

최 중
연구보고서

정밀 파종심 제어 건답점파기 개발

Development of a Precision Depth Control
Planter for Direct Seeding on Dry Paddy

연구기관

전남대학교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “ 정밀 파종심 제어 건담점파기 개발 ” 과제의
최종보고서로 제출합니다.

2003 년 12 월 28 일

주관연구기관명 : 전남대학교

총괄연구책임자 : 유 수 남

연 구 원 : 최 영 수

김 석 언

유 대 성

김 동 화

김 동 섭

김 구 필

김 주 황

참 여 기 업 : 광산MTC(주)

참여기업 대표 : 홍 덕 화

참여기업 연구원 : 노 오 섭

노 기 호

요 약 문

I. 제 목

정밀 파종심 제어 건담점파기 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라에서의 벼 건담직파 재배는 물이 부족할 때 한발대책으로 이용되어 왔으나 현재는 생력화를 위한 재배기술 개발로 연구되고 있다. 그러나 직파재배는 기온이 낮은 시기에 파종되기 때문에 발아 및 입모가 불안정하여 초기생육 확보에 곤란이 많고, 잡초방제, 도복발생 등 재배상의 문제점으로 인한 수량의 불안정으로 여러 가지 어려움이 있다. 건담직파재배는 경운, 정지 및 파종 등의 농작업이 밭 상태에서 이루어지고 생력효과가 크므로 농민들이 선호하는 벼 직파재배 방법이다. 건담직파 파종당시 토양조건이나 파종 후 기상 따라 입모변이가 크며 담수표면직파보다는 도복의 위험성이 적으나 기계이앙재배 보다 도복되기 쉽다.

벼 직파재배에 성공하기 위해서는 가장 먼저 필요한 만큼의 입모수를 필요한 날짜 이내에 균일하게 확보해야 한다. 벼 직파재배 시 입모수에 영향을 주는 요인은 파종량, 파종시기, 파종방법, 파종 깊이, 물 관리 등 여러 가지 요인이 있다. 일반적으로 건담직파에서는 파종방법에 따라 약간의 차이는 있으나 적정 파종량은 ha당 50 - 60kg, 적정 파종심은 3 - 4cm로 보고하고 있다. 현재, 대부분 건담직파는 조파를 행하고 있는데 도입된 인력점파기와 트랙터부착 점파기에 의한 점파시험 결과 조파에 비해 적정입모수의 확보 이상이 없고, 무효분얼 억제 효과가 크며, 생육의 균일도가 높고, 도복에 더 강하며, 수량 면에서도 조파보다 5% 증수되어 기계이앙과 비슷한 수량을 나타내어 조파 보다는 점파가 유리한 것으로 보고하고 있다.

현재 우리나라에서 건담직파는 주로 트랙터 부착 줄뿌림 파종기를 이용한 평면줄뿌림직파와 휴림줄뿌림직파 방법이고, 그 외 경운기 로타리 복토 및 휴림광산파가 있다. 이러한 기존 파종기를 이용 파종하는 경우 파종방법에 따라 차이는 있지만 대부분 종자가 1 - 4cm에 분포하며, 종자의 평균심도는 로타리

산파에서 1.1cm, 타 파종방법은 2.0 - 2.7cm였으나 줄뿌림의 경우 종자의 50% 이상이 2cm 이하의 파종심을 나타내 파종심이 매우 불균일한 것으로 보고하고 있다. 이와 같은 파종방법은 조류피해, 토양수분 유지, 출아 및 입모율 저조, 도복 등의 문제점이 있다. 따라서 재배의 안정화를 위하여 파종심이 균일하고 점파가 가능한 건답직파기의 개발이 필요한 실정이다.

한편 아직 보편화되지는 않았지만 도입된 인력점파기는 결주율이 높고, 작업 능률이 미흡하며, 기존 트랙터 부착 점파기 역시 결주율이 높고 파종심이 불균일하여 이의 보완이 요구되고 있다.

이에 따라 본 연구는 기존 건답직파기에 의한 파종방법을 개선할 수 있는 정밀 파종심 제어 건답점파기의 개발하여 건답직파 재배 안정화, 생력화를 통한 건답직파 재배의 확대로 농촌노동력 문제 해결 및 생산비 절감을 기하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 파종심 3 - 4cm, 조간거리 25cm, 주간거리 조절 가능, 파종량 조절 가능, 작업성능 약 20분/ 10a, 결주율을 최소화할 수 있는 8조 점파 트랙터 부착형의 정밀 파종심 제어 건답점파기를 개발하고자 하였다.

1차년도에는 정밀 파종심 제어 건답점파기 주요부를 개발하고자 건답직파, 건답직파기에 대한 기초자료 조사 수집, 주요부인 고랑타기 장치, 로타리 경운장치, 작조장치, 파종 및 시비장치, 파종속도 제어장치, 동력전달장치, 프레임 및 부착장치 등의 설계, 제작, 그리고 이들에 대한 기초성능 실험과 평가를 실시하였다.

2차년도에는 1차년도의 실험결과를 바탕으로 정밀 파종심 제어 건답점파기 시작기를 설계 제작하여 포장실험을 통하여 파종성능 분석하였으며, 개발된 정밀 파종심 제어 건답점파기의 경제성을 분석하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

벼 건답직파의 안정화, 생력화를 통한 건답직파 재배의 확대로 농촌노동력 문제 해결 및 생산비 절감을 기하고자 파종심을 3 - 4cm로 유지할 수 있는

작업 폭 2m의 트랙터 부착용 8조 건담점파기를 개발하였다.

개발된 건담점파기 주요부는 균평 및 고랑타기부, 로타리 경운부, 작조부, 파종 및 시비부, 복토 및 진압부를 비롯하여 파종 및 시비부, 복토부 구동을 위한 유압부, 주행속도에 비례하여 파종이 이루어지도록 제어하는 파종속도 제어부, 동력전달부, 히치 및 주요부 지지 프레임 등으로 작업기를 구성하였으며, 파종 및 시비 작업과 동시에 고랑 형성 및 로타리 경운작업을 수행할 수 있도록 설계 제작하였다.

파종심을 3-4cm로 유지할 수 있도록 개발된 건담점파기의 작조부는 원통 롤에 V자형 돌기를 부착하고 이를 파종속도 보다 빠르게 구동시켜 폭 4cm, 깊이 4cm의 파종 및 시비골이 정확히 형성하도록 하였으며, 복토 및 진압부도 원통 롤에 반원형 돌기를 부착하고 이를 구동시켜 토양 파쇄하며 복토 및 진압이 이루어지게 함으로써 정확하고 정밀한 파종심을 유지하도록 하였다.

점파를 위하여 파종부의 종자배출 장치는 기존 물리식 배종장치를 점파에 적합하도록 롤러의 직경을 늘렸으며, 종자 배출관 끝에 종자배출 마개를 설치하여 이를 캠 기구로 개폐시켜 종자를 모아 지면으로부터 약 10cm 높이에서 배출되도록 하였다. 또한 파종속도 제어부에 의하여 종자배출 축 회전속도를 주행속도에 비례하도록 제어함으로써 파종속도, 설정 파종 주간거리의 변화에 따라 정확하고 정밀한 주간거리가 유지되도록 하였다.

개발된 건담점파기 시작기의 포장 성능시험 결과 주행속도 약 0.5m/s까지 파종이 가능하였으며, 포장작업능률은 약 0.28 ha/시간으로, 작업시간은 약 21분/10a가 소요되는 것으로 분석되었다.

고랑과 파종 및 시비골의 형성 상태는 매우 양호하였으며, 특히 파종골의 깊이는 4cm를 거의 정확하게 유지하였다 또한 파종 후 복토 및 진압상태도 양호하여 파종심은 약 2-4cm를 유지하는 것으로 판단된다.

점파 파종성능은 설정 주간거리가 15cm, 주행속도 0.5m/s일 때 파종 정확도 13.6%, 파종 정밀도 31.2% 이내로 각각 나타나 주간거리 변이 2cm 이내로 파종된 종자의 90%가 약 4.7cm 이내의 전후 폭으로 파종되는 것으로 분석되어 양호한 점파 성능을 보였다. 또한, 설정 주간거리에 대한 설정 주간거리와 평균 주간거리의 오차 비율은 약 8.0% 이내로 나타나 파종속도 제어 성능도 우수한 것으로 나타났다.

종자준비부터 파종작업까지 소요노동력은 0.72시간/10a로 관행 건답직파기에 비하여 약 25% 절감되었으며, 이용비용은 15,873원/10a로 관행 조파용 건답직파기에 비해 약 5% 정도 더 드는 것으로 나타났다.

2. 활용에 대한 건의

벼 건답직파의 경우 현행 건답직파기를 이용한 파종방법은 조파 위주, 불균 일한 파종, 복토 등으로 인하여 기존 직파 재배기술에 부응하는 정밀한 파종이 이루어지지 못하는 수준에 있으며, 건답직파기의 보급도 정체되어 있어 개선이 필요한 실정이다.

본 연구에서 통해 기존 건답직파기에 의한 파종방법을 개선할 수 있는 일관 파종작업이 가능한 정밀 파종심 제어 건답점파기 개발의 기초적인 연구가 성공적으로 수행되었으나 앞으로 다양한 토양 조건에서의 추가 성능시험 및 재배시험을 통한 적응성 연구, 상품화 개발 추진이 필요하며 이에 적극적인 지원을 하여 건답직파 재배 안정화를 이룸으로써 건답직파 재배 확대에 기여할 수 있는 토대를 마련할 필요가 있다.

본 연구에서 도출된 파종심 제어기술, 점파기술을 참여기업에게 이전하여 상품화 제작을 통한 기계 보급이 무엇보다도 중요한데 개발된 건답점파기를 최근 도입되고 있는 그라운드 PTO, 외부 유압취출 시스템을 갖춘 대형 트랙터 또는 속도비례형 PTO를 갖춘 관리기에 적용시키는 경우 직파기 구조를 단순화할 수 있어 제조단가의 대폭적인 인하, 성능 향상이 기대됨으로 상품화에 유리할 것으로 판단된다. 따라서 이의 개발에 참여기업이 적극 참여할 수 있도록 지원이 필요하다.

본 연구의 점파용 종자배출장치는 담수직파기에 활용이 가능하므로 이를 점파용 담수직파기 개발에 적극 활용할 수 있도록 하며, 이밖에 불경기 또는 부분경운 직파기 개발, 옥수수, 콩, 보리 등 타 작물 정밀 점파기 개발의 기초 자료로 활용할 수 있도록 한다.

SUMMARY

In order to save labor and cost, direct seeding has been considered as an important alternative to the machine transplanting in rice cultivation. But, conventional direct seeding has many problems such as lodging, unstable seedling, difficulty of field management, seed loss by birds and rats, seed shifting and concentration by irrigation, and over seeding. Conventional drilling on dry paddy should be turned to precision planting for stabilizing plant growth, and improving productivity. Precision planting on dry paddy means the accurate, even-spaced in row placement of rice seeds at uniform depths of 3 - 4cm. But the most seeders commonly used for direct seeding on dry paddy drill seeds at irregular depths of 1 - 4cm. Precision planting enables uniform, rapid, and complete germination and establishment of seeds required by present-day highly mechanized plant cultivation systems.

Therefore, this project were designed to develop a precision depth control planter which enables the accurate, even-spaced in row placement of rice seeds at uniform depths of 3 - 4cm on dry paddy. Design, construction and performance evaluation of the precision planter were carried out. The results of this project are summarized as follows:

1. The tractor rear-mounted type 8-rows precision planter which performs seeding in addition to fertilizing, ditching, rotary tilling works on dry paddy was developed. Main components of the seeder were ditcher and leveller, rotary tiller, powered roller type furrow opener, seeding device, powered roller type furrow covering and firming device, hydraulic unit, seeding speed control system, power transmission system, hitch and frame.

2. To maintain seeding depths of 3 - 4cm, roller type furrow opener with Δ shape section rings welded on cylinder was developed and was rotated

faster than working velocity to maintain 4cm of furrow depth. And roller type furrow covering and firming device with semi-circle plates welded spirally on cylinder was developed and was rotated to break soil and cover seeds properly.

3. To maintain accurate and even-spaced hill seeding, diameter of the conventional roller type seed metering device was increased, seed discharging lid operated by cam mechanism was located at the end of seed discharging unit, and seeding speed was controlled proportional to working speed by seeding speed control system.

4. The planter showed good hill seeding performance up to seeding velocity of 0.5m/s in field tests. And field capacity of the seeder was about 0.28 ha/hour.

5. Ditching, furrow opening, and seed covering and firming performances were good and seeding depths of 2 - 4cm could be maintained.

6. When setting hill interval was 15cm, planting accuracies and planting precisions at up to seeding velocity of 0.5m/s were within 13.6%, and 31.2%, respectively. Those mean variations of average hill interval were within 2cm, and 90% of seeds in a hill were seeded within 4.7cm, respectively. Error ratios between setting hill interval and measured average hill interval were shown within 8.0% and therefore seeding speed was controlled well.

7. Labor requirement from seed preparation to seeding work by the planter was 0.72 hour/10a which was by 25% cutoff comparing with that by the conventional 8-rows drill seeder. But machinery cost of the seeder was 15,873 won/10a which was by 5% higher than that of the conventional 8-rows drill seeder.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	12
Section 1 Background of the project	12
Section 2 Objectives and contents of the project	18
Chapter 2 Domestic & overseas states of the technical development	20
Section 1 Direct seeding cultivation on dry paddy	20
1. Domestic state	20
2. Overseas state	27
Section 2 Direct seeding machines	29
1. Domestic state	29
2. Overseas state	30
Chapter 3 Contents & results of the project	38
Section 1 Basic design concepts	38
1. Basic concepts	38
2. Outlines of the main parts design	38
Section 2 Design and construction of the main parts	41
1. Ditching and levelling device	41
2. Rotary tiller	42
3. Furrow opener	43
4. Seeding and fertilizing device	44
5. Covering and firming device	55

6. Power transmission system	55
7. Seeding speed control system	58
Section 3 Construction of the prototype	65
Section 4 Performance tests	67
1. Laboratory tests for the seeding devices	67
1-1. Analysis of seed planting performance	67
1-2. Materials and methods	69
1-3. Results and discussion	72
2. Field test for the prototype	83
2-1. Materials and methods	83
2-2. Results and discussion	85
Section 5 Analysis on labor requirement and machinery cost	88
1. Labor requirement	88
2. Machinery cost	89
Section 6 Conclusion	91
Chapter 4 Objective achievement & contribution	93
Chapter 5 Application plan of the project results	96
Chapter 6 Overseas technical information	97
Chapter 7 References	98
Appendices	102

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	12
제 1 절 연구개발의 배경	12
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용	18
제 2 장 국내외 기술개발 현황	20
제 1 절 건담직과 재배	20
1. 국내	20
2. 국외	27
제 2 절 건담직파기	29
1. 국내	29
2. 국외	30
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	38
제 1 절 건담직파기 기본구상 및 설계 방향	38
1. 기본구상	38
2. 주요부 설계 방향	38
제 2 절 주요부 및 시작기 설계 제작	41
1. 고랑타기 및 균평부	41
2. 로타리 경운부	42
3. 작조부	43
4. 파종·시비부	44
5. 복토 및 진압부	55

6. 동력전달부	55
7. 과중속도 제어부	58
제 3 절 시작기 제작	65
제 4 절 성능시험	67
1. 과중장치 성능시험	67
가. 과중성능 분석	67
나. 재료 및 방법	69
다. 결과 및 고찰	72
2. 시작기 포장 성능시험	83
가. 재료 및 방법	83
나. 결과 및 고찰	85
제 5 절 경제성 분석	88
1. 소요노동시간	88
2. 이용비용	89
제 6 절 요약 및 결론	91
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	93
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	96
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	97
제 7 장 참고문헌	98
부록	102

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 배경

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

우리나라에서의 벼 건답직파 재배는 물이 부족할때 한발대책으로 이용되어 왔으나 현재는 생력화를 위한 재배기술 개발로 연구되고 있다. 그러나 직파재배는 기온이 낮은 시기에 파종되기 때문에 발아 및 입모가 불안정하여 초기생육 확보에 어려움이 많고, 잡초방제, 도복발생 등 재배상의 문제점으로 인한 수량의 불안정으로 여러 가지 어려움이 있다. 건답직파재배는 경운, 정지 및 파종 등의 농작업이 밭 상태에서 이루어지고 생력효과가 크므로 농민들이 선호하는 벼 직파재배 방법이다. 건답직파 파종당시 토양조건이나 파종 후 기상 에 따라 입모변이가 크며 담수표면직파보다는 도복의 위험성이 적으나 기계이양재배 보다 도복되기 쉽다. 따라서 건답직파 재배면적은 1993년에 3.6ha에 불과하였으나 그 후 점증되어 1997년에는 57.2천 ha에 달하였으며 이중 호남지역이 40.3천ha로 전국 의 70%를 차지하였다.

벼 직파재배는 이양재배와 달리 생리 생태적으로 차이가 크다. 건답직파재배는 마른논 상태에서 경운, 쇠토, 정지 후 볍씨를 직접 파종하는 것이다. 따라서 이양재배와 같이 뿌리가 절단되지 않고 활착기간이 별도로 소요되지 않으므로 저위 분얼이 많아 초기에 수수확보는 쉬우나 파 번무 되기 쉽고 유효경 비율이 낮고 줄기가 가늘며 뿌리는 표층에 많이 분포하여 도복 위험이 있으나 파종 후 2 - 3cm 복토를 하므로 담수직파보다는 도복에 강한 편이다.

벼 직파재배에 성공하기 위해서는 가장 먼저 필요한 만큼의 입모수를 필요한 날짜 이내에 균일하게 확보해야 한다. 벼 직파재배 시 입모수에 영향을 주는 요인은 파종량, 파종시기, 파종방법, 파종 깊이, 물 관리 등 여러 가지 요인이 있다.

건답직파는 담수직파에 비하여 물 관리, 도복 발생, 초기입모확보 및 생력화 면에서 효과적이며, 노동력 문제에도 유리하다. 건답직파의 파종기에 평균기온은 12 ~ 13℃인데, 담수직파는 물에 의한 보온 효과 때문에 건답직파 보다 다소 낮은 10℃이고, 벼 건답직파에서는 출아율이 낮기 때문에 안정된 입모의 확

보가 가장 큰 문제이다. 직파재배는 이앙 재배와 달리 초기에 적정 입모수를 확보하지 못하면 수량을 기대하기 힘들며, 적정 입모수가 확보되더라도 출수 후에 도복이 발생되면 수량저하는 물론, 품질저하로 피해를 입게 된다. 건답직파에서 입모에 관여하는 요인은 토양온도, 토양수분, 복토성, 토양 경도 등 종자 발아와 출아에 미치는 토양의 물리적 환경과, 토양의 물리적 환경과의 상호작용에 의해 출현 정도가 달라지는 벼 종자의 발아 특성이다. 하지만 건답직파는 종자를 포장에 그냥 파종하면 복토심이 균일하지 않고, 파종기에는 건조, 과습, 저온 등 환경이 출아에 불리하기 쉬우며, 넓은 면적이기 때문에 정밀한 관리가 어려워 출아율이 낮고 묘 생육에 문제가 되는 경우도 있다.

봄에는 복토심이 얇을수록 지온이 높고 산소의 공급도 좋아 출아에 유리하지만 토양 표면의 수분은 쉽게 증발하므로 복토심이 너무 얇으면 수분부족으로 출아가 지연될 수도 있다. 그러나 출아가 잘 되면 제 1절부터 분얼이 발생하여 분얼 발생시기가 빨라지고 수수가 많아져 증수된다. 한편 파종심도가 깊으면 지온이 낮고 출아 소요일수가 길어지며, 잦은 강우 등으로 토양 수분이 많을 때는 과습으로 인하여 토양 중 산소부족으로 종자가 썩거나, 발아하여도 뿌리가 정상적으로 자라지 못한다. 그렇지만 토양수분이 부족한 곳에서는 오히려 발아에 유리하고 뿌리가 깊게 분포하여 도복에 강한 이점도 있다.

따라서 출아 및 입모, 조류피해 방지, 그리고 출수 후 도복방지를 위한 적절한 파종 깊이는 3 - 4cm로 하는 것이 적당하다고 보고되고 있다.

또한 일반적으로 직파재배 벼는 이앙재배 벼에 비하여 분얼발생 절위가 낮고 무효경과 고차 분얼 발생이 많아 과 번무를 야기시키며, 뿌리가 지표에 분포하고 간이 가늘게 되기 쉬워 내도복성이 약하고, 간장이 짧고 수수는 많은 반면 수장이 단축되며, 수당영화수가 감소하는 것이 일반적인 생육특성으로 알려져 있다. 따라서 다일성 품종은 주간의 광합성 산물이 분얼로 이동하므로 주간의 이사를 작게 하고, 무효분얼에 의한 동화산물의 손실을 보고하고 있어 직파재배에 적합한 품종형태는 소일성이고 이사가 크며, 무효분얼이 적은 품종이 유리할 것으로 생각된다.

건답조파와 비교하여 건답점파의 경우 파종 후 강우로 인한 답면의 견고화에도 불구하고 7 - 8개의 종자가 동시에 토양을 밀고 출아하게 되므로 입모가 양호하며, 토양 3 - 4cm 깊이로 파종되는 점파는 내도복성을 지닐 수 있고 조

파나 산파에 비하여 주간과 주내 경쟁이 높아 무효분얼이 억제되어 직파에서 야기되는 과 번무를 어느 정도 해소 할 수 있으며, 직파재배에서 이상적 초형으로 제시되고 있는 소얼수중형 초형을 유도해 낼 수 있는 여러 가지 장점을 보유하고 있다. 연구결과 조파에 비하여 점파는 출아기, 출아속도 면에서 유리하였고, 입모수에서는 불리하였지만 적정입모수를 확보하는데 문제가 없었으며, 무효분얼 억제효과, 생육의 균일정도가 높고, 도복에도 강하며, 수량도 조파 보다 약 5% 증수되어 기계이양과 비슷한 10a당 529kg로 보고 되고 있다.

현재 일반적으로 행하고 있는 건답직파 파종방법은 토양조건, 물 관리 방법 및 파종작업기 등에 따라 몇 가지로 분류할 수 있다. 첫째 트랙터, 경운기에 줄뿌림 파종기를 부착하여 파종하는 평면줄뿌림, 둘째 논을 평탄하게 고른 후는 전면에 종자를 골고루 뿌리고 트랙타나 경운기 로타리로 2 ~ 3cm 가볍게 로타리하는 방법, 셋째 파종기 때 강우가 많은 남부지역에서 물 빠짐이 좋게 하기 위한 휴림줄뿌림과 휴림광산파로 파종하는 방법이 있다. 또한 이밖에 트랙터 부착 점파기, 인력점파기를 이용한 파종방법이 있으나 보편화 되지 못한 실정이다.

이상과 같은 파종방법은 파종심이 1 - 4cm(평균 파종심 1.1 - 2.7cm)로 출아 및 입모, 조류피해방지, 그리고 출수 후 도복방지를 위하여 적당하다고 생각되는 파종심 3 - 4cm를 균일하게 유지하기 힘들며, 거의 조파를 행하고 있어 정밀한 파종이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정밀 파종심 제어가 가능한 건답점파기를 개발함으로써 건답직파 재배의 문제점을 해결하여 재배 안정화를 기하고자 한다.

나. 경제·산업적 측면

우리나라의 벼 재배기술은 세계적으로 우위에 있으면서도 쌀 가격은 국제미가보다 3 ~ 4배 높은 수준으로 쌀의 국제경쟁력을 기대하기란 어려운 실정이다. 이는 협소한 경지면적과 그로 인한 경지기반의 취약성이 존재하고 농가 인구의 급격한 감소와 함께 재촌 인력마저도 노령화 및 부녀화로 노동력 부족이 더욱 심화되어 노임이 급상승하는 추세를 보이고 있기 때문이다.

1995년부터 WTO 체제가 출범하면서 이제 새로운 체제에서 국제무역협상을 해야만 하는 실정이 되었다. WTO 체제가 국경 없는 세계화에 기본방향을 두

고 있으므로 언젠가는 쌀도 전면 개방이 허용될 수밖에 없을 것이라 예상되는데, 전면개방 허용 전에 하루 속히 우리 쌀의 경쟁력을 높이는 것이 필요하다.

현재의 여건에서 쌀의 경쟁력을 높일 수 있는 길은 품종개량에 의한 다수성 양질미의 보급과 생력화에 의한 생산비 절감이 기대된다. 지금까지의 기술수준으로 보아 노동력의 저 투입에 의한 생산비절감 방법은 직파재배의 도입이며 일반농가에서 단기간에 실천할 수 있는 경쟁력 방안 중의 하나이다.

최근에는 신기술 수용 초기에 올 수 있는 위험을 무릅쓰고 몇몇 선도농가들이 직파재배를 도입하여 기술정착을 위해 노력한 결과 기계이양에 접근하는 안정적 수량을 확보하는 사례가 늘어나고 있으며 이미 3년 이상 재배해 본 농가가 증가하고 있는 실정이다.

쌀 생산비중 토지용역비와 노력비의 비중을 살펴보면 1994년산 논벼의 10a당 평균생산비는 400,502원으로 1988년의 323,170원보다 23.9%가 증가하였다. 논벼 생산비중에서 가장 큰 비중을 차지하는 토지용역비의 비중은 1988년의 54.6%에서 1994년에는 40.3%로 그 비중이 14.3% 낮아졌고, 노력비의 비중은 1988년의 20.7%에서 '94년 27.7%로 7.0% 높아졌다. 10a당 노동투하시간이 67.7시간에서 37.2시간으로 감소되었는데도 농촌 노임의 상승폭이 컸기 때문에 생산비의 노력비 비중이 높아졌다.

노력비의 비중 증가에 대처하기 위하여 기계화의 증가와 함께 직파재배 도입 농가도 계속 증가할 것으로 예상된다. 1995년 전국의 직파면적은 전체 벼 식부면적의 11.1%였으나 1999년에는 6.6%로 감소하였는데 이는 재배 안정성 부족이 그 원인이며, 특히 건답직파의 경우는 '95년 67,700ha를 기점으로 '99년 26,200ha로 감소하였다.

직파재배 면적의 변화추이에서 주시해야 할 점은 1994년도와 1995년도의 건답직파면적과 담수직파 면적의 변화 양상이다. 1994년도에는 전국의 담수직파 면적이 51.5%였으나, 전북의 경우는 담수직파 면적이 61.0%로 건답직파 면적에 비해 22% 정도 많았다. 그러나 1995년도에는 전국의 경우 건답직파 면적이 57.6%였으며, 전북에서도 75.5%로 건답직파 면적이 상대적으로 많이 증가하였다. 이는 과중시기에 가뭄의 계속으로 농업용수가 부족하여 담수직파 농가가 건답직파로 전환한 면적이 많았기 때문이다. 따라서 농업용수 부족에 대비한 건답직파 재배의 안정화는 매우 필요한 것으로 보인다.

벼 건담점과는 어린모 기계이앙에 비하여 약 74%의 노력 절감을 기할 수 있어 생산비 절감은 물론, 기존 건담직파기의 파종방법을 개선시킬 수 있는 파종심을 3 - 4cm로 일정하게 유지시키는 건담점파기가 개발되면 건담직파 재배의 안정화에도 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

다. 사회·문화적 측면

벼 재배는 협소한 경지면적과 그로 인한 경지기반의 취약성이 존재하고 농가인구의 급격한 감소와 함께 재촌 인력마저도 노령화 및 부녀화로 노동력 부족이 더욱 심화되어 노임이 급상승하는 추세를 보이고 있기 때문에 이에 대응하기 위하여 벼 직파재배의 확대가 예상된다. 그러나 아직도 직파재배가 일반화 된 기술이 아니기 때문에 생산력이 높은 자가 노동력을 보유하고 이앙기가 있는 농가에서는 안전한 기계이앙으로 확실한 수량을 보장받고 농기계 이용도를 높이기 위해서도 직파재배를 기피하는 현상이 있을 것으로 예상되며, 따라서 농촌내의 기술혁신 수용의 범주에서 신기술을 즉시 수용하고, 위험부담을 극복할 수 있는 젊은 층, 그리고 이앙기가 없어서 이앙을 위탁해야 하는 농가와 고령자로서 기계 조작능력이 떨어진 고령 농가가 직파재배를 선택할 것으로 보인다. 직파를 행한 농가를 조사한 결과 직파를 확대하겠다는 농가가 많았으나 입모확보 등 재배기술의 보완이 필요한 것으로 나타났다.

이와 같은 농촌 현실에 대응하기 위해서는 직파재배 기술의 정립과 함께 이를 뒷받침할 수 있는 생력 직파기의 개발이 필수적이다. 기존 건담직파기에 의한 파종방법을 개선할 수 있는 정밀 파종심 제어 건담점파기의 개발은 건담직파 재배 안정화를 통한 건담직파 재배의 확대에 기여할 수 있으며 농촌 사회의 노동력 문제 해결에 도움이 될 것으로 보인다.

2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

우리나라 수도작 직파재배는 생력화를 위한 재배기술로 재배기술 면에서 기술 향상을 위한 다양한 연구가 이루어지고 있는데, 현재까지 진행된 건담직파에 대한 연구는 건담직파에 적합한 품종, 종자준비, 토양에 따른 포장준비, 파종시기 및 파종량, 파종방법, 시비량과 시비방법, 물 관리, 잡초 및 병충해 방제 등에 대한 연구가 주류를 이루고 있다.

벼 직파재배에 성공하기 위해서는 가장 먼저 필요한 만큼의 입모수를 필요한 날짜 이내에 균일하게 확보해야 한다. 벼 직파재배 시 입모수에 영향을 주는 요인은 파종량, 파종시기, 파종방법, 파종깊이, 물관리 등 여러 가지 요인이 있다. 일반적으로 건답직파에서는 파종방법에 따라 약간의 차이는 있으나 ha 당 적정 파종량은 50 - 60 kg, 적정 파종심은 3 - 4cm로 보고 되고 있다. 한편, 대부분 건답직파는 조파를 행하고 있는데 도입된 인력점파기와 트랙터부착 점파기에 의한 점파시험 결과 조파에 비해 적정입모수의 확보에 이상이 없고, 무효분얼 억제 효과가 크며, 생육의 균일도가 높고, 도복에 더 강하며, 수량 면에서도 조파보다 5% 증수되어 기계이앙과 비슷한 수량을 나타내어 조파 보다 점파가 유리한 것으로 보고하고 있다.

현재 우리나라에서 건답직파는 주로 트랙터 부착 줄뿌림 파종기를 이용한 평면줄뿌림직파와 휴림줄뿌림직파 방법이고, 그 외 경운기 로타리 복토 및 휴림광산파가 있다. 이러한 기존 파종기를 이용 파종하는 경우 파종방법에 따라 차이는 있지만 대부분 종자가 1 - 4cm에 분포하며, 종자의 평균심도는 로타리 산파에서 1.1cm, 타 파종방법은 2.0 - 2.7cm였으나 줄뿌림의 경우 종자의 50% 이상이 2cm 이하의 파종심을 나타내 파종심이 매우 불균일한 것으로 보고하고 있다. 이와 같은 파종방법은 조류피해, 토양수분 유지, 출아 및 입모율 저조, 도복 등의 문제점이 있다. 따라서 재배의 안정화를 위하여 파종심이 균일하고 점파가 가능한 건답직파기의 개발이 필요한 실정이다.

한편 아직 보편화되지는 않았지만 도입된 인력점파기는 작업능률이 미흡하며 결주율이 높고, 트랙터 부착 점파기도 결주율이 높고 파종심이 불균일하여 이의 보완이 요구되고 있다.

이에 따라 본 연구는 기존 건답직파기에 의한 파종방법을 개선할 수 있는 정밀 파종심 제어 건답점파기를 개발하여 건답직파 재배 안정화를 통한 건답직파 재배의 확대에 농촌노동력 문제 해결 및 생산비 절감을 기하고자 한다.

3. 앞으로 전망

현재 우리나라의 여건에서 쌀의 경쟁력을 높일 수 있는 길은 품종개량에 의한 다수성 양질미의 보급과 생력화에 의한 생산비 절감이다. 지금까지의 기술

수준으로 보아 노동력의 저 투입에 의한 생산비절감 방법은 직파재배의 도입이며, 일반농가에서 단기간에 실천할 수 있는 경쟁력 방안 중의 하나이다.

재배기술면에서 적정재배 방법에 대한 많은 연구가 이루어졌고 앞으로도 계속 진행될 것으로 예상되며, 이에 필요한 생력 파종기가 개발될 것이다. 그러나 건답직파의 경우 현행 건답직파기를 이용한 파종방법은 조파 위주, 파종심 불균일 등으로 인하여 이미 개발된 적정 재배기술에 부응치 못하는 수준에 있어 그 보급이 정체되어 있어 개선이 필요한 실정이다.

기존 건답직파기에 의한 파종방법을 개선할 수 있는 정밀 파종심 제어 건답점파기의 개발은 건답직파 재배 안정화를 통한 건답직파 재배의 확대에 기여할 수 있으며 노동력 문제 해결 및 생산비 절감에 도움이 될 것으로 예상된다.

제 2 절 연구개발의 목표와 내용

1. 연구개발 목표

본 연구는 벼 건답직파 시 일정 파종심(3 - 4cm)으로 점파를 수행할 수 있는 정밀 파종심 제어 건답점파기를 개발, 벼 건답 직파재배 안정화를 통한 수량 증대 및 노동력 절감을 기하고자 한다. 개발하려는 정밀 파종심 제어 건답점파기의 주요 목표 제원은 다음과 같다.

- 8조 점파의 트랙터 부착 작업기
- 작업성능 20분/ 10a
- 파종심 제어장치에 의해 파종심은 3 - 4cm를 유지
- 조간거리 25cm, 주간거리 조절 가능
- 파종량 조절 가능
- 결주율 최소화

2. 연구개발 내용

가. 기술정보의 조사 분석

건답직파, 건답직파기, 건답직파 토양 특성에 대한 기초 자료를 조사 수집하여 건답직파의 일반적인 적정 재배기술, 파종방법별 재배기술 및 특성, 기존

국내 생산 건담직파기, 일부 도입 인력점파기, 트랙터용 점파기의 특성, 참여 농민의 현장경험을 조사 분석하여 개발 건담직파기의 설계방향을 설정한다.

나. 건담점파기 주요부 설계 제작

고랑타기장치, 로타리 경운장치, 작조장치, 호퍼 및 종자배출장치, 파종속도 조절장치, 동력전달장치, 프레임 및 부착장치 등 정밀 파종심 제어 건담점파기 주요부를 설계·제작한다.

다. 건담점파기 주요부 기초 성능시험

정밀 파종심 제어 건담점파기 주요부의 성능을 평가하기 위하여 실내 및 포장에서의 실험을 수행한다. 토양 종류 및 특성, 운전조건에 따른 주요부의 기능 점검과 특히 점파에 관련하여 파종량, 파종거리 등 종자배출성과 파종심에 관련된 작조장치의 작조성능을 비롯하여 고랑타기 성능, 복토성능 등을 조사 분석하여 문제점 및 보완사항을 파악한다.

라. 건담점파기 주요부 보완 설계

주요부 실험 결과를 바탕으로 건담점파기 주요부에 대한 수정 설계를 실시한다.

마. 건담점파기 시작기 제작

참여기업의 협조를 얻어 파종실험용 건담점파기 시작기를 제작한다.

바. 정밀 파종심제어 건담점파기 파종성능 실험

재배기술 전문가의 도움을 얻어 적정한 파종조건을 설정하고 토양종류 및 특성, 운전조건에 따라 파종실험을 실시한다. 파종량, 종자의 확산정도, 평균 파종거리, 파종심, 파종능률 등을 조사 분석 파종성능을 구명한다.

사. 건담점파기 경제성 평가

건담직파기의 이용비용, 소요 노동시간 및 노력절감 효과 등을 분석하여 건담점파기에 대한 경제성을 평가한다.

제 2 장 건답직파 기술 현황

제 1 절 건답직파 재배

1. 국내

물을 대지 않고 마른 논에 파종기로 볍씨를 파종하는 건답직파는 조파(휴립 세조파, 평면세조파), 점파, 요철골 직파로 구분할 수 있다. 일반적으로 기계이앙재배에 비하여 노동력과 생산비를 줄일 수 있으며, 수량성도 입모와 잡초 및 병충해 방제 등 관리를 잘하면 기계이앙재배와 같은 수준의 높은 수량을 올릴 수 있다. 건답직파의 장단점을 살펴보면 표 2-1과 같다.

표 2-1 건답직파 재배의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> -발 상태로 경운, 파종작업으로 작업 용이 -입모기간 중 관개용수 절약 -영농규모 확대 및 대형 기계화 작업 유리 -새 피해 적음 -가뭄지역 적기영농 가능 -무논직파, 담수표면직파 보다 도복 강함 -후작재배 시 쇠토작업 편리 	<ul style="list-style-type: none"> -출아기간(15-20일) 길고 온도 및 강수량 (토양습도)에 따라 출아 양부 변이 큼 -논, 밭 잡초 함께 발생 초종이 다양하고 발생량 많아 방제를 잘 해야 함. -강우 계속되는 경우 파종작업 지연으로 적기 파종 곤란 -입모 후 모래 논 등은 물이 잘 빠져 관개 용수 다량 소요 -계속 건답직파하는 경우 앵미 등 잡벼 발생 심하여 종자 채종 곤란

가. 품종선택

벼 건답직파는 종자를 3 - 4cm 깊이로 파종하기 때문에 도복은 크게 문제 되지 않으나 일찍 파종해야하기 때문에 특히 저온 발아성 및 출아성이 높고, 저 산소 요구형, 단기 생육성 또는 조숙성, 잡초 경합력 및 제초제 저항성이 강한 초기생장성이 좋은 특성을 갖는 지역 장려품종 중 쌀 품질이 좋고 10a 당 500kg 이상 생산되는 품종을 선택하되 농기계 이용효율을 높이고 기상재해를 분산시키기 위하여 숙기를 고려 2 - 3개 품종을 선택하여 재배하는 것이

좋다. 현재 농가 장려품종 중 건답직파재배 적응 품종으로 58 개 품종이 표 2-2와 같이 추천되고 있다.

표 2-2 벼 건답직파 적응품종(농진청 '99)

구 분	품 종 ¹⁾
조생종(17 품종)	소백, 오대, 운봉, 금오, 진부, 상주, 오봉, 남원, 진미, <u>조령</u> , 상산, 삼백, 둔내, 운장, 삼천, 중화 대진
중생종(18 품종)	화성, 팔공, 동해, 청명, 장안, 서안, 안중, 화영, 간척, <u>화중</u> , <u>농안</u> , <u>주안</u> , 봉화, 화선찰, <u>안산</u> , 내풍, 서진, <u>광안</u>
중만생종(23 품종)	낙동, 동진, 탐진, 계화, 대청, 만금, 영남, 대야, 화남, 일품, 대안, 금남, 추청, 향남, 일미, <u>동안</u> , <u>대산</u> , <u>화명</u> , 화삼, 남평, 남강, <u>농호</u> , <u>호안</u>

주 : 1) _ 표는 직파 전용 품종

나. 종자준비

파종기에 의한 원활한 파종작업과 입모 향상을 위하여 까락과 소 지경을 까락제거기로 제거하며, 충실한 종자를 고르기 위하여 비중 약 1.13(물18ℓ에 소금 4.5kg)의 소금물 선별하고, 종자에 의해 전염하는 키다리병, 도열병, 모썩음병, 깨씨무늬병을 예방하기 위하여 종자소독약제인 벤레이트티, 호마이 수화제나 부산30, 스포탁 유제 등으로 반드시 종자소독을 행한다. 이 때 물 1말 당 후라단 35g 정도를 충분히 녹인 물과 같이 섞어서 소독하면 새 피해, 생육초기 해충 피해를 상당히 예방할 수 있다. 벼 건답직파의 사용종자는 종자소독 후 음건시킨 마른종자가 침종 및 최아종자 보다 출아기간은 1-2일 늦으나 입모율 및 입모 균일도가 높으며, 환경적응력과 안정성이 뛰어나 좋다.

다. 포장준비

건답직파에서 경운과 정지는 파종작업은 물론 파종 후 종자의 발아, 출아 및 입모와 벼 생육, 잡초발생 및 방제, 물 관리 등 벼 재배관리 전반에 영향을 미치는 중요한 작업이다.

경운 정지 시기는 토양의 성질, 작부체계, 벼짚 등 유기물, 배수조건 등에 따라 다르나 일반적으로 가을에 깊게 경운하여 미리 정지해 둔 논은 강우 시 논

이 잘 마르지 않아 파종작업이 늦어지고 벼 2 - 3엽기 상시담수 시 누수가 심하므로 벼짚이나 유기물을 많이 사용한 경우나 독새풀 발생이 심한 논(비 선택성 제초제 바스타, 그라목손, 근사미 등을 뿌려 방제한 후 경운 정지) 등 경운이 꼭 필요한 경우 이외에는 가을 또는 이른 봄에 얇게 로타리 경운 정지를 실시하여 두었다가 파종 당일 또는 전일에 트랙터 로타리 경운 정지를 1 - 2회 하고 기비를 살포한 다음 파종하는 것이 가장 좋다.

파종 전 경운 정지 횟수는 토성, 토양수분, 벼짚 및 유기물 매몰정도 등에 따라 다르나 일반적으로 직경 2cm 이하의 흠덩이가 60% 이상 되어야 발아가 양호하다. 토양수분 20 - 30% 일 때는 로타리 작업을 1 회만 실시하여도 직경 2cm 이하의 흠덩이 비율 75% 이상으로 경운 정지에 가장 적합하다.

건답직파는 건답상태에서 로타리 경운 정지 및 균평 작업을 행하기 때문에 논을 평평히 고르기 어렵다. 논바닥의 고저 차가 심할 경우 입모불량, 물 관리 곤란, 잡초 과다 발생, 비료 및 제초제 농도 불 균일로 효과 저하 등이 발생되어 생육에 지장을 주며, 특히 경지규모가 확대됨에 따라 더 큰 문제로 대두될 수 있으므로 정밀한 논 고르기가 필요하다.

라. 파종

파종 시기는 기온, 강우 등 기상조건, 토양수분 상태, 농기계 가동여부 등을 종합적으로 고려하여 결정하는데 일반적으로 지역, 기상, 품종 숙기, 토양조건에 따라 다르나 일 평균 기온이 13 - 15℃ 이상 되면 파종이 가능하다. 파종 시기가 너무 빠르면 발아기간이 길어지고, 새, 쥐의 피해 우려와 잡초발생이 많아지는 단점이 있고, 파종시기가 늦을 경우 이삭이 늦게 패서 여몐비율이 떨어지고, 가을 냉해의 위험성이 있어 적정시기에 파종해야한다. 벼 건답직파의 지역별 품종 군에 따른 파종적기는 표 2-3과 같다.

건답직파는 파종방법에 따라 산파, 조파, 점파로 나눌 수 있고, 파상 모양에 따라서 평면파종과 휴립파종, 골뿌림 파종으로 나눌 수 있다. 점파는 조파나 산파에 비해 파종 후 강우로 인한 답 면의 견고화에도 불구하고 7 - 8개의 종자가 동시에 통양을 밀고 출아하게 됨으로서 입모가 양호하고, 토양 3 - 4cm로 파종되는 점파는 내도복성을 지닐 수 있고, 주간과 주내 경쟁이 높아 무효분얼이 억제되어 직파에서 야기되는 과 번무를 어느 정도 해소할 수 있으며,

직파재배의 이상적 초형인 소얼수중형 초형을 유도할 수 있다. 따라서 작물학적인 면에서는 점파가 벼 생육에 가장 좋다는 결과가 시험을 통해 얻었으며, 수량도 조파에 비해 약 5% 증수되어 기계이앙재배 수준과 비슷하였다. 진압과종을 하게 되면 파상을 평평하게 골라주고 종자가 토양에 밀착하여 파종골에 물이 고이는 것을 막아주며 종자발아에 필요한 수분공급이 활발해져 발아 및 입모가 촉진되고 입모안정성이 향상되며, 벼 생육도 균일해져 수량이 증수된다. 휴립과종은 평면과종에 비하여 배수 불량한 토양에 알맞고, 강우 시 배수, 한발 시 관수 유리하여 출아일수, 발아율, 입모율 및 입모 균일도를 향상시킬 수 있다.

표 2-3 지역별 품종 군에 따른 건답직파 파종적기

지 역	파종적기(월, 일)		
	조생종	중생종	중만생종
중북부	4. 20 - 5. 15	4. 20 - 5. 10	4. 20 - 5. 5
중 부	4. 20 - 5. 20	4. 20 - 5. 15	4. 20 - 5. 10
남 부	4. 20 - 5. 25	4. 20 - 5. 20	4. 20 - 5. 15

파종량은 건답직파 시 입모율을 60 - 75% 수준이면 적정 입모수 m^2 당 90 - 150개를 기준하여 10a당 평면건답직파는 5 - 6kg/10a, 휴립 건답직파는 4 - 5kg/10a가 적당하고 파종시기, 토양비옥도, 종자크기를 감안 10 - 20% 가감한다. 입모수가 60개/ m^2 이하이면 재 파종 또는 재 이앙하며, 양호한 입모를 위해서는 균일파종이 중요하다.

파종 깊이는 출아일수, 출아율, 모 초기생육, 도복 등에 큰 영향을 미치는데 종자가 얇게 파종되면 출아가 빠르고 출아율이 높아지나 새 피해 및 등숙기 도복 위험이 커진다. 따라서 출아, 초기 모 생육, 새 피해 등을 종합적으로 고려할 때 3 - 4cm로 파종하는 것이 적당하다.

마. 시비

건답직파재배는 밭 상태로 경운 정지하여 파종하고 파종 후에도 20 - 30일간 밭 상태로 관리함으로 담수상태로 썩레질한 논 보다 토양 공극이 많고 상시담수 시 관개수의 하층으로 침투량이 많아 비료분의 탈질 및 용탈이 많다. 따라서 일반적인 질소시비량은 시비량 시험 결과 1모작 논외 보통 논과 미숙논은 15 - 18kg/10a, 사양질 논은 17 - 20kg/10a을 시비하고, 인산과 칼리는 1, 2모작에 관계없이 6 - 8kg/10a로 시비하는 것이 적절한 것으로 나타났다. 그러나 인산과 칼리가 과다하게 축적된 논의 경우는 인산과 칼리의 시비량을 10a당 각각 4.5, 5.7kg으로 줄여주는 것이 좋다.

시비방법은 질소비료는 토양특성, 벼 생육상황에 따라 시비방법을 달리해야 하는데 사양토와 양토의 경우 기비-3~7엽기-수비로 40-30-30% 또는 기비-3엽기-7엽기-수비로 10-30-30-30%로 나누어주는 것이 수량이 높았다. 인산비료는 비효를 증진시키기 위해 pH를 6 - 7로 유지시키고, 시용 인산과 토양과의 접촉을 적게 시키기 위해 분산보다는 입상이 좋으며, 뿌리가 많이 분포하는 부분에 시비하는데 따라서 전량 기비로 전층 시비한다. 칼리질 비료는 기비로 70%, 수비로 질소질 비료와 함께 30% 주는 것이 효과적이다.

완효성 복합비료는 가격이 비싸지만 비료이용효율 증진, 지속적인 양분공급, 시비노력 절감, 수질 및 대기오염 경감 등에 효과가 있어 확대 보급될 전망이다. 현재 수도용으로는 라텍스 피복요소, 수지피복요소, 하이파 비료 등이 있는데 시용시험 결과 기비로 100% 줄 때 보다는 기비로 70% 전층시비(58.3kg/10a)한 다음 4엽기 또는 수비로 30% 주는 것이 시비횟수를 줄이면서 수량을 관행시비에 비해 증수할 수 있는 것으로 나타났다.

바. 물 관리

벼에 있어서 관개수는 벼의 생장조절, 양분의 공급과 흡수 조절, 지 수온 조절, 통양환원과 산화 조절, 잡초발생 억제, 병해충해 경감 등의 중요한 역할을 하며 물의 최대한 기능을 발휘하도록 적절한 물 관리를 해야 한다.

파종 후 강우 시에는 별도 고랑관개가 필요 없지만 일반적으로 파종 직후 고랑관개를 실시하고, 건답기간 중 가뭄이 올 때는 용수원을 확보하여 1 - 2회 더 고랑에만 물을 대주어 싹이 일찍 고르게 나오도록 하고, 잡초방제 효과

를 높이도록 하며 파종상면에 물이 올라가지 않도록 주의하고 물이 올라간 경우는 24시간 이내에 배수한다. 평면조파의 경우는 2 - 5m 간격으로 배수구를 설치하여 싹이 나올 때 까지는 침수되지 않도록 한다.

건답직파한 논에 담수시기가 늦어지면 적정 수수확보가 어렵고 잡초발생이 심하므로 잎이 2 - 3매 정도 되었을 때(파종 후 25 - 35일) 논 전체에 물을 대 주어 벼 생육을 촉진시킨다. 일반적으로 입모수가 m^2 당 150개 이상이면 담수시기를 늦추어 과다분얼을 방지하며, 60 - 90개로 적을 때는 가급적 조기 담수를 하여 분얼비를 20 - 30% 증비하여 이삭수가 부족하지 않도록 한다. 또 잡초발생이 심한 논은 출아기 이후 조기 담수하여 잡초발생을 억제토록 한다. 물을 일찍 댄 논에 입제제초제를 살포하면 약해가 염려되므로 물 댄 후 10일 경에 입제제초제를 살포하며, 비 선택성 제초제 등 경엽 처리 제초제를 살포한 경우에는 물대기를 다소 늦추어 약해를 방지한다.

건답직파 논은 논두렁에서 물이 새어나가는 경우가 많아 관개수 절약을 위해 논두렁을 바르고 논물을 댄 후 20일부터 10일 간격으로 2 - 3회 중간낙수를 하면 뿌리 량이 많고 뿌리의 심층비율이 높아 도복이 크게 경감된다.

사. 잡초방제

건답직파재배에서 잡초발생의 특징은 잡초발생이 벼 출아 보다 빨라 잡초와의 경합에 매우 불리하며, 잡초종류가 많고 발생량이 많으며, 밭 잡초가 많은 대신 수생잡초는 줄어든다.

잡초방제체계는 피, 독새풀이 많을 경우 경운정지 전에 비 선택성 제초제를 처리하는 것이 좋으며, 파종 후 담수 이전에 1차 제초제를, 담수 후 2차 제초제를, 그리고 올방개 등 다년생 잡초가 재생할 경우 벤틀론 액제를 처리한다.

담수 전 처리 제초제는 표 2-4에서와 같이 3 부류가 있는데 파종직후나 5일 이내 잡초발생 전 처리하는 토양처리제, 파종 후 10 - 15일 경 기 발생 잡초와 미 발생 잡초가 공유하는 때 처리하는 제초제, 그리고 파종 후 20 - 25일 경 잡초들이 거의 발생할 때 처리하는 제초제가 있다.

파종 후 약 25 - 30일 경 담수하면 담수이후 잡초가 새롭게 발생한다. 관수 후 담수상태를 유지하면 이앙재배와 동일한 조건이 된다. 담수 후 5일 이내에 어린모 및 담수표면산과 적용 토양 처리형 입제를 살포하거나 담수 후 20

~ 30일에 경엽 처리용 제초제를 처리함으로써 건답직파 논에 발생하는 잡초를 보다 효과적으로 방제할 수 있다.

건답직파용 경엽 처리제는 포장의 잡초발생 정도가 다양하여 1회 처리만으로 건답기간 30 ~ 40일 간에 발생하는 잡초를 완전 방제키 어려울 뿐만 아니라 잡초엽기에 따라 방제효과가 상이하므로 사용엽기를 준수해야 한다. 특히 경엽 처리제는 사용 엽기의 폭이 좁은 단점이 있으므로 사용적기를 놓칠 경우에는 효과를 기대하기 어렵기 때문에 피 4 ~ 5엽기용 경엽 처리 제초제를 효과적으로 처리함으로써 피 6 ~ 7엽기에도 높은 방제 효과를 얻을 수 있다

표 2-4 벼 건답직파재배 논 잡초방제

구분	파종 전	건답기간			담수기간	
		파종 후 5 일 이내	파종 후 10~15일 이내	파종 후 20~25일 이내	담수 후 5일 이내	담수 후 20~30일
대상 잡초	피, 뚝새풀 기타	일년생 잡초	일년생 잡초	일년생 잡초	일년생 및 다년생 잡초	일년생 및 다년생 잡초
사용 제초제	그라목손 근사미 바스타	마세트 풀다운 풀제로	새 손 길자비 사타닐 모만나	풀 뚝 하이킬 정일품 단골 피안커	부자논 등 어린모 적용 제초제 · 장손 등 담수직파 적용제초제	풀뚝 등 경엽처리제 · 큰일군 · 밭사그란

아. 건답직파 토양특성

직파재배는 토성, 배수상태, 토양비옥도 등에 따라서 기계작업효율, 출아 및 입모 양부, 시비 및 제초제 살포효율, 도복 등에 크게 영향을 받기 때문에 토양환경은 기상환경과 함께 직파재배 적지 선정의 기본이 된다.

직파재배는 출아까지의 소요기간이 길고, 이삭 패는 시기가 다소 늦기 때문에 중산간지 이상에서는 가을에 서리가 일찍 내릴 경우는 벼 알이 잘 여물지 않을 우려가 큼으로 표고기준 중북부 지역에서는 100m, 남부지역에서는 200

m 이하, 경사도 기준으로 7% 이하의 평야지가 직파재배에 안전하며 가급적 물관리가 용이한 지역이 유리하다.

찬물이 나는 논이나 그늘이 많이 지는 논, 계곡, 곡간지로 햇빛이 잘 안드는 논, 간척지로 염 농도가 0.25% 이상인 논 등은 직파재배를 앓는 것이 좋다.

토성 및 배수상태에 따라 벼 건답직파재배 적지 분류를 살펴보면(농과원 '94) 최적지는 사양질의 배수가 약간 불량한 논이고, 적합지는 배수가 약간 양호하거나 약간 불량한 사양질, 식양질과 배수가 불량한 사양질에서 지하 50cm까지는 불량하지 않은 논이며, 가능지는 배수가 약간 양호한 식질, 배수가 약간 양호하거나 약간 불량한 미사식양질, 그리고 배수가 불량한 식양질 및 미사식양질에서 지하 50cm까지는 배수가 불량하지 않은 논이다. 이와 같은 기준으로 토양통을 분류해 보면 건답직파 최적지는 가천통, 감천통 등 5개 토양통이, 적지에는 고천통, 남평통 등 68개 토양통이, 가능지에는 덕평통, 전북통 등 47개 토양통이 해당되고 정밀토양도로 추정된 벼 건답직파 가능면적은 약 639,807ha로 전국 논 면적의 51.6%이며, 이 중 최적지 3.7%, 적지 32.6%, 가능지는 15.3%이다.

토양이 너무 건조하거나 과습해도 출아가 불량함으로 토양수분은 40%가 가장 좋으며, 경운 정지는 파종당일 또는 1 - 2일 전에 하고 직경 2cm 이하의 흙덩이가 60% 이상이 되어야 발아가 양호하다. 입모 확보, 잡초방제, 물 관리, 비료 및 제초제 살포 향상을 위해서 토양의 균평 작업이 중요하며 가능한 고저차를 적게 균일하게 정지해야 한다. 파종 깊이는 출아, 초기 모 생육, 새 피해 등을 종합적으로 고려하여 3 - 4cm로 파종한다.

2. 국외

우리나라와 벼 재배여건이 비슷한 일본의 경우 건답직파 파종체계는 불경기 건답직파, 경기건답직파, 경기건답직파의 변형인 경기작구건답직파로 분류하고 있다.

불경기건답직파는 불경기 상태의 포장에 직파하는 것으로 전작 작물의 베어진 열 사이에 파종구를 만들어 파종, 복토, 진압하며 답수는 보통 3 - 4엽기에 행한다. 파종은 원반작구파종기나 유체파종기를 이용한 작구파종법, 디스크작구파종기를 이용한 디스크작구파종법, 부분경파종기를 이용한 부분천경파종법

이 있다.

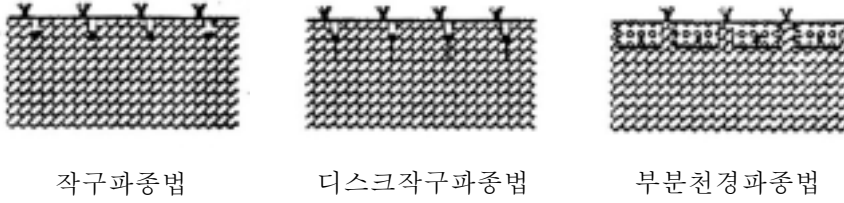


그림 2-1. 불경기건답파종법

경기건답직파는 파종 전 경기를 한 후 종자를 파종하는 방법으로 경기한 다음 충분히 쇄토하여 파종구를 만들어 파종하고 일반적으로 복토와 진압을 충분히 행한다. 답수는 보통 3 - 4엽기이나 한지에서는 보온을 위해 비교적 일찍 답수한다. 경기구절파종법과 경기표층파종법이 있다. 일반적으로 드릴파종기나 로타리 파종기를 이용하며 쇄토가 충분치 않은 포장은 발아와 입모를 좋게 하기 위하여 역회전 로타리 파종기나 로타리 해로우 파종기를 이용한다.

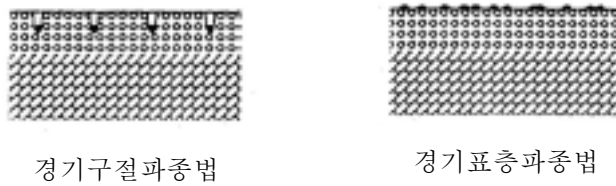


그림 2-2. 경기건답파종법

경기작구건답직파는 경기와 동시에 작구파종기 또는 작구기+조파기를 이용하여 파상의 작구를 만들고 작구 밑부분에 종자를 파종하는 방법이다. 답수는 파종직후 행하여 토양봉피에 의해 복토하며 그 후 배수한다. 표면파종에 근사하다. 작구의 형상은 토양봉피가 용이한 형상으로 한다.

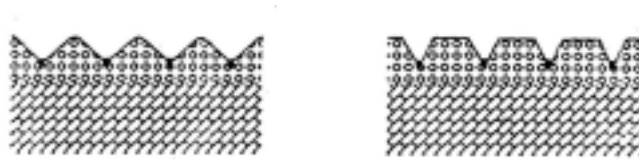


그림 2-3. 경기작구건답파종법

일본의 직파재배는 차세대의 수도작에 대응하여 획기적인 기술과 위치가 부여되고, 전국 각지에서 활발히 연구가 진행되고 있다. 특히, 건답직파는 옥묘나 묘목, 이식작업이 불필요할 뿐만 아니라 칼파 등의 코딩작업도 불필요하며, 게다가 파종작업에 트랙터 등 대형기계의 도입에 따른 고능력·생력작업이 가능하고, 봄철에 작업이 집중된 대규모 경영농가에서부터 복합경영을 활기차게 행하고 있는 농가까지 폭넓게 도입 가능한 기술로 만든 건답직파 파종기술이 개략적으로 완성되어 있다. 앞으로 각 파종기의 적응범위를 명확히 함과 동시에 대규모화나 기상변동에 대응하기 위하여 종자의 배출장치 개량이나 파종심, 복토·진압의 안정화 기술, 정밀 쇄토·고속·고능력 경운기술 등을 보다 안정된 기술체계로서 확립해 가는 것이 필요하다. 또한, 파종 이외의 주변기술로서는 발아·입모 향상을 도모하기 위한 포장 균평 기술이나, 관리 작업의 효율화를 도모하기 위한 생력·고능력 관리 작업 기술 등의 개발에 역점을 두고 있다.

제 2 절 건답직파기

1. 국내

현재 국내 주요 농기계 업체에서 생산 시판되고 있는 건답직파용 직파기는 트랙터 견인용으로 조파 6, 8, 12조를 파종할 수 있는 파종기로, 파종기 단독으로 또는 로타베이터나 휴립장치에 파종기를 부착하여 파종할 수 있는 것이 있으며, 이밖에 일부 중소기업에서 생산된 인력용 점파기, 트랙터 부착용 점파기, 그리고 건답 골뿌림 직파기가 개발되어 있다.

이들의 주요장치와 기능을 살펴보면 국내 주요 업체의 직파기의 경우 경운정지를 위한 정 역회전 겸용 중앙구동식 로타베이터, 휴립파종을 위한 오거와 중앙날로 구성된 휴립장치, 그리고 파종기 주요부로 투명 PVC 재질의 종자함, 가로 홈을 4 개 또는 8 개로 조절할 수 있고 파종량을 조절할 수 있는 3 중 롤러의 홈 롤러 종자배출장치, 종자를 파종골로 유도하는 종자관, 종자골을 형성하는 회전하는 2 개의 원판으로 구성된 구절기, 종자를 덮어주고 진압하는 복토체인 및 진압륜, 종자배출장치를 구동하기 위한 고무바퀴의 구동륜, 파종기를 지지하며 경심을 조절하기 위한 미륜, 진압륜 이밖에 트랙터 부착장치와 프레임 등으로 구성되어 있다. 포장상태에 따라 경심이 정확치 않으며, 과밀파

중, 미과종 등 과종이 불균일하여 개선이 필요한 상태이다.

일부 중소기업에서 생산된 트랙터용 점파기는 로타베이터 또는 휴립장치에 파종기를 부착할 수 있으며 파종기는 종자호퍼, 그리고 지면에 대해 회전하면서 파종구멍을 파고 동시에 종자를 배출 점파를 수행하는 종자량 조절이 가능한 종자배출통, 복토체인, 진압륜, 이밖에 부착장치와 프레임 등으로 구성되어 있다. 구질장치가 필요 없고 점파의 장점이 있으나 운전상태에 따른 파종량 변이, 토양상태에 따라 토양부착으로 인한 종자배출 불량, 경심 조절, 복토 등의 문제점 등이 예상된다.

건담 골뿌림 직파기는 로타베이터, 종자호퍼, 종자배출장치, 종자관, 구동륜, 골작성 롤러(골 깊이 7 - 8cm, 밑면 골 너비 3cm, 경사각 45°), 복토체인, 진압롤러, 부착장치 및 프레임 등으로 구성되어 있고, 종자호퍼, 종자배출장치, 종자관은 기존 조파 파종기의 장치를 이용하였다. 농촌진흥청에서 건담 골뿌림 직파를 위하여 개발되었으며 아직까지 농가에 보급되지 않고 있다.

현 직파기의 정밀파종을 위하여 김(1996) 등은 파종 롤러 홈의 형상, 크기, 개수 와 솔의 크기 및 부착위치를 개선하여 점파가 가능하도록 하였는데 파종 정밀도 약 32.7 - 39.5%, 주간거리 변이계수 11.8 - 13.7%정도의 파종이 이루어지는 것으로 보고하였다.

이밖에 현 직파기를 기본으로 한 부분경운 직파기의 개발이 이루어졌으며, 점파식 자동파종기(문, 2000), 점파파종기에서 종자량 및 파종간격 조정방법 및 그 장치(이, 1999), 점파용 파종롤러 및 솔(유 1998), 벼 구멍 직파기(김 외, 1998), 점파식 파종기 장착브라켓(문, 2002) 등 점파용 직파기에 대한 특허, 정밀 종자배출을 위한 벨트식(안, 2001), 진공식(이 2002), 종자관식(박, 2000), 클램프식(김, 1999), 회전원판식(황, 1999) 등 정밀 종자배출장치에 대한 특허, 이밖에 종자안착장치, 트랙터 착탈장치 등 각종 파종기에 관련된 수십 건의 국내 특허가 출원된 상태이다.

2. 국외

일본의 경우 건담직파 파종체계는 불경기건담직파, 경기건담직파, 경기건담 직파의 변형인 경기작구건담직파로 분류하고 이에 따른 다양한 직파기가 개발되고 있다.

불경기건담직파에서는 전작작물의 짚 등이 있는 상태에서 짚을 배제하면서 확실하게 파종, 복토를 해야 한다. 따라서 불경기파종기는 주로 파종 전에 짚을 배제하면서 파종구를 만드는 장치가 개발되고 있다.

부분천경파종방식으로 M사·岡山農試式, 三重農試式(부분천경), 滋賀農試式 불경기파종기가 있는데 M사·岡山農試式 불경기파종기(그림2-4)는 4매의 3cm 폭의 작구복토 호와 파종통으로 이루어진다. 작구복토 호는 진행방향을 향해 회전하여 2 ~ 3cm 깊이의 파종구를 뚫는다. 이때 파낸 흙은 작구복토 호의 위를 덮고 있는 복토커버를 따라 후방으로 방출된다. 파종통은 작구복토 호의 바로 뒤에 부착되어 있으며, 작구복토 호에서 만들어진 파종구의 종자가 파종된다. 파종통의 선단부분은 파종구의 방향으로 구부러져 있기 때문에 종자는 파종구에 떨어지고 전방에서 굴삭된 흙에 의해 복토된다. 또한, 복토커버는 진흙이 복토커버에 부착되지 않도록 고무제로 되어있다. 파종과 동시에 입상비료를 측조에 시용함과 함께 병충해 방제 재를 동시에 사용하는 것도 가능하다. 작구복토 호는 PTO에서 구동되지만, 그 이하는 전체적으로 접지륜을 구동원으로 하고 있다. 또한, 답면의 요철에 추종하고 일정한 깊이로 파종하기 위해 2조의 독립 현가기구로 되어 있다. 파종장치의 전후에 안전륜을 배치하여 피칭을 억제하고, 게다가 프레임은 ①작구복토 호가 반대로 회전하면서 진행함에 의해 짚이나 잡초가 있어도, 확실하게 파종구를 굴착해 나가는 것이 가능하고, ②종자호피와 파종통 하부의 2개소에 샤프터가 달려있어, 이것에 의해 점파에 가까운 상태로 구의 아래에 파종되며, ③굴착된 흙은 복토커버에 따라 튀어 나오고 전체 후방의 파종구에 배출되기 때문에 확실하게 복토가 이루어지며, 복토되는 흙은 잘게 쇄토되고 균일하게 복토되는 등의 특징이 있다.

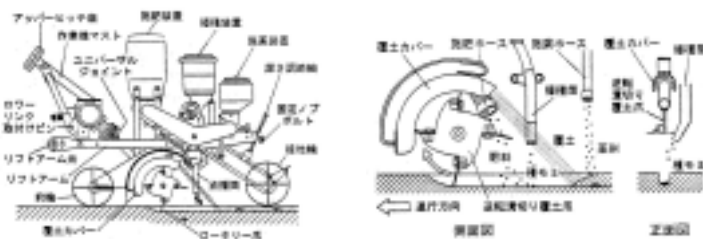


그림 2-4. 불경기 파종기(M사)

三重農試式 불경기파종기는 로타리해로우의 호 축에 L형 날과 직선날을 배치하고 파종부분을 얇게 경기한 후에 V자 롤로 작구하여 파종하고, 후방의 V자 롤로 복토하는 구조이다. 복토 후는 진압륜으로 진압한다. L형날은 표층을 3cm 정도 파는 게 가능하다. 이 파종기는 ①직선날에 의해 파종위치의 양측에 구를 파는 근권의 토양이 개선되고, ②L형날에 의해 재생 벼가 절단되고 균평화가 도모됨과 함께 제초효과와 복토의 확보가 가능하며, ③동계의 제초·균평작업에 이용되고 파종 시에 불경기파종기로서 이용될 수 있는 등의 특징이 있다. 또한 대두 등의 파종에도 이용되는 범용성이 있다.

滋賀農試式 불경기파종기는 로타리 해로우의 날 배열을 바꿔 위에서의 파종기와 다르며, 조간을 경기하면서 불경기부에 파종하는 구조이다. 파종부는 드릴파종기를 사용하고 그것을 로타리 해로우의 전방에 설치하고 있는 것에 특징이 있다. 이것에 의해 종자를 불경기부에 떨어뜨려 조간을 경운할 때에 비산하는 흙에 의해 복토하고 파종심도를 확보한다.

생물계 특정 산업기술연구 추진기구에서 개발된 구멍파기식 불경기파종기는 회전하는 디스크의 원주 상에 장치된 삼각형 또는 台形형의 날로 포장에 구멍을 파고 그 구멍 가운데 종자와 비료를 낙하시켜 복토기로 복토하는 구조이다(그림 2-5). 디스크의 회전에 동조하여 종자관 내의 샷터가 개폐되도록 되어 있으며, 종자는 확실하게 구멍 가운데에 들어가도록 되어 있는 특징이 있다. 또한, 시비장치나 살충제 시약장치도 설치되어 있고, 시비파종과 시약을 동시에 가능하다. 작업속도는 0.5 ~ 0.7m/s이고 작업능률은 약 20a/h(작업폭 1.2m)이다.

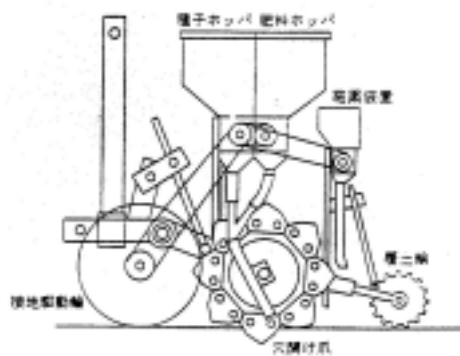


그림 2-5. 불경기 파종기(생연기구)

디스크작구 파종방식으로는 농업연구센터방식 및 愛知縣 농업종합시험장 방식의 불경기파종기가 있다. 양쪽 모두 기본적으로는 강제 회전하는 디스크에 의해 V자형의 파종구를 만들고 그 구에 파종하는 파종기이다.

농업연구센터방식의 불경기파종기는 강제 구동하는 직경 46cm의 회전디스크로 구를 판 후, 그 구 속에 더블디스크의 선단을 넣고 그 위에 개구해서 Y자형의 파종구를 만들고, 横溝畝식의 시비파종기에 의해 시비파종을 행하고 복토·진압을 하는 구조이다(그림 2-6). 시비파종기의 구동은 접지륜으로 구동된다. 더블디스크의 위치는 게이지륜에 의해 변화되며, 파종심도는 2 ~ 3cm로 조절 가능하다. 회전 디스크에서는 최대 10cm 깊이의 구가 가능하고 그것에 의해 치밀도가 높은 토양조건에 있어서 밭아 후 뿌리의 신장을 돕는 특징이 있다. 복토기구는 더블디스크 후부의 체인과 진압륜에 의한 방식으로, 파종 후 확실한 복토가 가능하다. 또한, 시비위치는 파종조 바로 위와 더블디스크의 측방을 선택할 수 있지만, 완효성 비료를 이용하는 경우는 파종조 바로 위에 시비가 효과적이다. 작구디스크는 진행방향에 대해서 역회전하고, 포장표면의 이전 작물의 찌꺼기를 걷어내며 파종이 가능한 특징이 있다. 주행에 대해서는 저항부가 작기 때문에 주행속도 1m/s의 고속으로 약 40a/h(작업 폭 2.4m)의 고능력·고정도의 파종작업이 가능하다. 또한, 벼·보리·콩의 3 작물의 파종가능하고 조간을 30cm에서 75cm로 간단하게 변경하는 것이 가능하다.

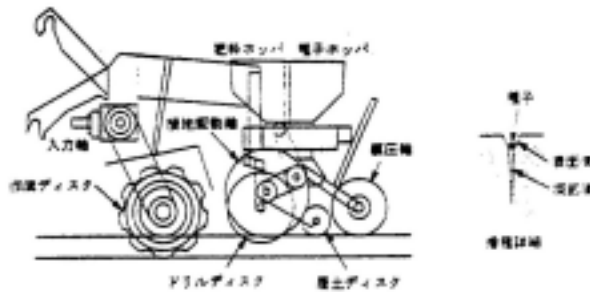


그림 2-6. 불경기 파종기(농업연구센터)

愛知縣 농업종합시험장방식의 불경기파종기는 로타리의 경운축에 정각 40°의 V자형 디스크를 부착시켜, 그 후부에 파종기를 부착시킨 것도 있다. V자형의 파종구의 깊이는 5cm로 깊다. 복토는 체인으로 한다. 조간은 20cm이지만

변경하는 것도 가능하고 벼·보리의 파종이 가능하다. 작업속도는 0.7m/s로 작업능률은 약 30a/h (작업 폭 1.6m)이다.

경기건담파종용 파종기는 쇠토성이 양호하고 발아·입모를 향상시킨 요동스크린 로타리 파종기나, 파종 시에 구를 만들고 그 구 아래에 파종함에 따라 발아·입모를 향상시킨 경기작구 파종기가 있다. 요동 스크린 로타리 파종기는 북해도 美唄市の O사와 북해도 농업시험장에서 공동개발 한 경기시비 파종기이다(그림 2-7).

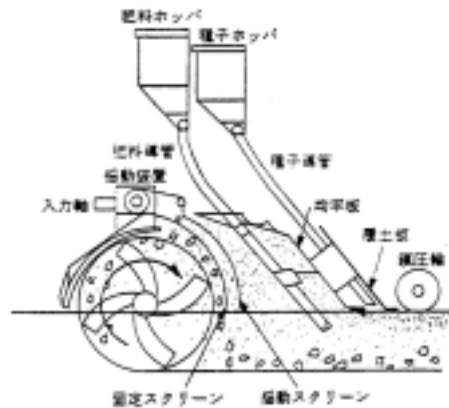


그림 2-7. 경기건담 파종기(북해도농업시험장)

역회전 로타리 작업기에 요동하는 스크린, 고정스크린이 부착되고, 로타리의 후방에 시비·파종부가 부착되어 있다. 요동스크린을 장착함으로써 쇠토성을 현격히 향상시켰다. 또한, 시비 도관은 역회전 로타리 작업기의 균평판 내에 부착시켜 시비위치의 조절이 가능하다. 파종복토심은 균평판에 붙은 구절기와 복토판의 강도에 따라 조절된다. 특히, 요동 스크린 로타리 파종기는 연작 답에서 쇠토율이 높고 파종심도 5 ~ 15mm의 고정도 파종과 측조시비(시비위치 3 ~ 5cm)를 가능하게 한 것이 특징이다. 또한, 점토함량이 많은 포장에서도 작토표층의 쇠토상태가 양호하고 안정된 시비·파종심도가 얻어진다.

농업연구센터에서 개발한 경기작구 파종기는 경기·작구·시비·파종을 동시에 수행하는 것이 가능하다(그림 2-8). 경기부에는 로타리 또는 로타리 해로우를 사용한다. 로타리 해로우를 사용한 기종의 경우는 경심이 5 ~ 7cm로 얇기 때문에 파종 이전에 별도의 로타리를 사용하고 경기를 행하는 것이 필요하

다. 로타리에 따라 경기 후에 강우가 있는 경우에는 토양이 다량의 수분을 포함하여 주행이 곤란하게 되기 때문에 로타리로 경기와 파종작업을 동시에 실시한다. 로타리를 사용한 경우에는 경심이 로타리 해로우 보다도 깊고 파종전의 경기를 생략하는 것이 가능하기 때문에 생력적이지만 로타리에 따라 경기의 소요동력이 크게 되기 때문에 대형 트랙터가 필요하게 된다. 작구장치는 구동되고 있기 때문에 토양의 부착이 없고, 포장이 담수되어 있지 않다면 강우 후의 고 수분 토양상태에서도 작구파종작업이 가능하다는 것이 특징이다. 또한, 경기건답직파에서는 로타리에 따라 60 ~ 70%이상의 파쇄율(직경 2cm 이하의 토괴 비율)을 필요로 하지만, 이 방식에서는 쇄토율이 낮아도, 작구가 가능하며 파종작업을 수행하는 것이 가능하다. 그러나 토양이 과 건조 상태에서 작구파종을 하면 담수 후에 토양의 붕괴가 현저히 나타나고, 복토량이 많아지는 경우가 있다. 종자관은 작구장치의 전후 어느 쪽에서도 장착이 가능하며, 통상은 작구장치의 전부에 장착시켜 종자를 흙과 함께 작구장치에 압축시켜 구 아래에 파종하고, 고 수분 상태의 포장의 경우에는 칼파 또는 점토 자재를 첨가한 종자를 사용하고 작구장치의 후부에 파종하도록 한다. 전부에 파종하는 경우에는, 종자는 5mm이하로 얇게 복토하고 무분의의 최아종자도 안정한 발아·입모가 얻어진다. 또한, 담수 후에 종자의 유실이 없고 부묘의 발생방지효과도 있다. 돌기모양은 교환이 가능한 구조로 되어 있어 토양조건에 따라 구의 형상을 변경하는 것이 가능하다. 게다가 원반형의 작구장치의 변경에 따라 경기건답직파나 보리의 파종이 가능하다.

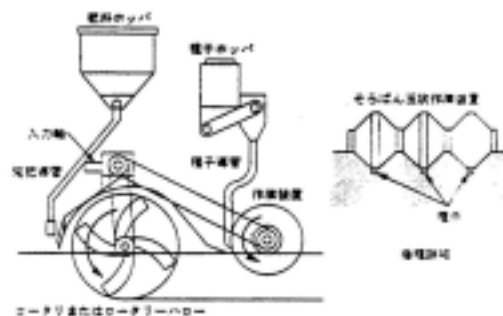


그림 2-8. 경기작구 파종기(농업연구센터)

점과 파종에 대하여는 담수직파의 경우 종자배출 롤 아래에 톱니 모양의 디스크를 설치한 종자배출장치를 개발하여 이에 의해 점파를 수행하였는데 (Tasaka 외, 2003) 점파형상을 0.7m/s의 작업속도, 주간거리 20 - 30cm에서 장경 6.4cm, 점파주율(장경 10cm 이하 주의 비율) 92%를 얻을 수 있었다고 보고하였다. 또한 건담직파와 담수직파의 절충형인 건전토중조기담수직파(절충 직파)를 위하여 다점식 접선 캠, 2단 링크기구, 로타리 밸브로 구성된 점파장치를 갖춘 건담점파기(Katahira 외, 2002)를 개발하였는데 작업속도 0.53m/s, 파종거리 23.7cm에서 파종형상은 종 7.8cm, 횡 2.8cm로 파종되었으며 관행 조파에 비해 높은 수량을 얻을 수 있었다고 보고하였다.

이밖에 주행속도에 비례하는 종자배출량 제어를 위하여 컴퓨터를 이용 주행속도, 종자배출 롤 속도, 배출종자의 수를 광센서로 측정하여 DC 모터로 종자배출 축 속도를 조절하여 파종량을 제어하는 시스템에 대한 연구(Garcia 외 1997, 1998)가 보고 되었으며, 또한 접지륜에 홀 IC를 이용한 펄스신호로 주행속도를 측정하여 DC 모터로 종자 및 시비배출 축의 속도를 제어하여 파종량과 시비량을 조절하는 시스템에 대한 연구(Zhuang 외, 1996,1997)에서 무 돌기의 직경이 큰 접지륜이 주행속도 측정에 가장 적합하였으며, 0.29 - 0.56m/s의 주행속도로 과립형 복합비료를 시비하였을 때 살포 변이계수가 7% 이하였음을 보고하였다.

한편 일본 외 국외에서는 면적당 파종되는 종자수를 제어할 수 있는 시스템에 대한 연구(Heege 외, 2002)를 수행하였는데 주행속도와 파종 종자수를 광센서로 측정하여 컴퓨터에 의하여 워엄 기어의 변속비를 조정 종자배출 축을 구동하는 모터의 회전속도를 조정하여 파종종자수를 제어하도록 하였다.

고속 정밀 점파기 개발을 위하여 기울어진 삼각형 홈의 로타리 밸브를 이용한 점파장치의 연구(Brandt 외 1964), 회전속도에 의한 원심력을 이용한 수직의 고속 정밀 원심파종장치 연구(Khan, 1971) 등이 수행되었다. 또한 정밀 파종을 위하여 진공을 이용한 드럼형 파종기(Hassan, 1981), 무경운 시스템의 펀치식 파종기(Molin 외, 1998), 공기 젯트를 이용한 단일 종자파종기(Shafii 외, 1991), 유체공기식 파종기(Zulin 외, 1991; Far 외, 1994), 토양전극센서를 이용한 자동 경심제어 파종기(Weatherly 외, 1997), 행성운동의 진공식 종자배출장

치(Short 외, 1970) 등이 연구되었으며, 종자감지 및 주행속도에 비례한 정밀 종자배출을 위하여 마이크로컴퓨터와 감지센서를 이용한 파종시스템(Wilkins 외, 1981; Garcia, 1998), 토양표면에 충돌 후 종자배출 현상 연구(Bufton 외, 1974), 정밀 파종기 설계에서 배출 에러와 배출시점의 영향(Wilson, 1980)에 대한 연구가 수행되었다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 건담점파기 기본구상 및 설계방향

1 기본 구상

재배 측면에서 벼 건담직파의 적정재배 조건을 보면 포장준비는 파종당일 또는 1 - 2 일 전에 직경 2cm 이하의 흙덩이가 60% 이상이 되도록 가능한 고저 차를 적게 균평하게 경운 정지하고, 파종은 토양수분 40%에서 파종 깊이 3 - 4cm로 휴립 점파를 하여 진압을 하며, 적절한 잡초방제, 시비, 물 관리 작업 등을 수행함으로써 입모 균일 및 입모율 향상, 잡초방제 및 물 관리 편리성 향상, 비료 및 제초제 살포 효율 향상을 도모하여야 보다 안정적인 건담직파재배가 가능함을 알 수 있다.

그러므로 기계적인 측면에서 건담직파 재배의 안정에 기여하기 위해서는 건담직파에 적합한 경운 정지작업이 이루어져야 하고, 파종량, 파종간격, 파종심 등도 일정하게 유지할 있도록 정밀 파종작업이 가능하여야 하며, 또한 생력화를 위하여 경운 정지작업, 휴립작업, 파종작업, 시비작업을 일괄하여 작업할 수 있는 기능을 갖춘 정밀파종기의 개발이 필요하다.

이상과 같은 건담직파 조건을 고려하여 본 연구에서는 다음과 같은 특징과 기능을 갖는 건담직파기를 설계 개발하고자 하였다.

- 8조 점파 트랙터 부착식 작업기
- 파종심 3 - 4cm, 조간거리 25cm, 주간거리 조절, 파종량 조절로 정밀 파종 가능
- 파종폭 2m, 파종속도 0.5m/s 내외, 작업능률 20분/10a 내외, 결주율 최소화
- 측조시비 가능
- 균평 및 골타기 작업, 경운 정지작업, 파종작업, 시비작업 등 일괄 작업 가능
- 벼 종자 외에 보리, 콩 등 타 종자 파종 가능

2. 주요부 설계 방향

건담점파기 기본 설계 조건을 바탕으로 균평 및 골타기 작업, 경운 정지작업, 파종작업, 시비작업 등 일괄 작업 가능하고, 파종심 3 - 4cm를 유지할 수

있는 트랙터 부착식 8조 건답점파기를 개발하고자 하였는데 그 주요부는 고랑타기 및 균평부, 로타리 경운부, 작조부, 파종 및 시비부, 복토 및 진압부를 비롯하여 파종 및 시비부, 복토부 구동을 위한 유압부, 주행속도에 비례하여 파종이 이루어도록 파종 축을 제어하는 파종속도 제어부, 고랑타기 및 균평부, 로타리 경운부, 작조부, 파종 및 시비 축을 구동하기 위한 동력전달부, 트랙터 연결용 히치 및 주요부 지지를 위한 프레임 등으로 작업기를 구성하였으며 개략적인 주요부 설계 방향은 다음과 같다.

가. 고랑타기 및 균평부

포장의 균평, 배수 고랑 형성, 휴립재배를 위하여 중앙에 고랑타기 날과 좌우에 오거를 설치하며, 회전방향은 진행방향과 반대로 하여 고랑 형성에 의하여 파여진 토양을 오거에 의해 균평하게 하도록 한다. 고랑 폭은 콤파인 작업 등의 편리를 위하여 관행 25cm에서 15cm로 줄이며, 고랑 깊이는 15cm 내외로 설계한다.

나. 로타리 경운부

파종조건에 알맞는 토양구조 형성을 위하여 로타리 작업기에 의한 경운이 파종과 동시에 이루어지도록 로타리 경운부를 앞에 설치한다. 파종 후 물 빠짐의 개선과 작업부하의 경감을 위하여 경심을 기존 로타리 작업기 보다 줄여 약 10cm 내외가 되도록 하며, 회전은 진행방향으로 설계한다.

다. 작조부

토양을 균평하게 하고, 지면으로부터 3 - 4cm 깊이의 정확한 파종 골 형성을 위하여 원통 롤에 V자형 돌기를 부착한 작조부를 설계하고, 이를 파종속도보다 빠르게 구동시켜 토양 부착을 방지하도록 하며, 파종과 동시에 측조 시비가 가능하도록 한다.

라. 파종 및 시비부

주행속도의 따라 일정한 파종량과 주간거리를 유지할 수 있는 파종부를 설치하여 균일하고 정확한 점파가 이루어지도록 하며, 동시에 측조 시비가 가능

한 시비부를 설계한다. 기존의 점과용 종자배출장치, 조과용 종자배출장치의 이용가능성을 검토하여 점과가 가능한 종자배출장치를 설계한다. 종자배출장치의 구동은 대형 트랙터의 경우 대부분 속도비례형 PTO가 채용되어 있지 못하고, 접지륜이나 DC 모터에 의한 구동의 경우 출력의 제한 때문에 독립된 유압 시스템을 설계 이에 의한 구동을 고려한다. 종자배출량과 시비량을 조절 가능하도록 하며, 종자배출장치 및 배종관은 가능한 한 지면 가까이 설치하여 정밀한 점과가 이루어지도록 한다.

마. 복토 및 진압부

토양에 따른 파종심 유지와 진압을 위하여 복토 및 진압부를 설치한다. 복토는 복토디스크와 원통 롤에 돌기를 달아 이를 구동 복토하는 방법을 고려한다.

바. 유압부

파종 및 시비부, 복토 및 진압부 구동을 위한 유압시스템을 설계한다. PTO와 유니버설 커플링에 의해 연결된 중앙 기어박스로부터 유압펌프를 구동하여 유압펌프로 복토 및 진압축, 파종 및 시비 축을 회전시키도록 한다. 이 때 파종 및 시비축의 회전속도는 유량제어밸브의 조정에 의하여 주행속도에 비례하여 나타나도록 한다.

사. 파종속도 제어부

주행속도에 비례하는 파종 및 시비 축 구동을 위하여 파종속도 제어부를 설계한다. 주행속도와 파종속도의 측정은 접지륜과 파종 및 시비 축에 각각 로타리 엔코더를 설치하여 측정하고 이를 비교 출력신호를 보내어 DC 모터를 구동함으로써 유압부의 유량제어밸브를 조정하여 주행속도에 따라 일정한 파종 주간격이 유지되도록 한다.

아. 동력전달부

트랙터 PTP 축으로부터 고랑타기부, 로타리 경운부, 작조부, 유압부 유압펌프, 파종 및 시비 축, 복토 축을 구동하기 위한 동력전달부를 설계한다. 트랙터 PTO에서 나온 동력을 유니버설 커플링을 통해 중앙 기어박스, 사이드 기어박

스로 전달하여 균평 및 고랑타기부, 로타리 경운부, 작조부를 구동하고, 파종 및 시비부의 구동은 중앙기어박스에서 유압부의 유압펌프를 구동하여 유압모터, 감속기를 거쳐 체인전동장치로 수행하며, 복토부 구동 역시 유압부의 유압펌프를 직결하여 구동이 이루어지도록 한다.

자. 히치 및 프레임

트랙터 연결용 히치는 카테고리 II(35-75KW) 3점 히치에 연결 가능하도록 설계하며, 균평 오거 및 고랑타기부, 로타리 경운부, 작조부, 파종 및 시비부, 복토 및 진압부, 유압부 등 주요부 지지를 위한 프레임을 설계한다.

제 2 절 주요부 및 시작기 설계 제작

1. 고랑타기 및 균평부

경운정지를 일찍 하고 파종하면 토양이 건조하여 출아가 잘 안되고, 비가 오면 배수가 늦으므로 파종 당일 또는 1 - 2일 전에 경운 정지하는 것이 좋으며, 입모 확보와 잡초방제를 향상시키기 위해서는 균평 작업이 중요하다.

배수 고랑을 형성하기 위하여 그림 3-1 에서와 같이 중앙에 배수용 고랑타기 날을 설치하고, 트랙터 바퀴자국에 의해 발생하는 토양표면의 요철을 해소 및 골 형성 시 발생한 토양을 균평하게 하기 위하여 203cm 폭의 균평 오거를 설치함으로써 파종토양의 균평 도모를 통한 입모 향상, 잡초방제 향상, 배수의 편리성을 기하고자 하였다. 또한 균평 오거를 앞쪽에 배치하여 진행방향과 역방향으로 회전하도록 함으로서 작업부하를 줄이고 흙의 비산으로 인한 작업불량도 해소하도록 하였다.

균평 오거의 피치는 200mm, 나선 외경은 260mm로 설계 제작하였으며, 고랑타기 날의 회전직경은 510mm로 8 개의 날을 설치하여 고랑 폭 150mm, 깊이 약 130mm의 고랑이 형성되도록 하였는데 기존의 고랑 폭 250mm, 깊이 120mm 보다 약간 좁고 깊게 하여 콤팩트 작업이 용이하도록 하였다. 또한 고랑타기 날과 균평 오거의 회전속도는 트랙터 PTO의 회전속도가 540rpm일 때 약 239rpm이 되도록 동력전달장치를 설계하였다.



그림 3-1. 고랑타기 및 균평부의 구조

2. 로타리 경운부

로타리 경운부는 중앙에 고랑을 일정 모양으로 형성해 주는 배토기와 양측에 기존 로타리 작업날을 설치하였다. 배토기는 양측 로타리 경운축을 차단하여 고랑으로 떨어지는 흙이 없도록 설계하였으며 고랑 폭 150mm, 고랑 깊이는 약 130mm가 되도록 하였다. 로타리 경운부의 전체 쇄토 폭은 약 2032mm로 날 직경 460mm의 로타리 날을, 좌우 각 16 개씩 32 개를 설치하였으며, 동일 절삭단면 상에 2 개의 날이 설치되고 진행방향과 같은 방향으로 회전하도록 하였다. 로타리 날은 경심은 약 80mm가 되도록 설치하였으며, 회전속도는 트랙터 PTO의 회전속도가 540rpm일 때 약 218rpm이 되도록 동력전달장치를 설계하였다.

경운피치(P)는 로타리 날이 회전할 때 경운하는 길이로 쇄토의 크기를 좌우하는 중요한 요인으로 다음 (3-1)식으로 나타낼 수 있다.

$$P = 2\pi r / \lambda z \text{ -----(식 3-1)}$$

여기서, r : 경운날의 회전반경(cm)

λ : 작업속도에 대한 날 끝 원주속도 비

z : 경운축에 설치된 동일 단면을 절삭하는 날의 수

현재 로타리 작업기에서는 보통 4 - 20cm로 작업하는데 본 연구의 로타리

작업기는 경운날의 회전속도가 일정하기 때문에 주행속도에 따라 경운피치가 달라지며, 주행속도가 0.5m/s일 때 경운피치는 약 6.9cm가 되도록 설계하였다.

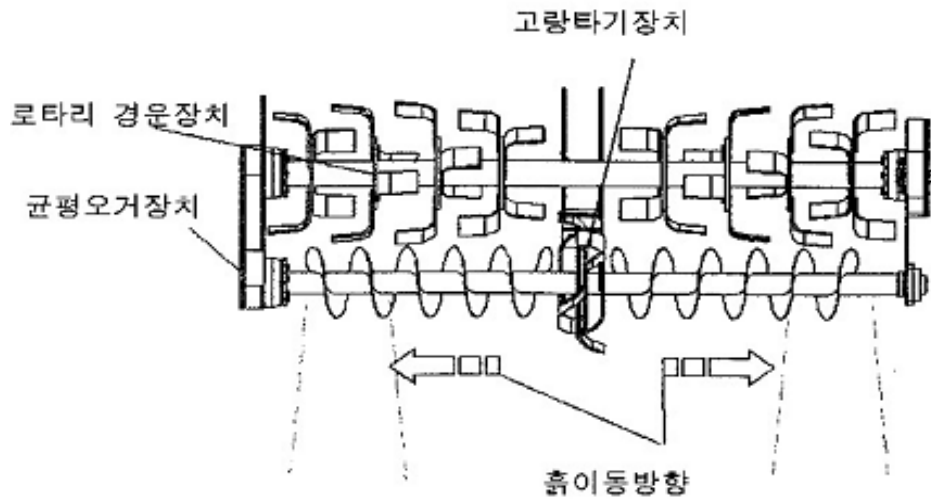


그림 3-2. 고랑타기 및 균평부와 로타리 경운부의 구조

3. 작조부

정밀한 파종심 제어를 위해서는 무엇보다도 작조장치의 작조 깊이가 적정한 깊이로 일정하게 유지되어야 한다. 현재 국내 기존 파종기의 작조부는 자전하는 복원판형 작조날을 대부분 사용하고 있으나 흙 부착의 문제 외에 토양상태, 파종속도 등 작업조건에 따라 작조 깊이가 일정하지 않기 때문에 균일한 입모에 어려움이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 연구에서는 그림 3-3 에서와 같이 V자형 돌기를 원통 롤에 부착한 작조장치를 로타리 경운부 후미에 설치 롤에 의해 토양을 누르면서 작조 돌기가 지면으로부터 일정 깊이의 작조 골을 형성하도록 하였으며, 작조 롤 중앙에는 고랑다짐 롤을 부착하여 토양 이동에 의한 고랑의 무너짐을 방지하여 확실한 고랑 형성이 이루어지도록 하였다. 또한 작조 롤을 로타리 경운부 사이드 기어박스로부터 동력을 전달 받아 구동되도록 함으로써 3 - 4cm의 정밀 파종심을 유지하기 위한 지면으로부터 일정 깊이의 파종골 형성, 파종골 사이 파종 두둑의 균평도 향상, 토양의 주행에 의한 밀립 현상과 작조날의 토양 부착 문제를 해결하도록 하였다.

작조 롤의 폭은 약 2034mm, 외경 216.3mm, 두께 4.5mm의 원통 롤에 높이 40mm, 폭 40mm의 V형 모양의 파종 및 시비 작조골 형성용 돌기 2개를 250mm 간격으로 8쌍 설치하여 구동하였다. 원통 롤이 토양을 지지하면서 40mm 깊이, 8쌍의 골이 돌기에 의해 형성되므로 8조의 파종 및 시비 작업 수행이 가능토록 하였다. 작조 롤은 작업기 파종속도 보다 빠르게 구동함으로 높은 토양수분 상태에서의 작업 시 흙 부착을 방지하여 고른 골 형성이 이루어지도록 하였으며, 스프링으로 지지된 작조부를 지면의 요철에 따라 약 10° 정도 요동할 수 있도록 하여 균평 기능 및 잡초 함몰 효과도 거둘 수 있도록 설계하였다. 작조롤러 돌기 끝의 원주 속도는 약 1.0m/s로 설계하였다.

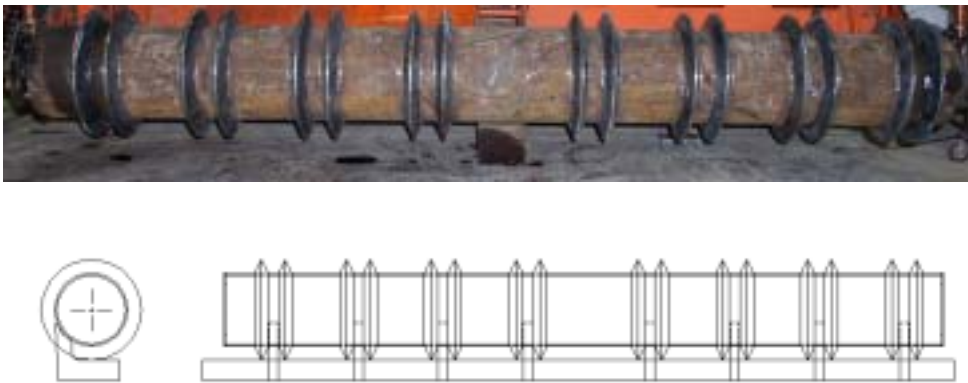


그림 3-3. 작조부의 구조

4. 파종 및 시비부

가. 기존 종자배출장치 분석

정밀 점파를 위해 가장 중요한 종자배출장치는 국내업체에서 개발하여 현재 기존 직파기에 사용하고 있는 조파용 홈 롤러식 종자배출장치, 그림 3-4, 그림 3-5에서와 같이 파종 구멍파기와 파종을 동시에 행하는 2종의 점파용 종자배출장치, 국외에서 개발된 점파장치 등을 고려하여 이들의 장단점을 분석하여 점파에 적합한 종자배출장치를 설계하고자 하였다.

국내 직파기에 채용된 홈 롤러식 종자배출장치의 경우 기본적으로 조파용으로 설계되어 정밀 점파가 곤란하며, 롤러 홈의 형상을 점파에 알맞게 기울어진

삼각형으로 개조한 것(Kim 외, 1996)은 점파가 가능하나 배종관의 형태에 따라 점파성능이 크게 달라지며 파종정밀도 면에서 개선이 필요한 것으로 보인다. 국내에서 개발된 2중의 점파용 종자배출장치를 직접 부착하여 사용하는 경우 파종량, 파종거리 면에서 개략적인 점파가 가능할 것으로 보이나 구조가 복잡하고, 고가인 문제가 있다.



그림 3-4. A사의 종자배출장치



그림 3-5. H사의 종자배출장치

또한 국외에서 개발된 점과장치의 경우(Katahira 외, 2002; Brandt 외 1964; Khan 외, 1971 등)도 장치의 구조가 복잡하고, 일부는 국내에서 개발된 점과장치와 유사한 것도 있어 국내의 점과장치와 마찬가지로의 문제점이 있을 것으로 보인다.

한편 종자배출장치의 구동은 기존 직파기의 경우 대부분 접지구동륜에 의해 구동되도록 하고 있으나 포장 상태, 파종 상태에 따라 구동 성능이 달라지며 특히 파종 조수가 증가하여 부하가 커지는 경우 원활한 종자배출이 이루어지지 않는 문제점이 있다. DC 모터에 의한 구동(Kim 외 1996, Zhuang 외 1996, Garcia 외 1998, Hermann 외 2002)도 파종 조수가 적어 부하가 작게 걸릴 때는 문제가 없으나 부하가 커질 경우에는 큰 용량의 DC 모터 및 축전지를 필요로 한다.

나. 주요 구조

파종·시비부의 구조를 나타낸 것이 그림 3-6 이며, 그 주요 구조는 종자·비료 호퍼, 종자·비료 배출 롤러 및 슐, 구동축, 종자·시비 배출 관, 종자배출 개폐 기구, 케이스 및 지지 베어링 등으로 구성하였다.

종자·비료 배출 장치는 기존 조파용으로 개발된 홈 롤러식의 종자배출장치를 점과에 적합하도록 개조하였는데, 롤러 직경을 증대시키고, 종자배출 관에 종자배출 개폐 기구를 설치함으로써 점과가 이루어지도록 하였다. 종자배출 개폐 기구는 롤러에서 배출된 종자를 모아 캠 기구에 의하여 종자배출 마개 판을 열어줌으로써 주행속도에 따라 일정한 주간격의 파종이 이루어지도록 하였으며, 동일 구동 축 상에 시비롤러를 설치 측조시비 및 타 종자 파종이 가능하도록 하였다.

종자 시비 축의 구동은 접지륜 구동이나 DC모터 구동의 문제점들을 해결하기 위하여 독립적인 유압시스템을 구성하였으며, 유량조정밸브에 의해 유압모터의 회전속도를 조절을 통한 종자, 시비 구동축 회전속도를 제어하여 주행속도에 따른 종자와 시비 배출 간격을 조절하도록 하였다. 유압시스템은 트랙터의 유압취출 시스템을 이용하면 이상적이나 작업 중 작업기 승강과 동시에 유압취출 시스템을 이용할 수 없는 점과 트랙터 유압펌프 용량에 따른 동력과 변속 문제를 해결하기 위하여 독립적인 구동 시스템을 구성하였다.

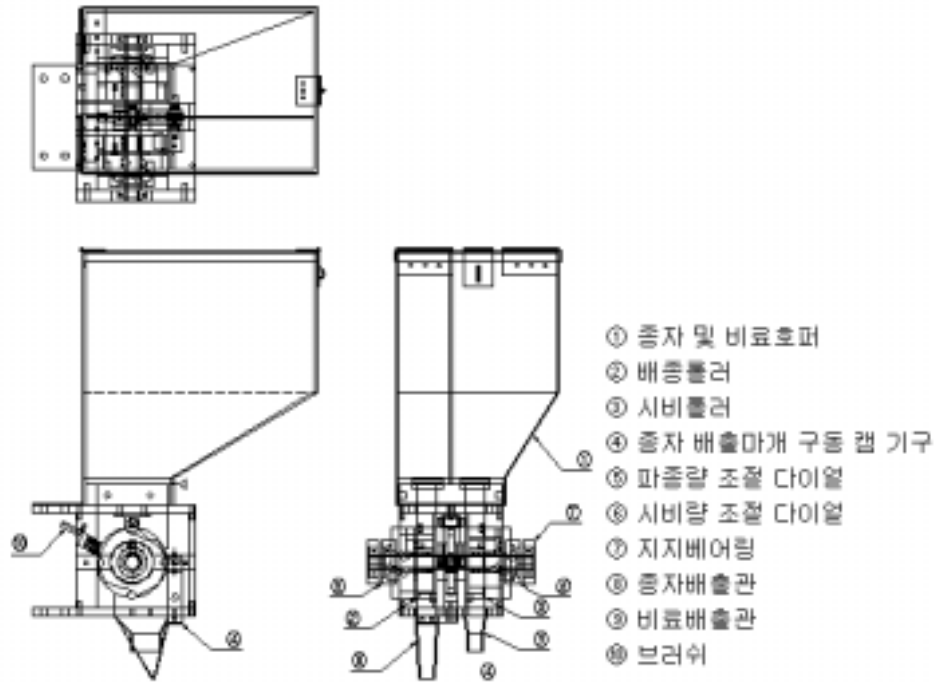


그림 3-6. 파종·시비부의 구조

다. 종자·비료 배출 롤러

기존 조파용으로 사용되고 있는 롤러식 종자배출 장치는 종자의 계량성능은 우수하나 배출과정에서 종자가 흩어져 정밀 점파에는 적합하지 않다고 보고되고 있다. 그 이유는 롤러에 홈의 개수가 많아 홈과 홈 사이의 간격이 좁음으로 파종 종자의 명확한 분리가 이루어지지 못하며, 반원형 홈의 형상이 홈 내 종자배출 시간차를 유발하여 종자가 일시에 배출되지 못함으로써 파종 종자의 주 분리가 어려운 것이 롤러 구조상의 문제점이고, 이 외에도 배종 관과의 충돌, 공기저항, 지면과의 충돌 등에 의하여 점파가 어렵기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 점파에 적합하도록 기존 롤러를 개조하였는데 첫째, 롤러의 직경을 늘리고 홈의 개수를 줄여 홈과 홈 사이를 간격을 크게 하여 파종 종자의 명확한 분리가 이루어지도록 하였으며, 둘째, 기울어진 삼각형 형상의 홈이 종자의 일시 배출에 가장 유리하나 제작 상 불리함으로 기존의 반원

형 홈으로 하되 종자의 배출이 하사점 직전에 모두 이루어지도록 하여 종자배출 시간차를 최소화하도록 하였으며, 셋째, 배종관을 짧게 하면 가까이 가능한 위치하도록 하며, 배종관 끝에 종자배출 마개를 설치 롤러에 의해 배출된 종자를 모아 주행속도에 따른 일정 파종간격이 이루어지도록 종자배출 마개를 열어줌으로써 점파가 가능하도록 하였다.

종자·비료 배출 롤러, 홈 폭 조절 다이얼 및 구동축의 외관을 나타낸 것이 그림 3-7 이다.

종자·비료 배출 롤러는 3중 롤러로 구성되어 있으며 내부에 홈 폭 지지 스프링과 홈 폭 조절 다이얼이 연결되어 구동축과 같이 회전하게 하였다.

롤러의 직경은 기존 62mm에서 100mm로 늘려 설계하였으며, 롤러의 홈 개수는 롤러간의 부착 위치에 따라 2개 또는 4 개로 조절할 수 있도록 하였는데 중간 롤러를 종자 홈이 파여진 롤러와 부착시키면 2 개 홈으로, 중간 롤러를 홈 폭 조절 다이얼 쪽 롤러와 부착시키면 4 개 홈으로 조정되도록 하였다.

종자 롤러의 홈은 기존 롤러와 같이 반구형으로 홈의 반경은 9mm로 하였으며, 홈 폭 조절 다이얼에 의해 0 - 23mm 까지 홈 폭이 조절되어 파종량을 제어할 수 있고, 보리, 옥수수, 콩 등의 종자 파종이 가능하도록 설계하였다.

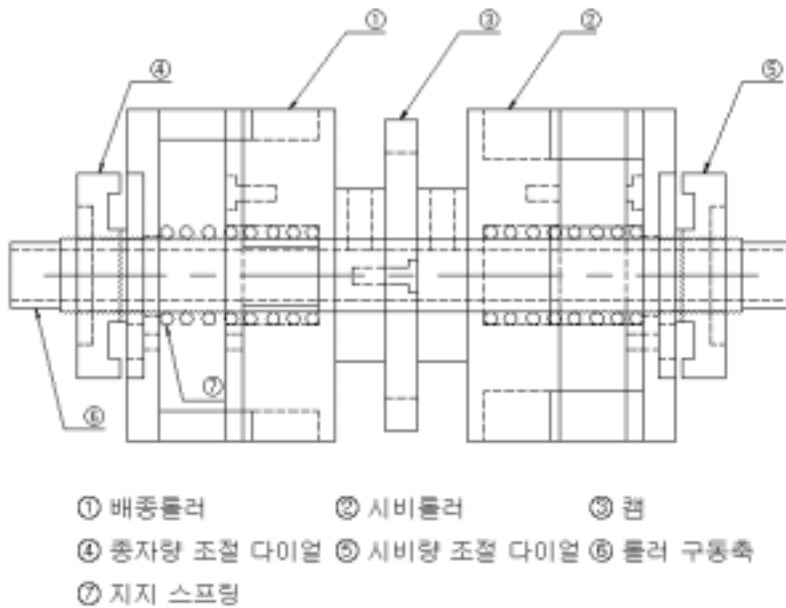


그림 3-7. 종자·비료 배출 롤러 및 구동축

배출 종자의 계량과 손상을 줄이기 위하여 종자 솔을 설치하였는데 종자의 컷옴은 그림 3-8에서와 같이 롤러 중심으로부터 30°위의 위치에서 이루어지도록 하였다. 종자의 배출은 종자 간 배출시간 차를 줄이기 위하여 가능한 한 롤러의 하사점 부근 이전에서 모두 배출하도록 하였다.

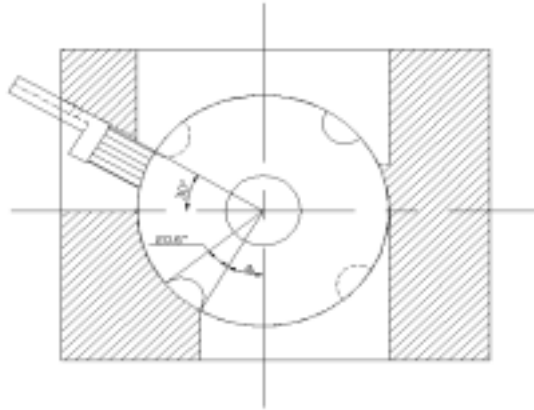


그림 3-8. 종자의 컷옴 및 배출 위치

그림에서 종자를 질점으로 고려, 종자 간 상호작용 없다고 가정하면 종자 홈의 중심각이 약 20.6°이고, 파종 주행속도 0.5m/s일 때 롤러의 각속도 $\omega = 10.47\text{rad./s}$ 이기 때문에 홈의 제일 깊은 곳 종자가 가장 늦게 종자롤러 홈을 벗어나게 된다. 따라서 롤러의 하사점으로부터 종자배출 개시각을 θ_0 라 하고 이 때부터 제일 깊은 쪽 종자가 운동을 시작한다고 하면 t 시간 후 θ 만큼 운동을 하는 경우 종자의 법선방향 가속도(A_r), 속도(V_r), 변위(S_r)는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 A_r &= r\omega^2 + g \cos\theta_0 \\
 V_r &= (r\omega + g/\omega \cdot \cos\theta_0) \cdot \theta \quad \text{-----(식 3-2)} \\
 S_r &= 1/2 \cdot (r\theta^2 + g/\omega^2 \cdot \cos\theta_0 \cdot \theta^2)
 \end{aligned}$$

여기서, r:종자의 롤러 중심으로부터의 거리(cm)

ω : 롤러의 회전속도(rad./s)

따라서 과중 주행속도 0.5m/s일 때 물러의 각속도 $\omega = 10.47\text{rad./s}$ 를 기준으로 흙의 깊이가 0.9cm, $r = 4.1\text{cm}$, $g = 981\text{cm/s}^2$ 을 대입하고 $\theta = 26^\circ$ 즉 하사점으로부터 약 4° 전에 종자가 배출된다고 하면, θ_0 는 약 30° 가 된다. 그러므로 종자배출 개시각은 30° 로 설정하였다.

한편 비료 배출 물러는 과중량에 비해 많은 양을 시비해야 하기 때문에 흙의 반경을 15mm로, 흙의 폭은 23mm로 흙 폭 조절 다이얼에 의해 0 - 23mm까지 흙 폭이 조절되도록 설계하였다. 이는 예비실험 결과 종자 물러의 흙 폭이 4mm 일 때 종자의 배출 개수가 10 개 내외로 나타났기 때문에 이를 기준으로 하면 부피 면에서 과중량의 최대 약 16배 까지 시비할 수 있는 크기이다. 또한 시비 물러는 과중 축과 동일 축 상에 설치 구동하도록 하여 축조시비 및 타 종자 과중이 용이하도록 하였다.

라. 배종관 및 종자배출 개폐 기구

그림 3-9는 배종관, 종자 배출 마개와 이의 개폐 구동을 위한 캠 및 링크기구를 나타낸 것이다.

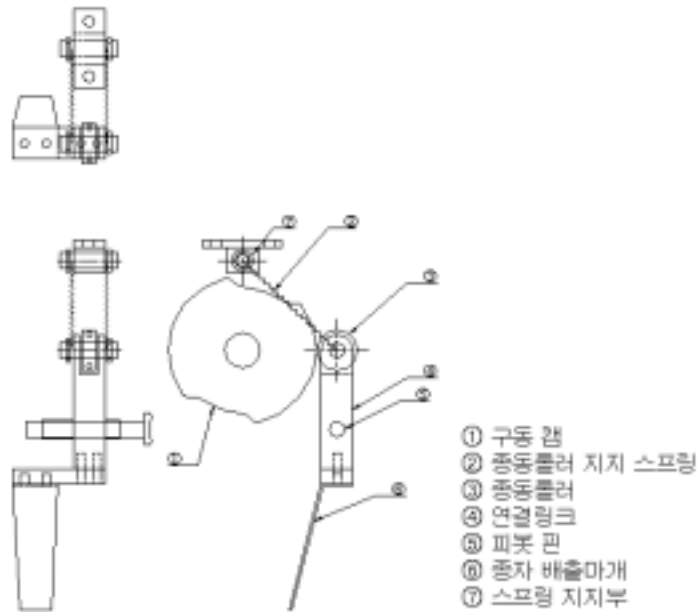


그림 3-9. 배종관 및 종자배출 마개 구동기구

종자 롤러에서 배출된 종자를 점과하기 위하여 로타리 밸브와 같은 기능을 하는 종자배출 마개를 배종관 끝에 설치하였으며, 구동축 캠에 의해 링크기구를 거쳐 개폐되도록 하였다. 종자배출 마개를 닫고 있는 경우 롤러에 의해 배출된 종자를 모으게 되고, 종자배출 마개를 주행속도에 따라 일정 파종간격이 이루어지도록 열어줌으로써 점과가 가능하도록 하였다. 또한 배종관 끝이 지면 가까이 가능한 한 위치하도록 하였는데 지면으로부터 약 100mm 정도의 높이가 되도록 하였으며, 종자배출 롤러의 하사점으로부터는 115mm로 설계하였다.

캠의 변위는 10mm로 설정하였으며, 캠 종동자는 캠과의 마찰, 마모를 줄이기 위하여 #6000 단열깊은홈형 레이디얼 베어링을 이용하였고, 지지 스프링에 의하여 항상 캠과 닿도록 하였다. 링크기구에 의한 최종 종자 배출 마개 최대 열림 길이는 약 23mm이며, 최대 열림 단면적은 약 460mm² 이다.

한편 종자배출 마개의 개폐시기와 개폐시간은 롤러에 의한 종자의 배출시기 및 종자배출 마개까지의 도달시간을 고려하여 캠 홈의 위치 및 형상을 설계하였다. 그림 3-10에서와 같이 ①, ②, ③위치에서의 종자를 질점으로, 그리고 배출관과 충돌 없이 배출된다고 가정하면 종자의 수직 방향의 가속도(Ay), 속도(Vy), 변위(Sy)는 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned}
 A_y &= r\omega^2\cos\theta_0 + g \\
 V_y &= v\sin\theta_0 + (r\omega^2\cos\theta_0 + g)*t \quad \text{-----(식 3-3)} \\
 S_y &= v\sin\theta_0*t + (r\omega^2\cos\theta_0 + g)*t^2/2 - (r' - r\cos\theta_0)
 \end{aligned}$$

- 여기서, r : 종자의 회전반경(cm), r' : 롤러의 반경(cm)
- ω : 롤러의 회전속도(rad./s)
- θ₀ : 롤러 하사점으로부터의 종자배출 개시각(°)
- v : 롤러의 원주속도(cm/s)
- g : 중력가속도(981cm/s²)

따라서, 파종속도 0.5m/s, 파종간격 15cm를 기준으로 롤러 홈의 개수가 2개 인 경우 롤러 회전속도 ω는 10.47rad/s(100rpm), 종자배출 개시각 θ₀ = 30°, 종자 홈 각도 20.6°, 종자 롤러 하사점으로부터 종자배출 마개까지의 높이 11.5cm을 고려하여 ①종자의 종자배출 마개까지의 도달시간은 약 0.149초 이며,

②종자는 ①종자 배출 후 10.3° 후 배출이 시작되는 것으로 하면 약 0.017초 후 배출이 시작되며 ①종자 배출 후 약 0.171 초 후 종자배출 마개에 도달하게 된다. ③종자는 ①종자 배출 후 20.6° 후 배출되며 ①종자 배출 후 약 0.183 초 후 종자배출 마개에 도달하게 된다.

그러므로 종자배출 마개의 열림 개시는 종자배출 시작 후 최소 0.183초가 지나야 종자가 모아서 배출되며, 이는 롤러의 회전속도 100rpm일 때 종자배출 시작 후 109.8° 회전 후 종자배출 마개가 열려야 종자가 교란 없이 배출됨을 의미한다. 따라서 여유를 고려하여 종자배출 시작으로부터 120° (0.2초) 후 종자배출마개를 열리도록 하였으며, 열림 기간은 60° (0.1초)로 종자배출마개가 닫혀짐과 동시에 바로 다음 홈의 종자배출이 이루어지도록 캠을 설계하였다.

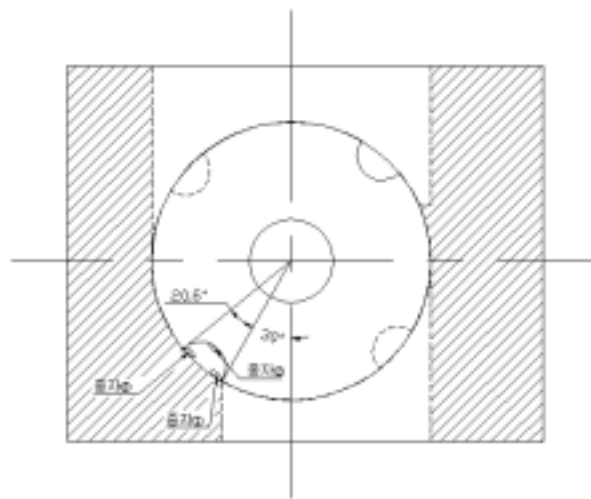


그림 3-10. 종자배출 마개 개폐시기 추정을 위한 분석대상 종자 위치

한편, 롤러 홈의 개수가 4 개 인 경우는 파종간격을 15cm로 맞추기 위해서는 롤러 회전속도 ω 가 5.24rad./s(50rpm)가 되어야 함으로 이를 고려하여 다시 ①종자의 종자배출 마개까지의 도달시간을 구하면 약 0.161초 이며, ②종자는 ①종자 배출 후 10.3° 후 배출이 시작되는 것으로 하면 약 0.034초 후 배출이 시작되며 ①종자 배출 후 약 0.199 초 후 종자배출 마개에 도달하게 된다. ③종자는 ①종자 배출 후 20.6° 후 배출되며 ①종자 배출 후 약 0.229 초 후 종자배출 마개에 도달하게 된다.

그러므로 종자배출 마개의 열림 개시는 종자배출 시작 후 최소 0.229초가 지나야 종자가 모아서 배출되며, 이는 롤러의 회전속도 50rpm일 때 종자배출 시작 후 68.7° 회전 후 종자배출 마개가 열려야 종자가 교란 없이 배출됨을 의미한다. 그러나 종자 홈이 4 개이므로 캠 홈이 4 개, 홈 간격이 90°이기 때문에 열림 각도는 22.3°(0.074초)로 열림 시간이 짧아 종자 배출 곤란하다. 따라서 종자배출 후 종자를 다 모을 수 없지만 종자배출 후 60°(0.2초) 회전 후에 캠에 의해 종자배출 마개를 30°(0.1초) 동안 열도록 하더라도 종자의 지면 도달 시간(종자배출 마개와 지면사이의 높이 10cm)은 큰 차는 없을 것으로 보여 종자배출 시작으로부터 60°(0.2초) 후 종자배출마개를 열리도록 하였으며, 열림 기간은 30°(0.1초)로 종자배출마개가 단혀짐과 동시 바로 다음 홈의 종자배출이 이루어지도록 캠을 설계하였다. 그림 3-11은 설계된 캠의 형상과 롤러 종자배출 홈에 대한 상대적 위치를 나타낸 것이다.

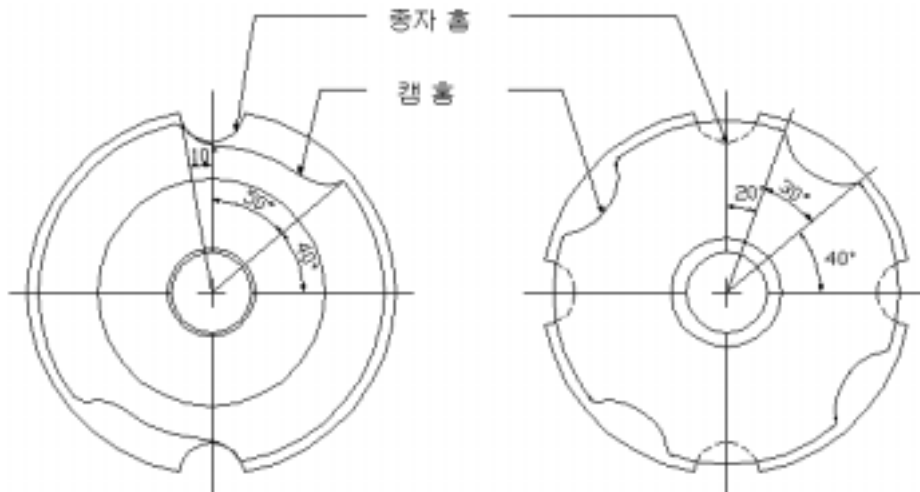


그림 3-11. 캠의 형상과 종자 홈에 대한 상대 위치

마. 종자·비료 호퍼

그림 3-12는 종자·비료 호퍼의 외관을 나타낸 것이다. 1개 호퍼의 크기는 길이330mm x 폭 221mm x 높이 360mm로 제작하였으며, 용량은 종자 6.8ℓ, 비료 호퍼의 용량은 13.3ℓ로 8조의 호퍼를 설치 제작하였다.

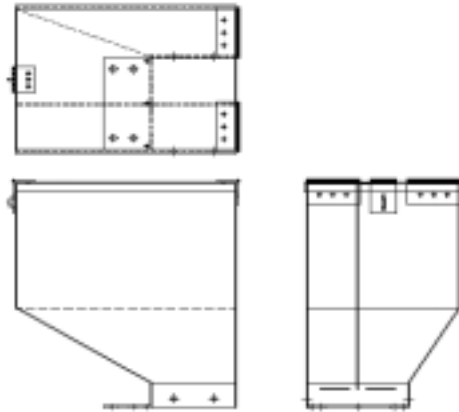


그림 3-12. 종자·비료 호퍼 구조도

바. 케이스 및 지지 베어링

그림 3-13은 파종·시비부 케이스를 나타낸 것으로 종자 롤러 케이스, 시비 롤러 케이스, 상부 및 하부 케이스, 구동축 지지 베어링 케이스 등으로 구성되어 있으며, 구동축 지지 베어링은 #7004 단열앵글러콘택트형 레이디얼 볼 베어링을 사용하였다.

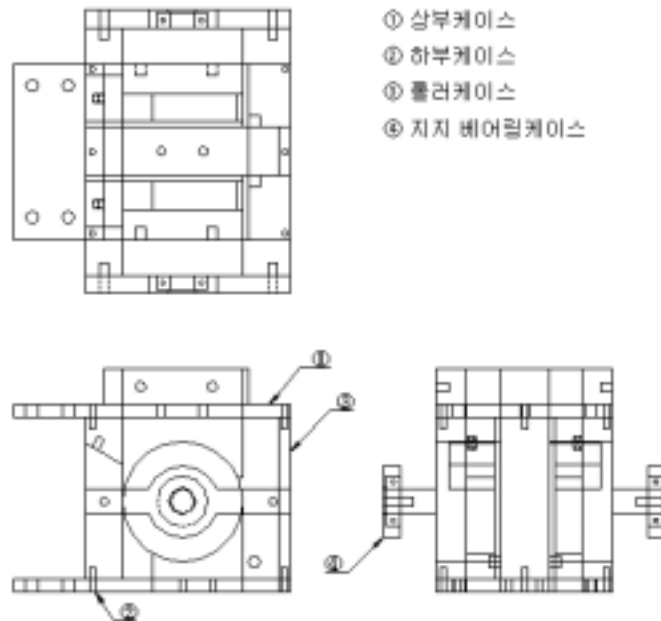


그림 3-13. 파종·시비부 케이스 구조도

5. 복토 및 진압부

적정 파종심의 유지를 위하여 기존 체인, 복토 디스크, 막대형의 복토장치와는 달리 그림 3-14에서와 같이 롤러 축에 반원형 판 돌기를 비스듬히 설치하고 이를 유압모터에 의해 구동시켜 복토와 동시에 무게에 의한 진압이 동시에 이루어지도록 하였다. 롤러는 직경 139.8mm, 두께 3.5mm의 강관을 이용하였으며, 여기에 동일 단면상 높이 20mm, 두께 4mm의 돌기를 양측에 2 개씩, 가운데 돌기 4개를 설치하고 이를 회전시켜 파종 및 시비 골 양측에 폭 20mm, 깊이 20mm의 토양을 절삭하여 종자와 비료를 덮도록 하였다.

복토 및 진압롤러 돌기의 원주속도는 주행속도의 약 7배로 주행속도가 0.5m/s일 때 롤러의 회전속도가 약 477rpm이 되도록 롤러의 회전속도를 설계하였다.



그림 3-14. 복토 및 진압 롤러 모습

6. 동력전달부

본 연구의 건답점과기 동력전달체계는 그림 3-15와 같다. 균평오거, 고랑타기날 축, 로타리 경운 축, 작조롤러 축, 은 트랙터 PTO에서 동력을 취출하여 구동하였는데, 트랙터 PTO에서 유니버설 커플링으로 로타리 작업기 상부에 위치한 중앙 기어박스, 로타리 작업기 측면의 사이드기어박스를 거쳐 각 축으로 기어 전동장치를 이용하여 동력을 전달하여 구동시켰다. 트랙터 PTO의 회전속도가 540rpm일 때 균평오거, 고랑타기날 축은 170rpm, 로타리 경운 축은 154rpm으로 각각 변속 구동하도록 하였다.

파종·시비 롤러 축은 중앙 기어 박스로부터 체인 전동장치에 의해 유압시스템의 유압 펌프를 작동하여 방향, 유량제어밸브를 거쳐 유압모터를 구동하고

이를 다시 감속기로 감속하여 체인 전동장치에 의하여 구동이 이루어지도록 하였으며, 진압 및 복토롤러 축은 파종·시비 롤러 축 구동 유압모터와 직렬로 유압모터를 연결하여 구동하였다.

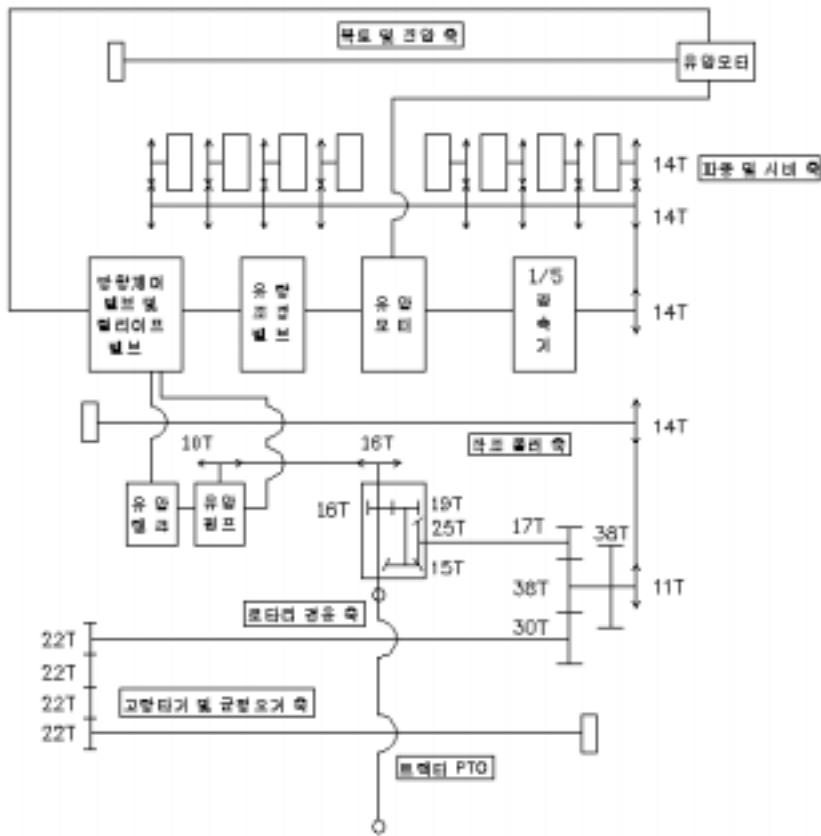


그림 3-15. 건담점파기의 동력전달체계

그림 3-16과 표 3-1은 유압시스템의 회로도와 주요부의 제원을 각각 나타낸 것이다. 유압펌프의 용량은 약 32.6cc/rev., 사용압력이 130kgf/cm²로 트랙터 PTO의 회전속도가 540rpm일 때 체인 전동장치에 의하여 864rpm으로 작동되며, 따라서 설정 압력을 약 100kgf/cm²으로 설정하였을 때 유압펌프의 효율을 80%로 가정하면 최대 약 5.0마력의 출력을 낼 수 있다. 파종·시비 롤러 축, 진압 및 복토롤러 축 구동에 사용된 유압모터는 용량이 51cc/rev., 정격 압력이 125kgf/cm²일 때 정격 토크는 약 8.0kgf-m로 트랙터 PTO의 회전속도가

540rpm일 때 약 552rpm으로 작동되며, 종자 및 시비롤러축 회전속도는 1/5 감속기를 사용하여 약 110rpm으로 구동되도록 하였다.

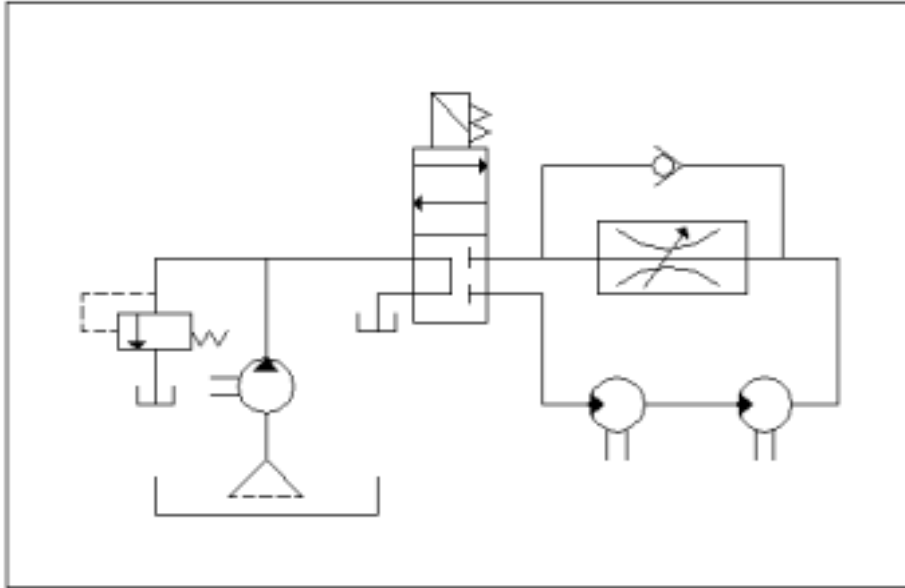


그림 3-16. 유압시스템의 회로도

표 3-1 유압시스템 주요부의 사양

품명	제조회사 (모델명)	주요 사양	비고
유압펌프	Cassappa PLP20-31.5	토출량 32.6cc/rev. 사용압력 130kgf/cm ² , 회전속도 500-2000rpm	배관 직경: 3/8" 유압탱크용량: 40 l 릴리프 압력: 100kgf/cm ²
방향제어밸브	Yuken DSG-01-3 C60	관 직경 3/8" 정격유량 63 l 최고사용압력 250kgf/cm ²	
유량조정밸브	Yuken FCG-02	유량 0 - 32 l/min 최소유량조정 0.05 l/min 최대사용압력 210 130kgf/cm ² ,	
유압모터	Sumitomo- Eaton H-070	용량 51cc/rev. 최대 회전속도 750rpm 정격압력 100kgf/cm ² 정격토크 8.0kgf-m	

작조롤러의 원주속도는 0.5m/s의 파종속도일 때의 약 2배가 되도록 설계하였는데 작조롤러의 직경이 21.63cm임으로 작조롤러의 회전속도는 88.3rpm으로 작동된다. 파종·시비 롤러 축, 진압 및 복토롤러 축의 회전속도는 유압시스템의 유량조정밸브에 의하여 유압유 유량이 조정되어 파종속도에 비례하여 구동이 되도록 하였는데 파종·시비 롤러 축 회전속도는 종자 홈 2개, 0.5m/s의 파종속도, 주간거리 15cm일 때 100rpm이 되도록 하였으며, 복토 및 진압롤러의 원주속도는 복토 돌기의 피치가 약 3cm가 되도록 파종속도의 약 7배 즉 0.5m/s의 파종속도일 때 복토 및 진압 롤러의 직경 13.98cm임으로 복토 및 진압 롤러의 회전속도는 477rpm이 되도록 설계하였다.

7. 파종 속도 제어부

가. 제어시스템의 구성

주행속도에 따른 정확한 파종 주간거리를 유지하기 위하여 종자, 시비 롤러 축 회전속도를 제어하는 파종속도 제어부 채용하였다. 그림 3-17은 파종속도 제어부의 구성도를 나타낸 것이며, 표 3-2는 제어 시스템 주요 구성 부품의 사양을 나타낸 것이다.



그림 3-17. 파종속도 제어부의 구성도

표 3-2 제어시스템 주요 부품의 사양

품명	제조회사 (모델명)	주요 사양
제어기	Atmel ATMEGA128	<ul style="list-style-type: none"> - 133개의 명령어 - 32*8 개의 범용 작업 레지스트리와 주변 컨트롤 레지스트리 - 128Kbyte Flash Program Memory : 프로그램 저장 및 실행 메모리 - 4Kbyte EEPROM : 데이터 백업용 메모리 - 4Kbyte SRAM : 임시 변수 저장용 메모리 - SPI 인터페이스지원 - 내장 주변 장치 - 두개의 8-bit 카운터 - 두개의 16bit 카운터 - 1개의 실시간 카운터 - 두개의 8bit PWM 포트 - 6개의 16 bit PWM포트 - 8 Channel 10-bit A/D-converter - 두개의 직렬 통신 포트 - 1개의 watch dog 타이머 - 53개의 I/O포트 - 16 Mhz. : 명령어 실행 속도 - 작동전압 : 4.5 - 5.5V
로타리 엔코더	Kwangwoo RIA40	<ul style="list-style-type: none"> - 40mm 외경의 중공축형 - 회전당 펄스수 360회 - 출력종류 : A, B , Z - 사용전압 : 12 - 24V
근접 스위치	Autonix PR08-2DN	<ul style="list-style-type: none"> - 원주형 3선식 고주파 발진형 근접스위치 - 검출거리 : 10mm - 표준 검출체 : 8*8*1mm (철) - 응답주파수 : 800Hz
DC모터	Hyundai	<ul style="list-style-type: none"> - 모터 회전속도 : 10rev.회전/s - 회전토크 : 40kg.cm - 12V DC, 방수, 내충격형

제어부는 주행속도와 종자배출 속도를 측정하기 위한 접지륵과 종자 및 시비 배출 축에 설치된 로타리엔코더, 작업기의 작업 여부를 감지하는 근접 스위치, 설정 파종 주간거리에 따라 주행속도와 종자배출 속도 신호를 지시하고 이들 신호를 비교하여 DC 모터에 구동신호를 출력하는 제어기, 유압부의 유량조정밸브를 구동하는 DC 모터 및 DC 모터의 회전 범위를 제한하는 리미트 스위치, 그리고 종자 및 시비 롤러를 구동하는 유압부의 유량조정밸브, 유압모터, 감속기, 체인전동장치, 종자 및 시비 롤러 축 등으로 제어시스템을 구성하였다.

작업속도와 종자 및 시비롤러 축 회전속도 측정에 사용한 로터리 엔코더는 시스템에 설치가 편리하고 충분한 방수성과 내구성을 가진 것을 선정하였으며, 회전수 측정이 목적이므로 인크리멘탈 타입의 엔코더를 사용하였다. 또한 작업기의 작업여부 감지용 센서와 DC모터의 한계 위치 제어를 위한 리미트 센서는 포장에서의 작업과 같이 먼지와 흙이 많은 환경에서 사용하기에 적합한 고주파 발진 근접스위치를 사용하였다. 그림 3-18는 사용된 로타리 엔코더와 근접 스위치의 외관을 나타낸 것이다.



그림 3-18. 로타리 엔코더와 근접스위치의 외관

제어기는 ATMEL사의 ATMEGA128 AVR 마이크로 칩을 이용하였으며 주행속도 측정용 접지륵 로타리 엔코더, 파종 및 시비 축 회전속도 측정용 로타리 엔코더, 유량조정밸브 조정을 위한 DC모터 한계 위치제어용 근접 스위치, 작업시작 버튼입력, 작업기 작업여부를 판단하는 근접 스위치 신호를 입력 신호로 받아들여 유량조정밸브 조정을 위한 DC모터 위치제어, 주행속도 및 파종 속도 지시 신호를 출력하도록 하였다. 그림 3-19은 제어기의 회로도를 나타낸

것이다.

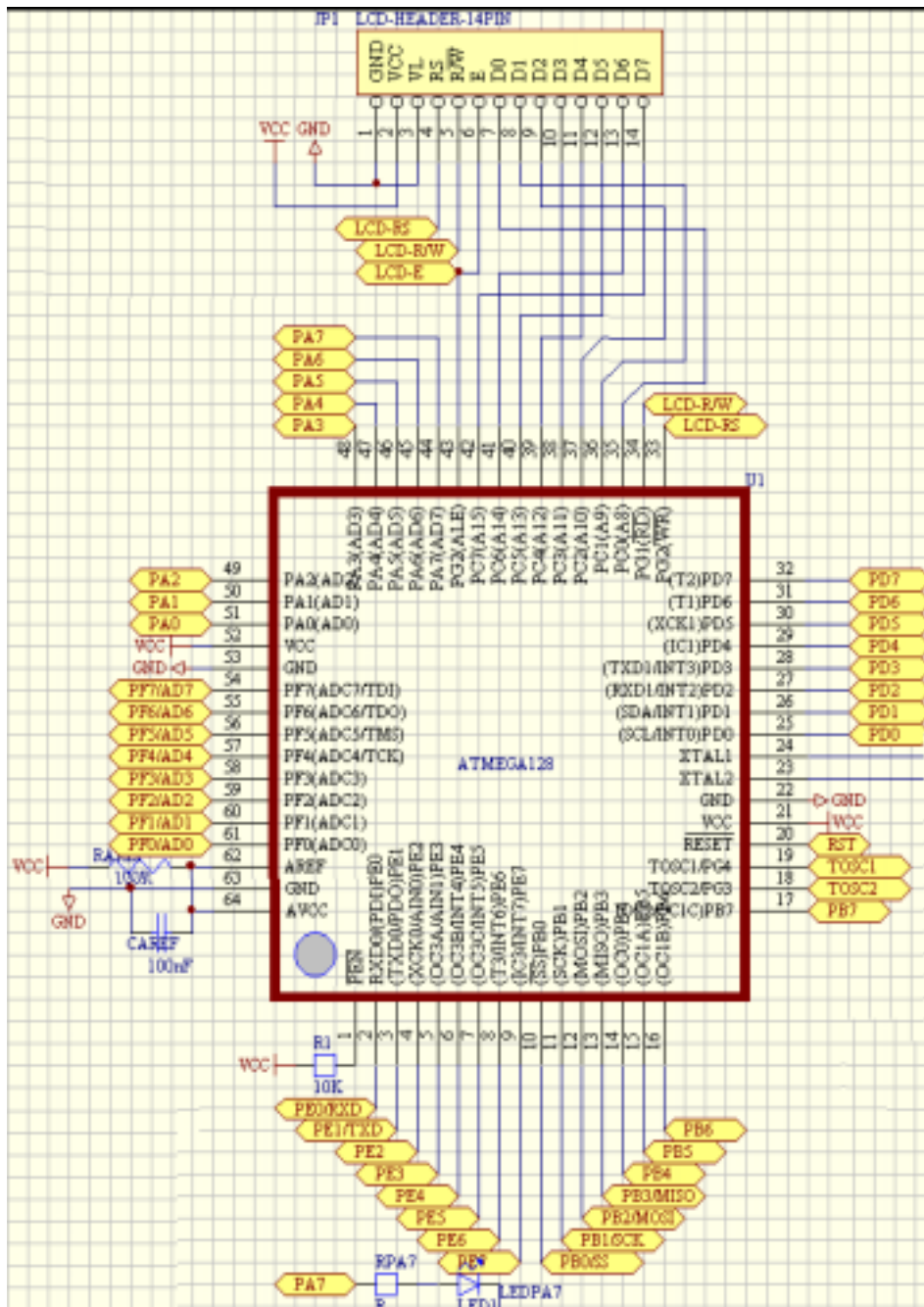


그림 3-19. 제어기의 회로도

유량조정밸브 위치제어용 DC모터는 기존 자동차의 창문 개폐에 사용하는 모터를 사용하였다. 모터의 회전속도는 초당 약 10회전으로 0.5초면 유량조정밸브를 완전히 제어할 수 있으므로 제어에 충분한 속도를 갖고 있는 것으로 보이며, 회전토크는 40kg-cm로 유량조정밸브를 돌리기에 충분한 것을 선택하였다. 또한, 방수 기능과 충격에 충분한 강도를 갖고 있어 포장조건에서의 사용에 적합할 것으로 판단되었다.

그림 3-20은 DC모터 구동장치의 회로도를 나타낸 것으로 최대 30V, 30A의 전류를 흘릴 수 있는 회로 개발하였으며 회로에 과전류를 방지하도록 H-BRIDGE회로를 변형하여 설계하였다.

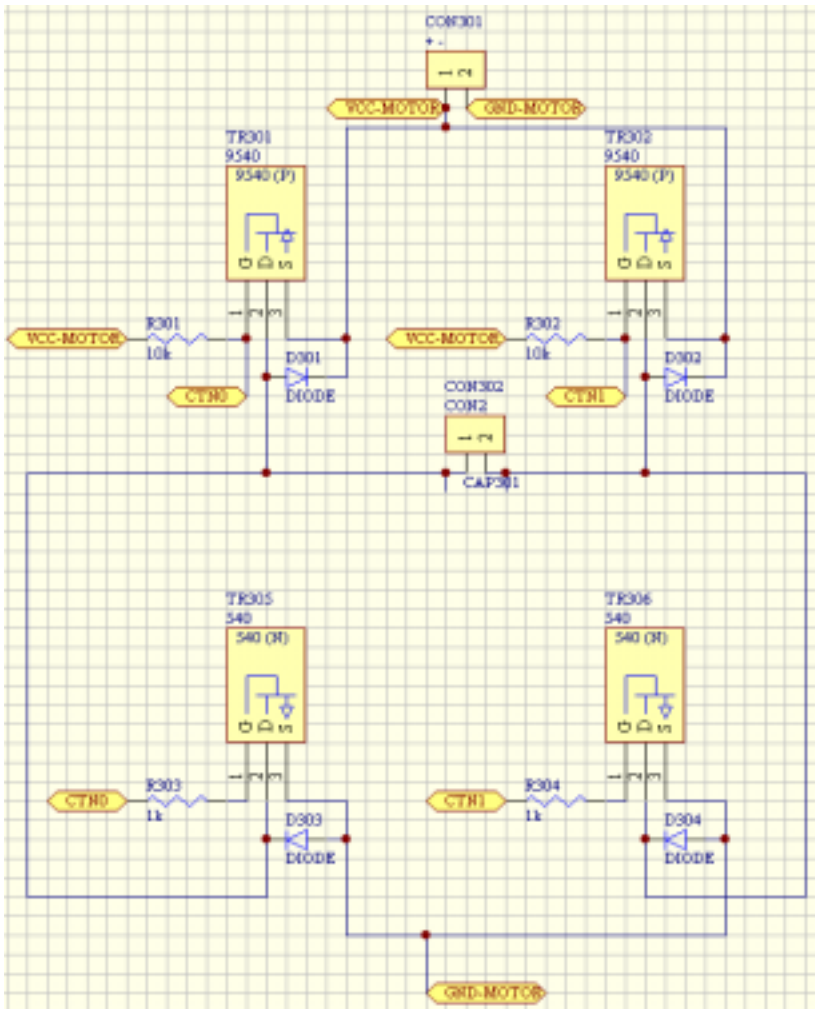


그림 3-20. DC모터 구동장치 회로도

H-BRIDGE 회로는 그림 3-21에서와 같이 H1, L2가 ON 이면 시계방향으로 모터가 회전하고, H2, L1이 ON이면 반시계방향으로 모터가 회전한다. 이때 H1과 H2의 FET는 P type 으로 Gate 전압이 0V일 때 ON이 되고 24V일 때 OFF가 되며, FET L1과 L2는 Gate전압이 24V일 때 ON 0V일 때 OFF가 된다. H-BRIDGE에서 가장 주의해야 하는 문제는 H1과 L1 또는 H2와 L2가 동시에 ON 되어 쇼트가 나는 경우이다. 이때는 FET에 과전류가 흘러 내부적으로 영원히 쇼트가 나게 된다. 이러한 경우를 방지하기 위하여 실제 회로에서는 H1과 H2의 Gate 신호를 PULL UP시켜 정상상태에서 OFF작동조건을 만들어 두었으며, H1 Gate신호와 L1 Gate 신호 H2신호와 L2신호를 각각 묶어두어 H1과 L1, H2와 L2가 동시에 ON이 되어 쇼트가 나는 경우를 회로 상에서 차단하였다. 또한, 각각의 FET의 source와 drain 사이에 역기전력으로 회로가 손상되는 것을 방지하기 위한 다이오드를 삽입하여 회로를 보호하였다.

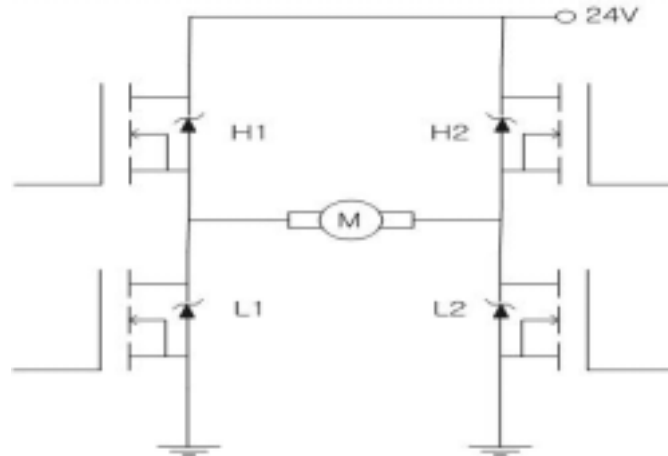


그림 3-21. H-Bridge 회로

나. 제어방법

과중속도 제어부는 작업속도와 과중속도를 측정하여 설정된 과중 주간거리 에 따른 속도 차가 발생하는 경우 유압 시스템 유량조정밸브의 위치를 DC 모터로 제어함으로써 유압유 유량을 조정 작업속도 변화에 따라 일정한 과중 주간거리를 유지할 수 있도록 과중 및 시비 축 회전속도를 제어하는 것이다.

그림 3-22는 제어기 제어 프로그램의 흐름도를 나타낸 것으로 프로그램은 C언어로 작성되었다.

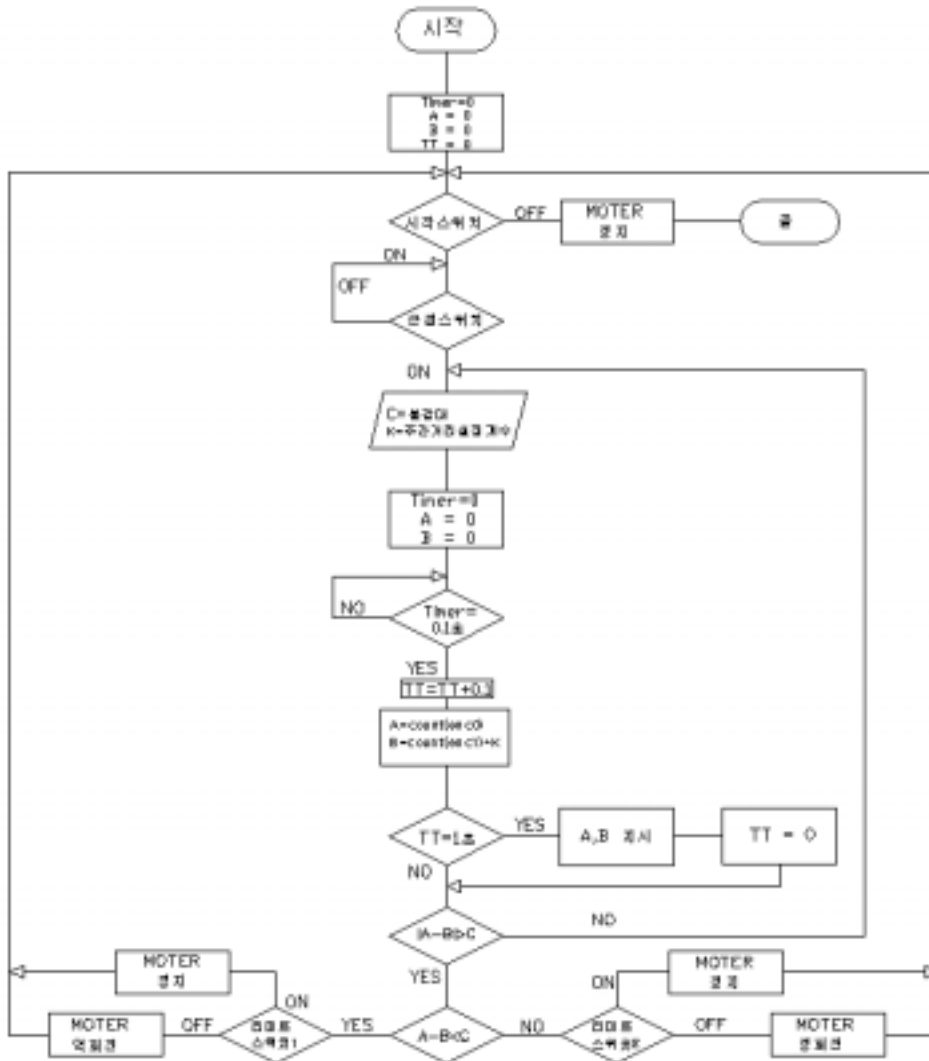


그림 3-22. 제어프로그램의 흐름도

프로그램은 크게 3부분으로 작성하였는데 일정시간 간격으로 접지륜의 회전속도와 종자 및 시비롤러 축 회전속도를 측정 지시하는 프로그램, 접지륜의 회전속도와 종자 및 시비롤러 축 회전속도 차를 불감대 값과 비교 불감대 보다 속도차가 큰 경우 이를 보정하기 위한 DC모터 제어 프로그램, 작업기 작업여

부 검출 스위치 OFF, 로타리 엔코더의 속도 검출 이상, 제어시스템 작동 스위치 정지 등을 계속 모니터링하면서 이들이 신호를 보낼 때 인터럽트를 발생시켜 시스템이 안정적으로 작동할 수 있도록 하는 시스템 모니터링 프로그램으로 구성하였다.

제어는 제어시스템 작동 스위치가 ON 되고, 작업기 작업여부 검출 근접스위치에 작업기가 검출되어 유압시스템이 작동하여야 수행이 된다. 설정 버튼으로 불감대 폭과 주간거리를 설정한 다음 0.1초 간격으로 타이머 인터럽트를 발생시켜 이 시간동안에 카운트된 로타리 엔코더의 펄스 수를 측정 접지륜의 회전속도 즉 작업속도와 종자 및 시비축의 회전속도 즉 파종속도를 비교하여 설정 불감대 값 이상 차이가 나면 그 차이에 해당 하는 만큼 유압시스템 유량조정 밸브를 DC모터로 제어하여 일정 주간거리를 유지할 수 있도록 주행속도에 비례하는 종자 및 시비률러 축 회전속도 구동이 이루어지도록 하였다. LCD의 작업속도와 파종속도 지시는 1초 간격으로 수행하도록 하였으며, 프로그램이 동작하는 도중에 제어종료 스위치를 작동하면 인터럽트를 발생시켜 제어를 끝내도록 하였다. 또한 작업 중 작업기를 상승시켜 파종작업을 수행하지 않는 경우는 작업 여부를 판단하는 근접 스위치가 OFF 상태로 되어 유압시스템의 방향제어밸브를 중립으로 자동 전환시켜 종자 및 시비축의 회전을 정지하도록 하였다. 포장실험에서는 주간거리를 15cm로 설정하였으며, 불감대 폭은 작업속도의 $\pm 10\%$ 즉 주간거리의 $\pm 10\%$ 인 $\pm 1.5\text{cm}$ 로 설정하여 시험하였다.

제 3 절 시작기 제작

그림 3-23은 제작된 시작기의 구조도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 작업기 앞쪽부터 고랑타기 및 균평부, 로타리 경운부, 작조부, 파종 및 시비부, 복토 및 진압부의 순으로 각부를 배치 제작하였으며, 로타리 경운부 중앙기어박스 부근 크로스 프레임 위에 유압펌프를 비롯한 유압탱크, 유압밸브 등과 파종속도 제어부를 설치하였다. 또한 작조부는 로타리 경운부 양측 사이드 판에 연결하였으며, 작조부 위 크로스 프레임에 유압모터 및 감속기, 파종 및 시비부를 설치하여 체인 전동장치로 파종 및 시비부 구동하였다. 복토 및 진압부는

로타리 경운부에 고정된 전후 프레임에 연결하여 유압모터로 축을 직접 구동 하도록 하였으며, 접지륧은 로타리 경운부 사이드 판에 설치하였다. 시작기의 전체적인 크기는 폭 x 높이 x 길이가 2292.5mm x 992mm x 1,51mm, 중량은 약 864kg으로 제작되었다.

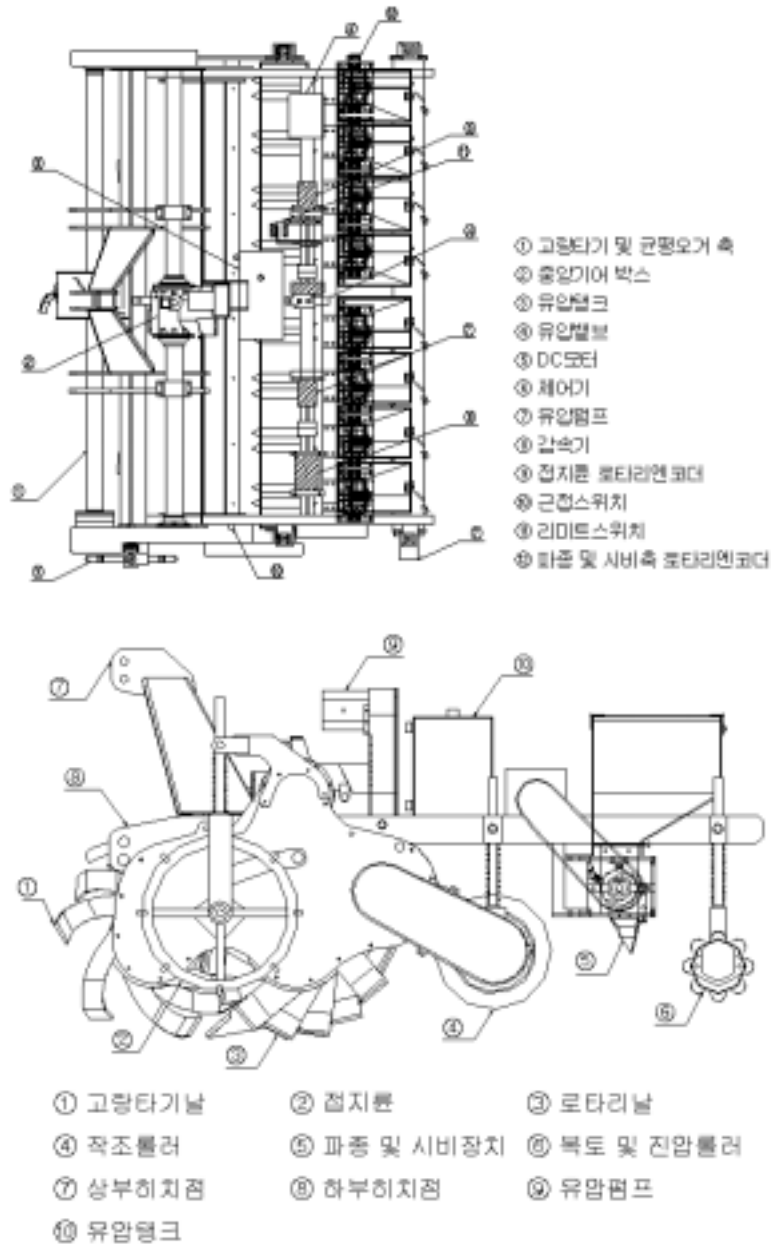


그림 3-23. 시작기의 구조도

제 4 절 성능시험

1. 파종장치 성능시험

본 연구에서 설계 제작된 점파용 파종장치와 국내 기존 점파용 파종장치를 대상으로 종자배출 특성, 파종특성을 비교 분석하여 점파 성능을 파악하고자 실내에서 기초실험을 실시하였다.

가. 점파 성능 분석

파종장치의 점파성능은 파종 정확도, 파종 정밀도, 주간거리 오차 의하여 나타내도록 하였다. 그림 3-24는 점파 성능을 분석하기 위하여 파종된 종자의 형태를 나타낸 것으로 파종 정확도, 파종 정밀도 산출 방법은 다음과 같다.



그림 3-24. 점파성능 분석을 위한 종자의 파종형태

$X_{i,j}$ 를 i 번째 주, j 번째 종자의 위치로 나타내고, i 번째 주에 n_i 개의 종자가 파종되며, m 개의 주를 샘플로 종자의 위치를 측정하였다고 하면 i 번째 주의 중심점 C_i 는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$C_i = \frac{\sum X_{i,j}}{n_i} \quad j : 1 \sim n_i \quad \text{----- (식 3-4)}$$

i번째 주의 중심점 C_i 와 i+1 번째 주 중심점 C_{i+1} 사이의 거리를 주간거리 라면 주간거리 S_i 는 다음과 같다.

$$S_i = C_{i+1} - C_i \quad \text{-----}(식 3-5)$$

종자의 흠어진 정도를 표현하기 위하여 주 내 종자의 위치를 주간거리와 주의 중심점을 이용하여 표준화하였는데 i 번째 주, j 번째 종자의 표준화된 파종위치 $SP_{i,j}$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$SP_{i,j} = \frac{X_{i,j} - C_i}{S_i} \quad \text{-----}(식 3-6)$$

여기서, $\sum SP_{i,j} = 0$ 가 된다.

파종 정확도(PA, Planting Accuracy)는 일정한 주간거리가 유지되는 정도를 나타내는 것으로 평균 주간거리 \underline{S} 에 대한 주간거리의 표준 편차, 즉 주간거리 변이계수로 나타내었다.

$$PA = \frac{\sigma_{\underline{S}}}{\underline{S}} \times 100 (\%) \quad \text{-----}(식 3-7)$$

여기서,

$$S = \frac{\sum S_i}{m-1} \quad i : 1 \sim m-1$$

$$\sigma_{\underline{S}} = \left(\frac{\sum (S_i - \underline{S})^2}{m-1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

파종 정밀도(PP, Planting Precision)는 파종된 종자의 밀집도를 나타낸 것으

로 주간거리에 따라 다르게 나타남으로 표준화된 파종위치 $SP_{i,j}$ 를 이용하였으며, $SP_{i,j}$ 의 90% 대역폭을 백분율로 나타낸 것을 파종 정밀도로 정의하였다. 이는 종자의 90%가 흩어져 파종된 폭을 주간거리의 백분율로써 나타낸 것을 의미하며 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$PP = 3.3 \times \sigma(SP) \times 100\% \quad \text{-----(식 3-8)}$$

여기서,

$$\sigma(SP) = \left(\frac{\sum \sum (SP_{i,j})^2}{\sum n_i} \right) \quad i : 1 \sim m, j = 1 \sim n_i$$

한편, 주간거리 오차는 설정 주간거리에 대한 설정 주간거리와 평균 주간거리 차의 비율로써 나타내었다.

나. 재료 및 방법

1) 실험 재료

실험 파종장치는 본 연구에서 개발한 종자 흙이 2개, 4개인 흙 틀리식 파종장치와 국내 기존 A사의 점과용 종자배출장치를 대상으로 하였다. A사의 종자배출장치는 6개의 종자배출관이 회전하며 입구에 설치된 종자량 조절 장치에 의하여 종자호퍼 내의 종자를 계량 흡입하여 파종위치에서 배출관 끝에 위치한 종자구멍 파기를 겸한 배출마개를 캠에 의해 열어줌으로써 파종하는 형식이다.

실험에 사용된 벼 종자 품종은 일미이며 길이, 폭, 두께를 측정한 결과 각각 약 6.7mm, 3.1mm, 2.2mm로 나타났다.

2) 실험계획

실험은 파종속도가 변화할 때 종자량 조절장치의 열림 길이 또는 열림 눈금에 따른 종자 배출 특성과 파종속도, 파종높이, 설정 주간거리에 따른 점과 특성을 조사 분석하였다.

종자배출 특성 실험은 표 3-3에서와 같이 파종속도가 0.1m/s - 0.5m/s까지 0.1m/s 간격으로 변화할 때 종자량 조절장치의 열림 길이 또는 눈금에 따른 종자 배출 개수와 변이 계수를 50개의 샘플을 취하여 조사하였다.

표 3-3 종자배출 특성 실험 계획

파종장치	회전속도(rpm) ¹⁾	열림 길이 (mm, 눈금 ²⁾)	조사 및 분석 항목
흙 롤러식 (흙 2개)	20, 40, 60, 80, 100	3, 5, 7	평균 배출 종자 개수, 변이계수
흙 롤러식 (흙 4개)	10, 20, 30, 40, 50	3, 5, 7	
A사	6.7, 13.3, 20, 26.7, 33.3	13, 15, 18	

주 : 1) 회전속도는 주간 파종거리 15cm일 때 파종속도 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5m/s에 상응하는 파종장치의 회전 속도를 의미함.

2) A사의 종자배출장치의 눈금 설정은 벼 종자의 설정 제시 눈금 참조함.

파종장치에 따른 점파 특성 실험 계획을 나타낸 것이 표 3-4이다.

점파특성 실험은 파종 종자가 10개 내외가 되도록 흙 롤러식은 열림 길이를 4mm, A사의 파종장치는 열림 눈금을 15로 하여 실험하였으며, 표에서와 같이 주간 파종거리를 15cm, 20cm 2수준으로, 파종속도를 0.1m/s, 0.3m/s, 0.5m/s 3수준으로, 그리고 종자 배출구의 파종높이를 10cm, 20cm 2수준으로 각각 변화시킬 때 파종 종자 수, 종자 간의 거리를 조사하여 평균 주간거리 및 변이 계수, 표준화된 파종위치를 구하고 주간거리 오차, 주간거리 유지 정도인 파종 정확도, 주 내 종자의 밀집도를 나타내는 파종정밀도로서 점파 성능을 분석하였다.

표 3-4 점파 특성 실험 계획

파종장치	주간거리 (cm)	회전속도 ¹⁾ (rpm)	파종속도 (m/s)	배출높이 (cm)	조사 및 분석 항목
흙 롤러식 (흙 2개)	15	20, 60, 100	0.1, 0.3, 0.5	10, 20	파종 종자수 평균 주간거리 파종 정확도 파종 정밀도 주간거리 오차
	20	15, 45, 75			
흙 롤러식 (흙 4개)	15	10, 30, 50			
	20	7.5, 22.5, 37.5			
A사	15	6.7, 20, 33.3			
	20	5, 15, 25			

주 : 1) 회전속도는 주간 파종거리에 따른 파종속도 0.1, 0.3, 0.5m/s에 상응하는 파종장치의 회전 속도를 의미함.

3) 실험장치

파종실험은 폭 4cm, 깊이 4cm의 V형 작조 홈이 파여진 길이 1m, 폭 30cm, 높이 5cm의 토양상자를 벨트 이송장치로 파종속도와 함께 이송시키면서 토양상자 홈에 파종장치로 종자를 파종시켜 파종된 종자를 조사 분석하였다. 그림 3-25는 토양상자와 토양상자에 파종된 종자의 모습을 나타낸 것이며, 그림 3-26은 실험장치의 외관을 나타낸 것으로 이송장치의 제원은 폭 500mm, 높이 750mm, 길이 5m, 변속범위 0 - 1m/s, 0.75KW의 구동 모터가 장착된 수평 벨트식 이송장치(제작사 오성 유니콘(주))를 이용하였다.



그림 3-25. 실험용 토양상자와 파종된 종자의 모습



그림 3-26. 실험장치의 외관

다. 결과 및 고찰

1) 종자배출 특성

표 3-5와 그림 3-27에서 그림 3-29는 각 파종장치의 종자 흠 열림 길이 또는 열림 눈금과 파종속도에 따른 배출 종자량의 변화 특성을 나타낸 것이다.

표 3-5 종자 열림 길이와 파종속도에 따른 종자배출량

구분	열림길이 (mm, 눈금)	파종속도 ¹⁾ (m/s)					평균 종자수(개)	변이 계수(%)
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5		
흠롤러식 (흠 2개)	3	7.0 (1.1)	5.8 (1.3)	6.6 (1.8)	5.6 (2.7)	3.6 (1.18)	5.7	20.7
	5	15.9 (1.5)	14.3 (1.6)	15.0 (1.4)	14.3 (1.8)	12.2 (1.22)	14.3	8.5
	7	21.5 (1.5)	21.5 (1.5)	21.7 (1.8)	20.8 (1.6)	20.5 (1.5)	21.2	2.2
흠롤러식 (흠 4개)	3	3.7 (2.2)	7.2 (2.3)	6.9 (1.6)	7.8 (1.8)	6.6 (1.8)	6.4	22.3
	5	11.4 (2.2)	11.8 (2.9)	12.2 (2.7)	13.6 (1.7)	12.4 (2.0)	12.3	6.1
	7	20.6 (1.8)	19.2 (2.4)	20.0 (2.3)	20.6 (1.9)	17.2 (2.0)	19.5	6.5
A사	13	5.6 (1.9)	5.7 (2.0)	5.7 (1.7)	5.8 (1.8)	5.8 (1.7)	5.7	1.4
	15	11.3 (2.0)	11.5 (2.3)	10.8 (1.9)	12.1 (2.1)	11.0 (1.8)	11.3	4.0
	18	13.9 (1.6)	14.7 (1.8)	14.4 (2.1)	13.6 (2.1)	14.1 (1.4)	14.1	2.7

주 : 1) 파종속도는 주간거리 15cm를 기준으로 하였으며 이에 상응하는 파종장치의 설정 회전 속도는 표 3-1 참조, 괄호안의 값은 표준편차를 의미함.

본 연구 롤러식 파종장치의 종자 흠 열림 길이를 3, 5, 7mm로 하였을 때 평균 주당 배출 종자량은 종자 흠이 2개로 설정된 경우 각각 5.7, 14.3, 21.2개로 종자 흠이 4개로 설정된 경우는 각각 6.4, 12.3, 19.5개로 나타나 열림 길이에 따라 비례하여 나타나지는 않았으며, 종자 흠 열림 길이가 커질수록 종자배출량의 변화는 작아지는 것으로 분석되었다. 열림 길이 3mm를 제외하곤 비교적 고른 종자 배출이 이루어지는 것으로 나타났는데 이는 흠의 모양에 따른 종자 길이 폭, 두께 등 형상이 영향을 미치기 때문으로 보인다. 한편 기존 A사의 점파장치는 열림 눈금이 13, 15, 18 일 때 평균 주당 배출 종자량

이 각각 5.7, 11.3, 14.1개로 고른 종자배출이 이루어지는 것으로 나타났다.

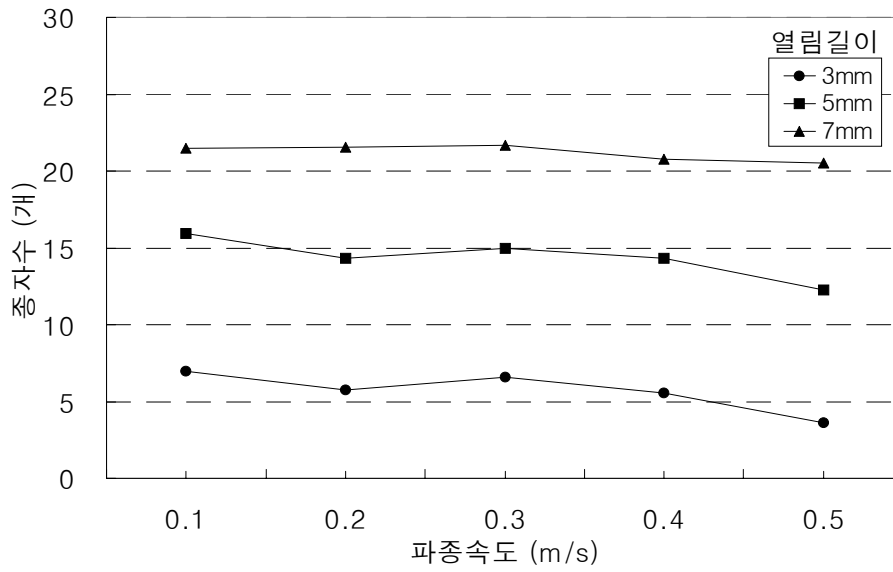


그림 3-27. 홈 롤러식(홈 2개로 설정) 파종장치의 종자배출량 변화

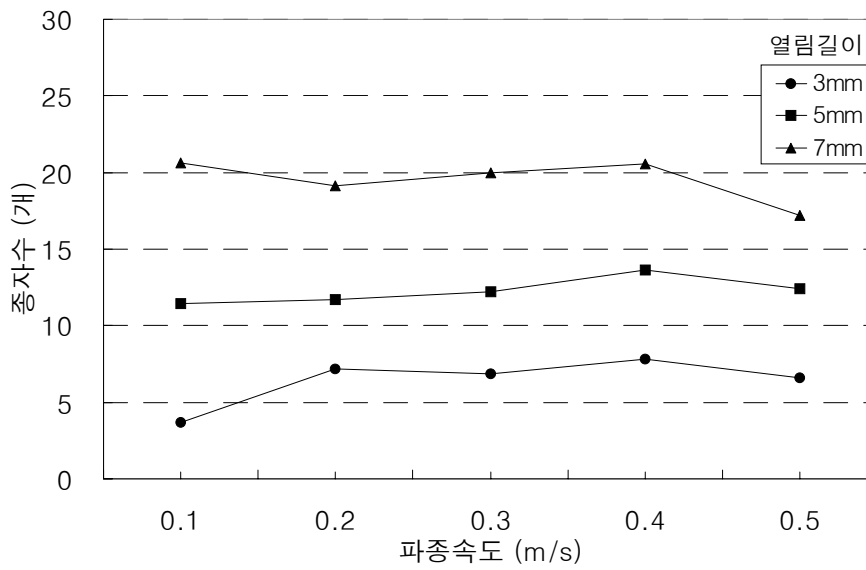


그림 3-28. 홈 롤러식(홈 4개로 설정) 파종장치의 종자배출량 변화

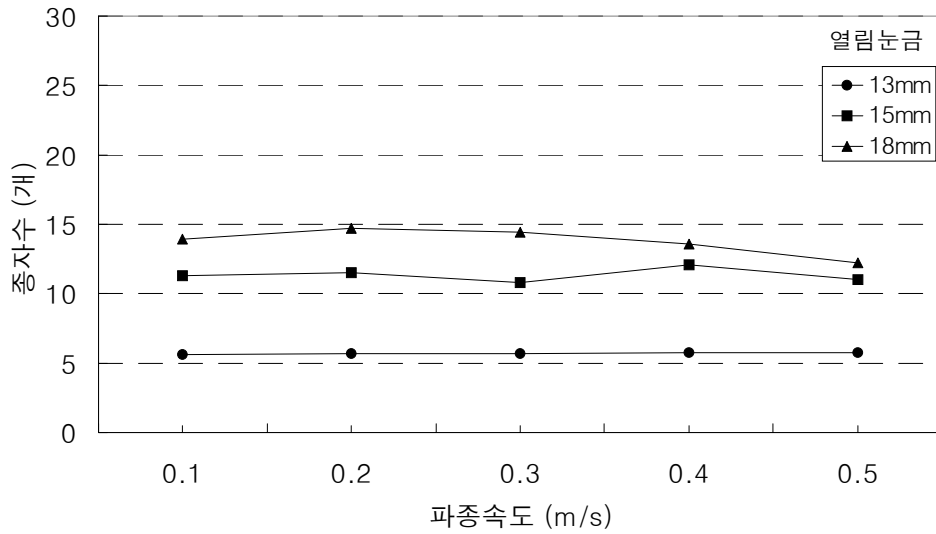


그림 3-29. A사 파종장치의 종자배출량 변화

파종속도의 변화에 따른 종자배출량의 변화를 살펴보면 기존 A사의 점파장치는 그림에서와 같이 파종속도 0.5m/s까지 종자배출량의 변화가 거의 없어 고른 종자배출이 이루어지는 것으로 나타났으며, 롤러식 파종장치의 홈을 2개나 4개로 설정한 경우도 대체로 고른 종자배출이 이루어지는 것으로 보이나 홈 4개의 경우 7mm 열림 길이, 0.5m/s의 파종속도와 홈 2개의 경우 0.5m/s의 파종속도에서 롤러의 원주속도 증가로 종자배출량이 약간 감소하는 경향을 보였다.

2) 점파 성능

3 가지 파종장치의 종자 배출높이, 설정 주간거리, 파종속도에 따른 평균 종자배출량, 평균 주간거리, 주간거리 오차비율을 나타낸 것이 표 3-6이다.

표에서와 같이 롤러식 파종장치의 종자 홈이 2개로 설정된 경우 평균 파종 종자수는 9.0 - 12.9개, 평균 주간거리는 15cm로 설정하였을 때 14.7 - 15.2cm, 20cm로 설정하였을 때 19.7 - 20.2cm, 설정 주간거리에 대한 주간거리의 오차비율이 0.5 - 2.0%로 나타났다.

롤러식 파종장치의 종자 홈이 4개로 설정된 경우는 평균 파종 종자수는 9.2 - 10.9개, 평균 주간거리는 15cm로 설정하였을 때 14.0 - 15.1cm, 20cm로 설

표 3-6 평균 종자배출량, 평균 주간거리, 주간거리 오차비율

구분	배출 높이 (cm)	주간 거리 (cm)	파종 속도 (m/s)	평균 종자배출량(개)	평균 주간거리(cm)	주간거리 오차비율 (%)
흡 롤러식 (흡 2개)	10	15	0.1	11.2 (1.1)	14.8 (0.83)	1.3
			0.3	9.0 (1.1)	14.7 (0.50)	2.0
			0.5	9.1 (1.6)	15.2 (0.87)	1.3
		20	0.1	11.9 (1.1)	19.8 (0.43)	1.0
			0.3	10.1 (1.8)	20.1 (0.71)	0.5
			0.5	8.9 (1.1)	20.2 (0.62)	1.0
	20	15	0.1	11.2 (1.5)	14.8 (0.70)	1.3
			0.3	10.3 (1.6)	14.8 (1.09)	1.3
			0.5	9.4 (2.0)	14.8 (1.04)	1.3
		20	0.1	12.9 (0.9)	19.9 (0.77)	0.5
			0.3	10.1 (1.4)	20.1 (0.90)	0.5
			0.5	10.5 (1.1)	19.7 (0.91)	1.5
흡 롤러식 (흡 4개)	10	15	0.1	10.0 (1.1)	14.8 (0.68)	1.3
			0.3	10.1 (1.2)	15.0 (0.55)	0.0
			0.5	10.1 (1.3)	15.1 (1.16)	0.7
		20	0.1	9.3 (1.4)	19.4 (0.76)	3.0
			0.3	10.7 (1.7)	19.6 (0.45)	2.0
			0.5	10.5 (1.5)	19.4 (0.86)	3.0
	20	15	0.1	10.8 (1.1)	14.0 (0.54)	6.7
			0.3	10.8 (1.2)	14.0 (0.68)	6.7
			0.5	9.2 (1.3)	14.6 (1.08)	2.7
		20	0.1	10.9 (1.5)	19.3 (0.72)	3.5
			0.3	10.6 (1.1)	19.5 (1.15)	2.5
			0.5	9.7 (1.0)	19.5 (0.83)	2.5
A사	10	15	0.1	9.7 (3.8)	14.9 (0.90)	0.7
			0.3	14.0 (4.5)	15.2 (1.26)	1.3
			0.5	10.2 (2.1)	15.6 (0.71)	2.7
		20	0.1	11.6 (4.1)	20.1 (0.72)	0.5
			0.3	13.0 (3.2)	19.5 (0.35)	2.5
			0.5	13.7 (3.4)	19.9 (1.02)	0.5
	20	15	0.1	13.0 (2.9)	14.6 (0.77)	2.7
			0.3	12.3 (3.8)	15.2 (1.88)	1.3
			0.5	12.5 (3.5)	15.2 (2.19)	1.3
		20	0.1	12.4 (3.2)	19.9 (0.59)	0.5
			0.3	13.6 (2.9)	20.1 (0.90)	0.5
			0.5	9.6 (2.8)	19.8 (2.86)	1.0

주 : 괄호안의 값은 표준편차를 의미함.

정하였을 때 19.3 - 19.6cm, 설정 주간거리에 대한 주간거리의 오차비율이 0.0 - 6.7%로 나타났다.

또한 기존 A사의 파종장치는 평균 파종 종자수는 9.6 - 14.0개, 평균 주간거리는 15cm로 설정하였을 때 14.6 - 15.6cm, 20cm로 설정하였을 때 19.5 - 20.1cm, 설정 주간거리에 대한 주간거리의 오차비율이 0.5 - 2.7%로 나타났다.

3가지 파종장치 모두 설정 주간거리에 대한 평균 주간거리의 차가 적게 나타났다으며, 종자 배출높이, 파종속도에 따른 차도 거의 없는 것으로 나타났다.

종자 배출높이, 설정 주간거리, 파종속도에 따른 파종 정확도와 파종 정밀도를 나타낸 것이 표 3-7이다.

종자 배출높이에 따른 파종 정확도와 파종 정밀도 값을 살펴보면 파종 정확도 값은 종자 배출높이가 10cm일 때 홈 2개 롤러식 파종장치, 홈 4개 롤러식 파종장치, A사의 점파장치가 각각 2.2 - 5.7%, 2.3 - 7.6%, 1.8 - 8.3%로 나타났다으며, 종자 배출높이가 20cm일 때는 각각 3.9 - 7.4%, 3.7 - 7.4%, 3.0 - 14.4%로 나타나 종자 배출높이 높아질수록 파종 정확도 값이 크게 나타났다. 파종 정밀도 값은 종자 배출높이가 10cm일 때 홈 2개 롤러식 파종장치, 홈 4개 롤러식 파종장치, A사의 점파장치가 각각 13.4 - 22.2%, 14.7 - 30.2%, 17.8 - 31.1%로 나타났으며, 종자 배출높이가 20cm일 때는 각각 19.6 - 38.1%, 13.3 - 47.5%, 21.4 - 47.5%로 나타나 종자 배출높이 높아질수록 파종 정밀도의 값이 크게 나타났다. 따라서 종자 배출높이가 커질수록 점파 성능은 떨어지는 것으로 보인다.

설정 주간거리에 따라서 파종 정확도와 파종 정밀도의 값을 살펴보면 홈 2개 롤러식 파종장치, 홈 4개 롤러식 파종장치, A사의 점파장치 파종 정확도 값은 설정 주간거리가 15cm일 때 각각 3.4 - 7.4%, 3.7 - 7.6%, 4.6 - 14.4%로 나타났으며, 설정 주간거리가 20cm일 때는 각각 2.2 - 4.6%, 2.3 - 5.9%, 1.8 - 14.4%로 나타나 설정 주간거리가 길수록 파종 정확도 값이 작게 나타났다. 홈 2개 롤러식 파종장치, 홈 4개 롤러식 파종장치, A사의 점파장치의 파종 정밀도 값은 설정 주간거리가 15cm일 때 각각 14.9 - 23.3%, 14.7 - 30.2%, 17.8 - 47.5%로 나타났으며, 설정 주간거리가 20cm일 때는 13.4 - 23.5%, 13.3 - 22.1%, 19.5 - 22.4%로 나타나 설정 주간거리가 길수록 파종 정밀도의 값이 작게 나타났다. 따라서 점파 성능은 설정 주간거리가 커질수록 점파성능은 좋

표 3- 파종 정확도와 파종정밀도

구분	배출 높이 (cm)	주간 거리 (cm)	파종 속도 (m/s)	파종 정확도(%)	파종 정밀도(%)
흙 롤러식 (흙 2개)	10	15	0.1	5.6	15.9
			0.3	3.4	18.0
			0.5	5.7	24.2
		20	0.1	2.2	14.9
			0.3	3.5	13.5
			0.5	3.1	13.4
	20	15	0.1	4.8	23.3
			0.3	7.4	30.4
			0.5	7.0	38.1
		20	0.1	3.9	21.4
			0.3	4.5	19.6
			0.5	4.6	23.5
흙 롤러식 (흙 4개)	10	15	0.1	4.6	22.0
			0.3	3.7	18.6
			0.5	7.6	30.2
		20	0.1	3.9	16.5
			0.3	2.3	14.7
			0.5	4.4	20.0
	20	15	0.1	3.9	20.4
			0.3	4.8	25.2
			0.5	7.4	47.5
		20	0.1	3.7	13.3
			0.3	5.9	17.7
			0.5	4.3	22.1
A사	10	15	0.1	6.0	17.8
			0.3	8.3	21.5
			0.5	4.6	31.1
		20	0.1	3.6	19.5
			0.3	1.8	22.4
			0.5	5.1	25.4
	20	15	0.1	5.3	27.7
			0.3	12.3	43.0
			0.5	14.4	47.5
		20	0.1	3.0	22.4
			0.3	4.5	21.4
			0.5	14.4	23.2

아지는 것으로 보인다.

파종속도에 따른 파종 정확도와 파종 정밀도의 값을 살펴보면 홈 2개 롤러식 파종장치, 홈 4개 롤러식 파종장치, A사의 점파장치의 파종정확도는 파종속도가 0.1m/s일 때 각각 2.2 - 5.6%, 3.7 - 4.6%, 3.0 - 6.0%로 나타났으며, 파종속도가 0.3m/s일 때는 각각 3.4 - 7.4%, 2.3 - 5.9%, 1.8 - 12.3%로 나타났고. 파종속도가 0.5m/s일 때는 각각 3.1 - 7.0%, 4.3 - 7.6%, 4.6 - 14.4%로 나타나 0.5m/s 파종속도까지 파종 정확도 값의 차는 크지 않은 것으로 나타났다. 홈 2개 롤러식 파종장치, 홈 4개 롤러식 파종장치, A사의 점파장치의 파종 정밀도의 값은 파종속도가 0.1m/s일 때 각각 14.9 - 23.3%, 13.3 - 22.0%, 17.8 - 27.7%로 나타났으며, 파종속도가 0.3m/s일 때는 각각 13.5 - 30.4%, 14.7 - 25.2%, 21.4 - 43.0%로 나타났고. 파종속도가 0.5m/s일 때는 각각 13.4 - 38.1%, 20.0 - 47.5%, 25.4 - 47.5%로 나타나 파종속도가 증가할수록 파종 정밀도의 값이 크게 나타나는 경향이 있었다. 따라서 파종속도가 증가할수록 파종 정확도의 차는 크지 않았지만 파종 정밀도는 떨어져 점파 성능은 악화되는 것으로 나타났다.

3 가지 파종장치의 점파성능을 좀더 자세히 비교해 보기 위하여 종자 배출 높이, 설정 주간거리, 파종속도 별로 파종 정확도를 나타낸 것이 그림 3-30에서 그림 3-33이다.

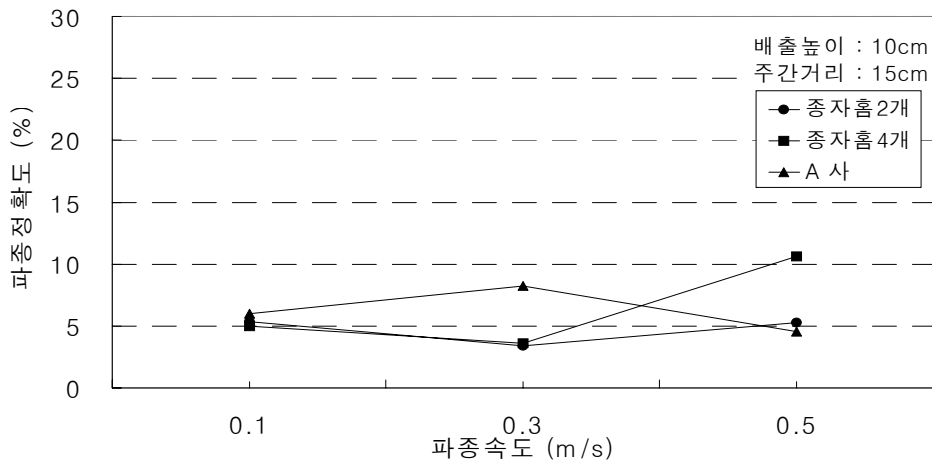


그림 3-30. 종자배출 높이 10cm, 주간거리 15cm에서의 파종 정확도

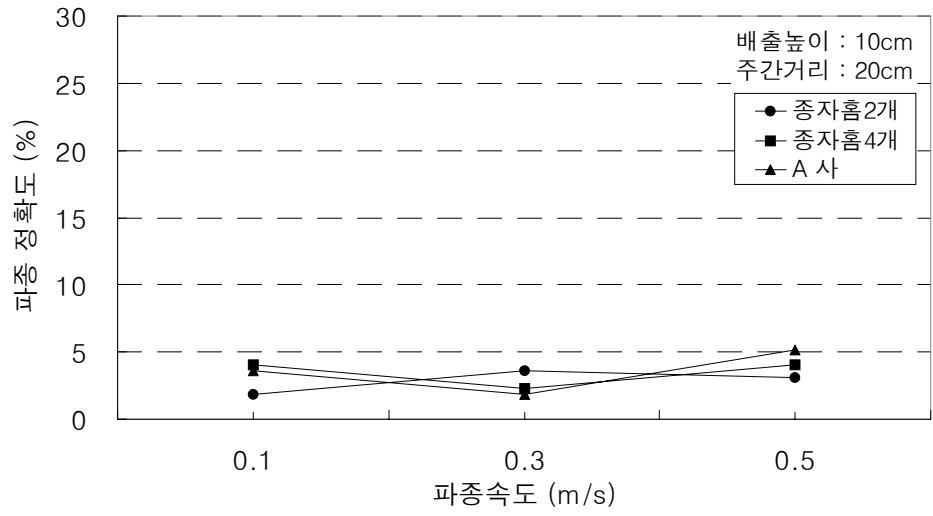


그림 3-31. 종자배출 높이 10cm, 주간거리 20cm에서의 파종 정확도

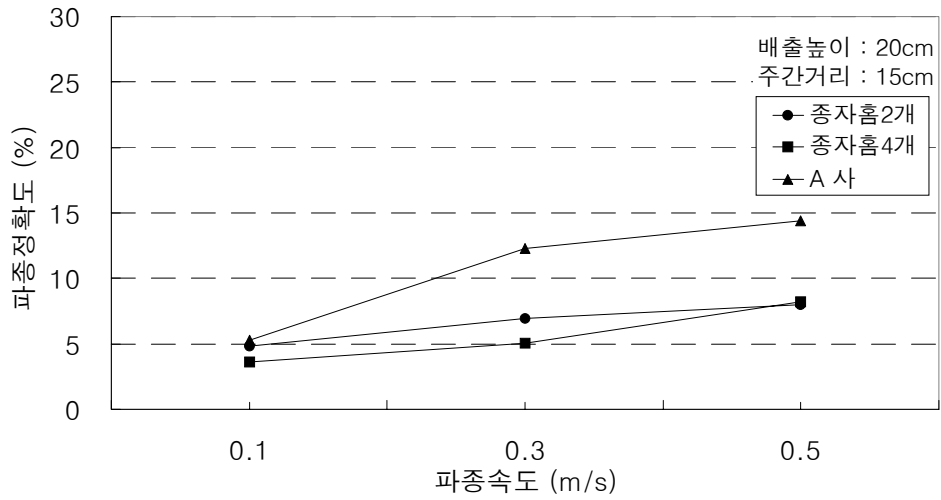


그림 3-32 종자배출 높이 20cm, 주간거리 15cm에서의 파종 정확도

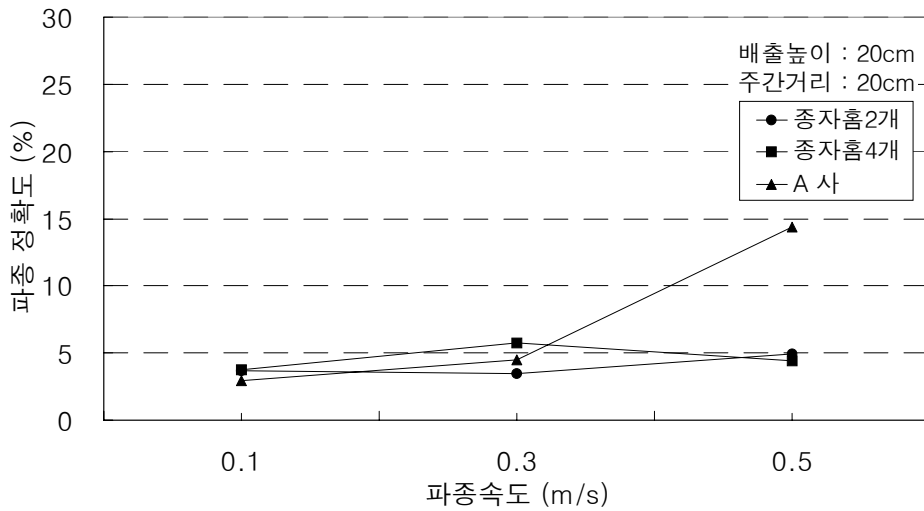


그림 3-33. 종자배출 높이 20cm, 주간거리 20cm에서의 파종 정확도

한편 파종 정밀도를 살펴보면 그림 3-34에서 그림 3-37에서와 같이 종자 배출높이가 높아짐에 따라, 파종 정밀도 값이 크게 나타났으며, 주간거리가 20cm일 때는 파종속도에 따라 파종 정밀도의 변화가 크지 않았으나 주간거리가 15cm로 짧아질 때는 파종 정밀도 값이 파종속도가 증가함에 따라 커지는 경향을 보였다.

종자 배출높이가 10cm일 때는 종자 홈 2개의 롤러식 파종장치가 상대적으로 가장 좋은 파종 정밀도를 나타냈으며, 종자 배출높이가 20cm일 때는 0.3m/s의 파종속도까지는 종자 홈 4개의 롤러식 파종장치가 종자 홈 2개 보다 파종 정밀도가 약간 낮게 나타났으나 0.5m/s의 파종속도에서 파종 정밀도 값이 갑자기 커져 파종 정밀도가 떨어졌다. 이는 종자배출 마개의 열림 시간이 짧아 종자 배출 시 종자가 종자배출 마개에 부딪혀 배출되거나 종자관과 마개 사이에 종자가 끼는 현상 때문으로 보인다. 또한 기존 A사 점파장치는 상대적으로 파종 정밀도가 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 포장 성능시험을 위한 시작기는 종자 홈을 2개로 설정한 롤러식 파종장치를 적용하여 성능을 평가하였다.

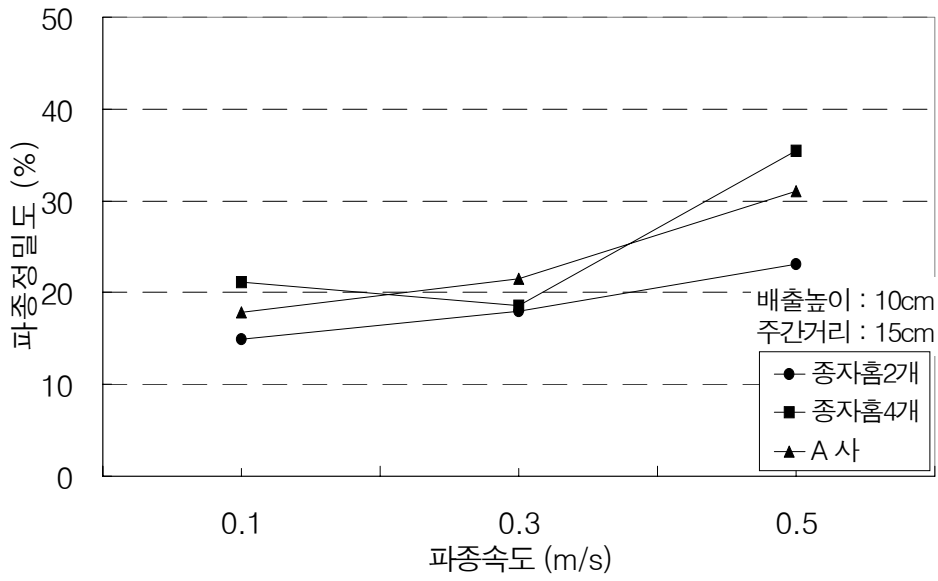


그림 3-34. 종자배출 높이 10cm, 주간거리 15cm에서의 파종 정밀도

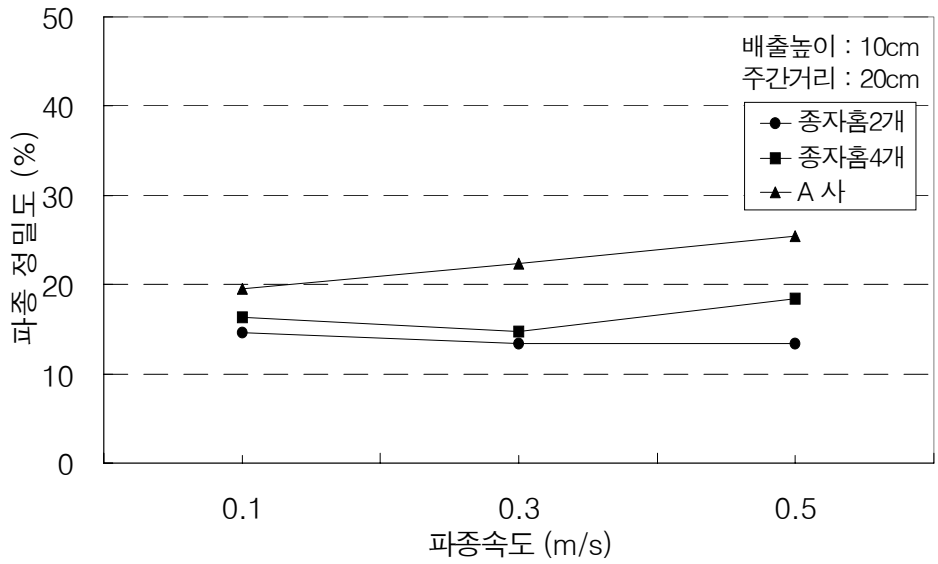


그림 3-35. 종자배출 높이 10cm, 주간거리 20cm에서의 파종 정밀도

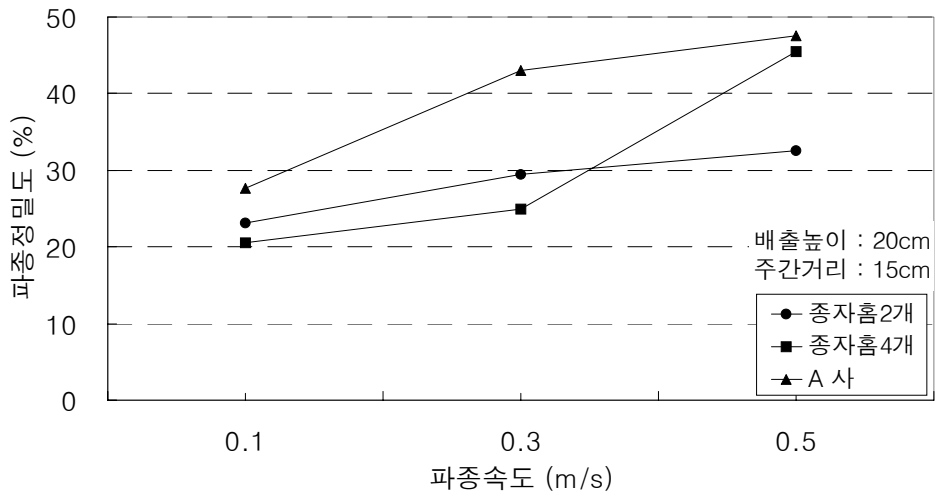


그림 3-36. 종자배출 높이 20cm, 주간거리 15cm에서의 파종 정밀도

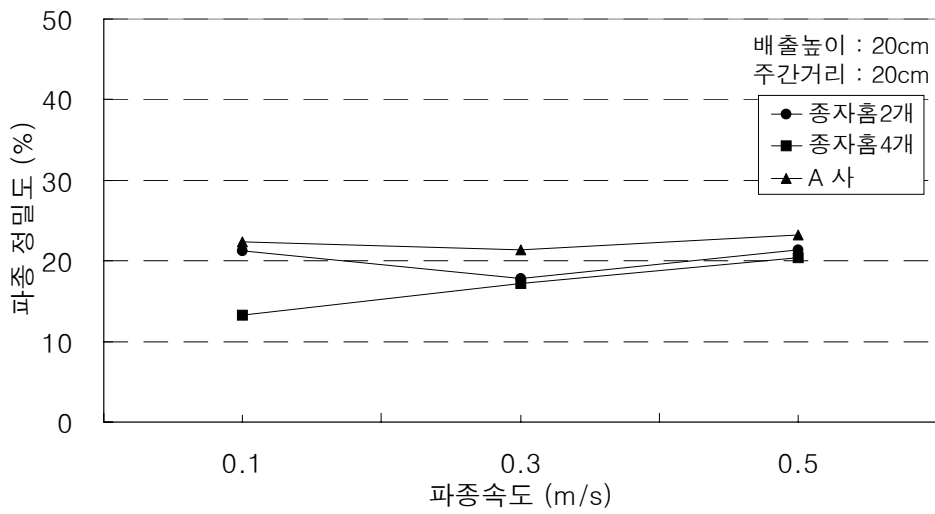


그림 3-37. 종자배출 높이 20cm, 주간거리 20cm에서의 파종 정밀도

2. 시작기 포장 성능실험

본 연구에서 설계 제작된 시작기 주요부의 성능과 작업능률을 파악하기 위하여 포장 성능실험을 실시하였다.

가. 재료 및 방법

실험은 시작기를 75마력 트랙터에 장착하여 수행하였으며, 실험시기와 장소는 2003년 11월 10일 - 14일 까지 전남 나주 산포면에 위치한 전남농업기술원 실험포장에서 실시하였다. 실험에 사용된 종자의 품종은 동안 벼를 사용하였다.

표 3-8은 포장 실험계획을 나타낸 것으로 토양의 상태와 파종속도에 따른 각 부의 성능과 작업능률을 파악하였는데 평균 토양함수비이 약 29.3%(표준편차 $\pm 4.2\%$), 38.8%(표준편차 $\pm 5.7\%$)인 식양질 토양을 대상으로 무경운 상태, 1회 로타리 경운을 실시한 상태에서 작업속도는 약 0.3, 0.5m/s로 실험하였다. 이 때 파종장치의 파종롤러는 홈이 2개, 주간거리는 15cm, 홈의 파종 열림 길이는 5mm로 약 10 - 15개의 종자가 파종되도록 각각 설정하였다.

표 3-8 포장 성능실험 계획

요인	수준		조사 및 분석항목
토양 상태	식양질 (토양함수비 29.3%)	무경운	- 작업속도 - 토양함수비 및 경도 - 고랑 형성 상태 양부 - 직경 2cm 이하 토양의 무게비율 - 작조골 폭, 깊이 및 형성 상태 양부 - 파종종자 개수, 파종 정확도, 파종정밀도 - 설정 주간거리에 대한 주간거리 오차 - 복토 상태 양부 - 포장작업효율, 유효포장작업능률
		1회 로타리 경운	
	식양질 (토양함수비 38.8%)	무경운	
		1회 로타리 경운	
파종속도	0.3 m/s 0.5 m/s		

주요부의 성능으로 고랑타기부는 고랑 형성 상태 양부를, 로타리 경운부는 쇄

토성능을, 작조부는 작조골 깊이 및 형성 상태 양부를, 파종부는 파종 종자 개수, 파종 정확도, 파종 정밀도를, 파종속도 제어부는 설정 주간거리에 대한 주간거리 오차비율을, 복토 및 진압부는 복토 상태의 양부를 각각 2m의 파종거리를 3곳을 선정 샘플링 조사하여 그 성능을 파악하였다.

고랑 형성 상태의 양부는 고랑에 흙이 떨어지거나 무너져 고랑 깊이가 10cm 이하로 형성된 부분의 비율을 고려하여 평가하였으며, 로타리 작업부의 쇄토성능은 폭 20cm, 길이30cm, 깊이 약 8cm의 경운된 토양을 채취하여 직경 2cm 이하 토양의 무게비율을 조사하여 쇄토성능을 나타내었다. 작조골 형성 상태의 양부는 파종골과 시비골이 합쳐져 분리가 명확치 않은 부분과 파종골에 흙이 떨어져 작조심이 2cm 이하로 형성된 부분의 비율을 고려하여 평가하였으며, 또한 복토 상태의 양부는 종자가 보이거나 지면으로부터 2cm 이상 깊이로 골이 파여 복토가 제대로 이루어지지 않은 부분의 비율 고려하여 평가하였다. 이 밖에 트랙터의 선회시간, 종자 및 비료 보급시간을 측정하여 포장작업효율과 유효포장작업능률을 구하였다. 그림 3-38은 포장시험 모습을 나타낸 그림이다.



그림 3-38. 고랑타기 및 작조성능 시험 모습

나. 결과 및 고찰

1) 고랑 형성상태 및 쇄토 성능

표 3-9는 토양상태와 과중 작업속도에 따른 고랑의 형성상태와 로타리 경운부의 쇄토 성능을 나타낸 것이며, 그림 3-39는 고랑과 작조골의 형성 상태를 나타낸 것이다.

표 3-9 고랑 형성상태와 쇄토성능

토양 상태		작업속도(m/s)	고랑 형성상태	쇄토성능 ¹⁾ (%)
토양함수비 29.3%	무경운	0.3	양호	72.8(6.7)
		0.5	양호	64.2(7.5)
	1회 로타리 경운	0.3	양호	89.8(5.2)
		0.5	양호	83.1(6.3)
토양함수비 38.8%	무경운	0.3	양호	62.4(7.2)
		0.5	양호	58.9(8.9)
	1회 로타리 경운	0.3	양호	79.3(5.7)
		0.5	양호	75.3(6.9)

주 : 1) 괄호 안 수치는 표준편차를 나타냄

고랑의 형성 상태는 고랑 폭 15cm, 고랑 깊이 10 - 13 cm를 내외로 토양상태와 작업 속도에 관계없이 모두 양호한 것으로 나타났다.



그림 3-39. 고랑과 작조골의 형성상태(함수율 38.8%, 무경운, 0.5m/s)

로타리 경운부의 쇄토율은 토양함수비가 낮을 때 높았으며, 무경운 토양에서 58.9 - 72.8%, 로타리 1회 경운토양에서 75.3 - 89.8%로 나타났다. 또한 작업속도가 커질수록 쇄토율이 저하되는 경향을 보였으며, 대부분 쇄토율이 60% 이상으로 파종에 문제는 없는 것으로 보인다.

2) 작조성능

표 3-10은 작조장치의 작조성능을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 작조 골의 깊이는 3.6 - 4.0cm로 나타났으며, 작조 골의 폭은 토양 표면 부분 폭이 불균일해 측정하기 어려웠으나 대체로 작조 형성상태는 모두 양호한 것으로 조사되었다.

표 3-10 작조성능

토양 상태		작업속도(m/s)	작조 깊이 ¹⁾ (cm)	작조형성 상태
토양함수비 29.3%	무경운	0.3	3.9(0.2)	양호
		0.5	3.6(0.3)	양호
	1회 로타리 경운	0.3	3.8(0.2)	양호
		0.5	3.7(0.2)	양호
토양함수비 38.8%	무경운	0.3	3.9(0.3)	양호
		0.5	3.8(0.4)	양호
	1회 로타리 경운	0.3	4.0(0.2)	양호
		0.5	3.8(0.3)	양호

주 : 1) 괄호 안 수치는 표준편차를 나타냄

3) 파종 및 복토 성능

표 3-11은 파종장치의 파종 및 복토 성능을 나타낸 것이다.

평균 파종 종자수는 12.1 - 16.6개로 나타났으며, 평균 주간거리는 14.0 - 16.2cm, 설정 주간거리에 대한 주간거리 오차비율은 2.7 - 8.0%로 나타나 매우 양호한 주간거리를

유지하였다.

파종 정확도 값 즉 주간거리 변이계수는 8.5 - 13.6%, 파종 정밀도 값은 19.3 - 31.2%로 나타났으며, 토양상태에 따른 파종 정확도와 파종 정밀도 값의 차는 없으므로 보이나 파종속도가 커짐에 따라 파종 정밀도 값이 커져 점파성능이 약간 저하되는 것으로 나타났다.

표 3-11 파종성능과 복토성능

토양 상태		작업속도 (m/s)	평균 파종 종자수(개)	평균 주간거리 ¹⁾ (cm)	파종 정확도 (%)	파종 정밀도 (%)	주간거리 오차비율(%)	복토성능
토양 함수비 29.3%	무경운	0.3	15.4	14.0 (1.9)	13.6	23.2	6.7	양호
		0.5	13.2	14.3 (1.3)	9.1	29.4	4.7	양호
	1회 로타리 경운	0.3	16.6	14.6 (1.5)	10.3	22.0	2.7	양호
		0.5	12.9	15.9 (1.9)	11.9	31.2	6.0	양호
토양 함수비 38.8%	무경운	0.3	14.7	16.2 (2.1)	13.0	26.5	8.0	양호
		0.5	12.1	14.2 (1.2)	8.5	30.9	5.3	양호
	1회 로타리 경운	0.3	16.2	14.1 (1.4)	9.9	19.3	6.0	양호
		0.5	14.4	15.7 (2.0)	12.7	27.1	4.7	양호

주 : 1) 괄호 안 수치는 표준편차를 나타냄

따라서 본 시작기는 0.5m/s의 파종속도에서 주간거리를 15cm로 설정하였을 때 평균 주간거리 변이 2.1cm로 90%의 종자를 전후 폭 4.7cm 이내로 파종 가능함을 알 수 있다. 이는 김(1996) 등이 파종 롤러 홈의 형상, 크기, 개수 와 솔의 크기 및 부착위치를 개선하여 점파가 가능하도록 개발한 점파장치의 성능인 파종정밀도 약 32.7 - 39.5%, 주간거리 변이계수 11.8 - 13.7% 보다 약간 우수한 점파성능을 보인 것으로 판단되며, Katahira(2002)가 개발한 로타리 밸브를 이용한 건담점파기 성능 즉 작업속도

0.53 m/s, 파종거리 23.7 cm에서 파종형상이 종 7.8 cm, 횡 2.8 cm로 파종된 것에 비해서도 우수한 성능 보인 것으로 판단된다.

한편 복토성능은 복토 후 종자의 파종심 측정이 곤란하였으나 대체로 2 - 4cm의 파종심을 갖는 것으로 보이며 복토상태도 양호한 것으로 나타났다.

4) 포장 작업능률

개발된 건담점파기의 파종성능 결과를 살펴볼 때 작업 폭 2m, 작업속도 0.5m/s까지 점파가 가능한 것으로 보여 이론포장작업능률은 약 0.36ha/시간이며 10a당 이론작업시간은 약 0.28시간이다. 개발된 건담점파기의 1회 선회시간은 약 15초로 10a당 150초의 선회시간이 소요되며, 자재 보급은 호퍼를 가득 채운 경우 종자는 약 1ha, 시비는 약 0.5ha 정도 작업이 가능한 것으로 판단되어 종자 및 비료 자재보급시간이 ha당 약 20분이 소요되며 이는 10a당 120초가 소요되는 것이다. 따라서 포장작업효율은 약 79%로 예상된다. 그러므로 개발된 건담점파기의 유효포장작업능률은 약 0.28 ha/시간으로, 작업시간은 약 0.35시간/10a가 소요되는 것으로 분석되었다.

제 4 절 경제성 분석

본 연구 건담직파기의 경제성을 평가하기 위하여 관행 건담 조파용 직파기와 기계이앙을 하는 경우 소요되는 노동력과 이용비용을 비교 분석하였다. 본 연구의 건담점파기는 고랑타기 작업과 로타리 경운작업 파종 및 시비작업을 동시에 행하므로 관행 조파용 직파기의 경우 고랑타기 작업과 1회의 로타리 경운작업, 파종 및 시비작업을 수행하는 것으로 하여 분석하였으며 작업 폭 2m(8조)의 작업기를 기준으로 하였다.

1. 소요노동시간

표 3-12는 종자준비부터 파종시비 또는 이앙작업까지 시작기, 관행 조파용 건담직파기, 관행 이앙의 소요노동력 비교를 나타낸 것으로 표에서와 같이 시작기의 소요노동시간은 0.72 시간/10a로 관행 건담직파기에 비하여 약 25%, 관행 이앙에 비하여 약 94%의 노력 절감 효과가 각각 나타나는 것으로 분석

되었다.

또한 쌀 생산의 총 노동투하시간 면에서 노동력 절감 효과를 살펴보면 통계청에서 조사한 관행 이앙의 26.99시간/10a(2002)와 전북농업기술원의 전북평야지역의 쌀 생산비 절감 실증연구(2000)에서 조사한 관행 이앙 26.09시간/10a, 건답직파 19.44시간/10a를 고려해 볼 때 관행 이앙 보다 9.99-12.00시간/10a, 관행 건답직파 보다 약 1.53시간/10a의 절감 효과가 나타나 각각 관행 이앙 보다 약 39-44%, 관행 건답직파 보다 약 8%의 노동력 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

표 3-12 소요노동력 비교

단위 : 시간/10a

구분	시작기	관행 건답직파기	관행 이앙 ¹⁾
종자준비	0.37	0.37	0.41
상토준비, 파종, 육묘	-	-	4.41
경운정지	0.35	0.17	3.24
고랑타기		0.17	-
파종시비 또는 이앙		0.25	4.66
계	0.72	0.96	12.72

주 : 1) 관행 이앙은 통계청의 벼 작업별 노동력 투하시간 2002년도 자료임.

2. 이용비용

표 3-13은 시작기와 관행 조파용 건답직파기의 소요 이용비용을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 시작기의 이용비용은 15,873원/10a로 관행 조파용 건답직파기에 비해 약 5% 정도 더 드는 것으로 나타났으며, 박(2001) 등이 개발한 부분경운직파기 14,484원/10a에 비해서도 약 10% 크게 나타났다. 이는 시작기의 구입가격이 크게 나타난 때문으로 앞으로 최근 도입되고 있는 그라운드 PTO, 외부 유압취출 시스템을 갖춘 트랙터 또는 속도비례형 PTO를 갖춘 관리기에 적용시키는 경우 직파기 구조가 단순해져 제작단가를 크게 낮출 수 있

을 것으로 기대됨으로 이용비용에 큰 차 없이 정밀한 파종작업을 수행할 수 있을 것으로 보인다.

표 3-13 이용비용 비교 분석

구분	시작기		관행				
	트랙터	파종기	트랙터	파종기	배토기	로타베이터	
구입가격(천원)	27,500	6,500	17,060	1,600	750	2,100	
내구연한(년)	8	5	8	5	5	5	
연간 사용시간 (시간/년)	330	120	330	120	120	240	
연간 고정비 (원/년)	감가상각비	3,093,750	1,170,000	1,919,250	288,000	135,000	378,000
	수리비	1,650,000	390,000	1,023,600	96,000	45,000	126,000
	이자	756,250	178,750	469,150	4,4000	20,625	57,750
	소계	5,500,000	1,738,750	3,412,000	428,000	200,625	561,750
시간당 고정비 (원/시간)	16,667	14,490	10,339	3,567	1,672	2,341	
	31,157		13,906				
시간당 변동비 (원/시간)	유류비	4,094		2,866	1,228	3,275	
	인건비	10,100		10,100	10,100	10,100	
	원동기비		0		0	10,339	10,330
	소계	14,194		12,966	21,667	23,705	
시간당 비용 (원/시간)		45,351		26,872	23,339	26,046	
작업능률 (시간/10a)		0.35		0.25	0.17	0.17	
소요경비 (원/10a)		15,873				15,113	

주 : 1) 자료 : '03 시험연구결과 경제성 분석기준 방법과 사례 자료(농진청 농업경영정보관실)
수리비계수 : 6%, 연이율 : 5%, 연료비 : 면세경유 356원/ℓ, 윤활유비 : 연료비의 15%,
인건비 : 운전자 남자53,868원*1.5(농협조사월보 '02. 12)
2) 직선법 적용, 폐기가격은 구입가격의 10%
3) 시작기 65마력, 관행 45마력 트랙터 적용
4) 시간당 연료소모율 : 시작기 10ℓ/hr, 관행 직파기 7ℓ/hr, 배토기 3ℓ/hr, 로타베이터 8ℓ/hr 적용

제 5 절 요약 및 결론

본 연구는 벼 건담직파의 안정화, 생력화를 통한 건담직파 재배의 확대로 농촌노동력 문제 해결 및 생산비 절감을 기하고자 파종심을 3-4cm로 유지할 수 있는 작업 폭 2m의 트랙터 부착용 8조 건담점파기를 개발하고자 하였으며 구체적인 결과는 다음과 같다..

가. 균평 및 고랑타기부, 로타리 경운부, 작조부, 파종 및 시비부, 복토 및 진압부를 비롯하여 파종 및 시비부, 복토부 구동을 위한 유압부, 주행속도에 비례하여 파종이 이루어도록 제어하는 파종속도 제어부, 동력전달부, 히치 및 주요부 지지 프레임 등으로 구성된 파종 및 시비 작업과 고랑 형성 및 로타리 경운작업을 동시에 수행할 수 있는 건담점파기를 설계 제작하였다.

나. 개발된 건담점파기는 파종심을 3-4cm로 유지할 수 있도록 원통 물에 V자형 돌기를 부착하고 이를 파종속도 보다 빠르게 구동시켜 폭 4cm, 깊이 4cm의 파종 및 시비골이 정확히 형성하도록 작조부를 설계 제작하였으며, 복토 및 진압부도 원통 물에 나선형으로 돌기를 부착하여 이를 구동시켜 토양 파쇄하며 복토 및 진압이 이루어지게 함으로써 정확하고 정밀한 파종심을 유지하도록 하였다.

다. 점파를 위하여 파종부의 종자배출 장치는 기존 롤러식 배종장치를 점파에 적합하도록 롤러의 직경을 늘렸으며, 종자 배출관 끝에 종자배출 마개를 설치하여 이를 캠 기구로 개폐시켜 점파가 이루어지도록 하였다. 또한 파종속도 제어부에 의하여 종자배출 축 회전속도를 주행속도에 비례하도록 제어함으로써 파종속도, 설정 파종 주간거리의 변화에 따라 정확하고 정밀한 주간거리가 유지되도록 하였다.

라. 개발된 건담점파기 시작기의 포장 성능시험 결과 주행속도 약 0.5m/s까지 점파 파종이 가능하였으며, 포장작업능률은 약 0.28ha/시간으로, 작업시간은 약 21분/10a가 소요되는 것으로 분석되었다.

마. 고랑과 파종 및 시비골의 형성 상태는 매우 양호하였으며, 특히 파종골의 깊이는 4cm를 거의 정확하게 유지하였다 또한 파종 후 복토 및 진압상태도 양호하여 파종심은 약 2-4cm를 유지하는 것으로 판단된다.

바. 점파 파종성능은 설정 주간거리가 15cm, 주행속도 0.5m/s일 때 파종 정확도 13.6%, 파종 정밀도 31.2% 이내로 각각 나타나 주간거리 변이 2cm 이내로 파종된 종자의 90%가 약 4.7cm 이내의 전후 폭으로 파종되는 것으로 분석되어 양호한 점파 성능을 보였다. 또한, 설정 주간거리에 대한 설정 주간거리와 평균 주간거리의 오차 비율은 약 8.0% 이내로 나타나 파종속도 제어 성능도 우수한 것으로 나타났다.

사. 종자준비부터 파종작업까지 소요노동력은 0.72 시간/10a로 관행 건답직파기에 비하여 약 25% 절감되었으며, 이용비용은 15,873원/10a로 관행 조파용 건답직파기에 비해 약 5% 정도 더 드는 것으로 나타났다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

본 연구에서 개발하려는 직파기는 8조 점파 트랙터 부착 작업기로 작업능률 20분/ 10a, 파종심 제어장치에 의해 파종심 3-4cm 유지, 조간거리 25cm, 주간거리 조절 가능, 파종량 조절 가능, 결주율을 최소화할 수 있는 정밀 파종심 제어 건답점파기였다. 개발된 건답점파기는 고랑타기 장치, 로타리 경운장치의 추가로 목표 작업능률 보다 작업능률을 향상시킬 수 없었으나 목표 파종성능은 달성한 것으로 판단된다.

연차별 연구목표 및 연구내용에 대한 달성도는 표 4-1과 같으며, 앞으로 파종시기 관계로 수행하지 못한 재배실험을 2004년도 봄에 수행하여 결과를 관련 학회지에 발표할 예정이다.

표 4-1 연차별 목표 및 연구내용에 대한 달성도

구 분	연구목표	연구 내용 및 범위	달성도
1차년도 (2001)	정밀 파종심 제어 건답 점파기 주요부 개발	○ 건답직파 재배 및 건답직파기 자료조사 및 분석	100%
		○ 주요부 설계 및 제작	100%
		○ 주요부 성능시험 및 평가	100%
2차년도 (2002)	정밀 파종심 제어 건답 점파기 시작기 개발 및 평가	○ 시작기 제작	100%
		○ 시작기 파종성능 시험 및 평가	100%
		○ 경제성 평가	100%

2. 관련분야에의 기여도

현재 우리나라의 여건에서 쌀의 경쟁력을 높일 수 있는 길은 품종개량에 의한 다수성 양질미의 보급과 생력화에 의한 생산비 절감이다. 지금까지의 기술 수준으로 보아 노동력의 저 투입에 의한 생산비 절감 방법은 직파재배의 도입이며, 일반농가에서 단기간에 실천할 수 있는 경쟁력 방안 중의 하나이다.

그러나 건답직파의 경우 현행 건답직파기를 이용한 파종방법은 조파 위주, 불균일한 파종, 복토 등으로 인하여 기존 직파 재배기술에 부응치 못하는 수준에 있으며, 건답직파기의 보급도 정체되어 있어 개선이 필요한 실정이다.

기존 건답직파기에 의한 파종방법을 개선할 수 있는 정밀 파종심 제어 건답점파기의 개발이 본 연구에서 통해 성공적으로 수행됨으로써 건답직파 재배 안정화를 통한 건답직파 재배의 확대에 기여할 수 있으며, 농촌 노동력 문제 해결 및 생산비 절감에 도움이 될 것으로 예상된다. 구체적인 관련분야에의 기여를 예상하여 보면 다음과 같다.

- 벼 건답직파에서 기존 건답직파기에 의한 파종에서 발생하는 1-4cm(평균 1.1 - 2.7cm)의 불균일한 파종심을 개선하여 가장 적정한 파종심인 3-4cm를 유지시켜 줄 수 있으며, 현행 조파를 점파로 행할 수 있어 출아 및 입모 개선, 조류피해 방지, 도복 개선, 수량 증대를 통한 재배의 안정화에 기여할 수 있다.
- 벼 재배에 있어 건답직파 재배의 안정성을 높여 직파재배 확대와 생산성 향상을 통한 농가소득 증대에 기여할 수 있다
- 어린모 기계이앙에 비하여 경운·정지작업부터 보식작업까지의 소요 노동시간을 약 1/4로 줄일 수 있어 농촌노동력 문제 해결에 기여할 수 있다.
- 기존 건답직파기에 비하여 고랑타기 작업과 로타리 경운 작업을 파종작업과 동시에 수행할 수 있어 생력화에 기여할 수 있다.
- 보급이 부진한 현행 건답직파기를 대신하여 성능이 개선된 건답점파기의 개발 보급이 확대되어 관련업계 기술축적과 함께 생산 활성화에 기여할

수 있다.

- 개발된 건답점파기의 점파 및 파종심 제어 기술은 타 작물 파종기의 개발 및 개선에 이용될 수 있어 관련 연구 활성화에 기여할 수 있다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

본 연구에서 개발된 정밀 파종심제어 건담점파기는 참여기업과 상품화 제작을 통한 기계 보급으로 벼 건담직파 분야의 재배 안정화, 생력화를 위해 활용하고자 하며 구체적인 활용계획은 다음과 같다.

- 참여기업과 함께 연구에서 도출된 파종심 제어기술, 점파기술을 이전하여 상품화를 위한 경제성 있는 건담점파기를 제작하여 이를 보급한다.
- 건담직파기의 작조장치, 점파용 종자배출장치, 복토장치에 대한 특허를 출원한다.
- 연사회에 적극 참여하여 개발된 건담점파기를 이용한 건담점파 재배 효과를 참여 농민과 벼 재배 전문가에게 홍보한다.
- 본 연구의 건담직파기를 최근 도입되고 있는 그라운드 PTO, 외부 유압취출 시스템을 갖춘 대형 트랙터 또는 속도비례형 PTO를 갖춘 관리기에 적용시키는 경우 직파기 구조가 단순해지고 성능 향상이 기대됨으로 상품화에 유리할 것으로 판단되어 이의 개발 연구를 추진한다.
- 개발된 점파 종자배출장치를 담수직파기에 활용하여 점파용 담수직파기 개발에 활용한다.
- 불경기 또는 부분경운 직파기 개발의 기초 자료로 활용한다.
- 옥수수, 콩, 보리 등 타 작물 정밀 점파기 개발의 기초 자료로 활용한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

본 연구의 문헌조사를 통하여 얻어진 직파와 직파기에 대한 해외과학기술 정보는 다음과 같다.

- 일본의 건담직파 파종체계인 불경기 건담직파, 경기 건담직파, 경기 건담 직파의 변형인 경기작구 건담직파와 이에 따른 다양한 직파기 개발 동향
- 건담직파와 담수직파의 절충형인 건전토중조기담수직파(절충직파)를 위한 다점식 점선 캠, 2단 링크기구, 로타리 벨브로 구성된 점파장치를 갖춘 건담점파기
- 종자배출 롤 아래에 톱니 모양의 디스크를 설치한 종자배출장치를 갖춘 담수직파용 점파기
- 모터로 종자배출 축 속도를 조절하여 주행속도에 비례하는 파종량 얻기 위한 종자배출량 제어시스템
- 고속용 정밀 파종장치 개발 연구
- 무경운 시스템의 편치식 파종기
- 토양전극센서를 이용한 자동 경심제어 파종기
- 진공과 공기 제트를 이용한 파종기
- 종자배출장치의 종자배출 현상 구명 연구
- 미국 및 유럽의 파종기 및 파종장치에 대한 특허 정보

제 7 장 참고문헌

1. 김경욱 외. 1996. 다기능 정밀직파기 개발. 농림수산특정연구사업 보고서
2. 김상수. 1998. 벼 구멍직파기. 대한민국특허청. 등록번호 제118439호.
3. 김선기. 2001. 파종기의 종묘 안착장치. 대한민국특허청 등록실용신안공보 (Y1) 등록 번호 실2000-0007541.
4. 김성원. 1999. 종자파종장치. 대한민국특허청 공개특허공보(A) 등록번호 특 1999 - 0068465.
5. 김윤선, 문현팔, 이문희. 1996. 벼 품종개량과 재배기술의 최근 성과와 발전 방향. 한국쌀연구회 창립기념심포지움:105-152
6. 김정곤. 1997. 벼 건답직파 파종방법. 농촌진흥청 인터넷 농업기술정보
7. 김정곤. 1997. 벼 건답직파 평면줄뿌림 입모안정화 파종방법. 농촌진흥청 인터넷 농업기술정보.
8. 문동길. 2000. 점파식 자동파종기. 대한민국특허청 등록실용신안공보(Y1). 등록번호 20-0194229.
9. 문동길. 2002. 트랙터 연결용 점파식 파종기 장착브라켓. 대한민국특허청 등록실용 신안공보(Y1) 등록번호20-0274470.
10. 박노진. 2000. 씨앗파종기의 씨앗공급판. 대한민국특허청 공개실용신안공보 (U). 등록번호 실2000-0005134.
11. 박석호 외 5인. 2001. 부분경운 건답직파기 개발. 한국농업기계학회 논문집 6(2):15-20
12. 박성태. 1997. 남부지역 벼 건답직파 적정파종량. 농촌진흥청 인터넷 농업 기술정보
13. 박성태. 1997. 벼 휴림건답직파 입모안정화 파종방법과 파종 후 물관리 기술. 농촌 진흥청 인터넷 농업기술정보
14. 박재성. 1997. 건답직파재배의 종자처리. 농촌진흥청 인터넷 농업기술정보
15. 박태선. 1997. 벼 직파재배 논잡초 방제(건답직파). 농촌진흥청 인터넷 농업 기술 정보
16. 성기영 1997. 벼 건답직파 재배시 잡초방제. 농촌진흥청 인터넷 농업기술정보

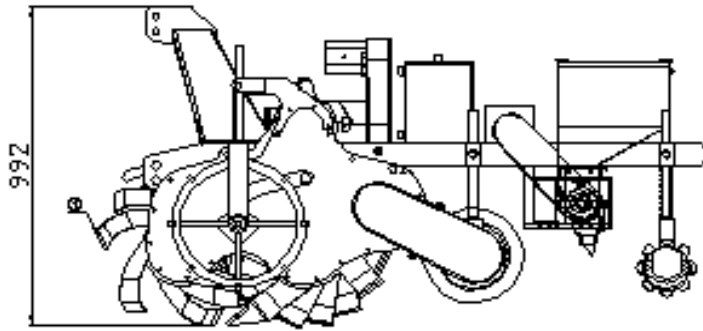
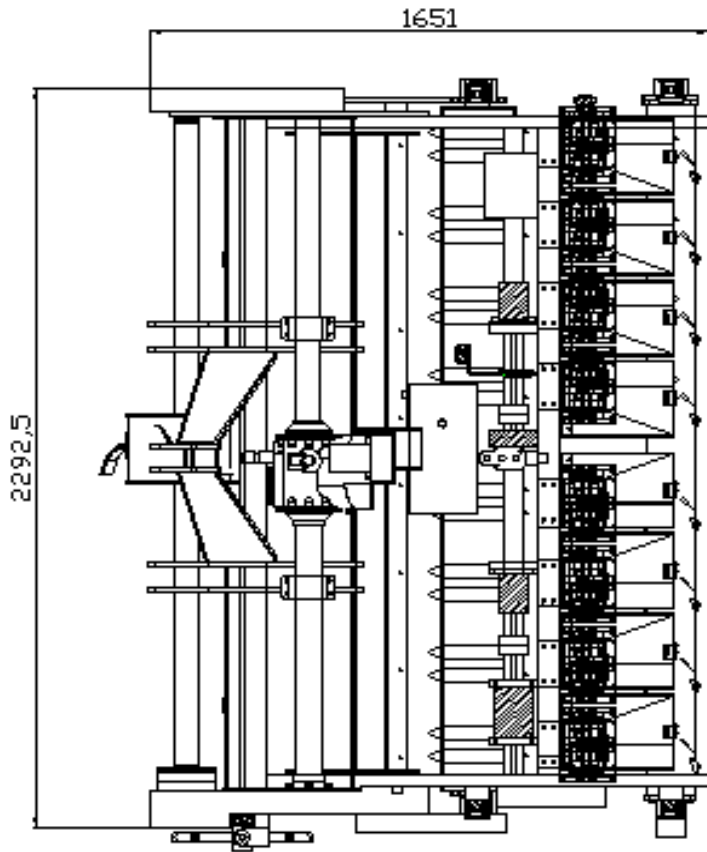
17. 신진철. 2002. 벼 건담직파재배기술. 농촌진흥청 작물시험장 인터넷 벼 재배기술.
18. 안태완. 2001. 씨앗 낱알과종기. 대한민국특허청 등록특허공보(B1) 등록번호 10- 0285289.
19. 원종건. 1997. 벼 건담점파재배법. 농촌진흥청 인터넷 농업기술정보
20. 유환덕. 1998. 점파용 과종롤러 및 솔. 대한민국특허청 등록특허공보(B1) 등록번호 특0184851.
21. 이인현. 2002년4월10일. 옥수수 씨앗 배출장치 .대한민국특허청 등록실용신안공보 (Y1). 등록번호 20-0273047.
22. 이창홍. 1999. 점파과종기. 대한민국특허청 등록특허공보(B1) 등록번호 10-0242961.
23. 황해웅. 1999. 중과경 작물과종기의 배종장치와 유압시스템. 대한민국특허청 등록 특허공보(B1) 등록번호 10-0242746.
24. Brandt R. G, and Z. Fabian. 1964. Developing a high-speed precision planter. Agr. Eng. May:254-255.
25. Far J. J, S. K. Upadhyaya , S. Shafii. 1994. Development And Field Evaluation of A Hydro-pneumatic Planter For Primed Vegetable Seeds. Transactions of the ASAE. 37(4):1069~1075.
26. Gotoh T. and S. Miyahara. 1996. Mechanization of rice production in the U.S.A. (part 2) - From tillage to fertilizing and sowing. JSAM 58(4): 115-118
27. Hassan A. E.1981. Precision Drum Seeder for Uniform spacing. Transactions of the ASAE. 24(4):879~883.
28. Heege H. J. and B. Feldhaus. 2002. Site Specific Control of Seed-Numbers per Unit Area for Grain Drill. the CIGR Journal of Scientific Research and Development, Manuscript PM0102 Vol. IV.
29. Kachman S. D, and J. A. Smith. 1995. Alternative Measures Of Accuracy In Plant Spacing For Planters Using Single Seed Metering. Transactions of the ASAE.38(2):379~389.
30. Katahira M, K. Kumekawa, K. Wakamatsu, C. Miura, H. Matsuhashi,

- Y. Kaneta, Y. Kamada, and T. Kodama. 2002. Development of a hill seeder of rice for well-drained paddy field. *JSAM* 64(5):134-141.
31. Khan A. U, and H. F. McColly. 1971. High Speed Precision Centrifugal Seed Planting. *Transactions of the ASAE*. 14(5):972~975.
32. Kocher M. F, Y. Lan, C. Chen, and J. A. Smith. 1998. Opto-electronic Sensor System For Rapid Evaluation Of Planter Seed Spacing Uniformity. *Transactions of the ASAE* 41(1):237~245.
33. Miller W. F, and C. Sooter. 1967. Improving Emergence of Pelleted Vegetable Seed. *Transactions of the ASAE*. 10(4):658~666.
34. Molin J. P, L. L. Bashford, K. V Bargaen, and L. I. Leviticus. 1998. Design And Evaluation Of Punch Planter. *Transactions of the ASAE*. 41(2):307~314.
35. Molin J. P, L. L. Bashford, R. D. Grisso, and A. J. Jones. 1998. Population Rate Changes And Other Evaluation Parameters For A Punch Planter Prototype. *Transactions of the ASAE* 41(5):1265~1270.
36. Searcy W .S, and L. O. Roth. 1982. Precision Metering of Fluid Drilled Seeds. *Transactions of the ASAE*. 25(6):1563~1566.
37. Shafii S, A. Sasao, S. K. Upadhyaya. 1991. Air-Jet Seed Singulation. *Transactions of the ASAE* 34(5):1973~1977.
38. Short T. H, S. G. Huber. 1970. The Development of A Planetary-Vacuum Seed Metering Device. *Transactions of the ASAE*. 13(4):803~805.
39. Tabassum M. A, A. S. Khan 1992. Development of A Test Rig for Performance Evaluation of Seed Metering Devices. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America* 23(4):53~56.
40. Tasaka K., S. Yoshinaga, K. Matsushida, K. Wakimoto. 2003. Studies on the improvement of the hill seeding shape of shooting hill-seeder of rice combined with a paddy harrow. *JSAM* 65(1): 167-176
41. Weatherly E. T, C. G. Bowers Jr. 1997. Automatic Depth Control of A Seed Planter Based On Soil Drying Front Sensing. *Transactions of the ASAE*. 40(2):295~305.

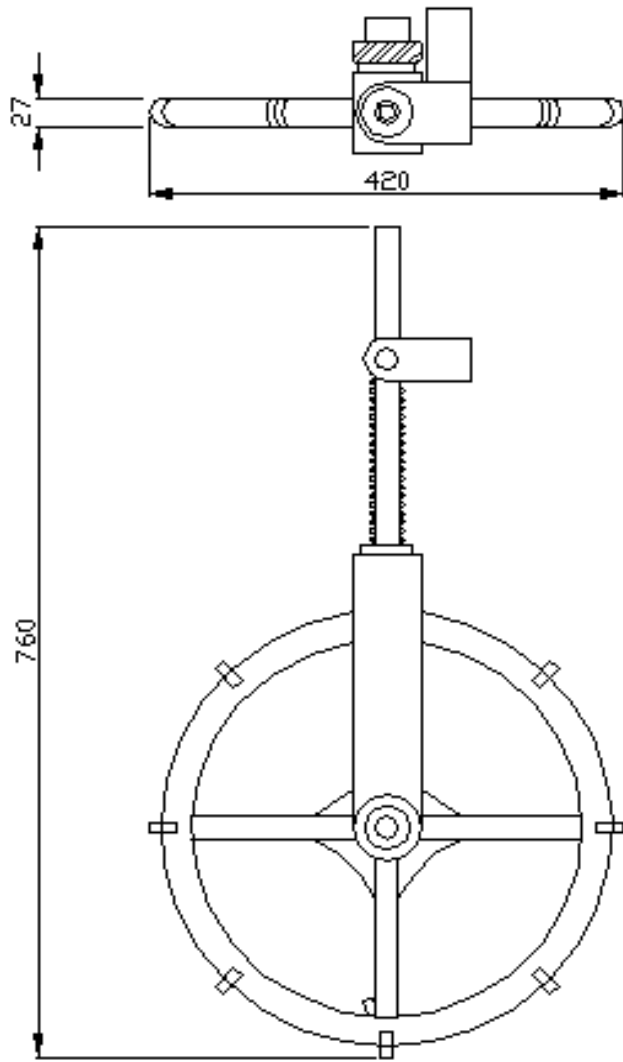
42. Wilkins D. E, D. H. Lenker. 1981. A Microprocessor-Controlled Planter. Transactions of the ASAE 24(1):2~4.
43. Wilson J. M, 1980. The effect of release errors and the release point on the design of precision seed drills. JAER 25:407-419
44. Yashiro M. 1997. New technology for the direct sowing of rice on dry field. JSAM 59(3): 133-17
45. Zulin Z, S.K. Upadhyaya , S. Shafii , R.E. Garrett. 1991. A Hydropneumatic Seeder For Primed Seed. Transactions of the ASAE. 34(1):21~26.
46. 梶谷恭一. 1996. No-till rice planting and its direct seeder. JSAM 58(6): 145-147

부 록

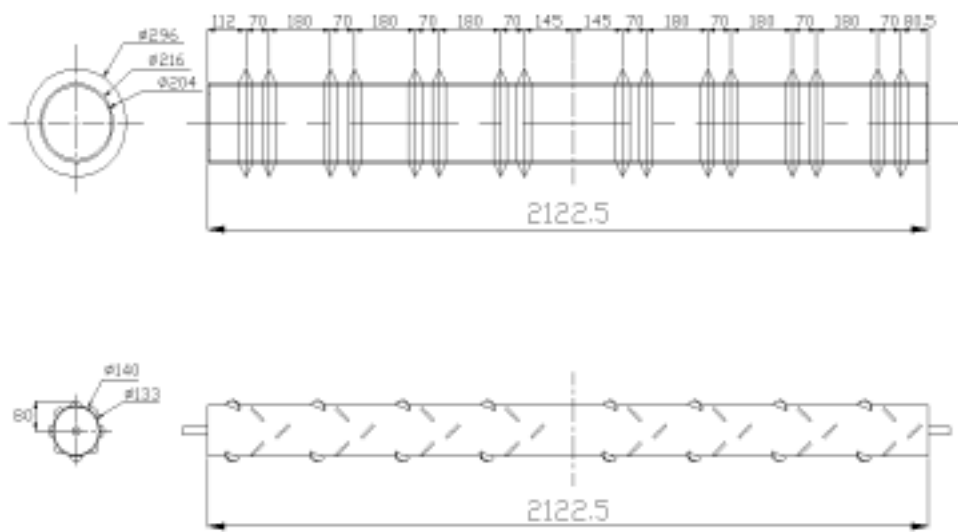
< 시작기 주요부 조립도 및 부품도 >



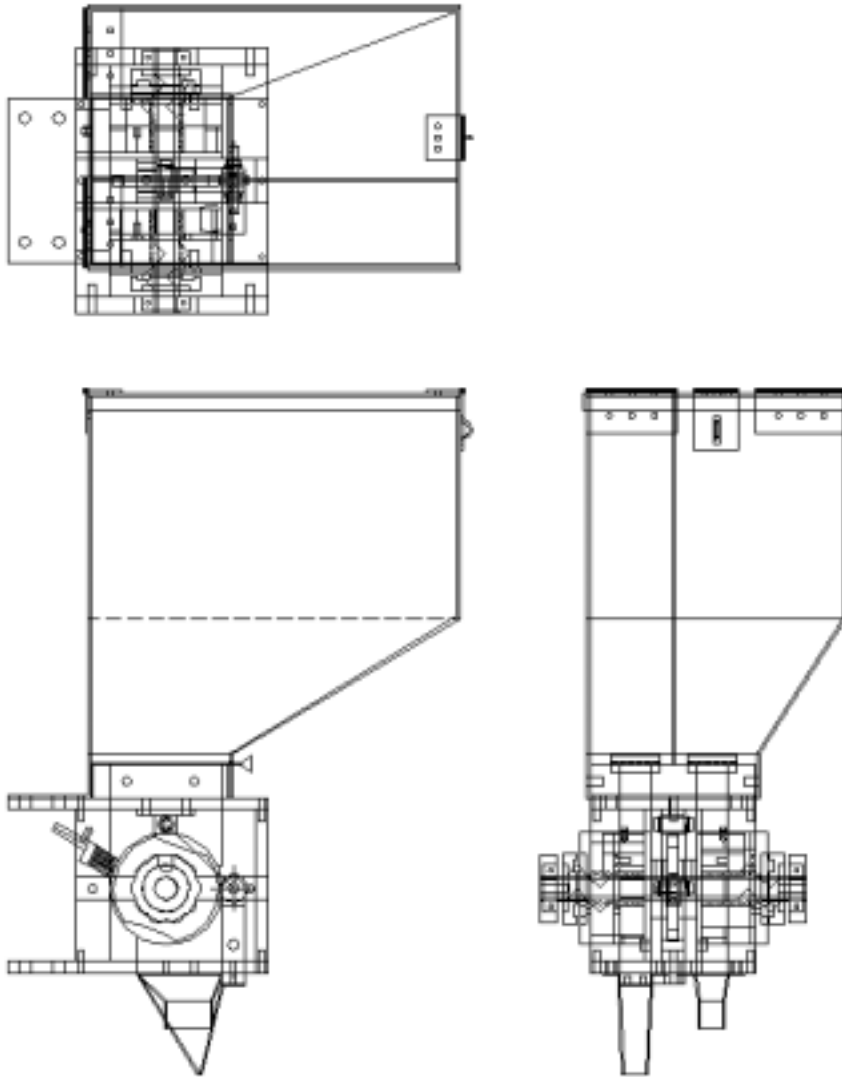
시작기 조립도



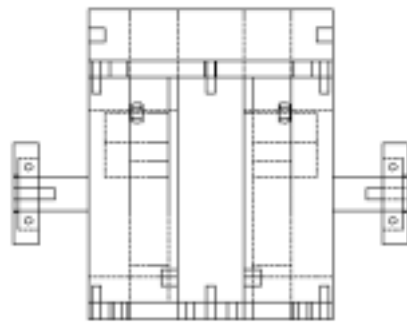
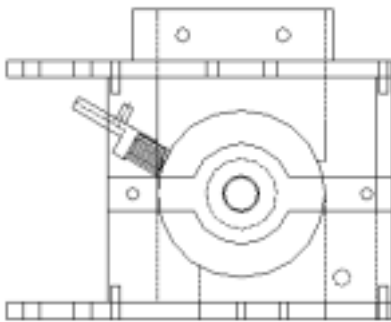
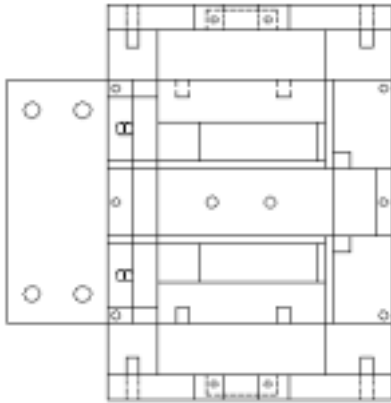
접지륜



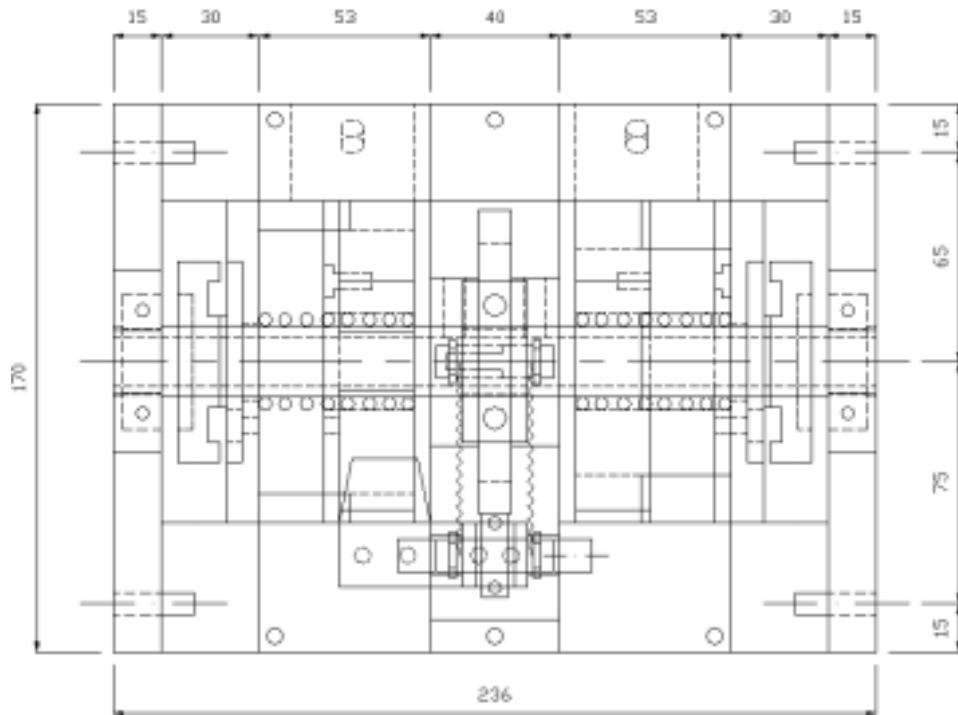
작조 및 복토 롤러



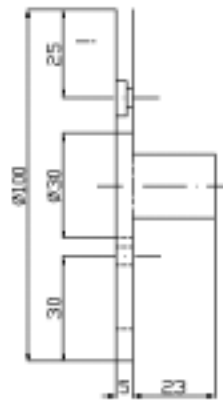
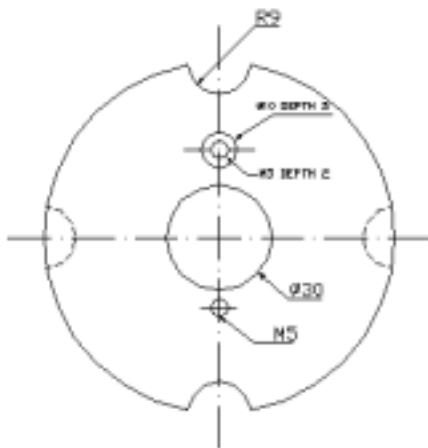
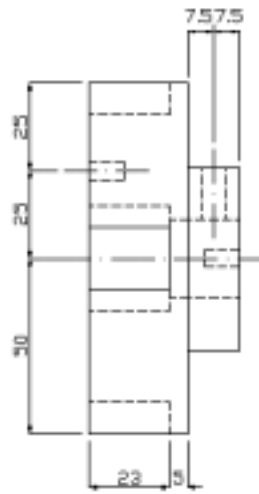
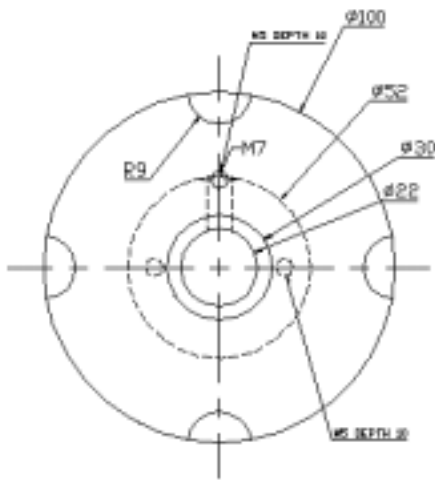
파종 및 시비장치 조립도



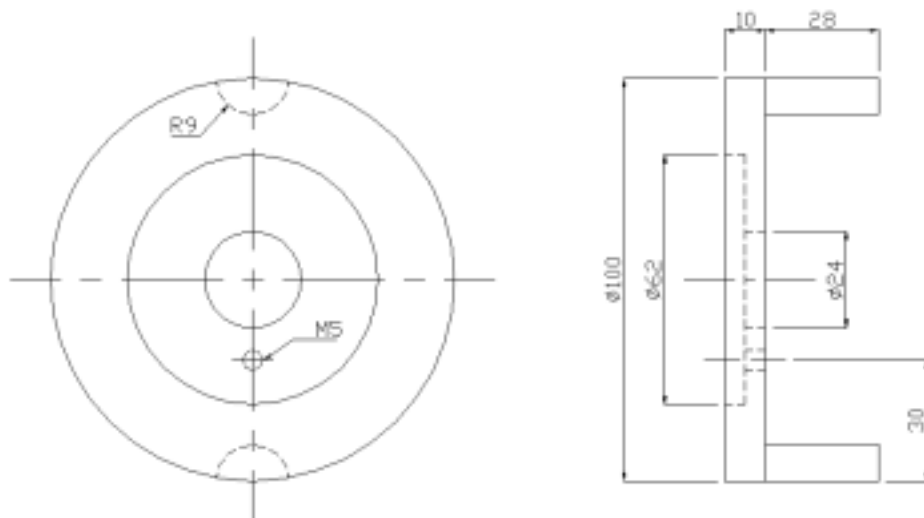
케이스 조립도



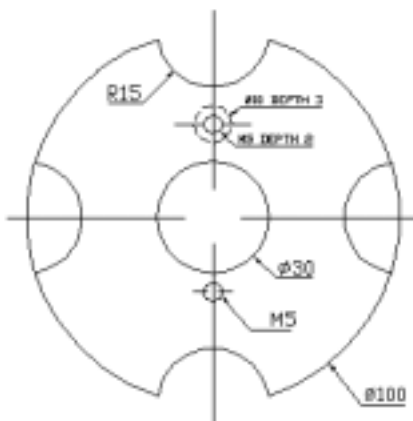
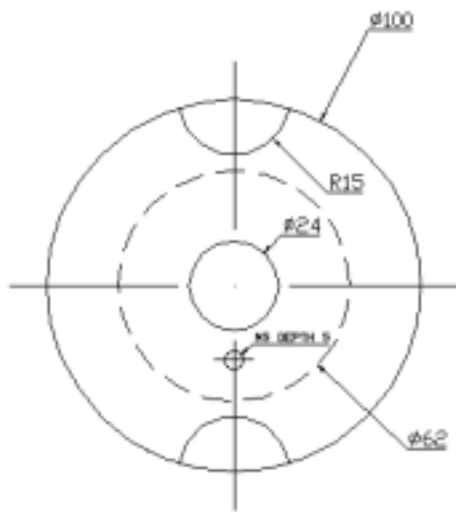
종자 및 시비롤러, 구동축, 캠 구동기구 조립도



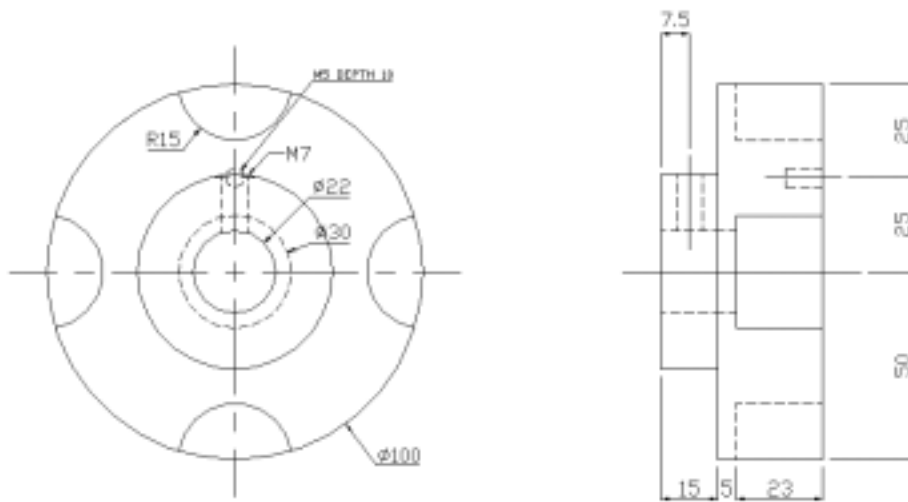
종자롤러 (우측, 중간)



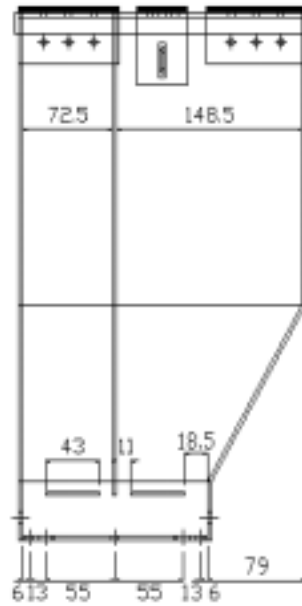
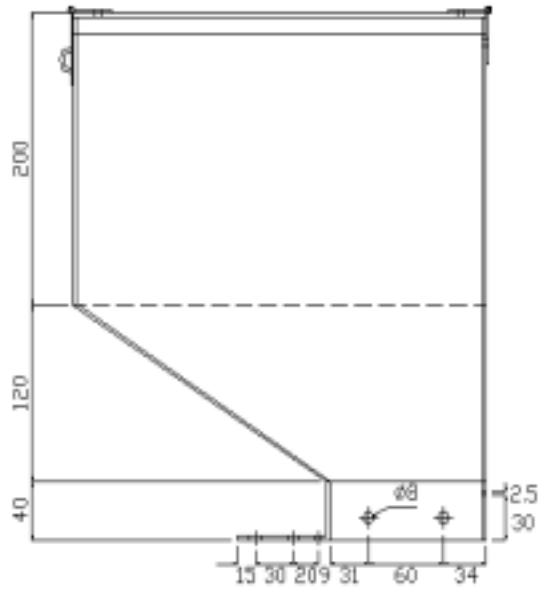
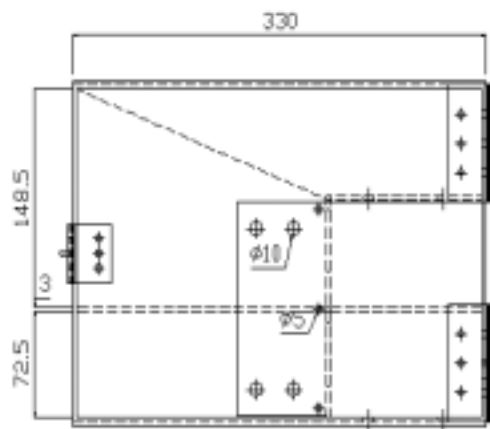
종자롤러 (좌측)



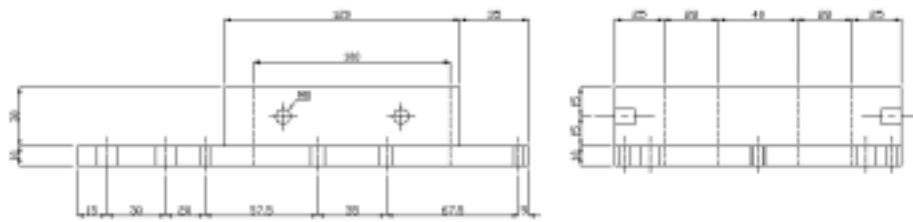
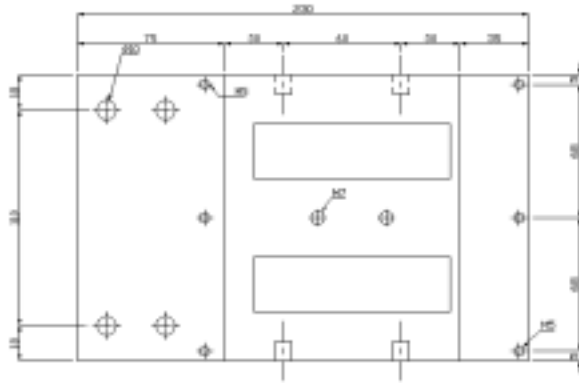
시비롤러 (우측, 중간)



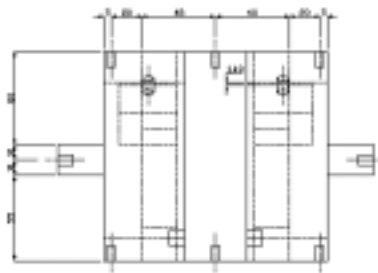
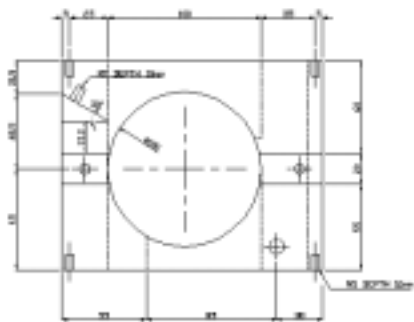
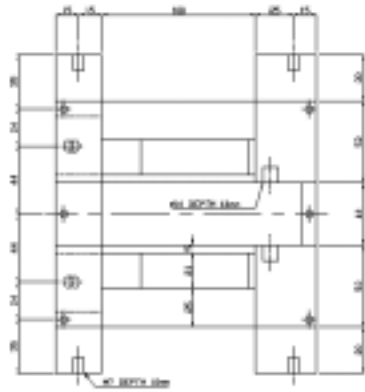
시비롤러 (좌측)



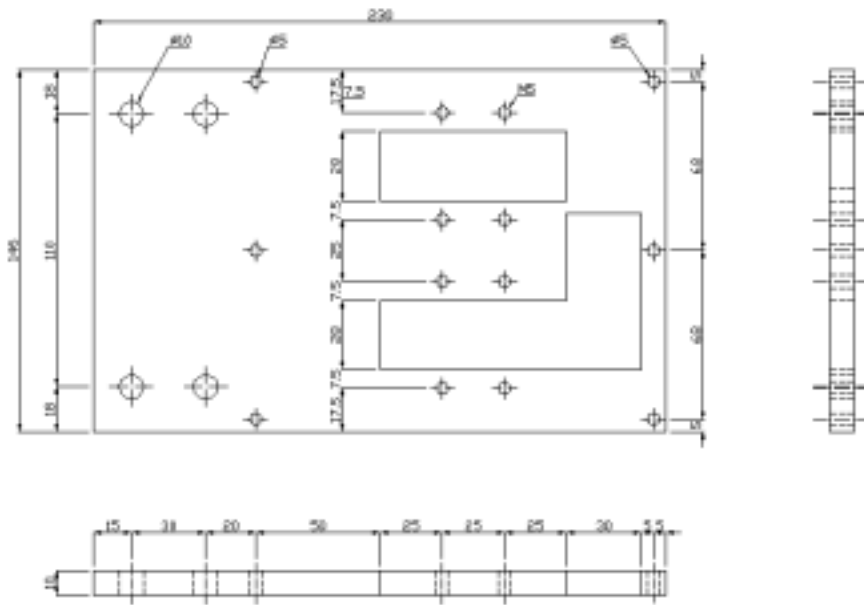
종자 및 비료 호퍼



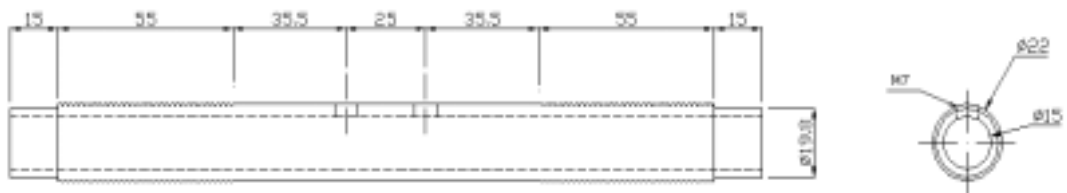
상부 케이스



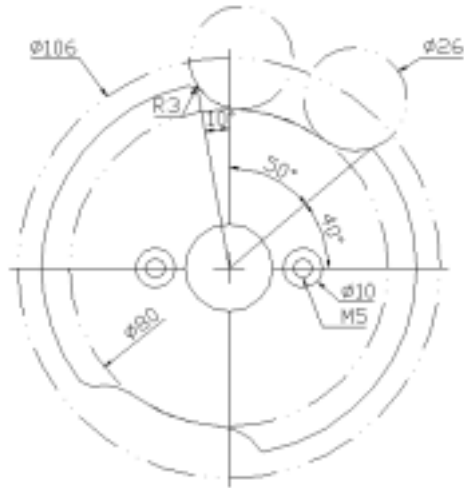
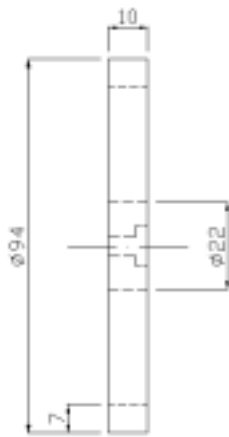
롤러 케이스



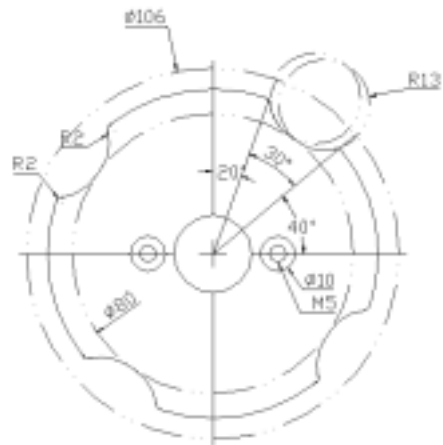
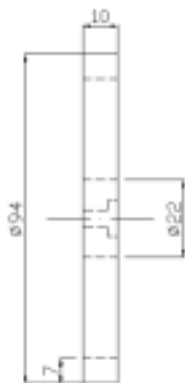
하부 케이스



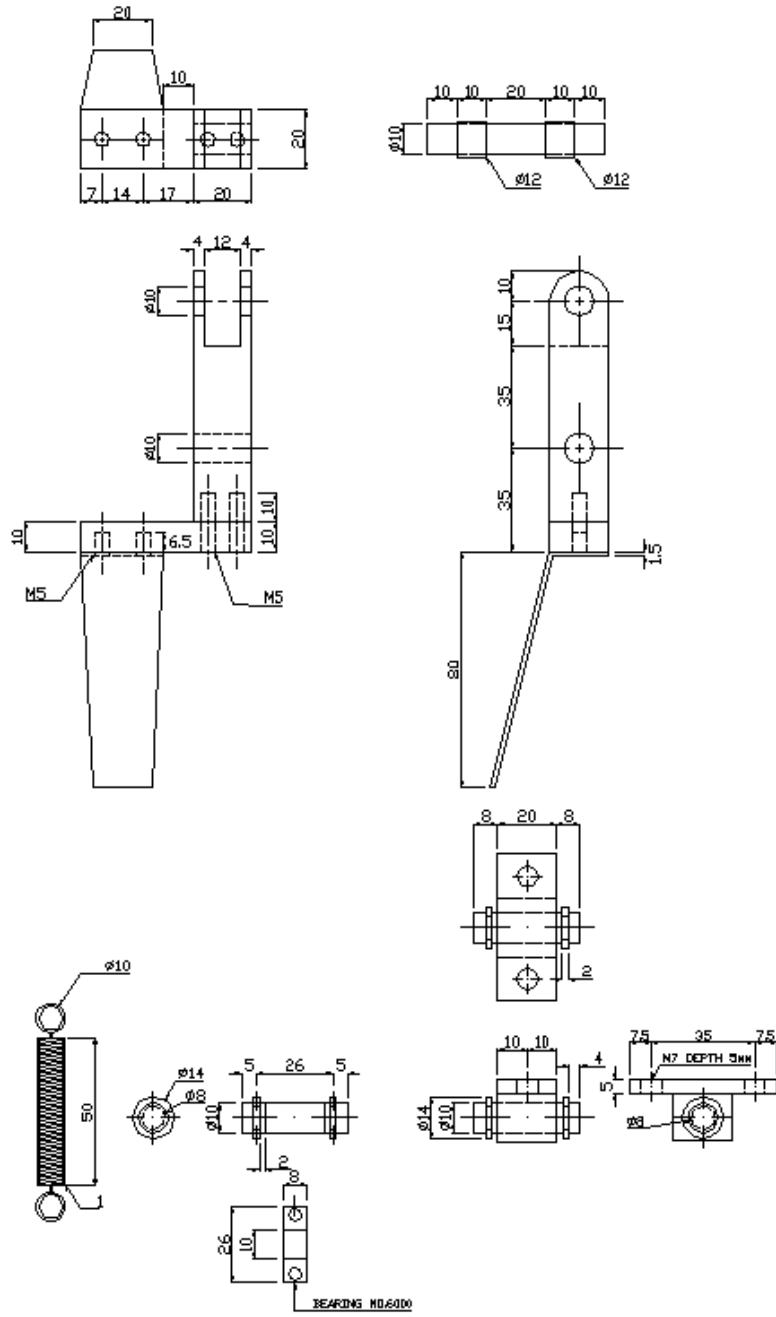
구동 축



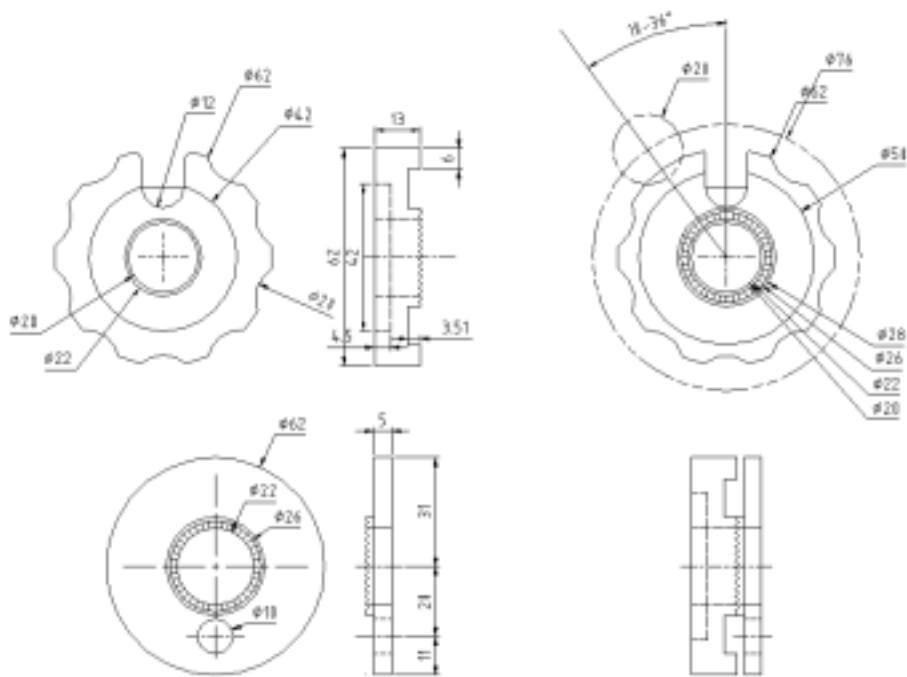
종자 배출마개 구동캠 (흙2개)



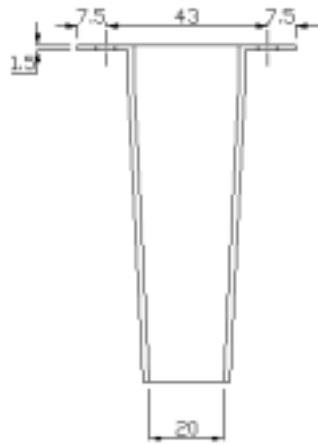
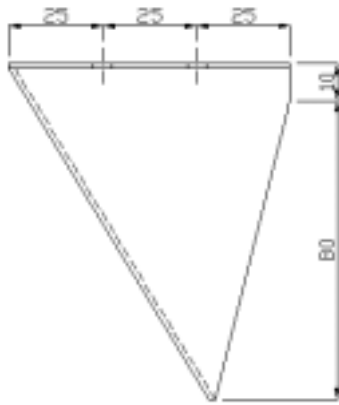
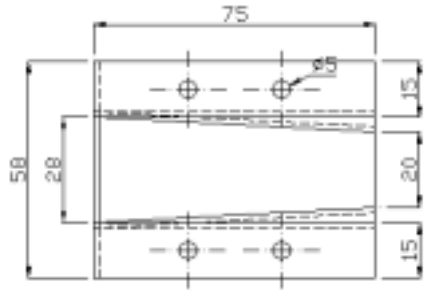
종자 배출마개 구동캠 (흙4개)



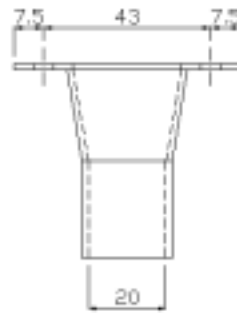
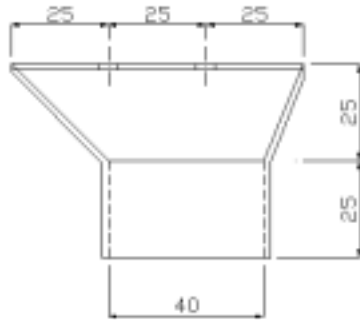
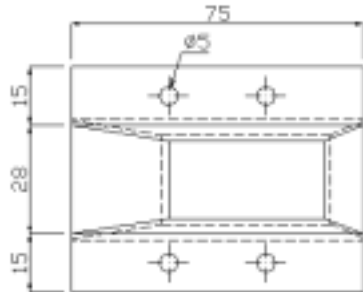
종자 배출마개 구동링크 부품도



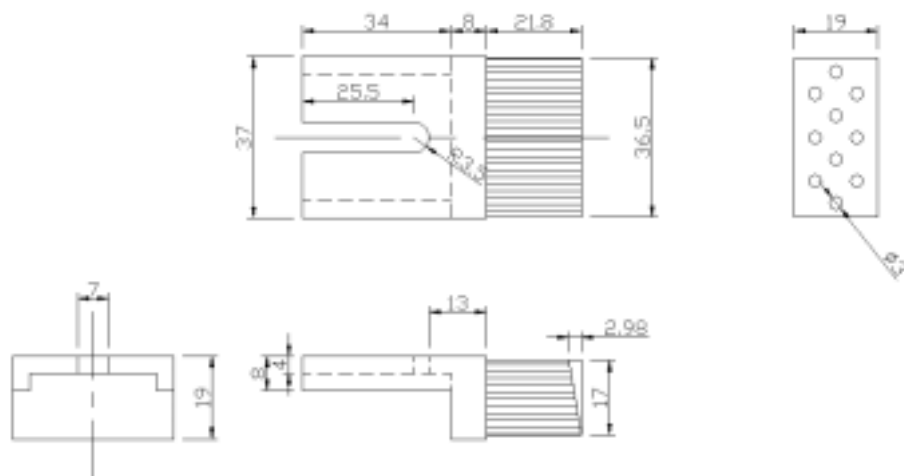
중자량 조절 다이얼



배종관



시비관



브러쉬