

(뒷면)

양파 생산 생력화를 위한 고성능 정식시스템 개발

농림축산식품부

발간등록번호

11-1543000-000793-01

양파 생산 생력화를 위한 고성능 정식시스템 개발

(Development of high efficiency transplanting system for labor-saving of onion production)

경상남도농업기술원
양파연구소

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “양파 생산 생력화를 위한 고성능 정식시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015 년 2 월 일

주관연구기관명 : 경상남도농업기술원

연구책임자 : 하 인 중

연구원 : 민 병 규

연구원 : 황 해 준

연구원 : 이 상 대

위탁연구기관명 : 신미네유통사업단

연구책임자 : 김 재 왕

연구원 : 손 수 근

협동연구기관명 : 경상대학교

연구책임자 : 민 영 봉

연구원 : 한 철 우

연구원 : 강 정 균

협동연구기관명 : 동양물산기업

연구책임자 : 강 영 선

연구원 : 신 종 필

연구원 : 김 상 규

연구원 : 노 영 준

연구원 : 조 민 영

연구원 : 임 송 수

위탁연구기관명 : 진성메카트로닉스

연구책임자 : 신 강 순

연구원 : 신 영 식

위탁연구기관명 : 죽암기계

연구책임자 : 김 한 중

연구원 : 차 기 원

요 약 문

I. 제 목

양파 생산 생력화 고성능 정식시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

양파묘의 취출, 이송, 정식, 진압 작업을 일관 자동화로 수행하는 보행형 자동정식기와 육묘기자재인 상토, 육묘 트레이, 양파 모종 정리기의 시작품 설계 제작 및 정식기에 적용하는 육묘기술의 체계화를 통하여 농가 현장에서 실용화할 수 있는 고성능 정식작업의 체계화를 달성함.

2. 연구개발의 필요성

국내 양파 재배 작업별 노동투하시간은 정식작업에서의 비중이 가장 높아 약 26%를 점유하고, 100% 인력에 의존하고 있으며, 인건비도 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 양파주산지 시, 군에서 일본산 양파 자동정식기를 도입, 보급하려 하고 있으나, 일본에서 개발된 양파정식기는 4조식으로서, 6조식 이상의 국내재배 양식에 적합하지 않으며, 단위 면적당 정식 주수가 줄어듦에 따라 수량 감소가 우려되는 실정이다. 또한 일본산 양파정식기 및 부속 육묘자재(상토, 트레이 등)의 사용 증가는 로열티 지불에 의한 국익 손실로 이어지게 된다. 2000년 경남농업기술원에서 경상대학교와 공동으로 개발한 승용관리기 부착형 6조식 양파정식기는 기계의 견고성과 정밀성이 떨어지고, 적합한 표준육묘방법이 없어서 결주율이 높으며, 수확 등 타 작업공정에 부합하지 않고, 승용관리기를 추가로 구입해야 하는 등 많은 문제점을 가지고 있었다.

또한 2009년 국립농업과학원에서 보급한 8조식 반자동 양파정식기는 인력으로 묘를 분송하는 방식으로 농업인들은 좀더 편리한 자동 정식기를 선호하고 있어 우리나라 양파 재배 양식에 적합한 자주식 자동 정식기, 부속 육묘 자재 및 육묘 기술 개발이 필요한 실정이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발의 내용

- 양과정식기 적응 육묘기술 체계화 연구
 - 양과 재배 주산지 표준재배양식 모델 구축
 - 기계정식 적응 전용상토 개발
 - 기계정식 적응 육묘기술 확립
- 양과정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구
 - 양과정식기, 육묘 트레이 및 모종정리기 실증
 - 기계정식 포장조건 구명
- 양과재배 기계작업 일관 시스템 및 적정 작업조건 확립
 - 정식기 최적 구조 개선 및 작업조건 구명
 - 정식작업부 최적 구조, 정식시스템 분석
 - 양과모종정리기, 트레이 최적 구조 및 작업조건 구명
 - 파종, 육묘 및 정식작업 일관 기계화 작업체계 구명
- 양과 자주식 자동정식기 및 육묘기자재 개발
 - 양과정식기 정식 장치부 설계 및 보완 제작
 - 양과정식기 주행 장치부 등 본기부 설계 및 제작
 - 양과정식기 시작품 제작 및 보완
 - 양과정식기 적응 트레이 설계 제작 및 실용화 보완
 - 양과 모종정리기 설계 제작 및 실용화 보완

2. 연구개발의 범위

연도	연구개발의 목표	연구개발의 범위
2012~2014	<p>○ 양파정식기 적응 육묘기술 체계화 연구 - 양파재배 주산지 표준재배양식 모델 구축 - 기계정식 적응 전용상토 공정체제 및 상토 개발 - 기계정식 적기 및 육묘기술 확립</p> <p>○ 양파정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구 - 육묘기자재 현장적응성 검토 - 정식기 현장적응성 검토</p> <p>○ 양파재배 기계작업 일관 시스템 및 적정 작업조건 확립 - 정식기 최적구조 및 시제품 설계 모델 제시</p> <p>- 육묘 기자재 최적구조 및 시제품 설계모델 제시</p> <p>○ 양파 자주식 자동정식기 및 육묘 기자재 개발 - 묘 취출, 이송, 정식, 진압부 등 정식부 설계 및 부품 제작 - 자동정식기 본기부 및 매칭구조 설계 및 부품 제작</p> <p>- 기계정식용 최적 트레이 재질과 형상 구명 및 육묘 트레이 설계, 제작</p> <p>- 모종정리기 설계 및 부품 제작</p>	<p>- 지역별 재배주산지 선호모델 분석 - 기계정식 적응 상토 제원, 혼합비 구명 - 전용상토 시제품 제조 및 특성분석 - 기계정식 육묘기간 모종 정리기작업시기 구명 - 기계정식 적응 묘 크기 및 모종정리기 작업 적기 구명</p> <p>- 상토배합별 응결성 분석 및 실증 - 모종 정리기 현장적응성 검토 - 트레이 시제품 기계적응성 및 문제점 도출 - 정식기 포장적응성 및 문제점 도출 - 기계정식 포장 정지 및 토양조건 구명</p> <p>- 선행 정식기 최적 개선 방향 정립 - 정식기 시제품 성능 분석 - 시제품 문제점 및 개선 방향 도출 - 정식기 시제품 설계 방향 정립</p> <p>- 모종정리기 및 트레이 자료 조사 및 개발 방향 정립 - 모종정리기 및 트레이 성능 분석 - 묘 취출과 손상 적은 모종정리기 및 트레이 설계 자료 정립</p> <p>- 정식부 개선 설계 및 도면화 - 보완 정식부 부품제작 - 선행 개발 자동정식기 구조과악 및 제작 시 문제점 분석 - 동력전달부 등 본기부 고안 설계 - 자동정식기 3D 모델링 및 설계 - 본기부 부품제작</p> <p>- 선행개발품의 적합 재질, 작업강도, 묘 취출성, 모종파손 등 문제점 분석 - 육묘 트레이 금형제작 및 보완 설계 - 육묘 트레이 보완 및 시제품 제작 - 모종의 적정 키 절단, 꺾임 처리 시 모종의 취출률, 손상률 조사 - 모종정리기 구조 과악 및 도면화 - 모종정리기 부품 제작</p>

IV. 연구개발결과

본 연구는 양파정식기 적응 육묘기술 체계화 연구(주관세부), 양파정식기 및 육묘기자재 현장 실증 연구(위탁1), 양파재배 기계작업 일관 시스템 및 적정작업조건 확립(협동1), 양파 보행형 정식기 개발(협동2) 및 육묘 트레이 개발(위탁2), 양파모종정리기 개발(위탁3)로 나누어 수행하였고, 각 연구개발 수행내용에 대한 결과 요약은 다음과 같다.

1. 양파정식기 적응 육묘기술 체계화 연구

가. 양파재배 주산지 표준재배양식 모델 구축

양파 재배 주산지를 형성하고 있는 무안, 창녕 등 8개 지역 농가를 대상으로 정식포장의 재식거리, 이랑의 휴폭, 개발 기종의 구입의향, 기계정식 후 결주 발생 수용여부, 개발 정식기의 식부조수, 기계정식 적응 휴폭, 개발기종의 도입여부 등에 대해 조사하였다. 그 결과, 휴폭 및 재식 조수는 지역별로 100 ~ 190cm, 6 ~ 19조에 분포하며, 조건 및 주간은 각각 12 ~ 20cm, 11 ~ 21cm의 범위에 분포하여, 지역별로 매우 다양한 결과를 나타내었다. 기계정식 도입의향에 대한 조사 결과, 설문농가의 85%가 양파정식기의 도입 및 사용이 필요하다고 응답하였으며, 기계 정식 시 인력 정식보다 5% 이내로 감수되어도 기계를 사용하겠다는 응답이 47%에 달하여 정식기를 이용한 정식 작업에 매우 호의적인 반응을 보였다. 전국 양파 주산지 재배양식별 상품 수량을 검토한 결과, 무안의 13조식이 7,605kg/10a로 가장 높았고, 창녕의 6조식이 5,126kg/10a로 조수가 적을수록 낮은 경향을 보였다. 그러나 현지 농민의 개발 기종 희망 식부 조수는 8조식이 50%, 다음으로는 6조식이 38%정도 선호되어 10조식 이상보다 더 높은 결과를 보였으며, 경남지역의 경우에는 6조식에 대한 선호도가 49%로 가장 높았다. 또한 양파 일관작업체계인 정식과 수확 작업을 고려한 자동정식기의 주행에 필요한 선호 휴폭을 조사한 결과 150cm가 46%로 가장 높았는데, 6조식의 두둑폭, 고랑폭 및 트랙터 바퀴 폭을 고려한 결과 6조식 정식 기계를 개발하는 것이 가장 적합하다는 결론을 얻었다.

나. 기계정식 적응 전용상토 개발

기계정식에 적응 전용상토를 개발하기 위한 적정 재료를 선별하기 위해 피트모스, 코코피트 등 유기질 재료 2종, 버미큘라이트, 펄라이트 등 경량 무기질 재료 2종, 황토, 제올라이트, 일라이트, 규조토 등 중량 무기질 재료 4종을 재료 범위 내에서 적정 혼용비율로 대체하여 묘출현율, 생육, 기계정식적응특성(응집성, 비중) 등을 조사하였다. 그 결과 묘생육 및 용적밀도는 모든 혼용 처리구에서 유사했으나, 상토 응집성은 피트모스 혼용 처리구, 버미큘라이트 혼용 처리구 및 황토 혼용 처리구가 기타 재료 혼용 처리구보다 더욱 양호하여, 피트모스, 버미큘라이트 및 황토를 적합한 재료로 선별하였다. 선별 재료의 적정 혼용비율을 구명하기 위해 황토를 상토용적대비 0 ~ 40%로 혼용하였고, 피트모스와 버미큘라이트를 20 ~ 80% : 10 ~ 70%의 범위에서 상토용적대비 혼용하여, 묘출현율, 생육, 기계정식적응특성(응집성, 비중) 등을 조사하였다. 그 결과 피트모스 : 버미큘라이트 : 황토 = 41 ~ 71% : 11 ~ 41% : 12 ~ 38%의 혼용 범위 내에서 묘출현율, 생육 및 기계정식적응이 양호하여, 최종 배합비율로 선별하였다.

다. 기계정식 적응 육묘기술 확립

양파 기계정식 적응을 위한 모종 절단방법을 구명하기 위해 무처리구를 대조구로 설정한 다음, 절단 시기를 파종 20일, 25일, 30일의 3처리를 두었고, 각 시기별로 5일, 7일, 10일 간격으로 1차 5cm, 2차 7cm, 3차 10cm의 초장으로 3차에 걸쳐 묘를 절단하여 생육과 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 파종 50일 후의 묘소질에서 절단 처리의 초장은 16.7cm로 무처리의 29.8cm에 비해 10cm이상 작았으나, 수확기 상품수량은 무처리구와 절단 처리구 간 유의한 차이가 없어, 육묘초기부터 잎을 일정한 간격으로 절단하여 엽초가 휘어지지 않도록 하고 정식 직전에는 15cm 내외의 초장으로 절단하여 기계적응성을 높여야 할 것으로 판단된다. 육묘 트레이 셀(cell) 내에서의 파종 위치에 따른 묘출현율 및 파종초기 뿌리가 상면으로 노출되거나 허공으로 뿌리가 드러나는 현상인 역위율을 조사했는데, 파종 위치에 따른 묘출현율은 처리 간 차이가 없었으나, 역위율은 중앙에 파종한 것보다 외곽에 파종한 처리구에서 많이 발생하였다.

2. 양파정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구

양파생산 생력화를 위해 개발하는 고성능 양파정식기와, 양파모종정절단기 시작품과 기계정식용 상토와 육묘용 트레이 적합성에 관한 현장실증연구를 통해 문제점 및 보완점을 도출하고 제작연구진과 기관에 피드백 하여 개발 직후 현장에 공급하여 개발된 정식기와 관련된 기자재를 실용화 하는데 목적을 두고 연구를 수행하였다.

가. 양파정식기

일부지역에 공급중인 일본제품과의 비교 및 현장 농가 측면에서 실용성 등에 중점을 두고 3차에 걸친 현장실증 연구결과 보완을 통해 6조식으로 10a당 29.0~36.4천주가 식재되어 농가 기대 식재주수(36~39천주)에는 다소 미흡하나 일본제품(23.67~30.77천주)보다는 많고 정식 깊이는 1~5cm(5단)로 인력정식보다 정교하여 일본산(1~4cm, 4단)보다 경쟁력을 갖고 있다. 다만, 정식가능면적은 1일 968~1,424평으로 농가기대에 다소 미흡하고 일본제품(5,504~6,138m²)보다 적다. 일본제품과 같이 정식기 강우 등으로 골에 습이 많은 토양조건에서는 미끄럼 현상이 예상되며 식부침에 붙은 흙을 제거하는 장치보완이 필요하였다. 또한 양파정식 후 양파수량과 품질 면에서 일본산과 큰 차이는 없을 것으로 예상되나 시작품 제작 일정상 실증연구까지 이루어지지 못하여 이에 대한 차후시험이 필요한 실정이다.

나. 양파모종절단기

일부지역에 공급중인 일본제품과 비교 및 현장에서 실용성에 중점을 두고 4차에 걸친 시작품에 대한 시험연구와 보완을 통해 5차에 제품을 완성하였다.

기본적으로 기존의 톱날방식의 일본제품과 달리 칼날 회전방식으로 양파모종 절단에서 발생하는 진액이 톱날에 붙는 현상이 발생하지 않는 장점을 갖고 있으나 양파모종이 무성할 경우 잎의 절단이 완전히 되지 않으며 칼날에 의한 잎 짓눌림이 일부 발생하는 등 4차에 걸친 문제점이 발생되어 5차에 보완제품이 제작되었다. 1차시작품의 경우 기능면에서 절단된 잎이 트레이에 떨어지는 것을 최소화하기 위한 송풍구의 방향과 풍속 등에 대한 전반적

인 검토가 필요하고 특히, 중량이 85kg, 무겁고 규격이 커(가로125cm, 세로175cm, 높이 75cm) 모종정리기를 이동하기 위한 상하차 및 이랑을 바꿀 경우 성인남성 2명이 취급하기에 어려움이 있어 전반적인 개선이 필요하여 보완을 통한 2차 시제품이 무동력 회전 칼날로 제작하였으나 회전력이 부족할 경우 미 절단 되는 문제가 발생되었고 3차 시제품에서 회전 칼날에 동력을 추가하였으나 중량이 무거워 취급상의 문제가 발생되어 4차에는 경량의 동력회전칼날을 채택하여 실용성을 보완하였다. 다만 내구성과 안전성 등에 대한 문제점에 대한 보완이 필요하여 5차에 보완한 시제품이 제작되었다.

다. 정식기용 상토

3년차에 걸쳐 3종의 조합 상토를 기존에 시판되고 있는 상토와 일본제품 양과 정식기에 사용되고 있는 시판상토를 대비구로 하여 묘소질과 관리상 문제점 등에 중점을 두고 현장 실증 연구를 진행하였다. 1차년도 시험결과 발아율은 조합별 공히 93%수준, 발아소요일수는 6일로 시판상토와 큰 차가 없었다. 다만, 육묘 기간 중 연약한 묘가 고사하는 현상이 발생되어 파종 후 40일이 경과된 3~4엽기 정식에 불가한 연약한 묘를 포함한 비율은 27~33%, 정식 후 정상적인 생육이 가능한 득묘율은 38~48%수준으로 시판상토 육묘 시의 득묘율 보다 현저히 낮았다. 이는 상토에 기인하기보다 트레이 하단에 그물망으로 양과포장망을 설치함으로써 수분 변화와 영양분이 공급되지 못한 것으로 추정되어 트레이 하단 그물망과 묘상 관리방안 등에 대한 기준설정이 필요하며, 특히 상토의 응집성도 매우 낮은 실정이다. 한편 상토조합별 월동 후 생육기와 수확기 작황조사에서 조합1이 조합2와 3보다 좋은 것으로 나타났으나 시판상토육묘에 비해서는 떨어지는 현상이 나타났으며 이는 육묘평가에서와 같이 묘소질이 떨어졌기 때문으로 분석된다. 수확량 조사 결과에서도 앞선 생육조사에서와 같이 상토조합1이 상토조합2와 3보다 수량이 다소 높았으나 대비구인 일반상토에는 미치지 못하였다. 결론을 종합해보면 상토조합별 현장적응성 검토결과 조합 간 큰 차이를 보이지 않고 약간의 차이는 있으나 이는 상토조합에 의한 차이보다 육묘 과정에서 수분 및 양분관리에서도 올 수 있는 문제라 판단되며 시판상토에 비해 묘소질 및 수량이 떨어지는 것은 트레이 치상방법에 따른 묘의 충실도의 차이로 추정되었다. 2차년도 육묘시험에서 월동 후 수확직전까지 4월과 5월 2회의 생육 상황을 조사해서 결주율은 조합1이 조합2, 3에 비해 다소 높게 나타났으며 경영 성장 후기인 5월 조사에서 초장과 엽수, 구직경은 조합1이 조합2와 3에 비해 다소 좋은 성과를 나타내었으나 시판상토에 비해서는 4월과 5월 조사에서 모두 떨어지는 현상을 보였다. 또 수확량 조사에서는 5월 생육조사와 같은 결과를 나타냈는 바 조합1의 결주율이 다소 높았음에도 3.3m²당 21.4kg으로 수확량이 가장 많고 상품구 생산 비율이 94.8%로 조합2와 조합3보다 높아 좋은 성과를 나타냈다.

라. 정식기용 육묘 트레이

2년차에 걸쳐 기존 인력정식용 육묘상자(406공 트레이)를 대비구로 하여 육묘한 결과 1차년도에서는 개발 트레이에서의 발아율과 득묘율에서 큰 차이를 보이지 않았으며 수확량에서는 기존 406공 트레이 육묘상자 비해 32%의 수량이 높게 나타났다. 이는 정식기용 육묘 트레이 개당면적이 0.2166m²에 384공인 반면 기존 트레이는 0.1520m²에 406공으로 묘의 성장 공간이 넓어 묘가 충실히 성장하였기 때문으로 추정되었다. 2차 년도인 육묘에서는 육묘 기간 중 9월 기온이 평년보다 높게 상승하여 생육공간이 넓은 것이 문제로 대두되었다. 즉

트레이 복사열로 고사하는 묘가 다량 발생하여 정상 득묘율이 41.5%에 불과하여 육묘기간 중 관리 방안 수립이 필요하였다. 한편 일본산 제품의 개당 면적은 0.1922m²에 448공으로 개발된 트레이 대비 면적은 12.7%정도 적은 반면 육묘 셀 수는 16.6%가 많아 묘관구입비용이 일본산 정식기 대비 증가되고 육묘상의 소요면적이 늘어 양파생산비용이 증가되는 문제가 예상되므로 육묘상자 공급가격 결정시 고려가 필요할 것으로 사료되었다. 한편 트레이 내구성 등에 대한 현장실증연구는 연구기간 내 진행되지 못하였으나 일본산제품과 동일한 회사에서 동일 재료를 투입, 제작하여 큰 차이가 없을 것으로 추정되었다.

3. 양파재배 기계작업 일관 시스템 및 적정 작업조건 확립

가. 정식기 최적 구조개선 및 작업조건 구명

참고문헌 검색 및 기존 양파 정식기 관련 자료 조사를 통해 적합한 정식기 구성 장치를 제시하였다. 정식부 구성 적합장치로서 모관장착 및 이송 장치는 라쳇레버식, 모종 취출 장치는 밀어내기식, 모종이송장치는 집게핑거식, 식부호퍼는 개공식, 동력변속 전달 장치는 최대 이식 속도 60회/분(적정속도 : 50회/분)와 주간거리 14cm가 적용되는 기어변속 미션식, 식부심 조절장치는 자동유압식, 진압장치는 누름막대 또는 롤러식으로 제시하였다. 주행부는 엔진동력 4PS, 정식부 최대 토크 2kg·m, 기체주행 동력 70kg·m/s로 제시하였고, 주행 장치는 바퀴식, 조향 장치는 클러치식, 제어장치는 자동식부심제어와 변속기어식 주간 간격 제어 장치를 제시하였다. 그리고 이식 작업에는 트랙터 도입을 고려하여 정식작업 두둑폭을 100cm, 고랑폭은 55cm로 제시했다. 최적식부방식과 장치를 고안하기 위해 식부 장치별 종류와 정지궤적을 CAD작도법으로 분석한 결과 4절 링크-캠 방식이 토양-개공기의 밀림이 가장 적어서 적합한 것으로 나타났다.

나. 정식작업부 최적구조, 정식시스템 분석

정식부 최적구조로 제시한 밀어내기 모종 취출 방식과 4절 링크-캠 식부방식 시험 장치를 설계제작하고 348구 트레이에 육묘한 것을 기준으로 시험한 결과, 상토는 T9, 관수 후 경과일수는 1 ~ 2일, 모종나이는 50일, 취출 속도 50주/분, 근부 파손율 40%이하일 때, 정식률이 100%로 나타났다. 따라서 밀어내기식 모종 취출 및 4절 링크-캠 식부 방식의 정식기 도입이 타당한 것으로 나타났다. 시험 결과를 토대로 각 작업공정별 타이밍선도를 설계 자료로 제시했다. 양파정식기 시제품을 포장 시험한 결과로부터 개선내용을 제시하였고 특히 토양-개공기 상대속도가 제로로 접근하지 않은 문제점을 해결하기 위해 4절 링크-캠 방식의 토양-개공기 상대운동을 CAD분석하여 최적식부궤적을 갖는 식부장치 규격을 제시했다.

다. 육묘 기자재 최적 구조 및 작업조건 구명

문헌 조사를 통해 모종정리기 방향을 정립한 결과 전엽기 절단 칼날의 최적 형상으로 칼날각 25°, 기움각 40°, 칼날왕복속도 180-250회/분으로 나타났다. 모종엽절단시험 장치를 설계 제작하여 시험한 결과 최소절단저항을 갖는 칼날각은 20°, 기움각은 30°로 나타났다. 제시한 최적 설계 자료로부터 제작된 전엽기 시작품의 현장시험결과 칼날에 양파 진액 부착으로 깨끗한 절단이 어려웠다. 이 문제를 해결하기 위해 모종절단방식을 회전칼날방식으로

개선할 것을 제시하였다. 육묘 트레이는 정식부 적합성과 취급용이성을 고려하여 384구(가로 12구 X 세로 32구)로 결정하고 제작 규격을 제시했다.

라. 양파생산 일관기계화 작업체계 구명

양파생산일관기계화 작업체계 구명을 위해 파종, 엽 절단, 정식포 조성, 정식 및 수확작업기계에 대한 기존 제품과 개발제품 그리고 본 연구에서 개발한 정식기의 작업 성능을 조사하고 제작사에 따른 작업별 기종을 혼합 구성하여 기계화 효과를 분석하고 최적의 작업체계를 표시한 결과 본 개발 양파정식기는 작업능률 2.5ha/10a, 인력이 94% 절감되며, 손익분기점 1.3년으로 나타났고, 전 양파생산 작업의 기계화 시 인력이 85% 절감되고, 손익분기점은 3년으로 나타났다.

4. 양파 보행형 자동정식기 및 육묘기자재 개발

가. 양파 보행형 자동정식기 개발

우리나라 밀식재배양식에 맞고 농업인이 쉽게 접근할 수 있도록 보행형 자동정식기연구개발을 하였으며, 결과는 다음과 같다. 양파정식기의 구성은 동력원인 엔진, 변속 및 감속장치인 미션, 차체지지 및 차륜 구동부, 정식부와 본기부를 연결하는 매칭부, 작업기부인 정식부 그리고 각종 조작 장치가 구성되는 조작부로 구성하였으며, 지역별 재배 환경에 맞게 좌우 차륜간거리 조절이 가능하고 주간거리 조절이 가능한 동력 전달부 구조와 식부 깊이가 두둑 높이에 추종하는 차체 유압 승강 구조를 완성하였다.

동력전달 체계는 자체주행이 가능하도록 엔진을 전방에 배치하고 미션의 입력부는 베벨기어를 적용하였다. 미션구조는 전진2단, 전진1단, 중립, 후진으로 변속가능하게 적용하였으며 미션 제 2축에 주변속 기어를 배치하여 주간 조절 기어를 사용자가 직접 교환할 수 있도록 기어 교환방식으로 개발하였다. 차륜구동은 베벨기어와 축 구동방식을 채택하여 체인방식보다 견고하고 안정적인 차륜구동을 가능할 수 있도록 구현하였으며 원심클러치를 장착하여 정지 및 주행 조작을 사용자가 조작하기 편리하도록 주행동력전달체계를 확립하였다. 동력 취출부를 기체의 전·후 방향으로 배치하고 정식부의 식부침이나 핑거 등의 변형과 파손을 방지하기 위하여 안전클러치를 장착하였다. 정식부는 주행부와 별도의 미션부를 가지고 있으며 각 역할에 따라 크게 5부분으로 설치하였다. 주행부의 동력을 받는 입력부, 모종 트레이의 모종 취출을 할 수 있도록 묘 탑재대의 횡이송과 종이송 역할을 하는 횡이송부, 모종 취출을 하는 취출부, 취출된 모종을 이송하는 이송부, 모종을 받아 심는 호퍼부가 있다. 각 부분은 양파묘의 취출, 이송, 정식, 진압의 전자동 작업을 가능케 하는 역할을 하며 이를 조작하기 위하여 핸들에 집중식 메타 판넬을 장착하여 주변속, 수동유압 승·하강, 식부 연결과 끊김, 시동을 할 수 있도록 장착하였다. 사용자의 조작을 편리하게 하였으며, 유압감지는 컨트롤밸브를 적용하여 굳은 건담에서 감지롤러가 1cm 높낮이로 안정적으로 감지할 수 있고 모종을 심고난 후 진압부의 진압롤러가 복토와 진압을 하면서 정식작업은 완료된다.

완성된 시제품은 포장실증시험을 거쳐 양파생산지인 창녕, 합천, 제주, 무안, 완주, 안동, 진주에서 농업인 등이 참석한 가운데 시연회를 개최하여 적용가능 여부와 개선사항의 의견을 청취하였다. 양파정식기의 정식작업 결과는 기체의 흔들림이 없고 일정한 깊이로 모종이

정식되었으며 기계 결주 또한 3% 이내로 안정적인 정식작업을 확인하였으며 농업인들의 높은 평가를 받을 수 있었다.

나. 양파 모종정리기 개발

양파정식기 작업에 적합한 묘 규격으로 모종을 절단하기 위해 모종정리기 시작품을 설계, 제작한 결과는 다음과 같다.

절단 방식은 로터리(rotary) 방식을 채택하여 설계했는데, 로터리 방식의 장점은 절단 날이 무디어 지는 현상이 없어서 절단 날 교체 주기가 길고, 일본 MINORU사의 톱니형 마찰 방식에 비해 트레이에 절단 잔재물이 떨어지지 않으며, 절단 진액에 의한 날 벌어짐 현상이 없는 장점이 있다. 또한 절단 가능한 높이는 최소 50mm에서 최대 700mm까지인데, 이는 노지 및 벤치 육묘 모두에서 사용 가능하게 하는 장점이 있다. 추가로 수입 제품에 비해 가격이 저렴하고, 국내 농가에 맞추어 주문 생산이 가능하며, A/S 및 부품 교환이 용이한 방향으로 기계를 개발했다.

다. 양파 육묘 트레이 개발

개발된 양파정식기 작업에 호환되는 육묘 트레이를 설계, 제작한 결과는 다음과 같다.

개개의 셀(cell)에 삽입되는 용융 소재의 유동성을 향상시키기 위해, 셀의 기본적인 크기는 원 설계 치수를 유지하되 용융 소재가 원활히 금형에서 유동되도록 하기 위해 금형에 언더컷을 주어 금형 내에서 공기 빠짐 등을 좋게 하였다. 또한 셀과 포트판 상판을 잡아주는 리브, 강도 보강용 힙살 및 기타 강도보강용 방법 등을 강구하여 포트판의 휨강도를 보강하여 금형을 수정했다. 양파정식기 과제 협의회 시 정식기의 모판 투입부에 삽입하여, 모판 삽입 시 문제점인 모판을 걸어 당기는 후크에 의한 마모 등을 시험하여 양호한 결과를 얻었다. 금형 수정으로 384공의 포트판을 제작했으며, 휨강도, 소재의 물리적 특성, 포트판의 무게 등을 잠재적 경쟁 대상인 미노루의 P448공 포트판과 비교하여, 대등한 성질의 포트판을 제작할 수 있었다.

V. 연구 성과 및 활용 계획

제1절 특허 등 지식재산권 확보 성과

1. 특허 등 산업재산권

- 가. 보행형 양파 자동정식기(특허출원, 2013)
- 나. 정식을 위한 링크기구를 구비하는 양파정식기 (특허출원, 2013)
- 다. 양파모종절단장치(특허출원, 2013)
- 라. 상토 성형용 응고제 조성물(특허출원, 2013)
- 마. 양파정식기 전용 육묘트레이(특허출원, 2014)
- 바. 육묘용 상토 조성물(특허출원, 2014)
- 사. 양파이식기 멀칭 비닐 유지 장치(특허출원, 2014)

- 아. 양과정식기 이식컵 개폐방식(특허출원, 2014)
- 자. 양과정식기 휠 간격 조정을 위한지지 장치(특허출원, 2014)

2. 논문 발표

가. 논문발표

- (1) 양과정식기 적응 전용상토 개발을 위한 적정상토조합 선발(원예과학기술지, 2012)
- (2) 양과 기계정식을 위한 플러그묘 절단시기에 따른 생육과 수량(원예과학기술지, 2013)
- (3) 양과 정식 전 모종 절단정도에 따른 생육과 수량(원예과학기술지, 2013)
- (4) 양과 기계정식 적응 육묘 상토 개발을 위한 적정 재료 선발(원예과학기술지, 2014)
- (5) 양과 플러그묘 밀어내기 식 취출 장치의 최적 작업조건(한국농기계학회지, 2014)

나. 논문게재

- (1) 양과정식기 적응 전용상토 개발을 위한 적정 상토재료 선발(원예과학기술지, 2014, 심사중)
- (2) 양과 플러그묘 밀어내기 식 취출 장치의 최적 작업조건 구명(경상대학교 농업생명과학연구지, 2014)
- (3) 양과정식기용 4절 링크-캠 방식 식부장치 연구(한국농기계학회 춘계학술대회 논문집, 2014)

3. 양과정식기 시제품 및 부속 육묘기자재 제작

- 가. 양과정식기 시제품 1식
- 나. 모종정리기 시제품 1식
- 다. 전용상토 1식
- 라. 전용 육묘 트레이 시제품 1식

제2절 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

1. 산업화 방향

- 가. 개발된 정식기의 작업능률은 10a정식 시 3시간 정도가 소요되며, 해당 판매가격은 2,500만원으로 추정됨
- 나. 양과정식기와 부속 육묘기자재(모종정리기, 트레이 등)의 세트 제품화에 의한 기계정식 작업과 육묘의 일관화 추진
- 다. 양과정식기에 적응하는 묘의 크기를 일정하게 조절하는 모종정리기의 작업성은 약 9,900㎡정도이며 판매가격은 500만원으로 추정됨
- 라. 양과정식기에 적응성이 높고 육묘할 수 있는 트레이는 384공의 구조로 12열×32열의 홈을 가지며 판매가격은 3,000원/장으로 추정됨
- 마. 양과 육묘상토는 기존상토의 낮은 비중을 보완하여 육묘후기 상토성형도와 응집성이 향상되어 기계작업성이 양호하여 기존 상토생산 업체에 기술 이전하여 공급하고자 함

2. 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

산업화 기준 항 목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	2,000	5,000	10,000	20,000	30,000	67,000
경제적 파급효과	10,000	25,000	50,000	100,000	150,000	335,000
부가가치 창출액	10,000	50,000	100,000	200,000	300,000	660,000
합 계	22,000	80,000	160,000	320,000	480,000	1,062,000

- ※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- ※ 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- ※ 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

제3절 추가연구 계획

본 연구과제는 육묘에서 정식까지의 일관작업체계를 수행하였으나 파종단계의 육묘기자재가 포함되지 않아 기계정식에 적응하는 384공 트레이에 적용 가능한 파종기개발이 추가로 필요한데, 국내업체에서 생산되고 있는 양과종자 적용 파종기는 288공, 406공 트레이에 적용되는 기종이 대부분이며 이들 트레이는 규격이 384공 트레이와 달라 호환이 되지 않고 있어 보행형 양과정식기와 일관작업이 가능한 파종기 개발이 시급한 실정이다.

또한 양과종자는 단명종자이며(1년 이상 상온저장시 발아율 저조) 당해 연도 생산된 종자의 포장 발아율은 대부분의 품종이 80 ~ 90% 내외이므로 육묘상에서의 결주는 포장 결주로 연결되어 생산성저하 요인으로 작용하게 되며 보식작업은 인력에 의존하게 되므로 기계정식 효과가 상쇄될 것으로 판단된다. 따라서 95% 이상의 발아율 획득을 위한 종자채종, 정선, 코팅처리 및 육묘초기 관리에 대한 추가연구가 수행되어 양과정식기 실용화를 앞당겨 나가야 하겠다. 더불어 육묘초기 환경관리 및 파종방법에 대한 세밀한 연구가 수행되어 기계정식에 알맞은 균일묘 생산 연구가 필요하다.

SUMMARY

As for labor input for different operations involved in domestic onion farming, planting takes up the largest portion of about 26%, and as it relies entirely on human labor, labor cost is steadily on the increase. In a bid to address the issues, the cities and counties as massive onion producers are moving to introduce and distribute Japan-made automatic onion seed planters. But, the Japanese onion seed planter, which is equipped with four seeding rows, is not for the domestic mode of farming that requires minimum six seeding rows, and since it plants a decreased number of seeds in a specific area, reduction in quantity harvested is feared. Besides, increased use of Japan-made onion seed planters and accessory materials (bed soil, trays etc.) should lead to a loss to national interests due to royalty payment. Meantime, the semiautomatic 8-row onion seed planter, which has been developed in Korea, uses manpower to allocate seedlings, while local farmers prefer the greater convenience of fully automatic planters. In this light, we need to develop self-propelled automatic planter that fits the domestic onion farming, accessory materials for growing seedlings, and seedling technology.

The purpose of the R&D effort is to achieve the systematization of a high-efficiency planting operation that could be actually used on farms through designing and manufacturing prototypes of a walk-behind automatic planter that performs in an automated lineup the operations of extraction, delivery, planting, and setting onion seedlings, and equipment and materials for growing seedlings such as bed soil, seedling trays, and onion seedling sorting machine, and systematizing seedling growth technology that adapts to planters.

This study was carried out in different phases for three years from 2012 through 2014 on systematization of seedling growth technology adapted to onion seed planter, field test of onion seed planters and seedling growth equipment and materials, establishment of a lineup of mechanical operations in onion farming and appropriate operating conditions, development on walk-behind onion seed planter, development of seedling tray, and development on onion seedling sorting machine, and the results from the implemented R&D are as follows.

The study for systematizing the seedling technology adapted to onion seed planter considered the results of a survey of farmers and operability with tractor designed for full mechanized lineup of onion farming and then concluded that it was the most appropriate to adopt 6-row farming mode in manufacturing planters and that the most appropriate composition of materials for dedicated bed soil that adapts to mechanical planting operation was peat moss : vermiculite : clay = 41 - 71% : 11 - 41% : 12 - 38% (v : v). For cutting seedlings to ensure their adaptation to onion seed planter, one has to clip the leaves at fixed intervals from early in their growth to prevent them from curving, and just before planting, one should cut them in a length of about 15cm to enhance their adaptation to the machine. While there was no difference in the rate of occurrence of seedlings according to

their planted location, the inversion rate, which refers to how many of the planted seedlings got their roots exposed upward or in the air in the early days following seeding, was more witnessed in the center than in the margins of a planted field.

In the study that carried out a field test of onion seed planters and seedling growth equipment and materials, it turned out that onion seed planters had six seeding rows and were planting 29,000 to 36,400 seedlings per 10a, which was a bit short of the number of planted seedlings desired by farmers but was larger than available from Japanese products. However, the area that a planter could cover was 3,194 to 4,699m² per day, which was a bit short of the farmers' expectation and smaller than could be provided by Japanese machines. And the machines needed greater preparedness for rainy weather. For onion seedling sorting machine, a prototype was built through five revisions, which addressed resin clinging to saw blades, heavy and bulky dimensions, incomplete cutting, and cut leaves falling onto the tray. From the bed soil, an average of 93% of seedlings emerged, while it took them 6 days to do so, thus registering no much difference with bed soil sold in the market. But, seedling survival rates, referring to those seedling making it to normal growth, were 38 to 48%, which was far lower than in seedling growth that used bed soil available in the market, so the problem needs to be addressed in view of bed soil and environmental conditions. As for seedling trays for planters, seedlings grown on the newly developed 384-hole tray, which provided wider growth space with larger space in between cells, registered a harvest rate 32% higher than those grown on the 406-hole tray. In contrast, in case temperature goes higher than usual in September, when seedlings are planted, temperature rises quickly on the part between cells and the radiant heat from the tray blights a lot of seedlings and thus reduces seedling survival rates, which problem needs to be addressed.

With regard to the establishment of a line of mechanical operation for onion farming and appropriate operating conditions, appropriate devices that would constitute the planting section were selected. Ratchet lever style was selected for seedling tray installing and delivery equipment, push-out mode for seedling discharging equipment, pincer for seedling transport equipment, open cups for planter hoppers, gear change transmission that registers a maximum planting speed of 60 times per minute and a 14cm interval between seedlings for transmission, automatic hydraulics for planting depth adjustment, and push rod or roller for setting seedlings. For power train, an engine output of 4PS, a maximum planting torque of 2kg • m, and a driving power of 70kg • m/s were presented, while wheel drive, clutch for steering, and automatic planting depth control and gear change control of interval between seedlings were presented. And for transplanting operation, 100cm was suggested for the width of a ridge while 55cm was suggested for the width of a furrow, considering the introduction of a tractor. For an optimum planting mode, 4-bar link cam turned out to be the best. And for the optimized shape for the cutting blades for the leaf-cutters in the seedling sorting machine, the blade angle of 25° and the cant angle of 30° were set. As for the manufacturing standards for seedling tray, 384 holes (12 holes

crosswise and 32 holes lengthwise) was adopted in considering the adequacy for the planting part and ease of operation. To establish an operating system for a mechanical lineup of onion production, we have examined the operational performance of the existing products, developed products, and the planter developed for this study, which are machines designed for seeding, cutting leaves, organizing tufts of seedlings, planting, and harvesting, and analyzed the effect of mechanization by organizing blends of models for different operations from different manufacturers, thus coming up with an optimized operating system. And it shows that our onion seed planter registers a work efficiency of 2.5ha/10a, saves human labor by 92%, and sets its break-even point at 1.3 years, while a full mechanization of onion production saves human labor by 85% and sets its break-even point at 3 years.

The walk-behind automatic onion seed planter has been developed so that it fits the domestic high-density planting and may be easily accessed by farmers. And it is composed of engine as power supply, transmission for speed change and reduction, body support, wheel drive, the connection that links up the planting part and main body, the planting part as the operating machine, and the control panel with other various operating instruments. The completed prototype underwent test-bed trial and then was demonstrated to farmers in onion-producing regions such as Changnyeong, Hapcheon, Jeju, Muan, Wanju, Andong, and Jinju, where it performed without tottering while sticking to a fixed depth in planting seedlings and showed maximum 3% of omitted seedlings, thus drawing positive reaction from the farmers.

The cutting mode for the onion seedling sorting machine has adopted rotary operation, while cutting height is set at minimum 50mm and maximum 700mm and, as an additional advantage, may be used for both seedling growth on bare ground and a bench. Moreover, the product comes at a reasonable price when compared to imported products. It may be customized to orders from local farmers, and its design facilitates technical support and part replacement.

As for the onion seedling tray, while the basic dimensions for the cells stick to the original design, undercuts are given to the mold to ensure ventilation so that molten material may freely move inside the mold. Also, the mold has been modified by contriving reinforcing methods such as ribs that hold the top plate of cells and port plate. Through the council meeting on issues related to the onion seed planter, the issue of abrasion caused by the hook, which is inserted in the inlet for the planter tray to grab and pull the seedling tray, was tested to a fair outcome. Overall, the port plate we have manufactured has a quality comparable to P448-hole port plate from Minoru of Japan.

To look at the research achievement, as for industrial property rights including patent, we have filed for 9 patents such as walk-behind onion seed planter, and have disclosed and submitted 9 research papers, while prototypes and exclusive bed soils have been made for onion seed planter, seedling sorting machine, and seedling growth tray. Our developed products and patents are going to be transferred to related businesses for industrial

production. We estimate that the expectation effect from their industrial production, which combines direct economic benefits, economic spillover effects, and created added value, will amount to 1,062,000 won for next five years.

Further studies will have to be conducted to develop automatic seeder which is compatible with 384-hole tray and develop technology for growing seedlings for the purpose of improving onion germination and survival rates.

CONTENTS

Chapter 1. Outline of the R&D project	22
Section 1. Purpose and necessity of the R&D project	22
1. Purpose of the R&D project	22
2. Necessity of the R&D project	22
Section 2. Scope of the R&D project	24
Chapter 2. Current status of technological development here and abroad	25
Section 1. Status of related technological development here and abroad	25
1. Analysis of patents for related technologies	25
2. Analysis of research papers on related technologies	25
3. Analysis of products using related technologies	26
Chapter 3. Specifics and results of the implementation of the R&D project	27
Section 1. Study on systematization of seedling growth technology adapted to onion transplanter	27
1. Establishment of standard farming model for large producers of onions	27
2. Development of exclusive bed soil adapted to mechanical transplanting	30
3. Establishment of seedling growth technology adapted to mechanical transplanting	36
Section 2. Test-bed study of onion transplanter and seedling growth equipment and materials	38
1. Adaptivity of bed soil to the field	38
2. Characteristics of bed soil and tray in relation to seedling growth	40
3. Review of field-readiness of onion seedling cutting machine for seedling growth	41
4. Clarification of adaptive field condition of onion transplanter prototype	42
Section 3. Establishment of a mechanical lineup for onion farming and optimum operating conditions	42

1. Clarification of optimum structural improvement of onion planter and operating conditions	42
2. Analysis of optimum structure of equipment and materials for seedling growth and operating conditions	68
3. Clarification optimum structure of equipment and materials for seedling growth and operating conditions	119
4. Clarification of operating system for a mechanized lineup of onion production	133
Section 4. Development of ambulatory automatic onion planter and seedling growth equipment and materials	137
1. Development of ambulatory automatic onion transplanter	137
2. Development of onion seedling cutting machine	151
3. Development of onion seedling growth tray	158
Chapter 4. Achievement and contribution to related areas	161
Section 1. Degree of fulfillment of R&D goals	161
Section 2. Contribution to technological development in related areas	162
Chapter 5. Achievement of the R&D project and plan for its utilization	163
Section 1. Achievement in securing intellectual properties including patents	163
1. Securing patents	163
2. Disclosing research papers	163
3. Making onion transplanter prototype and accessory equipment and materials for seedling growth	164
Section 2. Directions for industrial production of developed technology and expectation effects	165
1. Directions for industrial production	165
2. Expectation effects of industrial production	165
Chapter 6. Overseas science and technology information collected through the R&D project	166

목 차

제 1 장 연구개발 과제 개요	22
제 1 절 연구개발 목적 및 필요성	22
1. 연구 개발의 목적	22
2. 연구 개발의 필요성	22
제 2 절 연구개발 범위	24
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	25
제 1 절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황	25
1. 관련 기술 특허분석	25
2. 관련 기술 논문분석	25
3. 관련 기술 제품분석	26
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	27
제 1 절 양과정식기 적응 육묘기술 체계화 연구	27
1. 양과재배 주산지 표준재배양식 모델 구축	27
2. 기계정식 적응 전용상토 개발	30
3. 기계정식 적응 육묘기술 확립	36
제 2 절 양과정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구	38
1. 상토 현장적응성	38
2. 상토 및 트레이 육묘특성	40
3. 모종정리기 현장적응성 검토	41
4. 정식기 시작품의 적응 포장 조건 구명	42
제 3 절 양과재배 기계작업 일관 시스템 및 적정 작업조건 확립	42
1. 정식기 최적 구조개선 및 작업조건 구명	42
2. 정식작업부 최적 구조, 정식 시스템 분석	68
3. 육묘기자재 최적 구조 및 작업조건 구명	119

4. 양파 생산 일관 기계화 작업체계 구명	133
제 4 절 양파 보행형 자동정식기 및 육묘기자재 개발	137
1. 양파 보행형 자동정식기 개발	137
2. 양파 모종정리기 개발	151
3. 양파 육묘 트레이 개발	158
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	161
제 1 절 연구개발목표의 달성도	161
제 2 절 관련분야 기술 발전에의 기여도	162
제 5 장 연구개발 성과 및 성과 활용계획	163
제 1 절 특허 등 지식재산권 확보 성과	163
1. 특허 확보	163
2. 논문 발표	163
3. 양파정식기 시작품 및 부속 육묘기자재 제작	164
제 2 절 개발 기술의 산업화 방향 및 기대 효과	165
1. 산업화 방향	165
2. 산업화를 통한 기대 효과	165
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	166

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

양파묘의 취출, 이송, 정식, 진압작업을 일관 자동화로 수행하는 보행형 양파 자동정식기와 육묘기자재인 상토, 육묘 트레이, 양파 모종정리기의 시작품 설계 제작 및 정식기에 적용하는 육묘기술의 체계화를 통하여 농가현장에서 실용화할 수 있는 고능률 정식작업의 체계화 달성을 목표로 한다.

구체적으로는 인력 정식에 비해 노동 투하 시간을 94% 절감할 수 있으며, 국내 양파 재배 양식에 적합한 6조 자주식 양파 자동정식기를 개발하고, 기계 작업에 적합한 응집성, 비중이 높은 상토, 일본 정식기에 적용하는 448구 트레이와 차별화된 개발 정식기 전용 384구 트레이, 정식기 작업에 적합한 묘 초장을 만들 수 있게 묘 절단을 하는 모종정리기 등을 개발하고, 정식기 작업에 적용하는 육묘 방법을 구명, 현장적응성 검토 후 실용화를 통해 국내 양파 재배지의 정식 시스템을 구축하는 것이다.

2. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

양파 정식노력시간은 전 작업의 26%를 점하며 전적으로 인력에 의존하므로 인력수급난이 심화되고 있으며, 특히 양파 정식 시기는 전작물인 벼의 수확기와 맞물려 작업기간이 한정됨으로써 노동경합이 심하여 적기 정식 작업이 이루어지지 못할 경우 생산성 및 품질저하와 저장 중 부패를 증가시킬 우려가 있다. 또한 국산 양파는 단위 면적당 생산성이 높고 품질도 우수하여 작황 및 가격이 안정될 경우 국제경쟁력이 있으나 지속적인 인건비 증가로 인해 가격이 상승하는 경향이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 2000년 경상남도농업기술원에서 경상대학교와 공동으로 승용관리기 부착형 6조식 양파정식기를 개발하였으나, 기계적 작동만 양호할 뿐, 적합한 표준육묘방법 및 기자재 개발이 없어서 결주율이 높은 단점이 있었다. 또한 2009년 농촌진흥청 국립농업과학원에서 개발된 반자동 양파정식기는 인력공급 방식이어서 농업인들이 이용하기에 불편하며, 일본에서 도입된 4조식 양파정식기는 기계 성능은 우수하나, 단위 면적당 재식주수 감소로 수량 감소가 우려되므로, 우리나라 양파 재배 실정에 적합한 6조 자주식 양파 자동정식기의 개발이 필요하다. 또한 양파 재배 주산지별 재식 조수는 6 ~ 16조에 분포하여 매우 다양하며, 휴폭, 두둑폭, 골폭, 조간거리, 주간거리 등도 지역별로 달라서 기계정식에 적합한 재배양식 구명도 필요한 실정이다.

나. 경제 · 산업적 측면

채소 소비패턴 변화로 새로운 수요가 창출됨에 따라 양파 재배면적 및 생산량은 매년 증가하고 있다. 그러나 농촌 노임이 해마다 상승하여 양파 생산비 상승의 주요인이 되고 있고, 농촌노동력은 노령화, 부녀화에 따른 인력 수급난이 심화되고 있으며 수급인력 또한 악성노동을 회피하고 있는 실정이다. 양파 생산비는 매년 상승하고 있으며 생산비중 인건비가 60%에 육박하고 있어 이에 대한 획기적인 경감 방안이 강구되어야 농가소득을 지속적으로 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 농기계 개발은 자금회전력이 낮고 참여 기업체의 영세성으로 타 산업 분야보다 발전이 늦고 낙후되어 있는 문제점이 있으며, 양파 반자동, 자동 정식기는 실용화 가능한 수준으로 연구 개발하였음에도 불구하고 기업으로의 기술 이진을 통해 지속적으로 상품화한 실적이 없으며, 특히 육묘기자재 개발이 미흡하여 일관 작업률이 떨어지는 단점이 있다. 또한 전남 및 강원도에 이미 보급된 일본 미노루 정식기의 활용을 위해 육묘소요 자재(상토, 응고제, 육묘갈개 등)를 매년 수입하여 공급하였으나, 수입 단가가 비싸고 매년 필요한 물량과 자재공급이 원활하지 않아 정식기 활용성이 떨어져 방치하고 있는 실정이다. 따라서 양파 생산기반의 안정화와 생산비 절감을 통한 국제 경쟁력 향상을 위하여 양파정식기와 육묘기자재 개발 연구를 수행함으로써 개발 기술의 실용화뿐만 아니라 정식기의 조기 보급을 가능하게 함으로써 관련 산업체의 경쟁력을 한 단계 높일 수 있다.

다. 사회 · 문화적 측면

최근 농촌노동력의 고령화와 더불어 노동력 자체가 부족하여 인력수급난이 심화되고 있으며 도시 인력을 고용함으로써 상부상조의 농촌문화가 상실되고 있는 실정이므로 양파 정식 작업을 기계화할 경우 생산비를 10% 경감시킨 201원/kg에 생산할 수 있을 뿐 아니라 농업인의 근골격계 질환을 80% 예방할 수 있다. 그리고 양파정식 시 노임 증가는 양파 생산 원가 상승에 영향을 주어 단기적으로는 소비자 부담이 증가되고 장기적으로는 국내산 경쟁력이 하락되므로 중국산 양파 수입이 불가피해지는 문제점이 있으며, 수입양파의 국내시장 점유율이 증가할 경우, 시장가격이 일정수준에서 제한됨에 따라 경쟁력이 떨어져 국내 생산기반이 붕괴될 우려가 있다. 따라서 농업기반 구축, 정책의 활성화 촉진과 영농기반 붕괴, 영농의욕 상실을 방지하기 위해 정식작업의 기계화, 육묘기자재 개발과 더불어 기계적응 재배 기술의 확립이 절실히 필요하다.

제2절 연구개발 범위

본 연구에서는 선행연구의 경험을 바탕으로 국내 양파재배양식인 6조식 멀칭재배에 적응하는 보행형 양파 자동정식기를 개발하고, 상토, 트레이 등 부속 육묘기자재를 개발하며, 기계정식에 적응하는 육묘 방법 구명을 통해 양파 재배지에 정식 시스템을 구축하는 것을 최종 목표로 하고 있다.

가. 양파정식기 적응 육묘기술 체계화 연구

지역별 재배주산지 선호모델, 기계화 재배양식 도입의향 등을 조사하여 양파재배 주산지 표준 재배 양식 모델을 구축하고, 상토재료분석 및 선발 후 재료별 혼합비를 구명하여 기계정식 적응 전용상토를 개발하며, 기계정식에 적합한 모종절단 적기 등을 구명하여 기계정식 적응 육묘기술을 확립하는 것을 목적으로 한다.

나. 양파정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구

양파정식기, 모종정리기 시작품 및 상토, 트레이 등 부속 육묘자재의 현장작업성을 실증, 검토한 후 문제점 및 보완방향을 도출하고, 농가도입가능성을 검토하는 것을 목적으로 한다.

다. 양파재배 기계작업 일관 시스템 및 적정작업조건확립

양파정식기, 모종정리기 및 육묘 트레이 최적 구조 및 작업 조건을 구명하여 시작품 설계모델을 제시하고, 파종, 육묘 및 정식작업 일관기계화 작업체계 가능성을 구명하는 것을 목적으로 한다.

라. 양파 자주식 자동정식기 및 육묘기자재 개발

양파정식기 정식 장치부 및 본기부의 부품사양 결정, CAD 도면화, 최적 재질 및 가공기술 정립을 통한 시제품 설계, 제작기술을 확보하고, 육묘트레이의 최적 재질과 형상을 구명하여 트레이를 설계, 제작하여 실용화하며, 모종정리기 시작품을 제작하고 실용화하는 것을 목적으로 한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발 현황

1. 관련 기술 특허분석

가. 기존 특허는 모종을 인력으로 트레이에서 취출, 공급하는 반자동정식기, 비닐 비덮칭 적응 자동정식기 및 꽃아내기식(핀센트식) 모종 취출 공급 자동정식기 분야 및 4절 링크식 식부 케적에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 선행연구에서 개발한 밀어내기식 모종 취출, 공급방식, 사이클트로코이드 식부케적을 갖는 식부장치 및 자주식 자동 양파정식기 방향으로 개선 보완연구를 추진하여 이미 취득한 특허 기술을 보완하였다.

나. 트레이는 개발 정식기의 종류에 따라 각 셀의 수가 다르고 모양이 다른데, 이러한 트레이 종류별로 특허가 등록되어 있으므로, 본 연구에서는 묘 취출이 쉽고, 묘소질이 우수한 셀(cell) 크기와 모양의 트레이, 비중이 약간 높으면서도 다공성, 흡습성, 응결성을 향상시키고, 강건한 묘를 육성할 수 있는 국산 친환경재료로 합성한 전용 상토 및 양파 육묘 시 정식에 적합한 초장을 가진 균일한 모종을 육성하기 위한 모종정리기를 개발하여 특허 출원하였다.

2. 관련 기술 논문분석

가. 양파정식기 관련 기존 논문은 1999년 시설원예연구지에 게재한 것이 유일하다. 일반 정식기 관련 논문은 식부자세를 바르게 하는 케적을 갖는 식부장치, 모종 자동 취출 공급 장치 및 기계이식한 모종의 생장특성 구명 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 구조가 간단하면서 식부 자세가 좋은 트로코이드 케적 식부장치, 묘 손상이 없고 공급률 99%를 달성할 수 있는 최적 모종 자동 취출 장치 구명, 우리나라 논 포장 작업이 용이한 주행 장치 및 효율적이면서도 간단한 구조인 동력전달 장치의 연구를 추진하여 국내 전문 학술지에 각 관련 분야 논문을 1편 이상 제출하였다.

나. 상토와 플러그묘에 대한 연구는 주로 일반채소용 상토의 플러그 육묘특성에 관한 것으로서 플러그묘 상토의 필요조건인 통기성, 보비력, 투수성이 양호한 상토에 대한 연구는 많았으나, 기계정식에 적응하는 상토에 대한 연구는 이루어진 적이 없었다. 따라서 본 연구에서는 기계정식에 적응하는 육묘 기술을 구명하고, 고비중이면서 자체 응결성이 좋은 상토 제조법 및 정식기에 카세트형으로 장착하여 피딩이 가능하고 육묘 시 양호한 묘소질이 도출될 수 있는 셀(cell) 크기가 구명된 트레이 개발 관련 논문 1편 이상을 국내 전문 학술지에 제출하였다.

3. 관련 기술 제품분석

가. 국내 및 국외시장 분석결과 국내에서는 국산 정식기 제품이 출시된 바는 없었고, 연구개발 완료된 시작품의 연시가 몇 회 있었으며, 일본 미노루사 제품인 비닐 비멀칭 적응 자동정식기가 5대 정도 도입되었으나 우리 실정에 맞지 않아 더 이상 수입되지 않고 있다. 최근 일본 구보다사의 양과 자동정식기가 수입되어 선보이고 있으나 4조식으로 우리나라 재배양식에 맞지 않은 것으로 판단되고, 유럽과 미국 등지에서는 반자동 트랙터 부착형 대형 반자동 양과정식기가 이용되고 있으나 우리나라 실정에 맞지 않으며, 양과는 과와 달라서 유럽과 같이 두둑에 6 ~ 9조로 심는 것이 좋은 것으로 나타났다. 세계적으로도 아직 양과 자동정식기가 보급되지 못하고 있는 실정에서 본 연구과제에서는 우리나라에 적합하면서 국제적으로도 선호할 작부체계에 맞춘 작업정밀성과 작업능력이 우수한 고유기술을 갖는 양과자동정식기의 연구개발을 협력회사와 공동으로 추진하여 협력회사의 제품으로 생산하여 국내에 판매하고 국외에 수출할 계획이다.

나. 트레이, 상토 및 모종정리기는 양과정식기의 부대 소모성 농자재로 정식기보다 시장성은 크다고 할 수 있으므로 본 개발 자동정식기와 함께 공동으로 상품화하여 국내, 외 시장에 대응할 계획이다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 양파정식기 적응 육묘기술 체계화 연구

1. 양파재배 주산지 표준재배양식 모델 구축

양파재배 주산지를 형성하고 있는 전남, 경남, 제주, 경북, 전북지역의 재배양식을 조사하여 기계정식을 위한 재배양식의 표준화 모델을 제시하고자 시험을 수행하였다. 본 조사는 양파재배 주산지를 형성하고 있는 무안, 신안, 창녕, 함천, 함양, 제주, 안동, 완주 등 8개 지역 농가를 대상으로 2012년 1월부터 12월까지 조사하였다. 직접방문 질의 응답식 청취조사를 하였으며, 주산 지역별 식부조수, 재식거리, 휴폭 등 재배 양식 및 개발 정식기종 구입의향, 정식 시 결주 발생 수용여부, 희망 식부조수, 희망 휴폭 등에 대해 조사하였다.

재배지역별 멀칭비닐의 규격이 달라 이랑과 고랑을 포함한 휴폭은 차이가 많았으며 전남 무안지역은 180cm 두둑에 13조식, 제주지역은 180cm 두둑에 10 ~ 11조식, 전북 완주지역은 150 ~ 170cm 두둑에 8 ~ 10조식, 경남 창녕은 120 ~ 150cm 두둑에 6 ~ 8조식, 함양은 160 ~ 180cm 두둑에 10 ~ 12조식으로 식부하고 있었다. 재식거리는 조간과 주간이 무안지역이 12 × 20cm, 제주 15 × 12cm, 안동 15 × 12cm, 완주 14 × 13cm, 함양 13 × 12 ~ 14cm, 창녕 14 ~ 20 × 11 ~ 14cm로 지역에 따라 매우 다양한 양식을 나타내고 있었다.

표 1. 재배지역별 재식방법 비교

조사지역	두둑폭 (cm)	식부조수 (조)	조간 (cm)	주간 (cm)
창녕	100~115	6~8	20~14	11~14
함양	140~160	10~12	13	12~14
완주	115~130	8~10	14	13
안동	115~190	8~19	15	12
제주	150	10~12	15	12
무안	150	13	12	20~21



그림 1. 재배지역별 재식양식 비교



그림 2. 재배지역별 기계정식 도입의향

지역별로는 전북, 전남지역의 90% 이상에서 정식작업에 기계도입이 필요하다고 하였으며 경남 지역은 76.5%로 상대적으로 낮은 경향을 보였는데 이는 지역 간 임금격차, 가용인력 수급 상황, 작부체계 및 재배면적 등을 고려한 인력배치 여부 등에 따른 영향으로 판단되며 지속적으로 농촌 노임이 증가되고 있어 도입 필요성은 더욱 높아질 전망이다.

양파 재배 주산지역에 대한 기계정식 도입의향에 대한 조사 분석 결과, 설문농가의 85%가 양파정식기의 도입이 필요하며 정식기계가 개발되어 보급될 경우 정식기를 사용하겠다고 응답하였으나 관행의 인력재배를 계속하겠다는 농가도 15%였다. 기계정식 도입 배경은 인건비가 해마다 증가함에 따른 생산비 경감이 목적이었으며 반면 인력으로 정식하겠다는 농가들 또한 기계 구입비용이 부담된다는 의견 이었다.

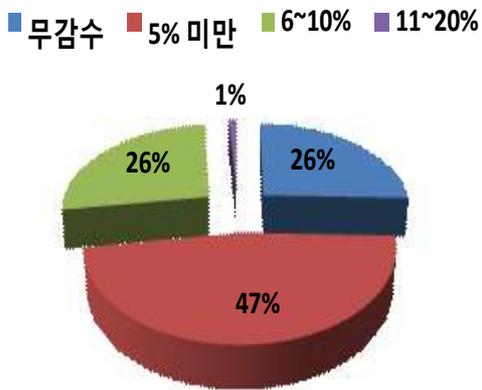


그림 3. 기계정식에 따른 수량감수 정도

양파 묘의 기계정식 방식에는 반자동정식기와 자동정식기로 대별되며 반자동정식기의 경우 인력으로 모종을 공급함에 따라 결주 발생율은 매우 적지만, 자동정식체계에서는 육묘관의 결주가 본답의 결주로 이어지고, 기계적 결주율도 발생되므로 수량감수 요인으로 작용하게 된다. 기계정식할 경우 기존의 인력정식 대비 수량성이 낮아질 것을 예측하고 설문한 결과 조사자의 47%는 5%이내, 26%는 10% 정도 감수되어도 기계를 사용하겠다고한 반면 수량감수가 발생되지 않아야 한다는 응답자도 26%나 되어 수량성 확보에 대한 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

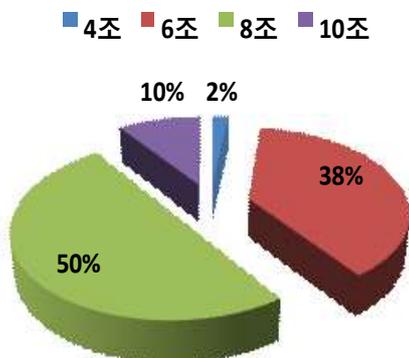


그림 4. 국내 개발정식기의 희망 식부조수

국내의 양파재배 양식은 단위면적당 생산량을 고려한 밀식재배를 선호하고 있으며 특히 답리 작지대에서는 양호한 배수로 및 수광 상태 조건 등이 필요함에도 이랑 폭을 넓게 하여 토지이용률을 높이고 있어 해에 따라서는 배수불량에 의한 습해와 병해발생으로 수량성이 매우 떨어지기도 한다. 멀칭된 이랑에 심어지는 개발기종의 희망 식부조수를 조사한 결과 조사농가의 50%에서 8조식 기종을 선호하였으며 6조식은 38%, 10조식 10% 이었다.

지역별 정식기의 식부조수 선호도는 현재의 재배양식을 반영하고 있었는데 전남, 전북, 제주 지역은 대부분의 농가가 8조식 정식기계를 선호하는 반면 경남지역의 경우는 기존 재배양식인 6조식 정식기에 대한 거부감이 적어 6조식에 대한 선호도가 49.0%로 8조식보다 높은 결과를 나타내었다. 이는 지금까지의 광폭재배 위주의 농기계개발에서 작물생육 환경을 고려한 새로운 형태의 기종 공급 가능성을 타진하였으며 생산비 절감을 위해서는 재배양식 변경도 가능함을 엿볼 수 있는 결과였다.

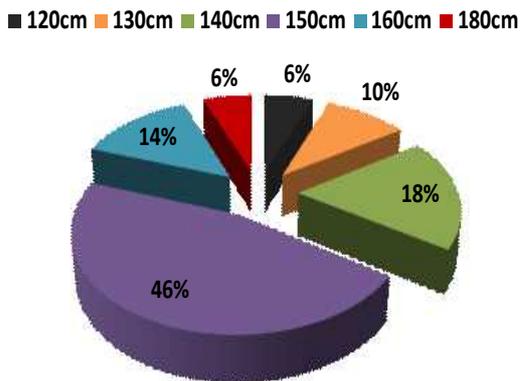


그림 5. 개발정식기의 선호 휴폭

양과 일관작업체계인 정식과 수확작업을 고려한 자동정식기의 주행에 필요한 선호 휴폭을 조사한 결과 150cm가 46%로 가장 높았으며 다음으로는 140cm, 160cm 순이었다. 이는 본 연구과제에서 수행하고자 하는 재배양식인 6조식에서의 두둑폭 104cm와 고랑폭을 감안할 때 140~150cm 범위에 있어 양과정식기의 보급단계 접근성은 매우 높을 것으로 판단되었다.

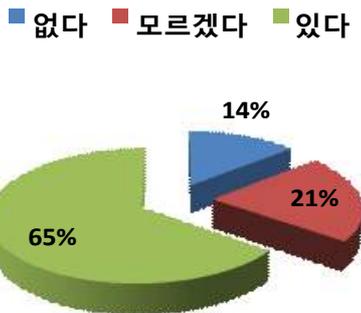


그림 6. 본 과제 개발정식기 구입 의향

본 연구과제에서 개발예정인 보행형 양과자동정식기의 작업성(0.4ha/1일)과 재배양식(150cm 휴폭, 6조 정식)을 고려한 구입의향을 설문한 결과 대상농가의 65%에서 구입하겠다고 하여 적극적인 반면 현재까지 개발되어 보급이 되지 않음에 따른 구입보류 의사도 21%를 차지하였다. 이는 1번 문항의 85% 농가에서 도입 필요성에 공감한 비율과 거의 비슷하였다. 그러나 현실적으로 정식기의 보급단가와 재배양식의 변경 여부 등 기계도입까지에는 여러 가지 고려해야 하는 부분들이 있음을 알 수 있었다.

특히 개발기종의 적정 보급가격에 대한 설문에서는 대부분의 농가에서 1,000~2,000만원 정도를 제시하였는데 이는 본 과제 수행동안 개발기종의 성능은 향상시키되 가격상승 요인은 줄여나가는 전략이 필수적임을 나타내는 결과로 판단되었다.

주산지역별 재배 양식에 따른 양과의 생육과 수량을 조사한 결과, 엽수, 초장 등 생육은 조수 증가에 따른 변화 경향을 관찰할 수 없었으며, 대구 분포 비율 및 상품수량은 무안 13조식이 각각 21.5%, 7,605.4kg/10a로, 기타 재배 양식에 비해 높은 결과를 나타내었다. 창녕 6조식의 상품수량은 5,126.9kg/10a로, 기타 재배 양식에 비해 낮아 단위 면적 당 수량 측면에서는 6조식이 불리한 것으로 나타났다. 하지만 트랙터 작업 시 바퀴 폭 등의 규격 및 수확 등 타 작업 단계와의 일관 기계화를 고려할 때 6조식이 가장 적합한 것으로 판단된다.

표 2. 주산지 재식방법에 따른 생육 특성

주산지역	재식방법	월동 후(3. 6)			수확기(6. 8)				
		엽수 (매)	초장 (cm)	엽초경 (cm)	엽수 (매)	초장 (cm)	엽초경 (cm)	구경 (cm)	구고 (cm)
무안	13조	4.9	19.0	0.56	7.0	77.6	1.23	8.26	7.20
완주	10조	5.3	20.4	0.61	7.1	76.3	1.24	7.83	7.04
함양	8조	5.1	20.2	0.58	7.0	74.4	1.13	7.94	6.94
	10조	5.5	20.2	0.55	6.9	71.7	1.15	7.73	6.72
창녕	6조	5.5	20.4	0.54	7.5	70.8	1.29	7.53	6.55
	8조	5.5	20.6	0.55	7.0	81.4	1.21	7.67	7.12

표 3. 주산지 재식방법에 따른 수량 특성

주산지역	재식방법	구중분포비율(%)			수량(kg/10a)		
		대	중	소	상품	비상품	총수량
무안	13조	21.5	55.6	23.0	7,605.4	66.2	7,671.5
완주	10조	10.8	47.9	41.3	6,648.8	98.7	6,745.5
함양	8조	10.9	45.2	43.8	6,265.5	125.2	6,390.7
	10조	6.6	40.1	53.3	5,892.1	205.4	6,097.5
창녕	6조	7.0	50.3	42.7	5,126.9	74.3	5,201.2
	8조	6.4	58.6	35.0	6,363.2	26.6	6,389.9

2. 기계정식 적응 전용상토 개발

양과정식기 작업에 적합한 상토를 개발하기 위해 시판 원예용 상토에 사용되는 재료 종류 및 혼용비율을 고려하여, 유기질 재료 2개(피트모스, 코코피트), 경량 무기질 재료 2개(버미큘라이트, 펄라이트), 중량 무기질 재료 4개(황토, 일라이트, 제올라이트, 규조토)를 각 재료 범위별로 유기질 재료 : 경량 무기질 재료 : 중량 무기질 재료 = 60 : 20 : 20(% , v : v)의 비율로 혼용한 후, 묘 출현율, 생육 및 기계정식적응특성(비중, 응집성)을 조사하였다. 그 결과를 바탕으로 적정 재료 및 재료별 세부 규격을 선별한 후, 재료별로 혼용 비율 범위를 설정, 혼용 후, 묘 출현율, 생육 및 기계정식 적응특성을 조사하여 적정 혼용 비율을 선정하였다.

시험결과, 유기질 재료에서는 피트모스 단일 혼용 처리구가 묘출현율, 생육 특성 및 용적밀도에서 기타 처리구에 비해 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 상토 응집성은 코코피트 단일 혼용 및 피트모스, 코코피트 복합 혼용 처리에 비해 유의하게 높은 경향을 보여 피트모스를 적정 유기질 재료로 선별하였다.

표 4. 상토 혼용 재료 종류별 묘출현율 및 생육 특성(유기질 재료)

재료	묘출현율* (%)	엽수 (매)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/주)	지하부건물중 (mg/주)
피트모스	90.6 ns	2.5 ns	17.6 ns	73.3 ns	4.8 ns
코코피트	90.2	2.7	21.5	66.3	5.0
피트모스 & 코코피트	89.2	2.3	16.5	38.0	5.0
대조상토3종(평균)	91.2	2.0	29.2	111.7	6.0

* DMRT 5%

표 5. 상토 혼용 재료 종류별 기계정식적응특성(유기질 재료)

재료	용적밀도* (g·cm ⁻³)	상토 응집성 [↓]
피트모스	0.26 ns	3.1 a
코코피트	0.24	1.3 c
피트모스 & 코코피트	0.23	2.4 b
대조상토3종(평균)	0.20	1.2

* DMRT 5%

↓ 1m 높이에서 낙하 후 상토 파손도 측정, 5 : 10%이하, 4 : 10 ~ 25%, 3 : 25 ~ 50%, 2 : 50 ~ 75%, 1 : 75%이상

경량 무기질 재료에서는 버미큘라이트 단일 혼용 처리구가 묘출현율, 생육 특성 및 용적밀도에서 기타 처리구에 비해 유의한 차이를 보이지 않았으나 상토 응집성은 펄라이트 단일 혼용 처리구에 비해 유의하게 높은 경향을 보여, 버미큘라이트를 적정 재료로 선발하였다.

표 6. 상토 혼용 재료 종류별 묘출현율 및 생육 특성(경량 무기질 재료)

재료	묘출현율* (%)	엽수 (매)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/주)	지하부건물중 (mg/주)
버미큘라이트	89.5 ns	3.1 ns	24.7 ns	108.5 ns	13.5 ns
펄라이트	94.3	3.2	24.6	107.5	15.5
버미큘라이트 & 펄라이트	93.6	3.0	22.4	128.5	10.5
대조상토3종(평균)	85.2	3.1	20.1	104.5	15.3

* DMRT 5%

표 7. 상토 혼용 재료 종류별 기계정식적응특성(경량 무기질 재료)

재료	용적밀도* (g·cm ⁻³)	상토 응집성 [↓]
버미큘라이트	0.35 ns	5.0 a
펠라이트	0.32	4.5 b
버미큘라이트 & 펠라이트	0.36	4.9 a
대조상토3종(평균)	0.22	2.5

* DMRT 5%

[↓] 1m 높이에서 낙하 후 상토 파손도 측정, 5 : 10%이하, 4 : 10 ~ 25%, 3 : 25 ~ 50%, 2 : 50 ~ 75%, 1 : 75%이상

중량 무기질 재료에서는 황토 단일 혼용 처리구가 초장, 지상부 건물중 등에서 기타재료 단일 혼용 처리구보다 유의하게 높은 결과를 보였다. 또한 상토 평균 응집성에서도 기타재료 단일 혼용 처리구보다 유의하게 높아 황토가 적정 중량 무기질 재료인 것으로 판단된다. 황토와 기타재료(제올라이트, 일라이트, 규조토) 간 복합 혼용 처리구는 황토 단일 처리구에 비해 전 항목에서 상승효과가 나타나지 않아, 황토 단일 재료만 사용해도 충분한 것으로 생각된다.

표 8. 상토 혼용 재료 종류별 묘출현율 및 생육 특성(중량 무기질 재료)

재료	묘출현율* (%)	엽수 (매)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/주)	지하부건물중 (mg/주)
황토	89.5 ns	3.1 ns	24.7 a	108.5 a	13.5 ns
제올라이트	89.0	3.1	24.0 a	97.5 ab	17.5
규조토	85.6	3.1	20.1 b	69.5 b	14.0
일라이트	85.2	3.2	20.9 b	110.0 a	16.0
황토 & 일라이트	92.5 ns	3.1 ns	25.2 a	103.0 a	11.5 ns
제올라이트 & 일라이트	80.5	3.2	22.9 ab	99.0 a	21.5
황토 & 제올라이트	93.3	3.2	24.0 ab	99.5 a	13.5
황토 & 규조토	92.6	3.0	22.5 ab	84.5 ab	9.0
제올라이트 & 규조토	82.5	3.1	19.5 c	56.0 b	12.0
일라이트 & 규조토	88.7	3.1	22.2 b	75.0 ab	10.5
단일재료혼용처리(평균)	87.3 ns	3.1 ns	22.4 ns	96.4 ns	15.3 ns
복합재료혼용처리(평균)	88.4	3.1	22.7	86.2	13.0
대조상토3종(평균)	85.2	3.1	20.1	104.5	15.3

* DMRT 5%

표 9. 상토 혼용 재료 종류별 기계정식적응특성(중량 무기질 재료)

재료	용적밀도* (g·cm ⁻³)	상토 응집성 [↓]
황토	0.35 c	5.0 a
제올라이트	0.56 a	2.9 b
규조토	0.24 d	2.9 b
일라이트	0.51 b	3.2 b
황토 & 일라이트	0.45 b	4.4 a
제올라이트 & 일라이트	0.54 a	3.2 b
황토 & 제올라이트	0.43 bc	4.3 a
황토 & 규조토	0.32 d	4.1 a
제올라이트 & 규조토	0.41 bc	2.3 c
일라이트 & 규조토	0.40 c	1.9 c
단일재료혼용처리(평균)	0.41 ns	3.5 ns
복합재료혼용처리(평균)	0.42	3.4
대조상토3종(평균)	0.22	2.5

* DMRT 5%

[↓] 1m 높이에서 낙하 후 상토 파손도 측정, 5 : 10%이하, 4 : 10 ~ 25%, 3 : 25 ~ 50%, 2 : 50 ~ 75%, 1 : 75%이상

양과정식기 적응 전용상토 개발을 위한 적정 재료 선발 시험을 수행한 결과, 피트모스, 버미클라이트, 황토의 3종을 선발하였다. 이들 선발된 재료의 적정 세부 규격 시험을 수행한 결과, 습식 및 건식 피트모스 간에는 지상부 건물중이 습식 피트모스가 건식에 비해 유의하게 높은 것을 제외하고는 기타 항목에서는 유의한 차이가 없었다. 따라서 건식 피트모스도 사용 가능하나, 습식 피트모스를 사용하는 것이 더욱 바람직한 것으로 판단된다. 골드 및 실버 버미클라이트 간에는 전 항목에서 유의한 차이가 나타나지 않아 두 재료 모두 사용 가능한 것으로 생각된다. 황토는 생산 지역 및 장소에 따라 특성이 다양하게 달라질 수 있으므로, 향후 자세한 구명이 필요하다고 생각되는데, Kim(2003)은 우리나라 전역에 분포되어 있는 황토 내 점토광물의 함량은 30 ~ 70%로 추정된다고 언급하고 있어서, 상토 조제 시 이러한 특성을 지닌 황토를 이용하는 것이 좋다고 판단된다.

표 10. 상토 혼용 재료 종류별 묘 출현율 및 생육 특성(선발 재료 세부 규격)

재료	묘출현율* (%)	엽수 (매)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/주)	지하부건물중 (mg/주)
피트모스(습식)	75.0 ns	3.9 ns	31.6 ns	386.7 a	40.0 ns
피트모스(건식)	60.4	3.9	29.3	246.7 b	30.0
버미클라이트(골드)	62.2 ns	3.0 ns	16.7 ns	196.5 ns	10.5 ns
버미클라이트(실버)	65.5	3.4	21.4	270.5	9.5
대조상토3종(평균)	59.4	3.1	20.1	213.3	20.0

* DMRT 5%

표 11. 상토 혼용 재료 종류별 기계정식적응특성(선발 재료 세부 규격)

재료	용적밀도* (g·cm ⁻³)	상토 응집성 [↓]
피트모스(습식)	0.36 ns	3.6 ns
피트모스(건식)	0.33	4.1
버미큘라이트(골드)	0.36 ns	3.6 ns
버미큘라이트(실버)	0.35	3.5
대조상토3종(평균)	0.21	1.3

* DMRT 5%

[↓] 1m 높이에서 낙하 후 상토 파손도 측정, 5 : 10%이하, 4 : 10 ~ 25%, 3 : 25 ~ 50%, 2 : 50 ~ 75%, 1 : 75%이상

상토 내 황토 혼용 비율별 묘 출현율은 0 ~ 38%까지 유의하게 높았고, 지상부 건물중은 2 ~ 40% 까지 높았으며, 엽수, 초장 지하부 건물중은 유의한 차이가 없었다. 용적밀도는 황토 혼용 비율이 높아질수록 증가하는 경향이었으며, 상토 응집성은 12 ~ 40%까지 양호하였다. 조사 항목별 결과를 종합하면, 상토 내 적정 황토 혼용 비율은 12 ~ 38%가 적당하다고 판단된다.

표 12. 상토 내 황토 혼용 비율 별 묘출현율 및 생육 특성

혼용 비율 (%, v : v)	묘출현율* (%)	엽수 (매)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/주)	지하부건물중 (mg/주)
0	69.2 abc	3.6 ns	24.7 ns	140.0 f	20.0
2	75.5 abc	3.9	31.5	340.0 abcd	10.0
4	78.9 ab	3.8	29.7	306.7 abcde	20.0
6	75.9 abc	3.6	28.3	306.7 abcde	20.0
8	74.4 abc	3.8	30.6	266.7 cde	30.0
10	81.8 ab	3.9	31.1	320.0 abcd	10.0
12	88.0 a	3.9	32.1	253.3 de	10.0
14	86.4 ab	3.7	30.5	280.0 bcde	40.0
16	88.1 a	3.8	31.1	300.0 abcde	20.0
18	84.3 ab	3.5	27.8	193.3 ef	10.0
20	75.0 abc	3.9	31.6	386.7 abc	40.0
22	79.1 ab	3.4	26.4	146.7 f	10.0
24	72.3 abc	3.8	30.7	353.3 abcd	30.0
26	76.4 abc	3.9	32.7	320.0 abcd	20.0
28	73.0 abc	3.9	31.1	313.3 abcd	40.0
30	75.4 abc	3.9	31.1	400.0 ab	20.0
32	71.5 abc	3.8	31.2	333.3 abcd	40.0
34	67.3 bc	3.5	25.8	140.0 f	10.0
36	70.9 abc	3.8	31.5	306.7 abcde	20.0
38	70.4 abc	3.7	30.6	360.0 abcd	40.0
40	58.7 c	3.8	30.1	420.0 a	20.0
대조상토3종(평균)	59.4	3.6	24.5	213.3	20.0

* DMRT 5%

표 13. 상토 내 황토 혼용 비율 별 기계정식적응특성

혼용 비율 (%, v : v)	용적밀도* (g·cm ⁻³)	상토 응집성 [↓]
0	0.22 lm	1.4 e
2	0.20 m	1.2 e
4	0.23 kl	1.1 e
6	0.25 k	1.3 e
8	0.27 j	1.4 e
10	0.28 j	2.8 d
12	0.31 i	4.4 ab
14	0.30 i	2.4 d
16	0.36 h	4.8 ab
18	0.35 h	4.8 ab
20	0.36 h	3.6 c
22	0.39 g	4.0 bc
24	0.40 fg	2.7 d
26	0.43 d	4.5 ab
28	0.41 ef	4.9 a
30	0.43 de	4.6 ab
32	0.46 c	4.2 bc
34	0.49 b	4.5 ab
36	0.49 b	4.9 ab
38	0.51 ab	4.5 ab
40	0.53 a	4.5 ab
대조상토3종(평균)	0.21	1.3

* DMRT 5%

↓ lm 높이에서 낙하 후 상토 파손도 측정, 5 : 10%이하, 4 : 10 ~ 25%, 3 : 25 ~ 50%, 2 : 50 ~ 75%, 1 : 75%이상

표 14. 상토 내 피트모스, 버미큘라이트 상호 혼용 비율 별 묘 출현율 및 생육 특성

혼용 비율* (피트모스: 버미큘라이트, %v:v)	묘출현율 [↓] (%)	엽수 (매)	초장 (cm)	지상부건물중 (mg/주)	지하부건물중 (mg/주)
71 : 11	91.7 ab	2.9 ns	19.9 ns	88.0 ns	9.8 ns
61 : 21	91.0 ab	2.6	14.5	59.9	6.4
51 : 31	92.3 ab	2.7	16.9	75.9	7.7
41 : 41	93.6 a	3.1	19.4	91.1	7.0
31 : 51	89.8 ab	3.0	20.0	87.1	6.3
21 : 61	91.0 ab	2.8	17.3	84.2	7.4
11 : 71	89.1 b	3.0	19.1	89.7	6.9
대조상토3종(평균)	89.4	2.9	20.0	93.5	7.3

* 상토 용적 대비 황토 18% 혼용

↓ DMRT 5%

상토 내 피트모스 혼용 비율이 21 ~ 71%, 버미큘라이트 혼용 비율이 11 ~ 61%일 때, 묘 출현율이 상대적으로 양호하였다. 또한 상토 응집성 항목에서는 피트모스 : 버미큘라이트 = 41 ~ 71% : 11 ~ 41%까지 유의하게 높은 경향이었으며, 11% : 71%에서도 높았으나, 버미큘라이트 혼용 비율이 41% 이상으로 높을수록 상토 응집성이 약해지는 경향을 보였다. 그 외 조사 항목

에서는 유의한 차이가 발생하지 않았다. 이를 종합해보면, 상토 내 적정 피트모스와 버미큘라이트의 상호 혼용 비율은 41 ~ 71% : 11 ~ 41%로 판단되며, 상토 내 적정 황토 혼용 비율을 종합했을 때, 최종 개발 상토는 피트모스 : 버미큘라이트 : 황토 = 41 ~ 71% : 11 ~ 41% : 12 ~ 38%(v : v)로 판단된다.

표 15. 상토 내 피트모스, 버미큘라이트 상호 혼용 비율 별 기계정식적응특성

혼용 비율* (피트모스 : 버미큘라이트 %, v : v)	용적밀도 [↓] (g·cm ⁻³)	상토 응집성 [↓]
71 : 11	0.36 ns	3.4 ab
61 : 21	0.37	4.8 a
51 : 31	0.37	3.6 ab
41 : 41	0.37	3.2 ab
31 : 51	0.38	2.0 b
21 : 61	0.38	1.0 c
11 : 71	0.38	3.8 ab
대조상토3종(평균)	0.20	2.3

* 상토 용적 대비 황토 18% 혼용

↓ DMRT 5%

↓ 1m 높이에서 낙하 후 상토 파손도 측정, 5 : 10%이하, 4 : 10 ~ 25%, 3 : 25 ~ 50%, 2 : 50 ~ 75%, 1 : 75%이상

3. 기계정식 적응 육묘기술 확립

양과 묘의 정식은 대부분 인력에 의존하고 있으나 일부 지역에서는 기계정식을 도입하고 있으며 기종은 반자동과 자동정식기가 공급되고 있다. 국내에 공급되고 있는 반자동정식기는 관행묘와 플러그묘 모두 정식이 가능한 반면, 자동정식기는 트레이에 육묘한 플러그묘만 정식이 가능하다. 노력절감 효과가 높은 자동정식기에 적용하는 모종은 엽초가 구부러지지 않으면서 초장이 15 ~ 20cm 정도이고, 하엽 고사현상이 없는 건전한 모종 생산이 요구되고 있으나, 50일 이상 장기간 육묘함에 따라 육묘 후기 줄기가 도복되거나 육묘 초기 도장묘 발생에 따라 엽초가 휘어지는 현상이 발생하는 실정이다.

본 시험은 모종절단 개시기를 파종 20일부터 5일 간격으로 3시기를 두고 절단 간격은 각 처리별 5일, 7일, 10일 간격으로 3처리를 두었으며, 절단 정도는 1차에 5cm, 2차에 7cm, 3차에 10cm 길이로 하여 생육과 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 파종 40일 후 묘소질에서 절단 처리의 초장은 12.9 ~ 18.3cm로 무처리의 21.6cm보다 작았으나 엽초경은 무처리의 2.62mm와 유의적인 차이가 없었으며, 육묘 후기인 파종 50일 후의 묘소질에서 절단 처리의 초장은 무처리의 29.8cm에 비해 10cm 이상 작았고, 절단 처리의 엽초경은 3.39 ~ 3.71mm로 무처리 3.76mm와 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

표 16. 모종 절단방법에 따른 묘소질 특성

절단시기/절단간격(일)		10월 27일(과중 40일)			11월 7일(과중 50일)		
		엽수 (매)	초장 (cm)	엽초경* (mm)	엽수 (매)	초장 (cm)	엽초경* (mm)
과중 20일	5	2.9	16.2	2.64 a	3.6	19.3	3.47 a
	7	2.9	16.8	2.55 a	3.5	19.8	3.48 a
	10	2.9	16.8	2.61 a	3.4	19.4	3.51 a
과중 25일	5	2.8	16.6	2.61 a	3.3	14.4	3.39 a
	7	2.6	12.9	2.51 a	3.3	13.6	3.37 a
	10	2.8	16.8	2.55 a	3.3	14.2	3.51 a
과중 30일	5	3.0	19.4	2.75 a	3.5	14.4	3.59 a
	7	2.9	17.7	2.50 a	3.7	15.2	3.69 a
	10	2.8	18.3	2.54 a	3.4	19.7	3.71 a
무 절 단		2.8	21.6	2.62 a	3.3	29.8	3.76 a

* DMRT 5%

수확기의 평균구중은 무처리에서 254g으로 가장 무거웠으나 절단 처리와 큰 차이는 없었으며, 상품 수량은 과중 30일에 1차 절단하여 5일 간격 절단에서 8,271kg/10a로 가장 많고, 그 다음으로는 무절단 처리 8,101kg/10a 순이었으나 절단 시기 및 절단 간격에 따른 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 따라서 정식기계에 적응성이 높은 모종을 육묘하기 위해서는 육묘 초기부터 엽을 일정한 간격으로 절단하여 엽초가 휘어지지 않도록 하고 정식 직전에는 15cm 내외의 초장으로 절단하여 기계적응성을 높여야 할 것으로 판단된다.

표 17. 모종 절단 방법에 따른 수량 특성

절단시기/절단간격(일)		평균구중 (g)	수량(kg/10a)			
			상품*	지수	비상품	총수량
과중 20일	5	243.9	7,897 a	98	213	8,110
	7	249.3	8,051 a	100	150	8,201
	10	253.6	8,092 a	100	207	8,299
과중 25일	5	232.6	7,334 a	91	293	7,627
	7	226.1	7,350 a	91	57	7,407
	10	252.1	7,796 a	97	446	8,242
과중 30일	5	255.7	8,271 a	103	318	8,599
	7	235.7	7,595 a	94	149	7,744
	10	251.2	8,033 a	100	109	8,142
무 절 단		253.1	8,061 a	100	220	8,281

* DMRT 5%

기계정식에 있어서 육묘판에서의 결주는 정식 포장의 결주로 연결되어지며 육묘 후기 셀(cell) 내의 뿌리 형성 양상은 상토응집성에 영향을 미치게 되는데 육묘 트레이 셀(cell) 내에서의 파종 위치에 따라 육묘후기 뿌리 형성과 밀접한 관계가 있을 것으로 예측된다. 셀(cell)의 중앙과 외곽 위치에 종자를 파종한 결과 발아율은 처리 간 차이가 없었으나 파종 초기 뿌리가 상면으로 노출되거나 허공으로 뿌리골무가 드러나는 현상인 역위율은 중앙에 파종한 것보다 외곽에서 많이 발생되었다.

표 18. 육묘 트레이 셀(cell) 내 파종 위치에 따른 발아 특성

파종 위치	발아율(%)	뿌리역위율(%)
정중앙	78.7	0.9
동면	77.6	2.3
서면	77.1	1.7
남면	72.2	1.3
북면	80.8	2.2
전방위	78.1	1.3

제2절 양과정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구

1. 개발상토 현장 적응성

가. 상토배합별 정식 후 생육 상황 조사 결과

정식 후 상토배합별 생육 상황 등을 관찰 조사하기 위해 관행 정식한계기보다 20여일 늦은 2012년 11월 22일 인력으로 정식을 하고 11월 4일 무공비닐을 피복 후 익년 2월 28일 비닐을 뚫고 양과를 꺼낸 후 비닐 위에 약간의 흙으로 비닐을 눌러주는 유인작업을 하였다. 정식간격은 관행대로 14에 15cm를 적용하고 이랑 1m, 골 30cm에 식재한 바 3.3m²당 112주가 식재되었으며 시비와 병충해방제 등 일반 관리는 관행대로 시행하였다. 월동 후 수확 직전까지 4월과 5월 2회에 걸쳐 생육 상황을 조사한 바, 결주율은 조합1이 조합2, 3에 비해 다소 높게 나타났으며 경엽 생장 후기인 5월에 조사한 초장과 엽수, 구직경 등에서는 조합1이 조합2와 3에 비해 다소 좋은 성과를 나타내었으나 대비구인 일반상토육묘에 비해서는 4월과 5월 조사에서 모두 떨어지는 경향을 보였다.

표 19. 상토 조합별 생육 특성

구 분	4월 15일			5월 15일			
	주수(매/3.3m ²)	엽수(매)	초장(cm)	주수(매/3.3m ²)	엽수(매)	초장(cm)	구직경(mm)
조합 1	105.0	5.2	38.9	101.5	8.1	77.0	4.2
조합 2	106.0	5.5	36.7	106.0	7.8	71.7	4.1
조합 3	106.0	5.8	42.0	106.0	8.1	69.1	4.1
일반상토	101.0	5.4	39.8	101.0	8.1	79.3	4.5

나. 상토배합별 수확량 조사 결과

수확 시기는 6월 15일 뽑아 건조 후 6월 16일 줄기를 절단하여 그물망에 담아 신미네 유통 수매 규격별로 중량을 계근하여 평가하였다. 그 결과 5월 15일 생육조사와 같은 평가를 나타냈는 바 아래 표에서와 같이 조합1이 결주율이 다소 높았음에도 3.3m²당 21.4kg으로 수확량은 가장 높고 구 중량에서도 정품생산비율이 94.8%로 조합2의 93.7%와 조합3의 92.9%보다 높아 좋은 성과를 나타냈다. 생육 상황은 대비구인 일반상토에 비해 떨어졌다. 이는 육묘과정에서 본 바와 같이 시험용 상토의 경우 육묘 시에 트레이 하단에 그물망을 설치 후 치상함에 따라 근부가 트레이 셀(cell)안에서만 발육한 반면 이를 감안한 추비를 하지 못함에 따라 전반적인 묘의 소질이 떨어진 것으로 보이고 일반상토의 경우 토양에서 뿌리가 발육하여 충분한 영양을 얻음에 따라 묘소질이 좋은 것이 수확량 증대로 이어진 것으로 추정된다.

표 20. 상토 조합별 수확 특성

구분	평균(kg/10m ²)			제 1포구			제 2포구			제 3포구			평당 수량 (kg)
	정품*	소구	계	정품	소구	계	정품	소구	계	정품	소구	계	
조합 1	60.9	3.3	64.2	65.7	2.5	68.2	56.2	4.2	60.4	-	-	-	21.4
조합 2	55.3	3.7	59.0	66.2	3.6	69.8	49.7	2.2	51.9	50.1	5.3	55.4	19.7
조합 3	53.7	4.1	57.8	50.5	5.2	55.7	45.8	3.4	49.2	64.8	3.8	68.6	19.3
일반상토	64.8	4.5	69.3	61.0	5.3	66.3	67.0	5.2	72.2	66.5	3.2	69.7	23.1

* 정품은 7cm이상, 소구는 5.5 ~ 7cm

다. 육묘용 상토 배합별 현장 적응성 종합 검토

상토조합별 월동 후 생육조사 결과 수확기에는 조합1이 조합2와 3보다 좋은 것으로 나타났으나 묘소질은 일반상토육묘에 비해 떨어지는 현상이 나타났다. 상토배합별 수확량 조사 결과 앞선 생육조사에서와 같이 상토조합1이 상토조합2와 3보다 다소 높은 수량을 내었으나 대비구인 일반상토에 비해서는 수확량이 적은 결과를 나타내었다.

결론적으로 종합해보면 상토조합별 현장적응성 검토 결과 조합 간 큰 차이를 보이지 않았고 약간의 차이는 있었으나, 이는 상토조합에 의한 차이보다 육묘과정에서의 수분 및 양분관리에서도 올 수 있는 문제로 볼 수 있으며 일반상토에 비해 떨어지는 것은 트레이 치상방법에 따른 묘의 충실도의 차이로 생각된다.

따라서 기계정식용 육묘에서 무엇보다 중요한 것은 육묘용 트레이 치상방법, 육묘 기간 중 추비와 관수방법 등에 대한 메뉴얼 마련과 이에 따른 상토 조합별 현장적응성 검토이다. 또한 상토의 결정성을 어떻게 관리할 것인가에 대한 방안이 마련되어 상토 특성에 따른 상토의 충진 방법과 물관리 방법 등 기계정식용 육묘 전반에 대한 전반적인 메뉴얼 제작이 필요하고 트레이 셀(cell)에 과중하는 위치와 깊이도 상토의 결정성과도 연관되어 있어 트레이 제작과 함께 트레이에 적합한 과중기에 대한 검토도 이루어져야 할 것으로 보인다.

2. 상토 및 트레이에 따른 생육 특성

가. 발아율

과종 10일 후 발아율 조사결과 95.2%로 전년(92.5%)도보다 좋은 결과를 나타냈으며 부직포와 트레이 매트를 사용한 과종구의 발아율은 큰 차가 없었다. 다만, 흥농바이오 상토를 사용한 트레이의 발아율은 시험용 상토보다 낮은 91.2%를 보였는데 이는 상토 상의 문제보다 상토의 특성을 감안치 않고 시료용 상토와 같은 방법으로 답압하여 수분과다 등으로 인한 문제로 추정되어 차후 이 부분을 감안하면 관행상토도 발아에는 큰 문제가 되지 않을 것으로 추정된다.

표 21. 시료용 상토 미발아율 조사 결과 (2013. 9. 16)

조사표본	1	2	3	4	5	평균	발아율
미발아수*	12	21	19	17	15	16.8	96.2%

* 미발아 주수는 트레이 1개 전체 중의 수량임

나. 득묘율

과종 후 44일이 되는 10월 22일 묘의 생육상태를 조사한 바 정식에 문제가 없을 것으로 판단되는 묘수의 비율은 평균 66.3%로 전년도(67.4%)와 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 금년도의 경우 9월 중·하순의 기온이 높아 물관리에 애로가 있었던 점을 감안한다면 전년도와 달리 금후 시료용 상토에 의한 육묘에 큰 어려움이 없을 것으로 보인다. 다만, 이랑에 검정부직포와 트레이 매트를 깔고 치상한 트레이에서는 수분관리 등의 차이로 고사하는 수가 발생되었다.

다. 묘의 소질

과종 후 42일 만인 10월 22일 묘의 줄기직경과 엽수를 조사한 바 평균직경은 4.1mm로 전년도 (3.5mm)와 7일 앞서 과종한 일반상토에 의한 406공 트레이 묘(3.8mm)보다도 커 충실한 묘소질을 보였다. 또한, 엽수에서도 평균 3.6매로 전년도(3.5)와 406공 일반상토육묘(3.1)보다 많아 묘소질이 전반적으로 균일하고 좋은 결과를 나타내었다. 이 같은 결과는 시작품으로 개발된 트레이 셀(cell) 간격이 많은 영향을 미친 것으로 추정되나 엽수가 많아 정식 시에 호퍼에서 걸림이 되지 않을지 우려가 되고 있다.

라. 종합 결론

(1) 상토

육묘용 시료로 제공된 상토를 통한 현장적응성 시험 결과 전년도와 달리 육묘에 큰 문제점

이 없다는 결론을 얻었다. 다만, 전년도의 경우 육묘 중 많은 강우로 상토가 유실되는 문제점이 있었던 반면 금년도의 경우 차광막 제거 후인 9월 중·하순 고온으로 인한 수분관리에 문제점이 있었던 점을 금후 육묘 시 감안한다면 시료용 상토가 육묘 과정에서 문제점이 없을 것으로 생각된다. 다만, 금후 정식과정에서 상토의 응결성을 지켜보아야 할 일이며 기존 무안 지역에 활용되고 있는 일본 제품 정식기의 경우 시판용 상토를 이용하고 있어 경제성 측면에서도 고려해야 될 것으로 생각된다.

(2) 트레이

(주)죽압 기계에서 시험용으로 제작된 384공의 트레이를 활용한 현장육묘시험에서도 앞서 살펴본 바와 같이 육묘 상에 큰 문제점이 없다는 결론을 얻었다. 다만, 앞에서 언급한 바와 같이 파종 40일 후 평균 엽수가 3매를 넘어 정식에서 걸림이 되지 않을지 우려가 되며 이는 트레이 공간이 넓은데 기인한 것으로 추정되어 금후 정식기를 통한 정식시험 후 문제가 될 경우 육묘기간 조정 등이 필요할 것으로 생각된다.

3. 모종정리기 현장적응성 검토

가. 모종정리기 활용 및 취급상 문제점과 개선점

금년도 현장적응성 검토를 위해 인수한 모종정리기는 전년도 시작품과 모든 면에서 다른 구조로 장점이 있다. 우선 동력을 사용하지 않아 별도 준비가 불필요하고 지난해 문제되었던 중량과 부피 문제도 개선되어 이동에 편리한 면이 있고 특히 기계정식용 트레이에서 모종 정리에 큰 어려움이 없었다. 또한 지난해 문제되었던 절단된 잎이 묘판에 떨어지는 문제도 해소되었다. 그러나 사용상 아래와 같은 문제점이 발생되었다.

- (1) 바퀴 3개로 운영되고 그 중 1개는 방향조절 역할을 담당하여 앞으로 힘을 주어 전진하기 위해서는 1명이 방향조절을, 1명은 방향조절 반대편에서 힘을 주어 앞으로 미는 역할을 해야 하나 바퀴가 한 개여서 힘의 균형 유지가 어려운 실정이었다.
- (2) 방향조절 역할을 담당하는 1명은 전진하기 위해 힘을 주기가 어려운 실정이며 방향조절이 후륜에서 이루어지므로 방향조절이 쉽지 않은 실정이었다.
- (3) 방향조절 하는 반대편에서 앞으로 밀기 위해 케이스에 힘을 주면 케이스의 뒤틀림이 발생하여 케이스가 체인동작을 방해하고 이로 인해 체인이 절단되는 실정이었다.
- (4) 방향 조절 시 방향조절의 역할을 하는 반대편의 아래칼날을 잡아주는 볼트가 풀려 회전칼날을 방해하는 실정이었다.
- (5) 회전 칼날의 높이조절핸들에 방향 표시가 없고 미세하여 높이를 조절하기 위해 좌우로 핸들을 회전해 보아야 하는 어려움이 있다.
- (6) 입모수가 많아 밀도가 높은 관행 406공 육묘에서는 회전칼날이 소화를 하지 못해 현재 농가에서 잎을 절단하는 시기에는 사용하기가 어려운 실정이었다.
- (7) 현재 상태에서 제품화할 경우 내구성이 떨어질 것으로 예상되며 특히 포장상태 등을 고려하면 체인으로 칼날을 회전시키는 것은 내구성에 문제가 있을 것으로 예상된다.

이상과 같은 문제점이 보완되어야 할 것으로 보이며 현장에서의 의견을 종합해보면

- (1) 현재의 바퀴문제 해소를 위해 방향조절 반대편에 보조바퀴를 부착하여 힘의 균형을 이루도록 할 필요가 있다.
- (2) 후륜 방향 전환으로 핸들 조작과 반대방향으로 움직이는 문제 해소를 위해 뒷바퀴와 앞바퀴의 역할을 전환할 필요가 있다.
- (3) 노령화 등을 감안하면 소형 동력을 활용하는 방안을 검토할 필요가 있다.
- (4) 기존 육묘에서 모종절단으로도 활용되기 위해서는 근본적으로 다른 구상을 할 필요가 있다.

4. 정식기 시작품의 적응포장조건 구명

양과정식기 시작품을 이용하여 포장적응성을 검토하였으며 아래 내용에 대하여 조사, 분석하였다.

- 가. 기계정식의 적합한 이랑 규격 및 적합한 정지작업 조건 구명
- 나. 기계화에 적합한 토양조건 구명
- 다. 정식기 현장 활용 시 문제점 도출 및 보완이 필요한 사항 제시
- 라. 기계정식포장과 관행인력정식포장의 양과생육특성 조사, 분석
- 마. 기존에 판매 중인 일본 제품 정식기와의 비교를 통한 보완점 분석 등

양과정식기의 현장적응성 실증은 문경과 창녕에서 실시하였으며 11월에 2회 추진하였다. 시작품의 1차 적응성 시험 결과 본체 유압에 대한 압력으로 오일 누수 현상이 발생되었으며 작업기의 모종 밀어내기 장치부와 육묘 트레이 홈 간격이 일치하지 않아 트레이 하단부에 이격이 발생되었다. 또한 이식된 양과모의 진압장치는 작동이 되었으나 토양수분상태에 따라서는 복토가 이루어지지 않는 문제점을 도출하였으며 정식장치가 이식 후에도 벌어진 상태에서 상승하게 됨에 따라 피복 비닐을 들게 되는 현상이 발생되었다.

제3절 양과재배 기계작업 일관 시스템 및 적정 작업조건 확립

1. 정식기 최적 구조개선 및 작업조건 구명

가. 자료 조사

선행연구 문헌과 기계개발 및 상품화된 채소 정식기 및 양과정식기 7기종을 조사, 분석한 결과는 다음과 같다. 이식기의 분류는 1종 작물만 이식 가능한 작물별 분류(예 : 양과 이식기, 담배 이식기 등)와 이식기의 구조에 따른 묘의 취출 이송기구(분송기구)와 식부기구에 따라서 분류할 수 있다.

묘의 분송 장치는 육묘 트레이(또는 포트)로부터 1개체의 묘를 뽑아서 식부기구에 넣어 주는 것으로 기계적 전자동 방식과 인력 수동작 반자동 방식이 있다.

반자동 방식은 어떠한 육묘 방식의 묘라도 인력으로 뽑아서 분송 장치에 넣어 주는 것으로, 묘를 유도통 또는 직접 식부기구에 낙하시켜 주는 직접낙하방식, 수평 방향으로 회전하는 수개의 묘 투입 포트를 통하여 식부기구에 낙하시켜 주는 회전형 포트방식, 수직 방향으로 회전하는 체인과 함께 이동하는 엘리베이터에 공급하여 식부기구에 낙하시켜 주는 엘리베이터방식 및 소묘를 식부 디스크에 공급하는 디스크방식, 식부 홀더에 공급하는 홀더방식 등이 있다. 지금까지 이용되는 식부기구는 홀더형, 핀센터형, 호퍼형, 디스크형으로서 직접 식부하는 강제 식부방식과 구절기로서 이식구를 만들고 이식구 내에 묘를 낙하 또는 놓은 후 양측 면을 진압하는 작구이식방식, 이식 구멍을 만들고 이식 구멍 내에 묘를 낙하하여 진압하는 작혈이식방식이 있다.

이식기를 만드는 업체마다 육묘법-분송방식-식부방식이 채택되어 있으나, 현재로는 육묘방식이 셀 성형묘(플러그묘)로 전환되고 있기 때문에 반자동의 경우 분송 방식은 회전형 또는 수평 이동형 묘 투입 포트, 식부방식은 호퍼형과 디스크형이 많이 쓰이지만 비닐멀칭 재배의 경우는 호퍼형이 주로 쓰이고 밀식재배의 경우 디스크형이 사용된다.

(1) 반자동 정식기

양파 반자동정식기는 일본과 한국에서 개발하여 상품화하였는데 일본의 이세끼 농기의 4조형과 한국 농촌진흥청에서 개발 보급한 8조식이 있다. 원리와 구조는 비슷하며, 엔진 동력 자주식 기대의 후방에 이식부를 설치하고 이식부 바로 뒤쪽에 2인의 작업좌석을 설치 작업자가 앉아서 묘 공급홀에 모종을 인력으로 삽입하면 상부로 올라온 식부 개공기에 모종이 넣어지고 4조 또는 8조 모두 넣으면 클러치를 넣어 1열의 식부가 이루어지는 구조이다. 두 반자동 정식기 중 우리나라 양파 재배체계에 맞는 기종은 농진청 개발기종으로 그림 3은 상세 규격을 나타낸 것이다. 인력 묘 공급 방식으로 양파를 심고 복토하며, 주식 8조, 작업 폭은 120cm, 식부 주수는 34,500주/10a이며, 트레이 묘, 관행 포장 묘 모두 사용 가능하고, 비닐 피복 여부에 관계없이 작업이 가능하며, 작업 성능은 20a/일로서 인력작업의 5배 능률이다. 그러나 조건 14cm로서 피복 비닐의 구멍이 조밀하고 구멍면적이 많으며, 비닐이 물리는 현상이 일어나고 2인의 호흡을 맞추는 간단작업으로 작업자의 숙련이 필요하고 작업속도가 느려서 농가의 호응도가 낮은 실정이다.



그림 7. 일본 이세끼 4조 반자동 정식기



그림 8. 농진청 8조 반자동 정식기



주 간(mm)	150	조 간(mm)	140~200	
엔 진	6.5hp	조 수	6~8조	
기체 크기(mm)	가로	1583	두둑 폭(mm)	1200
	세로	2453	식부깊이(mm)	20~80
	높이	1460	탑승인원	2명
무 게	508kg	깊이조절	유압식	

그림 9. 농진청 개발 반자동정식기 규격

(2) 전자동 정식기

전자동 정식기는 육묘가 규격화된 트레이에서 이루어져야 가능하며 이 트레이를 장착하기만 하면 자동으로 묘를 1개씩 분송-이식하는 장치로 구성되어 있다. 이런 방식을 카세트 방식이라 한다.

(가) 분송 방식

표 22는 자동정식기 묘발 방식과 사용 트레이, 이송·식부방식 및 장단점을 조사한 결과이다. 페이퍼나 펄프몰드로 만든 트레이 사용 시는 묘발 방식을 절단 및 집어내기로 하고 있으며, 이송 방식은 핑거에 의한 직접 이송을 하고 있고, 식부 방식은 핑거에 의하여 이송공에 낙하, 정식하도록 하고 있다. 단점으로는 트레이 가격이 비싸고, 묘발 방식에서 페이퍼나 펄프 몰드를 절단할 경우도 핑거가 식물의 줄기에 상처를 입힐 경우가 있다. 장점으로는 식부시 뿌리 부분의 손상이 적기 때문에 활착률이 높다. 플라스틱 트레이를 사용 시 묘발 방식은 꽃아내기와 밀어내기 방식이 있으며 꽃아내기 방식은 핀을 상토에 꽃을 때 상토 파손과 묘상해를 입힐 확률이 높으며, 밀어내기 방식을 할 경우에는 상토 파손과 묘상해가 적은 장점과 묘 이송장치가 추가되는 단점이 있다. 묘발 방식에서는 묘상해가 없는 밀어내기 방식을 선택하고 상토 파손을 줄이기 위하여 플라스틱 트레이를 약간 활처럼 휘게 하여 셀을 밀어내면 상토의 파손이 줄어든다.

표 22. 자동정식기에 적용된 자동 묘발, 이송 및 식부방식

트레이	묘발 방식	이송방식	식부방식	장 단 점	생산회사
페이퍼, 펄프몰드	절단 및 집어내기	핑거로 직접 식부	핑거	트레이 가격이 비쌌. 활착율 증가	미노루, 구보다
플라 스틱	꽃아내기	송곳 이송	식부개공기	초장제한, 묘 상해, 엽채류 (20cm이상)	안마농기
	밀어내기	버킷 벨트	식부개공기	이송벨트상의 형크러짐, 결주율 큼, 초장 20cm이하	구보다
		평벨트 (수평+수직)	디스크	이송벨트상의 형크러짐, 결주율 큼, 초장 20cm이하, 양파 정식용	미노루

이송방식은 송곳이송과 버킷벨트 및 평벨트(수평 + 수직)방식이 있다. 송곳이송 시는 상토의 파손이 많으며, 버킷벨트 및 평벨트 이송 시는 이송 도중 벨트 상에서 형크러짐이 있어 결주율이 많고 주간 간격이 일정하지 않다. 그러므로 상토의 파손이 되지 않고 결주율이 없는 다른 방식의 고안이 필요하다. 식부방식은 식부 개공기 및 디스크 방식이 있다. 분송 방식에 따라 이식 가능한 모종의 초장이 제한되므로 우리나라 관행묘는 이식이 곤란하다. 디스크 방식은 평벨트에 의한 수평과 수직 이송 후 디스크에 끼워 식부되므로 결주율이 높고, 주간 간격이 일정하지 않으며, 상토가 파손되므로 활착률이 떨어지고 지상부 및 지하부 정식 각도가 좋지 않다. 그러나, 작물을 촘촘히 이식하는 양파 등의 경우에는 이 방식의 정식기가 사용되지만 비닐멀칭 후의 이식은 불가능한 방식이다. 그림 10. (a), (b), (c) (d), (e), (f), (g)는 기존의 자동묘발, 이송방식 및 식부방식에 대하여 지금까지 연구개발에 대한 작동도를 나타낸 것이다.

(a)의 방식은 모종을 촘촘하게 정식하는 양파 등의 정식기에 이용되는 방식이다. 이 방식은 모종을 일렬로 밀어내 홀더에 끼우고 이 홀더가 수평벨트 상에서 모종을 일렬로 놓아 수평벨트 이동의 끝점에 수직벨트를 설치하고, 수직벨트 끝점에 식부디스크를 장치하여 모종을 식부한다.

이 방식은 식부디스크 앞에 구절기로 흙을 내면서 모종을 일렬로 떨어뜨린 후 진압바퀴에 의해 진압하므로 비닐멀칭 후의 이식 작업은 불가하며, 정식간격이 불일정하고 결주가 많으며 이식 깊이가 불일정한 단점이 있다.

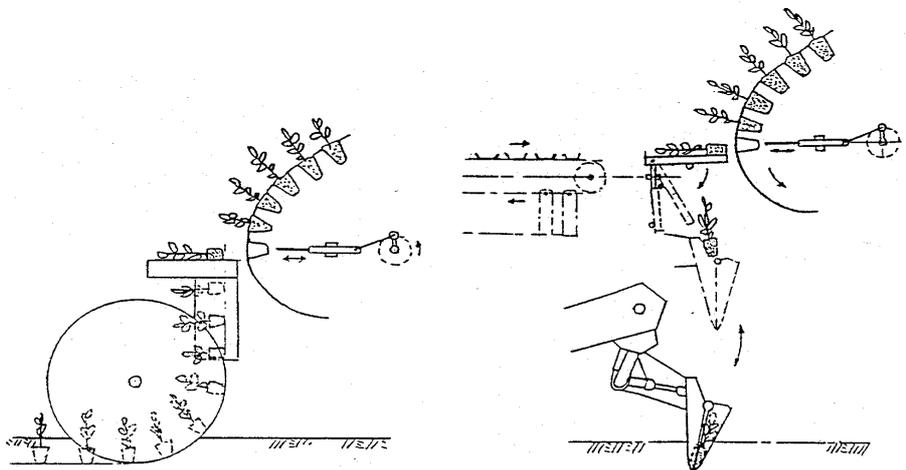
(b)의 방식은 비닐멀칭한 후 이식이 가능한 개공기(식부개공기)를 이용한 것이며, 일렬밀어내기, 버킷벨트 받기, 1주씩 낙하 등을 통해서 모종을 이식한다. 이 방식은 일렬동시 밀어내기의 단점인 묘 정렬 불량으로 결주가 많이 발생한다.

(c)의 방식은 개공기형 이식삽의 상하 운동에 맞추어 트레이의 모종을 1주씩 송곳으로 꽃아내는 방식으로 결주율이 적은 대신에 모종의 뿌리부 파손 및 손상이 많고, 트레이 상하 및 좌우 이송 메커니즘이 복잡한 결점이 있다. 일본에서는 일반 야채묘 정식기로 이 방식을 표준화하여 이용하고 있다. (d)의 방식은 모종의 뿌리부 파손을 줄이기 위하여 (a), (b), (c)의 장점만 취한 방식이다. (e)의 방식은 모종을 트레이로부터 뽑아서 테이퍼에 같은 간격으로 끼우고 물에 감아둔 것을 식부디스크가 뽑아내면서 이식하는 것으로 정식기 구조가 간단한 대신에 테이퍼물에 모종을 채우는 어려운 작업이 수반되며, 비닐멀칭 후의 정식작업이 불

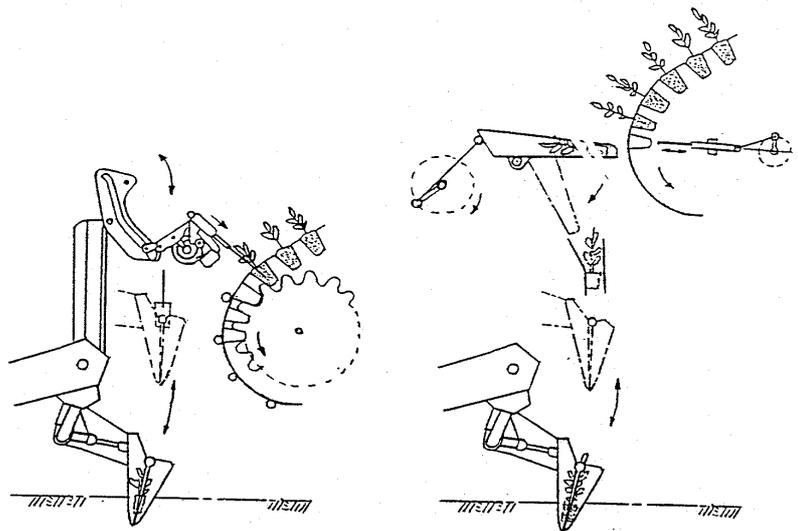
가능하다.

(f)의 방식은 초창기 정식기 출품 시 선보인 것으로 지금은 거의 쓰이지 않는 방식이다. 원래는 인력 수작업으로 모종을 룬 호퍼에 넣어 주는 방식이며, 이 룬을 4~6개조 장치한 작업기를 트랙터가 견인 시 이식하는 방식이다. 이 트로코이드 룬의 상부에 모종을 한 개씩 떨어뜨리는 체인벨트 방식을 추가하여 자동 정식기가 가능함을 나타낸 것이다.

(g)의 방식은 페이퍼 몰드형의 셀 성형모 트레이로부터 1개 썩의 모종을 셀과 함께 핑거로 집어서 이식하는 것으로, 구절작업이 동반되며 비닐멀칭 후의 정식작업은 불가능하다. 또한 페이퍼 몰드는 이식 시 1개 셀씩 절단하여 토양에 묻히게 하므로 자연 부식성 재료를 사용하여야 하며 트레이 제작 가격이 고가이다.

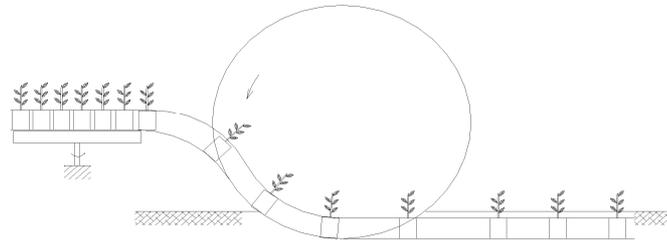


(a) 밀어내기-평벨트-식부디스크 (b) 밀어내기-버킷벨트-식부호퍼

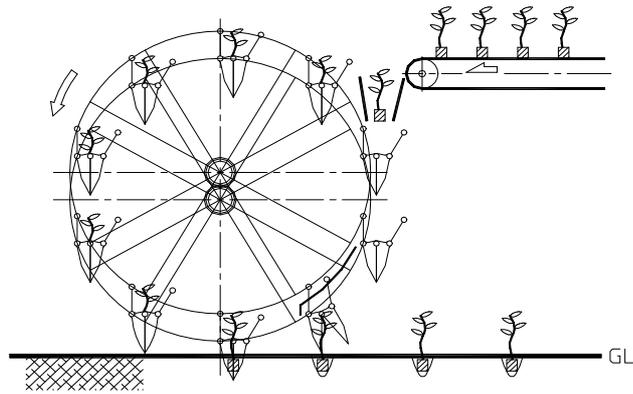


(c) 꽃어내기-송곳이송-식부호퍼 (d) 밀어내기-버킷슬라이드-식부호퍼

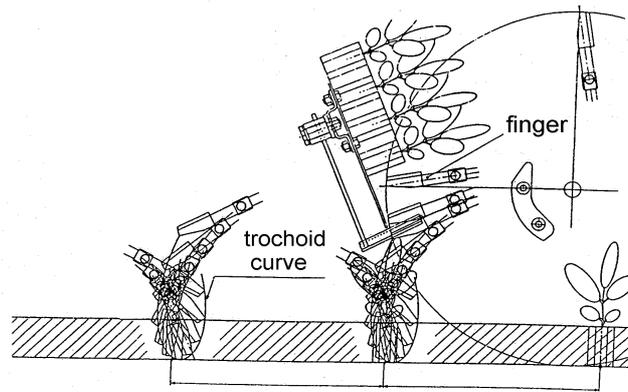
그림 10. 기존의 자동 묘발, 이송 및 식부방식(계속)



(e) 테이퍼롤 - 식부디스크



(f) 체인벨트 - 식부륜



(g) 페이퍼 몰드 - 집어내기(finger) - 식부

그림 11. 기존의 자동 묘발, 이송 및 식부방식

이상과 같은 자동 묘발, 분송 및 식부 방식들은 비닐멀칭 후의 양파모종 정식 시에는 부적합한 것으로 조사되었고 적합한 특별한 장치의 고안이 필요하였다.

(나) 자동 묘발, 이송 및 식부방식에 따른 묘 상해, 상토의 파손

표 23은 모형실험 장치에 의해 각 방식별 묘 상해, 상토의 파손 정도를 조사한 것을 나타낸 것이다. 묘 상해율은 밀어내기방식 0.3%, 꽃아내기 방식 3.2%로 밀어내기 방식이 낮게 나타났다. 묘발 실패율에서는 밀어내기 방식이 1.2%, 꽃아내기 방식이 2.6%로서 밀어내기 방식이

1.4% 낮게 나타났다. 꽃아내기 방식에서는 상토에 두개의 핀을 직선으로 꽂을 때 상토가 파손되고 느슨한 상태로 되기 때문에 Plug가 잘 뽑혀 나오지 않기 때문이라고 생각된다. 두개의 핀이 상토에 꽂히고 나올 때는 두개의 핀은 상토가 파손되지 않을 정도로 핀을 모아서 나오면 묘발 실패율이 낮아지리라 사료되지만 묘 상해는 있을 것으로 판단된다. 1/3이 상의 상토가 파손된 비율, 즉 상토 파손율은 밀어내기 방식은 셀 구멍 뒤에서 밀어내기 때문에 상토파손이 되는 힘보다 밀려 나가는 힘이 적어서 상토파손율이 낮고, 꽃아내기 방식은 핀이 들어갈 때 상토가 금이 가기 때문에 파손율이 높게 나타나는 것으로 생각된다. 이송방식에 따른 상토 파손율은 버켓슬라이드 방식 0.6%, 버켓벨트방식 1.8%, 평벨트(수직+수평) 2.2%로 나타났으며, 버켓슬라이드 방식이 버켓벨트 방식보다 상토 파손율은 1.2% 낮게 나타났고, 평벨트(수직+수평)보다는 1.6% 낮게 나타났다. 이송 실패율은 버켓슬라이드 0.3%, 버켓벨트 1.5%, 평벨트(수직+수평) 5.2%로 나타나 버켓슬라이드 방식이 평벨트 이송보다 4.9%, 버켓벨트 이송 방식보다 1.2% 낮게 나타났다.

상기의 결과를 종합하면 묘발 방식은 밀어내기 방식으로, 이송방식은 버켓슬라이드 방식으로 하는 것이 식부 정밀도를 높일 수 있을 것으로 생각된다.

표 23. 모형실험 결과(128공, 45일 묘, 고추)

	묘발 방식		이송 방식		
	밀어내기 방식	꽃아내기 방식	버켓슬라이드	버켓벨트	평벨트 (수평+수직)
묘 상해(%)	0.3	3.2	-	-	-
묘발 실패율(%)	1.2	2.6	-	-	-
상토 파손율(1/3, %)	3.4	5.7	0.6	1.8	2.2
이송 실패율(%)	-	-	0.3	1.5	5.2

표 23은 모형실험에 의한 묘발 실패율과 이송 실패율을 합하여 결주율로 가정하고 각 정식기에서 묘발 방식은 밀어내기, 이송 방식은 버켓벨트, 식부 방식은 식부개공기 방식으로 하였을 경우 결주율이 2.7%로 가장 작게 나타났고, 인력 묘발에 의한 반자동정식기의 2.0%보다 높게 나타났다. 개발 예정 정식기는 묘발 방식에서 성공률이 좋은 밀어내기 방식을 하고 이송 방식은 한 개의 Plug묘를 차례로 이송하여 모의 형크러짐이 없도록 한 버켓슬라이드 방식, 식부 방식은 식부 호퍼로 했을 때 1.5%의 결주로 나타났다. 이 방식으로 고안되는 정식기는 기존 정식기보다 45~77%정도 결주율이 낮게 나타났고, 반자동 포트묘정식기보다 결주율이 25%정도 낮게 나타날 것으로 예상된다.

표 24. 모형 실험에 의한 기계적 결주율

정식기	묘발방식	이송방식	식부방식	결주율(%)
기존 정식기	밀어내기	버켓벨트	식부개공기	2.7
	밀어내기	평벨트	식부디스크	6.4
	꽃아내기	송곳이송	식부개공기	3.2
반자동 포트묘정식기	인력(작업상 결주 포함)	육묘 실린더	식부개공기	2.0
개발예정 정식기	밀어내기	집게이송	식부개공기	1.5

(다) 해외 자동정식기 개발 현황

그림 12는 일본의 미노루 양파정식기로서 작업속도가 14m/min로서 작업능률은 1.5시간/10a 이나 비닐이 피복되지 않은 노지 포장에서만 이식이 가능한 구조이어서 국내 적용은 어려운 것으로 판단된다.

그림 13은 비닐멀칭 후 양파를 정식할 수 있는 일본 구보다 양파자동정식기이다. 이 기종은 미노루와 구보다가 합작한 제품으로 그림 5의 미노루 정식기의 묘 분송 장치를 그대로 이용하고 식부장치만 디스크식에서 호퍼식으로 바꾸고 필요한 식부궤적을 얻기 위한 가동장치를 로터리식 식부장치를 적용한 것이다. 이 기종은 4조식이며, 묘 분송 장치의 구조상 조간간격이 28cm이하로 되지 않아 4조 이상으로는 조수를 늘리지 못하는 구조이다. 또한 이 기종들은 24,000 ~ 28,000주/10a정도 정식하게 되어 우리나라와 같이 33,000주/10a 이상 밀식 재배하는 방식에는 적용성이 떨어지며 정식기 본체와 육묘자재를 수입할 경우 비용을 많이 지불해야 하는 부담을 안고 있다.

미국 등 유럽에서는 대형의 트랙터에 반자동 정식기를 부착작업기로 2 - 4인의 사람이 작업대에 탑승하여 인력으로 모종을 공급하는 방식을 이용하며 아직까지 자동정식기의 보급은 없는 상태이다.



- 형식 : 보행형 4조식
- 조간 24cm, 주간 8.9~13.7
- 사용포트 : 448공
- 정식성공율 : 92%
- 무피복용이며, 식부주수가 적음

그림 12. 일본 양파자동정식기(미노루, OP-41)



그림 13. 일본 구보다 양파자동정식기

(라) 국내 자동정식기 개발 현황

① 트랙터 부착형

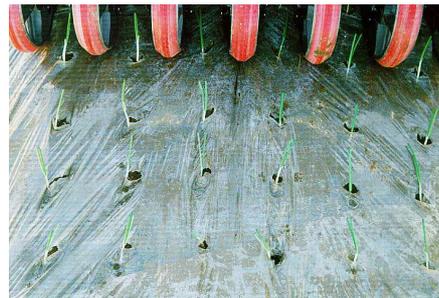


그림 14. 경남농업기술원에서 1999년에 개발한 트랙터 부착형 양파자동정식기

그림 14는 1999년 1월 29일 개발한 양파정식기로서 작업능률은 2.5시간/10a으로 인력의 20배 능률로 작업하며, 정식(식부) 성공률은 90%이다. 이 기종은 작업 진행속도가 최고 7m/min로서 국내의 적합한 트랙터가 동양 26,110W로 제한되어 있어서 농가 보급에 문제가 있으며 전반적 개선점은 다음과 같이 나타났다. 모종의 낙하 궤적이 직선화되지 않아 모종 낙하 시 모종 걸림 현상이 나타나고 식부 작동 타이밍에 맞춘 모종의 이동이 이루어지지 않아 결주율이 10% 정도 발생하였다. 모종 낙하 경로의 직선화와 더불어 모종 수직 안내장치의 단순화를 시도할 경우 작업속도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 모종 식부 후 진압장치는 롤러식보다 답압식으로 개선하는 것이 복토 및 진압효과가 높아질 것으로 판단되었다.

② 승용관리기 부착형

그림 15는 그림 14 트랙터 부착형 양파자동정식기를 개량 개선하여 승용관리기 부착형 양파자동정식기로 상품화한 것이다.

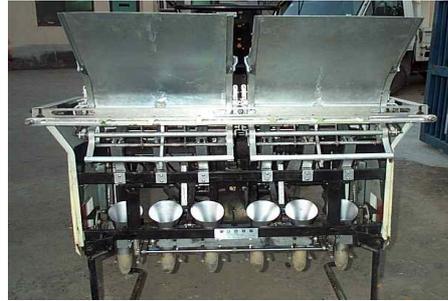


그림 15. 승용관리기 부착형 양파자동정식기

이 정식기는 주행속도 7m/min인 때 50회/min의 이식속도에서 최대의 정식 정밀성을 가지는 것으로 동력원으로 사용하는 관리기 등은 7m/min(최대 8.5m/min)의 주행속도로 변속할 수 있고 이 때 PTO동력을 1,119W 이상을 가져야 한다. 이와 같은 조건을 갖춘 동력원(관리기 등)이라면 이 정식기를 부착할 수 있다. 동력원에 본 정식기를 부착하는 구조는 동력원이 가진 현가장치(3점 히치 등)에 의해 본체를 지지 및 상하작동하고 동력원의 PTO출력을 유니버설 조인트를 통해 본기의 변속기(기어박스)로 연결하도록 하였다. 변속기(기어박스)는 모종 이식호퍼 작동수 50회/min를 기준하여 모종관 횡이송, 모종 취출용 밀대 및 모종을 집어서 이식호퍼에 넣어주는 모종이송 집게의 작동을 50회/min, 모종관 밀어내림을 기준의 1/4 감속으로 구성하였다. 따라서 감속기의 기준감속비는 동력원이 7m/min 주행시의 PTO 회전수로서 45/PTO회전수가 된다.

이 기계의 주요 구조, 기능, 작업내용, 및 성능은 다음과 같다.

- 셀 트레이로부터 모종의 자동 분송 및 이식
- 카세트형 묘판(348공)장착 6조 정식 조건 15cm 두둑폭 90-100cm
- 이식깊이 조절 : 3-5cm
- 주간거리 : 15cm
- 과부하 안전장치 : 2kg.m 토크이상시 슬립구동, 기계 파손 방지
- 작업 속도 : 전진 최대 제한속도 8.5m/min 정상속도 7m/min
- 이식 속도 : 분당 최대 50주×6열= 300주
- 작업 능률 : 평균 120분/10a 인력의 25배 능률(인원 2명일 때)
- 정식(식부)성공률 : 98%
- 모종 조건 : 정식 시 뿌리부 무게가 4g이상 초장은 20cm이하(45일 묘), 정식 전 뿌리부 상토 경화제 처리

나. 선행개발 정식기 문제점 분석

본 연구에서는 전자동 정식기를 개발 대상으로 하기 때문에 반자동 정식기의 문제점 분석은

제외하고 선행개발 전자동정식의 문제점을 분석한 결과는 표 25와 같다.

표 25. 선행개발 양과자동정식기의 문제점 분석 결과

선행개발 기종	문제점
일본 OP41형	<ol style="list-style-type: none"> 1. 4조형, 비닐멀칭포장 이식이 불가함 2. 재식밀도가 24,000~28,000주/10a정도 정식하게 되어 우리나라와 같이 33,000주/10a 이상 밀식 재배하는 방식에는 적용성이 떨어짐 3. 수입 시 외화지출
일본 구보다 양과자동정식기	<ol style="list-style-type: none"> 1. 4조형, 국내포장 규격에 부적합 2. 재식밀도가 24,000~28,000주/10a정도 정식하게 되어 우리나라와 같이 33,000주/10a 이상 밀식 재배하는 방식에는 적용성이 떨어짐 3. 수입 시 외화지출
국내 트랙터부착형 (1999년개발)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 국내 트랙터의 주행속도가 양과 최고정식속도 7m/min를 초과하여 작업기로는 부적합 2. 특정 트랙터 기종만 적용 가능함 3. 모종 분송 경로가 비직선이고 복잡함. 분송 공급 장치의 제거가 필요함 4. 선회반경이 커서 포장 양끝 두둑 미식재 면적이 많음
국내 승용관리기 부착형	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업기 구성 재질이 연약하고 조립 구동의 정밀성이 떨어져 장기 사용 시 기체의 틀림이 발생함 2. 모종 분송 경로의 비직선 3. 특정 승용관리기만 적용이 가능함 4. 선회반경이 약간 커서 포장 양끝 두둑 미식재 면적이 많음

다. 선행개발 정식기 최적 개선 방향 정립

표 25의 문제점 분석을 토대로 새로운 양과 자동정식기의 개선 방향을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 정식부의 분송 경로를 직선화하며, 보다 원활한 작동이 이루어지는 분송 및 식부장치의 구조개선 필요
- (2) 정식부의 구성골격 및 부품의 고강도 재료 사용과 작동의 정밀성이 유지되는 구조와 가공법의 도입 필요
- (3) 국내 보급된 트랙터와 승용관리기의 주행속도와 규격이 다양하여 작업기 부착형으로는 부적합
- (4) 전용의 구동부가 붙은 자주식 양과정식기로 하여야 하며 그 시스템 구성은 동력원인 엔진, 변속 및 감속장치인 미션, 차체지지 및 차륜 구동부, 정식부와 본기부를 연결하는 매칭부, 작업기부인 정식부 그리고 각종 조작 장치가 구성되는 조작부로 그림 9와 같이 구성함



그림 16. 설계모델의 구성

라. 양과정식기 시작용 설계 자료 정립

참고 문헌과 기존 정식기의 자료조사를 통해 정식기 구성과 적합한 장치는 다음과 같이 나타났고 ()내의 장치는 시작용에 도입해야할 최적 장치로 선정하였다.

(1) 정식부

- 묘판 장착 및 이송부 : 홈롤러식, (라쳇레버식), 피드기어
- 모종 취출부 : (밀어내기식), 핑거식
- 모종 이송부 : (집게핑거), 핑거, 집게핑거+체인브라켓(고무벨트)
- 식부 호퍼 : 핑거식, (양개공기식), 디스크식, 트로콜로이드 케적
- 동력 변속 전달부(미션) : 전체 1사이클, 이식속도(최대 60회/min)
주간거리(14cm)에 따른 주행속도, 클러치(주행, 정식 변속)
- 식부심 조절부 : 수동 기어식, 수동 다단 레버식(자동 유압식)
- 평탄 진압부 : 바퀴식(누름막대식), 전방 평탄롤러, 고압관수
- 모종판 적재부 : 21개트레이(6조, 100m정식)

(2) 주행부

- 동력(엔진) 부 : 2PS-4PS, 정식부(최대토크 2kg-m) = 13kg-m/s
기체주행(600kg, 7m/min) = 70kg-m/s
- 주행부 : 궤도식, (바퀴식)
- 조향부 : 핸들식, (조향클러치식)
- 제어부 : 식부심 제어, 주간간격제어(변속기어, 무단폴리식), 정식속도 : 50주/min

(3) 주행 및 정식 속도

- 주행 속도 : 정식 속도 x 주간 간격
 $50 \times 12 \text{ cm} = 600 \text{ cm/min}$
 $50 \times 14 \text{ cm} = 700 \text{ cm/min}$
 $50 \times 15 \text{ cm} = 750 \text{ cm/min}$
- 감속 : PTO축 612rpm 1/12(미션)=> 51rpm
- 정식 밀도 : 14cmx15cm
- 두둑 폭 : 100cm(120cm ?), 골의 폭 : 40cm
- 작업성능 : 1.4m x 7m/min x 60 = 588-41 = 5.5a/hr

마. 자주식 양파 자동정식기

그림 17은 협동 1, 2과제 연구자 협의를 거쳐 최적으로 구성된 자주식 양파자동정식기의 구성도이다. 조사 분석 결과 정식부의 구조는 그림 18과 같이 기존의 승용관리기에 부착한 것을 기준으로 하고 견고성, 경량화, 정밀성, 제작의 용이성 및 저비용을 충분히 고려한 것으로 제시하였다.

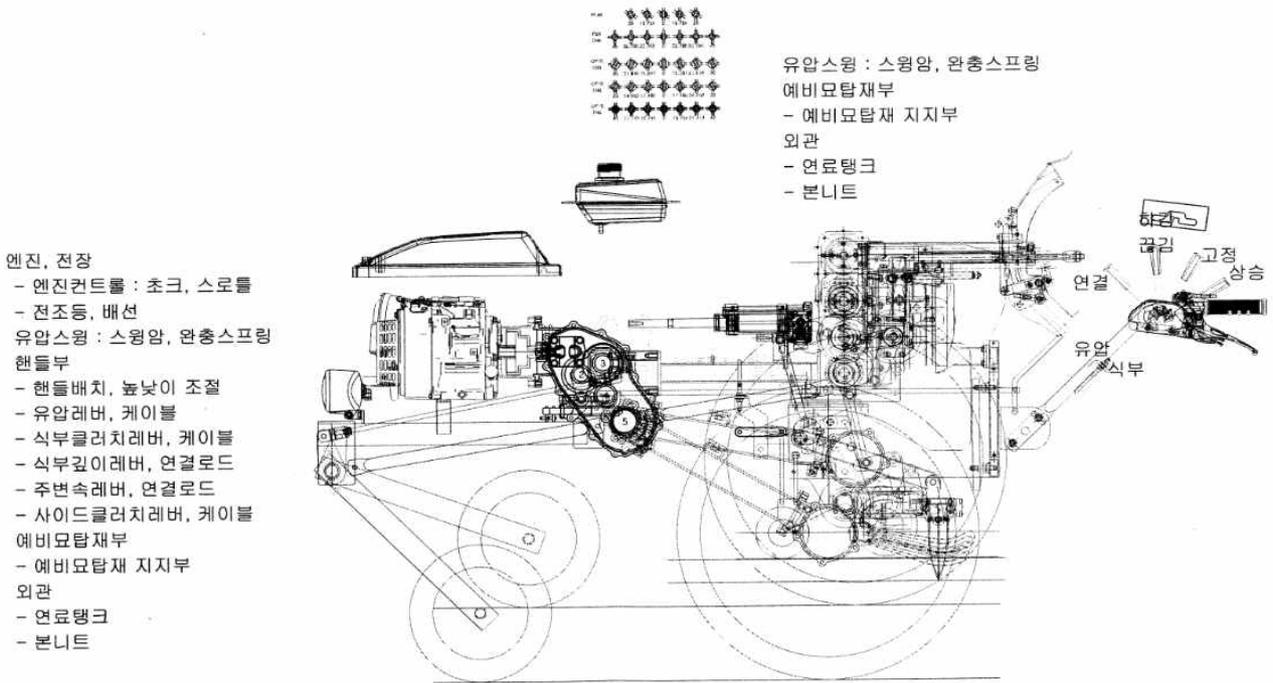


그림 17. 자주식 양파자동정식기 전체 구성도

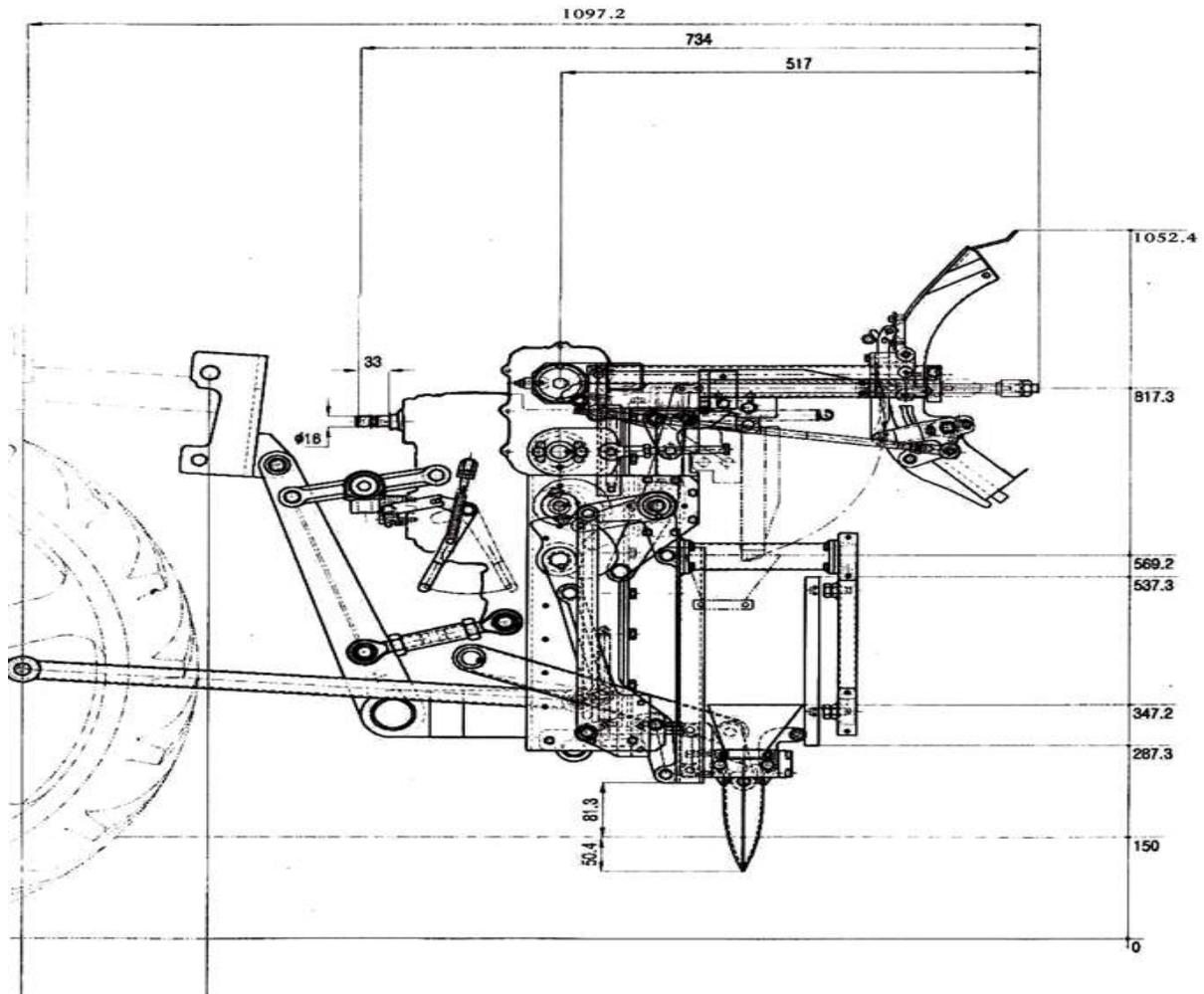


그림 18. 정식부의 구조 설계

바. 설계 보조자료

- 정식기 바퀴 간 거리 : 1,350mm
- 정식기 바퀴 간 거리와 두둑 규격(그림 12 참조)
 - : 정식기 바퀴간 거리 1,350 mm, 포장 식재율 74%(관행 78%)
- 트랙터 바퀴 간 거리를 고려한 양과 포장 두둑 규격(그림 13, 14 참조)
 - : 37,300W 이상에서 후륜내측거리가 1,083~1,142mm
 - : 트랙터 바퀴 간 거리 최소 1,462mm에서 최대 1,700mm, 식재율 최소 60%
 - : 정식기 바퀴 간 거리는 1,350mm 가능
- 두둑규격
 - : 두둑 상부폭 1,000mm(최소 950mm)
 - : 두둑 하부폭 1,200mm
 - : 도랑 폭 : 300mm(관행), 400mm (트랙터 수확 시)

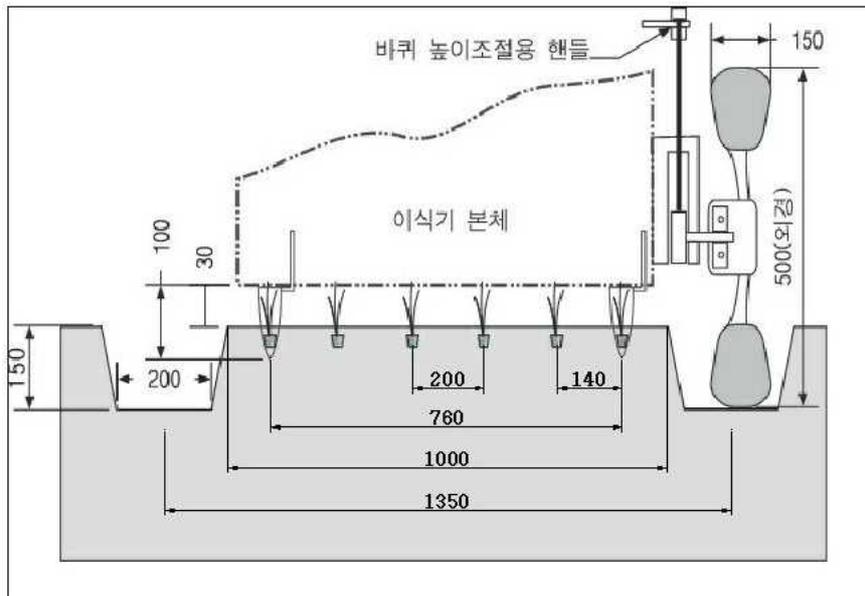
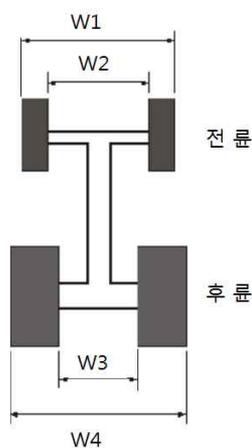


그림 19. 양파정식기 바퀴 간 거리 산정



기종(PS)	후륜외측	후륜내측	바퀴폭	바퀴간 중심거리
동양30	1315	745	285	1030
대동35	1385	816	285	1100
동양40	1680	989	345	1335
동양50	1840	1083	378	1462
대동50	1765	1008	379	1386
동양65	1840	1083	378	1462
동양80	1940	1081	429	1511
대동80	2000	1142	429	1571
동양100	2020	1162	429	1591
대동100	2020	1085	467	1553

그림 20. 트랙터 바퀴 간 거리

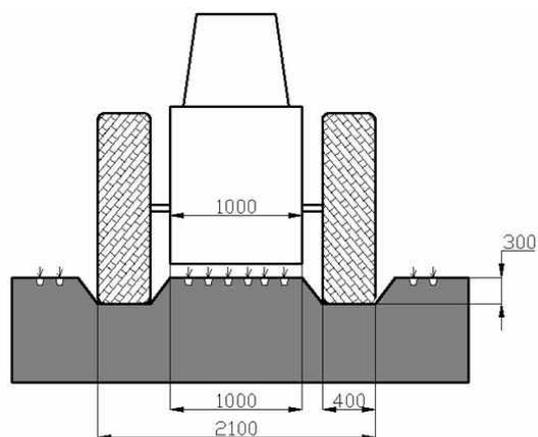


그림 21. 트랙터 바퀴 간 거리와 폭을 고려한 양파 포장 두둑 규격

사. 최적 묘 취출 이송 방식과 장치 고안

(1) 분송, 식부 방식의 구조

분송(묘 취출+이송), 식부 방식은 일정 규격의 트레이에 육묘한 양파모종을 지면에 이식하는 정식작업 수행을 위하여 트레이 내측의 양파 모종의 취출, 이송에서부터 지면에 이식하기까지의 단계를 모종의 손상이 적고, 고능률작업을 고려한 가장 간단한 구조로 고안하였다. 정식부 본체는 트레이 이송부와, 모종 분송(묘 취출 및 이송)부, 식부부 및 진압장치로 구성되어 있으며, 본체는 주행 및 구동 동력원을 갖는 본기부에 부착하여 진행하면서 이식 작업을 수행할 수 있도록 고안하였다.

분송, 식부 방식의 고안 내용은 다음과 같다.

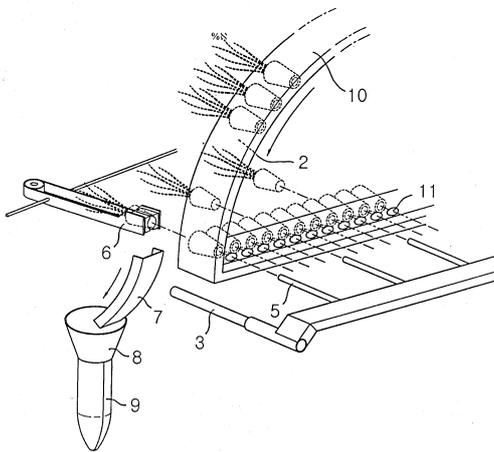


그림 22. 분송, 식부 방식 전체 구조

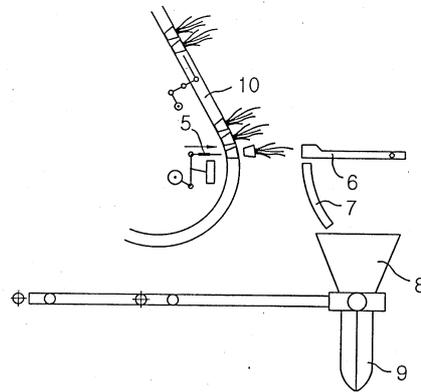


그림 23. 분송, 식부 방식 측면도

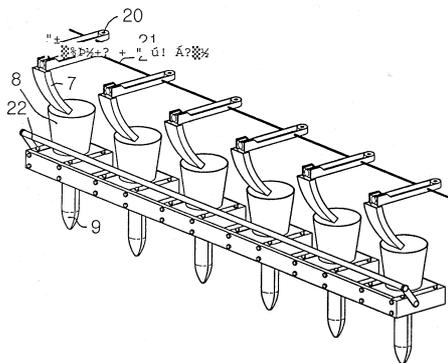


그림 24. 양개공기형 식부 개공기

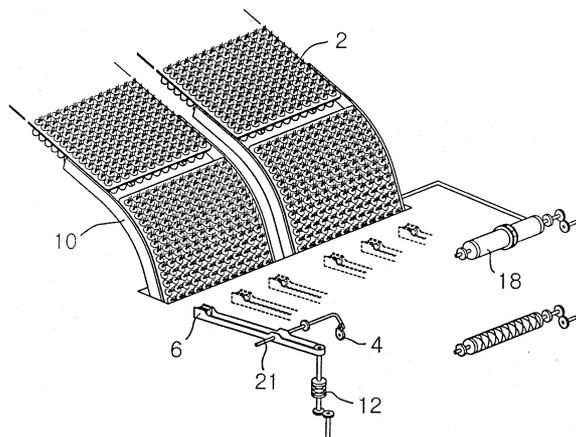


그림 25. 트레이 이송, 묘 취출 작동기구

그림 22에서 그림 25는 주요 구조를 설명하기 위한 것이다. 트레이 이송부(그림 23)는 양파 모종이 담겨있는 트레이에서 양파모종을 분리하기 위하여, 좌우로 이송시킴과 동시에 트레이 (2)를 아래 방향으로 한 칸씩 이송시키는 역할을 수행하는 것이다.

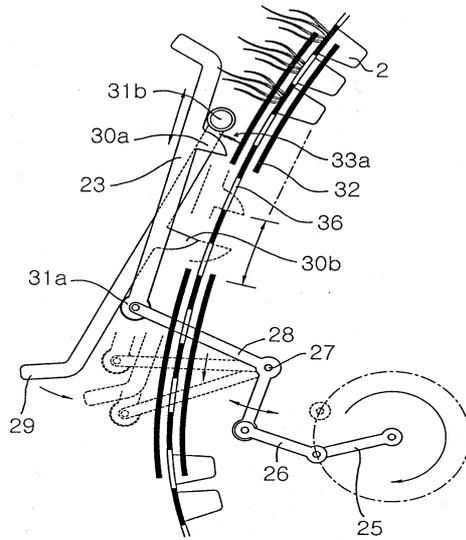


그림 26. 트레이 수직이송 장치

트레이 이송부에서 가로 방향으로 왕복 운동하는 것을 살펴보면, 승용관리기나 승용이앙기의 PTO 구동축과 연결된 감속기로부터 동력을 공급받아 트레이 거치대(10)를 좌우로 이송시키는 작업을 수행함과 동시에 트레이(2)를 한 칸씩 아래쪽으로 밀어내리는 역할을 하게 된다.

트레이 거치대(10)의 이송은 연속나사(19)와 연결된 종동부(13)에 의하여 좌우로 일정한 속도로 왕복운동을 하게 된다. 연속나사(19)는 감속기와 연결된 것으로, 회전하며 그 내측으로 연속적인 나사홈(14)을 형성하여 그 위쪽으로 종동부(13)가 장착되어 왕복 운동하도록 구성하였다. 종동부는 케이스(18)와 결합되고 케이스와 트레이 거치대(10)가 서로 결합되어 연동하도록 하였다. 연속나사(19)는 1회전 시 경사구간과 직선구간(15)으로 형성하였기 때문에 트레이 거치대(10)가 직선구간(15)을 통과할 때 진행하지 않게 되고, 그때 로드(3)와 연결된 핑거(5)의 진입으로 트레이(2)의 셀로부터 모종이 분리되도록 하였다. 연속나사(19)는 핑거(5)와 핑거 사이에 해당하는 셀의 개수만큼 직선구간을 형성하도록 하였으며, 종동부(13)가 연속 나사(19) 끝까지 가게 되면 반대 방향으로 진입하게 되어 트레이 거치대(10)는 반대방향으로 종전과 동일하게 이송하도록 하였다. 도면에서는 연속나사의 전면과 이면을 각각 나타낸 것이고 나사의 1회전은 트레이에서의 셀과 셀 사이의 거리에 해당하게 된다.

각각의 셀에 담겨있는 양파 모종을 분리하게 되면 트레이는 한 행씩 수직방향으로 이동하게 되며, 트레이 거치대(10)에 삽입된 트레이(2)를 핑거(5)쪽으로 한 행씩 이송시키는 것이다. 트레이(2)가 다음 행으로 이동할 때 크랭크(25)를 회전시키면 크랭크(25)의 일단에 연결된 레버(26)에는 L자형의 상하동작레버(28)가 결합된다. 또한 상하동작레버(28)의 절곡부는 힌지(27)로 고정되어있어 힌지(27)를 중심으로 일정각도씩 움직일 수 있도록 하였다.

크랭크(25)에 연결된 레버(26)가 트랭크(25)를 따라서 회전하게 되며 레버(26)가 회전할 때 레버(26)의 일측 끝단이 상하동작레버(28)에 연결되어 있고 상하동작레버(28)의 절곡부의 힌

지(27)좌우로 움직이게 된다. 상하동작레버(28)가 상승할 때는 상하동작레버(28)와 밀어내림대(2)의 결합부에 형성된 롤러(31a)가 스톱퍼(29)를 들어올리게 되어 스톱퍼(29) 저면에 형성된 돌기(30b)가 트레이(2)에 형성된 천공면(36)에서 빠져나오게 되고 스톱퍼(29)가 들려올려지게 된다. 스톱퍼(29)가 들어올려지면서 크랭크(25)는 계속 회전하게 되고 상하동작레버(28)가 아래로 내려오게 되며 이때 밀어내림대(23)의 돌기(30a)가 트레이(2)의 천공면(36)에 걸려 내려오게 되면서 트레이(2)를 아래방향으로 한 칸씩 이동하게 되어 있다.

스톱퍼(29)의 일측 끝단에는 롤러(31b)가 결합되어 있어 밀어내림대(32)가 마찰없이 움직이도록 구성하였으며 롤러(31b)의 측면으로 트레이 가이드(32)와 스프링(33a)으로 연결되어 있어 탄력 있는 운동을 제공하도록 구성하였다.

밀어내림대(23)에 형성된 돌기(30a)는 일측면이 곡선으로 형성되어 있어 상승할 때는 천공면(36)을 곡선부분이 타고 올라가게 되어 쉽게 분리되고 돌기(30a)의 일 측면을 직선으로 형성하여 트레이(2)를 아래방향으로 내릴 때는 직선부분이 천공면(36)에 결합되어 트레이(2)를 한 칸씩 이동시키도록 구성하였다.

모종 분리부는 양파모종을 트레이의 셀 에서 분리하도록 하는 장치이며, 캠에 연결된 로드(3)의 왕복운동으로 핑거(5)가 트레이(2)의 저면을 관통하여 트레이(2)에서 분리되도록 하였다. 로드(3)의 양측끝단은 캠에 의해 접촉되며, 캠의 회전으로 인하여 핑거 끝단의 운동이 변하게 된다.

트레이 거치대(10)는 연속나사(19)에 의하여 일정한 속도로 트레이(2)가 측면방향으로 1열 진행과 정지를 계속하며 정지 시 핑거(5) 끝단은 트레이(2)의 셀 쪽으로 진입하게 된다. 핑거(5)의 구동은 로드(3)의 왕복운동으로써 이루어지며, 로드의 끝단은 캠과 연결되어있다.

로드(3)의 끝단은 캠의 표면과 접촉하는 캠의 변위에 의하여 왕복운동의 행정이 정해진다. 캠이 1회전하는 동안 로드의 1행정이 끝나게 되는 것이다. 트레이 거치대(10)의 진행과 로드(3)의 왕복에 의한 핑거(5)의 진행으로써 트레이 셀의 중심과 핑거 끝단이 정확히 맞게 될 때 핑거의 최대 인장이 이루어지게 되어 셀에서 양파모종이 분리되며, 분리되는 순간 캠의 변위가 급속히 바뀌게 됨으로써 핑거는 급속하게 원위치로 귀환하며 다음 셀로 접근하는 연속 작업을 수행한다. 따라서 트레이(2)가 일정한 속도로 진행과 정지를 계속하면 핑거는 항상 셀 중심을 밀 수 있도록 하였다. 트레이 거치대(10)의 이동여유를 주기 위하여 타원형으로 구성되었고, 타원형의 중심부분에 셀 중심이 위치하게 된다.

이렇게 분리된 양파모종은 픽업장치로 삽입되는데, 픽업장치는 집게(6)와 같은 형식으로 구성되어 있어 양파 모종을 집어주는 역할과 함께 정렬하는 기능을 하게 되어 호퍼(8)로 공급되는 정확한 위치를 제공하게 된다. 그림 15는 트레이(2)를 2열로 트레이 거치대(10)에 삽입하고 각 트레이 당 3개의 집게(6)를 설치하여 한번의 이식동작에 6조의 모종을 이식하는 구조를 나타낸 것이다.

집게(6)는 끝단이 힌지(20)로 구성되며 각각의 측면에는 로드(21)가 부착되어있다. 로드(21)는 본체 양측에 있는 캠(4)과 연결되어있기 때문에 캠의 회전으로 인하여 로드(21)가 좌우로 유동하도록 구성하였다. 로드(21)의 유동에 의하여 픽업장치의 끝단이 벌어지거나 오므라들게 됨으로써, 양파모종을 집거나 놓게 되어 호퍼(8)속으로 떨어뜨리게 된다.

핑거(5)에 의하여 분리된 양파 모종은 집게(6)의 끝단이 벌어짐으로 인하여 내측으로 삽입된다. 삽입된 모종은 픽업장치의 끝단이 오므라들면서 내측에 고정되어 있게 된다. 집게(6)의 후면에는 연속나사와 동일한 원리의 1회전나사(12)를 장착하여 나사가 1회전할 때 최상부정

지-모종 받음-최하부 하강-모종 놓음-최상부 상승의 4구분 동작을 1/4회전 상하 운동 시 할 수 있도록 하였다.

집게(6)는 핑거(5)에서 원활하게 양파모종을 받기 위하여, 핑거(5)의 방향과 동일하게 수평으로 형성되어 있으며, 호퍼(8) 상단으로 끝단이 향하도록 1/4정도 회전하게 된다. 집게(6)의 회전은 호퍼(8)의 상단에서 수직으로 양파모종을 떨어뜨려주기 위한 것으로서, 수직으로 낙하함과 동시에 회전 시 발생하는 원심력에 의하여 이식날(9) 속으로 양파모종을 정확하게 투입하기 위한 것이다.

집게(6)의 전면에는 곡선형태의 가이드(7)가 정착되어 있다. 가이드(7)는 집게(6)가 회전할 때 발생할 수 있는 원심력에 의하여, 양파모종이 분리되어 집게(6)와 이탈되는 것을 막을 수 있도록 한 것이며, 양파모종이 이탈되더라도 가이드(7)를 따라서 접촉하면서 이동하도록 하였기 때문에 호퍼 내측으로 정확하게 투입하도록 하였다.

집게(6)가 회전하여 호퍼(8) 상단에서 멈춤과 동시에 집게(6)끝단이 캠의 작동에 의하여 벌어지게 됨으로써, 내측에 삽입된 양파모종은 원심력에 의하여 호퍼 내측으로 정확하게 투입된다. 깔때기 형태의 호퍼(8) 내측으로 투입된 양파모종은 이식날(9)과 이식날사이의 공간의 정확한 위치로 투입된다.

집게(6)로 인한 양파모종의 파지로 인하여 요철이 있는 지면에서 작업할 때에도 흔들림에 의하여 양파모종이 분리되지 않고 정확한 작업을 수행할 수 있는 것이다.

이식부는 호퍼(8)와 함께 연결된 이식날(9)이 연결대에 부착되며, 이식부는 링크의 운동으로 인하여 정지 상태에서 타원형의 궤적으로 운동하게 된다.

호퍼(8)내측으로 투입된 양파모종은 링크와 연결된 이식날(9)의 상하운동으로 인하여 지면에 이식된다. 이식날(9)은 본체에 부착된 가이드와 작동레버(22)의 접촉에 의하여 개폐되도록 하였다. 작동레버(22)의 상하운동에 의하여 이식날이 벌어지게 되는데 이식날은 평상시에 스프링의 작동으로 항상 닫혀진 상태로 양파모종을 받게 되며, 링크의 운동으로 지면에서 빠질 위치에서는 작동레버의 끝단이 본체에 부착되어 있는 가이드를 타고 진행함으로써 지면에서 빠지는 순간 이식날의 양 끝단이 벌어지게 되는 것이다.

이와 같이 양파모종의 분리, 이송 및 투입, 이식의 단계가 하나의 주기를 이루게 됨으로써 양파이식 작업이 이루어지는 것이다.

아. 최적 식부방식과 장치 고안

(1) 식부장치의 종류와 정지궤적

양파정식기에 이용할 수 있는 식부장치를 조사한 결과 1) Wheel 방식 2) 4절 링크 방식 3) 로터리 방식 4) 체인트로코이드식 5) 4절 링크-캠 방식 의 5가지로 분류되었다. 이 5종의 구조와 정지궤적은 그림 27에서 31로 나타내었으며, 식부궤적을 분석하여 최적의 방식을 선정하여 장치고안에 활용하였다.

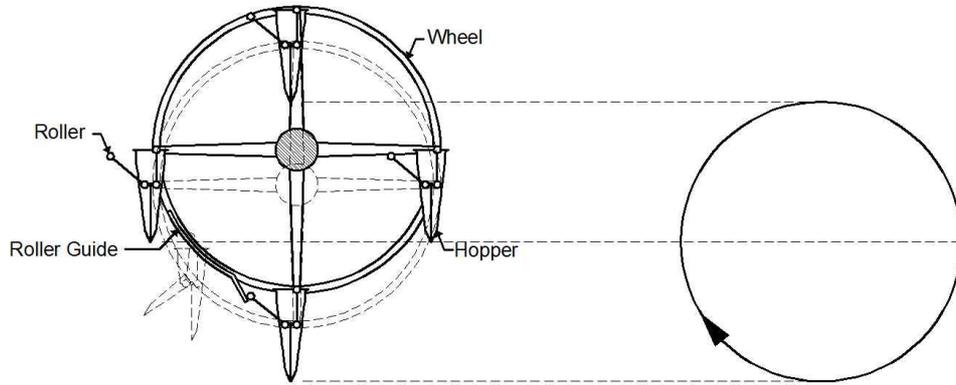


그림 27. Wheel 방식 식부장치의 구성과 정지궤적

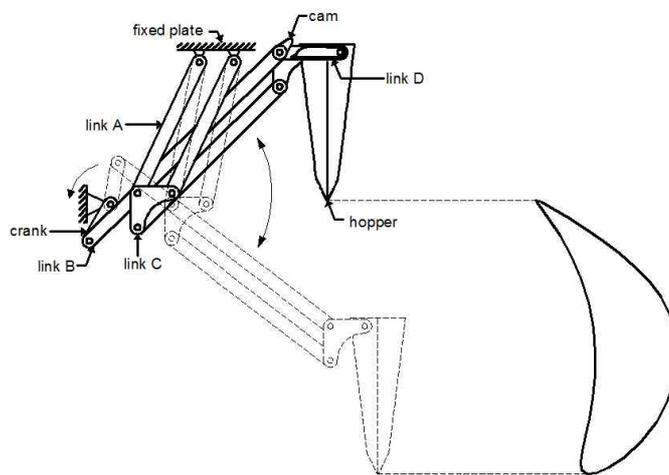


그림 28. 4절 링크 방식 식부장치의 구성과 정지궤적

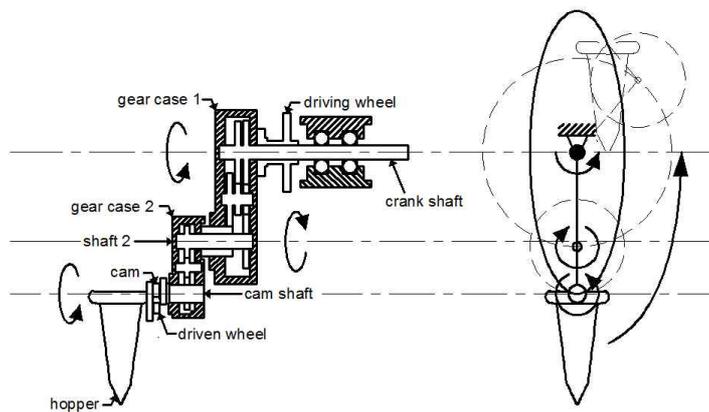


그림 29. 로터리 방식 식부장치의 구성과 정지궤적

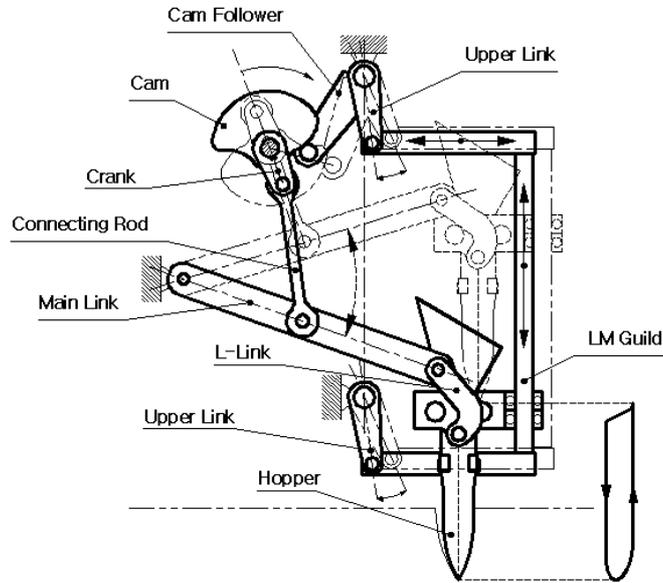


그림 30. 4절 링크-캠 방식 식부장치의 구성과 정지궤적

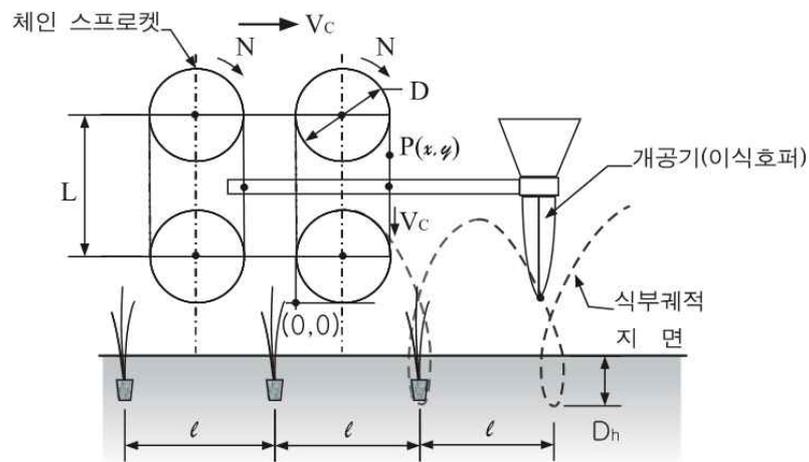


그림 31. 체인트로코이드 식

(2) 식부궤적

정식기가 전진 주행하면서 정식을 할 때 각 식부장치에 의해 식부 개공기의 끝단이 그리는 궤적을 식부궤적으로 정의하고 각 장치의 식부궤적을 계산하여 그려 본 결과는 그림 32에서 36과 같다.

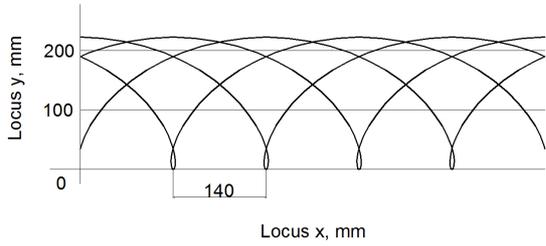


그림 32. Wheel 방식 식부장치의 식부궤적

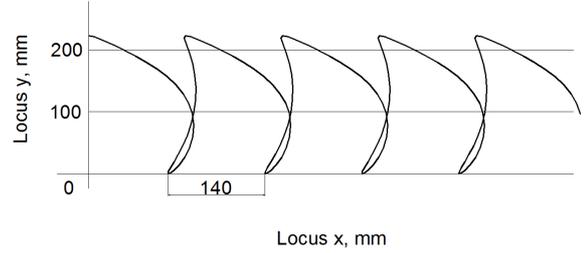


그림 33. 4절 링크 방식 식부장치의 식부궤적

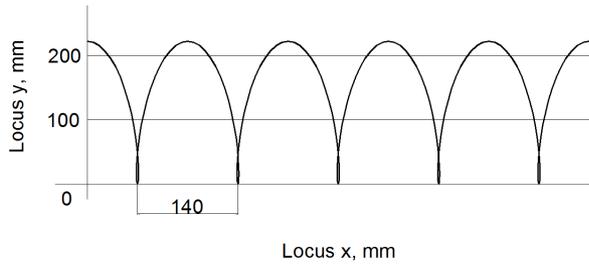


그림 34. 로터리 방식 식부장치의 식부궤적

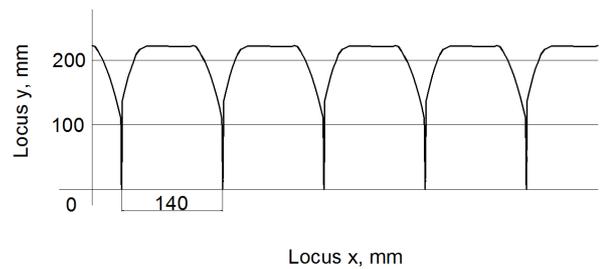


그림 35. 4절 링크-캠 방식 식부장치의 식부궤적

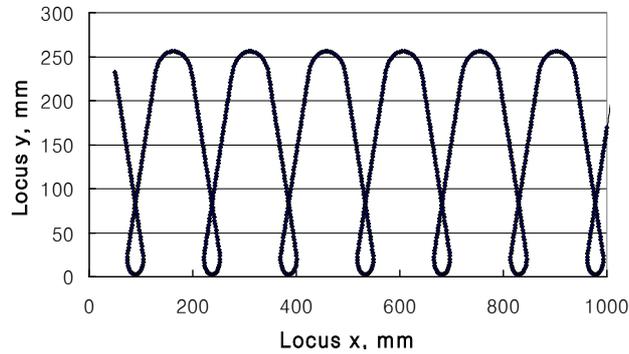


그림 36. 체인트로코이드 방식 식부장치의 식부궤적

(3) 개공기 삽입 깊이별 식부홈 폭

정식기 작동 시 식부장치에 의해 식부 개공기의 토양에 삽입되고 나오는 동안에 토양 내에 만들어 지는 홈부의 폭을 식부홈 폭으로 정의하여 각 식부방식별 식부홈 폭을 그려 본 결과는 그림 37 ~ 40에서와 같다.

표 26은 각 식부장치 방식별 모종 기울기, 개공폭, 개공깊이를 나타낸 것으로 이 홈의 폭이 작을수록 이식된 양파가 수직에서 기울어지는 기울각이 작을 것으로 예측한다면 이 홈의 폭이 작은 것이 좋은 방식으로 판단할 수 있다. 식부홈의 폭이 작은 순으로 4절 링크-캠, 4절 링크, Wheel, 로터리 방식으로 나타났으며 4절 링크-캠 방식이 가장 좋은 방식으로 추천되어 진다. 그러나 차이가 미미하므로 외부 이물질의 유입이 없는 밀폐형 기어박스를 갖는 로터리식이 추천될 수 있고, 현재 벼의 이앙기에도 채용되어있는 동작이 유연한 방식이다.

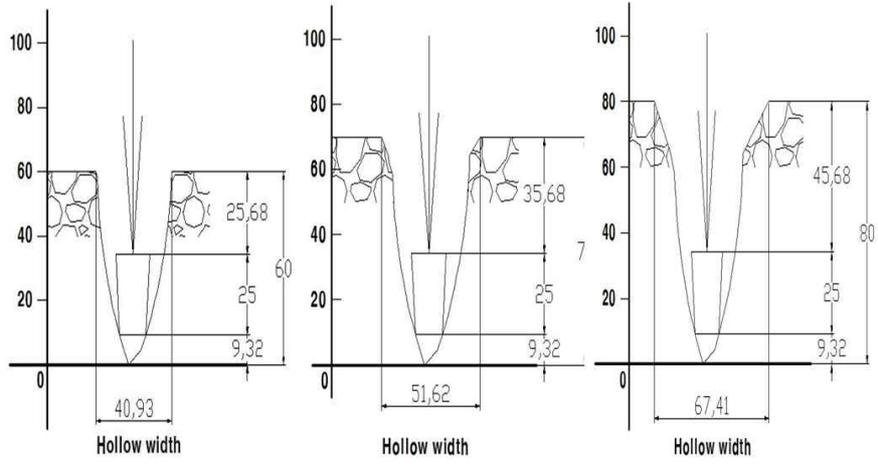


그림 37. Wheel 방식

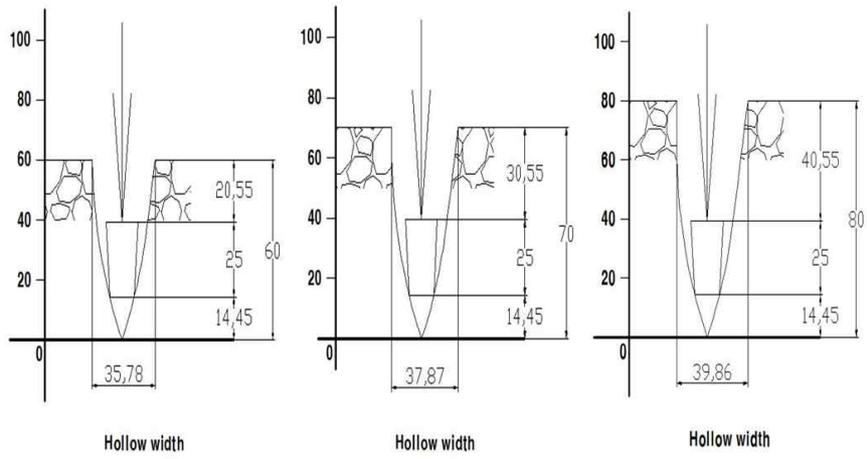


그림 38. 4절 링크 방식

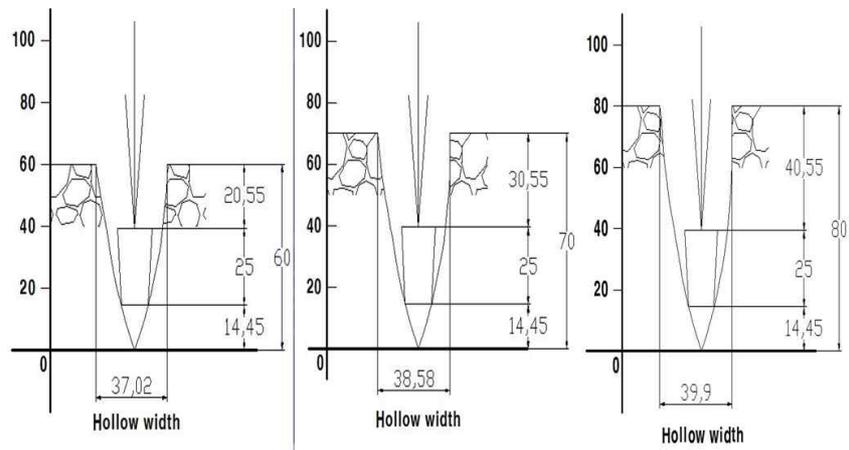


그림 39. 로터리 방식

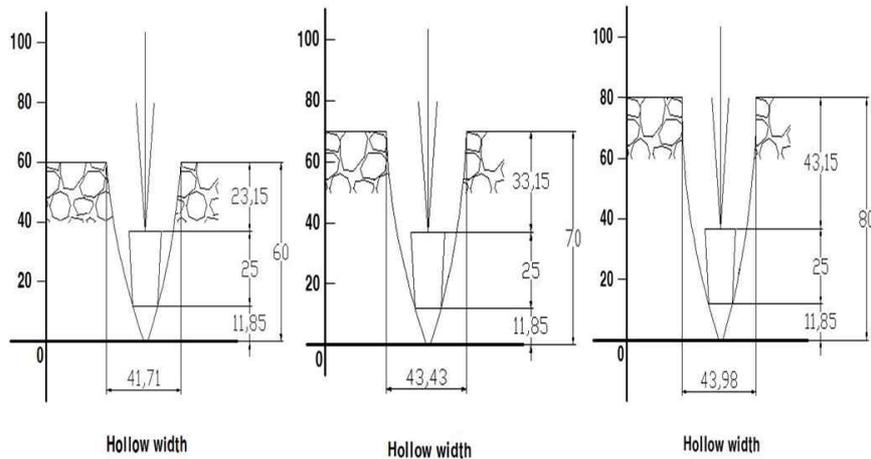


그림 40. 4절 링크-캠 방식

표 26. 식부홈 깊이와 식부깊이에 따른 각 식부장치 방식별 식부홈 폭

식부홈 깊이	휠	4절 링크	로터리	4절 링크-캠
60mm	34.96mm	35.78mm	37.02mm	35.57mm
70mm	35.62mm	37.87mm	38.58mm	36.57mm
80mm	37.41mm	39.86mm	39.9mm	37.73mm

표 26은 각 식부장치 방식별 모종 기울기, 개공폭, 개공깊이를 나타낸 것으로 이 홈의 폭이 작을수록 이식된 양파가 수직에서 기울어지는 기울각이 작을 것으로 예측한다면 이 홈의 폭이 작은 것이 좋은 방식으로 판단할 수 있다. 식부홈의 폭이 작은 순으로 4절 링크-캠, 4절 링크, 휠, 로터리 방식으로 나타났으며 4절 링크-캠 방식이 가장 좋은 방식으로 추천되어진다. 그러나 차이가 미미하므로 외부 이물질의 유입이 없는 밀폐형 기어박스를 갖는 로터리식이 추천될 수 있고, 현재 벼의 이앙기에도 채용되어있는 동작이 유연한 방식이다.

(4) 복토 진압장치 고안

롤러식이나 Wheel식의 진압장치는 멀칭한 비닐 위를 구르면서 진압될 때 비닐의 밀림현상과 롤러의 직경이 작아 굴림이 일어나지 않는 문제점이 있다. 이 문제점을 개선하기 위하여 그림 41과 같이 식부 개공기가 내려가 토양에 식부하는 동작과 병행하여, 1사이클 전에 이미 식부한 모종의 양측을 내리 누르는 답압을 할 수 있도록 고안하였다.

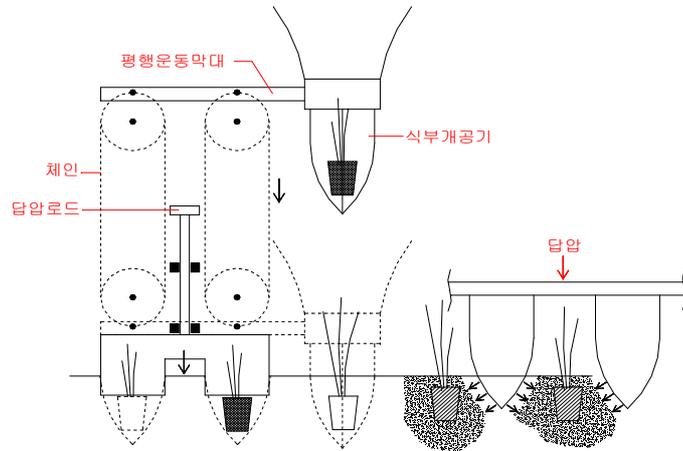


그림 41. 모종 정식 후 복토진압장치

(5) 식부심 조절 및 기체높이 자동조절장치 고안

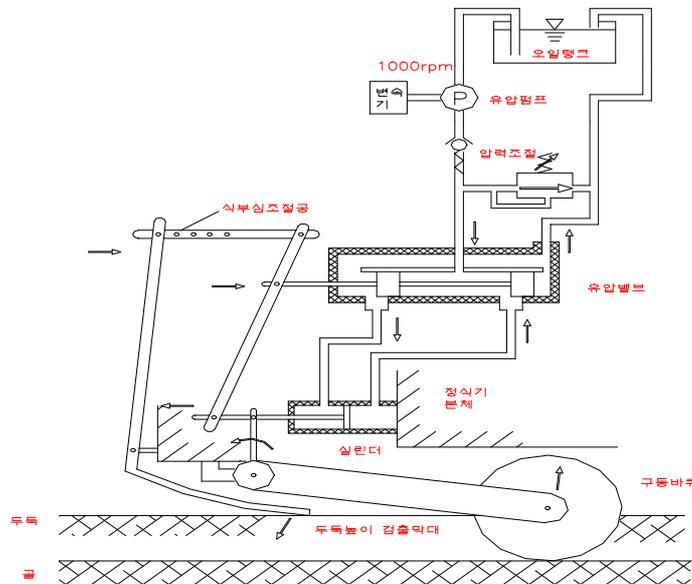


그림 42 식부심 일정유지 장치(유압)

기계에 의한 양파의 정식작업은 포장은 포장의 골과 두둑 높이 차가 일정하여야 모종의 심음 깊이(식부심)가 일정하게 된다. 만약, 포장을 조성할 때 인력에 의하거나 기계작업에 의하더라도 이 높이차가 불균일하게 되면 식부심과 일정하게 되지 않는다. 또한 식부심(기준3cm)을 변경할 필요가 있을 때 새로 설계한 식부심을 일정하게 유지할 필요가 있다.

그림 42는 식부심을 일정하게 유지할 뿐만 아니라 식부심을 설명할 수 있는 조절장치로 고안한 작동도이다. 작업기 구동 주 변속기로부터 유압 펌프를 구동토록 하여 위치제어 유압 시스템을 응용하였다. 식부심 설정은 식부심 조절구멍에 두둑 높이 검출막대의 끝을 옮기며 구동바퀴와 정식기 본체의 높이차를 일정하게 유지토록 하며, 정식 작업중 골과 두둑의 높이차 변화에 따라 초기에 설정한 식부심으로 유지토록 하는 장치이다.

(6) 이식부 최적 동력전달체계 정립

그림 43은 정식부 동력 전달체계를 정식속도 60회/분일 때를 기준으로 하여 정립한 동력 전달 체계도이다.

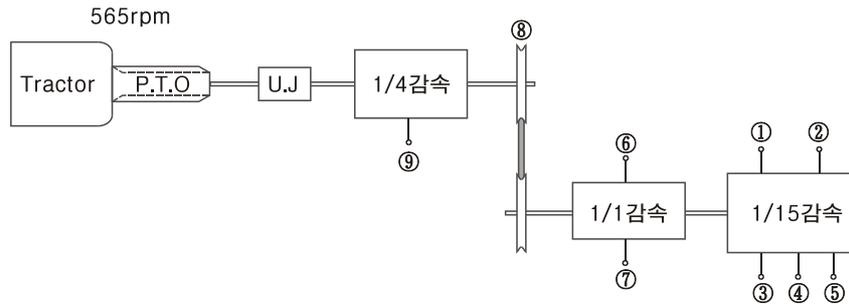


그림 43. 정식부 최적 동력전달체계

동력전달과 관련한 각 장치부의 규격은 다음과 같이 결정하였다.

- ① 묘 Holder : 상하 250mm 이송
- ② 트레이 묘 밀대 : 50mm, 트레이 상의 묘를 밀어냄
- ③ 트레이 이송 : 하 방향, 23mm
- ④ 묘 식부장치 : 3절 링크+캠식. 행정거리 : 20mm-25mm
- ⑤ 변속 및 과부하 제어벨트 또는 기어변속 엔진과부하 클러치
 - o 표준 주간 : 15cm(최대)
 - o 변속가능 주간 : 10cm(최소)
 - o 정식시 포장의 이물질(자갈 등)에 호퍼의 충격 파괴 방지 : 과부하 슬립
- ⑥ 작업기 동력 절입 장치
 - o 미션 속도 클러치와 기어변속 중립 레버

2. 정식 작업부 최적구조, 정식시스템 분석

가. 모종 취출 시험

(1) 시험재료

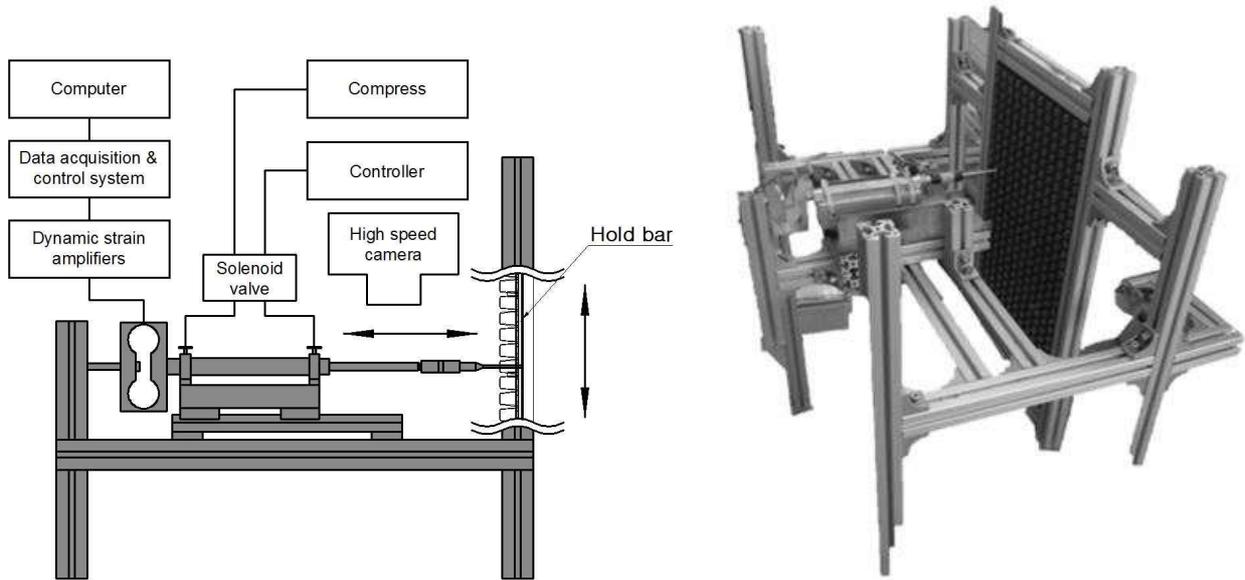


그림 44. 모종 취출 장치의 구성도

그림 44은 모판에서 양파 모종을 취출 시 최적 작업조건을 구명하기 위하여 제작한 양파 모종 취출 시험 장치이다. 취출 핀이 양파모종을 취출 시의 속도 조정과 좌우 직선운동을 위하여 공압 피스톤 및 LM guide(직선운동장치)를 설치하여 취출 핀이 모종 취출 시 취출 저항이 로드셀로 잘 전달되도록 하였다. 그리고 프레임의 정면에 모판 고정용 틀을 만들고 고정용 봉을 만들어 취출 시 모판에 발생할 수 있는 흔들림을 최소화하고 취출 핀의 취출 저항이 잘 전달되도록 하였다. 취출 시 로드셀에 전달되는 스트레인 값은 로드셀과 연결된 스트레인 증폭기(표 27)에 의해 검출, 증폭, 출력되며 이 때 출력된 아날로그신호는 데이터계측 장치(표 28)에 입력되어 디지털 값으로 변화시킨 후 RS232C통신을 통하여 컴퓨터(표 29)에 입력되게 하였는데, 이 자료들은 Quick Basic을 이용하여 자료를 처리하였다. 취출 속도는 공압 조정 단계별 모종밀대의 운동모습을 고속카메라로 촬영하고 취출 속도를 계산하여 속도 조정 눈금으로 변경하여 실험속도를 설정하였다.

그림 45와 그림 46은 모종 취출 시험에 사용된 핀의 형태와 취출 방법을 정의한 것이다. 시험에 사용된 취출 핀은 공압 실린더와 결합하기 위한 결합부 50mm, 모종을 밀기 위한 핀을 80mm로 제작하였고 핀경은 4~8mm까지 제작하였으나 7, 8mm의 경우 취출 시 모판을 파손하여 시험에서 제외시켰다. 핀경과 속도의 변화에 따른 취출 저항 및 모종의 파손율을 분석하였다.

표 27. 스트레인 앰프의 규격

Item	Details
Model	DPM-700B (Kyowa co., Japan)
Power source	AC 110V
Sensitivity, S/N ratio	$2/10 \times 10^{-6}$, 52db, 8ch
Range	100 ~ 2000 $\mu\epsilon$, 200 was selected

표 28. 데이터 계측장치의 규격

Item	Details
Model	System 10 K7 (Daytronic co., U.S.A)
Power source	AC 220V
A/D	Quad Voltage conditioner card($\pm 5V$ DC)
Communication	RS-232C to PC

표 29. 데이터 처리용 컴퓨터

Item	Details
Computer	Intel Pentium - 75MHz, RAM 16Mb
OS	Windows 98 SE
Language	Quick BASIC
Monitor	Samsung color monitor (800 \times 600)

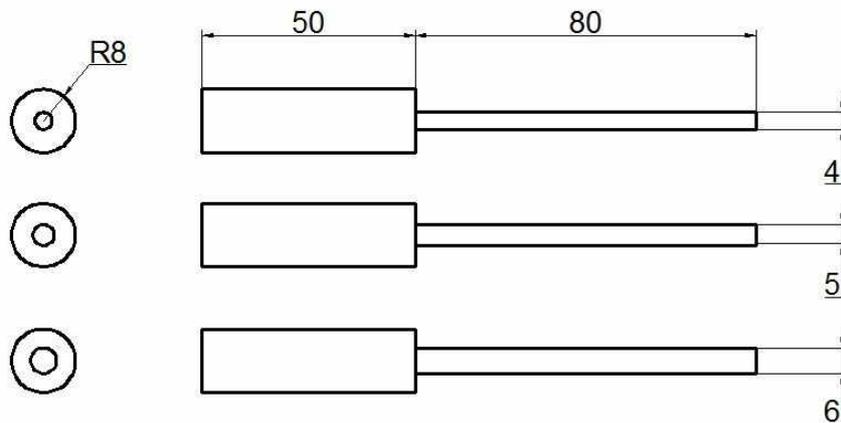


그림 45. 모종 취출핀 구성도

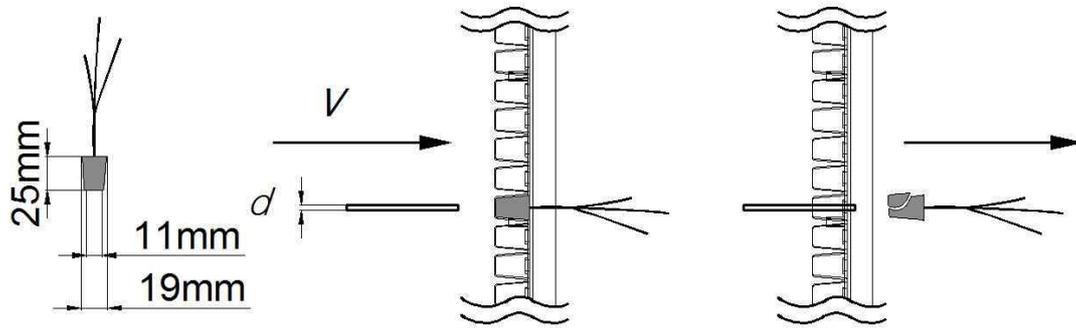


그림 46. 모종 취출 시험의 취출 방법

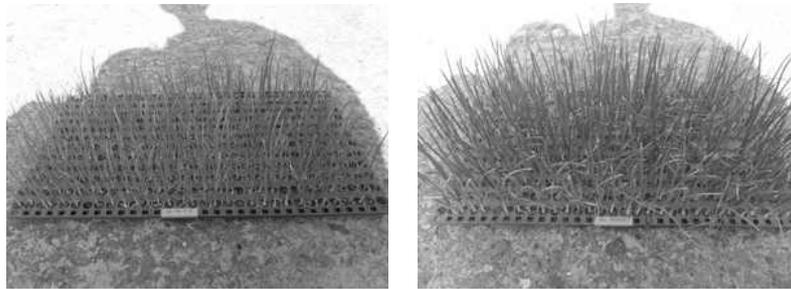


그림 47. 트레이 모종

표 30. 상토 조합

재료	T1(%)	T4(%)	T9(%)	T20(%)	C2(%)	C12(%)	C14(%)	C23(%)
피트모스	60	70	60	50	51	61	63	65
버미큘라이트	20	10	20	20	11	21	23	25
일라이트	-	-	-	15	-	-	-	-
적토	20	20	-	15	38	18	14	-
제올라이트	-	-	20	-	-	-	-	10

그림 47은 시험에 사용된 양파 모종이다. 양파연구소는 양파 적응 전용 상토 개발을 위한 적정 상토 조합 선발에서 여러 가지 상토 조합을 제시하였고 그 중 표 9에서 나타난 성형도가 우수한 8가지 조합을 시험에 사용하였다. 일본에서 개발된 4조식 양파정식기(구보다)에서 사용되는 바이오상토 1호(홍농종묘)를 대조군으로 총 9가지 상토 조합으로 육묘시험을 수행하였으며 묘판은 6조식 양파자동정식기용 348구 묘판을 사용하였다. 모종은 농우바이오에서 생산한 유토피아 품종을 파종한 후 물과 크리스탈 1호(서울바이오)를 1000:1로 혼합하여 7일 차, 17일 차에 각 1회 살포하였다.

양파 모종의 부위별 정의는 그림 48과 같이 표시된다.

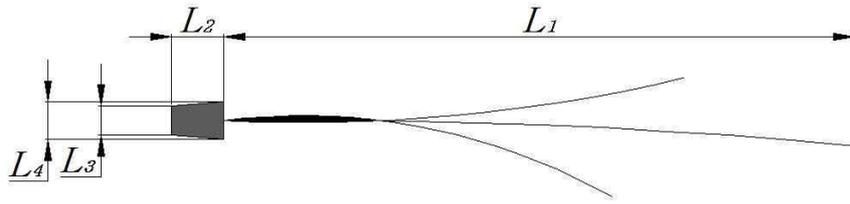


그림 48. 모종의 규격

L_1 은 줄기부, L_2 는 뿌리부, L_3 는 모관 상부 원둘레로 18mm, L_4 는 모관 하부 원둘레로 14mm이다. 줄기부의 길이가 15cm 이상이 되면 양과자동정식기의 구조상 정식을 하지 못하기 때문에 20일차, 30일차에 10cm 길이로 삭피 후 육묘하여 시험 시 초장이 15cm 이상이 되지 않도록 하였다.

(2) 시험 방법

(가) 최종 관수 후 모종뿌리부 무게변화 측정

표 31은 최종 관수 후 모종뿌리부 무게변화 측정에서의 상토종류, 육묘일수, 최종 관수 후 경과일수 등 시험조건을 정리한 것이다. 육묘일수는 45, 50, 55, 60일 등 4가지를 시험하였고 최종관수 후 경과일수는 0~3일까지 1일 단위로 샘플 3개를 채취하였다.

표 31. 최종 관수 후 모종뿌리부 무게변화 시험조건

상토 조합	관수 후 경과 일수	모종 나이
T1, T4, T9, T20, HN	0, 1, 2, 3	45, 50, 55, 60

(나) 모종 취출 시 뿌리부 파손율과 취출 저항

표 11은 모종 취출 시 뿌리부 파손율과 취출 저항 시험에서의 상토종류, 육묘일수, 최종 관수 후 경과일수, 취출 속도 등 시험조건을 정리한 것이다.

육묘일수는 45, 50, 55, 60일 등 4가지를 시험하였고 최종관수 후 경과일수는 0~3일까지 1일 단위로 샘플 3개를 채취하여 무게를 측정 후 평균값을 손상되지 않은 모종 무게로 가정하였다. 취출 시험을 실시하여 스트레인 게이지 시스템을 사용하여 취출 저항을 구하였다. 그림 49는 T9, 육묘일수 50일, 최종관수 후 경과일수 1일에 핀경 5 mm로 실시한 취출 저항 시험에서 나온 데이터이다.

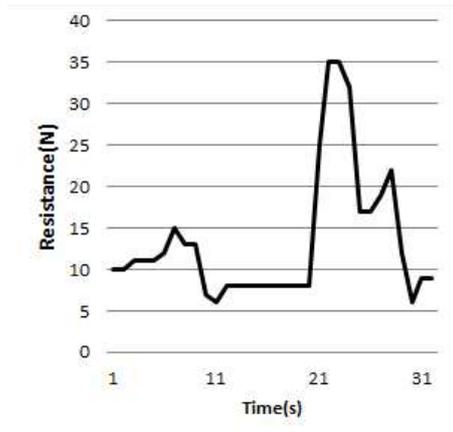


그림 49. T9 상토의 취출 저항

표 32. 모종 취출 시 뿌리부 파손율과 취출 저항 시험조건

취출 속도(mm/s)	핀 지름(mm)	모종 나이
99.25, 110.00, 121.14, 132.53	4, 5, 6	45, 50, 55, 60

시험 데이터에서 가장 높게 나타난 것이 모종 취출 시 취출 저항으로 판단하여 정리하였다. 취출 시험 후 모종의 무게를 측정하여 손상되지 않은 모종의 무게와 비교하여 파손율을 측정하였다.

(다) 모종 뿌리부 파손율에 따른 정식률

표 33는 모종 뿌리부 파손율에 따른 정식률 시험에서의 모종파손율, 정식속도, 육묘일수 등 시험조건을 정리한 것이다. 시험조건은 육묘일수는 50일, 모종 뿌리부 파손율 0~100% 까지 10% 단위, 정식속도 등으로 시험하였다. 시험은 다음과 같은 방법으로 진행하였다. 첫째, 모판에서 10개의 샘플을 채집하여 모종과 뿌리부를 나누어 무게를 측정하고 무게의 평균값을 무파손 뿌리부 무게, 줄기부 무게의 평균값으로 가정하였다. 둘째, 모종판에서 시험용 모종을 채집하여 무게를 측정하고 줄기부 무게를 제외하여 뿌리부 무게를 측정, 0~100% 단위로 파손하였다. 셋째, 정식성능분석시험장치의 모종핑거에 파손시킨 모종을 올려 두고 속도별로 정식이 성공하는지를 관찰하였다. 여기에서 정식성공의 판단은 모종 뿌리부가 땅에 100% 묻혀서 보이지 않을 때로 하였다. 이 과정을 10회 반복하여 정식성공률을 측정하였다.

표 33. 모종 뿌리부 파손율에 따른 정식률 시험조건

정식 속도(No/min)	파손율(%)	모종 나이
45, 50, 55, 60	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100	50

(3) 결과 및 고찰

(가) 최종 관수 후 모종 뿌리부 무게변화 측정

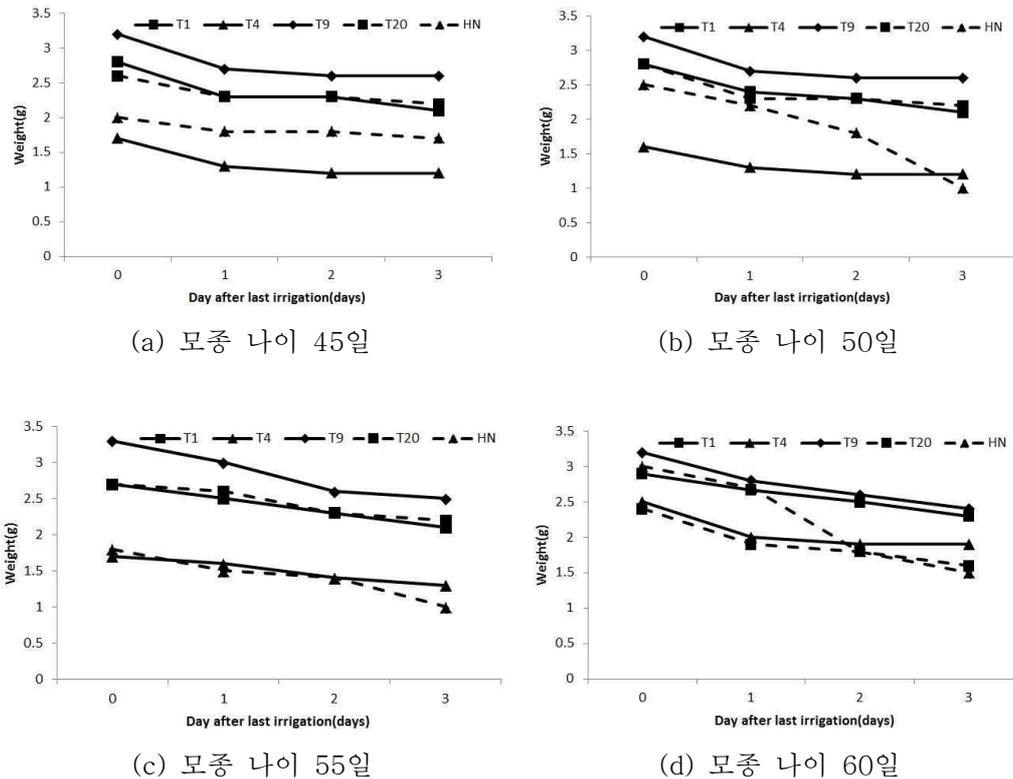


그림 50. 모종 뿌리부 무게변화

그림 50은 T형 상토와 HN상토의 최종관수 후 모종 뿌리부 무게변화를 최종관수 후 경과 일수를 하루 단위로 측정된 것을 나타낸 것이다. T형 상토는 최종관수 후 1일차에 0.3~0.5g의 무게 변화가 나타났고 2, 3일차에는 0~0.1g의 무게 변화가 나타났다. HN상토는 전체적으로 0.2g의 무게 변화가 나타났다. 육묘일수 45일에서의 전체적인 무게변화로 보았을 때, 육묘일수 45일 모종들은 관수 후 1일 경과 시 수분이 거의 다 증발하는 것으로 판단된다. 육묘일수 50일에서 T형 상토는 최종관수 후 1일차에 0.3~0.5g의 무게 변화가 나타났고 2, 3일차에는 0.1~0.2g의 무게 변화가 나타났다. HN상토는 1일차에 0.3 g, 2일차에 0.4 g, 3일차에는 0.8 g의 무게 변화가 나타났다. 전체적인 무게변화로 보았을 때, 육묘일수 50일은 T형 상토는 뿌리부 수분이 하루가 지났을 때, HN상토는 뿌리부 수분이 시간이 지남에 따라 많이 증발 하는 것으로 나타났다. 이는 육묘일수 50일 일 때, T형 상토보다 HN상토가 뿌리부가 더 많이 성장되어 있는 것으로 판단된다. 육묘일수 55일에서는 T형 상토는 최종관수 후 경과일수 1일차에서 0.1~0.3 g, 2일차에서는 0.2~0.3g, 3일차에서는 0.1~0.2g으로 나타났다. HN상토는 최종관수 후 경과일수 1일차 0.3g, 2일차 0.2g, 0.4g으로 나타났다. 이것은 두 상토의 뿌리부가 성장이 잘 이루어 졌음을 알 수 있다. 육묘일수 60일에서 T형 상토는 최종관수 후 1일차에 0.5~0.2g, 2일차에 0.2~0.1g, 3일차에는 0.2~0.1g의 무게 변화가 나타났다. HN상토는 1일차에 0.3g, 2일차에 0.9g, 3일차에는 0.3g의 무게 변화가 나타났다. 전체적인 무게변화로 보았을 때, T형 상토의 경우 뿌리부가 육묘나이 60일일 때,

육묘일수 55일과 비교하여 뿌리부가 거의 변화가 없으나 HN상토의 경우 뿌리부가 육묘일수 55일보다 많이 줄어들어 있는 것으로 판단된다. 위에 나타난 결과를 보았을 때, HN 상토는 45일에서 55일까지 육묘하고 T형 상토는 50일에서 60일까지 육묘하는 것이 정식하는데 유리한 것으로 판단된다.

(나) 모종 취출 시 뿌리부 파손율과 취출 저항

① 모종 취출 시 취출 저항

그림 51는 T1 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 육묘일수 45일, 정식속도 45No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 취출 저항이 22.84N으로 가장 높게 나타났고 육묘일수 60일, 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 4mm에서 10.75N으로 가장 낮게 나타났다.

그림 52는 T4 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 육묘일수 55일, 정식속도 55No/min, 핀경이 5mm, 최종관수 후 경과일수 1일차 일 때 취출 저항이 28.24N으로 가장 높게 나타났고 육묘일수 60일, 정식속도 60No/min, 1일차, 핀경 4mm에서 11.08N으로 가장 낮게 나타났다.

그림 53은 T9 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 육묘일수 55일, 정식속도 60No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 취출 저항이 26.34N으로 가장 높게 나타났고 육묘일수 60일, 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 4mm에서 9.62N으로 가장 낮게 나타났다.

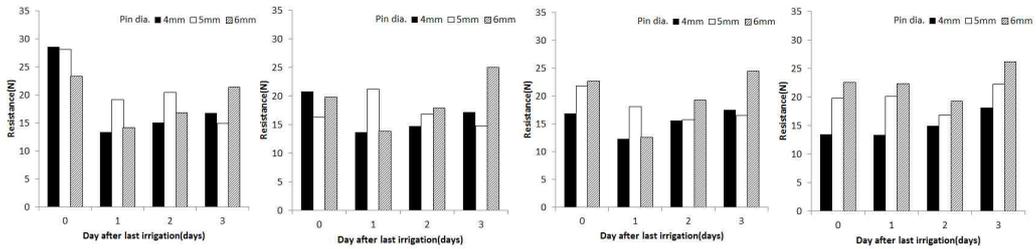
그림 54은 T20 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 육묘일수 50일, 정식속도 45No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 취출 저항이 30.76N으로 가장 높게 나타났고 육묘일수 60일, 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 4mm에서 10.62N으로 가장 낮게 나타났다.

그림 55은 HN상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 육묘일수 45일, 정식속도 45No/min, 핀경이 4mm, 최종관수 후 경과일수 0일에서 취출 저항이 29.04N으로 가장 높게 나타났고 육묘일수 60일, 정식속도 60No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 4mm에서 9.94N으로 가장 낮게 나타났다. C형 상토의 경우 육묘일수 50일에서만 실험을 하였다.

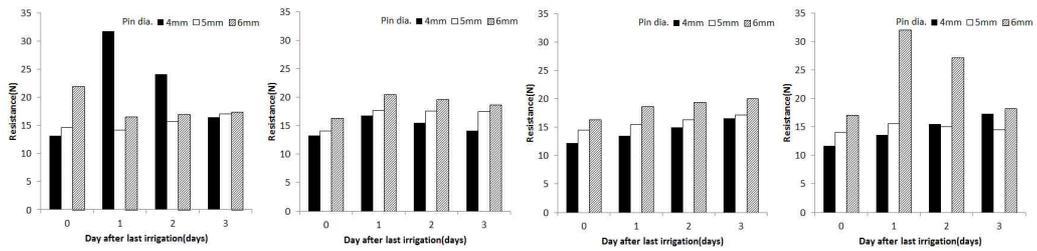
그림 56는 C2 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 정식속도 45No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 3일에서 취출 저항이 31.7N으로 가장 높게 나타났고 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 0일, 핀경 4mm에서 5N으로 가장 낮게 나타났다.

그림 57은 C12 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 정식속도 50No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 3일에서 취출 저항이 31.9N으로 가장 높게 나타났고 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 0일, 핀경 4mm에서 4.9N으로 가장 낮게 나타났다.

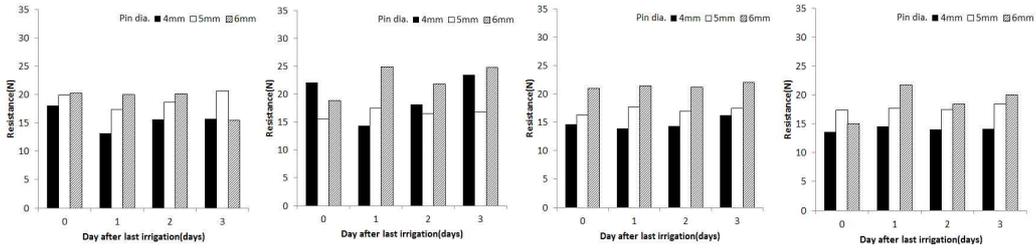
그림 58은 C14 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 정식속도 60No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 취출 저항이 31.8N으로 가장 높게 나타났고 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 4mm에서 5.9N으로 가장 낮게 나타났다.



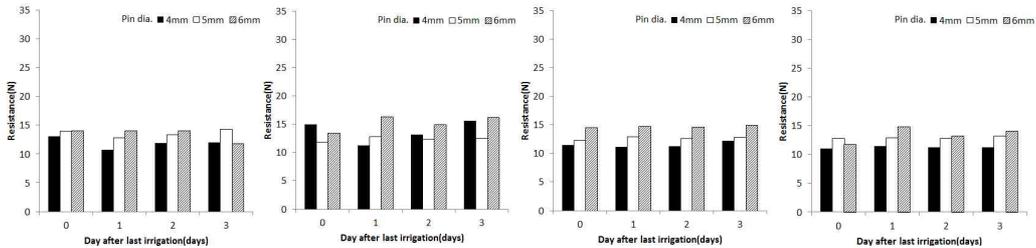
(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min
(A) 모종 나이 45일



(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min
(B) 모종 나이 50일



(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min
(C) 모종 나이 55일



(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min
(D) 모종 나이 60일

그림 51. T1 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항

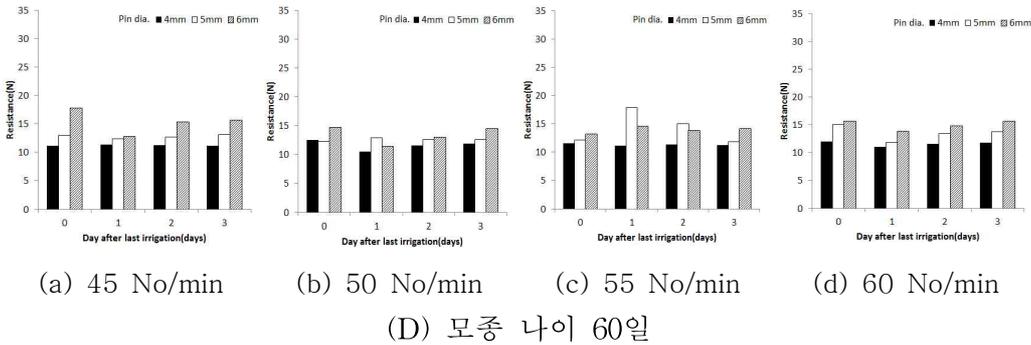
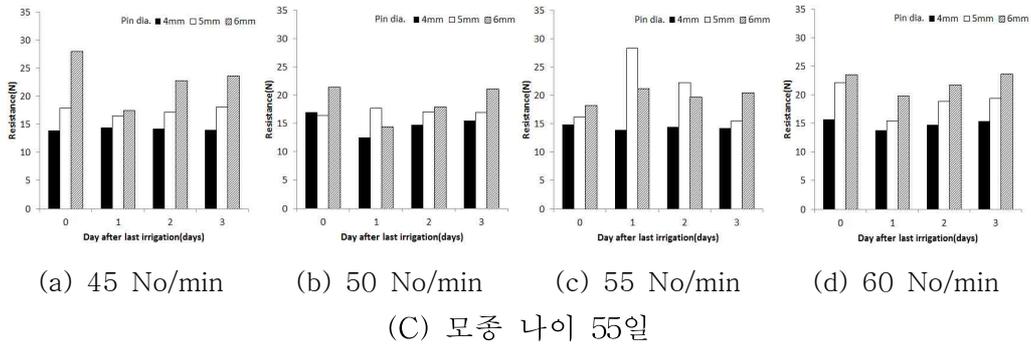
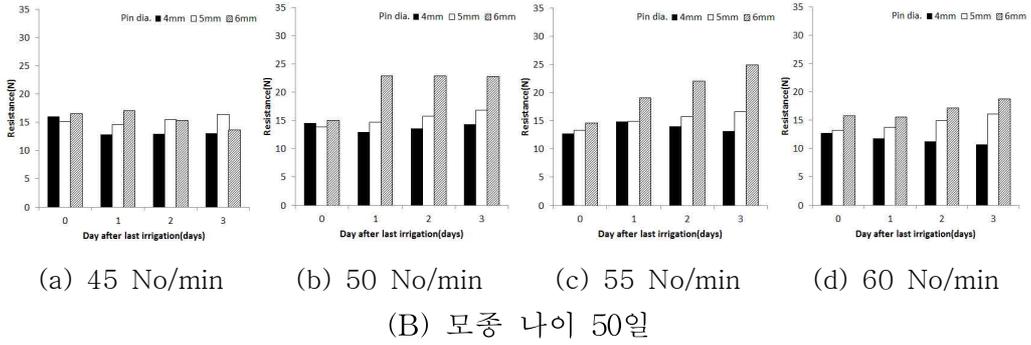
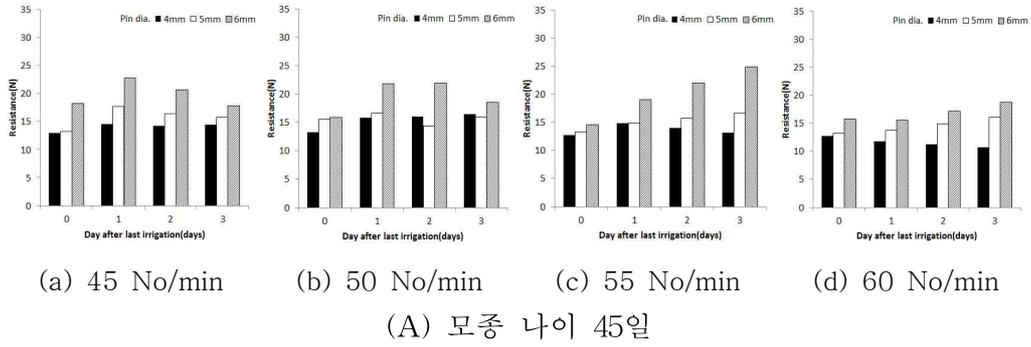


그림 52. T4 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항

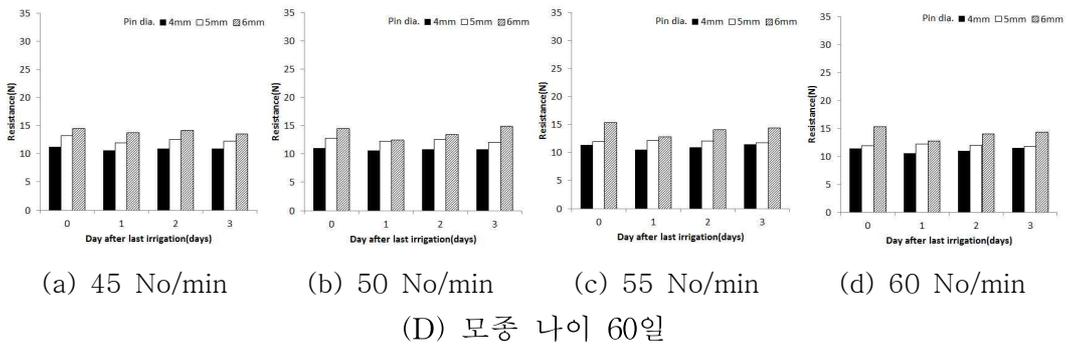
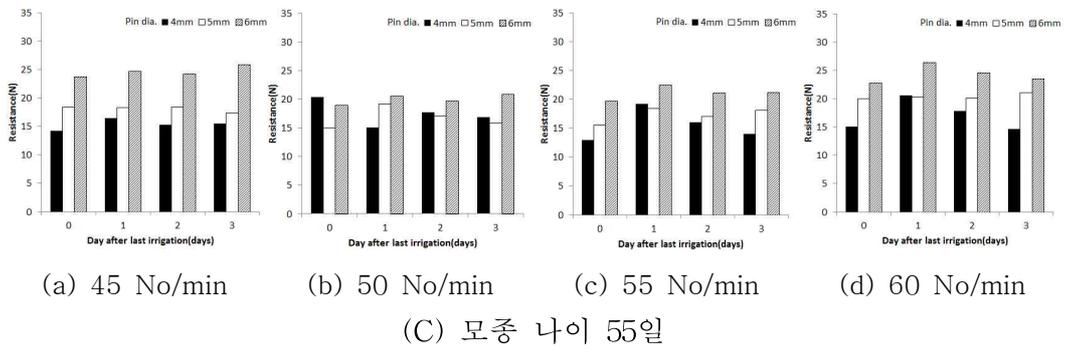
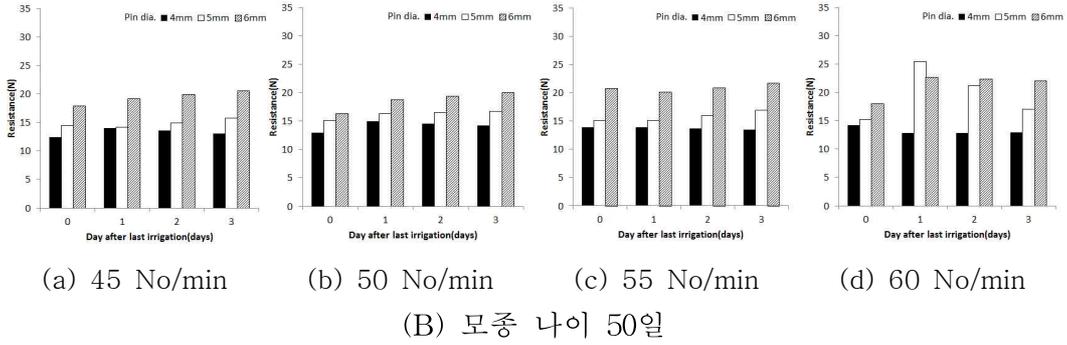
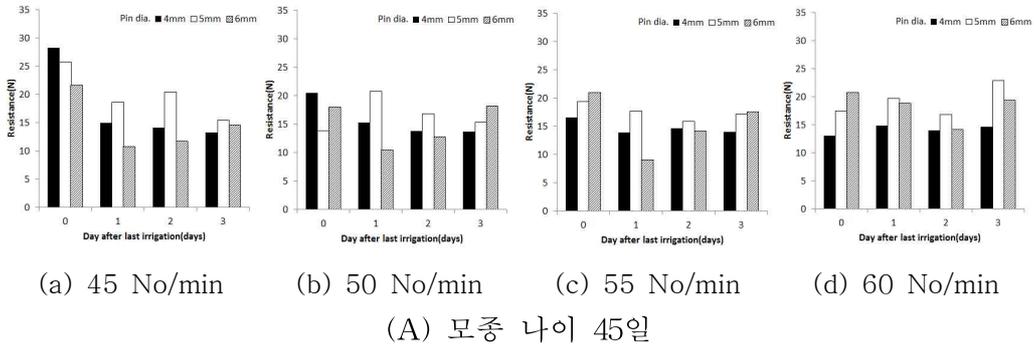


그림 53. T9 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항

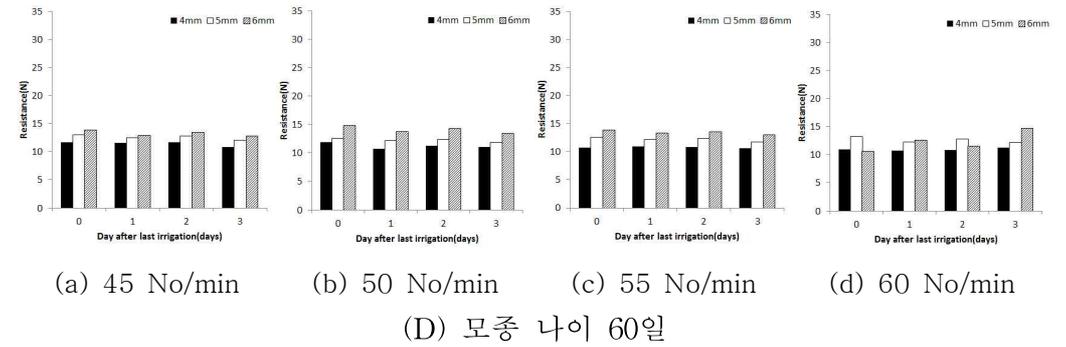
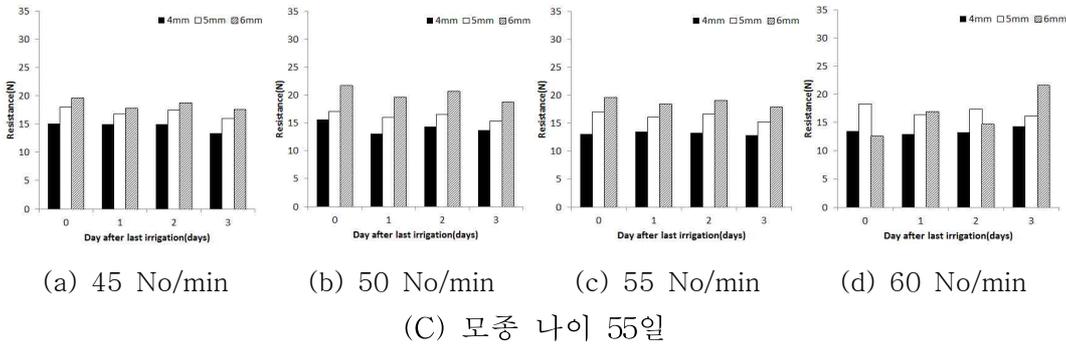
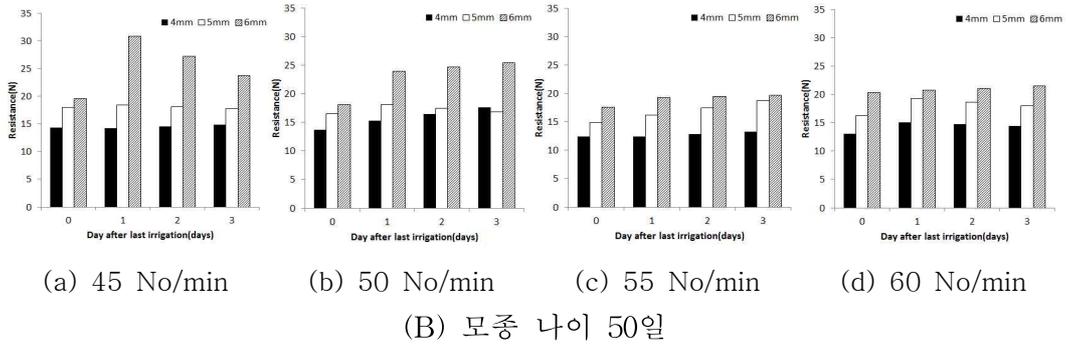
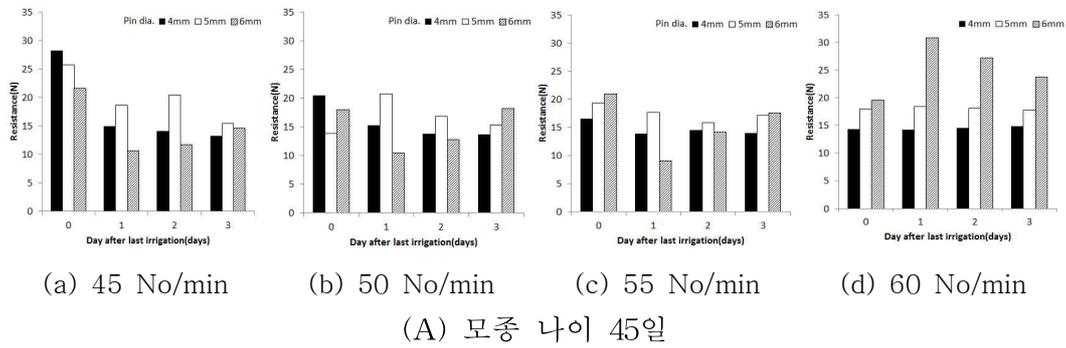


그림 54. T20 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항

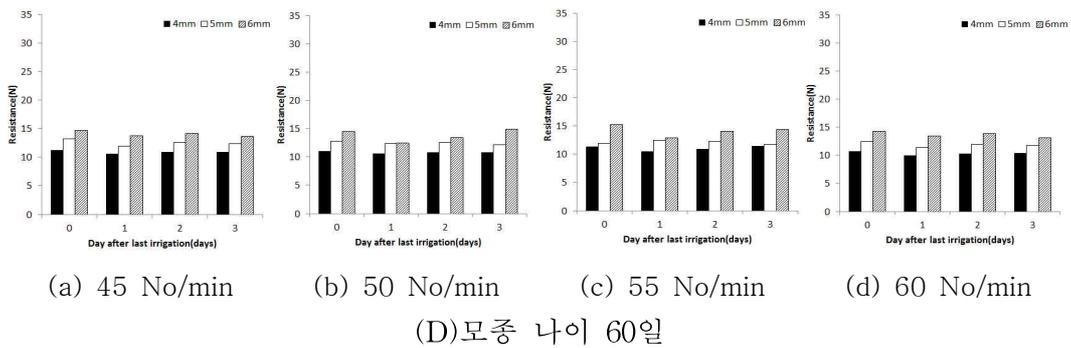
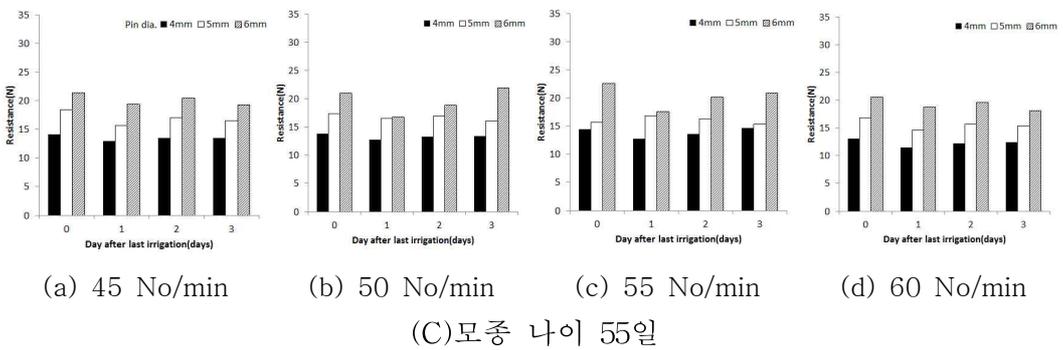
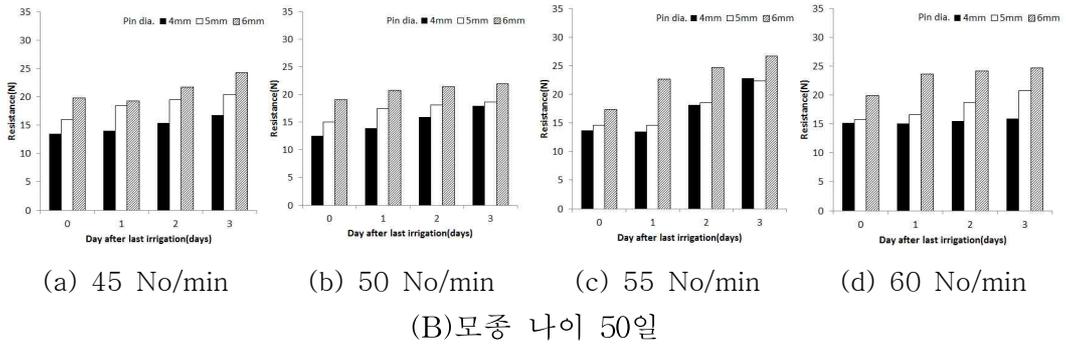
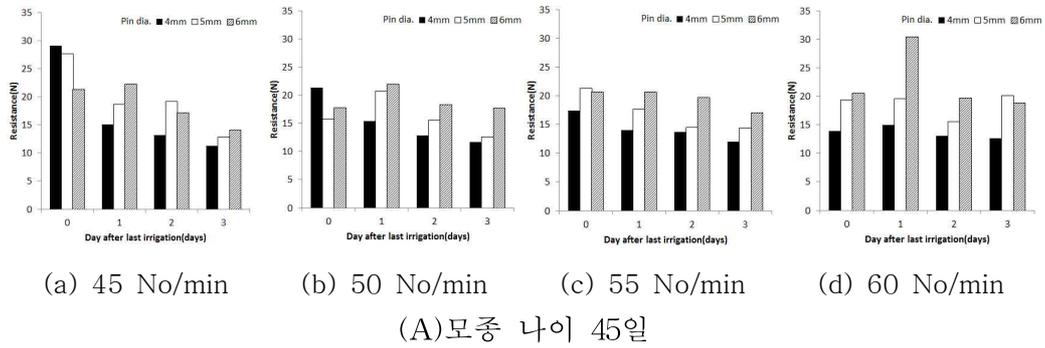


그림 55. HN 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 취출 저항

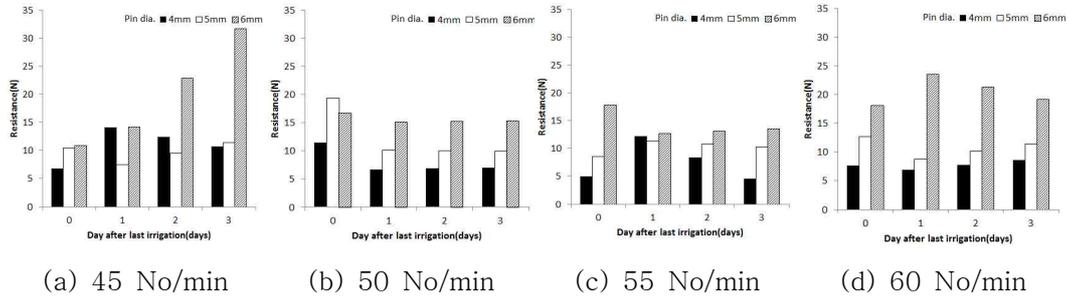


그림 56. C2 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항

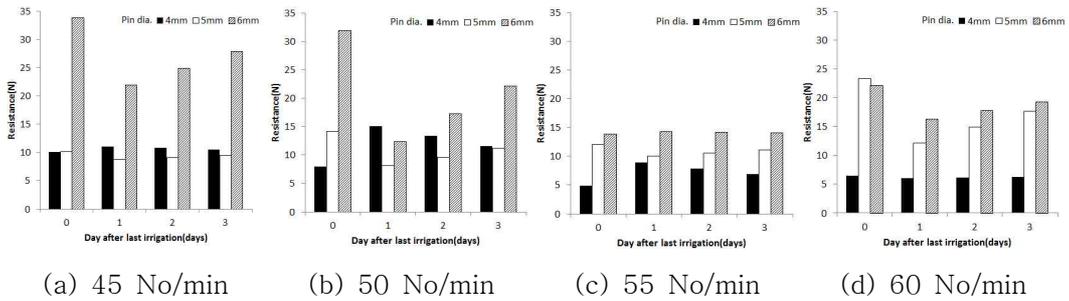


그림 57. C12 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항

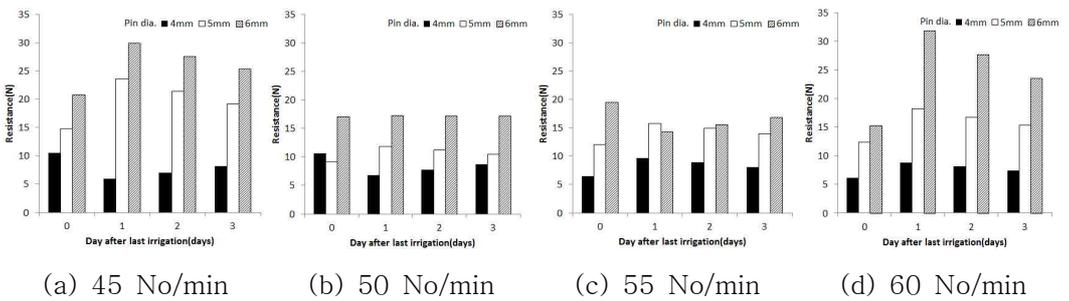


그림 58. C14 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항

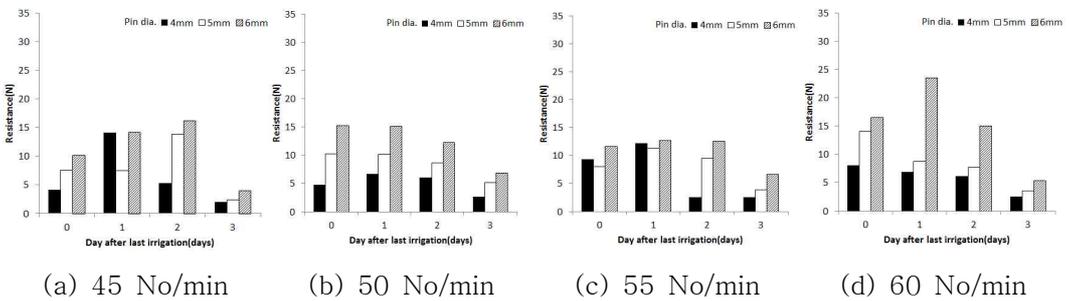


그림 59. C23 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항

그림 59는 C23 상토에서 육묘한 모종 취출 시 취출 저항을 나타낸 것이다. 정식속도 60 No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 취출 저항이 23.5N으로 가장 높게 나타났고 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 3일, 핀경 4mm에서 2N으로 가장 낮게 나타났다. 앞에서 나타난 현상으로 볼 때 핀경이 클수록, 육묘일수가 작고 최종관수 후 경과일수가 많이 지났을 때 취출 저항이 커지는 것으로 판단된다. 핀경이 클수록 취출 저항이 커지는 것은 묘판의 아래부분 형상과 관련된 것이다. 핀이 모종을 취출할 때 묘판을 같이 밀게 되는데 이때 핀경이 클수록 묘판을 많이 밀게 됨으로서 취출 저항이 커지는 것으로 판단된다. 육묘일수가 작은 경우 뿌리부 상토에 양과 모종의 뿌리가 작아서 취출 저항이 커지는 것으로 판단된다.

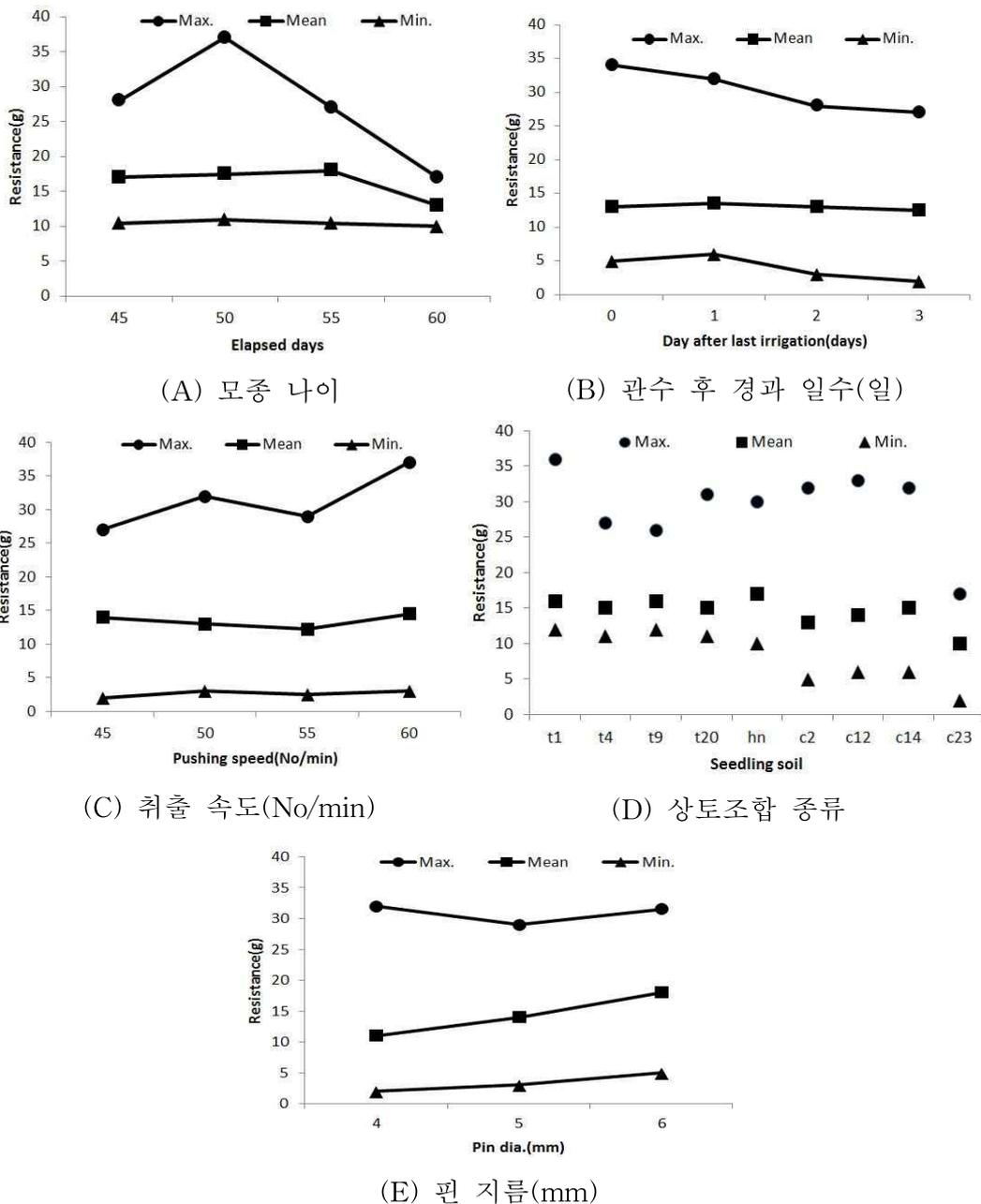


그림 60. 각 시험조건별 취출 저항의 평균값과 최대·최소치

최종관수 후 경과일수는 수분이 증발하면서 모종 뿌리부 상토가 굳어짐에 따라 커지는 것으로 판단되었다. 그림 60은 그림 51에서 그림 59까지 나타난 데이터를 시험조건별로 모두 합친 후 평균값과 최대·최소치를 나타낸 것이다. 나타난 평균값으로 볼 때 모종나이는 많을수록, 정식속도는 낮을수록, 최종관수 후 경과일수는 클수록, 상토조합 C23일 때 취출 저항이 낮아지는 것으로 판단된다.

② 모종 취출 시 뿌리부 파손율

그림 61는 T1 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 육묘일수 45일, 정식속도 50No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 파손율이 68%로 가장 높게 나타났고 육묘일수 45일, 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 4mm에서 2%로 가장 낮게 나타났다.

그림 62는 T4 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 육묘일수 50일, 정식속도 50No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 파손율이 61%로 가장 높게 나타났고 육묘일수 45일, 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 5mm에서 2%로 가장 낮게 나타났다.

그림 63은 T9 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 육묘일수 45일, 정식속도 50No/min, 핀경이 4mm, 최종관수 후 경과일수 2일에서 파손율이 71%로 가장 높게 나타났고 육묘일수 45일, 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 5mm에서 2%로 가장 낮게 나타났다.

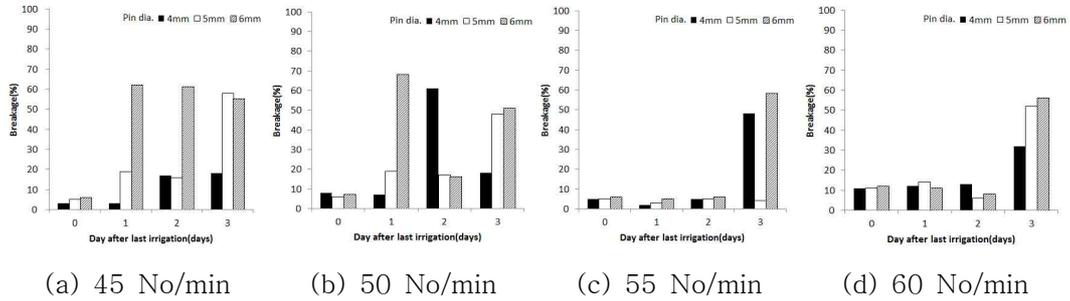
그림 64은 T20 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 육묘일수 55일, 정식속도 55No/min, 핀경이 4mm, 최종관수 후 경과일수 0일에서 파손율이 61%로 가장 높게 나타났고 육묘일수 60일, 정식속도 60No/min, 최종관수 후 경과일수 0일, 핀경 4mm에서 3%로 가장 낮게 나타났다.

그림 65은 HN상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 육묘일수 45일, 정식속도 45No/min, 핀경이 4mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 파손율이 72%로 가장 높게 나타났고 육묘일수 55일, 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 2일, 핀경 6mm에서 2%로 가장 낮게 나타났다.

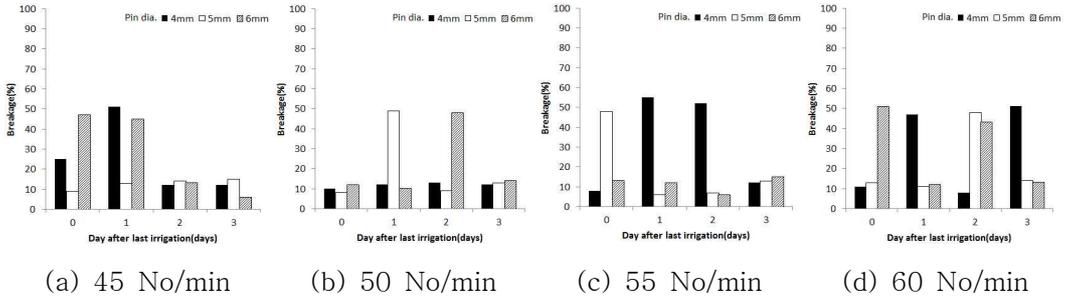
그림 66는 C2 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 정식속도 55No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 3일에서 파손율이 32%로 가장 높게 나타났고 정식속도 60/min, 최종관수 후 경과일수 2일, 핀경 6mm에서 9%로 가장 낮게 나타났다.

그림 67은 C12 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 정식속도 55No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 파손율이 42%로 가장 높게 나타났고 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 3일, 핀경 6mm에서 9%로 가장 낮게 나타났다.

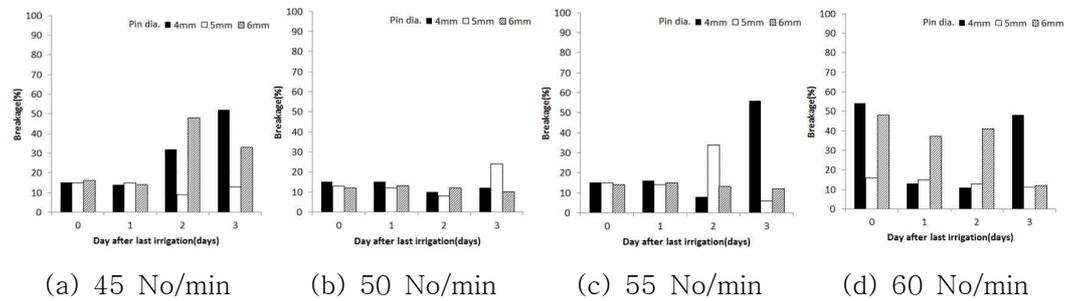
그림 68은 C14 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다. 정식속도 45No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 1일에서 파손율이 18%로 가장 높게 나타났고 정식속도 45No/min, 최종관수 후 경과일수 0일, 핀경 6mm에서 9%로 가장 낮게 나타났다.



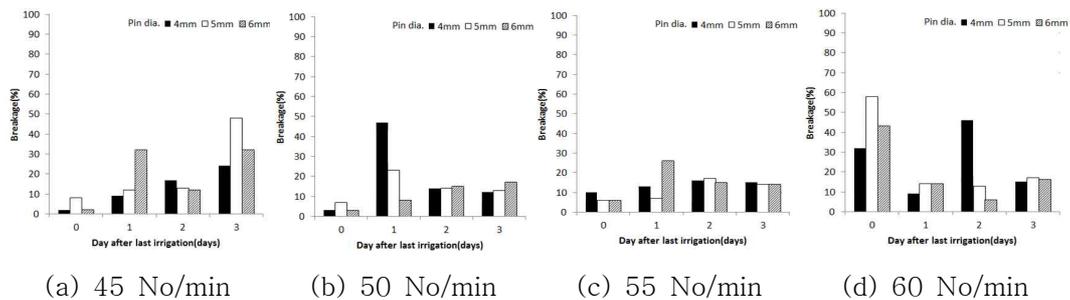
(A) 모종 나이 45일



(B) 모종 나이 50일

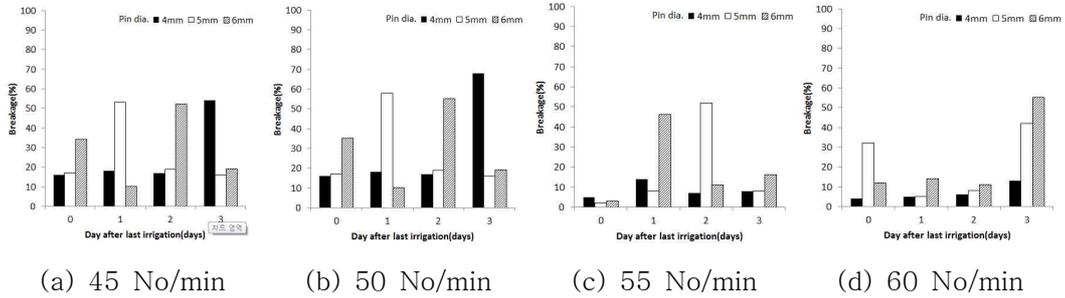


(C) 모종 나이 55일

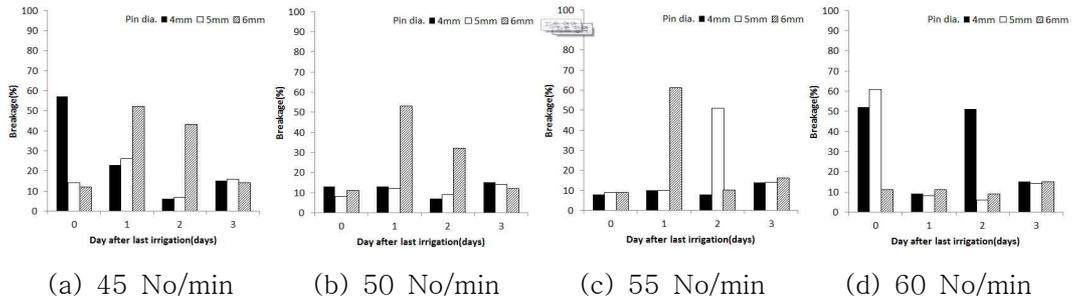


(D) 모종 나이 60일

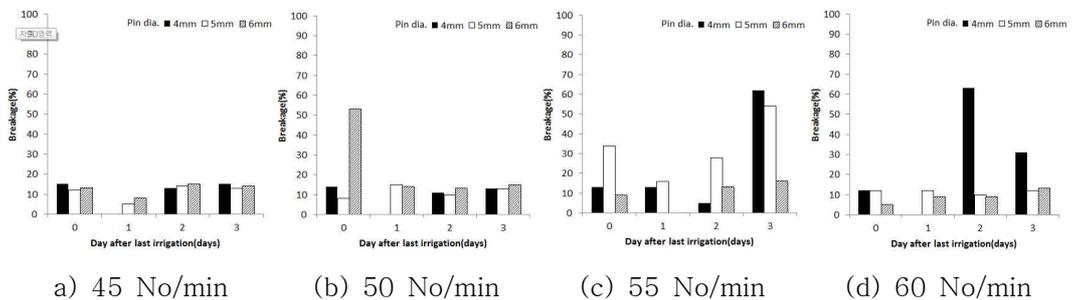
그림 61. T1 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율



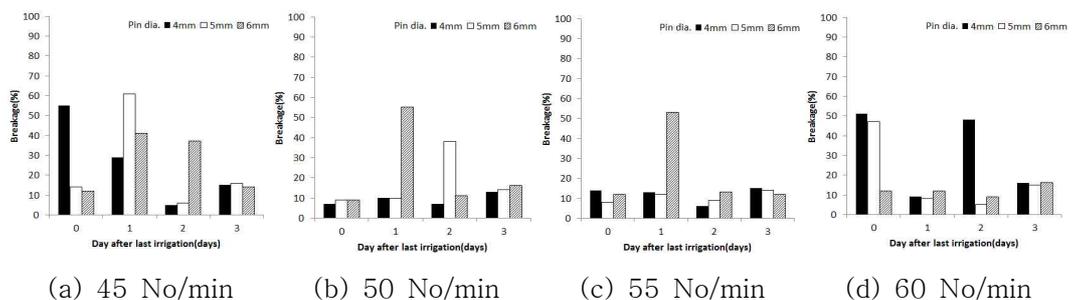
(A) 모종 나이 45일



(B) 모종 나이 50일



(C) 모종 나이 55일



(D) 모종 나이 60일

그림 62. T4 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

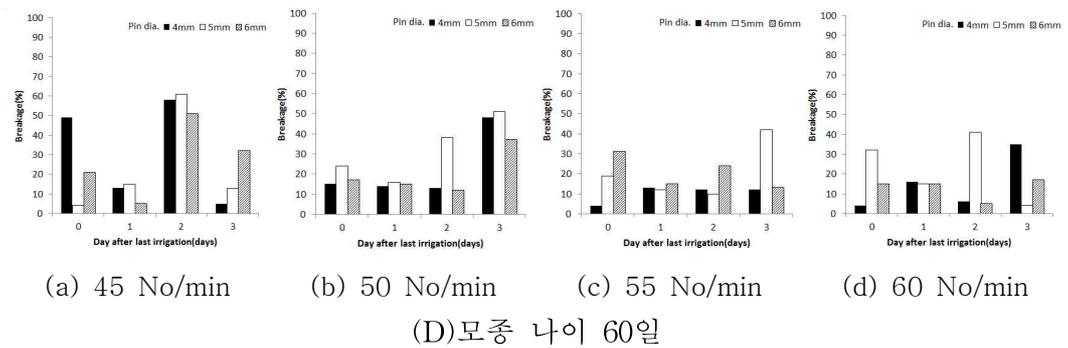
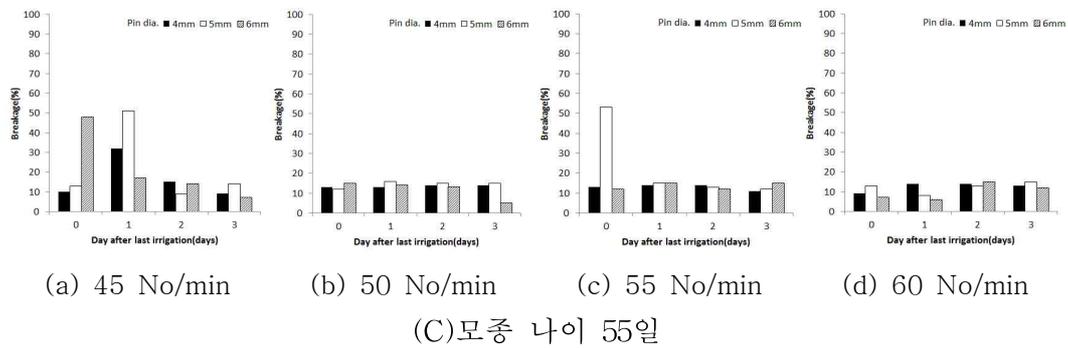
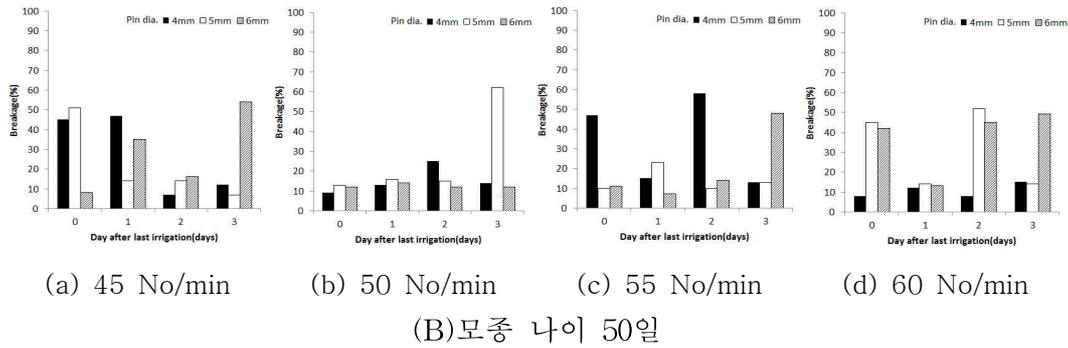
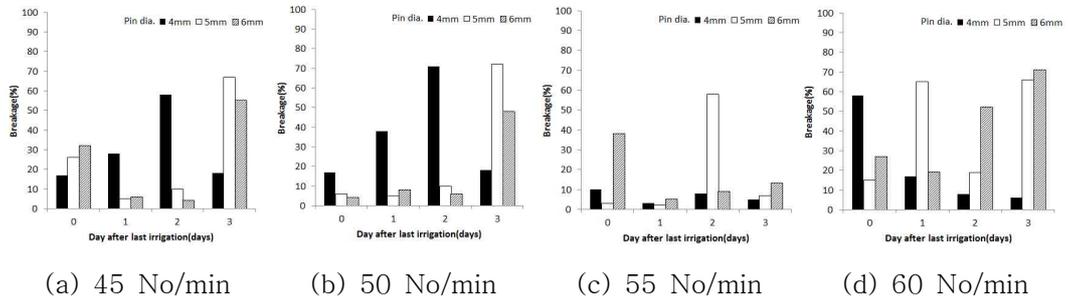


그림 63. T9 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

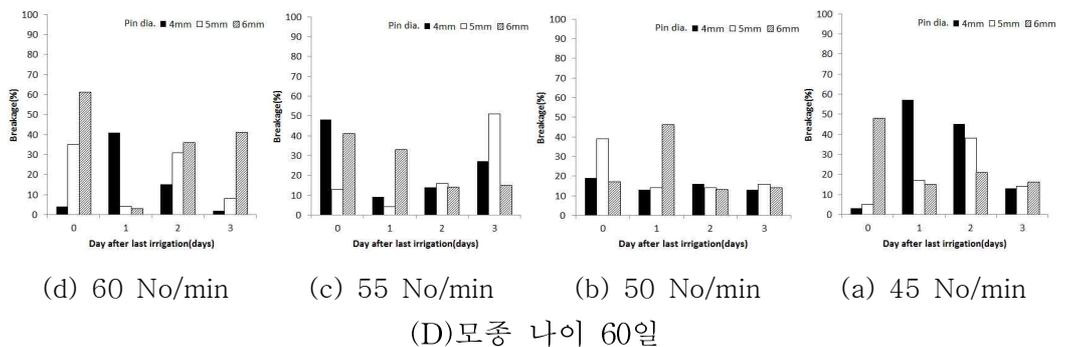
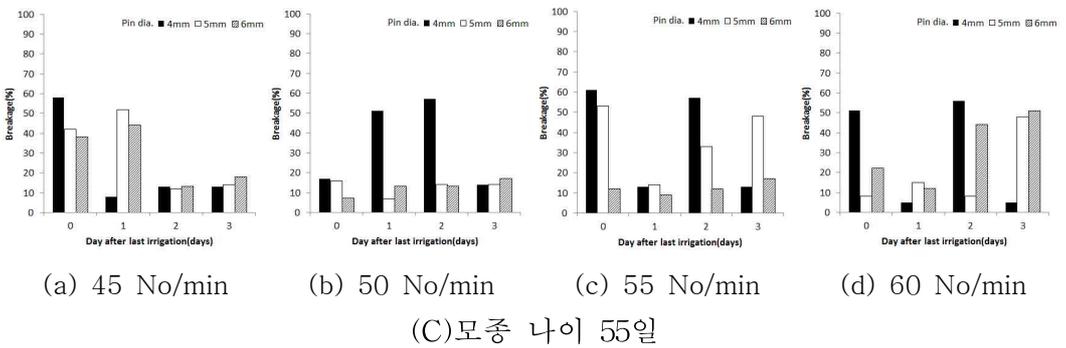
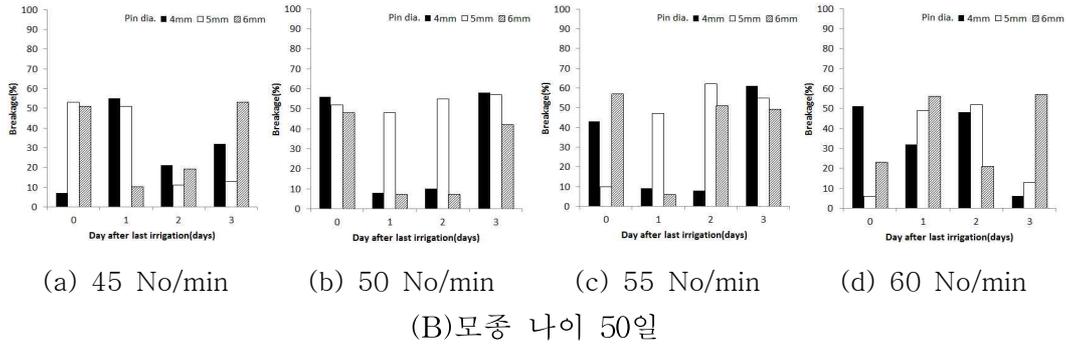
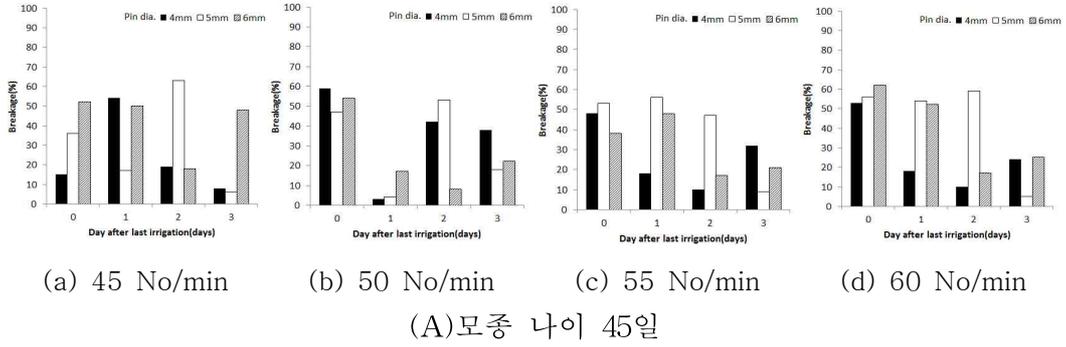
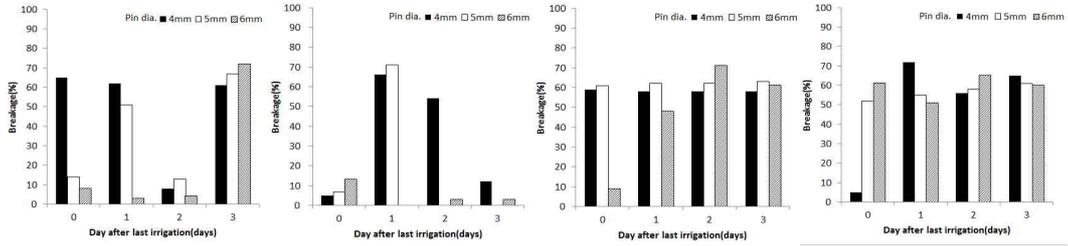
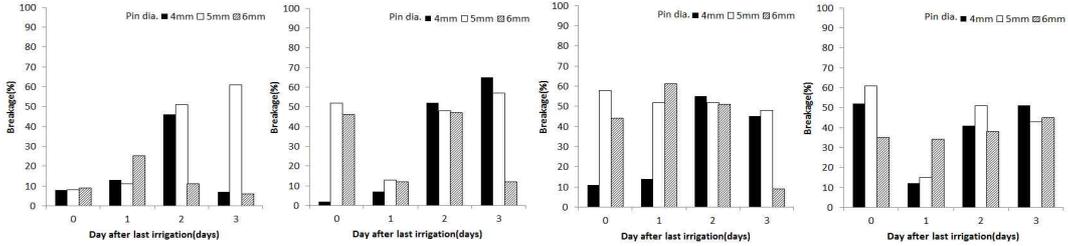


그림 64. T20 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율



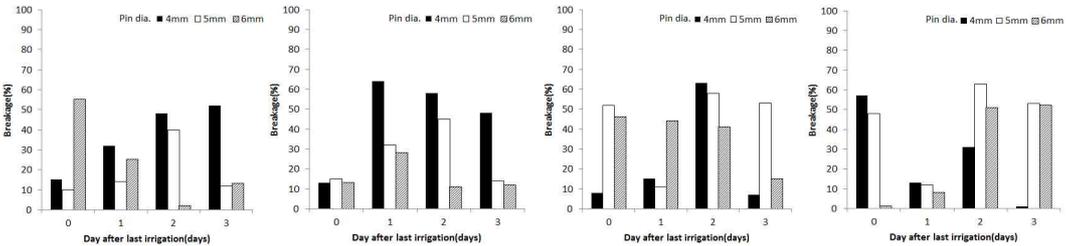
(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min

(A)모종 나이 45일



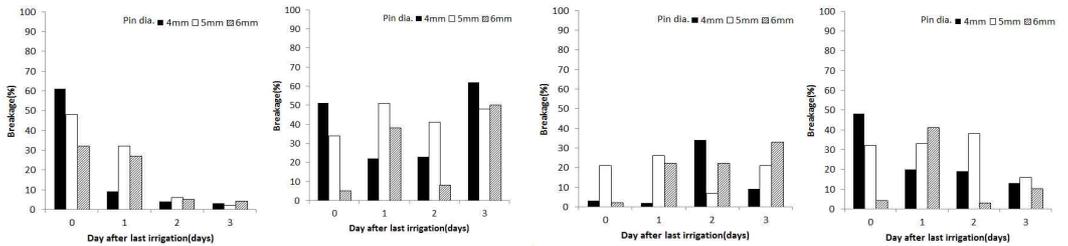
(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min

(B)모종 나이 50일



(d) 60 No/min (c) 55 No/min (b) 50 No/min (a) 45 No/min

(C)모종 나이 55일



(a) 45 No/min (b) 50 No/min (c) 55 No/min (d) 60 No/min

(D)모종 나이 60일

그림 65. HN 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

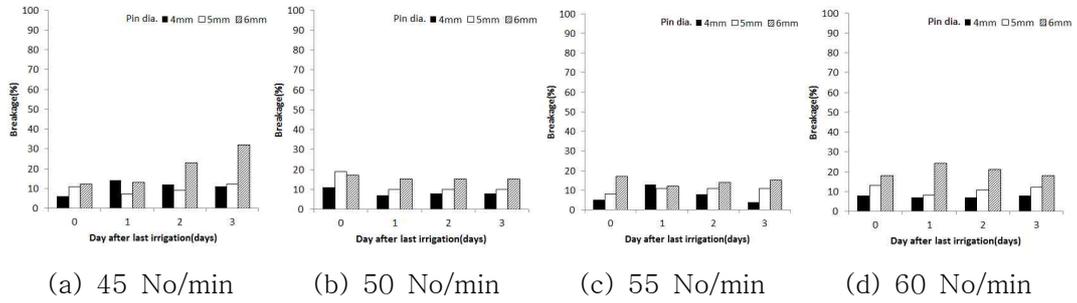


그림 66. C2 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

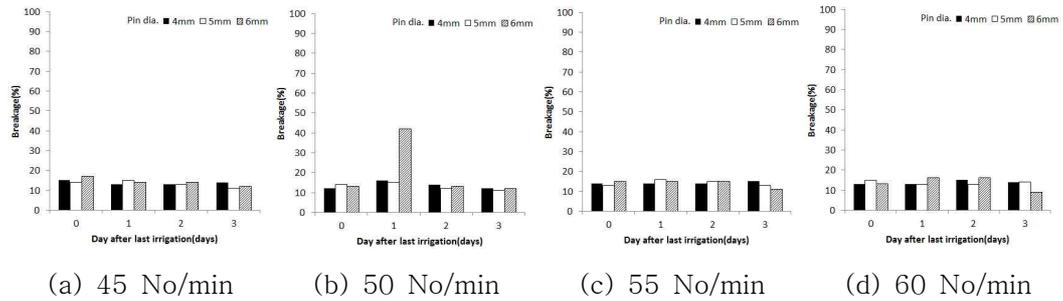


그림 67. C12 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

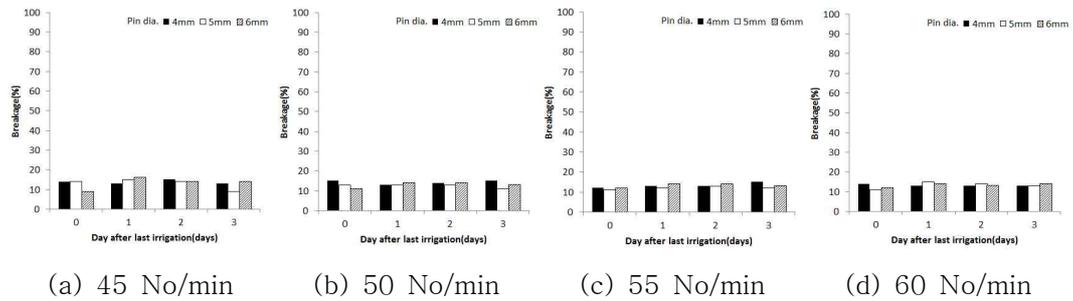


그림 68. C14 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

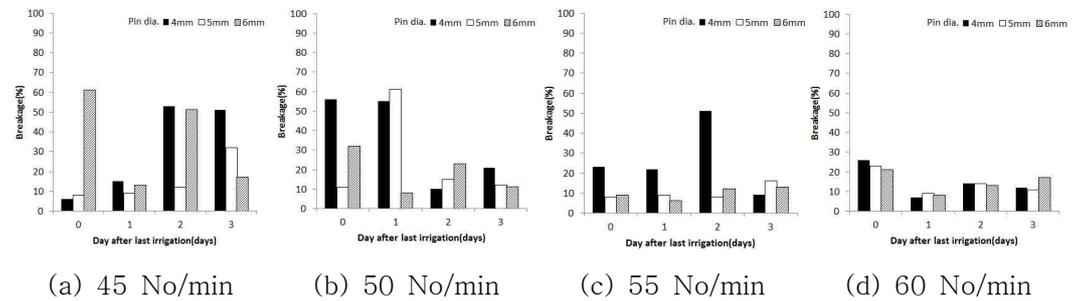


그림 69. C23 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율

그림 69는 C23 상토에서 육묘한 모종을 취출 시 모종 뿌리부 파손율을 나타낸 것이다.

정식속도 50No/min, 핀경이 6mm, 최종관수 후 경과일수 0일에서 파손율이 64%로 가장 높게 나타났고 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 핀경 6mm에서 6%로 가장 낮게 나타났다. 전체적인 파손율을 보았을 때 C형 상토보다 T형 상토가 많이 부서짐을 확인할 수 있었다. 이는 상토의 구성성분보다 모종의 성장정도에 따른 것으로 판단된다.

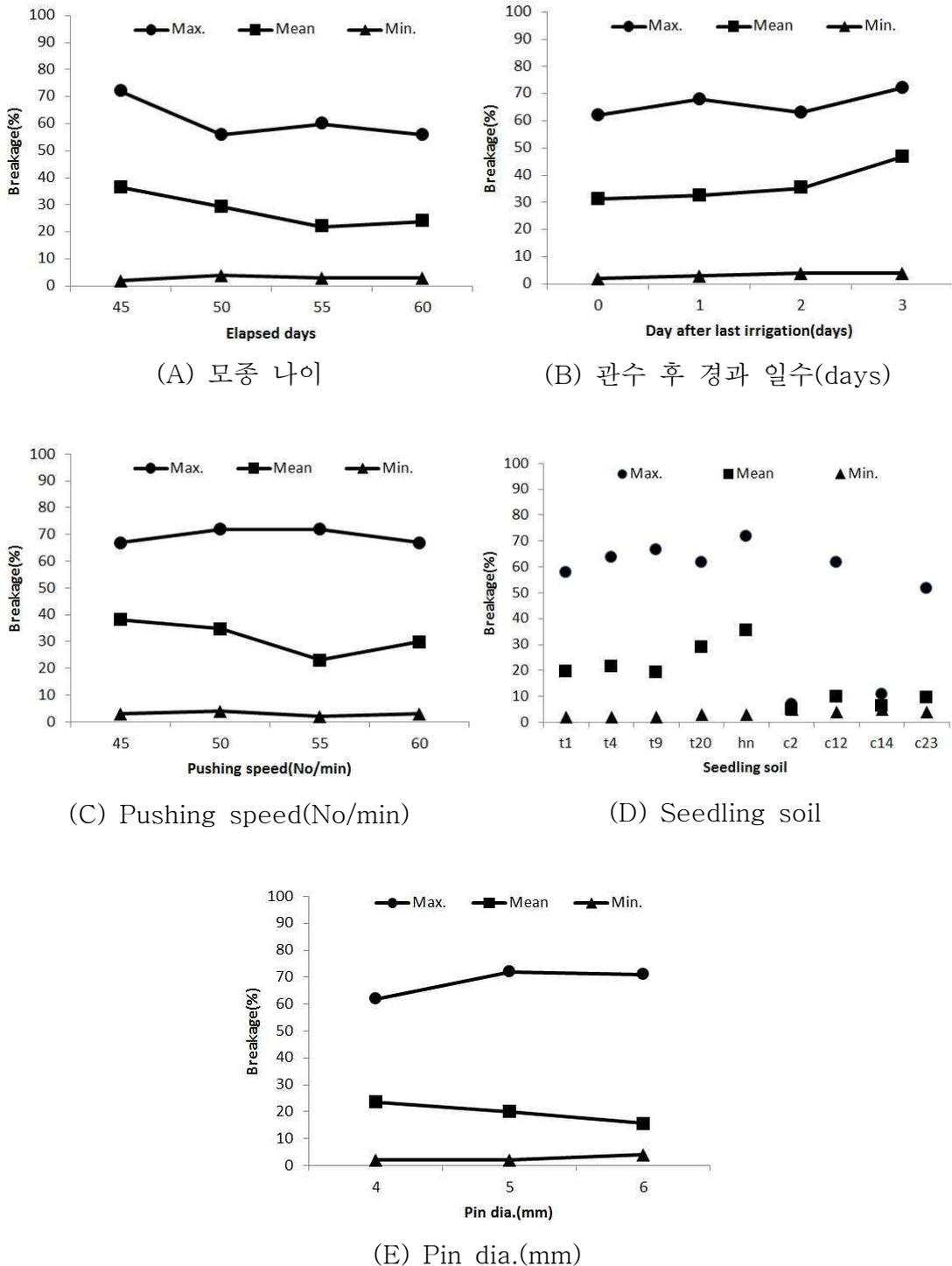


그림 70. 각 시험조건별 파손율의 평균값과 최대·최소치

시험 시 T형 상토에서 육묘한 모종의 줄기직경의 경우 6~7mm이며 C형 상토에서 육묘한 모종의 줄기직경은 8~10mm였다. 그러한 성장정도에 따라 모종 뿌리부에 있는 뿌리가 많아져서 취출 시 뿌리부가 많이 깨지지 않는 것으로 판단된다. 그림 70은 그림 61부터 그림 69에서 나타난 데이터를 시험조건별로 모두 합친 후 평균값과 최대·최소치를 나타낸 것이다. 평균값을 기준으로 하여 살펴보면 육묘일수가 많을수록, 최종 관수 후 경과일수가 작을수록, C2상토에서 키우는 것이 파손율이 작은 것으로 판단되었다.

(4) 결론

양과 플러그 묘 밀어내기 식 취출 장치의 최적 작업조건 구명에 대한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

- (가) 모종 뿌리부 상토 수분은 뿌리부의 성장정도에 따라 수분을 가지고 있는 기간이 늘어나는데, HN상토의 경우 육묘일수 45-55일, T형 상토는 50-60일 일 때 수분함유량이 높았다.
- (나) 취출 저항은 최종관수 후 경과일수 3일, 편경 4mm, 정식속도 45No/min, 상토조합 C23에서 취출 저항 2N으로 가장 낮고 모종나이가 많을수록, 정식속도가 낮을수록, 최종 관수 후 경과일수가 클수록, 편경이 작을수록 취출 저항이 낮아지는 것으로 나타났다.
- (다) 모종 뿌리부 파손율은 육묘일수 45일, 정식속도 55No/min, 최종관수 후 경과일수 1일, 편경 5mm, 상토조합 T9에서 3%로 가장 낮게 나타났다. 그러나 전체적인 경향으로 보았을 때 육묘일수가 많을수록, 최종 관수 후 경과일수가 작을수록 뿌리부 파손율이 낮아지는 것으로 나타났으며, 상토조합 C2가 여러 가지 시험조건에 대하여 파손율의 편차가 가장 작은 것으로 나타났다.
- (라) 그러므로, 육묘일수를 50일 이상, 최종 관수 후 경과일수 1일, C2상토에서 육묘하여 기계정식 하는 것이 가장 정식률이 높을 것으로 판단되었다.

나. 분송, 식부성능 시험 장치

(1) 시험장치

(가) 성능시험장치 구조

그림 71는 양과정식기 성능시험장치의 구성도이다. 양과정식기 성능시험장치의 구성은 양과정식기, 토양조, 양과정식기와 토양조의 구동전동기, 양과정식기와 토양조 구동전동기의 전력 주파수 조절용 인버터, 릴레이, 콘트롤러(PLC), 토양조 레일, 스톱퍼와 스프로킷, 스트레인 게이지, 브릿지 박스, 스트레인 증폭기, 데이터 수집기, 컴퓨터로 구성하였다. 식부성능 시험장치는 시험조건에 맞게 양과자동정식기 구동전동기의 전력 주파수 조절용 인버터와 토양조 구동전동기의 전력 주파수 조절용 인버터에 주파수를 입력한다. 그 다음 작동버튼(F-ON)을 누르면 양과정식기는 작동되고 토양조는 전진방향으로 이동한다.

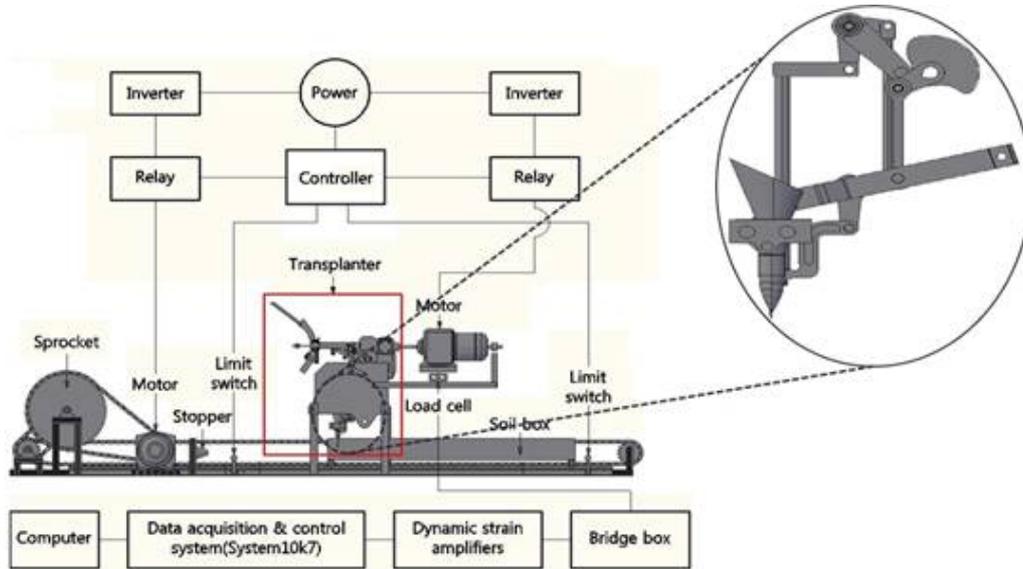


그림 71. 양파정식기 성능시험장치의 구성도

토양조가 이동하면서 전진 정지 리미트 스위치(FL)를 작동시키면 식부장치와 토양조의 작동은 멈추게 된다. 복귀를 시킬 때에는 복귀 스위치를 누르면 토양조만 후진하고 토양조가 후진 정지 리미트 스위치(RL)를 작동시키면 토양조의 복귀는 완료된다. 시험을 하다가 정지시켜야 할 경우 비상정지 버튼을 누르면 양파정식기와 토양조가 정지하게 된다.

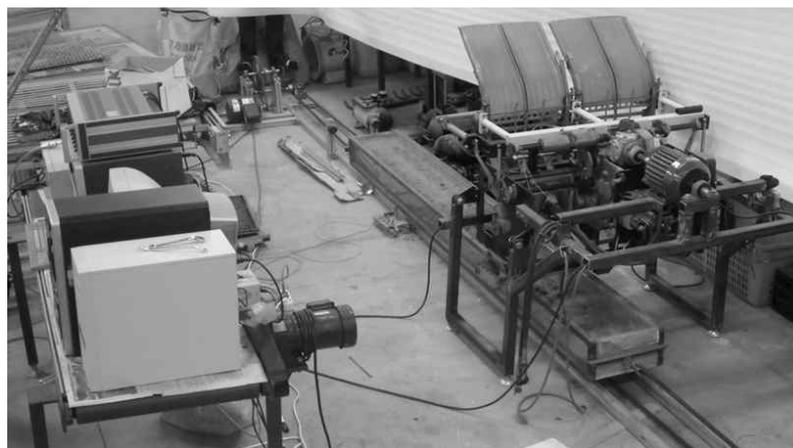


그림 72. 양파정식기 성능시험장치의 사진

그림 73은 양파정식기 식부성능시험장치의 양파정식기 구동 전동기 장착 및 식부장치의 위치를 나타낸 구성도이다.

양파정식기 구동전동기의 축과 양파정식기 구동축을 커플링으로 연결하였다. 양파정식기 구동전동기는 양축형 전동기로 개조하여 후면 축에 베어링을 설치하였다. 양파정식기 구동전동기가 구동 시 양파정식기를 구동하면서 자유롭게 움직일 수 있도록 하였다. 양파정식기 1회 정식과 양파정식기 구동전동기 회전수는 1 : 12.5 비율로 하였다. 토양조구동전동기 제원은 표 13과 같다.

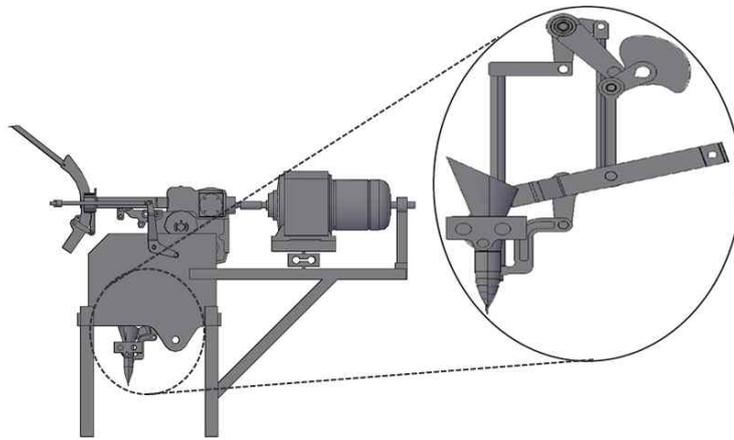


그림 73. 양과정식기 성능시험장치의 식부장치

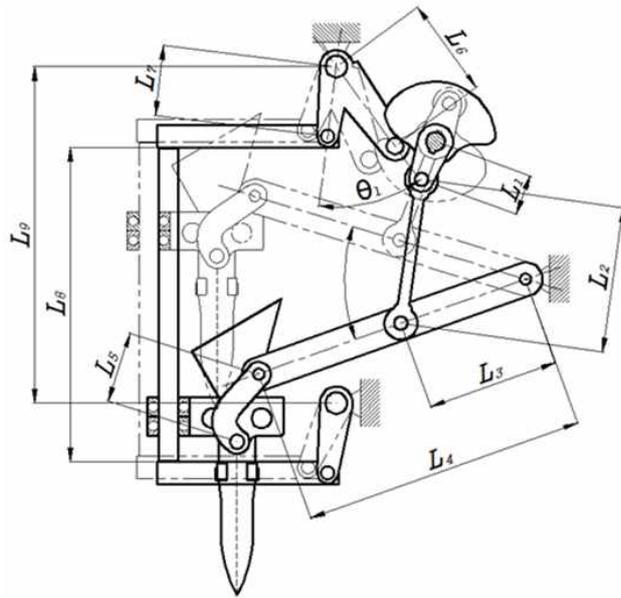
표 34. 3상 유도전동기의 재원

Electric power	0.75KW	Number of pole	4P
Voltage	220/330V	Frequency	60Hz
rpm	1730rpm	Efficiency	82.5%
Electric current	3.6/2.1A	Overload	1.15
Weight	15kg		

그림 74는 시험에 사용된 양과정식기의 식부장치 치수이다. 식부 개공기의 상하행정 228.28 mm가 되기 위해 크랭크의 길이(L_1)를 43 mm, 커넥팅 로드와 메인링크의 길이(L_4)를 300mm로 하였다. 또한 커넥팅 로드와 메인링크가 연결되는 지점(L_3)을 140mm로 하였고, LM 가이드의 길이(L_8)를 335mm로 하였다. 메인링크의 끝은 호를 그리며 상하 행정을 하기 때문에 메인링크와 식부 개공기 사이에 L 링크를 장착하여 수직으로 상하행정 할 수 있도록 길이(L_5)를 75.55mm로 하였다.

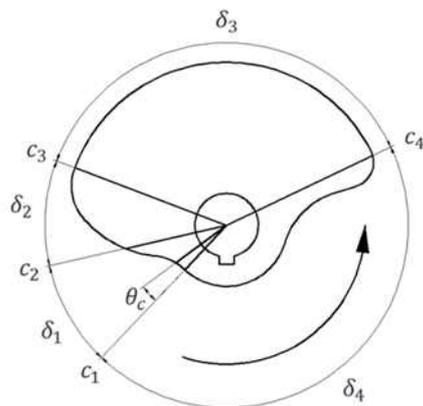
그림 75는 식부장치의 식부 캠 치수이다. 캠은 개공기-토양 상대속도가 0이 되도록 다음과 같은 치수로 하였다.

그림 76은 토양조 구성도로 양과정식기에 있는 6개 식부 개공기 중에서 2개만 사용하도록 하였다. 토양조에는 유리(1)가 설치되어 있는데 이는 식부 개공기가 토양을 개공한 단면을 보기 위해 설치하였고 나머지 면에는 나무 합판을 이용하여 제작하였다. 또한 토양조 파손을 방지하기 위해 25X25X3t ㄱ형강(2)을 이용하여 테두리를 만들어 부착시켰고 내부에는 유리면을 제외한 나머지 면에 물로 인하여 하판의 부식을 방지하기 위해 합석판(3)에 실리콘을 이용하여 붙였다. V앵글 캐스터(4)는 토양조가 레일을 따라 자유롭게 이동하며 레일에서의 이탈을 방지하기 위해 설치하였다. 체인연결고리(5)는 체인으로 토양조와 토양조구동전동기를 연결하기 위해 설치하였다. 토양조의 구동전동기가 회전하면 체인에 의해 토양조가 전·후진을 할 수 있게 된다.



	Dimensions
L_1	43mm
L_2	154.7mm
L_3	140mm
L_4	300mm
L_5	75.55mm
L_6	105mm
L_7	75mm
L_8	335mm
L_9	359mm
θ_1	43°

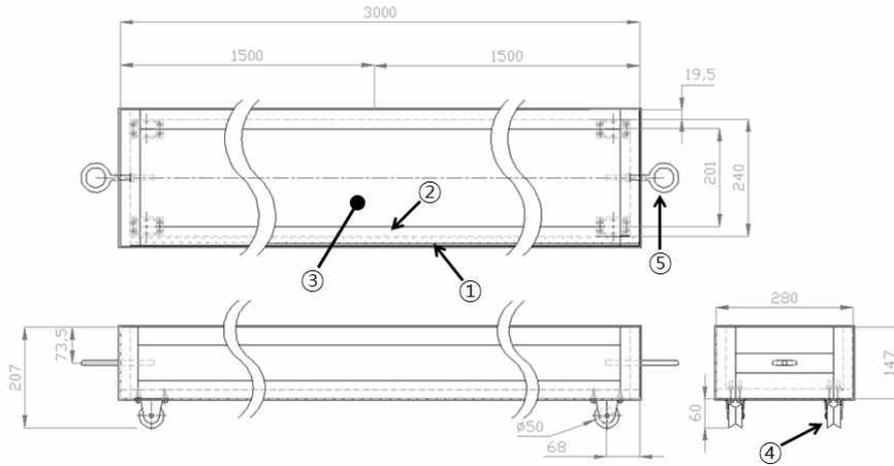
그림 74. 4절 링크-캠 방식 식부장치의 치수



	$\theta_c(^{\circ})$	$r_c(\text{mm})$
δ_1	0	24
	10	24.85
	20	28.17
	30	37.29
δ_2	33.5	40.96
	40	47.54
	50	57.26
	60	62.89
δ_3	67	64
	67-200	64
δ_4	210	41.96
	220	28.66
	230	25.3
	240-0	24

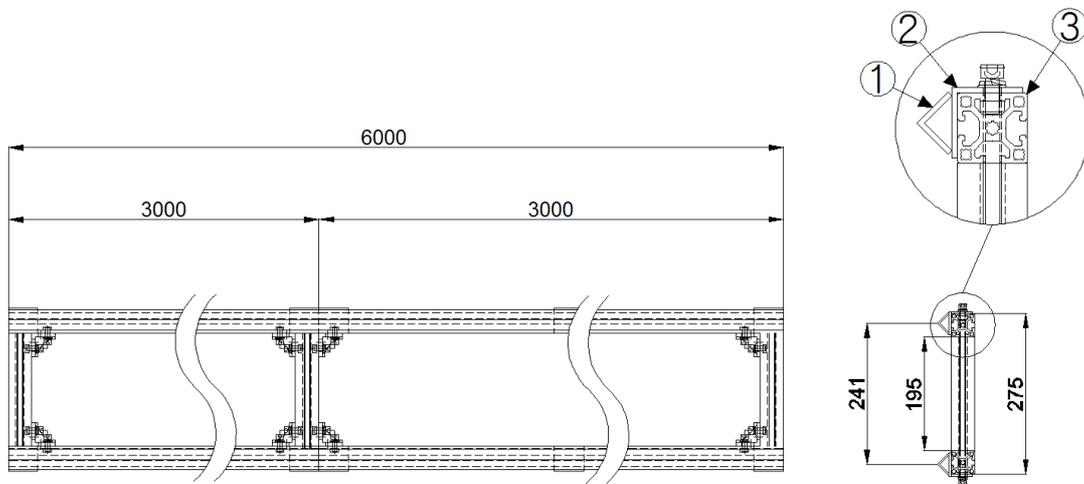
그림 75. 4절 링크-캠 방식 식부장치의 캠 치수

그림 77은 토양조 레일의 구성도이다. 정식기가 고정되어 있어 토양조가 움직여야 정식할 수 있기 때문에 정식속도 60주/분, 주간거리가 150mm일 때 30초 가동하면 4,500mm가 필요하고 토양조가 정지 할 때 토양조의 제동거리가 발생할 수 있어 1,500mm의 여유거리를 두어 총 6,000mm로 제작하였다. 전체적인 프레임은 4,040L 프로파일을 사용하였으며, 토양조의 V앵글 캐스터의 원활한 이동을 위해 ㄱ형강으로 레일을 만들었다. 4,040L 프로파일(3)에 25*25*3.2t ㄱ형강(1)을 레일로 설치하기 위해 40*40*3.2t ㄱ형강(2)에 용접하여 제작하였다.



(1) Glass, (2) Unequal legs angels, (3) Tinned sheet-iron, (4) Angle caster(V) 2'', (5) Chain connecting ring

그림 76. 토양조의 구성도



(1) Unequal legs angels, (2) Unequal legs angels (3) Profile

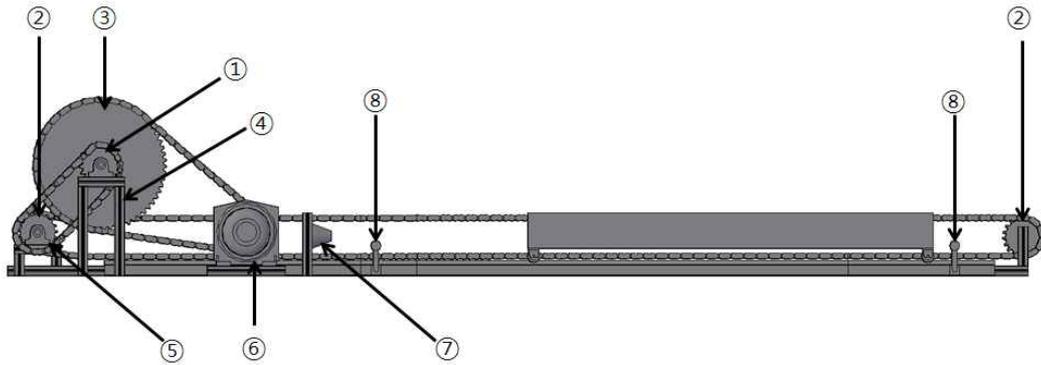
그림 77. 토양조 레일의 구성도

그림 78는 토양조 구동장치의 구성도이다. 체인은 표준40을 사용하였고, 스프라켓(1)(2)(3)은 표준 40스프라켓을 사용하였다. 스프라켓 잇수는 (1)는 10개, (2)는 19개, (3)는 63개이다. 스프라켓 설치는 4,040L 프로파일(4)로 프레임을 만들었고, 지름 20mm 샤프트, UCP204 유니트 베어링(5)을 사용하여 그림 72와 같이 설치하였다.

토양조 구동전동기(6)는 동력을 그대로 전달하면 토양조 속도가 시험 조건에 맞추기 어렵기 때문에 토양조 구동전동기의 감속비를 1 : 11.9 비율로 회전하도록 하였다. 또한 토양조 속도가 빠를 때 관성에 의한 이동으로 사고가 생길 수 있기 때문에 스톱퍼(7)를 설치하였고, 토양조와 정식기의 제어를 위해 리미트 스위치(8)를 설치하였다. 좌측 리미트 스위치는

양과정식기와 토양조의 전진구동 정지 스위치, 우측 리미트 스위치는 토양조의 후진구동 정지 스위치이다.

그림 79은 성능시험장치 작동 제어반 회로도이다. 표 14는 PLC 릴레이 배치에 관련하여 입출력 릴레이에 따른 명칭 및 기능에 대하여 작성한 것이다.



(1)(2)(3) Sprockets, (4) Profiles, (5) Bearing units, (6) Moter, (7) Stoppers, (8) Limit switches

그림 78. 토양조 구동장치의 구성도

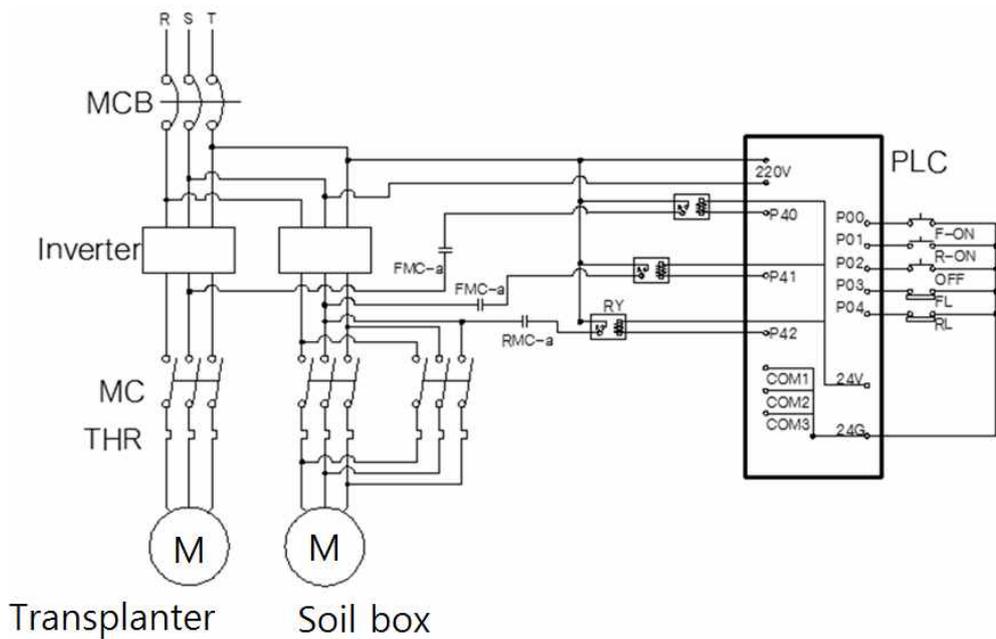


그림 79. 양과정식기 성능시험장치의 작동 회로도

제어반 구성은 회로도를 바탕으로 PLC, MCB, MC 3개, THR 3개, 릴레이 3개, 버튼스위치 3개와 리미트 스위치 2개를 사용하였으며 PLC는 각각의 버튼스위치와 리미트 스위치의 입력신호를 받아 프로그램의 작동조건에 맞는 출력을 보내 양과정식기와 토양조 작동을 제어한다. 버튼스위치는 전진버튼(F-ON), 후진버튼(R-ON)과 비상정지버튼 스위치

로 구분되어 있다. 전진버튼은 시험을 시작할 때 양파정식기와 토양조 전진 구동을 시키는 스위치이고 후진버튼(R-ON)은 시험이 끝나고 토양조를 후진시킬 때 토양 리미트 스위치는 전진 정지 리미트 스위치(FL), 후진 정지 리미트 스위치(RL)로 구분 되고 전진 정지 리미트 스위치는 시험 시작 후 5~6회 정식하고 양파정식기 식부장치와 토양조를 정지시킬 수 있게 시험시작위치 레일 끝에서 4,000mm떨어진 곳에 설치하였고 후진 정지 리미트 스위치(RL)는 시험이 끝나고 토양조를 시험시작위치로 후진시킬 때 토양조를 시작 위치에 정지시키기 위해 시험시작위치레일 끝에서 1,150mm떨어진 곳에 설치하였다.

표 35. PLC의 슬롯별 역할

I/O	Function No.	Name
Input	P0	Advance button(F-ON)
	P1	Reverse button(R-ON)
	P2	Emergency stop switch
	P3	Stop driving reverse limits switch(RL)
	P4	Stop driving advance limits switch(FL)
Output	P40	Drive advance the soil box
	P41	Drive advance the transplanter
	P42	Drive reverse the soil box

PLC프로그램 작성은 표 35를 바탕으로 플로차트를 작성하였고 작성한 플로차트에 맞게 KGL-WK프로그램을 이용하여 PLC 래더를 작성하였다. 플로차트 작성은 토양조 전진구동, 토양조 전진구동정지, 토양조 후진구동과 토양조 후진구동정지 플로차트를 작성하였다.

그림 80의 좌측은 토양조 전진구동 플로차트이다. 토양조 전진구동 작동순서는 START에서 시작하여 P00(전진버튼)을 누른다. P00(전진버튼)을 누른 후 P02(비상정지버튼)의 작동 여부를 확인한다. P02(비상정지버튼)가 ON이면 정식기의 전동기, 토양조의 전동기는 작동 및 후진을 해서는 안 된다. OFF이면 P03(후진 정지 리미트 스위치, RL)는 ON, P04(전진 정지 리미트 스위치, FL)가 OFF의 조건을 만족할 경우 P40(정식기 구동)과 P41(토양조 전진구동)은 동시에 작동된다.

그림 81의 우측은 토양조 전진구동정지 플로차트이며 작동순서는 START에서 시작하여 P40(정식기 구동)과 P41(토양조 전진구동)이 동시에 작동 중 P03(후진 정지 리미트 스위치, RL)이 OFF, P04(전진 정지 리미트 스위치, FL)이 ON의 조건을 만족할 경우 P40(정식기 구동)과 P41(토양조 전진구동)이 동시에 자동으로 정지한다.

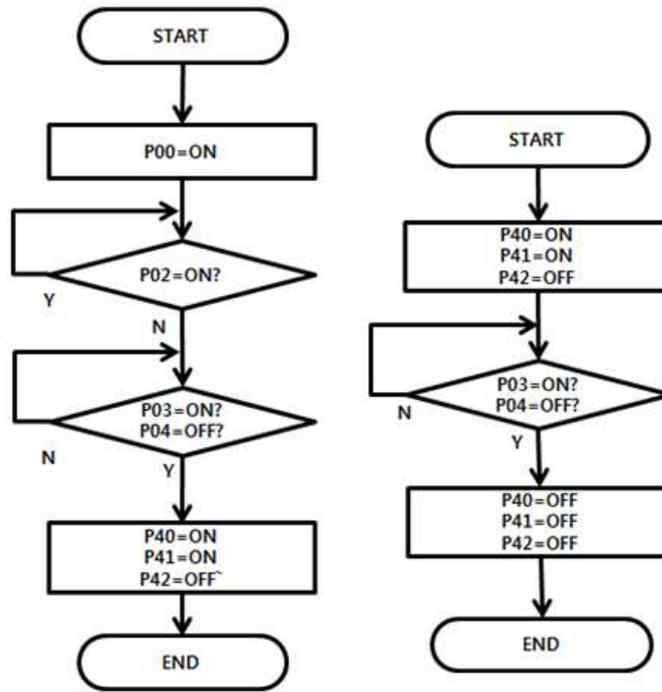


그림 80. 토양조 전진구동 플로차트(좌)와 토양조 전진구동정지 플로차트(우)

그림 81의 좌측은 토양조 후진구동 플로차트이다. 토양조 후진 작동순서는 START에서 시작하여 P01(후진버튼)을 누른다. P01(후진버튼)을 누른 후 P02(비상정지버튼)작동여부를 확인한다.

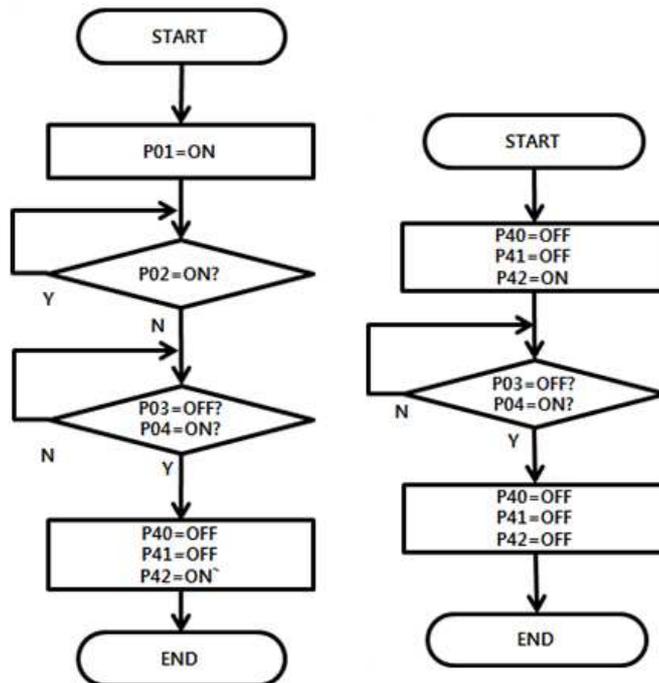


그림 81. 토양조 후진구동 플로차트(좌)와 토양조 후진구동정지 플로차트(우)

P02(비상정지버튼)가 ON이면 정식기의 전동기, 토양조의 전동기는 작동 및 후진을 해서는 안 된다. P02(비상정지버튼)가 OFF이며 P03(후진 정지 리미트 스위치, RL)은 ON, P04(전진 정지 리미트 스위치, FL)이 OFF의 조건을 만족할 경우 P42(토양조 후진 구동)가 작동 된다.

그림 81의 우측은 토양조 후진구동정지 플로차트이며 작동순서는 START에서 시작하여 P42(토양조 후진구동)가 작동 중 P03(후진 정지 리미트 스위치, RL)은 OFF, P04(전진 정지 리미트 스위치, FL)는 ON의 조건을 만족할 경우 자동으로 P42(토양조 후진 구동)는 자동으로 정지한다.

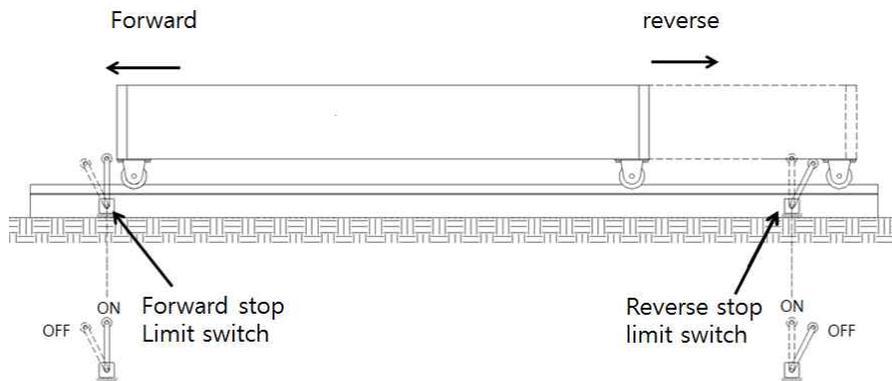


그림 82. 리미트 스위치의 작동

그림 82은 플로차트를 이용하여 토양조에 의한 리미트 스위치 작동 설명도이다. 토양조는 처음 후진 정지 리미트 스위치가 OFF, 전진 정지 리미트 스위치가 ON이 된 상태에서 토양조 전진과 정식기 작동을 할 수 있다. 그 후 토양조가 전진 정지 리미트 스위치를 밀어 OFF가 되고 토양조와 정식기가 정지하도록 하였다. 후진 정지 리미트 스위치가 ON, 전진 정지 리미트 스위치가 OFF이 된 상태에서 토양조만 후진하도록 하였다. 토양조가 후진하여 후진 정지 리미트 스위치를 밀면 토양조는 멈추게 하였다.

그림 83은 PLC 입출력릴레이 할당, 플로차트와 리미트 스위치 작동을 바탕으로 작성한 PLC ladder diagram이다.

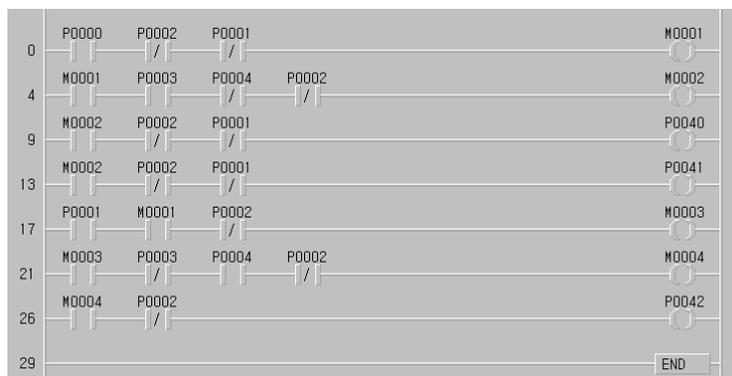


그림 83. 양과정식기 성능시험장치의 PLC ladder diagram

(나) 재료

① 모종

시험에 사용한 모종은 2가지를 사용하여 시험하였다. 첫 번째 상토(이하 C2상토)의 상토 조합은 부피 비율로 피트모스 51%, 버미큘라이트 11%, 적토 38%를 사용하였고 두 번째 상토(이하 T9상토)는 부피 비율로 피트모스 60%, 버미큘라이트 20%, 제올라이트 20%를 사용하였다. 이 상토 조합은 양과연구소에서 제시하는 상토조합으로 모종의 상태는 50일간 육묘를 하였고 관수 후 1일차를 사용하였다. 모종의 초장은 150mm만큼 잘라서 시험에 사용하였다.

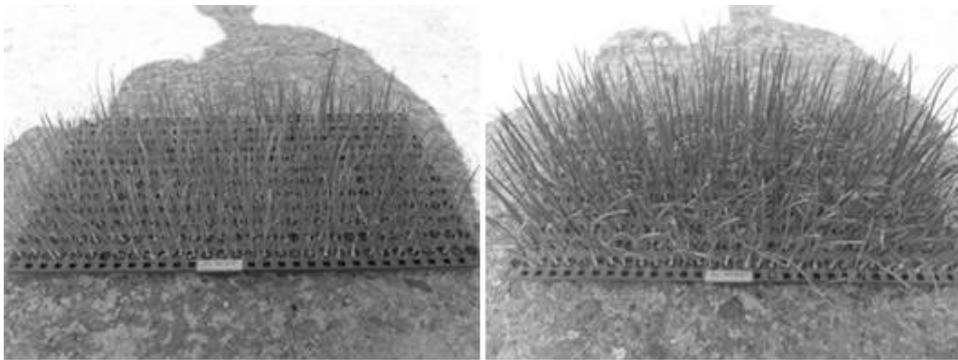


그림 84. T9 상토조합에 생육한 모종(좌)과 C2 상토조합에 생육한 모종(우)

② 토양

토양은 사질양토와 점질토 2가지 종류를 사용하였다. 농촌진흥청의 농업용어사전에 따르면 사질토는 모래입자와 점토의 함유율이 많은 토양으로 보수성이 약하고 투수성이 크며 작물에 필요한 영양분이 적으나 통기성이 좋고 유기물의 분해가 빠르다고 하였다. 점질토는 점토함량이 높은 토양으로 모래나 실트에 비해서 단위 무게 당 표면적이 훨씬 넓으므로 토양 중에서는 부식과 함께 가장 활동적인 부분이며, 수분 및 양분의 보유력이 강하다고 하였다. 로터리 작업한 토양을 토양조에 식부 개공기가 개공 시 60mm를 관입 할 수 있도록 쌓아 놓았다.

(2) 시험 방법

(가) 시험조건

정식 시험은 각 시험 당 2개의 식부 개공기로 6회 정식하였고, 사질양토와 점질토 두 가지 토양을 사용하였으며, 수분 함유량 10%, 20%, 30%, 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분으로 하였다. 주/분은 분당 정식 횟수이다.

(나) 조사내용

① 정식률 조사

정식률 조사는 양파정식기로 토양조에 정식하였을 때 모종이 정상적으로 정식한 개수를 퍼센트로 조사하였다. 정식률은 식부 성공으로 하였고, 정식률 조사는 두 가지 시험으로 조사하였다. 첫 번째는 모종이 심어져 있는 모종판을 양파정식기에 넣어 양파정식기가 정식하였을 때 정식률을 조사하였다. 두 번째는 모종의 뿌리부 상토를 0%에서 100%까지 10%로 단위로 파손하여 모종핑거에 넣은 후 양파정식기로 정식하였다. 이때의 정식률을 조사하였다. 결주율은 모종의 뿌리부 상토가 식부깊이 10mm 미만인 상태거나 호퍼에서 배출되지 않았을 때이다.

② 모종자세 조사

그림 85와 같이 모종자세가 45° 이상 기울어지면 생육에 문제가 되기 때문에 좋은 모종 자세로 정식해야만 한다. 모종자세 조사는 모종의 줄기가 수직으로 서 있을 때를 0° 로 하였고 정식 성공한 모종의 뿌리부 상토 상단에서 줄기의 50mm지점까지를 각도기로 기울기를 조사하였다.

③ 개공폭 조사

그림 85는 모종의 기울기와 개공폭의 정의를 나타내고 있다. 개공폭이 작을수록 모종이 안정적인 자세를 유지할 수 있다. 개공폭 조사는 식부 개공기가 토양조에 모종을 정식 후 만든 개공홈의 횡방향 폭을 자로 조사하였다. 개공폭을 조사하여 식부 개공기의 직경과 비교해 밀립 거리를 알 수 있다.

④ 식부장치 정식동력 측정

그림 86은 식부장치 정식동력을 측정하는 방법을 나타내는 구성도이다. 식부장치 정식동력은 양파정식기 구동 전동기가 반시계방향으로 회전을 하는데, 이때 시계방향으로 반발력이 생긴다. 이 반발력을 측정하기 위해 양파정식기 구동 전동기 밑에 사각 파이프를 설치하였다. 그리고 우측하단에 스트레인 게이지가 4매 부착된 로드 셀을 설치하였다. 양파정식기 구동전동기의 구동축 중심에서 로드셀의 중심까지의 거리는 0.45m이다.

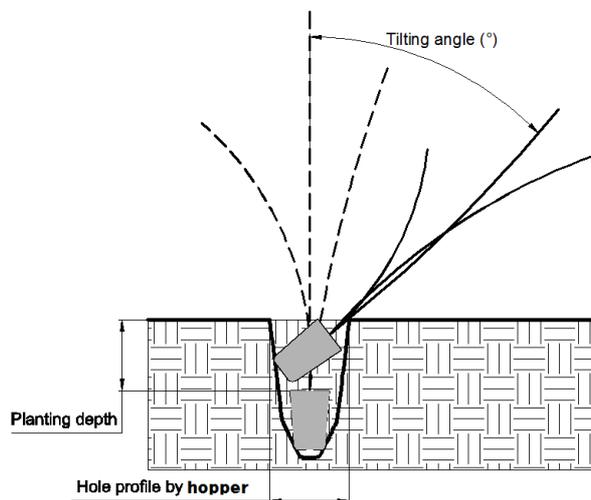


그림 85. 모종자세와 개공폭의 정의

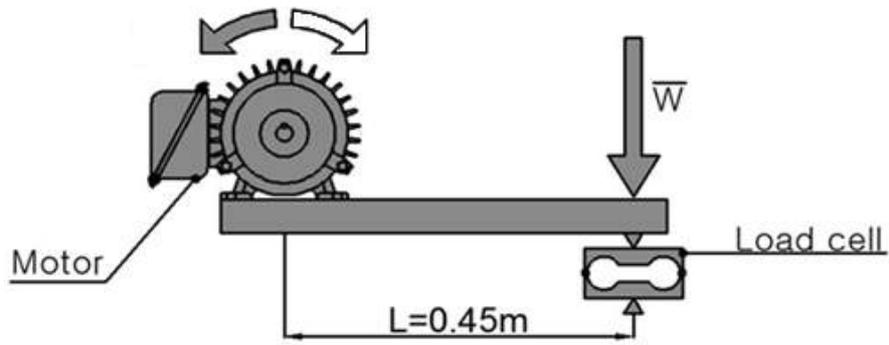


그림 86. 식부장치 정식동력의 측정방법

로드 셀을 중심에 한 점으로 힘을 가할 수 있도록 사각 파이프와 로드 셀 사이에 볼트를 넣었다. 즉, 양파정식기 구동 전동기가 구동하면 반발력에 의해 밑에 있는 사각 파이프가 로드 셀에 힘을 가하여 스트레인 값을 측정하게 하였다. 식부장치가 토양을 개공 시 로드셀에 전달되는 스트레인 값은 로드 셀과 연결된 스트레인 증폭기(표 36)에 의해 검출, 증폭, 출력되며, 이때 출력된 아날로그 신호는 데이터 계측장치(표 37)에 입력되어 디지털 값으로 변화시킨 후 RS232통신을 통해 컴퓨터(표 38)에 입력되게 하였고, 이 자료들을 Quick basic(표 39)을 이용하여 자료를 처리하였다.

표 36. 스트레인 앰프의 규격.

Item	Details
Model	DPM-700B (Kyowa co., Japan)
Power source	AC 110V
Sensitivity, S/N ratio	$2/10 \times 10^{-6}$, 52db, 8ch
Range	100 ~ 2000 $\mu\epsilon$, 200 was selected

표 37. 데이터 계측장치의 규격

Item	Details
Model	System 10 K7 (Daytronic co., U.S.A)
Power source	AC 220V
Analog to Digital	Quad Voltage conditioner card($\pm 5V$ DC)
Co mmunication	RS-232C to PC

표 38. 데이터 처리용 컴퓨터

Item	Details
Computer	Intel Pentium - 75MHz, RAM 16Mb
OS	Windows 98 SE
Language	Quick BASIC
Monitor	Samsung color monitor (800 \times 600)

표. 39 Quick basic 프로그램

```

CLS
OPEN "COM2:2400 ,N ,7 ,2" FOR RANDOM AS #1
OPEN " C:\DATA\45-12.TXT" FOR RANDOM AS #2
100
PRINT #1, "dmp 1"
INPUT #1, dat
LOCATE 2, 2
PRINT USING "STRAIN : #####"; dat;
PRINT #2, USING " ##### "; dat;
LOCATE 5, 2

200
PRINT " 프로그램을 끝내려면 아무키나 눌러주세요 "
I$ = INKEY$
IF I$ = "" THEN GOTO 100
END
    
```

그림 87의 좌측은 정식 시 로드셀 하중을 측정한 그래프이고, 우측은 공회전시 로드셀 하중을 측정한 데이터 그래프이다.

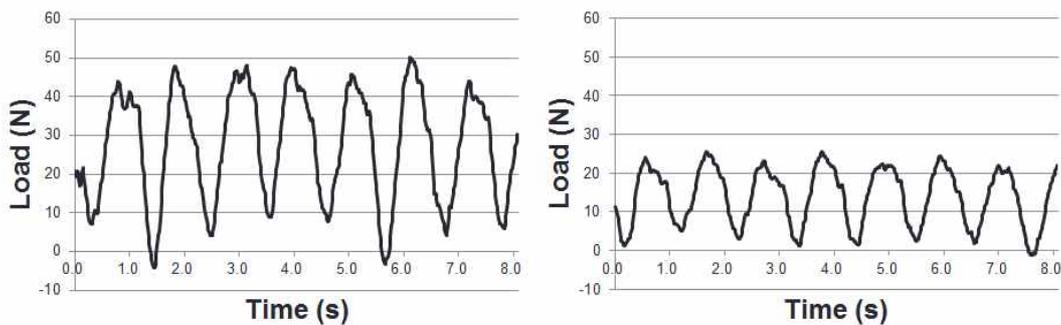


그림 87. 정식 시 로드셀 하중을 측정한 그래프(좌)와 공회전시 로드셀 하중을 측정한 데이터 그래프(우)

측정한 하중 데이터는 노이즈가 심하여 이동평균으로 필터링하였다. 동력은 측정된 하중으로 다음과 같은 공식을 사용하여 구하였다.

$$W = N \times m \times w \quad (1)$$

- W : 동력
- N : 하중
- m : 레버길이
- w : 회전축각속도

식(1)에서 N 은 스트레인 값을 선형 회귀식을 이용하여 구한 값이고, m 은 양과정식기 구동 전동기 구동축의 중심에서 로드셀의 중심까지의 거리(0.45m)이다. w 는 회전축각속도로 분당 개공 회수에 2π 를 곱한 값이다. 공회전시 하중은 정식기 밑에 토양이 없는 상태에서 측정하였다. 식부 개공기 관입 시 최대정식동력은 정식시 최대정식동력평균에 공회전시 최대정식 동력 평균의 차로 구하였다.

⑤ 토양 수분 함유량 조사

처음 토양을 일광 건조시켜 수분을 증발 시킨 후 토양의 샘플 만들어 무게와 수분 함유량을 측정하였다. 측정한 샘플 무게와 수분 함유량에 대한 10%의 수분 무게를 계산하여 토양 수분을 구하였다. 그 후 토양조에 있는 토양의 무게를 샘플에 대해 비율을 계산하여 토양조에 관수하였다. 관수는 토양조의 토양이 수분 함유량 10%, 20%, 30%가 될 수 있도록 하였고 일정량의 물을 물 조리개로 뿌렸다. 물을 뿌린 후 2시간 후에 교반작업을 하여 물이 골고루 토양에 스며들 수 있도록 하였다. 수분 함유량을 측정하기 위해 건조기를 사용하였다. 토양수분 측정은 저울과 건조기를 이용하여 식(2)와 같이 계산하였다.

$$\text{토양 수분} = \left(\frac{\text{토양 내 물의 무게}}{\text{토양 + 물의 무게}} \right) \times 100(\%) \quad (w \cdot b) \quad (2)$$

(3) 결과 및 고찰

(가) 식부장치 종류별 식부궤적 비교

각 식부장치별로 CAD를 이용하여 작도한 식부 개공기의 식부궤적은 그림 88, 89, 90와 같다. 그림 88은 주간거리 120mm일 때 양과정식기 식부 개공기의 식부궤적과 식부장치 종류별 식부 개공기의 식부궤적들을 비교한 데이터이다. 상하행정정은 228.28 mm, 개공 깊이는 60mm를 기준으로 하였다. 식부장치의 식부 개공기가 토양에 관입하여 토출하는 동안 밀림 거리는 휠 방식이 15.2mm, 로터리 방식이 5.25mm, 4절 링크 방식이 42.45mm, 4절 링크-캠 방식이 9.89mm로 나타났다. 4절 링크 방식이 가장 밀림거리가 컸고 로터리 방식이 가장 작게 나타났다.

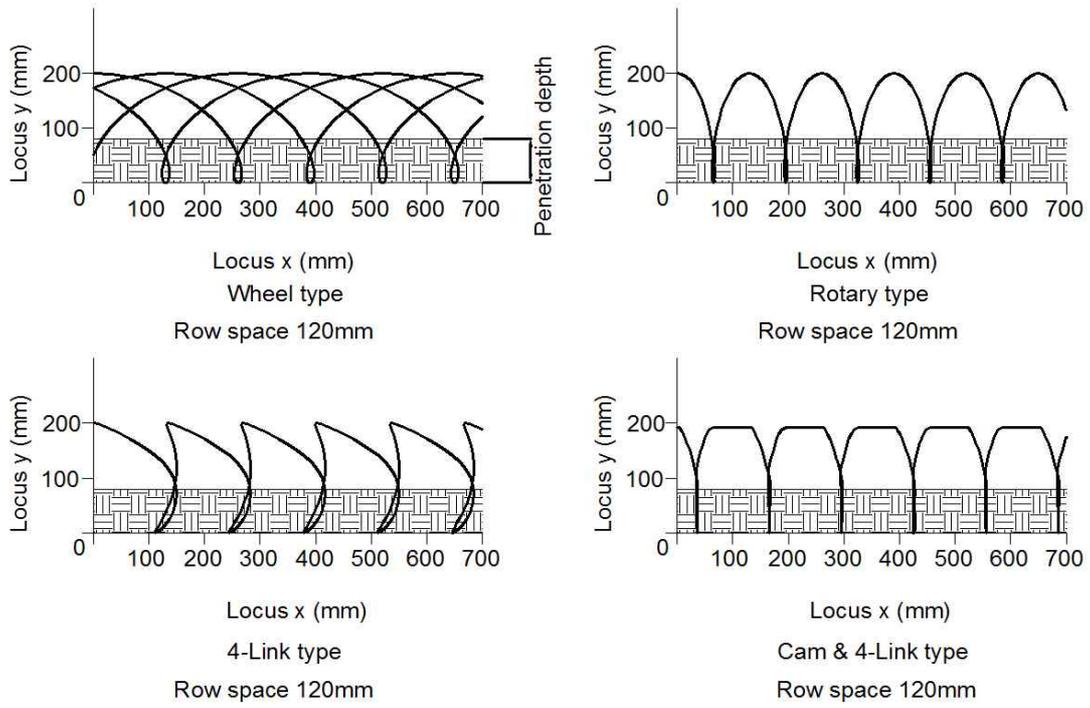


그림 88. 식부장치 식부 개공기의 식부궤적(주간거리 120mm)

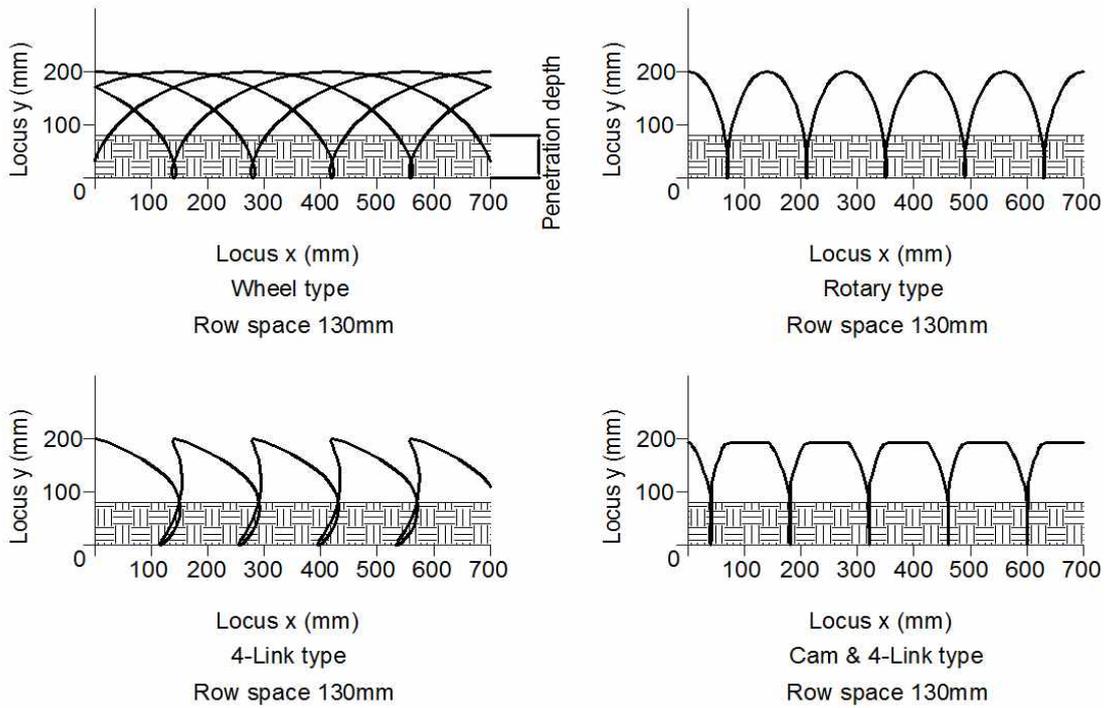


그림 89. 식부장치 식부 개공기의 식부궤적(주간거리 130mm)

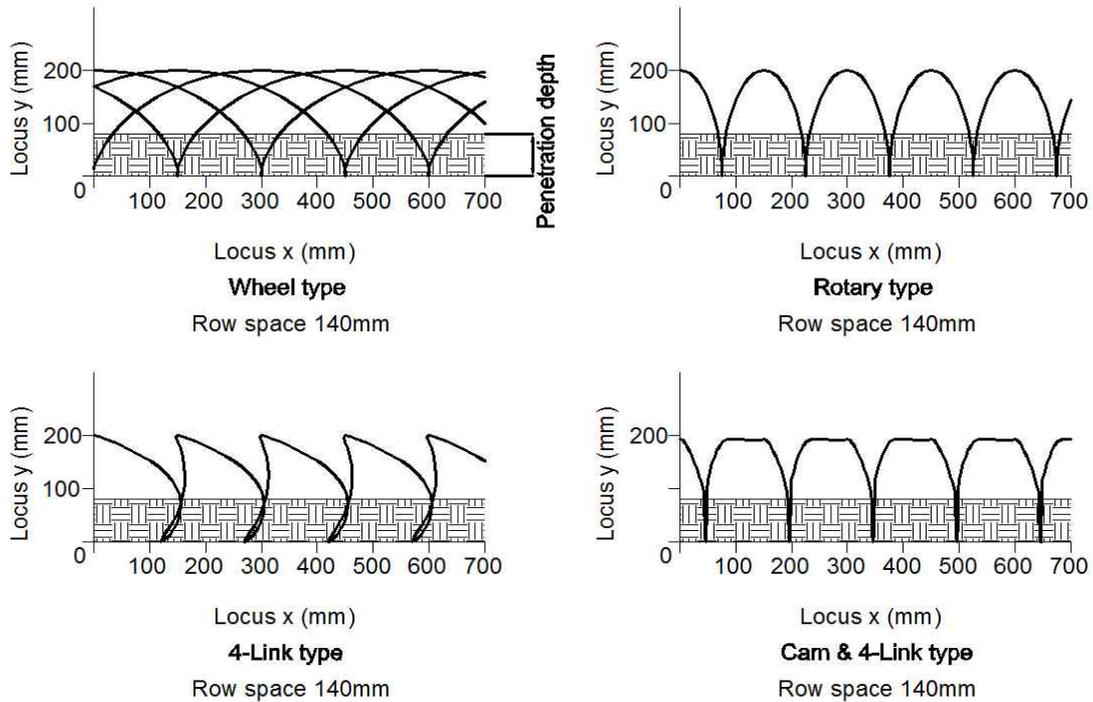


그림 90. 식부장치 식부 개공기의 식부궤적(주간거리 140mm)

그림 89는 주간거리 130mm일 때 양과정식기 식부 개공기의 식부궤적과 식부장치 종류별 식부궤적들을 비교한 데이터이다. 상하행정정은 228.28 m, 개공 깊이는 60mm를 기준으로 하였다. 식부장치의 식부 개공기가 토양에 관입하여 토출하는 동안 밀림거리는 휠 방식이 27.16mm, 로터리 방식이 4.6mm, 4절 링크 방식이 41.18mm, 4절 링크-캠 방식이 4.21mm로 나타났다. 4절 링크 방식이 가장 밀림거리가 컸고 4절 링크-캠 방식이 가장 작게 나타났다. 그림 90은 주간거리 140mm일 때 양과정식기 식부 개공기의 식부궤적과 식부장치 종류별 식부궤적들을 비교한 데이터이다. 상하행정정은 228.28mm, 개공 깊이는 60mm를 기준으로 하였다. 식부장치의 식부 개공기가 토양에 관입하여 토출하는 동안 밀림거리는 Wheel 방식이 43.97mm, 로터리 방식이 9.03mm, 4절 링크 방식이 39.16mm, 4절 링크-캠 방식이 16.09mm로 나타났다. Wheel 방식이 가장 밀림거리가 컸고 로터리 방식이 가장 작게 나타났다. 본 시험에서 밀림거리가 가장 작은 경우는 4절 링크-캠 방식 식부장치로 주간거리 130mm로 정식할 때이며 밀림거리는 4.21mm로 나타났다. 이는 전체적으로 로터리 방식이 평균적으로 밀림거리가 작게 나타나지만 개공기-토양 상대속도가 될 가능성은 없어보였다. 4절 링크-캠 방식은 가장 적은 밀림거리를 가졌고 캠의 모양을 재설계한다면 개공기-토양 상대속도를 0이 될 가능성이 있다고 판단된다.

(나) 4절 링크-캠 방식 식부장치 성능

① 모종판에 심어진 상태에서 정식 시 정식률

정식시험은 각 시험 당 2개의 식부 개공기로 6회 정식하였고, 사질양토와 점질토 두 가지 토양을 사용하였으며, 수분 함유량 10%, 20%, 30%, 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분으로 하였다. 주/분은 분당 정식 횟수이다.

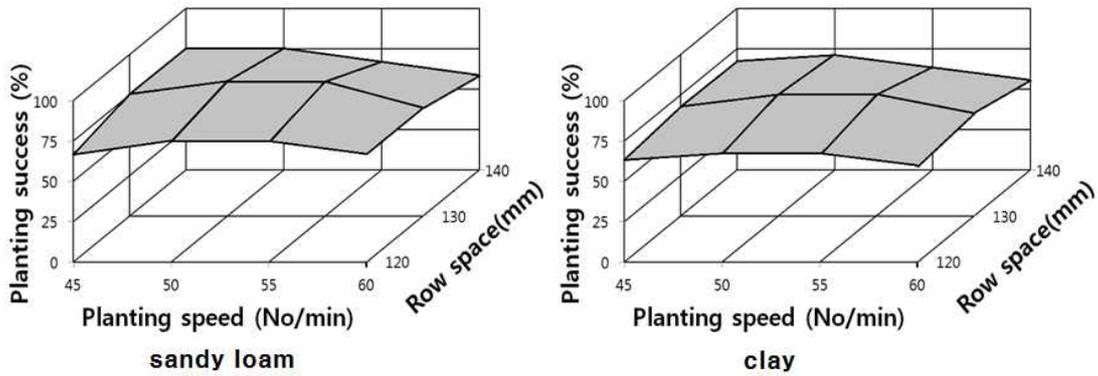


그림 91. T9 상토에 육묘한 모종을 모종판에 심어진 상태에서 정식률을 사질양토와 점질 토에 대한 비교

그림 91은 T9 상토에 육묘한 모종을 모종판에 심어진 상태에서 정식률을 사질양토와 점질 토에 비교하기 위해 나타낸 3D 그래프이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 정식 성공률, z축은 주간거리를 나타낸다. 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 정식률을 나타내고 있다. T9상토로 육묘한 모종은 사질양토에서 정식률이 전체평균 72.22%, 점질토에서 정식률이 전체평균 66.39%로 나타났다. 정식률은 사질양토에서 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분일 때 83.3%로 정식률이 가장 좋았고, 점질토에서는 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분, 55주/분일 때 75%로 가장 정식률이 좋았다.

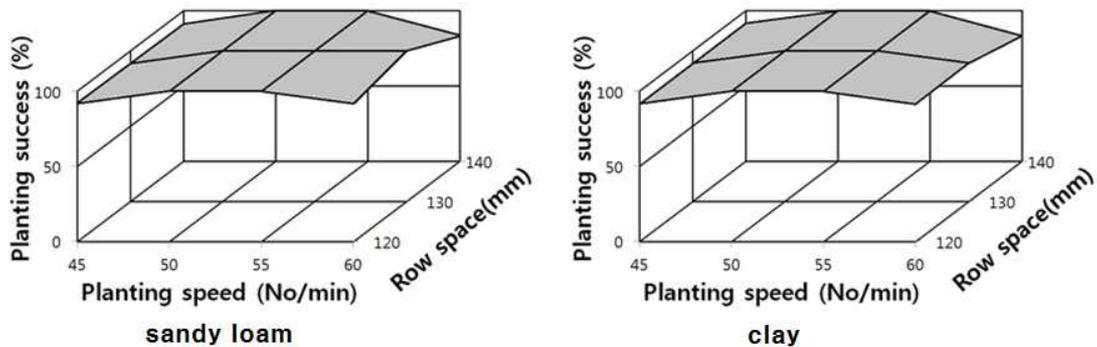


그림 92. C2상토로 육묘한 모종을 모종판에 심어진 상태에서의 정식률을 사질양토와 점질 토에 대한 비교

그림 92는 C2상토로 육묘한 모종을 모종판에 심어진 상태에서 정식률을 사질양토와 점질 토에 대한 비교하기 위해 나타낸 3D 그래프이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 정식 성공률, z축은 주간거리를 나타낸다. 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 정식률을 나타내고 있다. 두 시험의 정식률은 평균 96%의 정식률을 보였다. 정식속도 50~55주/분, 주간거리 130mm에서 100%의 정식률을 보였고 토양의 차이는 없었다.

전체적인 그래프의 성향은 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분일 때 가장 좋은 정식률을 보이며 주간거리 140mm, 정식속도 60주/분일 때 정식률이 가장 떨어진다는 것을 알 수 있었다. 정식속도가 낮을 때는 모종 핑거에서 모종이 자유낙하를 해야 하는데 속도가 낮아 모종 핑거에서 빠져나오지 못하는 경우가 생겨 결주가 생겼다. 정식속도가 높을 때는 모종 핑거의 낙하 속도가 빨라 모종이 호퍼가 아닌 다른 곳으로 날아가거나 모종 취출핀에 의해 파손되기도 하였다. 일정 속도를 벗어나면 정식률이 떨어지지만 유지하며 정식한다면 100%의 정식률을 보이는 것을 알 수 있었다.

② 뿌리부 상토 파손에 따른 정식률

그림 93은 뿌리부 상토 파손율, 정식속도, 정식률의 관계를 나타낸 그래프이다. 정식속도와 관계없이 파손율 0%에서 40%까지 정식률은 100%로 정식하였다. 모종의 상토 파손율이 50%부터 정식률이 떨어졌고 모종관에 심어진 상태에서 정식률 시험에서도 언급했듯이 정식속도가 빠를수록 정식률이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이는 모종의 형태가 유지될수록 정식률이 좋아진다는 것을 알 수 있었다. 즉 모종의 파손율이 높을수록 모종 핑거가 모종을 잡지 못하여 식부 개공기에 전달되지 못한 것으로 판단된다.

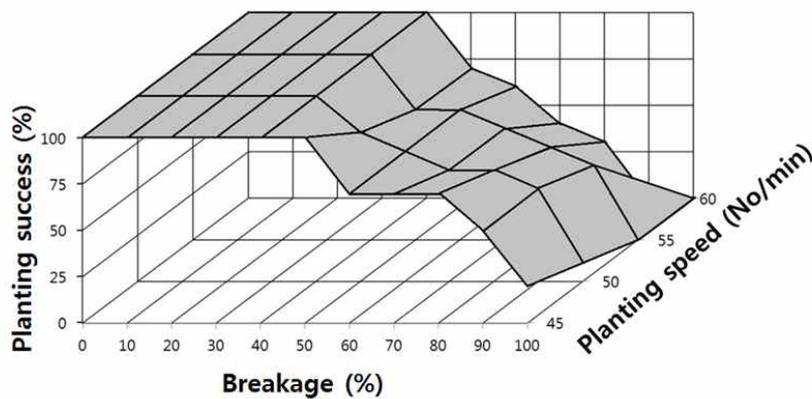


그림 93. 뿌리부 상토 파손율, 정식속도, 정식률의 관계

③ 모종자세 조사

그림 94은 C2로 육묘한 모종의 자세를 사질양토와 점질토에 대한 비교하기 위해 나타낸 3D 그래프이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 모종 기울기, z축은 주간거리를 나타낸다. 정식 성공한 모종에 한하여 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 모종 기울기를 나타내고 있다.

사질양토에서 전체 모종 기울기평균은 13.9°로 나타났고 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분일 때 평균 11.2°로 가장 좋게 나타났다. 점질토에서 전체 모종 기울기평균은 28.8°로 나타났으며, 주간거리 130 mm, 정식속도 50주/분일 때 평균 23°로 가장 좋게 나타났다.

전체 모종 기울기평균은 점질토보다 사질양토가 평균 14.9°나 덜 기울어졌다. 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분일 때 사질양토가 평균 11.8°나 덜 기울어져 좋은 모종자세로 나타났다. 정식속도가 높을 때는 식부 개공기가 빠르게 움직이면서 모종이 흔들려 기울기가 커진 것으로 판단되고 정식속도가 낮을 때는 바르게 정식되었지만 식부 개공기가 천천히 토출되면서 모종의 줄기를 살짝 건드려 기울어진 것으로 판단된다.

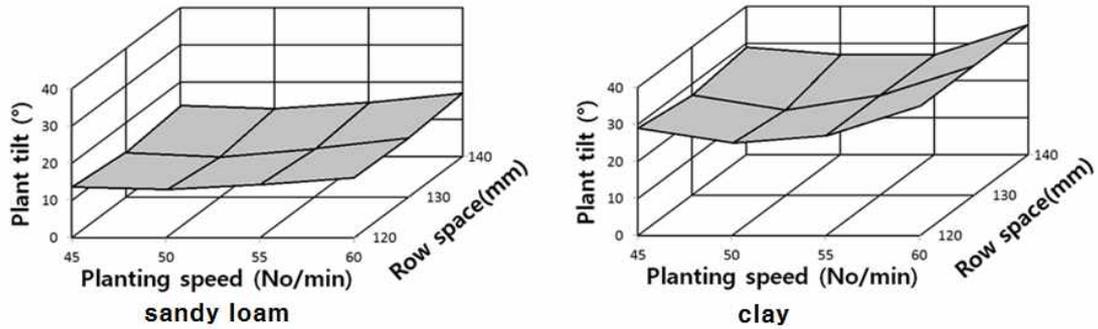


그림 94. 모종자세의 사질양토와 점질토에 대한 비교

그리고 점질토의 경우 정식 후 토양이 모종을 도복하지 못했지만 사질양토는 정식 후 토양이 모종을 일부 도복하여 자세를 수직으로 유지할 수 있었던 것으로 판단된다. 또한 주간거리의 변화에 대해서는 차이가 없었다는 것을 알 수 있었다.

④ 횡방향 개공폭 조사

그림 95는 식부 개공기가 토양조에 관입-토출하여 만든 횡방향 개공폭을 사질양토와 점질토에 대한 비교하기 위해 나타낸 3D 그래프이다.

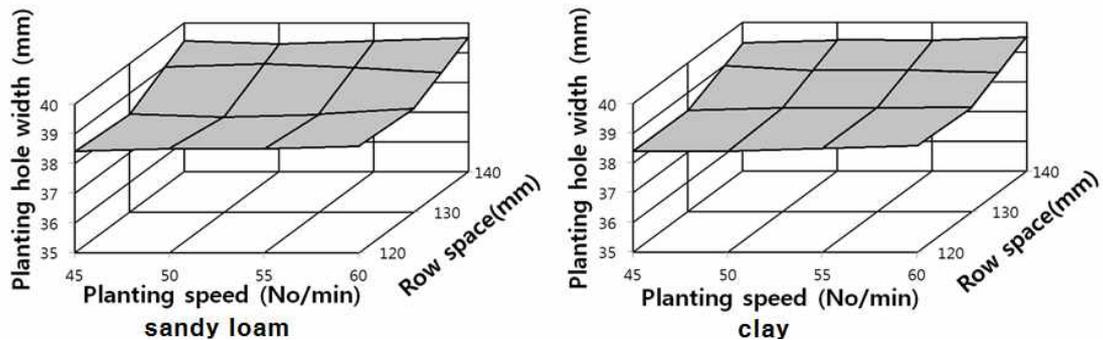


그림 95. 식부 개공기 횡방향 개공폭의 사질양토와 점질토에 대한 비교

x축은 분당 정식횟수, y축은 횡방향 개공폭, z축은 주간거리를 나타낸다. 주간거리 120 mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 개공폭을 나타내고 있다. 사질양토에서 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분, 55주/분일 때 개공폭이 평균 38.2mm로 가장 작았고, 점질토에서 주간거리 130mm, 45주/분일 때 개공폭이 평균 38.4 mm로 가장 작았다. 두 토양과 정식속도에 대한 차이는 거의 없었지만 주간거리가 길어질 수록 개공폭이 넓어졌다. 가장 작은 개공폭은 사질양토에서 주간거리 130mm, 정식속도 50 주/분, 55주/분일 때 개공폭이 평균 38.2mm로 식부 개공기의 직경 34mm보다 커 4.2mm 밀 림이 생김을 알 수 있었다. 식부장치 종류별 식부궤적 비교에서 4절 링크-캠 방식은 주간 거리 130mm일 때, 밀림거리가 4.21mm로, 실제 시험과 차이가 0.01mm로 나타나 이론과 일치한다는 것을 알 수 있었다.

⑤ 최대정식동력

그림 96은 양파정식기 성능시험장치의 스트레인 게이지 시스템을 이용해 양파정식기의 하중을 측정하여 사질양토와 점질토에 대한 비교하기 위해 나타낸 3D 그래프이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 하중, z축은 주간거리를 나타낸다. 정식 성공한 모종에 한해서 분당 정식횟수와 주간거리에 대한 하중을 나타내고 있다.

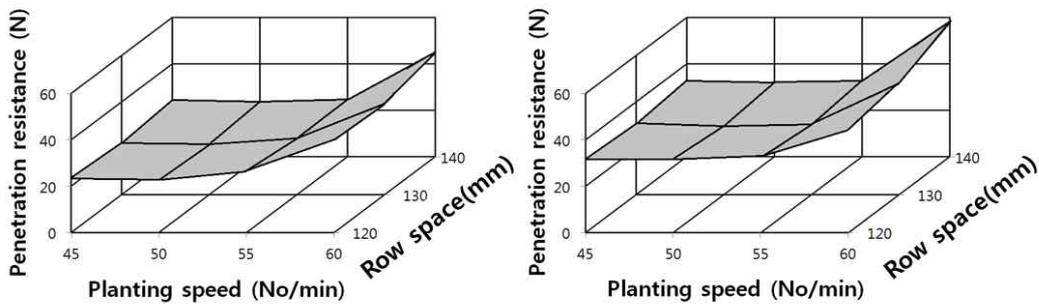


그림 96. 양파정식기의 하중을 측정하여 사질양토(좌)와 점질토(우)에 대한 비교

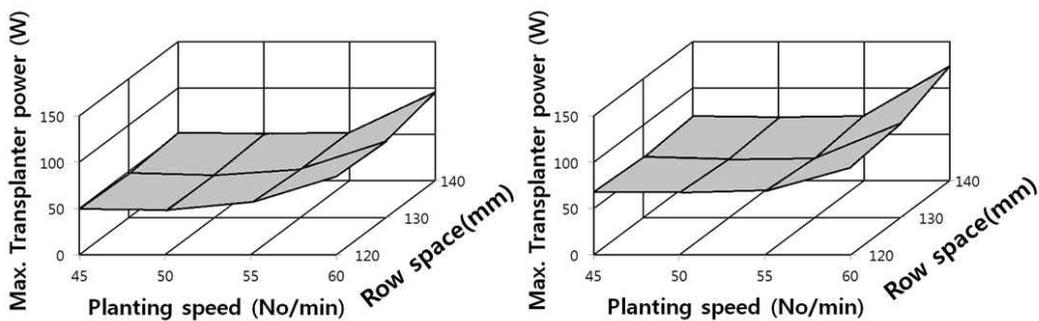


그림 97. 양파정식기의 정식동력을 계산하여 사질양토(좌)와 점질토(우)에 대한 비교

그림 97은 측정한 하중을 식(1)에 대입하여 정식동력을 구한 3D 그래프이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 정식동력, z축은 주간거리를 나타낸다. 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 하중을 나타내고 있다.

최대정식하중평균은 정식속도 60주/분, 주간거리 140mm일 때 사질양토가 45.08N, 점질토가 58.6N으로 나타났다. 식(1)을 이용하여 하중을 최대정식동력평균으로 구하였고 각각 95.54W, 124.21W로 나타났다. 전체적으로 정식 시 60주/분일 때 가장 정식동력이 많이 사용된다. 이는 힘과 속도가 높기 때문에 당연한 결과로 판단된다. 또한 정식속도 60주/분일 때 양파정식기 식부 개공기가 토양을 관입한 상태에서 생긴 밀림과 토양의 마찰저항 때문에 필요이상의 동력이 필요했던 것으로 판단된다. 즉, 정식 시 개공기-토양 상대속도가 0이 되지 않으면 동력 소모가 크다는 것을 알 수 있었다.

⑥ 수분 함유량에 대한 최대정식동력

그림 98은 사질양토의 최종관수 후 경과 일수에 따른 양과정식기의 정식동력을 측정한 3D 그래프이다. (A)는 관수 후 경과 1일, (B)는 관수 후 경과 2일, (C)는 관수 후 경과 3일, (D)는 관수 후 경과 4일이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 정식 동력, z축은 주간거리를 나타낸다. 사질양토의 수분 함유량 20%, 관수 후 경과 1, 2, 3, 4일차를 기준으로 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 정식동력 그래프이다. 전체적 경향은 관수 후 1일차에 정식동력이 가장 낮게 나타났고, 4일차가 가장 높게 나타났다. 수분 함유량 10%와 30%도 같은 경향을 나타내고 있었다. 주간거리가 130mm일 때 개공기-토양 상대속도가 0에 가깝기 때문에 토양에 대한 식부 개공기 밀림과 토양의 마찰저항이 가장 적기 때문에 동력도 같이 작아진 것으로 판단된다. 그리고 수분이 증발하면서 토양이 굳어지면서 정식동력이 증가된다고 판단된다.

그림 99은 사질양토의 수분 함유량에 대한 양과정식기의 정식동력을 측정한 3D 그래프이다. (A)는 수분 함유량 10%, (B)는 수분 함유량 20%, (C)는 수분 함유량 30%이다. x축은 분당 정식횟수, y축은 정식 동력, z축은 주간거리를 나타낸다. 수분 함유량에 따른 분당 정식횟수와 주간거리에 대한 정식 동력을 나타내고 있다. 수분 함유량 10, 20, 30%, 최종관수 후 경과 1일차를 기준으로 주간거리 120mm, 130mm, 140mm, 정식속도 45주/분, 50주/분, 55주/분, 60주/분에 대한 정식동력 그래프이다. 전체적 경향은 관수 후 수분 함유량 30%에 정식동력이 가장 낮게 나타났고, 관수 후 수분 함유량 10%에 정식동력이 가장 높게 나타났다. 토양의 수분 함유량이 높을수록 경도가 낮아짐에 따라 정식동력에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 토양에 관수 후 일자가 경과할수록 정식동력이 증가하고 수분 함유량이 증가할수록 정식동력이 낮아졌다. 이는 토양의 수분이 증발할수록 토양이 굳어짐을 나타내고, 수분 함유량이 증가할수록 토양의 분자 사이에 수분이 많아져 식부 개공기 관입에 대한 저항이 낮아진다고 판단된다. 하지만 그 차이가 매우 작아 정식동력에 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

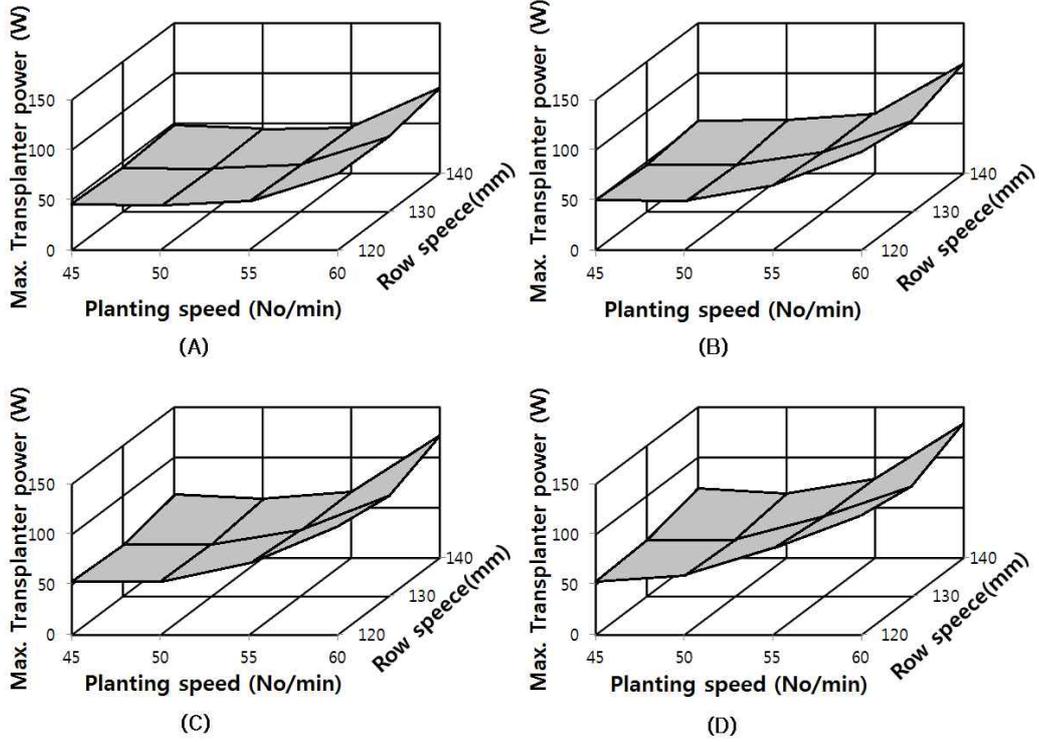


그림 98. 사질양토의 최종관수 후 경과 일수에 따른 양과정식기의 정식동력

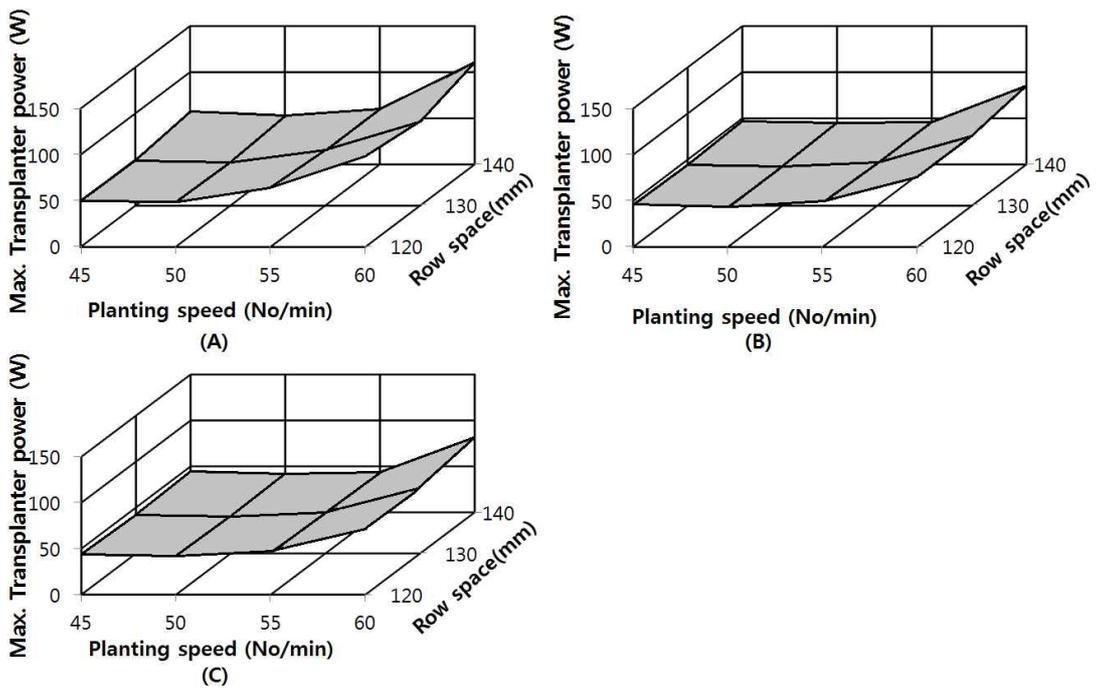


그림 99. 사질양토의 수분 함유량에 대한 양과정식기의 정식동력

(4) 결론

양과정식기용 4절 링크-캠 방식 식부장치 성능분석에 대한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 양과정식기 식부 개공기의 식부궤적 분석결과 기존 정식기의 식부장치들은 개공기-토양 상대속도가 0이 되지 않아 토양 속 식부 개공기의 밀림이 발생하였으며 4절 링크-캠 방식 식부장치 또한 개공기-토양 상대속도가 0이 되지는 않지만 가장 0에 근접한 개공기-토양 상대속도로 정식 할 수 있었으며 이는 식부자세 및 정식동력 면에서 더욱 우수한 것으로 판단된다.
2. 정식성능시험결과 모종판에 심어진 상태에서 정식 시 정식률은 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분에서 100%로 가장 높고, 파손도에 따른 정식률은 파손도 0~40%까지 100% 정식되었다.
3. 모종 식부자세는 사질양토에서 주간거리 130mm, 정식속도 50주/분일 때 평균 11.2°로 가장 안전한 자세로 정식하였다.
4. 최대하중평균은 정식속도 60주/분, 주간거리 140mm일 때 사질양토와 점질토가 각각 45.08N, 58.6N로 나타났고, 최대 정식동력은 95.54W, 124.21W로 나타났다.
5. 개공폭은 주간거리 130mm에서 38.2mm로 가장 작게 나타나 식부 개공기 직경 34mm보다 4.2mm밀림이 나타났다.
6. 따라서 4절 링크-캠 방식 식부장치는 필요 주간거리에 맞추어 개공기-토양 상대속도가 0의 캠 형상을 갖게 함으로서 식부성능을 최대화할 수 있는 것으로 판단된다.

다. 양과정식기 시제품개선 내용 제시

- (1) 동력 전달체계와 각부 회전수(적정식부속도 50회/분)
- (2) 최적 식부궤적에 맞는 식부장치 변경
 - 상하 행정 : 220mm => 200mm
 - 호퍼의 토양 삽입-배출점(하사점보다 00mm위) 지점 수정
 - 주행 시 삽입점에서 배출점까지 호퍼의 토양과 상대속도는 0
 - 각부 크랭크, 레버길이, 캠 수정(설계치수 제공, 경상대)
 - 식부호퍼의 전후 이동거리에 맞추어 프레임이 방해되지 않도록 변경
- (3) 각 식부 장치의 작동 타이밍 선도에 맞추어 관련 부품 조립용 마킹
- (4) 핑거 끝단과 트레이 면과의 간격 1-2mm
- (5) 트레이에서 모종의 줄기 끝이 처짐을 방지하는 가로 막대설치
- (6) 핑거의 정확한 작동과 정밀도 확보
 - (상부정지-핑거 약간 벌림-모종 받음-오무림-하부이동-벌림(최대)-모종배출)
- (7) 핑거의 하방에서 모종 배출시 모종 줄기가 걸리지 않는 구조
- (8) 바람 등의 영향으로 모종이 핑거에서 벗어나지 않도록 각 모종 낙하 공간의 안내 칸막이 설치
- (9) 호퍼의 중간 폭을 넓혀 모종이 걸리지 않도록(전체가 역삼각형 구조)
- (10) 주간 간격에 맞는 트레이 및 호퍼 설치 위치 재조사

(중앙부 주간거리 넓게, 주간140mm, 중앙 180mm)

- (11) 트레이 연속 채우기 장치 부가(2중 라켓)
- (12) 배출 트레이 적재대 설치(불요)
- (13) 육묘 주의(적합상토, 줄기 절단, 상토응결, 정식 시 수분, 3엽 이하)
- (14) 트레이 셀의 크기 16mm => 18mm 로 가능한가? =>불가
- (15) 진압륜의 위치조정, 압력스프링 설치(상부 free)
- (16) 핑거를 강봉(철사)으로 하여 모종이 낙하배출시 걸림이 없도록

라. 타이밍 선도 확립

그림 100은 개선된 식부호퍼의 궤적으로 전문가의견, 시작품의 성능시험 결과 등을 참고하여 작성된 양과정식기 타이밍 차트이다. 1회 정식 시간(주기)을 T라 지정한다. 모종 밀대가 모종을 밀면 모종 핑거가 모종을 잡는다. 그리고 식부호퍼가 상사점에 도착하여 모종 핑거 밑으로 이동하면 모종 핑거는 모종을 자유낙하 시킨다. 묘판 이송 레버는 4번 정식 후 묘판을 다음 줄로 내린다. 타이밍 차트를 기초로 하여 구동방식 및 구동타이밍을 재정립 하고 각 부의 장치 작동구조 모델을 다음과 같이 제시하였다.

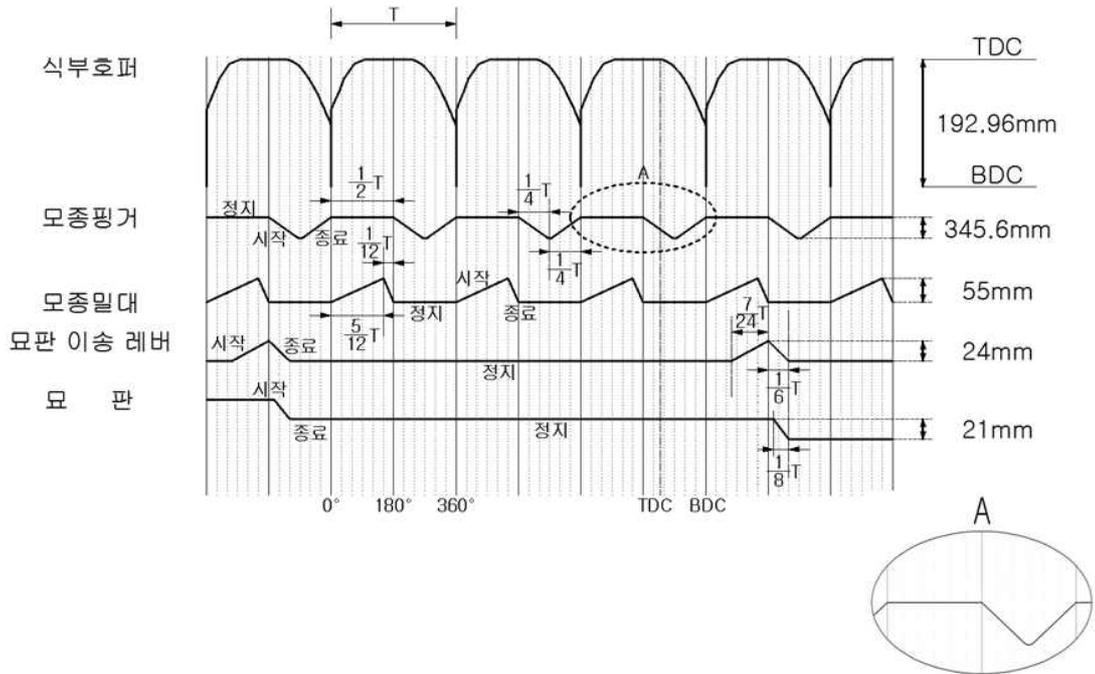


그림 100. 양과정식기 타이밍 차트

마. 최적식부궤적을 갖는 식부장치 개선

- (1) 4절 링크-캠 방식 개공기-토양 상대운동

양과정식기 식부장치의 특징은 밀림없이 정식하는 것이 특징이다. 식부 개공기가 토양 관입 - 토출 중 캠 각도 θ_c 에 따른 정식기 이동거리는 다음과 같은 식(3)을 이용하였다.

$$X_t = \frac{\theta_c}{360} \times Row\ space \quad (3)$$

식부 개공기의 토양 관입-토출 중 캠 각도 θ_c 에 대응하는 식부 개공기 횡 이동 거리는 X_h 로 정의하였다. 식부 개공기 횡방향 밀림거리를 X_s 로 정의하여 개공기-토양 상대속도가 0이 되는 조건을 다음과 같은 식으로 나타냈다.

$$X_s = X_t - X_h \quad (4)$$

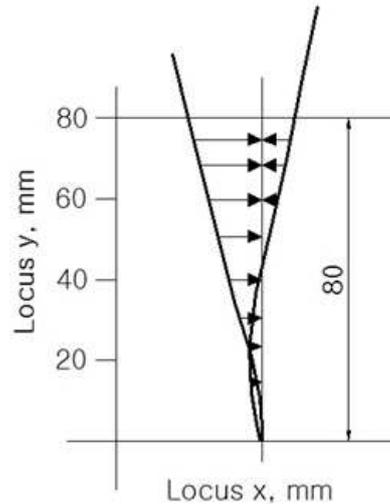


그림 101. 식부장치 식부 개공기의 식부궤적에 대한 상대속도 0의 정의

그림 101는 식(3)과 식(4)를 이용하여 식부 개공기의 식부궤적의 밀림을 교정할 수 있다는 것을 나타내고 있다.

(2) 식부장치 설계방향 제시

(가) 상하행정 거리 결정

모종의 길이는 모종의 뿌리부 상토 높이 25mm, 모종의 펴름 길이 150mm로 총 합이 175mm이다. 상하행정은 모종의 길이보다 길어야 하기 때문에 175mm를 초과해야만 한다. 기존의 양과정식기는 상하행정 228.28mm이어서 정식에 필요한 최소 상하행정보다 53.28mm이나 불필요한 동력이 필요하다. 때문에 모종의 길이 175mm이므로 식부 개공기가 모종을 건드리지 않도록 25mm의 여유를 두어 상하행정 200mm로 결정하였다.

(나) 크랭크, 커넥팅 로드, 메인 링크

식부 개공기 상하행정 200mm가 되도록 크랭크, 메인링크의 길이를 개선해야 한다. 메인 링크각도가 중심에서 상사점, 하사점일 때 동일하게 하기위해 메인 링크의 커넥팅 로드 연결부 위치 개선이 필요하다.

(다) 캠

캠은 좌우행정이 개공기-토양 상대속도가 0이 되도록 캠의 형상을 설계해야 한다. 식부개공기가 토양을 개공하기 전으로부터 토출되기까지 캠 팔로워를 양파정식기의 이동거리만큼 밀어야한다. 또한 토출 후 모종을 받기위해 미리 받을 준비를 해야 한다. 상과점에 도착하기전에 캠은 캠 팔로워를 복귀시켜야 한다.

(라) 상·하부링크, 캠 팔로워, LM 가이드

캠의 크기를 줄이기 위해 캠 팔로워의 길이보다 상부링크의 길이를 더 길도록 개선해야 한다. 상·하부링크가 하사점일 때 수직이 되도록 상부링크와 캠 팔로워의 사이 각도를 개선해야 한다. 상·하부링크의 길이를 수정함에 따라 LM 가이드 길이를 수정해야 한다.

(3) 최적 식부장치 규격 결정

(가) 식부장치

그림 102는 개선된 식부장치의 구성도이다. 우선 크랭크의 길이를 줄여 상하행정을 줄였고 캠의 형상을 바꾸어 좌우 행정을 늘렸다. 메인링크에 있는 커넥팅 로드 위치를 변경하여 메인링크가 상하 행정 시 같은 각도로 움직일 수 있도록 하였다. 캠 팔로워와 상부링크의 사이 각도를 줄여 식부 개공기가 하사점에 도착 시 수직이 될 수 있도록 하였다.

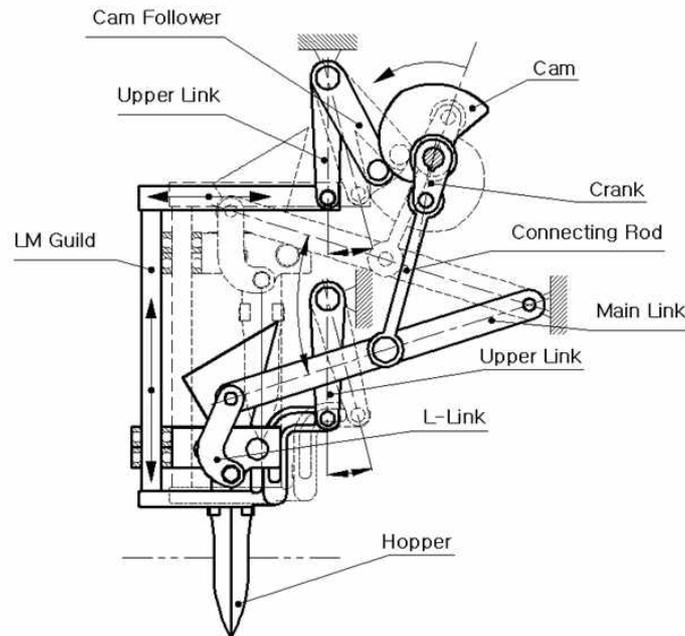


그림 102. 개선된 4절 링크-캠 방식 식부장치의 구성도

또한 상·하부링크 길이를 캠 팔로워보다 길게 하여 캠에 의해 밀려지는 캠 팔로워의 거리보다 상·하부링크가 더 멀리 밀리도록 하였다. 상·하부링크가 길어진 만큼 상·하부링크 사이 길이와 LM가이드 길이를 줄였다.

(나) 크랭크, 커넥팅 로드, 메인링크

그림 103은 변경된 크랭크, 커넥팅 로드, 메인링크의 구성도이고, 표 40은 변경 전과 변경 후를 나타낸 표이다.

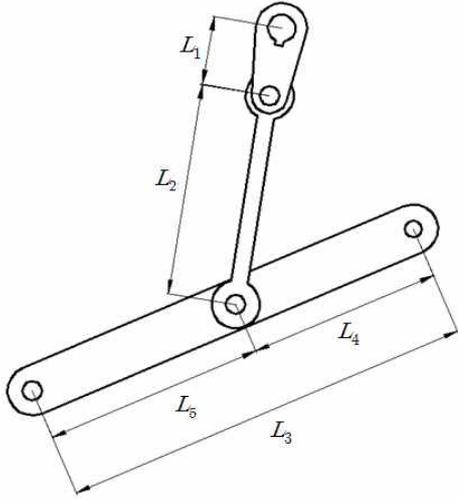


그림 103. 상하행정 장치의 구성도

표 40. 상하행정 장치의 치수

	Original (mm)	Improvement (mm)
L_1	50	43
L_2	155	155
L_3	300	311
L_4	140	150
L_5	160	161

표 41. 메인링크의 치수

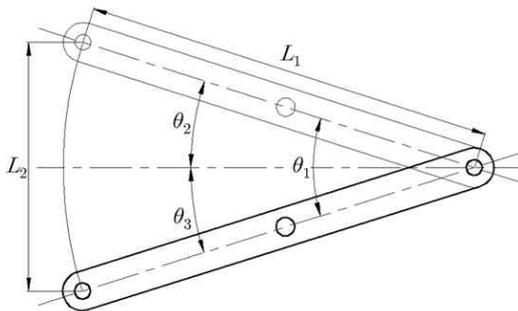


그림 104. 메인링크의 구성

	Original length(mm)	Improvement length(mm)
L_1	300	311
L_2	222.16	188.96
	angle(°)	angle(°)
θ_1	43.47	35.4
θ_2	20.25	17.7
θ_3	23.22	17.7

상부링가가 50mm일 때 상하 행정은 228mm이었다. 지금은 상하행정을 200mm가 되도록 43mm로 결정하였다. 커넥팅 로드는 변경점이 없지만 메인링크는 크랭크가 줄어 커넥팅 로드가 연결되는 부분(L_4)을 140mm에서 150mm로 변경하였고 전체 메인링크의 길이는 300mm에서 311mm로 변경하였다.

그림 104는 메인링크의 상사점과 하사점을 나타내는 그림이고, 표 40은 변경 전과 변경 후를 나타낸 표이다. 기존의 메인링크는 수평(0°)을 기준으로 상사점 각도(θ_2)는 20.25° , 하사점 각도(θ_3)는 23.22° , 상하행정 각도(θ_1)는 43.47° 이었다. 표 40에서 나타났듯이 상사점 각도와 하사점 각도는 동일하지 않다는 것을 알 수 있다. 이를 메인링크의 커넥팅 로드 연결부를 수정하여 θ_2 와 θ_3 가 동일한 각도 17.7° , 상하행정 각도 35.4° 가 되도록 변경하였고 식부개공기의 상하행정 거리를 최대한 200mm에 근접하도록 만들었다.

(다) 캠

그림 105는 캠 구조와 식부 개공기의 정지궤적을 나타낸 그림이다. 캠은 회전하면서 캠 팔로워를 밀게 되는데 $C_1(0^\circ)$ 지점이 식부 개공기가 토양을 관입하기 전 토양에서 28.7mm 위에서 밀기 시작한다. $C_2(38^\circ)$ 지점은 식부 개공기가 하사점에 도착함과 함께 좌우행정의 중간 지점에 도착하게 된다.

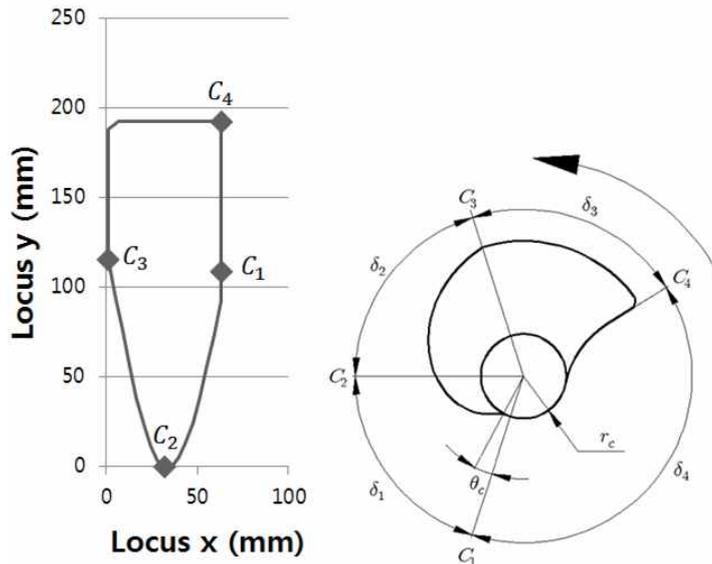


그림 105. 캠의 구조와 식부 개공기의 정지궤적

$C_3(75^\circ)$ 지점은 식부 개공기가 토출 후 토양에서 35.38 mm위에서 개공을 종료한다. $C_4(213^\circ)$ 지점은 식부 개공기의 상사점에 도착하게 되는데 모종 집게에서 모종을 받기위해 미리 복귀를 한다.

(라) 상부링크, 캠 팔로워

그림 106은 기존 상부링크-캠 팔로워(좌)와 개선된 상부링크-캠 팔로워(우)이다.

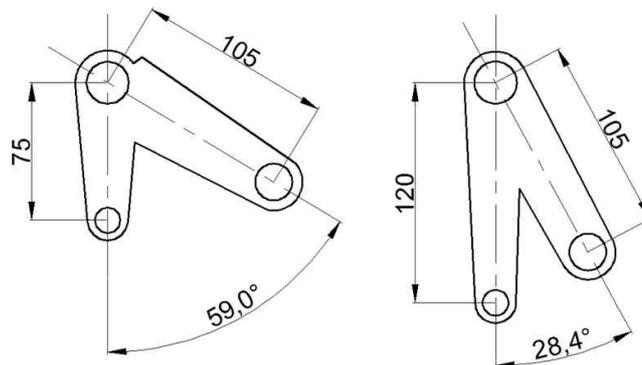


그림 106. 기존 상부링크-캠 팔로워(좌)와 개선된 상부링크-캠 팔로워(우)

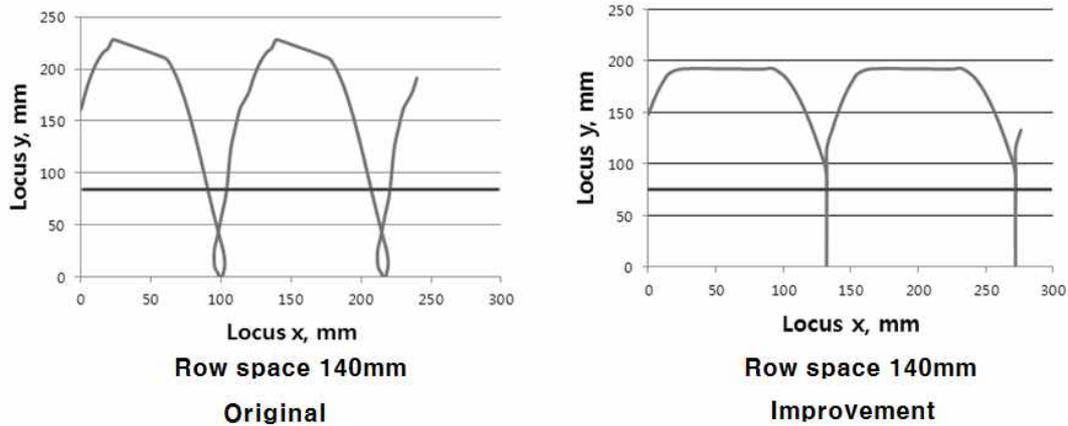


그림 108. 기존의 양파정식기 식부 개공기의 식부궤적과 개선된 양파정식기 식부 개공기의 식부궤적

3. 육묘 기자재 최적 구조 및 작업조건 구명

가. 모종정리기 자료조사 및 개발방향 정립

양파정식기는 트레이에 파종하여 육묘한 모종을 뽑아서 식부 개공기에 넣어주고 식부 개공기가 식부를 하는 기계이다. 모종을 뽑는 작업 시에는 모종이 직립하고 고엽이 엉겨있지 않아야 한다. 직립과 고엽이 엉키게 하지 않기 위해서는 약 60일의 육묘기간 중에 3~4회의 전엽을 실시하여야 한다. 일본 구보다 회사의 육묘기준은 다음과 같다.

● 전엽 작업 방법

1. 모종이 넘어지기 전, 맑은 날의 오전 중에 작업한다
2. 모종이 넘어지기 전에 5~7 cm로 전엽
3. 키 20~25 cm를 12~15 cm로 전엽
4. 이식전 16cm로 전엽
 - 세세하게 몇 번이나 베는 것이 튼튼한 모종을 만드는 요령
 - 베는 것이 너무 늦어 초목이 쓰러져 기울게 되면 기계이식이 불가



그림 109. 잘 키워지고 관리된 기계이식용 모종

전엽기는 모종의 옆을 연속으로 자르고 잘라진 옆이 땅으로 떨어지지 않게 하는 기능을 가져야 한다. 두둑을 지어 노지에서 육묘하는 것을 고려하면 전엽기의 규격은 다음과 같아야 할 것으로 판단된다.

● 전엽기 규격

- 칼날열부 높이 바퀴 면에서 20-50 cm 로 조정 가능
- 칼날열 전체의 길이 120cm, 칼날 한 개의 길이 5cm
- 칼날 왕복 속도 : 180-250회/분
- 소요동력(엔진) : 0.5마력
- 절단엽 수거 방법 : 하방 송풍에 의한 비니통 수거



그림 110. 일본 구보다 모종정리기(전엽기)

(1) 절단칼날의 최적 형상

(가) 최소 절단력 조건

그림 111은 식물줄기 등의 섬유 방향과 직각으로 절단할 때의 통상적인 칼날의 위치와 운동에 따른 절단력을 나타낸 것이다.

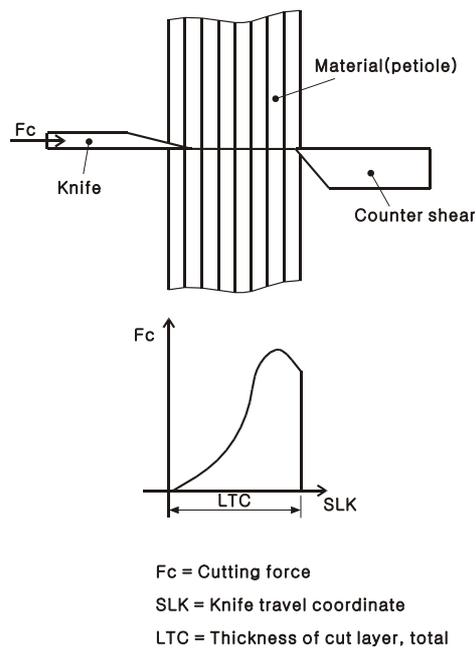
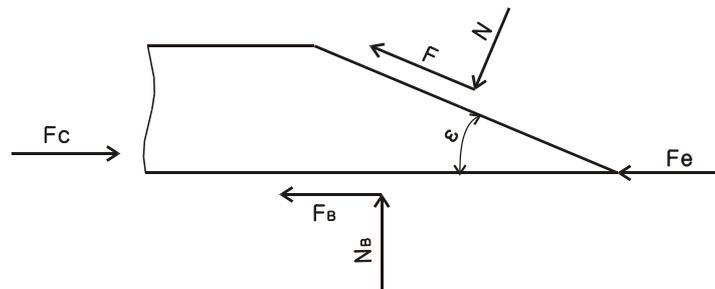


그림 111. 절단거리 절단력 선도

칼날이 절단방향으로 이동할 때 절단저항인 주 절단 분력 F_C 는 재료와 칼날 끝이 접촉되는 시점에서 절단력이 0으로 시작하여 최대값으로 되었다가 절단이 완료되면 다시 0으로 된다. 일반적으로 날끝이 받침칼날(counter shear) 끝을 모두 지나면 절단작업이 완료된다. 이 절단작업이 완료되는 거리는 절단층 두께 LTC이며, 칼날의 절단진행거리는 SLK로 나타내었다. 이와 같은 절단에 있어서 칼날이 받는 힘의 종류는 그림 112와 같다.



- ϵ : Edge angle
- N : Normal force on upper
- F : Friction force by N
- N_B : Normal force on button surface of blade
- F_B : Friction force N_B
- F_e : Edge force
- F_c : Cutting force

그림 112. 절단칼의 절단력 요소

그림 113에서 절단 시 칼날이 재료로부터 받는 상부 압력은 N , 하부압력은 N_B 이고, 마찰력 F 와 F_B 는 재료와 칼날면의 마찰계수를 β 라 하면,

$$F = N \tan \beta \quad (5)$$

$$F_B = N_B \tan \beta \quad (6)$$

로 된다. 수평력의 평형에서 주 절단력

$$F_C = F \cos \epsilon + N \sin \epsilon + F_B + F_e \quad (7)$$

로 된다. 칼날 끝의 저항 F_e 는 칼날 끝이 예리하게 가공되면, 0으로 된다고 가정하고, N_B 는 N 에 대한 수직분력의 반력으로서 실제 절단장치에서는 칼날을 잡고 있는 자루가 받는 힘으로 가정하면 F_B 는 F_C 에 영향을 미치지 않는 것으로 보면 식 (7)은

$$F_C = N \tan \beta \cdot \cos \epsilon + N \sin \epsilon \quad (8)$$

로 되고 N 은 재료의 전단저항, 즉 전단응력에 관계되는 반력이며, 절단력이 최소가 되는 칼날각 ϵ 는 재료에 따라 특정 값으로 존재하게 된다.

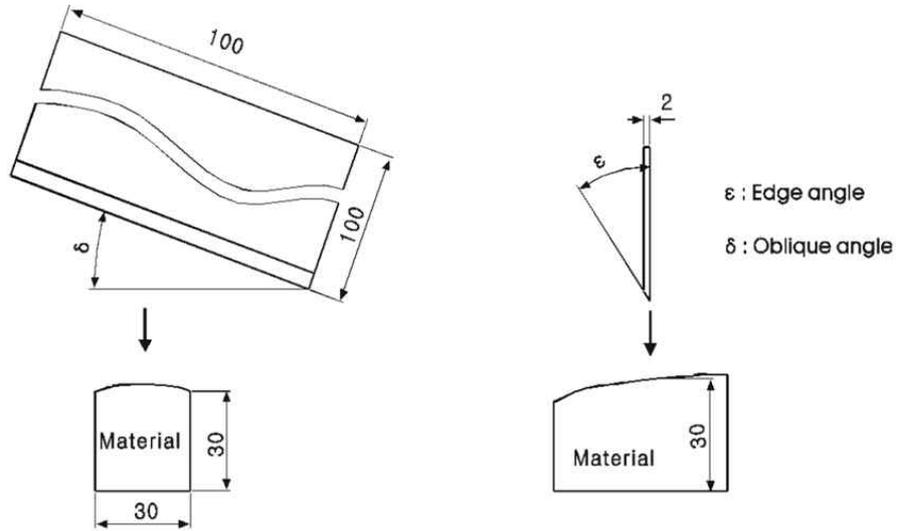


그림 113. 절단칼날의 칼날각 ϵ 과 기움각 δ

무청의 최적 칼날 형상은 칼날각 $\epsilon=25^\circ$, 기움각 $\delta=40^\circ$ 이며, 양파의 경우도 비슷한 값으로 추정된다.

나. 모종 엽 절단시험

목적 : 양파 엽 절단력 및 절단칼날각도 구명

표 42. 양파 엽 절단력 시험 조건

시험 조건	조사내용
- 칼날 각도 - 칼날 기움 각도	- 절단력

(1) 시험 장치

양파 엽의 절단 시 최적조건을 구명하기 위하여 그림 114와 같이 절단저항 측정 장치를 구성하였다.

표 43. 스트레인 앰프의 규격

Item	Details
Model	DPM-700B (Kyowa co., Japan)
Power source	AC 110V
Sensitivity, S/N ratio	$2/10 \times 10^{-6}$, 52db, 8ch
Range	100~2000 $\mu\epsilon$, 200 was selected

표 44. 데이터 계측장치 규격

Item	Details
Model	System 10 K7 (Daytronic co., U.S.A)
Power source	AC 220V
Analog to Digital	Quad Voltage conditioner card (±5V DC)
Communication	RS-232C to PC

표 45. 데이터 처리용 컴퓨터

Item	Details
Computer	Intel Pentium - 75MHz, RAM 16Mb
OS	Windows 98 SE
Language	Quick BASIC
Monitor	Samsung color monitor (800×600)

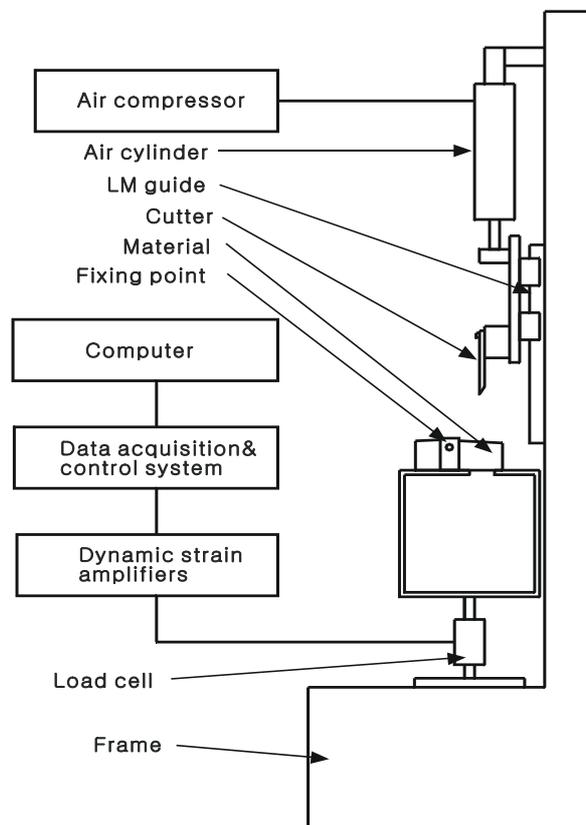


그림 114. 양과 옆 절단저항 측정 장치 구성

칼날이 양과 옆을 절단할 때 상하 직선운동을 용이하도록 하기 위해 LM guide(직선운동장치)를 설치하였다. 칼날이 절단작용을 할 때 절단저항이 로드셀로 전달되도록 로드셀의 상단에 사각 철제 프레임을 설치하여 재료를 놓았다. 그리고 프레임의 상단에는 재료고정용 고정대를 설치하여 재료를 고정하여 재료 절단 시 칼날의 진행이 일정하게 유지되도록 하였다.

재료의 절단 시 로드셀에 전달되는 스트레인 값은 로드셀과 연결된 스트레인증폭기(표 43)에 의해 검출, 증폭, 출력되며, 이때 출력된 아날로그신호는 데이터계측장치(표 44)에 입력되어 디지털 값으로 변화시킨 후 RS232C통신을 통하여 컴퓨터(표 45)에 입력되게 하였는데, 이 자료들은 Quick Basic을 이용하여 자료를 처리하였다. 절단속도는 공압 실린더 공기압의 조정으로 조절하였다.

(2) 시험 결과

(가) 칼날각의 변화에 따른 절단저항

그림 115는 모종을 칼날 기움각 0° 로 절단할 때 칼날각의 변화에 절단저항의 크기를 나타낸 것이다. 칼날각 20° 일 때, 절단속도는 0.5m/s 에서 절단저항은 8N 에서 최고 20N 까지 올라가는 경향을 나타내었고, 칼날각 30° 일 때는 동일속도에서 절단저항은 9N 에서 최고 16N 까지, 절단저항의 크기는 칼날각 20° 일 때 보다 낮았다. 칼날각 40° 일 때는 절단저항이 최고 33N 까지 올라가는 경향을 보였고, 앞에 두 가지 조건에 비해 가장 높은 절단저항이 나타났다. 칼날 기움각 0° 에서 칼날각에 변화를 주었을 때는 저항 값이 최저 9N , 최고 16N 으로 칼날각 30° 일 때가 절단저항이 가장 낮게 나타났다.

(나) 칼날 기움각의 변화에 따른 절단저항

그림 116은 칼날 기움각 10° 일 때 칼날 각도 20° , 30° , 40° 에 따른 절단저항의 크기를 나타낸 것이다. 기움각 10° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 20° 에서 절단저항은 최저 8N , 최고 18N , 기움각 10° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 30° 은 최저 8N , 최고 27N , 기움각 10° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 40° 은 최저 6N , 최고 42N , 으로 나타났다. 칼날 기움각 10° 에서 칼날각에 변화를 주었을 때는 저항 값이 최저 8N , 최고 18N 으로 칼날각 20° 일 때가 절단 저항이 가장 낮게 나타났다.

그림 117은 칼날 기움각 20° 일 때 칼날 각도 20° , 30° , 40° 에 따른 절단저항의 크기를 나타낸 것이다. 기움각 20° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 20° 에서 절단저항은 최저 9N , 최고 18N , 기움각 20° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 30° 은 최저 8N , 최고 19N , 기움각 20° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 40° 은 최저 7N , 최고 31N ,으로 나타났다. 칼날 기움각 20° 에서 칼날각도에 변화를 주면 저항 값이 최저 9N , 최고 18N 으로 칼날각 20° 일때가 절단 저항이 가장 낮게 나타났다.

그림 118은 칼날 기움각 30° 일 때 칼날 각도 20° , 30° , 40° 변화에 따른 절단저항의 크기를 나타낸 것이다. 칼날 기움각 30° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 20° 에서 절단저항은 최저 8N , 최고 12N , 칼날 기움각 30° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 30° 은 최저 8N , 최고 18N , 칼날 기움각 30° , 절단속도는 0.5m/s , 칼날 각도 40° 은 최저 8N , 최고 44N 으로 나타났다. 칼날 기움각 30° 에서 칼날각도에 변화를 주면 저항 값이 최저 8N , 최고 12N 으로 칼날각 20° 일 때가 절단저항이 가장 낮게 나타났다.

그림 119는 칼날 기움각 40° 일 때 칼날 각도 20° , 30° , 40° 변화에 따른 절단저항의 크기를

나타낸 것이다. 칼날 기움각 40°, 절단속도는 0.5m/s, 칼날 각도 20°에서 절단저항은 최저 8N, 최고 16N, 칼날 기움각 40°, 절단속도는 0.5m/s, 칼날 각도 30°은 최저 9N, 최고 16N, 칼날 기움각 40°, 절단속도는 0.5m/s, 칼날 각도 40°은 최저 3N, 최고 47N으로 나타났다. 칼날 기움각 40°에서 칼날각도에 변화를 주면 저항 값이 최저 8N, 최고 16N으로 칼날각 20°일 때가 절단저항이 가장 낮게 나타났다.

이상의 결과에서 절단저항이 최소인 경우에는 칼날 기움각 30°, 칼날 각도 20°인 것으로 나타났다. 앞에 3가지 각도만 주어 시험한 결과 절단저항이 기움각 0°일 때 최소 저항 값을 나타낸 칼날각 30°인 것과는 다른 결과를 보였다.

따라서 본 연구에서는 양과 모종줄기 절단 자동화를 위한 기계장치 개발 시 절단장치는 칼날각도 20°, 기움기 30°를 적용해서 설계 제작하는 것이 보다 효율적인 동력손실이나 성능 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

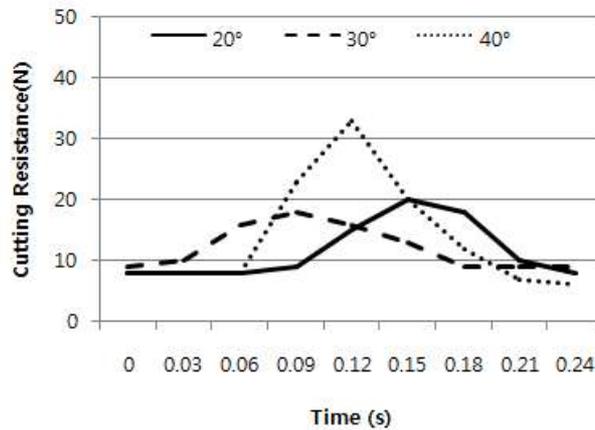


그림 115. 칼날 기움각 0°로 절단할 때 칼날각의 변화에 모종의 절단저항

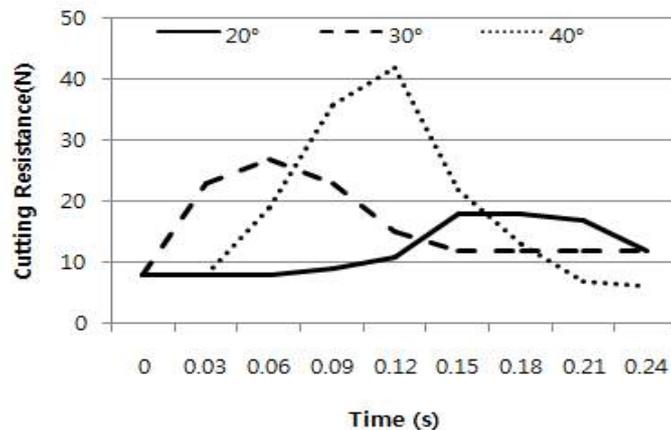


그림 116. 칼날 기움각 10°일 때 칼날 각도에 따른 모종의 절단저항

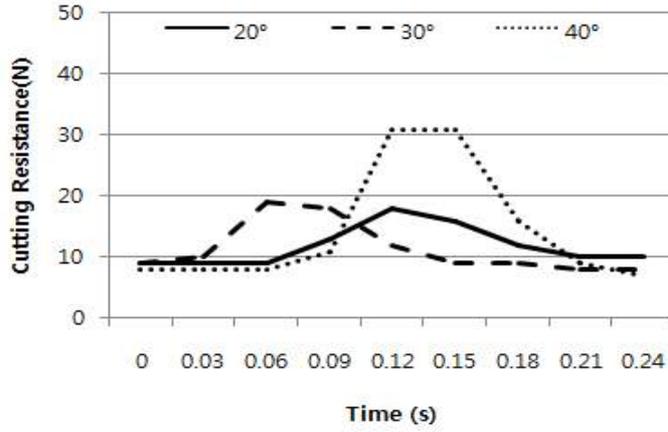


그림 117. 칼날 기움각 20°일 때 칼날 각도에 따른 모종의 절단저항

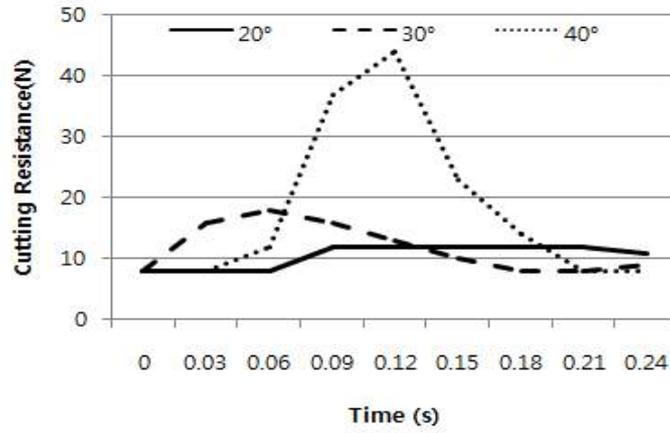


그림 118. 칼날 기움각 30°일 때 칼날 각도에 따른 모종의 절단저항

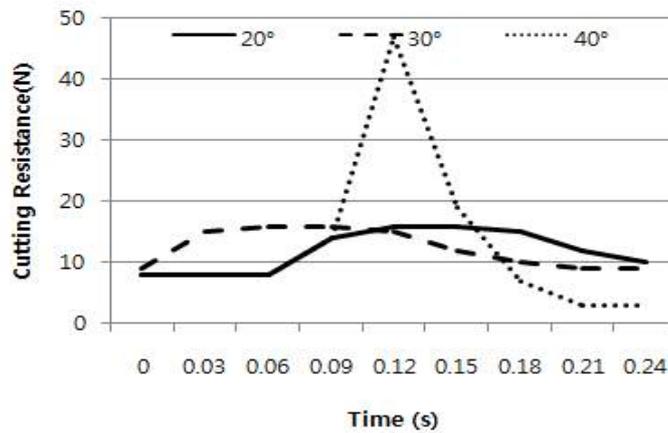


그림 119. 칼날 기움각 40°일 때 칼날 각도에 따른 모종의 절단저항

(3) 결론

모종줄기 절단 자동화를 위한 칼날의 형상 변화에 따른 절단특성을 알아보기 위한 시험의 결과는 다음과 같다.

1. 모종 줄기절단에서는 절단속도 0.5m/s, 칼날 기움각 0°, 칼날각도 20°, 30°, 40°로 하였을 때 칼날각도 30°가 절단저항이 최저 9N/cm²에서 최고 16N/cm²으로 가장 낮은 평균값을 나타내었다.
2. 모종 줄기절단에서는 절단속도는 0.5m/s, 칼날 기움각 10°, 20°, 30°, 40°대한 각각 칼날각도 20°, 30°, 40°로 절단하였을 때 칼날 각도 20°, 칼날 기움각 30°일 때 절단저항이 최저 8N/cm², 최고 12N/cm² 로 가장 낮은 평균값을 나타내었다.
3. 따라서 본 연구에서는 양과 모종줄기 절단 자동화를 위한 기계장치 개발 시 절단장치는 칼날각도 20°, 기움각 30°를 적용해서 설계 제작하는 것이 보다 효율적인 동력손실이나 성능 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 모종정리기 성능분석

1차 년도에 제작된 모종정리기 시작품의 성능분석을 실시한 결과, 여러 가지의 문제점이 발견되었다.

표 46. 모종정리기 시작품의 문제점

구분	보완 필요
모종정리기 중량	- 시작품 모종정리기 중량이 너무 무거워 작업 시 불편함
절단 날	- 절단 시 완전 절단이 되지 않는 모종 발생 - 오랜 절단 시 날에 진액 부착
브로워	- 절단 시 절단물 묘관에 떨어짐 - 바람이 약해 절단물을 못 밀어냄 - 공기 토출구 위치가 맞지 않음 - 공기 토출량 분배가 맞지 않음
기타	- 모종 절단 수집 장치 불편함



그림 120. 모종정리기 시작품



그림 121. 모종정리기 시작품의 절단 모종

표 46은 모종정리기 성능분석에서 발견된 문제점을 정리한 것이다. 그림 123은 모종정리기 시작품의 사진이다. 모종정리기 시작품은 작업자가 밀어서 이동, 모종 정리 작업등을 수행하는데 무게가 너무 많이 나가 작업자에게 가해지는 피로와 스트레스 등이 매우 커서 지속적인 작업이 불가능하다.



그림 122. 모종정리기 시작품의 절단날

그림 120은 모종정리기 시작품이 양과 모종을 절단하고 난 후의 사진이다. 그림 121에서 트레이 위에 절단물이 있고 모종 또한 완전히 잘려나가지 않고 반절단 되어 있는 것이 확인 가능하다. 이는 절단물 회수율이 매우 낮으며 모종 절단 시 전부 잘리는 것이 아니라 부분적으로 잘리는 것이 있다는 것이다. 부분적으로 모종이 절단이 될 경우 자르지 않는 것보다 못하다. 모종정리기 시작품의 모종 절단 방식은 날이 톱날 왕복하여 마찰 절단하는데 날이 왕복시 반 절단하게 되며 먼 마찰로 진액이 날에 붙고 진액으로 인하여 날이 벌어지는 것을 그림 122에서 보여주고 있다.

다. 모종정리기 설계자료 정립

모종정리기 성능분석에서 발견된 문제점을 해결하기 위하여 모종정리기의 절단 방식과 절단물 회수 방법 등을 변경하였다.

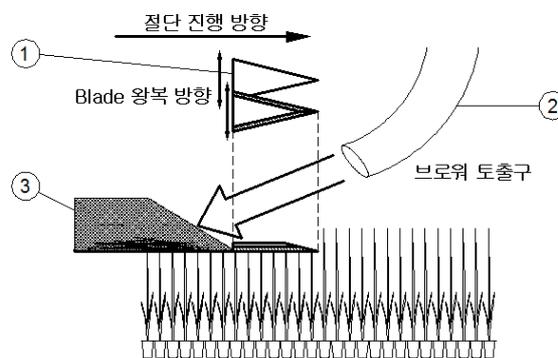


그림 123. 모종정리기 시작품의 모종 절단과 절단물 회수방식

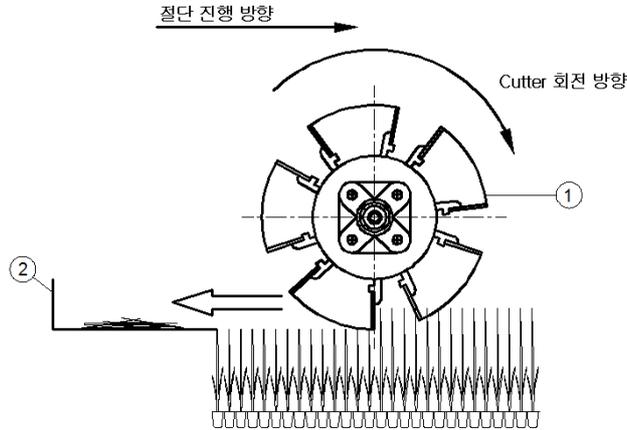


그림 124. 모종정리기 개선 후 모종 절단과 절단물 회수방식

그림 123은 모종정리기 시작품의 모종 절단과 절단물 회수 방식을 나타내는 그림이다. ① 절단날이 모종을 날이 왕복하여 반절단하면 ② 브로워에서 바람이 나와서 ③ 절단물 채집통으로 절단물을 밀어 넣어 준다. 그림 124는 모종정리기 개선 후의 모종 전달과 절단물 회수 방식을 나타내는 그림이다. ① 회전 커터로 점 마찰 전단으로 모종을 자르게 되고 ② 회전 커터가 절단물 채집통으로 절단물을 밀어넣는다. 그림 123에서 사용된 톱날왕복 절단 방식은 성능 분석에서 여러 가지 문제점이 발견되었기 때문에 그림 124에서는 회전 커터에 의한 연속 절단으로 개선하였다. 이 방법은 연속 절단으로 모종을 완전히 절단하고, 점 마찰 절단으로 진액이 절단면에 묻지 않으며 진액이 묻지 않기 때문에 날 벌어짐 현상도 없으므로 이 방법을 사용하기로 하였다. 또한, 절단물 회수 방식도 시작품에서는 브로워를 사용하여 바람으로 불어서 절단물 채집통에 넣었으나 브로워의 힘이 약해서 모판에 절단물이 낙하되는 경우가 많아 개선 후에는 회전 커터가 절단물 채집통에 직접 밀어 넣는 방식을 채택하였다.

절단, 절단물 회수방식 등을 무동력으로 하면서 발전기, 모터, 브로워 등이 정리기에서 제거되면서 모종정리기 시작품의 무게인 70kg을 28kg로 감소하였고 모의실험 결과 절단물 회수율이 50%에서 90%로 증가, 절단율도 95%정도로 증가하였음을 확인하였다.

라. 트레이 자료조사 및 개발방향 정립

(1) 트레이 재료개발 및 모델제시

(가) 트레이의 요구되는 특성

- . 햇빛에 의한 화학변화(광부식성)가 적을 것
- . 기계적 삽입 배출에 따른 유연성을 가질 것
- . 물딩판이 아닌 사출성형으로 열연화성이고 사출 후 치수변화가 적을 것
- . 제품은 강도(인성)이 높고 온도변화에 의한 수축 팽창이 적을 것

(나) 트레이용 재질 분류

- . 연질 필름재(가소성, 유연성, 복원성, 내후성 큼)

PVC(polyvinyl chloride) : 염화 비닐 수지

PE(polyethylene): 폴리에틸렌 수지

EVA(ethylene vinylacetate copolymer) : 에틸렌 아세트산 비닐
공중합체 수지

. 경질 필름재(강도 높음)

PET(polyethylene terephthalate plastic)

. 경질 판재

FRP(fiber(glass) reinforced polyester)

FRA(fiber(glass) reinforced acryl)

MMA(polymethyl methacrylate)

PC(poly carbonate) : 합성수지

PVA(polyvinyl acryl)

PP(polypropylene) : 수지섬유

. 기타

SBR(styrene butadiene rubber) : 합성고무

(다) 재료별 특성

합성수지의 각 재료별 특성을 조사한 것은 표 34와 같다.

표 47. 재료별 특성

재 료	강 도 (인성)	가 격	광부식 (내후성)	수축팽창	열가소성 (유동성)	연 성	내약품성	먼지부착
PVC	C	C	D	C	A	A	A	A
PE	E	E	D	D	A	A	C	D
EVA	D	D	E	D	B	B	B	E
PP	B	B	B	B	C	C	B	C
PET	A	B	C	C	C	C	C	C
FRP	A	A	E	E	E	E	A	A
FRA	B	A	E	E	E	E	B	B
MMA	B	B	D	A	D	D	B	D
PC	B	B	B	C	C	D	D	C
PVA	B	B	B	C	C	C	B	C

(라) 사출품 추천 재료

- PP(30%) + PE(50%) + EVA(20%), 회색
셀 밑바닥 형상 불균일, 자외선 흡수제(내후성)추가, 내열성,
방진제 첨가, 사용가능함
- 최신 SBR재료 이용권장

(마) 트레이(모종판) 규격

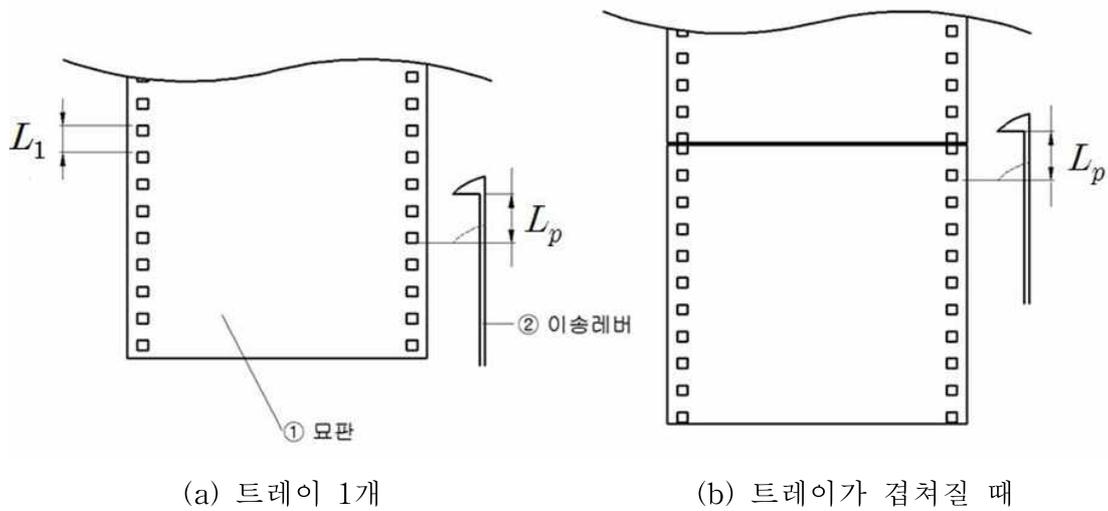


그림 125. 트레이 밀어내림대의 행정거리

자동 정식기용 트레이를 정확한 위치에 공급하기 위한 묘판 이송레버의 행정거리와 트피 이 1단 피치의 설계조건을 제시하기 위해서 트레이가 1개일 때의 행정거리와 트레이가 겹쳐질 때의 행정거리를 계산하여야 한다.

그림 125는 묘판 밀어내림대의 행정거리를 묘판 1개일 때와 트레이가 겹쳐질 때를 구분하여 나타낸 것이다. 이 그림에서 L_1 은 트레이에 있는 1단 피치를 나타내고 있고 L_p 는 묘판 밀어내림 대의 행정거리 이다.

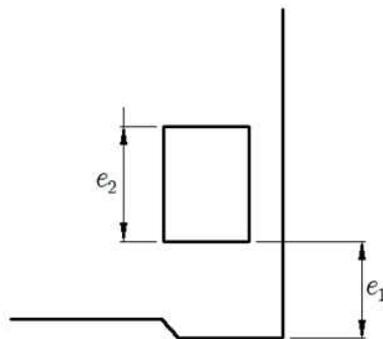


그림 126. 묘판 밀어내림 피치

그림 126은 묘판 밀어내림 피치에 대하여 나타내고 있다. e_1 은 트레이 끝 부분의 피치를 나타내는데 이는 묘판이 겹칠 때 묘판 밀어내림대의 행정거리에 포함되고 e_2 는 묘판이 1개일 때와 겹칠 때 묘판 밀어내림대의 행정거리에 포함된다. 이를 수식화 하면 식 9번과 같이 나타난다.

$$2e_1 + e_2 \leq L_P \leq 1.7L_1$$

(9)

표 48. 계산된 트레이 치수

구분	치수(mm)	
	1차 제작	개선 후
L_1	19	19
e_1	11	8
e_2	9	9
L_P	31~32.3 (30)	31~32.3

1차 년도에 제작된 트레이의 경우, 식 9번으로 계산할 경우 L_P 의 길이가 30mm으로 31~32.3mm의 범위에 들어가지 못한다. 이렇게 제작 될 경우, 트레이가 원활하게 정식기에 공급되지 않고 부서질 확률도 높아 e_1 을 8mm로 개선하였다.

조간 간격 14cm 의 6조 정식기에서 1트레이에 3조씩의 모종을 공급할 수 있게 하려면 트레이트리 세로열은 3의 배수열이 필요하다. 정식기의 분송 장치가 상부에서 3열중 가운데열을 기준으로 모종을 지선으로 이송할 경우 양쪽 1열은 직선거리에서 3cm 어긋나지만 이송에는 지장이 없는 트레이 공수를 산정하였다. 셀의 크기는 이식시 모종이 50% 토양 분실 시에도 중량에 의해 자유낙하가 완전하게 되는 크기로 산정하였다. 결정된 규격의 트레이는 그림 130과 같다. 적합한 트레이 제조규격으로 셀은 원형이며 크기가 상부직경 17mm에서 19mm사이, 하부직경 14mm에서 16mm, 높이 25±1mm 이고, 셀 중심간 거리가 21mm 이상 인 것으로 계산하였다.

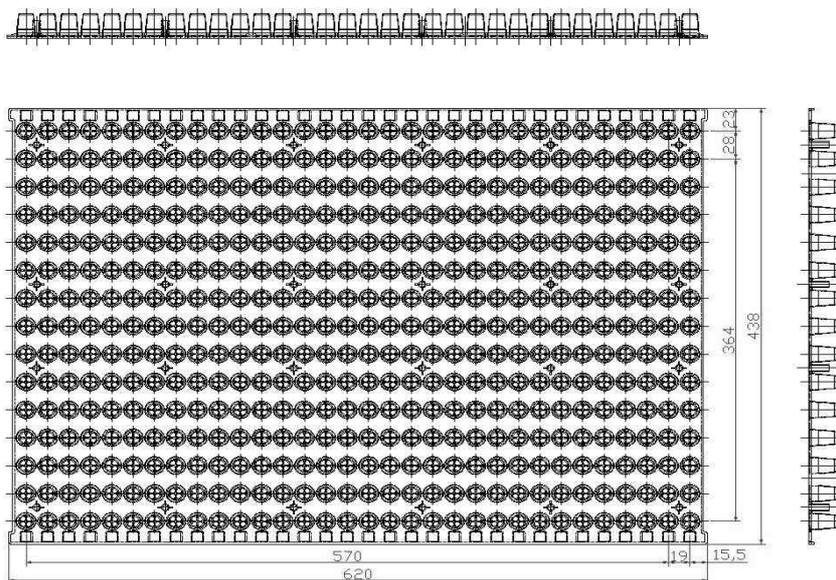


그림 127. 384공 트레이, 트레이 셀 규격

4. 양파생산 일관기계화 작업체계 구명

양파생산일관기계화 작업체계의 구명을 위하여 파종, 엽 절단, 정식포 조성, 정식 및 수확 작업 기계에 대한 기존 제품과 개발제품 그리고 본 연구에서 개발한 정식기의 작업 성능을 현장 방문, 카탈로그, 농촌 진흥청 자료, 업체 전화문의 등의 방법으로 조사하였다. 표 49는 양파생산 작업별 기계도입효과를 각 기종별로 기계작업능률, 인력작업능률, 인력절감효과, 기계가격, 손익분기점 등으로 나타내었다.

표 49. 양파생산 작업 별 기계 종류별 도입효과

작업명	기계명	생산회사	기계작업능률 (hr/10a)	인력작업능률 (hr/10a)	인력절감효과 (%)	기계가격 (만원)	손익분기점 (년)
파종	자동파종기	헬퍼로보텍	0.2	3.2	93.75	5000	6.5
엽 절단	모종정리기	진성 메카트로닉스	0.48	3.36	85.71	295	4.3
두둑 조성	경운,트랙터, 관리기	대동, 국제, 동양, 아세 아, LS	1.8	9.8	81.63	500	2.3
정식	반자동정식기	조은농기계	6	64	90.63	1920	1.13
	자동정식기	동양물산	2.5		96.09	2300	1.3
		구보다	1.75		97.27	2900	1.6
수확	줄기절단기	대풍농기	1.5	27.6	94.57	450	0.6
		신흥공업사	3		89.13	290	0.4
	굴취기	두루기계 등 3개사	1.4	18	92.22	370	0.7
		대신종합농기	1.4		92.22	145	0.3
	수집기	신흥공업사	1	37.9	97.36	140	0.1
	굴취+수집	신흥공업사	1	55.9	98.21	560	0.3

- 산정기준 : 재배면적(정식기 10일 작업면적)=3.2ha, 작업일수=10일, 1일작업시간=8시간, 인건비=80,000원/일,

- 손익분기점 : 기계가격 / (인력작업비용 - 감가상각비 외 기계작업비용)

표 50은 18개의 각 작업 단계 별 도입기계조합을 나타낸 것이다. 작업 단계는 파종, 엽 절단, 두둑 조성, 정식, 줄기 절단, 굴취, 수집 등으로 나누었으며 현재 개발된 작업 기계와 본 과제에서 개발한 정식기 등을 선정하여 조합하였다.

표 50. 작업 단계별 도입 기계 조합

구분	파종	엽 절단	두둑 조성	정식	줄기 절단	굴취	수집
1	헬퍼 로보텍	진성 메카트로닉스	대동, 국제, 동양, LS, 아세아	조은농기계	대풍농기	두루기계 등 3개사	신홍 공업사
2						대신종합농기	신홍 공업사
3						신홍공업사	
4					신홍공업사	두루기계 등 3개사	신홍 공업사
5						대신종합농기	신홍 공업사
6						신홍공업사	
7				동양물산	대풍농기	두루기계 등 3개사	신홍 공업사
8						대신종합농기	신홍 공업사
9						신홍공업사	
10					신홍공업사	두루기계 등 3개사	신홍 공업사
11						대신종합농기	신홍 공업사
12						신홍공업사	
13				쿠보타	대풍농기	두루기계 등 3개사	신홍 공업사
14						대신종합농기	신홍 공업사
15						신홍공업사	
16					신홍공업사	두루기계 등 3개사	신홍 공업사
17						대신종합농기	신홍 공업사
18						신홍공업사	

표 51. 기계조합별 도입효과

구분	기계가격 (만원)	기계작업능력 (hr/10a)	유류+유지비 (만원)	인력절감효과 (%)	손익분기점 (년)	조수 (조)
1	8,675	9.19	694	94.39	2.04	8
2	8,450	9.19	676	94.39	1.98	8
3	13,815	8.49	1,105	94.82	3.57	8
4	8,515	9.94	681	93.93	2.01	8
5	8,290	9.94	663	93.93	1.94	8
6	13,655	9.24	1,092	94.36	3.54	8
7	9,055	5.69	724	96.53	2.13	6
8	8,830	5.69	706	96.53	2.07	6
9	14,195	4.99	1,136	96.95	3.67	6
10	8,895	6.44	712	96.07	2.09	6
11	8,670	6.44	694	96.07	2.03	6
12	14,035	5.74	1,123	96.50	3.64	6
13	9,655	4.94	772	96.99	2.27	4
14	9,430	4.94	754	96.99	2.21	4
15	14,795	4.24	1,184	97.41	3.82	4
16	9,495	5.69	760	96.53	2.24	4
17	9,270	5.69	742	96.53	2.17	4
18	14,635	4.99	1,171	96.95	3.79	4
평균	10,686.67	6.75	854.94	95.88	2.62	6.00

- 전 작업 인력작업능력 : 163.86(hr/10a)

표 51은 각 작업 단계 별 도입기계조합별 도입효과를 나타내고 있다. 기계가격은 평균 10,686만원, 기계작업능력은 평균 6.75hr/10a, 유류유지비는 854만원, 인력절감효과 평균 95.88%, 손익분기점은 평균 2.62, 조수는 6조로 나타났다. 평균값을 통해 분석한 결과 7번 조합이 가장 적합하다고 판단된다.

표 52는 7번 조합으로 정립한 양과생산 일관기계화 작업체계 모델 설정이다.

표 52. 양파생산 일관기계화 작업체계 모델설정

작업명	기계명	사진	생산 회사	기계작업 능률 (hr/10a)	인력작업 능률 (hr/10a)	인력절감 효과 (%)	기계 가격 (만원)	손익 분기점 (년)
파종	자동 파종기		헬퍼로보텍	0.2	3.2	87.4	5,000	6.5
엽 절단	모종 정리기		진성 메카트로닉스	0.48	3.36	85.71	295	4.3
두둑 조성	경운, 트랙터, 관리기		대동, 국제, 동양, 아세아, LS	1.8	9.8	63.3	500	3.4
정식	자동 정식기		동양물산 (협력단 개발)	2.5	64.0	92.2	2,300	1.3
수확	줄기 절단기		대풍농기 (협력단 개발)	1.5	27.6	89.1	450	0.6
	굴취기		두루기계 등 3개사	1.4	18.0	84.4	370	2.6
	수집기		신흥공업사	1.0	37.9	94.7	1,400	1.4
평균				1.27	23.41	85.26		2.87

파종작업에는 자동파종기(헬퍼로보텍), 엽 절단작업에는 모종정리기(진성 메카트로닉스), 두둑 조성작업에는 경운, 트랙터, 관리기(대동, 국제, 동양, 아세아, LS), 정식작업에는 자동정식기(동양물산), 수확작업에는 줄기 절단기(대풍농기), 굴취기(두루기계 등 3개사), 수집기(신흥공업사)로 설정하였다. 기계작업능률은 평균 1.27hr/10a, 인력절감효과는 평균 85.26%, 기계가격은 평균 1,473.57만원, 손익분기점은 평균 2.87년으로 조사되었다.

제4절 양과 보행형 자동정식기 및 육묘기자재 개발

1. 양과 보행형 자동정식기 개발

가. 개요

본 연구는 양과묘의 취출, 이송, 정식, 진압을 수행하는 자체 주행이 가능한 보행형 양과 자동 정식기를 개발하는 것으로, 구성은 동력원인 엔진, 변속 및 감속장치인 미션, 차체지지 및 차륜 구동부, 정식부와 본기부를 연결하는 매칭부, 작업기부인 정식부 그리고 각종 조작 장치가 구성되는 조작부로 구성하였다. 초기단계에서는 협동과제 1로부터 기존 정식부 시작품 한대를 제공 받아 수작업으로 기계를 구동시켜 모종의 취출 장치, 핑거장치, 캠 및 식부장치 등에 대한 작동부의 전체 프레임과 문제점 및 개선방안을 점검 분석하여 1차 시작품과 2차 시작품을 제작하였다. 작동확인 및 실제포장 적용성 시험을 통해 제시된 문제점을 파악하여 시제품 설계제작을 하였으며 개선된 시제품은 양과 재배 주산지를 형성하고 있는 창녕, 합천, 제주, 무안, 완주, 안동, 진주 지역 농가를 대상으로 포장실증시험 및 시연회를 실시하여 그 결과를 바탕으로 농가에 활용가능하다는 결론을 도출했다.

나. 연구 내용

현재까지 국내·외에서 사용되고 있는 양과정식기의 문제점 및 구조를 분석하여 동력전달부와 주행장치부, 정식부 제작을 하였다. 동력전달 체계는 자체주행이 가능하도록 엔진을 전방에 배치하고 미션의 입력부는 베벨기어를 적용하였으며, 미션구조는 전진2단, 전진1단, 중립, 후진으로 변속가능 하도록 설계적용 하였다. 제 2축에 주 변속 기어를 배치하였으며 주간 조절 기어를 사용자가 직접 교환할 수 있도록 기어 교환방식으로 설계하였다.

차륜구동은 베벨기어를 사용하여 축 구동 방식으로 제작하였으며 원심클러치를 장착하여 정지 및 주행조작을 사용자가 조작하기 편리하도록 주행동력전달체계를 확립하였다. 또한 베벨기어와 축 구동방식의 차륜구동방식을 채택하여 체인방식보다 견고하고 안정적인 차륜구동을 가능할 수 있도록 구현하였다. 엔진은 기체의 앞부분에 장착하여 PTO를 전·후 방향으로 배치하고 정식부의 식부침이나 핑거 등의 변형과 파손을 방지하기 위해 안전클러치를 장착하였다.

정식부는 주행부와 별도의 미션부를 가지고 있으며 각 역할에 따라 크게 5부분으로 설치하였다. 주행부의 동력을 받는 입력부, 모종 트레이의 모종 취출을 할 수 있도록 묘 탑재대의 횡이송과 종이송 역할을 하는 횡이송부, 모종 취출을 하는 취출부, 취출된 모종을 이송하는 이송부, 모종을 받아 심는 호퍼부가 있다. 각 부분은 양과묘의 취출, 이송, 정식, 진압의 전자동 작업을 가능케 하는 역할을 하며 이를 조작하기 위하여 핸들에 집중식 메타 판넬을 장착하여 주변속, 수동유압 승, 하강, 식부 연결과 끊김, 시동을 할 수 있도록 장착하였다. 사용자의 조작을 편리하게 하였으며, 유압감지는 컨트롤밸브를 적용하여 굳은 건담에서 감지롤러가 1cm 높낮이로 안정적으로 감지할 수 있고 모종을 심고난 후 진압부의 진압롤러가 복토와 진압을 하면서 정식작업은 완료된다.

핸들에 집중식 메타 판넬을 장착하여 주변속, 수동유압 승·하강, 식부 연결과 끊김, 시동을 할 수 있도록 장착하여 사용자의 조작을 편리하게 하였으며, 유압감지는 컨트롤밸브를 적용하여 굳은 건담에서 감지롤러가 1cm 높낮이로 안정적으로 감지할 수 있도록 하였다.

(1) 동력전달부

(가) 엔진배치

엔진(①)은 총 배기량 171cc 정격 4마력 3400rpm, 최대 5마력 3400rpm의 출력을 가지고 있으며 전방에 배치하였다. 주행부미션(③)에 원심클러치(⑤)를 장착하여 엔진회전수(rpm)에 따라 동력전달을 단속할 수 있도록 장착하여 스로틀레버로 주행 및 정지를 가능케 하였다. 체인지미션 입력은 베벨기어(④)를 적용하였으며 체인지 미션 우측에 소음기(②)를 배치함으로써 사용자가 안전하고 편하게 작동할 수 있도록 하였다(그림 128).

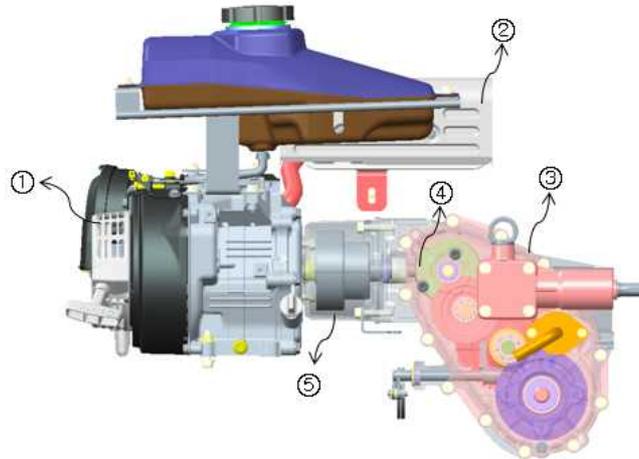


그림 128. 엔진배치

(나) 주행부 미션구조

주행부 미션은 총 5개의 축을 배치하였다.

제 1축은 엔진과 주행부미션의 동력을 연결해주는 원심클러치(⑦)의 동력을 받는 축으로써 후진 아이들 기어(③)로 후진구동과 미션케이스 외측에 유압펌프(①)를 장착하여 기체의 유압 작동을 가능케 하였다. 제 2축에는 주변속 기어(⑩)를 배치하고 변속포크(⑤)로 변속을 가능케 하였으며 주간 조절기어(④)는 사용자가 직접 교환할 수 있도록 기어 교환방식으로 설계하였다. 주간 조절은 총 4단계로 조절이 가능하며 주간거리가 제일 짧은 12cm에서 재식 밀도가 36,400주/10a이며, 주간거리가 제일 긴 15cm에서 29,000주/10a의 재식밀도를 구현한다. 제 3축에 연결되는 PTO(②)부는 외측에 배치할 수 있도록 베벨기어(⑫)로 동력전달을 해주며 안전클러치(⑪)와 오일게이지(⑧)를 설치하였다. 제 4축은 사이드 클러치 암(⑥)을 적용하여 최종 제 5축에서 차륜 구동으로의 동력전달 구속을 하도록 배치하였다(그림 129).

변속단수는 전진2단, 전진1단(작업), 중립, 후진으로 변속가능 하도록 설계적용 하였으며 전진2단의 속도는 0.72m/s, 전진1단(작업)의 속도는 0.12m/s, 후진속도 0.1m/s를 낼 수 있도록 설계 적용하였다.

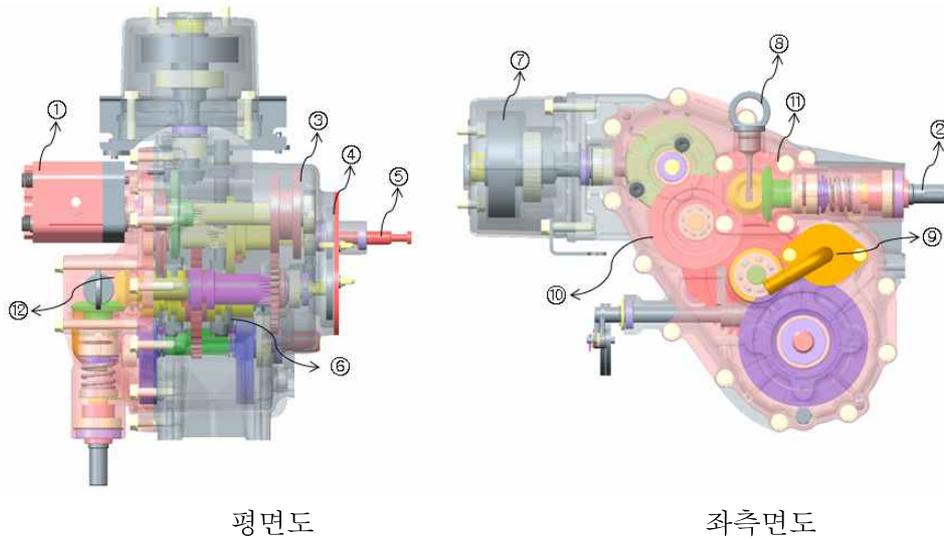


그림 129. 주행부 미션구조

(다) 안전클러치

안전클러치(그림 130)의 구조는 아래 그림과 같으며 기체의 전·후 방향으로 PTO축을 배치하고 동력 취출을 베벨기어(①)로 연결하여 정식부에 3kg의 힘이 걸리게 되면 안전클러치 캠(③)과 스프링(②)의 연관 작용으로 본기부 PTO축(④)이 헛돌아 동력전달을 끊을 수 있도록 하여 정식부의 식부침이나 핑거 등의 변형과 파손을 방지하는 역할을 하도록 개발하였다.

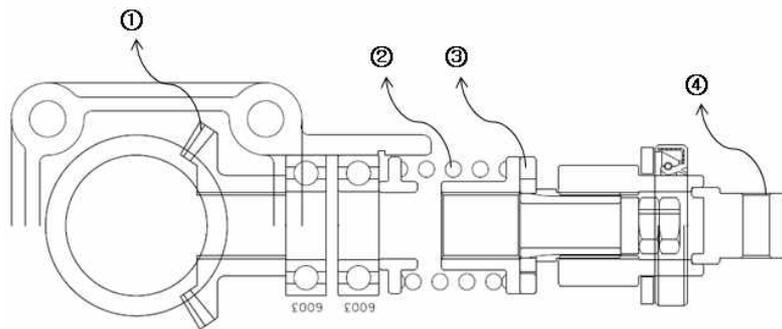


그림 130. 안전클러치

(2) 주행 장치부

(가) 차륜구동

차륜구동은 베벨기어(①)와 축(②) 구동 방식으로 설계하였으며 체인구동 방식보다 견고하고 안정적인 차륜구동을 가능할 수 있도록 구현하였다. 후륜(⑥)으로 동력이 연결되어 기체를 전진 및 후진구동하며 전륜(⑤)은 작업 시 직진성을 유지시켜주며 기체구동에는 관여하지 않는다. 차륜간 거리는 1200mm, 1250mm, 1300mm로 3단계 조절이 가능하며 조절을 하기

전 유압을 수동 작동하여 차체를 상승시킨 후 차체를 지지시켜주는 스탠드(⑦)를 펴서 설치하고 다시 유압작동으로 차체를 하강시켜 스탠드를 지면에 닿게 하여 전륜과 후륜을 자유상태로 유지시킨 후 전륜조절부(④)와 후륜조절부(③)의 조임 볼트를 풀고 각 위치에 맞게 위치를 맞추어 조임 볼트를 조여 조절할 수 있도록 개발하였다(그림 131).

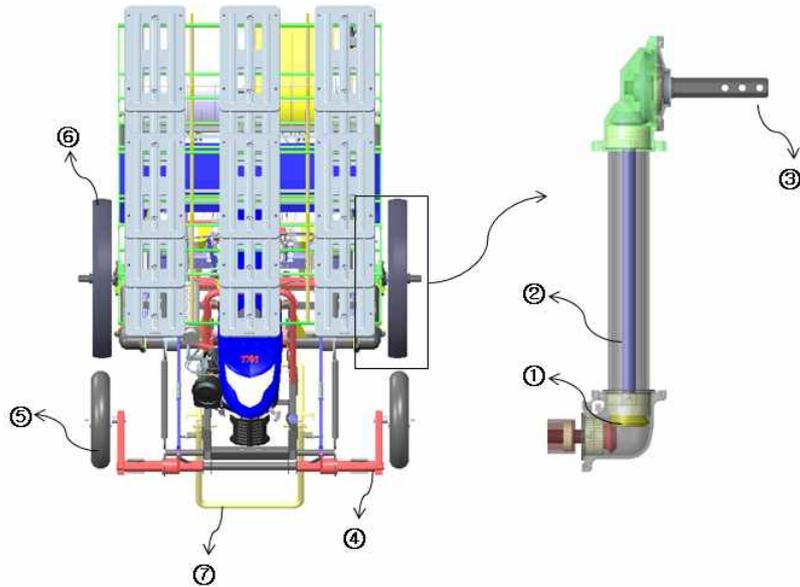


그림 131. 차륜배치도

(나) 주행조작

핸들에 집중식 메타판넬(그림 132)을 장착하여 주변속(①), 수동유압 승·하강(④), 식부 연결과 끊김(③), 시동(②)을 할 수 있도록 장착하여 사용자의 조작을 편리하게 하였다.

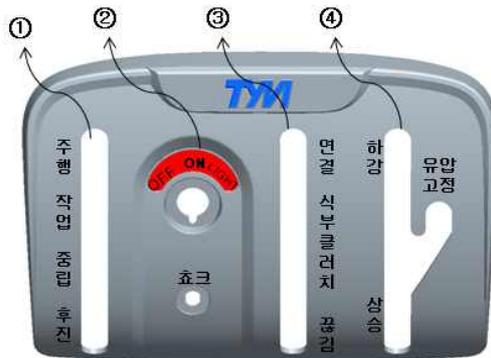


그림 132. 집중식 메타판넬

(3) 유압작동부

유압작동은 수동유압과 자동유압으로 나뉘며 수동유압은 메타 판넬의 유압레버로 기체의 상승과 하강을 수동으로 할 수 있으며, 자동유압은 유압감지롤러(③)에 의하여 1cm 높낮이로 안정적인 상승, 하강작동을 할 수 있도록 하였다.

기체 상승과 하강은 유압실린더(①)와 컨트롤밸브(②)에 의하여 이루어지며 수동 작동 시 유압 작동암(④)을 강제로 작동시켜 미션(⑨)에 연결되어 있는 유압펌프(⑥)와 컨트롤밸브의 유압 라인(⑧)에 의하여 컨트롤밸브가 작동하고 유압라인(⑦)과 연결되어있는 유압실린더(①)를 작동시켜 차체 수동 상·하 작동을 하며, 자동 상·하 작동 시에는 유압감지롤러(③)가 모종이 심겨질 지면을 평탄화 작업을 하는 동시에 높낮이를 감지하면서 연결된 링크에 의하여 와이어(⑤)가 작동되어 수동 작동과 같은 원리로 차체 상승, 하강을 한다(그림 133, 그림 134).

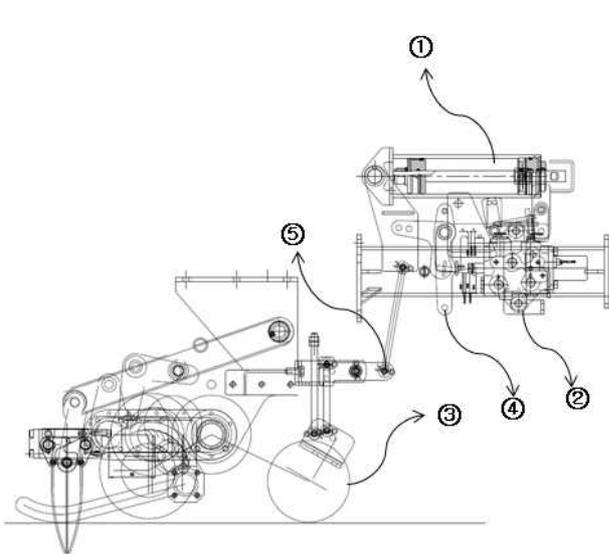


그림 133. 유압 작동부

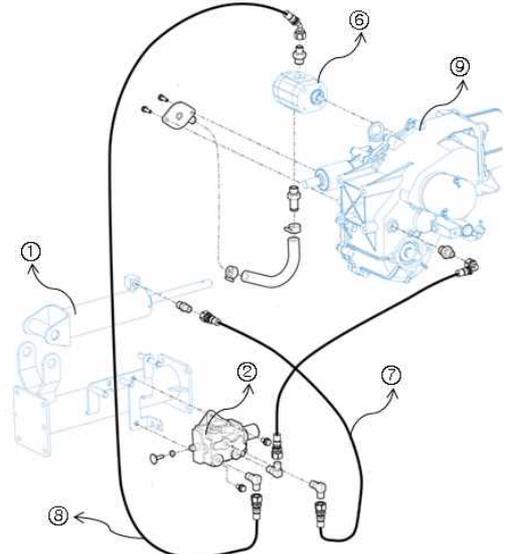


그림 134. 유압회로

(4) 정식부

(가) 미션구조

정식부의 미션(①)은 각 역할에 따라 크게 5개의 축으로 구성하였으며, 황이송(②)축, 핑거 이송축(③), 묘취출축(④), 식부호퍼축(⑤)으로 구성하였다(그림 135).

입력축(⑥)으로 동력을 받아 미션을 구동 시키며 묘탑재대(⑨)의 좌·우 운동과 모종 트레이의 상·하 운동을 하여 트레이의 모종을 모두 취출 시킬 수 있도록 하는 황이송축, 취출된 모종을 핑거(⑧)에 의하여 식부호퍼(⑦)로 이송시켜주는 핑거이송축, 모종 트레이의 모종을 취출시키는 취출부(⑩)작동은 묘 취출축 그리고 식부호퍼(⑦)를 작동하는 식부 호퍼축으로 개발하였다.

정식부 미션으로 입력받는 회전수는 본기부 미션에 있는 주간조절기어의 변경에 따라 최소 201.4rpm에서 최대 252.6rpm까지이며 입력베벨과 카운터축(⑪)에서 총 75%감속이 이루어진다. 엔진의 최대회전수일 때 최종식부회전수는 49.5~62rpm으로 회전하며 주간간격은

12~15cm까지 조절이 가능하다.

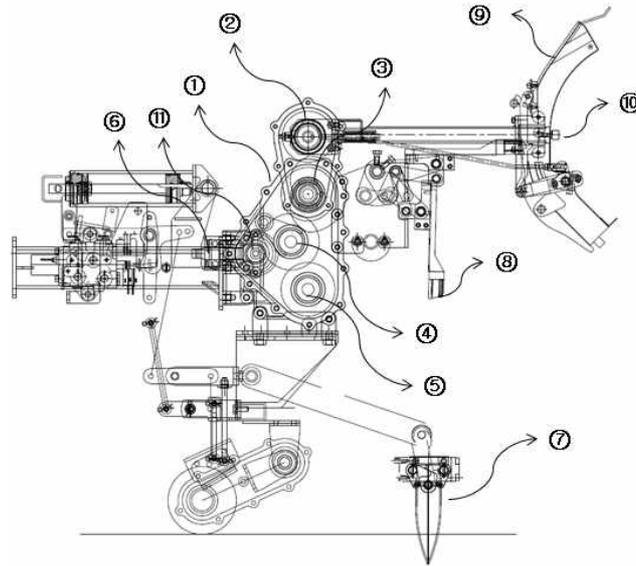


그림 135. 정식부 미션구조

(나) 정식부 작동 메커니즘

정식부 작동 메커니즘은 실제 기계 제작 시 작동부 간 간섭과 이상부하현상을 설계단계에서 차단함으로써 이상적인 식부작동을 구현함을 목적으로 한다(그림 136).

메커니즘의 단계는 식부부의 각 링크구조(①)와 캠 형상(④)을 구현하고 식부침의 이상적인 식부곡선(②)을 도출한 후 유압감지구조(③)등을 통하여 작동기구를 분석하고 메커니즘을 구현한다.

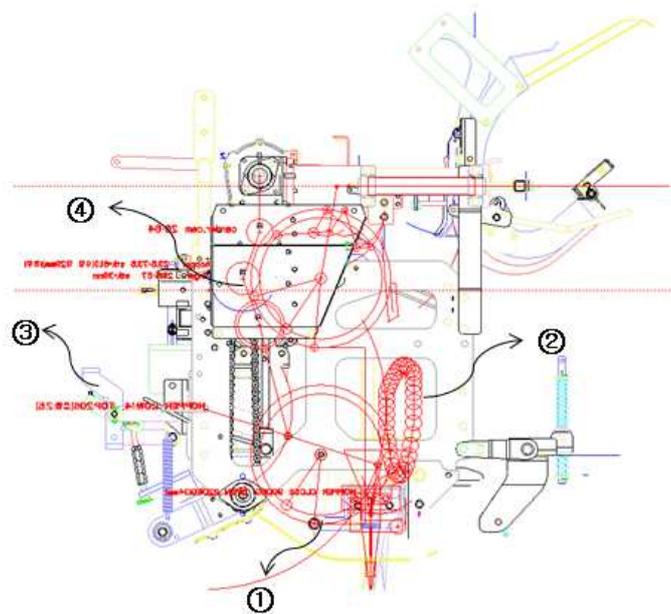


그림 136. 정식부 메커니즘

완성된 메커니즘을 통하여 각 작동부 상세설계를 하였으며 그 중 횡 이송 캠(①)은 묘 탑 재대(③)를 좌·우로 트레이(④)의 가로방향 셀 간격에 맞게 28mm씩 이동시키며 종 이송 캠(②)은 상·하로 트레이의 세로방향 셀 간격 19mm씩 이동하게 하여 트레이의 모종을 취출할 수 있도록 개발하였다(그림 137).

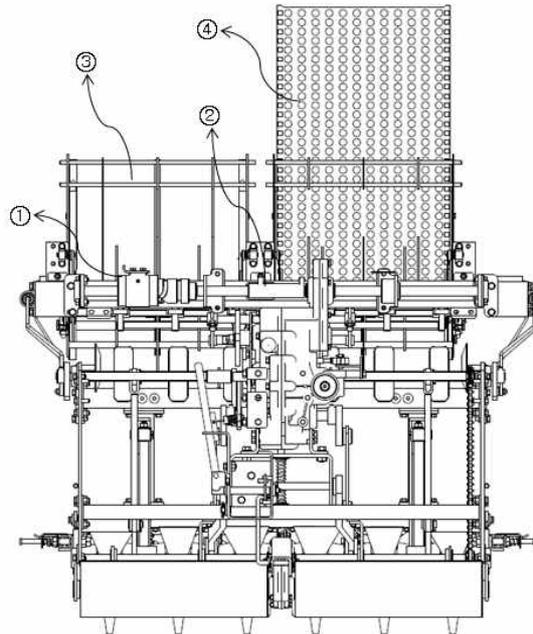


그림 137. 횡이송캠

모종 취출을 담당하는 취출 캠(①)은 식부미션에서 나오는 동력으로 식부작동 타이밍에 맞춰 일정한 rpm을 가지며 푸쉬 로드(②)를 작동시켜 취출핀(③)으로 모종 취출을 한다. 취출핀은 총 6개로 장착되어 있으며 횡 이송 캠에 의하여 가로 4회 이동하며 한줄을 취출하고 종 이송 캠에 의하여 세로 한 줄씩 내려오며 트레이의 모든 모종을 취출한다. 취출되어 나온 모종은 이송 캠(⑤)에 의하여 이송핑거(④)를 90°반복운동을 하게 하면서 모종을 받아 식부호퍼(⑤)에 모종을 이송시키는 연속작업을 하게 된다(그림 138).

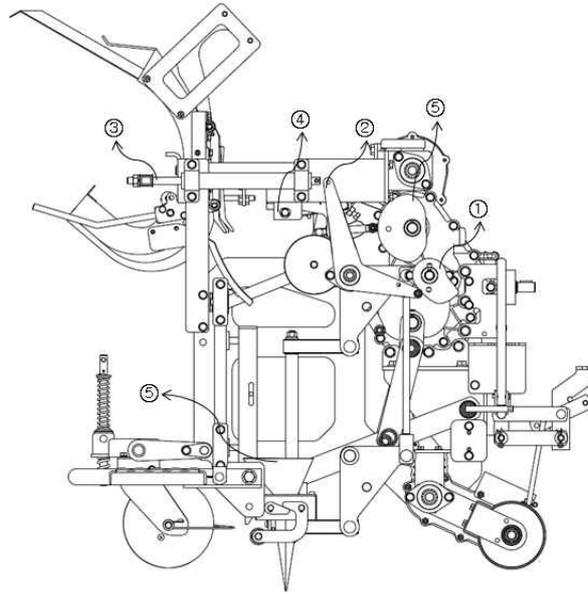


그림 138. 모종 취출과 이송

이송핑거에 의하여 모종을 받은 호퍼는 식부미션에서 나오는 호퍼 작동 축(⑤)에 의하여 작동 암(④)이 회전하고 식부호퍼(③)를 상·하 반복운동하게 하며 상승했을 때 모종을 받고 하강했을 때 모종을 지면에 심는 반복 작업이 이루어진다(그림 139). 호퍼 캠(①)은 호퍼 작동 축에 연동되어 있으며 일정한 rpm으로 회전을 하며 연동암(②)을 작동시켜 모종이 식부 호퍼에 의하여 심겨질 때 차체가 전진을 하면서도 모종이 직립할 수 있도록 일정한 식부 궤적을 실현시켜주는 역할을 한다. (그림 140).

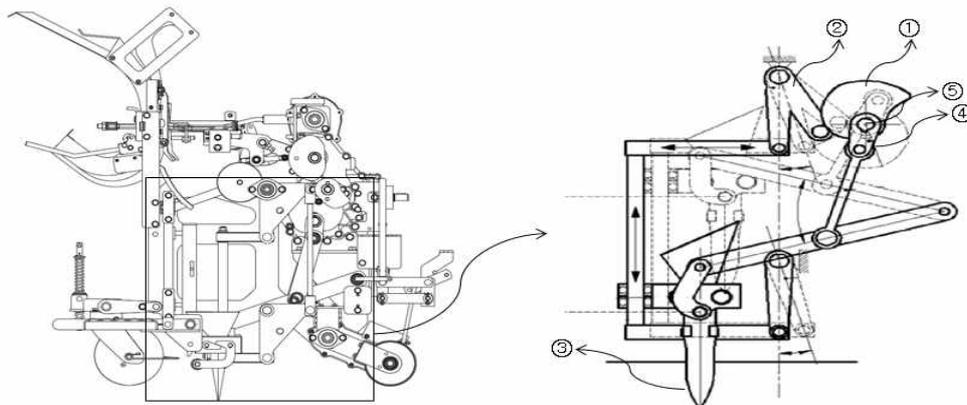


그림 139. 식부호퍼 작동

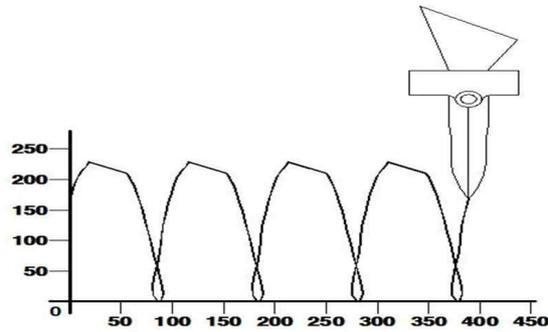


그림 140. 식부계적

유압감지롤러(①)는 식부미션(⑦)에서 나오는 동력을 체인(⑧)으로 전달받아 회전비를 차체 속도와 연동시켜 비닐멀칭에서 비닐이 밀리지 않도록 하였다. 유압감지롤러의 다른 역할인 평탄작업과 미세한 유압감지를 위하여 롤러의 접지면적을 최대한 넓혔으며 접지력의 완충 작용을 위하여 완충스프링(②)을 장착하고 식부깊이를 조절할 수 있도록 하기 위하여 레버(③)를 장착하여 5단계 까지 가능케 하였다.

모종을 지면에 심고난 후 복토와 진압을 위하여 식부 뒷부분에 복토롤러(④)를 장착하였으며 복토롤러의 완충작용을 위하여 완충스프링(⑤)과 이를 조절할 수 있도록 조절레버(⑥)를 장착하여 강하게, 중간, 약하게 3단계로 조절할 수 있도록 개발하였다(그림 141).

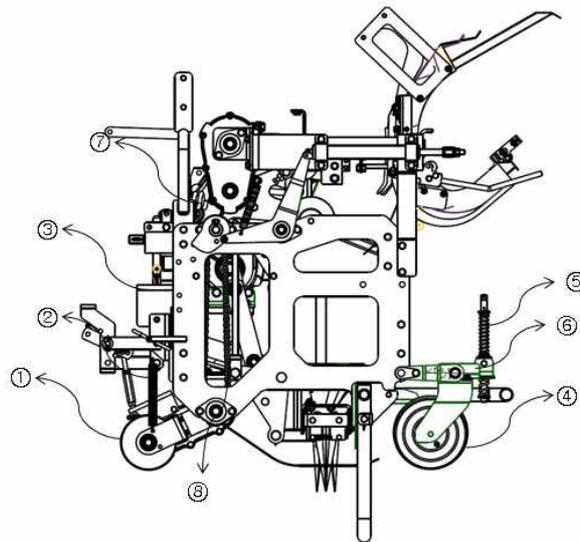


그림 141. 유압감지롤러, 복토롤러

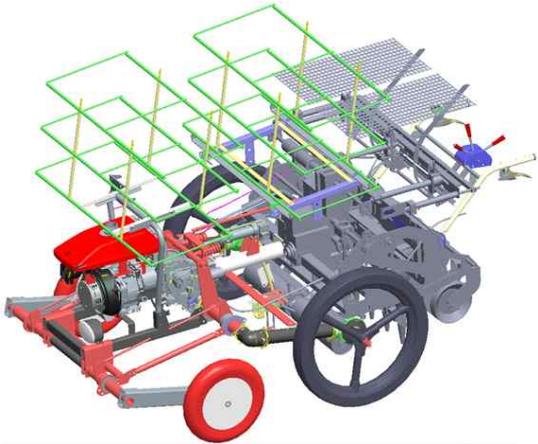
다. 양파 보행형 자동정식기 제작 및 실증시험

양파정식기 1차 시작품은 2012년, 2차 시작품은 2013년에 2대를 각각 제작하여 포장 실증 시험을 통하여 문제점 및 개선부분을 도출하였으며 시작품에서 나온 결과를 토대로 개선 설계하여 2014년 5월 시제품제작을 하였다. 시제품은 기본 성능 시험용, 필드시험 및 신뢰성 평가용으로 구분하여 2대 완성하였다.

(1) 시작품 제작 및 시험

(가) 시작품 제작

시작품은 Layout설계를 바탕으로 그림 142의 3D Modeling을 하여 제작부품을 만들고 용접 및 가공과 조립과정을 거쳐 작동확인을 하고 시작품 제작을 완성 하였다.



3D Modeling



시작품 제작

그림 142. 양과정식기 시작품 제작

그림 143은 각 협동기관 및 위탁기관이 모여 주행부와 정식부의 매칭을 하고 시운전을 하는 모습이며 포장실증시험에 앞서 문제점을 미리 파악하는 과정이다.



그림 143. 양과정식기 시작품 매칭 및 시운전

(나) 포장실증시험

포장실증시험(그림 144)은 문제점을 밝히고 특성을 조사하여 농가에서 적용할 수 있는지를 판단하는 과정이며 이 과정에서는 과제에 참여하는 각 기관 뿐 아니라 농민도 참여하여 양과정식기 시작품의 개선점을 찾았다.



그림 144. 양파정식기 시제품 포장실증시험

(다) 문제점보완 및 개선

양파정식기 조립과정, 포장실증시험에서 나온 문제점을 수정, 보완하여 시제품제작에 반영시키고 도출된 개선사항을 적용시킴으로써 농가에 만족도 높은 기계보급을 목적으로 한다.

시험 중 발생된 문제점으로는 보조 차륜부 유격으로 인하여 전방 상승 시 보조차륜이 낙하하는 현상이 발생되었으며 이를 해결하기 위하여 체결방식을 유격이 없도록 강하게 체결할 수 있는 볼트방식을 채택하여 해결하였다. 또한 조작핸들의 강도가 부족한 현상은 핸들 파이프의 경을 증대시켜 강도보강을 하였다.

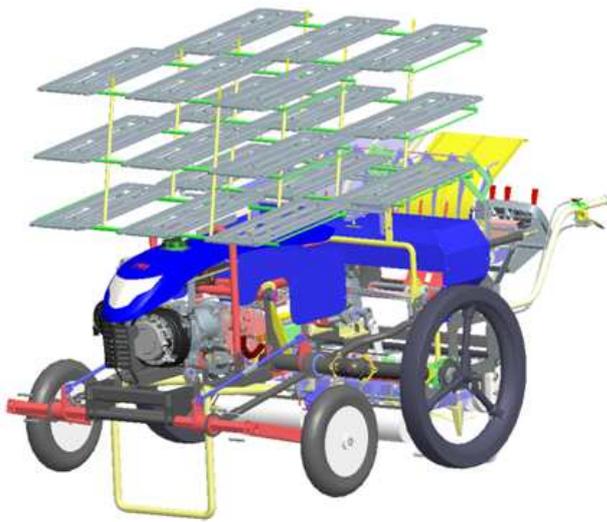
개선사항으로 안정적인 유압승하강과 내구성을 높이기 위하여 유압실린더, 컨트롤밸브를 변경하였으며 연료탱크의 용량을 2.3L에서 4L로 증대 했다. 시험 중 답답하게 느껴졌던 주행 속도와 후진속도를 향상 했으며 주행속도는 0.49m/s에서 0.75m/s로, 후진속도는 0.09m/s에서 0.11m/s로 향상시켰다. 또한 주행부의 내측 폭을 200mm 줄여 양파정식기의 무게를 줄이는 개선작업을 하였으며, 정식부에서는 일체형 알루미늄 주물과 축으로 이루어진 식부 호퍼를 판금과 용접방식으로 변경하여 무게를 줄이고 간단하게 개선하여 분해, 조립을 쉽게 하였으며 강제 식부침 개폐방식을 캠과 와이어로 개선하여 식부부의 부하를 대폭 하향 시켜 흔들림 없는 정식작업을 완성시켰다.

또한 본니트를 라이트 일체형으로 변경하여 이미지를 향상시켰으며, 일체형 컨트롤 패널을 장착하여 조작의 편의성을 높였다.

(2) 시제품 제작 및 시험

(가) 시제품 제작

시제품 제작은 시제품 시험에서 나왔던 문제점과 개선사항을 모두 적용시켜 3D Modeling 을 하여 제작부품을 만들고 용접 및 가공과 조립과정을 거쳐 작동확인을 하고 기본 성능 시험용, 필드시험 및 신뢰성 평가용으로 구분하여 2대 완성하였다(그림 145).



3D Modeling



시제품 제작

그림 145. 양파정식기 시제품 제작

(나) 포장실증시험

시제품의 포장실증시험은 양파 재배 주산지를 형성하고 있는 창녕, 합천, 제주, 무안, 완주, 안동, 진주 지역 농가를 대상으로 실시하였으며 참여기관 및 관련기관 그리고 농가가 참여하여 검증을 하였다.

시제품 포장실증시험은 야외 비닐멀칭과 비닐하우스 비닐멀칭, 비닐멀칭을 하지 않은 노지에서 하였으며 시험결과 정식작업 중 기체의 흔들림이 없고 일정한 깊이로 모종이 심겼으며 결주 또한 3% 이내로 안정적인 정식작업을 확인하였다(그림 146).



야외 비닐멀칭



비닐하우스 비닐멀칭



노지

그림 146. 양파정식기 시제품 포장실증시험

(다) 최종 사양 비교

구분		MINORU	MINORU	TYM	비고	
		OPK-4	OP-41B	TOP6		
제원	크기(L×W×H),cm	231x164x150	273x110x115	222x139x140		
	중량(kg)	350	320	350		
엔진	형식	EH-12-2D	EH-12-2D	E170G		
	종류	1기통가솔린	1기통가솔린	1기통가솔린		
	배기량(cc)	121	121	171		
	최대출력(ps/rpm)	3.5/3,600	3.5/3,600	4.5/3,600		
	탱크용량(L)	3.5	3.5	4.0		
주행	변속방식	선택물림	선택물림	선택물림		
	변속단수	전진4,후진2	전진4,후진2	전진2,후진1		
	차륜경(전/후),mm	368/670	530(드럼370)	360/650		
	륜거(전/후),cm	117~155		120~130		
	적용두둑높이	15~25		10~20		
	차체승강제어	유압식	유압식	유압식		
식부	좌우수평제어	수동				
	조수	보행 4	보행 4	보행 6		
	주수	두둑피치,cm	135	135	135	
		조간(cm)	24-24-24	24-24-24	14-14-14-14-14	
		주간(cm)	10~13(6단)	9.3~13.2	12~15(4단)	
		주수/10a	29,300/22,500	33,400~21,600	37,200~29,600	
	식부깊이(cm)	1~4	1~4	1~4		
	적용육묘	상자규격,穴	448	448	384	
		묘길이,cm	14~20	10~20	12~16	
	예비묘상자수	20	16	18		
최고작업속도(m/sec)	0.2	0.40	0.1			
작업능률,분/10a	90~105	55~90	100~150			
멀칭대응	멀칭,노지	노지	멀칭,노지			

(라) 주요 특징점

- 한국 재배 양식에 맞는 밀식 재배가 가능 : 300평당 최대 37,200주 이식 가능



(주간거리 12~15cm, 기어 교환)



(조간거리 14cm 고정)

- 소음이 적고 높은 출력의 5.0마력 OHV 가솔린엔진 탑재



- 묘 공급부터 이식까지 전자동으로 가능하며 기계 1대로 하루 1000평 이식이 가능 (인력의 20배)



- 주행, 작업, 식부, 유압레버가 좌측으로 집중화



- 기대 전방 및 후방에 스탠드를 장착하여 기계의 보관 및 유지보수가 용이함



- 기대 전방에 평탄롤러가 유압을 자동으로 감지하여 식부깊이 자동 조절



- 멀칭작업 시 이식 후 비닐을 재차 눌러주어 묘종의 결주 없이 작업이 가능



- 식부침이 토양에서 빠져 나올 때 비닐을 눌러 주는 누름 봉 장착



- 다양한 작업범위 및 차륜 폭 조절 : 두둑높이 10~20cm, 폭조절 120~130cm



- 18매를 탑재할 수 있는 예비묘 탑재대(180m를 왕복으로 작업가능)



2. 양과 모종정리기 개발

가. 개요

양과 묘의 취출, 이송, 정식 진압 작업을 일관 자동화로 수행하는 자율 주행식 자동 정식기의 작동에 적합한 모종정리기 시작품을 설계, 제작하였다.

나. 연구개발 방법

세계 각국 모종정리기 자료를 문헌 조사하여 문제점과 구성 재료 및 구조를 분석하여, 국내 실정에 적합한 구조로 설계 방향을 수립했다. 모종정리기는 엔진, 동력 전달장치, 모종 절단장치 등으로 구성되어 있으며, 재배 환경에 맞게 폭, 높이 등의 조절이 가능한 구조로의 설계 방향을 수립했고, 설계 방향에 따라 각부 주요 장치와 조립도를 설계하고 문제점을 토의 후 보완하여 부품 도면을 설계했다.

다. 연구개발 결과

표 53. 일본 MINORU사 모종정리기와의 시방 비교

구분	구분	MINORU	MINORU	MINORU	MINORU	진성
		TC100C	TC170	MN-1	OCE-1A	JSCT100
제원	크기(L×W×H)	1260×2230×1300	1180×3750×1080	975×1130×866	930×420×810	1000×1000×1600
	중량(kg)	32.5	59	22.3	17	32
엔진	종류	2싸이클	2싸이클	2싸이클	12V배터리	4싸이클
	배기량(cc)	41.5	41.5	22.2		41.5
	최대출력(ps)/회전(rpm)	3.1/8000	3.1/8000			3.1/7000
	탱크용량(ℓ)	1.0	1.0			1.0
성능	절단 폭(mm)	1030	1600	505		1260
	높이조절(mm)	100~460	100~300	170~400	140~200	50~700
	바퀴조절폭(mm)	1350~1930	2400~3600		:300판/시간	1600

(1) 개발제품 조사

표 53에서 보는 바와 같이 기 개발된 일본 MINORU사의 모종정리기를 선행 조사하여 우리나라 지역별 재배 환경에 맞게 상하 조절 기능을 추가 하였다.

또한 부품 공용화를 위해 기존의 보행 이앙기 구조를 참조하여 양과정식기에 적합한 주행부를 설계하였으며, 설계방향에 따라 각부 주요 장치를 설계하여 문제점 토의 후 보완하여 보행 모종 절단이 가능한 1차 시작기의 개발을 추진하였다.



그림 147. 일본 모종정리기(Minoru 사)

(2) 기본 제품설계

현재까지 국내에서는 육묘 중에 양파 묘의 절단은 일반 예초기나 낫으로 엽을 절단하고 있으며 절단장치는 일부 화훼류에서 수확시기에 인력절감을 도모하고자 응용 활용하고 있다. 채소작물에는 생소한 장비이며 화훼류에서 취급하고 있는 제품을 구조 분석하고 동력 전달부 및 구동부를 설계하여 1차 시작품 제작 추진하였다.

(가) 전정기 구조

국내에서 이용하고 있는 전정기의 용도는 울타리를 다듬는데 쓰이며 주로 일자형형태로 양날을 대칭으로 왕복운동을 하게 되는데 모종정리기도 이와 같은 유사한 원리를 이용하여 제작이 가능하므로 제품 분석을 하였다

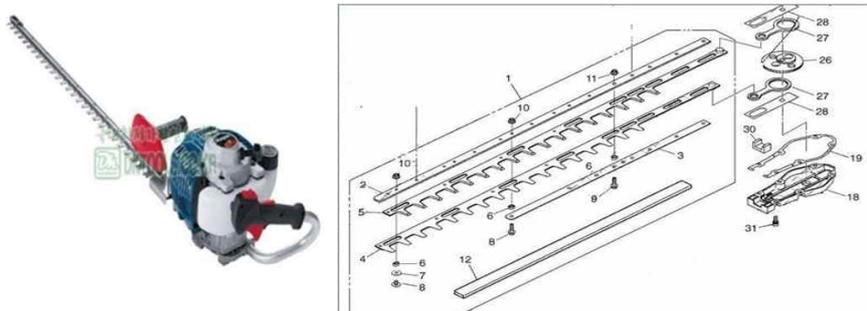


그림 148. 전정기 제품 및 구조

(나) 재질 및 형상분석

울타리 나무 다듬는 전정기의 각 장치에 대한 재질과 형상분석을 실시한 결과 표 7에서와 같다. 조경용 전정기는 어린 신초 위주로 전정하게 되어 날 각도가 45°로 각도가 많았으며 피치각은 11°, 피치는 35mm 이었다.

본 과제의 모종정리기 설계는 이를 참고로 피치각은 11°, 피치는 35mm, 경도는 HRC 50 이상의 견고성을 갖도록 설계를 하였으며, 칼날각과 기움각은 협동 1과제에서 제시된 $\epsilon=25^\circ$, $\delta=40^\circ$ 로 하여 양파 엽 절단 시 예리하게 자를 수 있도록 설계하였으며 날의 재질도 공구강인 SK5로 내구성이 있도록 하였다.

표 54. 전정기 및 모종정리기 주요 장치부 특성

구분	재질	날 각도(°)	피치(mm)	피치각(°)	경도
전정기	sk5	45	35	11	HRC 50이상
모종정리기 구상	SK5	25~35	35	11	HRC 50이상



그림 149. 모종정리기 부품 재질과 형상 분석

(다) 양과 모종정리기 설계

양과 모종정리기에 대한 설계도면은 그림 149에서와 같다. 작동원리는 모터의 회전 운동을 캠에 의해 직선운동으로 변형시켜 1200mm의 피치형 일체형으로 상·하 날을 지그재그로 마찰시켜 육묘중인 모종을 절단 하도록 설계하였다. 절단된 엽을 수집하기 위해 브로워를 설치하여 노즐을 통하여 절단된 육묘를 바구니로 불어내도록 설계하였고 칼날세트를 육묘중인 모종의 높이에 맞추어 상·하로 조절하여 자를 수 있도록 조절장치를 설계하였다. 모종정리기의 본체를 지탱하는 프레임은 스텐파이프로 녹슬지 않도록 하였고 방향 전환을 위해 앞바퀴는 회전이 가능하도록 설계를 하였다. 주동력은 0.75kw 또는 220 전기를 사용하도록 설계하였다.

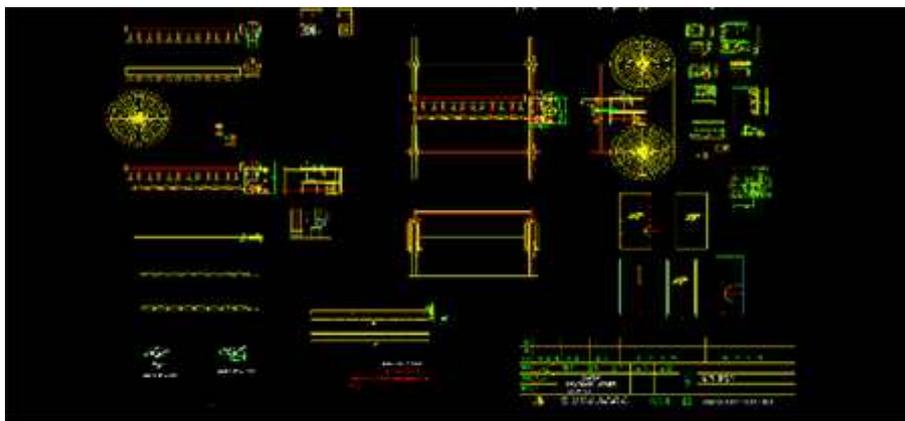


그림 150. 모종정리기 부품 설계도면

(라) 날 연삭기 설계 및 제작

모종 정리기의 핵심 기술이라 할 수 있는 커팅 날은 양과 엽 절단에 있어 매우 중요한 구성 요소이므로 협동 1과제에서 제시된 기움각을 감안하여 설계하였으며 외부 온도변화에 의한 변

형이 없고 외부충격에도 강성을 유지하도록 가공기를 좌. 우로 제작하였다. 칼날 가공과정에서 칼날길이가 1100mm로 길 경우 뒤틀림현상 이 발생되어 템퍼링으로 교정하였으나 교정이 불가 하여 열처리 후 3차 가공하였고 칼날 끝 경도 변화를 최소로 하여 변형이 없도록 가공하였다.



그림 151. 날 연삭기의 설계도면



그림 152. 칼날 부품 시작품 및 조립

(마) 브로워 제작

절단된 양과 엽이 육묘상면에 떨어지게 되면 서로 뒤엉켜 정식과정에서 육묘 트레이 상토성형을 파손하게 하거나 건조줄기가 양과 묘를 간섭하게 되어 정식작업성을 저하시키는 요인으로 작용하게 된다. 엽의 절단과 동시에 절단된 엽이 육묘상면에 떨어지지 않도록 송풍을 이용하여 절단엽을 수집하는 작업이 필요하다. 본 모종정리기에서는 송풍기를 엔진과 연계 부착하고 원통 송풍구의 직경은 직경 10cm로 하였으며 토출구의 간격은 7~10cm 간격으로 설치하였고 토출구 직경은 5cm이며 풍속측정 결과 값은 15m/s 이었다.



그림 153. 브로워 부품 시작품 및 조립

(바) 상하 조절장치 및 프레임 제작

양과 모종의 경우 생육 초기에는 직립하게 되나 중기이후로는 굽어지거나 이랑단면의 방향에 따라 엽 굴절현상이 발생되어 모종정리기로 엽을 절단할 경우 일정한 높이로 유지하기가 어렵다. 양과 모종과 육묘 상 고랑의 정지 상면에 따라 기체높낮이를 조절이 가능하도록 좌우

바퀴 축에 조절장치를 부착하여 엽의 절단 길이를 100~400mm 범위에서 조절할 수 있도록 하였다. 바퀴 축은 이랑면의 회전반경을 고려하여 회전율이 높도록 하였다.



그림 154. 상하 조절장치 및 차체 시작품

(사) 모종정리기 시작품 및 현장평가

모종정리기 시작품에 대한 현장평가는 2012년 10월 8일에 세부과제 위탁기관 현지육묘 포장에서 실시하였다. 모종정리기 작업 전 양파 묘의 초장은 평균 18.9cm였으며 작업 후에는 9.9cm로 절단 묘의 초장은 비교적 양호하였다. 모종정리기 작업 시에 육묘 중 양파 묘의 절단율은 78%였으며 미절단 묘는 모종정리기 송풍구하단면이 주행방향으로 전진할 때 묘종을 누히는 현상에 따른 것으로 판단되며 이는 차년도 설계에 반영할 예정이다. 절단된 양파 줄기가 송풍에 의해 그물망에 수거되는 흡입율은 75%였으며 나머지는 육묘상면에 떨어졌는데 송풍구의 풍속에 대한 분석과 송풍구 간격 조정이 필요한 것으로 판단되었다.

표 55. 모종정리기 작업 전, 후 묘 생육 및 작업성

초장(cm)		평균 절삭율*(%)	절단줄기 수거율 ^b (%)
작업 전	작업 후		
18.9	9.9	77.7	75.2

*절삭율 : 모종정리기 작업 시 묘 절단율

^b줄기 수거율 : 모종정리기 작업 후 잔사가 송풍에 의해 땅에 담긴 비율



그림 155. 모종정리기 시작품 현장실증

1차 시작품에 대한 문제점과 보완사항을 파악한 결과 첫째, 중량이 무거워 이동 및 회전이 불편하였는데 중량을 70Kg → 35Kg으로 설계보완을 위하여 일본기종(MINORU TC100C :

32.5Kg)을 참고로 하기로 하였다. 또한 기체의 크기가 커서 운전조작이 불편하여 크기를 1260×2230×1300 → 1250×1000×1100로, 바퀴는 4륜 26"→ 4륜 16"로 줄여 설계가 필요하였다. 셋째는 브로워 바람 세기가 약해 모판에 절단 잔재물 떨어지게 되어 양과정식기 적응성이 낮은 문제점을 보완하기 위해서 브로워 수집방식을 회전커터에 의해 채집통으로 수집되도록 보완이 필요하며 절단날 톱날 왕복 마찰절단 방식은 엽 절단 과정에서 양과 엽으로부터 유출되는 즙액이 톱날에 잔존하게 되므로 청소세척작업이 수반되는 문제점이 도출되어 로터리 방식으로 변경 설계가 필요하였다.

표 56. 왕복날과 로터리 회전날 방식의 절단특성 비교

구 분	절단날 톱날 왕복 마찰절단 방식		로터리 회전방식으로 개선
			
톱날방식	톱날 방식은 절단 각도를 작게 하기 힘이 들며 날이 교차하기 전에 엽에 도달 (절단각이 작을수록 절단물이 밀리지 않고 잘 잘림)		회전방식은 절단각을 작게 하도록 설계가 가능하여 10°로 설계함
잔재물처리	날이 왕복절단시 반만 절단과 절단 잔재물 떨어짐		연속절단으로 잔재물이 떨어지지 않고 완전 절단됨
동력전달	동력을 사용해서 절단날 및 브로워를 움직여 소음 및 매연이 심함		무동력으로 소음 및 매연이 없어 친환경적으로 비닐하우스에서도 작업가능
절단특성	면 마찰로 식물 진액이 날에 붙어 날 벌어짐 현상과 절단 날 도포현상 발생으로 장기간 사용 시 절단력이 저하되며 초기 어린 모종 절단 시 브로워 바람으로 인해 눕어져 절단되지 않는 모종이 많음		선 접촉방식으로 진액이 붙지 않아 날 벌어짐 없이 절단력 유지되고 브로워를 사용하지 않아 초기 어린 모종도 눕어지지 않고 잘 절단됨
제작비용	엔진 및 브로워 사용으로 단가가 높음		엔진이 없으므로 수입산에 비해 50%이상 저렴하게 공급가능
내구성	동력제품으로 고장 시 수리비가 많이 소요됨		동력제품에 비해 내구성 및 고장이 거의 발생되지 않음

(2) 2차 설계 제작

(가) 2차 Layout설계

1차 시작품의 현장 시험으로 문제점과 수입품의 문제점을 확인하고 개선하여 농가에서 사용하는데 적합하게 설계하였다.

(나) 재질 및 형상분석

구분	받침 날	회전 날	회전 날 수	절단각	경도
모종정리기	SK5	SUS	5개	10	SK5:HRC 50이상

(다) 설계

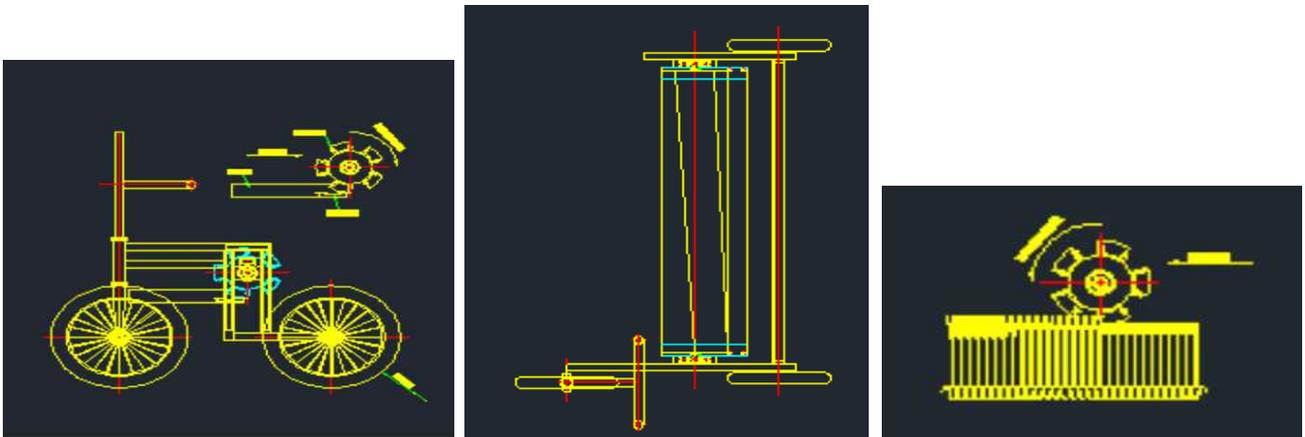


그림 156. 모종정리기 보완 설계

(3) 시작품 제작

(가) 상하 조절장치 제작 : 양과 모종의 절단 길이에 맞도록 차체의 높낮이를 조절 가능하도록 제작하였으며(100~400mm) 작업기 무게는 경량형으로 40kg 정도였으며

(2) 프레임 제작 : 변형을 막기 위해 프레임을 일체형으로 제작하였으며 바퀴는 90° 회전이 가능하도록 직경 15cm 의 크기로 제작하였고

(3) 시작품 제작 및 시연회 : 작업성은 1일 1ha 이상 작업이 가능하였다.

절단 방식은 로터리(rotary) 방식을 채택하여 설계했는데, 로터리 방식의 장점은 절단 날이 무디어 지는 현상이 없어서 절단 날 교체 주기가 길고, 일본 MINORU사의 톱니형 마찰 방식에 비해 트레이에 절단 잔재물이 떨어지지 않으며, 절단 진액에 의한 날 벌어짐 현상이 없는 장점이 있다. 또한 절단 가능한 높이는 최소 50mm에서 최대 700mm까지인데, 이는 노지 및 벤치 육묘 모두에서 사용 가능하게 하는 장점이 있다. 추가로 수입 제품에 비해 가격이 저렴하고, 국내 농가에 맞추어 주문 생산이 가능하며, A/S 및 부품 교환이 용이한 방향으로 기계를 개발하였다.



그림 157. 모종정리기 시작품 포장 적응성 검증

3. 양파 육묘 트레이 개발

가. 육묘 트레이 특성분석

육묘기자재인 트레이의 설계를 위해 작업강도, 묘취출성, 모종파손 등 문제점을 파악하기 위한 시험을 추진하였다. 묘취출성, 모종 파손 등의 시험에서는 기존의 트레이는 성분상 PE의 함유량이 많아 강도는 높았으나 묘 취출 실험 시 모판 끌어내림 장치에 의한 파손 강도는 양호하였으나, 탄성의 부족으로 작업성, 묘취출성은 충분하지 못하였고, 모판이 자체가 경질재료이어서 파손되는 현상도 발생되었다. 기존의 육묘판은 제작 후 보존기간이 길어 정상적인 테스트를 하기에는 무리가 있었다. 모판의 강도는 높지만 탄성이 부족한 문제점이 나타남으로 인하여 이를 해결하고자 일본의 육묘판을 성분 분석하였다.

나. 육묘 트레이의 재질

육묘판의 재질특성을 분석하고자 기존 제작된 것과 일본 미노루사에서 수입 판매되는 양파 전용 육묘 트레이를 선택하여 소재 성분과 물성치 등 재질분석을 실시하였다. 트레이의 재질은 수입되는 육묘판과 비슷한 성질을 가지게끔 조정하였으며 또한 탄성과 강도 등이 높고 포트 제작 시 무게도 적게 나가는 원료로 제작하였다. 육묘판 형태는 협동 1과제에서 제공된 육묘판 보다 가로세로, 셀의 지름을 모두 작게 하여, 셀의 체적을 줄였으며, 그 차이는 $1221m^3$ 이었다. 이것은 육묘판에 사용되는 원료량이 줄게 되어 제작비용도 낮아지는 장점이 있으며, 금형 제작 전 시제품을 사출이 아닌 수작업으로 제작하였는데 P448을 이용하여 제작하였다.

시제품 제작 전 기존 육묘판과 일본에서 수입되는 미노루 판의 재질을 분석하였다. 분석 결과는 표 4와 같으며, 소재의 분석결과에서 과거 10여 년 전에 사용한 재질과는 다른 소재를 적용했고 실제 물성치 분석은 기존 포트판이 플라스틱 재질이기에 때문에 내후성 한계로 수입 미노루 제품에만 실시하여, 시제품 제작에 적용하였다.

표 57. 육묘트레이 성분분석 결과

구 분	348 육묘트레이	미노루 448공 트레이
혼합재료 비율	pp(20%)+pe(50%)+EVA(20%)+SBR(10%)	pp(80%)+EPR(17%)+color+착색제+안정제(3%)
특 징	-사출제품으로 소재가 PE로 강도가 높고, 기계에 적용시 휨 등 성질이 저하 -SBR을 사용하여 기계 적용성을 높일 경우 PP와 PE의 강도에 문제를 일으켜 충격강도가 낮아짐	-348 트레이 성분소재에서 차이남 -EPR을 사용하여 충격강도와 유연성 높임

표 58. 육묘 트레이 셀의 체적 비교

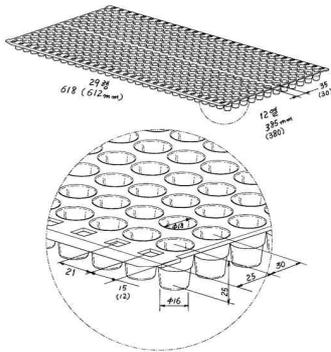
348공 트레이 셀의 체적	480공 트레이 셀의 체적
5254.2128m ³	4033.5036m ³

표 59. 육묘 트레이의 물성치 분석

구 분	Test method	unit	JA_-01
용융지수(230℃)	ISP1133	g/10min	35
성형수축율(3.0mm)	HPC 법	1/1000	15
밀도	ISO1183	g/cm ²	0.901
항복정 응력	ISO527-2	Kg _f /cm ²	300
파단점 신장율	ISO527-1	%	100
굴곡 탄성율	ISO178	Kg _f /cm ²	12,000
연변형 온도	ISO75-1	℃	90
IZOD 충격강도(23℃ (-30℃))	ISO180	Kg _f · cm/cm	6.0
			3.3

다. 육묘 트레이 셀의 형상

[기존 트레이의 규격]



[수정 3D 모델링]



[수정 제작품]



그림 158. 육묘 트레이의 형태와 규격

간이로 제작한 육묘 트레이는 상판을 PE소재로 1mm두께의 판재에다 CNC 펀칭으로 구멍을 뚫어 미노루 사의 P448공 포트판을 잘라서 15줄(438mm) 32열(620mm)로 480을 만들어, 전기 접착 방법으로 고정하였다. 간이 육묘 트레이는 현장실증 시험을 위해 세부과제 위탁기관에 공여하여 육묘하도록 조치하였다.

라. 육묘 트레이 시제품

1차 금형 제작된 포트판의 원재료 분석과 포트판의 형상 및 무게를 줄이는 방안 등에 대하여 보완연구를 수행하였다. 1차 년도에 수작업으로 만든 포트판의 설계를 마친 후 1차 금형을 하였으며, 1차 제작된 금형으로 시사출을 하여, 연구팀 모두가 참석하는 협의회를 통하여, 문제점 및 보안점 등을 수렴하였으며, 제품의 강도와 포트판의 셀을 크기를 줄임으로 나타나는 문제점인 셀 하나하나에 삽입되는 용융소재의 유동성을 좋게 하기위하여, 셀의 기본적 크기는 원 설계 치수를 유지하되 용융소재가 원활히 금형에서 유동되도록 하기위해 금형에 언더컷을 주어 금형 내에서 공기빠짐 등을 좋게 하였다. 또한 셀과 포트판 상판을 잡아주는 리브 등의 강도 보강용 힘살등 강도보강용 방법 등을 강구하여 포트판의 휨강도를 보강하여 금형을 수정하였다.

개발된 양과 정식기 작업에 호환되는 육묘 트레이를 설계, 제작한 결과는 다음과 같다.

개개의 셀(cell)에 삽입되는 용융 소재의 유동성을 향상시키기 위해, 셀의 기본적인 크기는 원 설계 치수를 유지하되 용융 소재가 원활히 금형에서 유동되도록 하기 위해 금형에 언더컷을 주어 금형 내에서 공기 빠짐 등을 좋게 하였다. 또한 셀과 포트판 상판을 잡아주는 리브 등의 강도 보강용 힘살 등 강도보강용 방법 등을 강구하여 포트판의 휨강도를 보강하여 금형을 수정했다. 양과정식기 과제 협의회 시 정식기의 모판 투입부에 삽입하여, 모판 삽입 시 문제점인 모판을 걸어 당기는 후크에 의한 마모 등을 시험하여 양호한 결과를 얻었다. 금형 수정으로 384공의 포트판을 제작했으며, 휨강도, 소재의 물리적 특성, 포트판의 무게 등을 잠재적 경쟁 대상인 미노루의 P448공 포트판과 비교하여, 대등한 성질의 포트판을 제작할 수 있었다.

표 60. 최종 제작된 384공 포트판의 형상

384공의 상면	384공의 후면	보강된 셀과 라쳇구멍의 형상
		

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 목표의 달성도

세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
<세부> ○ 양파정식기 적용 육묘기술 체계화 연구	양파재배 주산지 표준재배양식 모델 구축	100	양파 주산재배지역(경남, 경북, 전남)에 대한 기계화 재배양식 도입의향조사, 분석 및 표준재배양식 모델 구축
	기계정식 적용 육묘기술 확립	100	적정 셀(cell)내 파종위치, 묘 절단 길이 및 절단 시기 구명
	기계정식 적용 전용상토 개발	100	기계정식에 적용하는 상토개발을 위한 국내외 상토재료 조사 분석을 통한 적응재료 선발 및 적정 혼용비율 구명
<위탁> ○ 양파정식기 및 육묘기자재 현장실증 연구	육묘기자재 현장적응성 실증 연구	100	상토배합별 기계정식작업 적응성 분석, 모종정리기, 트레이 시작품, 정식기 시작품 등 포장적응성 검토
	정식기 현장적응성 실증 연구	100	
<협동1> ○ 양파재배 기계작업 일관 시스템 및 적정작업 조건 확립	정식기 시작품 설계모델 제시	100	정식기 시작품 성능분석, 문제점 및 개선방향을 도출하며 정식기 시제품 설계 방향 정립
	정식작업부 최적구조 구명	100	최적 묘 취출 이송, 식부방식을 고안하고 이식부 최적 동력전달체계 정립
	육묘기자재 시작품 설계모델 제시	100	모종 정리기, 트레이 성능분석과 묘 취출, 손상이 적은 모종정리기 및 트레이 설계 자료 정립
<협동2> ○ 양파 보행형 자동정식기 및 육묘기자재 개발	양파정식기 시작품 제작 및 시제품 개발	100	국내 양파재배양식에 적합하고, 90% 이상의 높은 식부율을 가진 정식기 시작품 제작 및 시제품 개발
	육묘트레이 설계, 시작품 보완 제작	100	육묘트레이에서 모종 취출이 용이하고 형태가 독창성이 있으며, 양호한 재질로 제작
	모종정리기 설계, 시작품 보완 제작	100	조작이 간편하고 상하조절이 가능하며 작업성은 10a/hr 정도로 설계제작
	정식기 묘취출, 이송, 정식, 진압부 설계	100	선행 개발된 자동정식기를 분석하여, 묘취출, 이송, 정식, 진압부를 설계 및 제작

제2절 관련분야 기술 발전에의 기여도

양파재배 시 정식에 소요되는 노력은 전체의 26%를 점하며, 가장 많은 비중을 차지하는데, 정식 작업에 부가되는 인건비의 지속적인 증가는 양파 생산비 상승에 영향을 주고 있다. 본 과제에서는 6조식 보행형 양파자동정식기와 육묘용 상토, 트레이 등 부속 자재 개발을 통해, 양파 정식 시 인건비 절감에 따른 생산성 향상에 기여하였으며, 도입된 일본산 정식기 및 육묘 자재를 대체할 수 있게 되었고, 해외 로열티 지출 경감, 개발 정식기 보급 및 수출 증가를 통한 국익 향상에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 개발된 기술은 관련 작목 정식기 및 부속 육묘 기자재 개발에도 많은 공헌을 할 것으로 예상된다.

가. 양파재배 시 노동생산성 향상

양파재배 시 정식에 소요되는 노력은 전체의 26%에 점하며, 100% 인력으로 수행되고 있다. 개발된 양파정식기 및 부속 육묘자재를 사용, 양파자동정식시스템을 구축할 경우 작업 노력을 인력 정식 시보다 94%정도 절감할 수 있으며, 인건비 절감도 가능하여 양파 재배의 노동생산성과 자본생산성 향상에 기여할 수 있다.

나. 로열티 경감, 수출 확대를 통한 국익 향상

개발된 양파정식기 및 육묘 기자재 사용을 통해, 우리나라 재배양식에 적합한 형태로 작업을 할 수 있고, 일본 도입 양파정식기를 대체할 수 있어, 로열티 지출을 경감할 수 있고, 수출 증대를 통한 국익 향상에 기여할 수 있다.

다. 관련 업계 활성화 및 신규 일자리 창출

농작업의 기계화를 통한 농업의 규모화, 집단화 달성, 플러그묘 육묘 공정시스템화로 식물공장 육묘효율 증대, 양파 외 기타 작목 재배 기계화, 자동화 개발 기술 기여 등에 의해 관련 산업을 활성화하고, 일자리를 창출하는 효과가 있다.

제 5 장 연구개발성과 및 성과 활용계획

제1절 특허 등 지식재산권 확보 성과

1. 특허 확보

가. 국내 특허출원

- (1) 보행형 양파 자동정식기(특허출원, 2013)
- (2) 정식을 위한 링크기구를 구비하는 양파정식기 (특허출원, 2013)
- (3) 양파모종절단장치(특허출원, 2013)
- (4) 상토 성형용 응고제 조성물(특허출원, 2013)
- (5) 양파정식기 전용 육묘트레이(특허출원, 2015)
- (6) 육묘용 상토 조성물(특허출원, 2014)
- (7) 양파이식기 멀칭 비닐 유지 장치(특허출원, 2014)
- (8) 양파정식기 이식컵 개폐방식(특허출원, 2014)
- (9) 양파정식기 횡간격 조정을 위한 지지장치(특허출원, 2014)

나. 해외 특허 출원(2015년 계획)

- (1) 보행형 양파 자동정식기(출원 대상 국가 : 중국)
 - 상기 국내 특허 출원항목(1), (2), (7), (8), (9)의 내용을 포함한 특허 출원

2. 논문 발표

가. 논문발표

한국원예학회에 양파정식기 적용 전용상토 개발을 위한 적정상토조합 선발 등 4편의 논문을 발표하였으며 한국농기계학회에 양파 플러그묘 밀어내기식 취출 장치의 최적 작업조건을 발표하였다.

번호	논문제목	발표학회(일자)	저자
1	양과정식기 적응 전용상토 개발을 위한 적정상토조합 선발	한국원예학회 (2012. 10)	민병규, 박태영, 이종태, 하인중, 이상대, 노치웅
2	양과 기계정식을 위한 플러그묘 절단시기에 따른 생육과 수량	한국원예학회 (2013. 10)	하인중, 민병규, 서전규
3	양과 정식 전 모종 절단 정도에 따른 생육과 수량	한국원예학회 (2013. 10)	하인중, 이선영, 황선경, 문진성, 이종태, 민병규, 황해준
4	양과 기계정식 적응 육묘 상토 개발을 위한 적정 재료 선발	한국원예학회 (2014. 10)	민병규, 이종태, 하인중, 황해준
5	양과 플러그묘 밀어내기식 취출 장치의 최적 작업조건	한국농기계학회 (2014. 10)	한철우, 민영봉

나. 논문게재

- (1) 양과정식기 적응 전용상토 개발을 위한 적정 상토재료 선발, 한국원예학회, 심사중
- (2) 양과 플러그묘 밀어내기 식 취출 장치의 최적 작업조건 구명, 경상대학교 농업생명과학연구지(2014. 8)
- (3) 양과정식기용 4절 링크-캠 방식 식부장치 연구, 한국농기계학회 춘계학술대회 논문집(2014. 8)

다. 세미나 발표

- (1) 양과·마늘 생력기계화 방향, 한국인경채소연구회(2014. 11)

3. 시작품 제작

- 가. 보행형 양과정식기 시제품 1식
- 나. 모종정리기 시작품 1식
- 다. 전용상토 1식
- 라. 전용 육묘 트레이 시제품 1식

4. 기타

본 과제 수행기간동안 양과 정식기 개발과 관련하여 대 농업인 홍보교육과 대외 언론 및 박람회와 지역전시회에 홍보한 실적은 다음과 같다.

- 가. 교육 및 지도
 - 고품질 양과재배기술 교육 : 창녕군농업기술센터 등 15회
- 나. 대외 언론홍보 : 양과 정식작업 기계화 등 신문, 방송홍보 12회
- 다. 전시홍보 : 진주 국제 농식품 박람회 등 10회 참가

제2절 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

1. 산업화 방향

개발된 양파정식기, 모종정리기, 상토, 트레이 등을 산업재산권 등록하고, 민간업체에 기술을 이전하며, 플러그묘 육묘 시 적정 묘 크기, 정식 적기 등의 도출된 기술을 농업인에게 보급할 것이다. 또한 개발 기술을 적용, 양파 재배의 공정화 및 기계 산업의 첨단화를 달성하며, 이외에도 플러그묘 육묘 공정시스템화로 식물공장에서의 육묘효율 증대, 기타 작목 재배 작업의 기계화 및 자동화에 이용이 가능할 것으로 예상된다.

2. 산업화를 통한 기대효과

개발된 양파정식 자동화 기술이 상용화될 경우, 매년 726억 원의 정식 비용 및 81억 원의 육묘 비용이 절감되고, 트레이를 이용한 육묘를 함에 따라 관행 노지 육묘의 10a당 45m² 정도에서 30m²으로 육묘상 면적을 줄일 수 있다. 또한 10a당 정식에 소요되는 시간이 관행의 50.2시간에서 3시간으로 94%가 절감되며, 정식 시 투입되는 인력도 해마다 906천명이 절감되는 것으로 예상된다. 또한 일본산 정식기, 상토, 모종정리기가 각각 대당 3,500만원, 포당 10,000원, 대당 600만원에 판매되는 것에 반해, 개발된 국산 정식기, 상토, 모종정리기는 개당 2,500만원, 포당 5,000원, 300만원에 판매가 되어 국내 농기계산업의 자족기능 강화에 의한 낮은 가격에 공급이 예상된다. 또한 양파정식기 및 관련 육묘자재의 외국 수출 증가로 인한 농기계수출 시장이 다변화되고 외화 획득을 통한 국익 증진 효과가 예상된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구 기간 중 해외 출장은 2012년 11월과 2013년 5월에 각각 프랑스, 스위스, 일본의 양파 정식기 활용 및 관련 재배기술 정보 수집 2건이며, 과제관련 수집 정보는 다음과 같다.

1. 양파정식기 개발 및 이용 정보

가. 일본

일본에서 상용화되고 있는 양파 정식기는 비닐 멀칭된 포장에 적응하지 않는 4조식 자동 정식기이며, 트랙터 부착형 및 자주식 기종으로 구분된다. 정식기의 작업 성능은 30a/일 정도였고, 최대 40 ~ 45개의 트레이 탑재가 가능하며, 트레이 탑재대에서 정식부까지의 트레이 공급 방식은 트레이가 레일 형태의 운송부를 통해 정식부로 이동되어 묘 정식을 마친 후 다시 운송되어 트레이 탑재대로 적재되는 방식을 사용하고 있었다. 모종 취출 및 이송은 기계가 트레이에서 모종 밀대로 묘를 밀어내어 취출한 후, 벨트에 의해 호퍼로 이동되어 식부되는 시스템을 사용하고 있었다. 또한 식부 시 포장 진압을 위한 롤러는 V자형을 사용하고 있었다. 정식기를 이용한 정식 시 결주율은 10% 미만이었으며, 농가에서는 휴대용 양파 정식 장치를 사용하여 결주를 보식할 수 있었다. 일본에서 상용화되고 있는 양파정식기는 기계적인 성능은 우수하나, 우리나라의 6조 멀칭재배 양식에는 적합하지 않은 것으로 생각되며, 일본산 정식기를 계속 도입하여 사용할 경우, 기계 및 부속 육묘자재 구입과 관련된 로열티 지출이 증가될 것으로 예상된다.

나. 프랑스

프랑스 남부지역에 위치한 레게로사의 작업 기종은 R862 등 3종이었으며 정식대상작물은 양파, 미나리, 양배추, 샐러드 등이었다. 식부방식은 인력 2명이 모종을 공급하며 기종에 따라 작업성은 5,000~12,000 포트/hr 식부가 가능하였으며 식부열수는 3~6열이었다. 간격 및 깊이조절은 기어변환으로 주간간격조절하며 바퀴 높낮이로 깊이조절이 가능하였고 공기압시스템을 활용한 정식기의 작업성은 24,000포트/2인/hr정도였다. 모종의 공급방식은 인력에 의한 방식과 기계적 자동공급 형태이며 인력공급은 운반기능을 가진 원통가이드 라인에 얹혀주면 식부장치로 이송 정식하게 되고, 자동 공급 장치는 이송된 모종을 상하운동의 정식장치로 전후 운동하는 이송장치가 운반하여 주는 방식이었다. 정식작업기는 트랙터 견인형으로 식부 조수는 3~6열로 조절이 가능하며 정식작업기의 진압장치는 일자형 바퀴와 V자형을 이용하는데 무멀칭에서는 후자의 진압 효율성이 높지만 식부조간이 넓을 경우에는 바퀴두께가 클수록 진압상태는 양호하였다. 양파종자의 육묘 트레이에 파종립 수는 3~4립씩 하며 정식 때에는 받아들 그대로 정식하여 재배하고 있으나 구비대기 맞는 부위가 적어 상품생산에는 지장이 없었으며 이는 대구생산보다는 중구이하의 양파를 생산하고 시장에 출하하고 있기 때문이었다.

2. 양파정식기 부속 육묘기자재 개발 및 이용 정보

육묘 트레이는 미노루社의 448구를, 상토는 기계정식 전용 과립상토를 사용하고 있었는데, 천매암 등의 암석 분쇄물에 피트모스 등의 상토 재료를 혼합한 후 과립화하여 제조되며, 해조류 추출물로 조성된 상토 응고제를 이용하여, 정식 2 ~ 3일 전에 응고제를 물에 용해한 후 상토에 관주, 살포하여 응집성을 가지게 한다. 상토는 20kg 1포에 관행재배용 상토가 18,000 ~ 19,000원, 유기재배용 상토가 31,000 ~ 32,000원 정도에 판매되고 있었다. 일본에서 상용화되고 있는 448구 트레이는 개발 중인 정식기에 호환이 되지 않으며, 육묘용 상토는 과립형으로서 가격이 비싸고 상토 응고제까지 동시에 구입하여야 하므로, 일반 농민들이 이용하기에는 부담스럽다고 생각된다.

3. 기계정식 적응 육묘기술 관련 정보

기계 정식을 위한 육묘 기간은 약 60일이고, 적정 묘 규격은 엽수가 3 ~ 4매, 초장이 15 ~ 20cm인데, 육묘 중에 엽을 1 ~ 2회 절단하여 이러한 묘소질에 도달하게 하였다. 또한 트레이 깔개 재료는 구멍이 큰 나일론 재질의 그물망을 사용하여, 묘 뿌리의 생육을 촉진함과 동시에, 정식 전 단근 노력도 경감했다. 육묘기술 관련 정보는 본 과제에서 개발하고 있는 것과 유사한 것들이 많았던 것으로 판단된다.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산과제사업(양파생산 생력화 고성능 정식시스템 개발)의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단 생산과제(양파생산 생력화 고성능 정식시스템 개발)의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.