 등 큰 문제가 된다.

나. 유량묘의 평가방법

작물의 종류, 작형, 용도 그리고 트레이의 종류에 따라 최적묘의 기준이 달라지므로 각각의 평가기준을 세워 둘 필요가 있다.

이 경우 평가항목은 보통의 묘조사 경우에서와 같은 잎수, 초장, 최대엽장, 엽폭, 지상부중량 등 외에 근군형성률(묘를 뽑았을 때 뿌리가 끊어지거나 흙이 부서지지 않고 셀모양대로 빠져나오는 비율), 붕괴율(일정 높이에서 묘를 떨어뜨렸을 때 붕괴되는 묘의 비율) 및 결주율 등이 추가된다.

그외에도 묘의 균일성이 중요시된다. 우선 목표치와 허용폭을 정해두고 묘출하전에 평가하여 불합격품은 다른 조치(묘를 바꿔 끼거나 보충, 가격변경, 폐기 등)를 취해야 한다.

육성한 묘를 기계로 자동이식하거나 접목에 이용하는 경우의 평가는 훨씬 더 엄격해야 한다.

기계이용에 적합한 기준치를 사전에 파악해 두고 부적격묘가 생산되지 않도록 작업계획에 맞추어 우량묘 생산에 한층 더 노력해야 할 것이다.

3. 국내 공정묘 수요전망과 생산량 예측

가. 공정묘의 이용 실태 분석

공정묘에 대한 수요는 1차적으로 공정묘의 수요자(재배농민)가 공정묘에 대한 정보를 어느 정도 알고 있느냐에 의해 좌우될 것이다. 다음은 농가가 제공받는 정보를 바탕으로 농가 및 농장의 내부 여건과 외부여건을 탐색 및 평가하여 공정묘 구입, 일반묘 구입, 자가육묘라는 선택에 이르게 된다.

이러한 선택 이후에는 실행결과를 평가, 다시 선택하는 순환의 과정에 이르게 되며 이러한 과정에서 공정묘에 대한 수요가 형성되어질 것이다.

일반농민이 공정묘에 대하여 어느정도 알고 있는지 132명에게 설문조사한 내용을 보면 조사농가의 20%가 공정묘에 대해 듣거나 본적이 없어 공정묘에 대하여 모르고 있다. 나머지 80%는 공정묘에 대해 알고 있다 하여도 44%가 장단점을 정확히 알지 못하였다.(표 3.12)

표 3.12. 공정묘에 대한 인지도

(단위 : 호)

계	모름	약간 알다	적당히 알다	자세히 알다
132 (100)	26 (20)	58 (44)	22 (17)	26 (20)

공정묘 수요를 유발시킬 수 있을 정도로 공정묘의 장단점 등을 알고 있는 농가는 37%에 불과하여 공정묘의 구입방법이나 가격 등 구체적으로 알고 공정묘 구입 문제에 대하여 탐색, 평가가 있었던 농가는 20% 정도인 것으로 나타났다.

따라서 공정묘에 대한 수요확대를 위해서는 일반농가가 공정묘에 대한 정보를 보다 쉽게 접할 수 있도록 업체의 적극적인 홍보가 필요한 것으로 판단된다.

공정묘의 구입 및 미구입 사유에 대한 설문조사 결과 공정묘를 구입한 농가의 공정묘 구입사유는 정식노력 절감을 이유로 하는 농가가 34%로 가장 많은 것으로 조사되었으며, 작목별로는 구입사유가 약간 다르다(표 2.13.)

표 3.13. 공정묘 구입 이유

(단위: %)

구　분	계	묘소질	가격	정식노력	시험재배	판매처	기타
평　균	100	18	0	34	16	11	21
노지고추	100	5	0	25	35	25	10
시설고추	100	53	0	35	6	0	6
노지배추	100	0	0	42	5	5	47

시설고추 농가의 경우 53%가 공정묘의 묘소질이 좋기 때문에 공정묘를 구입한 것으로 조사되었는데 이는 공정묘의 효과에서 논의된 바와 같다. 배추농가는 대규모로 경영을 하는 경우가 많으며 이들은 묘소질 보다는 정식노력절감에 보다 많은 관심이 있었다.

노지고추 농가는 35%가 공정묘의 실험적인 재배를 위해 공정묘를 구입하고 있는 것으로 나타났다. 이는 노지고추의 경우 공정묘의 유리성이 아직 뚜렷하지 못하기 때문이며 공정묘 이용의 대중화를 위해서는 공정묘 육묘기술과 공정묘의 정식후 비배관리, 물관리 등 재배기술에 대하여 보완할 사항이 많은 것으로 판단된다.

일반농가가 공정묘를 구입하지 않는 이유에 관한 설문결과 31%가 공정묘에 대하여 잘 모르기 때문에 구입하지 않았으며 도한 판매처 및 구입방법 등을 몰라서 공정묘를 구입하지 않은 농가가 각각 12%, 7%로 결국 50%의 농가가 공정묘에 대한 정보의 부재로 구입하지 않았다(표 3.14).

표 3.14. 공정묘를 이용하지 않는 이유

(단위 : 호)

계	정보부족	품질	가격	판매처	구입방법	기타
109(100%)	34 (31)	18 (17)	28 (26)	13 (12)	8 (7)	8 (7)

나. 공정묘의 수요전망

공정묘를 이용할지 않는 이유는 정보부재, 가격, 묘소질로 나누어 볼 수 있다.

이중 정보부재는 업체나 협회의 적극적인 홍보가 요망되는 사항이다. 공정묘의 묘소질과 관련된 문제는 현재 시설채소의 추대발생, 노지배추의 가뭄시 위조, 시설토마토의 1화방에 기형과 발생, 노지고추의 수확기 지연과 모든 작목에 있어서 정식시기 지연시 묘의 조기노화 등이 있으나 이는 공정묘의 보급 역사가 짧아 발생하는 문제로 점차 해결이 가능한 문제이다.

묘의 가격문제는 공정묘 수요에 결정적 요인이 된다. 공정묘 가격은 연차적으로 물가상승에 따라 비용상승 등으로 높아질 것이나 일반묘의 생산비는 노임부문의 비중이 커서 공정묘에 비해 비용의 상승 폭이 더욱 커지게 될 것이다.

이러한 비용의 차이로 농가는 연차적으로 공정묘 가격에 대하여 현재보다 상대적으로 낮게 인식하게 되며 이로 인하여 공정묘 수요량은 계속 증가될 것으로 생각된다.

다. 국내 공정묘 생산량 예측

앞서 언급한 것처럼 원예작물에 있어 육묘는 아직도 경험을 많이 필요로 하고 세심한 주의가 필요한 작업이며 경우에 따라서는 단 하루도 지연되어서는 안되는 작업이기도 하다. 게다가 육묘이후에도 많은 노동력이 필요하며 육묘기간은 전작의 수확기와 겹치는 경우도 많다. 또 재배자는 수비자로부터 품질의 다양화, 품질의 고급화, 규격화를 요구받고 있으며 경영자로서는 규모를 확대하고 생산비를 절감하여야 하는 요구를 받고 있다.

따라서 원예작물재배에 있어서 질 좋고 저렴한 묘의 안정적인 공급은 생산성의 향상은 물론 여러가지 제한적인 사회적 환경에 대응하여 원예작물 생산기술의 효율화 또는 합리화라는 측면에서 매우 중요한 사실로 인정되고 있다.

'96년 말 우리나라 주요채소의 재배면적은 오이, 수박, 참외, 딸기, 토마토 등의 과채류가 81,485ha, 고추를 포함한 양념채소가 121,496ha, 이 밖에 배추, 양배추, 상추 등 육묘가능한 채소류의 재배면적이 85,380ha이다. 따라서 이들 채소재배에 소요되는 묘를 50% 보급할 경우 총소요량은 70억본 정도가 된다. 또 화훼류 및 기타 도입가능작목도 약 80억본 정도이다. 이중 약 30%의 육묘량이 프러그묘 육묘방식으로 대치된다면 프러그묘 시장은 약 27억본 정도로 육묘산업의 시장은 잠재력이 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 실제 1,500평 규모의 단위 공정육묘장이 년간 1,500만본

정도의 묘를 공급한다 하여도 이러한 시설이 180**여개 정도가 필요하다고 볼 수 있다. 뿐만아니라 이들 작물의 육묘수요도 시설의 고정화, 주년 이용에 따라 주년화되므로 매년 꾸준한 증가가 이루어질 전망이다.**

표 3.15. **우리나라의 채소묘 잠재 소요량 추정치** ('96**년말 재배면적 기준**)

작 목	재배면적 (ha)	재배주수 (주/10a)	묘소요량 (천주)	프러그묘 30%(천주)	보급율에 따른 소 요 량 50% (천주)
◦ 엽채류					
배 추	48,008	3,300	1,584,264	475,279	792,132
상 추	6,625	5,500	364,375	109,312	182,187
양배추	5,974	3,500	209,090	62,727	104,545
소 계	60,607	-	2,157,729	647,318	1,078,864
◦ 과채류					
수 박	39,270	360	141,372	424,116	70,686
참 외	10,679	800	85,432	256,296	42,716
오 이	7,191	3,000	215,730	64,419	107,365
호 박	7,259	900	65,331	19,599	32,665
토마토	4,044	2,400	97,056	29,117	48,528
딸 기	7,143	8,000	571,440	171,432	285,720
가 지	713	1,800	12,834	3,851	6,417
풋고추	4,767	3,330	157,311	47,193	78,655
멜 론	419	1,250	5,237	1,571	2,618
소 계	81,485	-	1,351,743	405,442	675,736
◦ 양념채소류					
고 추	90,762	3,300	2,995,146	898,544	1,497,573
양 파	9,661	40,000	3,864,400	1,159,320	1,932,200
파	21,073	15,000	3,160,950	9,482,850	1,580,475
소 계	121,496	-	10,020,496	3,340,165	5,010,248
◦ 양채류	473	3,000	14,190	4,257	7,095
기 타	24,300	2,000	486,000	145,800	243,000
소 계	24,773	-	500,190	150,057	250,035
총 계	288,361	-	14,030,158	4,209,047	7,015,079

표 3.16. 1,500평 육묘온실에서 연간 생산할 수 있는 작물별 묘종의 수 추정

작 물	묘령(일)	트레이 크기(수)	연간생산횟수	연간 생산량(주)
고 추	60	128	5	13,440,000
참 외	30	72	8	12,099,600
오 이	30	72	8	12,099,600
수 박	35	72	7	10,587,271
토마토	30	128	8	21,504,000

그러나 공정육묘에 의한 묘공급 체계는 단순히 독자적인 기술로서 육묘라는 부분에 한정하여 받아들이기 보다는 채소생산에 있어서 다른 요인들과의 유기적 관계로 받아들일때 보다 나은 성과를 기대할 수 있고, 나아가서는 전문적인 생산 경영체를 중심으로 하는 생산력의 발전으로 이어질 수 있을 것으로 생각된다. 즉 프러그묘 생산 및 이용체계의 효율성은 채소 생산체계 전반과 유기적으로 연결될 때 극대화 될 수 있을 것이다.

제 3 절 양질plug묘 생산을 위한 파종여건 구명

공정묘(플러그묘)의 주년 건전묘 생산을 위하여는 생육단계별 관리, 생육조절, 병해충방제, 묘생산적 관리, 정식후의 묘생육등 여러분야의 검토가 필요하다. 우리의 기후조건과 육묘생산시스템에서의 상토개발, 액비의 조성 주요작물들의 재배기술 확립등이 필요하다.

본장에서는 이상의 문제점들을 해결할 수 있는 공정묘 생산의 재배기술적인 자료분석 결과와 시험결과들을 기술하고자 하였다.

1. 공정묘의 생육단계와 종자 및 발아

가. 공정묘의 생육단계 구분

공정묘는 생장과 발달과정에 따라 다음의 네가지 단계로 나눌 수 있다 (Lieberth, 1990). 제 1 단계는 종피로부터 유근이 돌출되는 단계로 다량의 산소와 다량의 수분이 요구되므로 이 시기에는 관수를 하되 상토가 지나치게 과습해 종자의 산소 요구도를 불충족시키지 않도록 주의할 필요가 있다. 주로 복토를 하고 발아실내의 상대

습도를 높여 종자 주위의 수분손실을 억제시키는 방법이 널리 쓰이고 있다. 균일하고 조속한 발아를 위해서 복토는 버미큘라이트나 펴얼라이트와 같이 수분을 많이 흡수하지 않는 물질로 하여 산소의 공급이 원활하게 하고 발아실내의 상대습도를 포화 상태에 가깝게 유지시켜서 종자로 부터의 수분손실을 최대한 억제시켜 주어야 한다. 우리나라의 대부분의 공정묘 생산온실에서는 아직도 제 1 단계에 최적한 환경을 조절할 수 있는 장치의 미설치 또는 부적절한 이용으로 인한 발아율의 저하 및 불균일한 발아가 많다. 제 2 단계에서는 뿌리가 토양속으로 들어가고 줄기와 떡잎이 출현한다. 뿌리의 산소 요구도가 증가하므로 관수량을 감소시킬 필요가 있다. 이 시기에도 포그를 이용하거나 다른 방법을 이용하여 상토로부터의 수분손실을 억제시켜 주는 것이 좋으나 불균일한 발아의 원인이 배지내의 수분부족때문이라는 판단하에 배지에 지나치게 과습하도록 관수하여 상황을 더 악화 시키는 경우도 종종 있다. 제 3 단계는 본엽이 출현하여 발달되는 본격적인 성장시기다. 그리고 제 4 단계에서는 묘종이 수송, 이식 및 저장에 적합한 크기에 도달한다. 그리고 작물마다 최적한 발아온도등은 실험을 통해 많이 밝혀져 있다<표 3.17>.

공정묘 생산에서 가장 중요하고 결정적인 단계는 제 1 단계와 제 2 단계인데 이 기간 동안의 수분, 산소, 온도 및 광 조건이 공정묘 생산의 승패를 크게 좌우한다. 참고로 미국의 Koranski(1989) 박사가 추천하는 고추에 있어서의 단계별 적정환경은 아래의 <표 3.18>과 같다.

표 3.17. 주요 채소류의 종자 무게당 입수, 발아환경 및 발아 소요일수

채소종류	10g당 입수	발아광조건	발아토양적온범위	발아최적온도	발아소요일수
가 지	-	-	24 - 32	30.0	-
고 추	1,500	명 또는 암	18.5 - 35	30.0	6 - 14
당 근	-	-	7.5 - 29.5	27.0	-
멜 론	300	명 또는 암	24 - 35	32.0	3 - 10
상 치	8,800	명	5 - 27	24.0	5 - 7
수 박	100	명 또는 암	21 - 35	35.0	4 - 14
시금치	-	-	7 - 24	21.0	-
양배추	-	-	7 - 35	29.5	-
양 파	3,000	명 또는 암	10 - 35	24.0	6 - 10

<계속>

채소종류	10g당 입수	발아광조건	발아토양적온범위	발아최적온도	발아소요일수
오 이	350	명 또는 암	11 - 35	35.0	3 - 7
토마토	3,300	명 또는 암	16 - 30	30.0	5 - 14
파슬리	-	-	10 - 30	24.0	-
호 박	-	-	21 - 35	35.0	-

표 3.18. 양배추, 고추 및 토마토의 단계별 환경관리 (Koranski, 1989)

단계	복토	온도(℃)	상대습도(%)	소요일수	시비(ppm)	총소요주수
1	유	21 - 24	90 - 95	5 - 7		
2	무	21 - 24	80 - 85	7 - 10	무	
3		18 - 21		10	100, 1회/주	
4		16 - 17		7		4 - 5

제 1, 2단계에서 상토가 지나치게 습하거나 저온하에서는 모잘록병의 발생이 조장된다.

나. 종자와 발아: 종자발아의 조건은 양질의 종자, 수분, 산소, 온도 (광)을 들 수 있다.

1) 평판 좋은 회사로부터 종자를 구입하고 값싼 종자에 현혹되지 말것.
2) 프라이밍(priming) 등의 특수 처리가 된 종자들은 일반적으로 값은 비싸지만 투자가치가 높음(Conrad, 1992; Karlovich, 1992).
3) 많은 종자는 프라이밍 처리를 하면 발아 속도와 발아 균일도가 크게 향상됨.
4) 발아하는 종자의 수분흡수는 수시간내에 종결됨(필요이상의 관수 억제).
5) 발아시 수분 스트레스는 주로 흡수후에 일어나며, 느리고 불균일한 발아 유발.
6) 상토의 건조와 고EC 및 낮은 공중 상대습도가 수분 스트레스의 주요인임. (Karlovich등, 1989)
7) 종자의 저장과 보관은 2-4℃에서 원래 포장지내에서 하는 것이 가장 안전함.
8) 종자를 오래 보관하는 것은 좋지 않으므로 필요한 양을 제철에 사서 쓰고, 장기간 저장되었던 종자는 발아율 시험을 해야함<표 3.19>.

표 3.19. 몇가지 채소 종자가 적절한 환경하에 보관되었을때 발아력을 유지하는 최대 기간

채소의 종류	발아력 유지기간(년)	채소의 종류	발아력 유지기간(년)
가 지	5	고 추	3
당 근	3	무	4
멜 론	5	상 치	5
수 박	5	시금치	4
양 파	1	양배추	4
오 이	5	토마토	3
파슬리	2	호 박	4

2. 공정묘의 생육에 영향을 주는 환경요인

공정묘의 생육에 영향을 주는 생물적(biotic) 및 비생물적(abiotic) 환경요인들은 아래와 같이 요약할 수 있다. 이들 중에 배지의 물리성과 같은것은 한번 사용되면 육묘 전기간 동안 전혀 바꿀수 없는 것들인 반면 시비나 관수 요소들은 재배기간 중에 변경의 여지가 충분히 있다. 육묘농가, 특히 초보자는 쉽게 바꿀수 없는 부분들에 대하여는 최선의 것들을 선택할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

가. 지상부 기후 환경

1) 온도 : 최저, 최고, 평균, 주야간 차(DIF)
2) 광 : 파장, 일장/야장, 광합성유효방사(PAR), 광조사방향
3) 공기 : 이산화탄소, 산소, 수증기(수분포텐셜), 유해가스(에칠렌등), 바람의 유무

나. 지하부(상토내) 환경

1) 물리적 환경 : 온도, 수분 및 삼투포텐셜, 가스와 액체의 확산도, 전단응력, 견고도와 치밀한 정도, 상토의 구성물질, 상토(셀)의 부피
2) 화학적 환경
- 무기영양: 농도, 유용도와 고갈속도, 용해도, 이온들간의 상대적인 비율
- 유기물질의 구성과 공급정도, 첨가약제
- pH
- 산소, 이산화탄소와 기타 가스
- 이온 확산도와 고갈 속도

- 식물분비물

다. 공정묘용 트레이

육묘용 플러그 트레이는 모양, 크기, 트레이 하부에 있는 배수구 및 상부표면에 있는 통기구의 구멍의 크기와 균일성, 그리고 재질, 형태, 내구성, 운반성, 가격, 공급의 안정성 및 자동정식기에의 적응가능성, 모양, 색깔, 크기, 깊이, 두께, 가스, 수분투과성, 광·열 전도성, 재사용 횟수 등 여러 가지를 검토해야 한다.

라. 트레이내의 상토, 공기 및 수분함량 등에 영향을 주는 요인들

마. 생물적 요인 : 종자의 질, 인접식물, 같은 식물내의 부분들, 잡초나 이끼류 등의 경쟁식물, 병원균과 오염 미생물, 공생(유용)생물, 식물분비물(효소 등)

바. 재배방식: 관수, 병충해 방제, 환경조절 등

3. 육묘용 트레이 규격과 생육

육묘용 플러그 트레이는 모양, 크기가 다양하며 재질도 경질 poly과 연질 poly 드등로 성형되고 있다. 현재 한국공정육묘 협회에서 표준 규격을 28 × 56cm로 정하여 사용하고 있다.

가. 플러그내의 상토, 공기 및 수분함량에 영향을 주는 요인들

셀의 모양별 영향을 주는 환경요인 및 몇가지 내용을 보면 다음의 표와 같다.

표 3.20. 플러그판 구수와 형태별 상토 소요량

플러그판당 구수	구당 부피 (cm3)	트레이당 부피 (ℓ)	플러그판당 구수	구당 부피 (cm3)	트레이당 부피 (ℓ)
406 원형	3.5	1.4	242 사각	9.0	2.2
406 사각	3.4	1.4	200 원형	9.0	1.8
406 깊은 사각	4.25	1.7	200 사각	11.0	2.2
288 사각	6.4	1.8	128 사각	25	3.2
288 깊은 사각	9.00	2.6	72 원형	30	2.2

표 3.21. 플러그용 상토, 셀의 크기 및 깊이가 상토내 수분 및 공기함량에 미치는 영향

		피트/버미큘라이트	굵은 플러그용상토	중간 굵기 플러그용 상토	고운 플러그용 상토
48구 트레이	수분함량(%)	80	64	71	79
	공극(%)	7	10	4	2
273 트레이	수분함량(%)	85	70	75	81
(2..5cm 깊이)	공극(%)	2	4	1	0.3
273 트레이	수분함량(%)	82	65	72	80
(5cm 깊이)	공극(%)	6	9	3	1

상토의 구성성분과 플러그셀의 크기별 용수량과 공극율, 그리고 플러그셀에 상토 채우기와 취급방법에 따른 수분 보유량과 공극율 정도를 다음 표에서 볼 수 있다.

표 3.22. 상토의 구성성분과 플러그 셀의 크기별 공기와 수분함량

배지 구성분	288구		648구	
	용기용수량(%)	공극(%)	용기용수량(%)	공극(%)
스패그넘 피트	87	1.8	88	0.4
버미큘라이트 #2	64	8.8	69	4.1
1 피트 : 1 버미큘라이트	85	2.8	87	0.5
1피트 : 3 버미큘라이트	74	4.2	77	1.2
3피트 : 1버미큘라이트	87	2.9	89	0.6

표 3.23. 48구 트레이에 상토 채우기와 취급방법에 따른 수분함량과 공극의 차이

채우는 방식		거친상토	중간상토	고운상토
채우고 솔질	유효수분(%)	45	48	42
	무효수분(%)	19	23	27
	공극 (%)	10	4	2
채우고 눌러 다시	유효수분(%)	37	40	41
채움	무효수분(%)	27	29	32
	공극 (%)	3	0.3	0.2

나. 셀의 크기와 생산속도<계산 예>

묘를 생산하기 위해 어느 크기의 셀을 쓸 것인가는 여러 가지 요인에 의하여 결정되겠지만 참고로 288구 트레이에서 발아시켜 3주간 육묘 후 72구 트레이에 가식하는 경우와 72구 트레이에서 계속 육묘할 경우의 묘생산 소요시간과 면적은 <계산 1>과 같다. 계산상 두 경우 모두 종자의 평균 발아율은 92%이고 묘의 출하 또는 포장에의 정식까지는 공히 9주일이 소요된다고 가정한다. 물론 전자의 경우에 후자보다 육묘초기의 재식밀도가 높아 단위면적당의 생산할 수 있는 묘수가 증가한다. 계산결과 전자의 경우가 후자의 경우 보다 총소요 면적주 일수면에서 25% 더 적어 경제적이다. 그러나 플러그벤치와 이식후 재배할 벤치 중 어느 것의 공간이 더 이용 가능한가에 따라서, 또한 가식에 필요한 인건비의 대소에 따라서 실제적인 경제성 차이는 줄어들 것이다. 또한 전자의 경우 가식시 72구 트레이를 빈틈없이 채울 수 있으므로 보식에 필요한 인건비에도 차이가 있다.

<계산 예 1> 288구 트레이에서 3주간 육묘후 가식할 경우와 72구 트레이에서 연속 육묘할 경우의 묘 생산 소요시간과 소요면적 비교

- 288구 트레이에서 3주간 육묘후 72구 트레이에 가식할 경우
  - (1) 플러그 벤치상에서
    플러그 판당 면적×판수×육묘기간=1,540cm²×1판×3주일=4,620cm² 주일
  - (2) 이 묘종들을 72구 트레이에 이식하여 6주일을 더 재배하면
    288구 트레이를 72구 트레이로 옮겨야 하므로 4개의 72구 트레이 필요
    1,540cm²×4 트레이×6주일 = 36,960cm² 주일
  - (3) 총 소요면적과 소요시간=4,620cm² 주일+36,960cm² 주일=41,580cm² 주일

- 72구 트레이에서 연속 육묘할 경우
  플러그판당 면적×판수×육묘기간=1,540cm²×4판×9주일=55,440cm² 주일

800구 짜리와 400구짜리를 썼을 경우의 묘 생산 소요시간과 소요면적을 계산해 보면 아래의 <계산 2>와 같다. 계산상 두 경우 모두 종자의 평균 발아율은 96%이고 묘의 출하 또는 포장에서 정식까지는 공히 10주일이 소요된다고 가정한다. 물론 800구짜리의 플러그판을 쓸 경우에 400구짜리를 썼을 경우보다 단위 면적당의 식물밀도를 크게 증가시켜 식물체당 필요한 공간이 줄어들고, 2주 일찍 이식을 해야한

다. 계산결과 400구 짜리판 2개를 쓸 경우에 800구짜리 하나를 쓸 경우보다 총 소요면적주일수가 21.7% 더 적어 경제적이다. 그러나 플러그벤치와 이식후 재배할 벤치중 어느 것의 공간이 더 이용 가능한가에 따라서 경제성은 차이가 있을 수 있다.

<계산 예 2> 800구와 400구 플러그판을 썼을 경우의 묘생산 소요시간과 소요면적 비교

- 800구짜리 플러그판의 경우
  (1) 플러그 벤치상에서
  플러그 판당 면적×판수×육묘기간=1,540cm2×1판×3주일=4,620cm2 주일
  (2) 이 묘종들을 48구짜리판에 이식하여 7주일을 더 재배하면
  800구×0.96(발아율)=768묘, 768묘÷48구/판=16개의 48구짜리 판
  1,540cm2×16판×7주일=172,480cm2 주일
  (3) 총 소요면적과 소요시간=4,620cm2주일+172,480cm2주일=177,100cm2 주일

- 400구짜리 플러그판의 경우
  (1) 플러그 벤치상에서
  플러그 판당 면적×판수×육묘기간=1,540cm2×2판×5주일=15,400cm2 주일
  (2) 이 묘종들을 48구짜리판에 이식하여 5주일을 더 재배하면
  800구×0.96(발아율)=768묘, 768묘÷48구/판=16개의 48구짜리 판
  1,540cm2×16판×5주일=123,200cm2 주일
  (3) 총 소요면적과 소요시간=15,400cm2 주일+123,200cm2주일=138,600cm2 주일

4. plug묘 생산을 위한 상토 특성과 관수방법

가. 상토의 구비조건

1) 상토의 선택시 고려사항

가) 재료의 유용도　　나) 물리·화학성(통기성, 흡습성, EC, 산도 등)
다) 균일성　　라) 유독성물질 함유여부
마) 염류집적정도　　바)사용의 편리함
사) 안정된 묘생산의 반복 가능성

2) 상토의 소독

가) 화학적 소독법

(1) 장점 : 매우 효과적, 모든 생물체(잡초종자, 곰팡이, 세균, 선충류)를 죽임

(2) 단점 : 가격, 인체와 식물에 유독, 처리후 통기시간 김, 잔류약제에 민감한 식물 및과 천적과 길항균등을 사멸시킴

(3) 사용약제 : 클로로피크린, 포름알데히드, 메칠브로마이드, 에칠다이브로마이드

나) 증기소독법

(1) 장점 : 저렴, 인체에 무독성, 처리시간 짧고 효과적, 처리후 즉시 사용가능

(2) 단점

- 일부 병원성 미생물 생존 ──> 재오염된 미생물의 급속 증식
- NH_4^+ : 암모니아화 미생물은 생존하나 질산화 미생물은 사멸되므로, 황산칼슘(석고나 과인산)을 첨가하면 감소
- Mn독성: 석회를 첨가하면 감소
- 가용성염(P, K, Mn, Zn, Cu, B등) 증가, 석고와 과인산은 안전, 소독후 비료첨가
- 보수력의 감소
- 증기발생기 필요

(3) 방법 : 소요열량은 상토의 조직과 수분함량에 따라 상이, 수분함량이 많아지면 소모 열량 증가, 제일 낮은 곳의 온도가 83℃에 도달후 30분간 더 소독

3) 상토의 pH 조절

가) pH = -log[H+]

나) pH는 무기영양의 유용도와 미생물의 활동에 영향, 최적 토양 pH는 5.8-7.0

다) 토양 pH 높이기: 석회석($CaCO_3$, $CaCO_3$와 $MgCO_3$가 혼합된 돌로마이트등) 첨가

라) 토양 pH 낮추기: 황(S), 황산알미늄, 황산철 등 첨가

4) 상토 담기의 사용방법

가) 상토담기 - 포트나 플러그 트레이에 담을때 절대로 눌러지 말고 상토를 걷어내는 정도로만 다질것 (가장 이상적인 상토담기는 상토충진

기를 이용하여 균일한 충진과 작업의 생력화를 기하는 것임)

(예) 10kg(90ℓ)포대 기준

- 25공 연결 포트(26cm×26cm)의 경우는 50개 정도 담을것
- 128공 표준 플러그 트레이(54cm×28cm)의 경우는 28개 정도 담을 것

나) 파종 - 상토충진 후 파종부를 적절히 답압시킨 후 파종할 경우는 따로 복토를 할 필요없이 관비함. 상토 충진후 평면상에 파종할 경우는 균일한 복토를 실시한 후 관비하거나 관비후 균일한 복토를 실시한다.

다) 파종후 관비 - 파종후 적정농도로 희석된 액비를 관비할 때 포트 또는 트레이 밑으로 약간 스며올때까지 행한다. 이때 관비에 의해 상토의 자연적 다짐이 다소 일어남.

라) 복토 - 복토가 필요할 경우 상토 또는 버미큘라이트로 종자가 보이지 않을 정도로 복토한다. 복토할때도 상토의 다짐이 크게 일어나지 않도록 주의하여야 한다(자동복토기를 이용하면 편리하고 균일한 복토가 가능함).

마) 관비 - 관수 또는 반드시 적정농도로 희석된 액비로 할 것.

바) 발아 - 발아적온을 유지하여야 하며 특히 공중상대습도를 포화상태로 높여 상토 수분손실을 최대한 줄여야 한다.

사) 발아후 - 종자의 유근이 돌출되어 발아가 되면 가급적 빨리 자연광을 쬐도록 하고 공기 중 상대습도를 높게 유지시키는 반면 상토가 지나치게 과습하지 않도록 관수를 제한하여야 한다.

아) 일반관리 - 육묘온도는 15-20℃로 관리하여 저온감응에 의한 화아분화를 막아야 한다. 특히 저온기 육묘시 12℃이하가 되지 않도록 보온에 힘써야 한다.

- 육묘기간중 진딧물에 의한 바이러스 감염 예방에 만전을 기하여야 한다.
- 육묘기간은 25-30일로서, 본잎이 5-6매 일 때 정식하는 것이 묘의 활착에 좋다.

나. 육묘용 상토의 특성

상토는 양질묘의 생산에 적합한 물리성, 화학성 및 생물적 특성이 적절한 자재로 만들어져야 하며, 이는 곧 육묘에 가장 기본이 되는 요소라 할 수 있다. 육묘용 상토가 갖추어야하는 기본적인 기능은 다음과 같다. 첫째, 작물에 필요한 적절한 양수분을 보유, 유지하여야 하며, 둘째, 뿌리에 필요한 산소를 공급하고 이산화탄소를 원활하게 배출할 수 있는 가스의 교환기능을 수행할 수 있어야 하며, 셋째, 뿌리의 보호 및 작물체를 지지하여야 한다.

위와 같은 기능을 원활하게 수행하기 위해서 상토는 다음과 같은 조건을 구비하여야 한다.

① 물리성 측면에서 통기성, 보수성, 흡수력 및 투수속도 등이 적절하여야 하며 이러한 성질은 육묘중에서도 가급적 변화되지 않고 유지되어야 한다.

② 화학성 측면에서 pH가 안정되고 적정범위를 유지해야 하며, 불균형한 무기성분 함량이 적고, EC가 낮으면서 적정한 양분을 보유하여 생육조절이 용이할 뿐만 아니라, 양이온 치환용량(CEC)이 높아 우수한 보비력을 갖추고 장기간 저장에도 안정하여야 한다.

③ 생물성 측면에서는 무병 무충이면서 잡초종자가 섞이지 않아야 한다.

④ 작업성 측면에서는 가비중이 적어 가벼워 취급이 용이하고 수송성이 좋은 자재라야 한다.

⑤ 경제성 측면에서는 저렴하고 매년 동질의 자재수급이 가능하여야 한다.

그러나 작은 용기를 이용하는 플러그 육묘용 상토는 위의 조건 외에도 아래와 같은 기능성이 추가되어야 한다.

① 입자의 크기나 형태가 서로 다른 재료가 쉽게 혼합되어야 하며, 혼합의 균일성, 트레이의 충전능력이 용이하여야 한다.

② 이식시에 근군 발달이 다소 부족하여도 근괴(성형도)가 파괴하지 않는 자체 결합력을 가져야 한다.

③ 정식후 포장의 토양과 잘 융합하여 상토내로 양수분 흡수가 용이하게 이루어지므로서 뿌리 활착이 잘되어야 한다.

1) 육묘용 상토의 화학성, 물리적 특성의 검토

가) 상토의 화학적 특성

상토의 화학적 특성에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 pH, EC 및 무기이온의 균

형과 양이라고 할 수 있다. 일반적으로 사용되고 있는 상토의 pH및 EC의 범위는 <표 3.24>와 같다. pH는 관행으로 이용하는 일반 토양상토에서는 pH 5.8 - 7.0범위이고, 공정육묘전용 무토양상토에서는 pH 5.4 - 6.5범위로 토양상토가 다소 넓다. 플러그 육묘용 상토는 기비가 첨가되어 있지 않고, 기타 화학성만 조정되어 있어 <표 3.24>에 나타난 EC 경우보다 훨씬 낮은 것이 일반적이다.

표 3.24. 제조 및 시판상토의 pH 및 EC 범위

구 분	pH	EC (mS/cm)			
		1 : 5 (w/w)	1 : 2 (v/v)	1 : 5 (v/v)	SPE[z]
토 양 상 토	5.8 - 7.5	0.5 - 2.0	0.5 - 1.25	0.25 - 0.6	2.0 - 4.0
무토양 상토	5.4 - 6.8	1.0 - 1.5	1.0 - 1.75	0.5 - 0.9	2.0 - 4.0

z : 포화점토법

작물별 상토의 적정 pH 범위는 <표 3.25>에 나타난 것처럼 작물에 따라 pH 범위가 다르다. 따라서 상토의 pH 교정이 잘 못되었거나 수시로 변화가 심할 경우에는 작물에 여러가지 영양장해 증상이 유발될 수 있다. 상토의 pH가 7.0 이상이면 식물이 이용하기 어려운 불용성 염류 등이 발생하게 되어 인산 및 미량요소 결핍을 유발하기 쉽고 지나치게 낮은 pH에서는 Ca 및 Mg 등의 흡수가 나빠져 이에 대한 결핍증이 유발될 수 있다. 또 지나치게 pH가 높거나 낮은 경우에는 뿌리의 발육도 저하된다.

표 3.25. 작물별 상토의 적정 pH 범위

상토의 pH 범위	작 물
pH 6.0 - 6.8	- 아스파라거스, 시금치, 셀러리, 멜론, 양파, 완두, 근대
pH 5.5 - 6.5	- 고추, 오이, 토마토, 상추, 배추, 브로콜리, 양배추, 파슬리, 호박, 딸기
pH 5.0 - 5.5	- 수박, 감자, 고구마

상토는 비료염의 농도가 적정 범위를 유지해야 하는데 비료염의 농도가 너무 높으면 상토내에 비록 충분한 양분이 있어도 작물이 흡수하지 못하고 뿌리의 발육이 저하되며, 심하면 위조가 나타나게 된다. 특히 유묘는 염류농도에 민감하므로 더욱

주의해야 한다.

염류농도(EC)의 해석은 측정방법 및 상토재료의 종류에 따라 달라지는데 <표 3.26>은 측정 방법별 EC 해석 기준을 나타낸 것이다. 따라서 EC 측정시는 상토의 물리성에 따라 적절한 방법을 선택해야 하는데 무토양 상토에서는 포화점토법이 많이 이용되고 있다. 그러나 최근에는 관수 1-2시간 후에 상토를 채취하여 거즈로 짠 용액을 직접 분석하는 것이 빠르고 간편한 방법으로 알려져 있다.

표 3.26. 측정방법 및 상토종류에 따른 EC(mS/cm)의 해석 기준

희 석 배 율			포화점토법 (토양 및 무토양)	해 석 기 준
1:2(v/v)		1:5(v/v)		
토양상토	무토양상토	토양상토		
0.00 - 0.25	0 - ?	0 - 0.1	0.00 - 0.75	◦ 양분 불충분
0.26 - 0.50	? - 1.0	0.10 - 0.25	0.76 - 2.00	◦ 관수시 마다 양분공급이 필요한 수준
1.0		0.50	-	◦ 이식이나 삽목시 최대수준
0.51 - 1.25	1.00 - 1.75	0.26 - 0.60	2.0 - 4.0	◦ 대부분 작물의 육묘에 적정
1.26 - 1.75	1.76 - 2.25	0.61 - 0.80	-	◦ 활착한 식물체에 적절
1.76 - 2.00	2.26 - 3.50	0.81 - 1.00	4.0 - 8.0	◦ 농도장해가 우려되는 범위
2.0이상	3.5이상	1.0이상	8.0 이상	◦ 장해범위

<표 3.27>는 현재 우리나라에서 제조되는 관행속성상토 및 시판 무토양 상토에 있어서 N, P, K함량 및 CEC를 나타낸 것이다.

속성상토는 규격화된 재료 특히 유기물의 구입이 곤란하여 양분 함유량이 매우 다양하며 CEC도 낮다. 관행의 속성토양 상토는 유기물 자재의 양 및 종류에 따라 비료함량의 범위가 넓어 규격화가 매우 어렵다는 것을 알 수 있다.

우리나라에서 시판되고 있는 대부분의 무토양 상토는 피트모스 또는 코이어를 주 재료로 한 상토가 가장 많은데 비료함량이 제조회사에 따라 매우 다르다. 비료함량이 많을 경우 생육 조절이 어렵고 간혹 장해가 발생하는 경우가 있다. 특히 과채류 플러그용 상토일 경우는 비료함량이 적은 상태에서 액비로 조절하는 것이 바람직하다.

표 3.27. 우리나라 시판상토의 무기양분 함량(mg/l)

구 분	N	P_2O_5	K_2O	CEC(me/100g)
속성 토양상토	150 - 500	500 - 1,500	250 - 400	11 - 40
시판 무토양상토	120 - 200	90 - 500	130 - 400	30 - 120

현재 육묘농가에서 주로 이용되는 무토양 상토는 펄라이트, 지오라이트, 모래 등 몇가지 광물질에 피트모스, 코이어 등의 유기물을 섞어 배합제조한 상토로서 제조회사에 따라 다소 차이가 있다. 질소 함유량은 상품에 따라 큰 차이가 없으나 인산 및 칼리는 제품에 따라 차이가 큰 편이고 미량요소는 첨가한 것과 그렇지 않은 것이 있으며 흡습제가 들어있는 제품은 아직 없다.

그리고 상토내 함류되어 있는 양분함량을 정확히 표시하지 않은 상품들도 있어 사용시 주의하여야 한다.

또한 육묘농가는 자가제조 또는 시판상토를 이용할 경우 어느때나 동질의 상토를 꾸준히 사용하여 자신의 육묘관리에 대한 기술축적이 이루어져야 안정된 생산이 가능하다.

나) 상토의 물리적 특성

상토의 물리성은 대단히 중요한 요인 중의 하나이다. 특히 육묘용기의 크기가 점차 작아지는 플러그 육묘에서는 물리성의 중요도가 매우 높다. <표 3.28>은 현재 시판되고 있는 토양 및 무토양 상토의 물리성을 나타낸 것이다. 무토양 상토가 토양상토에 비하여 물리성이 매우 개선되어 있음을 알 수 있다.

표 3.28. 시판되고 있는 육묘상토의 물리성

구 분	가비중 (g/ℓ)	고상율 (%)	공극율 (%)	보수력 (mℓ/ℓ)	투 수 성	수분 (%)
토양 상토	0.6 - 1.0	40 - 50	50 - 60	500	불 량	30 - 40
무토양상토	0.2 - 0.5	10 - 20	80 - 90	600 - 700	양 호	15 - 30

상토의 물리성은 다음과 같은 요인에 의해 달라질 수 있다.

① 상토를 구성하는 재료의 성분에 따라 다르다. 예컨데 펄라이트의 혼합비율이 증가하면 가비중이 낮아지고 공극율이 증가되어 배수성을 높이며, 버미큐라이

트는 공극율은 낮아지나 보수성을 좋게 하는 등이다.

② 구성재료 입자의 크기에 따라 다르다. 상토재료 입자의 크기가 작으면 충전은 균일하게 할 수 있으나 통기성, 배수성이 나빠진다.

③ 용기의 묘양 및 크기도 물리성에 큰 영향을 미친다. 상토의 통기성은 원형보다는 각형이 좋으며, 높이가 낮은 것보다는 높은 것이 좋고, 그리고 용기가 큰 것이 작은것보다 통기성이 양호하다.

④ 충전시의 진압정도에 따라 다르다. 진압강도가 세면 공극율이 저하하고 배수성이 나빠지게 된다.

⑤ 충전전 수분상태도 물리성에 영향을 미친다. 일반적으로 상토를 충전하기 전에 상토의 수분함량을 적절하게 유지하는 것이 통기성을 좋게 하는데 이것은 혼합시 상토가 적당한 입단을 형성하도록 해주기 때문이다.

상토의 수분 첨가량은 상토중량의 150-200%(피트모스 상토)로 하는 것이 적당하나 이것은 상토재료의 종류나 혼합비율에 따라 달라질 수 있다. 상토내 수분이 부족한 상태에서 파종후 과다관수를 실시하면 상토가 가라앉아 입단형성이 나빠지고 결국 공극율이 저하하게 된다.

2) 공정육묘 상토의 주요 자재와 특성검토

일반적으로 상토의 주된 소재는 피트모스, 코이어(코코넛 섬유), 왕겨, 훈탄, 부엽, 바크, 부숙톱밥 등과 같은 유기물 자재와 펄라이트, 버미큐라이트, 입상암면, 입상스티로폼, 지오라이트, 마사토 및 산적토 등의 무기물 자재로 나눌 수 있다. 육묘상토는 이들 자재를 2종 이상 혼합하고 여기에 석회, 생물활성제, 산 및 흡습제 등과 같은 개량제를 섞어 만든 것이다. 따라서 좋은 상토를 만들기 위해서는 사용되는 자재의 이화학성 및 생물성을 정확하게 파악하여 두는 것이 중요하다.

가) 유기물 자재의 특성

상토에 사용되는 유기물 자재는 우선 분해에 대한 안정성이 있어야 한다. 즉, 상토로서 혼합된 뒤 분해작용이 일어나는 것은 바람직하지 못하다. 그것은 미생물의 분해작용에 따라 상토가 저장 유통과정이나 재배중에 이화학성의 변화가 일어나기 때문이다.

예컨데 유기물의 분해작용에는 미생물이 관여하고 이 과정에서 분해가 이루어지는 탄소량의 1/30 정도의 질소가 필요하다. 이때 C/N율이 높고 분해가 빠르며 부숙이 완료되지 않은 유기물 자재를 쓴 경우 충분한 질소시비를 하였다 하더라도 작물

재배시 탈질현상이 나타나는 경우가 많다. 이러한 경우에는 상토의 이화학성 변화는 물론 계획적인 시비에 의한 생육조절도 매우 어려워진다. 그러므로 상토의 유기물 소재는 C/N율이 낮은 것이 바람직하며 높은 소재는 부숙과정을 통하여 C/N율을 낮춘 뒤 사용하는 것이 바람직하다. 또한 C/N율이 높다하더라도 왁스나 리그닌 등과 같은 난분해성 물질이 있어 분해가 서서히 일어나는 것이 바람직하다. 볏짚이나 갈대는 C/N율이 높아 분해가 빨리 일어나는 대표적인 유기물 중의 하나이다.

그리고 유기물 자재는 이화학성이 우수하여야 한다. 유기물은 상토의 구성소재 중 가장 많은 부피를 차지하므로 물리성면에서는 보수력 및 자체 결합력이 우수하여야 하며 가볍고 작업성이 좋아야 한다. 화학성 면에서는 pH가 안정되어야 하고, CEC가 높아 좋은 시비효율을 갖는 것이 무엇보다도 중요하다. 이 밖에도 유해성분의 용출이 없으며 가능한 자체에 함유된 무기성분이 적어 시비조절이 용이한 것이 좋다.

나) 무기물 자재의 특성

무기물 자재는 유기물 자재의 단점을 보완할 수 있는 이화학적 특성을 갖추어야 하며 가볍고 값이 저렴하여야 한다. 또 일반적으로 보수성, 통기성 및 배수성 등의 물리적 특성이 우수하고 양이온 치환용량이 커서 보비력이 우수한 것이 좋다. 현재 가장 많이 이용되고 있는 무기물 자재는 주로 광물질을 가공한 것들이 주종을 이루고 있다.

다) 주요 소재별 특성 검토

육묘 전용상토를 개발하기 위하여는 우리나라에서 주로 육묘재배를 하는 과채류를 포함한 채소류 작물과 연관시켜 생각하여야 하며, 또한 앞에서 언급한 상토의 적절한 이화학성과 생물적 특성이 고려된 자재의 선택 그리고 적절한 혼합비율이 중요하다.

공정육묘 상토에 이용되고 있는 몇가지 소재의 이화학적 성질과 소재별 재원 및 주요특성을 살펴보면 다음과 같다.

표 3.29. 상토소재별 이화학적 특성

상 토 재 료	pH	EC (mS/cm)	물리적 특이성	CEC (me/100g)	pH 안정성	고상율 (%)	공극율 (%)	가비중 (g/㎖)	보수량 (㎖/ℓ)
코 이 어	5.8- 6.4	0.4	투수성	60- 120	중	10	90	0.20	-
피 트 모 스	3.5- 5.5	0.35	보수성	75- 200	강	6- 10	90- 94	0.07- 0.28	650

<계속>

상 토 재 료	pH	EC (mS/cm)	물리적 특이성	CEC (me/100g)	pH 안정성	고상율 (%)	공극율 (%)	가비중 (g/㎖)	보수량 (㎖/ℓ)
피 트	5.5-	-	보수성	77- 128	강	5- 10	90- 95	0.10	650
훈 탄	6.0- 7.0	-	백수성	8- 12	약	5- 15	85- 95	0.12	-
펄 라 이 트	7.0- 8.0	0.11	배수성	0.15- 1.0	약	7- 20	80- 93	0.25	470
버미큘라이트	6.5- 7.5	0.55	보수성	15- 100	중	13- 24	76- 87	0.2- 0.3	590
산 적 토	6.0- 7.0	0.40	-	-		≥32	≤67	0.8- 1.33	430

(1) 피트모스(peat moss)

우리가 피트모스라고 부르는 물질에는 여러가지가 있다. 피트모스나 부엽토는 일반적으로 적갈색이나 흑색을 띠며, 부숙과정이 상당히 진행되었기 때문에 대부분 작은 입자로 되어 있다. 여러 종류의 피트 중 피트모스는 분해정도가 덜 진행된 상태로서 다른 피트에 비해 입자가 크다. 또한, 쉽게 구할 수 있고 적절한가격 때문에 온실의 배양토로서 가장 많이 사용되는 유기물질이다. 일반적으로 무기성분의 함량이 아주 낮으며, pH는 산성을 띄고 있기 때문에 산도 조절을 위해 배양토 혼합시 석회질 성분을 혼합한다.

육묘용으로 이용되는 피트모스는 수생식물, 이끼 또는 습윤식물 등의 잔재물이 완전히 건조된 상태 또는 산성에서 부식이 진행되는 과정에 있는 것들이다. 따라서 상대적으로 병원균을 적게 보유하고 있고, 무게가 가벼우며, 보수성이 뛰어난 장점을 갖고 있다. 피트모스의 특성은 피트의 기원이 되는 식물의 종류, 부식의 진행정도, 무기원소의 함량 및 산성도에 따라 아주 다양하다. 피트에는 세가지 종류가 있다. 즉, 피트모스, 세지피트와 피트휴머스이며, Moss peat (우리가 흔히 피트모스라고 부름)는 세가지중 가장 부숙이 덜 진행된 것으로 건물중 기준으로 10배 정도의 수분을 보유하는 높은 보수성과 낮은 산도(pH 3.8 - 4.5), 낮은 무기 성분 함량(1.0%미만의 질소함량, 무인산 및 무칼륨)이 특징이다. 그러나 국내에서는 전혀 생산되지 않아 전량 외국으로 부터 수입하여 사용하고 있다.

(2) 코이어 (Coir, 코코넛 섬유)

코이어는 야자열매(*Cocos nucifera* L.) 과실의 중과피를 구성하고 있는 섬유질인데 주로 산업용으로 이용되고 있다. 산업용 코이어의 제조과정에서 나오는 코이어 가루는 지금까지 폐기물로 취급되어 왔으나 최근 원예용 배양토로서 활용 잠재력이

높아지고 있다. 코이어는 외관상 피트모스와 매우 흡사하고 옅은 갈색부터 진한 갈색까지 있으며 길이 0.2-2.0mm의 리그닌과 셀룰로스 입자들로 구성되어 있다.

코이어가 원예용 배양토의 구성성분으로 쓰일 수 있는 근거는 다음의 내용을 들 수 있다. 1) 나무가지, 잡초 및 병원균등에 대한 이물질의 오염이 적다. 2) 피트모스와는 달리 친수성이므로 초기 관수부터 수분을 쉽게 흡수한다. 3) 보수력과 배수력이 피트모스와 비슷하거나 그 이상으로 높다. 4) 피트모스보다 물리적 탄력성이 높고 유기물의 분해속도가 더디다. 5) pH, CEC 및 EC가 원예작물 재배에 적정한 범위내에 있다. 6) 피트모스 자원은 고갈되어 가나 코이어는 계속적인 생산이 가능하다. 이와 같은 이유로 호주와 유럽의 일부 국가에서는 무토양 배지로 코이어의 사용이 증가되고 있다.

최근 미국에서 실증한 코이어 효과를 보면 플로리다대학교의 Meerow 박사는 재배용기내에 피트모스, 쎄지피트, 또는 코이어를 주성분으로 한 배양토에서의 두가지 아열대 관상식물(Pentas, Ixora)의 생장을 비교한바 두 작물의 지상부와 지하부 건물중과 생장지수가 쎄지피트보다 코이어를 주성분으로 한 배지에서 높고 유의성이 있었다. 코이어와 피트모스에서는 Pentas의 생장에 차이가 없었다. Ixora의 생장지수와 지상부 건물중은 피트모스 배지보다 코이어 배지에서 더 낮았지만 지하부 건물중은 두 배지에서 차이가 없었다. 이는 아마도 코이어 배지에서 질소의 고갈로 인해 일어나는 것으로 보였다. 쎄지피트 배지는 실험 개시시에는 세가지 배지 중에서 최고의 공극률과 최저의 수분보지력을 나타냈지만 실험 종료시에는 완전히 역으로 최저의 공극률과 최고의 수분보지력을 나타냈으며, 세가지 배지중 코이어 배지가 가장 적은 변화를 보였다. 비록 작물에 따른 시비관리에 다소의 보완이 필요하겠지만 무토양 배지의 주성분으로서 코이어의 이용 효과를 잘보여준 예라 할 수 있다.

코이어도 피트모스와 같이 국내에서는 전혀 생산되지 않아 전량 수입에 의존하고 있으나 다행히도 코이어는 주산지가 스리랑카이므로 북미나 유럽이 주산지인 피트모스에 비해 해상 수송비가 상당히 적게 든다. 또한 코이어는 1) 피트모스와 매우 유사한 이화학적 특성을 가지고 있을 뿐 아니라 2) 피트모스의 생산 불안정에 대처할 수 있으며, 그리고 3) 국내 공급가격이 피트모스보다 저렴하기 때문에 코이어의 이용가능성은 매우 고무적이라 할 수 있다.

(3) 펄라이트 (perlite)

펄라이트는 배양토의 통기성을 증가시키기 위하여 많이 이용된다. 펄라이트의 중

요한 장점으로는 무게가 가벼워 수송면에서 유리하다. 펄라이트의 무게가 96-128kg/㎥인데 비해 모래는 1,600kg/m3 로서 약 20배 가까이 가볍다. 펄라이트는 규소(Si)성분을 함유하고 있는 화산암을 잘게 부순 후 약 982℃에서 고온처리 하여 흰 입자로 팽창시킨 것으로, 입자의 중간에는 구멍의 가장자리가 막힌 많은 공극을 갖고 있다. 관수시 물은 펄라이트의 표면에 흡착하게 되나 펄라이트 안으로 흡수되지는 않는다. 보통 자기 무게의 약 3-4배 정도 물을 함유할 수 있으며 원예용으로는 보통 직경 1.6-2.2mm의 입자가 사용된다. 펄라이트는 고온처리로 무균상태이고, 화학적으로 불활성이며, 무기양분도 함유되어 있지 않다. 양이온 치환용량(CEC)은 0.15me/100cc로서 무시할 수 있는 수준이다. pH는 약 7.5정도로써 배양토 제조시 많은 영향을 미치지 않는다. 가격면에서 다소 비싸기 때문에 전체 배양토중 사용되는 혼합비율은 물리 및 화학성과 가격을 고려하여 혼합량을 결정할 필요가 있다.

(4)버미큘라이트(vermiculite)

버미큘라이트는 운모형 광석으로 1,100℃정도의 열을 가하여 팽창시킨 것이며 화학적으로 Mg, Al, Si, P 등을 함유하고 있다. 버미큘라이트는 팽창되기전 용적밀도가 880-1,040kg/㎥인데 비해 열처리에 의해 팽창되면 110-160kg/㎥로 약 5배 정도 가벼워진다. 그리고 비교적 높은 양이온 치환용량(CEC)으로 인해 많은 무기원소를 흡착, 방출할 수 있는 능력이 크고, 높은 완충력으로 인해 pH가 쉽게 변하지 않으며, 무기원소의 이용도 또한 쉽게 변하지 않는다. 물을 흡수할 수 있는 량은 ℓ당 0.4-0.5ℓ 정도이며 원예용은 입자크기가 4등급으로 구분된다. No. 1은 입자 직경이 5-8mm, No. 2는 입자 직경 2-3mm, No. 3은 1-2mm, No. 4은 0.75-1mm로서 보통 재배용은 No. 2를, 육묘용은 No 4.를 이용한다. 결점으로는 팽창된 버미큘라이트는 잘 부수어지는 특성을 갖고 있으며 특시 수분을 보유하고 있을 때 압착하는 등 물리적인 충격을 가하면 부숴져 버미큘라이트가 갖는 독특한 물리 및 화학성을 잃게 되는 점이다.

(5) 입상암면(rock wool)

암면은 섬유물질이며 광석을 1,500℃에서 고온처리함으로써 합성된 것이다. 암면은 병원균이 없으며, 균일성을 갖고 있기 때문에 원예용 배양토의 구성성분으로 많이 이용되어 왔다. 그러나 최근에는 양액재배용 각형 암면은 폐기상 문제가 해결되지 않아 새로운 공해물질로 인식되어 부정적 인 면이 많이 부각되고 있다. 암멸은 친수성(hydrophillic)과 소수성(hydropholoic)의 두 형태로 생산되며, pH는 약 알칼리

성을 띄고 완충력은 거의 없는 것으로 알려져 있다. 양이온 치환용량은 무시할 수 있는 수준으로 낮기 때문에 무기원소를 흡착시킬 수 있는 능력이 거의 없으며, 높은 보수성과 통기성이 가장 큰 장점이라 할 수 있다.

표 3.30. 암면 종류별 화학 성분 (%)

구　　분	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	MnO_2	TiO	K_2O_2 Na_2O
금강암면(한국)	49	13	21	5	7	1	1	3
Grodan(덴마크)	47	14	16	8	10	1	1	3
일반단열재	40	17	31	2	7	-	-	3

(6) 훈탄

훈탄은 왕겨를 약 300℃정도에서 불완전 연소시킨 것으로 국내에서는 이 자원이 풍부하기 때문에 원예용 배지로 일부이용되고 있다. 그러나 훈탄은 다른 배지와는 다른 특성을 갖고 있기떠문에 그 특성을 확실히 파악한 후 이용하여야 한다.

물리적 특성을 보면 가비중이 0.15 전후, 공극율이 80% 전후, 잔액률이 40% 내외로서 보수성 및 통기성이 좋은 편이나, 모관수의 상승이 높지 않으므로 사용초기에는 습기를 충분히 보존 유지할 수 있도록 하여야 한다. 그리고 토양재배시 훈탄 육묘한 것을 정식하게 되면 모관수를 흙에 빼앗겨 건조하기 쉬우므로 관수에 유의해야하며 비료양분의 축적에 의해 식물체의 번무를 초래할 경우도 있다.

또한 화학성을 보면 규산함량이 약 50% 이상, 구용성인산이 0.78%, 칼리가 0.8% 이상 함유되어 있고 pH가 7.8-10.0으로 높다. 이것은 K와 Mg를 다량 함유 하기때문이며 물에 잘 씻어 pH 5.5 - 6.0을 조절하여 사용하거나, 황산 3,000배액으로 중화시켜 사용하여야 한다. pH의 안정성을 유지하는 Fe-EDTA를 물 1톤에 25g정도 녹인 후 이용하여도 좋으며, 훈탄 제조 과정에 목초액을 추출한 경우는 pH가 낮아지므로 측정 후 곧 바로 사용할 수 있다.

그외 색택이 검기 때문에 태양열의 흡수가 좋아 배지온도 상승효과가 높고, 작물의 뿌리털 발생이 많으며, 활성탄이므로 유해물질의 흡착력이 뛰어나 배지를 깨끗하게 하고, 또한 공생미생물의 활동이 활발하게 되어 병 발생을 경감시킬 수 있는 등의 장점도 가지고 있다.

다. 관수

채소류의 공정묘 생산을 위해서는 수동식으로 부터 컴퓨터가 장착된 첨단장치까지 다양한 형태의 관수방법이 이용되고 있다. Lucas(1991)와 Moor(1995)가 소개한 온실내에서의 플러그육묘를 위한 몇가지 관수방법을 이용하면 다음과 같다.

1) 수동식 관수

관수호스와 그 끝에 부착된 살수장치를 이용하는 방법으로서 가장 단순하고 저렴하며 다방면으로 이용할 수 있는 융통성이 가장 뛰어난 방법이나 이용자 측면에서 보면 관수에 관한 최고도의 지식이 요구되는 기술이다. 여러가지 채소류의 플러그묘를 재배하는 소형 온실의 경우 이 방법을 이용하면 관수자가 각 플러그 트레이마다 적당량의 물을 공급할 수 있다. 그러나 불행히도 수동식 관수법은 플러그 셀마다 동일량의 수분을 공급하는 것이 불가능하다. 그러므로 플러그묘의 종류에 따른 적정량의 수분을 차등적으로 공급할 수는 있으나 동일한 종류의 플러그묘가 재배되는 플러그트레이 내부의 셀과 셀간에는 수분의 균일한 공급이 불가능하다. 플러그묘 대량생산온실에서는 많은 노동력이 필요하므로 비효율적이고 비경제적인 방법이다.

2) 고정식 살수 노즐이나 스프링쿨러

수동식 관수법의 단점인 불균일한 관수의 문제점을 해소하기 위한 가장 경제적인 관수법은 살수 노즐이나 스프링쿨러를 고정식으로 설치하는 것이다. 이 시스템은 대면적에 비교적 균일한 관수를 할 수 있고 솔레노이드 밸브와 타이머 또는 환경조절 컴퓨터를 이용하여 관수를 자동화할 수도 있다. 그러나 아주 균일한 관수는 기대할 수 없는 단점이 있다. 노즐이 완벽하게 제작되고 사용자가 자주 청소를 해주며 노즐이 일정한 간격으로 배치되었을 때에만 균일한 관수가 가능하기 때문이다. 이러한 문제점 때문에 이 방법은 수분공급량과 균일도가 묘종의 생육조절에 결정적인 영향을 주지 않는 단계인 생육의 초기에 미스팅과 습도 조절에 주로 이용된다. 수동식 관수방법에 비하면 관수에 소요되는 노동력이 상당히 감소되며 대면적 관수에 매우 효과적일 뿐만아니라 설치와 운전비용도 적게 든다. 작물별로 관수량을 다양화할 필요가 있을시에는 구역을 설정하여 이용할 수 있는데 설치비 등이 다소 증가된다.

3) 이동식 붐(boom), 자주식 두상살수 또는 조리개 스프레이어(sprayer)

현재 플러그 육묘온실에서 가장 널리 이용되는 관수방법으로서 스프링쿨러를 거꾸로 뒤집어 길다란 수평대에 매달아 놓은 형태이다. 노즐이 달린 수평대는 온실의 한 끝에서 반대편 끝까지 운동을 하는 장치(cart)에 부착되는데 이 카트는 온실 바

닥에 놓이거나 천장의 구조물에 매달린다. 노즐간의 적당한 간격과 식물체로부터의 높이조절이 균일한 살수를 위해 매우 중요하며 반드시 붐 스프레이용 노즐을 사용해야 한다. 항속 운동을 하면서 살수하므로 노즐의 완벽성 요구도는 고정식 살수방법 보다 다소 감소하다. 스위치나 기타 장치를 부착하여 물의 공급을 조절하거나 붐의 이동속도 조절을 통한 지역별 차등관수가 가능하다.

4) 저면(Ebb and Flow) 관개

이 방법은 순환식 관개법의 일종으로서(환경오염 감소) 여러가지 관수방법 중에서 가장 균일한 관수를 할 수 있다고 알려져 있다. 특히 관개수가 플러그 트레이의 하부에 뚫려 있는 구멍을 통해 들어와서 모세관현상에 의하여 상토내로 스며 들므로 잎은 항상 건조한 상태로 유지되어 병해 발생이 감소되는 장점이 있다. 이 방법에서도 재배베드를 몇개의 지역으로 구분하여 차등관수를 할수 있으나 일단 한번 설치하고 나면 변경이 어렵다. 이 방법을 이용하려면 적절한 훈련을 받아야 하는데 특히 근권의 수분조절이 까다로와 뿌리의 생육조절이 어렵고 플러그트레이의 재질로는 스타이로폼이 주로 이용된다. 아직도 더 보완해야 할 기술적인 부분들이 있고 현재에는 널리 이용되지 않으나 장래에 매우 인기있는 관수방법이 될 것이라고 생각된다. 저면관개용 시설은 베드를 설치하고 그 베드에 관개수를 퍼 올렸다가 빼내는 방법과 온실바닥 전체에 관개수가 들어 왔다가 빠져 나가게 하는 방법이 있다.

제 4 절 농가용 plug묘 파종장치의 구성과 이용시험

1. plug묘 생산온실의 배치모형과 작업공정

가. plug묘 생산온실의 배치모형

1) 시설형태

시설형태와 규모를 여러가지 모형으로 설정할 수 있다. 완전자동화 할수 있는 대규모 공정육묘장으로 양지붕형 철골유리온실이 있을 수 있으며 작목반이나 주산단지에 설립할 수 있는 경질또는 연질피복재 시설로 규묘화 할 수 있다.

여기서는 경질피복재를 이용한 육묘장의 예를들면 다음과 같다. 지붕형 경질재온실은 대지 1,200평에 시설면적 1,000평형을 기준으로 작목 및 재배시기별 환경제어 조절의 효율화를 위하여 온실을 2실로 분리 또는 단독형으로 설비할 수 있다. 이들 형태의 기본 육묘장설비 내용과 온실의 배치모형을 살펴보면 다음과 같다.

가) 경질재 피복 공정육묘장의 기본 설비

○ 경질피복재 단독형 육묘장의 기본설비

항 목	내 용
1) 온실형태	지붕형 철골온실- 단독형
2) 피복재	경질PET 필름 0.2t
3) 시설규격	
◦ 총면적	(대지 1,200평, 시설면적 1,000평형)
	100m × 39.7m= 3,970m2 (1,200평)
◦ 온실규격 · 면적	측고 = 3.3m, 동고 = 5.388m
	온실 = 82.8m × 36m = 2,980m2 (1,315평)
	부속실 9m × 36m = 324m2 (171.5평)
◦ 온실외 면적	외부 및 주차장 = 201평
4) 창호방식	천창 = RACK & PINION형, 측장 = 3권취형
5) 커텐방식	수평 = 전후면예인형, 수직 = 권취형
6) 난방방식	지하부온수난방배관, 온풍난방기
7) 환경제어	중앙관리 환경제어장치
8) 부대장치	육묘베드, 두상관비장치, 접목활착장치, 발아실, 자동파종장치 등 공정육묘장 자동화 장비 선택도입

○ 경질피복재 분리형 육묘장의 기본설비

항 목	내 용
1) 온실형태	지붕형 철골온실 - 분리형
2) 피복재	경질 PET 필름 0.2t
3) 시설규격	(대지 1,300평, 시설면적 1,000평형)
◦ 총면적	85m × 50.6m= 4,301m2 (1,301평)
◦ 온실규격 · 면적	측고 = 3.3m, 동고 = 5.388m
	온실 = 82m × 36m + 10.8m × 3m = 3,013m2 (911평)
	부속실 46.8m × 9m = 421m2 (127평)
◦ 온실외 면적	외부 및 주차장 = 263평
4) 창호방식	천창 = RACK & PINION형, 측장 = 3권취형
5) 커텐방식	수평 = 전후면예인형, 수직 = 권취형
6) 난방방식	지하부온수난방, 온풍난방기
7) 환경제어	중앙관리 환경제어장치
8) 부대장치	육묘베드, 두상관비장치, 접목활착장치, 발아실, 자동파종장치 등 공정육묘 자동화장비 선택도입

나) 온실 형태별 육묘면적과 묘생산량 예측산출

◦ 묘생산량 산출방법

- 총시설 필요 면적 = 온실면적 + 부속실면적 + 온실외 면적
- 육묘면적(배드면적) = 온실면적 - 육묘실 통로면적 - 접목묘 면적
- 접목활착묘 면적 = 접목활착온실 면적 - 접목활착실 통로면적
- 육묘 및 접목묘 면적비 산출
- 트레이 1회 최대 배치수 산출

◦ 육묘면적 및 묘생산량 산출

표 3.31. 형태별 묘생산면적과 생산량

형 태	육묘베드				접목육묘베드				총트레이 1회 배치수
	온실 면적	베드 면적	육묘 면적비	트레이수	접목실 면적	베드 면적	접목 면적비	트레이수	
단독형	2,236m2 (676평)	1,699m2 (514평)	76%	11,200개	745m2 (225평)	415m2 (125평)	56%	2,556개	13,756개
분리형	2,235m2 (676평)	1,771m2 (536평)	79%	11,676개	745m2 (225평)	415m2 (125평)	56%	2,556개	14,232개
비 고	○ 1회 묘생산량은 총트레이 1회 배치수에 육묘에 이용되는 트레이의 공수를 곱한 값으로 계산할 수 있으며 년간생산량은 육묘회수를 곱하여 얻을 수 있다.								

상기 표 3.31에서 온실형태별 육묘 및 접목활착베드 면적비를 온실 전면적에 대하여 산출한바 육묘는 76-79% 범위에 있고, 접목활착베드 면적은 56% 범위에 있었다. 이는 육묘베드는 좌우이동형으로 배치되고 접목베드는 고정형으로 배치되어 육묘면적비가 높아진 결과이다. 이들온실에서 연간 묘생산가능 본수를 예측하며 다음과 같이 계산할 수 있다.

예) 단독형의 경우 172공 트레이를 이용할 경우

13,756트레이×172공 = 2,366,032주, 년간 5회육묘할 경우는 약 118만주 생산을 예상할 수 있다.

상기 2가지 형태의 육묘장 평면도와 파종작업이 수행되는 작업실과 기타 부속실의 평면도의 설계예를 보면 다음과 같다.

다) 육묘장의 형태별 평면계획

그림 3.3. 단독형 공정육묘장의 온실 및 부속실 평면계획

(생략)

그림 3.4. 분리형 공정육묘장의 온실 및 부속실 평면계획

(생략)

나. 공정육묘온실의 생산 시스템 작업관리 공정

육묘의 생산에서 출하에 이르기 까지의 공정을 작업 단계별로 구분하여 생산자가 기본적으로 숙지해야 할 사항을 총괄 개념으로 정리하였다. 향후 현장의 운용 경험을 바탕으로 보다 세부적인 사항들이 보완되어야 할 것이며, 또 작업자 개인별 주요 작업 내용들이 구분 작성되어야 하며 이들 조직원의 구성이 가장 합리적으로 운영되기 위하여는 실제 현장의 경험을 바탕으로 검토되어야 할 것이다.

육묘공정에서 상토의 입고부터 발아실의 운전까지 9개항을 구분하여 단계별 작업 내용을 다음과 같이 분류하였다.

1) 상토의 입고 및 보관

가) 건조하고 그늘진 옥내 창고를 이용한다.

나) 종류별로 확실히 구분하여 파레트에 적재한다.

다) 지게차 작업이 가능한 범위내에서 다단 적재한다.

라) 입출고 작업 수량을 파악하고 기록한다.

마) 선입선출 개념으로 보관장소를 계획한다.

2) 상토의 혼합기준

가) 상토는 작물에 따라 종류와 혼합비율을 달리하며 그 기준 표를 작성한다.

나) 혼합기를 가동하기 전에 상토를 탱크에 쏟아 붓는다.

다) 혼합기의 가동 스위치를 넣기전에 관수 공급이 이상 없는가를 확인한다.

라) 혼합기의 토출구 카바와 상부안전 덮개가 닫혀 있는지를 확인하고 가동 스위치를 작동 한다.

마) 혼합기의 작동시간은 10분을 기준으로 하고 혼합 시간동안 물이 고르게 살수되는가를 관찰한다.

바) 토출구 카바를 열고 상토 공급기에 적정량을 토출한다.

사) 상토를 손으로 뭉쳐봐서 습도가 부족한 것으로 판단되면 상토 공급기에서 추가로 관수 한다.
단, 상토는 일정한 수분을 흡수하는데 상응하는 시간이 필요함을 숙지해야 한다.

3) 작물별 트레이의 종류

가) 작물별 생육 및 관리 형태에 따라 셀의 크기가 달라지므로 작물에 따른 적절한 트레이를 선정해야 한다.

나) 트레이를 사용하기전 외관 검사를 하여 청결, 파손 여부를 점검한다.

다) 당일 작업 계획을 확인하고 그 수량에 맞는 트레이를 창고에서 출고하여 대기시킨다.

라) 출하시 불량묘의 보식용 예비 트레이를 10% 추가 준비한다.

마) 소량 다종 파종을 할 경우는 트레이 측면에 품종, 파종일 등의 육묘내용 라벨을 부착하여 수요농가가 확인할수 있도록 한다.

바) 트레이의 출고 수량을 메모했다가 영농일지에 기록한다.

사) 트레이의 병해충 또는 오염을 방지하기 위하여 이후 모든 공정 과정중에 일반토양, 작업 바닥등 오염원과 접촉가능성이 있는 것으로 부터 격리되어야 한다.

4) 파종 장치의 조정

가) 트레이를 준비 콘베어를 통하여 상토 충전기로 통과시켜 적정량의 상토가 충전되도록 레바 및 브라시를 조정한다.

나) 진압기의 상토 진압정도가 표준 깊이인 종자 크기의 3배 정도로 적정한지 확인하고 그 깊이를 조정한다.

다) 파종 드럼에 엄선된 종자를 적정량 넣고 첫 트레이의 통과 상태에서 셀의 중앙에 종자가 낙하되도록 속도 조정을 한다.

라) 복토기에 복토용재가 적정량(보통 호퍼 크기의 절반정도) 채우고

마) 트레이에 적정량이 복토되도록 양을 조정한다. (복토 깊이는 종자 크기의 약 3배 정도)

바) 관수기에는 충분한 용수가 공급될 수 있는지를 확인한다. (시간당 50리터 공급)

사) 관수기의 노즐에서 분사되는 용수가 복토된 상토를 부분적으로 씻어내거나

파헤치는 등 나쁜영향을 주는지 여부를 관찰한다.

아) 관수기의 잉여수는 재사용시 노즐이 막히게 되므로 특별한 조치없이는 재사용을 하지않도록 한다.

5) 파종 장치의 운전

가) 파종기의 조정이 끝나면 생산운전에 들어가기 전에 다음 사항을 점검한다.
전체 작업량 결정, 작업 시간 결정, 사용 상토량 점검, 트레이량 및 준비상태 점검, 용수 공급 점검, 종자 확보량 점검, 작업자의 준비 상태 등

나) 작업 책임자는 상기 사실을 판단하고 상토혼합기 운전자, 파종기 감시자, 정리 콘베어 최종 작업자 등에 대한 개별 임무 부여 및 특기사항을 설명한다.

6) 베드위에 트레이의 적재

가) 최종 작업기인 관수기를 통과한 트레이는 베드위의 정위치에 놓아 출하시까지 항상 같은 자리를 유지하도록 하여야 한다.

나) 베드 표면이 꺼칠은 금속제 일 경우 정위치까지 들고 가서 놓도록 한다. 즉 끌어 당기거나 미는 작업을 하지 않도록 한다.

7) 추가 관수 단계의 작업

가) 상토는 혼합기와 파종 관수기를 통과하면서 2차례 관수되었으나 충분한 양의 수분 흡수가 되지 않았을때 추가 관수를 행한다.

나) 베드상의 트레이에 추가 관수는 인력 또는 관수 터널을 자동으로 통과하면서 추가 관수의 기회를 갖되 작물별로 상토의 상황을 잘 관찰해서 부족함이 없을 정도로 양을 조정해 주도록 한다.

다) 관수시에 강한 수압에 의해 복토가 쓸리거나 쓸려 나가지 않도록 주의하여야 한다.

라) 관수시 병해충 오염을 예방하기 위하여 관수기를 오염원인 토양 또는 온실바닥으로부터 항상 격리 관리하여야 한다.

8) 발아실까지의 이동

가) 이송차의 베드에 적재되면 발아실로 이동한다.

나) 발아실 내의 지정 장소에 고정한다.

다) 선입 선출이 되도록 제일 먼저 들어온 것이 출구 가까이에 적재되도록 한다.

라) 매일 점검자가 용이하게 점검할수 있는 통로를 배려해 둔다.

9) 발아실의 운전

가) 발아실에 육묘 트레이가 입고되기 하루전 쯤에 난방, 냉방, 가습기를 작동하여 환경제어에 문제가 없는지를 확인하여 둔다.

나) 온도는 주간 야간의 표준온도를 작물별로 설정하고 습도는 85 90% 정도를 표준으로 설정한다.

다) 작물에 따라 발아 소요 일정이 다소 다르지만 3일간을 표준으로 하고 다음과 같은 요령으로 매일 1회 정도 점검한다.

(1) 습도의 부족으로 상토 건조현상은 없는가

(2) 실내의 온도 분포가 균일한가, 특히 국부적으로 이상고온이 되지 않는가

(3) 상판의 기울어짐, 트레이의 이탈등 구조에 문제가 없는가

(4) 과도한 습도 공급으로 결로현상이 발생 물방울이 맺혀서 문제되지는 않는가

(5) 발아 정도가 앞과 뒤쪽, 위와 아래쪽 좌측과 우측등으로 비교해 볼때 균일하다고 볼수 있는가

2. plug 육묘시 발아 및 육묘효과 시험

가. 상토재원별 발아율과 초기 생육 효과

1) 시험재료 및 방법

가) 상토 재료

- 재료 : 피트모스, 펄라이트, 버미큐라이트, 입상암면, 왕겨, 훈탄, 산적토 (7종을 이용)
- 상토처리 조합 : 단독 및 상호조합 총 94종 시험구 처리

나) 공시작물 및 조사항목

- 공시작물 : 고추
- 조사항목 : 작물생육 - 발아율, 초장, 엽수, 생체중, 건물중
  상토 - 시험전후의 EC 및 pH 변화

다) 시험설계 및 관리

- 시험설계 : 시험구 배치는 완전임의법 3반복 처리
  반복당 128구 트레이 1개씩 처리

- 일반관리 : 액비 및 환경조절은 진주영농조합의 기존 일반관리에 준함.

2) 시험결과

94개 처리구 중에서 고추 공정묘의 발아율 및 생육 등이 양호하고, 상토의 pH와 EC가 안정한 6개의 처리구에 대하여 발아율, 생육정도, 그리고 파종전후의 상토 pH와 EC를 비교한 결과 그내용을 살펴보면 다음과 같다.

표 3.32. 6개 처리구의 상토 혼합비율

선발된 시험구	상토 소재와 혼합비율(%)
1. 처리 No. 33	- 왕겨 33 + 버미x 33 + 피트y 33 + - -
2. 처리 No. 52	- 왕겨 25 + 버미 25 + 피트 25 + 산적토 25 -
3. 처리 No. 53	암면w 25 + 왕겨 25 - + 피트 25 + 산적토 25 -
4. 처리 No. 58	암면 20 + 왕겨 20 + 버미 20 - + 산적토 20 + 펄라z 20
5. 처리 No. 59	암면 20 + 왕겨 20 + 버미 20 + 피트 20 + 산적토 20 -
6. 처리 No. 94	- - 버미 1 + 피트 74 - + 펄라 25

주) W 입상암면, X 버미큐라이트, Y 피트모스, Z 펄라이트

가) 상토종류별 고추묘의 발아율과 생육비교

표 3.32와 같이 6개 처리구에서 생육된 고추 공정묘의 발아율과 생육 상태를 살펴보면 다음과 같다.

표 3.33. 선발된 상토 종류별 고추 공정묘의 발아율과 생장량

처리구번호	발아율(%)	초장(cm)	엽수(개)	생체중(mg/주)	건물중(mg/주)
No. 33	86.60	7.94	5.66	227	33
No. 52	83.07	8.03	5.26	211	33
No. 53	94.50	9.00	5.63	248	41
No. 58	91.40	8.92	5.86	286	39
No. 59	88.00	8.46	5.86	247	40
No. 94	89.30	8.86	5.86	283	40

위의 6개 처리구는 94종의 선발시험구중에서 고추의 발아 및 생육이 비교적 양호하였다. 특히 No. 53과 No.58은 발아율이 각각 91, 94%로 좋았고 초장, 엽수, 생체중, 건물중 등의 생육상태가 가장 양호하였다.

나) 처리 상토의 고추 파종 전후 EC와 pH변화

6종의 처리구에서 고추 파종 전후 EC와 pH 변화정도를 보면 표 3.34와 같다.

선발된 6개 처리구는 여타 88개 처리구에 비하여 파종 전후의 pH가 비교적 안정되어 있었다. 상토 pH의 범위는 파종전에 6.12 - 6.85이었고, 파종 후는 5.77 - 6.96로서 적정 pH범위에 있었으며 파종전에 비하여 파종 후에 그 범위가 다소 넓어졌다. 특히 No. 53, 58 그리고 94 처리구가 파종전보다 다소 높아지는 경향을 보였다.

상토의 EC는 파종전 0.12 - 1.43mS/cm 범위에서 파종후 0.31 - 1.93mS/cm로 다소 높아졌다. 특히 No.52, 53, 58 그리고 59처리구가 파종 후 높아지는 정도가 큰 결과를 보였다.

표 3.34. 처리상토의 고추 파종 전후 pH와 EC의 비교

처리구번호	파 종 전		파 종 후	
	pH	EC(mS•cm-1)	pH	EC(mS•cm-1)
No. 33	6.55	0.18	5.90	0.11
No. 52	6.79	0.17	6.67	0.71
No. 53	6.28	0.12	6.38	0.76
No. 58	6.85	0.21	6.96	0.83
No. 59	6.74	0.19	6.58	0.83
No. 94	6.12	1.43	5.77	1.93

다) 결과요약

우리나라 채소 공정육묘 전용 상토 선발과 이들상토의 발아와 생육에 미치는 영향을 보기 위하여 훈탄 외 6종의 자재를 이용하여 고추 plug 육묘시험을 실시하였던바 다음의 결과를 얻었다.

상토 선발 시험의 94개 처리구중 암면, 왕겨, 버미큐라이트, 피트모스, 산적토, 퍼라이트 등이 혼합된 6개의 시험구가 선발되었다.

선발된 상토의 고추 육묘 시험결과 특히, No. 53과 No. 58시험구가 발아율, 초장, 엽수, 생체중, 건물중 등 조사 형질에서 양호하였다. 선발상토의 pH와 EC농도는 비교적 안정하였으나 No. 94는 pH가 낮고 EC가 높은 경향이었다.

나. 상토 및 액비종류별 plug묘 발아율 조사

1) 실험재료 및 방법

가) 공시작물- 고추, 토마토, 배추

나) 액비의 종류와 조성- 양실이, 풀무원, 다키

표 3.35. 발아율 조사를 위한 액비 종류별 조성

비 료		첨가량 (MG/ℓ)	
		양실이 (HS)	풀무원(PS)
(다량원소)	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	590	592
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	370	248
	KH_2PO_4	240	240
	K_2SO_4	260	-
	NH_4NO_3	400	240
	KNO_3	-	204
(미량원소)	H_3BO_3	1.20	1.24
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.12	0.12
	Fe-EDTA	4.00	4.00
	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	2.20	2.20
	H_2MoO_4	0.08	0.08
	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	1.20	1.15

이밖에 다키액비(DS)는 제 4종 복합비료로서 제조국이 일본인 관계로 조성에 대해서는 생산업자 보증표에 의존할 수 밖에 없었다. 보증표의 내용은 다음과 같다.

- 허가번호: 충남 제 13-가-복비-4-4호
- 비료의 종류 : 액상복합비료
- 비료의 명칭 : 다키액체비료 1호

- 성분보증량(%) : 질소전량 12.0, 인산전량 2.5, 카리전량 4.0, 수용성 붕소 0.05, 수용성 망간 0.1, 정미중량 2.5kg
- 생산사업자 및 주소: 한국다키화학 주식회사 태천공장, 충남 보령군 태천면 대천리 47의 1

다) 시험구의 처리내용

표 3.36. 상토 및 액비별 처리조합 내용

2) 시험결과

상토 및 액비종류별 plug묘 발아율조사를 배추, 토마토, 고추별로 실시하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

표 3.37 액비종류와 농도에 따른 배추, 토마토, 고추의 발아율(%)

처리구 번호	상토의 종류 및 함유비율(%)	액비의 종류
1	PM / 75 + P / 24 + V / 1	HS
2	GR / 25 + H / 25 + K / 25 + PM / 25	HS
3	GR / 33 + H / 33 + PM / 33	HS
4	GR / 33 + H / 33 + V / 33	HS
5	GR / 20 + H / 20 + K / 20 + P / 20 + V / 20	HS
6	**토실이 상토** / 100	HS
7	PM / 75 + P / 24 + V / 1	PS
8	GR / 25 + H / 25 + K / 25 + PM / 25	PS
9	GR / 33 + H / 33 + PM / 33	PS
10	GR / 33 + H / 33 + V / 33	PS
11	GR / 20 + H / 20 + K / 20 + P / 20 + V / 20	PS
12	**토실이 상토** / 100	PS
13	PM / 75 + P / 24 + V / 1	1/2HS
14	GR / 25 + H / 25 + K / 25 + PM / 25	1/2HS
15	GR / 33 + H / 33 + PM / 33	1/2HS
16	GR / 33 + H / 33 + V / 33	1/2HS
17	GR / 20 + H / 20 + K / 20 + P / 20 + V / 20	1/2HS
18	**토실이 상토** / 100	1/2HS
19	PM / 75 + P / 24 + V / 1	DS
20	GR / 25 + H / 25 + K / 25 + PM / 25	DS
21	GR / 33 + H / 33 + PM / 33	DS
22	GR / 33 + H / 33 + V / 33	DS
23	GR / 20 + H / 20 + K / 20 + P / 20 + V / 20	DS
24	**토실이 상토** / 100	DS

No.(액비종류)	배추(평균)	토마토(평균)	고추(평균)
1(양실이)	92.71	92.67	78.44
2	82.51	87.47	67.41
3	82.54	88.37	74.51
4	90.34	89.54	81.01
5	87.47	62.77	60.11
6	90.10(87.61±1.75)	87.74(84.76±4.47)	61.21(70.45±3.62)
7(풀무원)	87.24	88.77	73.74
8	84.00	79.67	75.07
9	87.00	68.14	69.81
10	82.04	87.21	80.47
11	83.07	68.71	73.21
12	72.91(82.71±2.14)	79.90(78.73±3.59)	71.64(73.99±1.49)
13(양실이0.5)	88.84	86.14	78.41
14	77.07	78.07	82.04
15	88.54	83.01	73.97
16	87.74	85.67	79.44
17	75.54	75.47	78.64
18	88.81(84.42±2.58)	84.34(82.12±1.78)	76.07(78.10±1.14)
19(다키)	86.98	85.64	82.31
20	87.01	78.37	83.34
21	84.64	76.54	83.37
22	80.74	83.77	84.77
23	79.17	40.34	74.75
24	88.27(84.47±1.52)	84.31(74.83±7.05)	78.67(81.12±1.54)
F-test	1.44ns	6.97**	2.31**
LSD(1%)	15.61	16.01	16.06

참고 : ns = 유의성이 없음.

*, ** = 5%와 1% 수준에서 유의성이 인정됨.

이상의 표 3.37에서 보는 바와같이 배추의 발아율은 전처리구간에서 유의성이 인

정되지 않았다. 액비종류별 평균값을 비교하여보면 양실이 액비에서 87.61±1.75%로 가장 높고, 풀무원 액비에서 82.71±2.14%로 가장 낮았다. 그리고 가장높은 발아율을 보인처리구는 양실이 액비를 시용한 No.1 상토구에서 92.71%였고, 가장 낮은 처리구는 양실이 0.5 배액을 시용한 No.17 상토구에서 75.54%였다.

토마토의 발아율은 전처리구간에 1%의 유의성이 인정되었으며 양실이 액비 시용구 평균값이 84.76±4.47%로 가장 높고, 다키액비 시용구가 74.83±7.05%로 가장 낮았다. 그리고 처리구간 비교에서 양실이 액비의 No.1 상토에서 92.07%로 가장높고 다키액비의 No.23 상토에서는 40.34%로 가장낮게 나왔으나 No.23 시험구의 발아성적은 타시험구와 성적차가 너무커 실험적오차일 것으로 생각되었다.

고추의 시험구별 발아율은 1% 유의차를 인정할 수 있었고 액비종류별 평균값은 다키액비가 81.20±1.54%로 가장 높다. 양실이 액비가 70.45±3.62%로 가장 낮았다. 가장 높은 시험구는 다키액비의 No.21 상토가 83.37%이고 가장 낮은 시험구는 양실이액비의 No.5 상토구에서 80.11%로서 시험구간에 큰차이를 보이고 있었다.

다. 상토 및 액비조합별 plug묘의 발아 및 생육에 미치는 효과

1) 시험재료 및 방법

가) 상토 재료

- 액비 재료 : 양실이 100%, 양실이 50%, 풀무원 액비, 다키 액비 (4종)
- 상토처리 조합 :

◦ 상토 6종 × 액비 4종 = 총 24종의 시험구 처리

* 상토재원의 구성은 앞시험 표 2.32의 시험구 상토조합과 동일

나) 공시작물 및 조사항목

- 공시작물 : 고추, 토마토, 배추 (3종)
- 조사항목 : 상토의 pH 및 EC농도, 발아율, 초장, 엽수, 생체중, 건물중, 프러그 묘 성형도 등 8개 형질

◦ 플러그 성형도 조사방법은 50cm높이에서 떨어뜨릴 때 많이 부서지는 것은 0.5 1.5, 보통인 것은 1.5 2.5, 적게 부서지는 것은 2.5 3.0 등급으로 조사함.

다) 시험설계 및 관리

- 시험설계 : 128구 트레이 3반복, 완전임의 배치법,
  성적분석은 SAS 통계 분석 프로그램 이용
- 일반관리 : 환경조절은 진주영농조합의 기존 일반 관리에 준함.

2) 시험결과

가) 고추 육묘 시험

몇가지 양액을 이용하여 고추 육묘시 생육상태를 비교분석한 바 다음과 같다.

표 3.38. 고추 육묘에서 양액 종류별 생육 비교 (조사일은 육묘 일 후)

양액 종류	발아율(%)	초장(cm)	엽수(개)	생체중(mg/주)	건물중(mg/주)
양실이 물거름 100%	70.45	15.34	6.13	1012.34	83.17
양실이 물거름 50%	78.10	15.44	6.20	938.50	79.16
풀무원 액비	74.00	13.53	5.62	817.34	67.88
다키 액비	81.21	10.32	5.04	535.51	50.97
F-test	4.65*	20.21**	14.61**	25.60**	22.52**
LSD값(5%)	6.43	1.57	0.42	122.22	8.96
LSD값(1%)	8.77	2.14	0.57	166.69	12.22

위 표에서 보면 발아율은 다키 액비가 81.21%로 가장 높고 처리간에 5% 유의차를 보였다. 액비간의 발아율 차이는 액비 성분간의 차이에서 다소 있을 수 있으나 이보다는 발아환경차에 기인한 것으로 사료되었다.

그리고 초장, 엽수, 생체중 및 건물중은 모든 처리구에서 1%의 높은 유의차를 보였으며 그중 양실이 물거름 100%와 50%처리구에서 가장 생육이 양호하였다. 특히 양실이 물거름 100% 시험구에서는 생체중과 건물중이 각각 1012.34mg/주, 83.17mg/주로 나타나 가장 낮은 다키 액비에 비하여 생체중은 1.9배, 건물중은 1.7배 증가하였다.

표 3.39. 상토 및 양액 종류별 고추 육묘시 상토의 EC와 pH 변화 정도

선발 상토	양액 종류 (EC : mS/cm)							
	양실이 물거름 100%		양실이 물거름 50%		풀무원 액비		다키 액비	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH
No.33 상토*	0.50	4.15	0.17	4.52	0.16	4.49	0.32	6.71
No.52 상토	0.75	5.76	0.45	5.68	0.28	5.53	0.46	7.27
No.53 상토	0.18	6.01	0.26	5.49	0.15	4.37	0.90	7.67
No.58 상토	0.25	5.92	0.50	5.77	0.34	5.75	0.65	7.21
No.59 상토	0.48	6.39	0.22	6.46	0.16	6.38	0.63	7.11
No.94 상토	0.32	4.95	0.14	4.92	0.14	4.74	0.56	7.30

상토 선발 시험에서 선택된 6종은 상토에 고추를 육묘하면서 몇가지 액비를 관비하였을 때 상토내 EC와 pH의 상태를 조사하였다(표 3.39 참고).

EC정도는 상토 종류에 따라 0.14 0.90mS/cm로 범위의 폭이 넓었으며 상토종류에 따른 경향은 일정하지 않았다. 그 중 양실이 물거름은 0.14 0.75mS/cm 범위에 있었고, 풀무원 액비도 비슷한 경향을 보였다. 그러나 다키 액비는 0.32 0.90 mS/cm로 농도가 높았다.

pH정도는 전처리구에서 4.15 7.67의 범위를 보였으며 특히 상토 No.33 처리구에서 pH 4.15 6.71로서 가장 낮게 나타났고 또한 다키 액비 시용구에서 pH 6.71 7.67로 높은 수치를 보였다. 그리고 일부 처리구에서는 pH 5.0 이하의 값을 나타내고 있어 육묘시 상토 및 시용 액비에 따라 육묘중 상토의 pH 변화가 일어나고 있으므로 주기적인 pH 측정과 조정이 필요한 것으로 판단되었다.

몇가지 상토와 액비 처리에 따라 고추 공정육묘의 프러그 성형상태를 조사한 바 표 3.40과 같다. 성형도가 가장 높은 처리구는 No.53 상토의 양실이 물거름 100% 시용구에서 2.88이였으며, 가장 낮은 처리구는 1.00으로 No.59 상토에 다키 액비 처리구였다.

이들 성적의 양액 종류별 평균값을 비교하면 풀무원 액비 시용구가 1.98로 가장 높고 다음은 양실이 물거름 50%, 100% 시용구 순이었으며 가장 낮은 성형도를 보인 시용구는 1.37로서 다키 액비 시용구였다. 그리고 이들 양액별 처리간 유의차 검정 결과 유의차는 볼 수 없었다.

표 3.40. 고추의 토실이 상토 육묘시 액비 종류별 플러그 성형도 조사

상토 종류	양액 종류			
	양실이 물거름 100%	양실이 물거름 50%	풀무원 액비	다키 액비
No.33	1.50	2.22	2.00	1.22
No.52	1.44	1.88	2.00	1.22
No.53	2.88	2.11	2.22	1.77
No.58	1.88	2.33	2.55	1.55
No.59	1.22	1.66	1.44	1.00
No.94	2.22	1.44	1.66	1.44
평균	1.86	1.95	1.98	1.37
양액 종류별 유의성 검정 - F-test : 0.53 ns, LSD값(5%) : 0.51				

나) 토마토 육묘 시험

몇가지 양액을 이용하여 토마토 육묘시 생육상태를 비교분석한 바 다음과 같다.

표 3.41. 토마토 육묘에서 양액 종류별 생육 비교

양액 종류	발아율(%)	초장(cm)	엽수(개)	생체중(mg/주)	건물중(mg/주)
1. 양실이 물거름 100%	84.76	23.46	4.76	1684.28	95.56
2. 양실이 물거름 50%	82.12	22.80	4.36	1559.39	86.50
3. 풀무원 액비	78.73	21.72	4.71	1447.44	74.92
4. 다키 액비	74.83	13.73	4.01	2167.33	51.51
F-test	0.86ns	21.15**	3.14*	0.25ns	7.68**
LSD값(5%)	13.66	2.90	0.60	1881.76	20.28
LSD값(1%)	18.63	3.96	0.82	2566.45	27.66

위 표에서 보면 발아율은 양실이 물거름이 82.1 84.3%로 가장 높게 나타나나 처리간에 유의성은 없었다. 그리고 생육상태와 관련되는 초장, 엽수 그리고 건물중은 양실이 물거름 100% 처리구가 좋았으며 초장과 건물중에서는 1%의 유의성을 보였

고 엽수에서는 5%의 유의성을 나타내었다. 그러나 생체중은 다키 액비에서 가장 높게 나타나나 처리간 유의차는 볼 수 없었다.

표 3.42. 상토 및 양액 종류별 토마토 육묘시 상토의 EC와 pH 변화 정도

선발 상토	양 액 종 류 (EC : mS/cm)							
	양실이 물거름 100%		양실이 물거름 50%		풀무원 액비		다키 액비	
	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH
No.33 상토*	0.16	5.09	0.26	4.48	0.26	4.15	0.44	6.47
No.52 상토	0.34	6.50	0.16	6.55	0.17	6.25	0.65	6.67
No.53 상토	0.24	6.12	0.18	6.69	0.34	6.29	0.65	6.15
No.58 상토	0.12	7.00	0.17	6.63	0.24	6.06	0.55	6.66
No.59 상토	0.32	7.41	0.11	5.37	0.10	7.00	0.65	6.63
No.94 상토	0.30	6.47	0.14	6.53	0.08	6.18	0.35	6.74

주) 상토의 처리번호는 토실이 상토 선발시험에서 선정된 재료

상토 선발시험에서 선택된 6종의 상토에 토마토를 육묘하면서 공시 액비를 시용하였을 때 상토내 EC와 pH 변화를 조사한 바(표 3.42 참조) EC는 0.08 0.65 mS/cm 범위에 있었으며 공시액비에서 가장 높은 EC를 유지하고 있는 것도 다키 액비로서 0.35 0.65 mS/cm 범위에 있었다. 그리고 상토별 차이는 일정한 경향은 없으나 EC가 낮은 처리구는 상토 No.33 처리구였으며 높은 값은 No.59 처리구였다. 따라서 상토의 종류 및 액비의 선택이 육묘 중 EC 농도에 큰 차가 있음을 확인하였다.

pH정도는 4.15부터 7.41까지 나타나고 있었다. 특히 양실이 물거름 시용구에서는 pH 7.0이상인 처리구가 있었으며, 풀무원 액비의 경우에는 pH 4.15로 가장 낮은 처리구가 있었다. 비교적 안정된 pH를 유지하는 처리구는 다키 액비 시용구로서 처리 상토 간의 pH가 6.15 6.74 범위 내에 있었다.

육묘중 상토내 pH 범위는 작물의 생육과 밀접한 관련성을 가지므로 수시로 산도 검정을 실시하여 안정된 pH가 유지될 수 있도록 유의하여야 할 것으로 사료되었다.

표 3.43. 토마토의 토실이 상토 육묘시 액비 종류별 플러그 성형도 조사

상토 종류	양 액 종 류			
	양실이 물거름 100%	양실이 물거름 50%	풀무원 액비	다키 액비
No.33	2.00	2.22	1.77	2.66
No.52	1.11	1.11	1.22	1.11
No.53	2.33	2.11	2.88	1.88
No.58	2.77	2.66	3.00	1.77
No.59	1.33	1.22	1.11	1.00
No.94	1.11	1.22	2.11	1.55
평균	1.78	1.76	2.02	1.67
양액 종류별 유의성 검정 - F-test : 0.39 ns, LSD값(5%) : 0.84				

토마토 공정육묘시 플러그 성형 상태를 몇가지 상토 및 액비에 따라 조사한 바 표 3.43과 같다. 성형도가 가장 높은 시험구는 No.58의 국내산 액비 시용구로서 3.00이었으며 가장 낮은 처리구는 1.00으로 상토 No.59에 다키 액비 시용구였다.

양액 종류별 성형도를 비교하여 보면 풀무원 액비가 2.02로 가장 높고 다음은 양실이 물거름 100%, 50%로서 성형값이 각각 1.78, 1.76이었다. 그리고 가장 낮은 것은 다키 액비로서 성형도 1.67을 보였다. 그리고 이들 양액별 유의성 정도는 처리간에 차이를 보이지 않았다.

다) 배추 육묘 시험

몇가지 양액을 이용하여 배추 육묘시 생육상태를 비교분석한 바 표 3.44와 같다.

표 3.44에서 보면 발아율은 양실이 물거름 100% 시용구에서 87.62%로 가장 높았다. 그러나 처리간 유의성은 볼 수 없었다. 그리고 초장, 엽수, 건물중도 양실이 물거름 100% 시용구에서 가장 생육이 양호하였으며 특히 초장과 엽수에서는 1%의 높은 유의성을 나타내었다. 생체중에서는 양실이 물거름 50% 시용구에서 생육이 양호하였으며 처리간 유의차는 5%를 보였다.

이상 배추 육묘시 토실이 상토를 이용할 때 양실이 물거름 100% 또는 50%를 시용할 경우 생육이 가장 좋은 것을 알 수 있었다.

표 3.44. 배추 육묘에서 양액 종류별 생육 비교

양액 종류	발아율(%)	초장(cm)	엽수(개)	생체중(mg/주)	건물중(mg/주)
1. 양실이 물거름 100%	87.62	14.04	4.93	3223.39	146.40
2. 양실이 물거름 50%	84.43	13.89	4.85	3347.39	131.95
3. 풀무원 액비	82.72	13.87	4.79	3089.78	115.39
4. 다키 액비	84.47	12.24	4.83	2672.39	119.51
F-test	1.01ns	11.10**	7.78**	3.57*	0.85ns
LSD값(5%)	6.01	0.76	0.11	458.20	44.58
LSD값(1%)	8.19	1.03	0.16	624.92	60.80

3) 결과요약

plug묘 도입을 위한 전용상토 선발과 몇가지 물거름의 시용효과를 본바 다음의 결과를 얻었다.

고추 육묘 시험에서 양실이 물거름 100%와 50% 처리구가 초장, 엽수, 생체중 및 건물중에서 가장 생육이 양호하였고 1%의 높은 유의차를 보였다. 선발된 상토 6종과 양액종류별 pH와 EC 농도변화는 상토 및 액비 종류에 따라 차이가 많았다. 선발 상토 6종에 대한 고추 육묘후 프러그 성형도 조사결과 No.53과 58 상토에 양실이 물거름을 시용한 구에서 성형도가 높게 나타나 프러그 형성력이 가장 좋았다.

토마토 육묘시험에서는 양실이 물거름 100% 사용구에서 발아율, 초장, 엽수, 건물중의 결과가 양호하였고 발아율을 제외한 모든 구에서 5% 이상의 유효차를 보였다. 성형도 결과는 No.58 상토에 풀무원액비를 사용한 구에서 가장 높았다.

배추 육묘 시험에서 양실이 물거름 시용구가 양호하였으며 특히 발아율, 초장, 엽수, 건물중은 양실이 물거름 100% 시용구가, 생체중은 양실이물거름 50% 시용구가 가장 좋았다.

라. 코이어 혼합 상토와 국내외 몇가지 상토의 고추발아와 육묘 비교 시험

1) 시험재료 및 방법

가) 상토재료 : 토실이상토 A(코이어 40%, 무비상토), 토실이상토 B(코이어 50%, 무비상토),
다끼이 상토 A(피트모스, 유비상토), 다끼이 상토 B(피트모스,

유비상토), 다끼이 상토 C(피트모스, 유비상토), 볼상토 (피트모스,무비상토), 바로커 상토(코이어, 유비상토) 이상 7종

나) 양액관리 : 양실이 물거름(목초산 혼합액) 사용

다) 공시작물 : 고추(녹광), 배추(고랭지 여름배추)

라) 조사항목 : 유묘 출현율, 초장, 엽수, 엽면적, 엽록소 함량, 생체중, 건물중, 상토의 pH와 EC농도

바) 일반관리 :

- 시험설계 : 128공트레이 3반복, 완전임의배치법
- 일반관리 : 진주영농조합법인 공정육묘 온실의 일반관리에 준함.

2) 시험결과

가) 고추

시판되고 있는 몇가지 국내외 공정육묘 전용 상토의 고추묘 생산 비교시험을 실시한바 다음과 같다.

표 3.45. 상토 종류별 고추 유묘 출현율 비교

상 토 종 류	유묘 출현율 (파종 10일, %)
토실이 A(무비)	89.1± 2.76
토실이 B(무비)	98.4± 4.38
다끼이A(유비)	81.3± 3.25
다끼이 B(지속형유비)	79.6±11.10
다끼이 C(유비)	89.1± 3.32
볼(무비)	94.5± 6.08
바로커(유비)	89.1± 1.63

상토 종류별 고추 육묘출현율을 비교한바 표 3.45와 같이 토실이B 상토가 98.4%로 가장 높았고 그 다음은 볼 상토가 94.5%였다. 다끼이B와 A상토는 각각 79.6%, 81.3%로 가장 낮았다.

상토종류별 고추묘생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 초장, 엽수, 엽면적 그리고 엽록소 함량 정도를 알아본바 그림 3.5와 같다.

초장은 바로커 상토가 35cm 이상으로 가장 많이 자랐으며 다음은 토실이 A상토

로서 33cm 정도였다. 엽수는 다끼이 상토가 양호하였으며 특히 다끼이 B상토가 1.2배 가까이 발생되어 가장 많았다. 최대엽의 엽면적 정도는 토실이 A 상토가 80cm2로 가장 넓고 다음은 다끼이 C와 A로서 72cm내외의 엽면적을 보였다. 그리고 엽록소 함량정도는 다끼이 A와 B가 1.4mg/g으로 가장 많았고 다음은 바로커와 토실이 A 상토가 1.2mg/g으로 엽록소 함량이 많았다.

이상의 결과에서 조사형질에 따라 상토별 성적이 일정한 경향을 보이지 않았다. 즉 초장은 바로커 상토가 길었으며, 엽수는 다끼이B 상토가, 최대 엽면적은 토실이 A 상토가, 엽록소 함량은 다끼이 A와 B 상토가 양호한 결과를 보여 조사된 형질에 따라 각각 달랐다. 이는 상토의 소재가 다른 이유도 있을 수 있으나 공시된 기존 시판상토내 함유되어 있는 비료함량의 차이에서 원인을 찾아야 할것으로 사료되었다.

a:토실이A, b:토실이B, c:다끼이B, d:다끼이B, e:다끼이C, f:볼, g:바로커

그림 3.5 고추묘의 초장, 엽수, 엽면적 및 엽록소 함량 변화(파종후 45일묘 조사)

(생 략)

따라서 상토의 선정과 육묘중 액비 관리가 묘생산에 중요한 요인임을 알 수 있고 특히 개별 육묘장에서 지속적으로 안정된 육묘를 하기 위하여는 동일한 양질의 상토를 계속 이용함으로서 재배기술 축적은 물론 재배상에서 일어날 수 있는 불명의 생리장해를 미연에 예방할 수 있을 것이다.

고추묘의 생육정도를 알 수 있는 생체중과 건물중을 비교한 바 표 3.46과 같다.

표 3.46. 고추 지상부 및 지하부의 변화

상토종류	생체중(g/주)			건물중(g/5주)		
	지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
토실이 A(무비)	2.4	0.8	3.2	1.33	0.29	1.62
토실이 B(무비)	2.4	0.8	3.2	1.21	0.24	1.45
다끼이 A(유비)	2.7	0.8	3.5	1.62	0.46	2.08
다끼이 B(지속형, 유비)	3.3	1.0	4.3	2.16	0.40	2.56
다끼이 C(유비)	3.2	1.1	4.3	1.75	0.49	2.24
볼(무비)	2.5	0.6	3.1	1.42	0.28	1.70
바로커(유비)	3.6	0.8	4.4	1.69	0.36	2.05

위표에서 볼 수 있는 바와 같이 생체중과 건물중 모두 다끼이 B 상토와 C 상토에서 모두 증가되었다. 가장 낮은 상토는 무비상토인 토실이 A, B 그리고 볼 상토 등 3종으로서 건물중이 1.45 - 1.70g/주였다.

이상의 결과에서 고추묘의 생장은 상토내 비종과 함량 그리고 액비관리가 크게 영향함을 알 수 있었다.

즉, 상토내 영양이 함유되어 있지 않은 무토양 무비상토일 경우는 양액관리에 대한 세심한 주의가 필요하였다.

표 3.47. 고추묘 재배 상토의 종류별 고추 pH와 EC 변화

상 토 종 류	pH		EC(mS/cm)	
	파종 전	파종후 45일	파종 전	파종후 45일
토실이 A(무비)	6.20	5.91	0.20	0.05
토실이 B(무비)	5.94	5.89	0.41	0.09
다끼이 A(유비)	5.88	6.27	0.14	0.08
다끼이 B(지속형, 유비)	5.25	6.10	0.32	0.13
다끼이 C(유비)	6.20	6.04	0.40	0.08
볼(무비)	6.59	6.24	0.22	0.09
바로커(무비)	6.07	5.98	0.31	0.14

이들상토의 파종 전후 pH와 EC 변화정도를 표 3.47에서 보면 pH는 파종전에

5.25 - 6.20으로 모두 안정되어 있었으며 파종 후 45일 후 pH는 파종전 pH 값에 대한 증감차는 다소 다르나 5.89 - 6.24에서 안전하였다.

< 결과요약>

토실이 상토(2종)와 시판되고 있는 몇가지 국내외 공정육묘 전용 상토에 대하여 고추의 발아 및 묘 생산 비교 시험을 실시한바 결과는 다음과 같다.

고추의 유묘출현율은 토실이 B 상토(코이어 50% 혼용구)에서 98.4% 가장 높은 출묘율을 보였다. 고추묘의 생육조사에서 초장은 바로커 상토가, 엽수는 다끼이 B 상토가, 엽면적은 토실이 A 상토가, 엽록소는 다끼이 A와 B 상토가 가장 많았다. 이상의 결과에서 조사 형질에 따라 상토별 효과가 일정하지 않았다.

그리고 생체중과 건물중 증가 정도는 유비상토인 다끼이 B 상토와 C 상토가 증가되었으며 가장 낮은 상토는 무비상토인 토실이 A, B 그리고 볼 상토 등 3종이었다. 이상의 결과를 종합하면 상토내 비종과 비료의 함량 그리고 육묘기의 액비관리가 묘 생육에 크게 영향됨을 알 수 있었고, 무비상토를 이용할 경우 적정한 양액관리가 필요하였다.

나) 배추

국내외에서 생산되고 있는 원예육묘용의 몇가지 상토를 대상으로 배추육묘를 실시하였던 바 다음의 결과를 얻었다.

상토 종류별 배추 유묘출현율을 표 3.48에서 보면 다끼이A 상토가 81.3%로 가장 낮고 그외 상토는 95% 이상의 높은 출묘율을 보였다. 특히 토실이A와 다끼이B 상토는 99.2%의 최대 출묘율을 나타내었다.

표 3.48. 상토 종류별 배추 유묘 출현율 비교

상토 종류	유묘 출현율 (파종 4일 후, %)
토실이 A(무비)	99.2±1.06
토실이 B(무비)	97.7±0.50
다끼이 A(유비)	81.3±3.25
다끼이 B(유비)	99.2±1.13
다끼이 C(지속형 유비)	97.7±1.06
볼(무비)	95.3±2.76
바로커(유비)	98.4±0.01

상토 종류별 배추묘 생육에 미치는 영향을 보기 위하여 몇가지 엽생장정도를 조

사한바 다음 그림 3.6과 같다.

a:토실이A, b:토실이B, c:다끼이B, d:다끼이B, e:다끼이C, f:볼, g:바로커

그림 3.6 배추묘 생육에 미치는 몇가지 상토효과 (파종후 32일묘)

(생 략)

배추묘의 엽수는 처리간에 큰 차를 보이지 않았다. 그중 엽수가 가장 많은 처리구는 다끼이A와 C상토가 약 8매의 엽수를 가졌다. 엽장은 볼 상토와 토실이B상토에서 약 18cm로 가장 넓었고, 다끼이C와 토실이A가 15cm 내외로 가장 짧았다. 그리고 엽폭은 바로커 상토에서 6cm로 가장 넓고, 토실이A상토가 5cm로 가장 좁았다. 엽면적 정도는 다끼이A 상토가 190cm2로 가장 넓었고, 토실이A와 다끼이B가 120cm2로 가장 작았다.

이상의 결과에서 처리간에 뚜렷한 경향은 없었으나 다끼이A 상토와 바로커 상토에서 비교적 양호한 배추엽생장을 보이고 있었다. 이는 상토의 조성과 상토내 양분의 유무, 그리고 조사과정에서 일어날 수 있는 오차가 영향하였을 것으로 사료된다.

엽록소함량은 일본산C 상토가 1.6mg/g 이상으로 가장 많았고 다음은 미국산 상토, 토실이B 상토 순이었다. 그리고 가장 낮은 함량을 가진 상토는 일본산B 상토로 1.0mg/g 정도였다.

배추묘의 생장과 관련된 생체중과 건물중을 비교한바 표 3.49와 같다.

표 3.49. 배추 묘의 생체중 및 건물중

상 토 종 류	생체중(g/주)	건물중(g/5주)
토실이 A(무비)	7.5±0.21	2.28
토실이 B(무비)	9.0±1.03	2.12
다끼이 A(유비)	10.4±0.67	3.11
다끼이 B(지속형 유지)	7.9±0.62	1.57
다끼이 C(유비)	8.2±1.17	1.93
볼(무비)	9.9±0.71	2.29
바로커(유비)	10.5±0.49	2.77

배추묘의 생체중은 바로커 상토가 10.5g/주로서 가장 높고, 다음은 다끼이A 상토

로 10.4g/주이었다. 그리고 가장 낮은 상토는 토실이A 상토로 7.5g/주였다. 건물중은 다끼이A 상토가 3.11g/5주로 가장 높았으며, 가장 낮은 상토는 다끼이B로 1.57g/5주였다.

이상의 결과에서 대체로 유비상토는 생육이 양호하고 무비성 상토는 다소 부진한 경향을 보이는 것 같다. 이는 상토내 비료함량차에 따라 육묘중의 비배관리가 달라야 함을 암시하였다.

표 3.50. 배추묘 재배 상토의 파종 전후 pH와 EC 변화

상토종류	pH		EC(mS/cm)	
	파종 전	파종후 32일	파종 전	파종후 32일
토실이 A(무비)	6.20	5.84	0.20	0.10
토실이 B(무비)	5.94	5.85	0.41	0.07
다끼이 A(유비)	5.88	6.21	0.14	0.07
다끼이 B(지속형 유비)	5.25	6.01	0.32	0.06
다끼이 C(유비)	6.20	6.06	0.40	0.11
볼(무비)	6.59	6.31	0.22	0.08
바로커(유비)	6.07	5.92	0.32	0.10

배추 파종전후의 상토 pH와 EC 변화 정도를 표 3.50에서 보면 상토 종류에 따라 파종전후 pH 변화 양상이 동일하지 않았다. 그러나 공시상토 대부분이 pH 5.25 - 6.31 범위에 있어 안정하였다. 그리고 EC 정도는 파종전 농도보다 파종 후 32일의 농도가 매우 낮았고, 파종 전은 0.14 - 0.41mS/cm 범위에 있었으나 32일 육묘 후 상토내 EC는 0.06 - 0.11mS/cm로 매우 감소하였다. 이는 육묘중 액비 관리에서 연유된 결과로 보였다.

< 결과요약>

토실이 상토(2종)와 시판되고 있는 몇가지 국내외 공정육묘 전용 상토에 대하여 배추묘 생산비교 시험을 실시한바 결과를 요약하면 다음과 같다.

배추의 유묘출현율은 토실이 A상토와 다끼이 B상토에서 99.2%의 높은 출묘율을 보였다. 엽생장 정도에서 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽록소 함량 등의 각형질에 따라 일정한 결과를 보이지 않았으나 대체로 유비상토가 생육이 양호한 경향이었다.

배추묘의 생체중과 건물중 증가량에서 생체중은 바로커 상토가, 건물중은 다끼이

A상토가 가장 높게 나타나고 있어 역시 유비상토에서 높았다. 이는 상토내 비료함량 차에 따라 육묘중의 비배관리가 달라야함을 암시하였다.

3. 농가용 plug 파종장치의 경제성분석

본과제에서 개발된 파종장치는 중대형 규묘농가에서 이용될수 있는 I형과 중소농가규묘에 도입가능한 II형으로 구분 개발재작되었다. 이들의 I형은 상토충전, 파종, 복토를 개별기계화 하여 단계별작업이 가능하게 하였으며, II형은 혼합된 기존 상토를 구매하여 충전을 인력수동으로 작업하고 파종과 복토는 각각의 기계장비를 이용하여 반자동화 하는 작업라인으로 구성하였다. 그리고 파종작업의 마지막 단계인 관수는 물조루를 이용하여 인력작업이 가능하게 하였고 이들각 작업의 기종별 작업능률, 소요인력, 기계의 가격등을 일관 자동파종시스템과 비교한바 다음의 표와 같다.

표 3.51. 농가용 반자동 파종기의 작업능류 및 가격비교

작업명		작업기종	작업능율 트레이/시간	소요 인원	기계가격 (천원)	농가용 파종기 I형	농가용 파종기 II형	비고
반자동 파종기	상토충전	수직형 충전기	400	1	5,000	○		
		인력	300	1	0		○	
	진압	수동 진압기	350	1	500			트레이 포개기로 대체
		트레이 포개기	1500	1	0	○	○	
	파종	니들형 반자동	75	1	2,000	○	○	확인 파종이 가능여 100% 파종율가능
	복토	반자동 복토기	800	1	500	○	○	
	관수	물조루	600	1	100	○	○	
일관 자동파종장치		자동파종 시스템	150	2	40,000	※반자동파종기에 비해 결주율이 평균 5%발생됨		

주) 1. 기계의 내구년한 7년
2. 시간당 작업능률은 128공 표준트레이를 기준함

표 3.51에서 반자동 파종기의 작업별 기능을 보면 트레이의 상토충전은 형태별로 수직형 충전기 도입 또는 인력충전으로 구분하여 Ⅰ형, Ⅱ형을 나누었다. 상토충전은 비교적 노동력이 많은 작업중의 하나이고 충전율의 균일성이 필요한 작업이긴하나 기계투자비가 가장 많은 기종이고 또 현재 중소육묘농가에서는 인력작업으로 상용되고 있어며 점점 상토의 경량화로 노동력이 경감되고 있어 Ⅱ형을 인력작업화 하였다.

충전된 상토의 진압은 수동진압기가 있긴하나 작업의 번잡성으로 많이 이용되고 있지 않으며 일반 농가에서는 충전된 트레이를 일정량 포개어 위트레이가 아래트레이를 진압하도록하여 사용되고 있다. 따라서 본장치에서는 수동진압기의 도입은 재외하였다.

파종기는 니들형 반자동으로 작업능률은 시간당 75트레이(128공)가 가능하며 니들에 흡착된 종자를 확인한후에 파종시킬수 있어 파종율 100%가 가능하다. 파종후 복토는 반자동화하여 복토량의 균일성을 가질 수 있도록 하였고, 기계가격을 최소화하였다. 그리고 파종관리의 마지막 작업인 관수는 물조루를 이용하여 충분한 관수를 가능하게하며 투자비를 절감할 수 있도록 하였다.

반면 파종작업의 일관화가 가능한 자동시스템은 상토의 혼합충전부터 마지막관수까지 자주형 벨트를 이용하여 작업을 일체화하므로서 생력화를 최대화한 것이다. 이 시스템의 소요인력은 상토의 공급과 관수후 트레이적재에 1인이 필요하며 파종기의 조절 및 종자공급등에 1인이 소요되어 도합 2인의 인력이 필요하다. 그리고 자동라인에서 이행되는 파종기의 능률은 종자의 형태 및 크기에 따라 다를 수 있으나 평균 5%의 결주율이 발생된다. 따라서 경제성을 검토할 때 자동화시스템의 경우 차후 보식에 따른 인건비가 추가되어야 할 것이다.

이상의 자료로 농가용plug묘 파종기와 자동파종시스템간의 경제성을 비교한 바 다음과 같다.

표 3.52. 파종장치별 투자액

작업기종	I 형 파종기	II형 파종기	자동시스템
수직형 충전기 트레이 포개기(인력) 파종기 복토기 관수기	5,000천원 0 2,000천원 500천원 100천원	- 0 2,000천원 500천원 100천원	- 충전부터 관수까지 일관자동장치
합 계	7,600천원	2,600천원	40,000천원

표 3.53. 파종장치별 노동시간 및 노임(128공 트레이 1,200개 생산/1일)

항 목	I 형 파종기	II형 파종기	자동시스템
상토충전			
수직형충전	3시간	-	
인력충전	-	4시간	
진압			
트레이포개기	48분	48분	
파종	16시간	16시간	
복토	1시간 30분	1시간 30분	
관수	2시간	2시간	
보식작업(5%)	-	-	20시간
일관작업(자동시스템)	-	-	8시간
합 계	약23시간18분	약24시간18분	28시간
노 임	115,043원	119,981원	177,750원

주) 노임은 전국평균노임 39,500원/1일을 적용
자동파종노임계산 - 보식노임: 20시간*4937.5원 (60트레이/시간 기준)
- 파종인건비:2인*39500원

표 3.54. 파종장치별 경제성 비교(128공 트레이 1,200개 생산 기준)

항 목	I 형 파종기	II형 파종기	자동시스템
인 건 비 감가상각비	115,043원 2,677원/1일	119,981원 915원/1일	177,750원 15,499원/1일
합 계	117,720원	120,896원	193,249원

주) 감가상각비는 정액법, 잔존가치 10% 로 가정함

경제성분석은 파종형태별 투자내역(표3.52)과 소요시간 및 노임(표 3.53) 그리고 인건비와 기계의 감가상각비를 기준으로 하는 경제성을 비교 (표32.54)하였다.

파종장치의 투자액비교에서 일관장치의 자동파종시스템은 대당가격이 30,000-

50,000범위에 있어 40,000천원을 기준으로 하였으며 본과제에서 개발된 기종 Ⅰ형은 상토충전기를 포함하여 7,000천원이었고 Ⅱ평은 상토충전을 인력으로 할 경우 2,600천원이 소요되었다. 그리고 파종장치별 노동시간과 노임은 1일 파종작업을 128공트레이 1,200개 생산할 때를 기준으로 하여 산출한바 노동시간은 Ⅰ형이 약 23시간 18분이 소요되어 가장적었고 Ⅱ형은 약간많은 24시간 18분이 소요되었다. 반면에 자동파종시스템은 일관작업시간은 8시간으로 매우 낮았으나 5% 파종결주율을 생육초기에 보식할 때 발생하는 노동력 20시간을 추가할 때 총 28시간이 필요하였다(이때 128공의 5%인 6공에대한 보식시간을 1분으로함). 이를 전국1일 평균노임 39,500원을 기준하여 파종기별 소요노임으로 산출한바 개발된 농가용 파종기는 115,000-119,000원 범위에 있고 자동파종시스템은 177,000원 정도로 다소 높았다.

이상의 자료를 근거로 파종장치별 경제성을 인건비와 기기의 감가상각비를 기준으로 산출한바 농가용plug파종장치 Ⅰ형은 128공트레이를 1,200개를 생산할 때 117,000원의 비용이 소요되었으며 Ⅱ형은 120,896원이 필요하여 수직형 충전기를 도입하지 않고 인력으로 상토를 충전하고 반자동파종기와 복토기만을 도입할 때 가장 경제적이었다. 그러나 육묘장의 규묘가 커질때는 작업의 생력화와 단순성을 고려하여 Ⅰ형 파종장치의 도입이 검토되어야 할 것이다. 반면에 자동파종시스템의 경우는 소요비용이 193,249원이 필요하여 가장 높았다. 이중 장치의 감가상각비가 1일 15,499원으로 가장 많은 이유도 있지만 주된요인은 보식작업에 필요한 인건비 177,750원이 대부분을 차지하므로 자동시스템을 도입할 경우 파종율을 98%까지 높여 보식율을 낮추거나 묘공급시 평균 결주율 10%이하를 감안한 트레이 단위의 판매 방법이 검토될 때 자동파종시스템의 경제성이 회복될 수 있을 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

1. 金光勇, 朴相根, 林相喆, 鄭胃鎬. 1984. 培地의 種類에 따른 育苗日數가 고추의 苗素質과 收量에 미치는 影響, 農연報告26-1(원예):24-31
2. 김광용, 박상근, 이응호. 1989. 양액재배시 NO_3:NH_4의 비율이 몇가지 과채류의 생육에 미치는 영향. 1. NO_3:NH_4의 비율이 딸기의 생육, 무기물함량 및 수량에 미치는 영향. 농시논문집(원예편) 31(3):6-17.
3. 農村振興廳 : 工程育苗技術教材, 1993, 農村振興廳

4. 농림수산부. 1997. '96 채소생산실적.
5. 大韓施設園藝技術研究會, 工程育苗溫室의 自動化 시스템 開發, 1994, 慶尙大學校.
6. 민영봉, 박중춘, 정한택, 오태한, 이상옥. 1997. 공정육묘장의 자동화를 위한 신개발 시설장비. 용현농협육묘장 완공세미나 자료집. 35-76.
7. 박봉식, 이형정, 김시론, 오상석, 손영걸, 박중춘. 1996. 프러그 육묘용 상토의 코이어 혼합비율과 물거름에 목초산 혼합여부가 고추육묘에 미치는 효과 상호비교 시험. 경상대 시설원예연구보고 1:33-41.
8. 박상근. 1994. 공정육묘 시스템의 도입 필요성과 전망. 공정육묘 온실의 자동화 시스템 개발 심포지움, 경상대학교 시설원예연구소보. 1:1-12.
9. 박중춘. 1994. 공정묘 생산 온실의 모델설정과 자동화 시스템. 공정육묘 온실의 자동화시스템 개발 심포지움, 경상대학교 시설원예연구소보. 1:31-54.
10. 박중춘, 민영봉 외 .1994. 공정육묘온실의 자동화시스템 개발(심포지움. 워크샵), 경상대학교 시설원예연구소 . 대한시설원예기술연구회
11. 박중춘, 박상근, 민영봉 외 14인. 1994. 공정육묘 자동화를 위한 부대장치 및 기기 개발, 경상대학교 시설원예연구 창간호, pp 261 - 332.
12. 박중춘, 민영봉, 이상옥 등. 1994. 시설원예 자동화를 위한 농가보급형 컴류터 환경조절 시스템 개발 및 농가실증시험. 농어촌개발. 12:1-119.
13. 박중춘, 민영봉, 장점수, 정영경. 1997. 한국형 공정육묘장의 표준 시설장비와 플러그묘의 생산. 용현농협육묘장 완공세미나 자료집. 1-34.
14. 박중춘, 민영봉 외. 1997. 공정육묘 온실의 표준모델 및 자동화 시스템개발과 활용기술 연구, 경상대학교 시설원예연구 4(1):1-447.
15. 손영걸, 박봉식, 김시론, 임동희, 박중춘. 1996. 고추프러그 육묘에 있어서 상토 혼합 비율이 생육에 미치는 효과. 한국원예학회 발표요지 14(2):250-251.
16. 이응호, 김광용, 박상근. 1991. 양액재배시 NO_3:NH_4의 비율이 몇가지 과채류의 생육에 미치는 영향. 2. NO_3과 NH_4의 비율이 토마토의 생육, 무기물함량 및 수량에 미치는 영향. 농시논문집(원예편) 33(1):1-6.
17. 정병룡. 1993. 플러그(Plug)묘의 관리. 원예작물의 공정육묘가술 및 시스템개발에 관한 심포지엄. 경상남도농촌진흥원. p. 85-110.
18. 韓國農業機械學會誌, 1992. 農業機械化와 施設自動化의 發展方向, '92 懇談會

19. **兎澤　　邵**, 1993. **生産システムの概要と仕様**, **花の成型苗生産と利用** 22-28, **誠文堂新光社**
20. **日本農業機械學會**. 1985. **農業機械の新技術開發調查研究事業報告書**.
21. **日本施設園藝協會**. 1987. **施設園藝ハンドブック**. **日本農民新聞社** : 178-203.
22. **日本施設園藝協會**, 1991. **園藝用育苗資材**, **裝置利用の手引**. PP.168
23. **日本施設園藝協會**, 1991. **園藝用育苗培地利用の手引**. PP.139
24. (**社**)**日本施設園藝協會**. 1994. **三訂施設園藝 ハントフツク** : 198-232
25. **山田　　進**, 1992. **播種機の種類と關連機材**, **野菜の成型苗利用と生産システム** 18-27, **誠文堂新光社**
26. **苗生産システム 國際シンホ◦シウム 實行案員會**, 1991. **フラ◦ ク苗生産の現況と展望その**2. 3**回講演會**
27. **苗生産システム 國際シンホ◦シウム 實行案員會**, 1992. **フラ◦ ク苗生産の現況と展望その**2. 4**回講演會**
28. **渡部一郎**, **板木利降** 1990. : **野菜の育苗と栽培**, **農業電算化協會**
29. Armitage, A. M. 1993. Bedding plants: Prolonging shelf life - Postproduction care and handling. Ball Publishing. Batavia, Illinois. 71p.
30. Bloom, A.J., 1988. NH4+ and NO3- as N sources for plant growth. ISI Atlas of Science: Animal and Plant Sciences 55-59.
31. Carlson, W. H., M. P. Kaczperski and E. M. Rowley. 1992. Bedding Plants. pp. 511-550. In R. A. Larson (ed.) Introduction to floriculture. 2nd ed. Academic Press, New York.
32. Conrad, R. 1992. Economize plug production with treated seed. GrowerTalks Dec. 1992:23-29.
33. Cresswell, G. C. 1992. Coir dust - A viable alternative to peat? p. 1-5. In: Proc. Austral. Potting Mix Manufacturers Conf., Sydney.
34. Erwin, J. 1992. Building a better plug. GrowerTalks Oct. 1992:91-97.
35. Erwin, J. E., R. D. Heins, W. H. Carlson and J. Biernbaum. 1989. Do cool days/warm night work with plugs? You Bet!. GrowerTalks Mar. 1989:46-52.
36. Erwin, J. and R. Heins. 1993. Temperature effects on bedding-plant growth. Minnesota Commercial Flower Growers Association Bulletin. 42(3):1-18.

37. Fonteno, W. C. 1988. Know your media: The air, water and container connection. GrowerTalks on Plugs pp.90-92.

38. Gilbertz, D. A. 1990. Growth retardent mixing made easy. Greenhouse Grower. Feb. 1990:66-69.

39. Handreck, K. A. 1993. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24:349-363.

40. Heins, R., W. Carlson and N. Lange. 1991. Plug into storage. Greenhouse Grower's Plug Guide Fall 1991:72-73.

41. Jeong, Byoung Ryong. 1990. Ammonium and nitrate nutrition of selected bedding plants. Ph.D. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, CO.

42. Koranski, D. 1989. How to grow 32 plug crops. GrowerTalks Dec. 1989 Supplement.

43. Kratky, B., J. K. Wang and K. Kubojori. 1982. Effects of container cell size, transplanting age, and plant spacing on Chinese cabbage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:345-347.

44. Lieberth, J. A. 1990. Set the stage for quality plugs. Greenhouse Grower Jan. 1990:26-27.

45. McAvoy, R. J. 1988. Plug production for bedding plants. Connecticut Greenhouse Newsletter. 147:1-3.