

681.7631
L2936
V.2

최종보고서

육묘 자동 접목장치 개발에 관한 연구

Study on Development of Automatic Grafting
System for Fruit Bearing Vegetable Seedlings

성균관대학교

농림부

최 종 보 고 서

1997년도 농림수산특정연구사업에 의하여 완료한 육묘자동
접목장치 개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이
제출합니다.

- 첨부 : 1. 최종보고서 8부
2. 최종보고서 디스켓 1매

1997 . 10. .

주관연구기관 : 성 균 관 대 학 교

총괄연구책임자 : 황 현 (인)

주관연구기관장 : 총 장

직인

농 릫 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “육묘 자동 접목장치 개발에 관한 연구” 과제의
최종 보고서로 제출합니다.

1997. 10. .

주관연구기관명 : 성균관대학교

총괄연구책임자 : 황 현

연 구 원 : 손 정 익

연 구 원 : 고 관 달

연 구 원 : 이 충 호

연 구 원 : 김 시 찬

요 약 문

I. 제 목

육묘 자동 접목장치 개발에 관한 연구

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

우리 나라의 채소 재배는 농가소득의 약 15%를 차지하고 있는 매우 중요한 작목이다. 특히 과채류의 재배면적과 생산량은 매년 증가추세로, 고품질 원예작물 생산을 위하여 시설재배 면적이 급격히 증가하고 있다. 원예작물의 생산에 있어서 양질의 묘를 육성한다는 것은 고품질, 다수확의 기초가 되는 매우 중요한 작업이며 높은 수준의 기술과 숙련을 필요로 한다. '94년 기준 과채류 재배면적은 78,030ha로 재배에 필요한 소요 묘수는 약 7.9억본 이며, 이중 약 70%인 5.5억본의 접목 묘가 필요한 것으로 추정된다.

우리 나라의 경우 토지가 협소하여 채소작물의 대부분이 윤작이 불가능하여 연작을 하고있는 실정이다. 각종 장애와 주년수요의 증가에 따른 불시재배의 증가로 인하여 저온신장성, 병해 저항성 등과 같이 작물의 내성증진을 목적으로 접목 묘의 이용이 현재 급속도로 증가하고 있다.

특히 연작장애가 심한 수박, 메론, 오이, 참외 등의 박과형 채소 류는 대부분 접목재배가 필요한 실정이다. 그러나, 접목작업은 국내의 경우 대부분이 수작업으로 행하여지며 세밀한 조작과 숙련성 그리고 많은 노력을 필요로 한다. 수작업에 의한 접목이 계속될 경우 인건비 상승으로 접목묘의 가격이 올라 재배

한 과채류의 가격 경쟁력을 떨어뜨리고 결과적으로 농가 수익의 감소를 초래한다. 따라서, 박과형 과채류의 안정적 생산과 고품질 생산을 유도하기 위해서는 접목작업의 생력화를 통한 접목비용의 절감이 필수적이라 하겠다.

국내의 경우, 박과형 채소류 재배농가의 대부분이 소규모 농가이고 농촌 노동력의 고령화로 숙련된 접목 기술자가 절대 부족할 뿐만 아니라 고도 기술의 수용여건 역시 열악하다. 이러한 현실에서 노동력을 절감하고 접목 생산성을 향상시킬 수 있는 생력화된 소규모 농가용 간이 자동 접목장치의 개발 보급은 단기적 처방 측면에서 절실히 필요하다.

한편, 향후 시설육묘 재배시스템 등 종묘 생산의 규모가 확대되는 추세 및 시설재배의 확대에 따른 동절기 육묘 공급의 안정화, 수입 개방의 확대에 따른 국제 경쟁력 제고 등 여러 여건변화에 대응할 수 있도록 생산을 합리화하고 축적되어 온 생산기술의 효율화를 도모해야 하는 시급한 입장에 처해 있다. 따라서, 상업성을 가진 현실적 규모의 농가조합 또는 시설육묘 단위를 대상으로 한 중규모의 육묘 자동 접목장치를 개발하는 것이 중장기적 측면에서 또한 필요하다.

노동 투하량이 큰 접목 작업에 대한 생력화 연구의 성공적 수행은 재배 농민들의 고품질 농산물 생산을 위한 의욕이 고취되고 온실 등을 이용한 첨단농업 재배기술 및 시설투자를 증대시킬 것이다.

현재, 국내에서는 본 연구팀의 기술지원하에 (주)유풍기연이 1차년도에 개발하여 산업화한 농가용 캡구동형 간이 접목기가 보급되고 있으며, 현장애로과제 관련 연구로써 경북대는 절단후 삽입하는 삽접 방식으로 그리고 본 연구과제 팀은 호접방식으로써 중규모의 시설육묘용 육묘자동접목시스템을 각각 개발하고 있다. 1996년 들어 농업기계화연구소에서 경상과제의 일환으로 핀접에 의거한 육묘 자동 접목장치 개발연구를 수행하고 있다.

접목장치와 관련한 국외 연구의 경우 일본이 거의 주도하고 있다. 일본의 경우 대학교(천엽대), 원예시험장, 생물계특정산업기술추진기구, 농업기계업체로 구성된 야채 접목로봇 실용화 위원회를 두고 과채류 육묘 자동 접목장치 개발 및 실용성을 고려한 기능 개량 연구를 10여년간 대대적으로 수행하여 왔다. 연구 개발의 결과로써 1996년 4월 일본 시설기자재 전시회에 일본의 여러

농업기계제조업체(MITSUBISHI, KUBOTA, YANMA 등)에서 8-9종이 출품되어 전시되었고 향후 상용화 연구를 거쳐 시판 예정으로 있다. 하지만, 村田 有限會社 제품의 경우가 5천만원 정도이고 대부분의 제품이 1억2천만원 이상에 이르는 고가 설비이며 대부분의 시스템이 현재까지 현장 실증시험이 결여 되어 있는 실정이다. 특히 이들 접목시스템은 전부가 편엽절단점, 절단점(평점), 접촉제를 사용한 절단점의 접목법을 채택하고 있어 접목 후의 순화시설 즉 활착율과 성묘율을 높이는 고가의 생육 환경제어 설비가 부가적으로 필요하다는 단점을 지니고 있다. 일본의 경우 호접방식에 의한 접목기 개발을 초기에 시도하였으나 기술적 어려움으로 포기하였다.

접목작업의 중요성을 감안하여 본 과제의 연구 개발 목적을 다음과 같이 설정하였다.

1. 수작업에 의한 박과류 채소 접목작업을 대체할 수 있는 고기능 자동 육묘 접목장치 개발
2. 농가단위, 농가조합단위 및 시설육묘 단위용으로 투입 가능한 적정가격, 적정규모의 접목장치 시작기 개발을 통하여 접목설비의 산업화 기반 구축
3. 접목 생력화에 필요한 적정 접목묘 소질의 제시를 통한 규격 육묘 생산 촉진

예시한 연구 목적에 의거하여 접목규모 및 경제성 그리고 산업화 가능성을 고려하여 다음과 같은 세부적인 연구 목적을 설정하여 연구 개발을 수행하였다.

1. 저가의 농가 단위용 캠구동형 간이 육묘 자동 접목기 시작품 제작 및 산업화를 통한 개별 농가의 접목작업에 따른 노동력 절감 및 접목 생산성 향상
2. 저가의 농가 조합 및 시설육묘 단위용 중규모 전공압 자동 육묘접목 장치의 시작기 개발을 통하여 시, 군 단위별로 중규모의 접목작업 용량을 처리하여 접목 생산성 및 접목 설비의 산업화 실현
3. 접목묘 소질 분석, 접목상 환경요인 분석 및 접목묘의 현장 적응성 연구를 통하여 접목작업의 정밀도 및 고품질 육묘 생산

Ⅲ. 연구 개발 내용 및 범위

본 과제에서 목표로 하는 연구 개발 내용 및 범위는 다음과 같다.

가. 소규모 농가단위의 실용형 간이 옥묘 자동 접목기 개발

- (주)유평기연에서 개발한 캠구동식 간이 옥묘 자동 접목기의 기능 분석
(기구부, 구동부, 제어부) 및 생력화 기능의 개발을 통한 기능 개선
 - 생력화에 적절한 클립 및 클립 이송장치
 - 클립 자동 공급/접합장치
 - 옥묘 자동 배출장치
 - 공정속도 조절장치
 - 제어성능 개선
 - 접목부 성능 개선
- 시스템 성능
 - 작업자 1인 가동 시스템
 - 접목 작업속도 15초/주 이내
 - 접목 성공률 90% 이상
 - 유지 보수의 간편성

나. 농가 조합 단위 및 시설옥묘 재배단위의 실험용 전공압 옥묘 자동 접목 시스템 시작기 개발

- 최적 접목에 필요한 접목절단 방법의 연구
- 공정분석을 통한 기능 설정
- 기능 사양에 의거한 구동부, 기구부, 제어부 설계제작
 - 접수/대목묘 자동 이송장치
 - 클립 자동 공급 및 접합장치

- 칼날 각도 조절장치
- 접목묘 자동 배출장치
- 접목묘 자동 이송장치
- 전공압 간이 육묘 핸들링 로봇
- One Board 시스템 구동 및 제어기

⊙ 시스템 성능

- 작업자 1인 가동 시스템
- 접목 작업속도 6초/주 이내
- 접목 성공률 90% 이상
- 유지 보수 및 분해 조립의 간편성

다. 접목묘의 활착율 및 성묘율 향상을 위한 환경제어 기술 개발

- ⊙ 활착율 촉진 기술 개발
- ⊙ 성묘율 향상을 위한 환경인자 분석 및 제어 시스템 개발
- ⊙ 최적 활착을 위한 접목기술 개발

라. 개발한 육묘 자동 접목장치의 실용 규모화 연구

- ⊙ 개발 접목기의 상용화 및 접목 규모 및 사용자별 기능 확정과 장치 변환 연구

IV. 연구 개발 결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구 개발 결과

본 연구에서는 접목작업의 생력화를 위한 연구로써 현재 시행되고 있는 접목

방법 중 농가에 가장 널리 보급되어 있고 활착율 및 성묘율이 가장 좋으며 접목 후 별도의 고가 장비를 필요로 하지 않는 호접방식을 채택하여 육묘생산에 들어가는 전체 비용을 절감할 수 있도록 하였다. 또한 접목장치를 가격 경쟁력 및 노동력 절감 측면을 고려하여 저가로 개발함으로써 농가 조합 단위 및 소규모 시설재배 단위를 대상으로 다량 판매가 가능하도록 하여 기업성을 극대화함으로써 국내 수요를 확보함은 물론 수출 경쟁력도 확보하도록 하였다.

1) 국내외 기술 현황 조사 및 분석

1990년에 실시한 일본의 농림수산성 野菜・茶業試験場の 보고에 의하면 접목 재배 비율이 90%이상인 작물은 수박, 시설오이, 가지등이고, 온실메론과 노지메론도 80%를 웃돌고 있으며, 조사한 작물 전체에서의 접목재배 비율은 약 59%에 달했다. 우리나라의 경우 '94년 기준 과채류 재배면적은 78,030ha로 재배에 필요한 소요묘수는 약 7.9억본이며, 이중 약 70%인 5.5억본의 접목묘가 필요한 것으로 추정된다.

접목법은 관행법, 개량법을 포함하여 수십종에 이를 것으로 보여진다. 하지만 주로 행하여지는 방법으로서 呼接은 가지이외의 모든 과채류에서 사용되고 특히 메론, 오이에서는 60%이상을 넘고 있다. 挿接은 수박에서 96%로 가장 많고, 가지에서는 割接이 80%를 넘고 있다. 이러한 방법들은 모두 수작업에 의하여 가능하나 과채류묘는 형상이 틀리며, 크기도 다르고 胚軸은 가늘고 골곡이 심한 것들이 많아 높은 정밀도의 기계 접목이 어렵다. 실제로 접목 자동화의 주요 방향과 기술개발은 어떤 접목법을 선택하느냐에 달려 있다고 하겠다.

1987년에 발표된 일본 생연기구의 시작 1호기(G871)은 편엽 절단점으로 오이의 접목을 실시한 결과 1주당 5-6초에 접목, 접목 성공률 91%, 활착율 80-98%였고, 이를 토대로 시작 2호기(G892)에서는 육묘 공급부, 육묘 절단부 및 클립 공급부를 개량하여 약 3초에 1주를 접목시킬 수 있었으며, 개량형(G892A)에서 오이, 메론 및 수박의 접목을 실시한 결과, 접목 성공률 90-98%, 활착율 78-95%, 성묘율 78-100%로 수작업에 의한 작업과 큰 차이를 보이지 않았다. 이외에

Yanma農機, 미쯔비시農機 등에서 시간당 800주정도를 접목할 수 있는 자동 접목기를 개발했으나 가격이 매우 비싼 편이다.

2) 소규모 농가단위의 실용형 간이 육묘 자동 접목기 개발

기존 캠구동식 간이 육묘 접목기의 기구부, 구동부 및 제어부를 분석하였다. 구동부와 제어부는 programmable controller를 사용하여 회로를 재설계하고 시작기판을 제작하여 제어의 용이성을 증대시켰으며, 자동화에 적합한 합성수지 재료의 클립 및 클립공급통을 개발하였고, 세심한 작업이 요구되는 접목 후 클립물림 공정을 자동으로 수행하는 장치를 설계하여 시작기를 제작하였다. 또한 클립장착 후 접목묘를 자동 배출하는 기구를 설계 제작하였다.

3) 농가조합 및 시설재배 육묘 단위의 중규모 자동 접목시스템 개발

자동 접목 시스템의 가격 경쟁력 및 가동율을 고려하여 시스템의 생력화 규모를 잠정적으로 선정하였다. 또한 환경 제어 기능을 갖는 순화설비와 같이 접목 작업 후의 활착율, 성묘율을 높이는데 필요한 부가적 설비, 활착과 성묘의 성공률, 대상 작목의 범용성, 그리고 접목 기술의 생력화 및 난이도 등을 고려하여 적절한 접목 기술을 선정하였다.

접목 기술로서는 호접을, 대상 작물로서는 박과류를 선정하였고, 묘판의 공급에 요구되는 인력을 제외하고 순수 접목 작업을 작업자 1인에 의하여 수행하도록 시스템의 기능을 선정하였다. 작업 공정의 분석을 통하여 공정별 장치를 선택하였고, 전공압을 이용한 자동 접목장치를 구동원으로 선정하였다. 접목 시스템에 필요한 기본적인 구동부, 기구부 및 제어부를 설계하였고, 시작품의 단위설비 제작을 위하여 필요 부품을 선정·가공하였으며, 육묘공급 전공압 간이 로봇과 시간조절 육묘 공급용 회전인덱스 및 공급원판, 호접용 특수 그리퍼 등으로 구성된 1차 시작기를 제작하였다. 또한 여러 형태의 합성수지 클립을

설계 제작하였다.

1차 시작기의 육묘 공급장치를 속도 조절 AC 모터에 의해 구동되는 체인 브라켓으로 재설계하여 제작하였으며 호접용 그리퍼를 재설계하고 클립 자동공급 장치 및 안내판을 부착한 2차 시작기를 개발 제작하였다.

2차 시작기의 문제점인 브라켓 감지부 및 클립 장착부를 보완하고, 플라스틱 체인과 알루미늄 스프라켓을 이용하여 경량화한 체인 드라이브형 트레이, 핀을 부착한 형태의 호접용 그리퍼 등을 재설계, 가공 제작한 3차 시작기 A형을 개발 제작하였다.

또한 2차 시작기가 갖는 근본적인 문제점을 해결하기 위하여 육묘 핸들링 로봇을 비롯하여 전체 시스템을 직선 구동형으로 재설계하고 절단 칼날을 세라믹 소재로 재설계 가공하였으며 그리퍼를 재설계 제작한 3차 시작기 B형을 개발 제작하였다.

현재 3차 시작기 A형과 3차 시작기 B형에 대한 접목 시험을 계속 수행하며 기능 보완을 하고 있으며, 원예연구소 그리고 종묘회사(서울종묘)와의 협조 하에 실증시험을 계속할 예정이다.

4) 접목육묘의 활착율 및 성모을 향상을 위한 환경제어 기술개발

본 연구에서는 개발하고자 하는 자동 접목 시스템의 성능을 높이고 가장 적절한 접목 방법을 결정하기 위하여 대목 및 접수의 특성을 분석하였고 접목묘의 활착에 관여하는 환경 요인을 분석하였다. 그리고 접목 후 묘의 활착율을 높이기 위한 환경 제어 시스템의 모델을 개발하였다. 작물 별로 보면 오이, 메론 및 토마토는 호접을, 수박은 삽접을 주로 하고 있다. 여기서, 작물에 따라 다른 접목 방법을 이용하는 것은 작물 특성상 특별한 접목 조치가 필요하거나, 접목 노력, 접목후 관리의 용이성 등에 기인한 것으로 생각된다.

시판되는 접수묘와 대목묘의 품종 간이나 품종 내에서도 초장과 배축장의 길이는 편차가 심하여 자동 접목시 영향을 미치는 것으로 나타났고, 삽접·할접·단근 삽접의 경우는 대목의 배축이 굵고 약간 짧은 것이 바람직하고, 호접과 함

접의 경우에는 대목 배축의 길이가 접수에 비해 어느정도 굵은 것이 바람직하며, 특히 호접의 경우는 대목과 접수의 배축길이가 6-7cm 정도로 같아야 접목작업이 용이하였다. 최적 접목에 필요한 접목묘의 물성인자에 대한 측정 및 분석을 실시하였다.

접목상의 환경 제어모델에서 환경 조건은 약 4일동안 일장시간 12시간, 온도 25℃, 습도 90%로 거의 일정하게 유지하여 작물이 스트레스를 받지 않게 하고, 순화시설 내의 환경 조건은 약 7일간 온습도 및 광량이 자연 상태가 되도록 점진적으로 환경 변동을 주도록 하였다.

나. 연구결과 활용에 대한 건의

- (1) 일본에서 개발한 접목기의 경우 범용성의 문제가 있고 접목 정밀도 역시 육묘의 형상에 크게 의존하는 문제점이 있다. 또한 국내에 도입되더라도 1억 이상의 고가로 공급될 것이며, 상당액의 기술료를 지불해야 할 것으로 판단된다.
- (2) 본 연구를 통하여 개발한 중규모 육묘 자동 접목장치는 호접 방식으로서 세계 최초로 개발된 것이다. 현재 국내에 특허출원이 되어 있으며 국외 특허출원도 가능하다. 일본에서 절단접 및 삽접 방식에 의거하여 개발한 자동 접목장치와 비교할 때 접목 시스템 자체의 가격이 5배에서 10배 정도 저렴하며, 특히 접목묘를 생산하는데 요구되는 전체 설비 측면에서 볼 때는 접목후 고가의 순화 시스템을 별도로 필요로 하지 않기 때문에 접목에 투입되는 실제 설비 비용 측면에서는 국외 개발 접목장치와 비교하여 10배 이상의 가격 경쟁력이 있어 수출 경쟁력도 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 단지 접목 기능면에서 향후 실증 보완 및 산업화 연구가 좀 더 필요한 실정이다.
- (3) 시설농업을 이용한 박과형 과채류 재배가 증가함에 따라 조합단위 또는 시

설 육묘단위의 대량 육묘 접목이 필요하게 되므로 본 과제에서 개발한 저가의 전공압 육묘 자동 접목시스템의 활용 및 상용화 연구, 그리고 보급이 급속히 이루어질 것으로 기대된다. 또한 고가인 일본산 자동 접목기에 대한 수출 경쟁력도 확보할 수 있다고 전망된다.

- (4) 연구 개발 결과에 대한 성공적인 활용을 위해서 연구개발 시작품에 대한 현장 적응 시험 및 성능 보완, 상용화 연구가 지속적으로 추진되는 것이 필요하다고 판단된다. 참고로 일본의 생연기구에서 1990년부터 95년에 걸쳐 개발한 접목기는 현재 이세키 회사 제품으로 상용화가 되었으며 개발을 담당한 생연기구에서는 현재까지도 접목기의 성능 개선 연구를 수행하고 있으며 향후 지속적으로 기능의 고도화를 위하여 계속 연구를 수행할 계획으로 있다.
- (5) 따라서, 연구 개발 결과에 대한 평가시 성공적으로 연구가 수행되어 졌다고 평가되고 지속적인 보완 연구가 필요하다고 판단되는 과제의 경우는 산업체와의 공동연구 과제 공모를 통하여 산업화 연구를 수행시킬 필요가 있다고 판단된다. 이렇게 되면 연구 성과의 사장을 막을 수 있고 연구 개발의 효과를 검정할 수 있을 것으로 본다.

SUMMARY

This project has been done to develop an automatic grafting system suitable for fruit bearing vegetable seedlings. The study consists of four research sections: ① development of a small-scale, low-cost, and simple grafting machine for an individual farmhouse, ② development of a medium-scale, low-cost automatic grafting system for cooperative unions of farmers and commercial seedling production company, ③ development of techniques for environment controls which can improve the graft-taking rate and growth rate of grafted nursery plants, and ④ commercializing research of the prototypes.

Results of the research were summarized as follows:

(1) Investigation and Analysis of Techniques Used in Graftage of A Raising Seedling

The survey, done by the Ministry of Agriculture and Fishery of Japan in 1990, showed that 90% of water melons, greenhouse cucumbers, and egg plants were cultivated by the grafted plants, and 80% of melons and greenhouse melons were cultivated by the graftage. The remarkable thing is that 59% of the crops investigated in this survey were cultivated by grafted nursery plants, and the cultivation by grafted nursery plants have increased every year.

Among the various grafting methods, an inarching graftage is performed in most fruit bearing vegetables except egg plants, and more than 60% of melons and cucumbers are cultivated through this grafting. Another method called an insertion grafting is mainly used for water melon, and a cleft grafting is for most egg plants. The success of researches for automatic

grafting depends on selection of the graftage.

The prototype semi-automatic grafting system developed by the BRAIN of Japan in 1987 could graft the cucumber within 5-6 seconds, and showed 91% graft-taking rate. The later improved system made feasible 3-4 seconds of grafting time. Recent ones commercialized by several companies, however, had a disadvantage of relatively high prices compared with their functions and operating days.

(2) Development of A Small-scale Simple Grafting Machine for An Individual Farmhouse

The cam-driven portable Yupoong grafting machine developed in Korea was thoroughly analyzed to improve its functions. The circuit board equipped with 68705 programmable controller replaced the original one to ease controllability of the machine. To grasp a grafted plant, plastic clips and clip holders were developed and clipping mechanism was designed and assembled. The mechanism for ejecting clipped grafted plants was also designed and developed.

(3) Development of A Medium-scale Automatic Grafting System for Cooperative Unions of Farmers and Commercial Seedling Company

A labor-saving grafting system was designed based on the price and operating days. The inarching graftage was selected by considering acclimation facilities, graft-taking rate, objective crops of grafting, etc. The system was developed in a scale being appropriate to cooperative unions of farmers and moderate size of plant factory.

4 prototypes(1st, 2nd, 3rd-A, and 3rd-B) have been developed. 3rd-A and 3rd-B prototypes have been tested and modified for graftng. It, however, still requires more experiments of grafting exercises for commercialization. 3rd-A type has been developed via modifications and partial redesign of system components of the 1st and 2nd prototypes while

keeping the basic design and function of mechanism and system layout. 3rd-B type has been developed under the new concept and functional mechanism. However, the control algorithms, functions, and hardware were almost similar.

Both systems were composed of a batch type semi-automatic buffered feeding unit, two sets of pneumatic manipulators mounted with specially designed gripper for handling scion and stock respectively, rotatable piercing cutter unit with specially designed ceramic blade, and automatic clip loading and feeding unit. One-chip microprocessor based controller including I/O interface and driver board were built to control the actuating sequence of the system. One main operator with one helper who delivers seedling trays and grafted plants were required to operate the system.

The success rate of grafting was expected more than 90% after small number of sample grafting experiment. The failure of grafting was mainly caused by the non-uniform size of seedlings. Variation of the thickness of hypocotyl resulted into the error in positioning of the piercing cutter and the loose contact between the scion and stock seedlings. Neglecting the labor for preparing plugged seedlings and relocating grafted seedlings, the grafting performance was expected about 900 to 1,200 seedlings per hour with one operator.

(4) Development of Techniques for Environment Controls

To improve the efficiency of automatic grafting and decide the graftage method, characteristics of the stock and scion were analyzed and environmental factors affecting graft-taking rates were investigated. Researches showed that plant heights and hypocotyl lengths of the stock and scion sold in the market were very different even within the same variety and between different varieties. In case of insertion grafting,

cleft grafting, and root-pruning insertion grafting, the stock which had thick hypocotyls and a little long lengths was desirable for grafting operations, and stocks and scions having the same length of 6-7cm grafted better than different lengths.

A nursery room for grafting plants was designed to control the temperature, humidity, and daylength. 25°C temperature, 90% relative humidity, and 12 hour daylength during 4 days were maintained not to stress the grafted plants. However, environments of an acclimation room gradually changed during 7 days to adapt in natural conditions.

CONTENTS

CH.1 INTRODUCTION	15
SESSION 1 Research Objectives	15
1. Final Goal of Research	
2. Research Goal of This Year	
SESSION 2 Research Background	15
1. Domestic Background	
2. Current R&D Situation of Automatic Grafting System	
3. Necessity of R&D of Automatic Grafting System	
SESSION 3 Research Contents & Scope	17
1. Analysis of Technology and R&D of Overseas	
2. Research Contents & Scope	
CH.2 DEVELOPMENT OF A SMALL SCALE CAM DRIVEN AUTOMATIC GRAFTING MACHINE FOR FARMHOUSE	23
SESSION 1 Functional Analysis of Domestic Commercial Grafting Machine	23
SESSION 2 Development of Prototype of Cam Driven Automatic Grafting Machine for Farmhouse	24
1. Design of Automatic Mechanism	
2. Kinematic Mechanism & Interface	
3. Actuating Device & Controller	
CH.3 DEVELOPMENT OF MID-SCALE AUTOMATIC GRAFTING SYSTEM FOR COOPERATIVE FARM UNIONS & PLANT FACTORIES	39
SESSION 1 First Prototype	39
1. Functional Specification & Module	

	2. Kinematic Mechanism & Actuating Device	
	3. Controller & Task Sequence	
	4. Grafting Performance	
SESSION 2	Second Prototype	61
	1. Kinematic Mechanism & Actuating Device	
	2. Controller & Task Sequence	
	3. Grafting Performance	
SESSION 3	Third-A Prototype	76
	1. Kinematic Mechanism & Actuating Device	
	2. Controller & Task Sequence	
	3. Grafting Performance	
SESSION 4	Third-B Prototype	84
	1. System Design	
	2. Kinematic Mechanism & Actuating Device	
	3. Controller & Task Sequence	
	4. Grafting Performance	

CH. 4	CONSTITUTION ANALYSIS OF SEEDLING, & FIELD FLEXIBILITY OF SEEDLING	
	108
SESSION 1	Introduction	108
SESSION 2	Grafting Status	108
	1. Expected Amount of Grafted Nursery Demand	
	2. Graftage Methods	
SESSION 3	Geometric Properties of Scion & Stock	110
SESSION 4	Comparison of Graftage Performance	116
	1. Graft Taking Rate	
	2. State of Seedling after Graftage	
SESSION 5	Production Efficiency of Various Graftages	119
	1. Materials and Measurement Methods	

2. Measurement Results	
SESSION 6 Physical Properties of Scion & Stock	122
CH. 5 DEVELOPMENT OF ENVIRONMENT CONTROL TECHNOLOGY FOR IMPROVEMENT OF GRAFT-TAKING RATE AND INCREASED GROWRH RATE	130
SESSION 1 Introduction	130
SESSION 2 Development of Environment Control Model for Nursery Plants	131
1. Inroduction of Environment Control System	
2. Environment Control for Grafting Facility	
3. Environment Control for Acclamation Facility	
4. Environment Control Model for Acclamation	
CH. 6 CONCLUSIONS & SUMMARY	144
REFERENCES	147

목 차

제 1 장	서론	15
제1절	연구 목적	15
1.	최종 연구 개발사업 목표	
2.	당해년도 개발사업 목표	
제2절	연구의 필요성	15
1.	국내 여건	
2.	접목기 기술개발 현황	
3.	접목기 기술개발의 필요성	
제3절	연구의 내용 및 범위	17
1.	국외 연구자료 및 관련 기술 현황 조사 분석	
2.	연구 내용 및 범위	
제 2 장	농가단위용 캠구동식 간이 옥묘 자동 접목기 개발	23
제1절	국내시판 간이 옥묘 자동 접목기의 기능분석	23
제2절	농가단위용 캠구동식 간이 옥묘 자동접목기 시작기 개발	24
1.	생력화 장치 설계	
2.	기구부 및 인터페이스부	
3.	구동부 및 제어부	
제 3 장	농가조합 및 시설옥묘 단위용 전공압 옥묘 자동 접목시스템 개발	39
제1절	1차 시작기	39
1.	시스템의 모듈화 및 기능 설정	
2.	기구부 및 구동부	
3.	제어부 및 작업시퀀스	

4. 개발 접목기 성능	
제2절 2차 시작기	61
1. 기구부 및 구동부	
2. 제어부 및 작업시퀀스	
3. 개발 접목기 성능	
제3절 3차 시작기 A형	76
1. 기구부 및 구동부	
2. 제어부 및 작업시퀀스	
3. 개발 접목기 성능	
제4절 3차 시작기 B형	84
1. 시스템 설계	
2. 기구부 및 구동부	
3. 제어부 및 작업시퀀스	
4. 개발 접목기 성능	
제 4 장 접목묘의 소질분석, 접목상의 환경 요인 분석 및 현장 적응성 평가	
.....	108
제1절 서설	108
제2절 박과채소의 접목 현황	108
1. 과채류 접목묘 소요량 추정	
2. 작물별 접목 방법	
제3절 박과류의 대목 및 접수의 기하학적 물성	110
제4절 접목 형식에 따른 접목 성능	116
1. 접목활착율	
2. 접목후 묘소질	
제5절 접목 형식에 따른 생력화	119
1. 접목 방법별 소요노력	
2. 실증 접목 효율 시험	

3. 접목 형식에 따른 기계화 분석	
제6절 접수와 대목의 역학적 물성	122
제 5 장 접목묘의 활착율 및 성모율 향상을 위한 환경제어 기술 개발	130
제1절 시설	130
제2절 접목상의 환경 제어 모델 개발	131
1. 환경 제어 시스템의 개요	
2. 접목 시설 내의 환경제어	
3. 순화 시설 내의 환경제어	
4. 육묘 순화용 환경제어 모델	
제 6 장 결론 및 요약	144
참고문헌	147

제 1 장 서 론

제1절 연구 목적

1. 최종 연구 개발사업 목표

- 소규모 농가단위에 필요한 실용형 간이 옥묘 자동 접목기 개발
- 조합단위 그리고 시설옥묘 재배 단위의 실험용 옥묘 자동 접목 시작기 개발
- 접목묘의 활착율 및 성묘율 향상을 위한 환경제어 기술개발
- 개발한 옥묘 자동 접목장치의 실용 규모화 관련 작업 체계 연구

2. 당해년도 개발 사업 목표

- 시설 옥묘 재배단위 옥묘 자동 접목장치의 구동부, 기구부, 제어부 설계 및 시작 시스템의 단위 기계 제작
- 농가형 캠구동형 간이 옥묘 접목기의 생력화 장치 설계 및 시작품 제작
- 주요 박과류 작물의 台木 및 접목 특성 조사, 접목 형식에 따른 접착율, 활착율, 성묘율 평가 및 생력화에 적합한 접목 형식의 선정, 접목묘의 접착 및 활착에 관계되는 환경요인의 분석, 접목상의 환경제어 모델 개발

제2절 연구의 필요성

1. 국내 여건

전체 채소 재배 면적의 약 21%가 과채류로 고품질의 안정된 생산기반을 확보

하기 위해서는 접목묘가 필수적으로 요구되며, 국내의 접목작업이 대부분 수작업으로 세밀한 조작과 숙련된 작업이 요구되는데 반해 농촌 노동력의 고령화로 숙련된 접목 기술자의 절대부족이라는 현실적인 문제가 제기되고 있으므로 생력화된 자동 접목기의 개발이 시급한 실정이다.

우리 나라의 채소재배는 3,783천ha에 101,518M/T(1993)이 생산되고 있어 농가소득의 약 12%를 차지하고 있는 매우 중요한 작목이다. 특히 과채류의 재배면적과 생산량은 매년 증가 추세로, 고품질 원예작물 생산을 위하여 시설재배면적이 급격히 증가하고 있다. '93년 현재 과채류 재배면적은 78,011ha로 재배에 필요한 소요묘 수는 약 6.5억본이며, 이중 약 70%인 4.7억본의 접목묘가 필요한 것으로 추정된다. 특히 연작장해가 심한 수박, 메론, 오이, 참외 등의 박과형 채소류는 대부분 접목 재배가 필요한 실정이다.

원예작물의 생산과정 중 양질의 묘를 육성한다는 것은 고품질, 다수확의 기초가 되는 매우 중요한 작업일 뿐만 아니라 높은 수준의 기술과 숙련을 필요로 한다. 특히 과채류 묘의 접목에는 고도의 숙련도와 많은 노력이 소요되어 노동력 절감 및 생산성 향상의 걸림돌이 되고 있다.

2. 접목기 기술개발 현황

현재 국내에서 육묘 접목장치와 관련하여 연구 개발 및 기술 축적이 시급히 요구된다. ㈜유풍기연에서 개발한 농가형 간이 육묘 접목기가 있으나 업체의 연구인력 부족으로 인해 다음과 같은 문제점들을 업체 단독으로 개선하기에는 어려움이 있다.

- 접목 정밀도의 개선
- 접목 작업의 능률 향상
- 클립 자동 공급 및 접착 기능 등 생력화 장치 개발
- 조합 또는 시설육묘 단위의 자동육묘 장치 개발

또한 수작업에 의한 접목이 계속될 경우 인건비 상승으로 접목묘의 가격이 올라 재배한 과채류의 가격 경쟁력을 떨어뜨리고 결과적으로 농가 수익의 감소를 초래한다. 따라서 접목작업의 생력화를 통하여 접목비를 절감함으로써 박과

형 과채류의 안정적 생산과 고품질 생산에 기여한다.

3. 접목기 기술 개발의 필요성

박과형 채소류 재배농가의 대부분이 소규모 농가인 현실에 비추어 현재 국내에서 개발 제작되어 시판되는 간이형 육묘 접목기의 접합정밀도와 작업속도를 향상시키고 육묘 자동이송 및 공급장치, 클립 자동공급 및 접촉장치를 부가한 형태의 소량 육묘접목에 필요한 간이형 육묘 자동 접목기의 개발이 필요하다.

향후, 시설육묘 재배 시스템 등 종묘 생산의 규모가 확대되는 추세에 비하여 접목작업에 요구되는 숙련된 노동력이 절대적으로 부족한 현실로 미루어 농가단위의 간이 육묘 자동 접목기를 비롯하여 조합단위 또는 시설육묘 규모의 육묘 자동 접목장치를 개발하는것이 필요하다.

일본에서 실험적으로 연구 개발한 접목장치의 경우 범용성의 문제가 있고 접목 정밀도가 육묘의 형상에 크게 의존하기 때문에 향후 일본에서 실용화된 접목장치가 개발되더라도 국내에서 재배된 육묘에서부터 문제가 생길 소지가 있어 국내에 도입할 경우 여러 문제점이 발생할 것으로 사료된다.

제3절 연구의 내용 및 범위

1. 국외 연구자료 및 관련 기술 현황 조사 분석

주로 국내 및 일본의 경우 수박, 오이등의 박과류를 대상으로 연작장애 방지, 저온신장성 강화, 내병성, 내서성 등을 높여 강건한 묘를 키움으로써 생산의 안정화는 물론 수량을 증가시키기 위하여 접목을 실시하고 있다. 1990년에 실시한 일본 농림수산성 산하 野菜・茶業試験場の 보고에 의하면 접목재배 비율이 90%이상인 작물은 수박, 시설오이, 가지 등이고, 온실메론과 노지메론도 80%를 웃돌고 있으며, 조사한 작물 전체에서의 접목재배 비율은 약 59%에 달했다. 우리 나라의 경우 93년 현재 과채류 재배면적은 78,011ha로 재배에 필요한 소요

묘수는 약 6.5억본으로 나타나 있으며 이 중 약 70%인 4.7억본의 접목묘가 필요한 것으로 추정되고 있다.

접목법은 관행법, 개량법을 포함하여 수십종에 이르는 것으로 보여진다. 그림 1-1에 여러 가지 접목법을 보여준다. 하지만 주로 행하여지는 방법으로써 呼接은 가지이외의 모든 과채류에서 사용되고 특히 메론, 오이에서는 60%이상을 넘고 있다. 挿接은 수박에서 96%로 가장 많고, 가지에서는 割接이 80%를 넘고 있다. 이러한 방법들은 모두 수작업에 의하여 가능하나 과채류묘는 형상이 틀리며, 크기도 다르고 胚軸은 가늘고 굴곡이 심한 것들이 많아 높은 정밀도의 기계 접목이 어렵다. 실제로 접목 자동화의 주요 방향과 기술 개발은 어떤 접목법을 선택하느냐에 달려 있다고 하겠다. 현재 국내외에서 연구 개발되고 있거나 시판되고 있는 주요 접목기를 표 1에 표시하였다.

일본의 다양한 자동화 연구에 비교하면 현재 국내의 연구 수준은 접목법의 개량이나 자동화 수준에 있어서 상당히 열악한 형편인 것을 알 수가 있다. 일본 생연기구의 시작1호기(G871)의 설계 방침은 다음과 같았다.

- 묘 공급 : 대목과 수목을 1주씩 인력으로 공급
- 접목방법 : 편엽절단접
- 클립공급 : Part Feeder로 자동공급
- 접목간격 : 5 - 10초/주
- 작동방식 : Part Feeder이외에는 공압구동
- 운전제어 : Programmable Controller에 의한 Sequence제어

시험 결과 1주당 5-6초에 접목속도로서 작업자가 연속하여 500주 정도 접목할수 있었다고 보고하고 있다. 관행의 수작업과 비교했을 때 작업자 1인당 총 작업능률은 2-2.5배, 실작업능률은 2.3-2.9배로 향상되었다 한다. 접목성공률은 약 91% 정도였고, 활착율은 80-98%의 넓은 범위였는데, 그 이유는 편엽절단 접의 경우 양생기간 중 습도를 높게 유지해야 하는 등의 환경제어가 필요한데 이러한 환경 조절시스템이 적절하게 설정되지 못해서 활착율이 낮았다고 보고하고 있다.

시작 1호기의 경험을 토대로 시작 2호기(G892)에서는 작업의 정도와 능률을 향상시키기 위하여 대목 및 수목을 원반 모양의 공급부에 20주씩 끼워놓고 공급

했으며, 새로운 절단부를 고안하여 묘의 형상에 따른 절단편차를 줄이고 클립 공급부를 개량하여 접목의 성공율을 높였다. 4회에 걸친 시험 결과 약 3초에 1주를 접목시킬 수 있었으며, 접목 성공율은 65-95%이었는데, 회전 및 정지시의 관성, 콤프레서의 진동, 그리퍼의 불완전한 동작 및 절단면의 불일치 등이 성공율을 저하시켰다고 보고하였다.

이 시작 2호기의 개량형(G892A)에서 오이, 메론 및 수박의 접목을 시험한 결과, 오이의 경우 접목성공율 98%, 활착율 95%, 성묘율 87%였고, 메론의 경우 접목성공율 95%, 활착율 95%, 성묘율 78%로 수작업에 의한 성묘율과 큰 차이를 보이지 않았다. 수박의 경우에는 접목성공율 90%, 활착율 78%, 성묘율 100%이었다. 작업능률을 더 높이기 위하여 클립부와 묘의 자동 공급기구를 개량하여 시작3호기(G913)를 개발하여 1997년 이세키(주)와 함께 상업화하였다(그림 1-2).

挿接의 경우는 접목조작이 간단하고 접착재질을 필요로 하지 않기 때문에 대량생산에 용이하나, 挿穂의 양면을 깎는 기계와 挿穂를 臺木에 삽입하는 조작이 어렵기 때문에 실용화까지는 작업시간 단축 등의 문제가 남아 있다. 그림 1-3은 삽접의 형태인 Plug-in 방식의 접목법을 이용하여 오사카 부립대학에서 5년간의 연구 후 1997년 개발한 시작기로 현재 산업화를 추진하고 있는 접목 시스템이다. 그밖에 일본에서 현재 시작기 형태로 개발되어 있는 접목 시스템 및 상용 접목 시스템으로 미쓰비시, 도시바, 다끼종묘, 나스닉스, 고마쯔, 안마 등에서 1996년 4월 일본 마카하리에서 열린 원예기자재 전시회를 통하여 선을 보였다.

표 1-1. 국내외 공개된 주요 접목기와 그 사양.

발 표 자	형 식	발표 년도	작물	접 목 법	접착재료	특 징
일본						
生研機構	반자동(시작기)	1987	오이	片葉切斷接	클립	로봇 1호, 7초/주
生研機構	반자동(시작기)	1989	오이	片葉切斷接	클립	3초/주, 20초 연속접목
生研機構	반자동(시작기)	1991	오이	片葉切斷接	전용클립	6초/주, 전용트레이에 자동공급
大阪府立大學	전자동(시작기)	1992	가지과 박과	Plug-in Method	불필요	
井關農機	반자동	1993	오이	片葉切斷接	전용클립	750주/h, 접착율 95%
村田種苗農場	반자동	1993	오이	片葉切斷接	전용클립	600주/h
TGR(주)	전자동(시작기)	1993	토마토	명접	접착제	800주/h, 범용트레이에 의한 육묘 자동공급
Yanma農機	전자동(시작기)	1994	토마토	합접	전용클립	1000주/h, 범용트레이에 의한 육묘 자동공급
三菱農機	전자동(시작기)	1994	토마토	합접	전용클립	전용트레이에 의한 묘 자동공급
井關農機	반자동	1994	박과	片葉切斷接	전용클립	750주/h, 접착율 95%, 포트 자동반송장치부착
국내 유풍기연	반자동	1992	수박	호접	클립	250주/h 정도

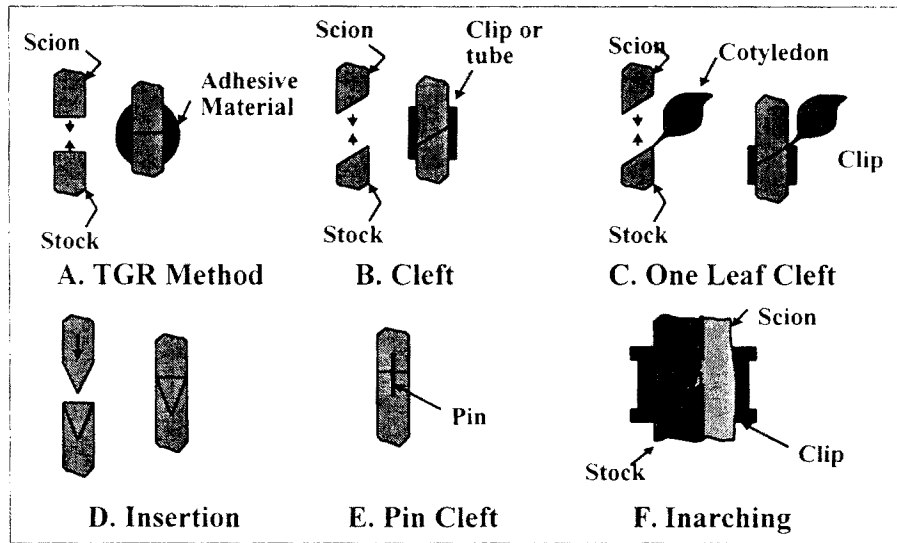


그림 1-1 다양한 접목법.

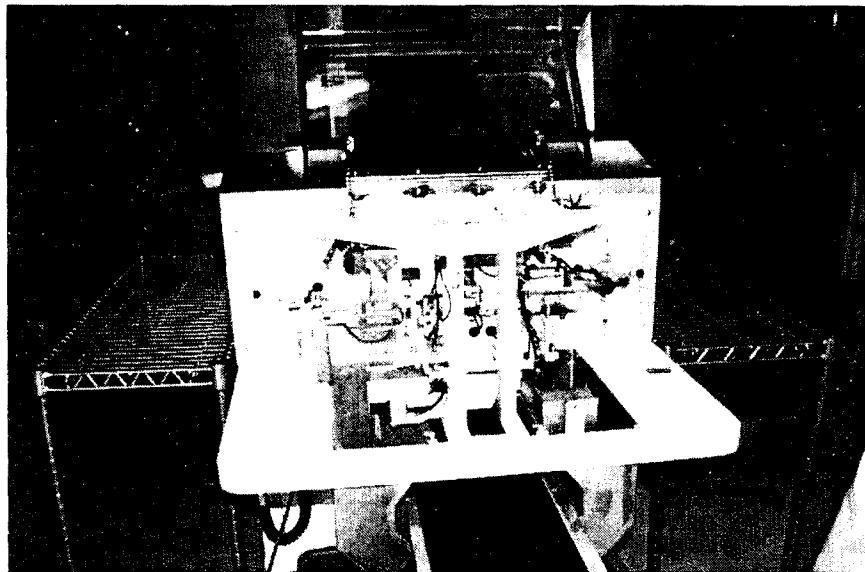


그림 1-2 일본 생연기구에서 개발하여 이세키(주)와 상업화한 접목기.

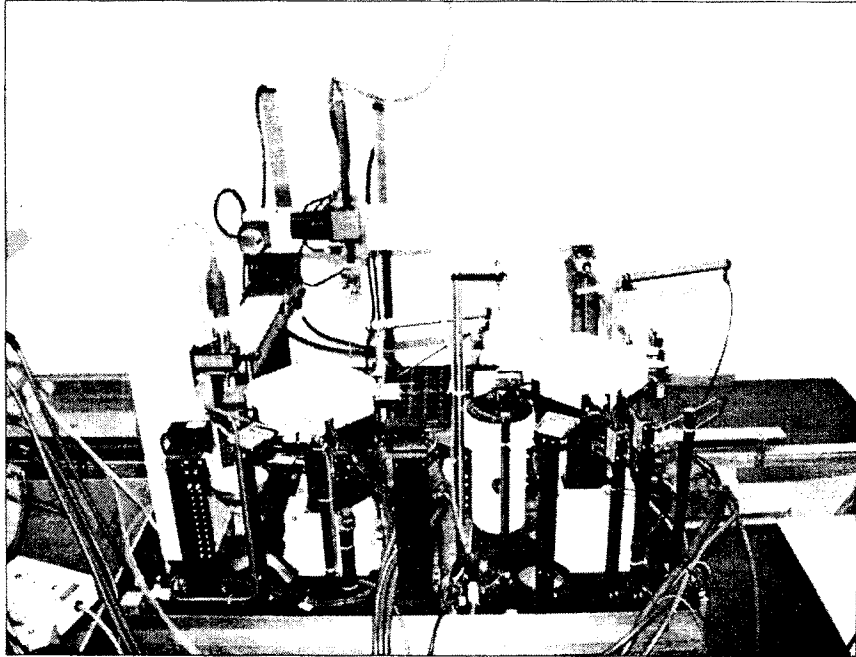


그림 1-3 일본 오사카 부립 대학에서 개발한 Plug-in 형태의 접목기 시제품.

2. 연구 내용 및 범위

가. 소규모 농가단위의 실용형 간이 육묘 자동 접목기 개발

- (주)유풍기연에서 개발한 캠구동식 간이육묘 자동 접목기의 기능분석(기구부, 구동부, 제어부) 및 생력화 기능의 개발을 통한 기능 개선
 - 생력화에 적절한 클립 및 클립 이송장치
 - 클립 자동 공급/접합장치
 - 육묘 자동 배출장치
 - 공정 속도 조절장치

- 제어성능 개선
- 접목부 성능 개선

◎ 시스템 성능

- 작업자 1인 가동 시스템
- 접목 작업속도 15초/주 이내
- 접목 성공률 90% 이상
- 유지보수의 간편성

나. 농가조합 단위 및 시설육묘 재배 단위의 실험용 전공압 육묘 자동 접목 시스템 시작기 개발

◎ 최적 접목에 필요한 접목 절단 방법의 연구

◎ 공정 분석을 통한 기능 설정

◎ 기능 사양에 의거한 구동부, 기구부, 제어부 설계 및 제작

- 접수/대목묘 자동 이송장치
- 클립 자동 공급 및 접합장치
- 칼날각도 조절장치
- 접목육묘 자동 배출장치
- 접목육묘 자동 이송장치
- 전공압 간이 육묘 핸들링 로봇
- One Board 시스템 구동 및 제어기

◎ 시스템 성능

- 작업자 1인 가동 시스템
- 접목 작업속도 6초/주 이내
- 접목 성공률 90% 이상
- 유지 보수 및 분해 조립의 간편성

다. 접목묘의 활착율 및 성묘율 향상을 위한 환경 제어기술 개발

- 활착률 촉진 기술 개발
- 성묘율 향상을 위한 환경 인자의 분석 및 제어시스템 개발
- 최적 활착을 위한 접목 기술 개발

라. 개발한 육묘 자동 접목장치의 실용 규모화 연구

- 개발 접목기의 상용화 및 접목규모 및 사용자별 기능 확정 및 장치 변환 연구

제 2 장 농가 단위용 캠구동식 간이 육묘 자동 접목기 개발

제1절 국내 시판 간이 육묘 자동 접목기의 기능 분석

국내의 경우는 유일하게 (주)유풍기연에서 개발·제작한 간이형 육묘접목기가 시판되고 있으며, 그림 2-1에서 보듯이 “つぎ太郎”라는 이름으로 일본에 수출되고 있다. 이 접목기는 DC모터 축에 부착된 캠의 회전에 따라 접목공정이 수행되는데 세부 공정은 다음과 같다.

- ① 오른쪽의 수목지지대가 열리면 수목을 삽입한다. (수작업)
- ② 왼쪽의 대목지지대가 열리면 대목을 삽입한다. (수작업)
- ③ 접수쪽의 접목틀이 상승하면서 칼날이 앞으로 나와 수목과 대목의 중간을 칼질하면 상승한 접목틀이 내려오면서 수목과 대목이 서로 끼워진다.
- ④ 접목용 클립으로 집은후 양쪽 지지대가 열릴 때 빼낸다. (수작업)

캠 구동부는 모터의 전압에 의하여 12V에서 약 20초, 24V에서 약 10초로 접목작업 사이클속도를 조절할 수 있다. 캠의 1회전에 의하여 1주의 접목 사이클이 완성되며, 그 사이클은 다음의 표 2-1에 보여지는 바와 같다.

전체 접목공정이 24초에 이루어진다고 가정하고 각 공정에 필요한 시간을 계산하여 보면 수목지지대가 완전히 열릴 때까지 2초, 열린 상태의 유지가 2초, 닫히는 데는 1초가 필요하며, 1초후 대목삽입의 공정이 똑같이 진행된다. 다시 1초후 수목지지대가 상승하는 데 2초, 상승한 후 1초뒤에 절단작업이 이루어지며, 수목지지대가 다시 하강하여 수목을 대목에 끼우는데 1.5초가 소요된다.

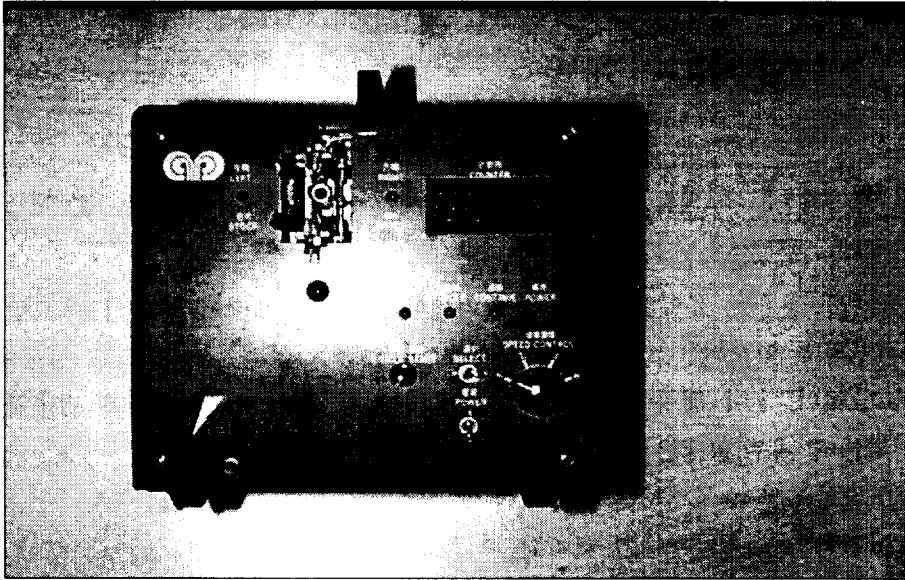


그림 2-1 유풍기연(주)이 제작한 일본 수출용 캠구동형 간이 육묘 접목기.

표 2-1 캠의 회전에 따른 접목기 작동 사이클(24초/주).

2	2	1	1	2	2	1	1	2	1.5	1.5	1	1	2	1	1	1
수목지지대 상승																
30	30	15	15	30	30	15	15	30	22.5	22.5	15	15	30	15	15	15
								수목·대목 절단								
수목삽입				대목삽입				수목·대목 절단				접목방출				

그후 2초가 클립으로 고정하는 시간이고, 양쪽지지대가 모두 열려 접목을 방출하는 시간이 4초이다. 1초후 다시 첫 공정이 시작된다.

작업자의 편에서 생각하면 수목 및 대목의 삽입시간보다는 클립을 끼우는 시간이 2초로 짧은 편이어서 작업속도가 빨라지면 클립을 끼우는 시간이 더욱 짧

아져서 실패할 확률이 더 높아지게 된다. 따라서 실제 사용시에는 이 접목기에 부착된 페달 스위치를 이용하여 필요할 때는 언제라도 공정을 정지할 수 있도록 설계되어있다. 따라서 클립을 장착하는 시간을 늘리기 위한 새로운 캠 구조가 필요하다. 세부 개선요건으로 수목 및 대목 지지대가 완전히 열리기까지의 시간을 좀 줄이는 대신에 열려있는 상태를 늘리고, 클리핑 시간을 늘리기 위하여 접목 방출시간을 줄이는 캠구조가 필요하다.

전기회로는 LED 구동부와 모터 구동부로 나뉘어져 있다. 모터 구동부는 속도선택 스위치에 따라 9V, 12V, 14V, 18V의 4단계로 선택할 수 있다. LED 구동부는 수목 LED, 대목 LED, 접목카운터용 LED와 칼날이 앞으로 진행할 때의 경보 LED로 구성되어 있다. 캠의 회전과 함께 부착된 스위치들이 기계적으로 ON-OFF 동작을 하게 되면 상응하는 LED가 반응한다. 경보 LED는 칼날레버에 홀센서를 부착하여 구동하고, 카운터회로는 드라이버 칩과 74LS192를 이용하여 up-counting을 한다.

이 접목기는 구조상 접목을 하기 위한 대목 및 접수목의 절단이외 다른 작업은 모두 작업자가 행하여야 하므로 작업자의 세밀한 주의가 필요하게 되고 쉽게 피로하게 된다. 따라서 접목작업의 능률향상과 생력화를 위하여 최우선적으로 클립 자동공급장치를 개발하여 부착하는 것이 필요하다.

제2절 농가 단위용 캠구동식 간이 육묘 자동 접목기 시작기 개발

1. 생력화 장치 설계

앞에서 언급한 바와 같이 유품접목기는 구조상 숙련된 자라도 세밀한 주의가 필요하고 빠른 속도로 접목기를 구동할 경우 작업자가 쉽게 피로해진다. 특히 클립을 끼우는 작업은 수작업 공정중 가장 주의가 요구되고 시간이 걸리는 부분이어서 우선적으로 클립 자동공급장치를 개발하여 부착하기로 결정하였다. 그 외에 다음과 같은 기구부 보완을 수행하여 생력화 기능을 부여하였다.

- 클립 자동이송, 공급 및 접합장치 장착
- 육묘 자동배출레버 부착
- 클립 및 클립통 보완

2. 기구부 및 인터페이스부

클립을 전용으로 자동공급하는 장치를 개발하기 위하여 기존의 클립과는 근본적으로 다른 새로운 재질과 형태의 클립과 클립통을 개발하였다. 그림 2-2는 합성수지 재료를 이용하여 개발한 클립을 보여준다. 클립의 자동물림과 접목묘의 자동배출을 위한 부품의 조립도는 그림 2-3에 그리고 각 요소장치의 설계도는 그림 2-4에 나타냈다. 그림 2-5는 개발한 시작기의 조립도를 보여주며 그림 2-6은 개발한 시작기의 정면도와 측면도를 보여준다.

각 부품의 구성요소와 조립순서 그리고 작동상태를 요약하면 다음과 같다.

- ① 모터 브라켓에 DC모터를 부착하고 구동축에는 모터 Arm을 결합한다.
- ② 솔레노이드 브라켓에 선형 베어링을 양쪽에 결합하고 축에 꽂아 모터브라켓에 부착한 후 Arm의 F_1 과 솔레노이드 브라켓의 돌출단 F 를 연결로드(connecting rod)로 연결하여 솔레노이드 브라켓이 모터의 회전에 따라 좌우 왕복운동을 하도록 한다.
- ③ 솔레노이드 C점을 브라켓 C_1 에 결합하고 Plier Stand B점을 모터브라켓 B_1 에 결합한 다음 Roller Hook와 Plier Lever, Plier Bracket, Plier Rod, Plier를 도면과 같이 차례로 유착시켜 솔레노이드가 흡인될 때 Plier끝이 벌어지고 클립 D의 양날개가 벌어지게 된다.
- ④ Housing Stand A점을 모터브라켓 A_1 에 결합하고 Holder Housing과 그 브라켓을 결합한 다음 클립 Holder를 삽입하고 Holder 속으로 클립을 여러개 적층하면 차례로 연속낙하가 된다.
- ⑤ Remover Roller를 유착한 Roller Lever E점을 Housing Stand E_1 에 유착하고 Remover Rod와 2차 Lever를 차례로 유착하면 솔레노이드가 좌우 왕복하여 Roller Hook가 Roller를 잡아당겨 2차 Lever의 선단 F 가 접목된 묘를 자동배출하게 된다.

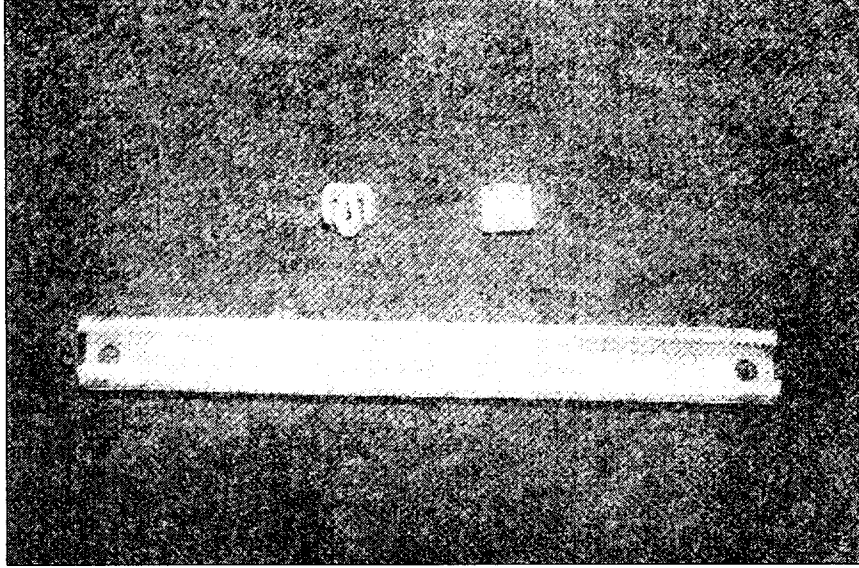


그림 2-2 개발한 합성수지 클립과 클립통.

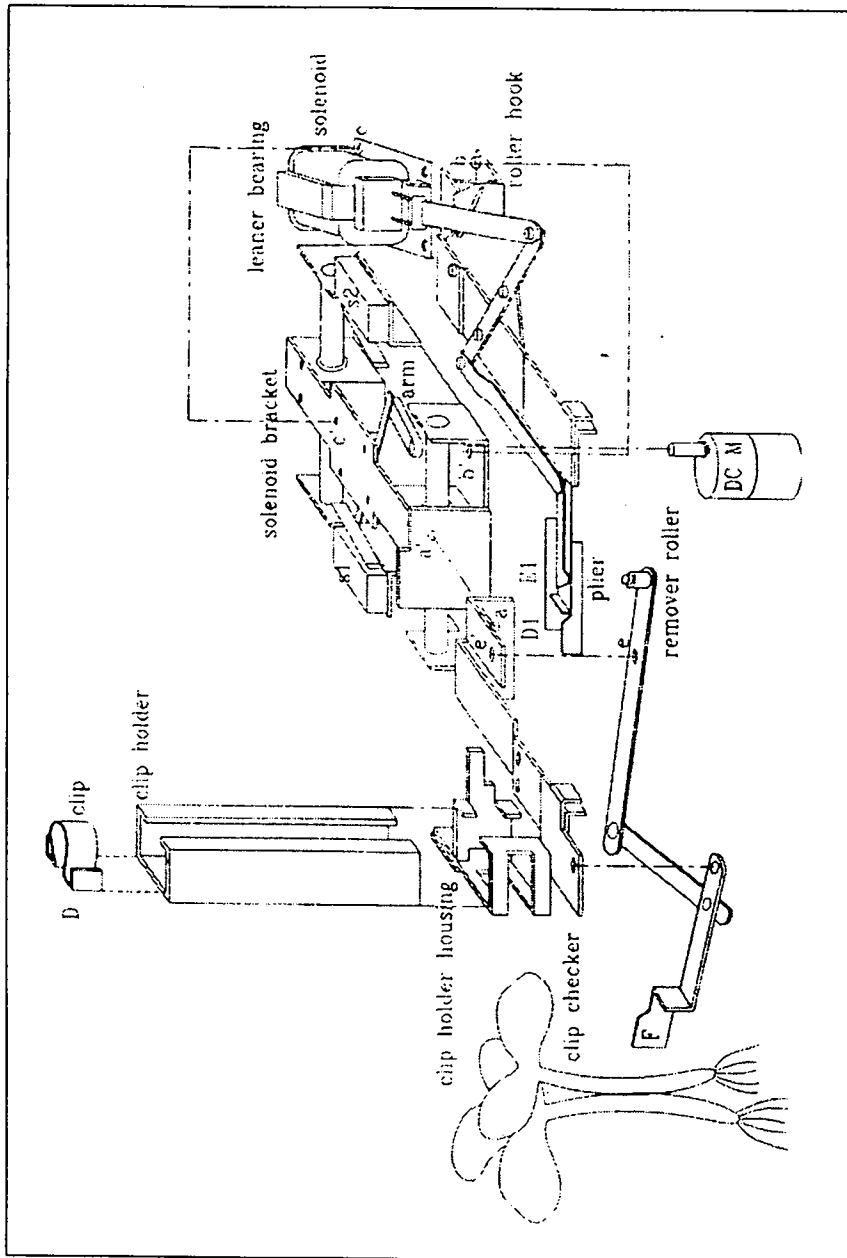
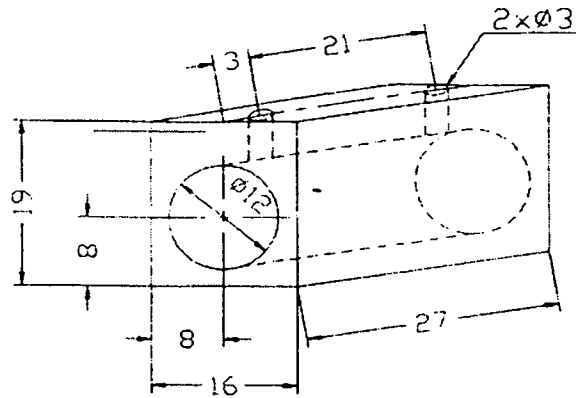
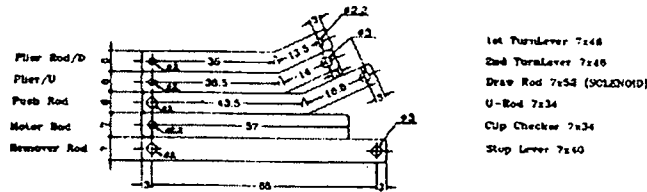


그림 2-3 클립 자동공급장치 설계도.

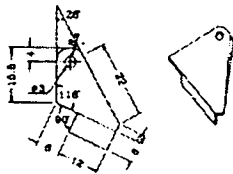
LINEAR BEARING HOUSING



LEVERS



POLLER HOOK



CLIP PLIER

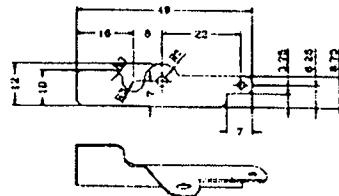


그림 2-4 클립 자동공급장치 요소설계도.

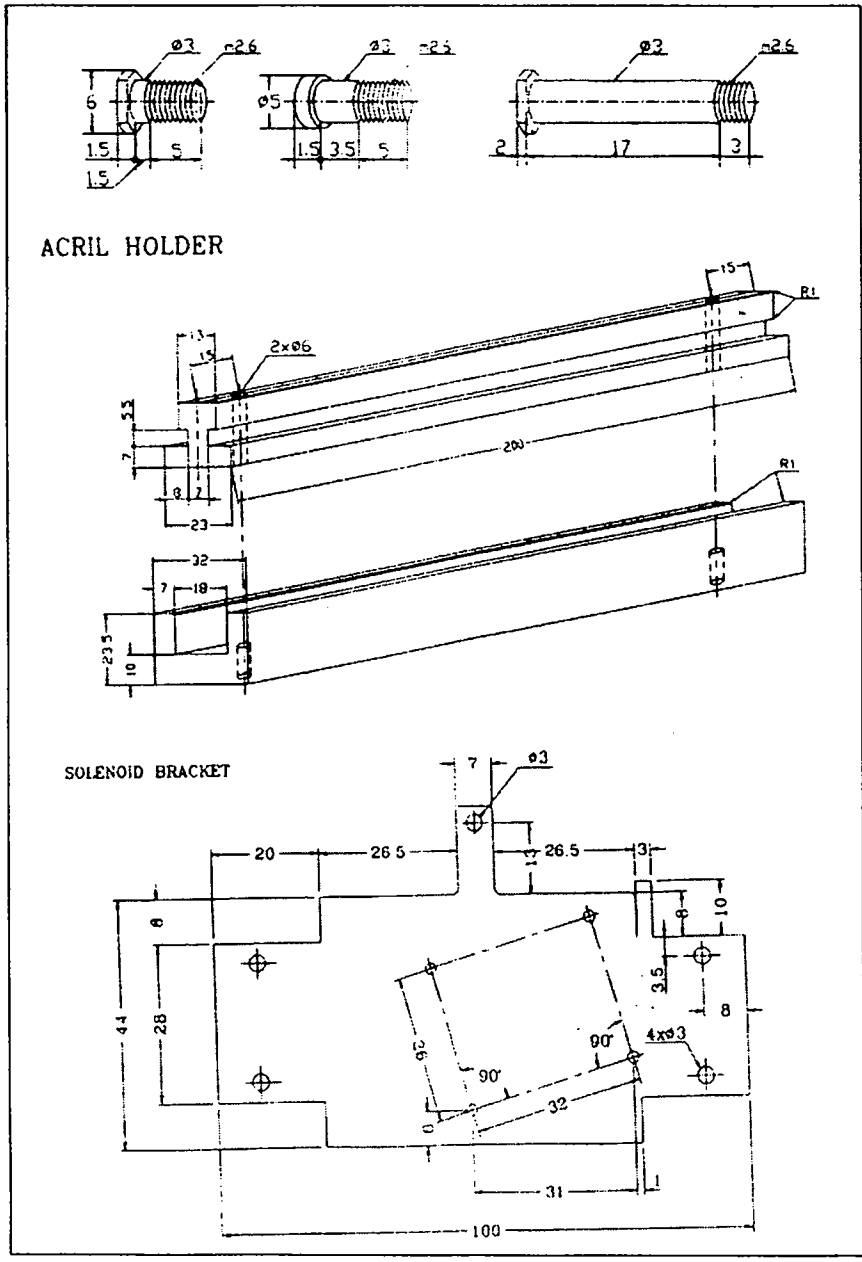
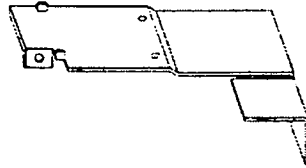
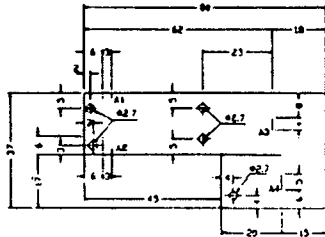
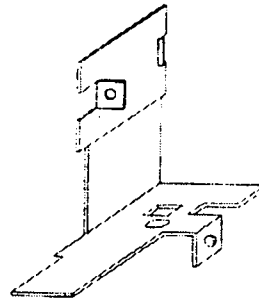
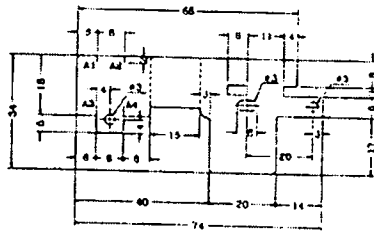


그림 2-4 클립 자동공급장치 요소설계도(계속).

CLIP HOLDER



CLIP HOLDER BRACKET



CLIP HOLDER HOUSING 1

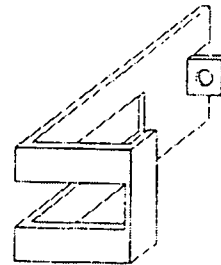
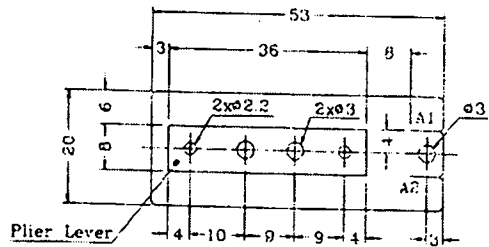
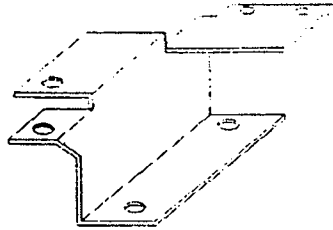
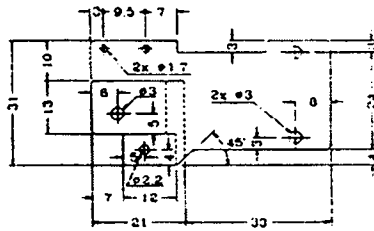
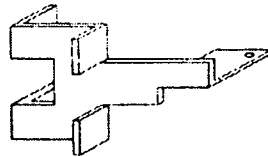
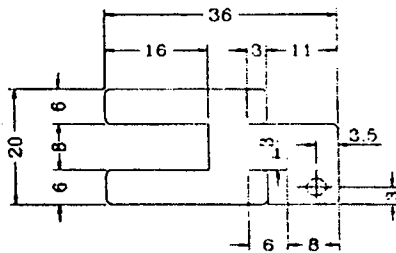


그림 2-4 클립 자동공급장치 요소설계도(계속).

CLIP PLIER STAND



CLIP HOLDER HOUSING 2



CLIP PLIER BRACKET 3

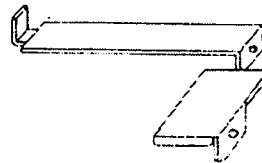
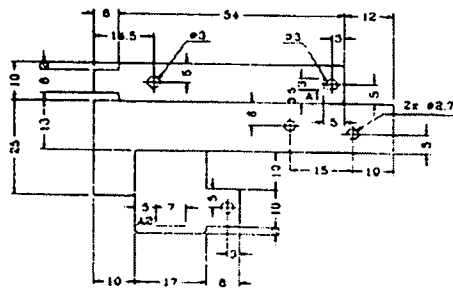


그림 2-4 클립 자동공급장치 요소설계도(계속).

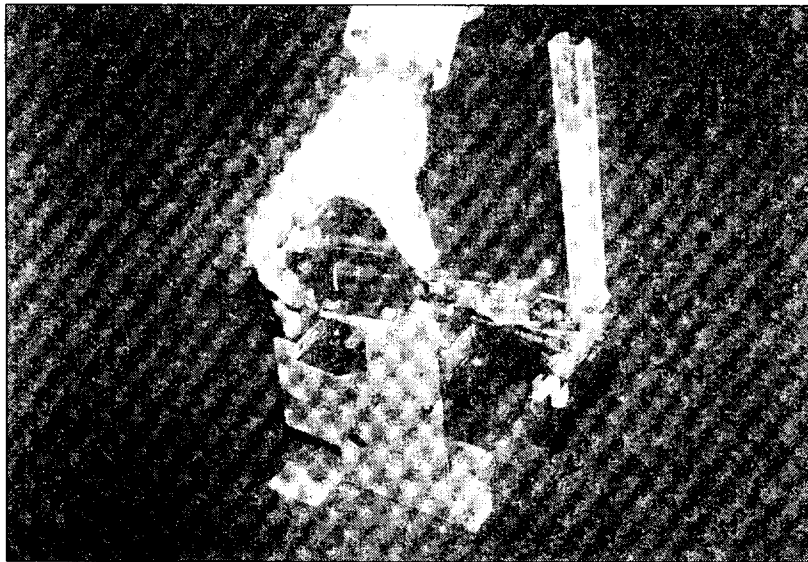
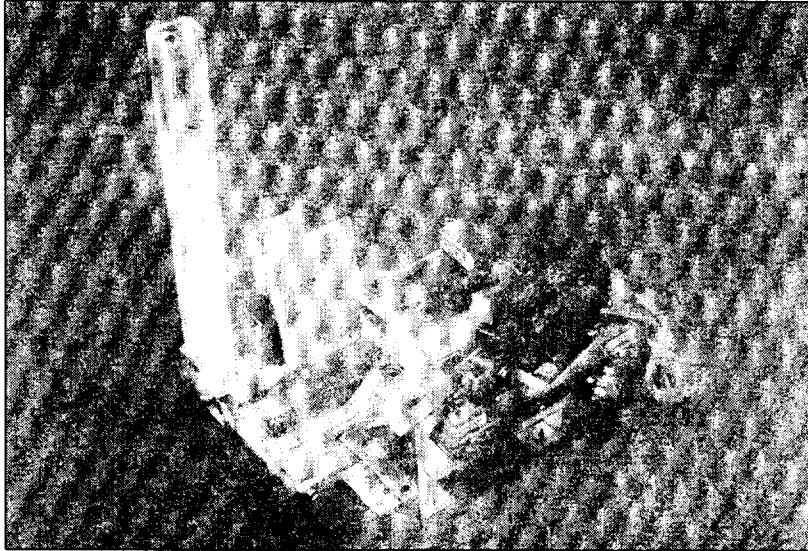
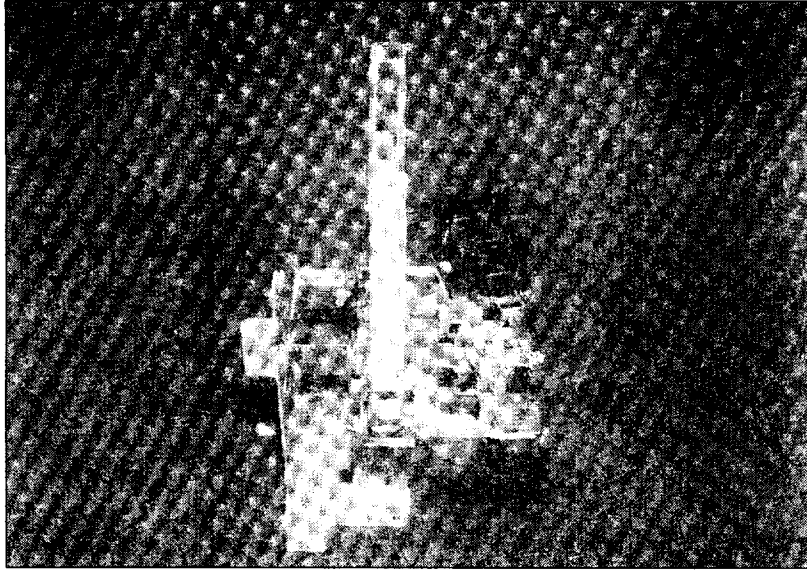
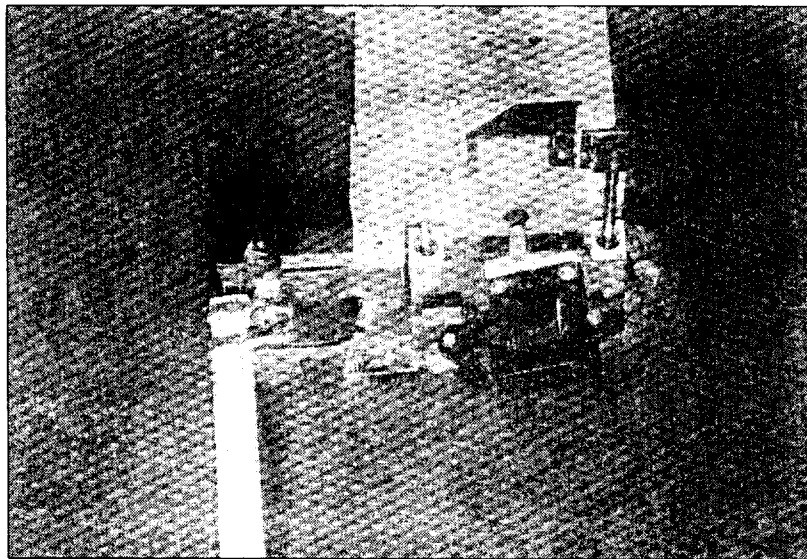


그림 2-5 솔레노이드 구동 클립 전용 자동공급장치 시작기.



(a) 정면



(b) 측면

그림 2-6 개발시작기의 정면과 측면모습.

3. 구동부 및 제어부

현재의 구동회로는 클립공급장치를 고려하지 않은 채 만들어졌고, 또한 회로도 조잡하여 전반적인 재설계가 불가피하여 제품의 생력화 방안으로 Programmable Controller를 이용하였다. 그림 2-7과 같이 제어부 기능을 개량한 회로도설계를 하였다. 그리고 작업시퀀스에 따른 속도조절 타이머를 부착하였다. 프로그래머블 제어기로 4MHz의 클럭으로 구동되는 68705U3를 사용하였으며 68705U3의 8비트 입출력 포트 4개를 각각 문자 LED, 스위치회로, 클립자동 공급장치 및 속도조절에 사용하였다. 속도제어는 속도조절 스위치의 입력을 받아 출력포트를 통하여 해당 트랜지스터를 ON시켜 전압을 9V, 12V, 14V, 18V로 변화시켜 모터에 인가하도록 하였다.

카운터 기능은 칼날 레버가 움직일 때 기계적으로 스위치를 ON시켜 입력포트를 통해 제어기에 신호를 입력시키고 출력포트를 통하여 문자 LED를 구동하여 카운팅을 하도록 하였다.

접목 작동 시퀀스는 다음과 같다.

- ① 전기신호에 의해서 모터와 솔레노이드에 전류가 공급되면 솔레노이드가 흡인되며 Plier가 클립을 벌림과 동시에 모터의 회전에 의하여 클립이 접목묘쪽으로 전진한다.
- ② 좌단에 이르면 마이크로 스위치를 접점시키는 신호로 솔레노이드 전류를 차단함과 동시에 Plier 끝에 끼워진 클립이 접목묘를 물어주고 Plier는 빈채로 우측으로 이동한다.
- ③ 우측 이동 후반에 Roller Hook가 Remover Roller를 걸어 당기면 접목묘는 자동으로 배출되고 우단에 이르면 Plier의 선단이 클립 Holder에 내장된 클립 양날개의 겨드랑이 틈새에 끼워진 상태로 정지하게 된다.
- ④ 클립 Plier가 우단에 이르기 직전에 Plier 브라켓이 클립 Checker를 후진 시킴으로써 Checker의 선단 돌기가 누르고 있던 클립을 놓아줌으로서 클립이 낙하하여 Plier 양날 사이로 들어가게 된다.

다시 ①의 동작이 시작되면 Plier에 끼워진 클립은 좌측으로 이송되고 클립 Checker는 스프링의 장력으로 전진하여 이동된 바로 위의 클립을

Plier가 돌아올 때까지 선단 돌기로 낙하하지 않도록 누르고 있게 된다.

- ⑤ 슬레노이드의 좌우왕복 운동은 접목작업이 진행되는 동안 정지하고 있어야 하므로 모터 Arm의 선단이 마이크로 스위치를 닫아줌으로서 모터전류를 차단하도록 한다.

그림 2-8은 클립이 낙하하여 Plier 끝에 삽입되어 있는 상태를 보여주며 그림 2-9는 클립이 Plier에 의해 벌어져서 접목부로 전진하는 상태를 보여준다. 그리고 그림 2-10은 접목묘를 방출하는 2차 Lever의 작동상태를 보여준다.

그림 2-11은 기존의 접목기에 개발한 생력화 기구를 장착한 사진을 보여준다. 그림 2-12는 제어판넬을 부착한 캠구동형 간이 육묘자동 접목기의 시작품을 보여준다.

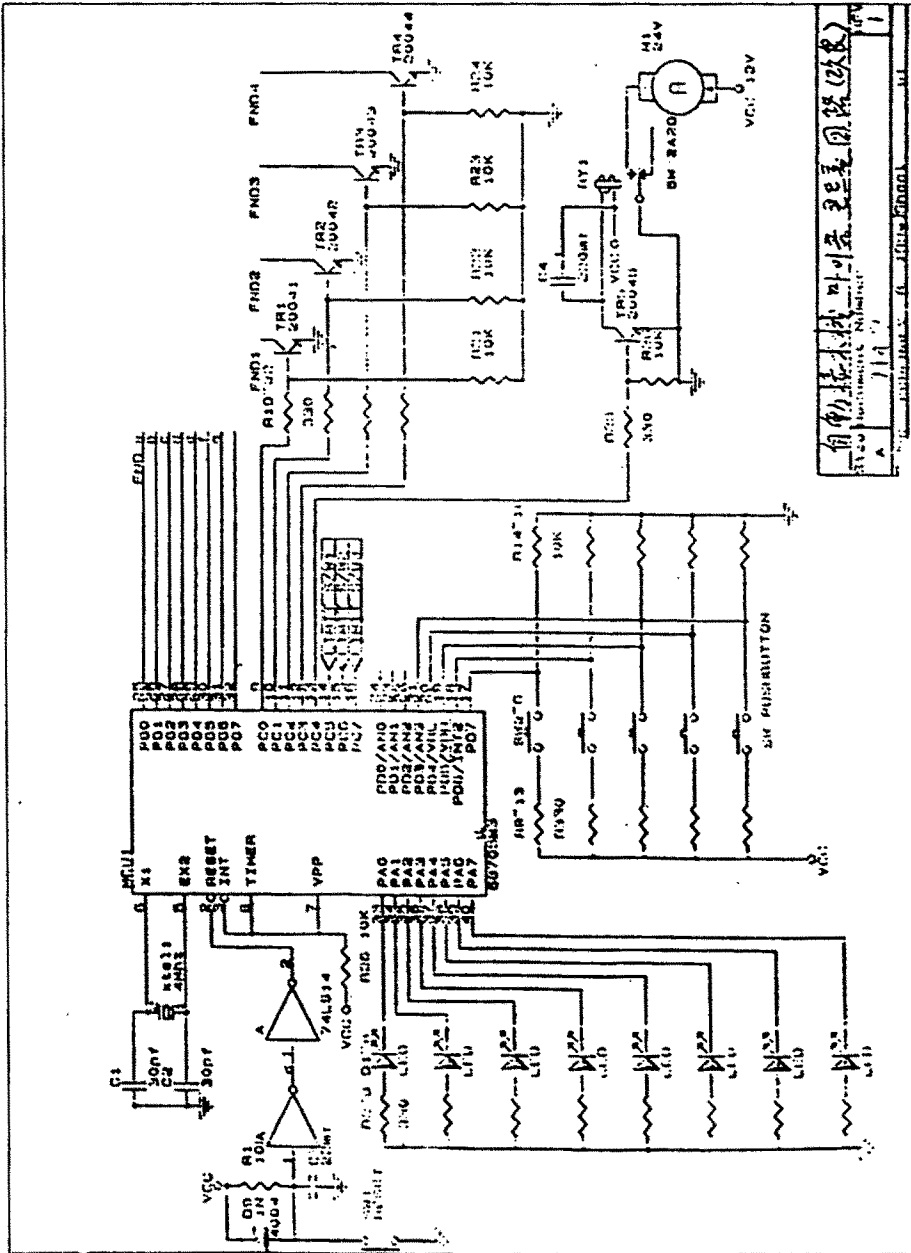


그림 2-7 개량형 자동접속기의 회로도.

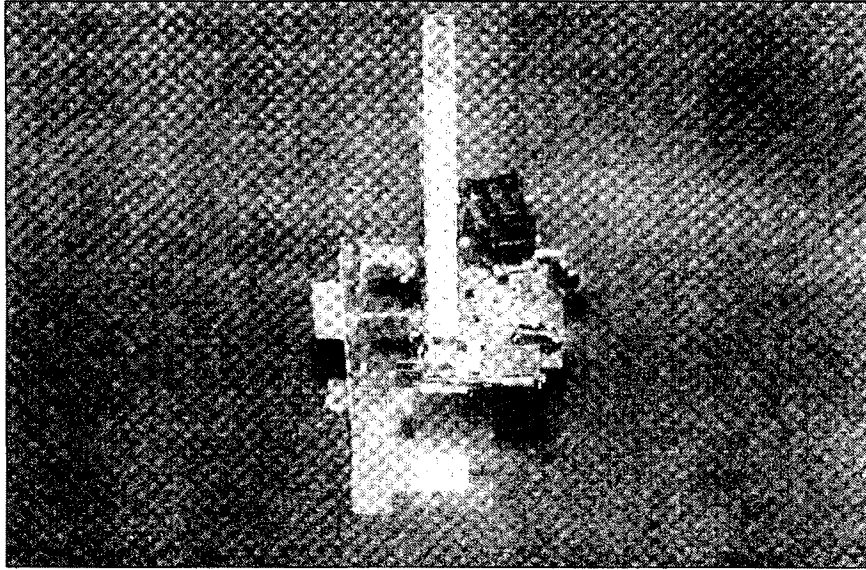


그림 2-8 클립이 Plier 끝에 삽입되어 있는 상태.

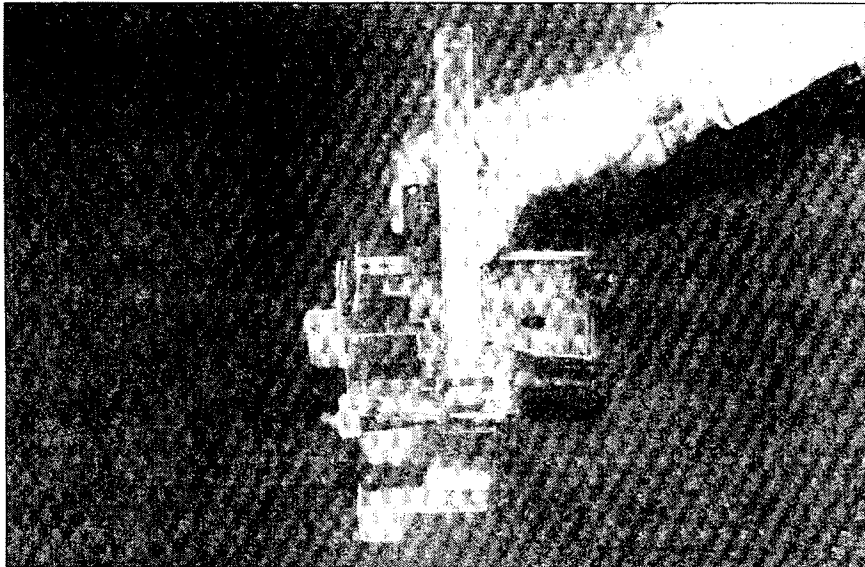


그림 2-9 클립이 벌어져서 접목부로 전진한 상태.

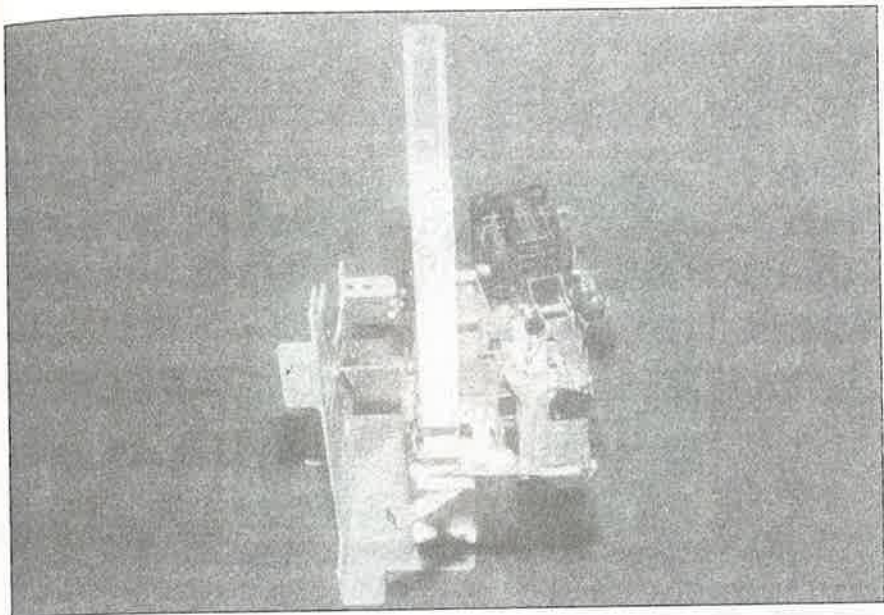


그림 2-10 접목묘를 자동배출하는 2차 Lever의 작동상태.

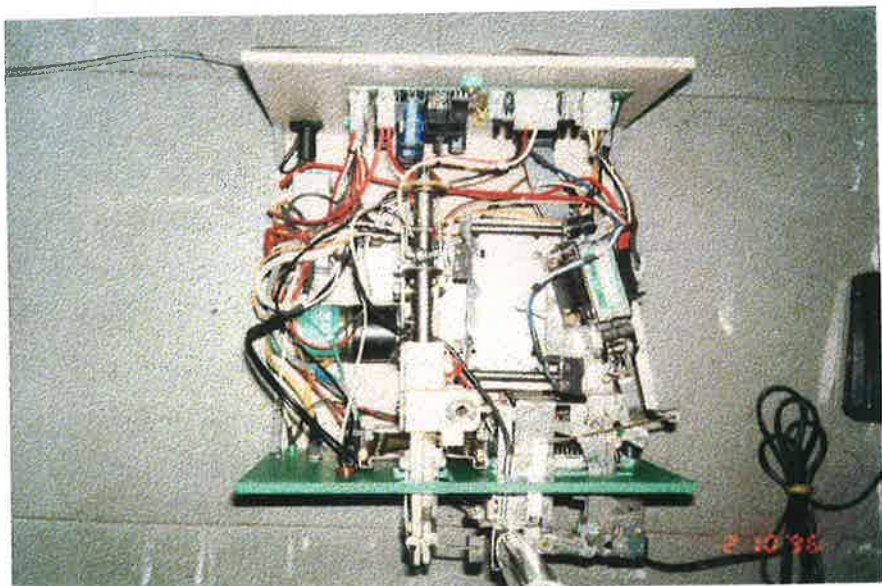


그림 2-11 제어보드, 클립자동공급장치, 인터페이스 기구 부착.

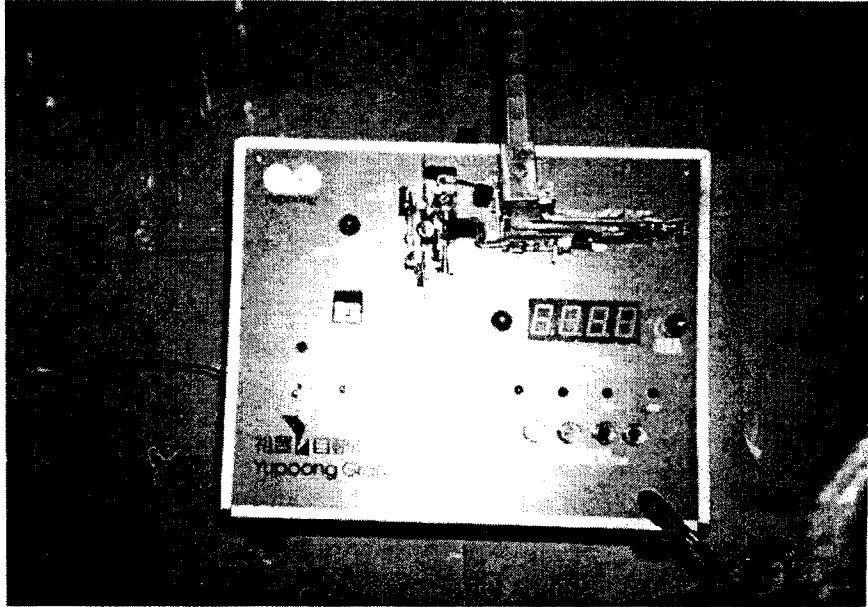


그림 2-12 제어판넬을 부착한 간이 옥묘 자동 접목기 시작기.

제 3 장 능가 조합 및 시설육묘 단위용 전공압 육묘 자동 접목 시스템 개발

제 1 절 1차 시작기

1. 시스템의 모듈화 및 기능 설정

호접을 이용한 능가조합 및 시설육묘 단위용 전공압 자동 접목 시스템의 개발에 있어 작업부별로 5개의 모듈로써 시스템을 구성하였고 설계시 고려할 각 모듈의 기능을 다음과 같이 설정하였다.

(1) 접수 및 대목 공급 및 이송부

- 버퍼 기능을 갖도록 하고 접수 및 대목을 육묘 공급장치에 끼울 때 수작업의 편의성을 고려한다.
- 접수 및 대목의 공급속도 조절이 가능하도록 하고 끼워진 육묘가 자동으로 다음 단계로 안전하게 이송되도록 한다.
- 접수 및 대목이 한 개씩 로봇 조작부로 자동으로 이송되며 이송상태를 감지할 수 있도록 한다.

(2) 접수 및 대목 조작 및 이송부

- 그리퍼로 육묘를 잡을 때 상처를 주지 않도록 하며 견고하게 잡도록 한다.
- 호접 작업이 가능하도록 그리퍼를 설계한다.
- 접목 부위로 접수 및 대목을 자동 이송하도록 한다.
- 호접 작업에 적합한 작업 시퀀스를 설정한다.

(3) 절단 및 접목부

- 접수와 접목의 밀착이 확실하게 이루어지도록 한다.
- 절단 칼날의 각도를 조절할 수 있도록 한다.
- 호접에 적합한 절단날 형상을 설계한다.
- 칼날의 전후진 속도 조절이 가능하도록 한다.

(4) 클립 이송 및 장착부

- 접수 및 대목의 밀착 형상에 따른 적정 클립 형상을 설계하고 재질을 설정한다.
- 장착된 클립은 접목묘의 성장에 따라 자동 탈착이 되도록 한다.
- 클립 이송부에 밀착된 접목묘를 유지시킬 수 있도록 한다.
- 클립에 의하여 접목묘가 손상되지 않도록 한다.
- 클립은 날개로 한 개씩 자동으로 공급되도록 하며 버퍼 기능을 부과한다.

(5) 접목묘 자동 배출부

접목 작업이 끝난 묘는 자동으로 배출되도록 하며 작업자 위치로 재이송 되도록 한다.

- 접목묘의 배출시 접목묘에 손상이 가지 않도록 한다.

2. 기구부 및 구동부

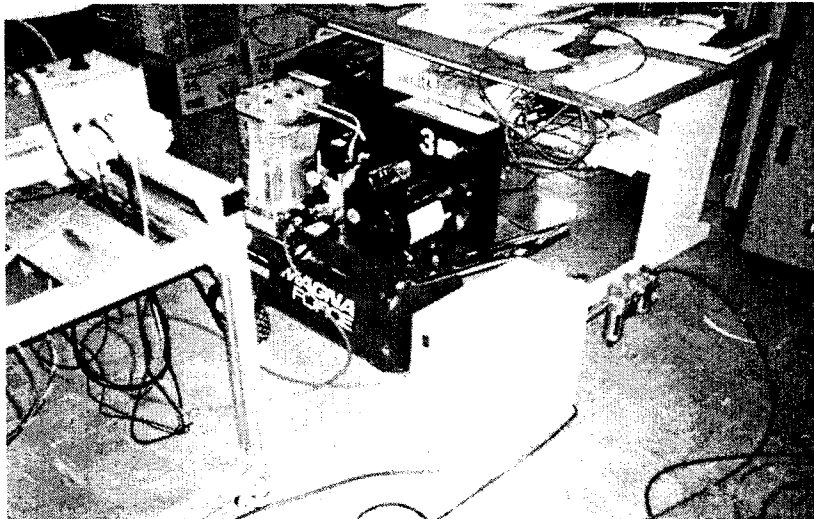
육묘 접목을 자동화하기 위해서 시스템의 기구부 구축과 구동부의 구성이 간편한 전기-공압시스템을 이용한 자동 접목장치를 설계하였다. 공압시스템은 사용상 안전하고 작업장을 더럽히지 않는 동시에 삼차원 구동을 복잡한 기구장치에 의존하지 않고 간단하게 구현할 수 있는 장점이 있다. 특히 오동작시에도 시스템에 무리가 가지 않으며 시퀀스 제어를 이용한 시스템 작동이 용이하다. 큰 동력이 필요없는 소형의 간단한 자동화 시스템의 경우에는 전반적인 시스템 설비비용이 유압이나 전기, 기계적 장치에 비해 저렴한 장점이 있다. 그림 3-1은 본 과제에서 구축한 소규모 공압 공급 시스템 및 공압 회로도를 보여준다.

전공압 육묘 자동 접목장치의 구성을 위한 단위 장치는 공기 압축기, 건조기, 윤활기, 정압기, 배수기 등으로 구성된 공압 공급 시스템, 공압 실린더, 속도 조절 밸브, 동작 확인용 리드 스위치, 솔레노이드 밸브, 릴레이 및 인터페이스를 위한 I/O 제어기 및 대상부 감지 센서로 구성된다. 접목 작업부는 크게 육묘공급 및 이송부, 육묘조작부, 접목부, 칼날부, 클립공급부, 클립 이송 및 부착부, 접목묘 배출부로 나누어 진다. 그림 3-2는 설계한 자동 육묘 접목장치

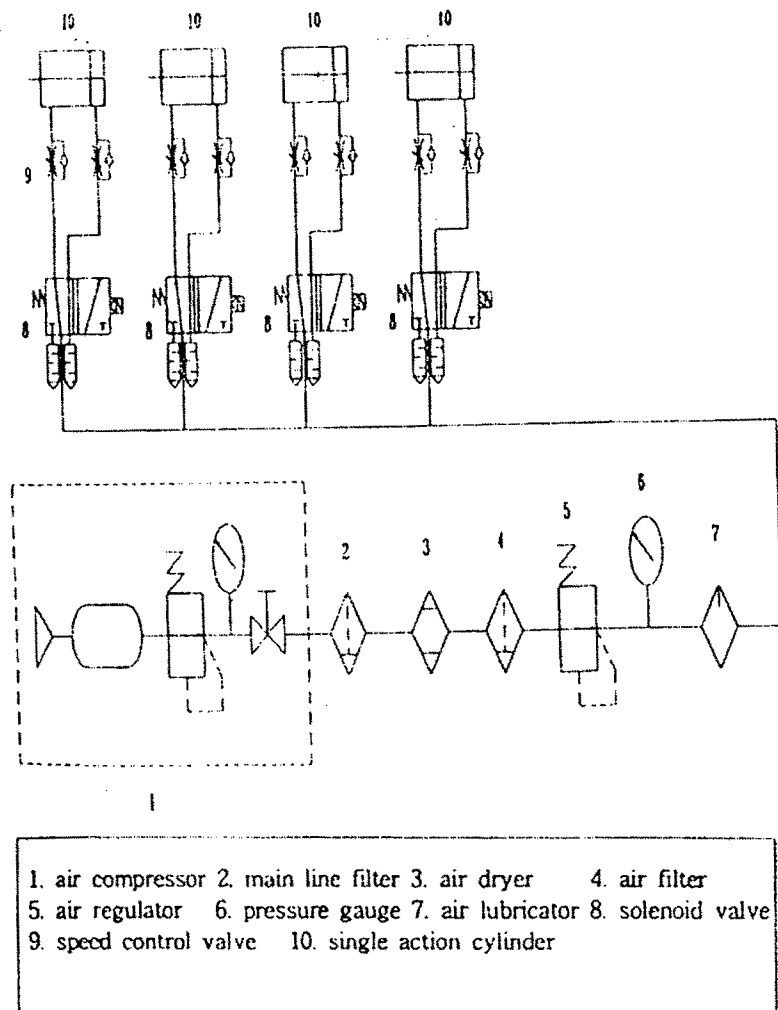
1차 시작기의 전체 Layout 설계도면을 보여준다.

육묘 공급부는 접수 및 대목용으로 각각 회전형 인덱스 테이블을 설계하였으며 아크릴재를 이용하여 제작하였다(그림 3-3). 수작업에 의하여 접수와 대목을 공급하되 작업 안전성과 편의성을 고려하여 회전 공급부의 위치를 대칭으로 설치하였고 공급 육묘가 안전하게 이송될 수 있도록 각 인덱스 테이블 위에 상하 두 개의 원판을 설치한 후 등 간격으로 흙을 가공하였다. 묘의 순차적 공급은 인덱스간 회전 타이밍 조절에 의하여 수행하도록 하였다.

육묘조작부는 전공압 회전 실린더를 이용한 기저부, 전후진 부, 육묘 그리퍼로 구성된 접수 및 대목용의 2쌍의 전공압 로봇으로 구성하였다. 두 쌍의 전공압 로봇은 대목용 로봇이 수직 상승/하강 기능을 갖는 실린더가 더 부착되어 있는 것을 제외하고 똑같은 구조와 기능을 가지고 있다. 회전 실린더의 기저부는 베어링을 부착하여 철재 소재를 가공하였다. 접수와 대목이 접목부에서 서로 밀착되면 칼날부의 전후진 운동에 의해 각각 줄기부의 반이 절단된다. 대목부 로봇에 설치되어 있는 수직방향 상승/하강 실린더는 양 육묘의 절단된 줄기부를 끼우는 역할을 한다. 그림 3-4는 전공압 로봇의 몸체 설계도를 그림 3-5는 제작품을 보여준다



(a)



(b)

그림 3-1 소규모 공압 공급시스템 및 공압 회로도.

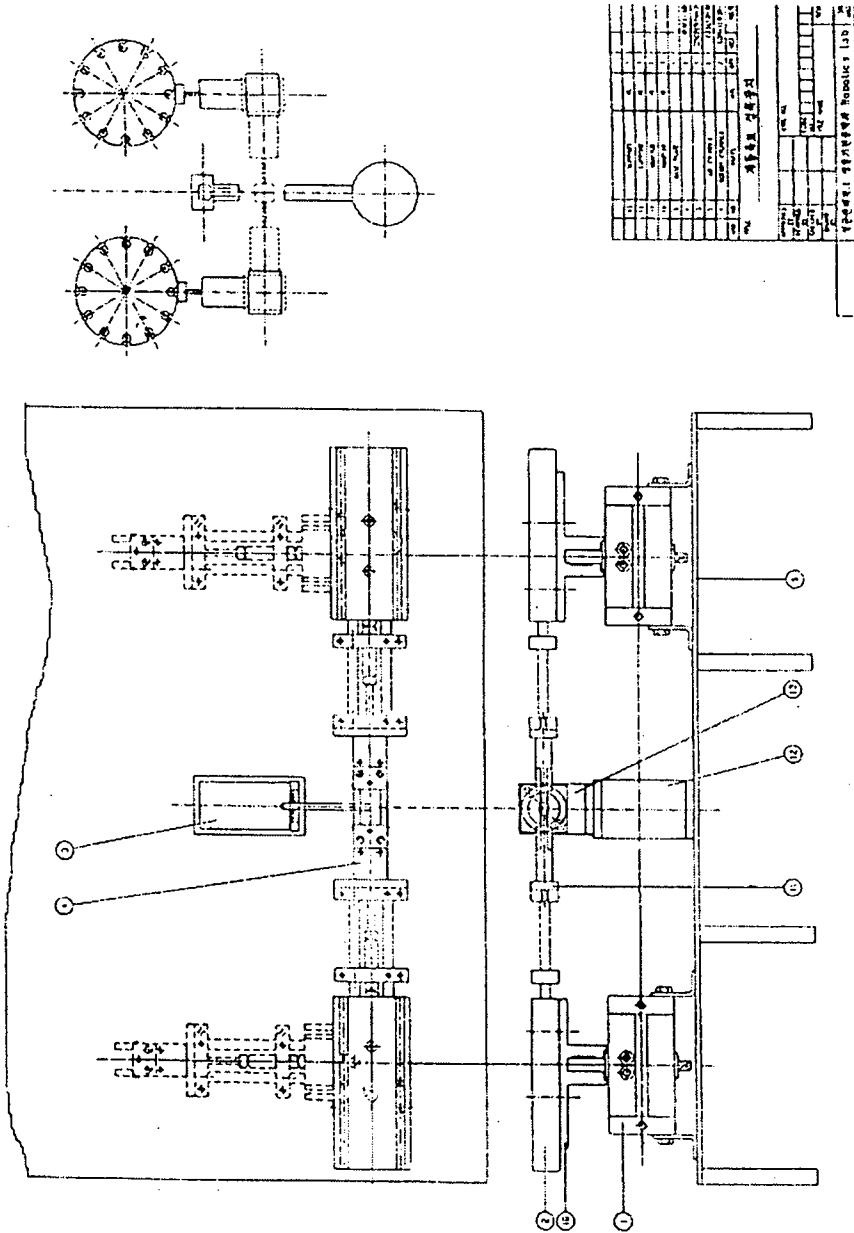
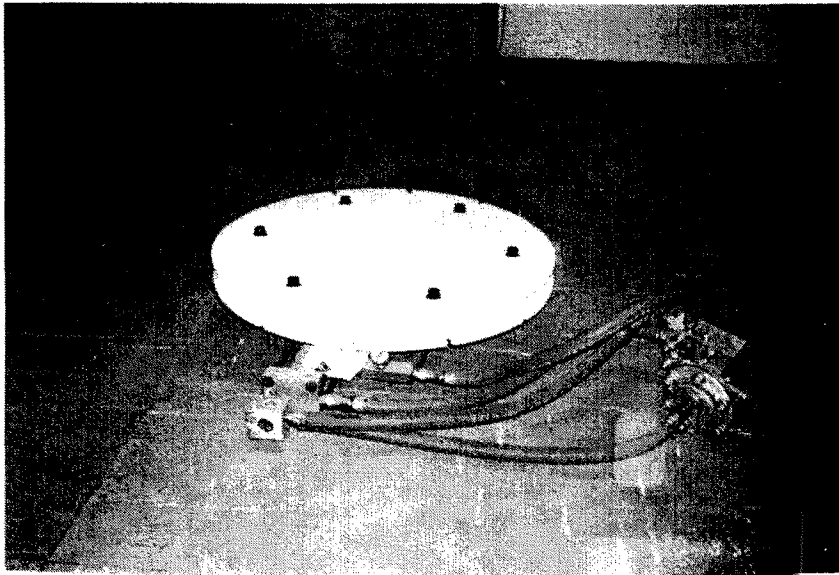
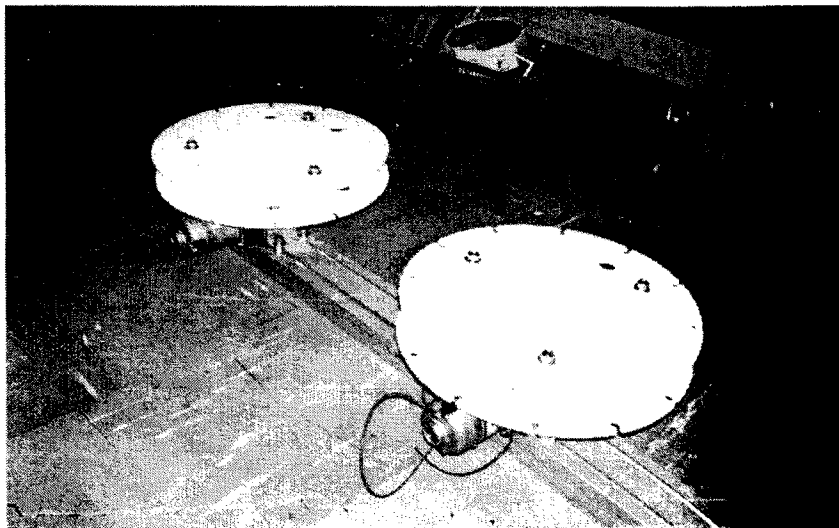


그림 3-2 자동 육묘 접목장치 1차 시작기 Layout:(a)정면도 (b)평면도



(a) 공압 구동 원판



(b) DC모터 구동 원판

그림 3-3 회전 인덱스 테이블형 육묘 공급 및 이송부(1차 시작기).

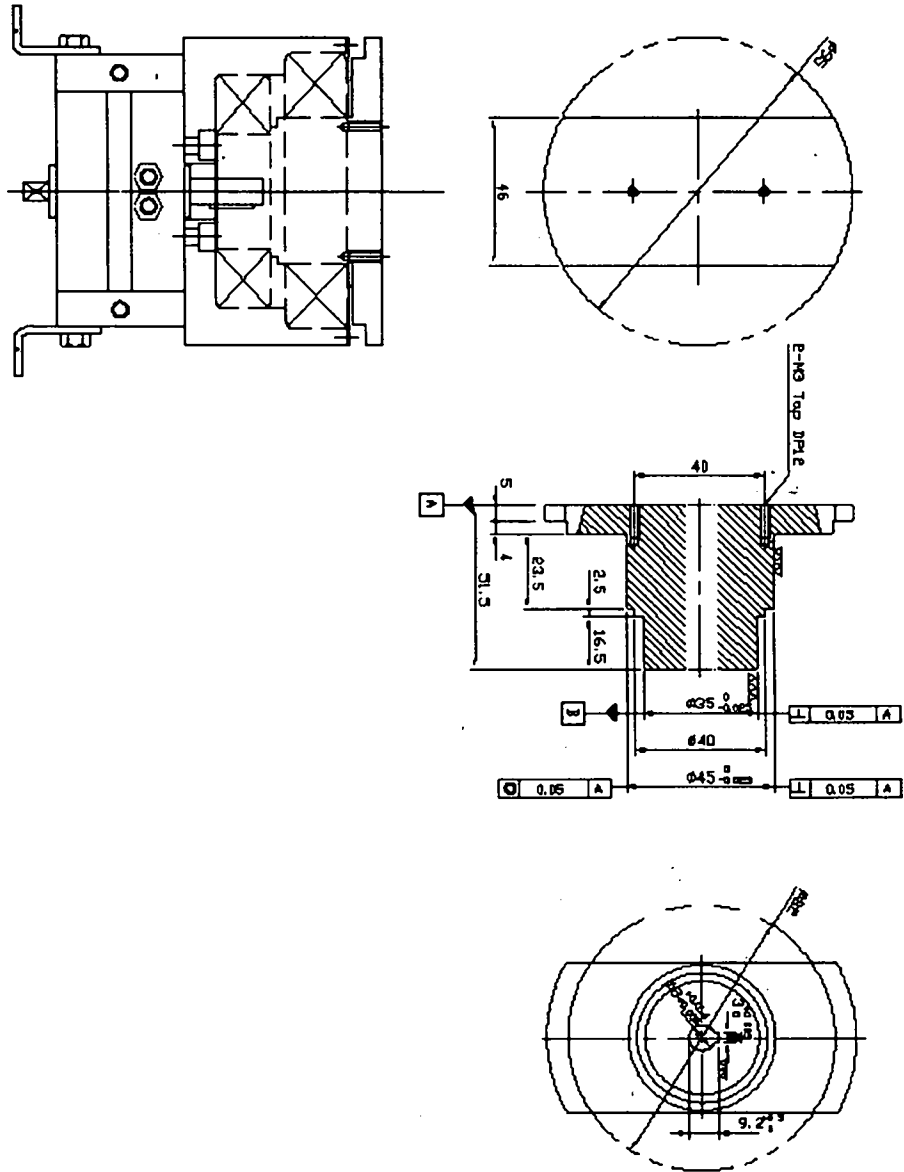
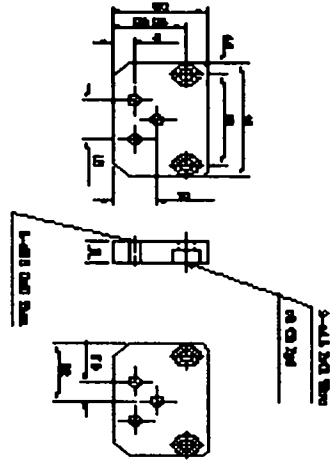
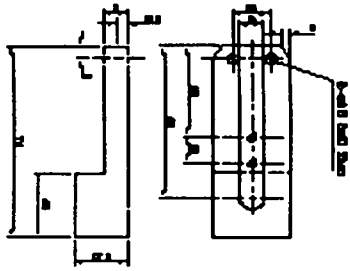


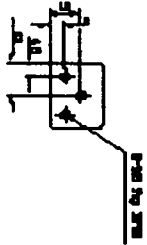
그림 3-4 전공압 로봇 요소부품 설계도.



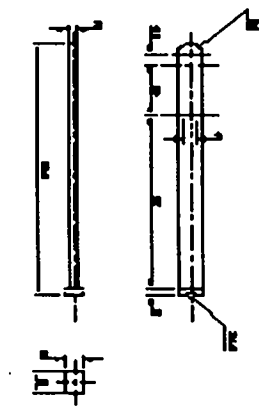
Finger Bracket



Alt. 1Ba



Round Attachment



Alt. 2Ba

그림 3-4 전공압 로봇 요소부품 설계도(계속).

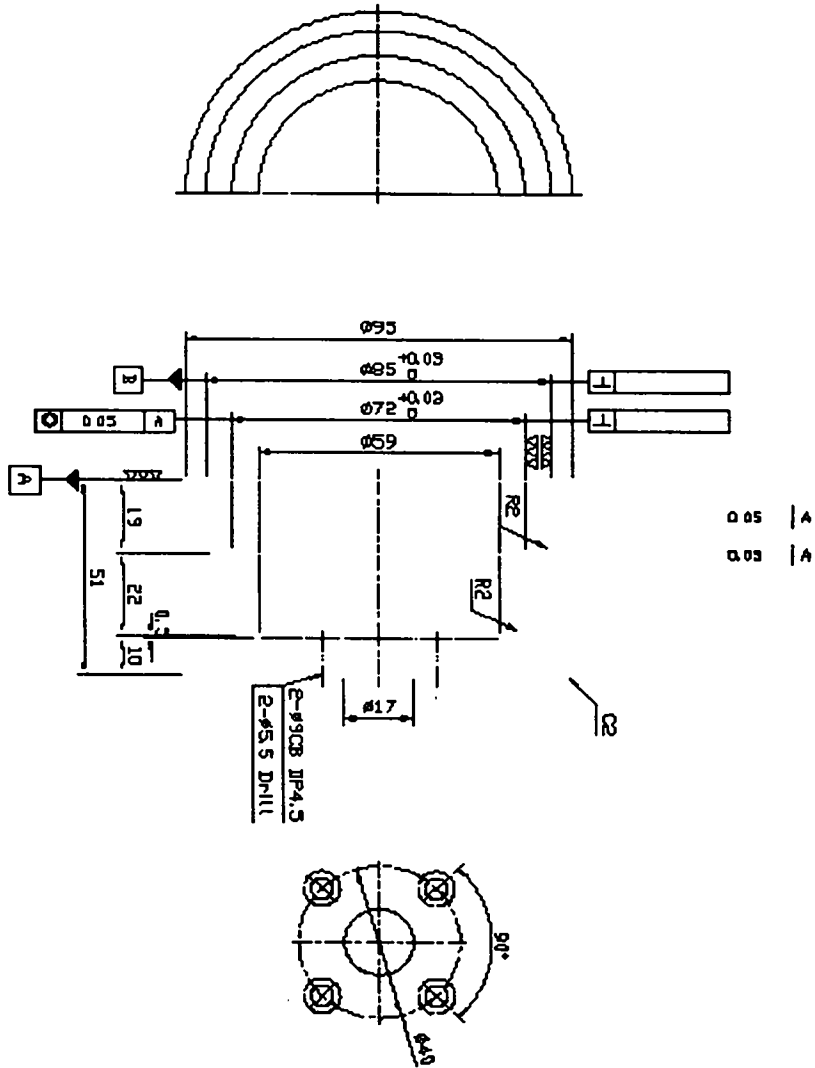


그림 3-4 전공압 로봇 요소부품 설계도(계속).

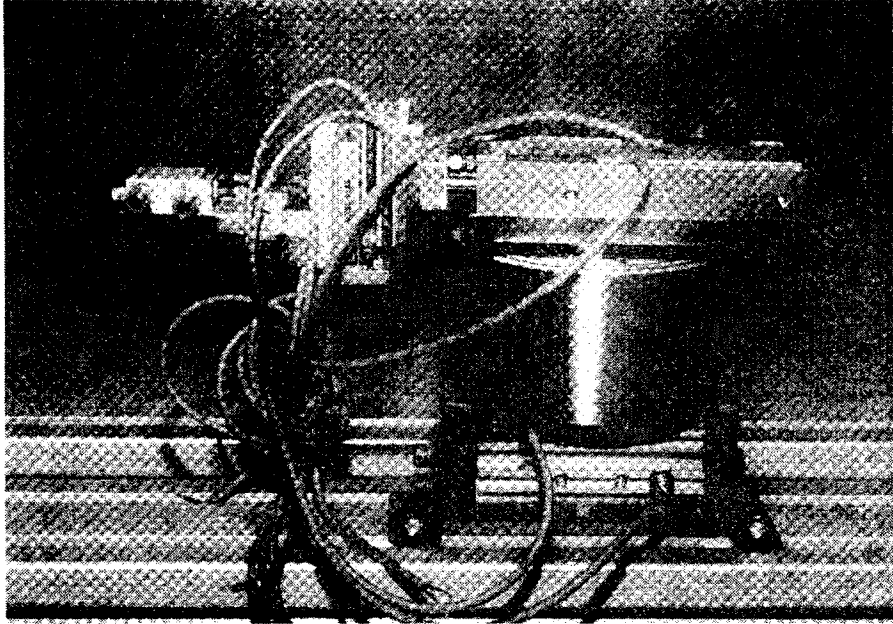


그림 3-5 전공압 로봇 시작품.

호접 작업 즉 접수와 대목이 원활하게 끼워지기 위해서는 접수와 대목에 초기 굽힘 모멘트가 가해져서 칼날부가 줄기를 절단할 때 이 초기 굽힘응력에 의해 절단부가 미세하게 벌어져야 수직방향 운동에 의한 줄기 절단부의 상호 끼워짐이 용이해 진다. 따라서, 그리퍼는 육묘를 잡을 때 육묘에 초기 굽힘 모멘트를 가할 수 있도록 특수하게 설계되어야 한다. 그림 3-6과 3-7은 육묘를 잡을 때 상하 그리퍼 중간에 설치한 탄성판에 의하여 육묘에 초기 굽힘 모멘트를 가하여 활과 같이 휘도록 한 그리퍼의 설계도와 제작한 시제품을 각각 보여준다.

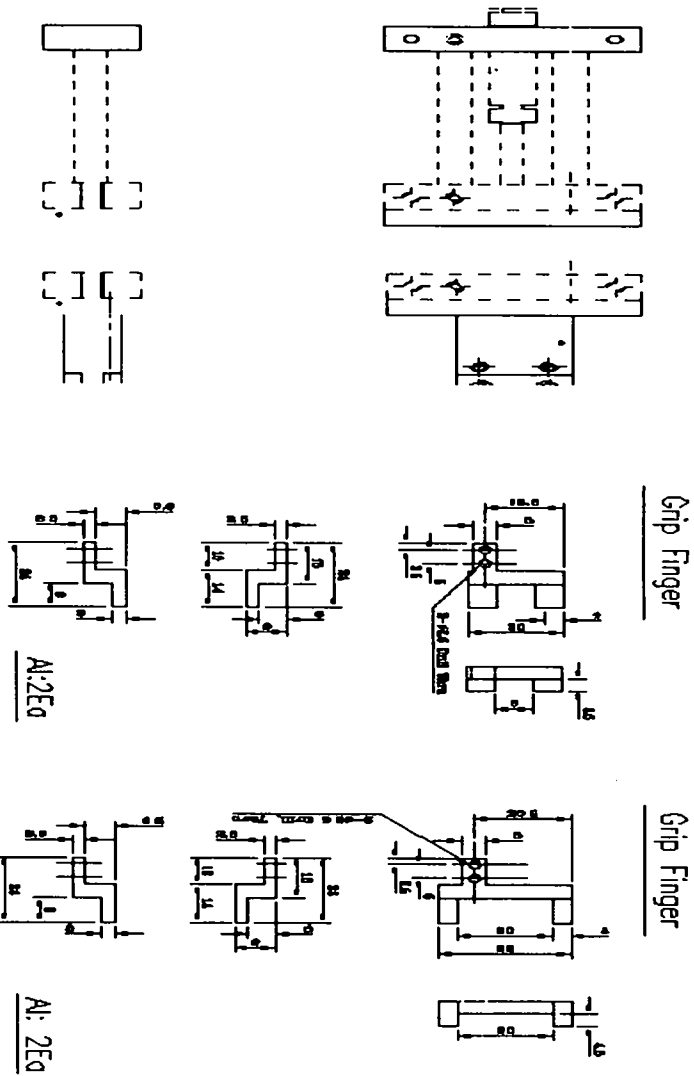


그림 3-6 그리퍼 설계도.

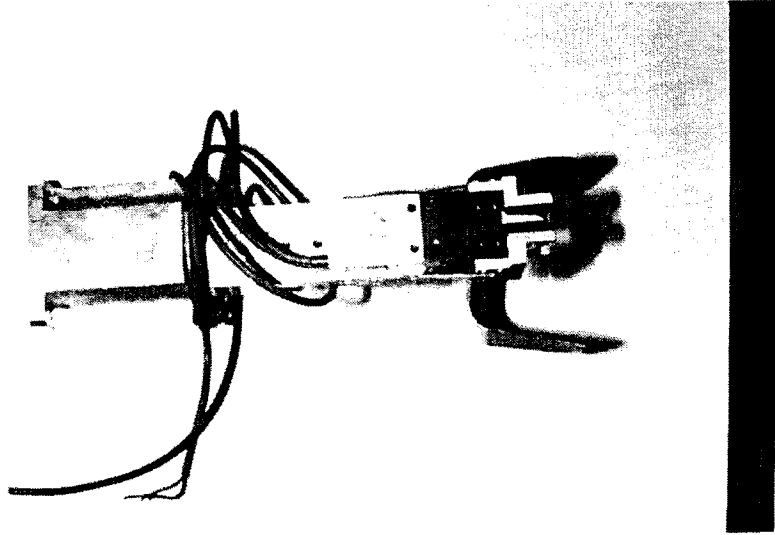


그림 3-7 그리퍼 시작품.

접목부는 두쌍의 전공압 로봇에 의해 접수와 대목이 서로 밀착되고 칼날부 구동, 대목부 수직실린더 구동, 접수와 대목의 접목부위 홀더 구동 그리고 클립 공급 장치의 구동이 이루어지는 작업부이다. 호접 작업이 원활하게 이루어지기 위해서는 접수와 대목이 밀착시에 활과 같이 상호 굽어진 채로 밀착되어야 하고 칼날부가 줄기를 관통하면서 절단한 후, 수직 상승 실린더 운동에 의해 절단된 줄기부가 끼워지도록 칼날부가 안내 역할(그림 3-8)을 해야 한다.

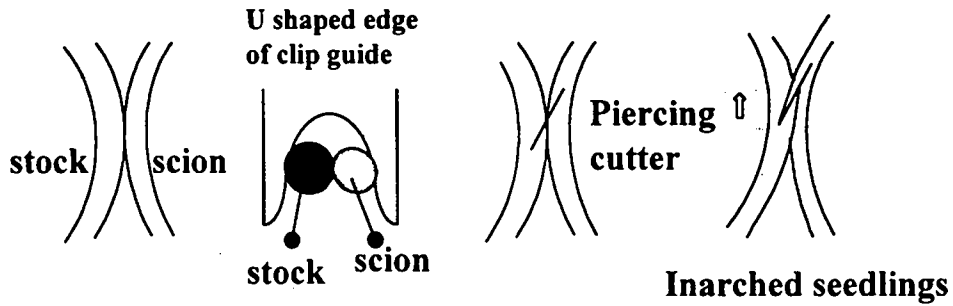


그림 3-8 접목부 호접 작업도.

칼날부는 기저부를 회전시켜서 칼날의 각도를 조절할 수 있도록 하였다. 칼날의 회전각을 유지하기 위하여 회전 방지 실린더를 장착하였다. 칼날은 스테인레스 스틸을 그림 3-9와 같은 형태로 설계하였으나 가공상의 어려움으로 유풍기연(주)의 접목기에서 사용하는 칼날을 사용하였다.

클립 공급부는 원통 진동피더를 이용하여 그림 3-10와 같이 설계 제작된 클립을 클립 장착부로 정해진 자세로 한 개씩 공급할 수 있도록 안내 슈트를 가공 제작하였다. 클립의 과도한 공급을 막고 불필요하게 진동피더를 연속적으로 가동하는 것을 피하며 적정 공급버퍼 기능을 유지하기 위하여 위치 검출형 광섬유 투과 센서를 안내 슈트 중간에 부착하였다(그림 3-11).

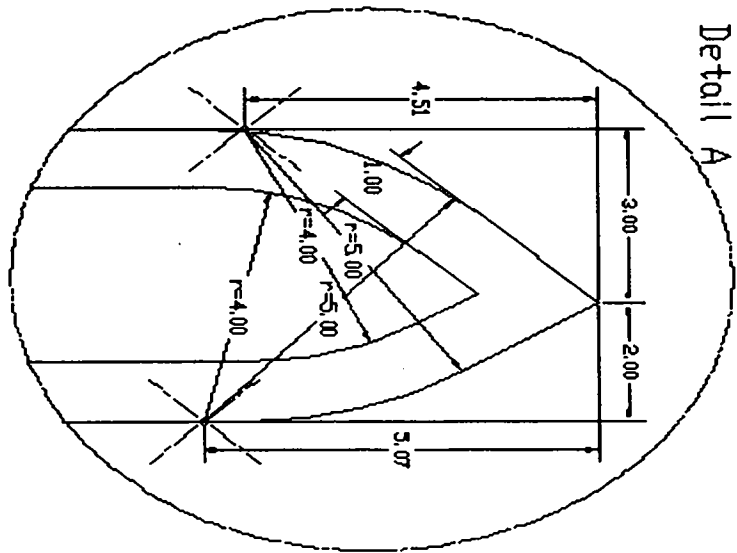
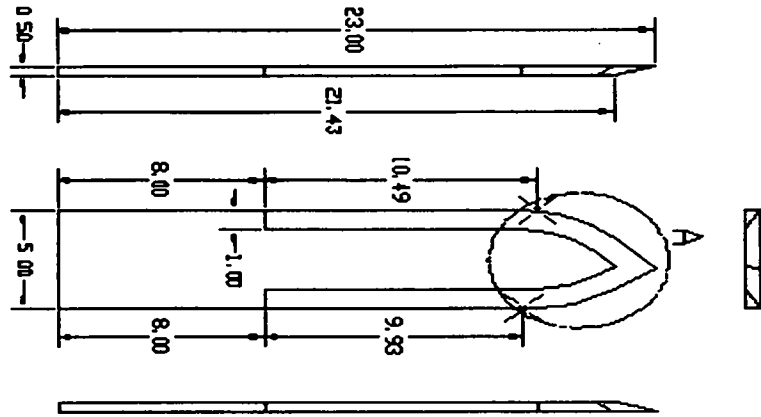


그림 3-9 스테인레스 스틸 접목날 설계도.

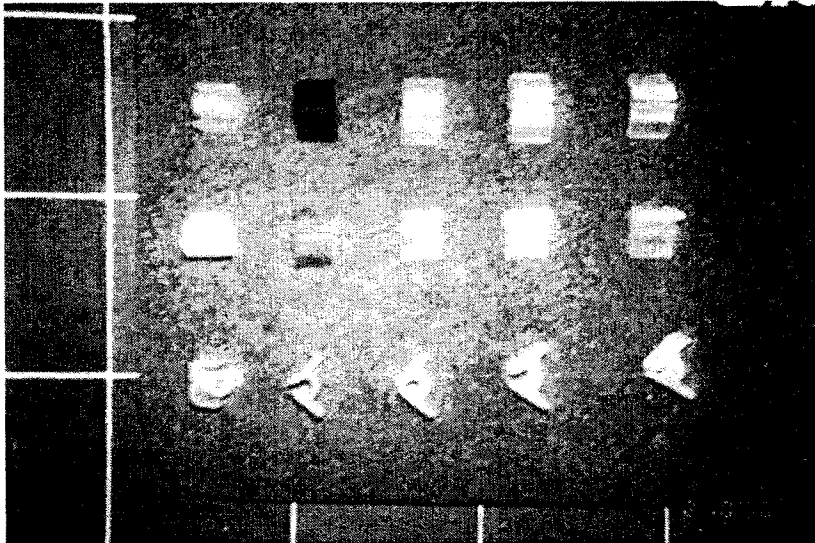
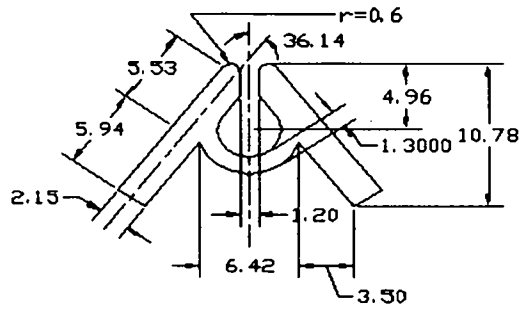
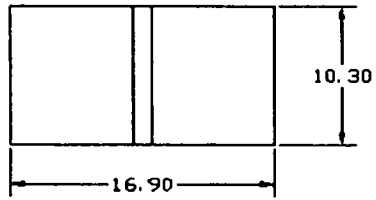


그림 3-10 호접용 클립 설계도 및 폴리우레탄 재질 1,2,3,4차 시작품

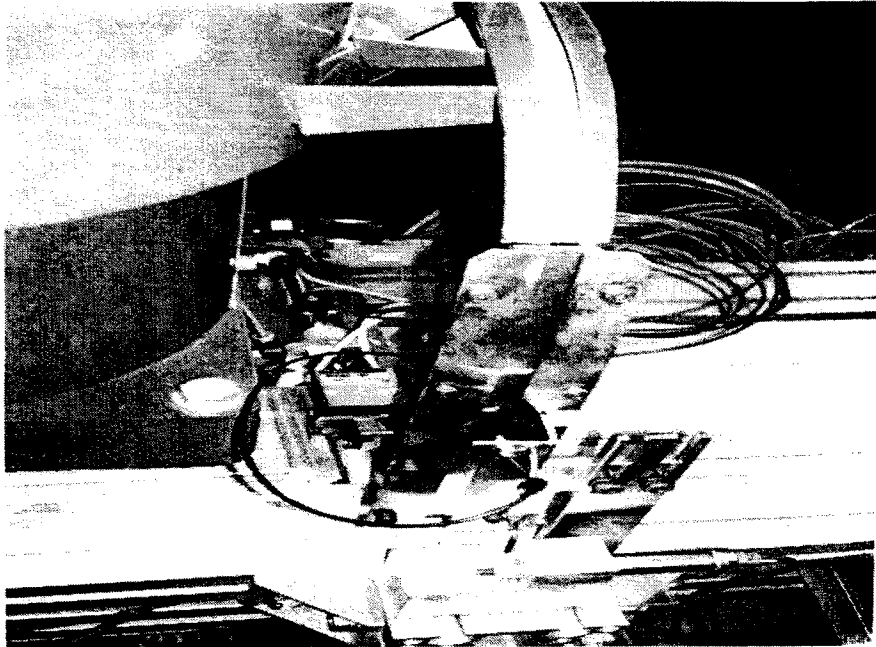


그림 3-11 클립 감지 광센서.

클립 장착부는 접목부 홀더와 클립 장착부로 구성된다(그림 3-12). 접수와 대목이 서로 밀착되면 접목부 홀더가 구동하여 밀착부를 유지시켜준다. 이후 접수와 대목의 절단 부위가 상호 끼워지면 크립장착부가 앞으로 전진하고 클립 안내부를 따라 클립이 이송되어 끼워진 부위를 클립으로 고정하게 된다.

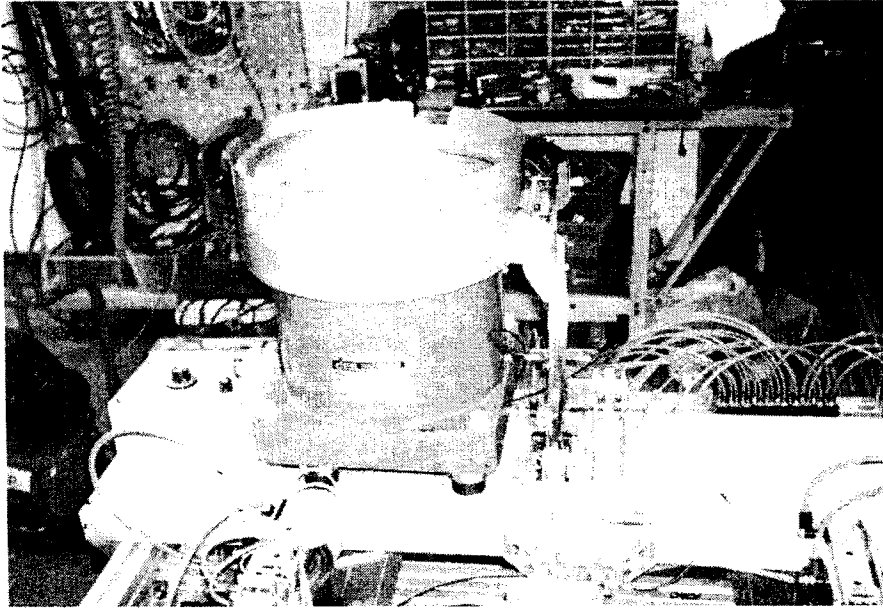


그림 3-12 클립 장착홀더 및 장착 시스템.

3. 제어부 및 작업시퀀스

시스템의 작동순서는 ①시작 → ②묘목공급 → ③묘목잡기 → ④접목작업 → ⑤작업완료 → ⑥대기 순으로 구성된다. 설계된 각 시스템의 작동순서는 아래와 같으며 사용된 스위치류, 솔레노이드 및 실린더의 명칭 및 기호는 표 3-1, 3-2, 3-3 및 3-4에 나타냈다.

(1) 시작 단계

- 전원 스위치 ON
- 시스템 점검(공기압점검)
- 시스템 작동 및 컨베이어 작동
- 초기화

- 접목 카운터를 0으로 셋팅
- 묘목공급기 묘목 적재 준비 완료
- 적재되면(SW 1, 2 ON) 1초후 1 STEP 회전 (5회 반복)

(2) 묘목 공급 단계 :

- 묘목공급 여부 확인(SW 1,2)
- 확인되면 0.5초후 묘목공급기 30° (1 STEP)회전 (SOL 1, 2 ON) ➔ 실린더(1,2)
- 묘목공급기 회전완료 리미트(LEAD SW 1,3) 확인
- 확인되면 묘목공급기 회전 실린더 환원(SOL 1,2 OFF) ➔ 실린더(1,2)
- 묘목공급기 회전환원 리미트 확인(LEAD SW 2,4)

(3) 묘목 잡기 단계

- 확인되면 묘목획득용 수평팔 전진 작동 (SOL 5,6 ON) ➔ 실린더(5,6)
- 묘목 획득용 수평팔 전진완료 리미트(LEAD SW 7,9) 작동여부 확인
- 확인되면 묘목 그리퍼 작동 (SOL 7,8 ON) ➔ 실린더(7,8)

(4) 접목 작업 단계

- 묘목 그리퍼 잡기 완료 리미트(LEAD SW 11,13) 작동여부 확인
- 확인되면 묘목획득용 수평팔 환원(SOL 5,6 OFF) ➔ 실린더(5,6)
- 묘목획득용 수평팔 후퇴완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 8-10)
- 접목로봇 접목부로 회전(SOL 3, 4 ON) ➔ 실린더(3,4)
- 접목로봇 회전완료 리미트 작동 여부 확인(LEAD SW 5,7)
- 확인되면 묘목획득용 수평팔 전진(SOL 5,6 ON) ➔ 실린더(5,6)
- 묘목획득용 수평팔 전진완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 7,9)
- 확인되면 클립홀더 전진(SOL 12 ON) ➔ 실린더(12)
- 클립홀더 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 22)
- 확인되면 접목칼 전진(SOL 9 ON) ➔ 실린더(9)
- 접목칼 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 15)
- 확인되면 접목용 수직팔 실린더 상승 (SOL 10 OFF) ➔ 실린더(10)

- 접목용 수직팔 상승 리미트 작동 확인(LEAD SW 18)
- 확인되면 접목칼 후퇴 (SOL 9 OFF) ➔ 실린더(9)
- 접목칼 후퇴완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 16)
- 확인되면 접목집게 실린더 전진 (SOL 11 ON) ➔ 실린더(11)
- 접목집게 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 20)
- 확인되면 접목집게 실린더 후진 (SOL 11 OFF) ➔ 실린더(11)
- 접목집게 실린더 후진여부 확인 (LEAD SW 19)
- 확인되면 클립홀더 후진(SOL 12 OFF) ➔ 실린더(12)
- 클립홀더 후진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 21)
- 확인되면 묘목잡기 그리퍼 묘목 놓기(SOL 7,8 OFF) ➔ 실린더(7, 8)

(5) 완료 동작 단계

- 묘목잡기손 놓기완료 리미트 작동여부 확인(LEAD 12,14)
- 확인되면 묘목획득용 수평팔 후퇴(SOL 5,6 OFF) ➔ 실린더(5, 6)

(6) 대기 단계

- 묘목획득용 수평팔 후진 완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 8,10)
- 확인되면 접목용 수직팔 실린더 하강(SOL 10 ON) ➔ 실린더(10)
- 접목용 수직팔 하강 리미트 작동확인(LEAD SW 17)
- 확인되면 접목로봇 묘목공급기로 회전(SOL 3,4 OFF) ➔ 실린더(3,4)
- 접목로봇 회전완료 리미트(LEAD SW 5,7) 작동여부 확인
- 확인되면 접목 카운터를 1개 증가시키고 단계 (2) 부터 반복 작업

그림 3-13은 작업 시퀀스의 블록도를 보여주며, 그림3-14는 NEC V40 one chip 마이크로 프로세서, 입출력 인터페이스 및 솔레노이드 구동회로를 시스템 제어기의 제어기능을 도시한 블록도를 보여준다. 그림 3-15는 1차 제작한 제어기의 제어회로도도를 나타내며, 그림 3-16은 시작품으로 제작한 제어기를 보여준다.

4. 개발 접목기 기능 사양

접목 성능: 탄성판과 클립의 충돌로 인하여 접목 성공률이 50% 정도로 저조하였다.

표 3-1 스위치의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
묘목 공급 스위치	SW 1	SW 2	묘목 공급 확인용 스위치

표 3-2 솔레노이드의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
묘목 공급기용 솔레노이드	SOL 1	SOL 2	묘목공급기 회전 (ON: 회전 OFF: 환원)
접목기 회전용 솔레노이드	SOL 3	SOL 4	접목기 기저부 회전 (ON: 회전 OFF: 환원)
묘목 획득용 수평팔 솔레노이드	SOL 5	SOL 6	수평팔 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
묘목잡기 그리퍼용 솔레노이드	SOL 7	SOL 8	묘목잡기손 개폐 (ON: 잡기 OFF: 놓기)
접목칼용 솔레노이드	SOL 9		접목칼 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
접목용 수직팔용 솔레노이드	SOL 10		접목용 수직 동작 (ON: 하강 OFF: 상승)
클립 장착용 솔레노이드	SOL 11		클립장착용 (ON: 전진 OFF: 후진)
클립 홀더용 솔레노이드	SOL 12		클립홀더용 (ON: 전진 OFF: 후진)

표 3-3 실린더의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
묘목 공급기 회전 실린더	CYL 1	CYL 2	묘목공급기 회전
접목기 회전 실린더	CYL 3	CYL 4	접목기 기저부 회전
묘목 획득용 수평팔 실린더	CYL 5	CYL 6	묘목획득용 수평팔 전후진
묘목잡기 그리퍼 실린더	CYL 7	CYL 8	그리퍼 장착 묘목 잡기/놓기
접목칼 실린더	CYL 9		접목칼 전후진
접목용 수직팔 실린더	CYL 10		접목용 수직 상승 하강
클립장착용 실린더	CYL 11		클립장착용 전후진
클립홀더용 실린더	CYL 12		클립홀더용 전후진

표 3-4 솔레노이드 밸브의 리드스위치 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
묘목 공급기 회전완료 리미트	LEAD SW 1	LEAD SW 3	묘목공급기 회전 실린더 동작 완료 확인
묘목 공급기 회전환원 리미트	LEAD SW 2	LEAD SW 4	묘목공급기 회전 실린더 환원 확인
접목기 회전완료 리미트	LEAD SW 5	LEAD SW 7	접목기 기저부 회전 완료 확인
접목기 회전환원 리미트	LEAD SW 6	LEAD SW 8	접목기 기저부 회전 환원 완료 확인
묘목획득용 수평팔 전진완료 리미트	LEAD SW 7	LEAD SW 9	묘목획득용 수평팔 전진 완료 확인
묘목획득용 수평팔 후진완료 리미트	LEAD SW 8	LEAD SW 10	묘목획득용 수평팔 후진 완료 확인
묘목 잡기 그리퍼 동작완료 리미트	LEAD SW 11	LEAD SW 13	묘목잡기손 묘목 잡기 그리퍼 동작 확인
묘목 잡기 그리퍼 해제완료 리미트	LEAD SW 12	LEAD SW 14	묘목잡기손 묘목 놓기 그리퍼 동작 확인
접목칼 전진 리미트	LEAD SW 15		접목칼 전진 완료 확인
접목칼 후진 리미트	LEAD SW 16		접목칼 후진 완료 확인
접목용 수직팔 하강 리미트	LEAD SW 17		접목용 수직 실린더 하강 확인
접목용 수직팔 상승 리미트	LEAD SW 18		접목용 수직 실린더 상승 확인
클립 장착 전진 리미트	LEAD SW 19		접목클립 실린더 전진 완료 확인
클립 장착 후진 리미트	LEAD SW 20		접목클립 실린더 후진 완료 확인
클립홀더 전진 리미트	LEAD SW 21		클립홀더 전진 완료 확인
클립홀더 후진 리미트	LEAD SW 22		클립홀더 후진 완료 확인

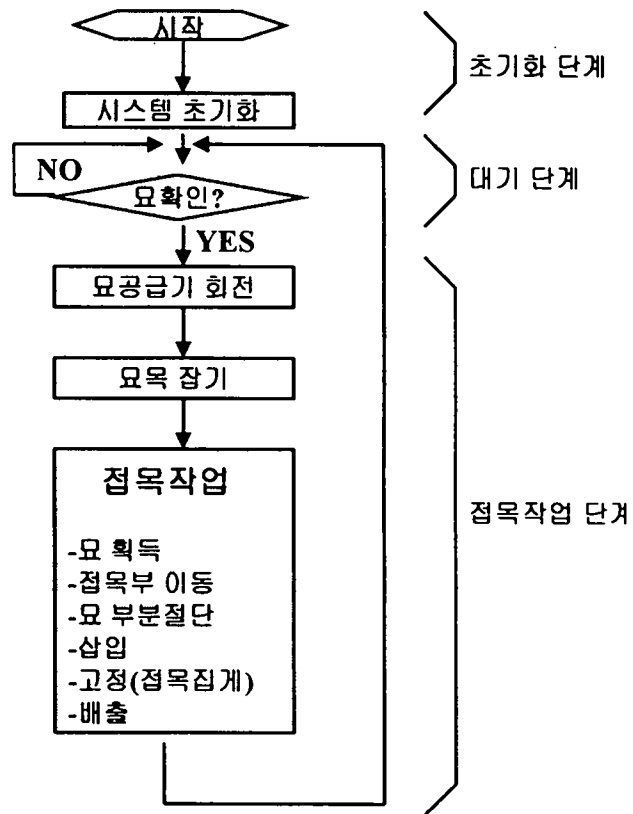


그림 3-13 접목 작업 시퀀스 블록도(1차 시작기).

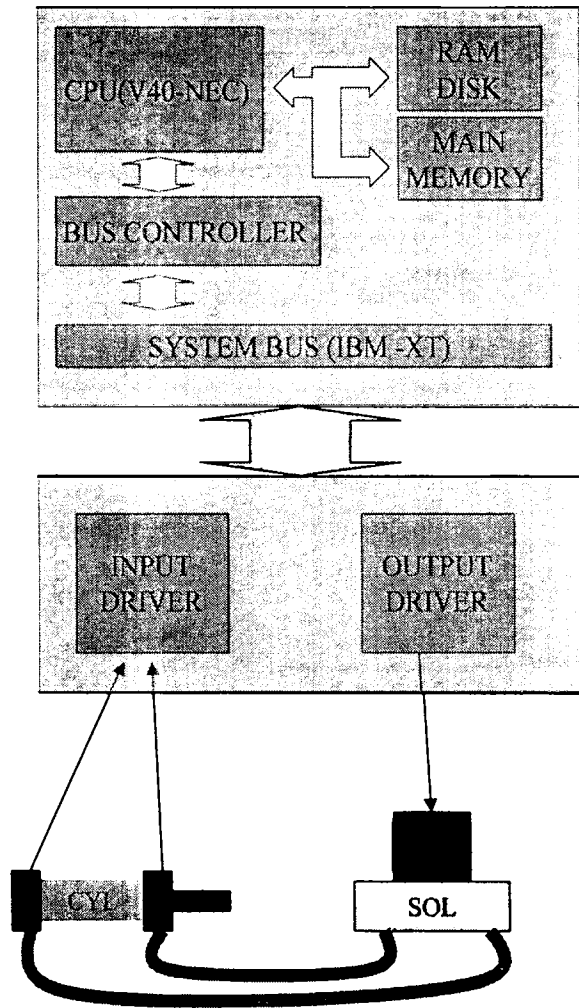
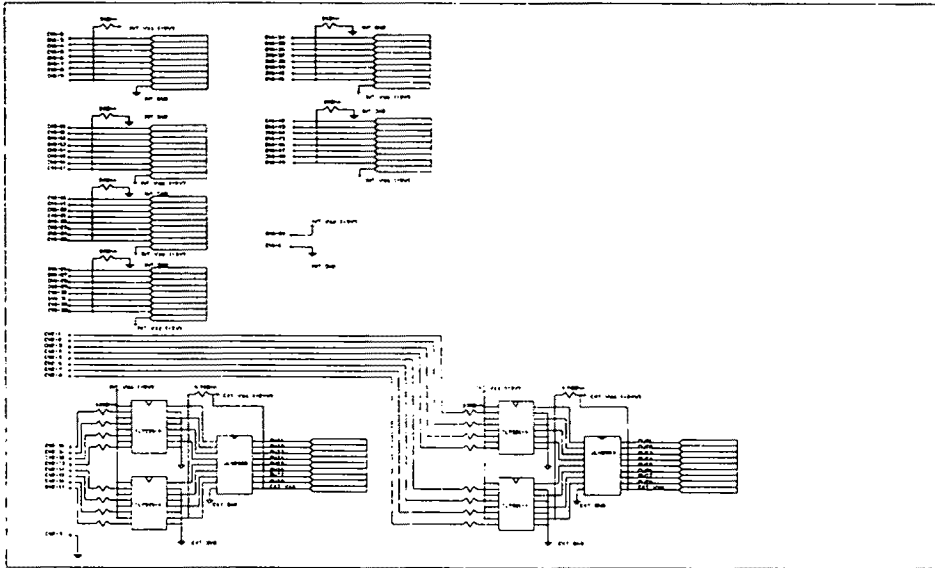
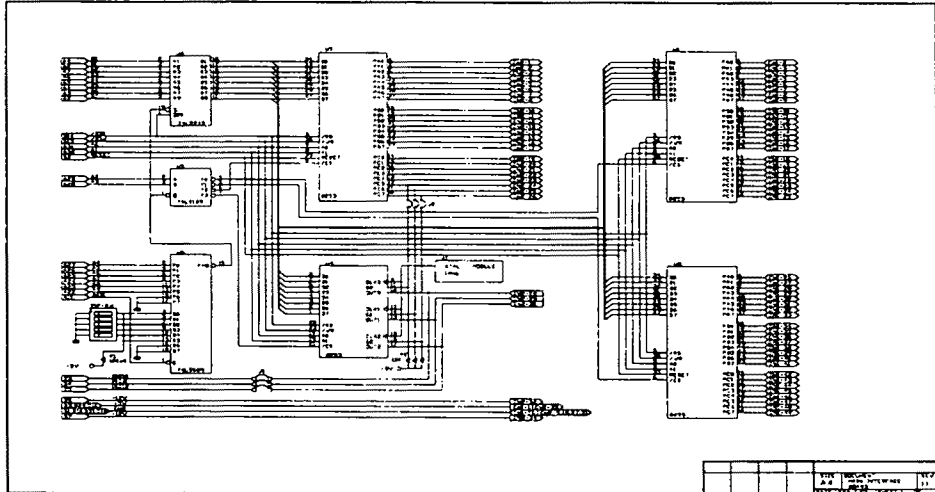


그림 3-14 접목작업용 제어기 기능도(1차 시작기)

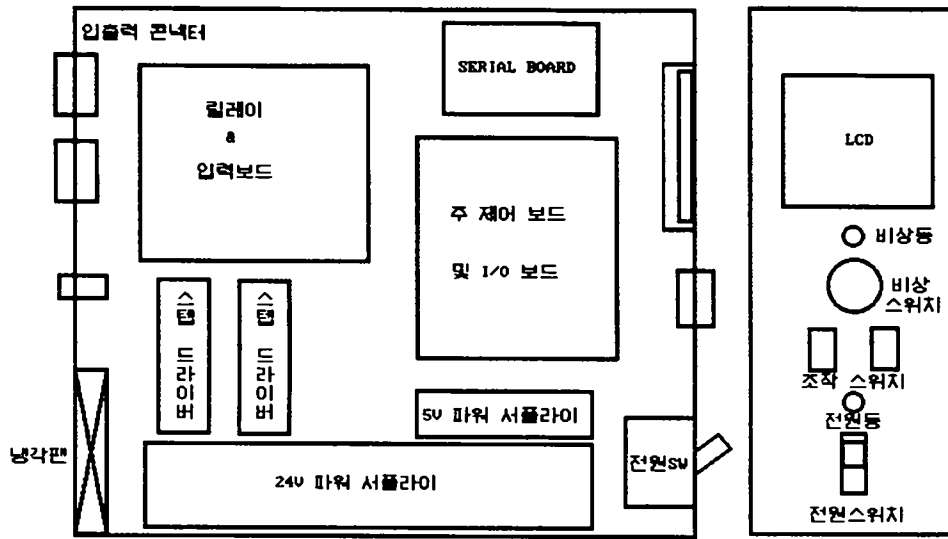


(a) I/O Driver Board

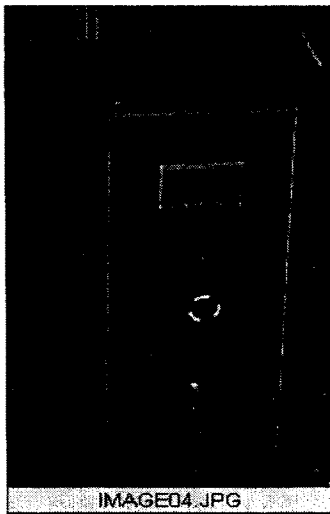


(b) Main Interface Board

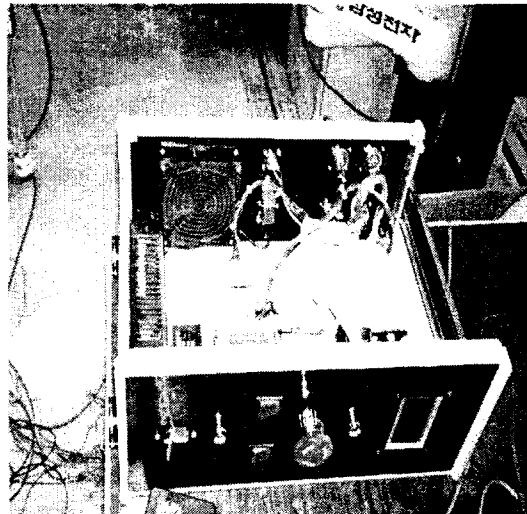
그림 3-15 1차 시작기 제어시스템 회로도.



(a)



(b)



(c)

그림 3-16 1차 시작기 구동제어용 제어기 layout 및 제어기 시작품.

제2절 2차 시작기

1. 기구부 및 구동부

1차 시작기의 로타리 인덱스형 묘목 공급장치의 문제점인 대기 공급묘의 확보를 통한 생력화 및 수작업으로 접수와 대목을 공급하는 경우, 요구되는 작업 편리성을 향상시키기 위하여 AC 모터로 구동되는 체인 드라이브형 트레이를 재설계하여 제작하였다. 체인 드라이브형 트레이는 구동 체인부에 일정 간격으로 상하 브라켓 1쌍을 설치하였고, 묘목을 끼우는 부위는 회전형 인덱스와는 달리 작업자 전면으로 직선형으로 설치하여 작업 편리성을 향상시켰다. 직선부의 대기 공급묘의 수가 접수와 대목 각각 4주 이상이 되도록 하여 각 묘당 3-4초의 작업 사이클 시간을 고려할 때 묘목을 공급하는데 있어 12-16초간의 작업시간을 가질 수 있도록 하였다.

트레이 구동 모터는 AC 모터를 이용하여 속도조절이 가능하도록 하였고 SSR 구동회로를 부착하여 제어하였다. 브라켓 부착 체인 트레이를 각 육묘마다 작업 사이클 시간에 맞추어서 정밀하게 정지시키기 위하여 위치 감지용 센서를 설치하였다. 감지 센서는 내잡음 및 내구성, 정확성을 높이기 위하여 광섬유 센서를 사용하였고, 설치 위치는 체인요소(핀붙이) 및 브라켓의 자세 변환으로 인한 위치오차를 최소화 하기 위하여 묘 공급부에 근접하여 설치하였다. 또한 이송되는 접수 및 대목의 유무를 판별하기 위하여 별도의 광섬유 센서를 설치하였다.

2차 전공압 육묘 자동접목 시작기의 구성요소는 육묘 공급부 및 제어 시퀀스를 제외하고는 1차 시작기와 거의 유사하며 각 모듈부의 정확도를 높이기 위해 단위 장치요소를 보완하고 첨가하였다. 재설계 제작된 장치부 및 보완 추가된 기능들을 다음에 기술하였다.

- 육묘 공급 및 이송부(그림 3-17)
 - o AC 모터 구동 철재 체인과 육묘 설치 브라켓 설계 제작
 - o 이송되는 접수 및 대목 감지 센서 설치

- 접수 및 대목 이송시의 이탈 방지 안내판 설치
- 접목부 이송 전공압 로봇
 - 회전부의 회전 정밀도 향상을 위한 기계적 정지 기구 부착
 - 그리퍼의 탄성판 제거 및 공압척에 핀을 이용한 그리퍼 재설계 제작
 - 그리퍼 접촉면 재설계 제작
- 폴리우레탄 재질의 2차 클립시작품 설계 및 제작
- 진동피더의 안내 슈트 재설계 제작
- 시스템 제어기 재설계 제작

성공적인 호접작업에는 여러가지 설계요인들이 복합적으로 작용하지만 특히 접수와 대목의 접목부 밀착 정확도와 적절한 초기 굽힘모멘트 부가, 절단날에 의한 접수와 대목의 절단 정확도, 절단부의 정교한 삽입이 필수적으로 만족되어야 한다. 1차 시작기에서 설계 제작한 탄성판을 이용한 그리퍼는 초기 굽힘모멘트 부가 및 접수 및 대목의 밀착도 측면에서는 좋은 성능을 보였으나, 접목 후 클립을 장착하는 과정에서 탄성판이 클립과 부딪히면서 접목묘에 손상을 입히는 문제가 발생하였다.

이러한 문제점을 보완하기 위해서 그리퍼의 탄성판을 제거하여 클립 장착시에 부딪히지 않도록 하였다. 초기 굽힘 모멘트를 부가하기 위해서 그리퍼의 상하 집게면에 구멍을 내고 한 쌍의 핀을 설치하였다. 그리퍼는 개폐 동작시 집게면이 핀을 따라 미끄러지도록 하였고, 묘를 잡는 경우 그림 3-18과 같이 접수와 대목에 초기 굽힘 모멘트가 가해지도록 하였다.



그림 3-17 2차 시작기 옥묘 공급 및 이송부.

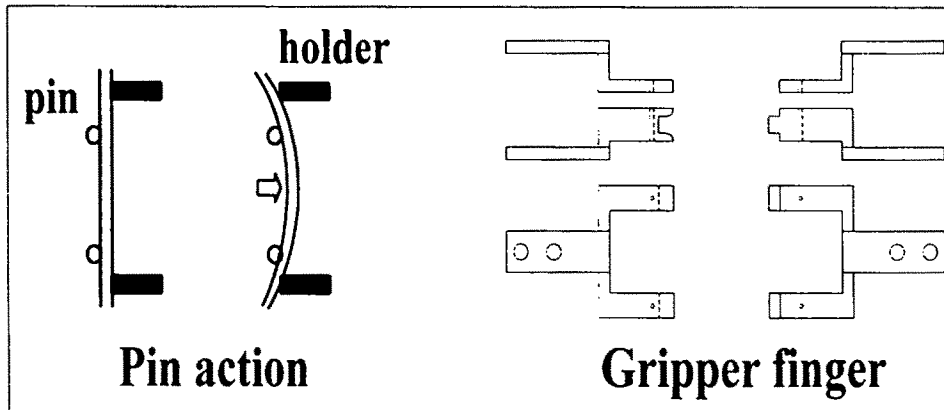


그림 3-18 초기 굽힘 모멘트 부가 및 2차 시작기 그리퍼.

2. 제어부 및 작업시퀀스

시스템의 작동순서는 옥묘 공급부를 제외하고 1차 시작기와 마찬가지로 ①작업준비 → ②묘목공급 및 이송 → ③묘목 획득 및 이송 → ④접목작업 → ⑤작업완료 → ⑥대기 순으로 구성된다. 설계된 각 시스템의 작동순서는 아래와 같으며 사용된 스위치류, 솔레노이드 및 실린더의 명칭 및 기호는 표 3-5, 3-6, 3-7 및 3-8에 나타냈다.

(1) 작업준비 단계

- 전원 스위치 ON
- 시스템 점검(공기압점검)
- 시스템 작동 및 진동 피더와 옥묘배출 컨베이어 작동
- 초기화
 - 접목 카운터를 0으로 셋팅
 - 브라켓 부착 체인 드라이브의 초기화 및 브라켓 감지 센서 점검
 - 브라켓 감지 스위치 작동여부 확인(SW1-2 ON)
 - 접수와 대목 감지 스위치 작동여부 확인(SW3-4 ON)
 - 클립 감지 스위치 확인(SW5 ON)
 - 시스템 구동부 각 리미트 스위치 상태 확인

(2) 묘목 공급 및 이송 단계 :

- 접수와 대목 공급용 체인 드라이브가 옥묘 장착이 감지(SW3 ON, SW4 ON) 될 때 까지 접수 및 대목용 브라켓 붙이 체인 드라이브를 브라켓 한 개 씩 이동하도록 브라켓 감지 센서신호를 이용하여 독립적으로 구동(1초)
- 접수묘 공급이 확인되면 해당 체인 드라이브 정지(SW3 ON)
- 대목묘 공급이 확인되면 해당 체인 드라이브 정지(SW4 ON)

(3) 묘목 획득 및 이송 단계

- 접수 및 대목 공급 완료 확인(SW3 ON & SW4 ON)

- 확인되면 묘목 획득용 수평팔 전진 (SOL 3,4 ON) ➡ 실린더(3,4)
- 묘목 획득용 수평팔 전진 완료 리미트(LEAD SW 5,7) 작동여부 확인
- 확인되면 묘목잡기 그리퍼 작동 (SOL 5,6 ON) ➡ 실린더(5,6)

(4) 접목 작업 단계

- 묘목 그리퍼 완료 리미트(LEAD SW 9,11) 작동여부 확인
- 확인되면 묘목 획득용 수평팔 후진(SOL 3,4 OFF) ➡ 실린더(3,4)
- 묘목 획득용 수평팔 후진 완료 리미트(LEAD SW 6,8) 작동여부 확인
- 확인되면 접목로봇 회전 실린더 회전 (SOL 1,2 ON) ➡ 실린더(1,2)
- 회전 완료 리미트 작동여부(LEAD SW 1,3) 확인
- 확인되면 묘목 획득용 수평팔 전진(SOL 3-4 ON) ➡ 실린더(3,4)
- 묘목 획득용 수평팔 전진 완료 리미트(LEAD SW 5,7) 작동여부 확인
- 확인되면 클립홀더 전진(SOL 10 ON) ➡ 실린더(10)
- 클립홀더 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 17)
- 확인되면 접목칼 전진(SOL 7 ON) ➡ 실린더(7)
- 접목칼 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 13)
- 확인되면 접목용 수직팔 실린더 상승 (SOL 10 OFF) ➡ 실린더(10)
- 접목용 수직팔 상승 리미트 작동 확인(LEAD SW 16)
- 확인되면 접목칼 후퇴 (SOL 7 OFF) ➡ 실린더(7)
- 접목칼 후퇴완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 14)
- 확인되면 클립장착 실린더 전진 (SOL 9 ON) ➡ 실린더(9)
- 클립장착 실린더 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 17)
- 확인되면 클립장착 실린더 후진 (SOL 9 OFF) ➡ 실린더(9)
- 클립장착 실린더 후진여부 확인 (LEAD SW 18)
- 확인되면 클립홀더 후진(SOL 10 OFF) ➡ 실린더(10)
- 클립홀더 후진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 20)
- 확인되면 묘목잡기 그리퍼 묘목 놓기(SOL 5,6 OFF) ➡ 실린더(5,6)

(5) 완료 동작 단계

- 묘목잡기손 놓기완료 리미트 작동여부 확인(LEAD 10,12)
- 확인되면 묘목획득용 수명팔 후퇴(SOL 3,4 OFF) ➔ 실린더(3,4)

(6) 대기 단계

- 묘목획득용 수명팔 후진 완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 6,8)
- 확인되면 접목용 수직팔 실린더 하강(SOL 8 ON) ➔ 실린더(8)
- 접목용 수직팔 하강 리미트 작동확인(LEAD SW 15)
- 확인되면 접목 카운터를 1개 증가시키고 단계(2) 부터 반복 작업

표 3-5 스위치의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
브라켓 검출 스위치	SW1	SW2	브라켓 검출 확인용 스위치
접수 대목 검출 스위치	SW3	SW4	접수와 대목 감지용 스위치
클립 검출 스위치	SW5		클립 감지용 스위치

표 3-6 솔레노이드의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
접목로봇 회전 SOL	SOL1	SOL2	기저부 회전 (ON: 회전 OFF: 환원)
수명팔 SOL	SOL3	SOL4	묘목획득 수명팔 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
그리퍼 SOL	SOL5	SOL6	묘목잡기 그리퍼 개폐 (ON: 잡기 OFF: 놓기)
수직팔 SOL	SOL7		접목용 수직실린더 하강 상승(ON: 하강 OFF: 상승)
접목칼 SOL	SOL8		접목칼 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
클립장착 SOL	SOL9		클립장착용 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
클립홀더 SOL	SOL10		클립홀더용 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)

표 3-7 실린더의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
접목로봇 회전 실린더	CYL1	CYL2	접목로봇 기저부 회전
접목로봇 수평팔 실린더	CYL3	CYL4	묘목획득용 수평팔 전후진
접목로봇 그리퍼 실린더	CYL5	CYL6	그리퍼 개폐
접목칼 실린더	CYL7		접목칼 전후진
접목로봇 수직팔 실린더	CYL8		수평팔 상승-하강
클립장착용 실린더	CYL9		클립장착용 전후진
클립홀더용 실린더	CYL10		클립홀더용 전후진

표 3-8 솔레노이드 밸브의 리드스위치 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
접목로봇 회전 리미트	LEAD SW1	LEAD SW3	접목로봇 기저부 회전 완료 확인
접목로봇 회전 환원 리미트	LEAD SW2	LEAD SW4	접목로봇 기저부 회전환원 완료 확인
수평팔 전진 리미트	LEAD SW5	LEAD SW7	묘목획득용 수평팔 전진 완료 확인
수평팔 후진 리미트	LEAD SW6	LEAD SW8	묘목획득용 수평팔 후진 완료 확인
그리퍼 닫힘 리미트	LEAD SW9	LEAD SW11	묘목 잡기 그리퍼 닫힘 동작 확인
그리퍼 열림 리미트	LEAD SW10	LEAD SW12	묘목 잡기 그리퍼 열림 동작 확인
칼 전진 리미트	LEAD SW13		접목칼 전진 완료 확인
칼 후진 리미트	LEAD SW14		접목칼 후진 완료 확인
수직팔 하강 리미트	LEAD SW15		접목용 수직 실린더 하강 확인
수직팔 상승 리미트	LEAD SW16		접목용 수직 실린더 상승 확인
클립장착기 전진 리미트	LEAD SW17		접목클립 실린더 전진 완료 확인
클립장착기 후진 리미트	LEAD SW18		접목클립 실린더 후진 완료 확인
클립홀더 전진 리미트	LEAD SW19		클립홀더 전진 완료 확인
클립홀더 후진 리미트	LEAD SW20		클립홀더 후진 완료 확인

그림 3-19는 NEC V40 one chip 마이크로 프로세서, 입출력 인터페이스 및 솔레노이드 구동회로를 시스템 제어기의 제어기능을 도시한 블록도를 보여주며,

그림 3-20은 작업 시퀀스의 블록도를보여준다. 그림 3-21은 2차 제작한 제어기의 제어회로도를 나타내며, 그림 3-22는 시작품으로 제작한 제어기를 보여준다.

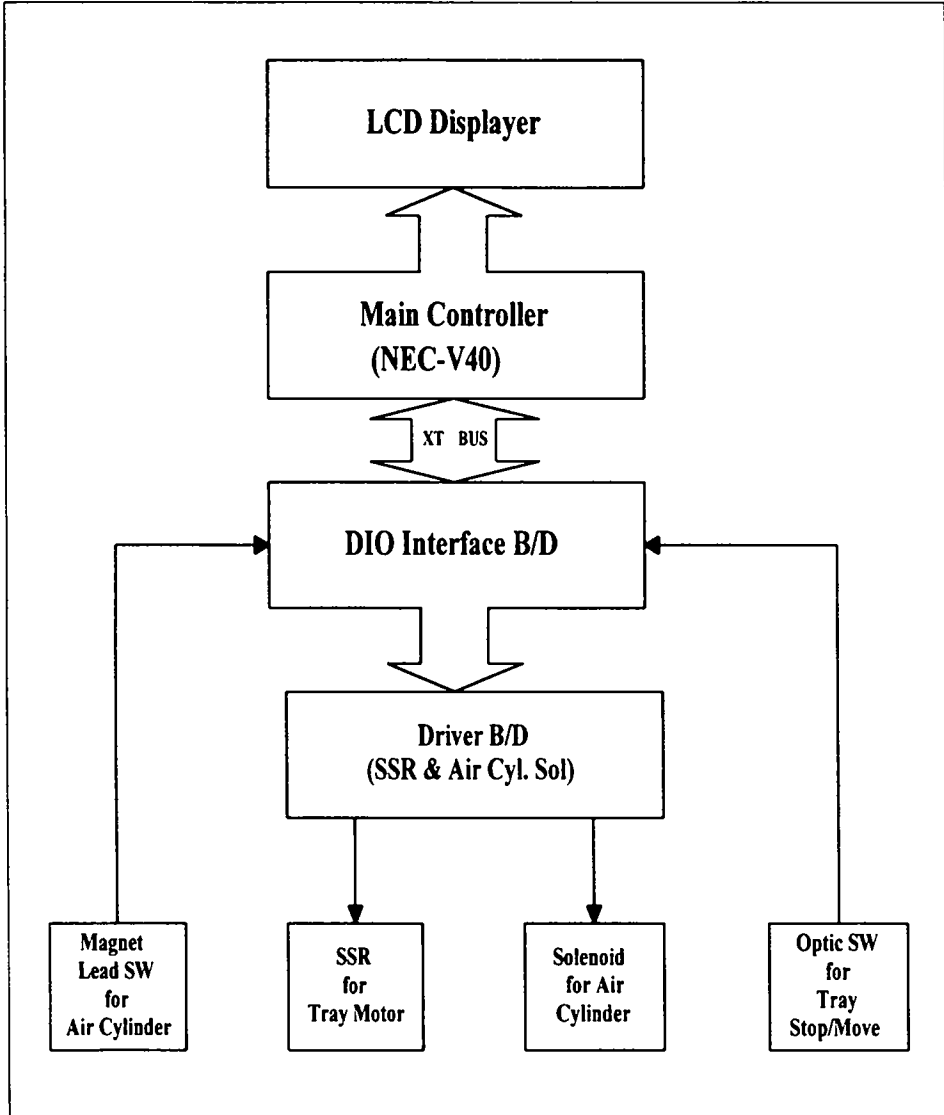


그림 3-19 시스템 제어기의 제어기능 블록도(2차 시작기).

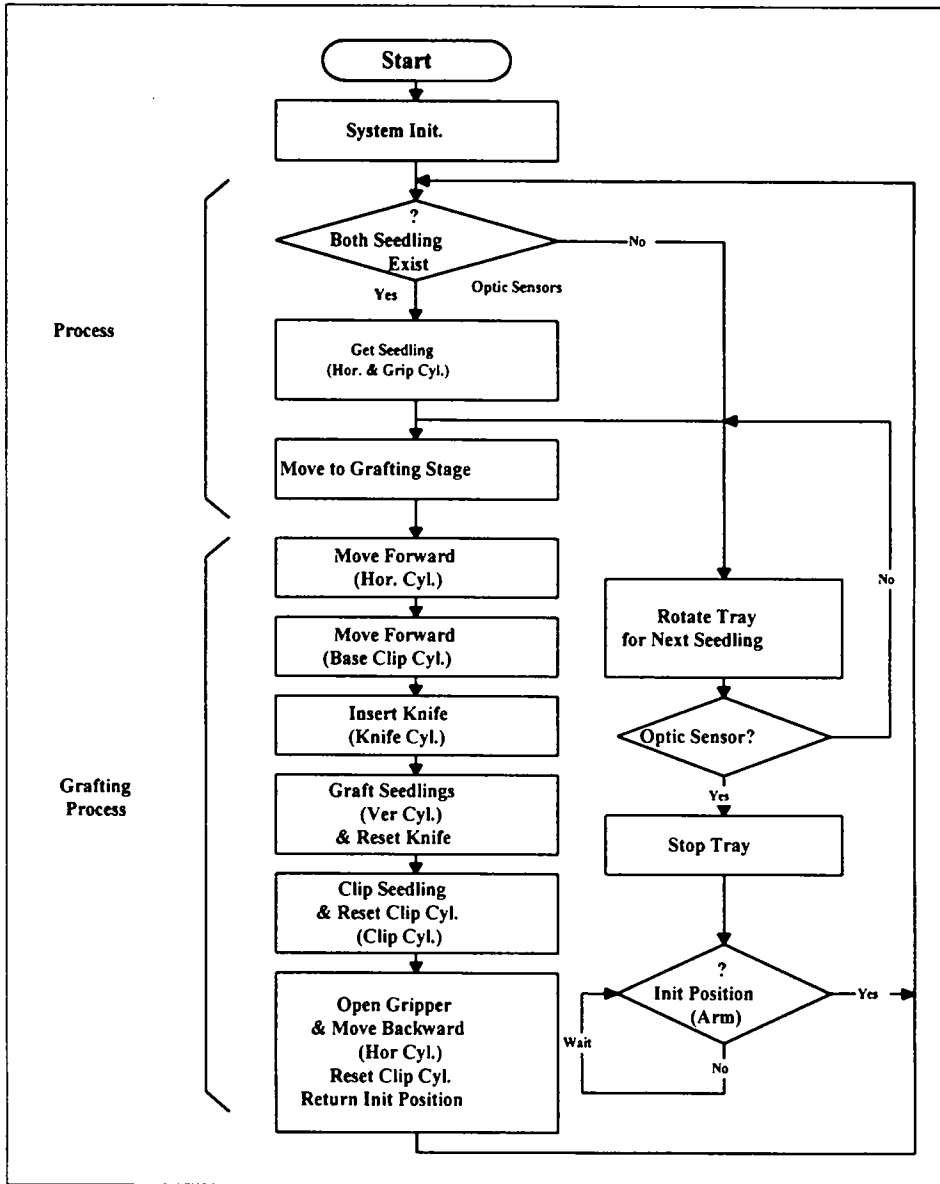


그림 3-20 작업 시퀀스의 블록도(2차 시작기).

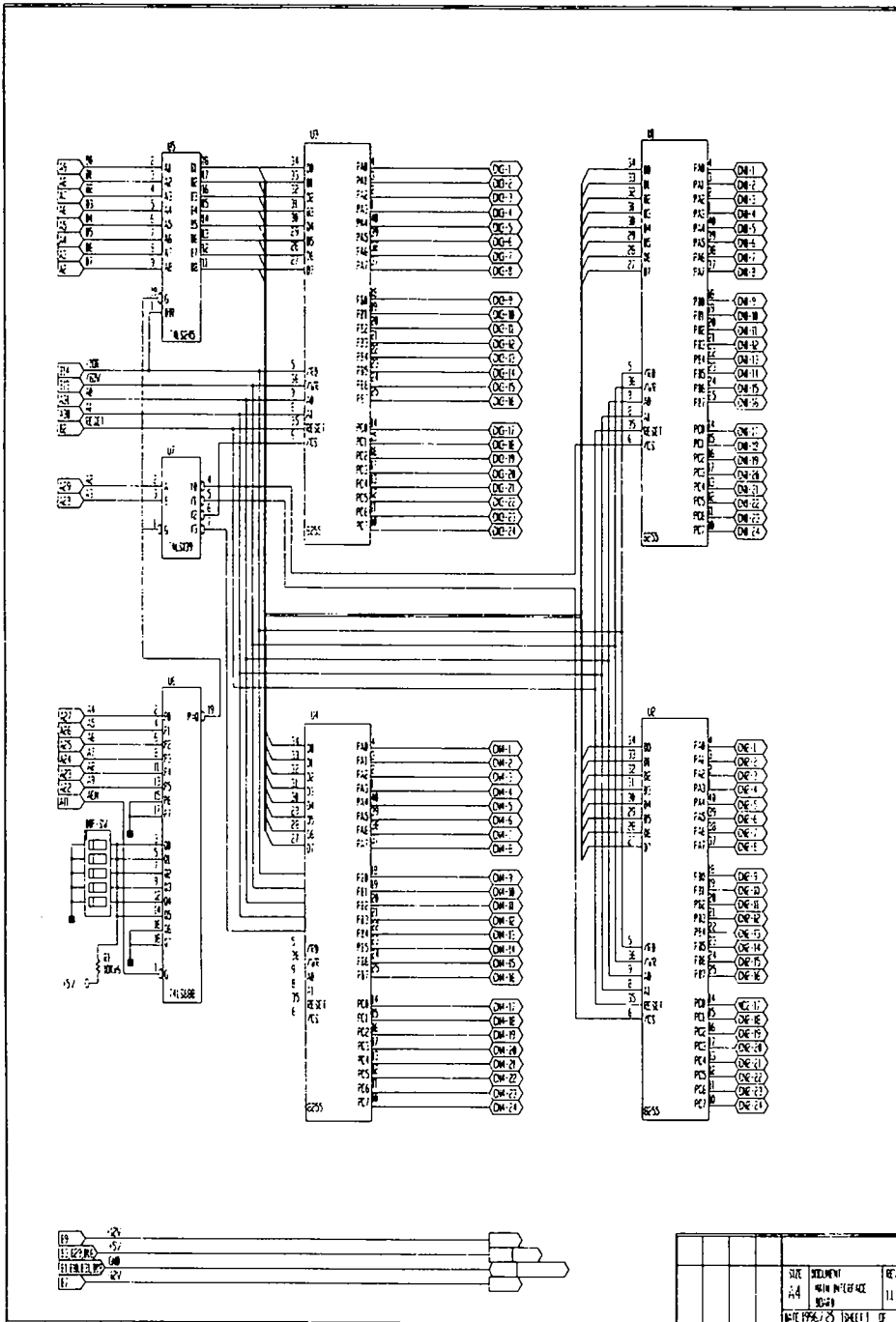


그림 3-21 2차 시작기 제어기 제어회로도.

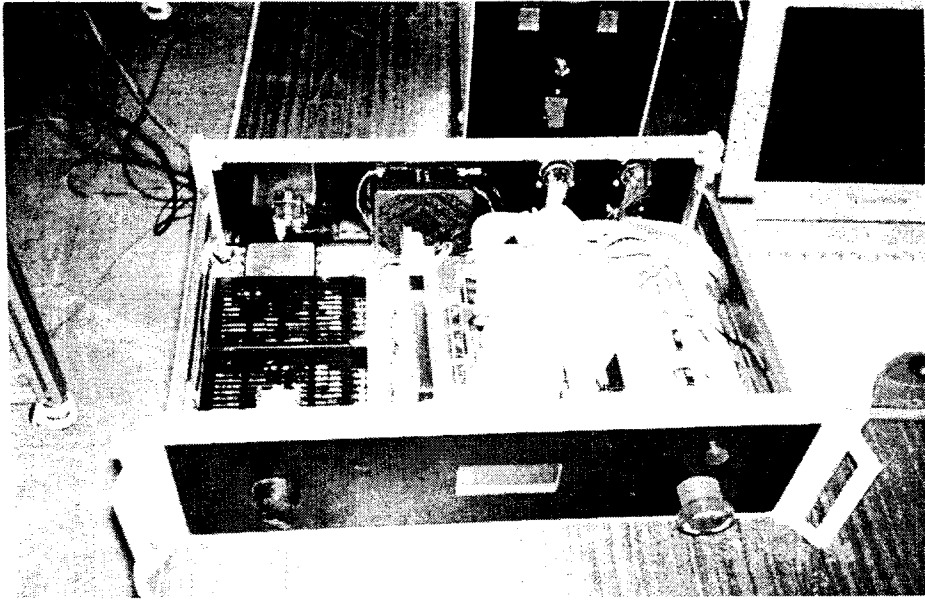


그림 3-22 2차 시작기 제어기(사진).

3. 개발 접목기 성능

그림 3-23은 개발 제작한 2차 시작기 시스템을 보여주며 그림 3-24는 작업 상태를 보여주고 있다.

작업 사이클: 주당 3-4초

작업용량: 시간당 900-1200 주

접목 성능: 접목 성공률 80% 정도.

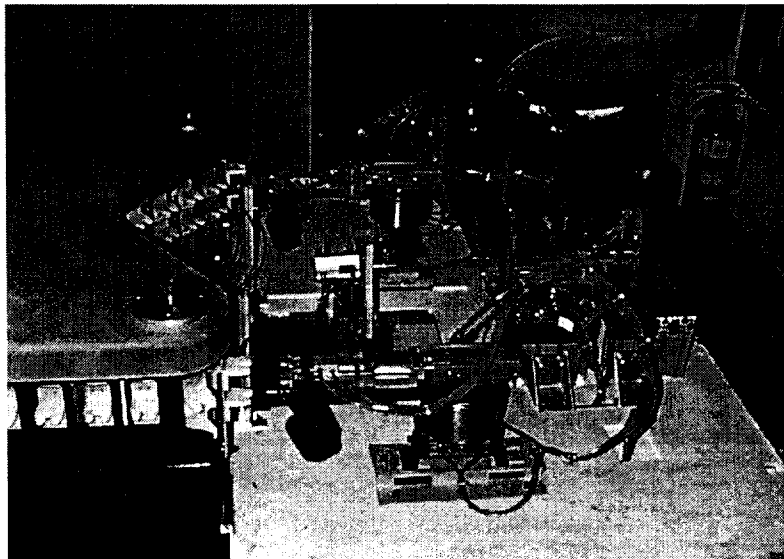


그림 3-23 2차 시작기.

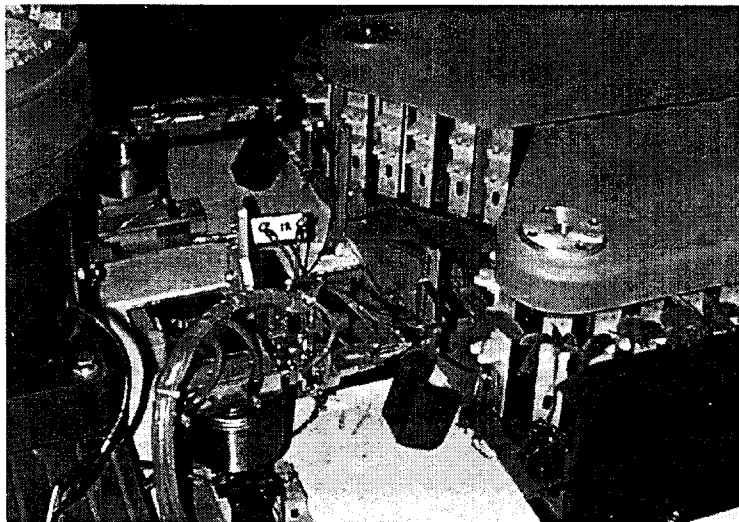
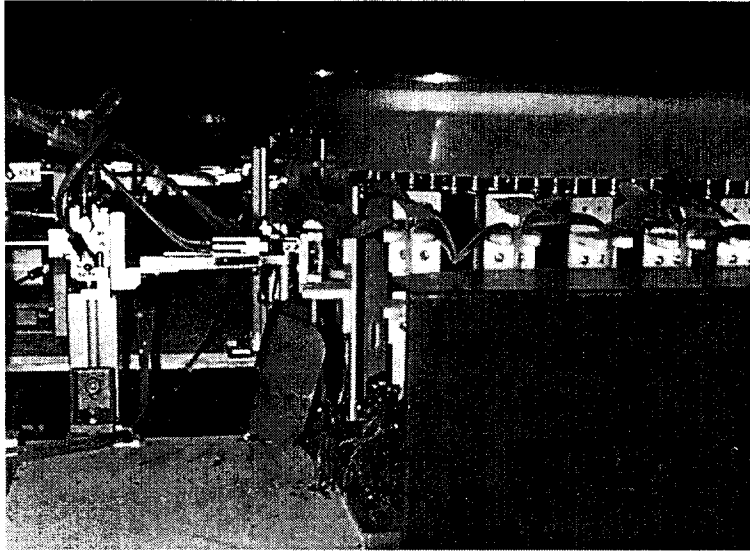


그림 3-24 2차 시작기를 이용한 작업.

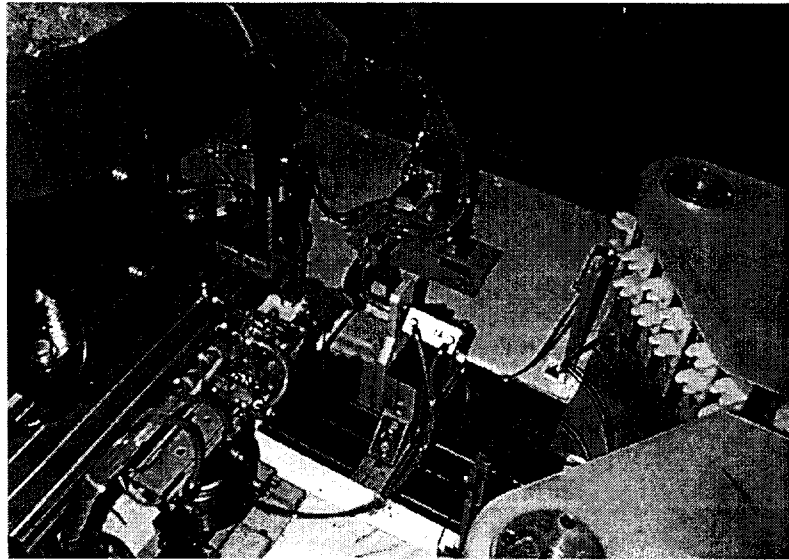
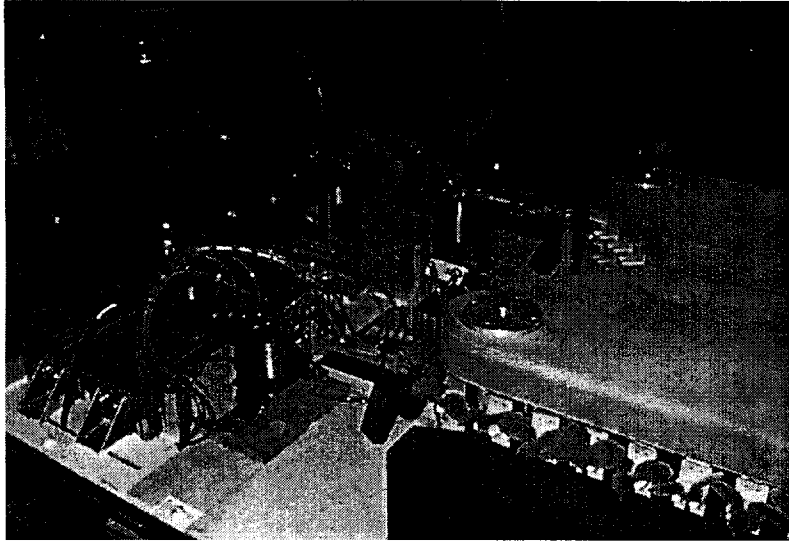


그림 3-24 2차 시작기를 이용한 작업(계속).

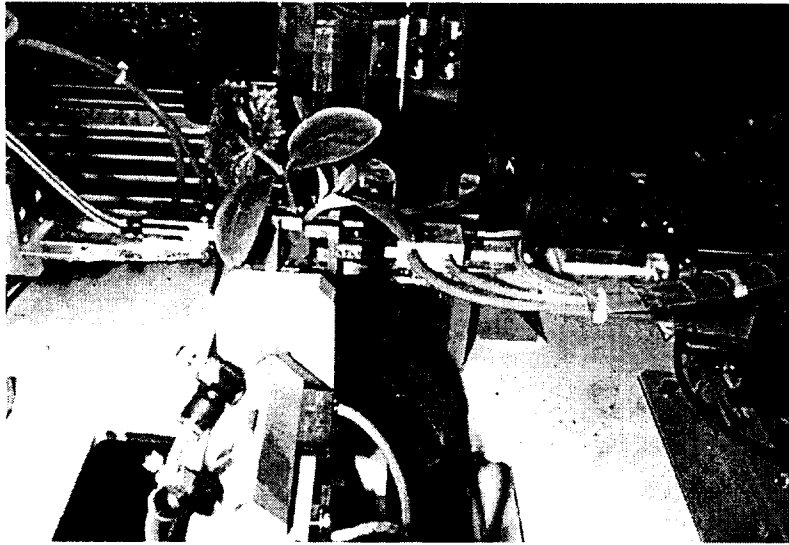


그림 3-24 2차 시작기를 이용한 작업.

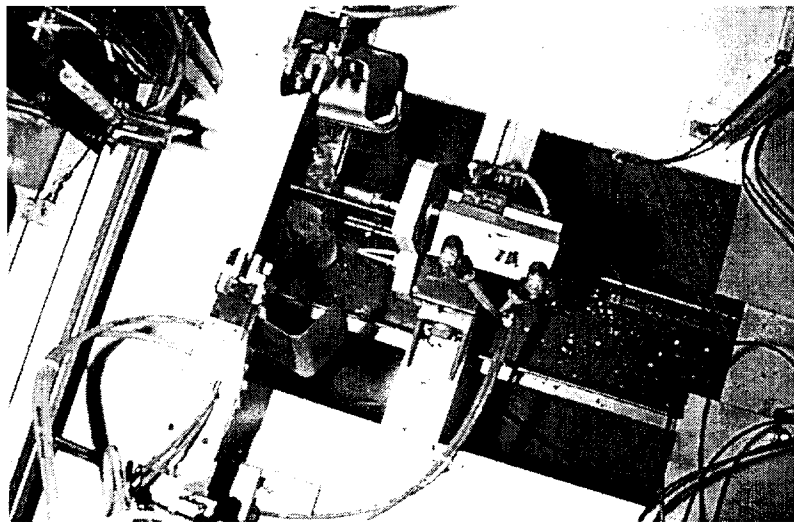
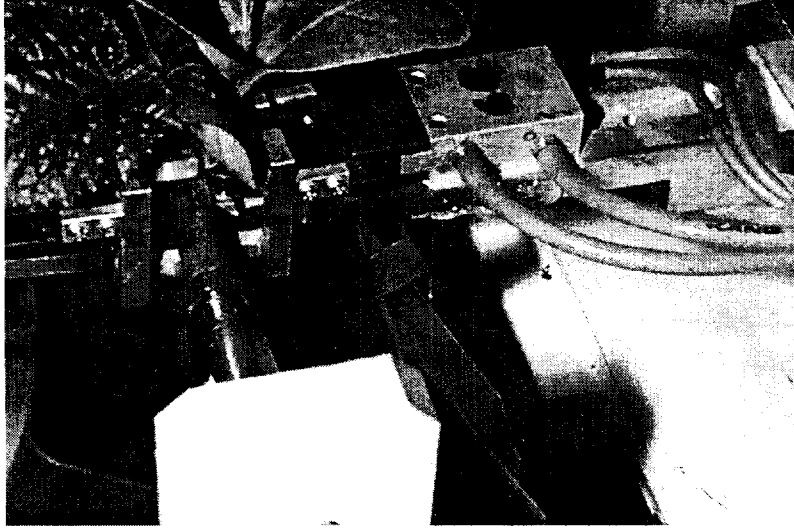


그림 3-24 2차 시작기를 이용한 작업(계속).

제3절 3차 시작기 A형

1. 기구부 및 구동부

3차 시작기 A형은 기구부 구동 형태를 2차 시작기와 마찬가지로 유지하면서 2차 시작기의 기능을 보완하고 장치를 추가하여 재 제작하였다.

2차 시작기의 기구부 및 구동 시스템의 기본 골격을 유지하면서 철재 베이스 프레임, 경량 플라스틱 체인 드라이브형 육묘 공급트레이, 알루미늄 스프라켓, 절단부를 중심으로 재 제작하였다. 본 절에서는 3차 시작기 A형의 기능 및 구조설명은 2차 시작기와 같으므로 생략하고 추가보완 및 수정한 부분만 기술하였다.

육묘 공급을 위한 체인 드라이브형 트레이 구동모터는 급정지 및 속도제어가 용이한 DC 모터를 사용하여 접수 및 대목이 정확하게 공급될 수 있도록 하였다. 체인의 재질을 플라스틱으로 바꾸었고 각 스프라켓은 알루미늄으로 재 가공하여 트레이부의 무게 및 소음을 감소시켰으며 체인의 굽힘성질을 향상시켜 육묘 설치 브라켓이 접목그리퍼로 향할때의 자세를 일정하게 유지시키도록 하였다(그림 3-25).

브라켓 위치에 따른 체인의 정지 위치를 정확하게 제어하기 위하여 트레이 내부의 체인 구동 스프라켓에 일정 간격으로 구멍을 뚫은 후 이를 감지하도록 근접센서를 설치하여 외란광에 대한 적응성을 향상시켰으며, 완전한 정지위치를 확보하게 설계하였다(그림 3-26(a)). 또한 접수 및 대목 트레이의 위치변경을 용이하게하여 장기적인 작동으로 인한 시스템 정렬 변화에 대처 할 수 있게 하였다. 공급되는 접수 및 대목의 유무를 판별하기 위하여 반사광 센서를 또한 설치하였다(그림 3-26(b)).

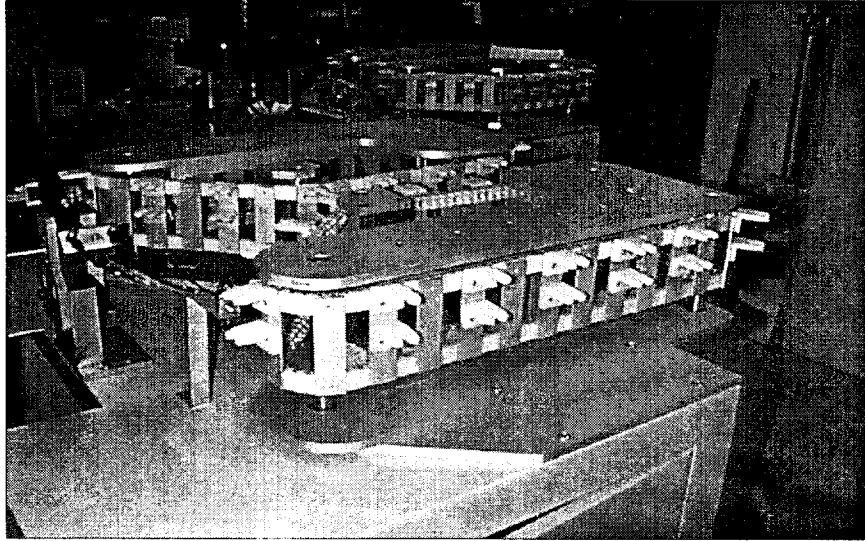
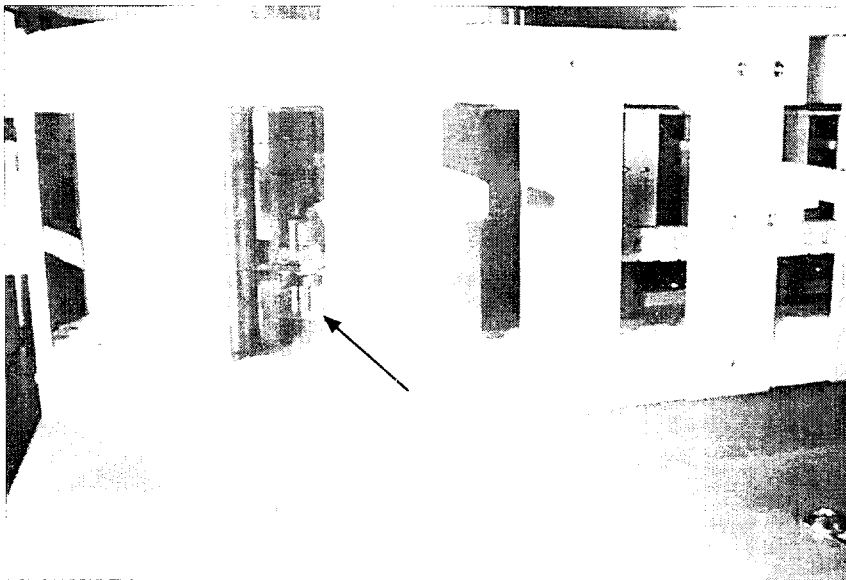
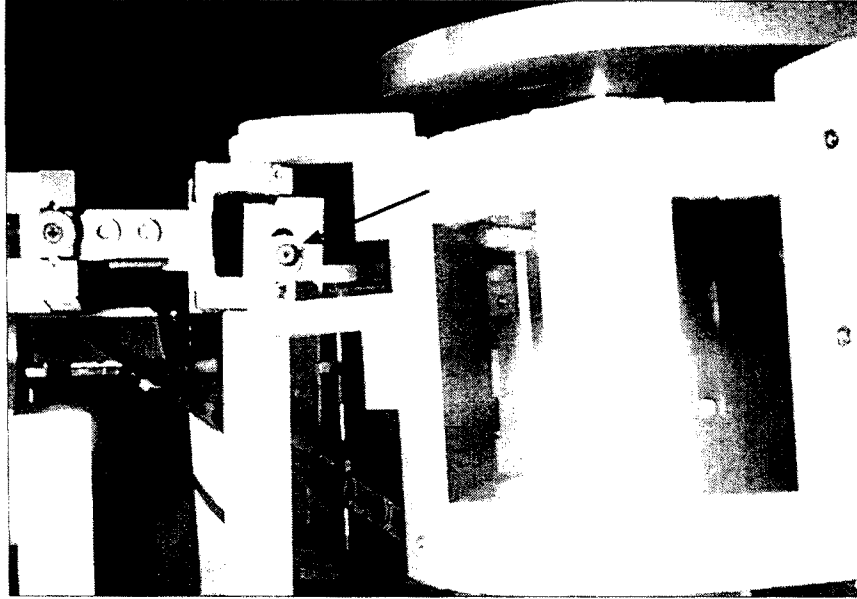


그림 3-25 경량 플라스틱 체인 드라이브형 육묘 공급 및 이송부(3차 시작기 A형).



(a) 브라켓 위치 감지 근접센서



(b) 접수 및 대목 감지 반사광 센서

그림 3-26 이송 브라켓 감지부와 육묘 감지부(3차 시작기 A형).

절단날 부는 기존의 텅스텐 계열의 칼날은 수액의 찌거기가 쉽게 응착하고 묘의 조직과의 융화성에서 재고할 필요가 있기 때문에 세라믹 소재를 사용하여 칼날을 재설계하였다(그림 3-27). 이것은 접수와 대목이 접목될 때 서로 쉽게 끼일 수 있게 가이드 역할을 하여야 하므로 이것에 대한 고려를하여 칼의 형상을 설계 제작하였다.

클립 공급장치는 상 하부 공급장치가 원활한 움직임을 갖게 하기 위하여 미끄러지는 부분을 향상시켰으며, 접목 후 컨베이어 부로 묘를 안전하게 이송하게 하기 위한 장치를 추가하였다(그림 3-28).

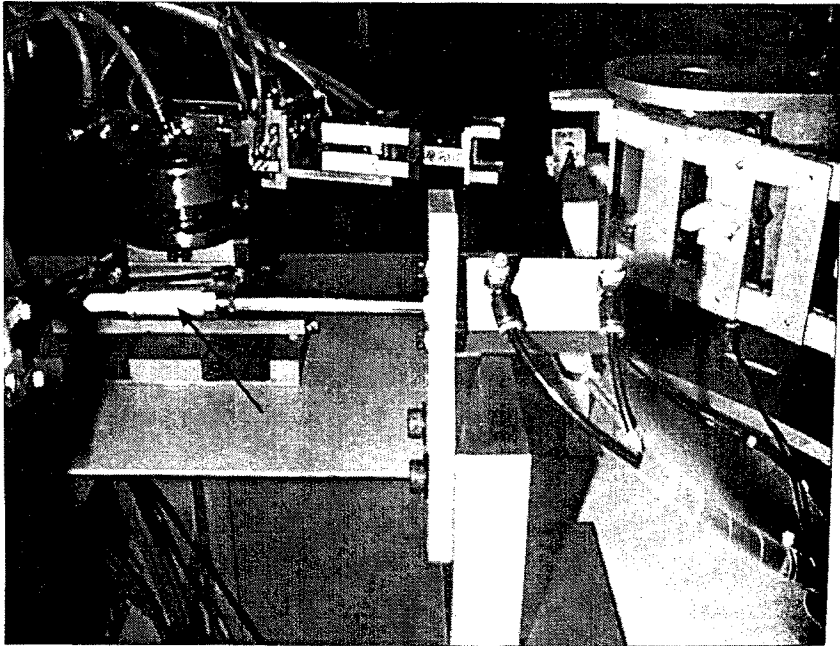
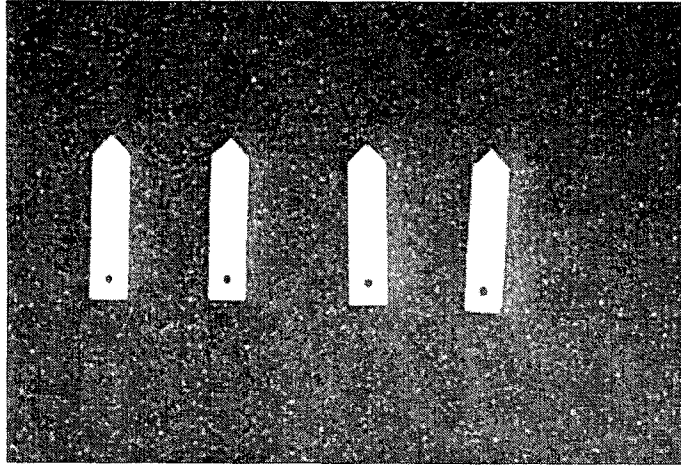


그림 3-27 세라믹 소재 절단날(a) 및 절단날 장착부(b)(3차 시작기 A형)

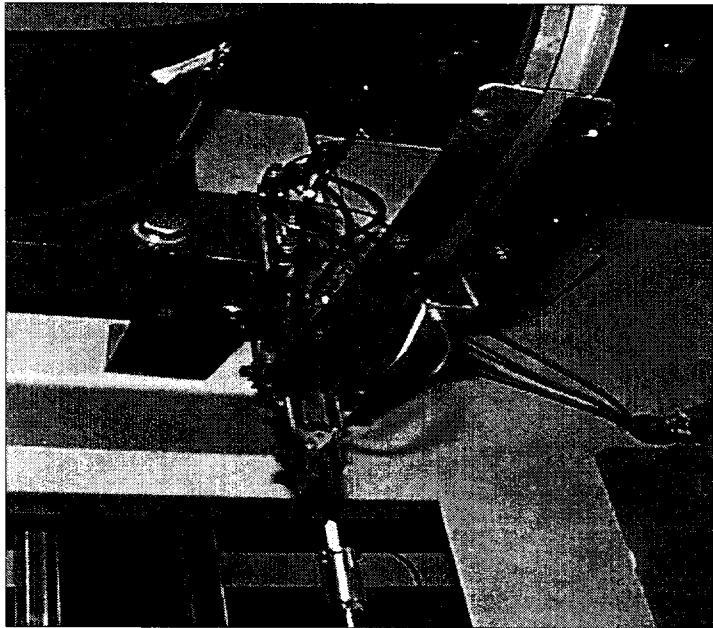
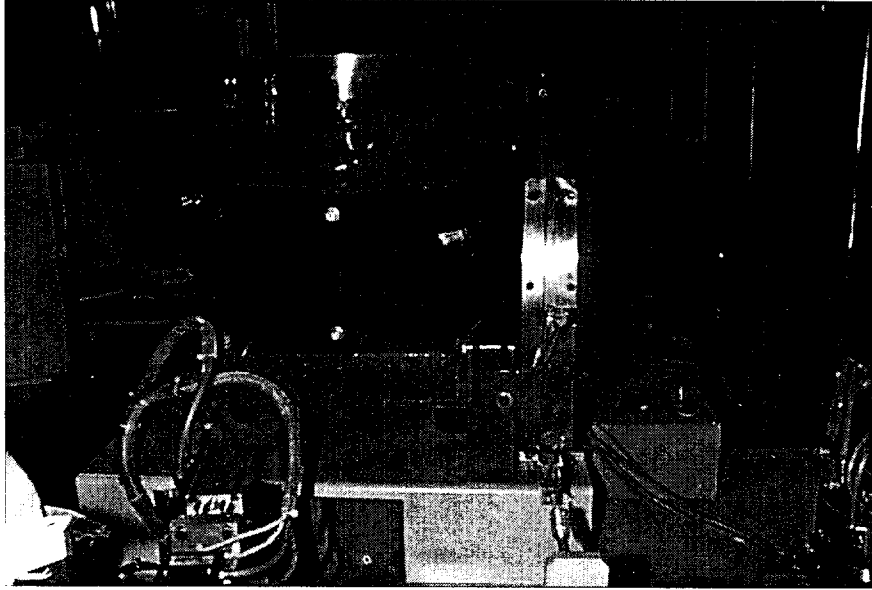


그림 3-28 클립 공급장치(3차 시작기 A형).

2. 제어부 및 작업시퀀스

제어부는 2차 시작기와는 달리 추가되는 장치가 있을 경우를 대비하여 여분의 입출력 포트를 두었고, 시스템의 안정성을 고려하여 시스템의 기저부에 제어기를 장착하였다. 신호계와 전력계, 공압계를 전원 및 베이스를 분리하여 별도로 장탈착이 용이하도록 하여 사후 관리 및 상호 간섭을 배제하였다. 그리고 시스템 베이스를 철회로 제작하였고 철회 베이스 안에 제어부를 장착하여 외부 충격으로부터 보호받을 수 있도록 하였다.

사용자의 편의 및 오조작을 방지할 수 있게 좌우측에 주 전원 스위치, 우측에 작동 및 정지 스위치를 장착하였다. 그리고 소프트웨어 업그레이드를 할 수 있게 작업모드와 다운로드 프로그램 모드를 선택할 수 있게 하여 추가 장치의 장착으로 인한 소프트웨어 업그레이드를 용이하게 하였다(그림 3-29).

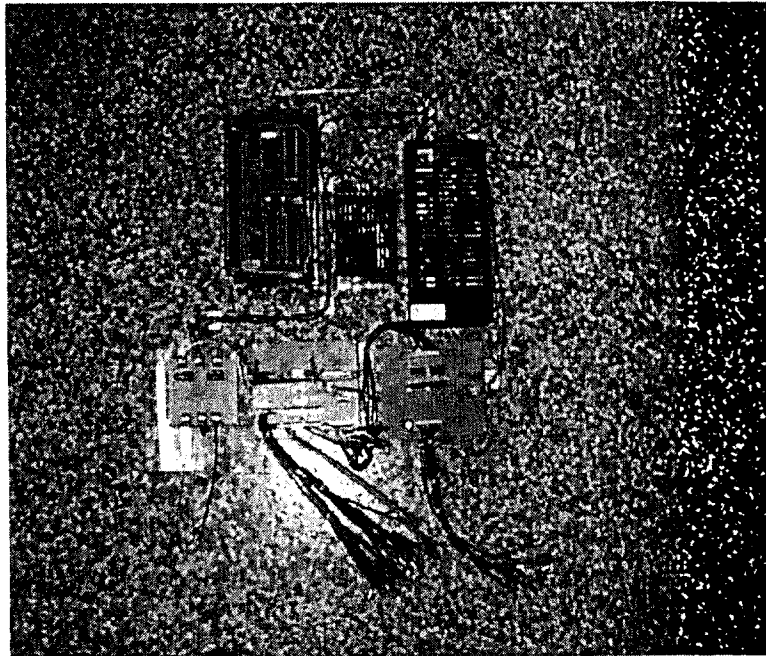


그림 3-29 제어기(3차 시작기 A형).

3. 개발 접목기 성능

그림 3-30은 3차 시작기 A형 시스템을 보여주며 그림 3-31은 작업 상태를 보여주고 있다.

작업 사이클: 주당 3-4초

작업용량: 시간당 900-1200 주

접목 성능: 실증실험 후 발표 예정.

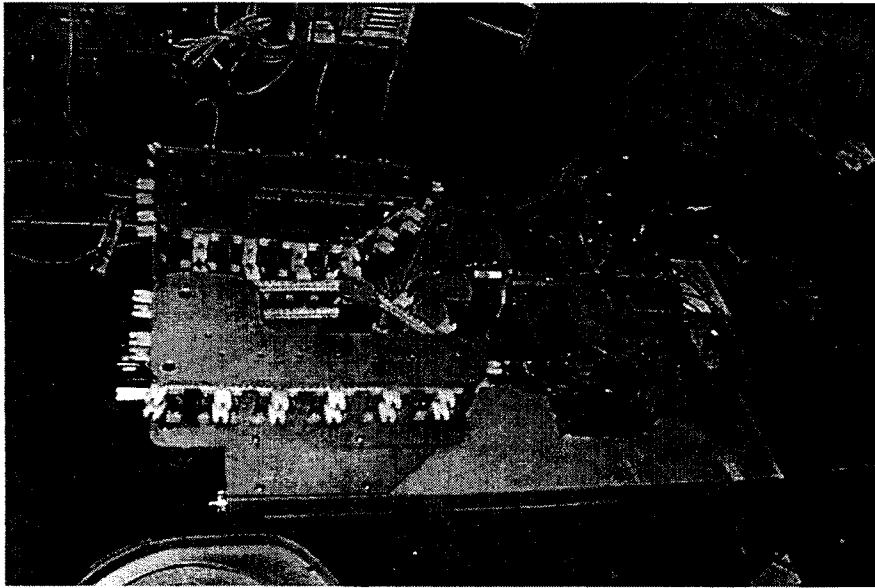


그림 3-30 3차 시작기 A형 시스템.

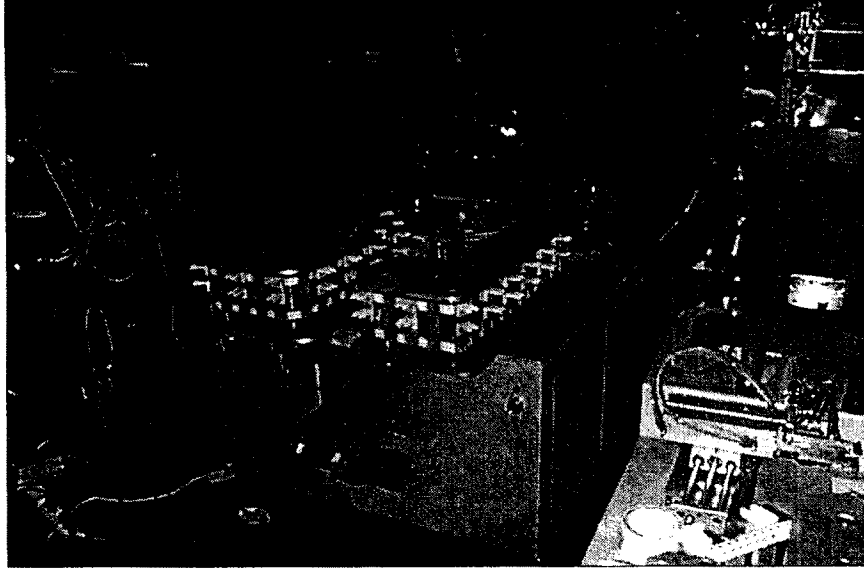


그림 3-30 3차 시작기 A형 시스템. (계속)

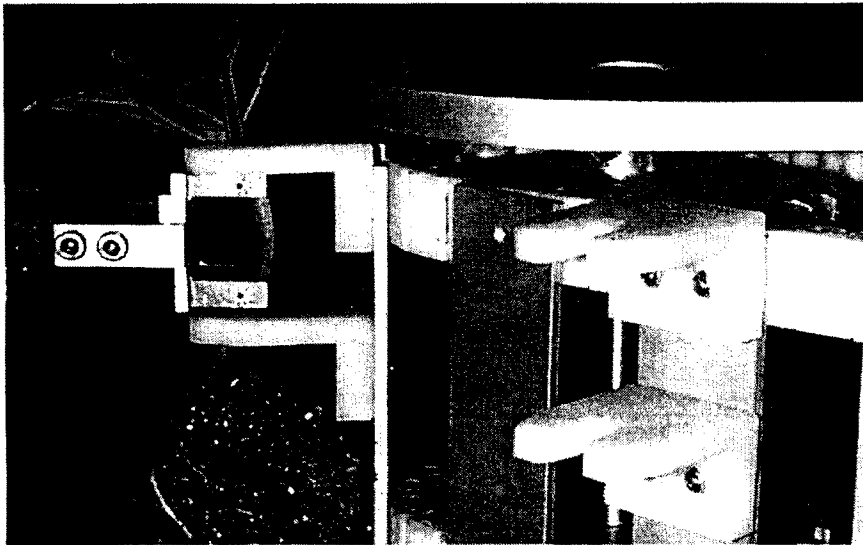


그림 3-31 3차 시작기 A형을 이용한 작업.

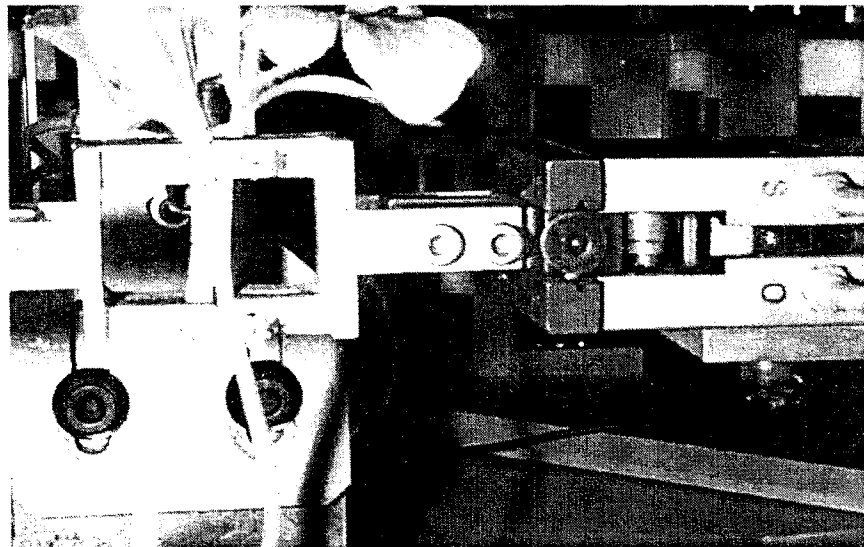
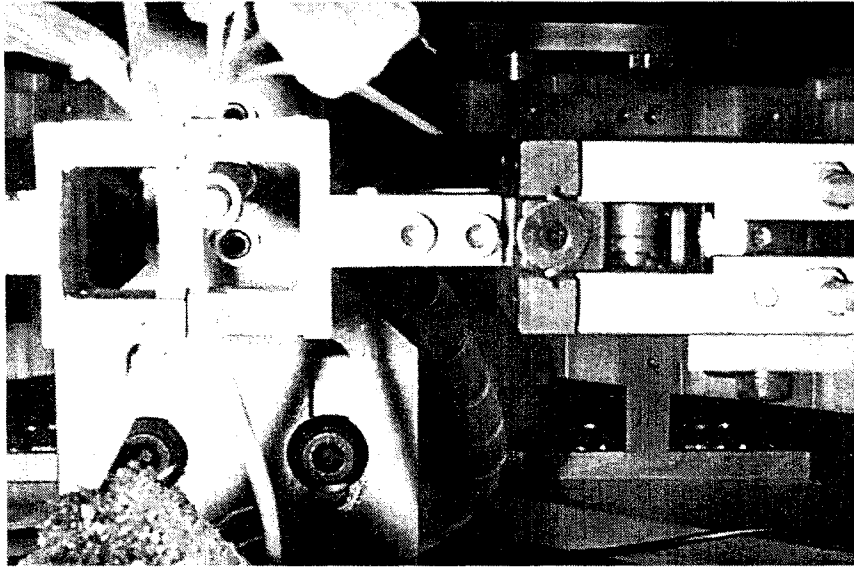


그림 3-31 3차 시작기 A형을 이용한 작업(계속).

제4절 3차 시작기 B형

1. 시스템 설계

3차 시작기 B형은 기구부 및 구동 형태를 2차 시작기와는 완전히 다른 각도에서 설계하여 제작하였다. 1, 2차 시작기 개발로부터 획득한 know how를 바탕으로 다음의 사항들에 대한 안정화 및 최적화에 중점을 두고 총체적으로 시스템을 재설계하여 제작하였다. 그림 3-32는 전체 시스템 layout 및 요소 부품도를 보여준다.

- 육묘 공급부의 경량화 및 센서 감지의 정확도 향상
- 초기 급힘 모멘트 부가 및 접목 정밀도 향상을 위한 그리퍼의 재설계 제작
- 구동부 회전동작 제거 및 직진 구동을 도입한 전공압 접목로봇의 재설계 제작
- 접목부 변경에 따른 클립 장착 및 홀더의 재설계 및 경량화 제작
- 접목칼의 재질 변경 및 재설계 가공
- 제어부 및 인터페이스부의 개선

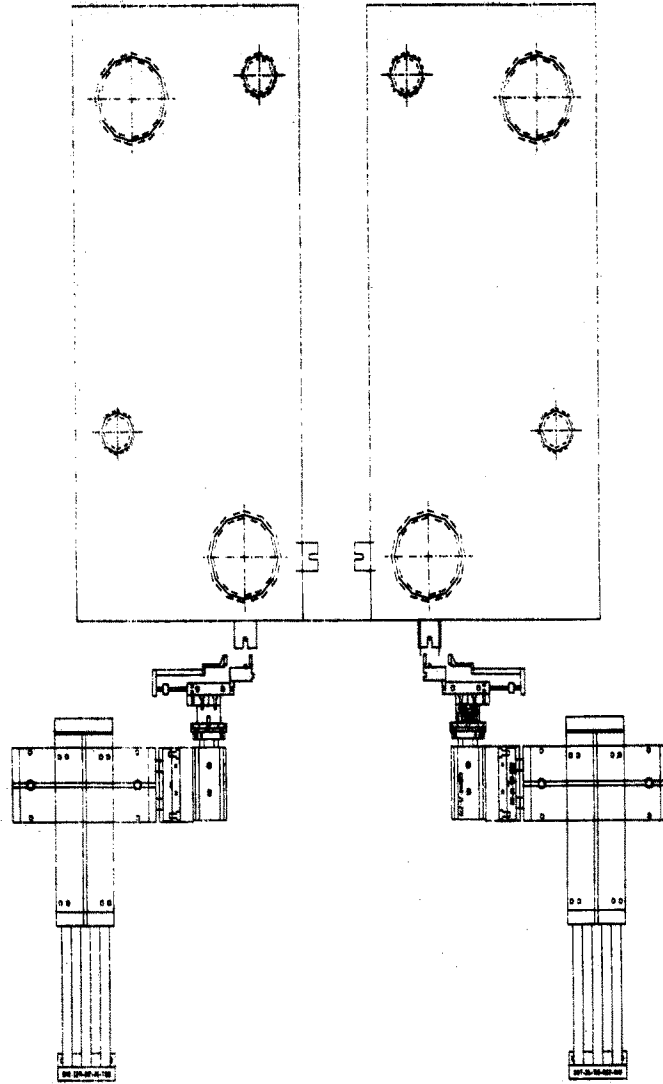


그림 3-32 3차 시작기 B형의 시스템 Layout.

2. 기구부 및 구동부

3차 시작기 B형의 각 부위에 대한 기능 사양을 설명하면 다음과 같다.

가. 옥묘 공급 및 이송부(트레이 부)

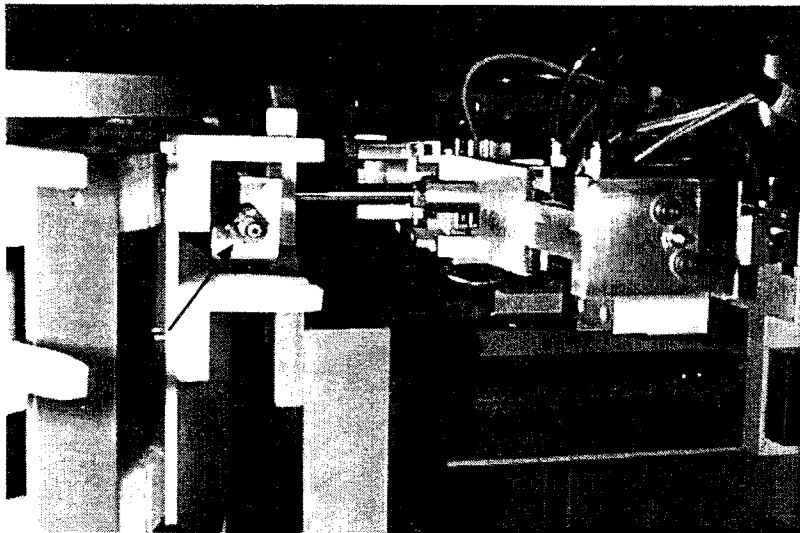
옥묘 공급을 위한 체인 드라이브형 트레이 구동모터는 급정지 및 속도제어가 용이한 DC 모터를 사용하여 접수 및 대목이 정확하게 공급될 수 있도록 하였다. 체인의 재질을 플라스틱으로 하였고 각 스프라켓은 알루미늄 재질로 하여 트레이부의 무게 및 소음을 감소시켰고, 체인의 굽힘성질을 향상시킴으로 옥묘 설치 브라켓이 접목그리퍼로 향할때의 자세를 일정하게 유지시키도록 설계하였다.

브라켓 위치에 따른 체인의 정지 위치를 정확하게 제어하기 위하여 트레이 내부의 체인 구동 스프라켓에 일정 간격으로 구멍을 뚫은 후 이를 감지하도록 센서를 설치하여 외란광에 대한 적응성을 향상시켰으며, 완전한 정지위치를 확보하게 설계 제작하였다(그림 3-33).

그리고, 2차 시작기와 달리 트레이부의 양단 선단을 좁게하여 트레이부에서 접목부로 이동하는 거리를 작게하였고 고속 이동중 묘의 손상을 방지하도록 하였다. 또한 접수 및 대목 트레이의 위치변경을 용이하게하여 장기적인 작동으로 인한 시스템 정렬 변화에 대처 할 수 있게 하였다. 그림 3-34는 제작한 경량 플라스틱 체인 드라이브형 옥묘 공급 및 이송부를 보여준다.



(a) 이송 브라켓 감지부



(b) 접수 및 대목 감지부

그림 3-33 이송 브라켓 감지부와 접수 및 대목 감지부(3차 시작기 B형)



그림 3-34 경량 플라스틱 체인 드라이브형 육묘 공급 및 이송부
(3차 시작기 B형).

나. 전공압 접목 로봇부

2차 시작기의 회전실린더를 대체하여 이송 거동을 직선적으로 하여 묘를 접목부로 이송하였을 때 양 그리퍼가 최적의 정렬상태를 유지할 수 있게 설계하였다. 접수용 접목 로봇은 전후진 동작을 할 수 있는 두 개의 직선 구동 실린더와 좌우 동작을 할 수 있는 한 개의 직선 구동 실린더와 그리퍼 구동용 소형 실린더로써 구성하였다. 대목용 접목 로봇은 접수용 접목 로봇의 구조에 상하 동작을 하는 직선 구동 실린더를 추가하여 구성하였다. 직선 동작으로 접목 로봇을 구성함으로써 접목 정밀도를 향상시켰다. 그림 3-35와 3-36은 각각 전공압 로봇의 설계 도면과 제작한 로봇을 보여준다.

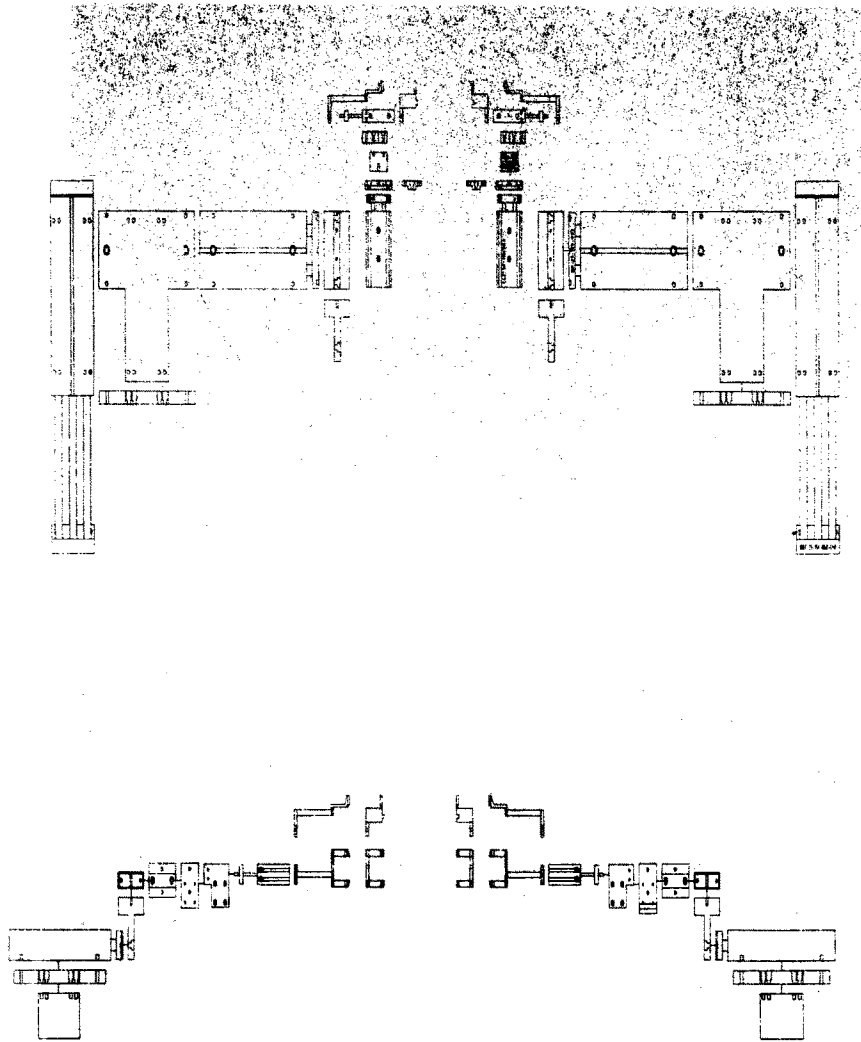


그림 3-35 전공압 로봇의 설계도.



그림 3-36 3차 시작기 B형의 접수 및 대목 조작용 전공압 로봇.

다. 그리퍼 부

공압축에 비하여 소형이면서 잡을수 있는 행정거리를 확장시키고, 또한 한쪽 핑거부를 기준점으로 움직이지 않게 설계하였다. 그리퍼의 상하 집게부는 경사를 주어 육묘를 잡을 때 자동으로 초기 굽힘모멘트를 가하여 육묘가 활처럼 굽혀지도록 하였다. 이러한 기능은 접목 시 접수 및 대목의 절단부분이 정밀하게 밀착할 수 있도록 하며 묘의 자중으로 인해서 미끄러져 내려가는 것을 방지하는 효과도 있다. 또한 접수 및 대목부의 그리퍼가 맞물렸을 때 정렬의 어긋남을 피하기 위하여 맞물리는 면의 형상을 요철의 형태로하여 보다 정확한 정렬을 할 수 있게 설계하였다. 그림 3-37은 수작업시의 호접 기능을 고려하여 설계한 그리퍼의 형상도 및 작동 상태도를 보여준다. 그림 3-38은 제작한 호접용 특수 그리퍼를 보여준다.

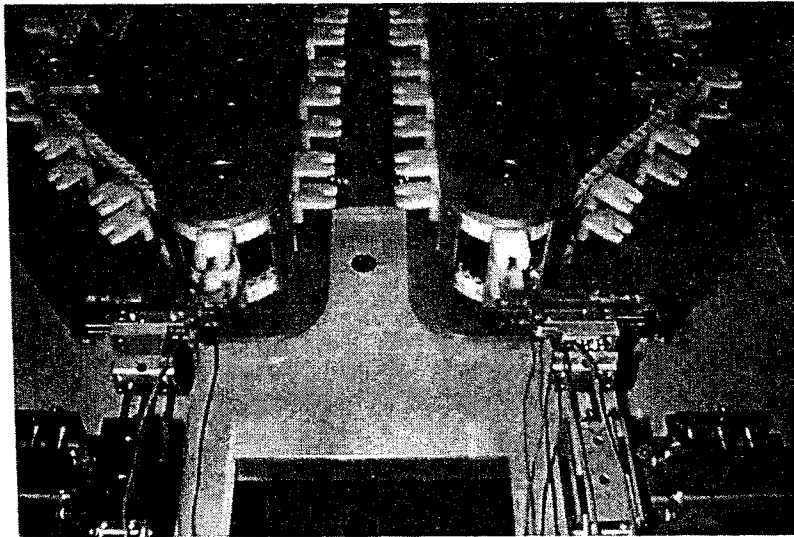
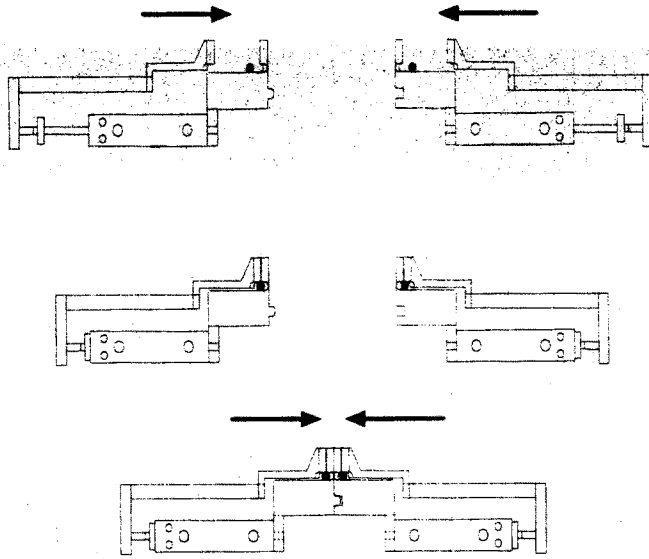


그림 3-37 호접용 그리퍼의 형상도 및 작동 상태도(3차 시작기 B형)

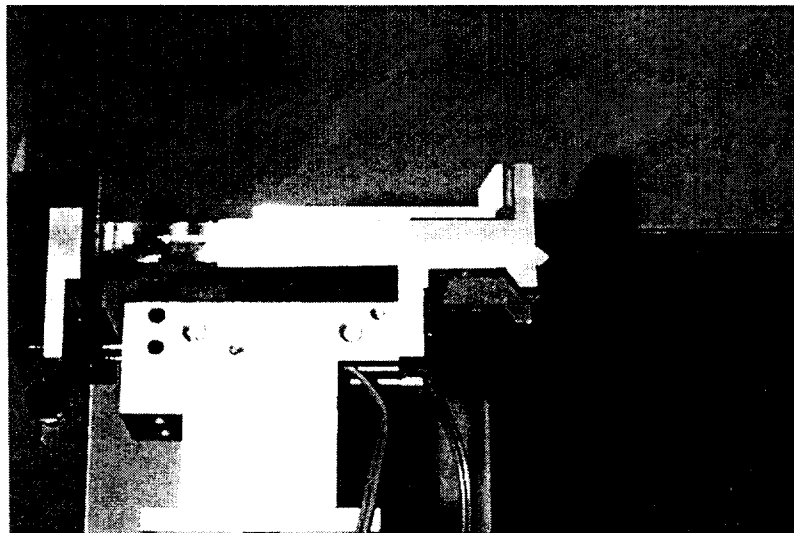


그림 3-37 호접용 그리퍼의 형상도 및 작동 상태도(3차 시작기 B형)(계속)

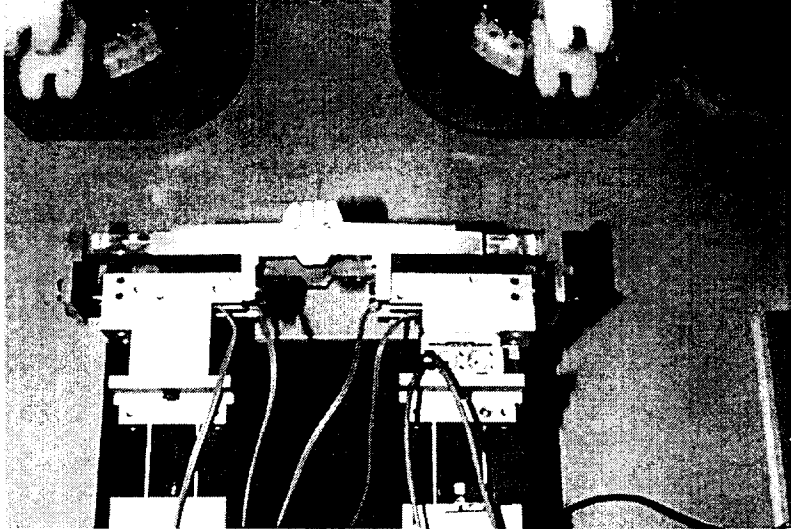


그림 3-37 호접용 그리퍼의 형상도 및 작동 상태도(3차 시작기 B형(계속))

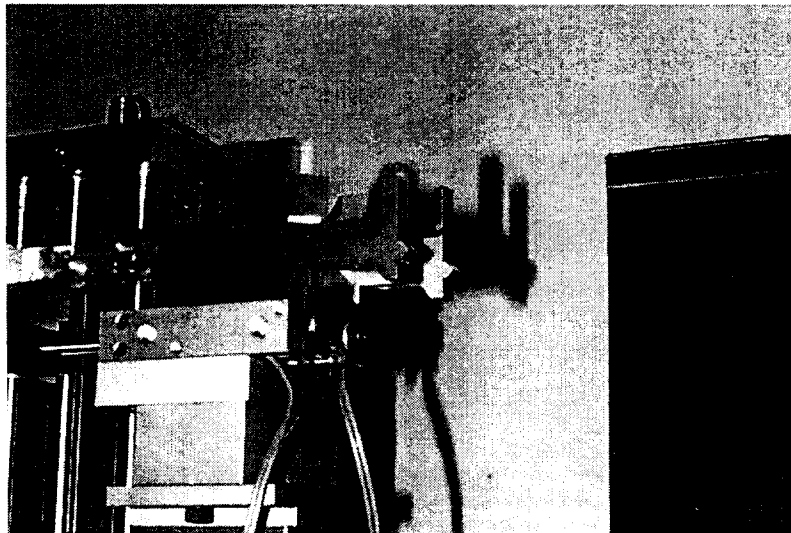


그림 3-38 호접용 특수 그리퍼(3차 시작기 B형).

라. 클립 공급장치

상 하부 공급장치가 원활한 움직임을 갖게 하기 위하여 미끄러지는 부분을 향상시켰으며, 접목 후 컨베이어 부로 묘를 안전하게 이송하게 하기 위한 장치를 추가하였다(그림 3-39). 시스템의 Layout 및 구성이 바뀔에 따라 클립 공급장치 베이스를 재설계하여 제작하였다.

마. 접목용 절단날

기존의 텅스텐 계열의 칼날은 수액의 찌거기가 쉽게 응착하고 묘의 조직과의 융화성에서 재고할 필요가 있기 때문에 세라믹 소재를 사용하여 칼날을 재설계하였다. 접수와 대목이 접목될 때 서로 쉽게 끼일 수 있게 가이드 역할을 할 수 있도록 칼의 형상을 설계 제작하였다(그림 3-40).

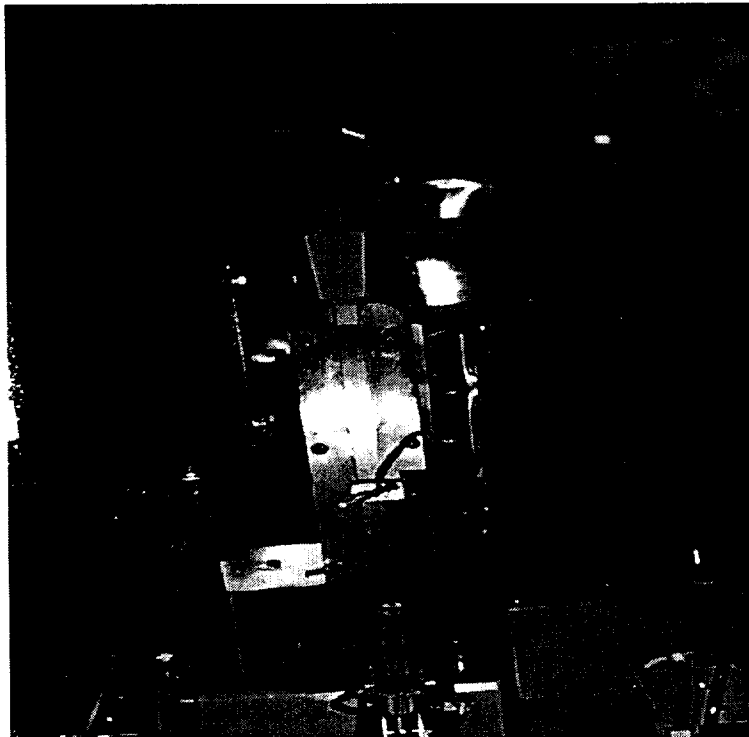
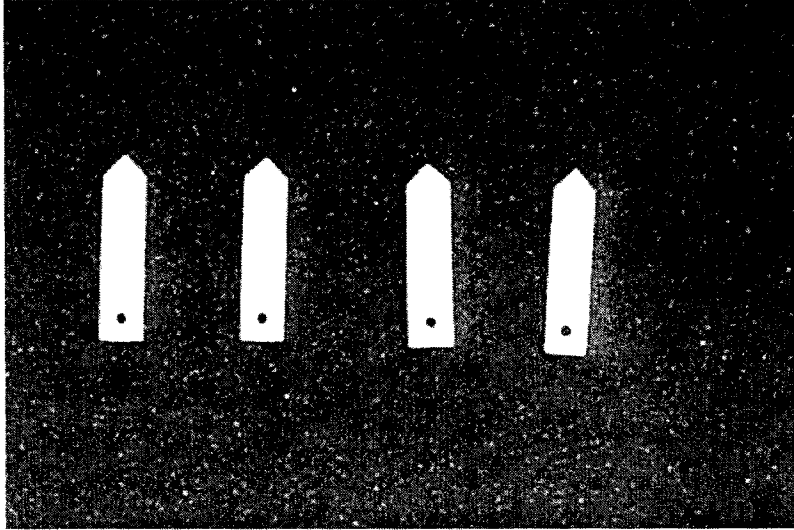
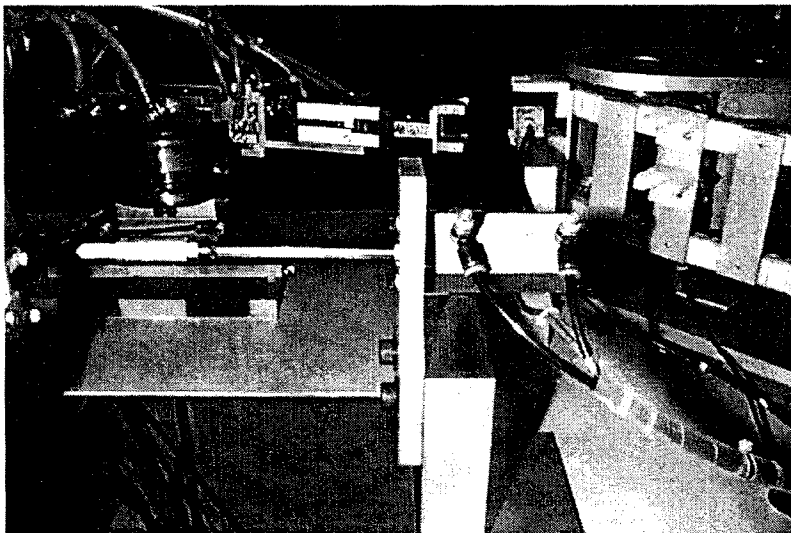


그림 3-39 클립 공급장치(3차 시작기 B형).



(a) 세라믹 소재 절단날



(b) 절단날 장착부

그림 3-40 세라믹 소재 절단날 및 절단날 장착부.

바. 접목묘 배출부

접목된 묘가 작업 위치로 다시 재 이송될 수 있도록 AC 모터로 구동되는 속도 가변형 컨베이어를 설치하였다(그림 3-41).

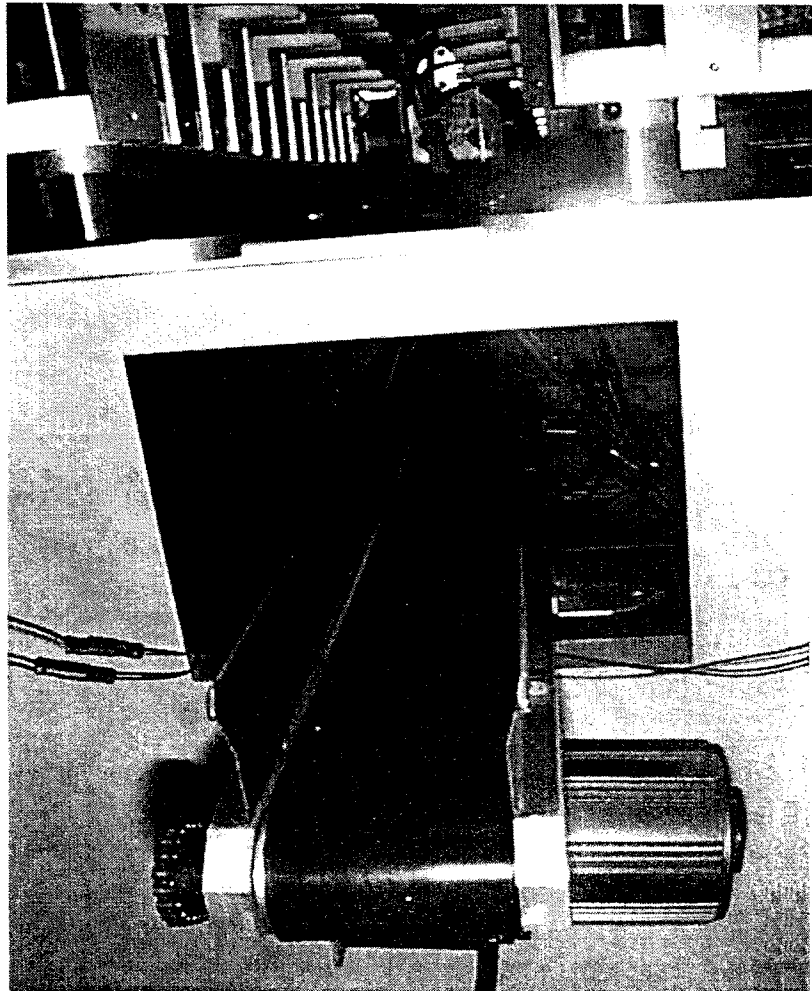


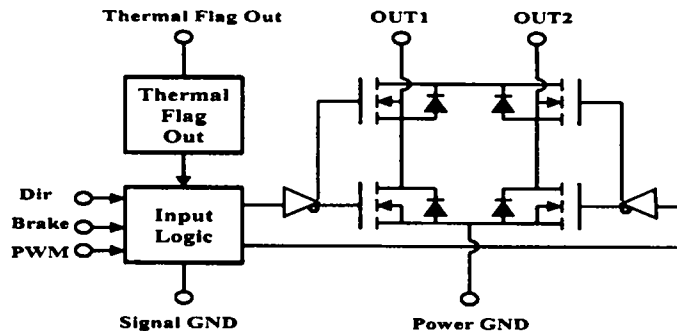
그림 3-41 속도 가변 접목묘 배출 컨베이어.

3. 제어부 및 작업시퀀스

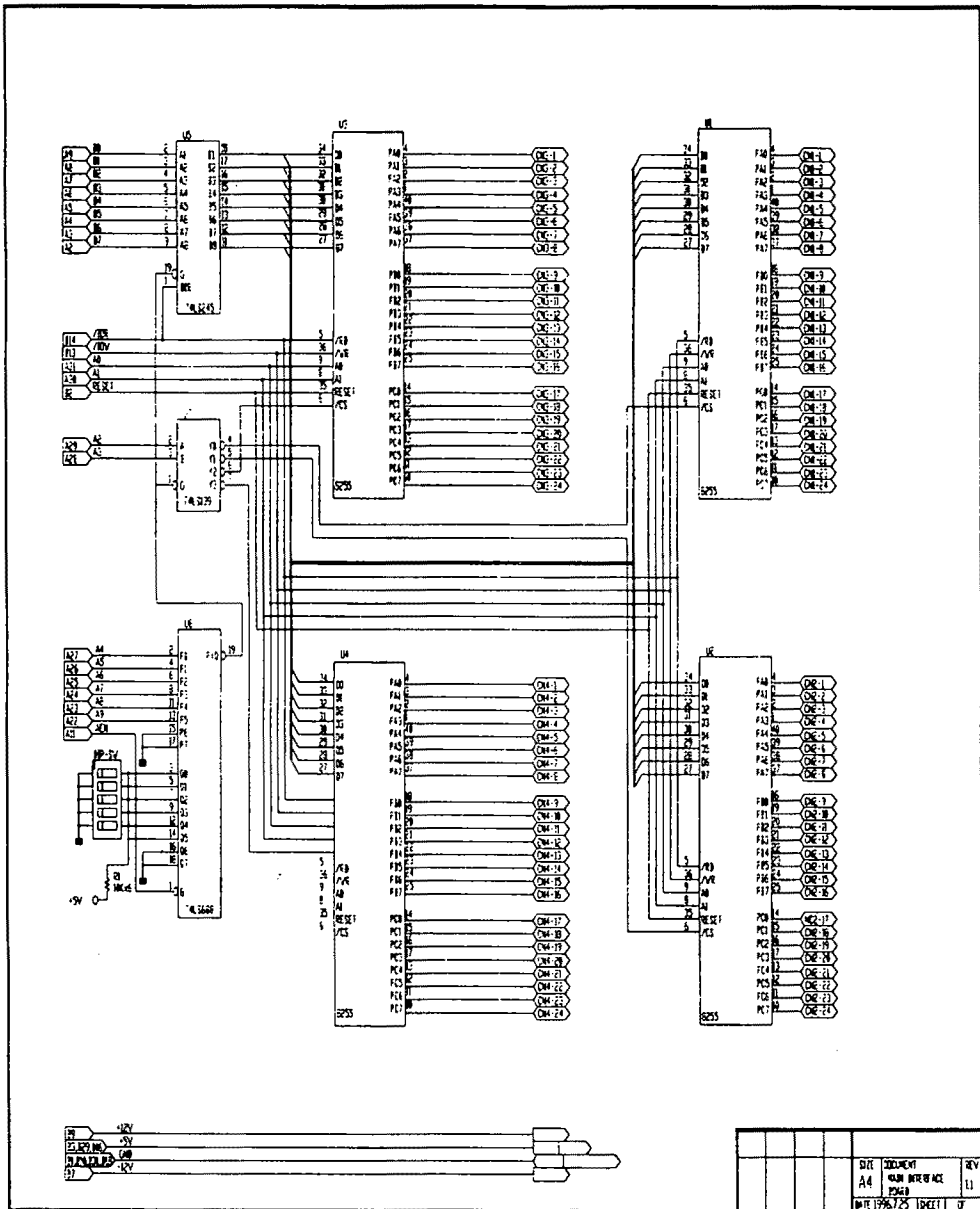
2차 시작기와는 달리 추가되는 장치가 있을 경우를 대비하여 여분의 입출력 포트를 두었고, 시스템의 안정성을 고려하여 시스템의 기저부에 제어기를 장착하였다. 신호계와 전력계, 공압계를 전원 및 베이스를 분리하여 별도로 장탈착이 용이하도록 하여 사후 관리 및 상호 간섭을 배제하였다. 그리고 시스템 베이스를 철회로 제작하였고 철회 베이스 안에 제어부를 장착하여 외부 충격으로부터 보호받을 수 있도록 하였다.

사용자의 편의 및 오조작을 방지할 수 있게 좌우측에 주 전원 스위치, 우측에 작동 및 정지 스위치를 장착하였다. 그리고 소프트웨어 업그레이드를 할 수 있게 작업모드와 다운로드 프로그램 모드를 선택할 수 있게 하여 추가 장치의 장착으로 인한 소프트웨어 업그레이드를 용이하게 하였다.

그림 3-42는 제어부 회로도를 보여주며, 그림 3-43은 Intel 80386 마이크로 프로세서, 입출력 인터페이스 및 솔레노이드 구동회로를 시스템 제어기의 제어 기능을 도시한 블록도를 보여준다. 그림 3-44는 작업 시퀀스 블록도를 보여주며, 그림 3-45는 시작품으로 제작한 제어기를 보여준다.



(a) DC Motor Driver Circuit



(b) DIO Interface Board

그림 3-42 제어부 회로도(3차 시작기 B형).

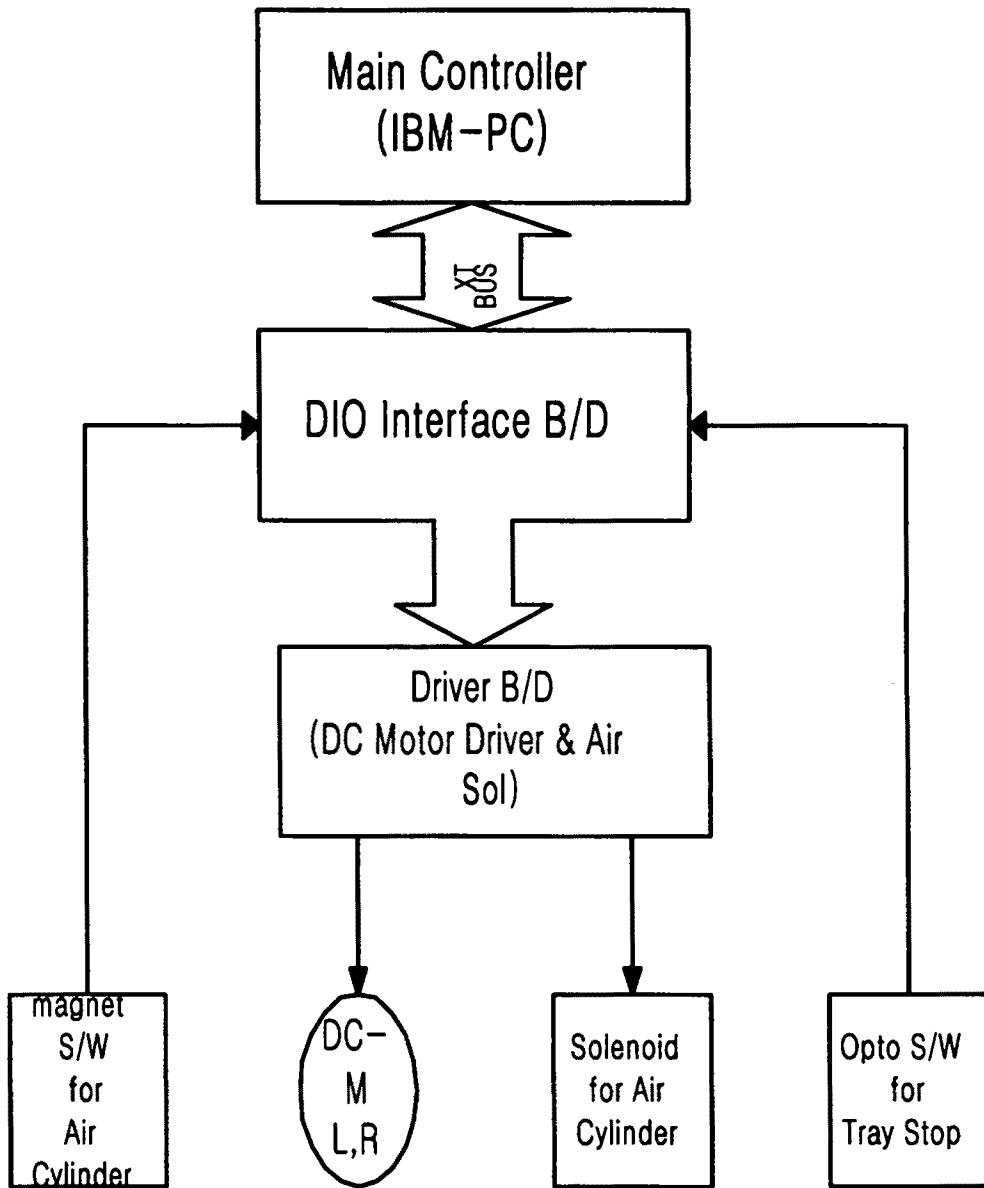


그림 3-43 제어 기능 블록도(3차 시작기 B형).

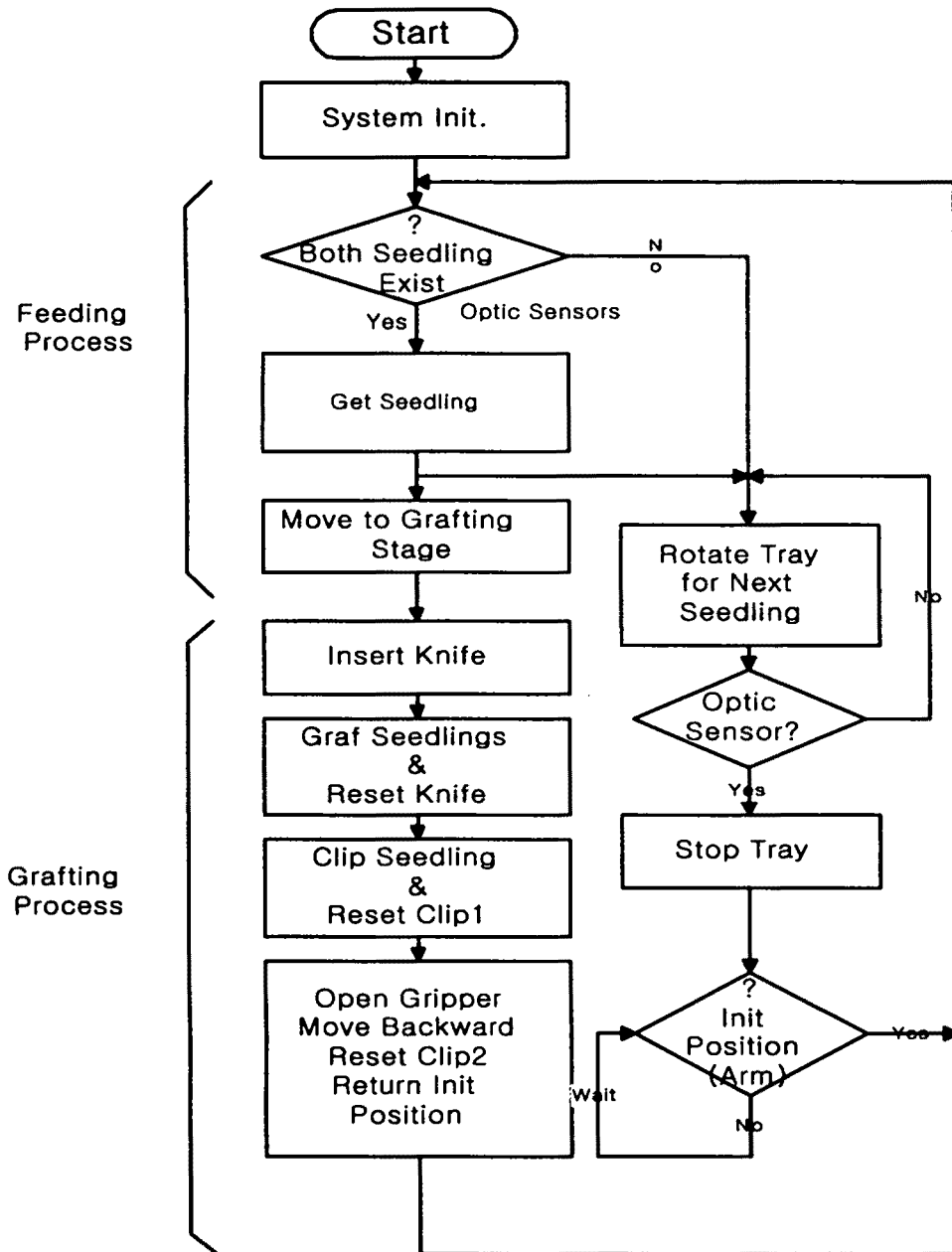


그림 3-44 제어 작업시퀀스 블록도(3차 시작기 B형).

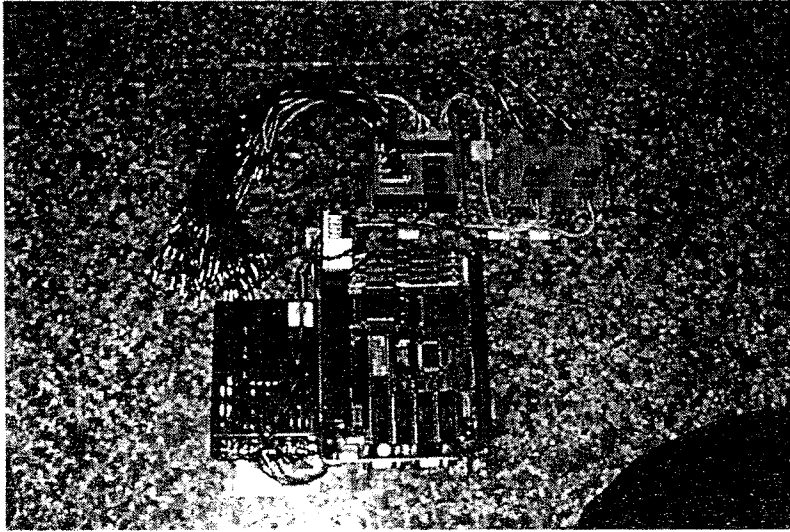


그림 3-45 제어기(3차 시작기 B형).

시스템의 작동순서는 마찬가지로 ①작업준비 → ②묘목공급 및 이송 → ③묘목 획득 및 이송 → ④접목작업 → ⑤작업완료 → ⑥대기 순으로 구성된다. 설계된 각 시스템의 작동순서는 아래와 같으며 사용된 스위치류, 솔레노이드 및 실린더의 명칭 및 기호는 표 3-9, 3-10, 3-11 및 3-12에 나타냈다.

(1) 작업준비 단계

- 전원 스위치 ON
- 시스템 점검(공기압점검)
- 시스템 작동 및 진동 피더와 육묘배출 컨베이어 작동
- 초기화
 - 접목 카운터를 0으로 셋팅
 - 브라켓 부착 체인 드라이브의 초기화 및 브라켓 감지 센서 점검
 - 브라켓 감지 스위치 작동여부 확인(SW1-2 ON)
 - 접수와 대목 감지 스위치 작동여부 확인(SW3-4 ON)
 - 클립 감지 스위치 확인(SW5 ON)

- 묘목배출용 실린더 전진(SOL 11,12 ON) ➔ 실린더(11,12)
- 전진 완료 리미트(LEAD SW 21,23) 작동여부 확인
 - 시스템 구동부 각 리미트 스위치 상태 확인

(2) 묘목 공급 및 이송 단계 :

- 접수와 대목 공급용 체인 드라이브가 옥묘 장착이 감지(SW3 ON, SW4 ON) 될 때 까지 접수 및 대목용 브라켓 불이 체인 드라이브를 브라켓 한 개 씩 이동하도록 브라켓 감지 센서신호를 이용하여 독립적으로 구동(1초)
- 접수묘 공급이 확인되면 해당 체인 드라이브 정지(SW3 ON)
- 대목묘 공급이 확인되면 해당 체인 드라이브 정지(SW4 ON)

(3) 묘목 획득 및 이송 단계

- 접수 및 대목 공급 완료 확인(SW3 ON & SW4 ON)
- 확인되면 접목로봇 베이스 전진 (SOL 1,2 ON) ➔ 실린더(1,2)
- 접목로봇 베이스 전진 완료 리미트(LEAD SW 1,3) 작동여부 확인
- 확인되면 묘목잡기 그리퍼 작동 (SOL 5,6 ON) ➔ 실린더(5,6)

(4) 접목 작업 단계

- 묘목 그리퍼 완료 리미트(LEAD SW 9,11) 작동여부 확인
- 확인되면 접목로봇 베이스 후진(SOL 1,2 OFF) ➔ 실린더(1,2)
- 묘목 획득용 수평팔 후진 완료 리미트(LEAD SW 2,4) 작동여부 확인
- 확인되면 접목로봇 수평팔 실린더 전진 (SOL 3,4 ON) ➔ 실린더(3,4)
- 전진 완료 리미트 작동여부(LEAD SW 5,7) 확인
- 확인되면 클립홀더 전진(SOL 10 ON) ➔ 실린더(10)
- 클립홀더 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 17)
- 확인되면 접목칼 전진(SOL 7 ON) ➔ 실린더(7)
- 접목칼 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 13)
- 확인되면 접목용 수직팔 실린더 상승 (SOL 10 OFF) ➔ 실린더(10)
- 접목용 수직팔 상승 리미트 작동 확인(LEAD SW 16)

- 확인되면 접목칼 후퇴 (SOL 7 OFF) ➔ 실린더(7)
- 접목칼 후퇴완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 14)
- 확인되면 클립장착 실린더 전진 (SOL 9 ON) ➔ 실린더(9)
- 클립장착 실린더 전진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 17)
- 확인되면 클립장착 실린더 후진 (SOL 9 OFF) ➔ 실린더(9)
- 클립장착 실린더 후진여부 확인 (LEAD SW 18)
- 확인되면 클립홀더 후진(SOL 10 OFF) ➔ 실린더(10)
- 클립홀더 후진 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 20)
- 확인되면 묘목잡기 그리퍼 묘목 놓기(SOL 5,6 OFF) ➔ 실린더(5,6)

(5) 완료 동작 단계

- 묘목잡기손 놓기완료 리미트 작동여부 확인(LEAD 10,12)
- 확인되면 육묘배출기 후진(SOL 11,12 OFF) ➔ 실린더(11,12)
- 육묘 배출기 후진 완료 리미트(LEAD SW 21,23) 작동여부 확인
- 확인되면 수평팔 후진(SOL 3,4 OFF) ➔ 실린더(3,4)
- 수평팔 후진 완료 리미트(LEAD SW 6,8) 작동여부 확인
- 확인되면 육묘배출기 전진(SOL 11,12 ON) ➔ 실린더(11,12)

(6) 대기 단계

- 육묘 배출기 전진 완료 리미트 작동여부 확인(LEAD SW 21,23)
- 확인되면 접목용 수직팔 실린더 하강(SOL 8 ON) ➔ 실린더(8)
- 접목용 수직팔 하강 리미트 작동확인(LEAD SW 15)
- 확인되면 접목 카운터를 1개 증가시키고 단계(2)부터 반복 작업

표 3-9 스위치의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
브라켓 검출 스위치	SW1	SW2	브라켓 검출 확인용 스위치
접수 대목 검출 스위치	SW3	SW4	접수와 대목 감지용 스위치
클립 검출 스위치	SW5		클립 감지용 스위치

표 3-10 솔레노이드의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
접목로봇 베이스 SOL	SOL1	SOL2	기저부 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
수평팔 SOL	SOL3	SOL4	수평팔 좌우 방향 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
그리퍼 SOL	SOL5	SOL6	묘목잡기 그리퍼 개폐 (ON: 잡기 OFF: 놓기)
수직팔 SOL	SOL7		접목용 수직실린더 하강 상승(ON: 하강 OFF: 상승)
접목칼 SOL	SOL8		접목칼 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
클립장착 SOL	SOL9		클립장착용 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
클립홀더 SOL	SOL10		클립홀더용 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)
육묘 배출기 SOL	SOL11	SOL12	육묘 배출용 실린더 전후진 (ON: 전진 OFF: 후진)

표 3-11 실린더의 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
접목로봇 베이스 실린더	CYL1	CYL2	접목로봇 베이스 전후진
접목로봇 수평팔 실린더	CYL3	CYL4	묘목획득용 수평팔 좌우방향 전후진
접목로봇 그리퍼 실린더	CYL5	CYL6	그리퍼 개폐
접목칼 실린더	CYL7		접목칼 전후진
접목로봇 수직팔 실린더	CYL8		수평팔 상승-하강
클립장착용 실린더	CYL9		클립장착용 전후진
클립홀더용 실린더	CYL10		클립홀더용 전후진
육묘 배출기 실린더	CYL11	CYL12	육묘 배출용 전후진

표 3-12 솔레노이드 밸브의 리드스위치 명칭 및 기호.

명 칭	기 호		기 능
	접수	대목	
접목로봇 베이스 전진 리미트	LEAD SW1	LEAD SW3	접목로봇 기저부 회전 완료 확인
접목로봇 베이스 후진 리미트	LEAD SW2	LEAD SW4	접목로봇 기저부 회전환원 완료 확인
수명팔 좌우방향 전진 리미트	LEAD SW5	LEAD SW7	묘목획득용 수명팔 전진 완료 확인
수명팔 좌우방향 후진 리미트	LEAD SW6	LEAD SW8	묘목획득용 수명팔 후진 완료 확인
그리퍼 닫힘 리미트	LEAD SW9	LEAD SW11	묘목 잡기 그리퍼 닫힘 동작 확인
그리퍼 열림 리미트	LEAD SW10	LEAD SW12	묘목 잡기 그리퍼 열림 동작 확인
칼 전진 리미트	LEAD SW13		접목칼 전진 완료 확인
칼 후진 리미트	LEAD SW14		접목칼 후진 완료 확인
수직팔 하강 리미트	LEAD SW15		접목용 수직 실린더 하강 확인
수직팔 상승 리미트	LEAD SW16		접목용 수직 실린더 상승 확인
클립장착기 전진 리미트	LEAD SW17		접목클립 실린더 전진 완료 확인
클립장착기 후진 리미트	LEAD SW18		접목클립 실린더 후진 완료 확인
클립홀더 전진 리미트	LEAD SW19		클립홀더 전진 완료 확인
클립홀더 후진 리미트	LEAD SW20		클립홀더 후진 완료 확인
육묘 배출기 전진 리미트	LEAD SW21	LEAD SW23	육묘 배출기 전진 완료 확인
육묘 배출기 후진 리미트	LEAD SW22	LEAD SW24	육묘 배출기 후진 완료 확인

4. 개발 접목기 성능

그림 3-46은 3차 시작기 B형 시스템을 보여주며 그림 3-47은 작업 상태를 보여주고 있다.

작업 사이클: 주당 3-4초

작업용량: 시간당 900-1200 주

접목 성능: 실증실험 후 발표 예정.

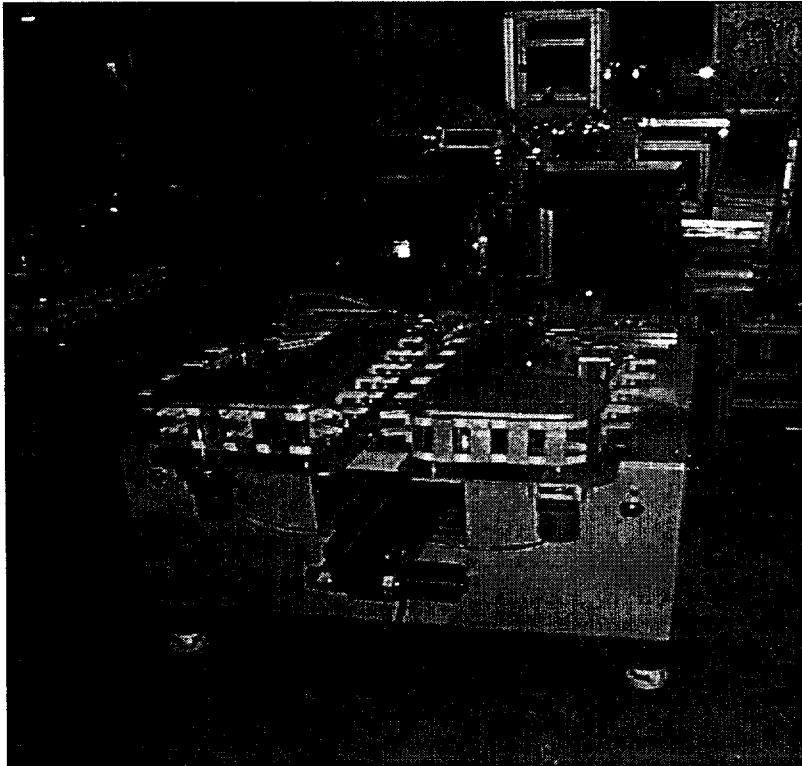


그림 3-45 3차 시작기 B형 시스템.

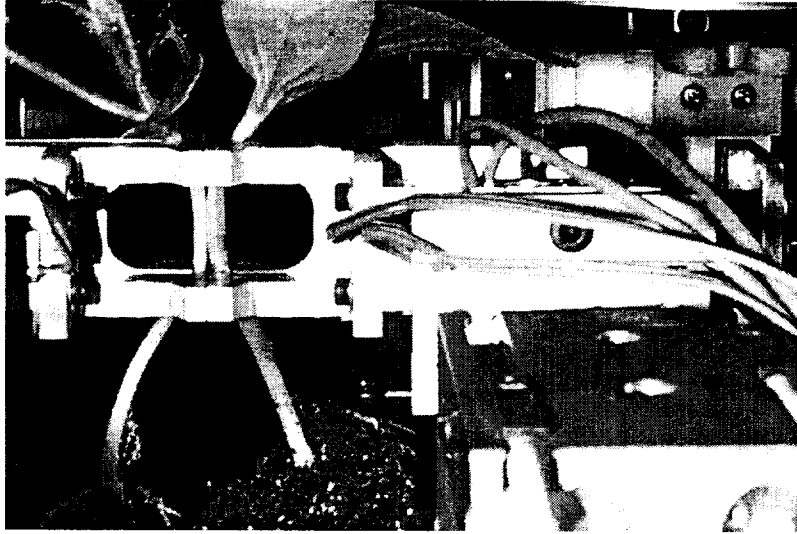


그림 3-46 3차 시작기 B형을 이용한 작업.

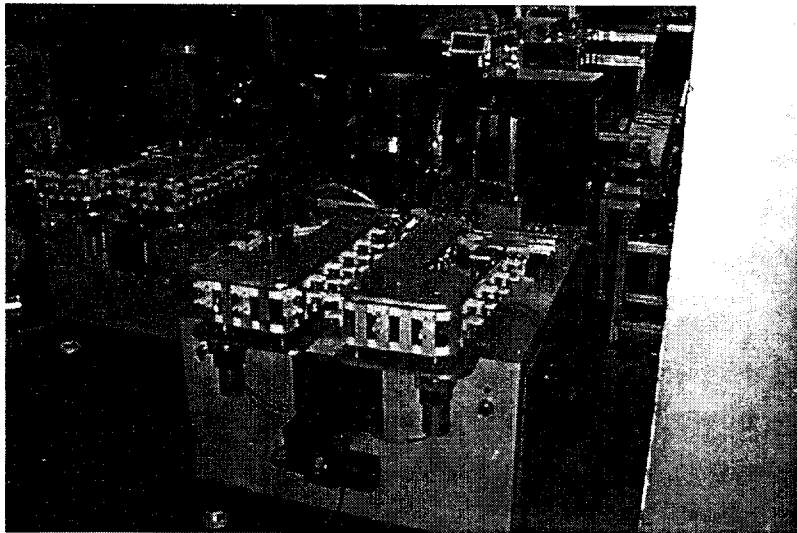


그림 3-46 3차 시작기 B형을 이용한 작업(계속).

제 4 장 접목묘의 소질분석, 접목상의 환경요인 분석 및 현장 적응성 평가

제1절 서설

접목묘의 이용은 동일 지역에서의 연작장해 방지 및 난방비 절약을 위한 저온신장성 대목의 사용 등의 장점으로 인하여 점차적으로 증가하고 있다. 접목으로 기대되는 장점으로는 ① 덩굴쪼김병 등 전염성 병해를 방지하여 연작을 가능케 하며, ② 대목의 내건성, 내습성, 저온신장성, 흡비성, 내서성 등 환경적응성을 활성화하여 초세의 강화를 도모하고 부적절한 환경에서의 재배를 가능하게 하여 작기(作期)를 연장시킬 수 있고, ③ 대목의 왕성한 흡비력을 이용하여 비료를 절약할 수 있고, ④ 이식에 견딜 수 있는 대목에 접목하여 이식시 발생하는 상처를 방지한다. 반면 접목의 단점으로는, ① 접목, 육묘에 특별한 시설 및 자재를 이용하기 때문에 육묘비용이 비싸고, ② 접목작업에 많은 노동력을 필요로 하고, ③ 접목작업 및 육묘관리에 특별한 작업과 주의력, 관찰력을 필요로 하고, ④ 대목 종류나 비료공급 관리에 따라서는 지상부가 없이 무성하여 수확물의 품질저하나 생리장해의 발생등을 초래하기도 한다.

제2절 박과채소의 접목현황

채소작물의 접목기계화 필요성을 알아보고자 재배면적과 접목비율을 고려하여 박과채소의 접목묘 소요 추정량을 계산하였으며, 작물별로 현재 농가에서 가장 이용이 많은 접목방법을 조사하였다.

1. 과채류 접목묘 소요량 추정

재배면적 및 재식주수를 토대로 우리나라에 필요한 과채류 접목묘 필요본수

를 추정해본 결과는 표 4-1과 같다. '96년 현재 우리나라의 과채류 재배면적은 74,342ha이고 재배에 필요한 소요묘수는 약 6.5억본으로, 이중 약 60%인 4억본의 접목묘가 필요한 것으로 추정된다.

2. 작물별 접목방법

주요 작물의 접목방법은 작업방식에 따라서 보급정도가 다르다. 표 4-2는 일본에서의 접목방법의 작업별 보급도(일본 야채시험장 조사)를 나타낸다. 대부분의 작물이 호접방식을 택하고 있다는 것을 알 수 있다.

국내의 경우도 표 4-3에서 보듯이 작물에 따라 차이가 있으며, 주로 호접(互接)과 삽접(挿接)이 적용되고 있고, 일부에서 합접(合接), 할접(割接), 단근삽접(斷根挿接) 등이 이용되고 있다. 작물별로 보면 오이, 메론 및 토마토는 호접을, 수박은 삽접방법을 주로 이용하고 있다. 이렇게 작물에 따라 접목방법이 다른 것은 작물 특성상 특별히 접목 조작이 필요하거나, 접목노력, 접목이식 후의 관리방법의 용이성 등에 기인된 것으로 생각된다.

표 4-1 우리나라 채소 접목묘 소요량 추정치('96년 재배면적 기준).

작 물	재배면적 (ha)	재식주수 (주/ha)	접목묘 재식비율 (%)	접목묘 소요량 (천주)
수 박	39,270	3,600	90	127,234
참 외	10,679	8,000	80	68,345
오 이	7,191	30,000	70	151,011
호 박	7,259	9,000	0	-
토마토	4,044	24,000	20	19,411
풋고추	4,767	33,000	10	15,731
멜 론	419	12,500	100	5,238
가 지	713	18,000	20	2,567

표 4-2 접목방법별 일본의 주요 작물의 접목 보급정도.

접목방법	수박	오이	온실멜론	하우스멜론	노지멜론	가지	토마토
	비율(%)						
1	삽접 47.5	호접 86.4	호접 93.7	호접 61.7	호접 59.0	할접 76.1	호접 59.3
2	단근삽접 36.3	삽접 7.0	기타 6.3	삽접 31.9	삽접 37.4	삽접 22.7	삽접 24.9
3	호접 9.0	단근삽접 5.7		단근삽접 6.3	기타 3.6	기타 1.2	할접 13.8
4	할접 6.8	기타 0.9		기타 0.1			기타 2.0

표 4-3 작물별 접목방법의 국내 활용순위.

순위	수박	오이	하우스멜론	온실멜론	토마토	가지
1	삽접	호접	호접	호접	호접	할접
2	단근삽접	삽접	삽접	기타	삽접	삽접
3	할접	단근삽접	단근삽접		할접	기타
4	기타	기타	기타		기타	

제3절 박과류의 대목 및 접수의 물성

접목조작에 있어서 중요한 것은 접수와 대목의 배축 굵기와 길이로 이를 적당하게 조절하면 접목작업의 효율성 증가 뿐만 아니라 활착률과 접목후 묘소 질도 좋아진다. 또한 접목작업을 기계화하기 위해서는 대목과 접수의 굵기나 길이 등 특성을 파악하여야 할 필요가 있기 때문에 현재 시판되고 있는 대목으로 쓰이는 박 28품종, 신토와 호박류 12점 접수로는 수박 11품종, 참외 10품종, 오이 21품종, 호박 15품종을 공시하였다.

종자는 벤레이트 티로 30분 소독후 깨끗한 물에 2시간 침종하였다. 침종한 종자를 28℃의 항온기에 1일 동안두어 싹이 보일 정도로 최아한 종자를 50공 프러그 트레이에 파종하였다. 파종상은 전열선을 깔아 지온조절을 조절하였는데, 파종후 발아까지는 25℃, 발아후에는 23℃로 지온을 관리 하였고, 기온은 낮동안은 25℃, 밤에는 15℃내외로 관리 하였다.

대목과 접수의 특성은 파종 10일후 조사하였는데, 접목시 접목의 활착율과 접목효율에 관계가 있는 초장, 배축장 등을 조사하였는데, 배축장은 지제부로부터 자엽전개부 까지, 자엽굵기는 자엽전개 방향과 자엽직각방향의 굵기를 각각 측정 하였다.

수박의 접수특성을 조사하고자 시판 되고 있는 수박 12품종을 공시한 결과 (표 4-4), 초장은 8.4-4.8cm로 품종간에 차이가 매우 심하였고, 배축장 역시 5.5-2.9cm로 차이가 심하였다. 배축굵기는 모든 품종이 자엽전개 방향이 가늘고, 배축직각 방향으로 굵는데, 자엽전개방향의 배축경은 2.1-2.6mm, 직각방향으로는 4.0-2.6mm이었다.

표 4-4 수박 접수의 특성.

품 종	초장(cm)	배축장(cm)	배축굵기(mm)		자엽장(cm)	자엽폭(cm)
			자엽전개방향	직각방향		
감미	8.4	5.5	2.0	4.0	4.5	2.6
미호	6.6	4.9	2.0	3.2	3.8	2.5
한들	7.5	5.3	2.0	3.3	3.6	2.1
금천	6.4	4.7	2.0	3.4	3.8	2.2
참다라	7.1	5.2	2.0	3.3	3.5	1.9
서호	4.8	3.2	2.1	3.4	3.6	1.9
감로	6.5	3.9	2.1	3.3	3.3	2.2
금상	6.7	4.8	2.1	3.1	3.7	2.1
왕장	6.7	4.4	2.3	3.6	3.9	2.1
신대화 3호	4.0	2.9	2.4	2.6	3.0	2.0
무지개	6.0	4.4	2.2	3.6	3.0	2.2
달고나	6.0	4.6	2.6	3.4	3.0	2.1

참외의 접수특성을 보면(표 4-5), 초장은 5.1-7.1cm로 품종간의 차이가 매우 심한 것으로 나타났다. 배축장은 역시 2.2-4.1cm로 황진이참외가 가장 길게 나타났다. 배축굵기는 수박과는 달리 방향에 따라 차이가 없이 등글어 1.8 - 2.3mm로 품종간 차이가 비교적 적었다. 자엽장은 2.9-3.4cm, 자엽폭은 1.8-2.1cm로 비교적 품종간의 차이가 없는 것으로 나타났으며, 특히 박과 채소 중 가장 작은 것으로 조사되었다.

표 4-5 참외 접수의 특성.

품 종	초장(cm)	배축장(cm)	배축굵기(mm)		자엽장(cm)	자엽폭(cm)
			자엽전개방향	직각방향		
금보라	6.2	2.7	1.9	1.7	3.0	1.8
금지계은천	4.6	2.7	1.8	1.9	2.9	1.8
금노다지은천	7.0	3.2	2.1	2.1	3.0	2.1
조생대형은천	6.4	3.3	2.3	1.7	3.4	1.8
하우스은천	5.1	2.6	2.0	2.1	3.0	1.8
황진이은천	7.1	4.1	1.9	1.9	3.0	1.8
신은천	5.8	2.2	2.0	2.2	3.1	1.8
고향참외	6.3	2.5	2.0	2.0	3.0	1.9
백금참외	6.6	2.8	1.9	2.0	3.4	1.6

호박은 접목재배를 하는 경우가 매우 드문데, 호박묘의 접수특성을 조사한 결과는 표 4-6과 같다. 초장은 7.7-9.8cm, 배축장은 5.8-8.3cm로 수박, 참외, 오이의 1.5-2배 정도 길었다. 배축장 역시 5.5-2.9cm로 차이가 심한 것으로 조사되었다. 모든 품종의 배축 굵기는 자엽전개 방향이 가늘고, 직각 방향이 굵은데, 호박의 경우 자엽전개방향의 배축경은 2.8-3.7mm, 직각방향은 3.3-5.2mm로 박과채소 가운데 가장 굵은 것으로 조사되었다.

그림 4-1은 접목 시점의 대목 및 접수의 뿌리와 배축 상태를 보여준다.

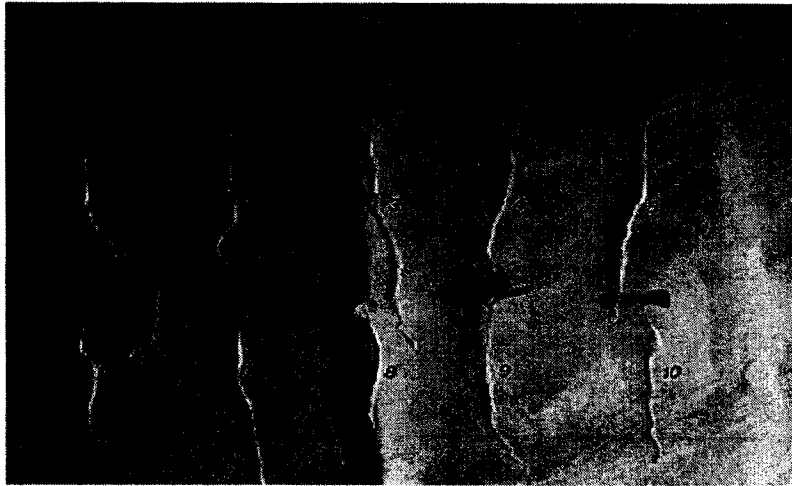


그림 4-1 접목 시점의 대목 및 접수의 뿌리와 배축 상태

- 1) 신토좌 2) 홍토좌 3) 흑종 4) 메틀리워러스 5) 박
6) 동아 7) 안동대목 8) 수박 9) 오이 10) 참외

표 4-6 호박 접수의 제 특성.

품 종	초장(cm)	배축장(cm)	배축굵기(mm)		자엽장(cm)	자엽폭(cm)
			자엽전개방향	직각방향		
불암얼룩뚝호박	7.9	6.4	2.9	3.3	7.0	3.4
북보조생뚝호박	9.3	7.7	2.8	3.8	7.0	4.0
이쁜이호박	8.5	7.0	2.8	3.4	8.1	4.4
장수호박	9.5	8.3	2.8	3.6	7.3	3.7
밤호박	8.3	6.5	2.8	4.2	6.9	4.4
흑피단호박	7.7	5.8	3.7	4.2	7.3	4.8
단밤호박	7.8	5.9	3.1	4.4	7.1	4.7
쥬키니호박	7.8	6.2	2.9	4.0	8.0	3.6
진한쥬키니호박	8.1	6.0	3.4	4.0	8.6	4.5
진광쥬키니호박	9.9	7.2	3.7	4.8	9.1	4.3
노랑쥬키니호박	8.2	6.0	3.6	5.2	8.0	4.1
연록애호박	8.1	5.9	2.9	3.8	7.5	4.0
중앙애호박	7.9	6.0	2.5	3.3	7.3	3.9
각시애호박	7.7	5.9	2.9	3.6	6.9	4.0
농우애호박	8.9	7.2	3.1	3.9	7.7	4.4

시판되는 오이의 접수특성을 조사한 결과, 표 4-7과 같았으며 초장과 배축장이 각각 4.8-7.6cm, 3.6-6.7cm로 품종간의 차이가 심한 것으로 나타났다. 배축 굵기는 1.6-2.4cm로 참외의 경우와 비슷하였다. 그러나 자엽장은 5cm내외, 자엽폭은 3cm내외로 수박과 참외보다는 큰 경향을 나타내었다.

표 4-7 오이 접수의 제 특성.

품 종	초장(cm)	배축장(cm)	배축굵기(mm)		자엽장(cm)	자엽폭(cm)
			자엽전개방향	직각방향		
청수흑진주오이	7.3	6.2	2.4	2.2	4.8	3.2
장록흑진주오이	7.6	6.7	2.2	2.2	5.8	3.1
흑진주 마디오이	5.5	4.7	2.0	2.0	5.3	2.7
흑광진주오이	5.8	4.9	2.2	2.4	5.1	2.9
상성여름오이	6.0	4.4	1.9	1.7	4.7	2.6
남극성오이	6.6	5.3	1.9	1.7	4.8	2.7
경성여름오이	6.6	5.2	1.8	2.0	5.2	3.0
청풍여름오이	4.8	4.2	1.6	1.7	4.0	2.5
만춘청장오이	6.4	4.9	2.2	2.2	5.8	3.0
새봄청장오이	5.7	4.6	1.8	2.1	5.8	2.8
불암사엽	5.7	4.5	2.0	1.9	4.8	2.7
중양사엽오이	4.9	3.9	1.9	2.0	5.1	2.5
평강내병삼척오이	5.2	4.0	2.2	2.3	5.8	3.2
한농사엽오이	4.8	3.6	2.2	2.0	5.5	3.0
서울마디오이	4.9	3.9	1.9	1.8	5.0	2.7
백춘다다기오이	4.9	5.4	2.2	1.8	4.7	2.6
홍농백다다기오이	5.9	4.2	1.8	1.8	4.7	2.7
선미백다다기오이	7.4	4.8	1.7	1.8	4.5	2.7
장형낙합오이	5.6	3.9	2.0	2.0	4.7	2.8

수박, 참외의 대목으로 많이 이용되고 있는 신토좌(Cucurbita maxima × C. moschata)계통은 초장이 7.9-13.3cm, 배축장이 3.5-11.1cm로 접수인 수박, 참외보다 3 - 5cm정도 더 짧은 것으로 나타났다(표 4-8). 이에반해 오이의 대목으로 주로 이용되는 흑종호박의 초장과 배축장은 토좌류에 비하여 짧은 것으로 조사되었으나, 배축경은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

또한 수박, 참외, 오이의 대목으로 이용이 시도되고 있는 안동대목은 초장과 배축장이 짧고, 배축 굵기도 1.8-2.6mm로 접수 품종 보다 더 가는 것으로 조사되었다.

수박의 대목으로 이용되는 박은 초장이 4.6-7.8cm, 배축장이 3.6-5.8cm, 배축굵기는 2.5-3mm로 품종간의 차이가 비교적 큰 것으로 나타났다. 품종별로 보면강력참박의 초장이 가장 길고, 경신참박과 FR 1000 등의 초장이 가장 짧은 것으로 나타났다(표 4-9).

표 4-8 토좌류 및 기타 대목의 특성.

품 종	초장(cm)	배축장(cm)	배축굵기(mm)		자엽장(cm)	자엽폭(cm)
			자엽전개방향	직각방향		
서울홍토좌	8.1	6.8	2.7	3.2	5.0	3.2
농우적토좌	7.9	6.7	4.0	4.3	4.4	3.3
강강토좌	11.3	10.2	3.5	4.3	6.6	3.9
칠성신토좌	12.9	10.8	3.6	4.4	7.8	4.4
서울신토좌	11.7	10.2	4.8	4.6	9.4	5.1
뉴신토좌	13.3	11.1	3.8	4.5	9.1	4.7
농우신토좌	10.7	9.4	3.1	3.6	7.9	4.3
서울홍토좌	9.5	8.4	3.7	4.0	6.5	3.7
금슬신토좌	12.8	11.0	3.9	4.5	8.2	4.6
특토좌	11.6	10.1	3.6	4.2	7.7	4.3
참토좌	12.5	10.6	4.1	4.1	8.4	4.4
흑종호박	5.8	3.9	3.0	4.3	5.5	4.4
안동대목	4.8	3.5	1.8	2.6	5.1	2.9

대목의 종류에 따라 배축의 굵기와 길이에 차이가 많은데, 일반적으로 배축의 굵기는 참박이 호박에 비해 가는 편이고, 신토좌 호박류는 흑종호박에 비해 가는 것으로 조사되었다. 배축의 길이는 발아 후의 온도와 습도관리에 따라 차이가 있으나 신토좌호박류는 도장성이 있는 것으로 판단되므로 발아 후 온도와 습도관리에 유의해야 할 것으로 사료된다.

접수의 배축을 절단한 다음 깎아서 대목에 끼우거나 꽂는 삽접, 할접, 단근 삽접의 경우에는 대목의 배축이 굵으며 약간 짧은 것이 바람직하고, 호접과 합접의 경우에는 대목 배축의 굵기가 접수에 비해 어느정도 굵은 것이 바람직하다. 특히 호접의 경우는 대목과 접수의 배축길이가 6-7cm 정도로 같아야 접목 작업이 용이한 것으로 조사되었다.

표 4-9 시판 박대목의 주요 특성.

품 종	초장(cm)	배축장(cm)	배축굵기(mm)		자엽장(cm)	자엽폭(cm)
			자엽전개방향	직각방향		
강력참박	7.8	5.8	2.6	3.1	5.2	3.2
대지참박	5.0	3.4	2.8	2.9	5.4	3.0
친교참박	6.9	4.9	2.9	3.0	4.9	3.0
홍농참박	6.4	4.5	2.9	3.1	5.7	3.5
한농참박	5.7	4.2	2.5	2.8	5.3	3.0
FR 100	6.2	4.5	2.2	2.8	4.5	2.7
FR 1000	4.6	3.3	2.5	2.6	5.0	2.8
FR 뉴토스	6.1	4.1	4.1	3.2	5.7	3.1
FR 단토스	6.2	3.8	2.7	2.9	5.6	3.0
슈퍼감표	5.6	3.5	2.7	2.9	5.0	2.8
뉴참박	7.3	4.8	2.6	2.9	5.3	2.9
파트너참박	5.9	4.0	2.7	3.0	5.1	3.0
써포트참박	6.7	4.9	2.3	3.0	4.8	2.8
FR 콤비	5.6	2.3	2.7	3.0	5.0	3.1
원앙참박	6.6	3.3	2.4	3.4	5.6	3.4
내병 FR10	6.3	3.7	2.9	3.2	5.6	3.0
내병 FR용자	6.2	4.6	2.8	3.0	5.6	3.3
가찌도끼 2호	5.8	3.7	2.9	3.8	5.4	3.3
서울참박	7.1	5.0	2.4	2.8	5.9	3.5
합궁대목	7.2	5.2	2.7	3.0	5.9	3.3
FR 립	5.8	4.1	2.7	3.0	5.9	3.1
참박특호	7.0	4.2	2.4	2.7	5.6	3.1
상생(相生)	6.8	4.8	2.6	3.0	5.7	3.0
ホリト K	5.5	3.8	2.4	2.5	5.5	3.3
FR 스토크	5.3	3.6	2.4	2.6	5.8	3.0
경신참박	4.0	3.6	2.4	2.7	4.1	2.5
FR 스토포	5.6	4.0	2.5	2.7	5.4	3.3

제4절 접목형식에 따른 접목성능

접목방법에 따른 활착 및 성묘율을 평가하여 적정 접목방법을 선정하고자 접목방법에 따른 활착율 및 묘소질 등을 조사하였다. 이때 이용한 작물은 대목은 참박, 접수는 수박(달고나)으로, 접목방법은 호접(그림 4-2)은 묘상에서 대목을 뽑아 성장점을 제거한후, 대목은 떡잎 아래 1cm부분의 배축을 40° 정도 각도로 위에서 아래로 칼집을 내는데, 이때 칼집의 깊이는 배축굵기의 1/2로 하였다. 접수는 30° 정도 각도로 아래에서 위로 칼집을 내는데, 대목보다 배축이 가늘어서 칼집의 깊이를 배축의 2/3 정도 깊게 하였다. 이를 대목과 접수의 칼집 부분을 맞물리게 끼운 다음, 접목 클립으로 끼운 부분을 접수방향에서 집어서 고정시켰다.

삼접(그림 4-3, 그림 4-4)은 먼저 대목을 뽑아 성장점을 제거한후, 이를 뾰족하게 가공한 대나무 주걱으로 대목 떡잎이 벌어지기 시작한 부분에서 떡잎 전개 방향으로 약간 비스듬히 구멍을 뚫었다. 구멍은 접수의 굵기 만큼 크게 하고 뾰족한 기구의 끝이 관통하여 반대 방향에서 보일 정도로 하였다. 이어 접수를 뽑아 떡잎에서 5~7mm 아래를 반쪽 썰기 모양으로 깎아 자른뒤, 접수의 깎인 면을 아래로 하여 대목의 구멍에 삽입하였는데, 깎인 접수 배축의 끝 부분이 대목 자엽 바로 아래에서 보이는 정도로 하였다.

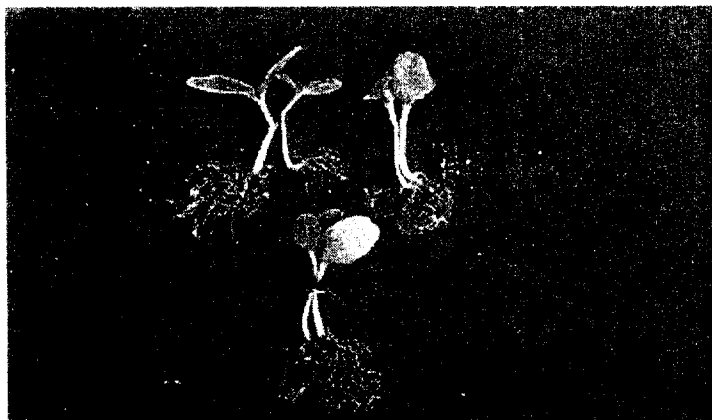


그림 4-2 호접 형태 1) 접수:수박 2) 대목:박 3) 클립

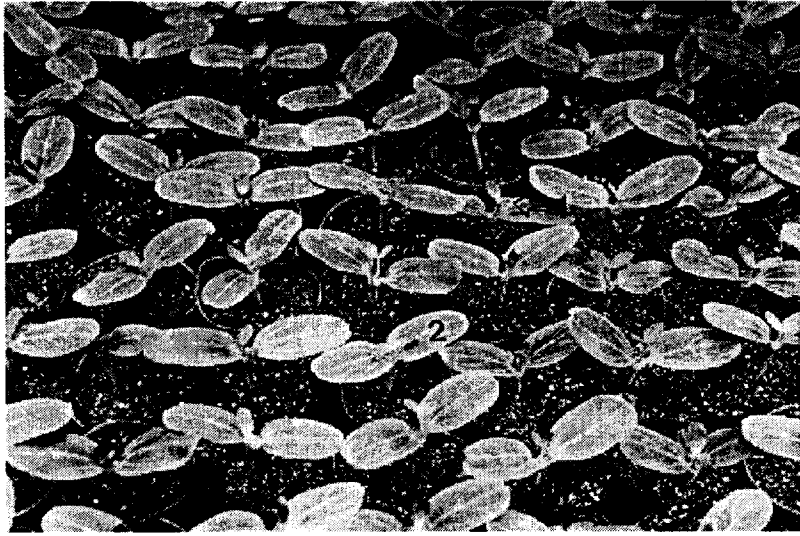


그림 4-3 삼접후의 모습 1) 접수:수박 2) 대목:박.

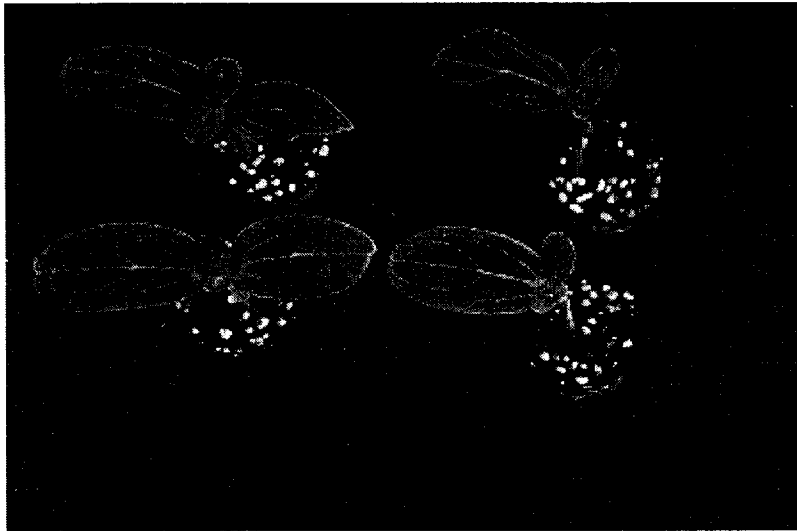


그림 4-4 1) 삼접 2) 편엽절단 삼접.

1. 접목활착율

접목 3주후에 조사한 접목방법별 활착율을 보면(표 4-10), 호접은 89.9%, 삽접은 82.3%로 삽접보다 호접이 약 8% 정도 높은 접목활착율을 나타냈다. 이는 호접이 대목과 접수의 뿌리가 모두 있는데 반하여, 삽접은 접수의 뿌리 부위를 완전히 절단하여 접하기 때문에 접수와 대목의 유착기간 동안 대목에서만 수분과 양분이 공급되므로 활착율이 다소 낮아 지는 것으로 사료된다.

표 4-10 접목방법별 활착율.

접목방법	호접	삽접
활착율 (%)	89.9	82.3

2. 접목후 묘소질

정식시 묘소질을 보면(표 4-11), 호접이 삽접에 비하여 초장, 엽수, 엽면적, 생체중 및 건물중 모두에서 높게 나타났는데, 전반적인 생육은 호접 > 삽접 > 무접목의 순이었다.

육묘과정 중에 육묘환경이 매우 양호하였는데에도 무접목 자근묘는 접목묘에 비하여 뿌리의 발달이 매우 미약하였는데, 불량환경에서 육묘하게 되면 접목묘와 무접목묘와의 묘소질에 더 큰 차이를 보일 것으로 생각된다.

표 4-11 접목방법별 정식시 묘소질.

접목방법	초장 (cm)	엽수 (매)	엽면적 (㎤)	생체중(gr/주)		건물중(gr/주)	
				접수	대목(뿌리)	접수	대목(뿌리)
호접	16.7	6.4	124.9	5.49	1.42	0.52	0.16
삽접	15.5	5.7	123.7	5.36	1.41	0.50	0.14
무접목	14.2	5.5	111.6	5.02	0.42	0.49	0.08

접수: 달고나 수박, 대목: 박

제5절 접목형식에 따른 생력화

기계화-생력화 부분에서는 단근삽법이 호접법에 비하여 장치개발이 용이하다고 보고되어 있다. 대부분의 일본개발 시작기의 경우 비교적 접목이 용이하고 활착율 및 성모율이 높은 토마토는 합접으로, 오이를 비롯한 박과류는 편엽절단 접의 형태를 취하고 있다.

여기서 박과류의 경우 편엽절단접을 이용하게 되면 접목작업후 활착 및 성묘를 위한 공정 및 고정밀 환경제어 시설이 부가적으로 필요하다. 하지만 본 연구에서 개발하고자하는 접목기는 보다 다양한 과채류 즉 박과류 전반에 걸쳐 적용이 가능한 호접형태의 접목기술을 채택하였는데 호접의 경우 활착 및 성묘 공정을 간략화할 수 있는 장점이 있다.

접목방법에 따른 생력화 정도를 평가하기 위하여 접목방법에 따른 접목 소요 노력 및 실증시험을 통한 접목효율을 분석하였다.

1. 접목방법별 소요노력

마찬가지로 박과 채소에서 주로 이용되는 접목방법인 호접방법과 삽접방법을 비교 검토하였다. 접목방법에 따라서 100주 접목에 소요되는 시간은 호접의 경우 79분, 삽접의 경우 53분으로 삽접이 호접에 비하여 소요노력이 적은 것으로 조사되었다(표 4-12). 이는 접목 활착후 대목의 배축 절단 및 클립 제거에 소요되는 시간이 삽접의 경우에 비해 호접의 경우에 있어 많이 소요되기 때문이다. 접목 과정별로 소요 시간을 살펴 보면 채묘에 4분 20초-30초, 접목묘의 이식에 6-7분 내외가 소요되는것에 반해, 접목에는 42-50분으로 많은 시간이 소요되므로 생력화를 하기 위해서는 접목소요 시간을 단축시켜야 할 것으로 판단되었다.

표 4-12 접목방법별 접목소요 시간.

접목방법	채묘	접목	이식	배축절단	클립제거	계
호 접	4분 20초 (2.6초)	50분 (30초)	7분 8초 (4.7초)	8분 2초 (4.9초)	7분 8초 (4.7초)	76분 38초 (46초)
삼 접	4분 30초 (2.7초)	42분 30초 (25.6)	6분 10초 (3.7초)	-	-	53분 10초 (31.9초)

대목 : 박, 접수 : 달고나 수박, () : 1주당 소요시간

2. 실증 접목효율 시험

가. 접목 소요시간

캠 구동형 간이 자동접목기에 의한 접목작업속도는 표 4-13과 같았다. 작업속도는 1단계에서 1본 접목하는데 14초가 소요되어 1시간에 250여본, 2단계가 10초에 360본 정도가 소요되었다.

접목작업은 3명 1조로 수행하였는데, 1명의 접목작업자와 대목과 접수의 모종을 공급하는 1명의 보조원 그리고 다른 1명은 접목한 것을 포트에 옮겨심었다. 기계를 작동한 처음에는 작업의 숙련도에 문제가 있어 1단계 작업중에도 수회 정지되었으나, 점차 숙련됨에 따라 2단계까지는 큰 무리없이 작업이 가능하였다. 그러나 3-4단계는 작업속도가 너무 빨라 접목작업의 원활한 수행에 많은 제약을 받았다.

표 4-13 자동접목기의 접목작업속도단계별 접목소요 시간.

접목작업속도	1본접목속도(초)	1시간접목본수(본)
1단계	14	250
2단계	10	360
3단계	8	450
4단계	6.5	550

나. 접목성공율

캠구동형 간이 육묘접목기로서 호접에 의한 접목방법의 실증시험을 실시한 결과 약 93%의 접목 성공율을 보였다. 일본의 주요 상용화된 접목기보다 성공율이 낮은 이유는 수목과 대목의 공급시 밀착되는 정도가 작업자의 숙련도에 의존하고 상당히 세밀한 주의가 요구되기 때문이라고 사료된다. 실패의 주요인으로서 수목과 대목의 어긋남, 대목의 완전절단 및 수목의 절단부가 대목의 절단부에 끼워지지 않음 등으로 분류되었다.

다. 활착율

접목 3주후에 조사한 접목방법별 활착율을 보면(표 4-14), 1단계와 2단계에서는 87-88%이었으나, 3단계와 4단계에서는 72-73%로 약 15% 정도 활착율이 떨어졌다. 호접은 89.9%, 삽접은 82.3%로 호접이 약 8% 정도 접목활착율이 높게 나타났다. 이는 1-2단계에서는 작업속도가 적당하나 3-4단계에서는 속도가 빨라 작업자가 제대로 접목작업을 행하지 못하여 활착율이 낮아진 것으로 생각된다.

표 4-14 접목작업속도에 따른 활착율.

접목작업속도	활착율(%)
1단계	87.3
2단계	88.1
3단계	73.5
4단계	71.7

3. 접목형식에 따른 기계화 분석

일본 오오사카부립대학에서 삽접(plug-in method)을 이용한 기계화 연구를 수행하고 있으나, 수목을 원추형으로 깎고 또한 대목에도 원추형의 구멍을 파야 하는데 정밀도와 작업시간 측면에서 문제점이 있다. 일본의 경우를 고려하면 편엽절단접이나 평접의 경우가 쉽게 기계화될 수가 있으나, 활착율을 높이기 위한 정밀한 환경제어설비가 필요하다. 반면 호접은 활착율을 높이기 위한 정밀한 환경제어는 요구되지 않으나 활착후 접수목의 뿌리를 절단해야 하는 부가적 작업이 필요하다. 국내여건을 고려하면 정밀 환경제어 시스템의 보급이 아직 일반화되어있지 않고 대부분의 접목이 현 시점에서는 농가단위 향후에는 조합단위 또는 시설 육묘단위로 수행되어질 것으로 판단되었다. 따라서 접목후에 환경의 영향을 비교적 덜 받는 호접을 이용한 기계화가 보다 절실하다고 본다.

제6절 접수와 대목의 역학적 물성

육묘의 접목자동화를 위해서는 육묘의 물성치 조사를 통하여 육묘 접목기의 제작을 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 자동 접목장치에는 육묘를 운반하고 접목시키는 과정에서 묘를 물리적으로 파손시킬수 있다. 따라서 정상적인 생육을 위한 묘의 압축력 및 전단력에 대한 저항 정도를 파악하는 것은 중요하다.

1. 육묘의 물성치 측정 재료 및 방법

가. 공시육묘 및 육묘특성

물성치 측정에 사용된 육묘는 접수용으로 오이(장형흑진주) 100본, 수박(달고나), 100본, 참외(금괴) 100본을 사용하였다. 또한 오이 대목용으로 박(FR-TOP) 100본, 참외 및 수박의 대목용으로 호박(서울홍토좌, 흑종호박) 각 100본씩을 사용하였다. 또한 육묘의 특성 조사항목으로는 품종, 모길이, 배축길이, 배축직경(자엽전개, 직각), 자엽길이, 자엽폭 및 배축단면적을 조사하였다(표 4-15, 표4-16). 육묘의 크기는 캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 사진 4-5

및 사진 4-6은 각각 물성측정에 사용된 육묘 및 줄기 측정 모양을 나타내고 있다.

표 4-15 접수로 사용된 육묘의 특성 (단위: mm)

품종	모길이	배축길이	배축직경 (자엽)	배축직경 (직각)	자엽길이	자엽폭
오이(정형흑진주)	228.4	156.9	3.2	3.1	54.2	30.5
최대	273.0	189.0	3.6	4.4	68.0	36.0
최소	173.0	107.0	2.5	2.5	45.0	26.0
참외(금괴)	73.0	33.0	1.9	2.0	26.0	16.5
최대	104.0	45.0	2.6	2.7	36.0	23.0
최소	50.0	19.0	1.3	1.3	15.0	12.0
수박(달고나)	113.2	73.1	2.1	2.9	36.0	22.6
최대	151.0	98.0	3.0	4.1	47.0	37.0
최소	86.0	51.0	1.5	1.9	25.0	13.0

표 4-16 대목으로 사용된 육묘의 특성 (단위: mm)

품종	모길이	배축길이	배축직경 (자엽)	배축직경 (직각)	자엽길이	자엽폭
흑종호박	112	42	3.6	4.0	51	40
최대	149	59	3.8	4.9	65	47
최소	64	24	2.2	2.1	35	30
홍토좌	131	68	3.7	3.8	45	33
최대	149	79	4.1	4.6	54	39
최소	94	54	2.9	3.0	34	25
FR-TOP	115	64	3.3	3.4	46	26
최대	133	85	4.1	4.4	55	30
최소	90	43	2.9	3.0	29	23

나. 측정장치 및 측정방법

육묘의 물성치 측정에 사용된 장치는 Stable Micro System V3.7을 이용하였다. 측정항목은 육묘의 압축응력, 굽힘응력, 전단응력을 측정하였다. 또한 압축, 휨, 전단 측정을 위한 Probe의 이동 속도는 생물체의 측정을 위한 ASAE 규정에 따라서 $25\text{mm/min} \pm 20\%$ (= 20-30mm/min) 또는 $0.42\text{min/sec} \pm 20\%$ (= 0.333mm/sec-0.5mm/sec)을 적용하였다. Probe의 이동거리는 육묘 단면의 90%의 범위로 설정하였다. 육묘의 고정부분은 접목장치의 특성에 따라 설정하였다. 그림 4-7과 그림 4-8은 각각 물성측정기에 의한 육묘의 전단 및 압축 실험을 하는 모양을 나타내고 있다. 그림 4-9와 그림 4-10은 물성치 측정장치에 의한 분석 결과의 예를 나타내고 있다. 그림 4-9에서 첫 번째 피크(1)은 육묘 조직의 미세한 파괴가 시작되는 항복점(BP: bioyield point)를 나타내고 있으며 2번째 피크는 조직이 완전히 파괴되는 파괴점(RP: rupture point)를 나타낸다.

다. 물성치 분석 내용

육묘의 압축시험을 위하여 각 작물의 대목, 접수, 접목묘의 압축응력 측정하였다. 측정자료를 근거로 적정 압축의 추정, 직경과의 압축응력과의 관계 조사를 실시하였다. 굽힘시험에서는 각 작물의 대목, 접수의 휨응력 측정하였다. 측정자료를 근거로 육묘의 굽힘응력의 조사 및 직경과 굽힘응력과의 관계를 분석하였다. 전단시험을 위하여 각 작물의 대목, 접수의 전단응력 측정하였다. 측정자료를 근거로 육묘의 전단응력 조사 및 직경과 전단응력과의 관계를 분석하였다.



그림 4-5 옥묘의 물성치 실험에 사용된 옥묘.



그림 4-6 옥묘의 줄기 직경 측정.

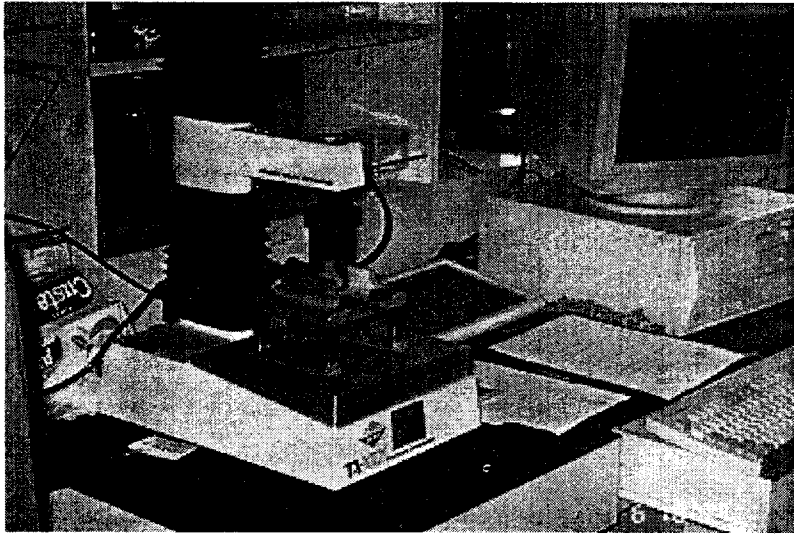


그림 4-7 물성측정기에 의한 육묘의 전단실험.

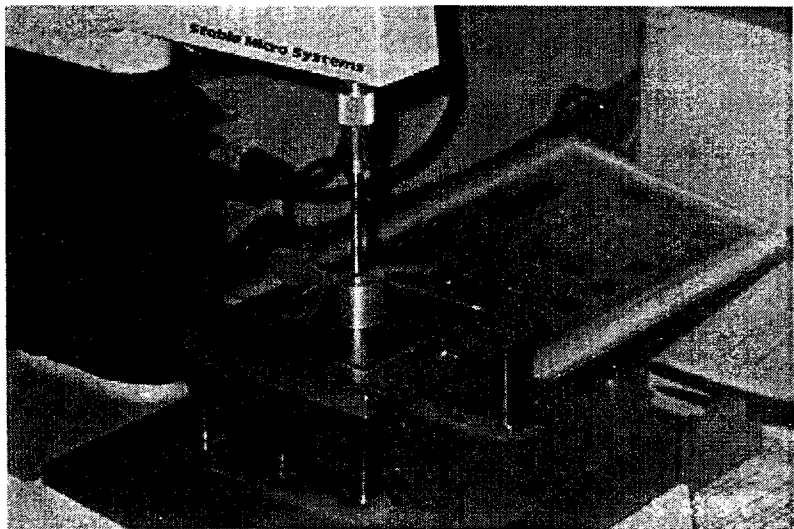


그림 4-8 물성측정기에 의한 육묘의 압축실험.

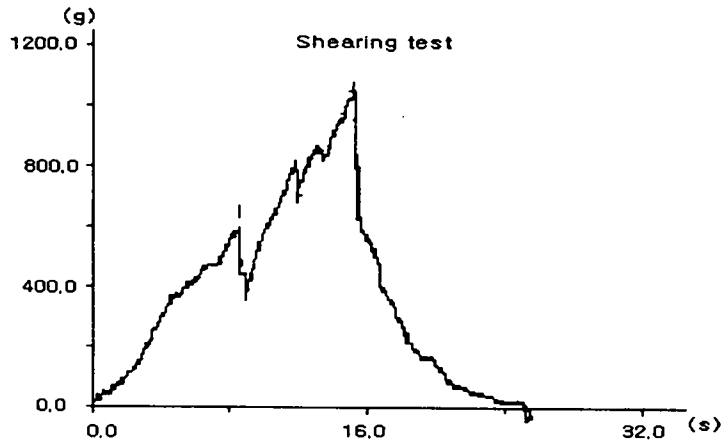


그림 4-9 옥묘의 전단력 측정 결과의 예.

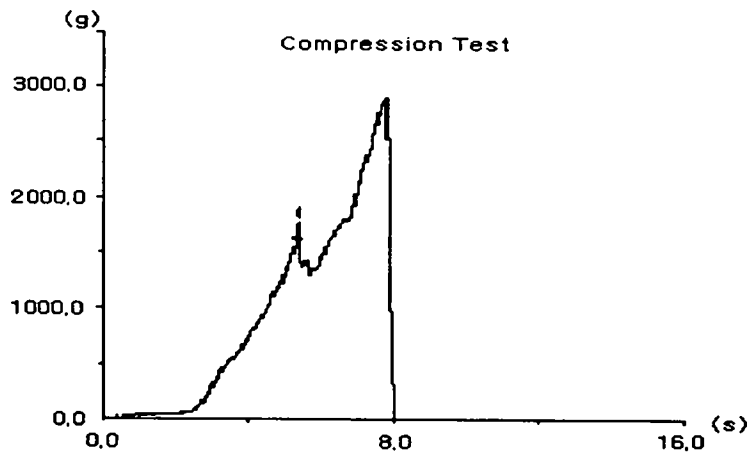


그림 4-10 옥묘의 압축력 측정 결과의 예.

2. 옥묘의 물성치 측정 결과

가. 옥묘의 압축시험

옥묘의 적정 압축율과 하중을 파악하기 위하여 생물체 항복점(BP: Bioyield Point)를 조사하였다(표 4-17). 변형율은 30-60%로 다양한 분포를 나타냈다. BP 값이 크다는 것은 식물 조직이 파괴되는 시점이 늦게 나타나며, 상대적으로 파괴에 대한 저항이 크다는 것을 의미한다. 접수중에서는 수박이 BP 에서 압축에 대한 변형율이 가장 큰 값을 나타냈으며, 대목은 상대적으로 접수에 비하여 큰 값을 나타냈으며 호박 보다는 박류에서 큰 값을 나타냈다. 또한 접목용옥묘에서 많이 사용되고 있는 변형율 30% 수준에서의 옥묘별 하중을 측정한 결과 대목이 일반적으로 큰 값을 나타냈다(표 4-18).

표 4-17 생체 항복점(Bioyield Point)에 의한 하중 및 변형율

품종	배축직경(mm)		하중(gf)	변형률(%)
	자엽전개	직각방향		
오이	3.23	3.26	733	31.5
수박	2.35	3.25	1182	59.3
참외	1.81	1.91	385	49.1
흑종호박	3.12	3.9	1063	45.8
FP-TOP	2.73	3.46	1783	60.2
홍토좌	3.46	3.59	2874	65.2

표 4-18 압축 변형율 30%에서의 하중

품종	배축직경(mm)		하중(gf)	비고
	자엽전개	직각방향		
오이	3.23	3.26	494	
수박	2.35	3.25	273	
참외	1.81	1.91	144	
흑종호박	3.12	3.9	481	
FP-TOP	2.73	3.46	414	
홍토좌	3.46	3.59	556	

나. 육묘의 전단시험

접목시 육묘의 절단에 대한 저항을 파악하기 위하여 전단력을 측정하였다. 접수와 대목의 하중이 명확하게 구분되었고, 변형율은 접수가 20-30%, 대목은 35-40%의 분포를 나타냈다(표 4-19). 또한 접목용육묘에서 많이 사용되고 있는 변형율 30% 수준에서의 육묘별 하중을 측정한 결과는 표 4-20과 같다.

표 4-19 세포의 전단파괴 발생시의 육묘별 하중 및 변형률

품종	배축직경(mm)		하중(gf)	변형률(%)
	자엽전개	직각방향		
오이	3.17	3.12	616	30.9
수박	2.03	2.91	422	24.9
참외	1.94	2.04	238	20.4
흑종호박	3.21	4.1	1802	39.0
FP-TOP	3.39	3.5	1233	36.8
홍토좌	3.57	3.76	1730	42.1

표 4-20 전단 변형을 30%에서의 육묘별 하중

품종	배축직경(mm)		하중(gf)	비고
	자엽전개	직각방향		
오이	3.17	3.12	501	
수박	2.03	2.91	397	
참외	1.94	2.04	285	
흑종호박	3.21	4.1	1097	
FP-TOP	3.39	3.5	899	
홍토좌	3.57	3.76	682	

다. 육묘의 굽힘시험

점목시 육묘의 굽힘에 대한 저항을 파악하기 위하여 굽힘모멘트를 측정하였다. 굽힘모멘트는 측정된 하중에 묘의 길이/4을 곱하여 계산하였다. 굽힘모멘트는 대목이 전반적으로 접수보다 큰 것으로 나타났고, 변형율은 40% 전후로 나타났다(표 4-21). 또한 점목용육묘에서 많이 사용되고 있는 변형율 30% 수준에서의 육묘별 하중을 측정한 결과는 표 4-22와 같다.

표 4-21 굽힘에 의한 세포의 파괴시의 굽힘모멘트와 변형율

품종	배축직경(mm)		모멘트(g-cm)	변형률(%)
	자엽전개	직각방향		
오이	3.03	2.94	38.3	41.2
수박	2.11	3.02	26.8	39.8
참외	1.98	2.05	9.0	38.1
흑종호박	3.23	4.17	48.5	41.9
FP-TOP	3.34	3.51	37.3	44.0
홍토좌	3.62	3.79	63.8	43.7

표 4-22 급힘 변형을 30%에서의 하중 및 모멘트

품종	배축직경(mm)		하중(g)	모멘트(g-cm)
	자엽전개	직각방향		
오이	3.03	2.94	142	35.5
수박	2.11	3.02	96	24.0
참외	1.98	2.05	34.3	8.6
흑종호박	3.23	4.17	174	43.5
FP-TOP	3.34	3.51	140	35.0
홍토좌	3.62	3.79	217	54.3

제 5 장 접목육묘의 활착을 및 성모을 향상을 위한 환경제어 기술개발

제1절 서설

접목시의 활착 및 성묘에 관계되는 환경요인은 온도, 습도, 광, 토양수분 등을 들 수 있다. 따라서 최적 환경조건을 유지하기 위하여 접목시설 및 순화시설을 사용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 접목시설은 입고후 3-4일, 순화시설은 출고후 7일 정도의 양생과정이 필요하다. 특히 순화시설은 접목시설에서 자연환경에 익숙하게 하기위한 관리시설로 출고후 3-4일간은 차광망으로 30-50% 일사를 차단한다. 적극적인 환경조절은 지역적 자연환경에 따라서 변하게 된다. 표 5-1은 육묘의 생산공정 및 환경제어 공정을 도표로 보여주고 있다.

표 5-1 육묘의 생산공정 및 환경제어(접목시설 및 순화시설).

		1엽기		2엽기		3엽기		4엽기		5엽기 8-9엽기	
일수		←3-4일→		←5-6일→		←9-14일→		←3-4일→		←5-10일→	
		←과종 - 접목까지→				←접목 - 출하까지→					
작업공정	대목	파종 — 이식		통상육묘관리		입고		양생		출하	
	수목	파종 — 이식		통상육묘관리		접목		통상육묘관리		출하 — 정식	
		통상육묘관리								통상육묘관리	
주		28-30℃	23-26℃	23-26℃	온도: 28℃ 습도: 90% 광량: 5klx 풍속: 30cm/s 접목시설				23-25℃	23-25℃	
야		28-30℃	16-17℃	15-16℃					13-15℃	13-15℃	
육묘자		묘 생산자								재배농가	

접목시의 활착 및 성묘에 관계되는 환경요인은 온도, 습도, 광, 토양수분 등을 들 수 있다. 이 중에서 가장 중요한 것은 온도, 습도 및 광 조건이다. 다음의 표 5-2는 주요 작물별 접목시설에서의 환경조건을 나타내고 있다.

표 5-2 접목시설의 환경 설정치 예.

환경인자 종류	온 도 (℃)	습 도 (%)	광 량 (lx)	풍 속 (m/s)
토마토	28-25	90	5,000	0.3
가 지	28	90	5,000	0.3
오 이	28	93	3,000	0.3
수 박	28	93	3,000	0.3

여기서,

- 온습도는 토마토가 25℃, 90%, 가지가 28℃, 90% 등으로 조사되어 있다.
- 단근삽접법일 경우, 토마토는 5000 lx정도의 광량에서 생육상태가 양호 하였으나 5000 lx 이하에서는 현저히 생육상태가 저하되었고, 가지는 2000 lx이상의 광량이 공급될 때 생육상태가 양호하였다.
- 일반적으로 약광조건일 경우 일장시간이 길수록, 강광조건(5000 lx)일 경우 12시간의 일장시간이 적정한 것으로 조사되었다.
- 접목시설에 입고후 즉시 광조사한 것이 활착율이 100%에 가깝고 시간이 경과함에 따라서 활착율이 감소하는 경향을 나타냈다.
- 순화방법은 출고후 7일간으로 토마토는 30-50% 차광이 필요하며 평균조도 2000lx 상태로 유지시킨다. 특히 초기환경과 자연환경 조건과의 보간에 의하여 점진적으로 환경변화 조건을 부여한다.
- 육묘생산력은 인공광(접목시설사용)일 경우가 자연광(광행방법사용)에 비하여 상건물층이 증가되고, 수량이 증대되며 착과가 우수한것으로 나타났다.

제2절 접목상의 환경제어모델 개발

1. 환경제어 시스템의 개요

환경제어의 대상으로는 실내외 광강도, 실내외기온, 실내외습도 등을 들 수 있다. 이와같은 제어대상 및 방법으로는 지상부 환경제어의 경우, 실내광강도를 조절하기 위해 차광망을 이용하고, 실내온도를 조절하기 위해 난방기, 냉방기, 환기팬을 이용하며, 실내습도를 조절하기 위해 환기팬을 이용한다. 그림 5-1은 환경제어시스템의 개념도를, 그림 5-2는 환경제어체계를 나타내고 있다.

2. 접목시설내의 환경제어

접목시설 내에서의 환경조건은 약 4일 동안 일장시간 12시간, 온도 25℃, 습도 90%를 거의 일정하게 유지하여서 작물이 스트레스를 받지 않도록 한다. 따라서 환경제어 방법은 PID 제어방식을 이용하여 온습도 제어를 정확히 실시할 수 있도록 해주어야 한다.

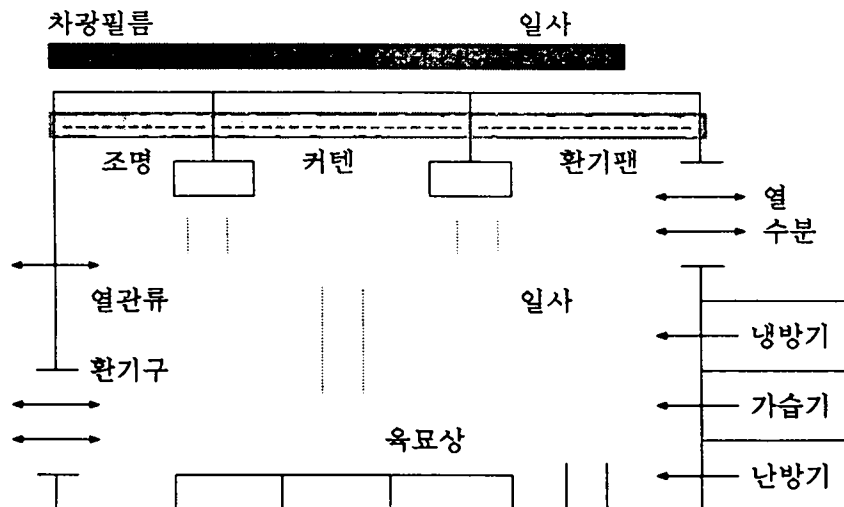


그림 5-1 환경제어시스템 개념도.

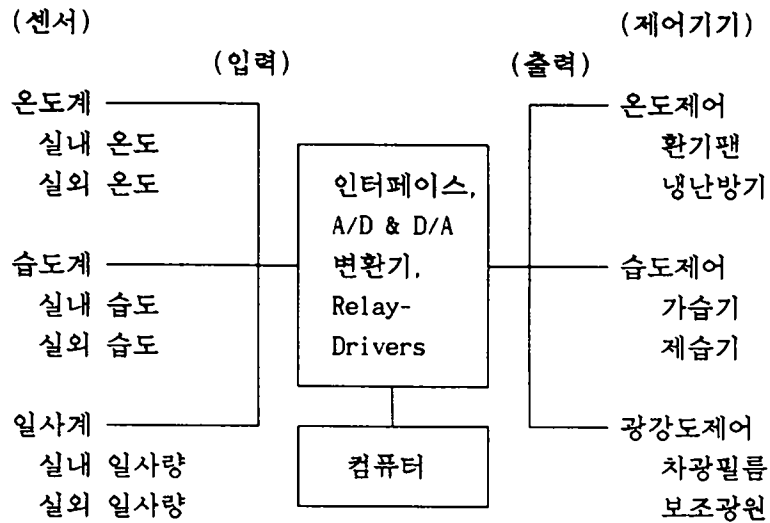


그림 5-2 환경제어체계 개념도.

3. 순화시설내의 환경제어

순화시설 내에서의 환경조건은 약 7일간 일장시간 16시간, 온도 변동 25℃ 자연상태(목표치), 습도 변동 90% 자연상태(목표치), 광 5000 lx 자연상태(목표치)가 되도록 점진적으로 환경 변동을 주도하도록 한다. 그러나 지역별 온습도 및 광환경이 상이하기 때문에 지역별 온(습)도 일변화 곡선을 기본으로 하여 가능한 실제의 환경변화 패턴에 일치하도록 하여야 한다. 예를 들어 온도의 경우, Fourier 함수로 실제 일변화 곡선을 유도하여 예측식과 실제의 측정치와의 차이를 가능한 줄일 수 있도록 PID 제어 방식을 사용하였다.

그림 5-3은 육묘 순화에 적용된 작물생육제어시스템의 개요를 보여주고 있다. 생육시스템은 크게 작물생육공간, 온습도조절을 위한 공조장치, 인공광원부분, 양액 및 탄산가스 공급장치, 컴퓨터 제어시스템으로 구성되어 있다. 또한 시간별 환경 설정이 가능한 프로그램 제어를 할 수 있도록 되어 있다.

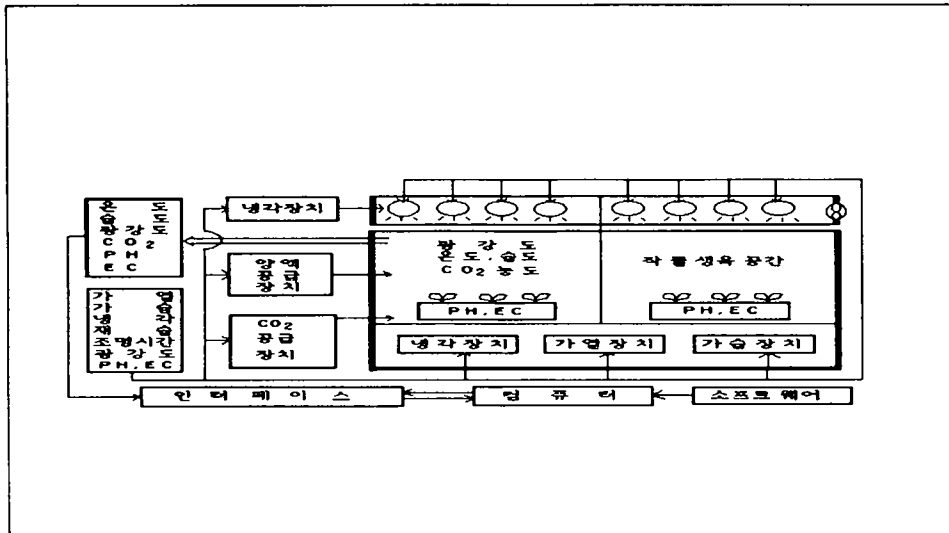


그림 5-3 작물생육 제어시스템의 개요.

그림 5-4는 옥묘의 단계적 순화를 위한 작물생육조절장치의 온도제어 결과를 보여주고 있다.

이미 프로그램된 순서에 따라 재배실내의 온도가 단계적으로 변화되고 있는 것을 나타내고 있다.

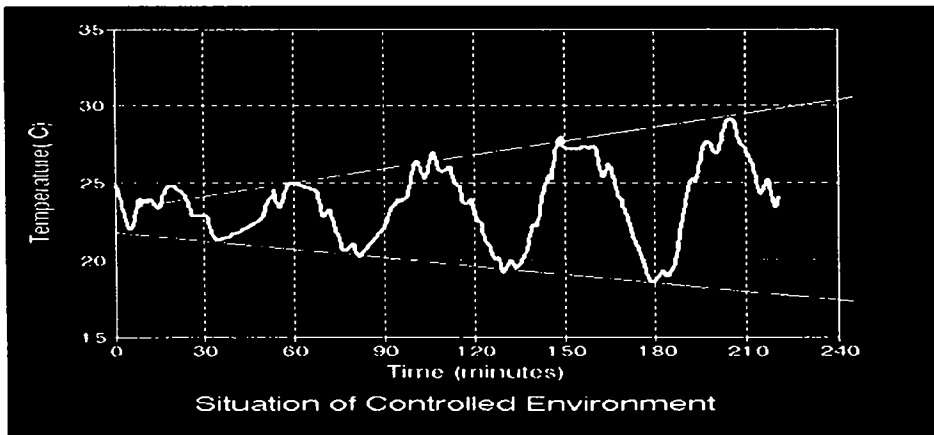


그림 5-4 작물생육 조절장치의 온도제어 결과.

4. 육묘 순화용 환경제어 모델

가. 기본 모델

실외의 기온변화 곡선을 조화분석(調和分析)을 통하여 근사시킨다. 조화분석은 일정한 주기로 변동을 반복하는 사상(寫像)(기온, 일사 등)을 가장 적절히 표현해 준다. 주기 T_1 의 기온변동을 등간격 $2n$ 개의 수치로 읽으면, 아래의 식과 같이 산술평균치(정상항) 이외에, 주기가 T_1 인 항(기본파), 그것의 $1/2$ 주기 항(제2고조파, 이하 동상), $1/3$, $1/4$, $1/n$ 주기 항의 n 개의 수치의 합으로 분해하여 표현할 수 있다. T_1 은 기본파의 주기이다. 조화분석의 기본식은 다음과 같다.

$$\theta_u(t) = M_m + M_1 \cos \frac{360}{T_1} t + M_2 \cos \frac{360}{1/2 T_2} t + M_3 \cos \frac{360}{1/3 T_3} t + \dots$$

$$+ N_1 \sin \frac{360}{T_1} t + N_2 \sin \frac{360}{1/2 T_2} t + N_3 \sin \frac{360}{1/3 T_3} t + \dots$$

단, $M_y = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{2n-1} X_i \cos \frac{360y}{2n} i$, $M_n = \frac{1}{2n} \sum_{i=0}^{2n-1} X_i \cos \frac{360n}{2n} i$,

$$N_y = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{2n-1} X_i \sin \frac{360y}{2n} i, \quad N_n = 0$$

여기서, t 는 시간(h), T_1 은 기본파의 주기, M_m 은 쏠 목표치의 산술평균, 기타 M , N 은 변동의 진폭으로 y 번째 고조파의 진폭은 지역에 따라 다르다.

나. 온도제어모델

조화분석 방법으로 전형적인 기온 변동을 구하고, 변동의 진폭은 M_i 및 N_i 의 목표치를 사용하여 구할 수 있다. 이것을 이용하여 평균기온(θ^{avg}), 작물생육적은 고온부(θ^{max}) 및 저온부(θ^{min})로부터 매시간의 기온을 추정할 수 있는 식을 유도할 수 있다. 표 5-3은 작물의 생육적온범위 및 생육한계온도를 나타내고 있다.

- 기본식 : $\theta_d(t) = \theta_d^{avg} + (\theta_u(t) - \theta_u^{avg}) \frac{(\theta_d^{max} - \theta_d^{min})}{(\theta_u^{max} - \theta_u^{min})}$

단, $\theta_d^{max} = \theta_0^{max} + \frac{d}{n}(\theta_n^{max} - \theta_0^{max})$

$\theta_d^{min} = \theta_0^{min} + \frac{d}{n}(\theta_n^{min} - \theta_0^{min})$

$\theta_d^{avg} = \theta_0^{avg} + \frac{d}{n}(\theta_n^{avg} - \theta_0^{avg})$

- 실제식 : 생육한계온도 고려

$\theta_d(t) = \theta_d^{avg} + (\theta_u(t) - \theta_u^{avg}) \frac{(\theta_d^{max} - \theta_d^{min})}{(\theta_u^{max} - \theta_u^{min})} \pm \alpha$

단, α 는 생육한계온도에서 $\pm 2^\circ\text{C}$ 내측온도,

10초간격일 경우는 $k = \frac{t}{360}$

표 5-3 작물의 생육적정온도 및 생육한계온도.

작 물	온 도(°C)			광포화조도 (lx)
	최고	적정	최저	
토마토	35	25-20	5	70,000
오 이	35	28-23	8	55,000
메 론	35	30-25	15	60,000

다. 습도제어 모델

조화분석 방법으로 전형적인 계절의 습도 변동을 구하고, 변동의 진폭은 M_i 및 N_i 의 실측치를 사용하여 구할 수 있다. 이것을 이용하여 임의 지역에서의 일 평균습도(H^{avg}), 최고습도(H^{max}) 및 최저습도(θ^{min})로부터 매시간 습도를

추정할 수 있는 식을 유도할 수 있다. 이것은 온도제어 모델에 근거하여 적용된다.

- 기본식 :
$$H_d(t) = H_d^{avg} + (H_u(t) - H_u^{avg}) \frac{(H_d^{max} - H_d^{min})}{(H_u^{max} - H_u^{min})}$$

- 실제식 : 상한치-하한치 고려

$$H_d(t) = H_d^{avg} + (H_u(t) - H_u^{avg}) \frac{(H_d^{max} - H_d^{min})}{(H_u^{max} - H_u^{min})} \pm \beta$$

라. 강제어 모델

조화분석 방법으로 전형적인 일사량 변동을 구하고, 이것을 이용하여 목표치의 최대 일사량 (I^{max})로부터 매시간 기온을 추정할 수 있다.

- 기본식 :
$$I_d(t) = I_u(t) \frac{I_d^{max}}{I_u^{max}}$$

단,
$$I_d^{max} = I_0^{max} + \frac{d}{n} (I_n^{max} - I_0^{max})$$

- 실제식 :
$$I_d(t) = I_u(t) \frac{I_d^{max}}{I_u^{max}} \pm \gamma$$

마. 환경제어 관련 모델

온수난방에는 70~100℃의 온수를 순환시키는 저온수난방과 100℃ 이상의 가압온수를 사용하는 중·고온수난방이 있지만, 대부분의 경우 온수난방은 저온수난방을 가리킨다. 온풍난방은 연료의 연소에 따라 발생된 열을 공기에 전달하여 가온시키는 난방방법으로서, 설비 비용이 저렴하고, 보수관리가 용이하며, 온수난방에 비해 예열시간이 짧고, 열가이기 때문에 온수난방보다는 더 많이 사용되고 있다. 기본 냉난방 제어모델은 다음과 같다. 또한 냉방방법으로는 Pad and fan method, Fog and fan method 및 Mist and fan method 등이 사용된다.

$$V_i C_a \frac{d\theta_i}{dt} = Q(t) + S(t)$$

$$Q(t) = K(e + T_d \frac{de}{dt} + \frac{1}{T_i} \int edt) \quad \text{단, } e = \theta_s - \theta$$

(지체시간 L이 필요할 경우: $Q(t) \rightarrow Q(t-L)$ (단, $t < L$ $Q=0$))

여기서, $S(t)$: 실내온도 θ 에 관련된 열수지식

$Q(t)$: 제어열량

θ_s : 설정온도

K : 비례상수

T_d : 미분상수

T_i : 적분상수

바. 열환경 모델의 기본적 개념

필요 냉난방열량은 대체로 온실의 표면적과 내외 기온차에 비례하는 특성을 가지고 있으므로 이를 이용하면 暖房負荷는 간단히 다음 식으로 표현될 수 있다.

$$S(t) = A_g U (\theta_o - \theta_i)$$

여기서, $S(t)$ 는 냉난방부하(kcal/hr), A_g 는 溫室의 표면적(m^2), U 는 냉난방부하계수(kcal/ m^2 /hr/ $^{\circ}C$), θ_{in} 은 설계실내기온($^{\circ}C$), θ_o 는 실외기온($^{\circ}C$)이다. U 를 열수지에 근거하여 상세하게 구하면 다음과 같다. 부하계수(U)의 값은 관류열량, 환기전열량, 지중전열량을 일괄 고려하여 냉난방필요열량을 구하기 위해서 도입한 비례계수로써 상세한 값은 다음 식을 이용한다.

$$U = h_t + h_{ven} + \frac{\beta H_{so}}{\theta_o - \theta_i}$$

여기서, h_t 는 관류열율, h_{ven} 은 환기전열계수, β 는 보온비(=지표면적/표면적), H_{so} 는 지중전열량이다.

사. 열수지 개념에 근거한 열환경모델

1) 열수지의 기본적 개념

본 모델에서는 직달 및 산란 일사의 흡수·반사에 의한 열교환, 각 요소들(피복재·작물·보온커튼·지표면 등)간의 복사 열교환, 증발·중산·수분이동 등에 의한 대류열 교환, 냉·난방 장치 등에 의한 열발생량 등을 고려하였다.

가) 피복재

피복재외면 : 일사흡수(직달, 산란) + 천공복사열교환 + 대류열교환(현열, 잠열)

피복재내면 : 반사흡수 + 커튼복사열교환 + 대류열교환(현열, 잠열)

나) 커튼

커튼외면 : 피복재투과일사흡수(직달, 산란) + 피복재복사열교환
+ 대류열교환(현열, 잠열) + 반사흡수

커튼내면: 내부반사흡수 + 내부복사열교환 + 대류열교환(현열, 잠열)

다) 지표면

지표면 : 도달일사흡수(직달, 산란) + 커튼 복사열교환 + 내부복사열교환
+ 대류열(현열, 잠열(증발)) + 반사흡수

지중면 : 지중열전도

라) 내부도양면

상향 전도열 + 하향 전도열 + 좌우 전도열

마) 작물체면

도달일사흡수(직달, 산란) + 커튼(피복재)복사열교환 + 대류열(현열, 잠열(중산))
+ 내부복사열교환

바) 내부공기

작물체면 대류열교환(현열, 잠열(중산)) + 지표면 대류열교환(현열, 잠열(증발))
+ 기타내부물체면 대류열교환(현열, 잠열) + 커튼내면 대류열(현열, 잠열)
+ 환기(현열, 잠열) + 난방(냉방)

사) 커튼간의 공기

$$(\text{커튼외면의 온도} + \text{피복재 내면의 온도}) \times \frac{1}{2}$$

아) 내부공기의 수분수지(moisture balance)

$$\begin{aligned} & \text{작물체증산량} + \text{내부물체면증발량} + \text{지표면증발량} + \text{커튼내면증발량(응축량)} \\ & + \text{환기(수분이동)} \end{aligned}$$

2) 각 요소의 열교환에 사용된 기본식

가) 복사열교환

복사열교환량 L_r 은 다음식과 같다. 단, 천공복사량은 외기온에 수증기압 및 구름량을 고려한 근사식을 사용하였다.

$$L_{12} = L_1 - L_2 = \varepsilon_1 \varepsilon_2 f_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4) A_1$$

$$T_{sky}^4 = f_w T_o^4$$

$$\text{단, } f_{pw} = (0.51 + 0.076\sqrt{e})(1 - C \cdot N) + C \cdot N$$

여기서, T : 절대온도

ε : 복사율

f : 형태계수

A : 면적,

σ : 스테판-볼츠만 상수

e : 실외공기의 수증기압(mmHg),

C : 경험數로 0.8

N : 雲量(0-1)

나) 현열 및 잠열 전달량(H, El)

(1) 대류열전달의 일반식

실내 및 실내의 각면에 따른 대류열전달계수는 다양하게 경험적으로 사용되고 있기 때문에 특정값은 될 수 없고, 일반적으로 피복재 외면은 외부 풍속의 함수, 내면은 피복재와 시설내의 온도차 및 내부 풍속의 함수를 사용하였다. 현열전달량 및 잠열전달량은 다음식과 같다.

$$H = h(\theta_1 - \theta_2)A$$

$$El = K\rho_a l(m_s(\theta_1) - m_2)A \approx K\rho_a l(G_1 - G_2)A$$

단, $h/K = \rho_a C_p (Le)^{2/3}$, $Le = a/D$ (Lewis수)

여기서, m : 비습(kg/kg)

h : 대류열전달계수

a : 열확산계수(공기)

A : 표면적

D : 물질확산계수(공기중의 수증기),

K : 수증기전달계수

G : 절대습도(kg/kg')

(2) 피복재 표면의 현열 및 잠열교환량(H_c, El_c)

피복재의 평균온도를 사용하였고, 표면의 증발잠열 El_c 는 실내외 온도에 따라 어느 한면만 발생한다.

$$H_c = [h_o(\theta_o - \theta_c) + h_i(\theta_i - \theta_c)]A_c$$

$$El_c = K_c l \rho_a (G_{i(o)} - G_c)A_c$$

여기서, h_o, h_i : 피복재 외·내면의 대류열전달계수,

$\theta_c, \theta_o, \theta_i$: 피복재, 실외, 실내온도,

K_c : 피복재 수증기전달계수,

첨자 i(o) : i 또는 o를 의미

(3) 환기에 의한 현열 및 잠열교환량(H_v, El_v)

$$H_v = \rho_a C_a Q (\theta_i - \theta_o)$$

$$El_v = \rho_a Q l (G_i - G_o)$$

여기서, C_a : 공기의 비열

Q : 환기량

(4) 작물사이와 내부공기의 현열 및 잠열 교환량(H_p, El_p)

$$H_p = 2h_p LAI (\theta_i - \theta_p) A_p$$

$$El_p = 2K_p / \rho_a LAI (G_i - G_{sp}) A_p$$

여기서, h_p : 엽면 대류열전달계수

θ_p : 작물체온도,

K_p : 엽면 수증기전달계수(환경변화에 따른 기공저항 고려)

(5) 지표면과 내부공기 사이의 현열 및 잠열교환량(H_f, El_f)

$$H_f = h_f (\theta_i - \theta_f) A_f$$

$$El_f = K_f / \rho_a (G_i - w G_{sf}) A_f$$

여기서, h_f : 지표면 대류열전달계수

θ_f : 지표면온도,

K_f : 지표면 수증기 전달계수

w : 지표면 포화정도(0-1)

다) 내부공기의 에너지 및 수분수지식

$$C_a V_i \frac{d\theta_i}{dt} = \sum (H_k + El_k) + H_v + El_v + H_{h/c}$$

$$\rho_a V_i \frac{dG_i}{dt} = \sum (El_k / \lambda) + \rho_a Q (G_o - G_i)$$

여기서, $H_{h/c}$: 냉난방열량(S(t))

첨자 k : 내부공기에 대한 각각의 대상부분

라) 일사환경모델

임의의 위치에서 일사량은 측정위치의 위도, 경도, 시간, 경사각 β , 태양고도 h 및 방위각 A 에 의해서 표시될 수 있다. 일사계에 의해서 측정되는 수평면 전천일사량 I_t 는 세부적으로 수평면 직달일사량 I_d 과 산란일사량 I_s 로 구분되고, 임의의 경사각 및 방위각을 가진 위치에서의 직달일사량 J_d , 산란일사량 J_s 는 다음식으로 표현된다. 따라서 시설내 지표면에 도달하는 일사량 I_f 은 각 피복재의 투과율 τ 및 각도 요인 F 에 의하여 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$J_d = I_d \frac{\sin h'}{\sin h}, \quad J_s = \frac{I_s}{2} (1 + \cos \beta)$$

$$I_f = \frac{1}{A_f} \sum_{n=1}^k [A_k (J_{d,k} \tau_{d,k} F_{d,k} + J_{s,k} \tau_{s,k} F_{s,k})]$$

단, $I_t = I_d + I_s = I_s / k_s$

$$\sin h' = \sin h \sin \beta + \cos h \cos \beta \cos (A - \alpha)$$

여기서, α : 경사면의 최대 경사방위각

k_s : 수평면일사량에 대한 산란일사량의 비율

A_f : 지표면적

첨자 k, d, s : 대상부분, 직달, 산란을 의미함

마) 커텐 모델

커텐은 겨울철 및 야간에 온실 내부의 작물의 생육환경을 최적으로 조절해 주고, 온실내로 유입된 열 에너지의 보존과 전체 열수지의 절감을 위하여 온실 피복재와 온실내부공기 사이에 설치되어 사용된다. 피복재와 마찬가지로 보온 커텐 표면의 온도도 전면적에 걸쳐서 균일하다고 가정하였다.

$$C_a V_n \frac{d\theta_n}{dt} = [h_{n,o}(\theta_n - \theta_{N-1}) + h_{n+1,i}(\theta_n - \theta_N)]A_n +$$

$$L_{n+1,n} + L_{n-1,n} + I_{n-1,n} + I_{n+1,n} + R_{n+1,n}$$

$$\theta_N = \frac{1}{2}(\theta_n + \theta_{n+1})$$

여기서, I : 일사흡수량

R : 반사흡수량,

첨자 : n, n+1 : n->n+1 방향(L의 경우는 상호방향),

n, I : n에서 하향(내면)

바) 환기모델

강제환기의 경우의 환기량은 환기팬의 용량 등으로 쉽게 구할 수 있으나, 자연환기의 경우는 온실 내부의 온도차, 환기창의 크기 및 위치, 풍속 등에 변화하기 때문에 정확한 예측이 불가능하고, 경험적으로 각 시설에 대하여 실험적으로 구하는 것이 일반적이다.

$$H_v = \rho_a C_a Q(\theta_i - \theta_o) = \rho_a C_a S(\theta_i - \theta_o)A$$

$$S = 0.44v + 6.14\sqrt{\theta_i - \theta_o}$$

여기서, S : 환기율(Q/A)

v : 외부풍속

사) 토양환경모델

토양은 일반적으로 50cm 전후를 일중 항온층이라고 하지만 계절에 따라서 온도가 변화한다. 본 모델에서는 일중 항온층의 깊이를 60cm로 하였다. 또한 토양에서의 온도분포를 보다 적절히 파악하기 위해 수직 방향의 열전달을 고려하는 1차원 모델로 작성하였다. 실내토양표면의 열수지 및 토양층내의 열수지는 다음 같다.

$$C_f \rho \lambda \frac{d\theta_f}{dt} = \sum_{f,i} f_{f,i} \epsilon_i \sigma (T_i^4 - T_f^4) + I_f / A_f + h_f (\theta_i - \theta_f) + K_f \rho (G_i - w G_{fs}) + 2k_s / (y_{\lambda 1} + y_{\lambda 2}) (\theta_{\lambda,2} - \theta_f)$$

여기서, C_f : 토양의 비열

y_{fi} : i번째의 토양층

θ_f : 토양의 온도

f_{fi} : 토양이 벽면등의 면을 보는 형태계수

ε_f : 토양에서의 장파반사율

I_f : 토양의 일사흡수량,

A_f : 상면적

h_f : 토양의 대류열전달계수

w : 토양의 습한 정도를 나타내는 상수

K_f : 토양의 수증기전달계수

G_i : 실내의 절대습도

G_{fs} : 토양온도에서의 포화절대습도

k_f : 토양의 열전도율

아) 재배환경 모델

일반적으로, 온실내의 열수지는 작물의 재배방식에 따라서 달라지기 때문에

본 모델에서는 토경재배와 수경재배로 구분하여 열수지 해석을 하였다. 육묘상의 경우 지표면적에 대한 베드 면적이 증가하기 때문에 베드면적에 관련된 지면 일사흡수, 복사열교환, 지중열전도 부분이 추가되었다.

$$C_p V_p \frac{d\theta_p}{dt} = I_p + H_p + L_{p,c} + L_{p,g} + L_{p,b} - E_p$$

여기서, $L_{p,c}$, $L_{p,f}$, $L_{p,b}$: 작물과 피복재, 지표면, 베드 사이의 복사열 교환량

I_p : 작물의 일사흡수량

V_p : 작물체적

C_p : 작물의 비열

$\theta_{t,}$: 지면 온도

E_p : 증산량

제 6 장 결론 및 요약

우리나라의 채소재배는 농가소득의 약 15%를 차지하고 있는 매우 중요한 작목이다. 특히 과채류의 재배면적과 생산량은 매년 증가추세로, 고품질 원예작물 생산을 위하여 시설재배 면적이 급격히 증가하고 있다. 원예작물의 생산에 있어서 양질의 묘를 육성한다는 것은 고품질, 다수확의 기초가 되는 매우 중요한 작업이며 높은 수준의 기술과 숙련을 필요로 한다. '94년 기준 과채류 재배면적은 78,030ha로 재배에 필요한 소요 묘수는 약 7.9억본이며, 이중 약 70%인 5.5억본의 접목묘가 필요한 것으로 추정된다.

우리나라의 경우 토지가 협소하여 채소작물의 대부분이 윤작이 불가능하여 연작을 하고있는 실정이다. 각종 장애와 주년수요의 증가에 따른 불시재배의 증가로 인하여 저온신장성, 병해저항성 등과 같이 작물의 내성증진을 목적으로 접목묘의 이용이 현재 급속도로 증가하고 있다.

특히 연작장애가 심한 수박, 메론, 오이, 참외 등의 박과형 채소류는 대부분 접목재배가 필요한 실정이다. 그러나, 접목작업은 국내의 경우 대부분이 수작업으로 행하여지며 세밀한 조작과 숙련성 그리고 많은 노력을 필요로 한다. 수작업에 의한 접목이 계속될 경우 인건비 상승으로 접목육묘의 가격이 올라 재배한 과채류의 가격 경쟁력을 떨어뜨리고 결과적으로 농가수익의 감소를 초래한다. 따라서, 박과형 과채류의 안정적 생산과 고품질 생산을 유도하기 위해서는 접목작업의 생력화를 통한 접목비용의 절감이 필수적이라 하겠다.

국내의 경우, 박과형 채소류 재배농가의 대부분이 소규모 농가이고 농촌노동력의 고령화로 숙련된 접목기술자가 절대부족할 뿐만 아니라 고도기술의 수용여건 역시 열악하다. 이러한 현실에서 노동력을 절감하고 접목생산성을 향상시킬 수 있는 생력화된 소규모 농가용 간이 자동접목장치의 개발보급은 단기적 처방 측면에서 절실히 필요하다.

한편, 향후 시설육묘 재배시스템 등 중요생산의 규모가 확대되는 추세 및 시

설재배의 확대에 따른 동절기 옥묘공급의 안정화, 수입개방의 확대에 따른 국제 경쟁력 제고 등 여러 여건변화에 대응할 수 있도록 생산을 합리화하고 축적되어 온 생산기술의 효율화를 도모해야 하는 시급한 입장에 처해 있다. 따라서, 상업성을 가진 현실적 규모의 농가조합 또는 시설옥묘 단위를 대상으로한 중규모의 옥묘 자동접목장치를 개발하는 것이 중장기적 측면에서 또한 필요하다.

노동 투하량이 큰 접목 작업에 대한 생력화 연구의 성공적 수행은 재배 농민들의 고품질 농산물 생산을 위한 의욕이 고취되고 온실 등을 이용한 첨단농업 재배기술 및 시설투자를 증대시킬 것이다.

본 연구에서는 접목작업의 중요성을 감안하여 수작업에 의한 박과류 채소 접목작업의 생력화를 목적으로 접목규모 및 경제성 그리고 산업화 가능성을 고려하여 다음과 같은 세부적인 연구목적을 설정하여 연구개발을 수행하였다.

1. 저가의 농가단위용 캠구동형 간이 옥묘 자동접목기 시작품 제작 및 산업화를 통한 개별 농가의 접목작업에 따른 노동력 절감 및 접목 생산성 향상
2. 저가의 농가조합 및 시설옥묘 단위용 중규모 전공압 자동 옥묘접목 장치의 시작기 개발을 통하여 시, 군 단위별로 중규모의 접목작업 용량을 처리하여 접목 생산성 및 접목 설비의 산업화 실현
3. 접목묘 소질 분석, 접목상 환경요인 분석 및 접목묘의 현장적응성 연구를 통하여 접목작업의 정밀도 및 고품질 옥묘 생산

본 연구에서 수행한 연구개발 내용은 크게 다음 세가지로 나누어진다.

1. 기존의 농가단위용 캠구동형 간이 옥묘 접목기의 성능 및 기구의 보완 개발
2. 농가조합 및 시설옥묘 단위용 중규모 전공압 자동 옥묘접목 장치 개발
3. 접목묘 소질 분석, 접목상 환경요인 분석 및 접목묘의 현장적응성 연구

본 과제에서 수행한 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 국내에 시판되고 있는 농가단위의 캠구동형 간이 옥묘접목기의 기능을 분석하고 이에 대한 생력화 연구로서 클립 자동 장착기구를 개발하였으며 제어부 기능을 보완하였다.
2. 외국의 옥묘접목기 현황에 대한 자료를 수집 분석하였고 국내 실정에 적합한 접목 시스템을 설정하였다.
3. 농가조합 및 시설옥묘 생산을 위한 중규모의 전공압 옥묘 자동접목장치의 개발에 있어서는 접목 방법의 설정에 따른 접목 공정의 기구부 및 제어부 기능을 선정하고 이에 따라 1차 2차 3차 4차에 걸쳐 시작기를 연구 개발하였다. 시스템의 효율적 개발을 위해서 컴퓨터 그래픽 시뮬레이션을 수행하였다. 3차 및 4차 시작기의 경우 시간당 900-1,200주의 접목성능을 가지며 접목효율은 90%이상으로 예측된다. 접목성능은 접수 및 대목의 줄기 두께가 2.5mm 이상을 유지한다면 보다 향상될 것으로 기대되며 향후 원예연구소 박과 채소과에서 계속적으로 실증시험을 수행할 예정이다.
4. 국내에서 많이 재배되고 있는 과채류에 대한 물성을 조사하였고 사용되는 접목방법과 이에 대한 생력화 가능성을 분석하였다. 접목작업을 기계화하기 위해서는 대목과 접수의 굵기나 길이 등 특성을 파악하여야 할 필요가 있기 때문에 현재 시판되고 있는 품종중에 대목으로 사용되는 박 28품종, 신토좌 호박류 12품종과 접수로 사용되는 수박 11품종, 참외 10품종, 오이 21품종, 호박 15품종을 공시하였다. 또한 재배면적과 접목비율을 고려하여 박과채소의 접목묘 소요 추정량을 계산하였으며, 작물별로 현재 농가에서 가장 이용이 많은 접목방법 및 접목방법에 따른 생력효과를 조사하였다.

5. 접목 자동화를 위한 접수와 대목의 물성특성을 조사하였다.

6. 접목시의 활착 및 성묘에 관계되는 환경요인은 온도, 습도, 광, 토양수분 등을 들 수 있는데, 접목 작업을 기계화할 경우 이에 영향을 미치는 제 환경요인에 대한 분석을 수행하였다.

참고문헌

1. “接き木苗生産の効率化研究と現状 展望”, 1992, 課題別研究会資料, 農林水産省 野菜, 茶業試験場
2. 小林 研의 다수 “우리科野菜用接き木装置의開發 第4報”, 1994 第53回 農業機械學會年次大會 (九州大學)
3. “キュリ接き木ロボットの實用化試験 第1報”, 1993, 生物系特定産業技術研究推進機構, 農業機械化研究所
4. 小林 研의 “接木作業の機械化に 關する研究 第2報”, 基礎技術研究部
5. 板木 利降 “野菜接き木苗の 大量供給システム”, 1994
6. 鈴木 正肝 “日本の 接木로보트 研究成果”, 1994, 원예작물의 재배 및 생산의 생력화를 위한 장치개발에 관한 심포지움
7. 이 상규, “接木の 自動化시스템” 最新技術情報, 1994 施設園藝研究 제7권 1호
8. 小田 雅行 “野菜類の接き木苗生産の 効率化”
9. 信岡 尚 “低面給水法에 의한 簡易接き木苗生産시스템”
10. 小林 研 “우리科野菜用機械接き木装置의開發”
11. “キュリの接き木ロボット”, 1994, 日本施設園藝學會
12. “接き木生産方式自動化”
13. 鈴木 正肝, 小林 研, 小野田明彦 “種苗の安定的大量生産技術に關する研究, 接木苗の大量生産に 關する研究”

14. Y. Nishiura, H. Murase, N. Honami "Development of a gripper for a plug-in grafting robot system", 1996, Proc. of Int. Sym. Plant Production in Closed Ecosystems, Acta Hort. 440 ISHS pp.475-480.
15. T. Ten, Y. Nishiura, H. Murase, N. Honami "Machine vision system for measurement of the rate of joining grafted seedlings", 1996, Proc. of Int. Sym. Plant Production in Closed Ecosystems, Acta Hort. 440 ISHS pp.425-430.
16. A. Onoda, K. Kobayashi, M.Suzuki "The study of the grafting robot" Fundamental Technology Dept. Biotechnology Eng. Lab., Acta Hort. 440 ISHS pp.535-540.
17. 이 기명 "접목로봇 개발현황과 과제", 1997, 원예농업의 기계화 기술과제와 발전방향 심포지움, 농업기계화연구소 pp. 109-144.
18. Hwang, Heon, S.C. Kim, J.H. Chang, K.D. Ko "Development of automatic grafting system for fruit vegetables", 1997, Biorobotics 97, Int. Workshop on Robotics & Automated Machinery for Bio-Productions, Gandia, Spain pp.13-19.