

施設園藝用 移動式 育苗床 開發

Development of movable seedling-bench for greenhouse

한길수*

정희원

K.S.Han

이동현*

정희원

D.H.Lee

윤진하*

정희원

J.H.Yun

1. 서론

최근들어 묘생산의 생력자동화가 용이한 플러그묘의 이용이 계속증가하여 전국 36개소 13.6ha에 이르고 있으나, 공정육묘장 등에서 이용되고 있는 이동식육묘상은 그 규격기준이 확립되지 않아 작업이 불편하고 면적이용율이 낮으며 호환성 또한 미흡한 실정이다.

규격 묘의 대량생산을 위한 공정육묘 시스템이 종묘 업체를 중심으로 보급되기 시작하였고, 민^{1,2}은 육묘 상자를 놓아두는 상판과 지지대 사이에 원형 파이프와 롤러를 배치하여 상판을 전후좌우로 이동할 수 있으며, 통로의 레일 위를 이동하는 육묘상자 운반차를 개발하는 등 시스템 연구가 활발하다.

공정육묘장내 재배작물의 이동은 육묘시기별 적절한 환경조절과 묘생산 공정을 일관 자동화하기 위해 필요한 장치로 육묘상의 원활한 이동과 육묘상자의 운반에 필요한 설비가 개발되어야 함은 물론 작업조건을 고려한 육묘상 설계가 선행되어야 한다.^{3,4}

따라서 본 연구는 이러한 어려움을 해결코자 육묘재배농가가 이용할 수 있는 프로그램을 개발함으로써 설계오차에 의한 시설비 낭비를 방지함은 물론 작업자의 신체특징에 적정하고 인체공학적인 육묘상 설계해석을 수행하였고, 육묘 및 재배관리노력을 절감할 수 있는 이동식 육묘상과 운반장치를 개발하여 실용성을 검토하는데 있다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 공정육묘장에서 사용되고 있는 육묘 상자와 포트의 규격 그리고 작형별 초장을 조사하였다. 육묘상자 및 포트의 크기를 측정하였고 파종전, 파종후 및 출하시의 무게를 측정하여 각 단계별 소요 무게를 분석하였다. 또한 육묘상의 크기를 측정하였다.

육묘상의 실태를 파악하기 위하여 전국 8개소(충북 청원, 경기 여주, 경남 진주, 진양, 경북 성주, 경남 창녕, 전북 장수, 충남 공주) 공정육묘장을 현지 조사하여 면적, 설치방법, 이동형식 및 규격 등을 분석하였다.

작업자 표준 체위는 표준과학연구원의 국민표준체위보고서(1992년)를 기초로 육묘상 분석에 관련되는 상체와 하체 및 팔의 길이를 성별, 연령별로 신뢰구간 95%를 적용하여 통계분석하였으며 적정설계시 기초자료로 활용하였다.

* 농업기계화연구소

프로그램 개발에 사용된 시스템은 Pentium PRO 200 CPU를 장착한 IBM PC 호환 컴퓨터이다. 또한 사용된 언어는 C++이고, 컴파일러는 Borland International Inc.에서 개발한 Borland C++ 3.1을 사용하였다. 그리고 농민이 쉽게 다룰 수 있도록 한글 입출력을 위하여 한글라이브러리 한라 프로 2.4 버전을 사용하였다. 시뮬레이션을 위하여 사용한 알고리즘은 컴퓨터 그래픽스 이론에 의거한 Transformation 및 Rotation 알고리즘을 기반으로 구성하였다.

육묘상의 적정크기는 작업자표준체위에 근거한 4유형의 자료를 각각 입력하여 각 유형별 최적작업상태를 해석 시뮬레이션을 통해 구한 후 인체의 작업토크를 분석할수 있는 MANNEQUIN(1.0) 프로그램을 적용하여 적정육묘상크기를 산출하였다.

이동식 육묘상은 시설재배공간의 효율적 이용과 재배관리 및 운반작업의 생력기계화를 위하여 제작이 용이하도록 파이프조립식으로 개발하였고, 운반장치는 육묘상위에서 이동 및 회전이 가능하도록 제작하였다.

육묘상 및 운반장치의 소요건인력은 적재무게를 증가시키면서 로드셀을 이용하여 측정하였다. 구조재의 강도시험은 재료만능시험기(UTM)를 사용하여 압축좌굴과 항절시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 육묘 상자 규격 및 품종별 초장

(1) 육묘 상자의 종류 및 규격별 두께

공정육묘장에서 사용되고 있는 육묘 상자는 작형 특성에 따라 1구당 규격에 차이가 있어 육묘 상자의 높이는 4.5~5.0cm이고 크기는 27.5×54cm이다. 그리고 무게는 파종전 0.3~0.4kgf, 파종후 1.9~2.0kgf, 출하시 3.5~4.0kgf였다. 육묘 상자의 규격은 이동식 육묘상의 너비와 높이 및 건인력 등의 결정을 위한 참고가 된다.

(2) 작목별 초장 및 육묘 기간

운반 장치의 높이를 결정하기 위하여 작형별 초장을 조사 분석하였는데 초장이 가장 작은 것은 2~3cm의 오이 시네라리아, 펜지 등으로 나타났고 가장 긴 것은 15~18cm정도의 토마토와 고추 등으로 운반 장치의 높이가 30cm 유지되어야 함을 알 수 있다. 이동식 육묘상위에 놓여 있는 육묘 기간은 작형별로 2~16주 까지 차이가 있어 육묘 관리에 세심한 주의가 필요하다.

나. 육묘상 현황 및 면적이용율(%)

공정육묘장 규격은 대부분 철골 유리 연동 온실이었으나 또한 공정육묘장의 설치 면적은 1500평을 기준으로 시공되었으나 크기는 규격화가 되지 않았으며, 육묘상의 형식은 공정육묘장의 설치 형태에 따라 길이 및 너비방향으로 배치되어 있으나 길이방향으로 설치된 육묘상은 모운반작업이 어려울 뿐만 아니라 면적이용율이 70% 이하로 개선이 요구 되었고, 육묘상 폭이 넓고 높이가 높아 육묘상 중앙부의 작업이 어려우며, 이동통로 역시 40±10cm로 협소하여 육묘상자 운반 성능이 낮았다.

다. 작업자 표준 체위 분석

작업자의 신체적 조건을 얻기 위하여 표준과학연구원서 측정한 국민표준체위 보고서(1992

년)를 분석하여 표 1에 표시된 것처럼 4가지 유형으로 나타내었다. 이러한 4가지 유형은 기존 이동식 육묘상의 규격에 따라 육묘상 크기 산출 프로그램의 입력 자료로 사용하였다.

Table 1. Analyzed body size of farm operators by sex and age level (unit : cm)

Element	Sex		Sex		
	Age	Men	Men	Women	
		18-24yr. (A)	25-50yr. (B)	18-24yr. (C)	25-50yr. (D)
Waist height		73.9	72.7	69.3	67.3
Waist-shoulder		63.9	64.7	59.6	59.6
Shoulder-elbow		34.4	34.1	31.9	31.5
Elbow-wrist		26.3	26.0	23.9	23.4
Body thickness		43.3	45.4	40.3	42.3

라. 육묘상의 적정 크기 산출 프로그램 개발(시뮬레이션)

시설 재배에 있어서 육묘상 위에서 작업하는 작업자의 피로도는 매우 중요한 부분으로 지적되고 있다. 전국의 시설 재배 농가를 살펴보면 각 지역별로 육묘상의 높이 및 폭이 각각 다르고 적정 기준이 마련되어 있지 않다. 그러므로 작업자의 신체 치수를 입력하고 예상되는 육묘상의 규격을 입력하여 작업자의 허리 굽힘 각도와 팔의 회전각에 따라 신체 부위의 형상을 모니터에 출력하고 그 결과를 화일로 저장할 수 있어 작업자의 작업 조건을 전산화하였다.

본 프로그램의 특징을 살펴보면

첫째, 별도의 한글 소프트웨어 또는 하드웨어적인 한글을 필요로 하지 않고 자체 한글을 통해 한글화를 구현하였다. 또한 새롭게 표준으로 지정된 조합형 한글을 사용하여 나타내지 못하는 글자가 없도록 하였다.

둘째, 새로운 추세로 나타나고 있는 그림 사용자 환경(GUI : Graphical User Interface)에 어울리도록 해당 작업에 대해 윈도우를 구성하여 작업을 처리하였다.

셋째, 작업하기 편리한 풀다운 메뉴 스타일을 구현하여 키보드 혹은 마우스를 이용하여 쉽게 작업할 수 있도록 하였다.

넷째, 컴퓨터 그래픽스 이론을 도입하여 정확한 좌표 계산 및 시뮬레이션을 행하였다.

이와 같은 특징을 갖는 본 프로그램은 사용자가 직접 입력한 자료를 토대로 계산을 수행하여 현재 사용되고 있는 육묘상위에서 작업하는 작업자의 모습을 시뮬레이션하도록 되어 있다. 입력은 작업자의 다리에서 허리, 허리에서 목, 어깨에서 팔꿈치, 팔꿈치에서 손까지의 길이를 입력하고, 임의의 육묘상에 있어서 높이와 폭을 지정해 주도록 되어 있다.

이렇게 입력받은 자료를 토대로 기본적인 허리 굽힘 정도를 정하고 그 상황에서 특정 각도로 팔을 구부렸을 경우 작업자의 손 위치를 추적할 수 있도록 하였으며, 원하는 범위 내에서 일정한 간격으로 팔을 구부려 전체적인 움직임을 시뮬레이션할 수 있도록 되어 있다.

(1) 작업자의 좌표변환에 관한 이론적 해석

회전축 좌표는 허리를 말하며, 변환전 및 후의 좌표는 어깨, 팔꿈치, 손목 등의 좌표를 의미한다. 변환전 좌표 (x_1, y_1) 는 회전축좌표 (x_0, y_0) 에 의해 변환후의 좌표 (x_2, y_2) 로 표시할 수 있으며, 변환전의 좌표는 원점으로 이동, 회전, 이동을 하여

최종좌표를 얻도록 프로그램화하였다.

$$\begin{aligned} \begin{vmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{vmatrix} &= \begin{vmatrix} 1 & 0 & x_0 \\ 0 & 1 & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -x_0 \\ 0 & 1 & -y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{vmatrix} \\ &= \begin{vmatrix} \text{Translation} \\ \text{Matrix} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \text{Rotation} \\ \text{Matrix} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \text{Translation} \\ \text{Matrix} \end{vmatrix} \\ &= \begin{vmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & -x_0 \cos \theta + y_0 \sin \theta + x_0 \\ \sin \theta & \cos \theta & -x_0 \sin \theta - y_0 \cos \theta + y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 \cos \theta - y_1 \sin \theta - x_0 \cos \theta + y_0 \sin \theta + x_0 \\ &= (x_1 - x_0) \cos \theta - (y_1 - y_0) \sin \theta + x_0 \quad \dots(1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= x_1 \sin \theta + y_1 \cos \theta - x_0 \sin \theta + y_0 \cos \theta + y_0 \\ &= (y_1 - y_0) \cos \theta + (x_1 - x_0) \sin \theta + y_0 \quad \dots(2) \end{aligned}$$

(2) 시스템 흐름도

이 프로그램은 전형적인 풀다운 메뉴의 형태를 띠고 있으며, 주메뉴는 [=], [화일], [입력], [시뮬레이션], [나가기]로 구성되어 있다. 그리고 각 주메뉴는 [프로그램에 대하여...], [자료 PRINT], [자료 저장], [사람 치수 입력], [육묘상 크기 입력], [시뮬레이션(각도 입력)], [시뮬레이션(애니메이션)], [초기값으로 되돌리기], [그냥 나가기] 등의 부메뉴로 구성되어 있다.

프로그램을 실행한 후 입력을 선택하여 사람 치수와 육묘상의 예상크기를 우선 입력해야 한다. 사람 치수는 발에서 허리까지의 길이, 허리에서 목까지의 길이, 어깨에서 팔꿈치까지의 길이, 팔꿈치에서 손까지의 길이를 입력하도록 되어 있으며, 육묘상은 높이와 너비만 입력하도록 되어 있다. 또한 육묘상자의 높이와 너비도 입력하여 실제 작업과 동일하도록 모니터링 된다.

이와같이 모든 입력을 마친 후 시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 한 순간의 허리 굽힘 각도와 팔의 각도를 보고자 할 경우에는 시뮬레이션(각도 입력)을 선택하고, 허리 굽힘을 고정시킨 후 팔을 회전하면서 현 육묘상의 모습과 비교할 경우에는 시뮬레이션(애니메이션)을 선택한다.

각 과정에서 화일로 저장할 것인가를 물어 오고 각도 입력 시뮬레이션의 경우에는 프린터로 출력할 것인가를 함께 묻는다.

(3) 입·출력 설계

입력은 대부분 직접 키보드를 통하여 하도록 되어 있으며, 입력하는 수치는 사람 치수, 육묘상 크기, 시뮬레이션에 필요한 각도 및 증분 등을 입력하면 된다.

출력은 화일 출력과 프린터 출력으로 나뉘고 화일 출력은 시뮬레이션을 수행한 후 인체의 각 지점의 위치를 XY 좌표값으로 출력하도록 되어 있다. 프린터 출력은 화일 출력과 같으며 단지 출력이 프린터를 통해 문서로 작성되는 것을 말한다.

(4) 실행 예제

예제에서 입력할 값은 다음과 같다.

1. 발에서 허리까지 길이 : 75cm

2. 허리에서 목까지 길이 : 75cm
3. 어깨에서 팔꿈치까지 길이 : 30cm
4. 팔꿈치에서 손까지 길이 : 30cm
5. 육묘상 폭 : 120cm
6. 육묘상 높이 : 72cm
7. 육묘상자 폭 : 54cm
8. 육묘상자 높이 : 5cm
9. 기본 허리 굽힘 각도 : 30°
10. 팔 각도 범위 : 90°
11. 각도 증가량 : 1°

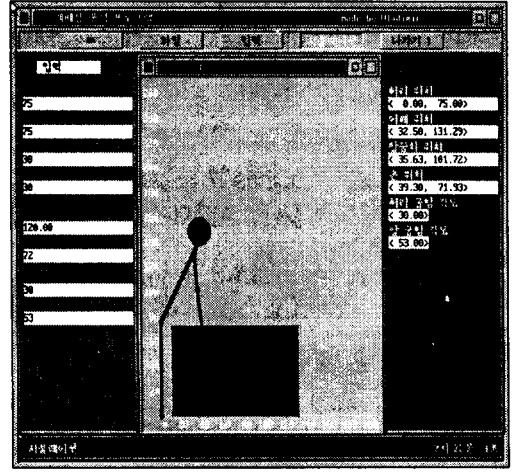
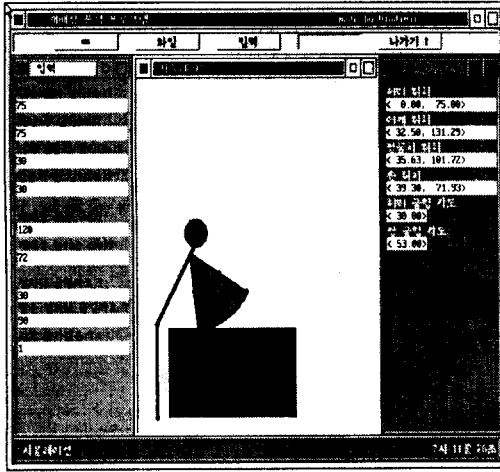


Fig 1 Result of simulation for working motion and angle.

예제에서 출력한 자료는 다음과 같다.

- | | | |
|-----------|-----------------|------------------|
| 허리의 좌표 | (0.00, 75.00) | |
| 어깨의 좌표 | (32.50, 131.29) | |
| 팔꿈치의 좌표 | (35.63, 101.72) | |
| 손목의 좌표 | (39.30, 71.93) | 적 정 높이 : 71.93cm |
| 허리를 굽힌 각도 | 30° | 적정작업폭 : 78.6cm |
| 팔의 회전각도 | 53° | 최대작업폭 : 140cm |

시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 작업자의 신장이 150cm일 경우, 손 위치 x좌표 39.30은 육묘상의 한쪽에서 적정 작업을 수행할 때의 작업폭으로 그 값의 2배가 육묘상의 적정 작업 범위로 산출되어 78.60cm의 육묘상 너비로 결정됨을 의미한다. 이 때의 손 위치 y좌표 71.93cm는 육묘상 적정 높이가 됨을 알 수 있다. 또한 최대작업폭은 140cm로 출력된다.

(5) 육묘상 규격별 시뮬레이션

육묘상의 현황 조사를 토대로 육묘상의 크기에 따라 작업자의 4가지 유형을 입력시켜 분석 프로그램에 대입한 결과, 작업자의 여러 가지 유형을 적용하여도 육묘상 높이가 70cm정도일 경우 작업시 허리 굽힘이 23° 이상으로 지속적인 작업이 어렵고, 작업범위도 80cm±5로 좁아 육묘상에 작업자가 올라가서 일을 하는 현상이 발생되어 육묘상 파손이 우려되며, 육묘상의 높이가 낮은 경우 작업폭은 증가하나 허리굽힘이 증가하여 작업이 어려우며, 높은 경우 작업폭이 적어 불안정한 자세로 작업을 하게되므로 개선이 필요함을 알 수 있다.

마 . 육묘상의 적정크기 산출 프로그램 개발 결과

본 프로그램을 이용하면 육묘상 제작시 작업자의 신체적 특징에 적합하도록 적정제원을 간편하게 산출할 수 있었다. 육묘상의 적정 규격을 분석한 결과 그림 2에서 알 수 있듯이 육묘상의 너비와 높이는 작업자의 허리굽힘에 의해 결정된다. 다시 말하면, 표 2 에서와 같이 작업자의 피로도를 감안하면 허리굽힘은 25도 이하로 유지해야 하고, 육묘상의 너비는 100~133cm, 높이는 80~86cm이고, 길이는 너비의 2배 이내로 연결 가능해야 하며, 작업 통로는 작업자의 허리너비가 통과할 수 있는 45cm이상으로 설계되어야 함을 알 수 있다.

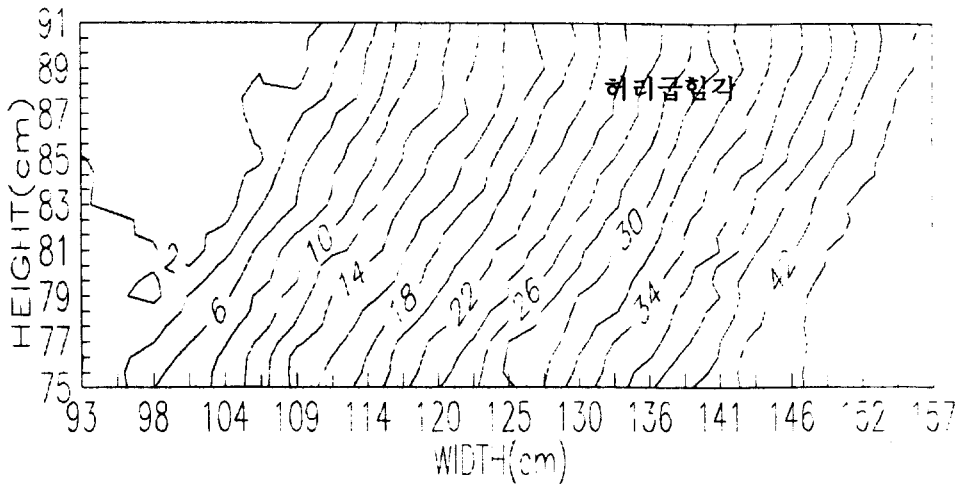
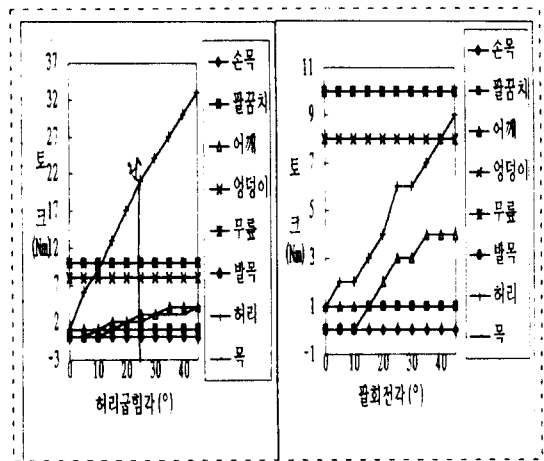
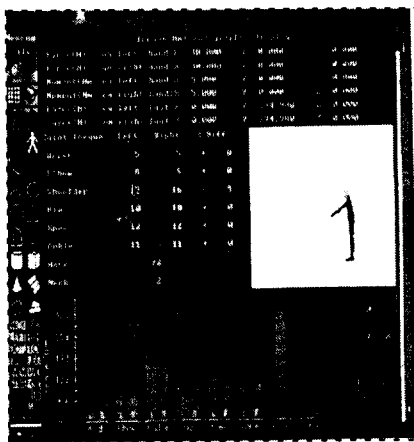


Fig 2 Result of simulation for working angle and height and width of movable bed.

바 . 인체역학해석 프로그램(MANNEQUIN)을 이용한 허리굽힘 토크 결과



그림에서 알 수 있듯이 선자세에서 허리굽힘에 따라 허리, 어깨, 목에서 받는 토크가 증가하며, 팔이 뻗은 자세에서 밀므로 내림에 따라 허리, 어깨에서 발생하는 토크는 증가함을 알 수 있다. 그러므로 허리굽힘각이 25도 이하에서는 허리와 어깨에 미치는 영향이 적어 작업이 가능

할 것으로 판단되어 최종적으로는 다음과 같은 육묘상의 규격을 결정할 수 있다.

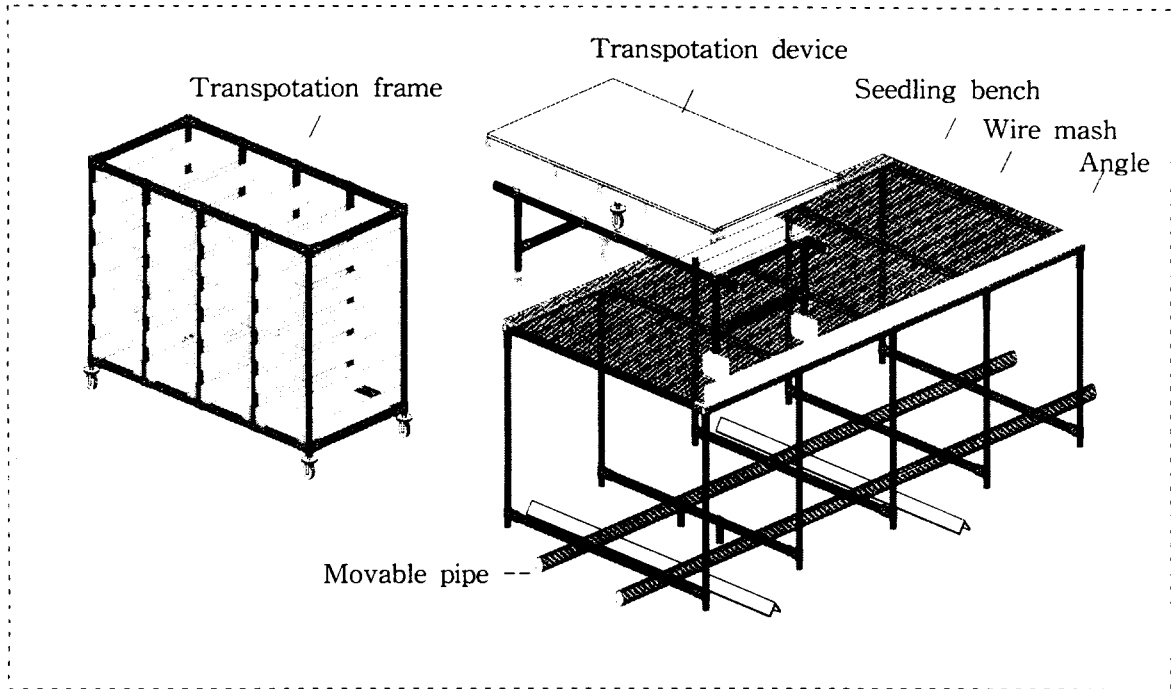
Table 2. Analysed optimum design size for movable bed

(Unit:cm)

Width of movable bed	Length of movable bed	Height of movable bed	Working pathway
100~133	Less than 266 as a basic	80~86	45 more than

사. 이동식육묘상 구조

이동식 육묘상은 제작이 용이하도록 파이프조립식으로 설계하였으며, 내식성 및 내한성이 우수한 ABS수지를 피복한 냉간압연강관을 사용하여 제작하였다.



(1) 시작기 제원

Table 3. Specification of prototype for movable bench and transpotation device.

Item	Size(cm) (W×L×H)	Moving system	Weight (kg)	Loading capacity (boxes)	Material constructed
Seedling bench	120×240×80	Rolling pipe with Ø48mm	40.4	16	Cold resisting ABS synthetic resin
Transpotation device	140×80×50	Steel roller and angle	25	48	

육묘상은 폭,높이가 120, 80cm이고 길이는 240cm로 온실배치에 적정하게 연결가능하였으며, 이동방식은 파이프롤링에 의해 좌우 60cm 이동할 수 있었고 묘판적재는 16개가 가능하였다. 운반장치는 육묘상위에 설치된 T형강위에서 이동 및 회전이 가능하도록 제작하여 묘판 48개를 적재할 수 있고 작업자가 한편에서 작업이 가능하였다.

(2) 성능시험

(가) 적재무게별 소요견인력

개발된 육묘상의 이동에 필요한 소요견인력은 출하시기의 육묘판 84상자를 탑재한 경우 30kgf±1, 운반장치의 소요견인력은 과중된 육묘판 48상자를 탑재한 경우 20kgf±1로 나타나 작업자가 쉽게 이동시킬수 있었다.

Table 4. Requirement of draw force by loading weight

	Item	Weight(kg)	Requirement of draw force (kgf)
Seedling bench	Seedling bench(SD)	485	13
	SD+Grawing pot 84개	678	22
	SD+Marketing pot 84개	847	31
Transpotation device	Transpotation device(TD)	30	5
	SD+Grawing pot 24개	87	15
	SD+Marketing pot 48개	144	20

(나) 운반장치의 작업성능

운반장치의 작업성능은 시간당 370상자를 운반할 수 있어 기존 운반틀보다 약 84% 능률적이었다.

Table 5. Result of Transpotation device

Item	Conventional	Prototype
Transpotation capacity(box/time)	20	48
Loading & Unloading(sec/box)	15	9
Transpotation speed(m/sec)	0.34	0.57
Transpotation time(times)	7.4	3.1
Transpotation efficiency(box/hr)	201	370

※ ○ Size of seedling box(W×L) : 1.2×20.0m
 ○ No. of seedling box : 148box/seedling bench

(3) 구조재의 강도시험

육묘상의 조립식파이프는 ABS수지가 피복되어 내식성 및 내한성이 우수하였고 압축좌굴 및 항절최대하중은 3,301kg, 277kg으로 육묘상자를 올려 놓는데 충분하였다.

Table 6. Strength test for construction members

Dia × thickness (mm)	Compression force		Searing force		Weight (kg/m)	Material of pipe
	Max. resistance force (kgf)	Bending dislocation (mm)	Max. resistance force (kgf)	Bending dislocation (mm)		
φ 28.0 × 1.0t	3,301	3.28	277	8.23	0.52	Cold resisting ABS synthetic resin

4. 요약 및 결론

육묘상의 적정규격설정을 위해 국민평균체위를 기초로한 컴퓨터 프로그램을 개발하여 작업자세를 분석한 결과 육묘상의 높이는 80~86cm, 폭은 100~133cm가 적당한 것으로 나타났다.

이동식 육묘상은 내한성 ABS수지가 피복된 강관을 사용하여 조립식으로 하였고 운반장치는 육묘상위에 설치된 ㄱ형강위에서 이동 및 회전이 가능하도록 제작하여 성능시험한 결과, 면적이용율이 기존육묘상에 비하여 약 9~18% 높고, 운반장치의 능률은 시간당 370상자로서 관행의 운반틀 201상자에 비하여 약 1.8배 능률적이며, 소요경비 또한 1ha당 480천원으로 관행의 840천원에 비해 43% 절감되는 것으로 나타나 실용성에 대한 가능성을 보여주었다.

5. 참고문헌

1. 송삼석외. 1993. 원예작물 일관생산체계를 위한 공정육묘 시스템개발, 농촌진흥청 특정연구: 13~44.
2. 경상남도진흥원. 1993. 원예작물의 공정육묘기술 및 시스템개발에 관한 심포지엄자료 : 7~23.
3. 농촌진흥청. 1992. 원예작물에 있어서 고능율 생산시스템에 관한 심포지엄자료 : 37~62.
4. 공업진흥청. 1992. 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서 : 64~77.