

반자동정식기 작업 성능 분석

문성동·민영봉*·박종춘**

진주산업대학교 기계공학과·*경상대학교 농과대학 농업기계공학과·**경상대학교
농과대학 원예학과

Analysis of Working Capacity of a Hand-fed Transplanter

Moon, S. D. · Min, Y. B* · Park, J. C.**

Dept. of Mechanical Engineering, Chinju National University

*Dept. of Agricultural Machinery, College of Agriculture, Gyeongsang National University

**Dept. of Horticulture, College of Agriculture, Gyeongsang National University

Abstract

To cope with the mass-production and supply of plug seedling, the supply of transplanters is necessary. In the study, a transplanting test was carried out to find the optimum working condition in the mechanized transplantation and to acquire the basic data for the improvement of transplanters by the research and analysis of working capacity of the local manual transplanters.

The size of hopper affected transplanting stand and rate. Re-irrigation was required for the transplanted seedlings because they wilt 1 day after the transplanting if soil compaction is incomplete. Consequently, back-forth-left-right compaction method was good for soil covering and compaction. It may be thought to increase the amount of irrigation water at the time of transplanting by double-irrigation mechanism, but it needs to increase the larger water tank which makes the operation uneasy. So, assuming the working model by 1 or 2 operators with the machine size as small as possible, it seemed that eliminating of automatic irrigation method was desirable in view of efficiency.

Though semiautomatic transplanter needs some structural improvements, it seemed still suitable for transplanting of plug seedlings such as 45-day red pepper seedlings in 128-hole tray and 25-day Chinese cabbage seedling in 128-hole tray. If traveling speed of the transplanter is limited to less than 14 m/min, with the transplanting depth of 2~3cm and transplanting space of 30cm.

주 제 어 : 반자동이식기

Key words : Hand-fed transplanter

서 언

우리 나라 농업은 노동력의 양적 부족과 질

적 저하로 고도기술의 수용여건이 열악할 뿐 아니라 시설재배의 확대에 따른 동절기 육묘의 안정화, 수입개방의 확대에 따른 국제경쟁

력 제고 등 여러 가지 사회적 환경변화에 대응하여 생산합리화의 필요성과 지금까지 축적되어 온 생산 기술의 효율화를 도모해야 하는 시급한 입장에 있다. 이러한 시점에서 양질육묘의 안정 확보 및 육묘능률 향상 등을 목표로 원예작물의 공정육묘가 최근 우리 나라에서도 연구되고 있다. 앞으로 2001년까지는 정부정책사업으로 전국으로 공정육묘장을 130여개소 설치될 계획이며 이미 1997년도까지 전국 40여개소에 공정육묘 공장이 설립되어 양질의 육묘가 대량으로 생산되고 있다.

채소의 생산과정에서 육묘와 정식작업이 차지하는 노동투하량은 10%, 5% 정도이나 짧은 시간에 대량의 육묘를 정식하여야 하며 연간 2~3회 반복되는 중노동으로 노동력 부족과 노령화에 따른 정식작업의 생력화가 절실히 요구된다.

또한 우리 나라에 공급되고 있는 반자동정식기(KTP-3)는 육묘를 수동으로 공급하고 물은 자동관수하는 정식기이지만 개선해야 할 점이 많았다. 구미, 일본 등에서는 전자동 플러그육묘 정식기가 개발 보급되고 있으나 우리 나라 작물재배양식에는 적합하지 않은 점이 많고 가격이 비싸므로 국산화 개발로 대체하여 채소류의 저원가 생산과 외화절약을 도모할 필요가 있다.

반자동정식기의 성능에 대한 연구결과는 다음 내용이 대표적이다. 공정육묘 기계정식 적응성 검토에서 기계정식의 생력효과는 관행포트 인력작업에 비해 고추와 배추 공히 50~60%의 생력효과가 있었다고 민 등³⁾이 보고하였다. 기계화 정식에 알맞은 육묘의 소질 중 고추는 초장이 30cm 이상에서는 정식이 불가능하였고, 배추는 생육 일수가 25일이 경과한 육묘는 정식률과 활착률이 낮았다고 하였다. 적정정식 깊이는 2.1cm, 적정 각도 30° 이하 정식시 육묘 생존율과 식물생육이 가장 양호하였고, 14.35 m/min 이상 주행시 생존율이 급감하였고, 생존한 식물의 생육은 큰 차이가 없었다고 하였다. 신원에 육묘시스템에서 배추와 상추의 식부자세 조사에서 200공 트레이 이용 자동정식기에 의한 결과 20일 육묘가 지상·지하 정상식부율 100%이고 이보다 나이가 든 육묘는 경사지게 심기며 10~30%, 17

일 육묘는 지상부가 10%가 조금 경사지고, 지하부는 경사가 47%, 도복 매몰이 2.5% 발생한다고 보고하였다. 10a당 각종 정식기의 작업시간은 3.0~3.5시간이고, 주간간격 조절은 작물별로 다르나 128공과 200공 트레이를 사용할 때 주간간격 조절은 24~28cm로 무단 조절되고 있음을 보고하고 있다. 그리고 육묘의 초장은 최대 15cm로 제한하고 있다. 식부기구는 주간거리를 조절하여도 이동체적이 일정하게 되도록 하는 기구로 구성하여 안정된 식부자세를 유지하도록 하고, 정식호퍼 선단부는 진흙 등이 부착되면 식부정도가 떨어지므로 개공부의 청소기능을 갖도록 해야 한다고 하였다.

현재 대량으로 생산 보급되고 있는 플러그육묘는 생력화 정식작업을 전제로 하고 있기 때문에 우리나라의 기계정식 가능성 검토가 필요하고 플러그육묘의 대량생산 보급에 대처하기 위하여는 정식기계의 보급이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내 보급중인 반자동정식기의 정식성능을 조사 분석하므로써 기계정식 작업시 최적작업조건 구명과 정식기 연구 개발의 기초 자료를 획득하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시정식기

공시기로 사용한 정식기는 시중에서 사용되는 기종으로서 그 제원은 표 1과 같고 기계의 외형상 작동 구조는 그림 1과 같다. 이 정식기의 작동기구에서 포트육묘나 플러그육묘를 인력으로 뽑아 기계의 운전 중 회전하는 육묘실린더에 공급하여 주면 호퍼 상승시 육묘실린더가 열리면서 육묘를 호퍼에 떨어뜨리고 호퍼는 육묘를 수직으로 받아서 지면으로 내려간다. 지면으로 내려간 호퍼는 호퍼 끝을 지중에 꽂은 뒤 호퍼를 열면서 솟아 나오는데 이때 육묘는 지중에 남게 된다. 열어둔 지면이 호퍼상승시 육묘를 덮지만 불안정하므로 복토륜이 지나면서 진압을 하여 정식을 완료한다.

공시정식기는 16° 정도의 경사지에서 기체

를 수평으로 유지할 수 있는 스윙장치, 무단계 정식깊이 조절, 두둑을 따라 주행할 수 있도록 안내 가이드 차륜, 육묘의 크기에 따른 정식호퍼의 교환, 두둑크기에 따른 차륜폭 조절, 레버식 윈터치 주간조절, 복토진압 및 정식과 동시에 일정량의 물을 공급하는 관수펌프장치 등이 설비되어 있으며 두둑 비닐 멀칭 후의 작업도 가능하다.

정식줄수는 1조식이며, 호퍼개폐식이고 육묘를 수동으로 공급하고 물의 공급은 자동관수로 정식과정 중에 주당 약 100ml의 물이 자동공급장치로 공급된다. 또 하나의 공시기는 정식줄수는 1조식이고, 가열파이프에 의한 멀칭비닐천공 및 호퍼개폐식이며, 육묘를 수동으로 공급하고 무관수이다.

2. 공시품종과 육묘트레이

정식시험에 사용된 고추는 청홍 64일 육묘로써 초장의 길이가 24cm, 거성 30일육묘와

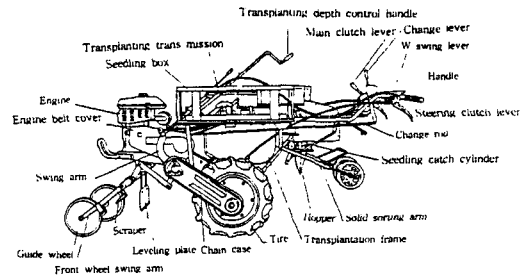


Fig. 1. Prototype transplanter.

Table 1. Specifications of prototype transplanter.

Item		Specification
Engine	Mode	Air cooling 4 cycle gasoline engine
	Output displacement(ps/rpm)	Rated: 3.5/1,800(Maximum: 4.5/2,000)
	Displacement(cc)	182
	Starting method	Recoil starting type
Dimension(L×W×H) (mm)		2,170×1,260×940
Total weight(kg)		160
Main clutch method		Belt tension type
Steering clutch method		Dog clutch
Step of speed change		Forward 2, Backward 2
Wheel		Rubber wheel(5.00~12)
Wheel track(mm)		450~770, 1,150~1,380
Speed (m/s)	Working	0.2~0.4
	Traveling	1.1
	Backward(Low)	0.2
	Backward(High)	0.6
Number of transplanting row		1 row
Transplanting method		Hopper—open type
Traveling control extent(cm)		21~38(27~45, 33~58)
Transplanting position control(mm)		-60~+280
Inclination		6 steps(3~16) to left & right
Operation capacity(min/10a)		90~180

45일 육묘는 초장의 길이가 각각 15.5cm, 19.4cm이었으며, 육묘트레이는 128공을 사용하였다. 분석실험은 1993년 4월부터 10월까지 경상대학교 육묘온실과 진양군 수곡면 원계리의 농가에서 실시되었고, 공시토양은 점질토양(산간지역)이었고 두둑은 22×42×85cm(높이×두둑 폭×간격)로 하였다. 공시포장은 정식 2주일 전에 퇴비와 화학비료를 뿌린다음 경운과 두둑을 성형하고 흑색 필름으로 멀칭하였다.

3. 실험구

표 2는 정식 실험구 처리를 나타낸 것이다.

정식시험의 주요 처리에 있어서 정식기 주행 속도는 각각 9.04, 11.65, 14.35, 16.00 및 17.14m/min의 5단계로 하였고, 정식간격은 각각 25.75, 29.35 및 32.80cm의 3단계로 하였으며, 정식깊이는 1.65, 2.10 및 3.50cm의 3단계로 하였고, 육묘령은 각각 30, 45 및 64일의 3단계로 실시하였다. 또 포장구배는 평지 및 15°의 경사지로 하였다.

4. 조사항목

정식시 육묘가 없거나 있어도 넘어져 있거나 뽑혀 있는 육묘를 결주라 하고, 200주씩 3이랑을 조사하여 그 백분율을 결주율로 하였다

Table 2. Design of experiment on transplanting treatment for the test of transplanting performance regarding the factor ; TS, TDP, TDS, seedling age, manual transplanting, ground inclination.

Classification	TS'					TDP			TDS			SA			
	9.04	11.65	14.35	16.00	17.14	25.75	29.35	32.80	1.65	2.10	3.50	30	45	64	
TS	9.04					A1				A1			A1		
	11.65														
	14.35														
	16.00					A3				A3			A3		
	17.14					A2				A2			A2		
TDP	25.75		A5							A4			A4		
	29.35		A5							A5			A5		
	32.80		A6							A6			A6		
TDS	1.65	A7				A7							A7		
	2.10	A8				A8							A8		
	3.50	A9				A9							A9		
SA	30	A20				A20									
	45	A21				A21				A20					
	64									A21					
MT	90°												C1	C2	C3
	60°												C4		
	45°												C5		
GI	15°	B2				B2				B2			B2		

TS:Transplanting speed(m/min), TDP:Transplanting depth(cm), TDS:Transplanting distance (cm), SA:Seedling age(day), MT:Manual transplanting, GI:Ground inclination.

다. 정식율은 지상부와 지하부로 나누어서 조사하였고 지상부는 육묘의 입모 각도를 측정하였으며, 지하부는 육묘가 있는 두둑의 중앙부로부터 세로로 측면의 흙을 수직으로 파서 육묘의 기울기 상태를 측정하였다. 지상부와 지하부를 각각 100주씩 2두둑을 조사하여 계산은 결주율과 같은 방법으로 하였다. 복토 상태는 다짐 정도를 측정하였는데 완전히 덮인 상태, 2/3 덮인 상태, 1/3 덮인 상태로 3분류로 조사하였으며 200주씩 3두둑 조사하여 백분율로 계산하였다. 주행성은 골 중앙에서 벗어난 길이를 측정하였고, 200주씩 3두둑을 조사하여 백분율로 계산하였다. 또 작업 능력, 작업상의 문제점 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 결주율

그림 2는 주행속도에 따른 결주율을 나타낸 것으로 주행속도 11.65m/min일 때 3%의 가장 낮은 결주율을 보였으며 같은 속도에서 경사지의 경우 5% 결주율을 보였다.

그림 2는 주행속도에 따른 결주율을 나타낸 것으로 주행속도가 14m/min 이상에서는 결주율이 급속히 증가하였는데 이는 호퍼의 상승

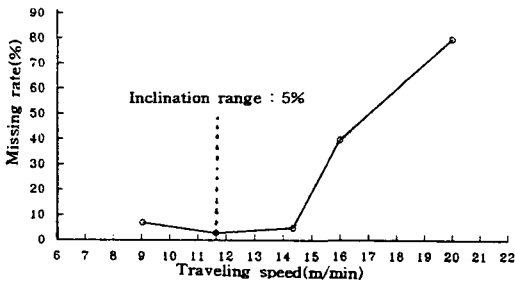


Fig. 2. Relationship between missing rate and traveling speed (seedling age: 64 days, transplanting depth: 2.1 cm, transplanting distance: 25.74 cm).

속도보다 육묘의 낙하속도가 늦기 때문에 호퍼가 닫히면서 육묘를 물고 나오거나 호퍼가 열리는데도 주행관성에 의해 육묘가 호퍼에 얽혀 뿔뿔히 나오기 때문인 것으로 생각되며 주행속도가 11.65m/min일 때 뿔뿔히 육묘와 얽힌 육묘가 결주원인이 되어 3.4%의 가장 낮은 결주율을 보였다.

정식간격별 결주율을 조사한 결과는 그림 3과 같다. 정식간격이 짧으면, 정식호퍼의 속도가 빨라져서 결주율이 증가하나 정식간격별 큰 차이가 없었으며 정식간격 35cm일 때 결주율이 2%로서 가장 낮게 나타났다.

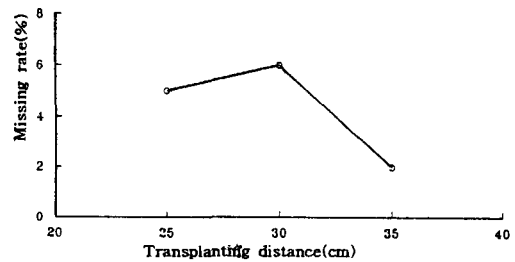


Fig. 3. Relationship between missing rate and transplanting distance (seedling age: 64 days, transplanting depth: 2.1 cm, traveling speed: 11.65 m/min).

그림 4는 정식깊이별 결주율을 나타낸 것으로 결주율이 가장 낮은 주행속도 11.65m/min에서 조사한 것이다. 정식깊이가 얇으면 얽힌 육묘, 정식되지 않은 육묘가 발생하여 정식깊이가 2cm 이상이어야 할 것으로 생각된다.

그림 5는 육묘령별 결주율을 나타낸 것으로 육묘령에는 별차이가 없었으나 45일 육묘와 64일 육묘에서의 결주는 키가 큰 육묘에서 발생하였다. 28cm 이상의 키가 큰 육묘는 정식호퍼 상승시 호퍼에 물려서 뿔뿔히로 정식육묘령은 50일 육묘 이하로 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

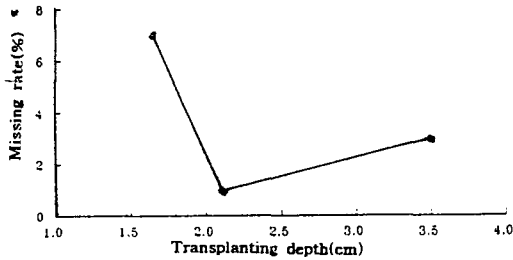


Fig. 4. Relationship between missing rate and transplanting depth (seedling age: 64 days, traveling speed: 11.65 m/min, transplanting distance: 25.75 cm).

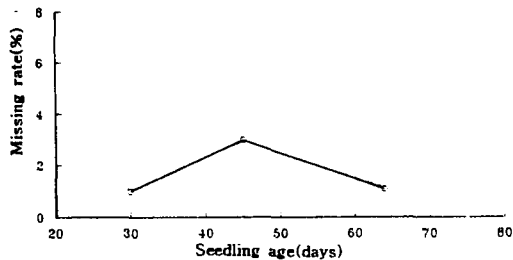


Fig. 5. Relationship between missing rate and seedling age (traveling speed: 11.65 m/min, transplanting depth: 2.1 cm, transplanting distance: 25.75 cm).

이상의 결과에서 공시반자동정식기의 결주율이 가장 낮은 작업 조건은 주행속도 약 12 m/min, 정식깊이 2.1 cm, 주간간격 30~35 cm, 육묘령 50 일 이하일 때인 것으로 판단된다.

2. 지상부 정식상태

그림 6~10은 육묘의 지상부 정식상태를 각 조건별로 조사한 결과이며, 이외에 상해정도는 28 cm 이상의 육묘에서 적인 육묘가 2%, 정식간격의 정밀도는 공시반자동정식기가 ± 2.2 cm로 나타났다. 그림 6~10 및 현장조사를

종합하여 지상부 정식 상태조사 결과를 정리하면 경사지게 정식된 육묘의 정식각은 작업속도와 정식깊이의 영향이 크며, 작업속도 9.04 m/min와 17.14 m/min에서는 평균정식각이 78°, 56°이고 최대정식각, 즉 최대 기울어짐은 각각 60°, 35°로 나타났고, 정식깊이 2 cm 정도에서는 평균정식각이 53°, 80° 최대정식각이 30°, 45°로 나타났다. 결주율이 가장 작은 작업 조건, 즉 속도가 11.65 m/min, 정식깊이 2.1 cm에서는 정식각이 60° 이상으로 정식된 것이 94%, 인력정식시 99%로 나타나, 정식기의 정상작업시는 정식각이 작물생육에 미치는 영향은 없을 것으로 판단되며, 직선주행시 주행속도가 빨라지면 두둑중앙에서의 벗어난 정식거리가 줄어들지만 곡선주행시는 늘어났다. 그러나 정상작업, 즉 주행속도는 12 m/min 이하에서는 결주발생의 염려가 없는 것으로 나타났다.

3. 지하부 정식상태

정식 후 진압상태를 조사한 결과는 표 3과 같이 나타났다. 불충분한 진압충진 상태는 정식 후 말라죽거나 생육에 지장을 초래하는 요인으로서 조사에서 문제가 발생한 것은 1/3

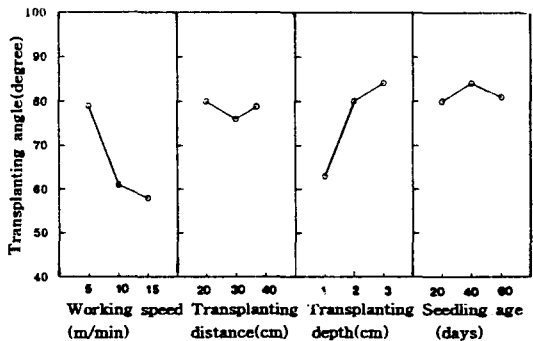


Fig. 6. Transplanting degrees according to different working conditions (average value).

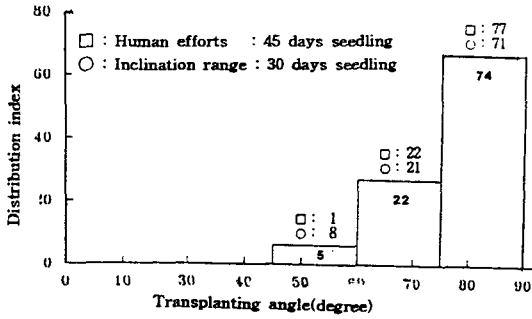


Fig. 7. Distribution of transplanting degree (traveling speed:11.65m/min, transplanting depth:2.1cm, seedling age:64 days).

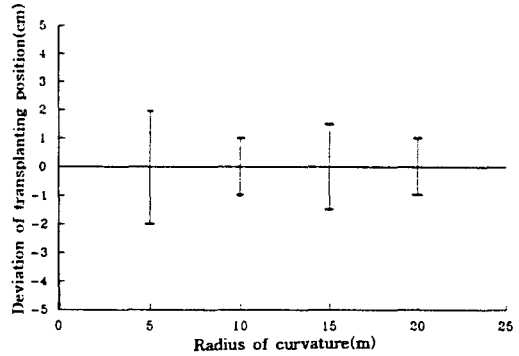


Fig. 10. Deviation of transplanting position according to the radius of curvature (traveling speed:1.65m/min).

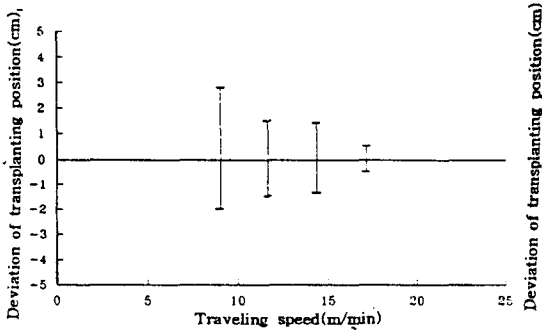


Fig. 8. Deviation of transplanting position from the center of straight ridge according to traveling speed.

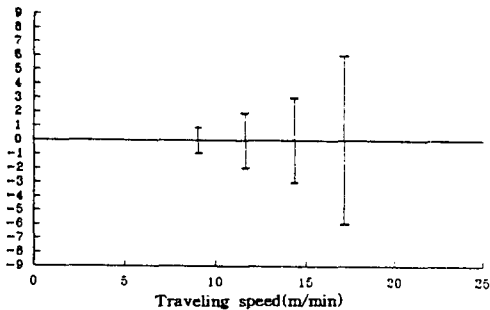


Fig. 9. Deviation of transplanting position from the center of curved ridge(R = 8m) according to traveling speed.

이하 충전시 진압후 뿌리부 원주변의 1/3이 흙으로 채워지고 나머지는 공간상태로서 후속 보완작업이 필요하였다. 결주율이 가장 작은 11.65m/min의 주행속도에서 12%가 1/3 이하 충전으로 문제가 되므로 충진을 향상을 위한 장치의 보완이 필요하였다.

표 3에서 정상진압을 전체정식육묘 중 완전 충진의 비율 정식간격별 영향은 15% 정도로 나타났고 정식깊이별 정상진압률은 1.65cm에서 16%, 2.1cm에서 78%, 3.5cm에서 86%로서 정식깊이가 2.0cm 이상이어야 함을 알 수 있었다. 정식간격, 육묘령별 영향은 각각 14%, 21% 정도 차이가 나타나 육묘령이 많은 쪽이 불리하였다.

정식된 육묘의 뿌리부 각도를 작업속도별로 조사한 결과는 표 4와 같이 나타났다. 작업속도가 빠를때 뿌리의 정식각도가 낮아져 경사지게 정식되는 율이 높게 나타났다. 이는 김²⁾, 민 등³⁾의 생육실험 결과 지하 정식각 45°이하에서 뿌리가 굴절 생육하는 현상이 있었으나 북토상태가 양호한 육묘는 정상생육이 되는 결과를 보였다고 하므로 정식각의 영향은 정상작업속도, 즉 11.65m/min에서 무시해도 좋을 것으로 생각된다. 그러나 표 5에서 나타낸 바와 같이 경사지에서는 뿌리부의 정식각이 45° 이하인 경우가 25%로 나타나 정식의 어려움이 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Soil compaction using roller depending on the working speed.

Compaction degree	Working speed(m/min)			
	9.04	11.65	14.35	17.14
Good	53%	62%	48%	34%
2/3 Compaction	41%	26%	38%	38%
1/3 Compaction	6%	12%	14%	28%

Table 4. Root angle measured to the vertical depending on the working speed.

Root angle	Working speed(m/min)		
	9.04	11.65	17.14
90~75°	80%	64%	15%
75~60°	10%	32%	45%
60~45°	10%	4%	30%
45~30°	-	-	10%

정식 후 플러그육묘의 육묘시 床土부착 정도는 고속주행(17.14m/min), 경사지 작업, 육묘령 30일일 경우 상토부착량이 1/3 이하인 비율은 각각 10%, 20%, 10%로 나타났고, 그 외 작업조건에서는 상토부착량이 2/3 이상인 비율이 96% 이상으로 기계로 정식시 상토의 부족이나 뿌리의 손상은 거의 없는 것으로 판단되었다. 뿌리의 손상은 정상작업시는 발생하지 않았으나, 고속시 꺾임이 5%, 경사지 꺾임이 5%, 찢림 5%, 64일 육묘 꺾임이 1.3%로 나타났다.

지하부 정식상태 조사결과를 요약하면 정식 후 진압성능이 저조하므로 진압기 개선이 필

요하며, 뿌리의 손상은 생육과 관계되기 때문에 고속주행, 64일 육묘의 정식을 피하여야 할 것으로 판단된다.

4. 작업능률

평지에서 정식기로 결주율이 가장 적은 주행속도 11.65m/min로 작업할 경우 두둑의 양 끝에서의 회행소요 시간은 15초이었고, 정식기의 물통에 물 붓는 시간은 13초였다. 두둑의 길이가 40m이었으므로 양 두둑에 물통과 표준트레이 운반소요 시간은 각각 5분이었다. 15°의 경사지는 주행속도 9m/min로 작업할 때 두둑의 양 끝에서 회행소요 시간은 28초이었고, 정식기의 물통에 물 붓는 시간은 16초 걸렸다.

연속작업시 두둑길이가 40m, 간격이 85cm인 곳에서 기계작업은 평지에서 2명이 10a를 정식하는데 걸리는 시간은 4.35시간이었고, 1명이 10a를 정식하는 소요시간은 6.74시간이었다. 경사지에서는 4명이 10a를 정식하는 시간이 4.98시간 걸렸다. 그러나 인력으로 평지에서 2명이 10a를 정식하는 시간이 8.75 시간 걸렸다.

이상의 결과에서 작업자 2인의 경우 평지에서 기계정식 작업은 경사지 기계작업보다 2.3배, 평지의 인력작업보다 2배의 능률을 나타내었다. 이는 김 등²⁾의 기계정식 작업조사에서 기계정식 6.7시간/10a/1인과 인력정식 12.3시간/10a/1인으로 1.8배의 작업능률과 비슷한 결과를 보였다. 김 등²⁾은 본 공시기와 동일한 정식기로 실험한 경우였으나 日施園³⁾에서 자동정식기로 실험한 작업능률은 3.0~

Table 5. Angle between the root of the transplanted seedling and the vertical at the normal traveling speed.

Classification	Degree				
	90~75°	75~60°	60~45°	45~30°	30° Downward
Even ground	77%	19%	4%	-	-
Inclined ground	30%	10%	15%	20%	5%

3.5h/10a/1인이 소요된 것과 비교하면 운전자 외에 부가된 1인의 육묘를 뽑아 정식기구에 넣어주는 작업의 자동화와 주행속도의 개선이 필요한 것으로 사료된다.

주행 속도 14m/min 이하, 정식깊이 2~3cm, 간격 30cm로 하고 고추 육묘는 128공의 45일 육묘, 배추는 128공의 25육묘를 사용하면 플러그육묘의 정식에 적합한 것으로 생각된다.

적 요

플러그육묘의 대량생산 보급에 대처하기 위하여는 정식기의 보급이 필요하다. 본 연구에서는 국내보급중인 반자동정식기의 정식성능을 조사분석하므로써 기계정식 작업시 최적작업조건 구명과 정식기 연구 개발의 기초 자료를 획득하고자 실시하였고, 정식시험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 호퍼의 크기는 정식사세와 정식율에 영향을 미치고, 진압이 불량한 정식육묘는 1일 후 고사하므로 재관수가 필요하였다. 따라서 복토진압장치는 전후좌우 진압법이 좋으며, 2중관수장치에 의하여 정식시의 관수량을 늘려야 할 것으로 생각되나 물통의 용량이 또한 커지게 되어 기계의 운전 조작성이 어렵게 되므로 자동육묘공급 정식기는 공간문제와 1~2인 작업을 전제로 할 때 효율면에서 자동관수는 없는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

2. 반자동정식기는 몇 가지의 구조적 개선이 필요하지만 현재로도 정식기계의 운전을

인 용 문 헌

1. 金景旭, 鄭昌柱. 1977. An analytical method for kinematic analysis of the planting mechanism of a rice transplanter. 韓國農業機械學會誌 42(2).
2. 金光勇 외. 1984. 培地の種類에 따른 育苗口數가 고추의 苗素質과 收量에 미치는 影響. 農試報告 26-1(園藝). pp. 24-31.
3. 민영봉, 정병용, 박중춘 외. 1994. 공정육묘 기계정식 적응성 검토. 경상대 시설원예연(1). pp. 203-212.
4. 박중춘. 1994. 공정육묘 생산 온실의 모델 설정과 자동화 시스템. 慶尙大 施設園藝研究 1. pp. 31-54.
5. 日本施設園藝協會 1994. 新園藝育苗システム. 養賢堂, 東京.
6. 新技術 實用化促進委員會. 1991. 園藝用育苗資材·裝置利用の手引. 日本施設園藝協會, 東京.