

최 종
연구보고서

GOVP1200204337

631.33 (19대)
L2930

벼 직파용 펠릿종자 제조시스템 및 정밀파종기 개발

Developments of A Rice Seed Pelleting System and
A Precision Planter for Rice-Seed Pellets

연구기관

전남대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “벼 직파용 펠릿종자 제조시스템 및 정밀파종기 개발”
과제 (세부과제 “벼 펠릿종자 제조시스템 개발”, “벼 펠릿종자 정밀파종기
개발”, “벼 펠릿종자 개발 및 재배체계 연구”)의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 12 월 27 일

주관연구기관명 : 전남대학교

총괄연구책임자 : 유수남

제1세부과제 연구책임자 : 유수남

제1세부과제 연구원 : 서상룡, 박종수, 임인철
유대성, 홍창완, 박인수

제2세부과제 연구책임자 : 최영수

제2세부과제 연구원 : 정종훈, 구경분, 문대식
박옥빈, 조장웅

위탁연구기관명 : 전라남도 농업기술원

위탁연구과제 책임자 : 박태동

위탁과제 연구원 : 김석연, 이 인, 신해룡,
박홍규, 권오도

참여기업 : 죽암기계(주)

참여기업 대표 : 김종욱

참여기업 연구원 : 김 위, 이경일, 김일석

요 약 문

I. 제 목

벼 직파용 펠렛종자 제조시스템 및 정밀파종기 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발의 중요성

우리나라의 벼 생산은 농업 경지규모 면이나, 농업 총수입 면에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이와 같은 벼농사는 국내외의 여러 가지 여건 변화 즉 UR협약과 WTO출범에 따른 외국산 쌀의 부분적 도입, 농촌인력의 감소와 고령화, 부녀화로 인한 휴경지 증가, 논 면적의 타 용도로의 전용 등으로 말미암아 크게 위축되어 왔다. 앞으로 쌀 산업을 지속적으로 발전시키기 위한 최대의 현안은 국내외 여건에 대응한 쌀 생산의 획기적인 생산비 절감으로 가격 경쟁력을 제고시키는 것이다.

벼 재배 작업체계를 고려해 볼 때 기계화가 어느 정도 진행된 현 시점에서 도 종자처리에서 이식 또는 파종까지의 작업은 노동력이 가장 많이 소요되고, 농촌의 노동력 피크가 일어나는 시기에 작업이 집중되어 있으며, 수확작업 등 타 작업의 생력기계화는 거의 한계에 도달한 것으로 생각되고 있기 때문에 벼 재배의 획기적인 생력화를 위해서는 종자처리에서 이식 또는 파종까지의 생력기계화 재배기술의 확립과 일관작업체계의 수립은 매우 시급하다고 판단된다.

벼의 직파재배 기술은 이와 같은 문제점을 해결할 수 있는 주요한 해결방안의 하나로 생각되고 있으나, 현행 직파재배는 재배 기술적인 면에서, 재배

관리 면에서, 그리고 직파재배에 적합한 기계성능 면에서 재배의 안정화를 기할 수 있도록 개선되어야 한다.

따라서 본 연구는 현 직파재배의 문제점을 해결함으로써 직파재배 기술의 획기적 향상을 기할 수 있는 벼 펠릿종자 정밀파종시스템을 구명하고자 하였다. 벼 펠릿종자 파종 재배체계는 현행 벼 직파재배의 문제점들 특히 답수직파 재배의 문제점들을 많은 부분 해결할 수 있을 것으로 기대되며, 또한 재배 기술의 진전에 따라서는 건답직파, 대규모 경작지에서의 고농률 기계를 이용한 산파재배에도 큰 효과가 있을 것으로 보인다. 이를 위해 벼 펠릿종자의 개발 및 적정재배법 확립 연구, 벼 펠릿종자 제조시스템 개발 연구, 펠릿종자 정밀파종기 개발 연구는 기존 직파재배를 보완하기 위하여 매우 필요하고도 시급한 연구로 판단된다.

2. 연구개발의 목적

본 연구는 벼 펠릿종자를 이용한 고도의 일관 생력기계화 정밀 파종시스템을 개발함으로써 벼 직파재배 기술을 획기적 향상시켜 지속적이며 안정적인 쌀 생산체계를 구축하는데 목적이 있다. 이를 위해 본 연구는 벼 펠릿종자 개발 및 재배체계 구명, 벼 펠릿종자 제조시스템 개발, 벼 펠릿종자 정밀파종기 개발 연구를 수행하였으며, 그 구체적인 연구개발 목표는 다음과 같다.

- 현행 직파재배 문제점 해결, 생력기계화 및 작업의 편이성 향상을 도모하기 위한 벼 펠릿종자를 개발하고, 재배특성 시험을 통하여 안정적인 직파재배 기술을 구명한다.
- 개발된 벼 펠릿종자를 효율적으로 대량 제조 생산할 수 있는 벼 펠릿종자 제조시스템을 개발한다.
- 개발된 벼 펠릿종자의 정밀점파가 가능한 고농률의 벼 펠릿종자 정밀파종기를 개발한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구분	연구개발 내용	연구개발 범위
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 기초자료 수집 - 벼종자 및 상토 공급 장치 개발 ● 벼 펠렛종자 정밀 파종기 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 정밀점파기 기초자료 수집 - 펠렛종자 정밀파종기 주행성 분석 ● 벼 펠렛종자 개발 및 재배체계 연구: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자 개발을 위한 기초자료 수집 - 벼 종자 처리별 특성 구명시험을 통한 벼 펠렛종자 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 종자처리 과정, 종자 코팅장치, 상토 처리장치, 정밀 파종장치, 펠렛종자 성형장치, 펠렛종자 건조 및 선별장치에 대한 기초자료 수집 및 분석 - 성형상토에 벼 종자를 5-7립 배출할 수 있는 벼 종자 공급장치를 개발 - 펠렛용 상토를 선별, 반죽, 성형하여 벼 종자와 함께 펠렛화할 수 있도록 하는 상토 공급장치 개발 - 기존 개발된 정밀점파기의 작동원리, 구조, 작업특성 조사 분석, 정밀점파기 개발과 관련된 연구결과 수집 분석 - 정밀파종기의 균형화를 고려한 주행성 분석 - 벼 코팅 및 펠렛종자 재료의 종류, 조성, 특성, 코팅 및 펠렛종자 직파재배 시험 결과에 대한 기초자료 수집 분석 - 벼 품종간, 발아촉진제 처리별, 살균 및 살충제 처리 별, 비료처리별, 토양처리별 소요출아일수, 발아율, 입모율 및 벼 초기 생육 반응에 미치는 영향을 온실재배를 통해 조사 분석 - 펠렛재료 및 벼종자 처리의 조합에 따른 소요출아일수, 발아율, 입모율, 벼 초기 생육 반응에 미치는 영향을 온실재배를 통해 조사 분석
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> ● 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자 성형기 개발 ● 벼 펠렛종자 정밀 파종기 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 정밀 파종기의 종자 배출장치 및 부속장치 개발 ● 벼 펠렛종자 개발 및 재배체계 연구: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자의 재배 특성 구명 	<ul style="list-style-type: none"> - 성형상토와 함께 벼 종자를 성형할 수 있는 벼 종자 펠렛성형기 개발 - 벼 펠렛종자 정밀점파가 가능한 종자배출장치와 부속장치 개발 - 파종기의 종자배출장치 성능 시험 및 분석 - 벼 품종, 펠렛재료에 따라 개발된 벼 펠렛종자의 재배양식(담수표면산파, 담수표면점파, 건담직파)별 포장에서의 벼 생육특성 조사 분석

구분	연구개발 내용	연구개발 범위
3차기비	<ul style="list-style-type: none"> ● 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 펠렛성형기 보완 개발 - 펠렛종자 건조특성 구명 - 펠렛종자 선별방법 개발 ● 벼 펠렛종자 정밀 파종기 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 정밀파종기 배출 종자 막힘 제어장치 개발 - 벼 펠렛종자 정밀 파종기 시작기 설계, 제작 ● 벼 펠렛종자 개발 및 재배체계 연구: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자 재배체계 구명 	<ul style="list-style-type: none"> - 펠렛종자 성형기의 성능보완을 위한 수정 개발 및 성능시험 및 분석 - 제조된 벼 펠렛종자의 건조특성 구명 - 불량 제조된 펠렛종자의 선별 분리방법 개발 - 정밀파종기의 종자량, 종자막힘 감지장치 등 작업 편의장치 개발 및 성능 시험 - 승용 벼 펠렛종자 정밀파종기 시작기 설계, 제작 - 개발된 벼 펠렛종자의 적정 안전재배기술 확립을 위한 품종, 재배양식, 파종기, 파종 심도 및 파종량에 따른 벼 생육특성 및 수량성 등을 포장시험을 통해 조사 분석
4차기비	<ul style="list-style-type: none"> ● 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자 제조 시스템 시작기 제작 및 평가 ● 벼 펠렛종자 정밀 파종기 개발: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자 정밀 파종기 시작기 제작 및 성능평가 ● 벼 펠렛종자 개발 및 재배체계 연구: <ul style="list-style-type: none"> - 벼 펠렛종자 포장적용 시험 - 벼 펠렛종자 재배체계 경제성 구명 ● 벼 펠렛종자 정밀 파종시스템 종합분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 개발된 벼 펠렛종자 제조시스템의 시작기 제작 - 성능시험 및 평가 - 생산된 벼 펠렛종자의 물리적 제 특성 분석 - 생산비용 산출 등 경제성 분석 - 파종기의 답수직파, 건답직파 등 직파방식과 작업조건별 포장적용시험 및 평가 - 이용비용 계산 등 경제성 분석 - 벼 펠렛종자 포장적용시험을 통한 재배특성, 경제성 분석과 함께 벼 펠렛종자 파종 시스템의 기존 재배체계와의 비교 분석 - 소요노동력 및 경제성 분석 - 재배기술 분석 및 평가 - 벼 펠렛종자 생산의 산업화 가능성 분석

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 벼 펠렛종자 제조시스템 개발

1) 벼 펠렛종자 제조용 펠렛재료 준비를 위하여 벼 종자, 펠렛용 상토 및 접착제를 균일 혼합 반죽할 수 있는 스크류를 이용한 펠렛재료 혼합 반죽장치를 설계 제작하였다. 성능실험 결과 펠렛재료의 상토 종자혼합비 약 6 : 1 ~ 7 : 1 사이, 상토함수율 약 24 %로 준비하여 혼합 스크류 회전속도 20 rpm으로 2 회 펠렛재료를 혼합 반죽함으로써 시간당 약 200 Kg 혼합 반죽된 펠렛재료를 얻을 수 있었다. 그러나 벼 종자손실률이 약 10 ~ 20 %에 이를 것으로 보여 벼 종자 손상을 최소화 할 수 있도록 혼합 스크류의 개선이 필요한 것으로 보인다.

2) 벼 종자, 상토, 혼합 접착액 등을 균일하게 혼합·반죽한 펠렛재료를 유압실린더에 의해 회전 성형틀에 공급, 성형 배출함으로써 직경 12 mm의 구형 벼 펠렛종자를 제조할 수 있는 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하였다. 성능실험 결과 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형틀 회전속도 약 7 rpm에서 성형률 약 87 %, 종자손실률 약 30 %, 펠렛종자 내 평균 종자수는 약 5.5 개, 완전 벼 종자 3 개 이상 포함 펠렛종자 비율은 약 100 %, 출아율 거의 100 %인 벼 펠렛종자를 시간당 약 65 Kg(펠렛종자 약 39,000 개) 제조할 수 있었다.

3) 실험용 벼 펠렛종자 제조장치 기본으로 하여 문제점을 보완하고 직경 12 mm 구형 벼 펠렛종자 대량 생산을 위해 제원을 늘린 실용화를 위한 벼 펠렛종자 제조기 시작기를 설계하였다. 시작기는 성형홈 열수 12 열, 열당 성형홈 개수 55 개로 설계하였으며, 펠렛재료 공급부하에 관계없이 거의 일정한 속도로 펠렛종자를 공급할 수 있고, 성형틀 사이의 간격 조정, 성형홈으로의 펠렛

재료 공급이 개선되었기 때문에 약 7 : 1 상토 종자혼합비 펠릿재료를 7 rpm에서 제조하여 성형률을 약 95 % 까지 높일 수 있을 것으로 보이며, 펠릿종자 내 평균 벼 종자 개수 약 5 개 이상, 3 개 이상 벼 종자 포함 펠릿종자 비율 100 %, 출아율 거의 100 %의 벼 펠릿종자를 시간당 약 450 Kg(약 265,000 개)의 제조할 수 있을 것으로 추정된다.

4) 상토 종자혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm으로 제조된 벼 펠릿종자를 대상으로 인력에 의해 담수직파 포장재배 실험을 수행하여 생육특성을 조사한 결과 입모수를 제외하곤 관행 산파 재배에 비해 떨어지는 점이 없었고, 또한 수량 및 수량구성요소에 있어서도 관행 산파 보다 좋은 결과를 보여 펠릿종자의 재배적 안정성은 어느 정도 확보된 것으로 생각된다. 그러나, 결주율이 높게 나타나 펠릿종자를 제조할 때 펠릿종자 내 벼 종자의 외적 손상뿐만 아니라 내적 손상을 최소화 할 수 있도록 제조장치의 보완, 운전조건의 개선이 필요한 것으로 보인다.

5) 성형 후 벼 펠릿종자의 후처리로 성형 시 성형률 간의 틈새 때문에 부착된 펠릿재료는 체 위에 펠릿종자를 얹고 약간 흔들어 줌으로써 구형도 99 % 이상의 벼 펠릿종자를 얻을 수 있었으며, 펠릿종자의 균열은 대부분 건조초기에 발생하였는데 바람이 거의없는 30 ℃ 이하의 일정 상온에서 24 시간 이상 서서히 펠릿종자를 건조시키는 것이 균열을 줄이는 건조방법인 것으로 판단된다.

6) 벼 펠릿종자 생산에 필요한 소요노동력과 생산비를 추정한 결과 소요노동력은 육묘공장 어린묘 생산 소요노동력의 약 49 %로 51 %가 절감되며, 관행 기계이앙재배 증묘, 어린묘 생산 소요노동력의 각각 7 %, 12 %로 93 %와 88 %의 소요노동력이 각각 절감되는 것으로 분석되었다. 따라서 벼 펠릿종자에 의

한 재배는 이앙작업에 필요한 육묘 소요노동력을 크게 줄일 수 있으며, 벼 펠렛종자의 대량 생산으로 직파재배의 종자준비 소요노동력과도 큰 차이가 없는 것으로 예측되었다. 벼 펠렛종자의 10a당 생산비는 벼 펠렛종자 생산규모에 따라 약간의 차이는 있지만 대략 20,000 원 내외로 추정되어 현행 육묘공장 어린묘 생산비의 50%, 관행 증묘 및 어린묘 생산비의 약 40% 이하, 직파 종자준비 비용의 약 2 배가 소요되는 것으로 추정된다.

따라서 벼 펠렛종자에 의한 직파재배법이 확립되는 경우 현행 이앙재배에 의한 육묘비용, 소요노동력을 크게 절감할 수 있으며, 현행 직파재배에 비해 큰 비용을 들이지 않고 재배를 보다 안정화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

나. 벼 펠렛종자 정밀파종기 개발

벼 펠렛종자를 파종할 수 있는 정밀 파종기 개발을 위하여 롤러식과 타격식의 두 가지 형식의 종자배출장치와 종자통, 펠렛종자 유도장치, 종자공급관, 종자배출관, 구절기, 종자막힘 감시·제어장치 등을 설계·제작하였다. 개발된 벼 펠렛종자용 정밀 파종기는 포장실험을 통하여 그 성능을 평가하고, 이용 비용 분석을 수행하였다. 파종 작업속도 0.4 ~ 1.0 m/s 범위의 3 수준에서 파종간격, 최대 및 최소 파종간격, 파종간격의 범위분포, 미파종을, 펠렛종자 파손을 등을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 파종장치와 펠렛종자의 탑재에 따른 주행성을 평가하기 위하여 펠렛종자의 예상 탑재량에 해당하는 모의하중을 탑재하고 포장 주행 실험을 실시하였다. 무는상태에서 약간의 슬립(slip)이 발생하였으나 공시기에 펠렛종자 210 kg을 1회 탑재한 상태에서 0.5 ha를 파종할 수 있는 것으로 나타났다.

2) 종자막힘 감시·제어장치는 배출 종자량 및 미파종 상태를 완벽하게 감시하였다. 관 막힘 등으로 인한 펠렛종자의 미파종은 압축 공기를 이용하여

해결할 수 있었으며, 0.02 %의 경우만이 작업자의 보조 조치가 필요한 것으로 나타났다.

3) 종자배출장치로서 배종롤러의 개구각이 35° 와 65° 인 두 가지 형식의 롤러식 종자배출장치와 캠의 직선왕복운동을 이용하여 단립의 펠렛종자를 배출하는 타격식 종자배출장치를 개발하였다.

4) 롤러식 종자배출장치의 포장실험 결과, 파종간격의 분포는 일정하지만 본 연구에서 목표로 하는 파종간격 12.0 cm에는 미치지 못하고, 13.0 ~ 18.0 cm의 범위에 많이 분포하는 경향을 보였다. 이것은 롤러의 구동축 동력전달체계의 설계가 다소 부적절했던 것으로 판단된다. 그리고, 배종롤러의 개구각이 35° 인 롤러식 종자배출장치의 미파종율은 최소 5 %에서 최대 25 %까지 증가 추세를 보였고, 배종롤러의 개구각이 65° 인 롤러식 종자배출장치의 미파종율은 최소 3 %에서 최대 14 % 정도로 개구각이 큰 형식의 롤러식 종자배출장치가 다소 양호한 파종성능을 나타내었다.

5) 캠의 직선왕복운동을 이용한 타격식 종자배출장치는 파종간격이 본 연구에서 목표로 하는 12.0 cm의 범위에 70 % 정도가 분포하였고, 최소파종간격과 최대파종간격은 각각 9.0 cm와 14 cm로 나타나 목표 파종간격을 정확히 얻을 수 있었으며, 미파종률과 펠렛 파손율도 전체 파종량의 약 2.0 % 미만으로 고속의 작업속도 수준에서도 우수한 성능을 나타내었다.

6) 개발된 벼 펠렛종자용 정밀파종기의 부담면적은 24.5 ha, 이용 비용은 연간 약 3,824,000 원으로 분석되었다.

다. 벼 펠릿종자 개발 및 재배체계 연구

벼 직파재배의 생력화와 경제성이 수반된 안정적인 벼 펠릿종자 직파재배 체계를 확립하기 위하여 포장 출아, 입묘 안정화, 등숙기 도복을 방지 할 수 있는 펠릿종자 처리 기술을 개발하고 펠릿종자의 재배양식별 생육특성, 수량 등을 검토하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 벼 펠릿종자 개발

펠릿종자의 제조 시 모양 형성과 운반, 보관 및 파종을 위한 경도, 파종 후 생육이 직파재배 적응성을 고려할 때 가장 적합한 펠릿성형 재료는 연곡 식양토(YSSL)였고, 접착제는 arabic gum 10 %(A10)로 나타났다.

YSSL과 A10으로 만든 펠릿종자(PDS)는 벼 품종별 처리에서도 발아 및 입묘가 양호하였다.

PDS의 발아 및 입묘향상을 위한 종자처리는 priming 처리로 조건은 증류수, 15 ℃와 20 ℃, 2 일이 좋았다. 종자소독제로 살균제인 prochloraz 25 % 유제(PC)와 살균·살충제로 carpropamid 40 % + imidacloprid 21 % + fludioxonil 2 % 혼제(CIF)처리된 PDS는 무처리 종자보다도 좋았으며, 포장시험에서 PC와 CIF처리된 펠릿종자의 벼 물바구미 방제 효과가 인정되었다. 펠릿 내 비중은 복비가 단비처리보다 나았고, 담수직파보다 건담직파에서 생육은 양호하였다.

2) 벼 펠릿종자 재배 특성

건담직파재배에서 PC와 CIF 및 복비처리된 펠릿종자의 생육은 후기로 갈수록 관행과 비슷하여졌고, 펠릿 내 복비첨가가 무첨가보다 생육이 좋은 경향을 보였다. 본답 기비 유무에 있어서는 시비구가 좋은 경향이였다. 결주율은 관행에 비해 28 % ~ 34 %정도 낮았다. 출수기는 관행에 비해 1 일정도 늦었고 포장도복은 발생하지 않았다. 수량성은 무비구와 시비구 모두 관행에 비해 높았다.

담수직파재배에서도 PC와 CIF 및 복비처리된 펠릿종자의 생육은 건담직파

재배와 같은 경향이였다. 결주율은 펠렛종자의 최저 결주율 비교에도 관행에 비해 15 % ~ 19 % 높았다. 모충실도는 무비구 및 시비구 모두 펠렛종자가 관행에 비해 좋은 경향을 보였다. 출수기는 관행에 비해 1일정도 늦었고 포장도복은 관행이 7정도임에 비해 펠렛종자는 발생하지 않았다. 수량성은 무비구와 시비구 모두 관행에 비해 높았다.

3) 벼 펠렛종자 적정재배법 구명

건답직파재배에서 파종기에 따른 생육특성은 같은 파종기에서는 관행재배에 비해 생육이 진전됨에 따라 비슷하여졌다. 파종심도는 1, 3 cm 모두 입모율이 관행에 비해 높았다. 수수확보를 위한 m^2 당 입모수는 파종심도에 관계없이 파종밀도 30×8, 11 cm가 좋았다. 출수기는 관행재배와 비슷하였고, 파종기가 늦을수록 2 ~ 5 일 지연되었지만 파종심도나 파종밀도에는 영향을 받지 않았다. m^2 당 수수는 파종기 5월 1일, 파종심도 1 cm, 파종밀도 30×8 cm에서 가장 많았다. 수량은 파종기 5월 1일, 파종심도 3 cm, 파종밀도 30×8 cm에서 가장 많았다.

담수직파재배에서 파종기에 따른 생육특성은 같은 파종기에서는 관행재배에 비해 생육이 진전됨에 따라 비슷하여졌다. 입모율은 파종심도는 0 cm가 1 cm에 비해 현저히 좋았다. 또한 담수심은 0 cm로 유지하는 것이 좋았다. 완전 입모율은 관행에 비해 좋았다. 수수확보를 위한 m^2 당 입모수는 파종심도 0 cm의 30×8 cm가 좋았다. 출수기는 파종기가 늦을수록 1 ~ 3일 지연되었고, 관행에 비해서는 1 ~ 2일 지연되었다. m^2 당 수수는 파종기 5월 1일, 파종심도 0 cm, 파종밀도 30×11 cm에서 가장 많았다. 수량은 파종기 5월 1일, 파종심도 0 cm, 파종밀도 30×8 cm에서 가장 많았다.

4) 벼 펠렛종자 포장적용시험

건답직파재배에서 입모율은 토성 및 질소시비량에 관계없이 펠렛종자가 관

행에 비해 높았다. ㎡당 입모수는 토성과 질소수준에 관계없이 80 개 이상의 입모수를 확보하였다. 펠렛종자의 결주율은 토성별로는 식양토>사양토>간척지 순이었으며, 펠렛종자는 관행 조파에 비해서는 결주율이 낮았다. 펠렛종자의 생육은 관행에 비해 비슷하였다. 출수기도 각각의 토성에 있어 질소시비량에 따른 차이가 없었다. 포장도복은 후기의 양호한 기상조건으로 인하여 모든 처리에서 발생하지 않았다. 간장은 질소시비량이 적을수록 작아지는 경향이였다. ㎡당 수수는 모든 토성에서 질소시비량이 증가할 수록 늘어나는 경향이였으나, 토성별로는 식양토를 제외한 사양토와 간척지는 관행 시비량 이상에서 관행 파종 이상의 ㎡당 수수를 보였다. 수당입수는 식양토>사양토>간척지 순이었으며, 토성에 따른 질소시비량에서 식양토를 제외하고는 관행에 비해 많았다. 수량은 식양토>사양토>간척지 순이었고 식양토와 간척지에서는 관행 질소시비량 보다 많은 시험구에서 관행보다 높은 수량을 보였다.

담수직파에서 입모율은 토성과 질소시비량에 관계없이 펠렛종자가 관행에 비해 높은 경향이였다. ㎡당 입모수는 토성과 질소수준에 관계없이 75 개 이상의 입모수를 확보하였다. 펠렛종자의 결주율은 토성별로는 식양토>사양토>간척지 순이었으며, 관행에 비해 낮았다. 펠렛종자의 생육은 관행에 비해 비슷하였다. 출수기는 각각의 토성에 있어 질소시비량에 따른 차이는 거의 없었고 관행(조파)과 비교해서도 같은 경향이였다. 포장도복은 후기의 양호한 기상조건으로 인하여 모든 처리에서 발생하지 않았다. ㎡당 수수는 모든 토성에서 질소시비량이 증가할수록 늘어나는 경향이였으나, 토성에서 식양토는 관행 시비량 이상에서만 관행 파종 이상의 ㎡당 수수를 보였다. 수당입수는 식양토에서 가장 많았다. 수량은 식양토>사양토>간척지 순이었고 펠렛종자구가 관행구에 비해 모두 높은 수량을 보였다.

5) 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육, 수량 비교와 경제성 분석

펠렛종자의 파종시스템으로 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자를

펠렛종자 정밀파종기로 파종하였을 때 건답직파와 담수직파 모두에서 결주율이 높게 나타났으며, 입모수도 펠렛종자 수제조 손파종 시스템과 관행재배에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다. 출수기, 등숙비율, 천립중, 정현비율은 모두 거의 같게 나타났다. 수량은 펠렛종자 수제조 손파종 시스템의 경우 관행재배에 비해 떨어지지 않았으나, 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자를 펠렛종자 정밀 파종기로 파종하는 시스템의 경우 펠렛종자 수제조 손파종 시스템 및 관행재배에 비하여 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 기계로 제조된 펠렛종자가 주요 원인으로 결주율을 줄이고 입모수를 확보하여 수량을 늘리기 위해서는 펠렛종자 제조 시 상토에 대한 종자의 혼합비를 크게 하거나, 손상 종자를 줄일 수 있는 운전조건으로 펠렛종자를 제조하는 것이 필요하며, 이와 같이 제조된 펠렛종자를 파종하면 충분히 관행재배의 수량은 낼 것으로 보인다.

따라서 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자를 펠렛종자 정밀파종기로 파종하는 파종시스템은 건답직파나 담수직파재배에서 관행 재배법을 대체 할 수 있는 가능성을 확인하였으며, 추후 대규모 단지에서의 실증시험을 통해 이를 확립하는 것이 필요하다고 판단된다.

펠렛종자의 노동투하시간은 건답직파와 담수직파에서 각각 0.6 h/10a, 0.9 h/10a로 나타났다. 펠렛종자 담수직파는 기존의 중묘 기계이앙 재배나, 어린묘 기계이앙 재배에 비하여 11.1 h/10a, 7.8 h/10a를 줄일 수 있었으며, 기존 직파재배와 비교 시에도 건답직파는 2.1 h/10a, 담수 직파재배의 무논 골뿌림 보다는 2.9 h/10a, 인력산파보다는 약 3.5 h/10a가 절약되었다.

펠렛종자의 파종 비용은 건답직파, 담수직파에서 각각 약 39,117 원/10a, 39,672 원/10a로 나타났다. 펠렛종자의 담수직파 비용은 기존의 중묘 기계이앙재배나, 어린묘 기계이앙재배의 육묘·이앙비용에 비해 약 55,054 원/10a, 45,297 원/10a이 절약되었으며, 기존의 무논골뿌림 직파재배에 비해서도 약간 작게 나타났다. 펠렛종자 건답직파의 경우는 기존 건답직파와 거의 같은 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

따라서 직파재배에서 펠렛종자의 기계화 파종은 기존 기계이앙 재배의 육묘 이앙 비용을 크게 절감할 수 있을 뿐만 아니라 기존 직파재배 파종에 비해서도 노동투하시간 및 종자준비단계가 생략됨으로써 파종비용이 크게 나타나지 않아 수량만 확보되면 노동투하시간과 생산비를 줄일 수 있는 효율성이 동반된 생산비 절감기술이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 종자를 구입하여 영농에 이용 시 종자준비라는 작업단계가 농가수준에서 생략되어 농번기 농가 노동력의 안배 및 작업시기를 실기하는 경우가 없어지고, 펠렛종자 파종기를 재배시스템에 도입하는 경우 대단위 규모의 단지재배가 가능하여 경영 규모 확대를 통한 쌀 생산비 절감에도 기여할 수 있을 것으로 보인다.

2. 활용에 대한 건의

가. 본 연구에서 설계 제작된 벼 펠렛종자 제조장치는 성능실험을 통하여 출아율이 거의 100 %인 직경 12 mm의 구형 벼 펠렛종자를 시간당 약 65 Kg(벼 펠렛종자 약 39,000 개, 약 0.17 a 파종가능) 제조할 수 있어서 대량생산의 가능성을 확인하였으며, 또한 이를 개선하여 제조능률이 시간당 약 400 Kg(벼 펠렛종자 약 235,000 개, 약 1 ha 파종가능)이고, 제조 벼 펠렛종자 질도 향상시킬 수 있는 실용적인 벼 펠렛종자 제조장치 시작기를 설계하였다. 실용적인 벼 펠렛종자 제조장치 시작기를 제작하여 여러 가지 운전 조건에서의 성능 확인과 대량으로 제조된 벼 펠렛종자의 대형 포장에서의 수 차례에 걸친 적응성시험이 필수적임으로 참여기업과 협조하여 이를 수행할 예정이나 연구 수행에 따르는 추가 지원이 필요할 것으로 보인다. 포장실험에서의 적응성이 확인되는 경우 벼 펠렛종자 제조기에 대한 특허출원, 대 농민홍보 등을 추진하고자 한다.

나. 본 연구에서 인력작업으로 제조한 벼 펠렛종자에 대한 재배실험은 1차년도부터 4차년도까지 온실 및 포장실험을 수행하여 어느 정도 충분한 조사 자료를 얻을 수 있었고 이를 통해 기존 직파재배를 능가하는 결과를 얻어서 이앙재배를 대신할 수 있는 가능성을 확인하였다. 그러나, 벼 펠렛종자 제조

장치에 의하여 제조된 벼 펠릿종자의 포장 적응성 시험은 제조장치가 4차 년도 증반에 완성되어 여러 가지 조건에서 제조된 벼 펠릿종자의 특성 즉 운전 조건에 따른 펠릿종자의 초기 생육을 고려하지 못한 채 소규모의 포장실험을 수행하여 만족할 만한 결과를 얻지 못했다. 따라서 벼 펠릿종자 제조기의 적절한 운전상태에서 대량 제조된 벼 펠릿종자를 대상으로 최소한 2년 이상 재배유형 및 지역조건(토양 및 기후)에 따른 대규모 포장에서의 적응성 실험이 반드시 필요한 것으로 판단되어 보완 연구에 대한 추가 지원을 요청하고자 한다.

다. 벼 펠릿 정밀 파종기 개발에 필요한 핵심 기술들의 특허를 출원하여 지적재산권을 확보한다.

라. 적합한 주요 장치 구성 요소의 재료 선정, 제작 단가를 절감시킬 수 있는 구조 개선에 대한 추가 연구와 부품의 규격화 및 표준화 등을 통해 벼 펠릿 정밀 파종기의 산업화를 추진한다.

마. 개발된 벼 펠릿 정밀 파종기를 이용하여 벼 이외의 펠릿 종자에 적용 가능한 펠릿 파종기 개발을 추진한다.

바. 펠릿 종자 뿐 아니라 일반 종자에 대해서도 본 연구에서 개발된 파종 감시 제어 장치의 직접 적용이 가능하므로 일반 파종기 및 타 농업기계의 본 장치 실용화를 적극 모색한다.

사. 벼씨는 대립종자이며 파종시 많은 양의 종자가 필요하기에 기계화 파종을 위해 펠릿종자 제조 시 고가의 펠릿재료 이용은 어렵다. 따라서 값싸고 구하기 쉬운 연곡통 식양토(붉은색 산흙)와 점착제로서 이에 적합한 아라비아고무 10% 농도 점착제를 벼 펠릿종자 제조용 펠릿재료로 특허 출원 및 산업화

를 하고자 한다.

아. 개발된 펠렛종자 제조법의 타 작물종자 및 재배에 이용을 추진한다.

자. 펠렛종자에 종자소독제, 병해충방제약, 비료, 제초제, 생장조정제 첨가 등을 추진하여 본답에서의 작업을 생력화하도록 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 and broadcasting on flooded paddy surface should be turned to precision planting for stabilizing plant growth, and improving productivity. Precision planting enables uniform, rapid, and complete germination and establishment of seeds required by present-day highly mechanized plant cultivation systems.

To solve these problems occurred in direct seeding, pelleting technology has been applied to change size and shape of tiny, rough, and uneven surface seeds for improving machine seeding and plant establishment. Coated or pelleted rice seed has been tried by many researchers and growers. Simultaneous with development of seed priming technique, coating or pelleting formulation to improve the germination, emergence and establishment of the plant has been the main topics. Though the trials have showed useful results, those are only partial successes against the problems for practical application.

A ball shaped rice-seed pellet, which is made of above 3 rice seeds, clay loam soil, binding agent and additives as pellet materials may solve the most of problems occurred in conventional direct seeding and may enable precision machine planting in rice cultivation. But, development of a rice-seed pellet and establishment of its cultural

practice, mass production of uniform rice-seed pellets by a pelleting machine, and development of a precision planter for machine planting of rice-seed pellets are necessary for practical application.

Therefore, Design, construction and performance evaluation of an experimental rice-seed pelleting machine for mass production of rice-seed pellets, design, construction and performance evaluation of a precision planter for machine planting of rice-seed pellets, and development of a rice-seed pellet and analysis on its planting characteristics through field tests were carried out in this project.

The results in this project are summarized as follows:

1. Development of a rice seed pelleting machine

The pellet material mixer for mixing and kneading pellet materials such as rice seeds, soil, arabic gum solution as a binder, and other additives was designed and constructed. Two times of mixing and kneading of the pellet materials by the mixer is required to form the rice-seed pellets. Considering the optimum operation condition through performance tests, mixing rate of the mixer was about 200 Kg/h when mixing ratio of soil to rice seeds, moisture content of soil, and rotating speed of mixing screw were from 6 : 1 to 7 : 1, about 24 %, and 20 rpm, respectively.

An experimental rice seed pelleting machine for pelleting the pellet materials to ball shaped rice-seed pellets diameters of which are about 12 mm was designed and constructed. Considering the optimum operation condition for the pelleting machine and emergence ratio for the

rice-seed pellets made, capacity, pelleting ratio, seed loss ratio of the machine were estimated for about 65 Kg/h (about 39,000 pellets/h), 87 %, and 30 %, respectively, at the mixing ratio of soil to rice seed of 6 : 1, and rotating speed of forming rolls of 7 rpm. And then number of complete seeds in a rice-seed pellet, ratio of rice-seed pellets including above 3 complete seeds, and emergence ratio of the rice-seed pellets were about 5.5 seeds, 100 %, and 100 %, respectively.

The prototype rice seed pelleting machine for mass production of the rice-seed pellets was designed. As increase of size of the machine, and improvements of pellet materials supplying parts and the forming roll parts comparing with the experimental pelleting machine developed are achieved, capacity, pelleting ratio, and seed loss ratio of the prototype machine are estimated for about 450 Kg/h (about 265,000 pellets/h), 95 %, and 25 %, respectively, at the mixing ratio of soil to rice seed of 7 : 1, and rotating speed of the forming rolls of 7 rpm. And then number of complete seeds in a rice-seed pellet, ratio of rice-seed pellets including above 3 complete seeds, and emergence ratio of the rice-seed pellets are estimated for above 5.5 seeds, 100 %, and 100 %, respectively.

The rice-seed pellets made by the pelleting machine at the mixing ratio of soil to rice seed of 7 : 1, and rotating speed of the forming rolls of 7 rpm were planted by hand on flooded paddy surface. Planting characteristics of the rice-seed pellets except number of seedling stand were similar to the conventional broadcasting of rice seeds on flooded paddy surface. Yield and yield components of the rice-seed pellets were superior to the conventional broadcasting of rice seeds. Therefore

Stabilization of cultivation of the rice-seed pellet on flooded paddy surface was achieved. But Improvement and change of operation condition of the pelleting machine were required to reduce missing hills.

As the rice-seed pellets were not complete spherical after forming owing to leakage of pellet materials to the clearance between the forming rolls, Shaking work for removing pellet materials leaked was needed and sphericity of a rice-seed pellet became above 99 % after shaking work. Cracks leading to decrease of strength of a rice-seed pellet were happened at the beginning of drying when drying rate was too fast. To reduce the cracked rice-seed pellets, the rice-seed pellets should be dried gradually at constant room temperature of below 30 °C for above 24 hours.

Labor requirement for production of the rice-seed pellets was estimated for 0.49 h/10a. that was 49 % of labor requirement for production of 10-day old seedling at the seedling factory, 7 % of labor requirement for conventional production of 10-day old seedling, and 12 % of labor requirement for conventional production of 30-day old seedling. And that was not significantly different compared with labor requirement for preparing seeds in conventional direct seeding. Production costs of the rice-seed pellets was estimated for about 20,000 won/10a. that was about 50 % of production costs for production of 10-day old seedling at the seedling factory, and below 40 % of production costs for conventional productions of 10-day old seedling, and 30-day old seedling. And that was about two times of costs for preparing seeds in conventional direction seeding.

Therefore, the designed pelleting machine can be available for mass

production of the rice-seed pellets. Precision planting of the rice-seed pellets can be effective for stabilization of growth, and improvement of productivity compared with conventional direct seeding culture, and labor and costs saving compared with conventional transplanting culture in rice.

2. Development of a precision planter for rice-seed pellets

Two types of seed-metering devices were developed for the planting of rice-seed pellets. A roller-type metering device and an impact-type metering device were designed as pellet-metering devices. Actually, a roller-type metering device has been widely used for planters. In this study, new designs of pellet-metering devices focused on simplicity and precision planting for rice-seed pellets. In addition to pellet-metering device, several devices were also developed such as seed-guiding device, seed-supplying tube and furrow opener for precision pellet planting. Field tests were conducted to estimated the planting performance of the designed metering devices.

For the roller-type metering device, the open angle of a roller is one of the most important factor in designing of the roller for pellet planting. Two kinds of rollers with different open angles of 35° and 65° were designed in order to test the effect of the open angle on planting performance. Results of the tests showed that miss-seeded ratio of 3 to 14 % occurred at the traveling speed range of 0.4 ~ 0.8 m/s for the roller the open angle of 65° and was lower than with open angle of 35° . However, the open angle had little effect on planting spacing.

Seeds are dropped from the roller grooves by gravitational force in

the roller-type metering device ; however, seeds are discharged by impact force in the impact-type metering device. The impact-type metering device was designed to have a impact bar that pushed rice-seed pellets from the seed-supplying tube as a cam rotated. Results of the tests showed that mean planting spacing was 12 cm at the traveling speed of 1.0 m/s, corresponding to a target spacing for planting of rice seed-pellets. Also, miss-seeded ratio and damaged seed ratio were less than 2.0 %, indicating acceptable levels for the precision planting. The developed mechanism of the impact-type metering device can be directly applied to the design of metering devices for the precision pellet planting of other crops.

A control system of the planter was developed for monitoring and control of miss-seedings. A single chip microprocessor was used as a controller, and photo interrupters were used to monitor miss-seedings. Intermittent miss-seeding caused by clogging of the seed tube was controlled with high pressure air. In the case of continuous miss-seeding, a buzzer alarmed operator to handle the miss-seeding.

3. Developments of a rice-seed pellet and its culture system

3-1. Selection of pellet materials and seed treatments

Yeongog series clay loam, and 10 % arabic gum as pellet materials were the best for makng the rice-seed pellets in consideration of shape, hardness, breaking time, etc.

Germination and establishment of the rice-seed pellets made of Yeongog series clay loam and 10 % solution of arabic gum was higher than those of the pellets made of the other materials.

As pretreatment of seeds, soaking seeds in water at the temperature range of 15 °C ~ 25 °C for 2 days was the best for raising germination and emergence of the rice-seed pellets.

As treatment of seed disinfectant, treating seeds with prochloraz 25 %(PC), and carpropamid 40 % + imidacloprid 21 % + fludioxonil 2 %(CIF) showed better results in germination and emergence of the rice-seed pellets, and also showed effect on control of rice water weevil in the field.

3-2. Cultural characteristics of the rice-seed pellets

(Direct seeding on dry paddy)

As rice growing, growth of the rice-seed pellets treated with prochloraz 25 %(PC) and carpropamid 40 %+imidacloprid 21 %+ fludioxonil 2 %(CIF), and putting complex fertilizer into the pellets became similar compared with conventional culture. Growth of the pellets treated with fertilizer was better than that of the non-treated pellets. And growth of the pellets in field with basal fertilizer was better than that in field without basal fertilizer. Missing plant percentage of the pellets was lower by 28 % ~ 34 % compared with conventional culture. Heading date of the pellets was delayed by 1 day compared with conventional culture. Field lodging degree of the pellet seed was 0. Yield potential of the pellets was higher than that of conventional culture.

(Direct seeding on flooded paddy surface)

As rice growing, growth of the rice-seed pellets treated with prochloraz 25 %(PC) and carpropamid 40 %+imidacloprid 21 %+

fludioxonil 2 %(CIF), and putting complex fertilizer into the pellets became similar compared with conventional culture. Growth of the pellets treated with fertilizer was better than that of the non-treated pellets. And growth of the pellets in field with basal fertilizer was better than that in field without basal fertilizer. Missing plant percentage of the pellets was higher by 15 % ~ 19 % compared with conventional culture. Heading date of the pellets was delayed by 1 day compared with conventional culture. Field lodging degrees of the pellets and conventional culture was 0, and 7, respectively. Yield potential of the pellets was higher than that of conventional culture.

3-3. Cultural practice of the rice-seed pellets

(Direct seeding on dry paddy)

Considering heading date, panicle number per m^2 , and yield, optimum seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on flooded paddy surface were about on May 5, 1 ~ 3 cm, and 30 cm \times 8 ~ 11 cm, respectively

(Direct seeding on flooded paddy surface)

Seed shifting, flooding seedling, and lodging of seedling of the rice-seed pellets were lower than those of conventional seeds. Considering heading date, panicle number per m^2 , and yield, optimum seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on flooded paddy surface were about on May 5, 0 cm, and 30 cm \times 8 ~ 11 cm, respectively

3-4. Field test for adaptability of the rice-seed pellets

(Direct seeding on dry paddy)

Seedling stand percentage of the rice-seed pellets without regard to soil texture and application level of nitrous fertilizer was higher than that of conventional culture. Growth and development of the pellets were similar to conventional culture and were better as increase of application level of nitrous fertilizer. Order of yield according to soil texture was clay loam soil > sandy loam > reclaimed saline land. And yield of the pellets was similar to that of conventional culture.

(Direct seeding on flooded paddy surface)

Seedling stand percentage of the rice-seed pellets without regard to soil texture and application level of nitrous fertilizer was higher than that of conventional culture. Growth and development of the pellets were similar to conventional culture and were better as increase of application level of nitrous fertilizer. Order of yield according to soil texture was clay loam soil > sandy loam > reclaimed saline land. And yield of the pellets was similar to that of conventional culture.

3-5. Comparison of direct seeding culture systems and Economic analysis on labor and costs requirements

In machine planting of the rice-seed pellets made by the pelleting machine, percentage of missing hill was higher, number of seedling stand was less, and yield was lower than in hand planting of the rice-seed pellets made by hand, and in conventional direct seeding on dry paddy and on flooded paddy surface. As those results were due to damages of rice seeds in the pellets, increase of rice seeds in pellet materials or reduction of damaged seeds in mixing and forming processes were needed

to increase yield. But, as production of proper rice-seed pellets for raising yield is possible through change of operating condition of the pelleting machine, appropriate preparation of pellet materials, additional tests to ensure benefits of machine planting of the pellets made by pelleting machine in rice are needed.

Labor requirements for direct seeding of the rice-seed pellets on dry paddy, and on flooded paddy surface were estimated for 0.6 h/10a, and 0.9 h/10a, respectively. Comparing with machine transplantings of 30-day old seedling, and 10-day old seedling, labor was saved by about 7.8 h/10a ~ 11.4 h/10a. Comparing with conventional direct seeding on dry paddy, labor for direct seeding of the pellets on dry paddy was saved by 2.1 h/10a. And comparing with conventional broadcast seeding on flooded paddy surface, and drill seeding on puddled paddy, labor for direct seeding of the pellets on flooded paddy surface was saved by 3.5 h/10a, and 2.9 h/10a, respectively.

Costs for direct seeding of the rice-seed pellets on dry paddy, and on flooded paddy surface were estimated for about 38,117 won/10a, and 39,672 won/10a, respectively. Costs were saved by about 45,297 won/10a ~ 55,054 won/10a compared with those of machine transplantings of 30-day old seedling, and 10-day old seedling. Costs for direct seeding of the pellets on dry paddy was similar to those of conventional direct seeding on dry paddy. And Costs for direct seeding of the rice-seed pellets on flooded paddy surface were similar to the costs of conventional drill seeding on puddled paddy.

Therefore, cultivation of the rice-seed pellets was effective for labor and costs saving compared with conventional cultivations in rice.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	45
Section 1 Background of the project	45
Section 2 Objectives and contents of the project	46
1. Objectives and contents of the project	46
1-1. Development of a rice-seed pellet and its culture system	47
1-2. Development of a rice seed pelleting machine	47
1-3. Development of precision planter for rice-seed pellets	48
1-4. Evaluation on cultivation of the rice-seed pellets in rice	49
Chapter 2 Development of a rice seed pelleting machine	50
Section 1 Introduction	50
1. Background of the research	50
2. Objectives and contents of the research	50
2-1. Objectives of the research	50
2-2. Contents of the research	51
2-3. Literature review	51
Section 2 Basic concepts on a rice seed pelleting machine	58
1. Pelleting procedure	58
2. Design considerations for a rice seed pelleting machine	60
2-1. A rice-seed pellet	60
2-2. A rice seed pelleting machine	60
Section 3 The 1st experimental rice seed pelleting machine	62

1. Design and construction	64
1-1. Rice seed supplying part	66
1-2. Pelleting soil supplying part	67
1-3. Forming and discharging part	68
1-4. Complement part	69
2. Performance test	70
1-1. Materials and methods	70
1-2. Results and Discussion	73
1-3. Improvements	80
3. Conclusions	81
Section 4 The 2nd and 3rd experimental rice seed pelleting machines	83
1. The 2nd experimental rice seed pelleting machine	83
1-1. Design and construction	83
1-2. Performance test and improvements	85
2. The 3rd experimental rice seed pelleting machine	87
1-1. Design and construction	87
1-2. Performance test and improvements	92
Section 5 The mixer for mixing and kneading pellet materials	93
1. Description of the mixer	93
1-1. Pellet material supplying part	94
1-2. Mixing and kneading part	95
1-3. Driving motor and power transmission parts	95
1-3. Vacuum unit	96
2. Performance test	97
1-1. Materials and methods	97
1-2. Results and discussion	101

3. Conclusions	111
Section 6 The 4th experimental rice seed pelleting machine	114
1. Design and Construction	114
1-1. Pellet material supplying part	115
1-2. Forming roll and discharging parts	116
2. Performance test	118
2-1. Materials and methods	118
2-2. Results and discussion	120
2-3. Improvements	128
3. Conclusions	128
Section 7 The 5th experimental rice seed pelleting machine	130
1. Design and Construction	130
1-1. The rice seed pelleting machine	130
1-2. Pellet material supplying part	131
1-3. Forming roll and discharging parts	132
1-4. Hydraulic unit	134
1-5. Air compressor	136
2. Performance test	138
2-1. Materials and methods	138
2-2. Results and Discussion	141
2-3. Improvements	157
3. Conclusions	158
Section 8 Design of the prototype pelleting machine for practical use	162
1. Design of the prototype pelleting machine	162
1-1. Pellet material supplying part	162

1-2. Forming roll and discharging parts	167
1-3. Rice seed pellet conveying part	168
1-4. Driving motor and power transmission parts	168
1-5. Hydraulic unit	169
1-6. Air compressor	170
1-7. Hydraulic jack and supporting frame part	171
2. Estimation of performance of the prototype pelleting machine	172
Section 9 Sorting and drying of the rice-seed pellets after forming ...	174
1. Sorting	174
2. Drying	174
2-1. Materials and method	175
2-2. Results and discussion	175
Section 10 Cultivation test of the rice-seed pellets in field	179
1. Materials and method	179
2. Results and discussion	180
Section 11 Analysis on labor requirement and production costs	183
1. Major machines, facilities, and material for pelleting of rice seed	183
1-1. Major machines and facilities	183
1-2. Requirement of materials	185
2. Requirement of labor	186
2-1. Quantities of pellet materials in pelleting works	186
2-2. Requirements of labor and working days	187
3. Costs for pelleting of rice seed	188
3-1. Material Cost	188
3-2. Machine power, lighting, and heating costs	189

3-3. Depreciation cost	190
3-4. Repair and maintenance costs	191
3-5. Interest on investment	195
3-6. Land cost	196
4. Production costs	196
5. Comparison of labor requirement and production costs	198
5-1. Labor requirement	198
5-2. Production costs	202
References	205

Chapter 3 Development of a precision planter for rice-seed

pellets	210
Section 1 Introduction	210
1. Background of the research	210
2. Objectives and contents of the research	212
3. Literature review	212
section 2 Requisite functions and mobility of a precision planter	217
1. Characteristics of rice seeders	217
2. Requisite functions of a precision planter	218
3. Theoretical analysis of soil thrust	218
4. Effect of weight load on mobility performance	221
4-1. Materials and method	221
4-2. Results and discussion	223
Section 3 Development of seed-metering devices and additional	
devices	225
1. A rice-seed pellet	225

2. Power transmission for the seed-metering device	226
3. Design of seed-metering devices	227
3-1. Roller type seed-metering device	227
Section 4 Development of a control system for monitoring seeding rate and miss-seeding	241
1. Objectives and description	241
2. Materials and methods	241
2-1. Sensors	241
2-2. Controller	243
2-3. Actuators	244
3. Performance evaluation of the system	247
3-1. Measurement of seeding rate and seeding tube clogging	248
3-2. Control of alarm and seeding tube clogging	248
Section 5 Performance evaluation of the developed precision planter for rice-seed pellets	250
1. Performance of seed-metering device	250
1-1. Experiment of seeding performance	250
1-2. Analysis of seed discharging performance	252
2. Performance of seeding-tube and furrow opener	259
2-1. Seeding-tube	259
2-2. Furrow opener	261
Section 6 Cost analysis of the planter for rice-seed pellets	262
1. Field capacity	262
2. Cost analysis	263
Section 7 Conclusions	265
References	267

Chapter 4 Developments of a rice-seed pellet and its culture

system	269
Section 1. Introduction	269
1. Background of the research	269
2. Objectives and contents of the research	271
3. State of related technology and problems	272
Section 2. Materials and methods	274
1. Development of a rice-seed pellet	274
1-1. Selection of pellet materials	274
1-2. Germination and seedling stand of rice cultivars	277
1-3. Germination and seedling stand according to seed treatments	279
2. Cultural characteristics of the rice-seed pellets	282
2-1. Growth and yield in direct seeding on dry paddy	282
2-2. Growth and yield in Direct Seeding on Flooded Paddy Surface	283
3. Cultural practice of the rice-seed pellets	283
3-1. Growth and yield according to seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on dry paddy	284
3-2. Growth and yield according to seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on flooded paddy surface	284
4. Field test for adaptability of the rice-seed pellets	285
4-1. Growth and yield according to soil texture and application level of nitrous fertilizer in direct seeding on dry paddy	285
4-2. Growth and yield according to soil texture and application level of nitrous fertilizer in direct seeding on flooded paddy surface	286
5. Comparison of direct seeding culture systems and economic	

analysis on labor and costs requirements	286
5-1. Comparison of direct seeding culture systems	286
5-2. Economic analysis on labor and costs requirements	287
Section 3 Results and Discussion	288
1. Development of a rice-seed pellet	288
1-1. Selection of pellet materials	288
1-2. Germination and seedling stand of rice cultivars	299
1-3. Germination and seedling stand according to seed treatments	301
2. Cultural characteristics of the rice-seed pellets	317
2-1. Growth and yield in direct seeding on dry paddy	317
2-2. Growth and yield in Direct Seeding on Flooded Paddy Surface	323
3. Cultural practice of the rice-seed pellets	329
3-1. Growth and yield according to seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on dry paddy	329
3-2. Growth and yield according to seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on flooded paddy surface	334
4. Field test for adaptability of the rice-seed pellets	341
4-1. Growth and yield according to soil texture and application level of nitrous fertilizer in direct seeding on dry paddy	341
4-2. Growth and yield according to soil texture and application level of nitrous fertilizer in direct seeding on flooded paddy surface	344
5. Comparison of direct seeding culture systems and economic analysis on labor and costs requirements	348
5-1. Comparison of direct seeding culture systems	348
5-2. Economic analysis on labor and costs requirements	351

Section 4 Conclusions	354
1. Development of a rice-seed pellet	354
1-1. Selection of pellet materials	354
1-2. Germination and seedling stand of rice cultivars	354
1-3. Germination and seedling stand according to seed treatments	354
2. Cultural characteristics of the rice-seed pellets	355
2-1. Growth and yield in direct seeding on dry paddy	355
2-2. Growth and yield in Direct Seeding on Flooded Paddy Surface	356
3. Cultural practice of the rice-seed pellets	357
3-1. Growth and yield according to seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on dry paddy	357
3-2. Growth and yield according to seeding time, seeding depth, and seeding density in direct seeding on flooded paddy surface	357
4. Field test for adaptability of the rice-seed pellets	358
4-1. Growth and yield according to soil texture and application level of nitrous fertilizer in direct seeding on dry paddy	358
4-2. Growth and yield according to soil texture and application level of nitrous fertilizer in direct seeding on flooded paddy surface	359
5. Comparison of direct seeding culture systems and economic analysis on labor and costs requirements	359
5-1. Comparison of direct seeding culture systems	359
5-2. Economic analysis on labor and costs requirements	360
References	361
Appendix	370

목 차

제 1 장 서론	45
제1절 연구개발의 배경	45
제2절 연구개발의 목표 및 내용	46
1. 연구개발 목표와 내용	46
가. 벼 펠렛종자 개발 및 재배체계 연구	47
나. 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발	47
다. 벼 펠렛종자 정밀파종기 개발	48
라. 벼 펠렛종자를 이용한 정밀파종시스템 종합평가	49
제 2 장 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발	50
제1절 서론	50
1. 연구개발의 배경	50
2. 연구개발 목표 및 내용	50
가. 연구목표	50
나. 연구내용	50
다. 관련기술의 현황 및 문제점(연구사)	51
제2절 벼 펠렛종자 제조 시스템 기본구상	58
1. 벼 펠렛종자 제조과정	58
2. 벼 펠렛종자 제조 시스템 설계 고려사항	60
가. 벼 펠렛종자	60
나. 벼 펠렛종자 제조장치	60
제3절 1차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치	62

1. 설계 및 제작	64
가. 벼 종자 공급부	66
나. 펠릿상토 공급부	67
다. 펠릿종자 성형 및 배출부	68
라. 기타 보완사항	70
2. 성능시험	70
가. 재료 및 방법	70
나. 결과 및 고찰	73
다. 개선점	80
3. 결론	81
제4절 2차, 3차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치	83
1. 2차 실험용 펠릿종자 제조장치	83
가. 설계 및 제작	83
나. 성능시험 및 개선점	85
2. 3차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치	87
가. 설계 및 제작	87
나. 성능시험 및 개선점	92
제5절 펠릿재료 혼합 반죽장치	93
1. 펠릿재료 혼합 반죽장치의 구조	93
가. 펠릿재료 공급부	94
나. 펠릿재료 혼합 및 반죽부	95
다. 구동모터 및 동력전달부	95
라. 진공장치부	96
2. 성능시험	97
가. 재료 및 방법	97
나. 결과 및 고찰	101

3. 결론	111
제6절 4차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치	114
1. 설계 및 제작	114
가. 펠릿재료 공급부	115
나. 펠릿종자 성형 및 배출부	116
2. 성능실험	118
가. 재료 및 방법	118
나. 결과 및 고찰	120
다. 개선점	128
3. 결론	128
제7절 5차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치	130
1. 설계 및 제작	130
가. 벼 펠릿종자 제조장치	130
2. 성능실험	138
가. 재료 및 방법	138
나. 결과 및 고찰	141
다. 개선점	157
3. 결론	158
제8절 벼 펠릿종자 제조장치 시작기 설계	162
1. 주요부 설계	162
가. 펠릿재료 공급부	162
나. 펠릿종자 성형 배출부	165
다. 펠릿종자 이송부	167
라. 구동 모터 및 전동장치부	168
마. 유압장치부	169
바. 공기압축기	170

사. 유압잭 및 프레임부	171
2. 벼 펠렛종자 제조기 시작기의 성능	172
제9절 제조 벼 펠렛종자의 후처리	174
1. 벼 펠렛종자의 선별	174
2. 벼 펠렛종자의 건조	174
가. 재료 및 방법	175
나. 결과 및 고찰	175
제10절 벼 펠렛종자 포장 재배실험	179
1. 재료 및 방법	179
2. 결과 및 고찰	180
제11절 벼 펠렛종자 제조 시스템 경제성 분석	183
1. 벼 펠렛종자 제조 시스템 주요 기계 시설 및 소요 원료	183
가. 주요 기계 및 시설	183
나. 생산 규모별 소요 재료의 양	185
2. 소요 노동력	186
가. 작업별 작업량, 작업능률	186
나. 소요 노동력 및 작업일수	187
3. 비목별 소요비용	188
가. 재료비	188
나. 광열동력비	189
다. 감가상각비	190
라. 수리비	191
마. 기타 비용	193
바. 노력비	193
사. 자본용역비	195
아. 토지용역비	196

4. 생산비	196
5. 소요노동력 및 생산비 비교	198
가. 소요노동력	198
나. 생산비	200
제12절 요약 및 결론	202
참고문헌	205
제 3 장 벼 펠렛종자 정밀파종기 개발	210
제1절 서론	210
1. 연구개발의 배경	210
2. 연구개발 목표 및 내용	212
가. 펠렛종자 정밀파종기의 주행성 분석	212
나. 펠렛종자 정밀파종기의 종자배출장치 및 부속장치 개발	212
다. 펠렛종자 정밀파종기의 종자량, 종자막힘 감시장치 개발	212
라. 벼 펠렛종자 정밀 파종기 성능 평가	212
3. 연구사	212
제2절 정밀 파종기의 요건 및 주행성 분석	217
1. 기존 개발된 직파기의 종류 및 특성	217
2. 펠렛종자 정밀파종기의 요건	218
3. 토양추진력의 이론적 분석	218
4. 탑재 펠렛종자 무게에 따른 파종기 주행성능 시험	221
가. 재료 및 방법	221
나. 결과 및 고찰	223
제3절 종자배출장치 및 부속장치 개발	225
1. 벼 펠렛종자	225
2. 종자배출장치 동력전달	226

3. 종자배출장치	227
가. 롤러식 종자배출장치	227
나. 타격식 종자배출장치	233
제4절 파종량 및 종자막힘 감시장치 개발	241
1. 목적 및 개요	241
2. 재료 및 방법	241
가. 감지부	241
나. 제어부	243
다. 작동부	244
3. 파종량 및 종자막힘 감지 장치 성능시험	247
가. 파종량 및 종자막힘 현상 감지성능	248
나. 종자막힘 현상 경보 및 해소성능	248
제5절 벼 펠렛종자 정밀파종기의 성능 평가	250
1. 종자배출장치 성능	250
가. 파종성능실험	250
나. 종자배출장치 성능분석	252
2. 종자배출관과 구절기의 성능	259
가. 종자배출관 성능	259
나. 구절기 성능	261
제6절 벼 펠렛종자 정밀파종기의 이용 비용 분석	262
1. 부담면적	262
2. 벼 펠렛종자 파종기의 이용 비용	263
제7절 요약 및 결론	265
참고문헌	267
제 4 장 벼 펠렛종자 개발 및 재배체계 연구	269

제 1 절 서론	269
1. 연구개발의 배경	269
2. 연구개발의 목표 및 내용	271
3. 관련기술의 현황 및 문제점	272
제 2 절 재료 및 방법	274
1. 벼 펠렛종자 개발	274
가. 벼 펠렛재료와 접착제 선발	274
나. 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성	277
다. 종자처리 펠렛종자의 발아 및 입모 특성	279
2. 벼 펠렛종자 재배특성	282
가. 건답직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량	282
나. 담수직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량	283
3. 벼 펠렛종자 적정재배법 구명	283
가. 건답직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량	284
나. 담수직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량	284
4. 벼 펠렛종자 포장적응시험	285
가. 건답직파에서 토성 및 질소수준에 따른 생육 및 수량	285
나. 담수직파에서 토성 및 질소수준에 따른 생육 및 수량	286
5. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육, 수량 및 경제성 분석	286
가. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육 및 수량	286
나. 벼 펠렛종자 파종시스템의 경제성 분석	287
제 3 절 결과 및 고찰	288
1. 벼 펠렛종자 개발	288
가. 벼 펠렛재료와 접착제 선발	288
나. 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성	299
다. 종자처리 펠렛종자의 발아와 출아·입모 특성	301

2. 벼 펠렛종자 재배 특성	317
가. 건답직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량	317
나. 답수직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량	323
3. 벼 펠렛종자 적정재배법 구명	329
가. 건답직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량	329
나. 답수직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량	334
4. 벼 펠렛종자 포장적응시험 및 재배체계의 경제성 분석	341
가. 건답직파에서 토성 및 질소수준에 따른 생육 특성	341
나. 답수직파에서 토성과 질소수준에 따른 생육 및 수량	344
5. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육, 수량 및 경제성 분석	348
가. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육 및 수량	348
나. 벼 펠렛종자 재배시스템의 경제성 분석	351
제 4 절 요약 및 결론	354
1. 벼 펠렛종자 개발	354
가. 벼 펠렛재료와 접착제 선발	354
나. 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성	354
다. 종자처리 펠렛종자의 발아 및 입모 특성	354
2. 펠렛종자 재배특성	355
가. 건답직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량	355
나. 답수직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량	356
3. 벼 펠렛종자 적정재배법 구명	357
가. 건답직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량	357
나. 답수직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량	357
4. 벼 펠렛종자 포장적응시험	358
가. 건답직파에서 토성 및 질소수준에 따른 벼 생육 및 수량	358
나. 답수직파에서 토성 및 질소수준에 따른 벼 생육 및 수량	359

5. 벼 펠릿종자 파종시스템의 생육, 수량 비교와 경제성 분석	359
가. 벼 펠릿종자 파종시스템의 생육 및 수량 비교	359
나. 벼 펠릿종자 재배시스템의 경제성 분석	360
참고문헌	361
부록	370

제 1 장 서 론

제1절 연구개발의 배경

우리나라의 벼 생산은 농업 경지규모 면이나, 농업 총수입 면에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이와 같은 벼농사는 국내외의 여러 가지 여건 변화 즉 UR협약과 WTO출범에 따른 외국산 쌀의 부분적 도입, 농촌인력의 감소와 고령화, 부녀화로 인한 휴경지 증가, 논 면적의 타 용도로의 전용 등으로 말미암아 에 의해 크게 위축되어 왔다. 앞으로 쌀 산업을 지속적으로 발전시키기 위한 최대의 현안은 국내외 여건에 대응한 쌀 생산의 획기적인 생산비 절감으로 가격 경쟁력을 제고시키는 것이다.

쌀의 지속적이며, 안정적 생산을 위해서는 농촌사회의 심각한 노동력 부족을 일관작업 기계화를 통해 재배의 획기적 생력화, 저비용화를 기할 필요가 있으며, 쌀 품질의 고급화와 다양화로 질적인 면의 획기적 개선이 추구되어야 한다. 특히 벼 농사의 작업체계를 고려해 볼 때 기계화가 어느 정도 진행된 현 시점에서조차 종자처리에서 이식 또는 파종까지의 작업은 노동력이 가장 많이 소요되고, 농촌의 노동력 피크가 일어나는 시기에 작업이 집중되어 있으며, 수확작업 등 타 작업의 생력기계화는 거의 한계에 도달한 것으로 생각되고 있다. 따라서 벼 농사의 획기적인 생력화를 위해서는 종자처리에서 이식 또는 파종까지의 생력기계화 재배기술의 확립과 일관작업체계의 수립은 매우 필요하며, 이는 농촌사회의 안정과 발전을 위해서도 매우 시급하다고 판단된다.

벼의 직파재배 기술은 이와 같은 문제점을 해결할 수 있는 주요한 해결방안의 하나로 생각되고 있으나 현행 직파재배는 기술적인 면에서, 재배관리 면에서, 그리고 직파재배에 적합한 기계성능 면에서 개선이 요구되고 있다. 현행 보급된 직파재배기술은 기술적으로 잡초방제, 입모 향상, 도복경감 등 여

러 가지 문제점들이 있어서 재배의 안정화를 기할 수 있는 파종기술에 대한 연구가 매우 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 현 직파재배의 문제점을 해결함으로써 직파재배 기술의 획기적 향상을 기할 수 있는 벼 펠렛종자 정밀파종시스템을 구명하였다. 벼 펠렛종자 파종 재배체계는 현행 벼 직파재배의 문제점들 특히 답수직파 재배의 문제점들을 많은 부분 해결할 수 있을 것으로 기대되며, 또한 재배기술의 진전에 따라서는 건답직파, 대규모 경작지에서의 고농률 기계를 이용한 산파재배에도 큰 효과가 있을 것으로 보인다. 이를 위해 체계적인 벼 종자처리 및 벼 종자 펠렛화에 따른 재배특성 구명을 통한 벼 펠렛종자의 개발 및 적정재배법 확립 연구, 벼 펠렛종자의 대량제조를 위한 벼 펠렛종자 제조 시스템 개발 연구, 펠렛종자 파종에 따른 전용의 고농률 정밀파종기 개발 연구는 기존 직파재배를 보완하기 위하여 매우 필요하고도 시급한 연구로 판단된다.

제2절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연구개발 목표와 내용

본 연구는 현행 벼 직파재배의 주요 문제점 해결, 소요노동력 및 소요비용의 대폭 절감, 작업의 편이성 향상을 위하여 벼 펠렛종자를 이용한 고도의 일관생력기계화 정밀 파종시스템을 개발함으로써 벼 직파재배기술을 획기적 향상시켜 지속적이며 안정적인 쌀 생산체계를 구축하는데 목표가 있다. 이를 위해 본 연구는 벼 펠렛종자 및 재배체계 구명, 벼 펠렛종자의 대량 제조 시스템 개발, 벼 펠렛종자 파종에 적합한 정밀파종기 개발의 연구를 수행하고자 하며, 각 과제별 구체적인 연구개발 목표와 내용은 다음과 같다.

가. 벼 펠릿종자 개발 및 재배체계 연구

1) 연구목표

현행 직파재배 문제점 해결, 생력기계화 및 작업의 편이성 향상을 도모하기 위한 벼 펠릿종자를 개발하고, 개발된 벼 펠릿종자의 재배특성 시험을 통하여 안정적인 직파재배 기술을 확립하고자 한다.

2) 연구내용

- 벼 코팅 및 펠릿 재료의 종류, 조성, 특성, 코팅 및 펠릿종자 직파재배시험 결과에 대한 기초자료를 수집 분석한다.
- 벼 품종간, 발아촉진제 처리별, 살균 및 살충제 처리별, 비료처리별, 토양 처리별 소요출아일수, 발아율, 입모율, 및 벼 초기 생육반응에 미치는 영향을 온실재배를 통해 조사 분석한다.
- 펠릿재료 및 벼종자 처리의 조합에 따른 소요출아일수, 발아율, 입모율, 및 벼 초기 생육반응에 미치는 영향을 온실재배를 통해 조사 분석한다.
- 벼 품종, 펠릿재료, 파종량에 따라 개발된 벼 펠릿종자의 재배양식(답수직파, 건답직파)별 포장에서의 벼 생육특성, 수량 등을 조사 분석한다.
- 벼 펠릿종자 재배체계의 포장적응시험을 다양한 지역에서 실시하여 생산비, 소요노동력, 재배작업의 특성 등을 조사하여 경제성 분석과 함께 기존 재배체계와의 비교를 통해 벼 펠릿종자 파종시스템을 평가한다.

나. 벼 펠릿종자 제조 시스템 개발

1) 연구목표

개발된 벼 펠릿종자 생산의 생력화, 고품질화 및 저비용화를 기하기 위해서는 공장에서의 대량생산이 필수적이므로, 이를 위해 벼 펠릿종자를 효율적

으로 대량 생산할 수 있는 일련의 기계장치를 개발하고자 한다.

2) 연구내용

- 종자처리법 및 종자처리 과정, 종자 코팅장치, 상토 처리장치, 정밀 파종장치, 펠렛종자 성형장치, 펠렛 종자 건조장치에 대한 기초자료를 수집 분석한다.
- 펠렛용 상토를 선별, 반죽, 성형하여 벼 종자와 함께 펠렛화할 수 있도록 하는 펠렛재료 혼합 반죽장치를 설계 제작하고 그 제조성능을 분석한다.
- 혼합 반죽된 펠렛재료를 가능한 한 구형으로 작게 성형할 수 있는 벼 펠렛종자 제조기를 설계 제작하고 성능을 분석한다.
- 제조된 벼 펠렛종자의 건조특성 및 적정 건조방법을 구명한다.
- 불량제조된 기형의 펠렛종자를 선별 분리할 수 있는 펠렛종자 선별법을 구명한다.
- 개발된 벼 펠렛종자 제조 시스템의 시작기를 제작하여 성능시험을 행함으로써 생산능률을 분석하고, 생산비용 산출 등 경제성 분석을 수행한다.
- 생산된 벼 펠렛종자의 물리적인 제 특성을 분석하고, 정밀파종기에 의한 파종실험, 재배시험 의뢰를 통해 파종성능과 재배특성을 분석함으로써 제조 시스템을 보완 완성한다.

다. 벼 펠렛종자 정밀파종기 개발

1) 연구목표

벼 펠렛종자의 정밀 접파가 가능하며 대규모 경지를 파종할 수 있는 고능률의 벼 펠렛종자 정밀파종기를 개발한다.

2) 연구내용

기존의 개발된 정밀점파기의 작동원리, 구조, 작업특성 등을 조사분석하고, 정밀점파기 개발과 관련된 연구결과를 수집 분석한다.

벼 펠렛종자 탑재에 따른 기체의 주행성을 조사 분석한다.

작업능률 향상을 위해서 고속에서도 벼 펠렛종자의 정밀점파가 가능한 종자 배출장치를 개발하고, 펠렛종자의 특성에 따른 종자배출 성능을 조사 분석한다.

파종작업시 종자배출의 막힘 및 파종량 지시장치, 파종작업 가이드장치 등 작업상태 파악을 위한 작업 편의장치를 개발한다.

승용형의 벼 펠렛종자 정밀파종기 시작기를 설계 제작하여 포장적응시험을 실시하여 답수직파, 건답직파 시의 파종성능을 조사 분석하고, 이용비용계산 등 경제성 분석을 행한다.

라. 벼 펠렛종자를 이용한 정밀파종시스템 종합평가

이상의 연구결과를 바탕으로 개발되는 벼 펠렛종자 정밀파종시스템에 의한 벼 직파재배 작업체계를 현행 재배체계와 비교하여 다음과 같은 항목에 대하여 평가한다.

- 종자준비에서 파종작업까지의 소요노동력 절감효과 및 파종작업 이후의 소요노동력 절감 정도
- 입모율, 도복, 입모수, 수수 및 입수, 수량, 시비량, 잡초방제 등 재배 기술적인 면의 기술향상 수준
- 경제성 분석을 통한 쌀 생산비 절감 수준
- 벼 펠렛종자 생산의 산업화 가능성

제 2 장 벼 펠릿종자 제조 시스템 개발

제1절 서론

1. 연구개발의 배경

수도작의 현행 직파재배 기술은 입모율, 도복, 잡초방제, 종자손실 및 유동, 포장준비 및 재배관리에 많은 문제점들이 있어 이를 개선하기 위한 방안의 하나로 벼 종자의 코팅 및 정제화, 펠릿화에 대한 연구들이 수행되었다. 그러나, 기존 연구들은 재료 처리 방법, 처리에 따른 파종작업 특성, 생육특성 연구가 주류를 이루고 있으며, 직파재배의 부분적인 문제해결에 그치고 있다.

그러므로 본 연구는 3~4개의 벼 종자를 상토와 같이 일정 크기로 펠릿화한 벼 펠릿종자를 이용하여 균일 점파함으로써 현행 직파재배의 문제점들의 전반적인 해결을 통한 직파재배기술 향상, 생력화를 도모하고자 한다. 그러나 이를 적용키 위해서는 벼 펠릿종자 재배체계 확립과 더불어 현행 재식밀도를 고려하더라도 ha당 약 23만개의 벼 펠릿종자가 소요되기 때문에 대량생산을 위한 벼 펠릿종자 제조장치 개발이 필수적이다.

따라서 본 연구는 실험용 벼 펠릿종자 제조장치를 설계 제작하여 성능 및 제조된 벼 펠릿종자에 대한 특성을 분석함으로써 벼 펠릿종자 대량생산을 위한 제조장치 개발을 수행하고자 하였다.

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 연구목표

개발된 벼 펠릿종자 생산의 생력화, 고품질화 및 저비용화를 기하기 위해서는 대량생산이 필수적이므로, 벼 펠릿종자를 효율적으로 대량 생산할 수 있는 일련의 기계장치를 개발하는데 연구목표가 있다.

나. 연구내용

- 1) 종자처리법 및 종자처리 과정, 종자 코팅장치, 상토 처리장치, 정밀 파종장치, 펠릿종자 성형장치, 펠릿종자 선별 및 건조에 대한 기초자료를 수집 분석한다.
- 2) 펠릿용 상토를 선별, 혼합, 반죽하여 벼 종자와 함께 펠릿화 할 수 있도록 하는 펠릿재료 혼합 및 공급장치를 개발하고 펠릿재료 제조성능을 분석한다.
- 3) 성형상토에 펠릿종자 당 3-4립이 들어갈 수 있도록 하는 벼 종자 공급장치를 개발하고 종자배출 성능을 분석한다.
- 4) 성형상토와 함께 벼 종자를 가능한 한 구형으로 성형할 수 있는 펠릿성형기를 개발하고 성형성능을 분석한다.
- 5) 불량 제조된 기형 펠릿종자를 선별 분리할 수 있는 펠릿종자 선별법 및 제조된 벼 펠릿종자의 건조방법을 분석하고 적정 건조법을 구명한다.
- 6) 개발된 벼 펠릿종자 제조 시스템의 시작기를 제작하여 성능시험을 행함으로써 생산능률을 분석하고, 생산비용 산출 등 경제성 분석을 수행한다.
- 7) 생산된 벼 펠릿종자의 물리적인 제 특성을 분석하고 파종 및 재배시험을 통해 파종성능과 재배특성을 분석함으로써 제조 시스템을 보완한다.

다. 관련기술의 현황 및 문제점(연구사)

1) 분체 성형기술

분체소재를 성형하는 기술로서 조립과 코팅방법이 있다. 조립(granulation)은 분말, 용융액, 용액, 슬러리 상태의 원료를 균일한 형상과 크기를 유지하는 입자로 조작하는 것이며, 코팅은 조립 후 표면에 적당한 물질을 피복하는 것을 말한다.

조립의 목적은 조립에 따르는 장점들에서 찾을 수 있는데 다음과 같다.

가) 정량 계량 및 계수

나) 입도, 밀도차 성분 분리 방지로 성분 균일성 유지

다) 밀도 조정 및 통기성 향상

라) 고결성 억제 및 용해성 조정

마) 외관 개선

바) 유동성 양호 운송, 포장, 공급자동화, 정량화 용이

사) 분진발생 방지 및 보존성 향상

한편 코팅의 목적으로는 물체의 보호, 물체의 미화, 물체의 물리적, 화학적, 생물학적, 전기적 성질의 변화로 요약할 수 있다.

조립방법은 분체 및 공기를 유동화하여 물 및 결합제 용액을 스프레이하여 응집조립하는 유동층조립, 분말을 교반날개로 고속도로 혼합 교반하면서 물 및 결합제 용액을 첨가하여 조립하는 교반조립, 스크류, 롤, 피스톤, 블레이드를 이용 분체를 혼합 가습하여 스크린, 다이스에 압출 조립하는 압출조립, 회전드럼, 진동판 등에 분체를 진동면 상에서 운동시키면서 물 및 결합제용액을 첨가 구형의 입자로 응집 조작하는 전동식 조립, 분체를 기류 중에 분산하여 물 및 증기를 스프레이하여 응집조립하는 기류조립, 분말 및 과립을 로타리식이나 롤식의 형틀에 넣고 고압으로 직접 압축하는 압축성형조립, 덩어리의 재료를 적당한 파쇄기를 이용 희망하는 크기로 감소시키는 파쇄조립, 용융액을 노즐로 분사 분산시켜 공기중, 수중, 유중에서 냉각 고화시켜 조립하는 분사조립(제트조립), 액상 또는 니상의 원료를 고온기류 중 분무시켜 액적을 순간 건조시켜 구상의 입자를 얻는 분무조립 등이 있다. 이밖에 만두, 떡, 과자 등 식품분야에서 응용되고 있는 외피와는 다른 소재를 내부에 봉입하여 성형하는 포성형기(incrusting machine)를 이용한 조립방법이 있다.

이상과 같은 조립방법 중 본 연구에서 추구하고 있는 3 ~ 4 개의 벼 종자를 포함한 상토를 주재료로 한 10 mm내외의 구형 벼 펠렛종자의 대량생산을 위해서는 압축성형 조립, 포 성형방법이 적용 가능한 것으로 판단된다.

압축성형 조립기는 그림 2-1-1, 2-1-2에서와 같이 로타리식 타정기와 롤식

정제성형기가 있다.

로타리식 타정기는 회전하는 원판에 타정봉을 상하 설치하고 상하에 타정봉을 운동을 조정하는 궤도를 따라 움직이면서 호퍼에서 공급장치를 이용 타정봉 사이에 원료를 공급하고 압축롤을 이용 타정봉을 압축함으로써 성형한 후 배출하는 기계이다. 주요 구조는 회전원판, 타정봉, 상하 궤도 원료공급장치, 압축롤, 완충장치, 중량조정장치, 동력전달장치 등으로 구성되어 있다.

롤식 정제 성형기는 롤의 외주에 원하는 모양의 홈을 판 2 개의 롤을 같은 속도로 회전시키면서 롤 윗부분에서 원료를 공급 압축하여 성형시키는 기계이다. 주요 구조는 2 개의 롤, 성형압력 유지를 위한 습동축 롤에 장치된 유압 지지장치, 롤 베어링 및 동력전달장치, 원료공급장치, 롤 베어링 부하력을 감지 자동적으로 원료공급장치의 공급량을 조절하는 자동공급장치 등으로 구성되어 있다. 성능에 영향을 미치는 요소로서는 분체의 압축성, 분체의 입도조성, 분체의 가소성, 입자의 표면상태, 홈의 형상, 롤의 회전수, 점결제 및 활택제의 특성 등이 있다.

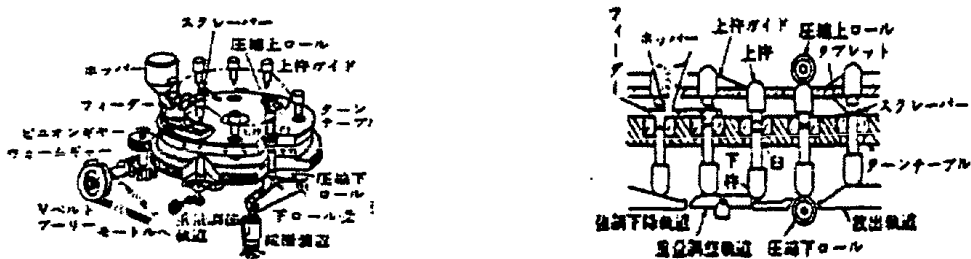


Fig. 2-1-1 A schematic diagrams of the rotary type tablet machines

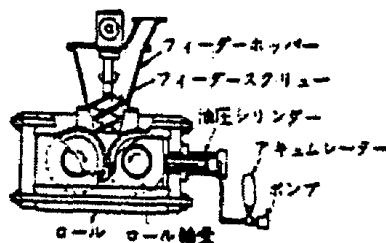


Fig. 2-1-2 A schematic diagram of the roll type tablet machine

포성형기는 포속에 충전물을 감싸넣는 유동현상을 응용한 것으로 유동학적 성형역학(리올로지적 성형역학)에 의해 설명할 수 있다. 그림 2-1-3에서와 같이 마주보는 2 개의 디스크가 같은 방향으로 회전하면서 디스크 중앙에 공급된 재료를 구형으로 연속적으로 분할 성형해 가는 성형법이다. 재료는 연속적인 긴 봉상체가 공급되어 원통상으로 회전에 따라 들어간 원주면을 갖는 2 개의 디스크에 의하여 분할과 동시에 구형으로 성형되어 절단작용과 성형작용이 동시에 행하여 진다. 그림 1-3은 공급된 2중 구조의 재료가 포 구조로 성형되는 것을 나타낸 것으로 S1과 S2는 전단응력과 수직응력을 나타낸 것이다. 최근에는 이 리올로지적 성형방법을 이용하여 3중 구조나 다중 구조의 포 성형에도 응용되고 있다.

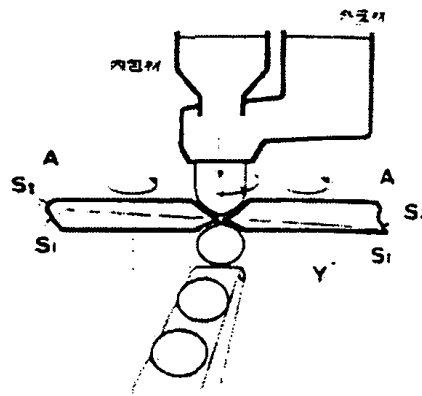


Fig. 2-1-3 A schematic diagram of the sphere bun former

2) 종자 성형기술

작물의 종자 크기가 작거나, 가볍고 그 형태가 불규칙 할 경우 인력에 의하거나 기계 파종이 어렵고 파종 효율을 저하시키는 문제가 발생하므로 파종 후 입묘의 생육 관리가 필요하다. 이러한 문제점을 미리 해결하기 위한 방안의 하나로서 종자의 크기나 효용성 증대를 위해 종자 처리의 인위적 기술이 개발되고 있다(김석언, 2000).

펠렛종자 제조는 종자에 불활성 재료를 첨가하여 크기를 조절하거나 특별한 물질의 첨가를 통해 이용성과 생력성을 증대시키는 방향으로 응용되고 있

다. 이러한 종자처리를 통틀어 종자 코팅이라 하며, 코팅종자에 대해서 Roos 와 Moore (1975)는 종자를 코팅하여 알 모양이나 정제 모양으로 만든 것, 종자를 수용성 테이프에 싸서 길게 만들어 파종 작업을 편리하게 만든 것 등으로 정의하였다.

Talyor와 Harman (1990)은 코팅종자를 구체적으로 나누어 seed coating 과 seed pellet으로 나누어 정의하였는데 seed coating은 종자의 모양이나 크기를 변화시키지 않는 정도에서 재료를 부착 처리하는 것을 의미하며, seed pellet은 종자에 재료를 부착시켜서 크기나 무게가 증가되도록 하는 처리를 뜻하는 것으로 보았다.

Bulan (1991)은 pellet은 정교한 파종을 위해 종자를 등글게 성형하는 형태로 발달되어 왔으며, 항공살포에서 pellet과 coating 종자는 포장 출아, 입묘율의 안정화를 꾀하는 하나의 기술로 이용되고 있음을 보고하였다.

김석언 (2000)은 종자를 피복 시켜 대형화 할 때 몇 가지 일반적인 잇점으로 정확하고 정해진 간격으로 파종하여 묘 솟음 작업을 생략할 수 있고, 기계 파종과 수확 및 제초가 용이하며, 다수확을 위한 단위면적 당 일정 주수를 쉽게 조절할 수 있고, 기계관리가 쉬우며, 묘 솟음 작업이 생략됨에 따라 뿌리의 손상을 줄일 수 있으며, 일정 간격으로 파종이 가능함으로 종자의 경합을 줄이고 성숙을 고르게 하여 수량과 품질을 높일 수 있으며, 종자를 절약할 수 있다는 잇점 등이 있음을 보고하였다.

Miller (1971)와 Bensin (1974)은 당근, 상추, 토마토, 양파, 사탕무 종자에 대한 펠렛 시험에서 펠렛재료로 여러 가지 입자 크기의 모래를 사용하였는데 모래 입자가 작을수록 또 펠렛 두께가 두꺼울수록 산소의 투과가 억제되어 발아장애가 일어남을 보고하였다.

펠렛재료와 접착제에 대한 연구로서 Longden (1975), 민과 이 (1983), Olssen (1978)은 양파 종자의 pellet에 사용한 접착제는 metyl cellulose, carboxymethyl cellulose, starch, polyvinyl 수지, vinamul 8450, 8330 등이

보고되고 있는데 이용 접착제에 따라 펠렛종자의 경도가 각각 다름을 보고하였다.

종자를 펠렛화 하기 위한 기본 요소로는 기계, 펠렛재료(증량제, 첨가제 등) 및 접착제(binder)가 있어야 한다. Longden (1975)은 펠렛화 하는 방법으로 분말로 된 펠렛재료 사이에 종자를 넣어 찍어내는 방법(stamping), 펠렛재료와 접착제를 혼합한 현탁액을 기계 밑에서 분무하면서 종자에 현탁액이 부착되도록 하는 방법(slurry coating), 그리고 종자를 기계 내에서 회전시키면서 접착제를 종자에 분무하고 이어서 분말로 된 재료를 첨가하는 방법(rolling machine) 등이 있음을 보고하였다.

종자를 처리하는 기계에 대한 연구로 内藤俊男 (1963)은 종자를 코팅하기 위한 2 가지 방식으로서 coating pan과 tableting machine를 이용하였는데, coating pan은 회전하는 팬의 중앙에 종자와 코팅제를 투입시키고 열풍을 가하는 장치로서 bear barley, barley, wheat 종자에 적당하였고, tableting machine은 수동식으로 벼 낱알 종자를 정제화하는 기계로서 비교적 작은 종자인 rape-seed나 turnip, radish와 같은 종자에 적당함을 보고하였다. 그리고 제조된 코팅 종자의 발아율에 대한 실험결과 코팅된 종자와 일반종자 사이에 차이가 보이지 않았음을 보고하였다.

Shigh (1996)는 세 가지 방식의 펠렛종자 제조장치(seed pelleting machine)로서 hand pelletizer와 power machine, tire type를 연구하였는데, hand pelletizer와 power machine은 종자와 점토의 혼합은 무게를 기초로 1.5의 비율로 사용하였고, 함수율은 10 % ~ 12 %로 하여 혼합된 토양과 종자를 회전하는 auger로 다공 압력 판에 밀어 넣어 10 mm ~ 15 mm의 펠렛을 형성하였다. tire type은 타이어 내부에 종자를 투입하고 타이어를 수직 고정시켜 회전시키는 동안 혼합물을 뿌려 구형 볼을 형성하는 장치이다. 제조된 펠렛 당 종자의 수는 지름 6 mm ~ 8 mm와 10 ~ 12 mm 길이의 원통형 펠렛에 대해 2 립 ~ 6 립이었고 제조된 펠렛종자의 강도 또한 적당하였으며, 발아 시험에서

power machine의 경우 9 % ~ 11 %까지 감소를 보였으나 hand pelletizer와 tire type의 경우 차이를 보이지 않았음을 보고하였다.

이밖에 종자를 처리재료로 피복하기 위한 혼합기 개발에 대한 연구(1993, Clarke외), 종자를 펠렛화 하기 위하여 왕복 회전 운동하는 후라이 팬을 이용한 연구(1967, Miller외) 등이 수행되었으나 본 연구에서 추구하고 있는 3 ~ 4 개의 벼 종자를 구형으로 펠렛화하여 대량생산을 하려고 하는 목적에는 적합치 않은 것으로 판단되었으며, 또한 본 연구 참여기업에서 특허를 출원한 수도작 재배용 종자환 제조기도 대량생산이 어려운 것으로 판단되었다.

대부분 종자 처리와 관련된 기존의 연구들은 종자 처리로서 종자의 코팅 및 정제화, 펠렛화를 위한 재료, 처리 방법, 처리에 따른 파종작업 특성, 생육특성 연구가 주류를 이루고 있으며, 특히 실용화를 위한 벼 펠렛종자 제조 기계 개발 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 이상과 같은 성형 조립 기계들과 지금까지의 연구내용을 참고하여 본 연구에서 의도하고 있는 3 이상의 벼 종자를 포함한 12 mm 내외의 구형 벼 펠렛종자 대량생산이 가능한 벼 펠렛종자 제조기계를 개발하고자 하였다.

제2절 벼 펠릿종자 제조 시스템 기본구상

1. 벼 펠릿종자 제조과정

벼 펠릿종자의 제조과정은 벼 종자와 펠릿상토를 분리하여 벼 펠릿종자 제조장치에 공급하는 방법과 같이 혼합하여 벼 펠릿종자 제조장치에 공급하는 2가지 방법을 고려하였다.

그림 2-2-1은 1차로 구상한 벼 종자와 펠릿상토를 분리하여 벼 펠릿종자 제조장치에 공급하는 방법에 의한 벼 펠릿종자의 제조과정을 나타낸 것이다.

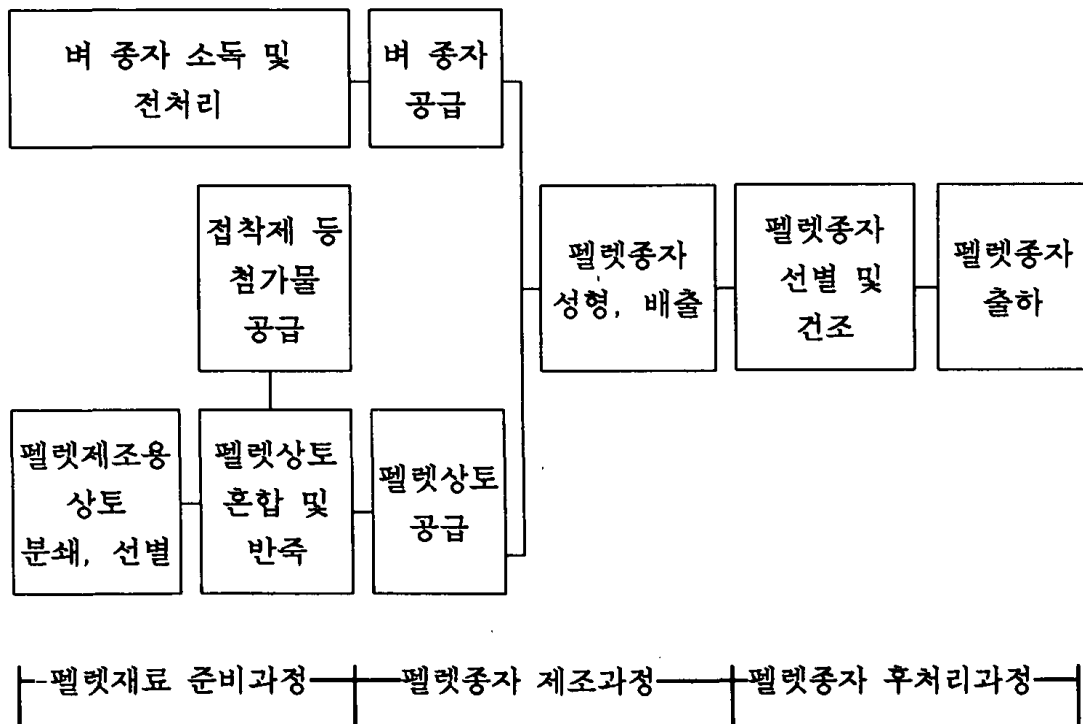


Fig. 2-2-1 A block diagram of pelleting procedure when rice seeds and soil are supplied separately to the pelleting machine

그림에서와 같이 펠릿재료의 준비 과정으로서 벼 종자는 공급을 원활하게 하기 위하여 까락을 제거하고, 소득 및 필요한 전처리를 하며, 펠릿제조용 상토는 분쇄하여 일정 크기 이하의 토양을 체로 선별하여 접착제 등 첨가물과

혼합 반죽하여 준비한다. 준비된 벼 종자와 펠릿상토는 벼 종자 수의 정확한 공급과 공급 벼 종자의 성형 시 손실을 줄이기 위하여 펠릿종자 제조장치에 독립적인 공급장치를 공급되며 펠릿종자 제조장치에 의하여 이들을 압축 성형되어 배출됨으로써 벼 펠릿종자가 제조된다. 제조된 벼 펠릿종자는 기형으로 제조된 것을 골라내고, 성형시 성형 면에서 빠져 나와 부착된 상토를 제거하여 온전한 구형의 벼 펠릿종자를 선별하는 과정을 거치게 된다. 또한, 파종 전 까지 펠릿종자의 보관, 취급성을 용이하게 하기 위해서는 강도 유지가 필요한데 이를 위하여 건조를 행하게 되고, 최종적으로 건조된 벼 펠릿종자를 출하 파종하게 된다.

한편, 처리된 벼 종자와 펠릿상토를 같이 혼합 반죽하여 벼 펠릿종자 제조장치에 공급하는 경우 벼 펠릿종자 제조과정을 나타낸 것이 그림 2-2-2이다.

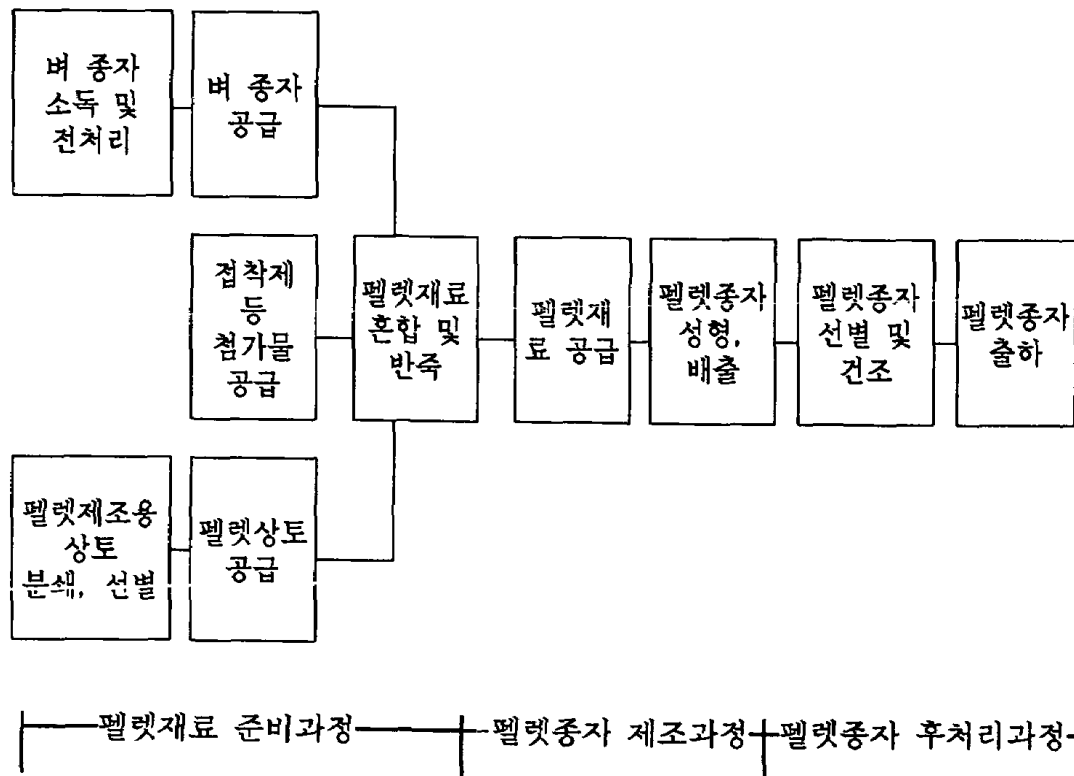


Fig. 2-2-2 A block diagram of pelleting procedure when mixture of rice seeds and soil is supplied to the pelleting machine

이는 혼합 반죽과정과 성형 과정에서 일부 벼 종자의 손상이 일어나지만 펠렛재료 처리의 단순화와 벼 펠렛종자 제조장치 구조의 단순화 및 능률적인 벼 펠렛종자 제조를 위하여 이 방법을 고려하였다.

2. 벼 펠렛종자 제조 시스템 설계 고려사항

가. 벼 펠렛종자

벼 펠렛종자 제조 시스템에 의하여 제조하려 하는 벼 펠렛종자는 다음과 같은 특성을 필요로 한다.

- 1) 제조된 벼 펠렛종자는 적절한 성장촉진제 침종, 분의 처리 등 종자 전처리를 통하여 파종 후 발아까지의 기간을 짧게 해야 하며, 저온에서의 발아특성이 우수해야 함.
- 2) 제조된 벼 펠렛종자는 가능한 한 구형으로 제조하여 정밀파종기에 의한 파종이 용이하여야 함.
- 3) 제조된 벼 펠렛종자는 접착제 첨가 및 건조를 통하여 적절한 강도를 유지함으로써 취급성이 좋아야 함.
- 4) 제조된 벼 펠렛종자는 담수직파 상태에서의 발아와 유동성을 고려할 때 붕괴성이 적절하여야 함.
- 5) 제조된 벼 펠렛종자는 발아 및 입모를 위한 적절한 종자 수, 펠렛재료 양 등을 유지해야 하며, 가능한 한 이들 재료를 효율적으로 적게 사용하여 소형으로 제조함으로써 정밀파종기의 파종작업 능률을 극대화시킬 수 있어야 함.
- 6) 제조된 벼 펠렛종자는 가능한 한 비료, 살균 및 살충제, 제초제 등 첨가물 배합을 통하여 파종 후 작업의 생력화를 도모할 수 있도록 함.

나. 벼 펠렛종자 제조장치

벼 직파재배에 적합한 구형 벼 펠렛종자를 대량 생산하기 위한 실용적인

제조장치 개발을 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여 실험용 시작기를 설계·제작하였다.

- 1) 벼 펠렛종자 제조장치는 조수와 기타 장치의 제원만 늘리면 펠렛종자의 대량제조가 가능토록 하며, 가능한 한 그 구조는 단순, 소형화한다.
- 2) 조사 및 예비실험 결과 펠렛종자 내 전처리된 완전 벼 종자의 수가 3립 이상이면 발아에 문제가 없는 것으로 나타났기 때문에 펠렛종자 내에 3립 이상의 완전 종자를 포함토록하며, 제조 시 벼 종자의 손상을 최소화하도록 한다.
- 3) 직파용 벼 종자 제원, 펠렛재료의 특성을 고려하여 제조장치는 가능한 한 최소직경의 구형 펠렛종자를 제조하도록 하여 정밀파종기에 의한 파종 및 취급성이 용이하도록 한다.
- 4) 벼 펠렛종자의 적절한 강도 유지를 위하여 압축성형하여 제조함으로써 취급성과 파종 상태에서 발아를 위한 붕괴성이 적절하도록 한다.

이와 같은 설계 고려사항을 기본으로 하여 본 연구에서는 벼 종자와 상토를 접착액으로 혼합한 펠렛재료를 반구형의 성형홈이 파여진 두 개의 회전성형롤에 압입시켜 구형의 펠렛종자를 제조하도록 하는 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하였다.

제3절 1차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치

그림 2-3-1은 최초 구상 설계된 벼 펠렛종자 제조 시스템의 개략적인 구조도를 나타낸 것이다. 이 시스템은 상토 선별장치, 상토 및 접착제 등의 펠렛재료 혼합 및 공급장치, 벼 종자 공급장치, 펠렛재료와 벼 종자를 구형으로 성형 제조하는 벼 펠렛종자 제조장치, 동력전달 및 이송장치 등으로 구성하였으며, 작동은 상토를 선별 분쇄한 후 접착제, 비료, 방제 약제 등 펠렛재료 첨가물과 혼합하여 스크류컨베이어와 평롤러를 이용 펠렛상토를 만든 후 전처리된 벼 종자를 벼 종자 공급장치에 의해 일정량 공급하여 펠렛종자 제조장치를 이용 구형의 벼 펠렛종자를 제조토록 하였다.

그러나 구형 펠렛종자의 제조 가능성을 타진하면서 시스템의 각 부분을 제작 시험하던 중 다음과 같은 문제점들이 발생되어 시스템을 대폭 수정하였다.

- 평롤러에 의해 공급된 펠렛상토 위에 벼 종자 공급장치에서 배출된 종자의 간격을 일정히 맞추기가 어렵고 분산이 심해 성형롤러의 홈에 맞추어 공급하기가 어렵다.
- 펠렛성형롤에 종자와 펠렛상토 공급시 펠렛상토의 밀림현상으로 3 ~ 4 개 종자가 들어 있는 펠렛종자 제조가 어렵다.
- 펠렛성형기에서 펠렛종자 제조 후 여분의 펠렛상토를 처리할 필요가 있으며, 효율적인 펠렛상토 이용이 이루어지지 않는다.
- 펠렛종자 성형 시 어느 정도 압력을 가하여 압축 성형할 필요가 있으며, 특히 성형 후 성형 홈에서 제조된 펠렛종자를 원활히 배출할 수 있는 배출장치가 필요하다.
- 펠렛재료 공급장치, 벼 종자 공급장치, 펠렛 성형장치를 집중화하여 컴팩트한 구조로 제작할 필요가 있다.

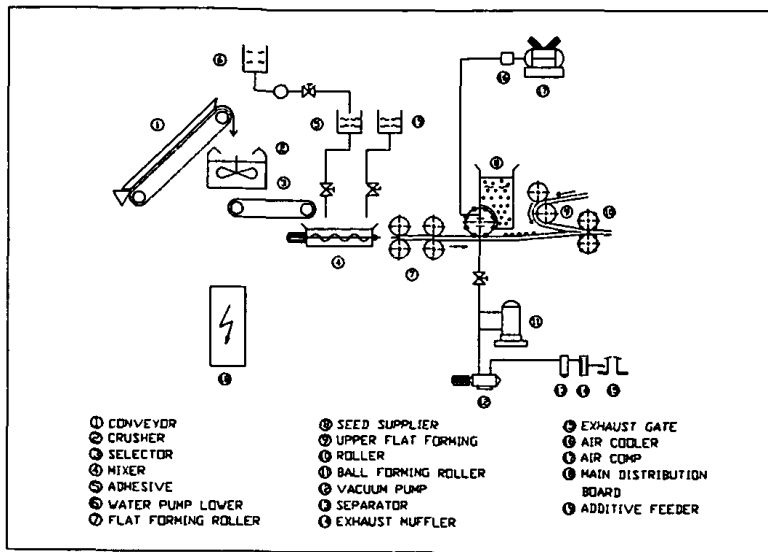


Fig 2-3-1 A schematic diagram of the rice seed pelleting system

이상의 문제점들을 고려하여 1차적으로 구형 벼 펠릿종자 제조에 필요한 기본적인 핵심 기능인 벼 종자와 펠릿상토 등 펠릿재료를 공급받아 벼 펠릿종자로 압축 성형하여 배출하는 기능을 갖는 실험용 벼 펠릿종자 제조장치를 1 - 2차년도에 걸쳐 설계, 제작하고 성능시험을 수행하였다.

1차 설계 제작된 실험용 펠릿종자 제조장치는 벼 종자는 진공에 의해, 펠릿상토는 스크류 컨베이어에 의해 독립적으로 성형장치에 공급되며, 성형장치는 2 개의 반구형 홈이 파여진 성형롤를 이용 압축 성형토록 하였으며 성형롤 내부에 고정된 이중 캠과 이에 의하여 작동되는 압축봉, 배출핀을 설치 성형시 압축과 성형 후 펠릿종자의 배출이 이루어지도록 하였다. 이와 같이 설계 제작된 1차 벼 펠릿종자 제조장치의 성능시험 및 제조 벼 펠릿종자의 특성을 분석함으로써 실용적인 벼 펠릿종자 제조장치 개발을 위한 주요부의 기초자료, 구형 벼 펠릿종자의 제조가능성, 벼 펠릿종자 제조용 상토 및 접착제의 조건 등을 구명하고자 하였다.

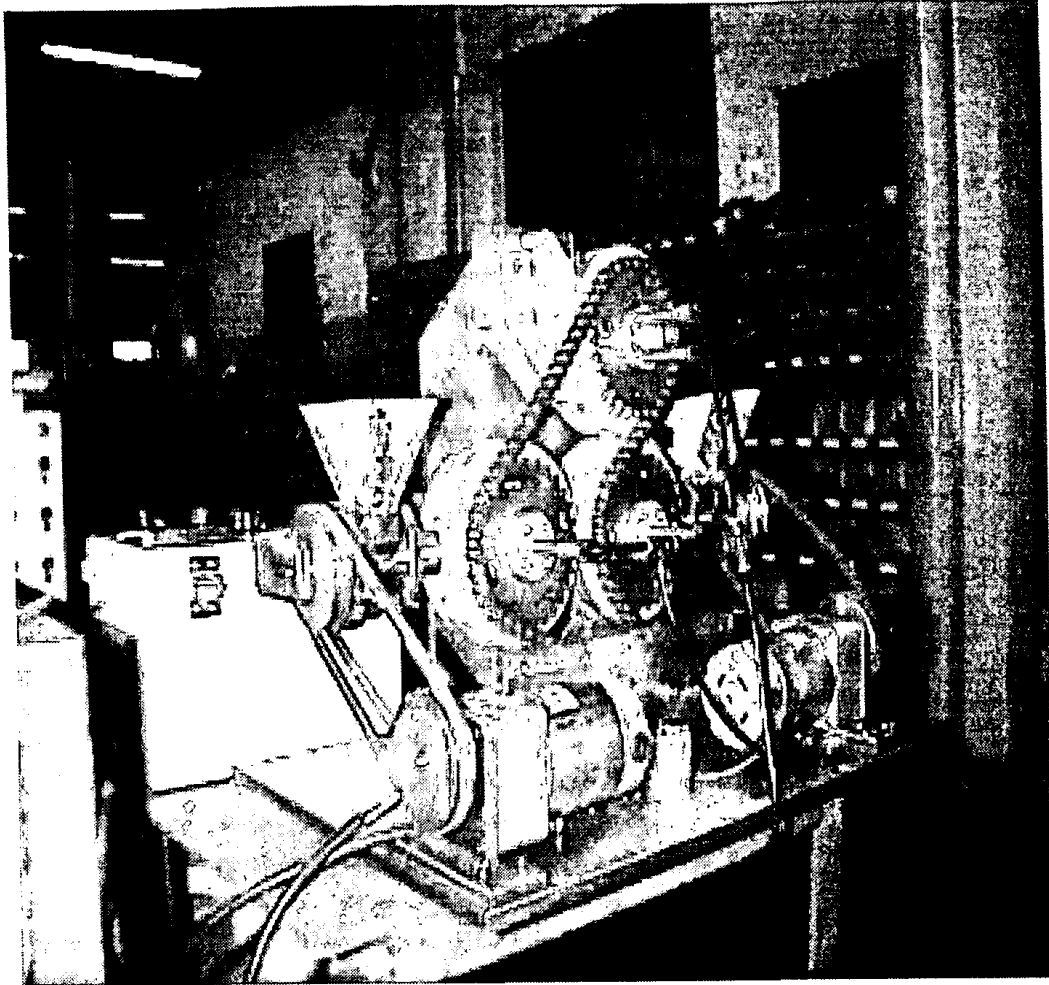


Fig. 2-3-2 A view of the first experimental rice seed pelleting machine

1. 설계 및 제작

실험용 펠릿 제조장치 구조도를 개략적으로 나타낸 것이 그림 2-3-3이다.

이 장치의 주요 구조는 그림에서와 같이 2개의 펠릿성형롤을 중심으로 펠릿성형롤의 성형홈에 펠릿상토를 공급하는 스크류컨베이어를 이용한 펠릿상토 공급부, 벼 종자호퍼와 진공을 이용하여 벼 종자를 홈에 부착 정확히 펠릿성형롤의 성형홈에 종자를 공급하는 벼 종자 공급롤, 진공배관 및 펌프로 구성된 벼 종자 공급부, 벼 종자와 펠릿상토를 압축 성형하여 배출하는 한쌍의 성형롤, 롤 내의 고정된 이중 캠에 의하여 작동되는 반구형 홈이 파여진 성형봉 및 성형된 펠릿종자를 배출하는 배출핀으로 구성된 펠릿종자 성형 및 배출부

그리고 구동원으로서 DC 및 AC모터와 모터 컨트롤러, 펠릿성형롤과 벼 종자 공급롤에 부착된 체인 전동장치, 펠릿상토 공급장치의 V벨트 전동장치 등 구동 및 동력전달부, 각 부를 지지 부착하는 프레임 등으로 구성되어 있다.

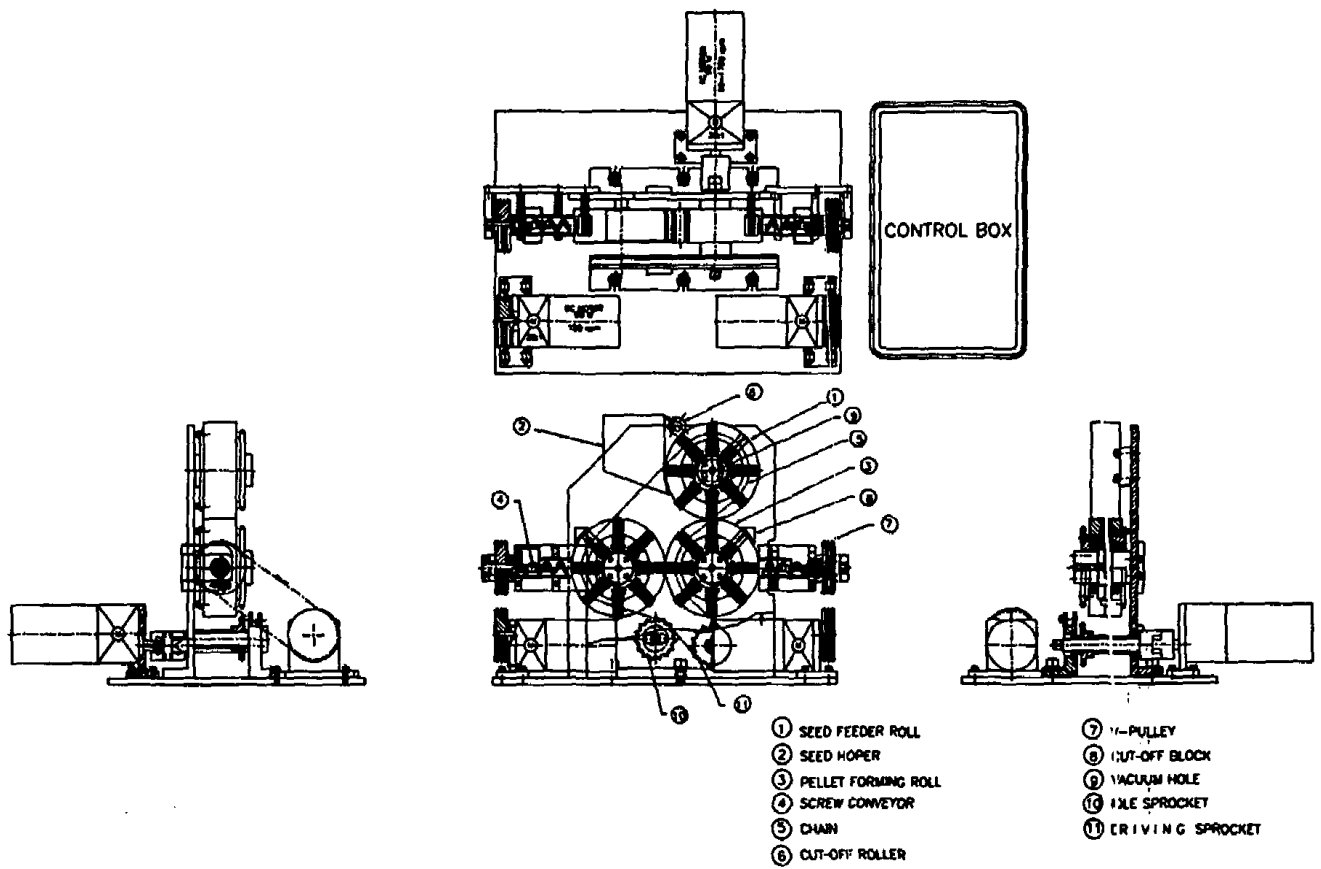


Fig. 2-3-3 A schematic diagram of the first experimental rice seed pelleting machine

가. 벼 종자 공급부

벼 종자 공급부는 벼 종자 호퍼, 진공을 이용하여 철망이 부착된 홈에 벼 종자를 부착 펠렛 성형롤의 성형홈에 종자를 공급하는 벼 종자 공급롤(그림 2-3-4), 진공배관 및 펌프(1/2 마력, 모델명 : SM 401, 제조회사 : Shin Myung electric MFG. Co)로 되어 있다.

벼 종자 공급부는 펠렛 성형장치에 3개 이상의 벼 종자를 공급시키기 위하여 벼 종자의 크기를 기준으로 홈 직경과 홈 깊이, 홈내의 철망 눈금의 크기를 달리하여 공급롤의 회전속도와 진공압의 수준에 따른 종자 배출량 조사를 하였다.

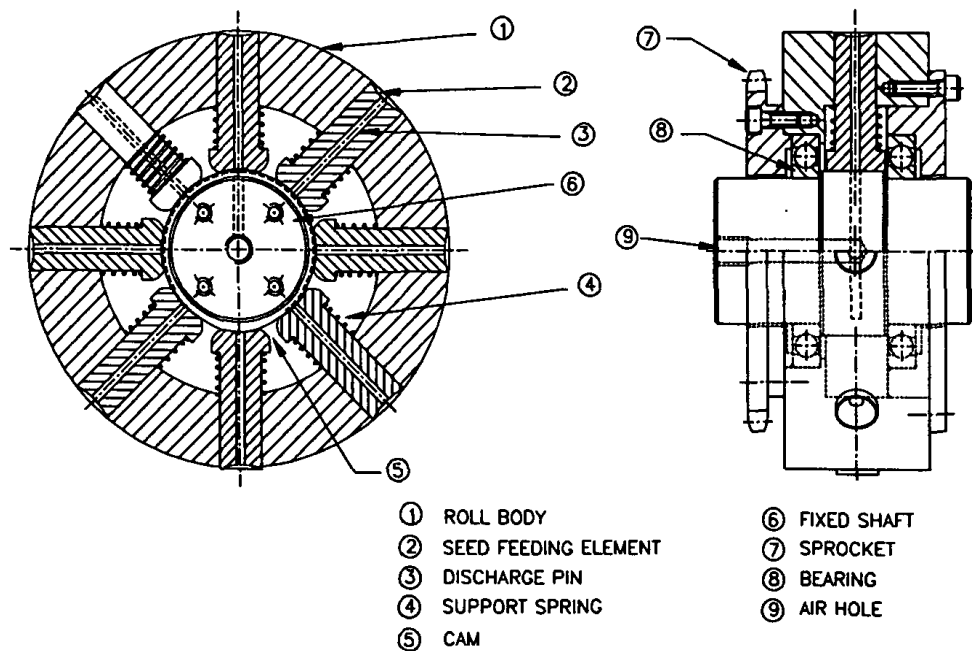


Fig. 2-3-4 A schematic diagram of the rice seed supply roll

홈 직경과 홈 깊이는 벼 종자 공급홈에 들어가는 종자량을 기준으로 설정하였는데 홈 직경은 벼 종자 길이와 비슷한 7.4 mm, 그리고 약간 큰 8.0 mm와 9.4 mm로, 홈 깊이는 3.2 mm, 4.3 mm, 4.6 mm로, 철망 눈금은 40번과 50번으

로 제작하여 톨 회전속도 5 rpm, 10 rpm, 15 rpm, 그리고 진공압은 절대압력으로 45 cmHg, 50 cmHg, 55 cmHg의 조건에서 예비실험을 실시하였다. 실험 결과 흙 직경 7.4 mm, 흙 깊이 4.3 mm, 흙 철망 번호 40, 진공압은 절대압력 50 cmHg에서 3 ~ 4 개의 벼 종자가 배출되어 적정 배출량을 유지할 수 있는 것으로 나타나 이를 이용하였다.

나. 펠렛상토 공급부

펠렛상토 공급장치는 그림 2-3-5에서와 같이 펠렛재료 혼합장치에서 혼합된 펠렛상토를 공급호퍼에서 스크류 컨베이어를 이용 펠렛성형롤의 성형흙에 공급토록 제작하였다. 그러나 펠렛성형롤이 저속으로 회전하는 경우는 문제가 없었으나 펠렛상토의 함수율이 너무 낮거나 펠렛성형롤이 고속으로 회전하는 경우 성형흙에 공급이 원활치 현상이 발생하여 공급스크류와 성형롤 사이에 블록을 설치하여 펠렛재료의 압입공급 및 펠렛재료의 컷음, 여분의 펠렛재료 배출 기능 등을 갖도록 하였다.

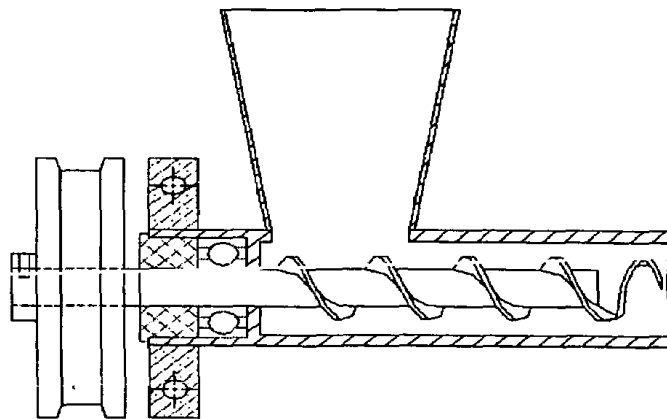


Fig. 2-3-5 A schematic diagram of the soil supply part

다. 펠릿종자 성형 및 배출부

펠릿성형롤의 구조도를 나타낸 것이 그림 2-3-6이다. 펠릿 성형장치는 2개의 성형회전롤을 이용 여기에 반구형의 홈을 갖는 성형봉과 성형봉의 반구형 홈 가운데 성형 후 펠릿종자를 배출할 수 있는 배출봉을 설치하고 2개의 성형회전롤을 같은 속도로 회전시키면서 성형봉과 배출핀을 캠으로 운동시킴으로써 성형시 압축과 성형 후 구형 펠릿종자를 배출하는 회전롤식 펠릿 성형장치이다.

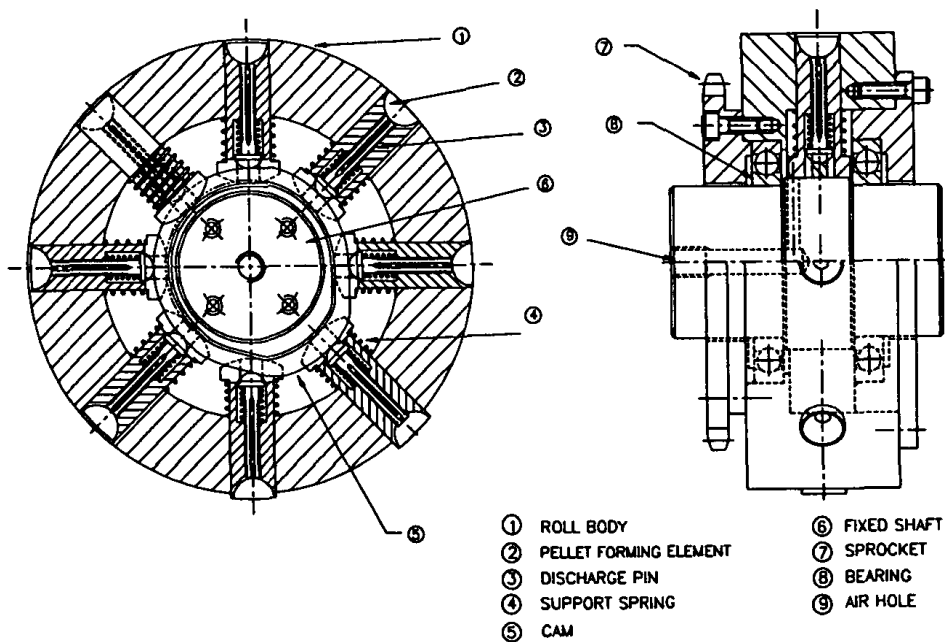


Fig. 2-3-6 A schematic diagram of the forming roll and discharging pins

롤에는 1조 8개의 반구형 홈을 갖도록 하였으며, 조수와 롤의 제원만 늘리면 펠릿종자의 대량 제조가 가능토록 하였는데, 직파용 벼 종자로 추천된 품종인 동안벼의 길이와 두께를 측정한 결과 약 7.3 mm, 3.2 mm로 우선 상토와 접착제 만으로 3 - 4 개의 종자를 넣어 손으로 펠릿화하여 만들었을 때 최소 제조 가능한 펠릿종자의 크기는 직경이 약 8.9 - 9.7 mm, 펠릿당 무게가 약 0.6 - 0.8 g 인 것으로 조사되어 1차적으로 실험용 펠릿 제조장치는 직경 10

mm로 펠릿종자를 제조하도록 하였으나 예비실험 결과 펠릿에 들어가는 종자수가 1 -3 개로 조사되어 성형홈의 직경을 14 mm로 수정하였다.

펠릿재료의 압축성을 고려하고, 제조 펠릿종자의 압축강도 유지를 위하여 펠릿 성형시 성형봉을 캠에 의해 2 mm 운동시켜 압축성형이 이루어지도록 하였으며, 제조된 펠릿종자의 홈에서의 배출을 돕도록 성형봉의 반구형 내에 배출핀을 설치하며, 캠에 의해 3 mm 운동시켜 홈에서 제조된 펠릿종자를 밀어 배출하도록 하였다.

라. 기타 보완사항

펠릿상토 공급장치의 구조도는 그림 2-3-5에서와 같이 펠릿재료를 공급호퍼에서 스크류 컨베이어를 이용 펠릿 성형롤의 성형홈에 공급토록 하였다. 그러나 펠릿성형롤이 저속으로 회전하는 경우는 문제가 없었으나 펠릿상토의 함수율이 너무 낮거나 펠릿 성형롤이 고속으로 회전하는 경우 성형홈으로의 펠릿재료 공급이 제대로 안되는 현상이 발생하여 어느 정도 펠릿재료 함수율 범위 내에서 펠릿 성형롤의 회전속도가 증가되더라도 원활한 공급을 기할 수 있는 장치의 보완을 추진하였는 바 공급스크류와 성형롤 사이에 그림 2-3-7과 같은 블록을 설치하여 펠릿재료의 압입공급 및 펠릿재료의 컷오프, 여분의 펠릿재료 배출 기능 등을 갖도록 장치를 보완하였다.

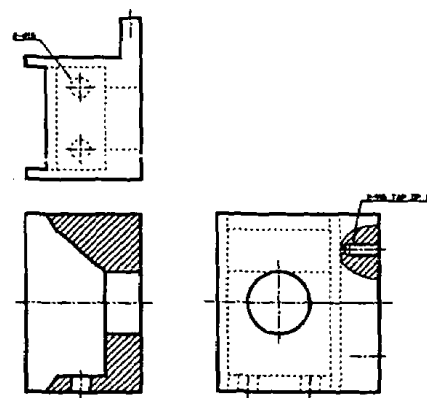


Fig. 2-3-7 A schematic diagram of the soil supply block

또한 예비실험 결과 종자배출장치의 벼 종자가 성형률의 반구형 흠에 종자를 배출할 때 종자가 흘러내리는 경향이 있어 배출된 종자를 반구형 흠에 눌러 흘러내리지 못하도록 하는 톨을 보완하였다.

2. 성능시험

가. 재료 및 방법

1) 시험재료

가) 펠렛 제조용 벼 종자

품종은 동안 벼를 사용하였으며 벼 종자의 평균 길이는 7.3 mm, 평균 폭은 3.2 mm 그리고 평균 두께가 2.4 mm 이다.

나) 펠렛용 상토

펠렛 재료용 상토로는 산적토로서 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취하였으며 500 μm (체 번호 35)와 850 μm (체 번호 20)의 체를 사용하여 각 체를 통과한 입자를 준비하였다. 산적토의 비중은 2.67이며 화학적 성분에 대한 조사 결과는 표 2-3-1과 같다.

Table 2-3-1 Chemical properties of the soil

pH (1:5H ₂ O)	EC (ds/m)	O.M (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	SiO ₂ (mg/kg)	C.E.C (cmol ⁺ /kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
5.0	0.04	4.8	1	109	9.9	0.37	2.18	0.93

다) 접착제

펠렛 재료용 접착제 재료로서 아라비아고무(제조회사: Junsei Chemical Co., 순정일급, 분말)를 사용하였으며 제조방법으로는 물 100 cc에 아라비아고무 10 g과 20 g의 혼합접착액을 만들고 상토 100 g당 접착액의 양을 실험 수준에 따라 달리하여 상토와 함께 혼합 반죽하여 사용하였다.

2) 성능실험

가) 종자 공급장치 성능 실험

펠렛 성형장치에 3개 이상의 벼 종자를 공급시키기 위하여 표 2-3-2에서와 같이 벼 종자의 크기를 기준으로 흠 직경과 흠 깊이를 달리하여 공급률의 회전속도와 진공압의 수준에 따른 종자 배출량 조사를 하였다.

Table 2-3-2 A experimental plan for testing rice seed supplying roll

요 인	수 준			
흠 철망 번호	50			40
흠 직경 (mm)	9.4	8.0		7.4
흠 깊이 (mm)	3.2	4.3	4.6	4.3
회전속도(rpm)	5, 10, 15	5, 10, 15	5, 10, 15	5, 10, 15
절대압력 (cmHg)	45, 50, 55	45, 50, 55	45, 50, 55	45, 50, 55

흠 직경과 흠 깊이는 벼 종자 공급흠에 들어가는 종자량을 기준으로 설정하였는데 흠 직경은 벼 종자 크기 보다 처음엔 약간 큰 8.0 mm와 9.4 mm로 제작하였으며, 흠 깊이는 흠 직경 8.0 mm일 때 4.3 mm, 4.6 mm로 흠 직경 9.4 mm일 때는 3.2 mm로 실험하였다. 예비 실험 결과 흠의 직경이 큰 경우 성형롤 흠에 종자가 퍼져서 떨어져 종자 손실이 유발되어 실제 펠렛에 들어가는 종자 개수가 저하되었으며, 압축성형 시 접착력이 떨어지는 경향이 있었다. 따라서 이를 개선하기 위하여 흠 직경을 7.4 mm로 하고 흠 깊이는 4.3 mm로 하여 실험하였다.

진공압 발생장치는 1/2 마력 진공펌프(모델명: SM 401, 제조회사: Shin Myung electric MFG. Co)를 이용하였으며 진공도는 절대압력 45 cmHg, 50 cmHg, 55 cmHg의 3 수준으로 정하였다.

공급률의 회전속도는 5, 10, 15 rpm의 3 수준으로 설정하였는데 이의 원주

속도는 2.36 m/min, 4.71 m/min, 7.07 m/min에 해당한다. 종자 공급함에 부착된 철망은 번호 40과 50를 사용하여 종자 배출량에 대한 조사를 하였다.

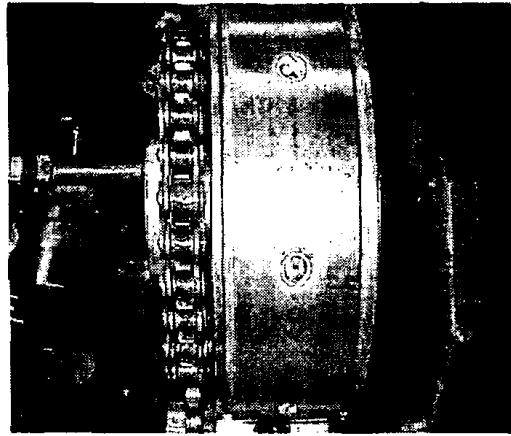


Fig. 2-3-8 A view of the rice seed supplying roll

나) 펠릿종자 제조장치 성능 실험

벼 펠릿종자 제조장치에 대한 구체적인 성능실험 계획은 표 2-3-3과 같다. 펠릿상토 입경, 접착액 농도, 접착제 함량, 성형롤의 회전속도에 따른 펠릿종자의 제조 후 및 건조 후 특성을 분석하였다.

Table 2-3-3 A plan for testing the first experimental pelleting machine

요 인	수 준	분 석 항 목
펠릿상토 입경	500 μm 이하	<u>펠릿종자 제조 후:</u> 성형롤 중량, 직경 비틀림비율 <u>펠릿종자 건조 후:</u> 중량 및 함수율 압축강도 펠릿종자 내 벼 종자 수
	850 μm 이하	
접착액 농도	아라비아고무 10 %	
	아라비아고무 20 %	
접착제 함량	상토 100 g당 30 ml	
	상토 100 g당 35 ml	
	상토 100 g당 40 ml	
성형롤 회전속도	5 rpm	
	10 rpm	

벼 펠렛종자 제조 후 분석 항목으로 성형률은 투입된 펠렛상토 및 벼 종자의 무게에 대한 제조된 완전 벼 펠렛종자의 무게비로 나타내었다.

벼 펠렛종자의 무게, 수직 방향과 수평 방향으로의 직경은 각 수준 당 50 개의 펠렛종자를 취하여 구하였다. 성형이 이루어질 때 두 개의 성형롤에 의해 정확하게 두 홈이 압착하지 못하고 어긋나게 압착이 되어 비틀려서 제조된 펠렛종자를 볼 수 있는데 제조 펠렛종자 중 비틀려서 제조된 펠렛종자의 비율을 비틀림비율로 정의하였다. 비틀림 조사 범위는 1.0 mm 이하, 1.0~1.5 mm 이하, 1.5~2.0 mm이하의 범위까지 이고 2.0 mm를 초과한 범위에 있어서는 성형이 이루어지지 않은 것으로 보았다.

건조 후 분석으로 각 요인 별로 제조된 50 개의 펠렛종자를 건조기에 넣어 내부 온도 110 ℃로 일정한 중량이 될 때까지 건조시킨 후 감소된 중량을 측정하여 함수율을 구하였다.

압축강도는 건조된 펠렛종자 30 개를 대상으로 물성분석기(모델명 : TA-XT2 Texture Analyser, 제조회사 : Stable Micro System™-XT.RA Dimension V3.7L, 용량 50 kg)를 이용하였는데 수평 지지판 위에 펠렛종자를 놓고 지지판으로부터 15 mm 위에서 직경 30 mm의 프로브를 2 mm/s의 속도로 하강시켜 펠렛종자에 압력을 가하여 파괴되는 시점의 강도를 측정하였다.

그리고 펠렛종자 내의 벼 종자의 개수를 확인하였는데 여기서 펠렛종자가 성형 시 벼 종자가 들출되거나 파괴된 종자는 펠렛종자 내의 종자 개수에서 제외시켰다.

나. 결과 및 고찰

1) 종자 공급장치의 종자 배출 성능

종자 공급롤의 홈 직경과 홈 깊이 그리고 롤의 회전속도와 절대압력에 따른 종자 배출량을 나타낸 것이 표 2-3-4이다.

홈 직경이 9.4 mm와 8.0 mm 때의 예비 실험 결과 회전속도의 증가에 따라

종자 배출량이 감소되는 것을 확인하였고 진공도가 커짐에 따라 종자 배출량이 증가되는 것을 확인하였다. 흡 직경이 9.4 mm, 흡 깊이 3.2 mm와 흡 직경 8.0 mm와 흡 깊이 4.3 mm에서는 종자 배출량이 3개에 못 미치는 결과를 나타냈지만 흡 직경 8.0 mm와 흡 깊이 4.6 mm에서는 거의 3개 이상의 종자 배출량을 기록하였다. 하지만 45 cmHg의 압력에서는 종자 배출량이 과다한 것으로 나타났으며, 그리고 흡 깊이가 비교적 깊은 이유로 벼 종자가 배출이 될 때 회전속도가 증가되면서 흡 안에 흡입된 벼 종자가 완전 방출이 되지 못하는 경우가 발생하였다.

이와 같은 문제점을 고려해서 흡 직경을 7.4 mm로 약간 줄이고 흡 깊이를 4.3 mm로 수정하였다. 또한 흡 철망 번호 변화가 종자 배출량에 영향을 미칠 것으로 추정하여 철망 번호 40으로 교체 실험한 결과 회전속도의 증가에 따라 과 공급되던 종자 배출량을 줄일 수 있었으며, 균일한 종자 배출이 이루어지는 것으로 나타났다.

Table 2-3-4 Number of rice seeds discharged by rice seed supply roll
(단위 : 개)

흡 철망 번호		50									40		
흡 직경(mm)		9.4			8.0						7.4		
흡 깊이(mm)		3.2			4.3			4.6			4.3		
회전속도(rpm)		5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
절대 압력	55 cmHg	1.9	1.8	1.2	1.1	1.5	0.9	3.1	2.9	2.8	3.5	3.4	2.9
	50 cmHg	2.3	1.9	1.9	2.1	2.1	1.8	4.2	3.2	2.9	4.1	3.5	3.2
	45 cmHg	2.9	2.3	2.2	2.7	2.7	2.2	4.9	4.3	3.6	4.7	3.6	3.5

일반적으로 회전속도의 증가는 종자 배출량을 감소시키고 절대압력의 감소는 종자 배출량을 증가시키는 것으로 나타났다. 그리고 펠렛종자 제조를 위한 벼 종자 공급흡은 흡 직경 7.4 mm, 흡 깊이 4.3 mm, 절대압력 50 cmHg에서 종자 배출량이 3~4 개의 벼 종자가 배출되어 적정 배출량을 유지할 수 있는 것으로 나타났다.

2) 펠릿종자 제조장치 제조성능

가) 성형률

표 2-3-5는 요인의 수준에 따른 실험용 벼 펠릿종자 제조장치의 성형률을 나타낸 것이며, 그림 2-3-9는 제작된 벼 펠릿종자의 예를 나타낸 그림이다.

표에서와 같이 성형률 회전속도가 5 rpm일 때 10 rpm 보다 성형률이 크게 나타났으며, 특히 성형률 회전속도 10 rpm, 펠릿상토 함수율 약 20 % 이하이거나 25 % 이상일 때 성형이 불가능하거나 성형율이 매우 낮게 나타났다.

Table 2-3-5 Pelleting ratios of the pelleting machine

(단위 : %)

접착액 농도(%)		10						20					
접착제 함량(ml) (상토함수율,%)		30 (20.8)		35 (23.3)		40 (25.7)		30 (18.5)		35 ml (20.7)		40 ml (22.8)	
회전속도(rpm)		5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
상토 입경 (μ m)	500	26.0	성형 불가	71.4	41.2	38.8	31.2	성형 불가	성형 불가	54.9	50.2	66.6	17.9
	850	15.8	성형 불가	62.3	57.5	63.0	성형 불가	19. 15	성형 불가	49.9	41.9	53.3	31.3

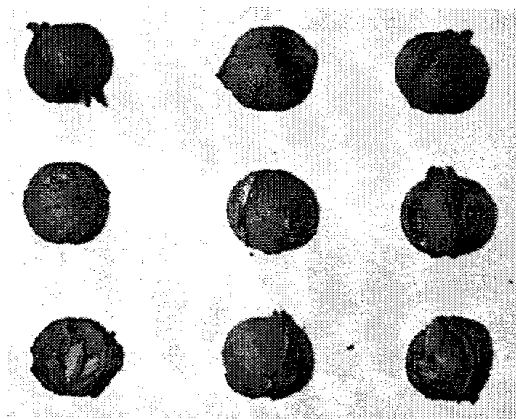


Fig. 2-3-9 A view of the rice-seed pellets

접착액의 농도 및 접착제 함량에 따라 펠렛상토의 함수율이 달라지는데 이에 따른 성형율을 살펴보면 상토입경 500 μm 의 경우는 성형률의 회전속도가 5 rpm 일 때 접착액 농도 10 %, 접착제 함량 35 ml에서 성형률이 71.4 %로 가장 크게 나타났으며, 20 %의 농도에서는 접착제 함량이 40 ml 일 때 66.6 %의 성형률을 보였다. 상토입경이 850 μm 인 경우도 비슷한 경향을 보여 대체적으로 펠렛재료의 함수율이 23 % 내외일 때 성형율이 높게 나타남을 알 수 있었다.

상토입경에 따라서는 높은 성형률을 보인 성형률 회전속도 5rpm, 상토함수율 23 % 내외일 때 500 μm 의 경우가 850 μm 의 경우 보다 성형율이 높게 나타나 적정 함수율 범위 내에서는 상토입경 작은 것이 성형율이 높게 나타났다.

대체적으로 성형율이 매우 저조한 것으로 나타났는데 그 원인을 살펴보면 성형률을 회전속도가 빠를 때에는 성형률의 회전속도에 상응하는 펠렛상토 공급장치의 펠렛상토 공급 부족, 압축 성형시 부착력 부족 등을 들 수 있으며, 펠렛재료가 수분이 부족하거나 및 과다하게 되면 펠렛재료 공급 불량, 압축성형 시 부착력 부족, 성형 후 성형률 배출핀의 펠렛종자 배출불량 등이 성형률 저하의 원인이며, 이밖에 성형률의 제작문제로 성형 홈 중심 불일치로 인한 성형불량, 성형 홈으로의 종자공급 시 종자공급 과다로 인한 종자표면적 증대로 성형 시 부착력 부족으로 생기는 성형 불량, 성형 후 펠렛종자의 형태를 유지 불량 때문인 것으로 판단되었다.

상토 입경 500 μm 와 850 μm 의 성형 결과로 볼 때 500 μm 입경의 경우가 적정 함수율을 유지하면 성형률은 더 나은 결과를 보이는 것으로 판단되며, 접착제 함량은 펠렛재료의 함수율이 약 23 % 정도일 때 성형률이 높은 것으로 보인다. 또한 성형률의 회전속도가 커질수록 성형률은 저하되는 것으로 나타나 작업능률을 높일 수 있는 성형률의 적정 회전속도 구명도 필요한 것으로 보인다. 이밖에 성형 홈에서의 종자 표면적이 큰 경우 성형이 곤란한 경우가 발생하여 벼 종자와 펠렛재료를 동시에 공급하여 성형을 할수 있으면 성형률을 높일 수 있는 것으로 보인다.

나) 벼 펠릿종자 제조상태

벼 펠릿종자 제조 후 상토 입경에 따른 제조상태를 나타낸 것이 표 2-3-6과 표 2-3-7이다.

벼 펠릿종자 성형장치의 성형흙의 실제 치수는 접합부에 수직방향으로 직경 14 mm, 수평방향으로 직경 13 mm이다. 제조된 펠릿종자의 직경을 측정한 결과 수직 방향의 직경은 13.2 - 14.9 mm로 나타났고, 수평방향으로는 13.6 - 14.9 mm 범위에서 제작되었다. 그 차이는 성형흙 중심 불일치로 인한 비틀림 성형, 펠릿재료 과다공급으로 인한 성형 시의 펠릿재료 돌출, 성형롤 회전속도가 증가로 인한 성형흙으로의 펠릿재료 공급부족 등이 원인인 것으로 보인다.

Table 2-3-6 Properties of the rice-seed pellets made of 500 μ m-diameter soil

접착액 농도(%)		10						20					
접착제 함량(ml)		30		35		40		30		35		40	
회전속도(rpm)		5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
펠릿 직경 (mm)	수직	13.9		13.6	13.4	13.1	13.3			14.1		14.5	13.4
	수평	14.4		14.5	14.1	13.6	13.9			14.6		14.8	14.1
중량 (g)	제조 후	2.9		2.8	2.8	2.8	2.8			2.9		2.9	2.8
	건조 후	2.3	성형	2.2	2.2	2.1	2.1	성형	성형	2.2	성형	2.4	2.1
비틀림 비율 (%)	1.0 mm이하	57.9	불가	59.8	64.3	80.6	55.4	불가	불가	62.3	불가	46.2	52.0
	1.0~1.5 mm	28.9		30.3	20.0	5.6	30.7			28.2		31.7	36.0
	1.5~2.0 mm	13.2		9.9	15.7	13.8	13.9			9.5		22.1	12.0
펠릿 내 종자수(개)		2.5		2.4	2.4	2.4	2.9			2.1		2.2	2.6

Table 2-3-7 Properties of the rice-seed pellets made of 8500 μm - diameter soil

접착액 농도(%)		10						20					
접착제 함량(ml)		30		35		40		30		35		40	
회전속도(rpm)		5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
펠렛 직경 (mm)	수직	13.9		14.4	13.2	13.4		14.9		14.0	13.7	13.8	14.0
	수평	14.1		14.8	13.9	13.8		14.7		14.3	14.2	14.3	14.5
중량 (g)	제조 후	2.9		2.8	2.8	2.7		2.9		3.0	2.8	2.8	2.8
	건조 후	2.3	성형	2.2	2.2	2.1	성형	2.4	성형	2.4	2.3	2.2	2.2
비틀림 비율 (%)	1.0 mm이하	68.8	불가	60.2	75.6	46.3	불가	61.1	불가	67.7	59.7	64.2	62.8
	1.0~1.5 mm	18.8		31.6	13.0	26.3		11.1		25.0	8.1	19.4	14.0
	1.5~2.0 mm	12.5		8.2	11.4	27.4		27.8		7.3	32.3	16.4	23.2
펠렛 내 종자수(개)		2.3		2.2	2.4	2.1		2.7		2.4	2.4	2.4	2.7

제조 후 펠렛종자의 중량은 2.7 - 3.0 g, 건조 후에는 2.1 - 2.4 g의 범위로 나타났다. 이는 기대 중량보다 무겁게 제조된 것으로 파종기에 의한 파종 작업 효율 극대화를 위해서는 중량을 감소시킬 필요가 있는 것으로 보인다.

비틀림 비율에 대한 조사 결과 접착액의 농도나 접착제의 함량 그리고 회전속도의 변화에 따른 영향은 크지 않은 것으로 보며 펠렛종자 제조장치의 기계적인 문제와 성형장치 성형홈의 불균일한 위치에서 얻어지는 결과로 판단되었다. 제조 결과 1.5 mm 이하의 비틀림은 다소 양호한 것으로 볼 수 있었다. 또한 2.0 mm 이상의 비틀림 비율에 있어서도 각 수준에서 10% ~ 20% 정도를 차지함으로써 비틀림에 의한 펠렛종자 제조의 영향이 크게 나타나고 있음

을 확인하였고 비틀림 비율을 줄이기 위해 정밀한 기계 제작, 비틀림이 생기지 않는 성형을 전동기구 보완 등 개선점이 반드시 필요하다는 결과를 얻었다.

제조된 벼 펠릿종자 내에 포함되어 있는 종자 수를 살펴보면 약 2.1 ~ 2.9 개의 온전한 종자를 포함하고 있어 본 연구에서 추구하고 있는 펠릿종자 내에 3 개 이상 보다는 적게 나타났다. 이는 종자 공급률에 의한 종자 배출은 3 개 이상이 공급이 되었지만 성형 시에 너무 많은 벼 종자로 인해 펠릿재료의 접합력이 떨어져 성형에 실패하는 경우가 많이 발생하였으며, 종자 공급률에 의한 종자 낙하 지점이 정확치 않아 성형시 종자가 들출되어 깨지는 현상이 나타났기 때문으로 이의 개선대책이 필요한 것으로 판단되었다.

다) 펠릿종자의 압축강도

벼 펠릿종자의 압축강도를 나타낸 것이 표 2-3-8이다.

Table 2-3-8 Compression strengths of the rice-seed pellets

(단위 : Kg)

접착액 농도 (%)			10						20					
			30		35		40		30		35		40	
접착제 함량 (ml)			5		10		5		10		5		10	
회전속도 (rpm)			5		10		5		10		5		10	
상토 입경 (μ m)	500	수직	11.9	성형	23.4	20.7	19.5	11.5	성형	성형	20.0	17.9	20.3	17.4
		수평	7.0	불가	18.0	19.2	12.0	6.4	불가	불가	14.1	13.9	15.0	14.6
	850	수직	16.8	성형	19.7	18.8	16.9	성형	30.4	성형	18.9	21.4	9.6	7.4
		수평	12.7	불가	16.5	15.0	11.8	불가	8.5	불가	13.9	14.0	5.9	6.4

표에서와 같이 수평 방향보다 수직 방향이 더 높은 강도를 가졌고, 두 방향에서 대부분 10 Kg 이상의 강도를 나타내었는데 성형율이 높은 경우 대체로 최소 14 ~ 20 Kg의 강도를 갖는 것으로 보인다. 상토 입경에 따라서는 입경이 작을수록 큰 압축강도를 나타냈으며, 함수율이 대체로 21 % ~ 23 % 범위에서 강한 압축강도를 얻을 수 있었다.

다. 개선점

1) 벼 펠릿종자 제조장치의 현재 펠릿재료 공급부는 투입되는 입구의 면적이 상당한 압력을 가해야 혼합된 펠릿재료를 성형홈으로 투입시켜질 수 있게 되어있다. 펠릿재료가 유동성이 적은 상토로 거의 이루어졌기 때문에 상당한 압력을 가할 수 있는 장치를 부착하거나 펠릿재료의 투입구의 면적을 넓혀주는 것이 공급의 원활성을 높여줄 것으로 보인다.

2) 종자가 진공에 의해 종자 공급롤로 공급되어 성형롤로 낙하될 때 롤의 회전으로 종자를 성형홈의 펠릿재료 위에 눌러줌으로서 종자의 손상과 유동을 감소시켜 주긴 했지만 그 유동의 최소화와 성형홈에 포함된 종자의 수를 최적화 시키기 위해 종자를 배출시키고 성형홈에 낙하시키는데 새로운 방식이 요구된다.

3) 성형롤에 의해 펠릿종자가 제조될 때 두 개의 성형롤에 파여진 성형홈이 서로 일치하도록 제작 시 정밀성이 요구되며, 롤을 회전시키는데 현재 체인전동장치가 사용되어지고 있는데 성형롤의 성형홈이 정확히 일치되도록 기어전동장치 사용으로 성형 및 종자 배출 오차를 최소화시킬 필요가 있다.

4) 벼 펠릿종자 성형 후 펠릿종자의 접합부에 상토가 더 붙어 무게의 증가와 구형도에 큰 영향을 미치는 결과를 보였다. 이러한 펠릿종자에 부착된 펠

펠렛재료의 제거를 위해 제조 후 펠렛종자의 추가적인 성형 관리가 필요하다.

5) 이상과 같은 개선점들을 고려해 볼 때 본 연구의 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 소량생산에는 이용될 수 있을 것으로 판단되나 대량생산을 위해서는 구조적으로 간단하며, 벼 종자를 펠렛재료 속에 넣어 성형롤에 동시에 공급하도록 하는 펠렛 제조장치의 구상이 필요한 것으로 판단된다.

3. 결론

가. 스크류 컨베이어를 이용한 펠렛상토 공급부, 진공을 이용하여 3 ~ 4립의 벼 종자를 공급하는 벼 종자 공급부, 펠렛재료와 벼 종자를 구형으로 성형 배출하는 회전 성형롤을 이용한 펠렛성형부, 구동 및 동력전달부 등으로 구성되는 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하였다.

나. 실험용 펠렛종자 제조장치의 펠렛 상토 입경, 접착제 농도, 접착제 함량, 성형롤 회전속도에 따른 펠렛종자 제조 성능실험 결과 성형율은 기대했던 것보다 대체적으로 낮게 나타났으며, 상토 입경이 500 μm , 접착액 농도 10 % 및 접착제 함량에 따른 함수율이 약 23 %, 성형롤 회전속도를 5 rpm의 저속으로 제조하는 것이 상대적으로 성형률이 높게 나타났다.

다. 제조된 벼 펠렛종자의 무게는 제조 후 2.7 ~ 3.0 g, 건조 후에는 2.1 ~ 2.4 g으로 나타났으며, 직경은 성형율이 상대적으로 높은 조건에서 실제 성형률 치수에 유사하게 제조되는 결과를 얻었고, 비틀려 성형되는 비율이 높아 적절한 양의 펠렛재료 공급, 성형 시 성형롤의 중심이 일치토록 정밀한 제작 및 전동기구의 개선이 필요하였다. 펠렛종자 내의 종자 개수는 약 2.4 ~ 2.7 개 정도로 기대치 보다 약간 적게 나타나 종자 공급 방법의 개선이 필요

한 것으로 보인다.

라. 제조된 벼 펠릿종자의 최소 압축강도는 성형률이 상대적으로 높은 조건에서 약 14 ~ 20 Kg으로 나타나 충분한 강도를 갖는 것으로 판단된다.

마. 성형을 및 제조 벼 펠릿종자의 질을 높이고, 기계의 내구성을 향상시키기 위해서는 벼 종자를 펠릿재료 속에 넣어 성형률에 동시에 공급하도록 하는 구조적으로 간단한 펠릿 제조장치의 구상이 필요한 것으로 판단된다.

제4절 2차, 3차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치

1 - 2 차년도에 걸쳐 설계 제작되어 성능시험을 수행한 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 분석 결과 성형률은 대체적으로 70 % 이하로 기대했던 것보다 저조한 것으로 나타났는데 이는 펠렛상토에의 벼 종자 공급, 성형흙으로의 펠렛상토 공급, 성형흙의 반구형 성형재료를 압축 성형하는 방법, 동력전달 방법 등에 기인하는 것으로 보이며, 그밖에 구조적으로 기계가 복잡하여 개선이 필요한 것으로 판단되었다. 따라서 3차년도에는 펠렛상토 내에 벼 종자를 넣어 원통형으로 배출함으로써 벼 종자와 펠렛상토를 동시에 성형률에 공급하도록 하여 종자손실 방지, 성형을 증대, 구조의 단순화를 기할 수 있는 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하여 성능시험을 수행하고자 하였다.

1. 2차 실험용 펠렛종자 제조장치

가. 설계 및 제작

그림 2-4-1과 그림 2-4-2는 당해연도에 1차적으로 수정 설계 제작된 실험용 벼 펠렛종자 제조장치의 개략적인 구조도와 외관을 나타낸 것이다.

설계 제작된 펠렛종자 제조장치는 3열의 펠렛종자를 제조하도록 설계하였는데, 스크류 컨베이어를 이용 반죽된 펠렛상토와 벼 종자를 각각 공급, 혼합, 배출하며, 2 개의 반구형 흙이 파여진 성형롤의 회전에 의해 절단 성형토록 하였다. 구체적인 실험용 펠렛종자 제조장치의 설계 제작은 다음과 같이 하였다.

1) 펠렛상토 공급장치

펠렛상토 공급은 두 개의 스크류 컨베이어에 의해 3 열의 성형롤 흙에 이루어지도록 하였다. 동력은 AC 모터(1/2 hp)를 사용하였으며, 사용된 스크류

컨베이어의 재원으로 축 내경은 25 mm, 외경은 55 mm이고 피치는 38 mm이다. 스크류 컨베이어의 회전속도가 약 25 rpm인 경우 성형홈으로 배출되는 펠릿상토의 배출속도는 약 20 mm/s로 나타났다.

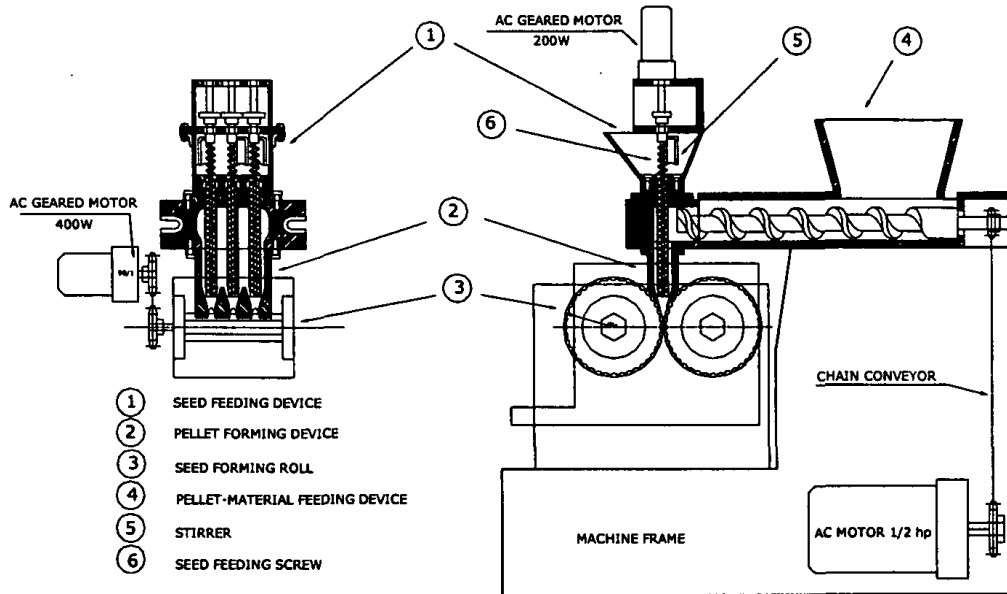


Fig. 2-4-1 A schematic diagram of the second experimental rice seed pelleting machine

2) 벼 종자 공급장치

벼 종자를 3열의 성형홈에 수직 방향으로 공급하기 위해서 동력은 AC geared motor(200 W)를 사용하였으며, 세 개의 종자 공급관으로 벼 종자의 공급을 위해 각각 스크류 컨베이어를 사용하였다. 사용된 스크류 컨베이어의 재원은 내경 5 mm, 외경 13 mm, 피치 11 mm이고 벼 종자 공급의 연속성을 유지하기 위해 종자가 스크류 컨베이어로 공급되는 부분에 교반기(stirrer)를 설치하였다. 스크류 컨베이어의 회전속도가 약 40 rpm에서 벼 종자는 약 분당 평균 412 개(±95)로 나타났다.

3) 펠릿 성형장치

펠릿종자를 성형하기 위해서 직경 158.6 mm의 두 롤에 직경 12 mm의 반구형 성형홈을 열당 40 개, 3 열로 가공하였다. 두 롤이 인접하는 중앙에서 종자 배출관에 의해 배출되는 벼 종자가 펠릿상토 내에 혼합되어 원통형의 펠릿 성형재료가 성형홈에 공급되며, 회전에 의해 두 성형 홈이 맞물려 구형의 펠릿종자를 형성시키도록 하였다. 성형롤의 동력공급은 AC geared motor(400 W)를 사용하였다.

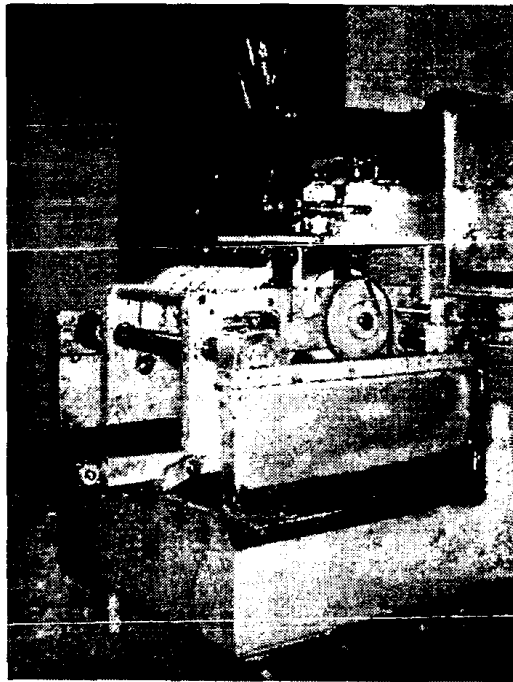


Fig. 2-4-2 A view of the second experimental pelleting machine

나. 성능실험 및 개선점

제작된 실험용 펠릿종자 제조장치를 대상으로 펠릿용 상토로서 고려되고 있는 산적토와 접착제인 아라비아 고무 용액을 배합하여 만든 펠릿상토, 벼 종자 만을 사용하여 예비 성능시험을 실시 한 결과 다음과 같은 문제점들이 나타나 실험수행이 곤란하였다.

1) 종자호퍼에서 종자배출 스크류 컨베이어로의 벼 종자유입이 불균일하여

스크류 컨베이어 회전속도에 따라 비례하여 벼 종자를 배출시키지 못하였으며, 열 간에도 종자배출량의 차이가 나타났다. 이에 따라 스크류 컨베이어 내의 종자 충만율도 매우 낮은 것으로 보여 펠렛상토 내에 벼 종자가 일정량 고르게 혼합되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 벼 종자의 스크류 컨베이어 내로의 균일한 공급과 스크류 컨베이어의 충만율을 높이는 방안이 필요한 것으로 보인다.

2) 펠렛상토 공급 스크류 컨베이어와 외통 사이의 간격이 크고, 펠렛상토 배출구의 단면이 좁아짐에 따라 배출저항이 커서 배출이 원활치 못한 현상을 보였으며, 열 간 배출되는 펠렛상토의 양도 약간씩 차이를 보였다. 따라서 배출압력을 높이고, 열 간 배출되는 펠렛상토를 같게 하기 위한 수정 제작이 필요하였다.

3) 성형롤의 구조를 단순화하기 위하여 성형롤 내의 배출장치를 생략하고 성형 후 배출롤러에 의해 성형된 펠렛종자를 성형홈에서 배출하려 했으나 배출이 곤란하여 성형롤 내의 배출장치 추가가 필요하였다. 또한 성형롤 재질을 P.E.수지로 제작하였으나 벼 종자에 의해 성형롤 홈의 변형이 나타나 강도가 높은 재질로 제작할 필요가 있었다.

4) 성형 제조된 펠렛종자를 살펴본 결과 손상된 종자가 약간씩 있는 것으로 나타났다. 이는 벼 종자 배출 스크류 컨베이어로 종자 유입 시 날에 의한 손상과 성형 시 성형롤에 의한 손상인 것으로 보여 이를 줄일 수 있는 방안이 필요한 것으로 보인다.

5) 성형 제조된 펠렛종자를 살펴본 결과 벼 종자의 양이 과다하여 성형이 안되고, 벼 종자가 들어있지 않은 펠렛종자 경우도 나타나 펠렛상토와 벼 종자의 균일한 공급 및 일정 비율 혼합이 필요하였다.

6) 성형율은 펠렛상토와 벼 종자 혼합재료의 배출속도와 성형롤의 회전속도에 달리 나타나는 것으로 보여 펠렛상토와 벼 종자 혼합재료 배출속도에 상응하는 적절한 성형롤 회전속도의 구멍이 필요하였다.

2. 3차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치

2차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치에서 나타난 문제점들을 해결하기 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여 펠렛종자 제조장치를 수정 설계하여 재 제작하였다.

종자호퍼에서의 종자공급을 균일하게 하고 종자배출구에서의 종자 충만율을 높이기 위해 종자호퍼 쪽의 스크류컨베이어는 원추형으로 하거나 종자배출구 쪽의 스크류 피치를 줄이도록 하였다.

펠렛상토의 배출압력을 높이고, 열 간의 배출을 균일하게 하기 위하여 스크류컨베이어의 축경과 외경을 줄이고, 스크류의 피치를 변경하였으며, 독립적으로 각 열에 스크류컨베이어를 설치하여 열 간 배출량의 변화를 최소화하도록 하였다.

성형롤의 재질을 알루미늄으로 제작하고 도금을 실시하였으며, 성형 후 펠렛종자 배출을 돕기 위해 성형홈 내에 배출핀을 설치하였다.

가. 설계 및 제작

2차 실험기에서 나타난 문제점들을 해결하기 위하여 펠렛종자 제조장치를 대폭 수정 설계하여 재 제작하였는데 그림 2-4-3은 3차 수정 설계 제작된 실험용 벼 펠렛종자 제조장치의 개략적인 구조도를 나타낸 것이다.

1) 펠렛상토 공급장치

독립적으로 각 열에 스크류컨베이어를 설치하여 열 간 배출량의 변화를 최소화하도록 하였으며, 펠렛상토의 배출압력을 높이고, 열 간의 배출을 균일하게 하기 위하여 스크류컨베이어의 축경과 외경을 줄이고, 스크류의 피치를 변경하였다. 상토 공급을 위한 상토 스크류컨베이어(①)는 내경 15 mm, 외경 34 mm, 피치 24 mm로 길이는 240 mm이다. 상토 공급 속도를 조절하기 위해 AC

220V, Geared Motor, 1/2 hp를 감속기어(1/30)를 사용하고 체인 전동 장치에 의한 동력 전달로 회전속도 조절이 가능케 하였다.

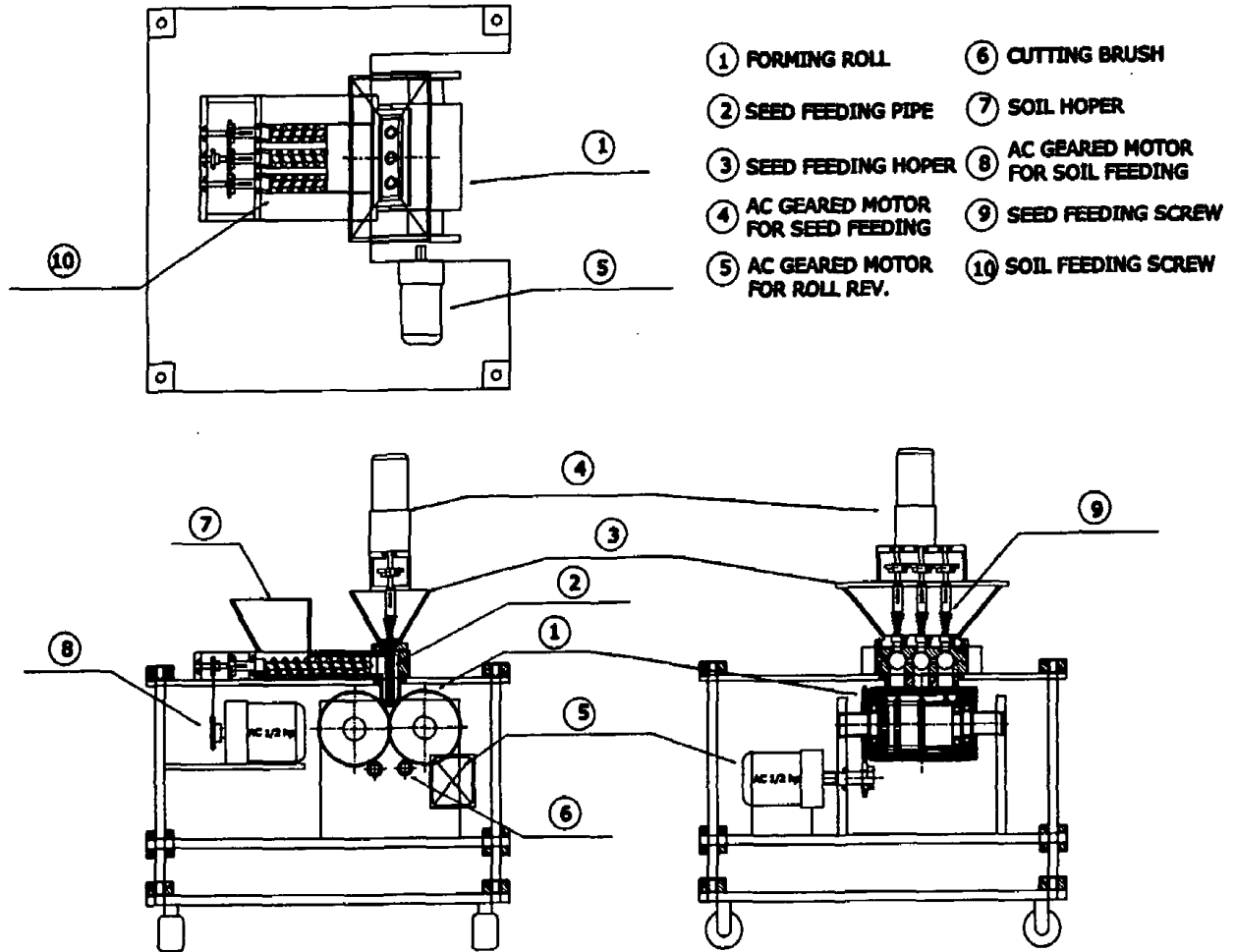


Fig. 2-4-3 A schematic diagram of the third experimental rice seed pelleting machine

2) 벼 종자 공급장치

종자호퍼에서의 종자공급을 균일하게 하고, 종자배출구에서의 종자 충만율을 높이기 위해 종자호퍼 쪽의 스크류컨베이어는 원추형으로 하거나 종자배출구 쪽의 스크류 피치를 줄이도록 하였다. 스크류(④)의 내경은 5 mm, 외경 13 mm, 피치는 7 mm로 하였고, 벼 종자의 공급 속도를 조절하기 위하여 AC 220V, Geared Motor, 200W, 감속기어(1/40)를 사용하고 기어 전동 장치를 사용하여 스크류의 회전 속도 조절이 가능하게 하였다. 그리고 벼 종자와 스크류와의 마찰을 줄이기 위해 스크류 표면에 니켈-크롬 도금 처리를 하였다. 또한 1차 실험기에 의한 벼 종자 공급 예비 실험 결과 벼 종자 호퍼에서 스크류 내로 벼 종자가 규칙적으로 투입되지 않는 현상이 파악되었기 때문에 벼 종자 호퍼 내의 스크류는 외경을 80° 로 비스듬히 성형하여 투입될 수 있는 벼 종자의 범위를 넓혀 주었다.

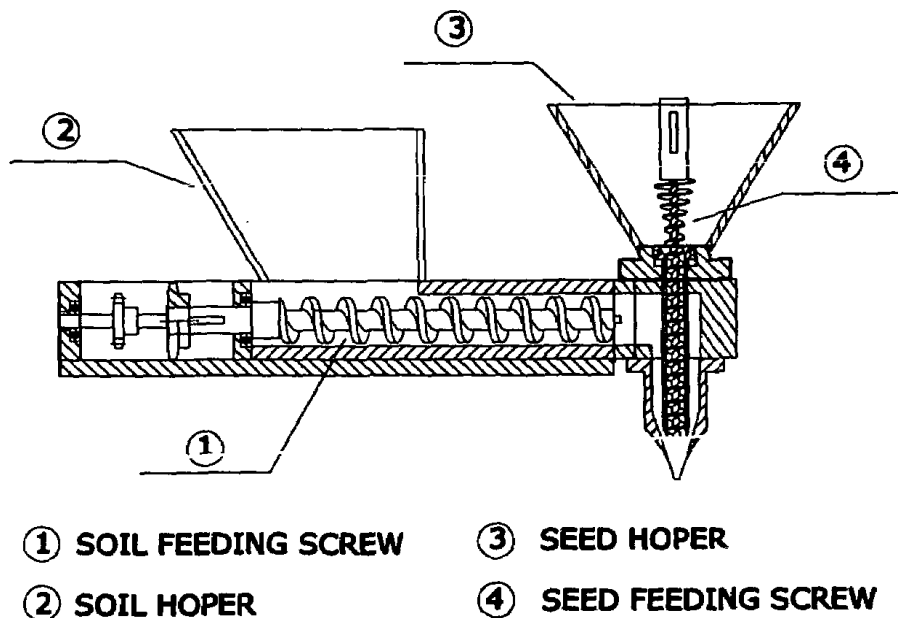


Fig. 2-4-4 A schematic diagram of rice-seeds and soil supplying part

3) 펠릿 성형장치

내구성 증대와 성형 후 펠릿종자 부착을 감소시키기 위하여 성형 롤의 재질은 알루미늄으로 하였으며, 아루다징 도금 처리를 하였으며, 성형 후 펠릿종자 배출을 완전하게 하기 위하여 성형홈 내에 캠에 의해 작동되는 배출핀을 설치하였다.

며 펠릿종자를 성형하는 롤의 단면도를 나타낸 것이 그림 2-4-5, 2-4-6이다.

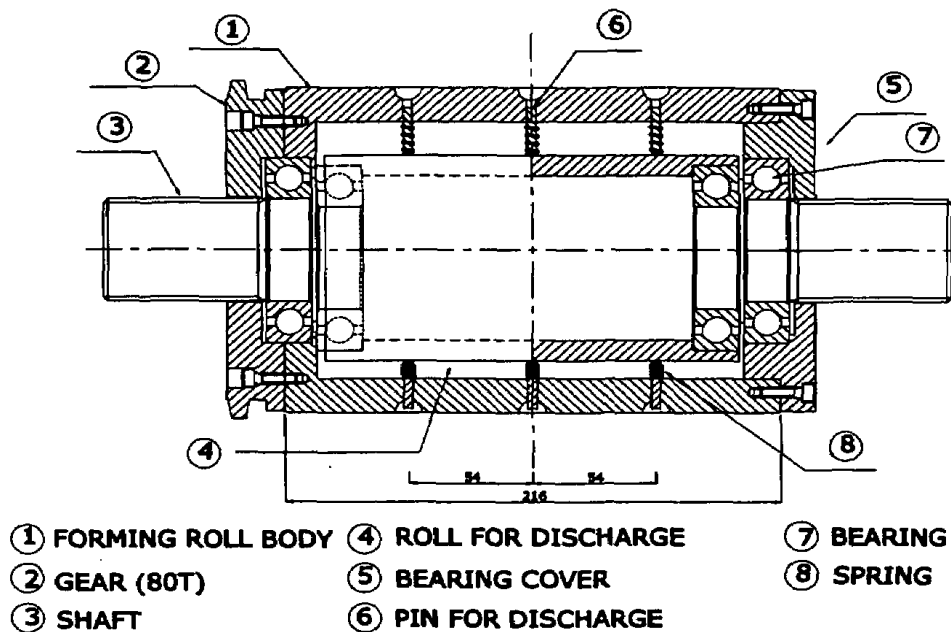


Fig. 2-4-5 A schematic diagram of the forming rolls

직경 158 mm의 두 롤에는 직경 12 mm의 반구의 홈이 3 열로 35 개 파여 있으며, 두 롤의 회전에 의한 압착으로 구형의 펠릿종자를 성형한다. 압축 성형 시 벼 종자나 상토에 의하여 성형 롤 표면의 파손을 막고 부착을 감소시키기 위하여 니켈-크롬 도금 처리를 하였다.

롤의 내부에는 성형된 구형의 펠릿종자를 성형 홈에서 배출시키기 위해 각

성형 홈의 중심에 직경 4 mm, 길이 23mm의 배출핀을 설치 수직 운동에 의해 배출토록 하였으며, 배출핀의 수직 운동은 성형 롤 사이와 내부 롤 사이를 두 개의 베어링으로 연결 주축과 내부 롤의 축 사이의 편차에 의해 3.8 mm의 운동이 이루어지도록 하였다.

또한 성형된 펠렛종자가 배출핀에 의해 성형 홈에서 완전히 배출시키기 위해 브러쉬 롤을 사용하였다. 그리고 두 개의 성형 롤의 회전을 위해서 기어 전동 장치를 사용하였고, 회전 속도의 변화를 가능케 하기 위해서 AC 220V, Geared Motor, 감속기어(1/90)를 이용하였다.

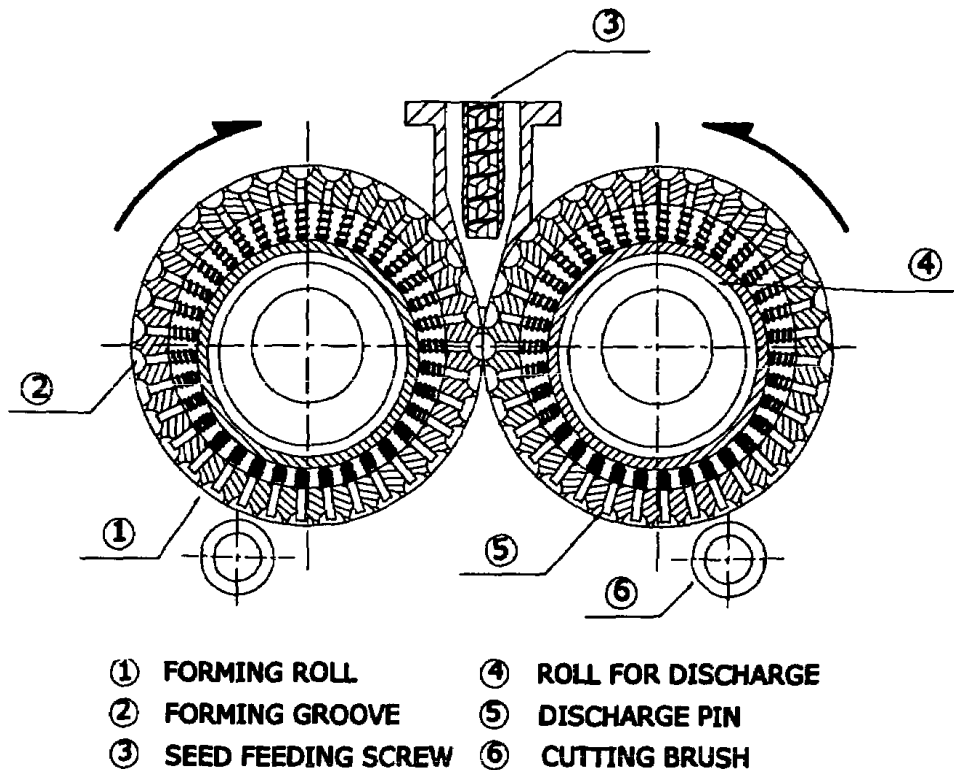


Fig. 2-4-6 A schematic diagram of the forming rolls

나. 성능시험 및 개선점

제작된 3차 실험용 펠렛종자 제조장치를 대상으로 펠렛용 상토로서 고려되고 있는 산적토와 접착제인 아라비아 고무 용액을 배합하여 만든 펠렛상토, 벼 종자 만을 사용하여 성능시험을 실시하고자 하였다. 그러나 벼 종자 공급 장치에 문제점이 발생함으로써 성능시험을 계속할 수 없었다.

종자호퍼에서의 벼 종자공급을 균일하게 하고 종자배출구에서의 종자 충만율을 높이기 위해 종자호퍼 쪽의 스크류를 원추형으로 변경, 벼 종자 원할 유입을 위한 보조날개 설치, 종자배출구의 스크류 피치 및 외경 변경, 스크류의 도금처리, 벼 종자 표면의 마찰을 줄이기 위한 표면처리 등의 조치들을 취하여 실험을 시도하였으나 종자호퍼에서 종자배출 스크류로의 벼 종자 유입이 불균일하여 스크류 회전속도에 따라 비례하여 벼 종자를 배출시키지 못하였으며, 열 간에도 종자배출량의 차이가 개선되지 않았다. 이에 따라 펠렛상토와 벼 종자도 고르게 혼합되지 않는 것으로 나타났다. 또한 성형 제조된 펠렛종자를 살펴본 결과 벼 종자의 양이 과다하여 성형이 되지 않는 경우와 벼 종자가 들어있지 않은 펠렛종자도 나타나 스크류 컨베이어에 의한 벼 종자 공급은 펠렛상토와 벼 종자의 균일한 공급 및 일정 비율 혼합유지에는 적절한 방법이 아닌 것으로 보여 근본적인 공급장치의 개선이 필요한 것으로 판단되었다.

따라서 벼 종자와 펠렛상토를 분리하여 성형틀에 공급하는 것은 균일한 벼 펠렛종자 제조가 곤란한 것으로 판단되어 이를 혼합 반죽한 재료를 성형틀에 공급하는 방안을 생각하였다. 이 방법은 벼 종자의 상토와의 혼합 반죽에 의한 손상, 벼 종자와 상토의 균일 혼합 반죽 등이 문제가 될 것으로 보이나 벼 펠렛종자 성형 제조 후 최소한 온전한 종자가 3 개 이상 들어 있게 되면 큰 문제가 없을 것으로 판단되었으며, 벼 펠렛종자 제조장치의 구조도 보다 단순 화시킬 수 있는 잇점이 있을 것으로 보인다.

제5절 펠렛재료 혼합 반죽장치

3차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치의 성능시험 결과 벼 종자와 펠렛용 상토를 균일 혼합 반죽하여 벼 펠렛종자를 제조하는 것이 보다 능률적이고, 벼 펠렛종자 제조장치의 구조도 단순화시킬 수 있을 것으로 예상하였다. 이에 따라 벼 종자, 펠렛용 상토 및 접착제를 균일 혼합 반죽할 수 있는 펠렛재료 혼합 반죽장치를 구상하였는데, (주)웅진에서 생산하고 있는 진공토련기가 펠렛재료 혼합 반죽장치로서 이용될 수 있을 것으로 생각되어 이를 주문제작 성능시험을 실시하였다.

1. 펠렛재료 혼합 반죽장치의 구조

펠렛재료 혼합 반죽장치의 주요 구성부는 펠렛재료 공급부, 혼합 및 반죽부, 구동모터 및 동력전달부, 진공장치부, 프레임 등으로 구성되었는데, 그림 2-5-1과 2-5-2는 외관과 구조도를 각각 나타낸 것이다. 전체적인 크기는 가로 1,160 mm, 세로 500 mm, 높이 900 mm 이다.

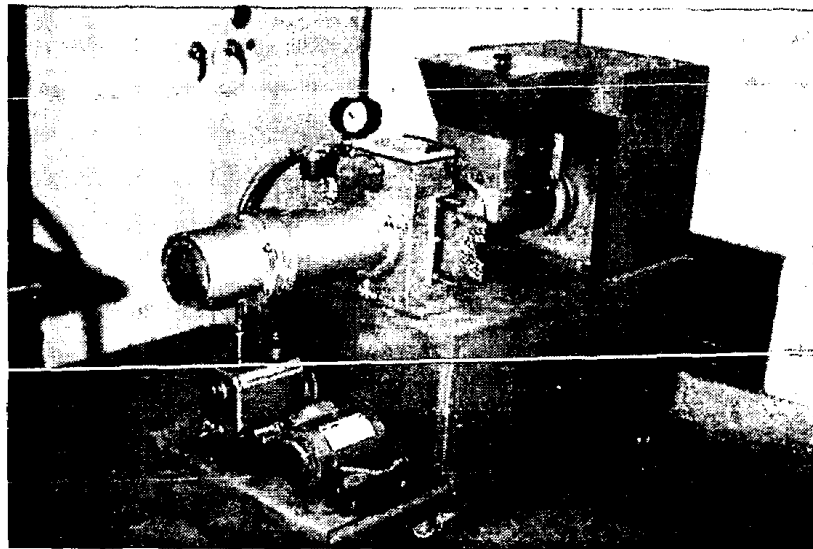
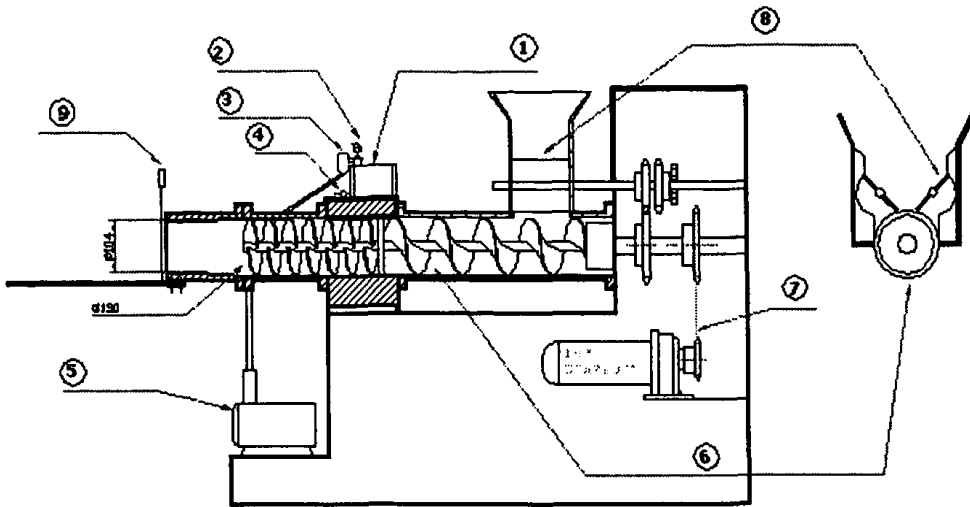


Fig. 2-5-1 A view of the mixer for mixing and kneading pellet materials



- ① VACUUM CHAMBER ④ COCK ⑦ CHAIN ⑨ CUTTER
 ② VACUUM GAUGE ⑤ VACUUM PUMP ⑧ TWIN FEEDING BLADE
 ③ OIL FILTER ⑥ MIXING & KNEADING SCREW CONVEY

Fig. 2-5-2 A view of the mixer for mixing and kneading pellet materials

가. 펠릿재료 공급부

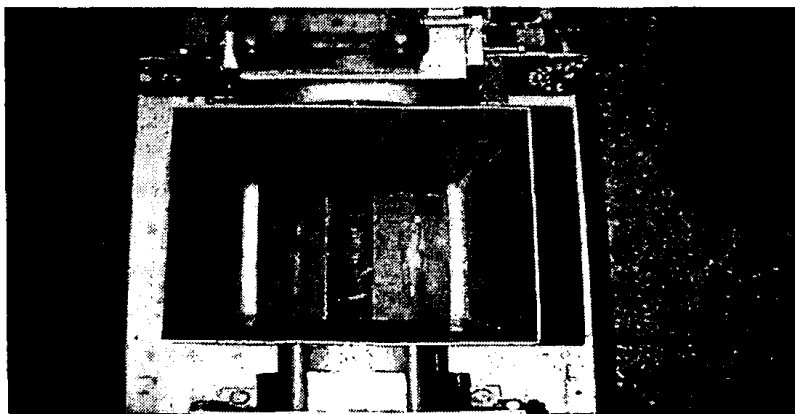


Fig. 2-5-3 A view of the pellet material supplying part

그림 2-5-3은 벼 펠릿재료 혼합 반죽장치의 공급부로 벼 종자, 상토, 접착액의 펠릿재료를 적재하는 호퍼 외에 벼 펠릿재료의 원활한 투입 및 역류 방

지를 위해 공급부에 150 mm × 70 mm 크기의 사각형 판 2개를 이용하여 회전 공급날개를 설치하고, 혼합 스크류와 기어방식으로 연결하여 회전 할 수 있도록 제작하였다. 기어 비는 1.25 : 1로서 혼합 스크류 보다 빠르게 회전할 수 있도록 제작하였다.

나. 펠레재료 혼합 및 반죽부

혼합 및 반죽부는 스크류를 이용하여 펠레재료를 교반 압축 혼합하여 원통형의 반죽덩어리로 배출하도록 하였다. 스크류는 두 종류의 스크류를 연결하여 사용하였는데 입구 쪽에는 펠레재료를 이송하기 위한 보통 스크류를, 출구 쪽은 입구쪽 보다 스크류의 피치를 더 작게 하고, 나선방향이 서로 반대인 블 연속 스크류를 설치하여 펠레재료의 혼합 반죽이 이루어지도록 제작하였다. 또한 스크류의 직경보다 배출구 직경을 작게 함으로써 펠레재료가 균일하게 압축 교반 반죽되어 나오도록 하였다.

스크류의 길이는 720 mm, 직경은 130 mm, 그리고 혼합 반죽장치 출구 직경은 104 mm로 제작하였으며, 스크류 축의 회전속도는 최대 30 rpm 까지 회전속도 조절이 가능하게 제작하였다.

다. 구동모터 및 동력전달부

동력원으로 AC 220V Geared Motor(1 HP, 감속비 1/60)를 사용하였으며, 주축과 스크류 축을 체인(RS60)으로 연결하여 구동되도록 하였다. 이 때 스프로킷 체인의 기어비는 1 : 1로서 최대 회전속도는 30 rpm이다. 스크류를 원하는 회전속도로 가변할 수 있도록 1 HP 인버터(MITSUBISHI, FREQROL · E500)에 의해 회전속도를 제어하였다. 그림 2-5-4는 구동모터 및 동력전달부의 외관을 나타낸 것이다.

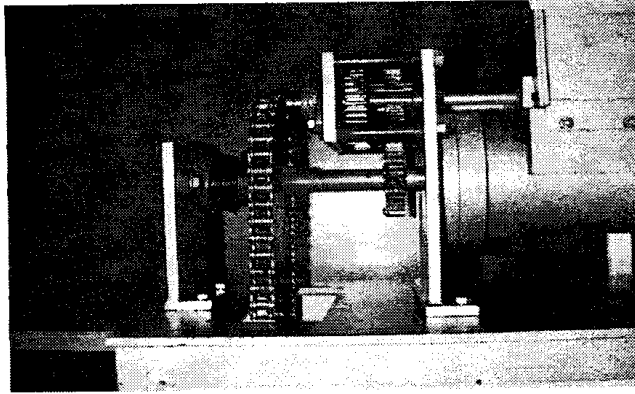


Fig. 2-5-4 A view of the driving motor and power transmission part

라. 진공장치부

그림 2-5-5는 진공장치부의 외관을 나타낸 것이다. 혼합 교반시 발생하는 공기를 배출시켜 혼합 교반의 효과를 증대시키고 고밀도의 펠렛재료 덩어리를 얻을 수 있도록 진공장치를 설치하여 압축 혼합 반죽되도록 하였다. 진공장치부는 동력원으로 AC 220V 단상유도 전동기(1/4 HP, 0.2 KW), 용량 150 ℓ/min의 진공펌프, 진공챔버, 진공계이지, 오일필터, 진공배관 등으로 구성하였다.

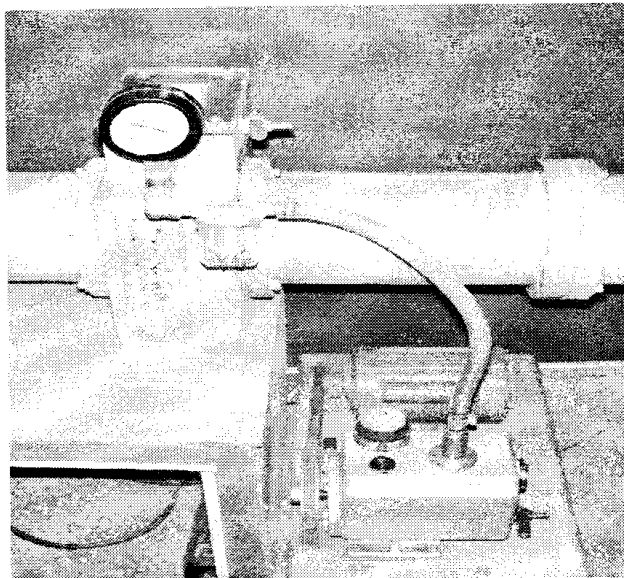


Fig. 2-5-5 A view of the vacuum unit

2. 성능실험

가. 재료 및 방법

1) 시험 재료

가) 벼 종자

품종은 동안 벼를 사용하였는데, 벼 종자의 평균 길이는 7.3 mm, 평균 폭은 3.2 mm, 평균 두께가 2.4 mm로 조사되었다.

나) 상토

펠릿재료용 상토는 산적토로서 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취하였으며 상토 건조기를 이용, 50℃로 10시간 이상 건조시킨 상토를 500 μm (체 번호 35) 체를 사용하여 이를 통과한 입경의 상토로 준비하였다. 산적토의 비중은 2.67이며 화학적 성분에 대한 결과는 표 1-3-1과 같다.

종자 생육에 필요한 상토의 알맞은 조건은 관행의 육묘에 사용되는 상토를 고려할 때 묘의 뿌리가 잘 발육하며 배수성과 보수성을 동시에 지니고 병원균이 없어야 한다. 이에 대한 화학적 성분 분석의 결과 관행적으로 가장 적당한 pH가 4.8 ~ 5.2로 보고되는데 본 연구에 사용된 펠릿재료용 상토의 pH 역시 5.0의 산성토로서 적당함을 알 수 있다.

다) 접착제

펠릿재료용 접착액의 재료로 아라비아고무(제조회사: Junsei Chemical Co., 순정일급, 분말)를 접착제로서 사용하였으며, 물 100 cc에 아라비아고무 10 g을 넣어 10 % 농도의 혼합 접착액을 만들어 사용하였다. 혼합 접착액을 제조하기 위해서 아라비아고무와 물을 혼합하는데 찬물을 사용하면 아라비아고무의 용해시간이 상당히 길어지지만 섭씨 40° 정도로 물의 온도를 높여서 용해시킬 때 소요시간을 단축시킬 수 있었고, 용해하는데 Mixer를 사용하여 혼합이 용이하도록 하였다.

2) 성능실험 계획

펠릿 재료 혼합 성능실험을 위한 계획은 표 2-5-1과 같다.

Table 2-5-1 A experimental plan for evaluating performance of the mixer

Variables	Levels	Items of analysis
MC ¹⁾	23.0	o Mixing rate of the mixer
	24.5	
MR ²⁾	6 : 1	o Change of mixing ratio o Uniformity of mixing
	7 : 1	
	8 : 1	
RS ³⁾	20 rpm	o Ratio of seed loss
	30 rpm	
MT ⁴⁾	1	
	2	

주 : 1) MC : Moisture content of soil (%)

2) MR : Mixing ratio of soil to rice seed (% , weight base)

3) RS : Rotating speed of screw (rpm)

4) MT : Mixing times

가) 성능실험 주요 변수

펠릿재료 혼합 반죽장치 성능실험의 주요 변수로 상토함수율, 상토와 벼 종자 혼합비, 혼합 스크류 회전속도 그리고 혼합횟수를 설정하였다.

상토의 함수율은 예비실험 결과 함수율이 낮으면 펠릿재료를 혼합 반죽할 때 부하가 크게 증가하며, 반대로 함수율이 높으면 펠릿종자 제조 시 펠릿종자 배출 어려운 것으로 나타났기 때문에 적당한 함수율의 범위로 생각되는 상토 100 g당 30 ml와 32.5 ml의 아라비아고무 접착액을 섞어 상토함수율을 약 23.0 % 와 24.5 %(벼 종자를 입자로 고려하는 경우 펠릿재료의 함수율은 약 18.5 % ~ 20.5 %) 두 수준으로 설정하였다.

상토와 벼 종자의 혼합비는 예비실험을 통해 벼 펠릿종자 제조기에 의해 제

조된 펠렛종자의 무게가 약 1.70 g으로 접착액의 무게를 고려하여 펠렛종자 내에 4 립의 벼 종자를 포함하는 경우 상토와 벼 종자의 무게비는 약 1.15 g : 0.10 g으로 약 12 : 1로 계산되나 실제로는 펠렛재료 혼합 반죽장치와 펠렛종자 제조기에 의한 벼 종자 손실을 고려해야 함으로 벼 종자 비율을 높여서 펠렛재료를 혼합해야 한다. 또한 벼 펠렛종자 제조기의 예비실험 결과 상토와 벼 종자의 혼합비가 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1일 때 펠렛종자 내에 3립 이상의 벼 종자를 포함한 펠렛종자의 비율이 성형 롤 회전속도에 약간의 차이는 있지만 각각 약 100 %, 98 %, 82 %로 조사되었다. 따라서 상토와 벼 종자의 혼합비의 수준은 벼 종자의 손실과 펠렛종자 내에 포함된 완전 벼 종자 개수에 따른 펠렛종자 비율을 고려하여 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1의 3 수준으로 설정하였다.

펠렛재료 혼합 반죽부 스크류 축의 회전속도는 20 rpm, 30 rpm 2 수준으로 설정하였으며, 펠렛재료는 예비실험 결과 2 번 정도 펠렛재료 혼합 반죽장치에 의해 혼합 반죽하면 펠렛종자 제조기에 공급 가능한 펠렛재료 덩어리를 얻을 수 있었으므로 1 회와 2 회 투입 시 펠렛재료의 혼합특성을 조사하였다.

나) 분석항목 및 분석방법

벼 펠렛재료 혼합 반죽장치의 혼합능를 분석은 펠렛재료 상토함수율 2 수준(23.0 %, 24.5 %), 상토와 종자의 혼합비 3 수준(6 : 1, 7 : 1, 8 : 1), 혼합 스크류 회전속도 3 수준(10 rpm, 20 rpm, 30 rpm), 펠렛재료 혼합횟수 2 수준(1회, 2회)에 따라 연속적으로 펠렛재료를 투입하여 과부하가 나타나지 않는 상태에서의 혼합 반죽된 펠렛재료의 시간당 배출량을 측정하여 조사하였다. 한편, 혼합 반죽된 펠렛재료의 혼합특성 분석은 혼합능률이 낮은 혼합 스크류 회전속도 10 rpm을 제외한 같은 변수와 수준에 따라 약 6 Kg의 펠렛재료를 투입하여 상토와 벼 종자 혼합비의 변화, 혼합의 균일도, 벼 종자 손실률을 2 회 반복 실험을 통하여 분석하였다.

분석은 혼합 반죽되어 배출된 펠렛재료에서 표본을 추출하여 조사하였는데

그림 2-5-6은 혼합 반죽되어 나온 펠릿재료의 단면을 나타낸 것이다.

표본의 추출은 각 실험 수준별로 배출된 약 6 kg의 펠릿재료 덩어리를 전 반부, 중반부, 후반부로 나누어 약 12mm의 두께로 절단하여 그림 2-5-7에서와 같이 직경 12 mm 강철관을 이용해 9 곳의 위치에서 각각 표본을 채취하여 표본의 무게, 표본에 포함된 완전 벼 종자 수 및 무게, 벗겨진 벼, 깨진 벼 등 손상 벼 종자 수 및 무게를 조사하였다.



Fig. 2-5-6 A cross-section view of the pellet material mixed

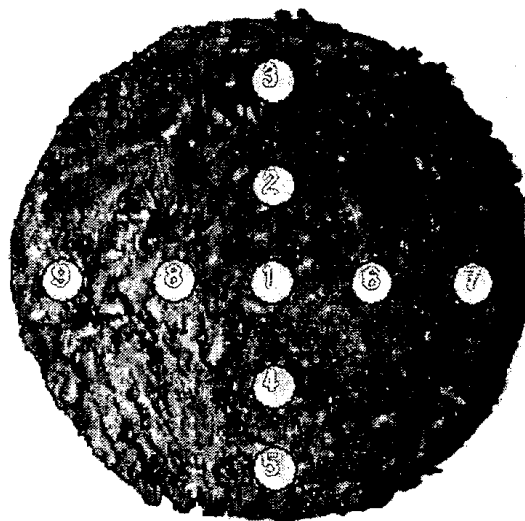


Fig. 2-5-7 A view of sampling positions

여기서, 상토 종자혼합비는 상토와 완전 벼 종자의 무게비를 나타낸 것으로 표본의 상토 종자혼합비 산정은 표본의 무게에서 표본 내 완전 및 손상 종자 무게와 접촉액 무게를 뺀 무게와 표본 내 완전 벼 종자의 무게비로써 계산하였다.

혼합의 균일도는 표본의 상토 종자혼합비 변이계수 즉 상토 종자혼합비 표준편차를 평균값으로 나눈 값으로 나타내었다.

한편, 벼 종자 손실률은 표본 내 완전 종자 및 손상 종자의 총 개수에 대한 손상 종자 개수의 비율로써 나타내었다.

나. 결과 및 고찰

1) 펠렛재료 혼합능률

혼합 횟수, 상토의 함수율, 혼합 스크류의 회전속도, 그리고 상토와 벼 종자의 혼합비에 따른 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치의 혼합능률을 나타낸 것이 표 2-5-2이다. 표에서와 같이 상토와 벼 종자의 혼합비에 따른 혼합능률의 차는 나타나지 않았으며, 혼합 횟수, 상토의 함수율, 혼합 스크류의 회전속도에 따라 혼합능률의 차가 나타났다.

Table 2-5-2 Mixing rates according to mixing times, moisture content of soil, and rotating speed of the mixing screw

(unit : Kg/h)

MT(times)	1						2					
MC(%)	23.0			24.5			23.0			24.5		
RS(rpm)	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
6:1	180	340	480	200	360	505	235	450	630	250	485	650
MR 7:1	180	340	480	200	360	505	235	485	630	250	485	650
8:1	160	340	480	215	360	505	235	450	630	270	485	650

그림 2-5-8은 펠릿재료의 상토함수율 23.0 %에서 혼합 횟수, 혼합 스크류의 회전속도에 따른 혼합능률을 나타낸 것으로 혼합 스크류 회전속도가 10 rpm에서 30 rpm 까지 변하는 경우 처음 펠릿재료를 혼합할 때는 약 160 ~ 480 Kg/h, 두 번째 혼합할 때는 약 235 ~ 630 Kg/h의 혼합능률을 보여 혼합 횟수, 혼합 스크류 회전속도가 증가함에 따라 혼합능률이 크게 나타나는 경향을 보였다. 이는 처음 펠릿재료 혼합 반죽장치에 공급되는 펠릿재료는 수 작업을 통해 개략적인 반죽이 된 상태로 밀도가 상대적으로 낮았지만 혼합횟수 증가에 따라 펠릿재료 밀도가 커져 혼합스크류의 충만율이 커지기 때문인 것으로 보인다.

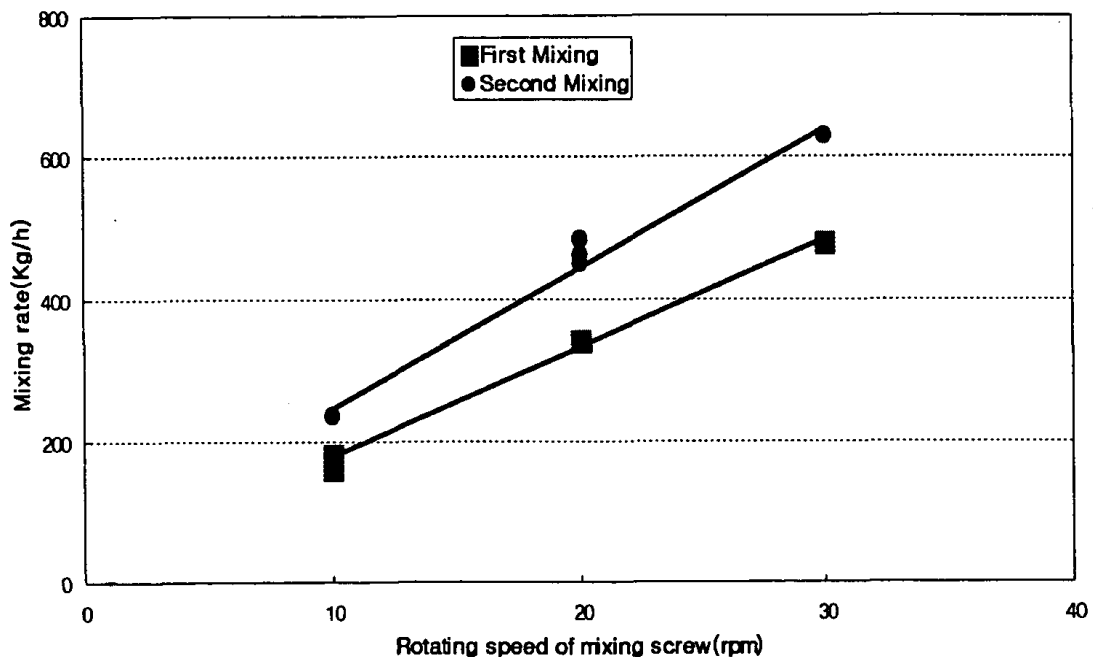


Fig. 2-5-8 Mixing rates according to mixing times and rotating speed of mixing screw at moisture content of soil of 23.0 %

그림 2-5-9는 펠릿재료의 상토함수율 24.5 %에서 혼합 횟수, 혼합 스크류의 회전속도에 따른 혼합능률을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 혼합 스크류 회전속도가 10 rpm에서 30 rpm 까지 변하는 경우 처음 펠릿재료를 혼합할 때는 약 200 ~ 505 Kg/h, 두 번째 혼합할 때는 약 250 ~ 650 Kg/h의 혼합능률을

을 보여 상토함수율 23.0 %일 때와 마찬가지로 혼합횟수, 혼합 스크류 회전속도가 증가함에 따라 혼합능률이 크게 나타났다.

상토함수율에 따라서는 23.0 %일 때 보다 24.5 % 일 때 혼합능률이 약간 크게 나타났는데 이는 함수율 증가로 인한 펠렛재료의 유동성 증가 때문인 것으로 보인다.

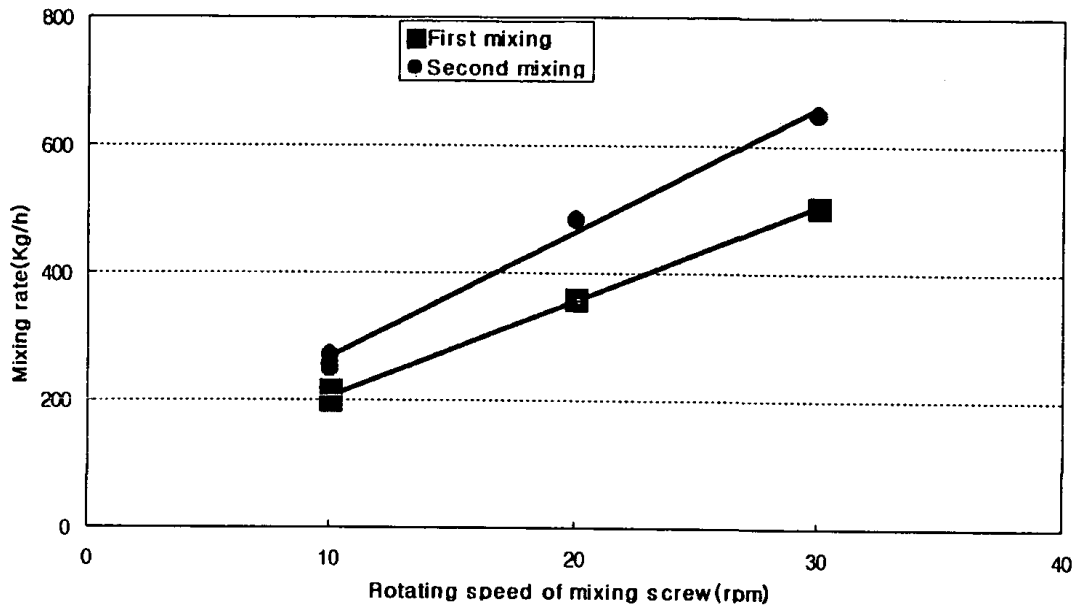


Fig. 2-5-9 Mixing rates according to mixing times and rotating speed of mixing screw at moisture content of soil of 24.5 %

이밖에 혼합능률 실험을 통하여 처음 펠렛재료를 투입할 때 상토함수율이 약 25 % 이상일 때는 스크류와 펠렛재료 사이의 마찰력 약화로 인해 펠렛재료의 공급이 어려워 펠렛재료가 자주 역류하는 현상이 나타났으며, 반면 상토함수율이 약 22 % 이하일 때는 펠렛재료 및 혼합 스크류 사이의 마찰 증가로 인하여 과부하 현상이 발생하였고, 벼 종자의 벗겨짐과 손상이 급격히 증가하였다. 따라서 펠렛재료의 상토함수율은 22 % ~ 25 % 정도가 되어야 원활한 혼합 반죽이 이루어질 것으로 판단된다.

또한 처음 펠렛재료를 투입할 때 일정한 혼합 스크류의 회전속도에서 펠렛재료를 너무 적게 공급하면 공급에는 어려움이 없으나 혼합 반죽이 되지 않는

현상이 나타났는데 대개 20 rpm 이상에서 약 240 Kg/h 이하의 공급속도일 때 혼합 반죽에 어려움이 있었다.

본 연구의 벼 펠릿재료 혼합 반죽장치는 2 회 펠릿재료를 혼합 반죽하면 펠릿종자 제조에 적당한 펠릿재료 덩어리를 얻을 수 있었다. 이를 고려하면 혼합 스크류 회전속도 30 rpm에서 시간당 최대 약 290 Kg의 펠릿종자 제조에 필요한 혼합 반죽된 펠릿재료를 얻을 수 있으며, 혼합 스크류 회전속도 20 rpm에서는 시간당 약 200 Kg의 펠릿재료를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다.

2) 상토 종자혼합비

혼합 횟수, 혼합 스크류의 회전속도, 상토의 함수율, 그리고 상토와 벼 종자의 혼합비에 따른 상토 종자혼합비 변화를 나타낸 것이 표 2-5-3이다.

Table 2-5-3 Changes of mixing ratio of soil to rice seeds according to mixing times, moisture content of soil, and rotating speed of the mixing screw

MT (times)	1				2			
	20		30		20		30	
RS (rpm)	20	30	20	30	20	30	20	30
MC (%)	23.0	24.5	23.0	24.5	23.0	24.5	23.0	24.5
6:1	6.8 (1.4)	6.7 (1.1)	6.7 (1.4)	7.1 (1.8)	7.1 (1.2)	7.2 (2.4)	7.4 (1.1)	7.6 (1.5)
MR 7:1	7.8 (1.9)	7.3 (1.9)	7.9 (2.7)	7.5 (2.2)	8.3 (2.3)	8.0 (2.8)	8.5 (2.7)	8.4 (2.9)
8:1	8.8 (2.3)	8.8 (2.3)	9.1 (2.5)	9.7 (2.2)	9.8 (2.7)	9.8 (2.6)	10.4 (3.2)	10.1 (2.7)

주: () : standard deviation

벼 펠릿재료 혼합 반죽장치에 의하여 혼합 및 반죽 작업을 수행하게 되면 벼 종자의 손상에 의하여 상토와 벼 종자의 혼합비가 커지게 된다. 첫 번째

벼 펠렛재료 혼합 반죽장치에 의하여 혼합 및 반죽작업을 수행하였을 경우 표
 1에서와 같이 혼합 전 펠렛재료의 상토와 벼 종자의 혼합비가 6 : 1일 때는 약
 6.7 : 1 ~ 6.8 : 1로, 상토와 벼 종자의 혼합비가 7 : 1일 때는 약 7.3 : 1
 ~ 7.9 : 1로, 상토와 벼 종자의 혼합비가 8 : 1일 때는 약 8.8 : 1 ~ 9.7 :
 1로 각각 변화하여 같은 상토와 벼 종자 혼합비에서는 혼합 스크류 축의 회전
 속도, 펠렛용 상토의 함수율의 차에 관계없이 거의 비슷하게 상토 종자혼합비
 가 커짐을 알 수 있다.

두 번 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치에 의하여 혼합 및 반죽작업을 수행하면
 벼 펠렛종자 제조기에 공급에 적당한 잘 반죽된 펠렛재료 덩어리를 얻을 수
 있었는데 이 때 상토 종자혼합비의 변화를 살펴보면 혼합 전 펠렛재료의 상토
 와 벼 종자의 혼합비가 6 : 1일 때는 약 7.1 : 1 ~ 7.6 : 1로, 상토와 벼 종
 자의 혼합비가 7 : 1일 때는 약 8.0 : 1 ~ 8.5 : 1로, 상토와 벼 종자의 혼
 합비가 8 : 1일 때는 약 9.8 : 1 ~ 10.4 : 1로 각각 나타났다.

이를 실험변수의 수준별로 좀더 자세히 나타낸 것이 그림 2-5-10과 그림
 2-5-11로 상토함수율이 각각 23.0 %와 24.5 %일 때 상토 종자혼합비 및 혼합
 스크류 축의 회전속도에 따른 상토 종자혼합비 변화를 비교한 것이다.

그림에서와 같이 혼합 스크류 축의 회전속도가 20 rpm에서 30 rpm으로 증
 가하는 경우 상토함수율이 각각 23.0 %와 24.5 %일 때 상토와 벼 종자의 혼합
 비 6 : 1은 7.1 : 1과 7.2 : 1에서 7.4 : 1과 7.6 : 1로, 상토와 벼 종자의
 혼합비 7 : 1은 8.3 : 1과 8.0 : 1에서 8.5 : 1 과 8.4 : 1로, 상토와 벼 종
 자의 혼합비 8 : 1은 공히 9.8 : 1에서 10.4 : 1과 10.1 : 1로 각각 변화하여
 나타나 혼합 스크류 축의 회전속도가 빨라짐에 따라 벼 종자의 손상이 많아짐
 으로 인하여 상토 종자혼합비는 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 한편, 상토
 함수율에 따라서는 상토 종자혼합비의 차이가 나타나지 않았는데 이는 예비실
 험에 의하여 펠렛재료의 혼합 및 반죽에 적당한 범위의 함수율을 설정하였기
 때문인 것으로 판단된다.

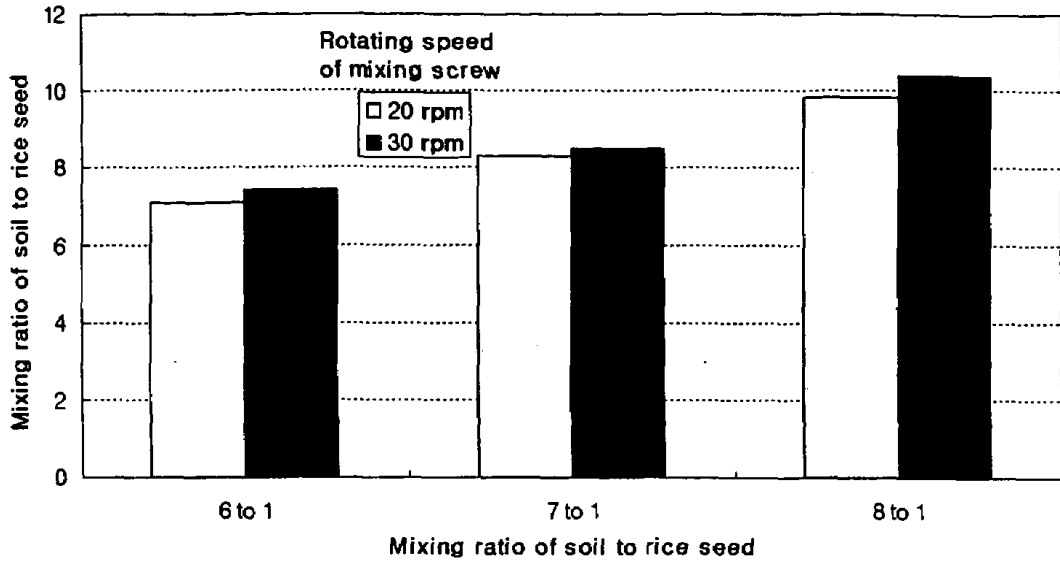


Fig. 2-5-10 Comparison of mixing ratios of soil to rice seed after second mixing at moisture content of soil of 23.0 %

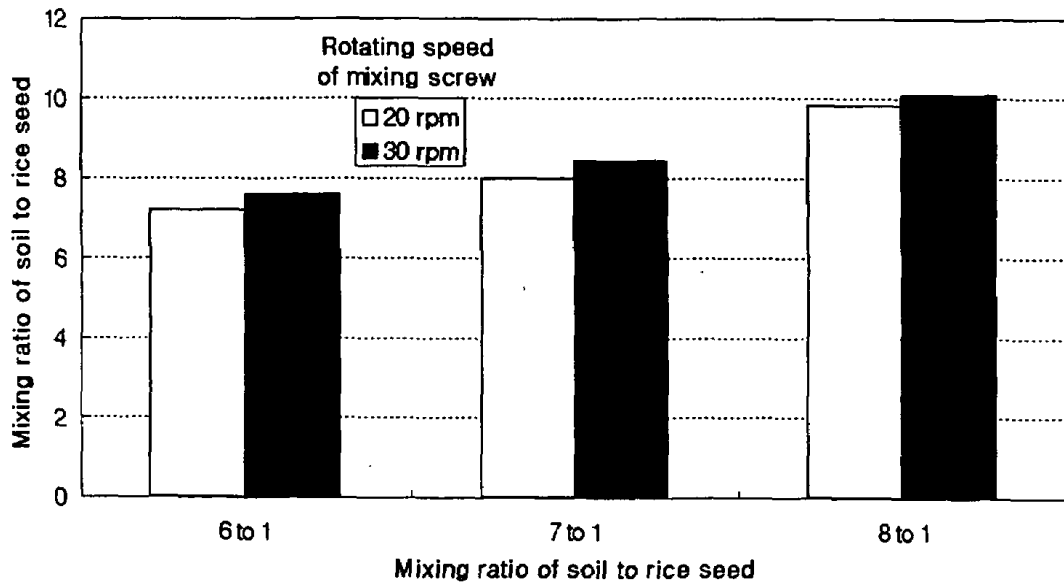


Fig. 2-5-11 Comparison of mixing ratios of soil to rice seed after second mixing at moisture content of soil of 24.5 %

펠릿재료를 2 회 혼합하여 벼 펠릿종자 제조기로 벼 펠릿종자를 제조하면 제조 시 벼 종자의 손상에 의해 상토 종자혼합비가 커지게 된다. 벼 펠릿종자 내에 평균적으로 4 개 이상의 벼 종자를 포함할 때 상토 종자혼합비는 약 12 : 1 정도로 추정되므로 벼 펠릿종자 제조기의 작동조건에 따라 벼 종자의 손상 정도는 달라지지만 약 20 %의 벼 종자 손상을 가정하면 원 펠릿재료의 상토와 벼 종자의 혼합비 8 : 1은 펠릿종자 내 완전 벼 종자의 개수가 평균적으로 4 개 보다 적게 되며 재배 시 결주의 위험이 커지게 된다. 따라서 본 연구의 펠릿재료 혼합 반죽장치를 사용하여 혼합 반죽을 하면 상토와 벼 종자의 혼합비는 최소한 7 : 1 이하로 배합해야 할 것으로 판단된다.

3) 혼합의 균일도

펠릿재료 혼합 반죽의 균일도는 상토 종자혼합비의 표준편차를 평균값으로 나눈 변이계수로 나타내었는데 표 2-5-4는 혼합 횟수, 혼합 스크류의 회전속도, 상토의 함수율, 그리고 상토 종자혼합비에 따른 변이계수를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 1 회 혼합 반죽 시 변이계수는 상토와 벼 종자의 혼합비가 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1일 때 각각 0.16 ~ 0.25, 0.24 ~ 0.34, 0.23 ~ 0.27로 나타났으며, 2 회 혼합 반죽 시는 상토와 벼 종자의 혼합비가 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1일 때 각각 0.15 ~ 0.20, 0.28 ~ 0.35, 0.27 ~ 0.31로 나타나 상토와 벼 종자 혼합비가 6 : 1일 때 벼 종자의 혼합이 가장 균일하게 이루어지는 것으로 보이며, 혼합횟수가 2 회로 되었을 때 혼합의 균일도도 약간 향상되는 것으로 나타났다. 그러나, 상토와 벼 종자 혼합비 7 : 1과 8 : 1의 경우 혼합의 균일도 차는 없는 것으로 보이며, 혼합횟수가 2 회로 되더라도 혼합의 균일도는 향상되지 않는 것으로 보인다.

한편, 혼합 스크류의 회전속도, 상토의 함수율의 변화에 따른 혼합의 균일도 차는 없는 것으로 나타났다.

Table 2-5-4 Coefficients of variation of mixing ratio of soil to rice seeds according to mixing times, rotating speed of the mixing screw, and moisture content of soil

MT(times)		1				2			
RS(rpm)		20		30		20		30	
MC(%)		23.0	24.5	23.0	24.5	23.0	24.5	23.0	24.5
	6:1	0.21	0.16	0.21	0.25	0.17	0.19	0.15	0.20
MR	7:1	0.24	0.26	0.34	0.29	0.29	0.34	0.28	0.35
	8:1	0.26	0.26	0.27	0.23	0.28	0.27	0.31	0.27

4) 벼 종자 손실률

표 2-5-5는 혼합 횟수, 혼합 스크류의 회전속도, 상토의 함수율, 그리고 상토와 벼 종자의 혼합비에 따른 벼 종자 손실률을 나타낸 것이다.

표에서와 같이 처음 펠렛재료를 혼합 반죽할 때에는 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1의 상토와 벼 종자의 혼합비에 따라 벼 종자 손실률이 각각 12.9 % ~ 19.9 %, 7.7 % ~ 10.8 %, 13.2 % ~ 24.2 %로 나타나 7 : 1 상토 종자혼합비의 경우가 가장 벼 종자 손상이 적은 것으로 나타났으며, 6 : 1과 8 : 1의 경우는 거의 비슷한 수준의 벼 종자 손실률을 보였다. 또한 혼합 스크류 축의 회전속도가 20 rpm에서 30 rpm으로 증가하는 경우 벼 종자의 손상이 증가하여 벼 종자 손실률이 높아지는 것으로 나타났으며, 상토함수율이 23.0 %에서 24.5 %로 커짐에 따라서는 벼 종자 손실률이 낮아지는 경향을 보였다.

두 번 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치에 의하여 혼합 및 반죽작업을 수행한 펠렛재료의 벼 종자 손실률을 살펴보면 상토와 벼 종자의 혼합비가 6 : 1일 때는 약 22.1 % ~ 28.4 %, 7 : 1일 때는 약 9.1 % ~ 13.9 %, 8 : 1일 때는 약 18.9 % ~ 28.7 %로 각각 나타나 상토와 벼 종자의 혼합비 7 : 1의 경우가 벼

종자손실률이 가장 낮게 나타났으며, 6 : 1과 8 : 1의 경우는 비슷한 수준을 보였다.

Table 2-5-5 Ratio of seed loss according to mixing times, moisture content of soil, rotating speed of the mixing screw, and mixing ratio of soil and rice seed

(unit : %)

MT(times)	1				2				
	20		30		20		30		
MC(%)	23.0	24.5	23.0	24.5	23.0	24.5	23.0	24.5	
MR	6:1	19.6 (11.0)	12.9 (8.2)	19.9 (11.2)	18.4 (10.0)	24.0 (9.9)	22.1 (9.4)	28.4 (13.1)	23.3 (7.8)
	7:1	10.4 (7.2)	7.7 (5.7)	10.8 (9.4)	9.9 (8.7)	12.7 (11.9)	9.1 (8.2)	13.9 (9.6)	11.3 (8.8)
	8:1	18.4 (12.1)	13.2 (12.8)	24.2 (8.2)	25.7 (11.0)	21.3 (14.7)	18.9 (9.1)	28.7 (11.0)	28.4 (12.7)

주: (): standard deviation

이를 실험변수의 수준별로 좀더 자세히 비교하여 나타낸 것이 그림 2-5-12와 그림 2-5-13으로 상토함수율이 각각 23.0 %와 24.5 %일 때 상토와 벼 종자의 혼합비 및 혼합 스크류 회전속도에 따른 벼 종자 손실률을 비교한 것이다.

그림에서와 같이 혼합 스크류의 회전속도가 20 rpm에서 30 rpm으로 증가하는 경우 상토함수율이 23.0 %일 때 상토 종자혼합비 6 : 1은 24.0 %에서 28.4%로, 상토 종자혼합비 7 : 1은 12.7 %에서 13.9 %로, 상토 종자혼합비 8 : 1은 21.3 %에서 28.7 %로 벼 종자 손실률이 각각 증가하였으며, 상토함수율이 24.5 %일 때는 상토 종자혼합비 6 : 1은 22.1 %에서 23.3%로, 상토 종자혼합비 7 : 1은 9.1 %에서 11.3 %로, 상토 종자혼합비 8 : 1은 18.9 %에서 28.4 %로 벼 종자 손실률이 각각 증가하여 혼합 스크류 회전속도가 빨라짐에 벼 종자 손실률은 커지는 것으로 나타났다.

한편, 상토함수율이 23.0 %에서 24.5%로 증가하는 경우 벼 종자 손실률은 약간 감소되는 것으로 나타나 상토함수율이 커질수록 벼 종자 손상은 적게 일어나는 것으로 보인다.

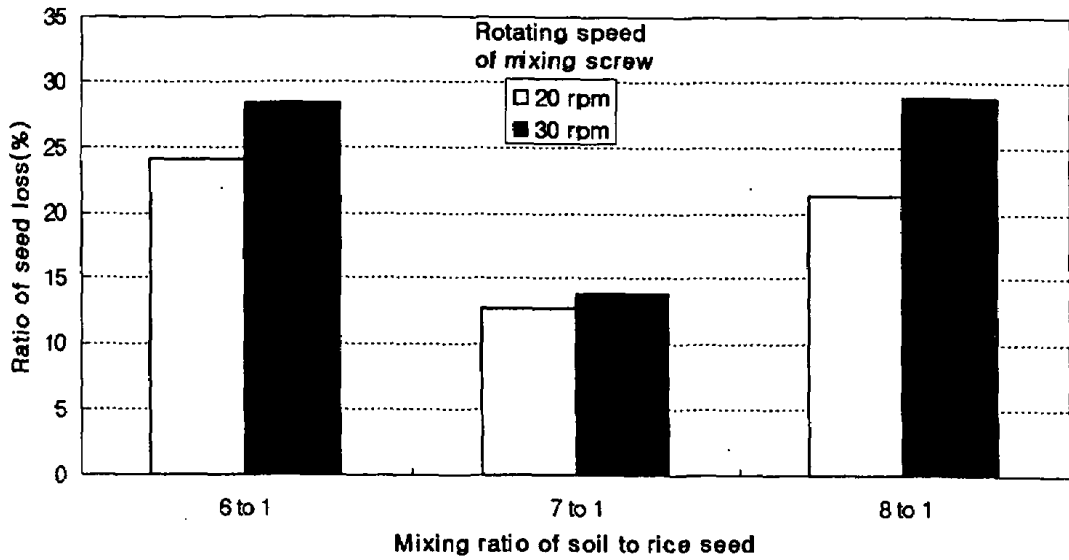


Fig. 2-5-12 Comparison of seed loss ratios after second mixing at moisture content of soil of 23.0 %

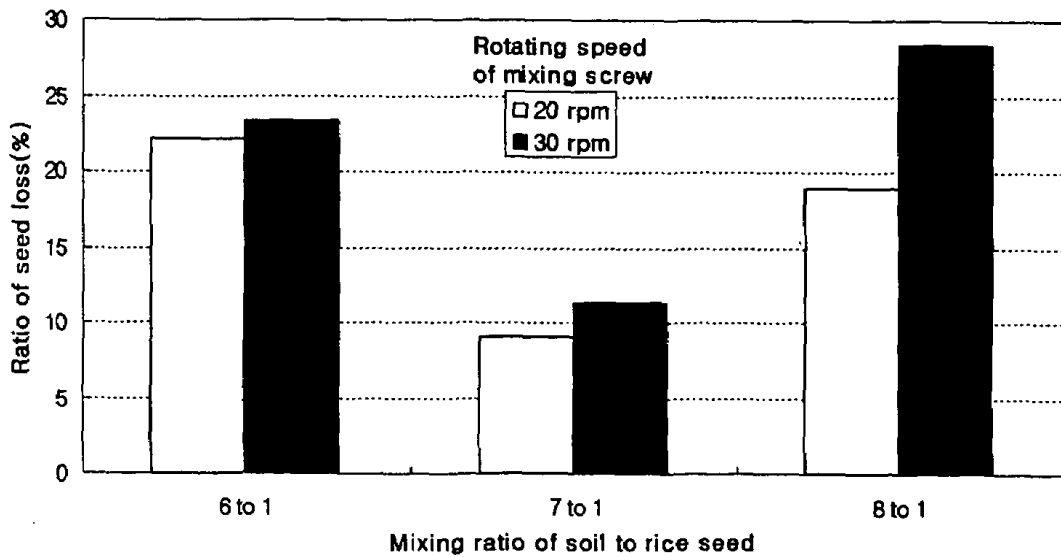


Fig. 2-5-13 Comparison of seed loss ratios after second mixing at moisture content of soil of 24.5 %

5) 적정 운전조건

벼 펠렛종자를 제조하기 위한 펠렛재료는 무엇보다도 펠렛종자 제조 후 적당한 수의 완전 벼 종자를 포함하여 파종 후 입모율이 높아야 하며, 벼 펠렛종자 제조 시 성형에 유리한 조건을 갖추어야 한다. 이를 위하여 펠렛재료를 혼합 반죽할 때 적절한 상토 종자혼합비, 상토함수율의 선택은 매우 중요하며, 또한 혼합능률을 고려한 효율적인 혼합 반죽이 이루어져야 한다.

본 연구에서 설계 제작된 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치의 성능실험 결과 벼 펠렛종자 제조 후 포함된 완전 벼 종자수, 혼합 반죽에 의한 상토와 벼 종자의 혼합비의 변화, 벼 종자 손실을 고려하였을 때 상토 종자혼합비는 약 6 : 1 ~ 7 : 1 사이가 안전적일 것으로 보이며, 상토함수율은 벼 펠렛종자의 성형과 혼합능률을 고려해 볼 때 약 24 %가 적당할 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치는 2 회 펠렛재료를 혼합 반죽하면 펠렛종자 제조에 적당한 펠렛재료 덩어리를 얻을 수 있었으며, 혼합능률을 고려할 때 혼합 스크류 회전속도 30 rpm에서 시간당 약 290 Kg의 펠렛재료 혼합 반죽이 가능하나 외적으로 나타나는 벼 종자의 손실뿐만 아니라 질적인 손실도 최소화하는 것이 중요하므로 혼합 스크류 회전속도 20 rpm에서 작동시켜 약 200 Kg 혼합능률이 얻는 것이 적당할 것으로 판단된다. 그러나 이 경우도 벼 종자 손실률이 약 10 ~ 20 %에 이를 것으로 보여 정속하고 완만한 혼합 반죽으로 벼 종자 손상을 최소화 할 수 있도록 혼합 스크류의 회전속도와 제원 개선이 필요한 것으로 보인다.

3. 결론

가. 일정 비율의 벼 종자, 펠렛용 상토, 접착액 등 펠렛재료를 균일하게 혼합 반죽할 수 있는 펠렛재료 공급부, 혼합 반죽 및 배출부, 구동모터 및 동력 전달부, 진공장치부, 프레임, 운전제어부 등으로 구성된 벼 펠렛재료 혼합 반

죽장치를 설계·제작하였다.

나. 설계·제작된 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치의 혼합능률은 혼합 스크류의 회전속도가 커짐에 따라 증가하였으며, 혼합회수에 따라 1회 혼합 반죽 시는 시간당 약 505 Kg, 2회 혼합 반죽 시는 시간당 약 650 Kg 까지 혼합 반죽이 가능하였다. 상토 종자혼합비에는 차이가 없었고, 상토함수율이 커짐에 따라 약간 증가하였다. 벼 펠렛종자 제조기에 공급가능 한 펠렛재료를 얻기 위해서는 최소 2 회 혼합 반죽이 필요하였으며, 이를 고려하는 경우 설계·제작된 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치의 혼합능률은 최대 시간당 약 290 Kg인 것으로 분석되었다.

다. 2 회 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치에 의하여 혼합 반죽작업을 수행한 펠렛재료의 상토 종자혼합비는 벼 종자 손실에 의하여 상토 종자혼합비가 6 : 1일 때는 약 7.1 : 1 ~ 7.6 : 1로, 상토 종자혼합비가 7 : 1일 때는 약 8.0 : 1 ~ 8.5 : 1로, 상토 종자혼합비가 8 : 1일 때는 약 9.8 : 1 ~ 10.4 : 1로 각각 변화하여 나타났으며, 같은 상토 종자혼합비에서는 혼합 스크류의 회전속도가 빨라짐에 따라 상토 종자혼합비의 증가가 커졌으나, 상토함수율은 거의 비슷한 상토 종자혼합비 증가를 보였다.

라. 펠렛재료 혼합 반죽의 균일도를 나타내는 상토 종자혼합비 변이계수는 2 회 혼합 반죽 후 상토 종자혼합비가 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1일 때 각각 0.15 ~ 0.20, 0.28 ~ 0.35, 0.27 ~ 0.31로 나타나 상토 종자혼합비가 6 : 1일 때 벼 종자 혼합이 가장 균일하게 이루어졌으며, 혼합 스크류 회전속도, 상토함수율의 변화에 따른 혼합의 균일도 차는 없었다.

마. 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치에 의하여 2 회 혼합 및 반죽작업을 수행한

펠렛재료의 벼 종자 손실률은 상토 종자혼합비가 6 : 1일 때 약 22.1 % ~ 28.4 %, 7 : 1일 때 약 9.1 % ~ 13.9 %, 8 : 1일 때 약 18.9 % ~ 28.7 %로 각각 나타나 상토 종자혼합비 7 : 1의 경우가 벼 종자손실률이 가장 낮게 나타났으며, 6 : 1과 8 : 1의 경우는 비슷한 수준을 보였다. 또한 혼합 스크류의 회전속도가 증가하는 경우 벼 종자의 손상이 증가하여 벼 종자손실률이 높아지는 것으로 나타났으며, 상토함수율이 높아짐에 따라 벼 종자손실률이 약간씩 낮아지는 경향을 보였다.

바. 본 연구에서 설계 제작된 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치의 성능실험 결과 펠렛재료의 상토 종자혼합비는 약 6 : 1 ~ 7 : 1 사이가 안전적일 것으로 보이며, 상토함수율은 약 24 %가 적당할 것으로 판단된다. 또한 설계 제작된 벼 펠렛재료 혼합 반죽장치는 혼합 스크류 회전속도 20 rpm로 2 회 펠렛재료를 혼합 반죽하여 시간당 약 200 Kg 혼합능률이 얻는 것이 적당할 것으로 보인다. 그러나 이 경우도 벼 종자손실률이 약 10 ~ 20 %에 이를 것으로 보여 벼 종자 손상을 최소화 할 수 있도록 혼합 스크류의 개선이 필요한 것으로 보인다.

제6절 4차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치

3차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치의 성능시험 결과 벼 종자와 펠릿용 상토를 균일 혼합 반죽하여 구형의 벼 펠릿종자로 제조하는 것이 보다 능률적이고, 벼 펠릿종자 제조장치의 구조도 단순화시킬 수 있을 것으로 예상하여 벼 종자, 펠릿용 상토 및 접착제 등 균일 혼합 반죽된 펠릿재료로 벼 펠릿종자를 제조할 수 있는 펠릿종자 제조장치를 설계 제작하여 성능시험을 실시하였다.

1. 설계 및 제작

4차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치의 주요부는 펠릿재료 공급부, 벼 펠릿종자 성형 및 배출부 그리고 동력 전달부 및 프레임으로 구성되어 있다.

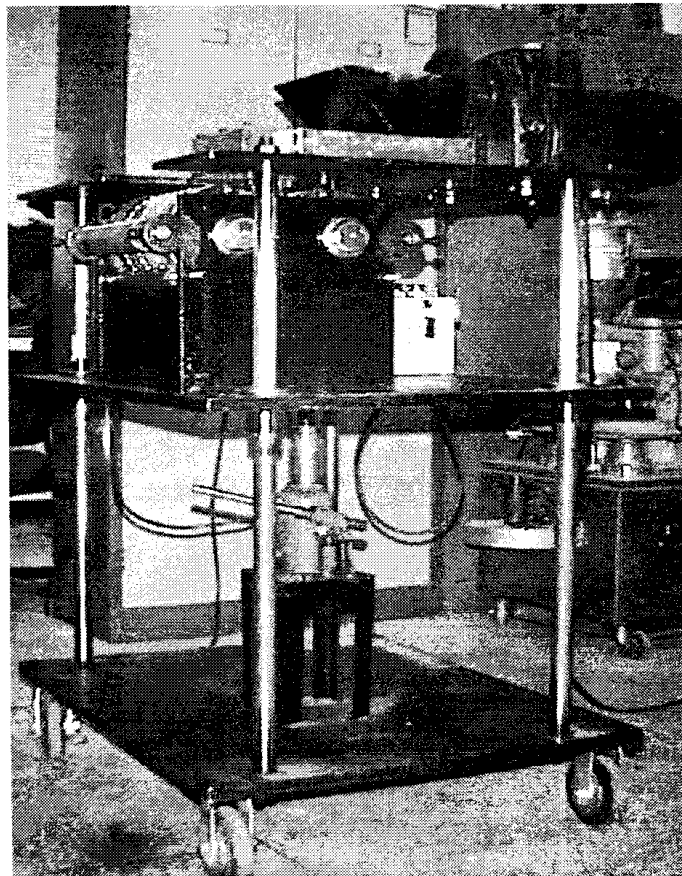


Fig. 2-6-1 A view of the fourth experimental rice seed pelleting machine

그림 2-6-1은 설계 제작된 벼 펠릿종자 제조장치의 외관이며, 그림에서와 같이 제조장치 프레임 상부 판에 펠릿재료 공급부, 중간 판에 성형부를 위치 하였으며, 하부 판에 성형롤 상하 이동을 위한 유압 잭과 제조장치의 운송을 위한 바퀴를 설치하였다.

그림 2-6-2는 제조장치의 개략도를 나타낸 것으로 전체적인 크기는 가로 680 mm, 세로 856 mm, 높이 1,100 mm로 제작되었다.

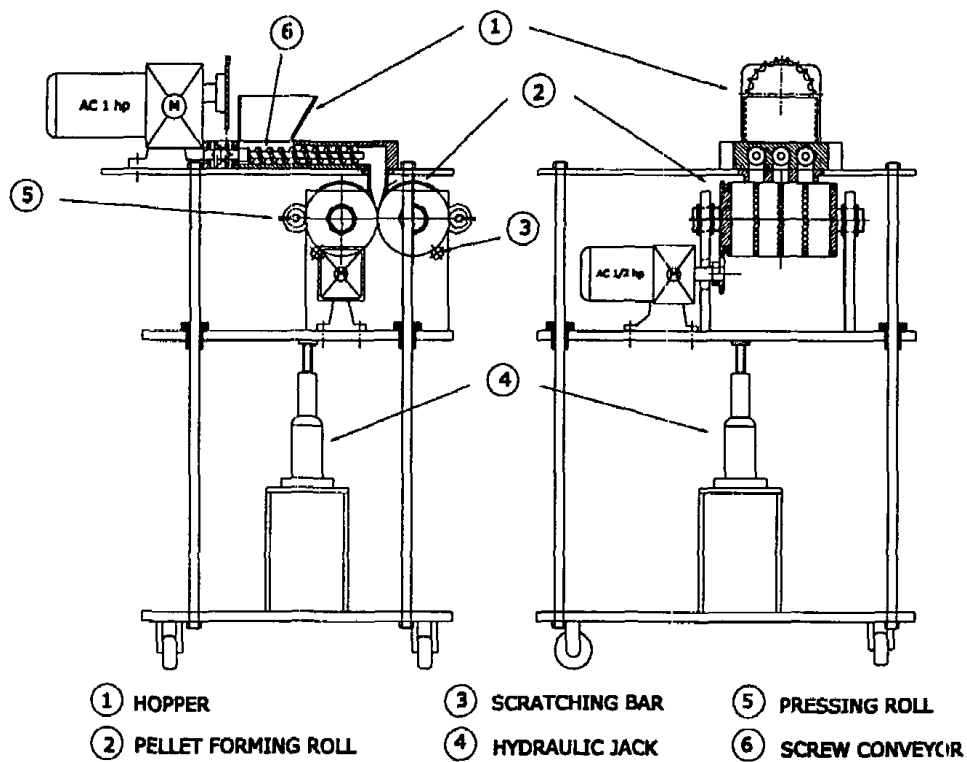


Fig. 2-6-2 A schematic diagram of the fourth experimental rice seed pelleting machine

가. 펠릿재료 공급부

펠릿재료 공급부는 그림 2-6-3에서와 같이 3 열의 스크류 컨베이어를 이용

하였으며, 스크류를 동시에 회전시키기 위해 AC 220V Geared Motor (1 HP, 감속비 1/60)의 주동축과 스크류 축을 체인(RS40)으로 연결하여 구동되도록 하였다. 이 때 체인기어 비는 3 : 1로서 최대 회전속도는 90 rpm이다. 체인으로 전달된 동력은 기어 구동방식으로서 3 개 스크류가 동시에 회전할 수 있도록 하였고 원하는 회전속도로 가변할 수 있도록 1 HP 인버터(MITSUBISHI, FREQROL · E500)에 의해 제어하였다.

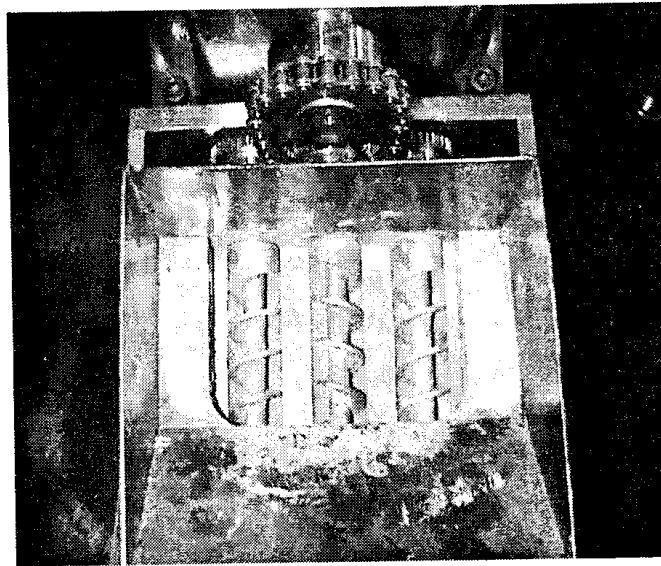


Fig. 2-6-3 A view of the pellet material supplying part

나 펠릿종자 성형 및 배출부

그림 2-6-4은 펠릿종자 성형 및 배출부의 구조도를 나타낸 것으로 펠릿재료가 공급 블러(③)을 통해 직경 12 mm의 원통형으로 두 개의 회전 성형롤 사이로 공급이 되어 성형롤이 회전하면서 구형의 펠릿종자를 제조하게 된다.

이 때 제조되는 펠릿종자의 압축성형과 투입된 펠릿재료의 손실을 최소화하기 위해 두 성형롤 사이의 틈새가 거의 없게 할 필요가 있었다. 그래서 이를 보완하기 위한 장치로서 성형롤 압축장치(⑦)인 직경 50 mm의 롤을 부착하여 펠릿종자의 제조 과정에서 두 성형롤의 벌어짐 현상을 방지하였다. 그리고 Scratching bar(⑥)를 설치하여 성형롤의 표면에 남을 수 있는 펠릿재료 잔여물을 처리하도록 하였다.

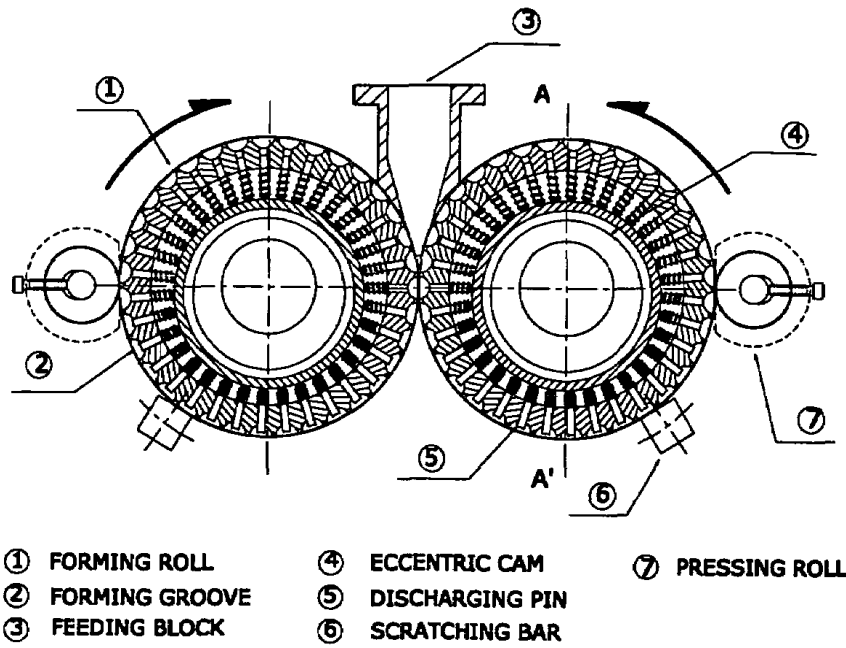


Fig. 2-6-4 A schematic diagram of the forming rolls and their surrounding parts

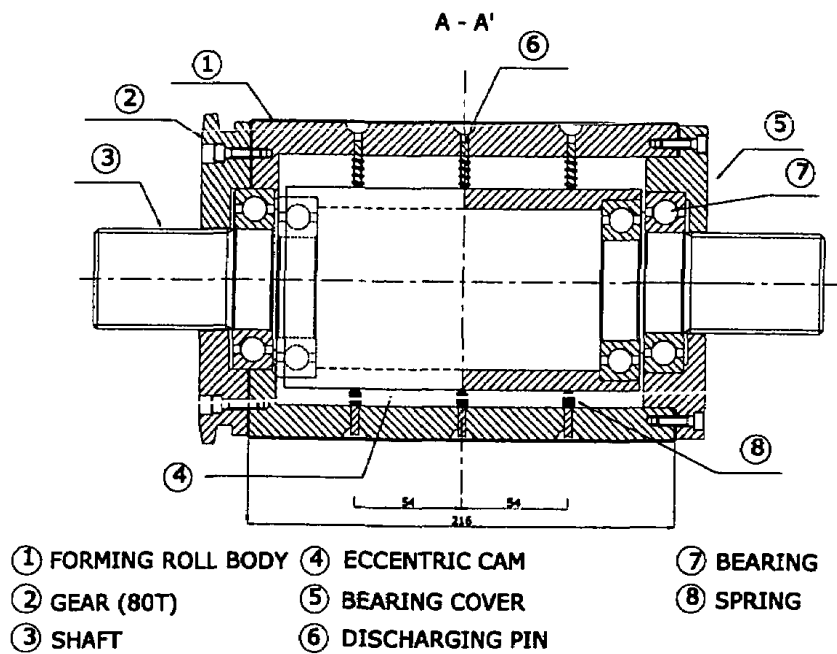


Fig. 2-6-5 A cross-section view of the forming rolls

그림 2-6-5는 성형롤 A-A'의 단면도이다. 직경 158 mm의 두 성형롤에는 직경 12 mm의 반구의 홈이 원주 방향으로 2 mm의 간격으로 35 개씩 3 열로 가공되었으며, 사용된 성형롤의 재질은 알루미늄으로 되어 있으며 압축성형 시 상토와 벼 종자에 의해 롤 표면이 파손되는 것으로부터 보호하기 위해 경질 표면 처리를 하였다. 전체 길이 216 mm, 직경 158 mm의 성형롤의 내부에 외경 100 mm의 롤이 베어링에 의해 축과 연결되어 있다. 그리고 제조된 구형의 펠렛종자를 성형 홈에서 배출시키기 위해 각 성형홈의 중심에서 길이 23 mm의 스프링에 의해 지지된 직경 4 mm의 배출핀(⑥)을 수직 운동시키는데 배출핀의 수직 운동은 주축과 내부를 사이 축 편차(3.8 mm)에 의해 이루어지도록 하였으며, 주축과 내부를 사이 두 개의 베어링으로 연결하여 베어링의 축 편차가 캠의 작용을 하게 되어 있다.

두 개의 성형롤을 동시에 구동시키기 위해 스피어 기어를 사용하였으며 AC 220V geared motor(1/2 HP, 감속비 1/30)와 1 HP 인버터(MITSUBISHI, FREQROL·E500)를 이용하여 회전속도의 변경이 가능하도록 하였다.

2. 성능실험

가. 재료 및 방법

1) 시험 재료

벼 종자 품종은 동안 벼를 사용하였으며, 펠렛재료용 상토로는 산적토로서 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취 건조시켜 500 μm (체 번호 35) 체를 사용하여 이를 통과한 입경의 상토를 이용하였다. 펠렛재료 혼합용 접착재료로 아라비아고무(제조회사:Junsei Chemical Co., 순정일급, 분말)를 접착제로서 사용하였으며, 제조방법으로는 물 100 cc에 아라비아고무 10 % 농도의 혼합 접착액을 만들고 상토 100 g당 30 ml의 혼합 접착액을 사용 혼합하였다. 벼 종자와 상토를 일정비율로 균일하게 혼합 반죽하기 위해 제작된 펠렛재료 혼합 반죽기를 이용하였다.

2) 성능시험 방법

제작된 벼 펠렛종자 제조장치 성능시험은 상토와 벼 종자의 혼합비와 펠렛 재료 공급속도를 주요 변수로 하였으며, 상토와 벼 종자의 혼합비는 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1의 3 수준으로, 펠렛재료 공급속도는 0.5 Kg/min, 1.0 Kg/min, 1.5 Kg/min 3 수준으로 선정하였다.

성능시험은 펠렛재료 공급부 스크류 컨베이어의 회전속도에 따른 펠렛재료 공급 특성과 1 kg의 펠렛재료를 투입하여 주요 변수의 수준에 따른 벼 펠렛종자 제조능률, 성형률 그리고 제조 과정에서 발생하는 벼 종자 손실률을 3 회 반복 실험을 통하여 조사하였다. 여기서, 성형률은 제조장치에 투입된 펠렛재료의 무게에 대한 완전한 구형 형태를 갖는 펠렛종자의 무게비로서 나타내었고, 제조능률은 시간당 제조 가능한 펠렛종자 개수로 정의하였다. 또한 제조 과정에서 발생하는 벼 종자 손실률은 공급된 벼 종자의 무게에 따른 벼 종자 개수를 추정하여 제조한 펠렛종자 내에 포함된 손상되지 않은 완전한 벼 종자의 개수와의 비를 구하여 벼 종자 손실률을 나타내었다.

제조된 벼 펠렛종자에 대한 특성 분석으로 제원 및 무게, 펠렛종자 내 포함된 벼 종자의 개수, 함수율 및 건조에 따른 함수율 변화, 건조 후 압축강도, 물속에서의 붕괴도를 파악하였다. 제조된 벼 펠렛종자의 제원과 무게는 온전히 제조된 50 개를 대상으로 제조 직후와 건조 후의 직경과 무게를 측정하였으며, 제조된 펠렛종자 내 포함된 벼 종자의 개수는 임의로 추출한 100 개의 벼 펠렛종자를 대상으로 포함된 벼 종자의 개수를 조사하였다. 벼 펠렛종자의 건조는 건조기를 이용한 경우에는 43℃의 항온 상태에서, 음지 건조는 18℃ ~ 20℃, 약 38%로 유지되는 실험실 내에서 수행하였다. 압축강도는 건조기와 음지에서 건조된 벼 펠렛종자 50 개를 대상으로 측정하였는데 그림 2-6-6의 물성 분석기(모델명: TA-XT2 Texture Analyser, 제조회사: Stable Micro Systems™-XT.RA Dimension V3.7L, 용량 50 Kg)를 이용하여 측정하였는데 수평 지지판 위에 벼 펠렛종자를 놓고 지지판으로 부터 15 mm 위에서 직경 50

mm의 프로브를 2 mm/s의 속도로 하강시켜 펠릿종자의 표면에 압력을 가하여 파괴되는 시점을 압축강도로서 측정하였다. 붕괴도의 측정은 건조기와 음지에서 건조된 펠릿종자 50 개를 대상으로 그림 2-6-7에서와 같이 깊이 2 cm의 페트리디쉬에 담아 담수 상태에서 시간의 경과에 따라 베틀종자가 붕괴되는 정도를 관찰하였다.

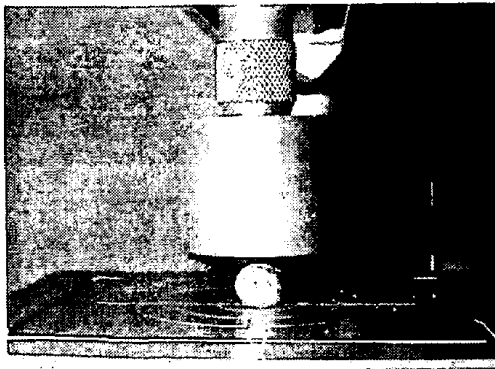


Fig. 2-6-6 Compression strength test

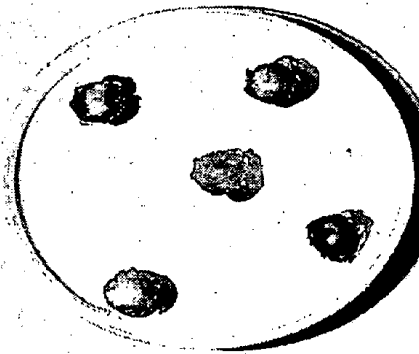


Fig. 2-6-7 Breaking test in water

나. 결과 및 고찰

1) 펠릿재료 공급특성

펠릿재료를 호퍼에 투입하여 스크류 컨베이어의 회전속도에 따라 공급 능력으로 배출되는 펠릿재료 공급률(Kg/min)을 나타낸 것이 그림 2-6-8이다.

스크류 컨베이어를 회전시키는데 있어 100 rpm 이상에서는 모터의 출력이 부족하여 펠릿재료 이송에 어려움이 있었으며, 펠릿재료 공급 스크류의 작동 범위는 약 20 rpm에서 최대 90 rpm 까지 적용이 가능하였다.

공급부 스크류 컨베이어의 회전속도에 따라 펠릿재료 공급률은 약 0.3 Kg/min ~ 1.5 Kg/min로 나타났으며, 회전속도가 높아질수록 펠릿재료의 공급률이 직선적으로 증가됨을 알 수 있었다.

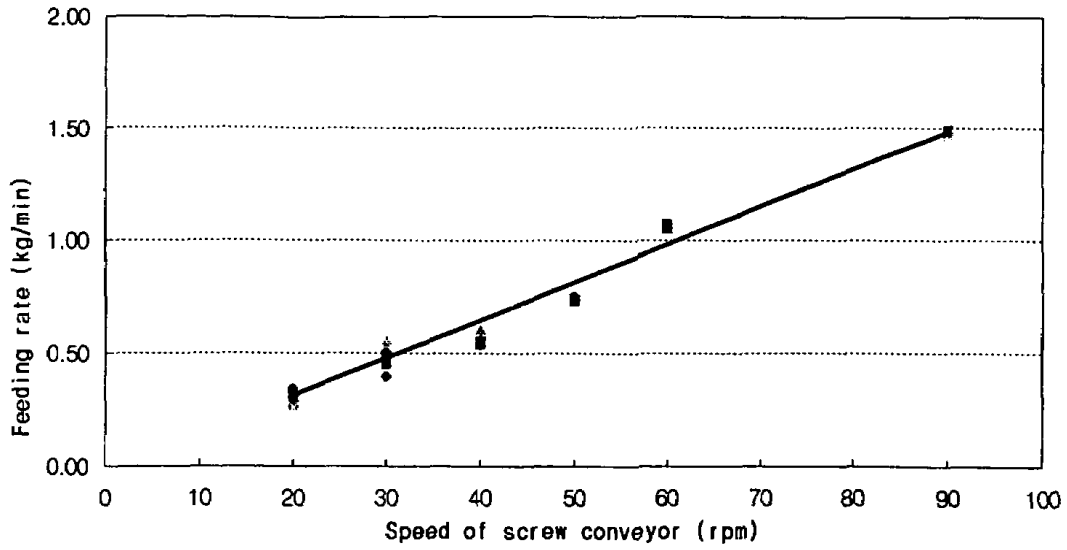


Fig. 2-6-8 Feeding rate of pellet-materials according to rotating speed of screw conveyor

2) 성형률

여 펠릿종자 제조장치의 펠릿재료 혼합비와 공급률에 따른 성형률을 나타낸 것이 그림 2-6-9이다.

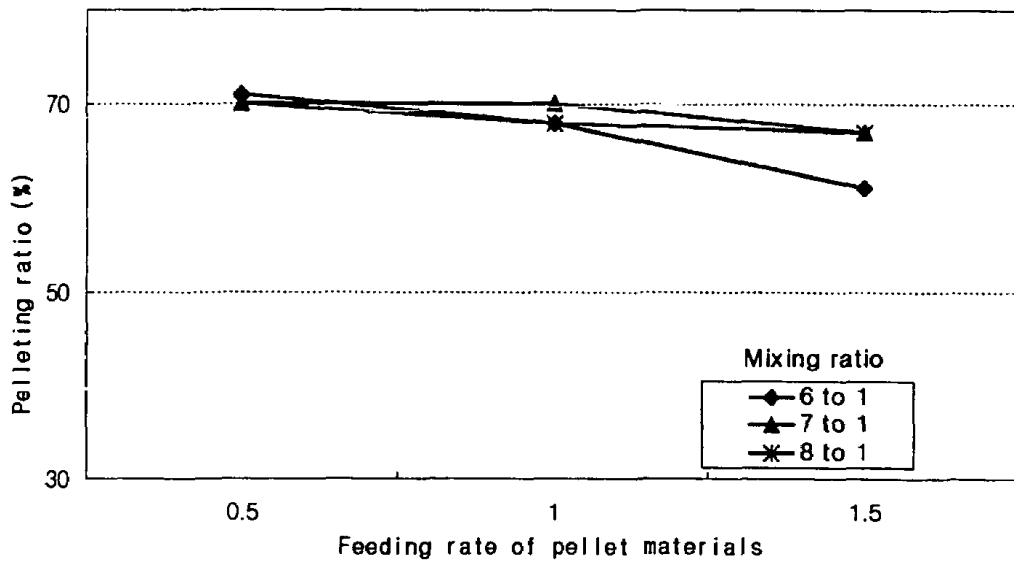


Fig. 2-6-9 Pelleting ratio according to mixing ratio and feeding rate of pellet materials

성형률은 펠릿재료 혼합비에 관계없이 거의 유사하게 조사되었으며 전체적으로 약 61 % ~ 71 %로 측정되었다. 하지만 펠릿재료 공급률에 따른 성형률의 결과는 차이를 보였는데 공급률이 0.5 Kg/min과 1.0 Kg/min일 경우 약 70 %의 성형률을 보인 반면에 1.5 Kg/min의 공급률에서는 성형률이 다소 떨어지는 것을 알 수 있었다.

측정 결과 대체적으로 성형률은 매우 저조한 결과를 얻었는데, 그 원인은 펠릿재료의 공급이 균일하게 유지되지 못한 관계로 펠릿종자 제조과정에서 성형함에 펠릿재료가 완전히 채워지지 못하는 현상 때문으로 그 결과 구형으로 성형되지 못한 비율이 전체의 약 20 % 정도가 되었다. 또한 펠릿종자가 제조되면서 제조장치 구조상의 문제로 펠릿재료 이송 과정에서 발생한 펠릿재료 손실이 약 10 %에 달하면서 성형률이 낮아지는 결과를 얻었다.

3) 제조성능

펠릿 제조장치의 시간 당 제조능력은 그림 2-6-10과 같다.

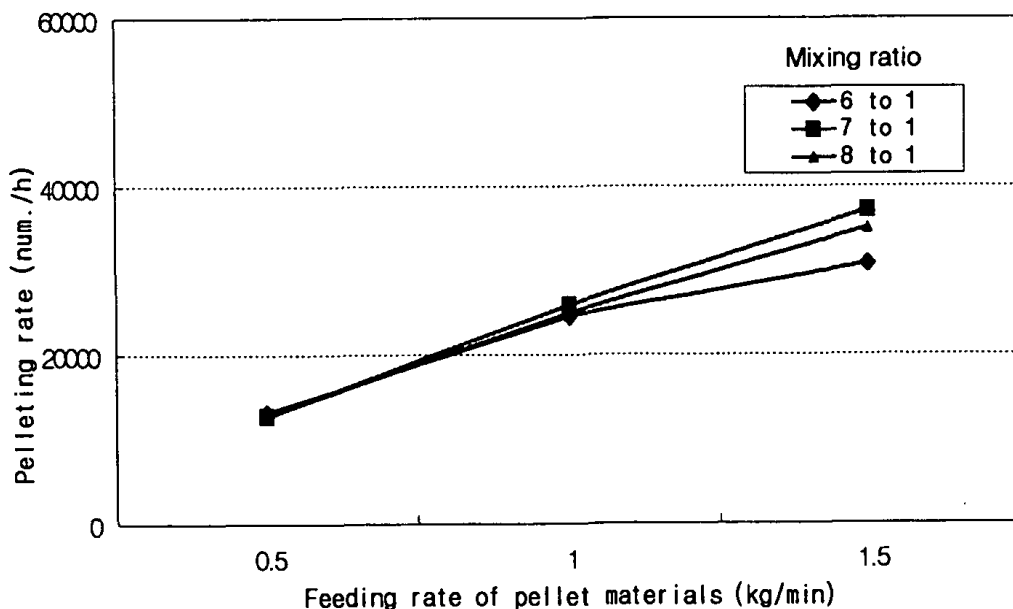


Fig. 2-6-10 Pelleting rate according to mixing ratio and feeding rate of pellet materials

그림에서와 같이 혼합비에 따른 차이는 없었으며 공급률에 따라 시간당 약 13,000- 37,000 개의 펠릿종자를 제조할 수 있는 것으로 나타났으며, 앞서의 성형률 결과를 고려하여 볼 때 성형률이 상대적으로 높게 나타난 펠릿재료 공급률 1.0 kg/min일 경우 펠릿재료 1 kg으로 분당 약 430 여 개의 벼 펠릿종자를 제조할 수 있어 제조능력은 시간 당 약 26,000 개로 예상되었다.

4) 벼 종자 손실률

벼 펠릿종자 제조과정 중에 성형을 저조 및 벼 종자 손상으로 인하여 벼 종자의 손실이 매우 큰 것으로 나타났는데 벼 종자 손실률을 나타낸 것이 그림 2-6-11이다. 벼 종자 손실률은 그림에서와 같이 혼합비가 6 : 1일 때 36 % ~ 48 %, 7 : 1의 경우 36 % ~ 44 %, 8 : 1의 경우에는 17 % ~ 28 %인 것으로 나타나 벼 종자의 혼합비가 커질수록 손실률도 다소 커지는 경향을 보였다. 대체적으로 벼 종자 손실률이 매우 크게 나타나 벼 종자 손실을 줄이기 위한 대책이 필요한 것으로 보인다

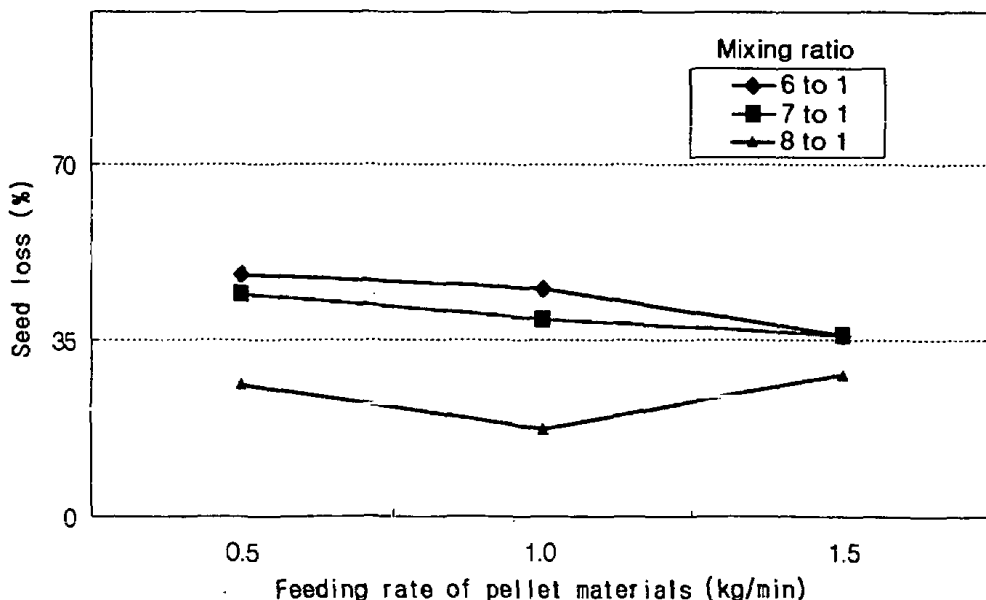


Fig. 2-6-11 Ratio of seed loss according to mixing ratio and feeding rate of pellet materials

5) 제조 벼 펠릿종자 특성

가) 벼 펠릿종자 크기 및 무게

표 2-6-1은 제조 직후와 건조 후 펠릿종자의 상태로서 무게 변화와 직경 변화를 나타낸 것이다. 제조된 펠릿종자의 무게는 제조 직후 약 1.66 (0.05) g에서 건조 후에는 약 1.26 (0.04) g으로 감소 하였으며 직경 또한 건조가 되면서 12.0 (0.1) mm에서 11.2 (0.3) mm로 약 6.7 % 축소되었다.

Table 2-6-1 Average weight and diameter of a rice-seed pellet

WP ¹⁾	WD ²⁾	DP ³⁾	DD ⁴⁾
1.66(0.05)	1.26(0.04)	12.0(0.1)	11.2(0.3)

주: () : Standard deviation

- 1) WP : Weight of a rice-seed pellet before drying (g)
- 2) WD : Weight of a rice-seed pellet after drying (g)
- 3) DP : Dia. of a rice-seed pellet before drying (mm)
- 4) DD : Dia. of a seed pellet after drying (mm)

나) 압축강도

건조기와 음지 건조에 의한 벼 펠릿종자를 대상으로 물성분석기를 이용 압축강도를 측정한 결과를 나타낸 것이 그림 2-6-12와 그림 2-6-13이다.

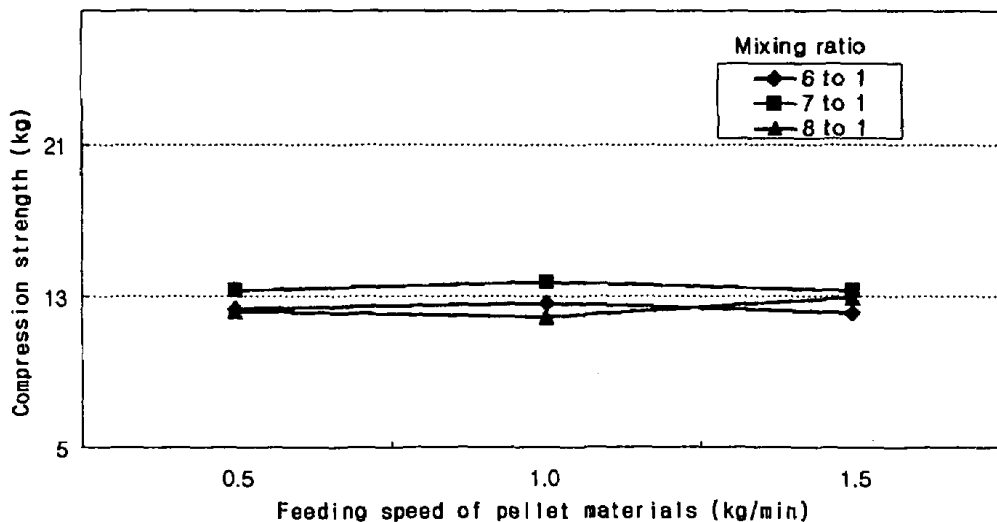


Fig. 2-6-12 Compression strength of the rice-seed pellet dried by dryer

건조기를 이용한 경우 펠릿종자의 압축강도는 약 118 N ~ 137 N으로 측정되었고 음지 건조의 경우에는 약 88 N ~ 108 N으로 나타났다. 압축강도는 건조기를 이용한 경우보다 음지 건조가 약간 낮았는데 이는 음지건조의 펠릿종자가 수분을 다소 많이 함유하고 있기 때문이다. 또한, 펠릿종자 내에 벼 종자가 5 립 이상이 포함되었을 경우 부착력이 약하여 다소 압축강도가 떨어지는 경향을 보였다.

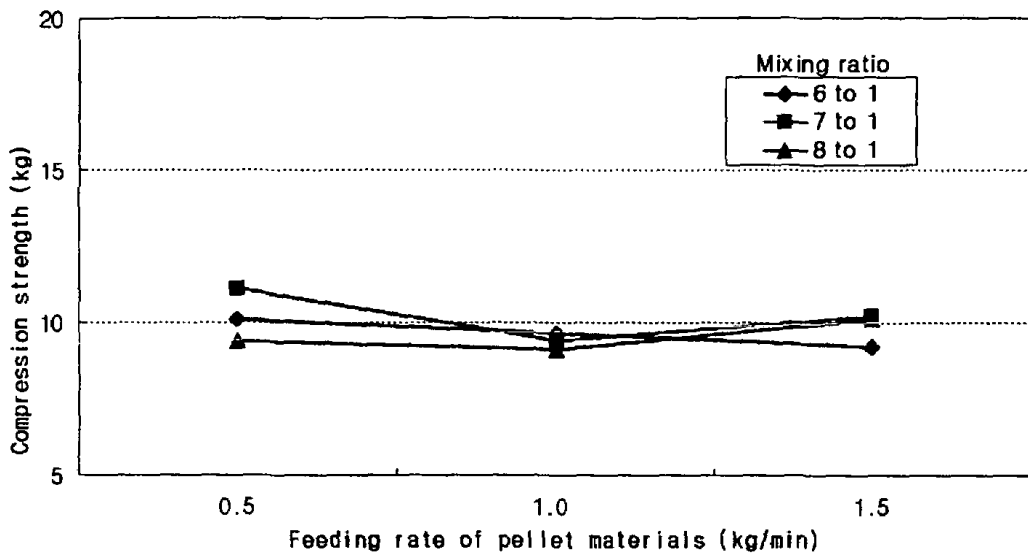


Fig. 2-6-13 Compression strength of the rice-seed pellet dried in shady room

대체적으로 제조된 벼 펠릿종자의 압축강도는 기계과종이나 운반작업등에서 요구되는 강도보다 충분히 클 것으로 예상되어 취급성은 문제가 없을 것으로 보인다.

다) 펠릿종자 내 포함된 벼 종자 수

벼 종자 혼합비와 공급률에 따른 한 개의 펠릿종자 내에 포함된 벼 종자의 개수를 나타낸 것이 그림 2-6-14이며, 벼 종자의 포함 개수에 따른 분포율을 나타낸 것이 표 2-6-2이다.

조사 결과 벼 펠릿종자에 포함된 벼 종자 개수는 6 : 1 혼합비에서 평균 4.1 (1.4) 립의 벼 종자를 포함하였고, 7 : 1의 혼합비에 있어서는 평균 3.6 (1.2) 립 그리고 8 : 1의 혼합비에 있어서는 평균 3.1 (1.3) 립의 벼 종자를 포함하고 있어 혼합비가 커질수록 펠릿종자에 포함된 벼 종자의 수가 증가함을 알 수 있었다.

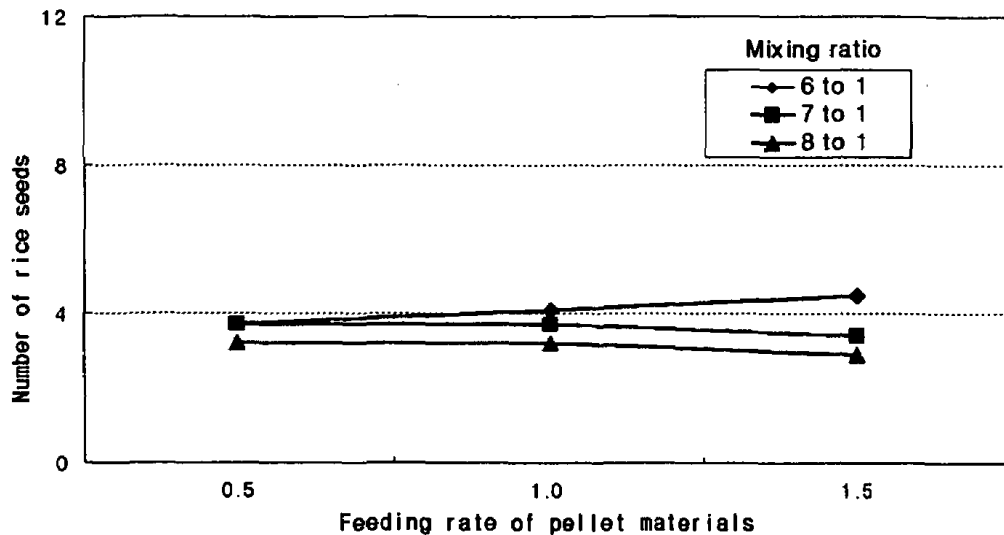


Fig. 2-6-14 Number of rice seeds in a rice-seed pellet

Table 2-6-2 Distribution ratio according to number of rice seeds in a rice-seed pellet

(unit : %)

Mixing ratio	Feeding rate (kg/min)	Number of rice seeds		
		Less than 2	3 ~ 5	more than 6
6 to 1	0.5	16.0	76.0	8.0
	1.0	3.0	80.0	17.0
	1.5	3.0	76.0	21.0
7 to 1	0.5	14.0	79.0	7.0
	1.0	19.0	77.0	4.0
	1.5	18.0	75.0	7.0
8 to 1	0.5	28.0	65.0	7.0
	1.0	36.0	60.0	4.0
	1.5	66.0	21.0	13.0

포함된 종자의 개수에 따른 분포를 살펴보면 3 립 ~ 5 립의 벼 종자가 펠렛 종자에 포함된 비율은 혼합비 6 : 1의 경우 약 76 % ~ 80 %로 나타났고 7 : 1의 경우 약 75 % ~ 79 %, 8 : 1의 경우 약 21 % ~ 65 %로 조사되었다.

3 수준의 혼합비에 있어서 포함된 벼 종자 개수가 모두 평균적으로 3 립 이상으로 조사되었지만 혼합비가 다소 적은 8 : 1의 경우에는 벼 종자가 2 립 이하의 경우로 약간 편중된 결과를 보였고, 이와 반대로 6 : 1의 경우에는 5 립 이상의 벼 종자가 포함될 비율이 커짐을 알 수 있었다. 따라서 혼합비가 7 : 1일 때 상대적으로 3 립 ~ 5 립 벼 종자가 포함된 펠렛종자의 비율이 좋게 나타나 본 연구에서 얻고자 하는 벼 펠렛종자 당 3 립 ~ 5 립의 벼 종자를 포함시키고자 하는 의도와 가장 일치하는 것으로 나타났다.

라) 붕괴도

건조기와 음지건조를 통해 건조된 벼 펠렛종자에 대한 담수 상태에서 붕괴 실험을 수행한 결과 두 방법 모두 구형을 이루는 접합부분이 쉽게 붕괴되지 않는 결과를 얻었다.

그림 2-6-15는 붕괴실험을 수행한 후 5 시간이 경과된 펠렛종자의 모습이다. 담수상태가 되면서 펠렛종자 내로 수분 흡수로 인해 부분적인 파열 현상이 일어났으나 5 시간이 경과되어도 그 상태를 유지하였다. 따라서 발아에는 큰 문제가 없을 것으로 보인다.



Fig. 2-6-15 A view of the rice-seed pellets in water after 5 days

다. 개선점

펠렛종자 제조장치의 펠렛재료 공급부는 수동으로 호퍼를 통해 스크류 컨베이어에 투입하는 방식으로 되어 있다. 하지만 실제 실험을 수행하는 과정에서 상토가 주재료인 펠렛재료를 투입하는데 상당한 가압이 필요하였으며, 회전속도 변화에 따라 공급의 일정함을 유지하는데 큰 어려움을 보였다. 또한 펠렛재료의 공급 시 공급 스크류의 부하가 매우 크게 나타나는 것으로 보여 펠렛재료를 성형롤의 회전속도에 따라 원활히 공급해 줄수 있는 펠렛재료 공급장치의 개선이 필요할 것으로 보인다.

성형부의 성형롤 재질은 알루미늄이고 표면 손상을 막기 위해 경질 표면 처리가 되어있다. 그러나 지속적인 펠렛재료 공급에 의한 표면 손상을 피할 수 없었다. 문제되는 성형롤 표면 손상의 주원인은 두 개의 회전 성형롤 간의 틈새가 발생됨에 있었는데 이와 같은 틈새는 펠렛재료의 손실, 벼 종자의 손상, 성형롤의 상토 부착 현상을 촉진시키는 것으로 나타났다. 이를 보완하기 위해 현 제조장치에 밀림방지 롤을 설치하였지만 미흡한 결과를 보였다. 따라서 차후 이 부분에 대한 보완이 필요하며 이 부분의 개선이 이루어지는 경우 성형롤 및 제조성능을 크게 개선시킬 수 있을 것으로 보인다.

3. 결론

가. 벼 종자, 상토, 혼합 접착액 등 펠렛재료를 균일하게 혼합·반죽한 펠렛재료를 스크류 컨베이어에 의해 회전 성형롤에 공급, 압축 성형 배출함으로써 직경 12 mm의 구형 벼 펠렛종자를 제조할 수 있는 벼 펠렛종자 제조장치를 설계·제작하였다.

나. 설계·제작된 벼 펠렛종자 제조장치를 상토와 벼 종자의 혼합비, 펠렛재료 공급속도에 의한 성형수준에 따라 실험한 결과 벼 펠렛종자 제조능력은 약 시간 당 약 13,000 개 ~ 37,000 개인 것으로 나타났고 이 때 성형롤은 약 61

% ~ 71 %를 보였다. 그러나 벼 종자 손실률은 약 17 % ~ 48 %로 매우 큰 것으로 나타나, 펠렛재료의 손실과 종자손상을 줄이기 위한 성형을 사이의 간격 제거, 공급부하를 줄이기 위한 펠렛재료 공급장치의 개선이 필요한 것으로 보이며, 이를 보완할 경우 성능을 크게 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다.

다. 제조된 벼 펠렛종자의 특성을 분석한 결과 펠렛종자의 무게는 펠렛재료의 혼합비에 따라 약간의 차이는 있지만 제조 직후에는 1.66 (0.05) g, 완전 건조 후에는 1.26 (0.04) g으로 나타났으며, 제조된 펠렛종자의 직경은 약 12 mm에서 건조 후 11.2 (0.3) mm로 축소되었다.

라. 제조된 한 개의 벼 펠렛종자 내 포함된 벼 종자의 개수는 상토와 벼 종자의 혼합비에 따라 다르게 나타났는데 혼합비 6 : 1에서 펠렛종자 당 종자 개수는 4.1 (1.4) 립, 혼합비 7 : 1에서 3.6 (1.2) 립, 그리고 혼합비 8 : 1에서는 3.1 (1.3) 립으로 나타났으며, 성형을, 벼 종자 손실률을 고려해 볼 때 혼합비가 7 : 1인 경우가 비교적 양호한 성능을 보인 것으로 판단된다.

마. 건조 후 벼 펠렛종자의 압축강도를 측정된 결과 건조기를 이용한 경우는 118 N ~ 137 N, 음지 건조의 경우는 88 N ~ 108 N으로 조사되었으며, 펠렛종자 내에 종자가 5 립 이상 포함된 경우 압축강도가 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 대체적으로 운반 및 파종 과정에서의 취급성은 큰 문제가 없을 것으로 보인다.

바. 제조된 펠렛종자의 붕괴 실험 결과 담수가 시작되면서 펠렛종자의 부분적인 파열현상이 나타났지만 약 5 시간 이후에도 그 형태를 유지하여 펠렛종자 내 벼 종자의 발아에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

제7절 5차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치

4차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 제조능률, 성형률, 종자손실률 면에서 만족할 만한 결과를 얻을 수 없었다. 이는 성형률의 회전속도에 상응하는 펠렛재료의 균일한 공급 곤란, 성형률 간격의 벌어짐과 이로 인한 성형 흠에서의 펠렛재료 이탈로 펠렛재료 손실 및 종자손상 증가, 성형된 펠렛종자의 부착력으로 인한 배출핀에 의한 배출 불량에 의한 배출 불량이 원인인 것으로 분석되어 이와 같은 문제점들을 개선하기 위한 5차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하여 그 성능과 제조 펠렛종자의 특성을 구명하고자 하였다.

5차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 4차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 기본으로 하여 3 가지 부분을 개선하였다. 첫째, 펠렛재료의 공급을 4차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치에서는 스크류컨베이어 장치로 공급하였는데 대신 유압장치를 이용 유압실린더에 의해 압축 공급하도록 하여 성형률 회전속도에 상응할 수 있는 균일한 펠렛재료 공급이 이루어지도록 하였으며, 둘째, 성형률 성형 흠 열 사이에 링을 설치하여 펠렛재료의 성형 흠에서의 이탈을 줄이도록 함으로써 펠렛재료의 손실방지와 종자손상을 줄일 수 있도록 하였으며, 셋째, 성형 후 펠렛종자의 배출을 원활하게 하기 위하여 기존의 배출핀 이용과 함께 압축공기를 노즐을 통해 분사시킬 수 있는 장치를 추가함으로써 펠렛종자의 완전한 배출이 이루어지도록 하였다.

1. 설계 및 제작

가. 벼 펠렛종자 제조장치

그림 2-7-1은 벼 펠렛종자 제조장치의 실물 사진이며, 그림 2-7-2는 개략도를 나타낸 것으로 전체적인 크기는 가로 680 mm, 세로 856 mm, 높이 2,300 mm로 제작되었다.

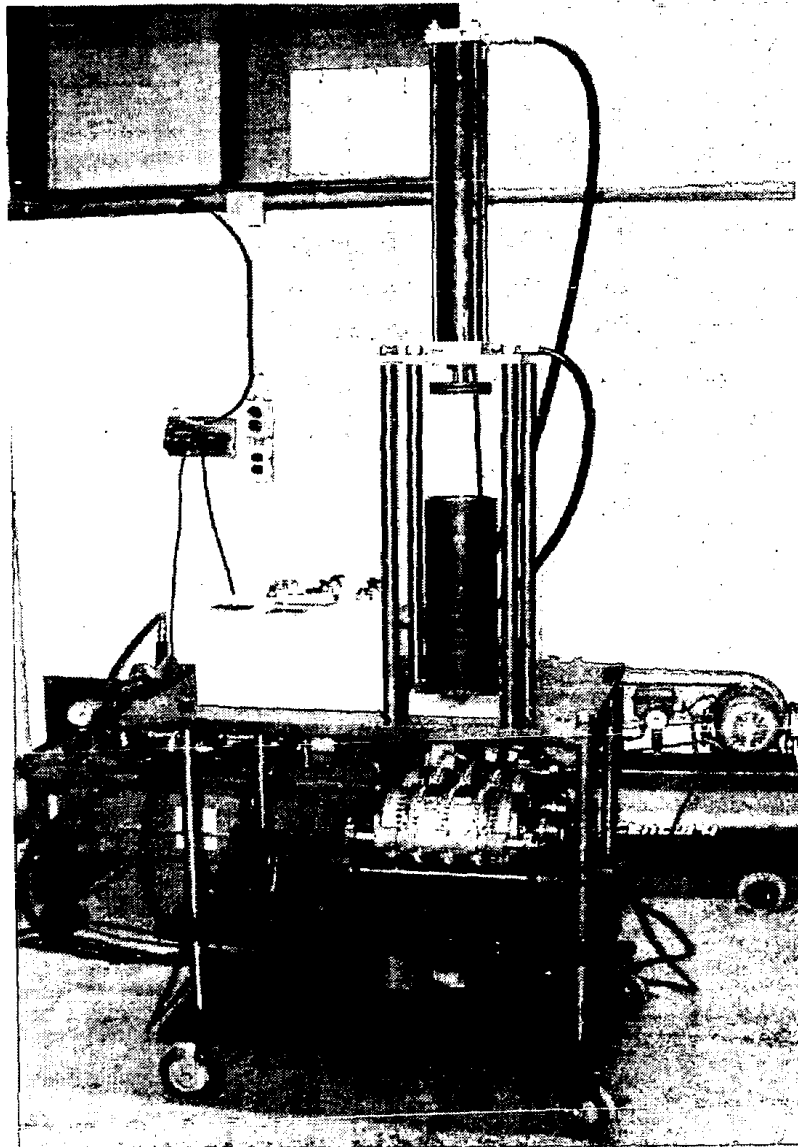
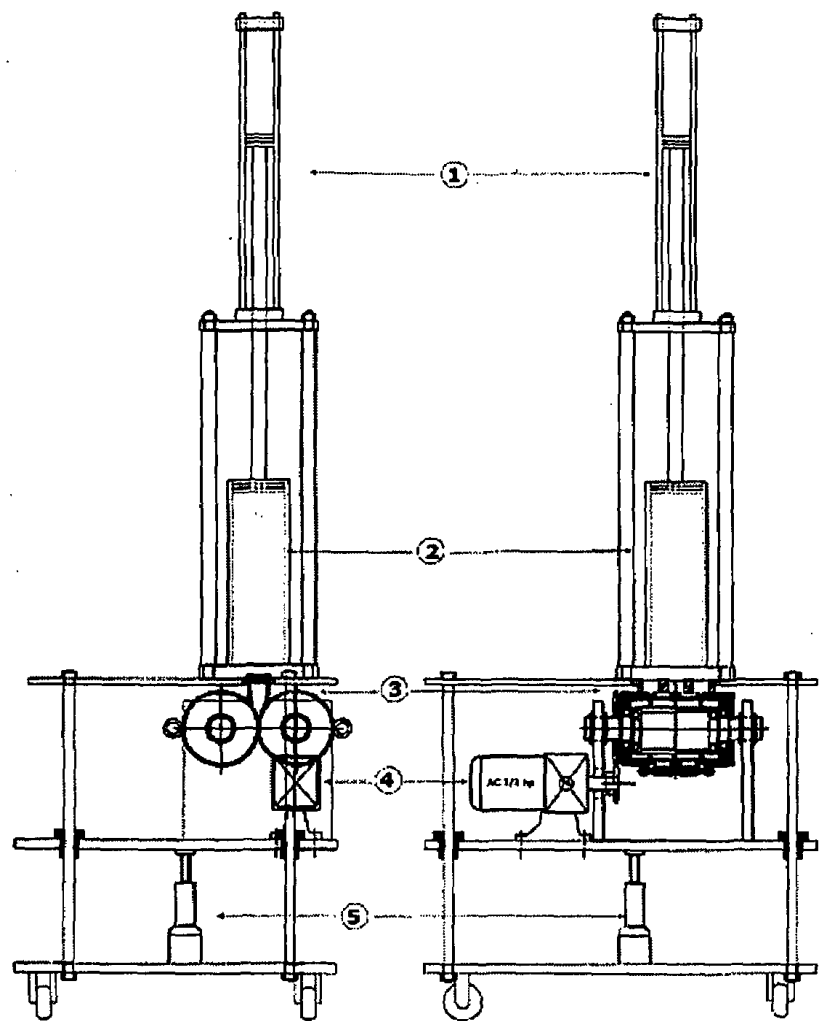


Fig. 2-7-1 A view of the fifth experimental rice seed pelleting machine

주요 구성부르는 펠릿재료 공급부, 펠릿종자 성형 및 배출부 그리고 구동모타 및 동력 전달부, 프레임, 펠릿재료 공급부 구동을 위한 유압장치부, 펠릿종자 배출을 위한 공압장치부 등으로 구성되어 있다. 그림 2-7-2에서와 같이 제조장치 프레임 상부 판에 펠릿재료 공급부, 중간 판에 성형 및 배출부, 구동모타 및 동력전달부를 위치시켰으며, 하부 판에 성형롤 상하 이동을 위한 유압 잭과 제조장치의 운송을 위한 바퀴를 설치하였다.



- ① CYLINDER ② HOUSING ③ FORMING ROLL
 ④ MOTOR ⑤ HYDRAURIC JACK

Fig. 2-7-2 A schematic diagram of the fifth experimental rice seed pelleting machine

1) 펠릿재료 공급부

4차 펠릿종자 제조장치의 스크류 컨베이어 공급장치를 대신하여 유압장치를 이용한 펠릿재료 공급장치를 설계 제작하였는데 그림 2-7-3은 이를 나타낸 것이다.

펠릿재료를 압축 공급하기 위한 유압 실린더의 행정은 650 mm, 투입구 직

경은 110 mm로서 펠릿재료 혼합 반죽장치에서 배출된 펠릿재료 약 5 Kg을 한 번에 투입할 수 있도록 설계·제작되었다.

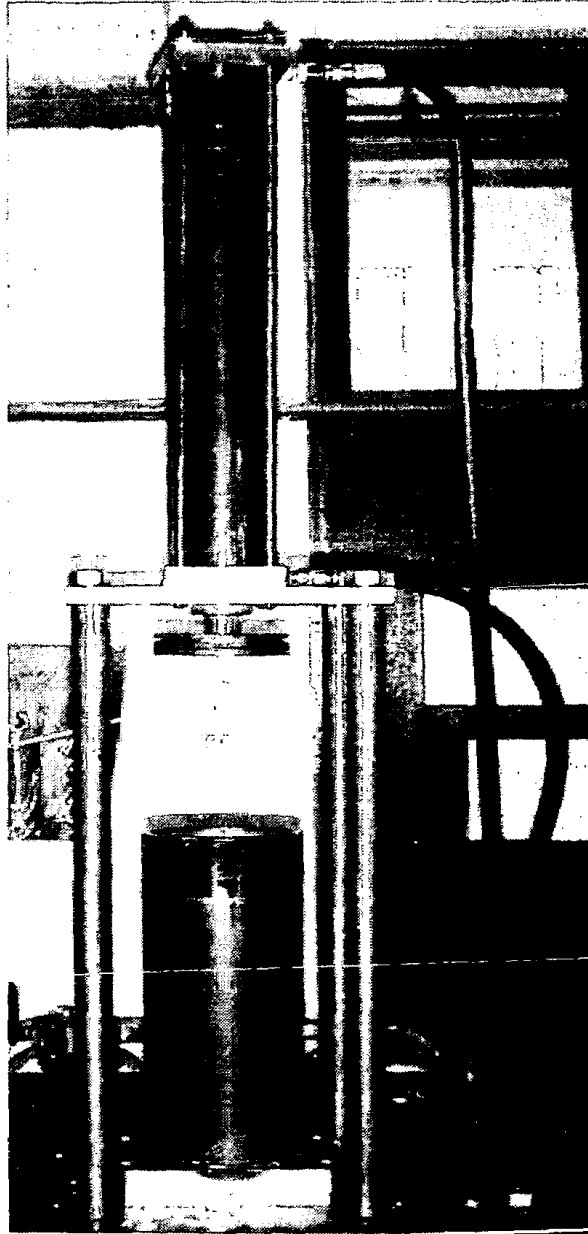


Fig. 2-7-3 A view of the pellet materials supplying part

2) 펠릿종자 성형 및 배출부

펠릿제조장치 성형롤의 실물을 나타낸 것이 그림 2-7-4이며, 성형 및 배출부를 나타낸 것이 그림 2-7-5이다.

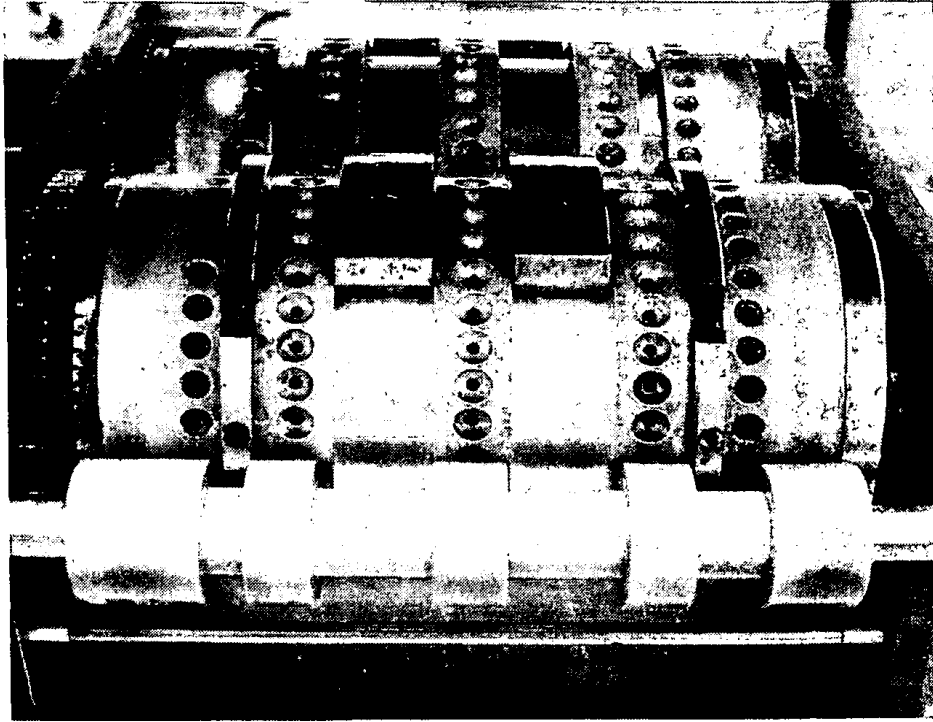


Fig. 2-7-4 A view of the forming rolls

그림에 2-7-5에서와 같이 펠릿재료가 공급 블럭(③)을 통해 직경 12 mm의 반구형 홈이 파여진 두 개의 회전 성형롤 사이로 공급되어 성형롤의 회전에 의해 구형의 펠릿종자를 제조하게 된다.

직경 158 mm의 두 성형롤에는 직경 12 mm의 반구의 홈이 원주 방향으로 2 mm의 간격으로 35 개씩 3 열로 가공되었으며, 사용된 성형롤의 재질은 알루미늄으로 되어 있으며, 압축성형 시 상토와 벼 종자에 의해 롤 표면이 파손되는 것으로부터 보호하기 위해 아우다징 경질 표면 처리를 하였다. 전체 길이 216 mm, 직경 158 mm의 성형롤의 내부에 외경 100 mm의 롤이 베어링에 의해 축과 연결되어 있다.

펠릿재료의 성형 홈으로 부터의 이탈과 종자손상을 줄이기 위해 그림에서와 같이 성형 홈 사이에 링(⑥)을 설치하였다.

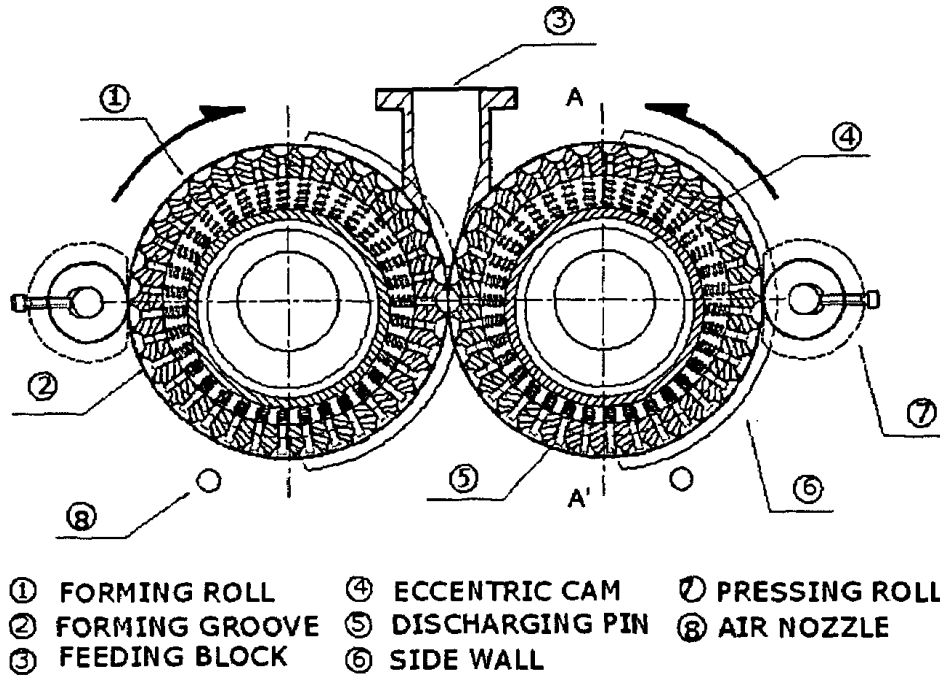


Fig. 2-7-5 A schematic diagram of the forming rolls and surrounding parts

제조되는 펠릿종자의 압축과 투입된 펠릿재료의 손실을 최소화하기 위해 두 성형롤 사이의 간격을 거의 없게 할 필요가 있다. 따라서 이를 보완하기 위한 장치로 성형롤을 압축하기 위한 직경 50 mm의 롤(⑦)을 부착하여 펠릿종자의 제조 과정에서 두 성형롤의 간격 벌어짐 현상을 방지하였다.

제조된 구형의 펠릿종자를 성형홈에서 배출시키기 위해 각 성형홈의 중심에서 길이 23 mm의 스프링에 의해 지지된 직경 4 mm의 배출핀(⑤)을 수직 운동시키는데 배출핀의 수직 운동은 주축과 내부롤 사이 축 편차(3.8 mm)에 의해 이루어지며, 보다 확실한 배출을 위하여 에어 노즐(⑧)을 사용하여 압축 성형된 펠릿종자가 배출되는 시기에 맞춰 공기를 불어주도록 되어있다.

그림 2-7-6은 성형롤 A-A'의 단면도이다. 그림에서 보는 바와 같이 주축과 내부 롤 사이를 두 개의 베어링으로 연결하여 베어링의 축 편차가 캠과 같은 작용을 하게 되어 있다.

두 개의 성형롤을 동시에 구동시키기 위해 스퍼기어를 사용하였으며 AC 220V Geared Motor(1/2 HP, 감속비 1/30)와 1 HP 인버터(MITSUBISHI, FREQRO L·E500)를 이용하여 회전속도 가변이 가능토록 하였다.

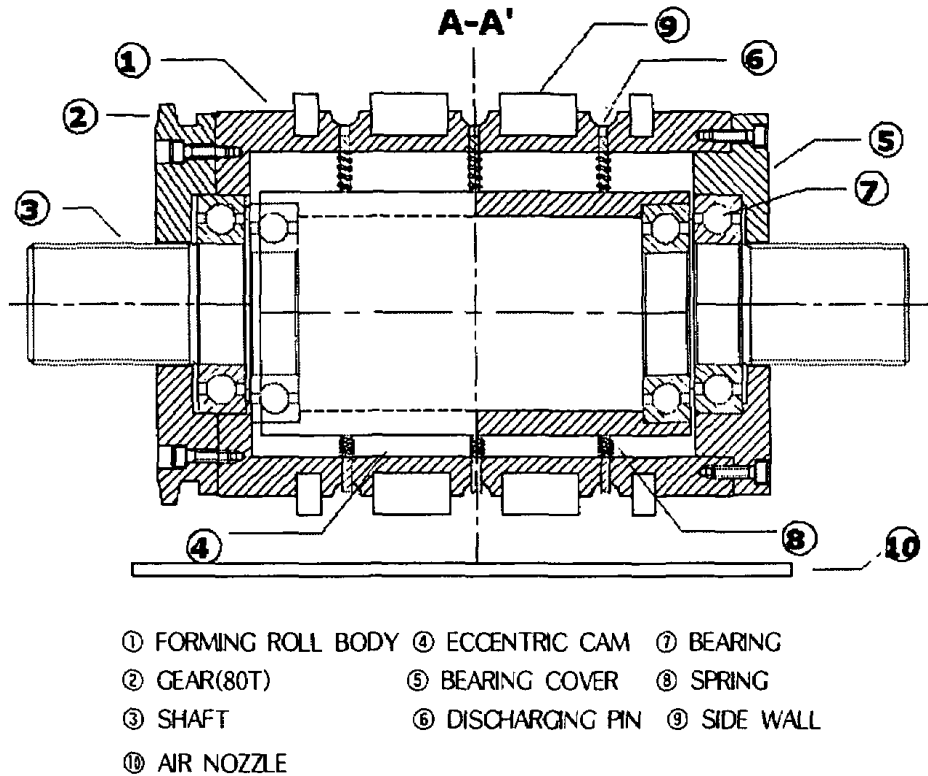


Fig. 2-7-6 A cross-section view of the forming rolls

3) 유압장치부

펠릿재료의 균일한 공급이 이루어지지 않으면, 제조능률과 성형을 저하와 벼 종자의 손실률이 증가하는 문제점이 나타나며, 이러한 문제점을 해결하기 위해 3열 스크류 방식에서 유압장치의 유압실린더를 이용 펠릿재료를 공급하는 방식으로 개선하였으며, 그 유압장치의 외관을 나타낸 것이 그림 2-7-7이다.

유압부는 구동모터, 유압펌프, 유압밸브, 유압탱크, 압력계로 구성되었으며, 모터는 회전수 150 rpm ~ 1500 rpm, 출력 3.7 Kw, 전격전압 AC 380 V의

VS모터이며, 밸브는 YUKEN사(Model:DSG-02-2B2-00-50)의 솔레노이드 밸브를 사용하였고, 탱크용량은 0.1 m³의 용량이며, 압력 게이지는 WIKA사(Model : EN 837-1)이 사용되었다. 전체 유압부의 크기는 가로 960 mm × 세로 740 mm × 높이 800 mm이다.

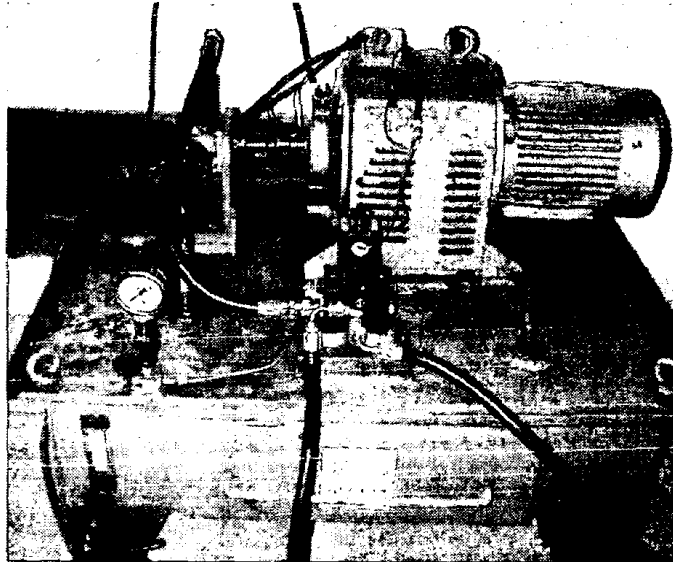


Fig. 2-7-7 A view of the hydraulic unit

4) 공압장치부

압축 성형된 베타 펠릿종자의 완전한 배출이 이루어지지 않게 되면, 펠릿재료의 많은 손실, 베타 펠릿종자의 제조능률 저하와 성형롤 표면의 손상과 같은 문제점이 나타나게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 에어노즐을 설치하였는데 노즐의 직경은 1 mm이며, 성형롤의 편심에 의해 배출 핀이 최대로 나올 때 에어 노즐을 통해 성형된 베타 펠릿종자의 표면에 압축 공기를 불어 펠릿종자의 배출을 도울 수 있도록 설계·제작하였다. 에어 노즐에 압축공기를 공급하는데 사용된 공기압축기를 나타낸 것이 그림 2-7-8이다.

사용된 공기압축기는 세기공업(주)의 Model CS-165N으로, 출력은 0.75 Kw, 사용압력은 0.686 MPa ~ 0.98 MPa, 직경 55 mm × 행정 37 mm × 실린더 수 1, 회전수는 1170 rpm ~ 1270 rpm, 공기 탱크의 용량은 0.075 m³, 토출량은

0.08 m³/min ~ 0.1 m³/min, 전체 크기는 가로 1000 mm × 세로 350 mm × 높이 800 mm이다.

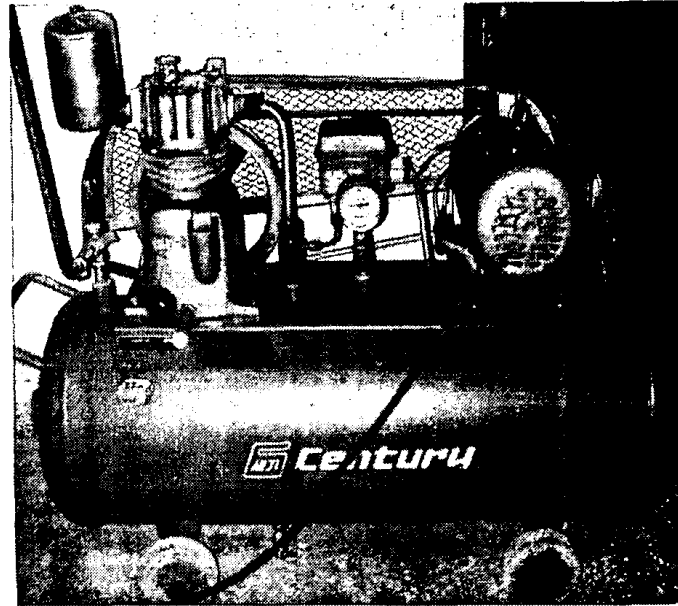


Fig. 2-7-8 A view of air compressor

2. 성능실험

가. 재료 및 방법

1) 시험재료

공시재료는 4차 펠렛종자 제조장치의 성능실험 때와 마찬가지로 벼 종자 품종은 동안 벼를 사용하였으며, 펠렛재료용 상토로는 산적토로서 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취 건조시켜 500 μm (체 번호 35) 체를 사용하여 이를 통과한 입경의 상토를 이용하였다. 펠렛재료 혼합용 접착 재료로 아라비아고무(제조회사: Junsei Chemical Co., 순정일급, 분말)를 접착제로서 사용하였으며, 물에 용해시켜 아라비아고무 10 % 농도의 접착용액을 만들고 상토 100 g당 31 ml를 혼합하여 사용하였다. 벼 종자와 상토를 일정비

을로 균일하게 혼합 반죽하기 위해 본 연구에서 제작된 펠렛재료 혼합 반죽기를 이용하였다.

2) 성능시험 방법

제작된 벼 펠렛종자 제조장치 성능실험은 표 2-7-1에서와 같이 상토와 벼 종자의 혼합비와 펠렛재료 공급속도를 결정하는 성형률 회전속도를 주요 변수로 하였다.

Table 2-7-1 A plan for evaluating performance of the fifth experimental rice seed pelleting machine

요인	수준	분석항목
상토 종자 혼합비 ¹⁾	6 : 1	○ 작업능률 ○ 성형률 ○ 벼 종자 손실률
	7 : 1	
	8 : 1	
성형률	7	○ 제조 벼 펠렛종자 특성
회전속도 (rpm)	10	
	13	

주: 1) 상토와 벼 종자의 무게 기준 혼합비

상토와 벼 종자 혼합비는 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1의 3 수준으로, 성형률 회전속도는 예비실험 결과 4차 펠렛종자 제조장치 보다 높게 설정할 수 있는 것으로 나타나 7 rpm, 10rpm, 13 rpm의 3 수준으로 선정하였다.

성능시험은 5 Kg의 펠렛재료를 투입하여 주요 변수의 수준에 따른 벼 펠렛종자 제조능률, 성형률 그리고 제조 과정에서 발생하는 벼 종자 손실률을 2 회 반복 실험을 통하여 조사하였다. 여기서, 성형률은 제조장치에 투입된 펠렛재료의 무게에 대한 완전한 구형 형태를 갖는 펠렛종자의 무게비로서 나타내었고, 제조능률은 시간당 제조 가능한 펠렛종자 개수로 정의하였다. 또한 제조 과정에서 발생하는 벼 종자 손실률은 (식 2-7-1)에서와 같이 공급된 벼 종자의 무게에 따른 벼 종자개수를 추정하여 제조한 펠렛종자 내에 포함된 손상되

지 않은 완전한 벼 종자의 개수와의 비를 구하여 벼 종자 손실률을 나타내었다.

$$\left(\frac{Y'}{X+Y+Z} - \frac{\text{완전종자수}}{\text{샘플무게}} \right) / \left(\frac{Y'}{X+Y+Z} \right) \text{ -----(식 2-7-1)}$$

여기서, X = 상토의 무게(g), Y = 종자의 무게(g)
 Y' = 종자의 개수, Z = 접착액의 무게(g)

3) 펠렛종자의 특성분석

제조된 벼 펠렛종자에 대한 특성 분석으로 제원 및 무게 그리고 펠렛종자 내 포함된 벼 종자의 개수, 함수율 및 실내 음지상태에서의 함수율 변화, 압축강도, 구형율, 물 속에서의 붕괴도, 발아율, 출아율을 파악하였다.

제조된 벼 펠렛종자의 제원과 무게는 온전히 제조된 50 개씩 2 회 반복으로 임의 추출한 총 100 개의 펠렛종자를 대상으로 제조 직후와 건조 후의 직경과 무게를 측정하였으며, 제조된 펠렛종자 내 포함된 완전 벼 종자의 개수도 마찬가지로 각 조건에서 임의로 추출한 50 개씩 2 회 반복의 벼 펠렛종자를 대상으로 포함된 벼 종자의 개수와 무게를 조사하였다.

벼 펠렛종자의 제조 직후 함수율과 실내 음지상태에서의 건조에 따른 함수율 변화는 각 조건에서 50 개씩 2 회 반복 임의 추출한 펠렛종자를 대상으로 측정하였으며, 실내 음지 상태의 온도는 20 ℃ ~ 23 ℃, 습도는 61 % ~ 76 % 의 실험실 내에서 실험을 수행하였다. 이때 온도와 습도의 측정은 데이터수집장치 CR21X datalogger와 CS500 온습도센서(Cambell Scientific, inc.)를 이용한 습도를 측정하여 10분 간격으로 평균값을 저장하는 방법으로 측정하였다.

압축강도는 음지에서 건조된 벼 펠렛종자 50 개씩 2 회 반복으로 측정하였는데 물성 분석기(모델명: TA-XT2 Texture Analyser, 제조회사: Stable Micro Systems™-XT.RA Dimension V3.7L, 용량 50 Kg)를 이용하여 측정하였다. 측정은 수평 지지판 위에 벼 펠렛종자를 놓고 지지 판으로부터 15 mm 위에서 직경 50 mm의 프로브를 2 mm/s의 속도로 하강시켜 펠렛종자의 표면에 압력을 가하면 펠렛종자는 파괴되는데 때 파괴되는 시점의 강도를 벼 펠렛종자의 압축강도로 하였다.

구형율은 펠렛종자의 형상이 얼마나 구에 가까운지를 나타내는 값으로서, 다음 2-7-2 식에 의해 그 값을 구하였다. 펠렛종자의 체적은 비이커에 물을 넣은 다음 펠렛종자를 넣어 변화된 물의 높이를 측정한 값으로 정의하였으며, 실험오차를 줄이기 위해 펠렛종자 10 개씩을 넣어 측정하였다.

$$\text{구형율 (S)} = \frac{d_e}{d_c} \times 100 (\%) \text{ -----(식 2-7-2)}$$

여기서, d_e = 펠렛종자 체적에 해당하는 구의 직경(cm)

d_c = 펠렛종자 최대 외접구의 지름 또는 최대 지름(cm)

붕괴도의 측정은 음지에서 건조된 펠렛종자 50 개를 대상으로 펠렛종자의 붕괴 정도의 관찰이 용이하도록 깊이 2 cm의 페트리디쉬에 담아 담수 상태에서 시간의 경과에 따라 베틀 펠렛종자의 붕괴에 의한 최대 직경의 변화와 종자의 돌출의 유무를 관찰하였으며, 이때의 수온은 20 ℃ ~ 23 ℃ 였다.

베틀 펠렛종자의 출아율 실험은 상토 종자혼합비(6 : 1, 7 : 1, 8 : 1)와 성형률의 회전수(7 rpm, 10 rpm, 13 rpm)에 따라 제조된 각각의 펠렛종자를 10 개씩 3 회 반복으로 건담직파와 담수직파에서의 조건으로 파종하여 10 일간 항온 25 ℃ 포트에서 재배하여 출아율을 조사하였으며, 출아는 펠렛종자가 발아하여 초엽 전개가 되었을 때로 정의하여 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 펠렛재료 공급 특성

그림 2-7-9는 유압실린더의 유압변화에 따른 공급블럭에서의 펠렛재료 배출량을 나타낸 것이다.

펠렛재료는 유압실린더에 의해 공급블럭의 직경 12 mm인 3 개의 구멍을 통하여 성형 홈에 공급된다. 따라서 펠렛재료의 공급속도를 늘리기 위해서는 큰 힘으로 펠렛재료를 눌러주는 것이 필요하였다. 유압실린더의 압력이 약 10 MPa인 경우 유압실린더의 직경이 60 mm이므로 약 28.3 KN으로 누르는 힘이 된다.

그림에서와 같이 유압실린더 압력이 약 8.7 MPa, 9.3 MPa, 10.0 MPa일 때

공급블럭을 통하여 성형 흡에 공급되는 펠렛재료의 양은 각각 약 75.3 Kg/h, 106.4 Kg/h, 139.6 Kg/h로 나타났으며, 이와 같은 펠렛재료의 공급속도에 상응하는 성형롤의 적정 회전속도는 각각 약 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm으로 분석되었다.

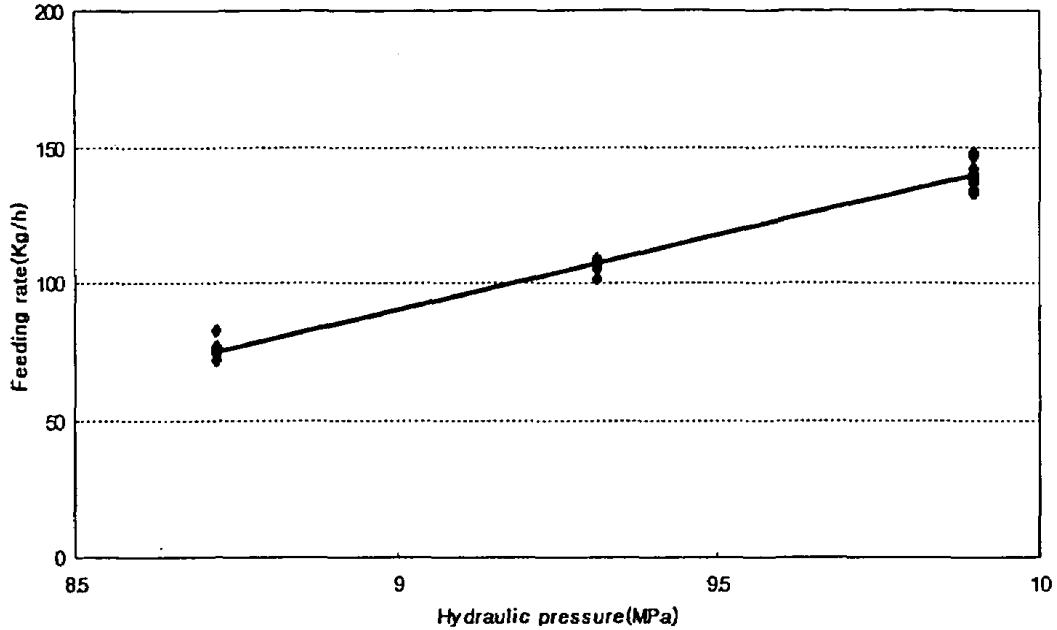


Fig. 2-7-9 Feeding rates according to hydraulic pressure of the hydraulic cylinder

스크류 컨베이어를 이용하여 펠렛재료를 공급하였을 때 공급속도가 약 90 Kg/h로 나타난 것과 비교하면 약 1.5 배 공급속도를 늘릴 수 있는 것으로 나타났으나, 펠렛재료 배출저항이 매우 큰 것으로 나타나 공급 블럭의 출구 면적을 늘리는 등 배출저항을 줄일 수 있는 방안이 강구되어 작은 힘으로 펠렛 재료를 공급할 수 있도록 공급장치 개선이 필요한 것으로 보인다.

2) 성형롤

며 펠렛종자 제조과정을 통해 펠렛재료 혼합비와 성형롤의 회전속도에 따른 제조장치의 성형롤을 나타낸 것이 그림 2-7-10이다.

그림에서와 같이 혼합비에 따라서 성형률은 차이가 거의 없는 것으로 나타났으나, 성형률의 회전속도가 증가함에 따라 성형률은 약간씩 감소하는 경향을 보였다.

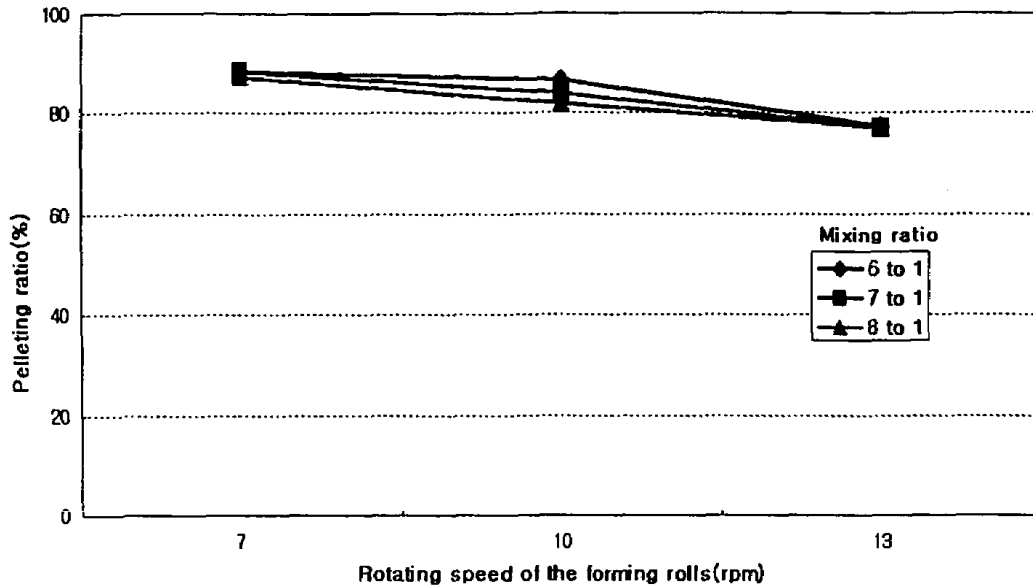


Fig. 2-7-10 Pelleting ratios according to mixing ratio of soil to rice seed and rotating speed of the forming rolls

성형률의 회전속도가 7 rpm일 때는 약 87.3 % ~ 88.5 %, 10 rpm일 때는 82.0 % ~ 86.5 %, 13 rpm일 때는 77.1 % ~ 77.5 %의 성형률을 나타내 4 차 펠렛종자 제조장치의 최대 성형률 71 %에 비하여 최대 약 18 % 까지 성형률을 높일 수 있었다.

이와 같은 결과는 성형 홈 옆에 링을 설치하고, 성형률 사이의 간격을 줄여 공급되는 펠렛재료를 최대한 성형 홈으로 유도하여 펠렛재료의 이탈을 줄였기 때문이며, 앞으로 실용적인 펠렛종자 제조장치 제작에 있어 공급된 펠렛재료의 성형 홈으로부터 이탈을 가능한 한 줄일 수 있다면 성형률은 더욱 높아질 수 있을 것으로 판단된다.

3) 제조능률

펠렛종자 제조장치의 제조능률을 시간당 펠렛종자의 수로서 나타낸 것이 표 2-7-2이며, 시간당 펠렛종자의 무게로 나타낸 것이 그림 2-7-11이다. 그림에서와 같이 제조능률은 상토 종자혼합비에 따라서는 차이가 없었으며, 성형롤의 회전속도가 커짐에 따라 증가하는 것으로 나타났는데 그 증가율은 약간씩 감소하는 경향을 보였다.

Table 2-7-2 Pelleting rates according to mixing ratio of soil to rice seed and rotating speed of the forming rolls

Mixing ratio	Rotating speed of the forming rolls(rpm)	Pelleting rate(each/h)
6 : 1	7	39,000
	10	54,000
	13	63,000
7 : 1	7	39,000
	10	53,000
	13	63,000
8 : 1	7	39,000
	10	52,000
	13	63,000

제조능률을 성형롤의 회전속도에 따라 살펴보면 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm일 때 각각 시간당 약 39000 개, 53000 개, 63000 개를 제조할 수 있는 것으로 나타났으며, 이를 시간당 제조무게로서 살펴보면 각각 약 65 Kg, 90 Kg, 110 Kg인 것으로 조사되었다.

따라서 본 연구에서의 벼 펠렛종자 제조장치의 제조능력은 시간당 최대 63000 개로 이는 개선 전의 시간당 최대 제조능률 37000 개에 비하여 약 1.7

배의 제조능률 향상이 이루어졌음을 알 수 있었다. 이는 개선된 벼 펠렛종자 제조장치가 펠렛재료의 손실과 손상 펠렛종자를 줄일 수 있었기 때문이었다. 또한 현행 이앙재배의 재식밀도를 고려해 볼 때 10a당 약 23000개의 펠렛종자가 소요되는 것을 고려하면 시간당 최대 약 27.4a의 면적을 파종할 수 있는 펠렛종자를 제조할 수 있는 것으로 나타났다.

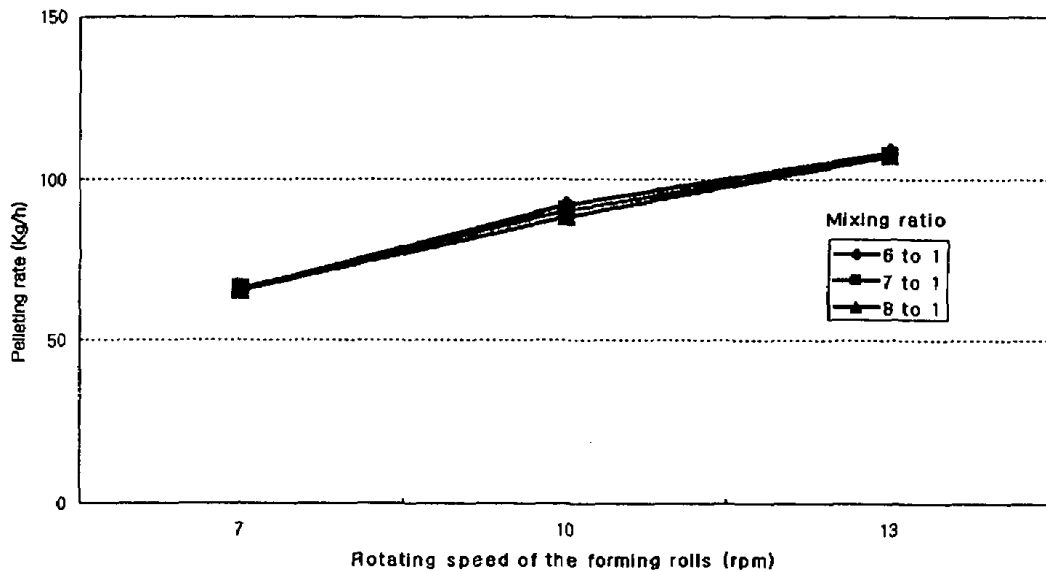


Fig. 2-7-11 Pelleting rates according to mixing ratio of soil to rice seed and rotating speed of the forming rolls

4) 벼 종자 손실률

벼 펠렛종자 제조과정 중 손상종자의 발생은 펠렛재료의 혼합과 반죽, 펠렛종자 제조장치에 의한 성형과정에서 주로 일어난다. 그림 2-7-12는 제조된 펠렛종자를 근거로 제조과정 중 나타난 종자손상을 모두 추정하여 상토 종자 혼합비 및 성형롤 회전속도에 따른 벼 종자 손실률을 나타낸 것이다.

벼 종자 손실률은 그림에서와 같이 성형롤의 회전속도가 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm일 때 벼 종자 손실률은 각각 약 24.3 % - 35.4 %, 35.6 % - 39.3 %, 42.8 % - 48.7 %인 것으로 나타나 성형롤 회전속도가 커짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 상토 종자혼합비에 따라서는 차이가 없었다. 이는 개선 전

의 벼 종자 손실률 약 17% ~ 48%에 비하여 크게 개선이 이루어지지 않았음을 보여주고 있으나, 제조능률이 크게 향상된 것을 고려하면 같은 제조능률의 조건에서는 종자손실률도 약간 감소된 것임을 알 수 있었다. 또한 개선 전에는 상토 종자혼합비가 커질수록 종자손실률이 크게 나타나는 경향이 있었으나 성형률의 개선으로 혼합비에 관계없이 거의 비슷한 종자손실률을 보였다.

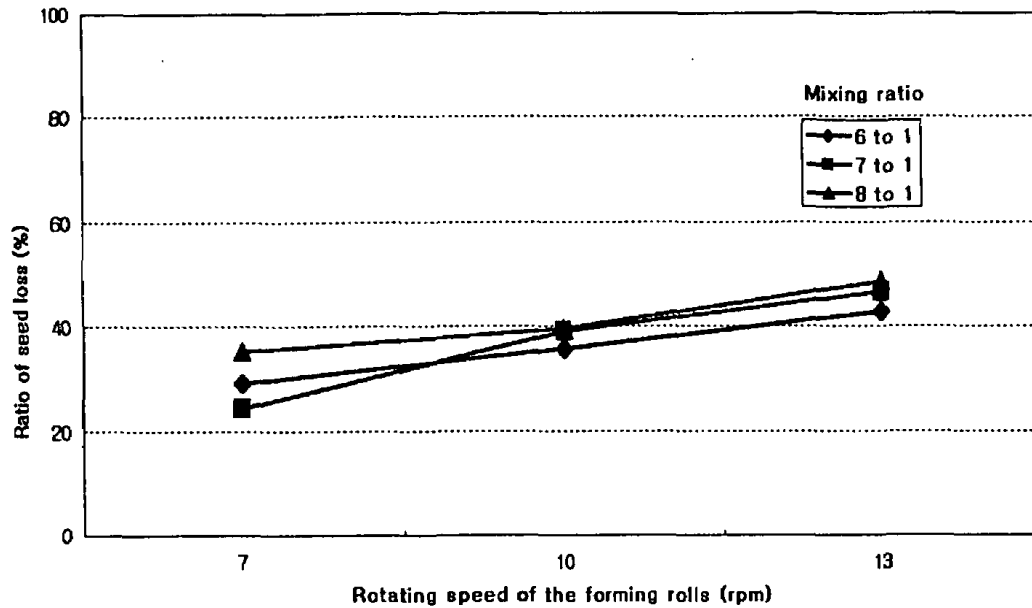


Fig. 2-7-12 Ratios of seed loss according to mixing ratio of soil to rice seed and rotating speed of the forming rolls

이와 같은 제조장치의 벼 종자 손실률을 토대로, 기존의 직파재배 파종량과 펠렛종자에 소요되는 벼 종자의 양을 비교해 보면 펠렛종자의 경우 ha 당 약 23만 개를 파종하고 펠렛종자당 4 개의 벼 종자가 들어있다면 펠렛종자 제조 시 벼 종자손실률 약 40%를 고려 할 때 약 153만 개의 벼 종자가 필요하고, 이를 무게로 환산하면 벼 종자 개당 무게가 0.026 g임으로 약 39.8 Kg이 된다. 따라서, 직파재배의 경우 재배방식에 따라 차이는 있지만 ha 당 약 40 Kg의 벼 종자를 권장하고 있으므로 현행 직파재배와 거의 비슷한 수준의 벼 종자가 소요되나, 농민들은 입묘수를 확보하기 위해 보통 이보다 많은 양을

파종하기 때문에 펠릿종자 제조에 소요되는 벼 종자 양은 관행 파종량 보다 적을 것으로 추정된다. 앞으로 벼 종자 손실률은 실용화를 위한 제조장치 제작 시 성능을 개선하면 약 25 %까지는 줄일 수 있을 것으로 예상되며, 이때 소요되는 벼 종자는 ha당 약 32 Kg 정도로 권장 파종량의 약 80 % 수준으로 관행에 비해 최소한 약 20 %의 벼 종자는 줄일 수 있을 것으로 보인다.

5) 제조 벼 펠릿종자 특성

가) 벼 펠릿종자 무게, 직경, 구형률

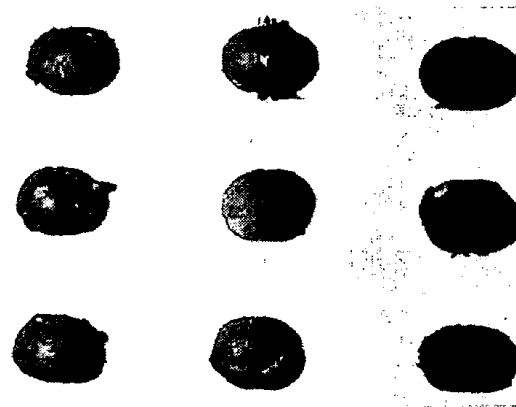


Fig. 2-7-13 A view of the rice-seed pellets

제조 직후 벼 펠릿종자의 외관을 나타낸 것이 그림 2-7-13이다. 개선 전 펠릿종자 제조장치에 의해 제조된 펠릿종자는 두 성형롤에 의한 압축작용으로 성형 홈으로부터 약간의 펠릿재료가 이탈하여 펠릿종자에 부착되는 양이 많아 구형 펠릿종자를 만들기 위해 부착된 것을 떨어내는 작업이 필요하였으나, 개선된 벼 펠릿종자 제조장치는 성형 시 펠릿재료의 이탈을 줄일 수 있도록 성형 홈 옆에 링을 설치함으로써 부착량을 줄일 수 있었고 그것을 떨어내는 작업도 훨씬 수월하여 체를 이용 약간만 흔들어주면 거의 구형의 펠릿종자를 얻을 수 있었다.

제조된 벼 펠릿종자의 무게와 직경은 혼합비와 성형률의 회전속도에 관계 없이 거의 일정하게 나타났는데 표 2-7-3은 제조 직후와 건조 후 펠릿종자의 평균 무게와 직경 변화 및 그 표준편차를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 제조된 펠릿종자의 평균 무게는 제조 직후 약 1.70 g에서 건조 후에는 약 1.31 g으로 약 22.3 % 감소하였으며, 평균 직경 또한 건조가 되면서 12.03 mm에서 11.53 mm로 약 4.15 % 축소되었다. 개선 전 벼 펠릿종자 제조장치에 의해 제조된 벼 펠릿종자에 비하면 제조 직후 무게는 2.35 %, 건조 후 무게는 3.82 %, 제조 직후 크기는 0.25 %, 건조 후 크기는 2.86 % 각각 증가하였다. 이는 펠릿재료의 공급방식이 기존의 스크류 방식에서 유압을 이용한 공급방식으로 바뀜으로서 성형률의 성형함에 펠릿재료를 더 큰 압력으로 밀어주기 때문으로 판단된다.

Table 2-7-3 Average weight and diameter of the rice-seed pellet

WB ¹⁾	WA ²⁾	DB ³⁾	DA ⁴⁾
1.70(0.04)	1.31(0.03)	12.03(0.06)	11.53(0.15)

- 주: 1) WB¹⁾ : Average mass of a rice-seed pellet before drying (g)
 2) WA²⁾ : Average mass of a rice-seed pellet after drying (g)
 3) DB³⁾ : Average diameter of a rice-seed pellet before drying (mm)
 4) DA⁴⁾ : Average diameter of a seed pellet after drying (mm)
 () : Standard deviation

표 2-7-4는 음지에서 건조된 벼 펠릿종자의 구형률을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 구형률은 약 99.1 %로 나타나 거의 완전 구에 가깝게 제조된 것을 알 수 있었다.

Table 2-7-4 Sphericity of the rice-seed pellet

Maximum diameter(cm)	Volume (cm ³)	Sphericity(%)
1.16(0.04)	0.80(0.06)	99.1(3.35)

주: () : Standard deviation

나) 함수율 및 건조특성

제조된 벼 펠렛종자를 음지에서 자연건조 시켰을 때 3 가지 상토 종자혼합비에 대하여 시간 경과에 따른 함수율 변화를 그래프로 나타낸 것이 그림 2-7-14이다.

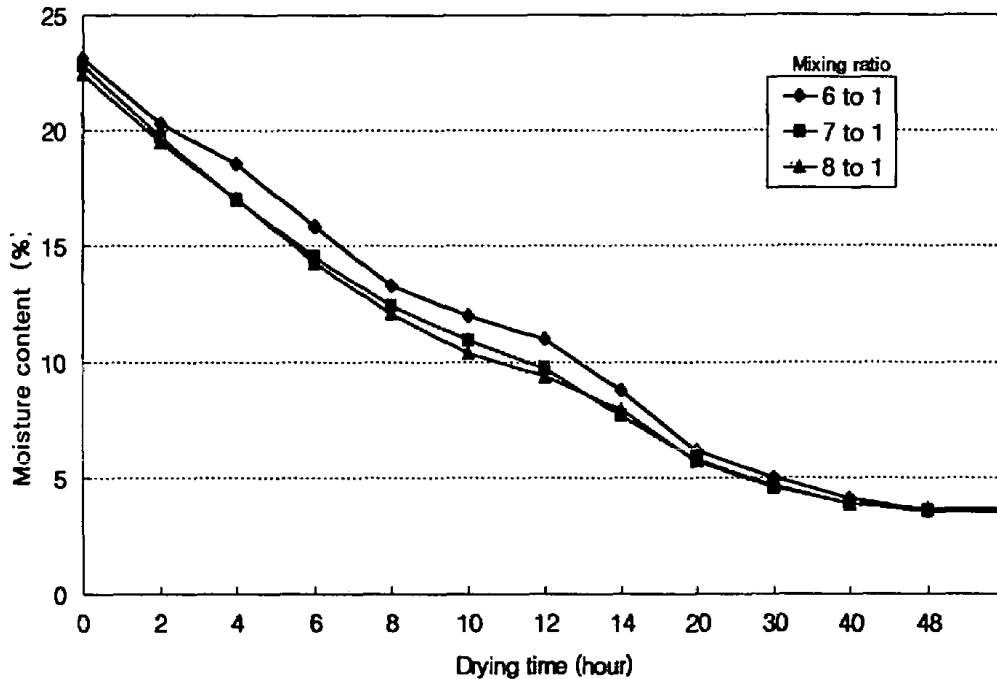


Fig. 2-7-14 Changes of moisture contents of the rice-seed pellets dried in shady room

그림에서와 같이 제조된 벼 펠렛종자의 초기 함수율은 약 22 % ~ 23 %로 음지 건조를 시작한 후 약 48 시간이 지난 후에는 펠렛종자의 무게 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 상토 종자혼합비에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

음지건조 과정을 좀더 자세히 살펴보면 평형함수율에 도달하는데 약 48 시간 정도가 소요되었으며, 건조를 시작한 후 10 시간 정도까지는 거의 직선적으로 펠렛종자 함수율이 감소하였는데, 4 시간 후 약 17.6 %, 8 시간 후 약 12.6 %로 감소하였으며, 약 10 이후 부터는 감소율이 약간 둔화하여 10 시간

지난 후는 약 11.1 %, 20 시간 정도가 지나면서 약 5.9 %, 40 시간 지난 후 약 4.0 %, 그리고 48 시간 정도가 지났을 때 약 3.6 %로 감소되어 평행상태에 도달하였다.

다) 압축강도

음지 건조에 의한 벼 펠렛종자를 대상으로 압축강도를 측정된 결과를 나타낸 것이 그림 2-7-15이다.

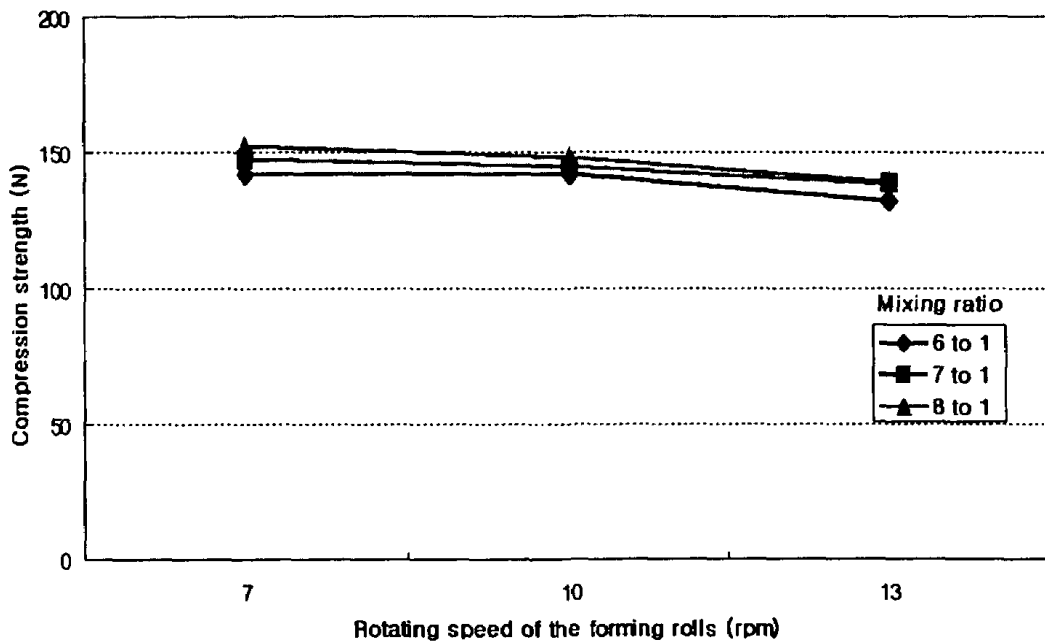


Fig. 2-7-15 Compression strengths of the rice-seed pellets dried in shady room

음지 건조 펠렛종자의 압축강도는 그림에서와 같이 상토 종자혼합비가 작을수록, 성형롤의 회전속도가 커질수록 약간씩 감소하는 경향을 보였으며, 그 크기는 약 132 N ~ 152 N의 범위인 것으로 나타났다.

개선 전의 음지상태에서 건조한 펠렛종자의 압축강도에 비하면 약 30 % 정도 강도가 증가한 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 개선 후 펠렛재료를 성

형 흙으로 공급하는 압력이 커서 성형 흙에 좀더 많은 펠렛재료를 공급할 수 있었고 이에 따라 펠레종자의 밀도가 약간 증가했기 때문인 것으로 판단된다. 제조된 벼 펠렛종자의 압축강도는 기계파종이나 운반작업등에서 요구되는 강도를 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 예상되어 취급성에는 별다른 문제가 없을 것으로 보인다.

라) 펠렛종자 내 포함된 벼 종자 수

상토 종자혼합비와 성형롤의 회전속도에 따른 펠렛종자 내에 포함된 벼 종자의 개수를 나타낸 것이 그림 2-7-16이며, 벼 종자의 포함 개수에 따른 펠렛종자 분포율을 나타낸 것이 표 2-7-5이다.

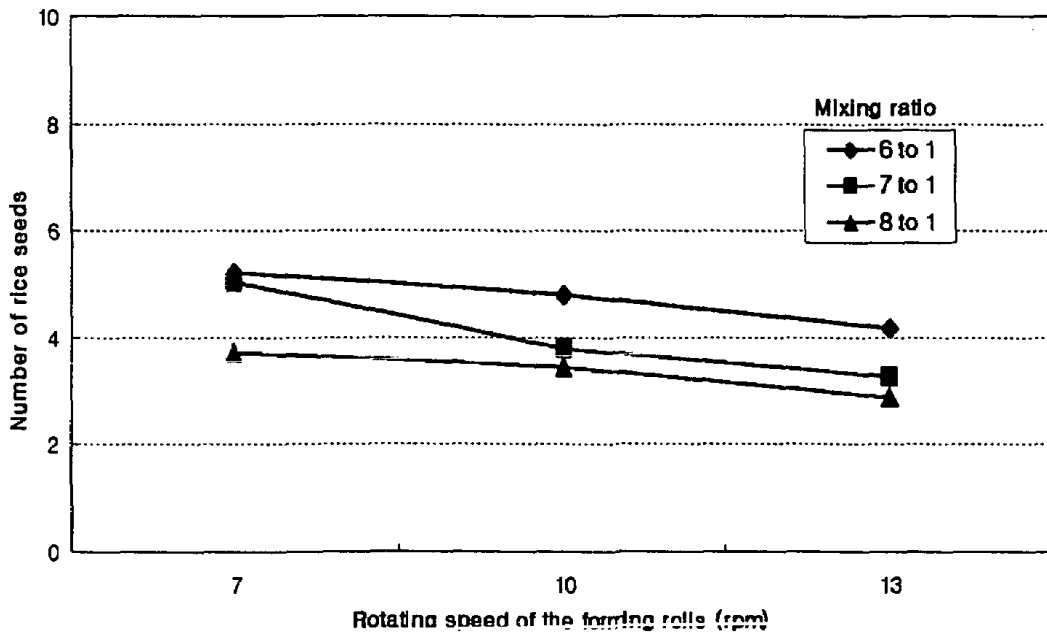


Fig. 2-7-16 Number of rice seeds in a rice-seed pellet according to mixing ratio of soil to rice seed and rotating speed of the forming rolls

그림에서와 같이 펠렛종자에 포함된 평균 벼 종자 개수는 6 : 1의 혼합비

의 경우 성형롤 회전속도 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm에서 각각 5.2 개, 4.8 개, 4.2 개로 나타났으며, 7 : 1 혼합비의 경우는 성형롤 회전속도 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm에서 각각 5.0 개, 3.8 개, 3.3 개로 나타났고, 그리고 8 : 1 혼합비의 경우는 성형롤 회전속도 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm에서 각각 3.7 개, 3.4 개, 2.9 개로 나타났다. 혼합비와 성형롤 회전속도에 따른 펠렛종자 내에 포함된 완전 종자수는 유의성 검증 결과 5 %의 유의수준에서 차이가 나타나는 결과를 보였으며, 따라서 상토 종자혼합비가 작을수록, 성형롤의 회전속도가 낮을수록 펠렛종자 내에 포함된 완전 종자수가 많아지는 것으로 분석되었다.

이를 개선 전의 결과와 비교해 보면 종자 혼합비 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1에서 개선 전에는 각각 평균 약 4.1 개, 3.6 개, 3.1 개의 완전 종자가 펠렛종자 내에 포함되어 있었으나, 개선 후에는 각각 약 4.7 개, 4.0 개, 3.3 개로 증가하여 펠렛재료 공급장치와 성형롤 개선효과가 뚜렷이 나타난 것으로 판단된다.

Table 2-7-5 Distribution ratio according to number of rice seeds in a rice-seed pellet

(unit : %)

Mixing ratio	Rotating speed of the forming rolls (rpm)	Number of rice seeds			
		0	1 ~ 2	3 ~ 5	more than 6
6 to 1	7	0	0	70	30
	10	0	5	75	20
	13	0	10	80	10
7 to 1	7	0	2	68	30
	10	0	10	80	10
	13	10	20	64	6
8 to 1	7	10	8	72	10
	10	10	16	60	14
	13	15	29	52	4

포함된 종자의 개수에 따른 펠렛종자의 분포를 살펴보면 종자 혼합비 6

1과 7 : 1 성형률 회전속도 7 rpm, 10 rpm에서는 완전종자를 포함하지 않은 펠렛종자는 없는 것으로 나타났으며, 3 개 이상 포함된 펠렛종자 비율이 90 % 이상, 1 ~ 2 개 포함된 비율이 10 % 이하로 양호한 결과를 얻은 것으로 보인다. 또한 펠렛종자 제조장치 개선 전의 결과와 비교해 보면 3 개 이상의 완전종자를 포함한 펠렛종자 비율이 벼 종자 혼합비 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1에서 각각 91.7 %, 83.0 %, 56.7 %로 나타났으나, 개선 후에는 각각 95.0 %, 89.3 %, 82.3 %로 나타나 유압에 의한 펠렛재료 공급과 성형률의 개선효과가 있었던 것으로 보인다.

마) 붕괴도

음지건조를 통해 건조된 벼 펠렛종자에 대한 담수상태에서 붕괴실험 결과가 그림 2-7-17로서 붕괴실험을 수행한 후 시간의 경과에 따른 최대 직경의 변화를 나타낸 결과이다.

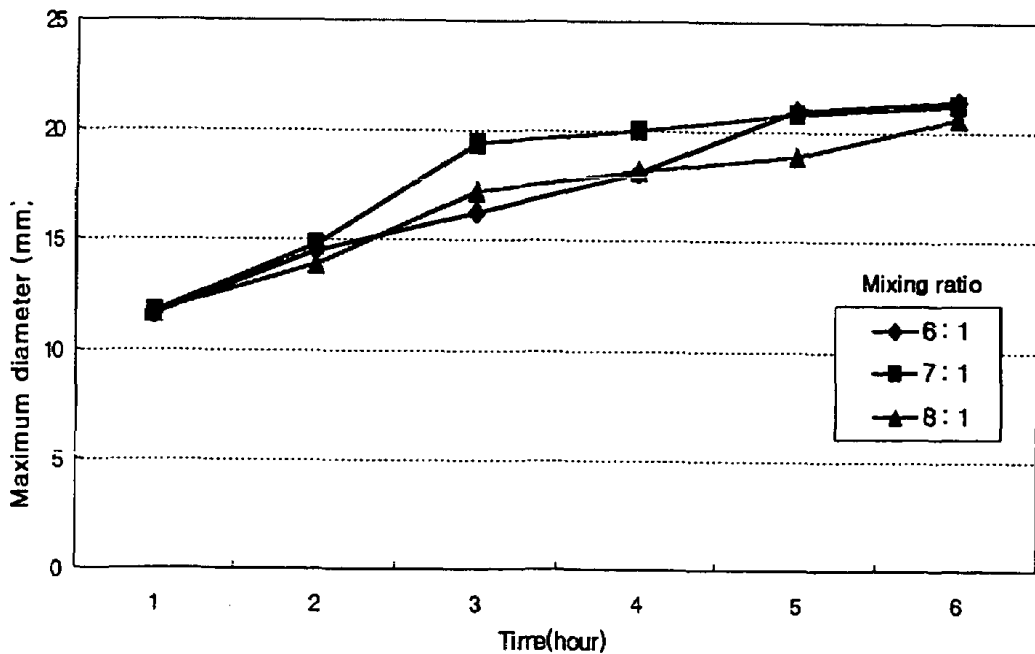


Fig. 2-7-17 Changes of maximum diameters of the rice-seed pellets in water

펠렛종자의 붕괴정도는 벼 종자의 수와 펠렛종자 외부에 들출된 종자의 유무에 따라 최대 직경의 차이가 있는 것으로 보이며, 6 시간 이후 직경의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이런 현상을 볼 때 펠렛종자는 담수 상태에 있을 때 주변의 토양에 의해 모양을 유지 점파 형태 취할 수 있으며, 또한 내부에 포함된 벼 종자는 상토 균열을 통해 발아할 수 있어서 파종에 따른 문제는 없을 것으로 보인다.

6) 출아율

그림 2-7-18과 그림 2-7-19는 건담직파와 담수직파 상태에서 상토 종자혼합비와 성형롤의 회전수에 따른 벼 펠렛종자의 출아율을 각각 나타낸 것이다.

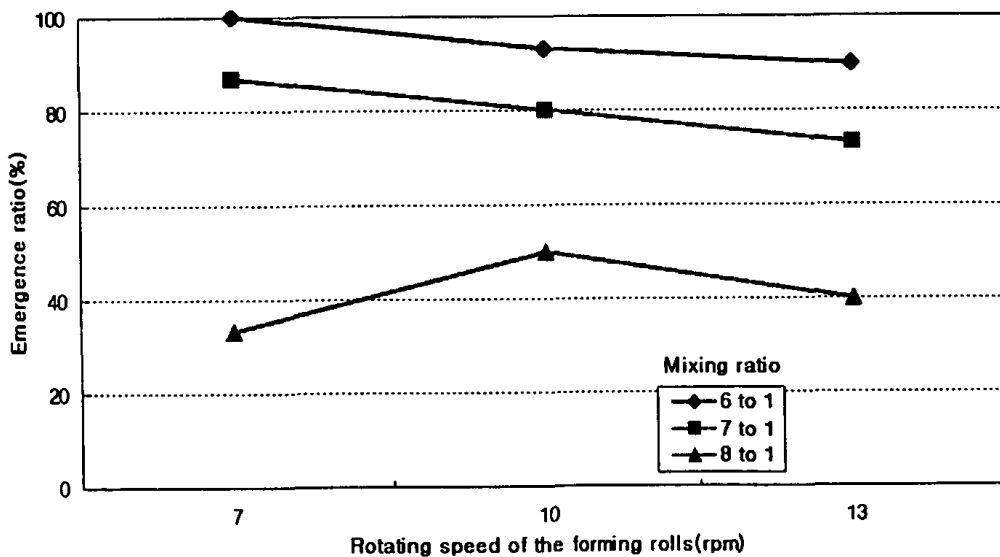


Fig. 2-7-18 Emergence ratios of the rice-seed pellets seeded on dry paddy

건담직파의 경우 상토 종자혼합비가 6 : 1일 때는 약 90 % ~ 100 %, 7 : 1에서는 약 73 % ~ 87 %, 8 : 1에서는 약 33 % ~ 50 %의 출아율을 나타내어 상토 종자혼합비가 커짐에 따라 출아율은 크게 감소하는 경향을 보였다. 또한 같은 상토 종자혼합비에서 성형롤 회전속도가 증가함에 따라 출아율이 감소하

는 것으로 나타났다.

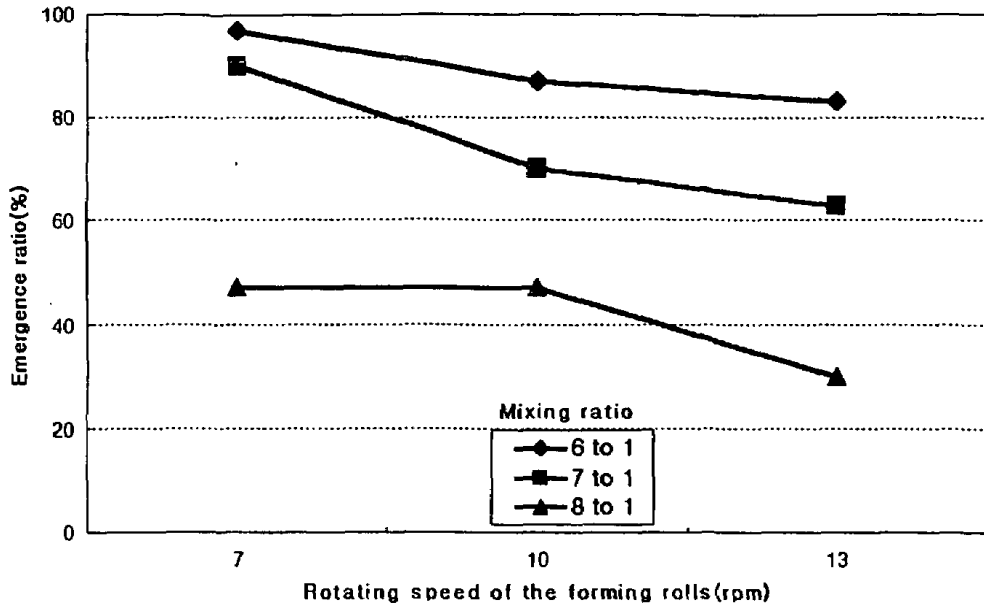


Fig. 2-7-18 Emergence ratios of the rice-seed pellets seeded on flooded paddy surface

답수직파의 경우 상토 종자혼합비가 6 : 1일 때는 약 83 % ~ 97 %, 7 : 1에서는 약 63 % ~ 90 %, 8 : 1에서는 약 30 % ~ 47 %의 출아율을 나타내어 상토 종자혼합비가 작아짐에 따라 출아율은 크게 감소하는 경향을 보였으며, 같은 상토 종자혼합비에서 성형률 회전속도가 증가함에 따라 출아율이 감소하는 것으로 나타나 건답직파의 경우와 같은 경향을 나타냈다.

위와 같은 결과를 좀더 자세히 살펴보면 상토 종자혼합비가 6 : 1일 경우 성형률 회전속도 7 rpm에서는 건답직파 100 %, 답수직파 97 %의 출아율을 보여 만족할 만한 결과를 얻었으나, 성형률 회전속도가 10 rpm, 13 rpm으로 증가함에 따라 건답직파와 답수직파에서 각각 93 %와 87 %, 90 % 와 83 %의 출아율을 보여 출아율을 약간 높이기 위한 방안이 필요한 것으로 보인다.

그러나, 상토 종자혼합비가 7 : 1, 8 : 1일 경우는 모두 출아율 90 % 이하로 나타났으며, 특히 8 : 1의 경우는 성형률 회전속도 7 rpm에서도 50 % 이하의 출아율을 보여 벼 종자 손상을 줄일 수 있는 조치를 취하더라도 실용성이 거의 없는 것으로 판단된다.

이상과 같은 결과는 손으로 3 개의 벼 종자를 넣어 펠렛종자를 제조하여 파종하는 경우 거의 100 %에 가까운 출아율을 보인 것과 큰 차이를 보이고 있다. 즉 본 연구의 벼 펠렛종자 제조장치로 펠렛종자를 제조하였을 때 펠렛종자에 포함된 평균 벼 종자 개수는 6 : 1의 상토 종자혼합비의 경우 성형률 회전속도 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm에서 각각 5.2 개, 4.8 개, 4.2 개, 7 : 1 혼합비의 경우는 성형률 회전속도 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm에서 각각 5.0 개, 3.8 개, 3.3 개, 그리고 8 : 1 혼합비의 경우는 성형률 회전속도 7 rpm, 10 rpm, 13 rpm에서 각각 3.7 개, 3.4 개, 2.9 개로 나타났으며, 포함된 종자의 개수에 따른 펠렛종자의 분포도 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 10 rpm, 13 rpm에서와 상토 종자혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm, 10 rpm에서는 완전종자를 포함하지 않은 펠렛종자는 없으며, 3 개 이상 완전 벼 종자를 포함한 펠렛종자 비율이 90 % 이상으로 나타나 펠렛종자 내 완전 벼 종자의 개수는 충분히 확보한 것으로 보인다. 그러나, 결국 벼 종자의 외적인 손상은 없지만 관찰되지 못한 내적인 벼 종자 손상이 발생하였으며, 그것에 의하여 출아율이 크게 떨어진 것으로 판단된다.

따라서 벼 펠렛종자의 출아율 실험 결과 최소한 펠렛종자 당 5 개 이상의 완전 벼 종자를 포함하고 있어야만 안정적인 출아가 가능한 것으로 나타나, 상토 종자혼합비 6 : 1의 펠렛재료를 성형률 회전속도 7 rpm으로 제조하는 것이 적정한 것으로 판단되며, 이 때 제조능력은 시간당 약 65 Kg(펠렛종자 약 39,000 개), 성형률 약 87 %, 종자손실률은 약 30 %, 펠렛종자 내 평균종자수는 약 5.5 개, 완전 벼 종자 3 개 이상 포함 펠렛종자 비율은 약 100 %, 출아율 거의 100 %가 될 것으로 보인다.

그러나, 벼 종자 소요량을 줄이는 것도 필요함으로 상토 종자혼합비 7 : 1의 경우도 성형률 회전속도 7 rpm에서의 출아율이 건답, 답수직파에서 각각 87 %, 90 %이며, 펠렛종자 내 완전 벼 종자 수도 충분히 확보한 것으로 보이기 때문에 펠렛재료 혼합과정에서의 부드러운 혼합 반죽과 펠렛종자 제조과정에서 성형률의 개선 및 회전수를 약간 낮게 설정하여 제조함으로써 벼 종자의 외적, 내적인 손상을 줄이고 펠렛종자 내에 완전 벼 종자의 수를 늘려 출아율을 높이면 충분히 적용 가능할 것으로 보인다.

다. 개선점

제 5차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치를 설계 제작하여 성능실험을 수행한 결과 앞으로 벼 펠릿종자 대량생산을 위한 실용적인 벼 펠릿종자 제조기 개발을 위하여 다음과 같은 개선이 필요한 것으로 보인다.

1) 벼 펠릿재료 혼합 반죽장치에서 배출된 원통형의 펠릿재료를 일정한 길이로 잘라 벼 펠릿종자 제조장치에 그대로 공급하기 위하여 공급호퍼를 펠릿재료의 규격에 맞추어 원통형 실린더로 설계 제작하였다. 그러나 공급블럭의 펠릿재료 배출구 단면적이 작고, 공급실린더의 높이가 높아 성형롤로의 펠릿재료 공급 시 마찰로 인한 공급저항이 매우 크게 나타났으며, 이에 따라 펠릿재료를 성형롤로 원활히 공급하기 위해서는 유압장치의 유압실린더 압력을 높게 설정할 필요가 있었으며, 전체적인 벼 펠릿종자 제조장치의 높이도 높게 제작되었다. 또한 한 개의 공급실린더로 3 열의 성형홈에 펠릿재료를 공급하는데 가운데 열과 좌 우측 열간의 공급저항이 달라 공급에 약간의 차이가 나타났다. 따라서 벼 펠릿종자를 대량 제조하기 위한 벼 펠릿종자 제조장치의 공급부는 배출구 단면적을 넓혀 배출저항을 줄일수 있도록 공급블럭의 형태를 바꾸며, 공급호퍼를 원통형 실린더에서 대칭의 사각형 단면을 갖는 호퍼로 바꿔 호퍼의 용량을 늘림으로써 성형롤 상의 성형홈 각 열 간의 펠릿재료 공급을 균일하게 하고, 유압실린더의 압력을 줄이며, 공급부 기체 높이를 줄이는 것이 필요한 것으로 판단된다.

2) 펠릿재료의 손실과 벼 종자의 손상을 최소화하면서 구형 벼 펠릿종자를 제조하기 위해서는 무엇보다도 성형롤 사이의 간격을 최소화하고 펠릿재료를 성형홈으로 유도하는 것이 중요하며, 성형롤의 내구성을 증대시키기 위하여 성형롤 재질을 강하게 할 필요가 있다. 성능실험에서 성형롤 사이의 간격을 줄이고, 성형롤 성형홈 열 사이에 링을 설치함으로써 펠릿재료의 손실과 벼

종자손상을 줄여 성형률을 높일 수 있던 것을 고려하면 성형률의 가공정도 향상과 성형률 간격 조정장치를 설치하여 성형률 사이의 간격을 확실하게 없앨 수 있도록 하며, 성형흙 사이의 간격과 성형흙과 성형흙 열 사이에 설치된 펠렛재료 이탈 방지용 링 사이 간격을 최소화하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 성형률의 재질을 알루미늄에서 강도가 높은 강철로 변경하여야 할 것으로 보인다.

3. 결론

가. 유압장치를 이용 유압실린더에 의해 펠렛재료를 압축 공급하고, 성형률 성형 흙 열 사이에 링을 설치하여 펠렛재료의 성형 흙으로 부터의 이탈을 줄이며, 성형 후 펠렛종자의 원활한 배출을 위해 배출핀과 함께 압축공기 노즐을 설치 펠렛종자의 완전한 배출을 가능하도록 한 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하였다.

나. 설계·제작된 벼 펠렛종자 제조장치를 상토와 벼 종자 혼합비, 성형률의 회전속도에 따라 실험한 결과 벼 펠렛종자 제조능력은 최대 시간 당 약 110(펠렛종자 약 63,000 개) kg인 것으로 나타나 성능 개선전의 펠렛종자 제조장치에 비하여 약 1.7배의 제조능력을 보였으며, 성형률은 최대 약 89 %로 나타나 개선 전의 71%에 비해 18 %정도 성형률이 향상된 것으로 나타났다. 그러나, 벼 종자손실률은 약 24 % - 49 %로 거의 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

다. 제조된 벼 펠렛종자의 특성을 분석한 결과 펠렛종자의 무게는 제조 직후에는 약 1.70 g, 완전 건조 후에는 1.31 g으로 나타났으며, 제조된 펠렛종자의 직경은 약 12.03 mm에서 건조 후 11.53 mm로 축소되었다. 개선 전에 비해 제조 직후의 무게는 약 2.4 %, 건조 후 무게는 약 3.8 %, 제조 후 직경은 약 0.3 %, 건조 후 직경은 약 2.9 %가 각각 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결

과는 개선된 벼 펠렛종자 제조장치에서 펠렛재료가 성형틀의 성형 홈에 압축 공급되고, 펠렛재료의 손실도 적었기 때문에 판단된다.

라. 제조된 한 개의 벼 펠렛종자 내에 포함된 완전 벼 종자의 개수는 종자 혼합비가 커질수록 성형틀의 회전속도가 낮을수록 많아지는 것으로 분석되었으며, 모두 펠렛종자 당 평균 약 3 개 이상의 완전 벼종자를 포함하고 있는 것으로 나타났다. 포함된 종자의 개수에 따른 펠렛종자 분포는 종자 혼합비 6 : 1과 7 : 1, 성형틀 회전속도 7 rpm, 10 rpm에서는 완전종자를 포함하지 않은 펠렛종자는 없는 것으로 나타났으며, 3 개 이상 포함된 펠렛종자 비율이 90 % 이상으로 양호한 결과를 얻었다. 개선 전에 비하여 펠렛종자 내에 포함된 평균 완전 종자수도 증가하였으며, 3 개 이상 완전 종자를 포함한 펠렛종자의 비율도 증가하여 유압에 의한 펠렛재료 공급과 성형틀의 개선효과가 있었던 것으로 보인다.

마. 제조된 벼 펠렛종자를 온도 20 ℃ ~ 23 ℃, 습도 63 % ~ 72 %의 음지 상태에서 건조시킨 결과 약 48 시간 후 3.6 %까지 건조되었다.

바. 음지 건조 후 벼 펠렛종자의 압축강도는 약 132 N ~ 152 N으로 조사되었으며, 개선 전에 비해 약 30 % 강도가 증가 한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 개선 후 펠렛재료의 압축공급으로 강도가 증가했기 때문으로 보이며, 운반 및 파종 과정에서의 취급성은 문제가 없을 것으로 판단된다.

사. 제조된 펠렛종자는 담수 상태에서 부분적인 파열현상이 나타나 약 6시간 후 완전 붕괴되어 붕괴지연으로 인한 펠렛종자 내 벼 종자의 발아의 문제는 없을 것으로 판단되었다.

아. 벼 펠렛종자의 출아율 실험 결과 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm에서 건답직파 100 %, 답수직파 97 %의 출아율을 보여 만족할 만한 결과를 얻었으며, 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 10 rpm과 상토 종자혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm에서는 건답 및 답수직파에서 각각 약 90 % 내외의 출아율을 보여 가능성을 보였으나, 그 외의 경우는 거의 90 % 이하의 출아율을 보여 출아율을 높이기 위한 방안이 필요한 것으로 보인다. 벼 종자 소요량을 줄이기 위하여 상토 종자혼합비 7 : 1을 적용할 경우 펠렛종자 내 벼 종자 수는 충분히 확보한 것으로 보여 펠렛종자 제조과정에서 벼 종자의 외적 손상뿐만 아니라, 내적 손상을 줄이도록 성형률과 운전조건을 개선하여 펠렛종자를 제조하면 출아율 향상이 가능할 것으로 판단된다.

자. 설계 제작된 벼 펠렛종자 제조장치의 적정운전 조건은 제조된 벼 펠렛종자의 특성과 출아율을 고려해 볼 때 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 약 7 rpm으로 판단되며, 이 때 제조능력은 시간당 약 65 Kg(펠렛종자 약 39,000 개), 성형률 약 87 %, 종자손실률은 약 30 %, 펠렛종자 내 평균종자수는 약 5.5 개, 완전 벼 종자 3 개 이상 포함 펠렛종자 비율은 약 100 %가 될 것으로 보인다.

차. 앞으로 실용적인 벼 펠렛종자 제조장치 개발을 위하여 공급부는 배출구 단면적을 넓혀 배출저항을 줄일 수 있도록 공급블러의 형태를 바꾸며, 공급호퍼를 원통형 실린더에서 대칭의 사각형 단면을 갖는 호퍼로 바꿔 호퍼의 용량을 늘림으로써 성형률 상의 성형흙 각 열 간의 펠렛재료 공급을 균일하게 하고, 유압실린더의 압력을 줄이며, 공급부 기체 높이를 줄이는 것이 필요하였다. 또한 성형률의 가공정도 향상과 성형률 간격 조정장치를 설치하여 성형률 사이의 간격을 확실하게 없앨 수 있도록 하며, 성형흙 사이의 간격과 성형흙과 성형흙 열 사이에 설치된 펠렛재료 이탈 방지용 링 사이 간격을 최소화하

고, 성형률의 내구성 향상을 꾀할 필요가 있었다. 이를 위해 성형률의 재질을 알루미늄에서 강도가 높은 강철로 변경하여야 할 것으로 보인다.

제8절 벼 펠릿종자 제조장치 시작기 설계

벼 펠릿종자 대량 제조를 위하여 제5차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치를 기본으로 하여 제조능률이 높고, 펠릿재료의 손실 및 벼 종자의 손상을 줄여 제조 벼 펠릿종자의 질을 높일 수 있는 실용화를 위한 벼 펠릿종자 제조기 시작기를 설계하였다.

1. 주요부 설계

그림 2-8-1은 실용화를 위한 벼 펠릿종자 제조기 시작기의 구조도를 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 벼 펠릿종자 제조기 시작기의 주요부는 유압피스톤을 이용 펠릿재료 성형롤에 공급하기 위하여 유압실린더, 공급호퍼, 공급블럭으로 구성된 펠릿재료 공급부, 펠릿재료를 구형의 펠릿종자로 성형 배출하기 위한 성형롤 및 성형롤 구동기어, 성형롤 내부의 배출핀, 편심의 배출핀 구동 내부 원통, 지지축 및 편심축, 베어링, 성형롤 간격 조절을 위한 조정나사, 성형된 펠릿종자의 완전 배출을 위한 공기노즐 등으로 구성된 성형 배출부, 성형 배출된 벼 펠릿종자를 이송하기 펠릿종자 이송부, 성형롤 및 이송부 구동을 위한 구동모터 및 동력전달부, 펠릿재료 공급부 유압실린더 구동을 위한 유압장치부, 펠릿종자 배출용 공기노즐에 압축공기를 공급하는 공기압축기, 성형 배출부를 상하로 움직여 유지 관리의 편의성을 위해 설치된 유압잭 및 각부의 지지 고정을 위한 프레임부 등으로 이루어져 있다.

가. 펠릿재료 공급부

펠릿재료 공급부는 유압실린더, 공급호퍼, 공급블럭으로 구성되었는데 그림 2-8-2는 유압실린더 및 공급호퍼를 나타낸 것이다.

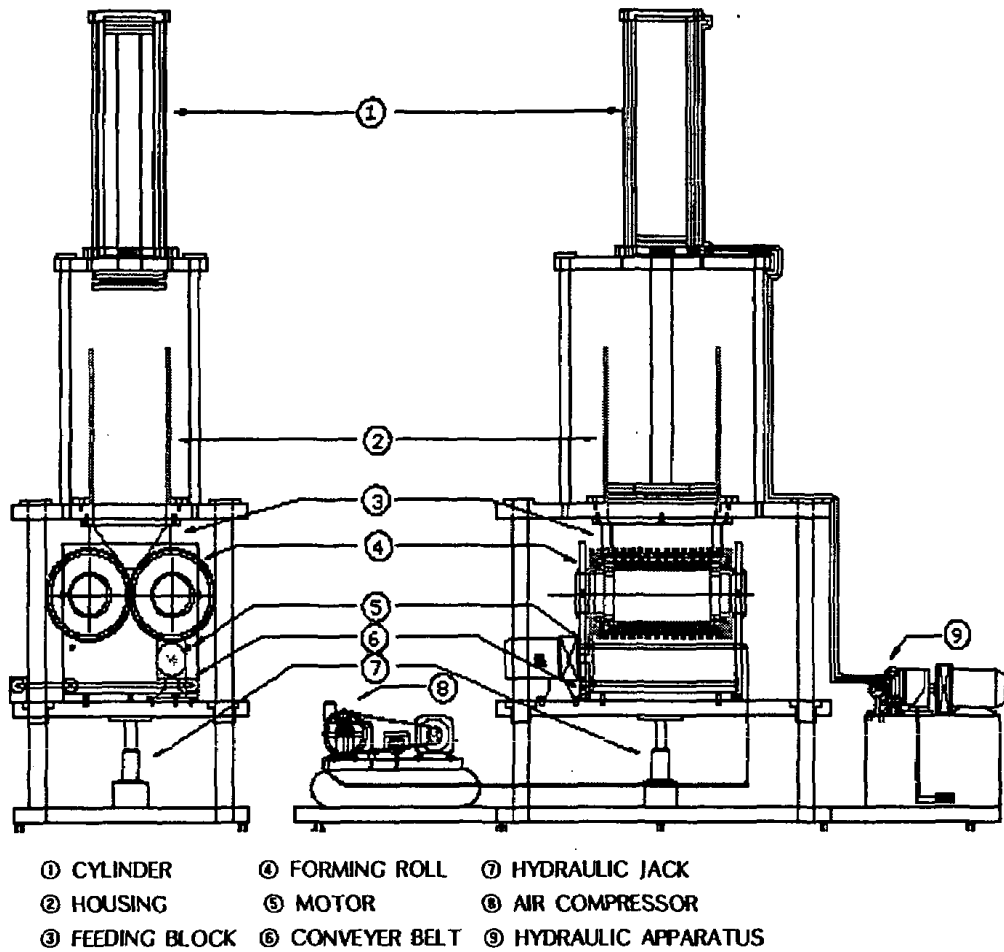


Fig. 2-8-1 A schematic diagram of the prototype rice seed pelleting machine

그림에서와 같이 펠릿재료를 압축하기 위한 유압 실린더는 직경 150 mm, 행정 600 mm, 로드 직경은 67 mm의 로드축 플렌지형 표준 실린더로서 실린더 로드 끝에는 펠릿재료를 누르기 위한 가로 220 mm, 세로 330 mm, 두께 25 mm의 판이 이중으로 설치되어 있다. 판에는 펠릿재료를 누를 때 펠릿재료 가운데 포함된 공기를 배출시키기 위한 구멍과 위쪽 판 가운데에는 링을 설치하여 압축이 효율적으로 이루어지도록 하였다. 유압실린더의 최대압력은 약 15.7 MPa까지 설정할 수 있으며 따라서 약 3.8 MPa의 압력, 총 약 277 KN의 힘까지 일정한 속도로 펠릿재료를 압축할 수 있도록 하였다.

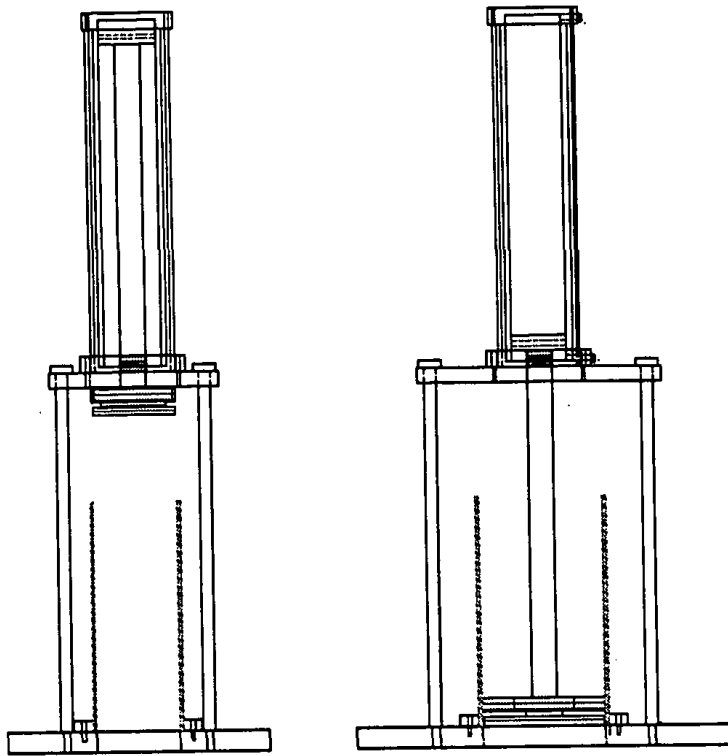


Fig. 2-8-2 A schematic diagram of the pellet material supplying part

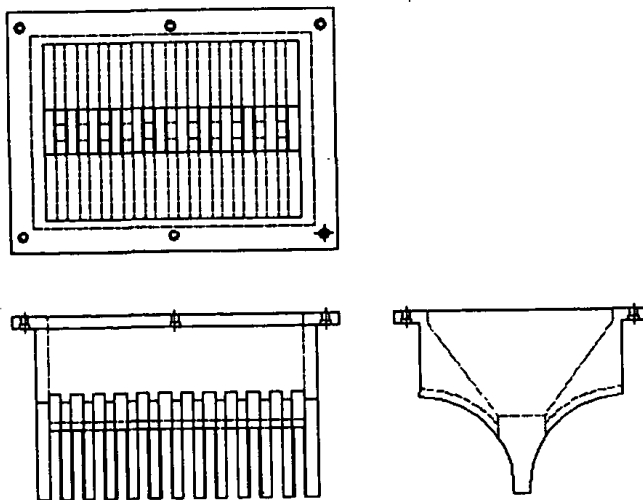


Fig. 2-8-3 A schematic diagram of the pellet material supplying block

공급호퍼는 성형롤의 성형홈 각 옆에 균일하게 펠렛재료가 공급되도록 가로 220 mm, 세로 330 mm, 높이 430 mm, 두께 10 mm의 사각형 호퍼로 설계하였으며, 펠렛재료 1 회 투입량은 약 40 Kg 정도로 예상된다.

그림 2-8-3은 공급블럭을 나타낸 것으로 5차 실험용 펠렛종자 제조장치의 공급블럭 보다 출구 면적을 크게 하여 배출저항을 줄이고 공급속도를 늘릴 수 있도록 하였으며, 가능한 한 성형롤의 성형홈으로 펠렛재료가 공급될 수 있도록 공급 블럭 하부의 유도판을 성형홈 열사이에 설치하도록 하였다.

나. 펠렛종자 성형 배출부

펠렛재료를 직경 12 mm의 구형 펠렛종자로 성형 배출하기 위한 성형 배출부는 성형롤 및 성형롤 구동기어, 성형롤 내부의 배출핀, 편심의 배출핀 구동 내부원통, 지지축 및 편심축, 베어링, 성형롤 간격 조절을 위한 조정나사, 성형된 펠렛종자의 완전 배출을 위한 공기노즐 등으로 구성되어 있다.

그림 2-8-4는 성형롤과 성형롤 주위의 부품들을 나타낸 것이며, 그림 2-8-5는 성형롤의 단면을 나타낸 것이다.

성형롤은 벼 펠렛종자 제조능률을 높이기 위해 외경 245 mm, 길이 377 mm, 두께 15 mm의 원통에 직경 12 mm 반구형 성형홈을 열당 55 개, 12 열 설치하였으며, 성형홈 열 사이에 너비 12 mm, 깊이 10 mm의 홈을 파서 홈에 펠렛재료 공급부 공급블럭 유도판이 설치되도록 하여 펠렛재료를 가능한 한 성형홈으로 유도토록 하였다.

성형롤 내부에는 그림에서의 같이 성형된 펠렛종자를 성형홈에서 분리시키는 배출핀과 배출핀을 구동시키는 캠 역할을 수행하는 편심 원통, 지지 베어링 및 축이 있는데 그림 2-8-6은 배출핀을 나타낸 것으로 직경 4 mm, 길이 31.5 mm의 핀에 소선의 직경 1 mm, 길이 28 mm인 스프링이 설치되어 있다. 편심 원통의 외경은 170 mm, 길이 349 mm, 두께 20 mm이며, 축의 직경은 90 mm로 축간의 편심량은 펠렛종자의 배출을 확실하게 하기 위하여 5 mm로 늘렸다.

한편 지지 베어링은 호칭번호 6222인 레이디얼 볼 베어링을 사용하였다.

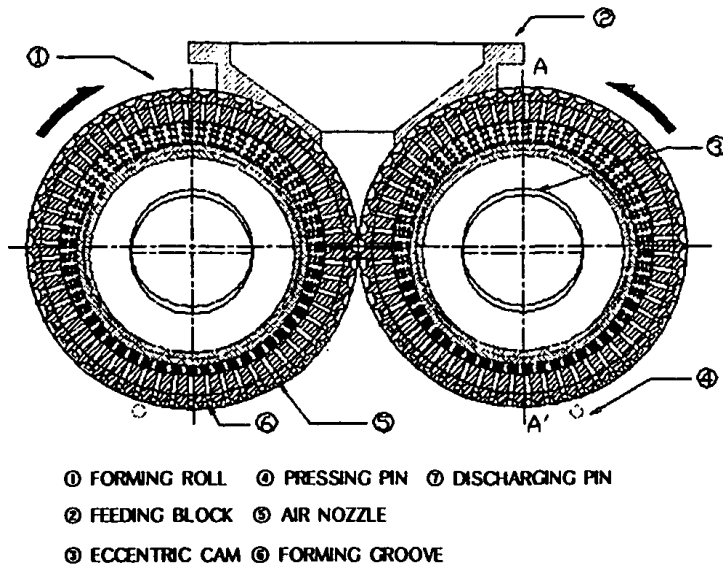


Fig. 2-8-4 A schematic diagram of the forming rolls and their surrounding parts

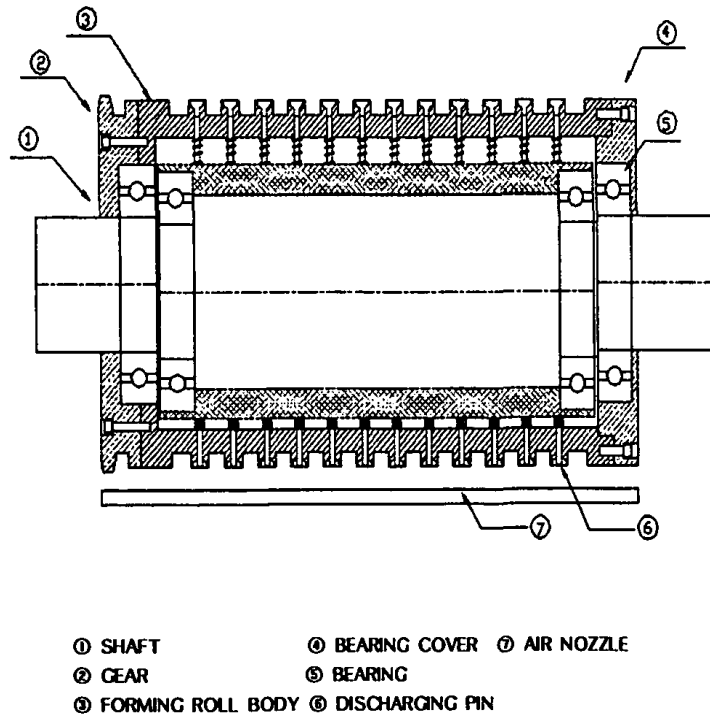


Fig. 2-8-5 A cross-section view of the forming roll

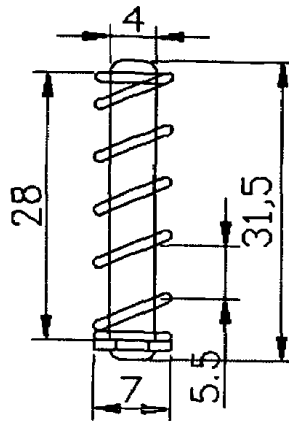


Fig. 2-8-6 A schematic diagram of the discharging pin

성형된 펠렛종자의 보다 확실한 배출과 성형흙의 이물질을 제거하기 위하여 펠렛종자가 배출되는 부분 성형롤 하단부 양측에 직경 1 mm, 구멍 12 개가 있는 공기노즐을 설치하였다.

그리고 펠렛종자 제조과정에서 발생할 수 있는 성형롤 간격 벌어짐을 최소화하기 위하여 성형롤 지지판에 직경 10 mm, 길이 35 mm의 육각 렌치볼트 2 개를 축의 좌우 측에 각각 설치하여 축을 조일 수 있도록 함으로써 펠렛재료의 손실 및 벼 종자의 손상을 가능한 줄일 수 있도록 하였다.

다. 펠렛종자 이송부

제조된 벼 펠렛종자를 기계 밖으로 이송하기 위하여 그림 2-8-7에서와 같이 폭 426 mm, 길이 521 mm의 이송벨트장치를 성형롤 하부에 설치하였다. 벨트를 구동하기 위한 봉의 직경은 30 mm, 길이는 466 mm에 양측에 베어링으로 지지되어 있으며, 베어링은 호칭번호 6006인 레이디얼 볼 베어링을 사용하였다. 성형롤과의 기어비는 약 1 : 7로 성형롤의 회전속도가 7 rpm일 때 벨트의 속도는 약 5 m/min로 제조된 벼 펠렛종자를 충분히 배출할 수 있도록 하였다.

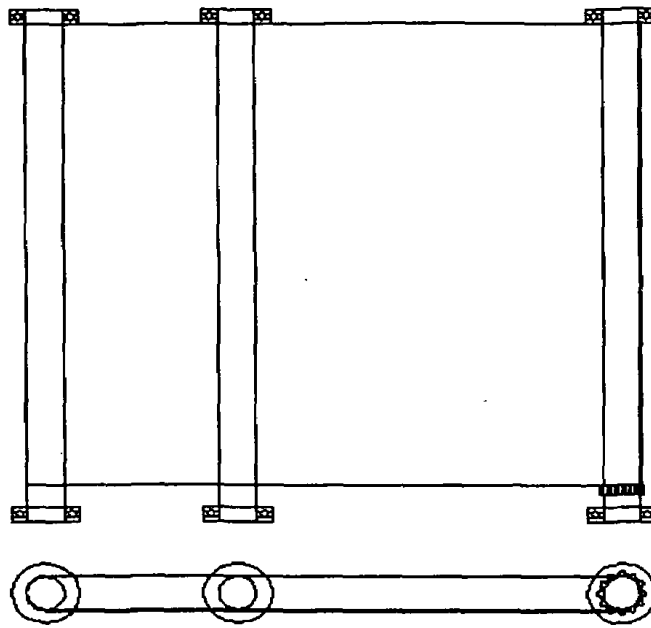
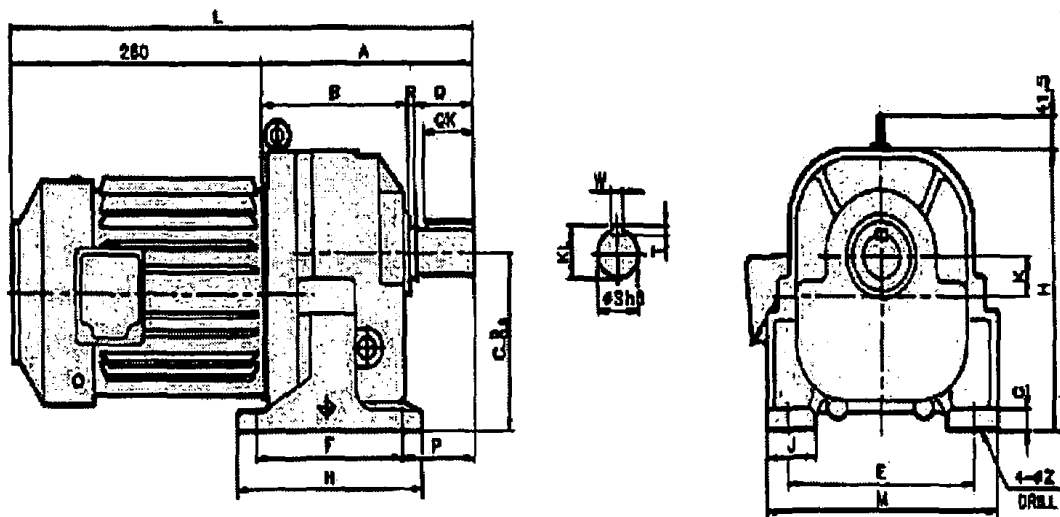


Fig. 2-8-7 A schematic diagram of the belt conveyer

라. 구동 모터 및 전동장치부

성형틀을 구동시키기 위한 구동모터의 제원은 그림 2-8-8에서와 같다.



Ratio	Pole	Dimension(mm)																				
		A	B	C	E	F	G	H	I	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	W	Z	KL	CK
30:1	4p	207	146	153	214	150	22	244	51	38.5	487	254	190	83	58	3	38	8	10	15	41.3	45

Fig. 2-8-8 A schematic diagram of the motor

그림에서와 같이 속도비 1/30, 1.1 KW(1.5 마력)의 모터를 이용하였으며, 회전수 조절을 위하여 마력 인버터를 설치하였다. 모터 축 기어는 피치원 직경 81 mm, 잇수 27 개, 이의 너비 10 mm, 모듈 3의 기어로 설계하였으며, 성형롤 기어는 피치원 직경 246 mm, 잇수 82 개, 모듈 3으로 설계하여 모터 축과 성형롤 축의 회전비는 약 3 : 1이 되도록 하였다. 한편 이송벨트 구동축 기어는 피치원 직경 36 mm, 잇수 12 개의 기어로 설계하여 모터 축과 이송벨트 구동축의 회전비는 약 1 : 2.25가 되도록 하였다.

마. 유압장치부

그림 2-8-9는 펠릿재료를 압축하여 성형롤로 공급해주기 위해 설계된 유압 장치의 회로도도를 표시한 것이다.

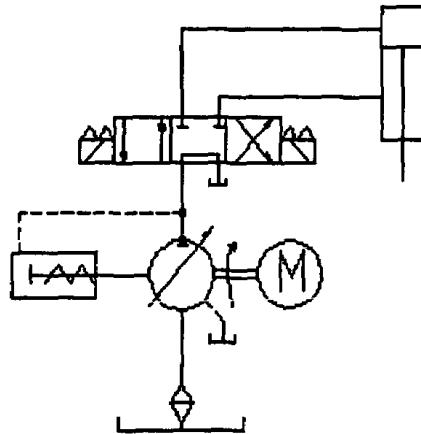


Fig. 2-8-9 The hydraulic circuits for supplying pellet materials

펠릿종자 제조 시 성형롤의 회전속도가 약 4 ~ 10 rpm일 때 약 4.5 Kg ~ 11.2 Kg의 펠릿종자를 제조할 수 있고 호퍼의 용량이 약 40 Kg이므로 약 8.9 분 ~ 3.6 분이 소요된다. 따라서 호퍼의 높이가 43 cm이므로 유압실린더 피스톤의 속도는 4.8 cm/min ~ 11.9 cm/min이 되어야 한다. 유압실린더 피스톤

면적이 약 176.7 cm^2 이므로 유압펌프의 유량범위는 약 $0.85 \text{ l/min} \sim 2.10 \text{ l/min}$, 압력 범위 약 $4.9 \text{ MPa} \sim 9.8 \text{ MPa}$ 에서 사용하도록 설계하여야 한다. 이와 같은 조건에 적합한 유압펌프와 모터를 선정된 결과 유압펌프는 정격사용압력 약 15.7 MPa , 이론토출용적 $15.8 \text{ cm}^3/\text{rev}$, 최소조정유량 $4 \text{ cm}^3/\text{rev}$ 인 압력보상형 가변피스톤펌프를 이용하였으며, 구동 모터는 최대 유량과 최고압력을 고려하여 1.5 KW 의 모터를 $1/10$ 으로 감속하여 180 rpm 으로 작동하며, 유압펌프의 유량을 조정하여 $0.72 \text{ l/min} \sim 2.84 \text{ l/min}$ 범위의 유량(유압실린더의 속도 약 $4.1 \text{ cm/min} \sim 16.1 \text{ cm/min}$)이 되도록 하여 성형을 회전속도를 $3.4 \text{ rpm} \sim 13.5 \text{ rpm}$ 범위에서 작동할 수 있도록 설계하였다.

유압실린더는 직경 150 mm , 행정 600 mm , 로드 직경 67 mm 의 로드측 플렌지형 표준실린더로 설계하였으며, 유압실린더 피스톤의 상하 운동을 제어하는 유압밸브는 최대유량 20 l/min , 최고압력 15.7 MPa , 최대전환빈도 240 cycles/min , 텐덤센터형의 4포트 3위치 전자식 방향제어밸브를 이용하였다. 이밖에 유압탱크의 용량은 30 l 로 설계하였으며, 회로에 유압필터와 유압게이지를 설치하도록 하였다.

바. 공기압축기

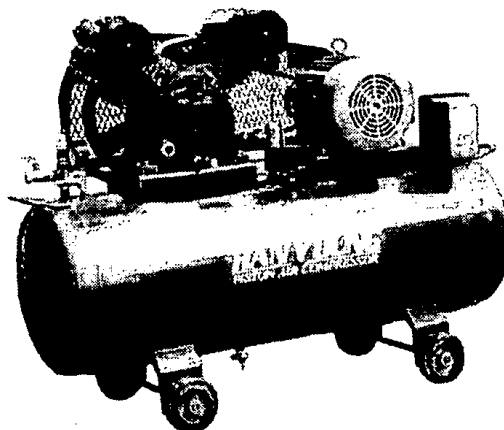


Fig. 2-8-10 A view of the air compressor

성형틀의 성형홈에서 펠렛종자를 완벽하게 배출시키기 위하여 직경 1 mm의 공기노즐 24 개를 설치하였으며 이에 압축공기를 공급하기 위하여 충분한 용량을 고려하여 그림 2-8-10에서와 같이 출력 2.2 KW(3 마력), 게이지 압력 : 6 ~ 9 Kg/cm², 공기량 386 ℓ/min, 직경 90 mm, 행정 78 mm, 실린더 수 2 개, 회전수 : 673 rpm, 탱크용량 240 ℓ의 공기 압축기를 사용하도록 설계하였다.

사. 유압잭 및 프레임부

여 펠렛종자 제조장치의 각 부분들을 고정하기 위해서는 충분한 강도를 갖는 프레임이 요구되며, 그림 2-8-11은 4 개의 지지기둥 봉, 펠렛재료 공급부를 지지하는 판, 펠렛종자 성형 배출부, 이송부 및 이들을 구동하는 모터 등을 지지하는 판, 유압잭, 유압장치, 공기압축기를 지지하는 판으로 구성된 프레임부를 나타낸 것이다.

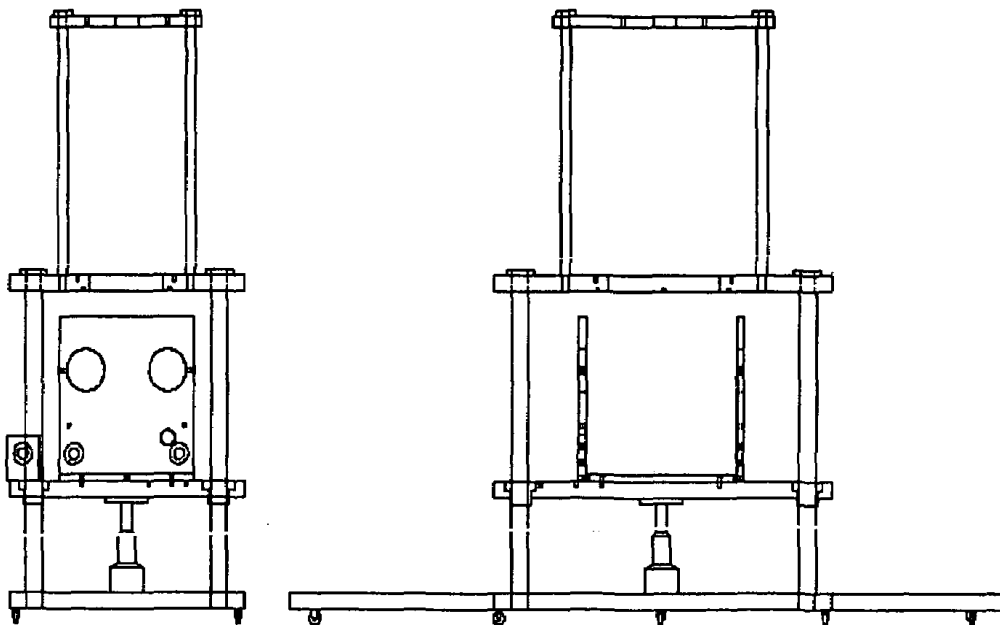


Fig. 2-8-11 A schematic diagram of the supporting frame

이 중 펠렛종자 성형 배출부, 이송부 및 이들을 구동하는 모터 등을 지지

하는 판은 그림에서와 같이 유지 관리의 편의성을 위하여 상하 이동이 가능하도록 하였으며, 상하 이동은 유압잭을 이용하도록 설계하였다. 실린더 지지기둥 봉은 직경 30 mm, 길이 648 mm, 지지판의 두께는 30 mm이며, 본체에는 상판, 중간판, 하판으로 구성되어있으며, 상판은 내경 44 mm의 볼트 4 개로 고정되게 하였고, 중간판은 상하 이동이 가능하도록 내경 50 mm의 플렌저형 리니어 부쉬를 사용하였으며, 하판은 4 개의 기둥을 지지할 수 있도록 하였다. 지지기둥 봉은 직경 50 mm, 길이 890 mm, 각 지지판의 두께는 40 mm로 설계하였으며, 성형롤을 지지하는 판은 가로 487 mm, 세로 400 mm, 높이 433 mm, 판의 두께 20 mm로 설계하였다.

2. 벼 펠렛종자 제조기 시작기의 성능

5차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 제조된 벼 펠렛종자의 특성과 출아율을 고려해 볼 때 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형롤 회전속도 약 7 rpm로 운전하였을 때 제조능력은 시간당 약 65 Kg(펠렛종자 약 39,000 개), 성형률 약 87%, 종자손실률은 약 30%, 펠렛종자 내 평균 종자수 약 5.5 개, 완전 벼 종자 3 개 이상 포함 펠렛종자 비율 약 100%, 펠렛종자 출아율 약 100%로 나타났다.

따라서 이와 같은 자료를 근거로 벼 펠렛종자 제조기 시작기의 성능을 추정해 보면 상토 종자혼합비의 경우 펠렛재료의 혼합 반죽 시 부드러운 혼합으로 벼 종자의 손상을 줄이고, 펠렛재료 공급부 및 성형 배출부의 개선으로 펠렛재료의 손실과 벼 종자 손상을 줄일 수 있을 것으로 예상되어 상토 종자혼합비 7 : 1도 적용 가능할 것으로 보인다.

성형롤의 저하는 벼 펠렛종자 성형 시 성형롤 간격 사이로 빠져나가 펠렛종자 옆에 붙은 상토, 성형롤의 회전속도와 펠렛재료 공급속도 간의 부조화로 인한 기형 펠렛종자의 제조가 거의 반반씩으로 대부분을 차지한다. 시작기의 경우 펠렛재료 부하에 관계없이 거의 일정한 속도로 펠렛종자를 공급할 수 있

으며, 성형률 사이의 간격 조정, 성형흡으로의 펠렛재료 공급이 개선되었기 때문에 펠렛재료의 손실과 벼 종자의 손상을 줄일 수 있어 성형률 상승이 이루어질 것으로 보임으로 약 95 % 까지 올릴 수 있을 것으로 추정된다. 또한, 벼 펠렛종자 내 평균 벼 종자 개수 약 5 개 이상, 3 개 이상 벼 종자 포함 펠렛종자 비율 100 %, 출아율 거의 100 %도 가능할 것으로 보인다.

따라서 시작기의 제조능률은 제5차 실험용 펠렛종자 제조장치에 비해 성형흡 열수가 4 배로, 열당 성형흡 개수가 1.57 배로 증가하여 약 6.28 배로 성형흡의 개수가 증가하였으며, 또한 성형률을 95 % 까지 높일 수 있을 것으로 기대되어 시간당 약 450 Kg(약 265,000 개)의 벼 펠렛종자를 제조할 수 있을 것으로 추정된다.

제9절 제조 벼 펠렛종자의 후처리

1. 벼 펠렛종자의 선별

5차 벼 펠렛종자 제조장치에 의한 벼 펠렛종자 제조 직후 벼 펠렛종자를 조사한 결과 기형으로 성형된 벼 펠렛종자는 거의 없었으며, 대부분 벼 펠렛종자는 성형 시 성형롤 간의 틈새 때문에 성형 홈을 빠져나간 펠렛재료가 성형 후 일부 부착하게 된다. 이를 떨어내기 위해서 체 위에 펠렛종자를 얹고 흔들어 줌으로써 구형도 99 % 이상의 벼 펠렛종자를 얻을 수 있었다. 따라서 눈금 10 mm 정도의 동력 체 선별기에 의하여 선별을 하면 온전한 구형 벼 펠렛종자를 쉽게 얻을 수 것으로 판단된다. 벼 펠렛종자 제조장치의 성형롤 사이의 틈새, 성형 홈 및 홈 열 사이의 간격을 줄임으로써 일부 부착된 펠렛상토를 줄일 수 있으며, 성형률을 높이고 선별도 용이해 질 것으로 보인다.

2. 벼 펠렛종자의 건조

펠렛종자 제조장치에 의해 제조된 벼 펠렛종자는 건조를 통하여 강도를 증가시킴으로써 취급성을 좋게 하여야 하며, 높은 함수율에 의한 발아를 억제해야 한다. 특히 제조 직후 높은 함수율에서 밀폐된 용기에 넣는 경우 펠렛종자 내에 포함되어 있는 손상종자에 의해 곰팡이가 번식하는 현상도 관측되어 제조 직후에 건조를 행하여야 한다. 건조실험은 1차로 태양광 하에서의 자연건조, 음지에서의 자연건조, 건조기에 의한 건조를 고려하여 함수율 변화 특성을 조사하였으며, 2차로 건조속도가 너무 빠를 경우 펠렛종자 표면에 균열이 발생하여 강도가 약해지는 것을 고려하여 건조조건을 달리하여 균열발생이 적은 건조조건을 구하여 제조된 벼 펠렛종자에 적합한 건조방법을 추정하고자 하였다.

가. 재료 및 방법

제조된 벼 펠렛종자를 대상으로 그의 건조특성을 분석하기 위하여 태양광 하에서의 자연건조, 음지에서 자연건조, 항온건조기에 의한 건조를 고려하여 수행하였다. 그러나, 이 중 태양광에 의한 자연건조는 봄, 가을 2차례 실시하였는데 모두 건조속도가 너무 빠르게 나타나 펠렛종자 표면에 크랙 발생이 심하여 적절한 건조방법이 아닌 것으로 판단되어 삭제하였다.

건조기에 의한 건조는 종자용 곡물이 43 °C 이하로 건조하고 있는 것을 고려하여 실험용 건조기를 이용 40 °C, 35 °C, 30 °C, 25 °C의 항온 상태에서 실험하였으며, 음지건조는 25 °C ~ 30 °C, 상대습도 약 40 %로 유지되는 실험실 내에서 바람이 없는 조건, 선풍기를 이용하여 약한 바람을 불어주어 건조속도를 빠르게 한 경우에 대하여 함수율 변화, 균열의 발생여부 및 균열정도, 균열정도에 따른 펠렛종자의 압축강도를 조사하였다. 실험은 총 40 개의 펠렛종자를 대상으로 시간경과에 따른 함수율의 변화, 건조에 따른 펠렛종자 표면의 균열 발생 여부를 조사하였으며, 이 중 20 개의 펠렛종자를 압축강도 측정에 이용하였다.

나. 결과 및 고찰

벼 펠렛종자를 건조하게 되면 표면과 내부의 건조속도 차가 심한 경우 표면에 균열이 발생하게 된다. 그림 2-9-1은 건조에 의해 균열이 나타난 펠렛종자의 모습을 나타낸 것이다.

균열의 발생은 대개 건조 후 2 시간에서 5 시간 사이에 주로 나타났으며, 펠렛종자의 함수율은 약 2.2 % ~ 2.5 %로 감소하여 평형을 이루었다. 24 시간 건조를 행한 펠렛종자를 대상으로 육안에 의하여 미세 균열과 이것보다 비교적 더 큰 균열 2 가지로 구분하여 압축강도를 조사한 결과 균열이 거의 없는 펠렛종자의 압축강도는 약 197 N(표준편차 34.6 N), 미세 균열이 나타난 종자는 약 187 N(표준편차 23.4 N), 큰 균열이 나타난 펠렛종자는 약 117 N

(표준편차 20.5 N)으로 조사되어 미세한 균열의 경우 강도 저하가 적어 취급성에는 큰 문제가 없는 것으로 보이나, 큰 균열의 경우 강도저하가 크게 나타났으며 충격에 의해 펠렛종자 깨질 가능성이 있어 건조 시 큰 균열이 생기지 않도록 건조하는 것이 바람직한 것으로 보인다.



Fig. 2-9-1 A view of the rice- seed pellets cracked after drying

그림 2-9-2는 설정온도에 따른 건조기에 의한 건조, 바람이 거의 없는 실내 음지건조, 선풍기로 약한 바람을 불어준 실내 음지건조의 경우 벼 펠렛종자 함수율 변화를 비교하여 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 벼 펠렛종자의 함수율은 건조기의 온도가 40 ℃일 때는 약 14 시간 후, 건조기의 온도가 35 ℃일 때는 약 16 시간 후, 건조기의 온도가 30 ℃일 때는 약 17 시간 후, 건조기의 온도가 25 ℃일 때는 약 24 시간 후 약 2.2 %로 각각 감소하여 평형을 이루었으며, 설정온도가 높을수록 초기 함수율 감소가 큰 것으로 나타났다. 한편 실내 음지 건조의 경우는 약한 바람을 불어준 경우는 약 20 시간 지난 후, 바람이 없는 경우는 약 22 시간이 지난 후 약 2.5 %의 함수율을 나타내며 평형을 이루었으며, 약한 바람을 불어준 경우가 초기 함수율 감소가 큰 것으로 나타났다.

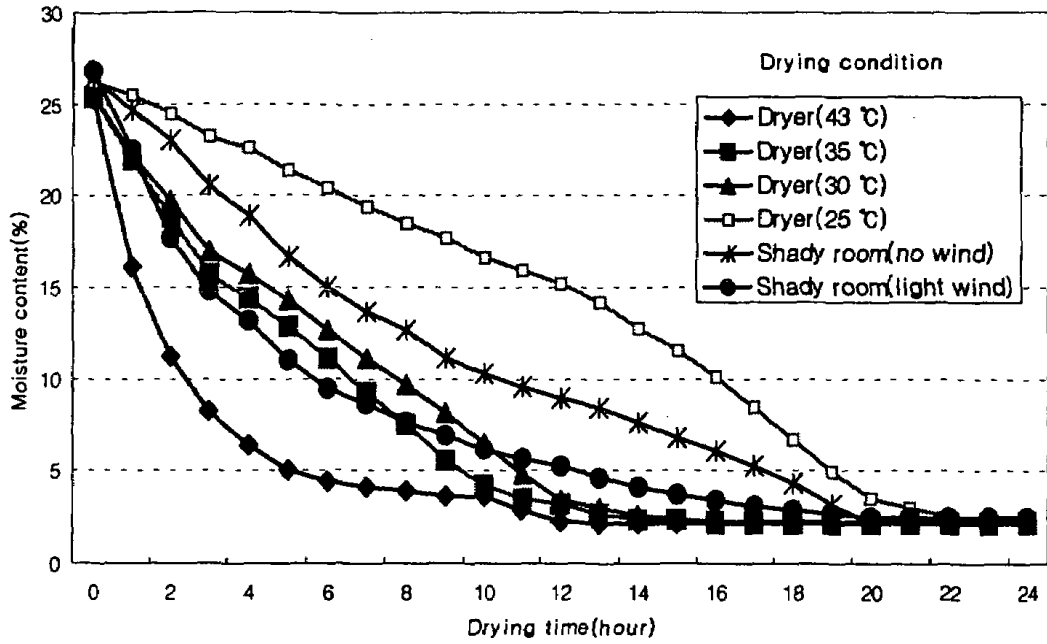


Fig. 2-9-2 Changes of moisture content of the rice-seed pellets according to the drying conditions

표 2-9-1은 건조조건에 따른 미세 균열 및 큰 균열이 나타난 펠릿종자비율을 나타낸 것이다.

Table 2-9-1 Ratios of the rice-seed pellets cracked according to the drying conditions

(unit : %)

건조조건	건조기				음지건조	
	25℃	30℃	35℃	40℃	무풍	미풍
미세 균열	10	10	15	20	10	20
큰 균열	5	5	10	10	7.5	10

표에서와 같이 건조기의 온도가 40 °C일 때는 미세 균열 약 20 %, 큰 균열 약 10 %, 건조기의 온도가 35 °C일 때는 미세 균열 약 15 %, 큰 균열 약 10 %,

건조기의 온도가 30℃일 때는 미세 균열 약 10 %, 큰 균열 약 5 %, 건조기의 온도가 25 ℃일 때는 미세 균열 약 10 %, 큰 균열 약 5 %로 각각 나타나 설정 온도가 높을수록 균열이 나타난 펠렛종자의 비율이 커졌다. 한편 실내 음지 건조의 경우는 약한 바람을 불어준 경우 미세 균열이 약 20 %, 큰 균열이 약 15 %, 바람이 없는 경우는 미세 균열이 약 10 %, 큰 균열이 약 7.5 %로 나타났다. 따라서 건조온도가 30 ℃ 이상에서는 펠렛종자의 균열 비율이 크게 증가하였으며, 바람을 불어 건조하는 경우 펠렛종자의 표면과 내부 사이의 건조 속도 차로 건조초기 균열이 크게 증가함을 알 수 있었다. 바람이 없는 음지 건조의 경우 건조온도가 25 ℃ ~ 30 ℃로 변화하였는데 30 ℃의 항온 건조기에 의한 건조보다 균열비율이 높아 건조온도 변화는 최소화하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

그러므로 건조 시 균열 펠렛종자의 비율을 줄이려면 바람이 없는 30 ℃ 이하의 일정 상온에서 서서히 24 시간 이상 펠렛종자를 건조시키는 것 바람직한 것으로 판단된다.

제10절 벼 펠렛종자 포장 재배실험

벼 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자의 포장 생육특성을 조사하기 위해 포장 재배실험을 실시하였다. 포장실험은 5차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치와 펠렛종자 정밀파종기의 수정 제작이 늦어져 실험을 위한 대량의 벼 펠렛종자를 제조할 수 없었기 때문에 상토종자혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 약 7 rpm으로 제조된 벼 펠렛종자를 대상으로 5월 10일 인력 파종에 의해 답수직파 실험만을 먼저 수행하여 결과를 조사 분석하였다.

벼 펠렛종자 제조장치에 의해 제조한 벼 펠렛종자의 정밀파종기에 의한 건답직파 및 답수직파, 인력으로 제조한 벼 펠렛종자의 인력에 의한 건답직파 및 답수직파, 관행 직파 벼 종자의 건답직파 및 답수직파의 재배특성 비교 실험은 5월 10일에서 5월 17일 까지 3 개 지역에서 파종하여 실험을 수행하였는데 구체적인 내용은 4장에 제시하였다.

1. 재료 및 방법

제 5차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치에 의해 상토종자혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 약 7 rpm으로 제조된 벼 펠렛종자를 대상으로 포장 생육특성을 조사하기 위하여 전남 나주에 위치한 전남농업기술원 시험포장에서 재배실험을 수행하였다. 벼 시험 품종은 직파재배 적응품종인 동안 벼을 이용하여 펠렛종자를 제조하였으며, 파종양식은 답수직파, 파종기는 5월 10일, 파종밀도는 30×10 cm로, 파종심도는 답수표면에 펠렛종자 1 립을 손 파종하였고 이를 관행 산파와 비교하였다. 관행 산파는 최아종자를 ha당 40 Kg을 파종하였다. 본답시비는 N-P₂O₅-K₂O((KG/HA)=110-45-67로 하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3 반복으로 실시하였는데 시험구의 면적은 처리구당 15 m², 총 90 m²이었다. 펠렛종자의 입모수 및 결주율은 파종 후 20 일에 조사하였고, 초장은 파종 후 42 일,

80 일, 수확기에 조사하였으며, 엽수, 경수, 건물중은 파종 후 42 일에 조사하였다. 수량은 출수 후 55 일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분함량이 15 %정도 되게 말린 다음 탈망 정선한 후 평량하여 백미중으로 하였다. 기타 재배관리와 생육조사는 농촌진흥청 표준재배법과 조사기준에 준하였다.

2. 결과 및 고찰

표 2-10-1은 담수직파에서 펠렛종자와 관행 산파의 생육특성을 나타낸 것이다.

Table 2-10-1 Characteristics of seedling stand in direct seeding on flooded paddy surface

재배양식	입모수 (개/m ²)	결주율 (%)	초장 (cm)		엽수	주당경수	건물중	
			파종 후		(매)	(개/m ²)	(g/주)	
			42일	80 수확기	파종 후	파종 후	파종 후	
펠렛종자	70	12	22	80	105	6.6	10.7	0.14
관행(산파)	107	27	23	79	98	6.7	4.2	0.18

펠렛종자의 입모수는 70 개로 관행 산파 107 개에 비하여 약 35 % 정도 낮게 나타났다. 이는 펠렛종자당 평균 5 개의 벼 종자, 3 개 이상의 벼 종자 포함 펠렛종자 비율 약 98 %을 고려하면 입모율이 약 42 %로 관행 산파의 입모율 73 %를 크게 밑들었으며, 적정입모수 80 ~ 100 개/m²에도 약간 미치지 못하는 결과를 보였다. 이는 펠렛종자 내 벼 종자 수는 충분히 확보하였지만 제조 시 내적인 손상이 크게 있었음을 의미하며 입모수를 확보하기 위하여는 펠렛종자 내 벼 종자의 수를 약간 늘리거나, 펠렛재료 혼합 반죽 및 펠렛종자

성형 시 정속한 작업으로 벼 종자의 내적 손상을 줄일 수 있도록 운전조건의 개선이 필요한 것으로 판단된다.

펠렛종자의 결주율은 12 %로 높게 나타났는데 3 개 이상 벼 종자를 포함한 펠렛종자비율이 98 %로 조사되었던 것을 고려해 볼 때 벼 종자의 내적 손상에 크게 기인하는 것으로 보인다. 한편 관행 산파의 경우는 27 %의 결주율을 나타냈다.

펠렛종자의 초장, 엽수는 관행과의 차이는 거의 없었으며, 주당경수는 6.5 개 차이를 보였는데 이는 펠렛종자의 경우 펠렛당 종자입수가 산파의 1립에 비해 평균 4 개 많았던 것에 기인한 것으로 보인다. 한편, 건물중은 펠렛종자가 관행 산파에 비해 미소하게 작은 것으로 나타났다.

표 2-10-2는 펠렛종자 및 관행 산파의 출수기, 포장도복, 간장, 수장과 수량을 나타낸 것이다.

Table 2-10-2 Heading date, field lodging, yield components and yield potential in direct seeding on flooded paddy surface

재배형태	출수기 (월. 일)	포장 도복 (0~9)	간장 (cm)	수장 (cm)	㎡당 수수 (개)	수당 입수 (개)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 (g)	정현 비율 (%)	수량 (kg/10a)
펠렛종자	8.13	0	72	21	326	100	93.0	23.6	83.5	593
관행(산파)	8.13	0	71	19	345	96	91.9	24.0	83.4	509

표에서와 같이 출수기는 관행과 같았고, 포장도복은 등숙기 무렵의 양호한 기상 관계로 발생하지 않았다. 수량구성요소로 ㎡당 수수, 수당 입수, 등숙비율, 현미천립중은 관행의 산파재배에 비해 그 차이가 미미하였다. 수량은 펠렛종자가 10 a당 593 Kg으로 관행 산파의 509 Kg에 비해 84 Kg 많았다.

이상으로 펠렛제조기로 만든 펠렛종자의 생육은 입모수를 제외하곤 관행에

비해 크게 떨어지는 점이 없고, 또한 수량 및 수량구성요소에 있어서도 관행산과 보다 좋은 결과를 보여 펠렛종자의 재배적 안정성은 어느정도 확보된 것으로 생각된다. 그러나, 결주율은 높게 나타나 펠렛종자를 제조할 때 펠렛종자 내 벼 종자의 외적 손상 뿐만아니라 내적 손상을 최소화 할수 있도록 제조장치의 보완, 운전조건이 개선이 필요한 것으로 보인다.

제11절 벼 펠릿종자 제조 시스템 경제성 분석

벼 펠릿종자의 제조비용 및 소요노동력은 벼 펠릿종자 제조 시스템 생산규모 즉 제조 시스템 각 요소의 작업능률과 연간 작업시간에 따라 달리 나타난다. 본 연구에서는 벼 펠릿종자를 벼 종자, 펠릿용 상토, 접착제만으로 제조한다는 가정 하에 설계된 벼 펠릿종자 제조장치 시작기의 작업능률을 450 Kg/h(벼 펠릿종자 약 265,000 개/h)으로 고려하여 제조 시스템을 구성하였을 때 연간 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤 규모(현행 재식밀도 고려 약 ha당 23만개 소요되므로 약 125 ha, 250 ha, 500 ha, 750 ha의 파종규모)의 벼 펠릿종자를 생산하는 경우 소요비용 및 소요노동력을 계산하여 기존의 육묘생산 소요비용 및 소요노동력과의 비교 분석을 수행하고자 하였다.

경제성 분석 방법은 농촌진흥청의 2001 시험.연구기관 경제성분석 교육교재인 “시험연구결과 경제성 분석방법”을 참고로 하여 수행하였다.

1. 벼 펠릿종자 제조 시스템 주요 기계 시설 및 소요 원료

가. 주요 기계 및 시설

개발된 벼 펠릿종자 제조장치의 시작기는 시간당 약 450 Kg/h의 펠릿종자를 생산할 수 있다. 따라서 1일 펠릿종자 제조 가능량은 1일 실작업시간 8시간 작업을 한다면 약 3.6 톤의 펠릿종자를 제조할 수 있다.

표 2-11-1은 1일 3.6 톤의 벼 펠릿종자를 생산할 수 있는 기계·설비 및 시설을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 500 μ m이하의 상토를 얻기 위하여 2단계로 원료 토양인 산적토를 분쇄 선별하는 상토조제기, 10%의 아라비아고무 용액을 만들기 위한 믹서, 상토, 벼 종자, 접착제 용액을 계량 1차로 혼합해주는 믹서, 2차로 혼합 반죽해주는 펠릿재료 혼합 반죽기, 반죽된 펠릿재료로 펠릿종자를 만드는 펠릿종자 제조기, 제조된 펠릿종자를 완정한 구형으로

만들어 주고 부서진 종자를 선별하는 펠릿종자 선별기, 펠릿종자의 건조를 위한 건조선반 등의 주요 기계 설비와 작업실, 건조실, 창고, 대지 등의 시설로써 펠릿종자 제조 시스템을 구성하였다.

Table 2-11-1 Major machines and facilities required for production of the rice-seed pellets

기계 및 시설명	성능	소요량	예상구입 단가(원)	소요 금액 (원)	비 고	
기계 설비	상토조제기	5mm, 10t/h	1	1,050,000	1,050,000	내구년한 5년
	상토조제기	0.5mm, 3t/h	1	1,050,000	1,050,000	내구년한 5년
	접착제 희석 믹서	2 t/h	1	1,000,000	1,000,000	내구년한 8년
	상토, 접착액, 종자 혼합믹서	5 t/h	1	1,000,000	1,000,000	내구년한 8년
	펠릿재료 혼합 반죽기	500 Kg/h	1	2,100,000	2,100,000	내구년한 8년
	펠릿종자 제조기	450 Kg/h	1	10,000,000	10,000,000	내구년한 5년
	펠릿종자 선별기	450 Kg/h	1	1,000,000	1,000,000	내구년한 8년
	농용 컨베이어	2 t/h	1	2,300,000	2,300,000	내구년한 8년
	농용 보일러	20,000Cal/h	1	1,500,000	1,500,000	내구년한 6년
	건조선반 및 컨테이너	10 t	1	5,000,000	5,000,000	내구년한 8년
	운반용 수레	200 Kg	2	150,000	300,000	내구년한 5년
	저울	100 Kg	2	100,000	200,000	내구년한 5년
	컨테이너	50 Kg	40	50,000	2,000,000	내구년한 5년
	기타 비품				1,000,000	내구년한 5년
소계				29,500,000		
시설	작업실	10 평	1	10,000,000	10,000,000	내구년한 20년
	건조실	10 평	1	10,000,000	10,000,000	내구년한 20년
	창고	10 평	1	10,000,000	10,000,000	내구년한 20년
	대지	20 평	1	2,000,000	2,000,000	
	소계				32,000,000	
총계				61,500,000		

나. 생산 규모별 소요 재료의 양

1 일 3.6 톤의 펠렛종자를 제조하면 작업일수 90일인 경우 년 324 톤까지 펠렛종자를 생산할 수 있다. 따라서 생산규모를 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤으로 가정하여 생산비와 소요노동력을 산정하였다.

벼 펠렛종자 제조기에 투입되는 펠렛재료인 상토:벼종자:접착제:물의 무게 비는 약 700 : 100 : 21 : 210이다. 펠렛종자 제조기의 성형률을 95 %, 그리고 펠렛재료 혼합반죽 과정까지의 재료 손실을 5 %로 고려하여 총 펠렛재료의 90 %가 벼 펠렛종자로 제조된다고 가정하였을 때 생산규모에 따른 벼 종자, 상토, 접착제의 양을 나타낸 것이 표 2-11-2이다. 이밖에 표는 생산규모별로 종자소독에 필요한 살균제, 제조 펠렛종자 포장을 위한 포대, 온수 취득 및 약간의 난방을 위한 보일러용 경유 등 주요 소요재료의 양을 나타내고 있다.

Table 2-11-2 Quantities of materials required for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

재료명	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
벼 종자(톤)	5.4	10.8	21.6	32.4	
상토(톤)	37.7	75.4	150.9	226.3	선별 상토 소요량
접착제(톤)	1.131	2.262	4.524	6.786	분말 아라비아고무
물(톤)	11.3	22.6	45.3	67.9	
살균제(리터)	27	54	108	162	스포탁 20 Kg/100ml 종자소독
포대(매)	1,000	2,000	4,000	6,000	50 Kg/매
경유(리터)	360	720	1,440	2,160	12 l/h, 1일 2시간

주: 성형률 95 %, 재료손실 5 %를 고려하여 재료의 90 %가 벼 펠렛종자로 제조된다고 가정함.

2. 소요 노동력

가. 작업별 작업량, 작업능력

소요 노동력을 산정하기 위해서는 작업별 작업량과 작업수단에 따른 소요 인력과 작업능률을 고려하여야 한다. 표 2-11-3은 생산규모에 따른 작업별 재료의 처리량과 작업수단 및 작업능률을 나타낸 것이다.

Table 2-11-3 Quantities of processing pellet materials in various works for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 톤)

작업명	생산규모				작업수단 및 작업능력
	50톤	100톤	200톤	300톤	
상토수납 ¹⁾	75.4	150.8	301.8	452.6	컨베이어 2 톤/시간-인
상토 분쇄 선별 ¹⁾	75.4	150.8	301.8	452.6	상토조제기 1차 10톤/시간-인 2차 3톤/시간-인
벼 종자 소독	5.4	10.8	21.6	32.3	인력 0.2톤/시간-인
종자, 접착제, 상토 계량,	55.6	111.1	222.2	333.3	인력 1톤/시간-인
접착제 희석	12.5	24.9	49.8	74.7	혼합기 2톤/시간-인
종자, 접착제, 상토 예비혼합	55.6	111.1	222.2	333.3	혼합기 5톤/시간-인
펠릿재료 혼합 반죽	55.6	111.1	222.2	333.3	혼합 반죽기 0.5톤/시간-인
펠릿종자 제조	50	111.1	222.2	333.3	펠릿종자 제조기 0.45톤/시간-인
펠릿종자 선별	50	111.1	222.2	333.3	선별기 0.45톤/시간-인
펠릿종자 건조 및 포장	50	100	200	300	인력 0.45톤/시간-인

주: 1) 상토수납, 분쇄, 선별 시 상토이용율은 50%로 고려

나. 소요 노동력 및 작업일수

표2-11-4는 생산규모별 작업과정에 대한 소요노동력과 소요인원, 소요작업 일수를 나타낸 것이다.

Table 2-11-4 Labor, persons, and working days required for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 시간-인)

작업명	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
상토수납	37.7	75.4	150.9	225.9	2톤/시간-인
상토 분쇄 선별	32.7	65.4	130.7	196.1	1차 10톤/시간-인 2차 3톤/시간-인
벼 종자 소득	27	54	108	162	0.2톤/시간-인
종자, 접착제, 상토 계량	55.6	111.1	222.2	333.3	1톤/시간-인
접착제 희석	6.3	12.5	24.9	37.4	2톤/시간-인
종자, 접착제, 상토 예비혼합	11.1	22.2	44.4	66.6	5톤/시간-인
펠릿재료 혼합 반죽	111.1	222.2	444.4	666.6	0.5톤/시간-인
펠릿종자 제조	111.1	222.2	444.4	666.6	0.45톤/시간-인
펠릿종자 선별	111.1	222.2	444.4	666.6	0.45톤/시간-인
펠릿종자 건조 및 포장	111.1	222.2	444.4	666.6	0.45톤/시간-인
계	614.8	1,229.4	2,458.7	3,687.7	
총소요인원(인)	77	154	307	461	1일 8시간 실작업
소요 실작업일수 (일)	13.9	27.8	55.6	83.4	1일 펠릿종자 생산량 3.6톤 기준
총소요작업일수 (일)	15	30	60	90	작업가능일수율 93% 고려

표에서와 같이 총소요노동력은 벼 펠릿종자의 생산규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 각각 614.5 시간-인, 1229.4 시간-인, 2458.7 시간-인, 3687.7 시간-인으로 나타났으며, 생산규모에 따른 작업가능면적을 고려할 때

ha당 소요노동력은 약 4.92 시간-인이 소요되는 것으로 분석되었다.

한편 실작업일수는 생산규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 각각 13.9 일, 27.8 일, 55.6 일, 83.4 일이 소요되나, 약간의 여유 작업일수를 고려하여 총작업일수는 각각 15 일, 30 일, 60 일, 90 일 작업하는 것으로 분석하였다.

3. 비목별 소요비용

가. 재료비

생산규모별 재료비를 나타낸 것이 표 2-11-5이다.

Table 2-11-5 Cost of materials for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

재료명	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
벼 종자	8,160	16,319	32,638	48,956	60,440원/40Kg, 2001년 수매가 기준
상토	126	251	502	753	50,000원/15t
접착제	7,465	14,929	29,858	44,787	아라비아고무 6,600원/Kg
살균제(리터)	102	203	406	609	스포탁 3,760원/100ml
포대	450	900	1,800	2,700	포대 450원/매
계	16,303	32,602	65,204	97,805	

표에서와 같이 재료비 가운데 벼 종자와 접착제의 비중이 거의 대부분을 차지하는 것으로 나타났으며, 총 재료비는 생산규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 각각 16,303천 원, 32,602천 원, 65,204천 원, 97,805천 원이 소요되어, ha당 재료비는 약 130.4천 원이 필요한 것으로 나타났다.

나. 광열동력비

표 2-11-6은 생산규모별 광열동력비를 나타낸 것으로 표에서와 같이 생산 규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 약 181천 원, 362천 원, 724천 원, 1,087천 원이 소요되는 것으로 각각 나타났다.

Table 2-11-6 Cost of machine power, lighting, and heating for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 원)

기계 및 시설명	소요동력	생산규모				비고
		50톤	100톤	200톤	300톤	
상토조제기(1)	1.1kw	220	439	878	1,317	
상토조제기(2)	1.1kw	729	1,458	2,916	4,374	
접착제 희석 믹서	1.5kw	248	495	990	1,485	
상토, 접착액, 종자 혼합믹서	1.5kw	444	887	1,774	2,661	
펠릿재료 혼합 반죽기	1.1kw	3,227	6,453	12,906	19,359	
펠릿종자 제조기	3.7kw	10,852	21,704	43,408	65,112	
펠릿종자 선별기	1.5kw	4,400	8,799	17,598	26,397	
농용 컨베이어	1.5kw	1,491	2,982	5,964	8,946	
조명 및 기타	5kw	10,560	21,120	42,240	63,360	1일8시간 사용
기본료		930	930	1,860	2,790	
소계		21,611	43,217	86,434	129,651	
농용 보일러	12 l/h	159,480	318,960	637,920	956,880	1일2시간 사용
총계		181,091	362,177	724,354	1,086,531	

주: 1) 동력비는 농업용 전기료 농을(육묘 건조재배) 기본료 930원+26.40원/Kw를 적용.

2) 면세유 경유 443원/l 적용

3) 시험연구결과 경제성 분석기준 자료 2000, 농촌진흥청 농업경영관실

다. 감가상각비

기계 및 설비의 감가상각비는 내구연수를 기준으로 계산하면 연간 사용시간이 많은 경우는 과소하게 나타나며, 내용시간을 기준으로 계산하면 연간 사

Table 2-11-7 Depreciation cost for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

기계 및 시설명	구입가격	내구기간	생산규모				비고	
			50톤	100톤	200톤	300톤		
기계 · 설비	상토조제기	1,050	5년	200	200	200	200	
	상토조제기	1,050	5년	200	200	200	200	
	접착제 희석 믹서	1,000	8년	119	119	119	119	
	상토, 접착액, 종자 혼합믹서	1,000	8년	119	119	119	119	
	펠렛재료 혼합 반죽기	2,100	3,000시간	74	148	296	444	
	펠렛종자 제조기	10,000	3,000시간	352	704	1,408	2,112	
	펠렛종자 선별기	1,000	2000시간	53	106	212	318	
	농용 컨베이어	2,300	3000시간	81	162	324	486	
	농용 보일러	1,500	6년	238	238	238	238	
	건조선반 및 컨테이너	5,000	8년	594	594	594	594	
	운반용 수레	300	5년	57	57	57	57	
	저울	200	5년	38	38	38	38	
	컨테이너	2,000	5년	380	380	380	380	
	기타 비품	1,000	5년	190	190	190	190	
	소계	29,500		2,695	3,255	4,375	5,495	
시설	작업실	10,000	20년	19	38	76	114	
	건조실	10,000	20년	19	38	76	114	
	창고	10,000	20년	19	38	76	114	
	소계	30,000		57	114	228	342	
총계	59,500		2,752	3,369	4,603	5,837		

주: 1) 잔존가는 구입가격의 5 %

2) 시설 내구연한 20 년, 잔존가 5 %, 시설 평당 신축단가 100 만원

3) 시설 사용부담비율 : 50 톤 4.1 %, 100 톤 8.2 %, 200 톤 16.4 %, 300 톤 24.6 %을 고려함.

용시간이 적은 경우 과소하게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 연간사용시간이 적은 상토제조기 혼합믹서, 보일러 등과 비품들은 내구연수를 기준으로, 연간 사용시간이 비교적 많은 펠릿재료 혼합 반죽기, 펠릿종자 제조기, 펠릿종자 선별기, 농용 컨베이어 등은 내용시간수를 기준으로 감가상각비를 계산하였다. 또한 시설의 감가상각비는 타 용도 사용을 전제로 하여 내구연수를 기준으로 연간 사용부담비율을 적용하여 계산하였는데 연간 사용비율은 연간 총작업일수비율로 하였다.

표 2-11-7은 생산규모별 기계.설비 및 시설의 감가상각비를 나타낸 것으로 생산규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 총 감가상각비는 약 2,752천 원, 3,369천 원, 4,603천 원, 5,837천 원으로 각각 나타났다. 기계 설비의 감가상각비가 대부분을 차지하고 있는 것으로 분석되었으며, ha당 감가상각비는 생산규모에 따라 각각 약 22.0천 원, 13.5천 원, 9.2천 원, 7.8천 원으로 점차 감소되는 것으로 나타났다.

라. 수리비

주요 기계. 설비의 수리비는 내구연수와 내용시간수를 고려 시간당수리비 계수를 구하여 연간 작업시간을 곱하여 구하였으며, 비품의 수리비는 구입가격의 5%를 적용하였다. 시설의 수리비는 신축가의 3%를 고려하고 여기에 연간 사용부담비율을 곱하여 계산하였다.

표 2-11-8은 생산규모별 연간 수리비 내역을 나타낸 것으로 표에서와 같이 생산규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 총 수리비는 각각 677천 원, 1,184천 원, 2,190천 원, 3,181천 원으로 분석되었다. 기계설비의 수리비가 대부분을 차지하고 있으며, ha당 수리비도 생산규모에 따라 각각 5.4천 원, 4.7천 원, 4.4천 원, 4.2천 원으로 점차 감소하고 있음을 알 수 있다.

Table 2-11-8 Repair cost for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

기계 및 시설명	구입 가격	생산규모				시간당수리비 계수(%)	
		50톤	100톤	200톤	300톤		
기계 · 설비	상토조제기	1,050	2	4	8	12	0.025
	상토조제기	1,050	7	14	28	42	0.025
	접착제 희석 믹서	1,000	2	4	8	12	0.027
	상토, 접착액, 종자 혼합믹서	1,000	3	6	12	18	0.027
	펠릿재료 혼합 반죽기	2,100	63	126	252	378	0.027
	펠릿종자 제조기	10,000	189	378	756	1,134	0.017
	펠릿종자 선별기	1,000	28	56	112	168	0.025
	농용 컨베이어	2,300	23	47	94	141	0.027
	농용 보일러	1,500	5	11	22	33	0.012
	건조선반 및 컨테이너	5,000	144	288	576	846	0.008
	운반용 수레	300	15	15	15	15	
	저울	200	10	10	10	10	
	컨테이너 (상토, 종자, 접착제, 펠릿재료)	2,000	100	100	100	100	
	기타 비품	1,000	50	50	50	50	
	소계	29,500	641	1,109	2,043	2,959	
시설	작업실	10,000	12	25	49	74	
	건조실	10,000	12	25	49	74	
	창고	10,000	12	25	49	74	
	소계	30,000	36	75	147	222	
총계	59,500	677	1,184	2,190	3,181		

주: 1) 비품의 수리비는 연평균수리비 5% 적용

2) 시설수리비는 연평균수리비 3%와 연간 사용부담비율(연간작업일수비율로 고려)을 적용

마. 기타 비용

투입비용 조사시 어느 비목에도 계산되지 않은 비용으로 교통비, 전화요금, 점문서적 구입비, 검사료, 협회비, 공제금 등의 비용을 고려한 것으로 기계, 설비, 시설 투자금액의 2% 가정하여 계산하였다.

Table 2-11-9 The other costs for productions of 50 tons, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

구분	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
기타 비용	1,230	1,230	1,230	1,230	

바. 노력비

1) 고용노력비

벼 펠렛종자 제조작업 중 상토 수납, 분쇄 선별작업은 작업기간 중 간헐작업 가능함으로 이 작업에 소요되는 고용노력비는 작업 소요노동력을 고려하여 소요작업인원을 구하고 여기에 성인 남자의 농촌노임을 곱하여 구하였으며, 반면 집착제 희석 작업부터 펠렛종자 건조 및 포장 작업까지는 연속작업이 필요하므로 집착제 희석, 종자, 상토 집착제 계량 및 예비혼합 작업에 1인, 펠렛재료 혼합 및 반죽작업에 1인, 펠렛종자 제조작업에 1인, 펠렛종자 선별작업에 1인, 펠렛종자 건조 및 포장작업에 1인 총 5인이 연속작업을 위해 필요한 것으로 하여 고용노력비를 계산하였다.

생산규모별 작업일수는 1일 실작업시간 8시간 작업으로 3.6톤의 펠렛종자를 생산하는 것으로 하고 여기에 작업가능일수들을 고려하여 50톤, 100톤, 200톤, 300톤의 생산규모에서 각각 15일, 30일, 60일, 90일을 작업

하는 것으로 하였다. 표 2-11-10은 생산규모별 고용노력비를 나타낸 것으로 표에서와 같이 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤의 생산규모에서 각각 4,559천 원, 9,065천 원, 18,063천 원, 27,092천 원이 소요되는 것으로 나타났으며, ha당 고용노력비는 약 36천 원 정도로 생산규모에 따라 거의 차이가 없었다.

Table 2-11-10 Hiring Cost in various works for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위: 천 원)

작업명	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
상토수납, 분쇄, 선별 벼 종자 소득	674	1,295	2,523	3,782	
접착제 희석, 종자, 접착제, 상토 계량 및 예비혼합 ¹⁾	777	1,554	3,108	4,662	
펠릿재료 혼합 반죽	777	1,554	3,108	4,662	
펠릿종자 제조	777	1,554	3,108	4,662	
펠릿종자 선별	777	1,554	3,108	4,662	
펠릿종자 건조 및 포장	777	1,554	3,108	4,662	
계	4,559	9,065	18,063	27,092	

주: 1) 1일 0.6인 정도를 필요로 하나 연속작업 특성상 1일 1인 소요로 계산

2) 성인 남자 농촌임금료 51,811원/일(농협조사월보 2001.10)

2) 자가노력비

자가노력비는 벼 펠릿종자 생산관리를 위해 1인이 생산규모 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 각각 15 일, 30 일, 60 일, 90 일 작업하는 것으로

가정하여 일당 성인 남자 농촌노임 51,811원을 고려하여 구하였다. 표 2-11-11에서와 같이 생산규모가 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 각각 777천 원, 1,554천 원, 3,108천 원, 4,662천 원이 소요되는 것으로 나타났다.

Table 2-11-11 Cost of self-employment for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

구분	생산규모1				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
자가노력비	777	1,554	3,108	4,662	

사. 자본용역비

자본용역비는 벼 펠렛종자 생산을 위하여 생산기간 중 투입된 고정자본재와 유동자본재의 자본액에 대한 이자비용을 나타내는 것으로 말한다. 기계 및 설비의 고정자본용역비는 부분현재가 \times 부담비율 \times 연이율(5%로 가정)로 계산하였으며, 부분현재가는 $\text{신조가} - (\text{연간감가상각비} \times \text{사용년수})$ 이나 고정자본의 50%로 가정하여 계산하였고, 시설의 고정자본용역비는 연간사용비율(연간작업일수비)를 더 고려하였다. 또한 유동자본용역비는 유동자본 합계 \times 연이자율(5%로 가정) \times 1/2 \times 회임기간비율(6월/12월)로 계산하였다.

표 2-11-12는 생산규모별 자본용역비 내역을 나타낸 것으로 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300톤의 생산규모일 때 각각 1,028천 원, 1,300천 원, 1,843천 원, 2,386천 원의 자산용역비가 산출되었으며, 이 때 ha당 자산용역비는 각각 8.2천 원, 5.2천 원, 3.7천 원, 3.2천 원으로 생산규모가 커짐에 따라 감소하여 것으로 나타났다.

Table 2-11-12 Capital cost for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

구분	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
고정자본 용역비	741	744	750	756	고정자본 59,500천 원
유동자본 용역비	287	556	1,093	1,630	유동자본 50톤 22,950천 원 100톤 44,443천 원 200톤 87,411천 원 300톤 130,395천 원
계	1,028	1,300	1,843	2,386	

아. 토지용역비

토지용역비는 벼 펠릿종자 생산을 위하여 투입된 토지 사용에 대한 기회비용으로 평당 10,000원의 임차료와 연간 사용부담비율(연간 작업일수비)를 적용하여 계산하였다. 표 2-11-13은 생산규모별 토지용역비를 나타낸 것이다.

Table 2-11-13 Land cost for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets

(단위 : 천 원)

구분	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
토지용역비	21	41	82	123	토지면적 50평 전국평균농지사용료 830원/평

4. 생산비

표 2-11-14는 생산규모별 생산비 내역을 나타낸 것이다.

생산규모별 생산비는 표에서와 같이 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤의 생

산규모일 때 각각 27,528천 원, 50,707천 원, 97,047천 원, 143,403천 원으로 나타났으며, 이 가운데 경영비는 각각 25,702천 원, 47,812천 원, 92,014천 원, 136,232천 원을 차지하였다. 또한 자본용역비와 토지용역비를 제외한 직접생산비는 생산규모 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤일 때 각각 26,479천 원, 49,366천 원, 95,122천 원, 140,894천 원으로 간접생산비는 1,049천 원, 1,341천 원, 1,925천 원, 2,509천 원으로 분석되었다.

Table 2-11-14 Details of production costs for productions of 50 ton, 100 tons, 200 tons, and 300 tons of the rice-seed pellets
(단위 : 천 원)

비목	생산규모				비고
	50톤	100톤	200톤	300톤	
경영비	재료비	16,303	32,602	65,204	97,805
	광열동력비	181	362	724	1,087
	감가상각비	2,752	3,369	4,603	5,837
	수리비	677	1,184	2,190	3,181
	기타비용	1,230	1,230	1,230	1,230
	고용노력비	4,559	9,065	18,063	27,092
	소계	25,702	47,812	92,014	136,232
자가노력비	777	1,554	3,108	4,662	
자본용역비	1,028	1,300	1,843	2,386	
토지용역비	21	41	82	123	
총생산비	27,528	50,707	97,047	143,403	
ha당 생산비*	220.2	202.8	194.1	191.2	
개당 생산비**	0.93	0.86	0.82	0.81	

주: 1) 1 톤당 약 2.5 ha 파종
2) 1 톤당 약 58만9천 개 제조

생산비 가운데 비목별 차지하는 비중을 살펴보면 재료비, 고용노력비, 감가상각비의 순으로 나타났으며, 특히 재료비는 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤의 생산규모에서 각각 생산비의 약 59.2 %, 64.3 %, 67.2 %, 68.2 %를 차지하여 가장 큰 비중을 보였으며, 고용노력비는 각각 생산비의 약 16.6 %, 17.9 %, 18.6 %, 18.9 %를, 감가상각비는 각각 생산비의 약 10.0 %, 6.6 %, 4.7 %, 4.1 %를 차지하는 것으로 분석되어 이들 비용이 생산비의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

ha당 생산비는 펠릿종자 1 톤당 약 2.5 ha를 파종할 수 있다고 하였을 때 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤의 생산규모에서 각각 220.2천 원, 202.8천 원, 194.1천 원, 191.2천 원으로 나타났으며, 생산규모가 증가함에 따라 ha당 생산비는 점차 감소하였고, 그 감소율은 작아졌다.

펠릿종자 개당 생산비를 살펴보면 펠릿종자 1 톤이 58만9천 개로 하였을 때 50 톤, 100 톤, 200 톤, 300 톤의 생산규모에서 각각 약 0.93 원, 0.86 원, 0.82 원, 0.81 원으로 나타나 생산규모가 커짐에 따라 감소하였으며, 그 감소율은 ha당 생산비와 마찬가지로 점차 작아졌다.

5. 소요노동력 및 생산비 비교

가. 소요노동력

벼 펠릿종자에 소요되는 노동력을 비교 분석하기 위하여 옥묘수급 안정과 쌀 생산비 절감을 위해 1998 년도부터 보급 설치되고 있는 벼 옥묘공장의 어린묘 생산 소요노동력, 농촌진흥청에서 조사한 관행 기계이앙 재배의 증묘, 어린묘 생산 소요노동력, 건답, 무논골뿌림, 인력산파 직파재배의 종자준비 소요노동력과 비교를 수행하였다.

표 2-11-15는 재배기술별 파종종자 준비 및 옥묘에 소요되는 소요노동력을 나타낸 것으로 표에서와 같이 벼 펠릿종자의 소요노동력은 앞에서 분석한 바와 같이 약 0.49 시간/10a로 나타났다.

Table 2-11-15 Labor requirements for producing rice-seed pellets, raising seedlings at the seedling factory, conventional raising seedlings, and preparing seeds in direct seeding (단위 : 시간/10a)

펠렛종자	육묘공장 어린묘 ¹⁾	관행 ²⁾		직파 ²⁾		
		중묘	어린묘	건답	무논골뿌림	인력산파
0.49	1.01	6.9	4.6	0.3	0.5	0.4

주: 1) 경상북도 농업기술원에서 1999년 6월에 포항 등 9개 시군 11 개소('98년 설립 6 개소, '99년 설립 5개소)의 육묘공장을 대상으로 조사한 벼 육묘공장 추진상황 중 육묘 노동 투입시간 자료 인용

2) 농촌진흥청 농업경영관실, 1999.9, "수도작 농가의 생산비 절감방안 연구" 보고서 중 생력 재배기술별 작업단계별 노동투하시간(1997) 인용

육묘공장의 어린묘 생산 소요노동력은 종자예조 및 준비 0.10 시간/10a, 상토준비 0.03 시간/10a, 파종 및 흙담기 0.46 시간/10a, 치상 0.19 시간/10a, 묘판관리 0.23 시간/10a 총 1.01 시간/10a로 조사되었다.

관행 기계이앙재배의 중묘 생산 소요노동력은 종자예조 및 준비 0.4 시간/10a, 묘판준비 및 설치에 0.5 시간/10a, 상토준비 1.3 시간/10a, 파종 및 흙담기 2.4 시간/10a, 치상 1.2 시간/10a, 묘판관리 1.1 시간/10a 총 6.9 시간/10a으로 조사되었으며, 어린묘 생산 소요노동력은 종자예조 및 준비 0.3 시간/10a, 묘판준비 및 설치 0.1 시간/10a, 상토준비 0.8 시간/10a, 파종 및 흙담기 2.3 시간/10a, 치상 0.6 시간/10a, 묘판관리 0.5 시간/10a 총 4.6 시간/10a로 조사되었다.

직파의 종자준비 소요노동력은 건답, 무논골뿌림, 인력산파 재배에서 각각 0.3 시간/10a, 0.5 시간/10a, 0.4 시간/10a로 조사되어 벼 펠렛종자의 종자준비 소요노동력 보다 크게 나타났는데 이는 처리규모가 다르기 때문인 것으로 추정된다.

표에서와 같이 벼 펠릿종자 생산의 소요노동력은 육묘공장 어린묘 생산 소요노동력의 약 49 %로 51 %가 절감되며, 관행 기계이앙재배 증묘, 어린묘 생산 소요노동력의 각각 7 %, 12 %로 93 %와 88 %의 소요노동력이 각각 절감되는 것으로 분석되었다. 따라서 벼 펠릿종자에 의한 재배는 이앙작업에 필요한 육묘 소요노동력을 크게 줄일 수 있으며, 벼 펠릿종자의 대량 생산으로 직파 재배의 종자준비 소요노동력과의 큰 차이가 없는 것으로 보인다.

나. 생산비

표 2-11-16은 펠릿종자, 육묘공장의 어린묘, 관행의 증묘 및 어린묘의 10a 당 생산비용과 직파재배의 10a당 파종종자 준비비용을 나타낸 것이다.

Table 2-11-16 Production costs of the rice-seed pellets, raising seedlings at the seedling factory, conventional raising seedlings, and preparing seeds in direct seeding

(단위 : 원/10a)

펠릿종자				육묘공장 어린묘 ¹⁾	관행 ²⁾		직파 ³⁾
50톤	100톤	200톤	300톤		증묘	어린묘	
22,022	20,283	19,409	19,120	39,628	52,703	48,126	10,567

주:1) 경상북도 농업기술원에서 1999년 6월에 포항 등 9개 시군 11 개소('98년 설립 6 개소, '99년 설립 5개소)의 육묘공장을 대상으로 조사한 벼 육묘공장 추진상황 중 육묘방법별 비용 자료 인용

2) 관행은 논촌진흥청 "연구와 지도" 1998. 4에서 인용

3) 직파는 종자비, 소득살균제 비용, 종자준비에 필요한 노력비로 파종종자 생산비를 추정. 종자비는 직파의 파종량은 5 Kg/10a, 2001 수매가 60,440원/40Kg을 적용함. 소득살균제 비용은 스포탁 사용 100ml로 종자 20 Kg 소득, 3,760 원/100ml 적용함. 노력비는 소요노동력 0.4시간/10a, 2001년 10월 남자 성인 노임 51,811원(10시간/일 작업)을 적용

벼 펠릿종자의 10 a당 생산비는 표에서와 같이 50 톤, 100 톤, 200톤, 300 톤의 생산규모에서 각각 22,022 원, 20,283 원, 19,409 원, 19,120 원으로 생산규모가 커짐에 따라 약간씩 감소하였으며, 육묘공장의 어린묘 10 a당 생산비는 1999 년 기준으로 39,628 원, 관행의 중묘 및 어린묘의 10 a당 생산비는 1998 년을 기준으로 52,703 원, 48,126 원으로 각각 조사되었다. 한편 직파의 10 a당 종자준비 비용은 종자비, 종자소득비, 노력비를 고려하여 10 a당 생산비를 추정한 결과 약 10,567 원이 소요되는 것으로 분석되었다.

따라서 벼 펠릿종자의 생산비는 생산규모에 따라 약간의 차이는 있지만 대략 현행 육묘공장 어린묘 생산비의 50 %, 관행 중묘 및 어린묘 생산비의 약 40 % 이하, 직파 종자준비 비용의 약 2 배가 소요되는 것으로 추정된다. 그러므로 벼 펠릿종자에 의한 직파재배법이 확립되는 경우 현행 이앙재배에 의한 육묘비용을 크게 절감할 수 있으며, 현행 직파재배에 비해 큰 비용을 들이지 않고 재배를 보다 안정화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

제12절 요약 및 결론

본 연구는 현행 직파재배의 문제점 해결을 위한 벼 펠렛종자 직파재배 체계 구명을 위하여 이에 필수적인 벼 펠렛종자 제조장치 개발을 수행하고자 하였다. 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하여 제조성능, 제조된 벼 펠렛종자의 물리적 특성 및 재배특성, 벼 펠렛종자 생산의 경제성을 분석함으로써 직파재배에 적합한 벼 펠렛종자 대량 생산 가능성을 제시하고자 하였는데 그 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벼 종자 손상을 최소화한 벼 펠렛종자를 제조하기 위하여 스크류 컨베이어를 이용한 펠렛상토 공급부, 공급하는 진공을 이용한 벼 종자 공급부, 회전성형롤을 이용한 펠렛성형부, 구동 및 동력전달부 등으로 구성된 1차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 구형으로 성형은 잘 이루어졌으나, 성형률이 70 % 이하, 펠렛종자 내 포함된 평균 종자 개수 3 개 이하의 저조한 성능을 나타내 개선이 필요하였다.

2. 벼 펠렛종자 제조장치의 성형률 증대, 벼 종자 손실 방지, 구조의 단순화를 기하기 위하여 스크류 컨베이어를 이용 펠렛상토와 벼 종자를 공급하되 펠렛상토 내에 벼 종자를 넣어 원통형으로 혼합된 펠렛재료를 성형롤에 공급하여 성형 할 수 있는 2, 3차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치는 스크류 컨베이어에 의한 불균일한 벼 종자 공급으로 인하여 벼 종자가 일정하게 포함된 벼 펠렛종자 제조가 불가능하였다. 따라서 펠렛상토와 벼 종자를 분리 공급하여 벼 펠렛종자를 제조하는 방식의 개선이 필요하였다.

3. 3차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치의 성능시험 결과 벼 종자와 펠렛용 상토를 균일 혼합 반죽하여 벼 펠렛종자를 제조하는 것이 보다 능률적이고, 벼

펠렛종자 제조장치의 구조도 단순화시킬 수 있을 것으로 예상하였다. 이에 따라 벼 펠렛종자 제조용 펠렛재료 준비를 위하여 벼 종자, 펠렛용 상토 및 접착제를 균일 혼합 반죽할 수 있는 스크류를 이용한 펠렛재료 혼합 반죽장치를 설계 제작하였으며, 성능실험 결과 펠렛재료는 상토 종자혼합비 약 6 : 1 ~ 7 : 1 사이, 상토함수율 약 24 %로 준비하며, 혼합 스크류 회전속도 20 rpm으로 2 회 펠렛재료를 혼합 반죽하여 시간당 약 200 Kg 혼합능률이 얻는 것이 적정할 것으로 판단된다. 그러나 벼 종자손실률은 약 10 ~ 20 %에 이를 것으로 보여 벼 종자 손상을 최소화 할 수 있도록 혼합 스크류의 개선이 필요한 것으로 보인다.

4. 벼 종자, 상토, 혼합 접착액 등 펠렛재료를 균일하게 혼합·반죽한 펠렛 재료를 스크류 컨베이어에 의해 회전 성형틀에 공급, 성형 배출함으로써 직경 12 mm의 구형 벼 펠렛종자를 제조할 수 있는 제 4차 실험용 벼 펠렛종자 제조 장치를 설계·제작하여 성능실험을 수행하였다.

실험 결과 벼 펠렛종자 제조능력은 시간 당 최대 약 37,000 개, 제조된 벼 펠렛종자 무게는 제조 후 1.66 g, 건조 후 1.26 g, 직경은 제조 후 약 12 mm, 건조 후 11.2 mm, 펠렛종자 당 완전 종자의 평균 개수 3.1립 이상, 압축강도 88 N ~ 137 N, 담수상태에서 붕괴도 양호라는 결과를 얻었다. 그러나 운전조건에 따라 성형률은 약 61 % ~ 71 %, 벼 종자 손실률은 약 17 % ~ 48 %로 나타나, 펠렛재료의 손실과 종자손상을 줄이기 위한 성형틀의 개선, 균일 공급과 부하를 줄이기 위한 펠렛재료 공급장치의 개선, 제조 벼 펠렛종자 배출 장치의 보완 등이 필요한 것으로 판단되었다.

5. 4차 실험용 벼 펠렛종자 제조장치의 성능 개선을 위하여 유압장치를 이용 유압실린더에 의해 펠렛재료를 압축 공급하고, 성형틀 성형 홈 열 사이에 링을 설치하여 펠렛재료의 성형 홈으로 부터의 이탈을 줄이며, 성형 후 펠렛종

자의 원활한 배출을 위해 배출핀과 함께 압축공기 노즐을 설치 펠렛종자의 완전한 배출을 가능하도록 한 5차 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하여 성능 실험을 수행하였다.

실험 결과 벼 펠렛종자 제조능력은 최대 시간 당 약 110 Kg(펠렛종자 약 63,000 개), 성형률은 최대 약 89 %,로 나타나 성능이 크게 향상된 것으로 나타났다으나, 벼 종자손실률은 약 24 % ~ 49 %로 거의 비슷한 수준으로 나타났다.

제조된 벼 펠렛종자의 무게와 직경은 공급장치의 개선으로 인한 밀도 증가로 약간씩 증가하였으며, 벼 펠렛종자 내에 포함된 완전 벼 종자 평균 개수, 3 개 이상의 완전 벼 종자를 포함한 펠렛종자 비율, 음지 건조 후 벼 펠렛종자의 압축강도도 크게 증가하였다.

벼 펠렛종자의 출아율 실험 결과 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm에서 건답직파 100 %, 답수직파 97 %의 출아율을 보여 만족할 만한 결과를 얻었으며, 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 10 rpm과 상토 종자혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm에서는 건답 및 답수직파에서 각각 약 90 % 내외의 출아율을 보여 가능성을 보였으나, 그 외의 경우는 출아율이 크게 감소하여 출아율을 높이기 위한 방안이 필요한 것으로 보인다. 이는 펠렛종자 내 벼 종자 수는 거의 모든 조건에서 충분히 확보하였지만 펠렛종자 제조과정에서 벼 종자의 외적 손상뿐만 아니라 내적 손상이 발생하여 상토 종자혼합비, 성형률 회전속도 증가에 따라 출아율이 급격히 저하되었기 때문으로 판단된다

5차 벼 펠렛종자 제조장치의 적정운전 조건은 상토 종자혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 약 7 rpm으로 판단되며, 이 때 제조능력은 시간당 약 65 Kg(펠렛종자 약 39,000 개), 성형률 약 87 %, 종자손실률은 약 30 %, 펠렛종자 내 평균 종자수는 약 5.5 개, 완전 벼 종자 3 개 이상 포함 펠렛종자 비율은 약 100 %, 출아율 거의 100 %가 될 것으로 보인다.

5차 벼 펠릿종자 제조장치의 개선점으로 공급부는 배출구 단면적을 넓혀 배출저항을 줄일 수 있도록 공급블럭의 형태를 바꾸며, 공급호퍼를 원통형 실린더에서 대칭의 사각형 단면을 갖는 호퍼로 바꿔 호퍼의 용량을 늘림으로써 성형률 상의 성형흙 각 열 간의 펠릿재료 공급을 균일하게 하고, 유압실린더의 압력을 줄이며, 공급부 기체 높이를 줄이는 것이 필요하였다. 또한 성형률의 가공정도 향상과 성형률 간격 조정장치 설치, 성형흙 사이의 간격과 성형흙과 성형흙 열 사이에 설치된 펠릿재료 이탈 방지용 링 사이 간격 최소화, 성형률의 내구성 향상을 위한 재질 변경을 피할 필요가 있었다.

6. 5차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치 기본으로 하여 문제점을 보완하고 벼 펠릿종자 대량 생산을 위해 제원을 늘린 벼 펠릿종자 제조기 시작기를 설계하였는데 그 주요부는 유압피스톤을 이용 펠릿재료 성형률에 공급하기 위한 펠릿재료 공급부, 펠릿재료를 구형의 펠릿종자로 성형 배출하기 위해 성형률, 배출핀 및 공기노즐을 이용한 성형 배출부, 성형 배출된 벼 펠릿종자를 이송하기 위해 벨트컨베이어를 이용한 펠릿종자 이송부, 성형률 및 이송부 구동을 위한 구동모터 및 동력전달부, 펠릿재료 공급부 유압실린더 구동을 위한 유압장치부, 펠릿종자 배출용 공기노즐에 압축공기를 공급하는 공기압축기, 성형 배출부를 상하로 움직여 유지 관리의 편의성을 위해 설치된 유압잭 및 각부의 지지 고정을 위한 프레임부 등으로 이루어져 있다.

시작기의 제조능률은 성형흙 열수가 12 열, 열당 성형흙 개수가 55 개로 성형흙 개수 증가로 인하여 제5차 실험용 벼 펠릿종자 제조장치에 비해 약 6.28 배의 제조능률 향상이 기대되며, 또한 성형률도 펠릿재료 부하에 관계없이 거의 일정한 속도로 펠릿종자를 공급할 수 있고, 성형률 사이의 간격 조정, 성형흙으로의 펠릿재료 공급이 개선되었기 때문에 약 95 % 까지 높일 수 있을 것으로 보여 펠릿종자 내 평균 벼 종자 개수 약 5 개 이상, 3 개 이상 벼 종자 포함 펠릿종자비율 100 %, 출아율 거의 100 %의 벼 펠릿종자를 시간

당 약 450 Kg(약 265,000 개)의 제조할 수 있을 것으로 추정된다.

7. 상토 종자혼합비 7 : 1, 성형롤 회전속도 7 rpm으로 제조된 벼 펠렛종자를 대상으로 인력에 의해 담수직파 포장재배 실험을 수행하여 생육특성을 조사한 결과 입모수를 제외하곤 관행 산파 재배에 비해 떨어지는 점이 없었고, 또한 수량 및 수량구성요소에 있어서도 관행 산파 보다 좋은 결과를 보여 펠렛종자의 재배적 안정성은 어느 정도 확보된 것으로 생각된다. 그러나, 결주율이 높게 나타나 펠렛종자를 제조할 때 펠렛종자 내 벼 종자의 외적 손상뿐만 아니라 내적 손상을 최소화 할 수 있도록 제조장치의 보완, 운전조건의 개선이 필요한 것으로 보인다.

8. 성형 시 성형롤 간의 틈새 때문에 성형 홈을 빠져나간 펠렛재료가 성형 후 일부 부착하게 된다. 이를 떨어내기 위해서 체 위에 펠렛종자를 얹고 약간 흔들어 줌으로써 구형도 99 % 이상의 벼 펠렛종자를 얻을 수 있었다. 또한 펠렛종자 보관과 취급성 향상을 위하여 건조가 필요한데 펠렛종자의 균열에 의한 강도 저하를 피하기 위해서는 바람이 없는 30 ℃ 이하의 일정 상온에서 서서히 24 시간 이상 건조시키는 것 바람직한 것으로 판단된다.

9. 벼 펠렛종자 생산의 소요노동력은 육묘공장 어린묘 생산 소요노동력의 약 49 %로 51 %가 절감되며, 관행 기계이앙재배 중묘, 어린묘 생산 소요노동력의 각각 7 %, 12 %로 93 %와 88 %의 소요노동력이 각각 절감되는 것으로 분석되었다. 따라서 벼 펠렛종자에 의한 재배는 이앙작업에 필요한 육묘 소요노동력을 크게 줄일 수 있으며, 벼 펠렛종자의 대량 생산으로 직파재배의 종자준비 소요노동력과도 큰 차이가 없는 것으로 보인다.

벼 펠렛종자의 10a당 생산비는 벼 펠렛종자 생산규모에 따라 약간의 차이는 있지만 대략 20,000원 내외로 추정되어 현행 육묘공장 어린묘 생산비의

50%, 관행 중묘 및 어린묘 생산비의 약 40% 이하, 직파 종자준비 비용의 약 2배가 소요되는 것으로 추정된다. 따라서 벼 펠릿종자에 의한 직파재배법이 확립되는 경우 현행 이앙재배에 의한 육묘비용을 크게 절감할 수 있으며, 현행 직파재배에 비해 큰 비용을 들이지 않고 재배를 보다 안정화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김석언. 2000. 벼 담수직파 안정화를 위한 종자 Pellet 기술 개발에 관한 연구. 박사학위논문. 전남대학교
2. 内藤俊男. 1963. 種子の Coating에關する研究(1). 일본농업기계학회지. 25(1), pp.35 ~ 38
3. 東畑平一郎외, -. 工場操作시리즈 造粒編. 化學工業社(株)
4. 木村進, 龜和田光男. 1985. 최선단식품가공기술. CMC(주)
5. 三石昭三, 萩原素之, 井村光夫. 1989. 水稻의 湛水直播에於ける諸問題(3). 湛水土壤中直播에於ける苗立ち安定化에關する研究. 土壤의酸化, 還元と過酸化石灰添加新資材의效果. 日作記. 58(別 1), pp.192 ~ 193
6. Bulan, P. 1991. Some effect of seed coating and aging treatments on soybean germination and emergence. Mississippi State Univ. Ph. D. Thesis
7. Brocklehurst, P. A. and J. Dearman. 1983. Effect of calcium peroxide as a supplier of oxygen for seed germination and seedling emergence in carrot and onion. Seed Sci. & Technol. 11, pp.293 ~ 295
8. Burris, J. S., A. H. wahab and O. T. Edje. 1977. Effect of seed size on seedling performance in soybeans. Proc. Amer. Soc. Crop Sci. 11, pp.492~ 496
9. Clarke, B. and Greenwood, S. Jr. 1993. A viscometric approach to the Design of a seed dressing Mixer. JAER 56(4), pp.275 ~ 286
10. Dadiani, M., V. V. Shenoy and D. V. pp. 25 ~ 109. Seshu 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. Seed Sci & Technol. 20, pp.307 ~ 313
11. Estrade, M., M. Malandain and J. Grelu. 1993. Techigue for seed

- coating with pesticides. *Pesticide Sci.* 37(2), pp.211 ~ 212
12. Longden, P. C. 1975. Sugar beet seed pelleting. *ADAS Q. REV.* 18, pp.73 ~ 80
 13. Larry, O. C. and M. B. McDonald. 1995. *Seed Science and Technology*. Chapman & Hall
 14. Lee H. W., B. Y. Jung and H. K. Kim. 1987. Studies on establishment of oversown pasture seed. I. Effects of coating materials and minerals on germination. *J. Korean Grassl. Sci.* 7(2), pp.113 ~ 119
 15. Millier, W. F. and R. F. Bensin. 1974. Tailoring pelleted seed to soil moisture conditions. *New York's Food & Life Sci.* 7, pp.20 ~ 23
 16. Olssen, R. 1978. Minipelletion a coming method for seed dressing of rape and turnip rape. *Vaxtskyddsrapporter Sweriges Lantbruksuniversitet* 4, pp.208 ~ 209
 17. Rhodes, E. T. and D. Nangju. 1979. Effect of Pelleting cowpea and soybean seed with fertilizer dusts. *Experimental Agriculture* 1591, pp.27 ~ 32
 18. Roos, E. E. and F. D. Moore. 1975. Effect of seed coating on performance of lettuce seeds in greenhouse soil tests. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(5), pp.573 ~ 576
 19. Robinson, F. E. and K. S. Mayberry. 1976. Seed coating, precision plantation and sprinkler irrigation for optimum stand establishment. *Agron. J.* 68, pp. 694 ~ 695
 20. Singh, Jai. 1996. Design, construction and performance evaluation of seed pelleting machine. *Agri. Mech. in Asia and Africa* 27(1), pp.25
 21. Taylor, A. G. and G. E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Ann. Rev. Phytopathol.* 28, pp.321 ~ 339.

제 3 장 벼 펠릿종자 정밀파종기 개발

제1절 서론

1. 연구개발의 배경

벼 재배의 생력화를 위하여 현재 국내에는 벼 직파재배 기술이 확대 보급되고 있다. 우리나라의 벼 직파재배는 1986년부터 관련 연구를 시작하여 그 기술이 축적되어 왔다. 우리나라의 벼 직파재배는 UR협상이 추진되면서 농산물 시장개방에 적극 대응하기 위하여 1992년부터 본격적으로 농가에 보급되기 시작하였으며, 최근 급속도로 그 재배면적이 증가되는 추세를 보여, 1995년에는 전국 벼 재배면적의 약 11 %인 12만여 ha가 직파재배된 것으로 조사되었다. 국내에서 직파재배가 가능한 면적은 여러 가지 여건을 고려해 볼 때 전체 면적의 약 65 %인 68만7천여 ha 이상인 것으로 알려져 있다.

벼 직파재배의 소요노동력은 25.3 시간/10a으로 조사되었는데, 이를 현행 종묘 기계이앙재배의 소요노동력인 35.7 시간/10a와 어린묘 기계이앙재배의 소요노동력인 32.1 시간/10a과 비교하면 각각 29 %와 21 %의 노동력절감 효과가 있다. 이는 기계이앙재배작업 중 큰 비중을 차지하고 있는 육묘와 이앙작업의 생략으로 생력효과가 위와 같이 큰 것으로 분석되고 있다. 한편, 벼 수확량 면에 있어서는 재배기술의 개선으로 현재는 직파재배가 기계이앙재배와 별다른 차이가 없는 것으로 보고되고 있다. 또한 쌀의 직접생산비 면에서도 건담직파는 165만7천 원/10a이고 담수직파는 162만8천 원/10a으로 전국평균 생산비 218만4천 원/10a(1993년도 기준 분석)에 비해서도 각각 약 88 %, 87 % 수준으로 벼 생산비 절감효과도 큰 것으로 나타났다.

현행 보급된 벼 직파재배기술은 기술은 직파유형에 따라 차이가 있지만 발아율 및 입모율, 도복, 잡초방제, 종자손실 및 유동, 포장준비 및 재배관리

등의 기술적인 많은 문제점들이 있어, 이를 획기적으로 개선할 수 있는 방안이 절실히 요구되고 있다. 따라서, 벼 종자를 펠릿(pellet)형태로 조형한 벼 펠릿종자를 이용하여 현행의 직파재배를 대신한다면, 현행 직파재배의 여러 가지 문제점들을 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 입모율 향상, 초기생육촉진 및 초기 병충해 방제, 시비기술의 혁신을 기할 수 있어 안정적인 직파재배 기술을 확립할 수 있을 것으로 예상된다. 그리고, 벼 펠릿종자를 이용한 직파를 위해서는 적응 벼 품종의 선택, 벼 종자의 전처리 방법 설정, 펠릿재료의 선택, 벼 펠릿종자의 물리적 특성 구명, 벼 펠릿종자의 포장적응성 등에 대한 체계적인 연구와 함께 이를 대량으로 생산할 수 있는 벼 펠릿 제조기계개발, 벼 펠릿 파종기 개발 등의 유기적인 연구가 필요하다.

현재 개발된 직파기로는 담수직파기로 보행 및 승용이앙기를 이용한 벼직파기와 전용형의 보행 및 승용형 직파기가 시판되고 있다. 이는 거의 모두 조파를 행하는 기계이며, 일부 보행형의 점파기가 나와 있으나 실제 파종 후의 상태는 여러 개의 낱알을 파종하기 때문에 거의 조파상태라 할 수 있다. 또한 파종된 상태도 포장에서의 종자 유동 때문에 정밀한 파종이 이루어지지 않는다. 이밖에도 벼 표면의 거친 특성 때문에 종자의 막힘현상이 자주 발생하며, 포장의 불균일 및 종자담재에 의한 기체의 불안정 등으로 작업능률 저하와 함께 파종심 조절에 큰 어려움이 있어 생력화에는 많은 기여를 하고 있으나 기계적인 면으로나 직파에 따른 재배관리 면에서 많은 개선이 요구되고 있는 실정이다. 이와 같은 문제점 발생은 무논골뿌림재배나 담수표면산파재배와 같은 현행 직파재배체계의 한계 때문으로 시판되는 기계는 현실적으로 파종 전후 재배관리의 어려움 때문에 파종작업의 생력화는 가능하지만 유용성이 한계에 부딪치고 있어 펠릿종자용 정밀파종기 개발이 절실히 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 벼 직파기를 동력원으로 한, 벼 펠릿종자를 직파할 수 있는 파종장치를 개발하고자 하였다. 벼 펠릿종자용 파종장치의 핵심장치인 종자배출장치로는 틀러식 종자배출장치와 타격식 종자배출장치를 개발하였

으며, 실험을 통하여 그 성능을 평가·비교하였다.

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 펠렛종자 정밀파종기의 주행성 분석

- 1) 기존의 개발된 정밀 파종기의 작동 원리, 구조, 작업특성 등의 특성 분석
- 2) 정밀파종기의 균형화를 고려한 주행성 분석

나. 펠렛종자 정밀파종기의 종자배출장치 및 부속장치 개발

- 1) 벼 펠렛종자의 정밀 점파가 가능한 종자배출장치와 부속장치 개발
- 2) 펠렛종자의 특성, 작업 속도에 따른 종자배출시험 및 성능분석

다. 펠렛종자 정밀파종기의 종자량, 종자막힘 감시장치 개발

- 1) 펠렛종자 파종상태 파악을 위한 파종량 및 종자막힘 감시장치의 개발 및 성능 시험

라. 벼 펠렛종자 정밀 파종기 성능 평가

- 1) 승용형의 벼 펠렛종자 정밀 파종기 시작기 제작
- 2) 포장 시험을 통한 답수직파와 건답직파에서의 파종 성능 시험 및 평가

3. 연구사

벼 펠렛종자용 정밀파종기에서 종자배출장치는 파종기의 구성요소 중에서도 가장 중요한 핵심장치이다. 종자배출장치는 종자통에서 공급받은 일정량의 종자를 배출시키는 장치이다. 종자배출장치의 구성 방식에 따라, 점파, 조파, 산파 등 파종 방식이 나뉘어진다. 특히 점파용 파종기는 일정량의 종자를 골을 따라 일정한 간격으로 흩어짐 없이 파종하여, 일정한 간격으로 배출할 수

있어야 한다.

점파용 종자배출장치는 종자의 형상과 재배방식에 따라 다양한 종류의 종자배출장치가 사용되고 있다. 대표적 종자배출장치의 종류에는 롤러식 종자배출장치, 수평 종자판식 종자배출장치, 회전밸브식 종자배출장치, 수직 rotor 식 정밀 종자배출장치, 벨트형식 정밀 종자배출장치, finger-pickup식 종자배출장치, 압축공기식 종자배출장치 등이 사용되고 있다.

직파기에 사용할 수 있는 점파용 배출장치에 관한 국내 연구는 미흡한 상태이며, 류(1997) 등은 구조가 간단하고, 배출량을 쉽게 조절할 수 있으며, 고속 파종에 적합하고, 가격이 상대적으로 저렴한 장점이 있는 롤러식 종자배출장치를 이용한 점파용 정밀 종자배출장치를 설계하였다. 설계된 종자배출장치를 이용하여 벼 직파용 종자배출장치를 개발하여 포장 실험한 결과, 일반적인 반원형 흙 롤러식 배종장치에 비해 일반적인 파종속도의 범위에서 종자의 분산비가 30% 이내의 우수한 점파 성능을 얻었다고 보고하였다. 이(1996) 등은 종자의 상태에 따른 직파의 문제점과 종자배출장치의 문제점을 발견하였다. 그리고, 이(2000) 등은 파종기 설계를 위한 종자의 형태학적 분석에서 파종기의 설계 시에 사용할 수 있는 형상인자는 신축비($Aspect=L/W$)가 가장 적합하다고 발표하였다.

국외의 연구로서는 Wilson(1980)은 배출 시기에 따라 변화되는 종자 위치를 수식으로 유도하여 디스크 형식과 벨트 형식의 배종장치에 대하여 설계 변수들이 종자의 흠어짐에 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구의 결과에 의하면 종자 배출식 배종장치의 원주속도는 파종기의 전진속도와 크기가 같고 방향이 반대이어야 하며, 배종의 높이는 종자의 흠어짐이나 지면 충돌각 등에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한 롤러의 직경은 작을수록 지면 충돌각이 증가되며 적절한 반경은 70 ~ 100 mm 정도이며, 최적의 배출지점은 작업속도에 따라 다르나, 최종속도가 2 ~ 3 m/s인 경우에 최저점에서 20° 전이라고 하였다. Bufton(1974)은 종자가 지면에 충돌할 때 발생하는 흠어짐을 촬영·

분석하여 지면 충돌각이 75 ~ 85° 일 때 종자의 흠어짐이 최소가 된다고 발표 하였다.

Chitney(1967)는 점착 벨트를 이용하여 지면에 낙하된 종자의 분포를 측정 하였으며, Brown(1994) 등은 작물의 도복을 줄일 수 있는 고속 파종기 개발에 관한 연구를 수행하였다. Ted(1970) 등은 발아에 영향을 미치지 않고 초당 10 개의 종자를 정확하게 배종하기 위해서, 진공식 배종장치를 이론적으로 해석 하고 실험하였다. 그렇지만, 연구의 목적은 이루지 못했다 Javad(1972) 등은 종자간격과 깊이의 일정한 유지, 단립 종자를 파종하는 데 어려움 없이 계속해서 파종하기 위한 사탕무우 파종기를 설계하였다. 이 연구에서는 수직으로 회전하는 배종장치의 원추형 디스크의 흠 안으로 종자를 떨어뜨린 후, 종자와 지면과의 상대속도가 0 이 될 때 이 장치는 독립적이라는 실험결과를 얻었다. 또한, 설계와 작동에 있어서 간단한 이 파종기는 파종간격과 사탕무의 파종속도를 일정하게 개선할 수 있는 가능성을 제시하였다. M. Afzal(1992) 등은 배종장치의 평가작업을 위한 실험의 개발을 위해서, 파종 휠과 배종장치의 파종간격의 균일도를, 3.7, 4.5, 5.4 km/h의 파종속도로 해서 실험·평가하였다. 그 결과, 일반적인 곡류의 경우는 배종속도가 4.5 km/h, 밀과 벼는 3.7 km/h, 겨자와 수수의 경우는 4.5 km/h보다 약간 빠른 속도라는 결과를 얻었으며, 배종장치에서 종자배출을 이루는 형태는 속도와 무관한 것으로 나타난 것으로 보고하였다. Amir U(1971) 등은 종자 간격과 정확한 종자의 배종, 그리고 고속의 종자 이송을 위한 장치를 첨가하는 '고속 원심분리형의 배종장치를 설계하여 기존의 파종기와 비교·실험한 결과, 기계의 배종 속도가 400 ~ 1100 cpm(cells per minute)의 속도 범위에서 배종의 속도 증가와 함께, 배종의 정확도도 증가하는 결과를 얻었다고 보고하였다.

파종기의 구동부는 일반적으로 파종기에 부착된 구동륜에 의하여 구동된다. 그러나 그 구동륜은 슬립 때문에 주행속도에 비례하여 파종축이 회전하지 않으며 따라서 균일한 파종이 이루어지지 못하게 된다. 작업기의 실제 주행속

도 측정은 대부분이 트랙터를 대상으로 그 연구가 이루어져 왔다. Stuchly(1978) 등과 Sokol(1983)은 도플러 레이더를 이용하여, Tompkins(1988) 등은 마이크로파 도플러 속도 센서를 이용하여 작업기의 실제 주행속도를 측정하였다. 대부분의 토양조건에서 마이크로파 도플러 속도 센서를 이용한 경우는 5륜이나 전륜을 이용한 경우보다 정확한 주행 속도 측정이 가능한 것으로 보고되고 있다. 또 다른 방법으로는 신범수(1994)에 의해 도플러 센서를 이용한 트랙터의 주행 속도 측정이 시도되었다. 파종기의 속도 비례형 파종축 구동장치의 개발에 관한 연구는 국내의 김중현(1996) 등에 의해 이루어졌다. 이 연구에서는 5륜을 이용하여 주행 속도를 측정하였으며 0.5~0.8 m/s의 파종 속도 범위에서 파종축은 5륜의 속도에 비례하여 회전하였으며 회전 속도의 오차 범위는 0.31 ~ 1.61 %라고 보고하였다.

파종 깊이 제어에 관한 연구로는 Morrison(1985) 등이 무경운 파종을 위해서 파종기의 파종 깊이 제어장치 개발을 위하여 장착 위치별 4가지 형식의 보조륜을 만들어 성능 시험을 행하였다. 후방륜의 경우에는 깊이 변이가 커지고 평균 파종 깊이는 상당히 깊어지며 역토는 고랑에 다시 묻히는 현상을 보였고, 측방륜은 작물 잔유물에 가장 영향을 덜 받았으나 깊이 변이를 적게하기 위해서는 높은 다짐 압력이 요구되었다고 보고하였다.

파종되는 종자의 상태감시에 관한 연구로는, Y. Lan(1999) 등과 M. F. Kocher(1998) 등의 광센서를 이용하여 파종기에서 배출된 종자의 간격을 측정하기 위한 전자 감지시스템을 개발을 들 수 있다. 이들의 연구에서는 20 여 개의 전자감지 센서를 포토게이트로 구성하여 정확히 종자를 감지하고, 파종 간격을 측정하였다. P.P. Garcia(1998) 등은 종자통으로부터 떨어지는 종자를 감지하고, 컴퓨터를 이용한 작업기의 작업속도에 비례하여 파종률을 제어하기 위한 PI(Proportional Integer) 제어 알고리즘을 사용하였다.

국내의 연구로는 김(1996) 등이 직파기로 파종시에 발생할 수 있는 미파종에 대한 불안감을 해소하고, 안정성과 신뢰성이 높은 직파기용 파종 감시장치

를 개발하였다. 또한, 파종방법이 유사한 맥류 파종기와 시비기에 대한 파종 감시장치의 적용 가능성과 실험을 통한 감시장치의 안정성과 신뢰성을 검토하였다.

제2절 정밀 파종기의 요건 및 주행성 분석

1. 기존 개발된 직파기의 종류 및 특성

현재 상용되고 있는 직파기는 표3-2-1에 나타난 바와 같이 답수직파기로 보행 및 승용이앙기를 이용한 벼직파기와 전용형의 보행 및 승용형 직파기가 있다.

Table 3-2-1 Rice direct seeders produced in Korea

업체명	규격	구분	형식명
대동공업(주)	조파6	승용이앙기용	DSW-600
	조파6	보행용(전용형)	JSW-600T
	조파6	승용형(")	JSW-6000T
	조파6	승용형(")	DSI-600
국제종합기계(주)	조파6	보행이앙기용	JSW-600P
	조파6	승용이앙기용	JSW-6000P
	조파6	보행용(전용형)	JSW-600T
	조파6	보행용(")	JSW-6000T
	조파6	보행용(")	JSW-8000T
동양물산기업(주)	조파6	보행이앙기용	JSW-600P
	조파6	승용이앙기용	JSW-6000P
	조파6	보행형(전용형)	JSW-600T
	조파6	승용형(")	JSW-6000T
	조파6	승용형(")	JSW-8000T
엘지전선(주)	조파6	승용이앙기용	DS 60
	조파6	승용형(전용형)	GDS60
중앙공업(주)	조파6	보행이앙기용	JSW-600P
	조파6	승용이앙기용	JSW-6000P
	조파6	보행형(전용형)	JSW-600T
	조파6	승용형(")	JSW-6000T
	조파6	승용형(")	JSW-8000T
태흥직파기	조파6	승용이앙기용	태흥 1호

이는 거의 모두 조파를 행하는 기계이며, 일부 보행형의 점파기가 나와 있으나 실제 파종 후의 상태는 여러 개의 낱알을 파종하기 때문에 거의 조파 상태라 할 수 있다. 또한 파종된 상태도 포장에서의 종자 유동 때문에 정밀한

파종이 이루어지지 않는다. 이밖에도 벼 표면의 거친 특성 때문에 종자의 막힘 현상이 자주 발생하며, 포장의 불균일 및 종자탑재에 의한 기체의 불안정 등으로 작업능률 저하와 함께 파종 깊이 조절에 큰 어려움이 있다. 기존 개발된 직파기의 특성은 종자배출장치, 주행속도 비례형 파종축 구동장치, 미파종 감시장치, 종자관, 파종깊이 제어, 파종량 측정 등의 주요부와 기능별로 정리하였으며, 구체적인 내용은 연구사에서 정리하였다.

2. 펠렛종자 정밀파종기의 요건

기능적으로 낱알이 큰 벼 펠렛종자의 정밀 점파가 가능한 파종기 개발이 목표이며 파종기가 갖추어야 할 구체적인 기능은 다음과 같다.

- 펠렛종자 탑재함 설치에 따른 파종기의 균형 유지와 주행성 확보.
- 고속 정밀 점파가 가능한 종자배출장치 개발
- 작업속도의 변화에 따라서도 일정한 파종간격의 유지
- 파종작업 시 종자배출장치의 막힘 제거
- 적정 파종 깊이 유지
- 파종량 지시장치나 파종작업 가이드 장치 등의 작업 편의 시설 구비

3. 토양추진력의 이론적 분석

기관의 토크가 충분할 경우 파종기가 포장에서 주행할 수 있으려면 최대 토양 추진력이 구름저항보다 커야한다. 따라서 주행장치의 형상과, 수직하중, 토양과의 상호 관계식을 통해 개발될 파종기의 주행성과 조향성을 확보할 수 있는 구조(하중 배치)를 검토하였다. 구동륜이 지면으로 구동토크를 전달할 때 구동륜에 작용하는 힘은 그림 3-2-1과 같은 구동륜의 자유체선도로 나타낼 수 있다.

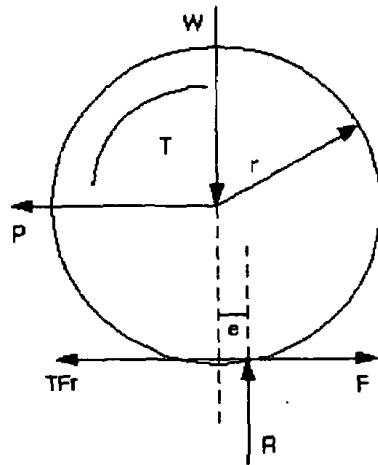


Fig. 3-2-1 Schematic diagram of driving wheel

구동륜의 구름반경 r , 지면반력 R , 구동토크 T , 견인력 P , 토양추진력 F , 구름저항 TF_r 이라 하면 힘의 평형 조건에 의해 다음 관계가 성립한다.

$$T - F \cdot r - R \cdot e + TF_r \cdot r = 0 \quad \dots \dots \dots (3-2-1)$$

$$P = F - TF_r \quad \dots \dots \dots (3-2-2)$$

동적상태에서 구름저항에 의한 토크 $TF_r \cdot r$ 은 $R \cdot e$ 와 같으므로

$$T = F \cdot r \quad \dots \dots \dots (3-2-3)$$

이 된다. 즉, 구동토크가 지면에 전달할 수 있는 최대 추진력은 최대 토양추진력과 같다. 토양의 관점에서 토양추진력 F 는 구동륜에 의하여 접지면에서 발생하는 토양의 전단저항이다. 즉, 접지면적을 A , 접지면에서 토양의 최대 전단 응력을 τ_{max} 라고 하면

$$F = A \cdot \tau_{max} \quad \dots \dots \dots (3-2-4)$$

이다. 또한 몰-쿨롱 법칙에 따라 토양의 최대 전단응력은 다음과 같이 표현된다.

$$\tau_{\max} = C + \sigma \tan \phi \quad \dots \dots \dots (3-2-5)$$

Where, C =토양의 점착응력(Pa)

σ =토양의 수직응력(Pa)

ϕ =토양의 내부마찰각

따라서, 최대 토양추진력은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} F &= Ac + A \tan \phi \\ &= AC + W \tan \phi \quad \dots \dots \dots (3-2-6) \end{aligned}$$

Where, W = 구동륜에 작용하는 수직하중

다음에 운동저항(motion resistance)은 구름저항(rolling resistance), 공기저항, 등판저항 등으로 구성되나 논에서 공기저항과 등판저항을 무시하면 운동저항은 구름저항과 같게 된다. 타이어의 크기와 하중, 공기압에 의해 영향을 받는 공기 타이어의 구름저항은 차원해석법에 의하여 다음과 같이 예측된다.

$$C_R = \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \quad \dots \dots \dots (3-2-7)$$

Where, C_n = 차륜지수(= $\frac{(CI)bd}{W}$)

CI = 원추지수

토양추진력도 토양 강도, 타이어의 크기와 하중에 의하여 다음 식으로부터 예측할 수 있다.

$$F = 0.75(1 - e^{-0.3C_s S}) \dots \dots \dots (3-2-8)$$

일반적으로 차륜형 트랙터가 일반 타이어를 장착하고 논에서 작업하면 침하, 슬립과 구름저항이 높아 정상적인 작업을 할 수 없으며 주행성을 상실할 수도 있다. 따라서 차륜형 트랙터가 논에서 작업할 때에는 반드시 논 전용의 주행장치를 장착하여야 한다. 논에서 사용하는 주행장치는 대체로 철차륜, 높은 러그 타이어, 보조 주행장치, 특수 주행장치 등 4가지로 나눌 수 있다.

이 중 철차륜은 러그의 형상에 따라 삼각형식, 엽편식, 망격식 등으로 나눌 수 있다. 철차륜은 주행 효율이 높고 가격이 저렴하며, 제조가 용이하고 트랙터에 장착하기가 편리하기 때문에 많이 사용된다. 따라서 본 연구에서는 담수상태에서도 파종기의 주행성을 높이기 위하여 구동축의 주행장치로는 광폭 철차륜에 고무롤을 녹여 붙인 엽편식 철차륜을 사용하기로 하였다.

4. 탑재 펠렛종자 무게에 따른 파종기 주행성능 시험

가. 재료 및 방법

포장에서 작업기의 주행성은 토양, 주행장치의 형상 등의 다양한 요인의 영향을 받는다. 특히, 토양 추진력은 구동축에 걸리는 하중의 크기에 따라 다르게 나타나므로 작업기의 설계에 있어 하중의 분포는 토양 추진력을 얻는데 중요한 역할을 하게 된다. 파종장치 탑재에 따른 주행성을 평가하기 위하여 펠렛종자의 예상 탑재량에 해당하는 모의하중을 탑재하여 실제 주행 실험을 실시하였다.

모의 하중은 최대 220 Kg을 탑재하였는데, 이는 벼 펠렛의 파종 파종간격을 12 cm, 조간간격을 30 cm로 설정하였기 때문이다. 즉, 1 m² 당 펠렛종자는 35 개가 파종되며, 1 회 펠렛종자 탑재로 0.5 ha를 파종한다고 가정하면 펠렛종자 수는 약 17만 5천 개가 필요하다. 이 펠렛종자의 개수는 펠렛 무게로 약

210 Kg에 해당되는데, 이는 제조된 적정 펠렛종자의 무게가 약 1.2 g 내외로 결정되었기 때문이다.



Fig. 3-2-2 A view of mobility test

실험포장의 토양은 국제토양학회법의 분류상 사질 식토(SC)이었으며, 함수율은 습량기준으로 35 % 였다. 공시기의 주행속도는 슬립과 부가하중이 없는 상태에서 실제 주행속도가 0.4 m/s, 0.6 m/s의 두 수준이었으며, 스톱 밸브 레버를 고정하여 엔진의 회전속도를 정속으로 하여 각각의 하중 수준에서 20 m를 주행하여 속도와 슬립을 측정하였다.

하중의 수준은 공시기의 모든 호퍼에 펠렛종자가 채워졌을 때 무게가 약 50 Kg이었으므로, 호퍼에서 펠렛이 없는 경우, 호퍼에만 60 Kg이 채워진 경우, 호퍼에 60 Kg과 본체에 예비 펠렛종자의 무게 대응으로 50, 100, 150 Kg이 탑재되는 총 4 가지 하중의 경우에 대하여 주행속도와 슬립을 각각 3 회 반복 측정하였다. 이 때, 예비 펠렛종자 기체의 균형을 고려하여 펠렛종자 예비 탑재대가 중앙에 위치한다고 가정하고 하중을 기체의 중앙 부분에 위치시켰다.

슬립율은 콘크리트 상에서 슬립율을 0 %로 가정하고 실제 포장주행 시, 주행구간 동안의 바퀴 회전수를 측정하여 계산하였으며, 토양 함수율의 측정은 오븐 건조법을 사용하였다. 그림 3-2-2은 담수 상태에서 파종기의 주행성 실험을 하고 있는 모습을 나타내고 있다.

Table 3-2-2 Specifications of the seeder used in this study

형 식		JSW-8000T				
종 류		담수승용 직파 전용기				
크 기	전 장(mm)	3,080				
	전 폭(mm)	2,300				
	전 고(mm)	1,475				
중 량		573 Kg				
엔 진	명 칭	FG300G-3SX				
	총 배 기 량	286cc				
	출력/회전수	7.0PS/1800RPM(최대 8.0PS)				
	연료 소비율	332.38 g/ps.h				
	시 동 방 식	시동모터방식				
주 행 부	차륜	종 류	전 륜	공기압 타이어	후 륜	고무러그차륜
		외 경(mm)	650(전륜)/ 800(후륜)			
	변 속 단 수	전진3. 후진1(부변속5단)				

나. 결과 및 고찰

그림 3-2-3에는 하중에 따른 파종기의 속도를 나타내었으며, 그림 3-2-4에는 하중에 따른 슬립을 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 하중이 증가하더라도 파종기의 속도에는 변화가 거의 없었다. 슬립에 있어서도 두 작업속도 수준에서 모두 하중이 증가할수록 슬립이 증가하였으며, 전체적으로 고속의 경우에 슬립이 보다 높게 나타났다. 하지만 최대 탑재하중에서도 작업기의 전도나 앞바퀴의 들림이 없었고, 무논에서의 슬립은 필연적인 것임을 감안한다면 무논 상태에서 펠렛종자를 1 회 탑재하여 0.5 ha의 면적에 파종작업을 충분히 수행할 수 있는 것으로 판단되었다. 즉, 펠렛종자의 무게를 210 Kg가

지 탑재하여도 하중의 균형을 고려하여 펠렛 탑재대를 설계한다면 주행성은 충분히 확보가 가능하다고 판단되었다.

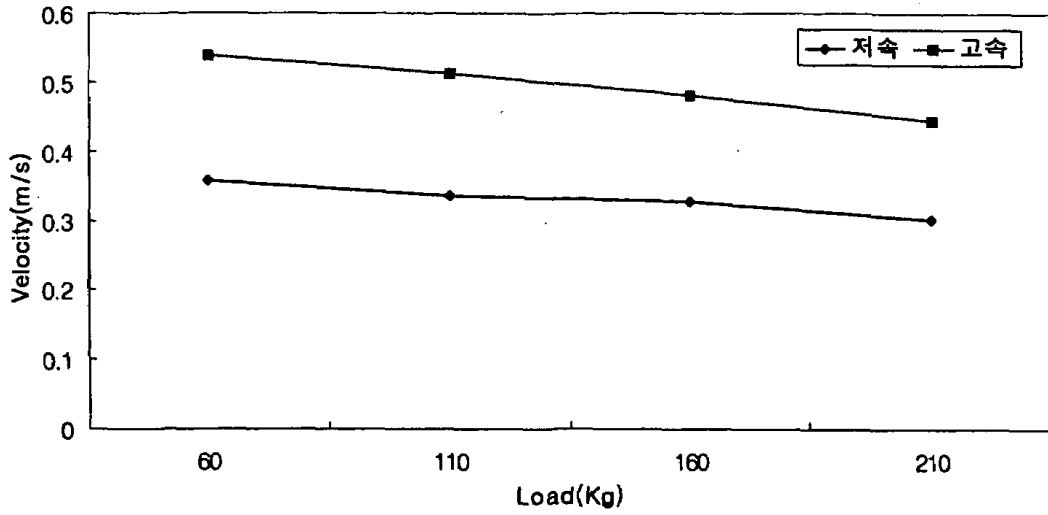


Fig. 3-2-3 Traveling speed according to load

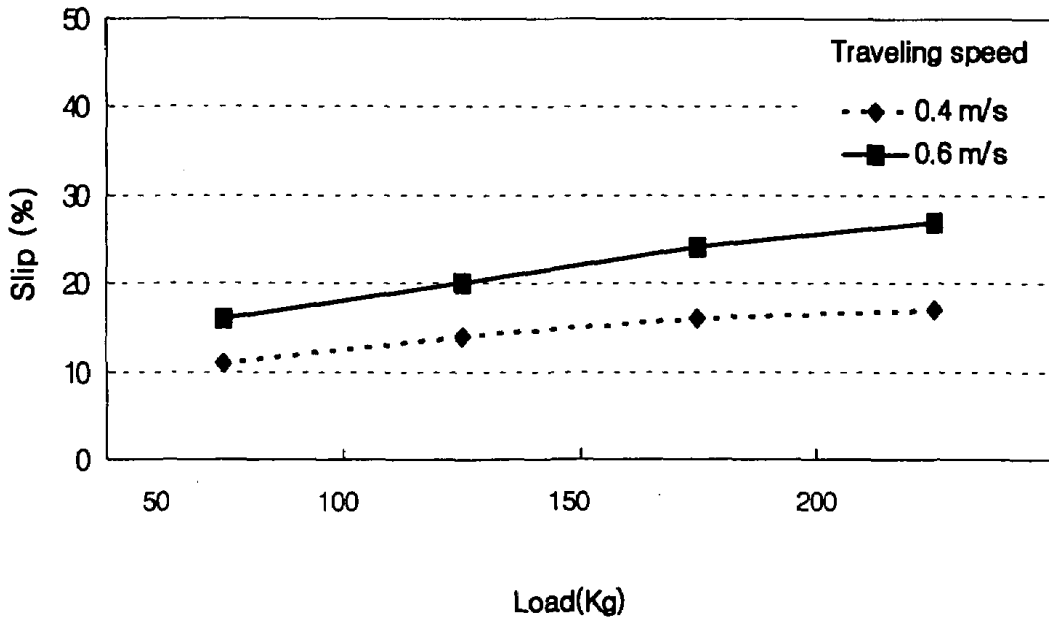


Fig. 3-2-4 Slip according to load

제3절 종자배출장치 및 부속장치 개발

점파용 파종기의 핵심장치는 종자배출장치이며, 종자배출장치는 일정량의 종자를 추출하여 속도변화에 무관하게 일정한 간격으로 배출할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 두 가지 종류의 펠렛종자용 종자배출장치를 개발하였다. 첫째, 현재 점파용 파종기에 사용되고 있는 여러 가지 형식의 종자배출장치 중에서 가장 보편화되어 있는 롤러식 종자배출장치이다. 롤러식 종자배출장치는 롤러의 표면에 일정한 간격으로 홈을 파서 롤러의 회전에 따라 종자가 배출할 수 있도록 한 방식이다. 이 롤러식 종자배출장치는 구조가 간단하고, 고속의 정밀파종에 적합하며, 가격이 상대적으로 저렴하다는 장점을 가지고 있다. 둘째, 타격식 종자배출장치이다. 이 타격식 종자배출장치는 캠기구의 직선왕복 운동 원리를 종자배출방식에 응용한 것으로, 벼 펠렛종자용으로 본 연구에서 개발한 것이다.

벼 펠렛종자용 종자배출장치는 일반적인 점파용 종자배출장치와는 한 가지 중요한 차이점을 가지고 있다. 즉, 일반적인 점파용 파종기의 종자배출방식은 일정량의 종자를 흩어짐 없이 일정한 간격으로 파종하는 것이지만, 벼 펠렛종자용 정밀 파종기에서의 종자배출방식에서는 단립의 펠렛종자를 일정간격으로 파종하여야 한다는 것이다.

1. 벼 펠렛종자

벼 펠렛종자용 정밀파종장치에 사용된 벼 펠렛종자는 벼종자로서, 전남지역 직파 재배 장려품종인 동안벼를 사용하여, 펠렛당 3 ~ 4 립의 벼 종자가 직경 12 mm 내외의 구형 펠렛 속에 포함되도록 제조하였다. 펠렛의 재료로는 산적토와 접합제로서 아라비아 고무와 젤라틴을 혼합한 용액을 이용하였으며, 이밖에 미량의 복합비료도 첨가하였다.

그림 3-3-1은 본 연구에 사용하기 위하여 펠렛종자 제조장치로 제조한 벼 펠렛종자를 나타낸 것이다.

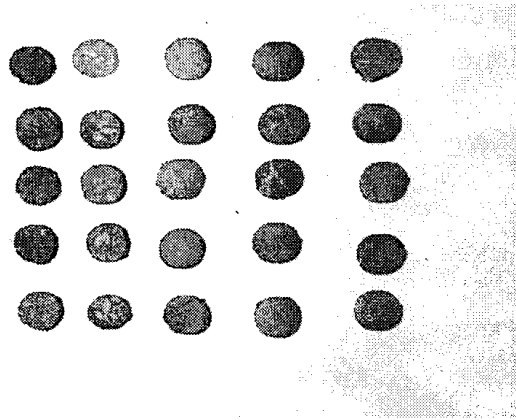


Fig. 3-3-1 A view of rice seed pellets

2. 종자배출장치 동력전달

종자배출장치의 동력은 파종기의 본체의 PTO축으로부터 얻게되며, PTO축은 워엄기어로 구성된 감속장치로 연결되어 회전 방향이 90° 변환되도록 하였다. 감속장치의 출력축은 다시 종자배출장치의 배종롤러의 회전축, 그리고, 종자 유도장치용 캠의 구동축과 연결되는데 이 연결은 최대한 슬립의 발생을 억제 하고 확실한 전동을 위하여 그림 3-3-2와 같이 체인구동방식을 채택하였다

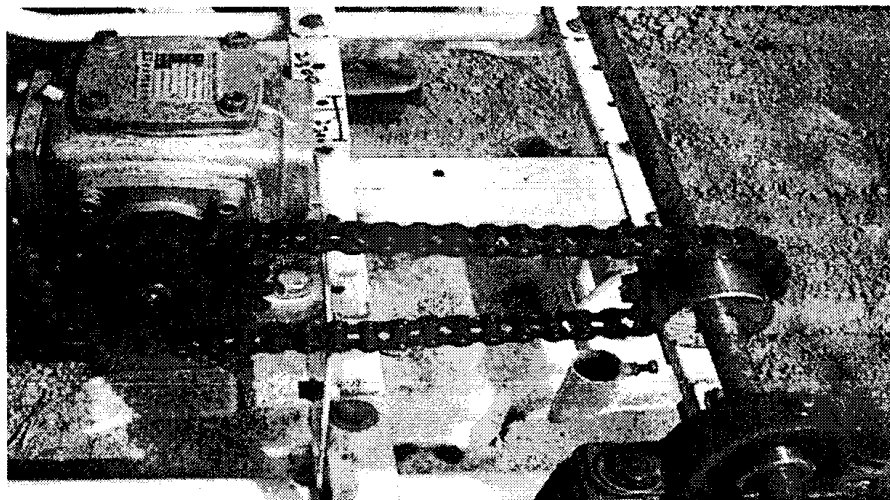


Fig. 3-3-2 Chain connection between the speed-reduction device and the seed-metering device

3. 종자배출장치

종자배출장치는 종자통에서 공급받은 일정량의 종자를 파종하는 장치이며, 파종 후 종자는 구절기가 형성한 골을 따라 일정한 파종간격을 유지하여야 한다. 기존의 벼 직파용 종자배출장치는 파종 상태가 약 30 % 이내의 분산비 내에서 일정량의 종자가 배출될 수 있도록 설계되어 있다. 이에 반하여 본 연구에서 개발하고자 한 종자배출장치는 종자배출장치에서 정확히 단립의 펠렛종자가 배출되어 12 cm의 일정한 파종간격을 유지할 수 있도록 설계하였다.

본 연구에서는 벼펠렛종자 배출장치로서 롤러식 종자배출장치와 타격식 종자배출장치의 두 가지 형식을 개발하였다. 이 두 가지 형식에 있어 롤러나 타격부에 펠렛종자를 공급하는 방법은 벼 종자를 직파하는 경우와는 다르다. 벼 종자를 직파하는 경우에는 배종롤러의 홈과 종자통이 서로 맞닿은 상태에서 배종롤러 홈에 벼 종자를 공급하지만, 롤러식의 펠렛종자 공급의 경우에는 배종롤러의 홈에 하나의 펠렛종자를 공급해야하고, 타격식의 경우에는 타격부에 단립의 펠렛종자가 미리 대기하고 있어야 한다. 따라서 펠렛종자의 원활한 배출을 위하여 롤러나 타격부에 펠렛종자가 미리 대기할 수 있도록 종자공급관을 설치하였다

또한, 펠렛의 주재료는 상토이기 때문에 펠렛종자 간의 마찰에 의하여 좁은 종자공급관으로의 유입이 안되어 관 입구에서 막힘현상이 발생할 수 있다. 이러한 막힘현상의 해소를 위하여 종자통 하부의 종자공급관 부분에 종자유도장치를 설치하였다.

가. 롤러식 종자배출장치

롤러식 종자배출장치는 종자공급관, 종자유도장치, 배종롤러, 펠렛종자 유도용 back-plate 등으로 구성된다.

벼 펠렛종자를 위한 롤러식 종자배출장치로서 배종롤러를 설계하기 위하여 본 연구에서는 다음 사항을 고려하였다.

배종롤러 홈의 모양과 크기 :

현재 벼 직파에 사용되는 배종롤러는 일정량의 벼 종자를 홈에 투입하여 배출하지만 벼 펠렛종자용 배종롤러는 단립의 펠렛종자만을 배출해야 되므로 회전하는 배종롤러의 홈에 구형인 펠렛종자가 원활히 투입될 수 있는 모양을 가져야 한다. 또한, 벼 직파용 배종롤러의 홈의 크기는 배종량에 따라 홈의 크기를 조절할 수 있도록 되어있지만, 벼 펠렛종자용 배종롤러는 홈에 단립의 종자만 공급되므로 배종롤러 홈의 크기는 펠렛종자의 크기에 적합하게 설계되어야 한다.

배종롤러 홈의 개구각 :

개구각은 홈 입구의 열린 정도를 결정하며, 개구각이 작을수록 점파에 유리하지만 너무 작으면 회전하는 배종롤러에 종자를 채우기가 어려워진다. 대부분의 배종롤러는 홈의 모양이 반원형이므로 개구각은 주요 설계변수로 고려되지 않았으나, 본 연구에서 개발한 펠렛종자용 배종롤러는 고속 회전시에도 롤러의 홈에 펠렛종자의 빠른 투입이 가능하도록 개구각을 설계하였다.

펠렛종자의 배출 시점 :

종자의 배출 과정에서 배출 시점에 따른 종자의 파종 간격을 관찰하였다. 그 결과, 종자의 배출 시점이 일정하지 않으면 종자의 궤적이 불안정하여 종자배출관을 지나는 동안에 종자가 관에 부딪치는 횟수가 많아지고 지면에 도달한 후에는 종자가 흩어지게 되어 균일한 파종 간격을 얻을 수 없었다. 따라서, 본 연구에서는 펠렛종자가 일정한 시점에서 배출될 수 있도록 펠렛종자 유도용 back-plate를 설계·제작하였다.

1) 배종롤러

배종롤러를 설계하기 위하여 홈의 형상, 크기, 개수를 고려하였으며, 그림

3-3-3에 나타난 바와 같이 설계변수를 정의하였다.

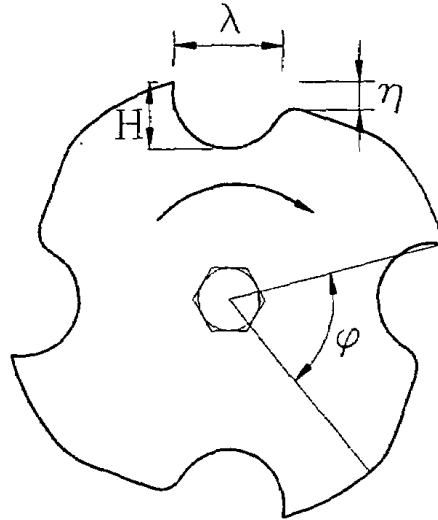


Fig. 3-3-3 Design variables of roller groove

H : 홈의 깊이를 나타내며 펠릿종자의 직경보다 다소 커야 한다.

ϕ : 홈의 개구각을 나타내며 배종롤러의 홈 입구의 열린 정도를 나타내며, 롤러의 회전 시에 롤러 홈에 펠릿종자의 투입성능을 결정한다.

λ : 반원형 홈의 직경을 나타내며, 펠릿종자의 직경을 고려하여 결정한다.

η : 홈의 경사면 깊이로서, 종자의 부피를 고려하여 롤러 홈에 단립의 펠릿종자가 위치할 수 있는 범위에서 최대한 크게 하는 것이 좋다. 그러나, 홈의 경사면의 깊이가 너무 크게 되면 타종자가 끼어 들어 막힘 현상이 유발될 수 있고, 너무 작으면 롤러 홈에 종자의 투입이 원활하지 못하게 된다.

배종롤러의 직경은 현재 보급되어 있는 벼 직파기의 경우에 직경이 60 mm 인 롤러가 사용되고 있으나, 본 연구에서는 벼 펠릿종자의 직경이 12 mm 임을 고려하여 롤러의 회전 시 펠릿종자가 충분히 롤러 홈에 투입될 수 있도록 롤러의 직경을 85 mm로 설계하였다. 홈의 설계에 있어서 가장 중요한 변수는 펠릿종자의 크기이다. 배종롤러 홈의 형상은 그림 3-3-3에 나타난 바와 같이 기

존의 반원형 형상에서 종자의 투입을 원활하게 하기 위하여 회전 방향의 롤러 홈의 형상을 변형하였다. 또한, 홈의 깊이와 폭은 종자의 크기를 고려하여 각각 14 mm로 결정하였다. 홈의 경사면의 깊이 h 는 클수록 펠릿종자가 홈으로의 유입이 용이하나 너무 큰 경우, 2 개 이상의 펠릿종자가 끼게 되어 홈에 단립의 종자만이 투입될 수 있는 범위인 펠릿의 직경의 40 %, 즉 홈의 경사면의 깊이를 5 mm로 결정하였다. 홈의 개구각 ϕ 는 펠릿종자가 롤러 홈에 투입을 위한 중요한 변수로서, 롤러 홈의 용적과 종자의 용적을 고려하여 결정하였다. 홈의 최소 개구각 35° 는 홈의 경사면의 높이를 고려한 최소의 값이고, 최대 개구각 65° 는 배종롤러의 회전 시, 펠릿종자가 종자투입관에 역류하지 않는 범위에서 개구각이 다른 두 가지 형식의 배종롤러를 설계하였다(그림 3-3-4)

홈의 개수를 결정하기 위한 조건으로는 첫째, 펠릿종자가 롤러의 홈에 투입되기 위해서는 홈의 개구각이 고려되어야 하며, 둘째, 종자의 파종간격과 파종기의 작업속도, 그리고 배종롤러의 회전속도 등을 고려하여야 한다(Bosoi 등, 1991). 따라서, 다음과 같은 관계식으로부터 롤러 홈의 개수를 결정하였다.

$$\lambda_s = \frac{60 V}{x_s N} \dots \dots \dots (3-3-1)$$

Where, λ_c = 배종장치의 홈의 개수

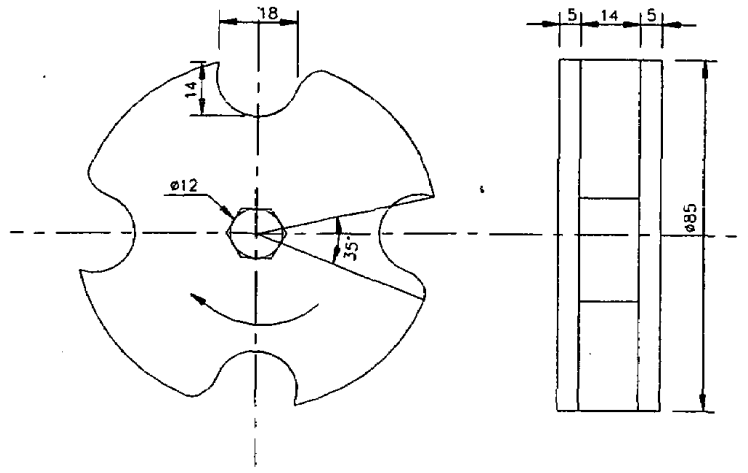
x_s = 파종간격(m)

N = 배종장치의 회전속도(rpm)

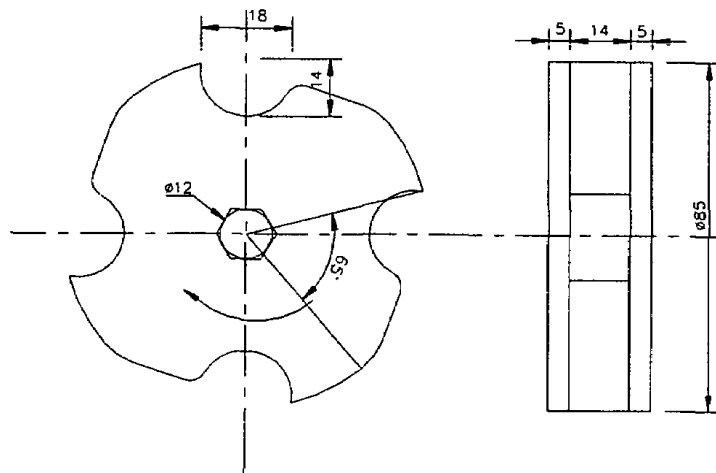
V = 파종기의 작업속도(m/s)

따라서, 홈의 개수는, 목표로 하는 펠릿종자의 파종간격은 0.12 m, 파종작업기의 적정 작업속도를 0.6 m/s라고 할 때, 배종롤러의 회전속도는 75 rpm이

므로, $\lambda_s = \frac{60 \times 0.6}{0.12 \times 75} = 4$ 가 된다. 따라서 홈의 개수를 4 개로 결정하였다.



(a) open angle : 35°



(b) open angle : 65°

Fig. 3-3-4 Profile of the designed rollers

2) 종자 유도용 back-plate

펠렛종자 유도용 back-plate는 배종롤러에 유입된 펠렛종자의 배출시점을 결정하는 중요한 역할을 한다. 배종롤러에 유입된 펠렛종자가 롤러의 회전과 함께 back-plate를 따라 약 170° 회전한 후, 종자배출관으로 배출될 수 있도록 하였다. back-plate의 내경은 배종롤러의 직경을 고려하여 롤러의 회전에

영향을 주지 않고 원활히 회전할 수 있도록 87 mm로 결정하고, 외경은 97 mm로 결정하였다.

3) 롤러식 종자배출장치 동력전달

롤러식 종자배출장치에서 배종롤러와 종자유도장치용 캠은 하나의 축으로 연결되어 있어서, 배종롤러가 1 회전할 때, 종자유도장치의 캠도 회전할 수 있도록 구성하였다. 이 축의 구동은 작업기 본체와 체인연결방식을 채택하여 최대한 슬립을 억제하여 확실히 구동력이 전달되도록 하였다. 그리고, 작업기 본체의 회전방향을 90°로 변환하기 위하여 워엄기어가 장착된 감속기를 사용하였으며, 감속비는 10 : 1의 비율로 감속된다. 롤러식 종자배출장치에서 필요한 파종간격을 얻기 위해서는 파종기의 주행속도와 롤러의 회전속도와의 관계식이 필요하다. 이 관계는 파종간격, 배종롤러의 홈의 개수, 롤러의 1 회전 당 파종거리와 그에 따른 소요시간으로 나타낼 수 있다.

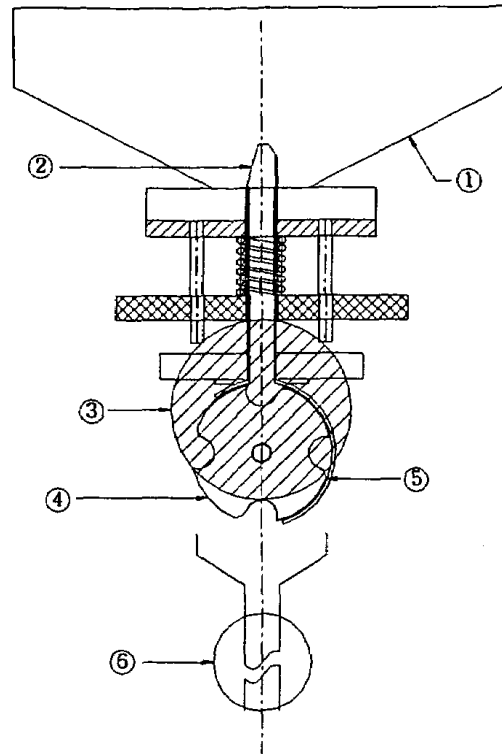
본 연구에서는 펠렛종자의 파종간격이 0.12 m, 배종롤러 홈의 개수가 4 개로 설계되어 롤러 1 회전 당 파종거리는 0.48 m이다. 파종기의 주행속도를 V m/s, 롤러의 회전속도를 N rpm이라 하면, 롤러가 1회전에 걸리는 시간은 파종기가 0.48 m를 주행한 시간과 같아야 하므로 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\frac{0.48}{V} = \frac{60}{N}$$

$$\therefore N = 125 V \quad \dots \dots \dots (3-3-2)$$

Where, V : 파종기의 작업속도(m/s)
 N : 종자배출롤러의 회전수(rpm)

따라서, 롤러식 종자배출장치의 경우, 종자배출롤러의 구동은 위 관계식이 만족하도록 설계하였다.(그림 3-3-5)

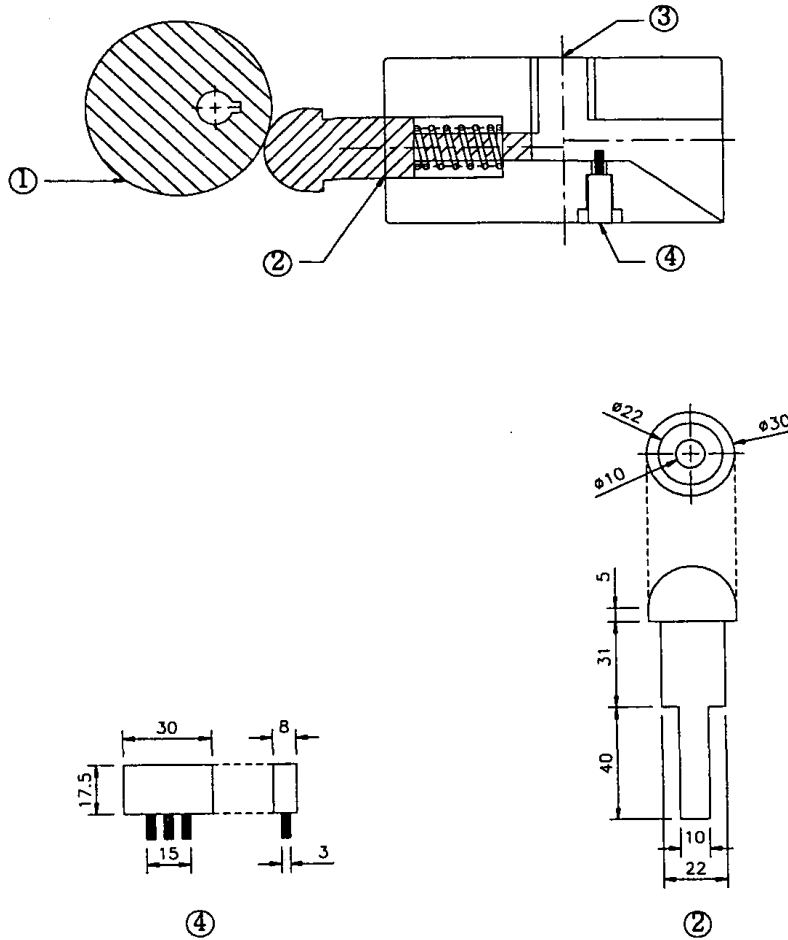


- | | |
|---------------------|--------------------|
| ① seed hopper | ④ metering roller |
| ② seed-guiding tube | ⑤ guide back-plate |
| ③ eccentric-cam | ⑥ seed tube |

Fig. 3-3-5 Schematic diagram of the designed roller-type metering device

나. 타격식 종자배출장치

타격식 종자배출장치는 종자공급관에 미리 대기하고 있는 펠렛종자를 타격봉이 단립의 펠렛종자만을 타격하여 배출하는 방식이다. 이 타격식 종자배출장치의 작동은 캠에 의하여 타격봉이 직선왕복운동 하도록 되어있다. 타격식 종자배출장치의 구성은 원판캠, 종자타격봉, 임의배출방지용 브러쉬, 종자공급관 등으로 이루어져 있으며, 그림 3-3-6은 본 연구에서 개발한 타격식 종자배출장치의 종자타격부를 도식화한 것이다.



- ① eccentric-cam
- ② impact bar
- ③ seed-supplying tube
- ④ brush

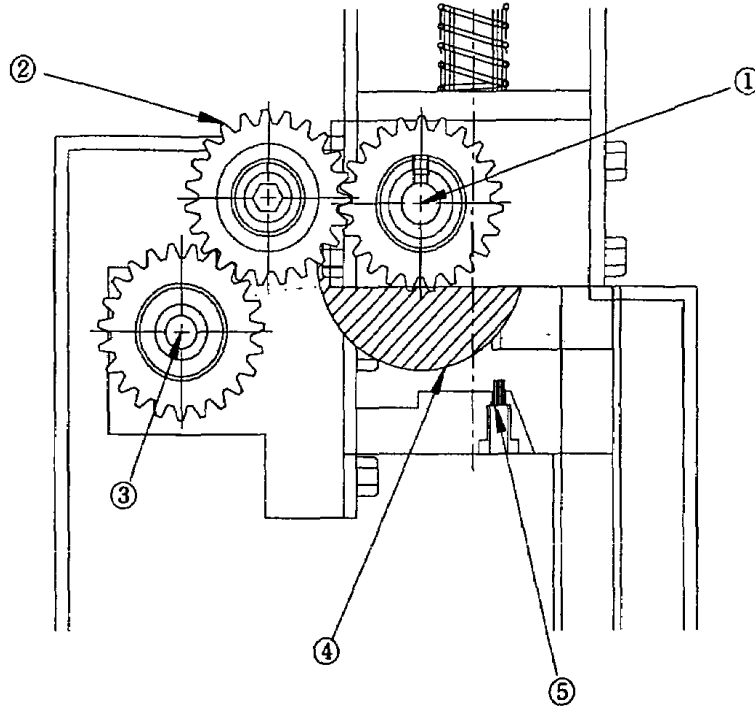
Fig. 3-3-6. Sketch of the designed impact-type metering device

1) 타격식 종자배출장치 동력전달

종자배출장치의 동력은 파종기의 본체의 PTO축으로부터 얻게되며, PTO축은 헬리컬 베벨기어로 구성된 감속장치로 연결되어 회전 방향이 90° 변환되도록 하였다. 감속장치의 출력축은 다시 종자유도장치용 캠의 구동축과 연결되는데 이 연결은 최대한 슬립의 발생을 억제하고 확실한 전동을 위하여 체인구동방식을 채택하였다.

종자유도장치용 캠축과 종자타격장치용 캠축은 기어연결방식으로 하여 정확한

전달이 이루어지도록 하였다(그림 3-3-7). 구동축과 종자타격부 회전축의 회전 비는 1 : 1이 되도록 기어의 잇수를 같게 구성하여 종자유도장치가 1 회 상하왕복운동을 할 때, 펠렛 타격봉도 1 회 타격동작을 한다.



- ① cam-shaft for driving seed guiding tube
- ② idler gear
- ③ cam-shaft for driving impact bar
- ④ eccentric-cam
- ⑤ brush

Fig. 3-3-7 A schematic diagram of the transmission system of the impact-type metering device

그리고, 종자유도장치용 캠축과 종자타격장치용 캠축을 연결하는 기어장치 사이에 있는 기어는 보조연결기어로서, 연결기어 외경의 크기를 줄이기 위하여 설치하였다. 펠렛종자용 타격봉은 직선왕복운동을 반복하면서 종자공급관에 미리 대기하고 있는 펠렛종자를 타격한다. 이런 방식으로 펠렛종자는 일정한 파종간격을 유지하면서 배출된다.

2) 임의배출 방지용 브러쉬

펠렛종자가 종자통으로부터 종자타격부의 입구까지 도달하는 동안에 낙하에 의한 미소한 충격과 여러 원인에 의해 파종작업기에 진동이 발생하게 된다. 이러한 진동에 의해 펠렛종자가 임의로 배출되거나, 펠렛종자가 종자공급관의 중심보다 앞쪽에 미리 이동하여 펠렛종자 타격시, 펠렛종자 두 개가 동시에 배출되거나, 혹은 종자가 파손되는 문제가 발생한다. 이러한 펠렛종자의 임의 배출을 방지하기 위하여 브러쉬를 설치하였다. 브러쉬는 그림 3-3-7에서와 같이 타격장치가 행정거리를 확보할 수 있고, 타격장치가 펠렛종자를 타격할 때 펠렛종자의 충격을 최소화하기 위하여 종자공급관과 일치하는 위치에 설치하였다. 그리고, 종자관에 노출되는 브러쉬의 길이는 타격장치에 의해 펠렛종자가 타격된 후에 용이하게 배출될 수 있도록 펠렛 직경의 약 30 %인 4 mm 정도를 종자관 내부에 노출시켰다. 또한, 탄성과 내열성이 우수한 우레탄 브러쉬를 사용하여 반복되는 배출작업에도 쉽게 손상되지 않도록 제작하였다.

3) 종자공급관

종자공급관의 내경은 펠렛종자의 직경을 고려하여 15 mm로 설계하였다. 이것은 펠렛종자의 직경이 약 12 mm이므로 배종롤러와 종자타격부로 종자가 공급될 때, 지그재그 형태가 되어 단립의 펠렛종자가 공급될 수 있도록 하였다. 그리고, 종자공급관의 길이는 구형인 펠렛종자의 공급의 여유를 주기 위해서 100 mm로 결정하였다.

그림 3-3-8은 본 연구에서 개발한 타격식 종자배출장치의 전체 구성을 나타낸 것이다.

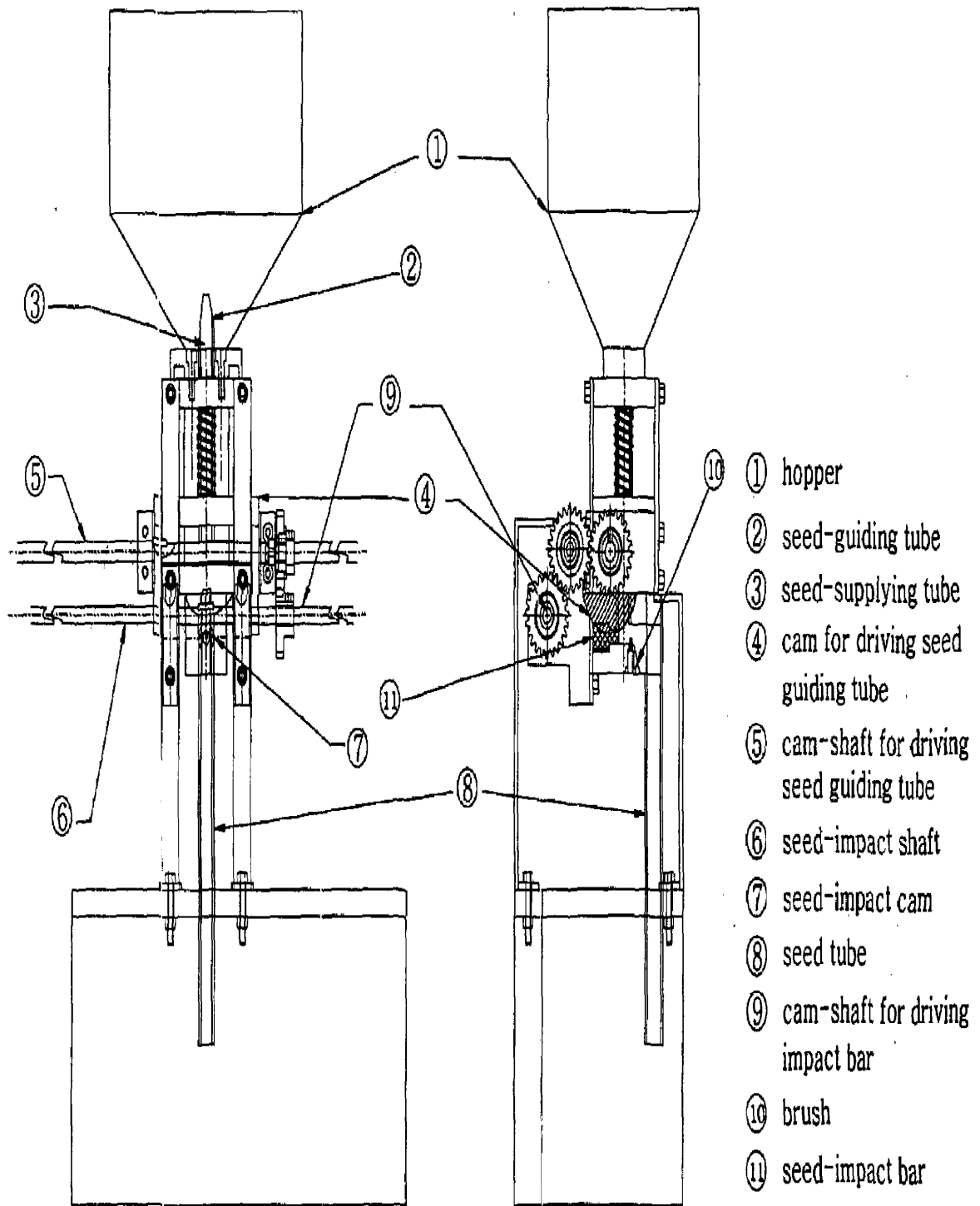


Fig. 3-3-8 An overview of the impact-type metering device

4) 종자유도장치와 종자통

종자통 내의 펠렛종자는 종자공급관을 통해서 종자배출장치에 공급된다. 그런데, 펠렛종자의 주재료로 상토가 사용되었기 때문에 종자간의 마찰이 커서 종자공급관 입구에서 펠렛종자끼리 서로 맞물리는 현상과 함께 종자공급관 입구를 막는 현상이 발생하게 된다. 종자공급관 입구에서 펠렛종자의 막힘을 해소하기 위하여 종자통의 하부에 종자유도장치를 설치하였다.(그림 3-3-9)

종자유도장치는 직경이 종자공급관 보다 약간 초과하여 종자공급관의 바깥 쪽으로 끼워 넣어 상하운동을 하도록 설치하였다. 종자유도관은 그림 3-3-10에서 보는바와 같이 작업기 본체와 연결된 구동축에 캠을 설치하여 구동축의 회전에 따라 종자유도관이 상하운동을 하도록 하였다. 캠기구에 의해 작동되는 종자유도관의 행정거리는 종자의 신속한 공급을 위해서 약 40 mm가 되도록 하였고, 종자유도관의 끝부분에 taper를 주었다. 종자유도관의 상하운동을 위해 구동축에 설치한 캠기구는 두께 11 mm의 원형판에 편심을 주어 회전 시에 발생하는 소음과 진동을 최소화하도록 하였다.

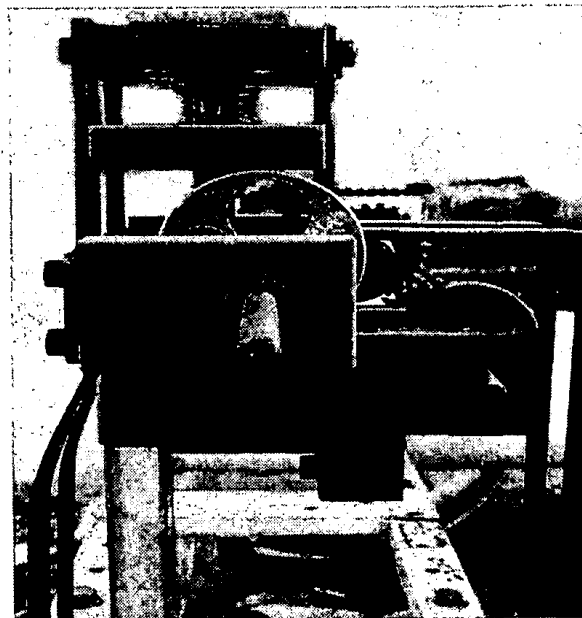


Fig. 3-3-9 A view of the seed-guiding device

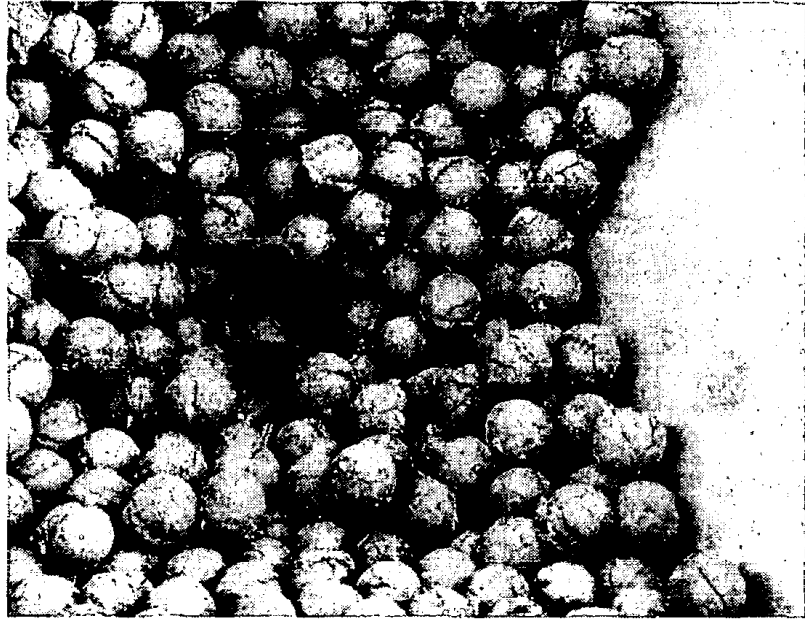


Fig. 3-3-10 A view of the seed-guiding tube

종자통의 형상은 펠렛종자가 손상을 입지 않고 종자공급관으로 원활히 공급될 수 있도록 하기 위하여 종자통의 하부를 경사지도록 설계하였으며, 종자통 하부의 경사면과 종자투입구 사이에 펠렛종자 한 개가 유지되도록 수평면을 형성하였다. 그림 3-3-11은 본 연구에서 사용한 종자통을 나타내고 있다.

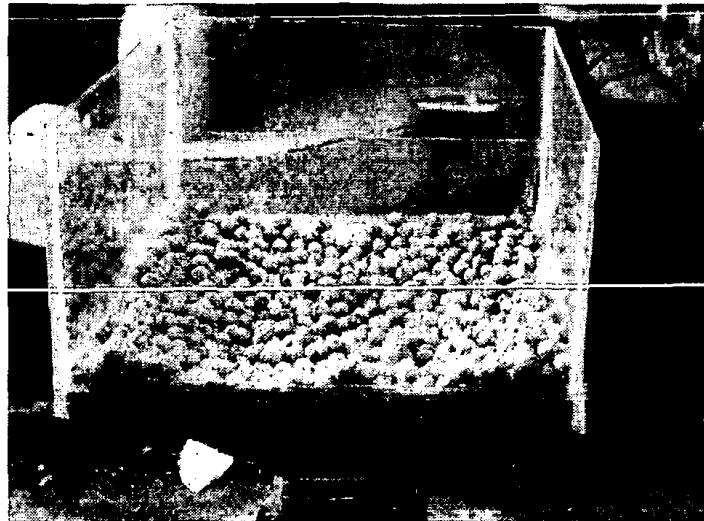
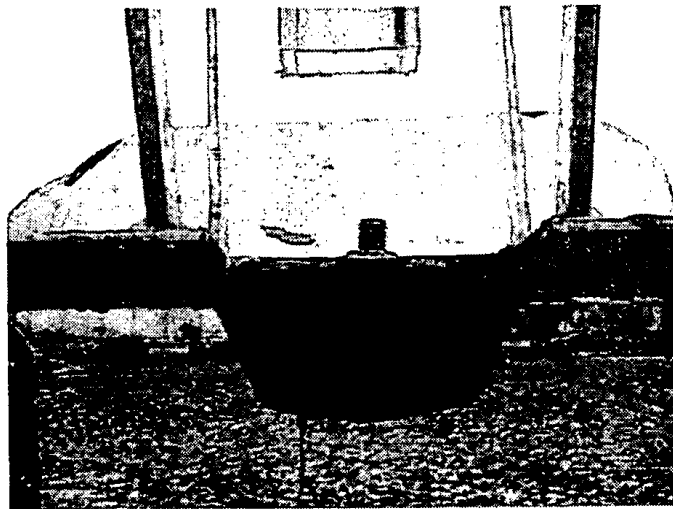


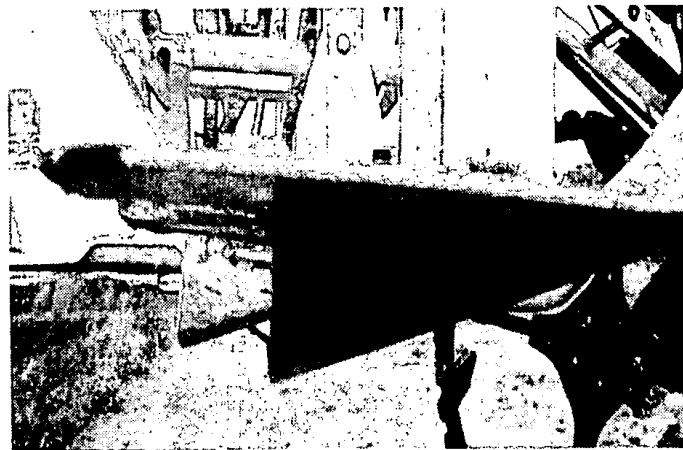
Fig. 3-3-11 A view of the seed hopper

5) 구절기

구절기는 골을 열고 종자를 알맞은 곳에 설치하는 기능을 갖고 있으며, 본 연구에서는 여러 가지 형식의 구절기 중에서 구두형의 구절기를 사용하였다. 구두형의 구절기는 관입각이 둔각이며, 무게의 작용으로 흙을 눌러서 양쪽 측면으로 밀어내어 골을 만들게 된다. 이 구두형 구절기는 잡초가 잘 감기지 않으며, 견인저항도 크지 않은 장점이 있다.



(a) back



(b) side

Fig. 3-3-12 A view of the furrow opener

제4절 파종량 및 종자막힘 감시장치 개발

1. 목적 및 개요

정밀파종작업은 작업 중 미파종된 부분이 없어야 할 뿐 아니라 파종간격이 균일하도록 수행되어야 한다. 특히 벼 펠렛종자는 벼 종자가 상토와 혼합되어 제조되므로 벼 펠렛종자가 배출되는 동안에 종자의 불균일성이나 관벽과의 마찰 등에 의한 관 막힘과 종자타격봉의 충격 등으로 인한 파손 현상이 일어날 수 있다. 이 때 파손된 흙은 종자배출관을 막아 종자가 균일하게 배출되지 못하게 되는 경우를 발생시킬 수 있으므로, 파종이 정상적으로 이루어지는지의 여부를 감시하여 필요시 적절한 조치를 취할 수 있는 감시 장치의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 벼펠렛종자의 파종 상태를 감시하여 불완전한 파종을 방지할 수 있도록 종자 막힘 현상을 제거하고, 파종량을 측정할 수 있을 뿐 아니라 작업자가 미파종에 대한 불안감을 해소시켜 줌으로써 작업 능률을 향상시키고 작업의 수월성을 제고할 수 있도록 파종량 및 종자막힘 감시장치(파종 감시장치)를 개발하였다.

파종량 및 종자막힘 감시장치는 파종되는 벼 펠렛종자량과 미파종 여부를 감지하기 위한 감지부, 센서로부터 종자 통과 시 발생하는 펄스를 계수하여 파종상태를 판단하고 필요한 조치를 위한 제어신호를 작동기에 내보내는 제어부, 부저를 울리거나 막힘을 해소하는 작동부로 구성되었다. 본 파종 감시장치는 종자배출성능이 보다 양호한 타격식 종자배출장치에 적용하여 그 성능을 평가하였으며, 종자배출관이 동일한 롤러식 종자배출장치에도 직접 적용이 가능하다.

2. 재료 및 방법

가. 감지부

파종 상태 감시장치의 센서로는 포토인터럽터(LG-BK06)를 사용하였으며, 종자배출관의 증앙에 부착하였다. 펠렛종자 배출 시 종자가 센서부를 통과할 때마다 단위시간당 발생하는 +5V 펄스는 제어부의 싱글칩 컴퓨터(PB-3B)에 의하여 계수되어 파종량 및 미파종 상태가 파악되게 하였다

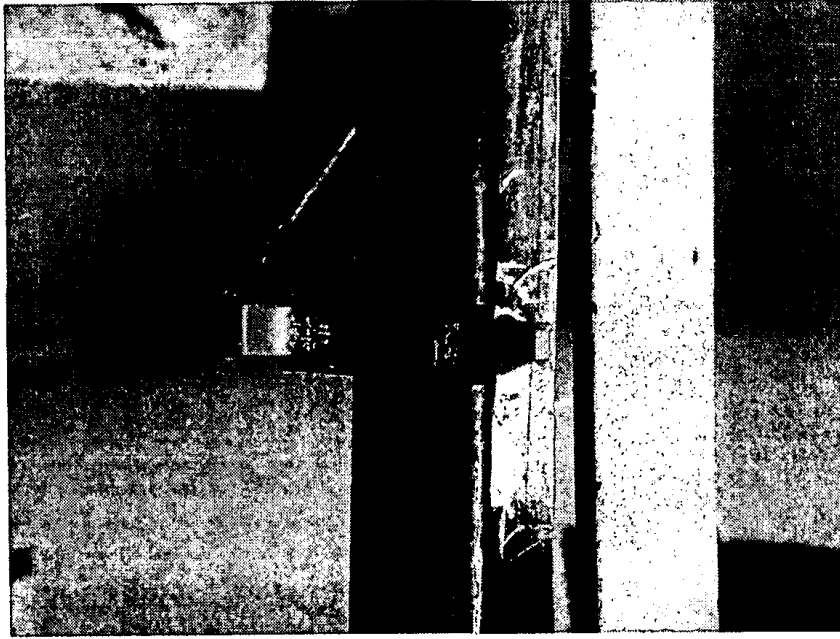


Fig. 3-4-1 View of installed photo interrupter

포터 인터럽트는 그림 3-4-2와 같이 종자배출관(20×20×450 mm)의 증앙에 설치하여 13 mm의 종자를 감지하도록 하였다. 이 포토 인터럽터는 NIR LED에서 발광된 빛이 포토트랜지스터에서 수신되다가 종자의 통과로 이 빛이 차단 되었을 때, 직류 +5V 전압값을 출력하도록 하여 종자의 배출 여부를 감시하게 된다.

본 펠렛종자 파종기는 작업기의 적정 작업속도인 0.6 m/s에서 파종간격이 0.12 m가 되도록 설계되어 있다. 그러므로 이 작업속도에서는 초당 5개의 종자가 배출되게 된다. 따라서 정상작업 시에는 센서에서 5 Hz 신호가 발생하게 되며 이 보다 낮은 주파수가 발생하는 경우에는 관막힘으로 인한 종자 미배출 상태로 판단하였다. 그림 3-4-1은 포토인터럽터가 종자배출관에 설치된 모습을 보여주고 있다.

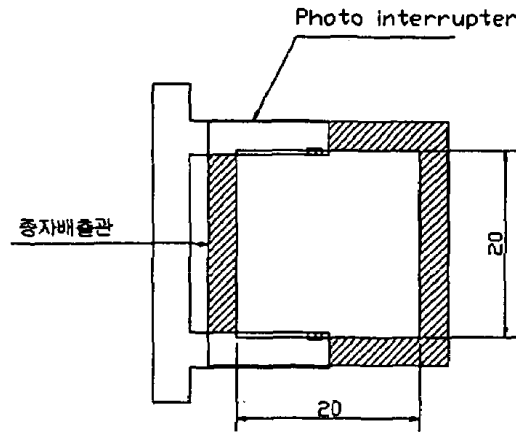


Fig. 3-4-2 A sectional view of installed photo interrupter

나. 제어부

제어부로는 싱글칩컴퓨터를 이용하여 구성하였으며, 마이크로 프로세서는 파종상태 감시 결과에 따라 작동부에 제어신호를 출력하여 종자막힘 현상을 제거하거나 작업상태를 작업자에게 알려 적절한 조치를 취하게 된다. 사용된 싱글칩컴퓨터는 베이직으로 프로그램이 가능하고 16비트 카운터 입력 포트와 21개의 I/O 포트를 내장하고 있어 간편하고, 효과적으로 파종량 및 종자막힘을 감지할 수 있다.

불완전 파종의 경우는 다음 세 가지로 가정하였다.

- 1) 고속 파종 등의 이유로 인해 종자관에 펠렛종자가 채워지지 않아 단속적인 미파종이 발생한 경우.
- 2) 종자통의 종자가 모두 파종되어 소모된 경우.
- 3) 종자배출관의 흠이 막혀 미파종이 지속되는 경우.

불완전파종 상태는 파종작업속도에서 단위시간당 파종되는 종자수를 계수하여 판단하게 된다. 즉, 파종작업속도는 설계시 이미 결정되어 있으므로 단

위시간당 정해진 종자수가 계수되지 않으면 미파종 상태로 판단하게 하였다. 실제적으로 감지부에서 설명한 바와 같이 정상적인 파종 상태에서는 센서에서 5 Hz의 신호가 발생된다. 따라서 본 연구에서는 1 초 간격으로 종자배출관을 통과하는 종자 수를 계수하여 2 Hz 이하의 주파수가 발생하는 경우에 종자 미배출 상태로 판단하였으며, 이 경우에는 컴퓨터가 솔레노이드를 구동시켜 공기압축기로부터 고압의 공기가 파종관으로 불어나가도록 하였다. 이 고압의 공기의 의하여 종자배출관의 막힘이 해소되도록 한 것이다.

그러나 어떤 이유로 인해 공기압력에 의해서도 종자관의 막힘현상이 해소가 되지 않는 경우와 같이 일정 횟수의 공기압이 가해진 에도 계속 막힘현상이 감지될 경우에는 부저를 울려 작업자에게 파종작업을 일시 중단시키고 필요한 조치가 취해질 수 있도록 하였다. 또한 종자통에 종자가 모두 소모된 경우에도 같은 현상이 나타날 수 있으며, 실제적으로 이 경우는 3 회의 연속적인 계수에서 2 Hz 이하의 신호가 연이어 발생하면 공기압 만으로는 종자 미배출 현상이 해결되지 못하는 상황으로 판단하였다. 그림 3-4-3에는 불완전 파종 판단 알고리즘의 신호흐름선도를 나타내었다.

다. 작동부

미파종이 발생한 경우 중에 가장 문제가 되는 단속적인 관의 막힘에 의한 파종은 고압의 공기를 이용하여 막힘을 해소할 수 있지만, 종자통에 종자가 떨어졌거나 공기압으로도 관막힘 현상이 해소되지 않을 때는 부저로써 작업자에게 상황을 알리고 적절한 조치가 취해져야 한다. 작동부는 공기압축기와 노즐 그리고 부저로 구성되며, 그림 3-4-4에는 파종 감시장치의 전체적인 블록 선도를 나타내었다. 본 파종 감시장치에 사용되는 전원으로는 파종기에 탑재되어 있는 배터리를 이용하도록 구성하였으며, 제어부의 싱글칩컨트롤러는 +5V 전원으로 구동되므로 7805 전원 레귤레이터를 이용하여 필요한 전압을 얻도록 하였다.

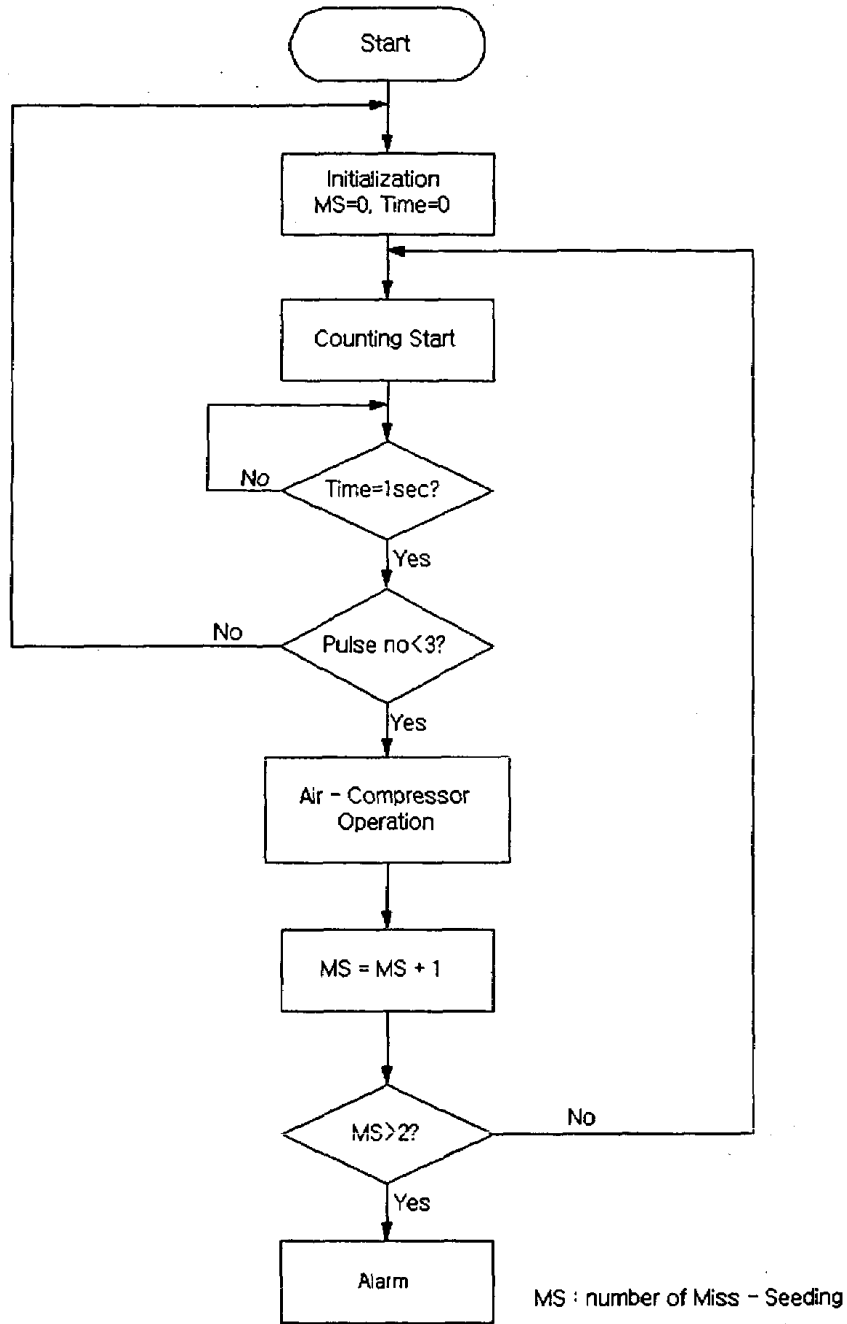


Fig. 3-4-3 Flow chart for monitoring miss-seeding

사용된 공기압축기는 정격출력 2.5 HP 엔진을 탑재하고, 공기 저장 탱크의 용량은 97cm³, 최대압력은 1 MPa 인 것을 사용하였으며, 노즐의 오리피스 직경은 2.4 mm의 것을 사용하였다. 솔레노이드 밸브는 최대사용압력이 1 MPa이며 배터리로 구동하기 위하여 +12V 전원에 구동되는 것을 사용하였다.

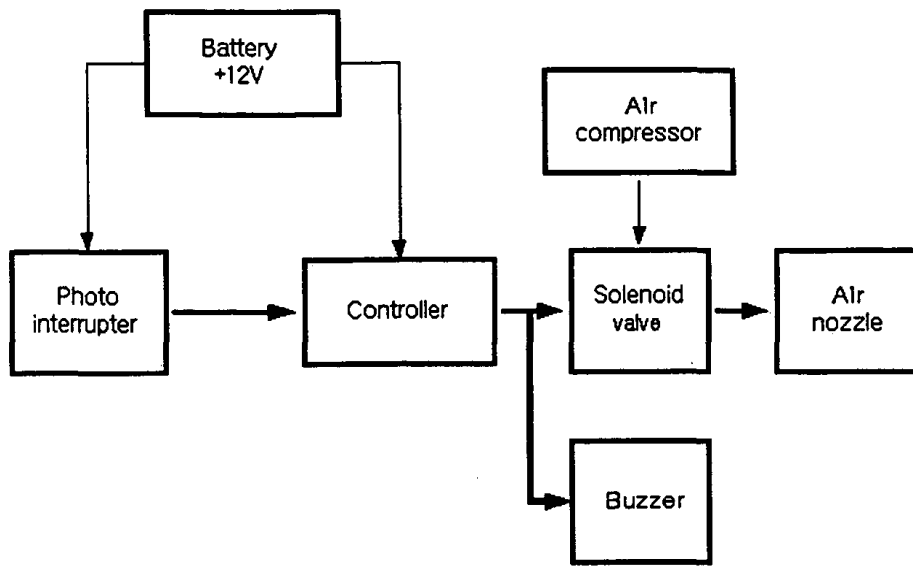


Fig. 3-4-4 Block diagram of miss-seeding control system

그림 3-4-5에는 솔레노이드를 구동하기 위한 회로도를 나타내고 있으며, 싱글칩 컴퓨터와 릴레이를 전기적으로 분리하기 위하여 사용한 포토 커플러와 +12V용 릴레이 구동회로로 이루어져 있다

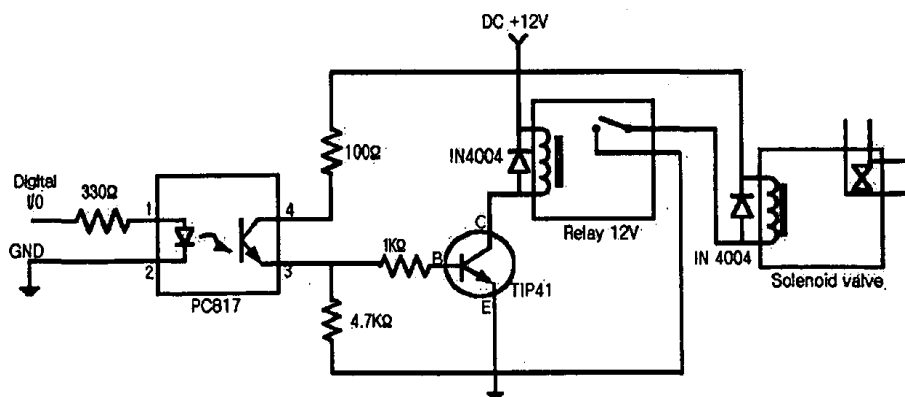


Fig.3-4-5 Electrical circuit to driving solenoid valve

그림 3-4-6에는 부착된 솔레노이드 모습을 보여주고 있으며, 솔레노이드 밸브의 1 회 작동 시간은 200 ms으로 하였다.

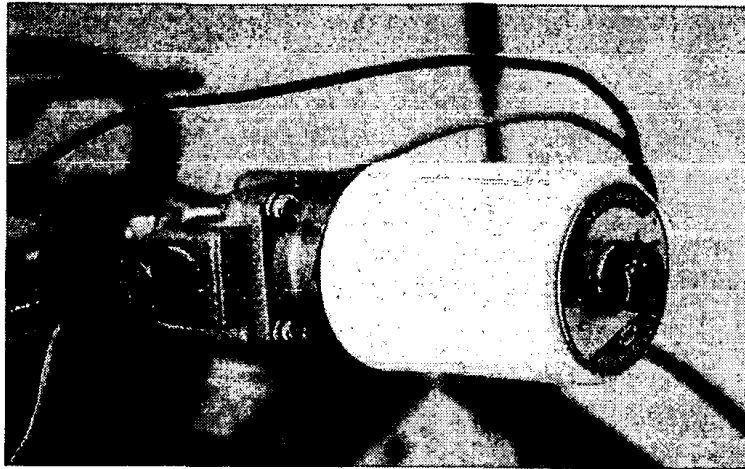


Fig.3-4-6 Solenoid valve for the control of seeding tube clogging

3. 파종량 및 종자막힘 감지 장치 성능시험

파종 감시장치의 성능을 평가하기 위하여 포장실험을 실시하였다. 실험에 사용된 벼 펠렛종자의 사양은 표 3-4-1에 나타내었다. 실제적으로 미파종 현상은 벼 펠렛종자의 물리적 특성과 불균일성에 따라 직접적으로 영향을 받게 되며, 그 경우의 수는 극히 적다하더라도 언제든지 발생할 수 있는 소지를 안고 있다. 문제는 막힘 현상의 빈도가 적어도 한번의 막힘이 해소되지 않으면 이후의 파종은 불가능하다는데 그 어려움이 있다.

본 벼 펠렛종자 파종기는 1 회의 종자 탑재로 0.5 ha를 파종하는 것으로 설계되었으며, 이는 종자의 개수로는 약 175,000 개에 해당한다. 이는 개발된 파종기가 6 조이므로 1 조의 파종장치 종자통에는 약 29,000 개의 종자가 실려진다. 따라서 본 성능실험에는 1 회의 가동에서 30,000 개의 종자를 연속적으로 배출시키며 파종량 및 종자막힘 현상을 3 회 반복 측정하였다.

가. 파종량 및 종자막힘 현상 감지성능

사용된 싱글칩 마이크로컴퓨터는 1 초당 4만 명령어를 실행할 수 있는 속도를 갖고 있으므로 1 초당 최대 5 Hz 이하의 신호가 발생하는 본 파종속도에서는 100 % 완벽한 파종량을 계수하였다. 다만, 종자가 파쇄되어 그 부서진 덩어리가 배출될 때도 종자와 같이 잘못 계수 하는 경우를 고려하여 6 Hz 이상의 신호가 감지된 경우에는 종자 파쇄에 의한 미파종의 경우로 판단하게 하였다. 종자 막힘의 경우도 파종량 계수와 마찬가지로 100 % 종자막힘 현상을 감지하여 우수한 파종량 및 종자막힘 현상 감지 성능을 확인할 수 있었다.

나. 종자막힘 현상 경보 및 해소성능

파종 감시장치에 의해 미파종이 감지되면 적절한 조치가 취해져야 한다. 종자 보충의 경우가 아니면 파종기가 자동적으로 미파종 현상을 해결할 수 있어야 한다. 이는 주로 종자관내에서 종자끼리 엉키어 관을 막고 있거나 종자가 파쇄되어 그 가루가 배출관을 막고 있는 경우가 대부분이다. 이를 해결하기 위해서 고압의 공기를 배출관내에 불어줌으로써 미파종을 해결하도록 하였다. 우선 최적 압축공기 분사시간을 결정하기 위해서 각각 200 ms, 400 ms, 600 ms의 세 경우에 대하여 실험을 실시하였는데 수준간 유의성은 나타나지 않았다. 왜냐하면 막힘 정도는 경우에 따라 달라지므로 단지 분사시간만으로는 그 효과를 측정하기 어려웠기 때문이다. 따라서 효과있는 분사시간과 충분한 제어기의 수행시간을 확보하기 위하여 압축공기 분사시간은 400 ms으로 결정하였다.

종자막힘 경보는 감시장치가 완벽히 작동하므로 이 역시 모든 종자막힘 현상을 경보할 수 있었다. 관막힘에 의한 미파종의 경우는 파종량 29,000 개 파종에서 평균 41 회로 0.14 %의 발생율을 보였다. 이 중 압축공기의 분사에도 관 막힘 현상이 해소되지 않은 경우는 평균 5 회로 0.02 %에 해당하였다. 이는 극히 적은 빈도이긴 하나 종자막힘 현상이 제어되지 않는 경우엔 파종작업

이 중단되는 것을 의미하지만 펠렛종자의 물리적 성질이나 파종기 구조 개선 등을 통해 완전 파종을 달성할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 3-4-1 Specifications of the rice-seed pellet used in monitoring performance experiment

벼 펠렛종자			접합제	상토		기타 첨가물질
평균직경	함수율	품종		종류	입자 직경	
11.5 mm	3.5 % (w.b.)	동안벼	아라비아고무 와 제라틴 혼합용액	산적토	500 μm	미량의 복합비료

제5절 벼 펠렛종자 정밀파종기의 성능 평가

1. 종자배출장치 성능

가. 파종성능실험

펠렛종자 파종과 같은 점파 작업에서는 파종기의 작업속도 변화에 무관하게 일정한 파종간격이 유지되면서 파종 되어야한다. 즉, 파종기의 작업속도에 무관하게 일정한 파종간격을 유지하기 위해서는 종자배출장치에서 펠렛종자가 파종기의 주행속도에 비례하여 배출되어야 한다. 종자배출성능 평가실험을 주행거리 10 m에서 배출되는 펠렛종자의 배출량과 배출 후의 지면에 도달한 펠렛종자의 상태 등을 측정하여 파종간격, 종자의 미파종률 및 파손율 등으로 그 성능을 평가하였다. 벼 펠렛종자 재배실험 결과, 가장 이상적인 파종간격은 약 12 cm로 나타나, 파종간격이 12 cm가 되도록 종자배출장치가 설계되었다.

포장 실험의 경우는 포장의 조건이 무는 상태로 기존의 벼 직파작업과 이앙작업이 가능한 상태로 준비하였다.

$$\text{미파종률} = \frac{\text{미배출종자수}}{\text{배출종자수} + \text{미배출종자수}} \times 100 (\%) \dots (3-5-1)$$

$$\text{파손율} = \frac{\text{파손종자수}}{\text{정상종자수} + \text{파손종자수}} \times 100 (\%) \dots (3-5-2)$$

롤러의 설계인자 중 개구각은 롤러 홈에 펠렛종자의 투입성능을 결정하게 하는 주요인자이다. 따라서, 롤러식 종자배출장치 성능실험에서는 개구각이 35° (type I)와 65° (type II)의 두 가지 형식의 배종롤러를 설계하고 그 배

출성능을 포장실험을 통하여 비교하였다. 두 실험을 통해 배종롤러의 개구각의 종류에 따른 주행속도별 0.4 m/s, 0.6 m/s, 0.8 m/s의 세 수준으로 롤러식 종자배출장치의 종자배출 후, 종자간의 파종간격 측정, 종자의 미파종률 및 파손율을 측정하여 그 성능을 분석하였다.

타격식 종자배출장치의 펠렛종자의 크기의 변화에 따른 적응성과 작업속도의 변화에 따른 성능을 평가하기 위하여, 파종작업기의 작업속도와 펠렛종자 크기에 따른 요인실험을 포장에서 실시하였다.

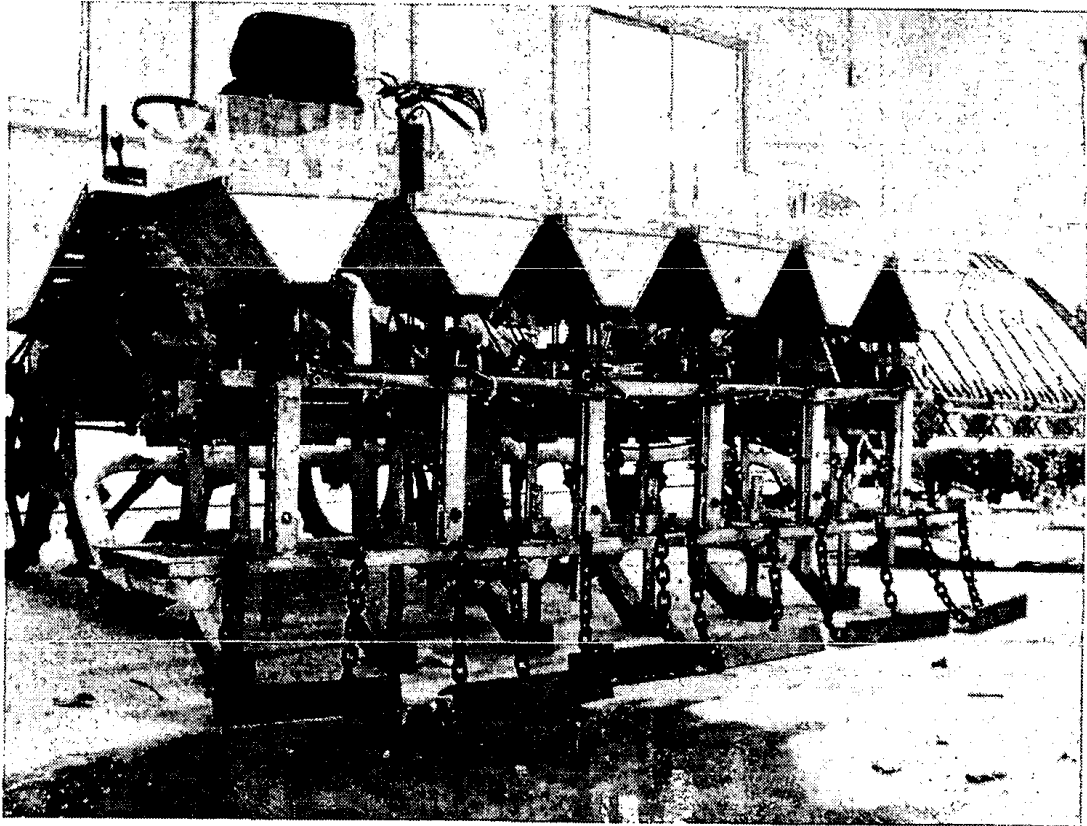


Fig. 3-5-1 View of the developed planter with the impact-type metering device

파종작업기의 작업속도 수준은 일반적인 벼 직파기의 작업속도 수준인 0.4 m/s, 0.7, m/s, 1.0 m/s의 3 수준으로 하였으며, 펠렛종자의 크기는 각각 10.5 ~ 11.5 mm(평균 11 mm), 11.5 ~ 12.5 mm(평균 12 mm)의 두 가지 범위를 선택하였다. 이는 펠렛종자 재배 및 제조실험 결과, 벼 펠렛종자의 크기로

12 mm 내외가 적합한 것으로 결정되어 펠릿종자 평균 직경의 크기 12 mm를 선택하였다. 그리고, 종자배출장치의 내경을 설계할 때, 펠릿종자의 원활한 배출을 위하여 펠릿종자의 직경보다 크게 약간의 여유를 두고 설계하였기 때문에 펠릿제조장치에서 제조한 펠릿종자의 직경보다 작은 펠릿종자의 적응성을 알아보기 위해 펠릿종자 평균직경 11 mm를 선택한 것이다. 실제로 예비실험결과, 목표로 하는 펠릿의 직경 12 mm 보다 약간 큰 펠릿종자에서는 파종에 문제가 없었으나, 작은 경우에는 펠릿종자의 파손현상이 나타났기 때문이다.

나. 종자배출장치 성능분석

1) 롤러식 종자배출장치

가) 미파종을

그림3-5-2는 개구각이 다른 두 가지 형식의 배종롤러에 대하여 작업속도 수준에 따른 미파종률을 비교한 결과이다. 이 결과에 의하면 저속의 작업속도인 경우에는 미파종률이 거의 비슷한 결과를 보이지만, 작업속도가 고속으로 변화할수록 개구각이 35° 인 배종롤러가 개구각이 65° 인 배종롤러보다 미파종률이 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 미파종율은 작업속도가 증가함에 따라 직선적으로 증가하였으며, 특히 0.8 m/s의 작업속도에서는 배종롤러의 개구각이 35° 인 종자배출장치의 경우, 미파종율이 최고 25 %까지 증가하였다. 이는 전반적으로 작업속도 0.8 m/s 이상의 고속에서는 롤러식 종자배출장치가 벼 펠릿종자 점파에는 미파종율이 너무 높은 것으로 보여지나, 개구각이 65° 로 설계된 배종롤러가 개구각을 35° 로 설계한 배종롤러보다 배종성능이 보다 우수한 것으로 판단되었다.

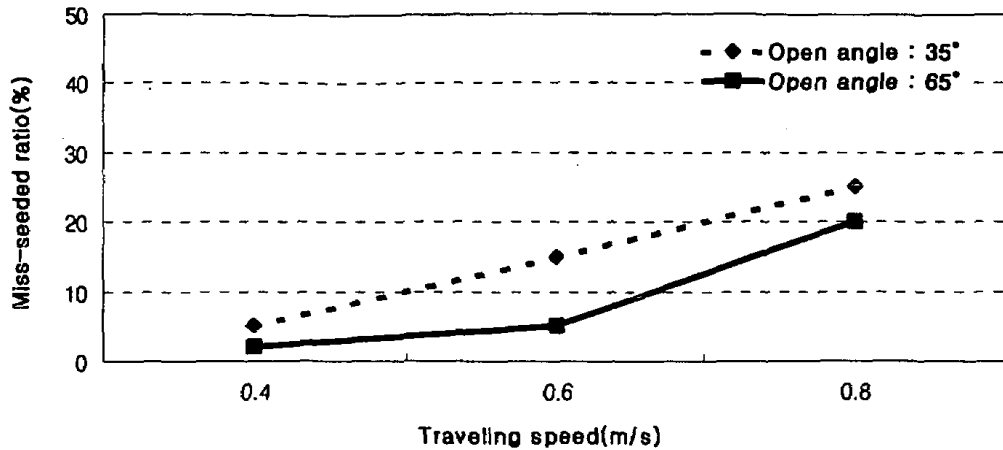


Fig. 3-5-2 Effect of open angle on miss-seeded ratio according to traveling speed

나) 파종 간격

개발한 물러식 종자배출장치에 의해 배출된 벼 펠렛종자의 파종간격을 측정 한 결과를 그림 3-5-3과 그림 3-5-4에 나타내었다. 그림 3-5-3은 개구각이 35°, 그림 3-5-4는 개구각이 65°인 물러의 경우이며, 파종기의 주행속도에 따른 파종간격의 분포를 각각 나타낸 것이다. 전체적으로 파종간격의 분포경향은 파종기의 주행속도에 따라 별다른 차이가 없이 비슷한 분포경향을 나타내었다. 실험결과에서, 두 가지 형식의 물러에서 모두 13 ~ 16 cm의 파종간격에 가장 많은 분포를 나타내었으며, 전반적으로 배출된 벼 펠렛종자의 70% 이상이 파종간격 13 ~ 19 cm에 분포하였다. 이는 벼 펠렛종자가 종자관에서 배출될 때 개개 종자의 운동상태가 달라 약간의 배출 방향이 달라짐을 감안한다면 비교적 일정한 파종 간격을 얻을 수 있는 것으로 판단되었다. 다만, 물러식 파종장치의 설계 시, 파종간격을 12 cm로 목표하였으나 이 보다 평균 파종간격이 커진 이유는 물러의 구동축 동력전달체계의 설계가 다소 부적절했던 것으로 판단되었다.

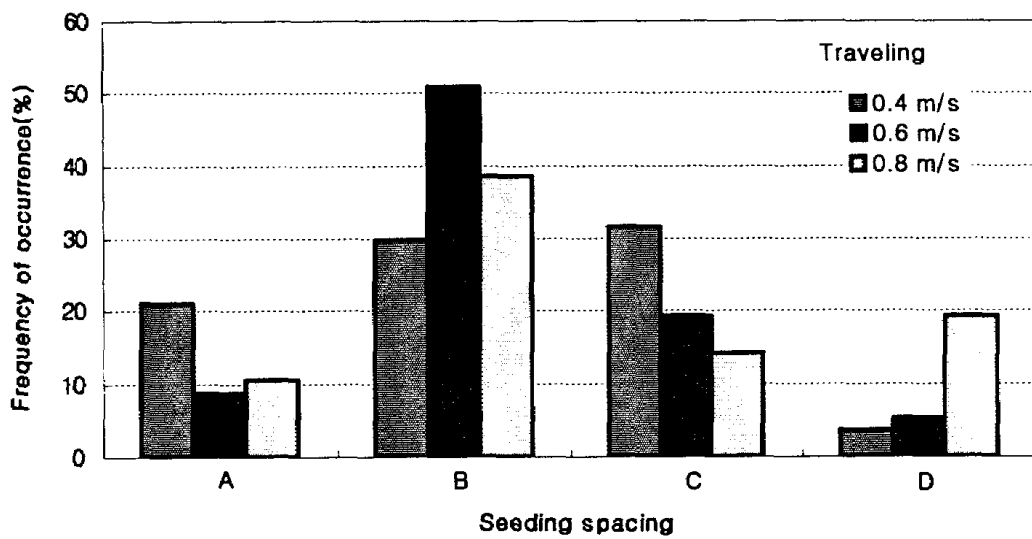


Fig. 3-5-3 Distribution of seeding spacing by the roller-type metering device (open angle : 35°)

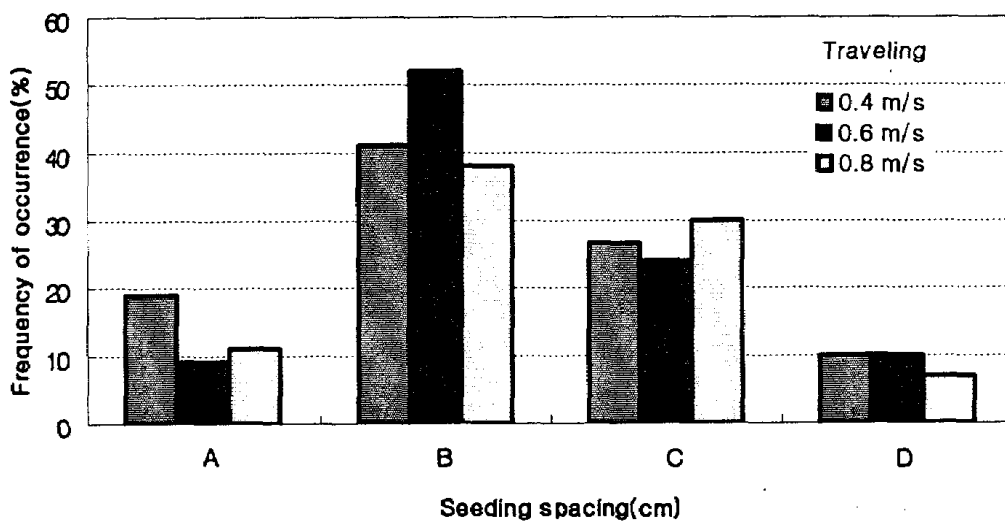


Fig. 3-5-4 Distribution of seeding spacing by the roller-type metering device (open angle : 65°)

where, A : Seeding spacing 10.0 ~ 13.0 (cm)

B : Seeding spacing 13.1 ~ 16.0 (cm)

C : Seeding spacing 16.1 ~ 19.0 (cm)

D : Seeding spacing 19.1 ~ 22.0 (cm)

그림 3-5-5는 롤러식 종자배출장치에 의해 파종된 벼 펠렛종자의 모습이다.

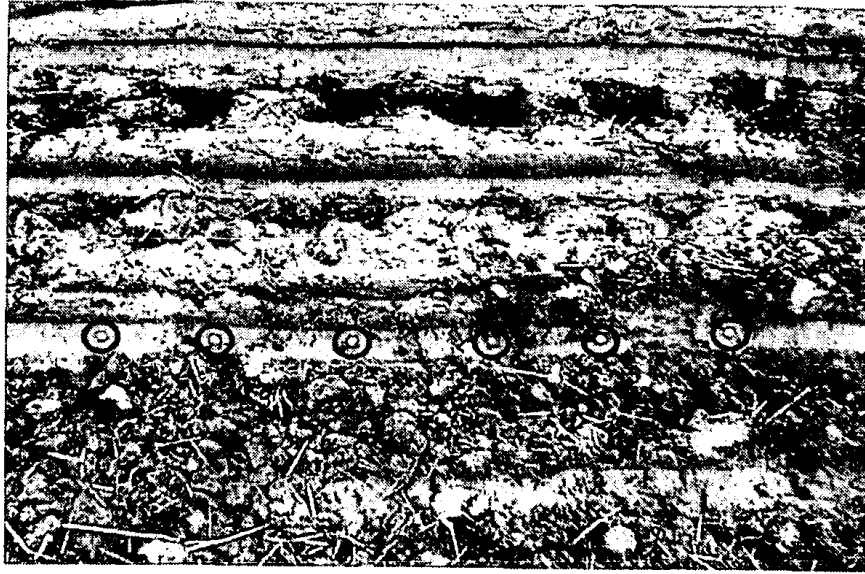


Fig. 3-5-5 A view of seeded pellets

2) 타격식 종자배출장치

타격식 종자배출장치의 펠렛종자 크기에 따른 적응성과 작업속도에 따른 파종성능을 평가하기 위하여 포장실험을 실시하였다. 펠렛종자의 크기는 10.5 ~ 11.5 mm(평균 11 mm)와 11.5 ~ 12.5 mm(평균 12 mm)의 두 가지 수준을 두었고, 작업속도는 0.4 ~ 1.0 m/s 범위의 세 수준에서 실험을 실시하였다. 펠렛종자의 종자 크기는 12 mm를 목표로 하고 있다. 그런데, 펠렛종자의 평균직경 11 mm의 펠렛종자에 대한 실험을 실시한 이유는 종자배출장치의 설계가 11 mm보다 약간 큰 종자도 배출이 가능하도록 이루어졌기 때문에 이에 대한 적응성을 알아보기 위한 것이다. 왜냐하면, 벼 펠렛종자 크기가 큰 경우에는 종자의 막힘 현상이나 파손이 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 벼 펠렛종자가 작은 경우에 오히려 정확한 배출이 이루어지지 못하는 경우가 발생할 수 있어 목표 벼 펠렛종자의 크기보다 작은 11 mm의 펠렛종자에 대해 적응성 실험을 실시하였다.

타격식 종자배출장치의 파종성능은 파종작업속도 수준별로 최대파종간격, 최소파종간격, 평균파종간격, 파손율, 미파종률, 파종간격의 최빈수 등으로

분석하였다.

가) 펠릿종자의 크기가 10.5 ~ 11.5 mm

표3-5-1은 펠릿종자의 크기가 10.5 ~ 11.5 mm(평균 11 mm)인 펠릿종자를 대상으로 작업속도의 변화에 따른 타격식 종자배출장치의 포장실험 결과를 나타낸 것이다.

작업속도 0.4 m/s, 0.7 m/s, 1.0 m/s의 세 가지 속도수준에서 모두 평가 항목간의 차이는 거의 나타나지 않았다. 평균파종간격은 약 12.0 cm로 나타났으며, 발생빈도가 가장 높은 파종간격은(Mode seeding spacing) 작업속도 0.4, 0.7, 1.0 m/s에서 12.0, 12.5, 11.5 cm로 각각 나타나 목표로 하는 파종간격을 정확히 얻을 수 있었다. 또한, 종자의 파손율은 전체적으로 1.2%이하로 나타났으며, 미파종률과 결주율은 2 % 미만으로 평균 배종률이 98 % 이상인 것으로 나타났다. 따라서 펠릿종자 제조 및 재배실험에서 펠릿의 목표 크기인 12 mm 보다 작은 10.5 ~ 11.5 mm(평균 11 mm)의 펠릿종자에 대해서도 타격식 종자배출장치의 적용이 가능한 것으로 판단되었다.

Table 3-5-1 Performance of the impact-type metering device
(pellet size : 10.5 ~ 11.5 mm)

Items	Traveling speed(m/s)		
	0.4	0.7	1.0
Maximum seeding spacing(cm)	13.0	13.0	14.0
Minimum seeding spacing(cm)	9.5	9.5	8.0
Mean seeding spacing(cm)	11.3	11.7	11.8
Mode seeding spacing(cm)	12.0	12.5	11.5
Damaged-seed ratio(%)	0.7	1.2	1.0
Miss-seeded ratio(%)	1.0	1.7	0.8

펠릿종자의 크기가 10.0 ~ 11.5 mm인 펠릿종자를 대상으로 각각의 작업속도 수준별 파종간격의 분포경향을 알아보기 위하여 그림 3-5-6에 나타내었다.

본 연구에서 목표로 하는 벼 펠렛종자의 파종간격인 12 cm의 전후에 파종량의 60 % 이상이 분포하였으며, 파종간격이 12 cm 이외의 범위에도 분포하였다. 이것은 종자배출장치에 종자가 배출되는 양상을 관찰한 결과, 파종작업 도중에 발생하는 충격과 진동에 의해 종자배출관에서 충돌이 발생한 것이 원인인 것으로 판단되었다.

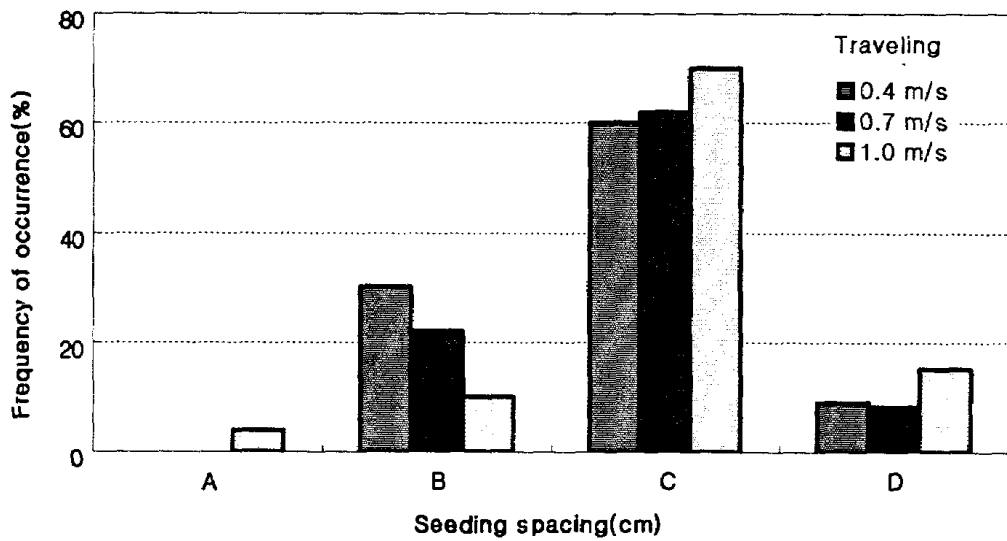


Fig. 3-5-6 Distribution of seeding spacing by the impact-type metering device (pellet size : 10.5~11.5 mm)

- where, A : Seeding spacing 7.0 ~ 8.9 (cm)
- B : Seeding spacing 9.0 ~ 10.9 (cm)
- C : Seeding spacing 11.0 ~ 12.9 (cm)
- D : Seeding spacing 13.0 ~ 14.9 (cm)

나) 펠렛종자의 크기가 11.5 ~ 12.5 mm

표3-5-2와 그림3-5-9는 펠렛종자의 크기가 11.5 ~ 12.5 mm인 펠렛종자를 대상으로 작업속도의 변화에 따른 타격식 종자배출장치의 포장실험 결과를 나

타낸 것이다.

평균직경 12 mm인 벼펠렛종자의 경우에도 작업속도 0.4 m/s, 0.7 m/s, 1.0 m/s의 세 가지 속도수준에서 모두 평가 항목간의 차이는 거의 나타나지 않았다. 평균파종간격은 역시 12 cm로 동일하게 나타났으며, 발생빈도가 가장 높은 파종간격(Mode seeding spacing)도 작업속도 0.4, 0.7, 1.0 m/s에서 12.0, 12.5, 12.5 cm로 각각 나타나 목표로 하는 파종간격을 정확히 얻을 수 있었다. 또한, 종자의 파손율은 전체적으로 1.8 % 이하로 나타났으며, 미파종률과 결주율 또한 2 % 미만으로 평균 배종률이 98 % 이상인 것으로 나타났다. 따라서 펠렛종자 제조 및 재배실험에서 펠렛의 목표 크기인 12 mm 인 펠렛종자에 대해서 타격식 종자배출장치의 우수한 파종성능을 얻을 수 있었다.

Table 3-5-2 Performance of the impact-type metering device (pellet size :11.5 ~ 12.5 mm)

Items	Traveling speed(m/s)		
	0.4	0.7	1.0
Maximum seeding spacing(cm)	13.0	13.5	13.3
Minimum seeding spacing(cm)	9.0	9.0	8.0
Mean seeding spacing(cm)	11.4	12.2	12.0
Mode seeding spacing(cm)	12.0	12.5	12.5
Damaged-seed ratio(%)	0.7	1.4	1.8
Miss-seeded ratio(%)	1.2	1.4	1.0

펠렛종자의 직경 11.5 ~ 12.5 mm(평균직경 12 mm)에 대해 속도수준별로 종자배출 후의 파종간격의 분포경향을 그림 3-5-7에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 펠렛종자의 직경 10.5 ~ 11.5 mm(평균직경 11 mm)의 펠렛종자

와 마찬가지로 작업속도 변화와 무관하게 파종간격 12.0 cm의 범위에서 70 % 정도의 분포를 이루고 있어 충격에 의한 종자 운동의 불균일성을 고려한다면 타격식 종자배출장치의 경우 평균직경 12 mm인 벼펠릿종자에 대해 정확하고 균일한 파종간격을 얻을 수 있는 것으로 판단되었다.

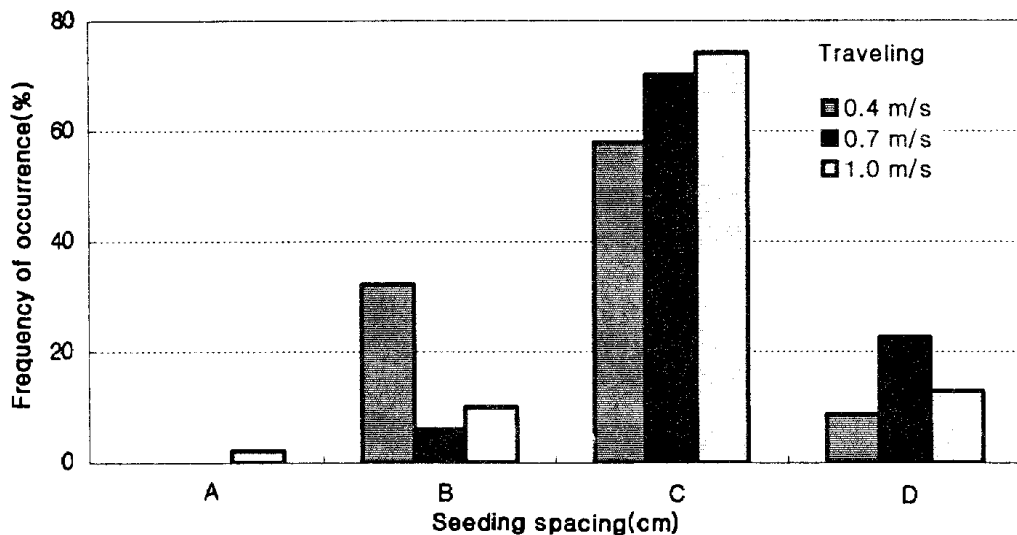


Fig. 3-5-7 Distribution of seeding spacing by the impact-type metering device (pellet size : 11.5 ~ 12.5 mm)

where, A : Seeding spacing 7.0 ~ 8.9 (cm)

B : Seeding spacing 9.0 ~ 10.9 (cm)

C : Seeding spacing 11.0 ~ 12.9 (cm)

D : Seeding spacing 13.0 ~ 14.9 (cm)

2. 종자배출관과 구절기의 성능

가. 종자배출관 성능

종자배출관은 종자배출장치에서 배출된 펠릿종자를 흩어짐이 없이 골 (furrow)까지 유도하는 역할을 한다. 종자배출관 형상에 관련하여 정사각형의

단면의 끝은 관이 종자의 충들과 흠어짐이 없어 접과에 유리한 성능을 보인 것으로 보고된 바가 있다(류 등, 1997). 따라서, 본 연구에서는 $L \times W \times H$ 가 $20 \times 20 \times 300$ mm로 내부가 정사각형 단면인 곧고 좁은 관을 종자배출관으로 사용하였으며, 종자배출관과 지면과의 높이는 약 100 mm의 높이를 유지하도록 하였다.

종자가 배출되는 양상을 비교·관찰한 결과를 그림 3-5-8에 나타내었는데, 그림에서와 같이 롤러나 타격봉에 의해 종자관으로 배출된 후 1 ~ 3 회 종자배출관벽에 충돌한 후에는 더 이상 충돌없이 종자배출관 밖으로 배출되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 그림 3-5-9는 펠릿종자가 골에 배출된 후, 골의 중심에서 종자의 중심까지 간격을 측정하여 그 간격의 빈도분포를 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 모든 작업속도 범위에서 골의 중심으로부터 1.0 cm 이내에 베틀 펠릿종자가 분포하였다. 따라서, 본 연구에서 선정한 종자배출관을 사용하였을 경우 골의 범위를 벗어나지 않고 정상적으로 골에 위치하는 것으로 나타났다.

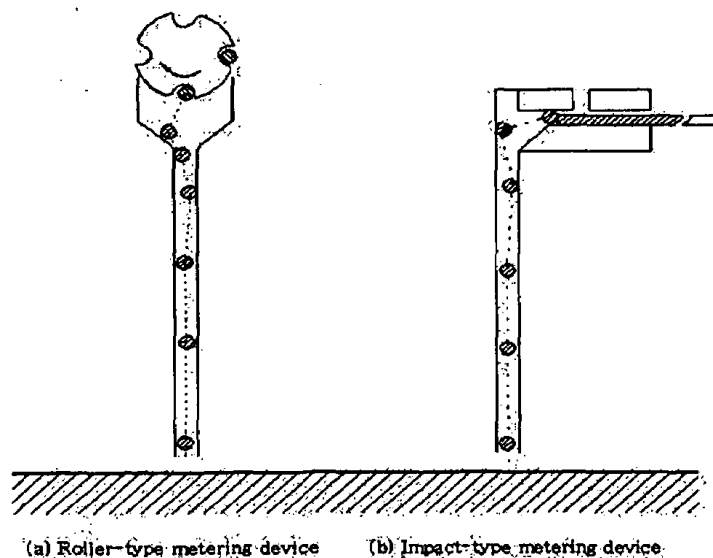


Fig. 3-5-8 Pellets flow in the seed tube

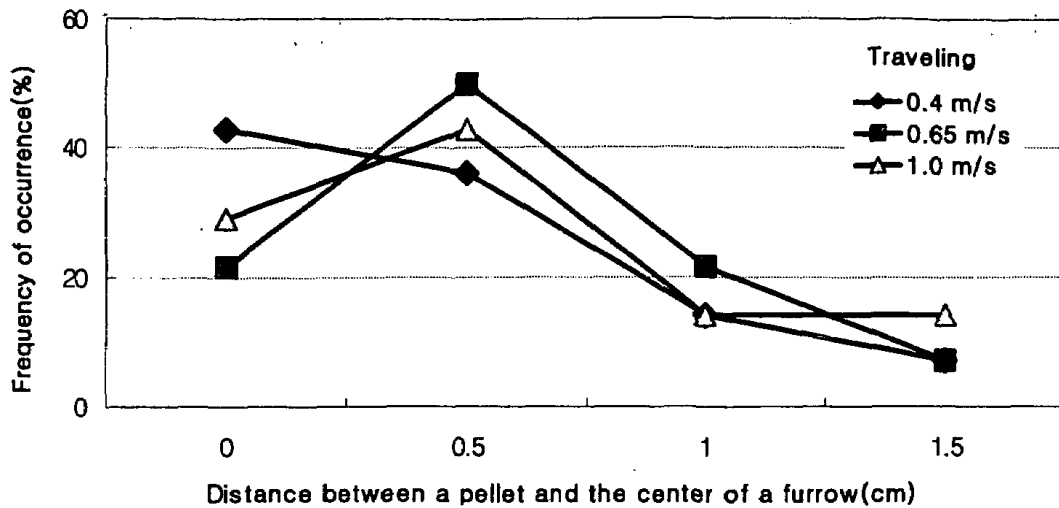


Fig. 3-5-9 Distribution of pellets in furrows

나. 구절기 성능

본 연구에서 사용한 구절기의 형식은 구두형의 구절기로서, 구절기에 의해 형성된 골의 치수(깊이 × 폭)는 3.5 × 7 cm이다. 그림 3-5-10은 구두형의 구절기로 형성한 파종골의 모양으로 그림에서 보는바와 같이 형성된 골의 폭과 깊이는 펠릿종자를 파종하기에 양호한 것으로 판단되었다.



Fig. 3-5-10 A view of the furrow shaped by the furrow opener

제6절 벼 펠릿종자 정밀파종기의 이용 비용 분석

1. 부담면적

농업기계의 부담면적이란 농작업을 수행하는 데의 작업적기, 기상 등의 제약과 주어진 농장의 조건하에서 기계의 능률을 충분히 활용할 때 작업할 수 있는 면적을 말하며, 추정된 부담면적을 기초로 하여 경영면적의 과부족이 크지 않도록 기계의 이용계획을 수립해야 한다. 벼 펠릿종자 파종기의 부담면적은 식 3-6-1과 같이 구하였으며, 부담면적 계산에 사용된 작업기 부분의 데이터는 6조 승용 이앙기의 경우를 참조하였다.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{10} \epsilon_f \epsilon_u \epsilon_d S U W D \\
 &= \\
 &\frac{1}{10} \times 0.56 \times 0.75 \times 0.75 \times 2.4 \times 1.8 \times 9 \times 20 \dots \dots \dots (3-6-1) \\
 &= 24.5ha
 \end{aligned}$$

여기서,

A : 부담 면적

ϵ_f : 작업 효율 - 56 %; 작업효율은 표준으로 가정

ϵ_u : 실제 작업 효율 - 75 %; 2인이 교대로 작업하는 것으로 가정.

ϵ_d : 작업 가능 일 수율(5월의 광주·전남 지역) - 75 %

S : 전진속도 - 2.4 km/h

W : 공칭 작업폭 - 1.8 m (6조)

U : 일일작업 시간 - 9 시간

D : 작업적기 중의 작업 일수(5월의 광주·전남 지역) - 20 일

2. 벼 펠릿종자 파종기의 이용 비용

벼 펠릿종자를 이용한 직파 시스템에서 펠릿종자용 정밀 파종기의 이용이 농업경영비의 절감에 어느 정도 기여하는지를 판단하는데 자료를 제공하고자 이용 비용을 분석하였다. 이용 비용은 식 3-6-2와 같은 자주식 기계의 이용 비용 계산식을 사용하여 계산한 결과 3,824,660 원인 것으로 추정되었다. 벼 펠릿종자용 정밀 파종기의 가격은 5,600,000 원으로 예측하였으며, 이 가격은 2001년도 현재 6조 승용 직파기 가격 5,190,000 원 보다는 높은 가격이나 종자막힘 제어장치의 탑재로 인한 추가 비용 상승을 반영한 것이다. 벼 펠릿종자 파종기의 연간이용시간은 식 3-6-3을 과 같이 부담면적과 유효포장 작업능률 등을 이용하여 계산하였다. 또한 노임은 본 파종기를 이용한 파종 작업에 2인이 동원되는 것으로 가정하였으며, 윤활유비로는 연료비의 10 %가 소요되는 것으로 가정하였다.

$$\begin{aligned}
 C_T &= C_F + C_V = F_C C_i + H(F + O + L + M + T) \dots \dots (3-6-2) \\
 &= (0.28 \times 5,600,000) + 135(6,106 + 610 + 10,000 + 0) \\
 &= 3,824,660 \text{ 원}
 \end{aligned}$$

여기서,

C_T : 연간 이용비용 (원/년)

C_F : 연간 고정비 (원/년)

C_V : 연간 변동비 (원/년)

F_C : 연간 공정비 비율 - 28 %

C_i : 기계구입 가격 (원) - 5,600,000 원

H : 벼 펠릿종자 파종기의 연간이용시간 (시간/년) - 135 시간/년

F : 연료비 (원/h) - 275 L/년 (1L=1977 원) ∴ 6,106 원/시간

O : 윤활유 (원/h) - 연료비의 10 % ∴ 610 원/시간

L : 노임 (원/h) - 5,000원/h * 2인 = 10,000 원/시간

M : 기계의 이용에 따라 별도로 소요되는 자재비 - 0 원/시간

* 연간이용시간 (H)

$$H = \frac{10A}{SW\epsilon_f\epsilon_u} \dots \dots \dots (3-6-3)$$
$$= 135 \text{ hr}$$

제7절 요약 및 결론

벼 펠렛종자를 파종할 수 있는 정밀 파종기 개발을 위하여 롤러식과 타격식의 두 가지 형식의 종자배출장치와 종자통, 펠렛종자 유도장치, 종자공급관, 종자배출관, 구절기, 종자막힘 감시·제어장치 등을 설계·제작하였다. 개발된 벼 펠렛종자용 정밀 파종기는 포장실험을 통하여 그 성능을 평가하고, 이용 비용 분석을 수행하였다. 파종 작업속도 0.4 ~ 1.0 m/s 범위의 3 수준에서 파종간격, 최대 및 최소 파종간격, 파종간격의 범위분포, 미파종을, 펠렛종자 파손율 등을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 파종장치와 펠렛종자의 탑재에 따른 주행성을 평가하기 위하여 펠렛종자의 예상 탑재량에 해당하는 모의하중을 탑재하고 포장 주행 실험을 실시하였다. 무논상태에서 약간의 슬립(slip)이 발생하였으나 공시기에 펠렛종자 210 kg을 1회 탑재한 상태에서 0.5 ha를 파종할 수 있는 것으로 나타났다.
2. 종자막힘 감시·제어장치는 배플 종자량 및 미파종 상태를 완벽하게 감시하였으며, 관 막힘 등으로 인한 펠렛종자의 미파종은 압축 공기를 이용하여 해결할 수 있었으며, 0.02 %의 경우만이 작업자의 보조 조치가 필요한 것으로 나타났다.
3. 종자배출장치로서 롤러식과 타격식 종자배출장치를 개발하였다. 롤러식 종자배출장치에는 배종롤러의 개구각이 35° 와 65° 인 두 가지 형식의 종자배출장치와 캠의 직선왕복운동을 이용하여 단립의 펠렛종자를 배출하는 타격식 종자배출장치를 개발하였다.

4. 롤러식 종자배출장치의 포장실험 결과, 파종간격의 분포는 일정하지만 본 연구에서 목표로 하는 파종간격 12.0 cm에는 미치지 못하고, 13.0 ~ 18.0 cm의 범위에 많이 분포하는 경향을 보였다. 이것은 롤러의 구동축 동력전달체계의 설계가 다소 부적절했던 것으로 판단된다. 그리고, 배종롤러의 개구각이 35° 인 롤러식 종자배출장치의 미파종율은 최소 5 %에서 최대 25 %까지 증가 추세를 보였고, 배종롤러의 개구각이 65° 인 롤러식 종자배출장치의 미파종율은 최소 3 %에서 최대 14 % 정도로 개구각이 큰 형식의 롤러식 종자배출장치가 다소 양호한 파종성능을 나타내었다.

5. 캠의 직선왕복운동을 이용한 타격식 종자배출장치는 파종간격이 본 연구에서 목표로 하는 12.0 cm의 범위에 70 % 정도가 분포하였고, 최소파종간격과 최대파종간격은 각각 9.0 cm와 14 cm로 나타나 목표 파종간격을 정확히 얻을 수 있었으며, 미파종률과 펠렛 파손율도 전체 파종량의 약 2.0 % 미만으로 고속의 작업속도 수준에서도 극히 우수한 성능을 나타내었다.

6. 개발된 벼 펠렛종자용 정밀파종기의 부담면적은 24.5 ha, 이용 비용은 연간 3,824,000 원으로 분석되었다.

참고문헌

1. 김대호. 1996. 파종기용 파종 감시 장치 개발. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
2. 류일훈, 김경옥. 1997. 정밀파종용 롤러식 배종장치의 설계. 한국농업기계학회지. 22(4):401-410.
3. 이용국, 오영진, 이대원. 1996. 관리기용 다목적 파종기 개발. 한국농업기계학회지. 21(1):3-9.
4. 이증용, 최영수. 1996. 벼 직파기계 설계이론(I) - 직파기의 문제점과 개선점-. 한국농업기계학회 학술발표대회논문집. 7-11.
5. Afzal. M. Tabassum and Abdul Shakoor Ahan. 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.
6. Ajit K. Srivastava, Carroll E. Coering and Roger P. Rohrbach, 1993. Engineering principles of agricultural machines. 221- 252. ASAE Textbook Number 6.
7. Bosoi. E. S, O. V. Verniaev and I. I. Smirnov and E. G. Sultan-Shakh, 1991. Theory, Construction and Calculations of Agricultural machines. 276-316. A.A Balkema/Rotterdam.
8. Garcia. P. P, Nobutaka It and Koji Kito and Xiu Lun Wang, 1997, Computer-based optimal control of seeding rate based on travel speed and seed signals(I), 일본농업기계학회지, 59(6):93-107.
9. Javad. V. Jafari and K. James Fornstrom, 1972. Aprecision Punch-Planter Sugar Beets. Transactions of the ASAE, 569-571.

10. Kocher. M. F, Y. Lan and 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.
11. 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):379-387.
12. Kepner. R. A, Roy Bainer and E. L. Barger, 1978. Principles of farm machinery. AVI Publishing Company, INC.
13. Lan. Y , M. F. Kocher and J. A. Smith, 1999, Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. Journal of Agr. Engr. Research, 72:119-127.
14. Wilson, J. M. 1980. The effect of release errors and the release point on the design of precision seed drills. Journal of Agr. Engr. Research. 25:407-419.

제 4 장 벼 펠릿종자 개발 및 재배체계 연구

제 1 절 서 론

1. 연구개발의 배경

종자처리는 작물재배의 안정성, 편리성, 경제성, 환경친화성을 구비하고 작물생산성 향상이 추구되어야 한다. 이러한 종자처리로서 종자전염병균이나 해충을 방제하기 위한 종자소독, 토양 또는 물이나 공기를 통하여 전염하는 병균이나 해충으로부터 유식물을 보호하기 위한 처리, 종자의 발아속도 및 균일성을 향상시키기 위한 종자프라이밍, 병원균을 방제하기 위한 처리로서 종자코팅, 파종의 편리를 위한 종자펠릿이 있고 이외 피막종자, 장환종자, 테이프종자, 매트종자 등이 있다.

펠릿종자는 종자가 아주 작거나 표면이 매우 불균일 하여 손으로 다루거나 기계파종이 어려울 경우에 종자표면에 화학적으로 불활성의 고체물질을 피복하여 종자를 크게 만드는 것으로 과립종자라고도 한다. 미세한 종자에는 담배, 시호, 우슬, 페튜니아, 배추, 양배추, 참깨 등이 있고, 불규칙한 종자로 는 고추, 파, 양파, 상추, 당근 등이 있다.

종자 펠릿에 필요한 펠릿물질(재료)로는 석회를 포함한 석고, 백운석, 점토류, 규조토, 모래, carbonate, chalk, cellite, calcium, zeolite, cork, peatmoss, pumice, talcum 등이 있다. 접착제로는 methyl cellulose, carboxymethyl cellulose(CMC), dextran, gum arabic, hydroxyethyl cellulose, polyvinyl alcohol(PVA), polyvinyl pyrrolidone(PVP), tween, starch, sugar, 젤라틴 등이 이용되고 있다.

또한 펠릿종자에 첨가제로서는 병해충 방제용으로 살균제, 살충제, 살비제가 있고 때로는 조류피해를 경감하기 위하여 펠릿물질에 methiocarb나 endrin을 첨가하기도 한다. 잡초방제 수단으로서 제초제를 첨가하거나 또는 제초제로부터 종자나 유묘를 보호하기 위하여 제초제 해독제를 첨가하기도 한다. 영

양물질 로서 다량원소나 미량원소를 첨가하기도 한다.

이러한 기술의 필요성으로 현재 우리농업이 당면한 과제는 국내적으로는 농업인구의 급격한 감소와 노령화, 부녀화 추세로 생력화, 기계화, 자동화기술의 요구도가 점점 높아지고 있고 생산물의 생산비와 가격이 비싸 국제경쟁력이 매우 낮으며, 국외적으로는 '93년말 UR 농산물협상의 타결과 WTO의 출범으로 쌀시장 개방을 포함한 농업기술 분야에도 무한경쟁시대의 돌입으로 작목별 기술대응방안의 보완이 절실하게 되었다.

벼에 있어서 기술대응방안으로서 직파재배가 있는데 직파재배여건은 ① 기상적으로 건답직파 가능지역은 년 평균기온이 12℃ ~ 13℃이상이고, 담수 직파는 8℃이상인 곳에서 실용화 재배가 가능하지만, 일평년기온이 12℃ ~ 13℃가 되는 시기가 파종조한이 된다. 강수면에서 본 건답직파는 파종기때 많은 강수는 쇄토, 지균작업이 어렵고, 출아·입묘의 불량, 제초효과의 저하 등으로 생육·수량에 크게 영향한다. ② 토지조건으로 건답직파재배는 사양토나 식양토 범위에서 지력이 높고, 건답기간의 지하수위가 낮으며 배수가 약간 불량하고 담수후 누수가 적은 논이 적지이다. 또 건답기간에는 용수침투에 의한 토양의 과습이나 관수가 없어야 하고, 담수기간에는 관수가 편리하여야 한다. 담수직파는 토양환원이 일어나는 논에서는 출아·입묘의 장애가 발생할 우려가 있다. ③ 사회적으로는 농촌노동력 부족과 임금상승은 농작업의 간편화와 생력화가 필요하며 ④ 경영·경제적 조건으로는 기계화 생력재배에 의한 영농규모의 확대, 경영의 복합화에 의한 소득증대에 있다.

현재 우리의 여건은 호당 경지면적이 1 ha이하로 규모가 작아 생력화에 탄력성이 없고, 또한 직파재배 정착화에 결정적 계기가 될 만한 기술과 품종은 아직 개발되지 않고 실정이다. 따라서 직파재배기술의 발전은 영농규모와 복합영농 성립을 결정하게 될 것이고 이는 농촌노동력 부족해소와 국제경쟁력 제고에 보탬이 될 것이다. 경영상으로서 직파재배의 노동시간은 이앙재배보다 40% 가량 절감할 수 있고, 경영비는 10% ~ 15% 절감된다. 직파재배의 효

용성은 생산성 향상, 노동부담의 경감이다. 직파재배의 경제적 가치를 발휘하는데는 규모확대가 전제되어야 하는데, 구체적 실례로 직파재배에서 파종방법 개선을 통한 도복방지, 답수토중직파시 출아와 입모가 불안정한 기술의 진보를 전제로 하여 계산한 결과, 2 ha 정도의 대구획이 9 ha 정도로 단지화된 포장에서의 건답직파재배나 항공직파재배는 10 a 이상을 이양재배하는 것과 비교하여 노동시간은 1/4, 경영비는 64 % 낮아진다. 또한 규모 확대가 작업능률 향상을 촉진하는 상승효과를 얻을 수 있다고 하겠다. 그러나 현재의 기술수준에서 재배포장 규모의 확대는 기존 작업기가 갖고 있는 인력 의존성으로 인해 생력효과가 크지 않을 것이며, 대구획 포장에서 보행작업이 필요하게 되면 가혹한 노동을 강요하게 되고 이양체계에서 육묘나 묘의 운반 등 인력의 생력화가 대구획화의 과제로 되고 있는 만큼 자연히 이양 이외의 방식이 주목되며 농업자체의 개혁이 요구되고 있다.

따라서 이 같은 문제점 해결의 방안으로서 직파재배에서 필요한 기술은 품종개발, 출아와 입모의 안정화, 직파용 기계의 개발 등이 있는데 현재 답수 표면산파의 경우 입모율, 입모균일도, 초기입모도복, 종자유동, 부모율, 모썩음병, 조류 및 소동물 피해, 잡초방제, 후기도복, 생육중 관리 등 많은 문제점을 가지고 있고, 건답직파재배의 경우 입모가 많으면 줄기가 약하고, 도복 및 병해충 발생이 많아진다. 특히 불량한 환경조건에서 신속하고 균일한 입모 확보가 어려움이 있어 벼 펠렛종자 개발을 통해 입모율 향상, 초기 생육 확보, 병해충 방제, 시비기술 변화, 기계화 파종을 통해 생력성과 경제성이 수반된 안정적인 직파재배기술을 확립하고자 한다.

2. 연구개발의 목표 및 내용

(연구목표)

현행 직파재배 기술의 문제점 해결, 생력기계화, 작업의 편이성 향상을 위한 벼 펠렛종자를 개발하고, 개발된 벼 펠렛종자의 재배특성 시험을 통하여

안정적인 직파재배 기술을 확립하고자 함.

(연구내용)

- 벼 종자의 발아 및 초기생육이 관행 파종 이상이고 펠렛종자 제조 및 펠렛 파종기에 적합한 펠렛종자 파종시스템에 이상이 없는 펠렛 재료의 종류, 조성, 이화학적 특성 및 펠렛종자의 직파재배양식별 시험 결과에 대한 기초자료를 조사 분석한다.
- 재배양식별로 벼 품종간, 발아촉진제 처리별, 살균 및 살충제 처리별, 비료처리별 출아소요일수, 발아율, 입모율 및 벼 초기 생육반응에 미치는 영향을 온실재배를 통해 조사 분석한다.
- 펠렛재료 및 벼 종자 처리의 조합에 따른 출아소요일수, 발아율, 입모율 및 벼 초기 생육반응에 미치는 영향을 온실재배를 통해 조사 분석한다.
- 살균·살충제, 완효성복비처리된 몇가지 펠렛종자와 복합기비시용 유무에 따른 벼 생육특성, 수량 등을 재배양식별로 조사·분석하여 최종적으로 개발한 펠렛종자를 선택한다.
- 최종적으로 개발된 펠렛종자를 재배양식별로 파종기, 파종심도, 파종밀도 등에 따른 포장에서 벼 생육특성, 수량 등을 조사 분석하여 펠렛종자의 적정재배법을 구명한다.
- 벼 펠렛종자 재배체계의 포장적응시험을 지역특성이 고려된 다양한 토성에서 실시하여 재배안정성을 검토하고, 기존재배체계와 경제성 분석을 하여 벼 펠렛종자의 파종시스템을 평가한다.

3. 관련기술의 현황 및 문제점

담수직파재배의 출아율은 70 % 수준이고, 입모율은 60 % ~ 70 % 이내이나 관수후 뜨는 종자 비율은 15 % 수준이며 유동종자 비율은 11 % 수준이다. 담수토중 직파재배시 종자분의 재료로 CaO₂ 처리시 입모균일도 및 출아소요기간이 빠른 경향을 보였다.(원 등, 1997). 참깨종자의 과립화 재료로 활성탄소

를 이용시 발아율은 95 %로 무처리와 큰 차이가 없었다(오 등, 1997). 성형재료에 따른 담배 펠렛종자의 발아율은 무처리에 비해 차이가 없었으며 강도는 Bentonite가 가장 강했다(민 등, 1996).

벼에 있어서 일본의 경우 1960년대 초반부터 벼종자의 코팅, 이들 종자의 정밀점파, 재배법 등에 대한 연구들이 수행되어 왔으며, 국내에서도 현행 직파재배의 개선을 위하여 1990년대에 들어 벼 종자에 성장촉진제 침지 및 분의, 산적토 분의, 황토물 침지, 흙틀범씨 등에 대한 기초연구들이 수행되어 왔으며, 대부분 매우 양호한 시험결과를 나타낸 것으로 보고하고 있다. 그러나 낱알 종자의 처리가 대부분이며, 적정재배법 등에 대한 연구는 미흡한 편이며, 더욱이 벼 종자 처리장치의 개발, 적정 파종기의 개발이 이루어지지 못함에 따라 이들을 이용한 재배가 우수한 연구결과에도 불구하고 보편화되지 못하고 있는 실정이다. 기존의 펠렛 재료들이 고가인 점을 고려할 때 범씨의 경우 펠렛 종자화 된 작물종자들에 비해 크고 면적당 파종량이 많은 편에 속해 기존의 펠렛재료들이 고가인 점을 고려할 때 저가이면서 손쉽게 구할 수 있는 재료와 벼 재배시 문제점이 없는 펠렛재료 개발이 우선되어야 할 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 벼 펠릿종자 개발

가. 벼 펠릿재료와 접착제 선발

1) 펠릿재료 선발

펠릿재료는 연곡통 식양토(붉은색 산흙:이하 YSCL), 덕평통 미사질양토(벼 재배 논흙:이하 DSSL), 포승통 미사질양토(벼 재배 간척지흙:이하 PSSL)를 사용하였다. YSCL과 DSSL은 전남 나주시 산포면 산제리 보통답과 야산 주변에서, PSSL은 전남 해남군 미암면 간척지흙으로 이들의 화학적 조성은 표 4-2-1, 4-2-2와 같다. 토양 무기성분분석은 농촌진흥청 농업기술연구소 토양 화학분석법(1988)에 준하여 분석하였다. 토양 이온분석은 각각의 토양시료 10g를 0.1N HCl로 50 ml 희석한 후 ICP를 사용하였다. 펠릿종자의 크기는 직경 10 mm 정도였는데 15 °C ~ 20 °C에서 1주 이상 풍건시켰다. 제조된 펠릿종자의 모양과 건조 후 균열상태 등은 달관 조사하였다. 펠릿종자 경도는 산중식 경도계(DPRSX-T, Imada Co.)로 측정하였고 단위는 Kg/cm²로 표시하였다. 펠릿종자의 붕괴도는 수심 3 cm인 pot에 파종하여 붕괴정도를 조사하였다.

Table 4-2-1 Chemical properties of pellet material

Pellet material [†]	pH (1:5H ₂ O)	EC (dS/m)	O.M. (g/Kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/Kg)	SiO ₂ (mg/Kg)	C.E.C. (cmol ⁺ /Kg)	Ex. cat(cmol ⁺ /Kg)		
							K	Ca	Mg
YSCL	5.0	0.04	4.8	1	109	9.9	0.37	2.18	0.93
DSSL	6.5	0.08	12.4	37	95	9.5	0.22	4.33	1.47
PSSL	8.2	3.79	6.8	59	313	14.1	4.56	2.38	6.90

[†]YSCL : Yeongog Series Clay Loam, DSSL : Deogyong Series Silt Loam, PSSL : Poseung Series Silt Loam.

Table 4-2-2 Iron components of pellet material

Pellet material [†]	B	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
	-----mg/Kg-----							
YSCL	0.111	205.5	0.076	12.13	10.5	0.060	0.27	83.93
DSSL	0.392	402.8	0.546	127.70	640.0	0.750	2.37	5.60
PSSL	11.610	626.5	0.909	88.15	378.5	1.828	2.53	32.00

[†]The same as table 4-2-1

2) 접착제 선발

접착제는 gelatin(Showa Chemical INC., 一級, 粉末) 1%, 2%, 3%와 arabic gum(Junsei Chemical Co., 一級, 粉末) 1%, 5%, 10%를 사용하였다. 펠릿종자 제조를 위해 펠릿재료의 입자크기는 500 mesh 이하로 그 구성은 표 4-2-3과 같다. 펠릿종자 제조는 펠릿재료 100 g당 35 ml의 gelatin과 arabic gum 용액을 균일하게 혼합 반죽하여 펠릿당 종자 3립씩 들어가도록 하였다.

Table 4-2-3 Distribution of soil particles by size

Pellet material [†]	Size (μ m)	Percentage (%)
YSCL, DSSL, PSSL	500~200	80
	199~91	15
	≥ 90	5

[†]The same as table 4-2-1

3) 펠릿재료에 따른 발아율과 pH 및 Eh 변화

펠릿재료로서 YSCL, DSSL, PSSL이 범씨의 발아에 적합한지 밝히기 위해 각각의 재료를 플라스틱 box(10×30×5 cm)에 잘 교반하여 충전 후 수심 2 cm 정도 담수 후 파종밀도 2×2 cm, 파종심도는 0 cm(표면파종), 0.5 cm로 30립씩 10반복 파종하여 25 °C incubator에서 파종 후 7일까지 1일 간격으로

Association of Official Seed Analysts(AOSA, 1990)방법에 준하여 발아율을 조사하였다. 시험품종은 전남지역 직파재배 장려 품종인 동안벼를 사용하였다. 또한 펠렛재료간 발아율 차이를 밝히기 위해 담수조건에서 pH와 Eh의 경시적 변화를 측정하였다. pH는 pot내 토심 0.5 cm 이내 깊이의 토양을 채취하여 5배의 증류수를 즉시 가해 충분히 교반시켜 30분 후에 초자전극법으로 측정하였다. Eh는 토심 0.5 cm 지점에 측정기의 전극을 넣어 측정하였다. pH와 Eh의 측정은 pH meter(Model pH 82. Yokogawa, Japan)를 사용하였다.

4) 펠렛종자의 pH와 Eh 및 탁도

펠렛재료로 YSCL, DSSL, PSSL과 접착제인 arabic gum, gelatin으로 제조된 펠렛종자의 발아에 영향을 주는 주 요인을 탐색하기 위해 pH, Eh 및 Turbidity(Tb)등을 조사하였다. 펠렛재료와 접착제 결합에 따른 펠렛종자의 pH와 Eh 및 Tb의 변화를 측정하기 위해 유리병에 펠렛종자 5배 부피의 증류수를 채웠다. 여기에 펠렛종자를 파종하여 8일째 증류수의 pH와 Eh 및 Tb를 측정하였다. 탁도는 달관조사로 증류수가 아주 맑음(VC), 맑음(C), 탁함(M), 아주 탁함(VM)로 표시하였다.

5) 펠렛종자의 발아 및 출아 특성

펠렛종자에 적합한 재료 선발기준은 남부지방 담수표면산과 적응 품종시험에서 동안벼 최아종자의 '96~'98년 평균 입모율이 55 %(전남농업기술원, 1998)임을 감안하여 이를 상회하는 양호한 발아율을 보였던 펠렛재료는 YSCL과 DSSL이었으나, DSSL은 binder로 gelatine 3 %와 arabic gum 5, 10 %로 제조된 펠렛종자가 충분한 정도와 담수조건에서 적당한 붕괴시간을 갖추었지만 펠렛재료의 pH와 Eh 변화 및 펠렛종자가 침종된 증류수의 pH와 Eh 및 탁도는 적합하지 않았다. YSCL은 arabic gum 10 %(A10)를 접착제로 이용하여 펠렛종자를 제조할 때 모양형성과 표면상태가 우수하고, 운반, 취급, 기계파종시 파괴되지 않는 정도, 담수조건에서 적당한 붕괴시간을 유지할 수 있는 처리였기에 YSCL과

A10를 선발하여 제조된 펠렛종자(PDS)의 발아 및 출아특성을 조사하였으며, 이후 모든 펠렛종자는 YSCL과 A10를 기본적으로 이용하였다.

PDS와 무처리 종자(건조종자: 이하 DS)를 플라스틱 box(10×30×5 cm)에 논흙을 잘 교반하여 충전 후 수심 2 cm 정도 담수 후 파종밀도 2×2 cm, 파종심도는 0 cm(표면파종)로 30립씩 10반복 파종하여 파종 후 14일까지 1일 간격으로 AOSA 방법에 준하여 발아율을 조사하였다. 발아기준은 표면파종의 경우 유아가 출현할 때, 0.5 cm 파종은 상면에 유아가 출현되었을 때를 발아로 인정하였다. 출아는 불완전엽이 나온 개체수, 입모는 2.5엽이상 전개된 개체수를 조사하였다.

6) 펠렛종자의 파종심도별 입모와 모도복

PDS와 DS를 플라스틱 box(10×30×5 cm)에 논흙을 잘 교반하여 충전 후 수심 2 cm 정도 담수 후 파종밀도 2×2 cm, 파종심도는 0(표면파종), 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 cm로 30립씩 10반복 파종하여 25 °C incubator에서 파종 후 10일까지 1일 간격으로 AOSA 방법에 준하여 발아율을 조사하였다. 시험품종은 전남지역 직파재배 장려품종인 동안벼를 사용하였다. 파종심도 0 cm에서 DS 파종은 유아가 출현할 때, PDS 파종은 펠렛 표면위로 유아가 출현되었을 때를 발아로 인정하였다. 출아는 불완전엽이 나온 개체수, 입모는 2.5엽이상 전개된 개체수를 조사하였다. 모도복은 45° 이상 쓰러진 묘를 조사하였다.

나. 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성

펠렛종자의 발아 및 입모 특성의 품종간 차이를 알아보기로 조생종인 금오벼, 중생종인 화영벼, 그리고 중만생종인 동진벼, 일미벼, 동안벼, 대산벼 등 6품종을 시험하였다. 논흙을 플라스틱 box(10×30×5 cm)에 잘 교반하여 충전 후 품종별로 prochloraz 25 % 유제(PC)에 24시간 침지소독 후 건조된 종자와 이를 펠렛한 종자를 담수직파는 수심 2 cm 정도로 유지하였고, 건답직파는 밀면

이 구멍 뚫린 box에 종자파종 후 충분한 관수만 1회 하였다. 파종밀도 2×2 cm, 파종심도는 담수직파에서 건조종자는 0 cm, 펠렛종자는 0.5 cm로 하였고, 건담직파는 건조종자와 펠렛종자 모두 3 cm 깊이로 하였다. 파종량은 담수 및 건담직파 모두 30립씩 10반복 파종하여 파종 후 14일까지 1일 간격으로 AOSA 방법에 준하여 발아율을 조사하였다. 발아기준은 담수직파에서 건조종자 파종은 유아가 출현할 때, 펠렛종자 파종은 펠렛종자 위로 유아가 출현되었을 때를 발아로 간주 하였고, 건담직파는 토양표면위로 엽 출현시로 하였다. 출아는 불완전엽이 나온 개체수, 입모는 2.5엽이상 전개된 개체수를 조사하였다. 표 4-2-4는 최종적으로 선택된 펠렛종자의 재료로 YSCL에 접착제로서 arabic gum 10 %(이하 A10)를 첨가하여 만든 펠렛종자의 pH와 Eh 값이다. 표 4-2-5는 실험기간 동안의 하우스의 오전, 오후 시간별 실내 평균온도와 pot내 수온이다.

Table 4-2-4 pH and Eh of the pellet materials

Pellet material	pH	Eh (mV)
Distilled water	4.88	242
Arabic gum 10%	4.56	254
YSCL + Arabic gum 10%	4.93	250

Table 4-2-5 Average temperatures of air and water in pot for 14 days after seeding in green house

Indoor temperature (°C)		Water temperature (°C) in pot	
10 AM	2 PM	10 AM	2 PM
25.2	32.3	18.6	25.7

다. 종자처리 펠렛종자의 발아 및 입모 특성

1) Priming 처리

가) Priming 처리제 선발

담수직파의 관행 파종인 최아종자는 최아조건에서 본답 생육을 시작함에 반해 펠렛종자내 건조종자는 본답에서 수분흡수 후 발아를 시작하는 생육차이가 있다. 따라서 이러한 차이를 줄일 수 있는 방안과 더불어 입모율을 향상시킬 수 있는 하나의 방법으로 priming 처리를 하였다. Priming 처리제는 GA₃(Fluka., 80 % gibberellin A₃)80 ppm 용액, MS(Sigma chemical co., Murashige and skoog basal mixture)1, 2배액, KNO₃(Yakuri pure chemicals., 一級)100, 200 mM 및 증류수이었고, 플라스틱용기(18×18×8.5 cm)에 증류수는 종자부피 배량을 넣었다. 발아시험은 직경 9 cm의 petri dish에 흡습지(Whattman No. 2) 2매를 깔고 증류수 10 ml를 넣은 후 50립의 종자를 6반복으로 파종한 다음 15 °C incubator에 치상하여 AOSA방법에 의해 1일간격으로 9일간 조사하였다. 발아는 유아가 0.5 mm이상 신장된 것을 발아한 것으로 하였다.

나) Priming 처리 펠렛종자의 입모 특성

증류수 25 °C, 4일 침지하여 priming된 종자와 이 종자로 펠렛종자로 만들어 발아·입모율을 조사하였다. pot 실험 조건 및 조사방법은 2절 1, 나의 5와 같다.

다) 펠렛종자 입모향상을 위한 priming 처리 온도와 기간

Priming 처리제 선발 조건에서 증류수에서 presoaking된 종자가 좋은 발아율을 보여 priming 처리제로 증류수를 이용하였다. 처리 온도는 15, 20, 25, 30 °C로 하였다. Priming 기간은 각각의 처리 온도에서 발아가 일어나기 전까지 하였다. Priming된 종자는 15 °C ~ 20 °C에서 1주 이상 풍건시켰고, 발아

시험은 직경 9 cm의 petri dish에 흡습지(Whattman No. 2) 2매를 깔고 증류수 10 ml를 넣은 후 50립의 종자를 6반복으로 파종한 다음 15, 25 °C로 조정된 seed germinator에 각각 치상하여 1일 간격으로 8일간 조사하였다. 발아는 유아가 0.5 mm이상 신장된 것을 발아한 것으로 하였다. 또한 처리된 각각의 priming 종자를 펠렛종자로 제조하여 발아율 및 출아율을 조사하였다.

Priming 처리된 펠렛종자의 파종은 플라스틱 box(10×30×5 cm)에 논흙을 잘 교반하여 충전 후 수심 2 cm 정도 담수 후 파종밀도 2×2 cm, 파종심도는 0 cm로 30립씩 10반복 파종하여 파종 후 14일까지 1일 간격으로 AOSA 방법에 준하여 발아율을 조사하였다. 발아기준은 건조종자 파종은 유아가 출현할 때를, 펠렛종자 파종은 펠렛위로 유아가 출현했을 경우 발아로 인정하였다. 출아는 불완전엽이 나온 개체수, 입모는 2.5엽이상 전개된 개체수를 조사하였다.

2) 발아촉진제 처리

종자에 발아촉진제를 처리하는 것이 펠렛종자의 발아와 입모에 미치는 영향을 알고자 GA₃와 CaO₂를 처리하였다. 종자처리로서 건조종자(DS), 종자소독(PC), 종자소독과 동시에 GA₃ 100 ppm 용액에 24시간 침지(PCG), 종자소독 후 CaO₂ 소독한 종자와 1:1(V/V)로 coating(CaPC), 종자소독과 동시에 GA₃ 100ppm 용액에 24시간 침지(PCG)종자에 CaO₂를 1:1(V/V)로 coating 처리(CaGPC)와 이 같이 처리된 종자를 이용하여 펠렛종자를 제조하여 실험에 사용하였다. 벼 시험품종은 동안벼이며 pot 실험 조건 및 조사방법은 2절 1, 나의 5와 같다.

3) 농약처리

종자에 농약처리가 펠렛종자의 발아 및 입모에 미치는 영향과 방제효과를 알고자 종자소독제로 살균제인 이미다졸 계통의 prochloraz 유제 25 %(스포탁, 경농 : 이하 PC)와 살균(종자소독, 잎도열병)·살충제(벼 물바구미, 애멸구)로 carpropamid 40 % + imidacloprid 21 % + fludioxonil 2 %(자바라, 동부한농 :

이하 CIF)를 사용하였다. 시험품종은 동안벼이고, PC 처리는 물 20 l 당 10 ml 약량에서 24시간 종자를 침지하였으며, CIF 처리는 종자 1 Kg당 10 g을 습분의 coating하여 상온에서 건조시켰고, CIFPC 처리는 PC 처리된 종자에 CIF 처리하였다. 종자처리로서 건조종자(DS), 종자소독(PC), 종자분의(CIF), 종자소독 후 종자분의(CIFPC)와 처리된 이들 종자를 각각의 펠릿종자로 제조하였다. Pot 실험 조건 및 조사방법은 2절 1, 나의 5와 같고, 포장 실험에서의 CIF 처리된 펠릿종자의 벼 물바구미 방제효과는 파종 후 20일에 벼 물바구미 피해율 및 성충수를 조사하였다.

4) 비료처리

펠릿당 완료성분비를 펠릿재료와 혼합 후 펠릿종자를 제조하며 발아·출아율을 조사하였다. 표 4-2-6은 펠릿당 함유된 비료성분량과 10 a당 시용 기비의 성분량이다. 펠릿종자당 복비(N-P-K=18-12-13 %)를 8.4-5.6-6.1 mg, 84.6-56.4-61.1 mg을 넣었다. Pot 실험 조건 및 조사방법은 2절 1, 나의 5)와 같다.

Table 4-2-6 Amount of fertilizer in a rice-seed pellet

	N-P-K (mg/pellet seed)	N (Kg)	P (Kg)	K (Kg)
Complex fertilizer	8.4-5.6-6.1	0.20	0.13	0.15
	84.6-56.4-61.1	2.02	1.34	1.45

5) 종합처리

펠릿종자의 발아율 및 입모율을 안정화시키고, 또한 생력재배 일환으로 농약이나 비료를 첨가한 다음 펠릿종자를 제조하여 이들 처리가 발아와 입모에 미치는 영향을 알고자 시험하였다. 시험품종은 동안벼이고, 입모율 향

상 종자처리로는 GA_3 , CaO_2 등 발아촉진제, 생력화 방안으로 농약처리로는 PC, CIF, CIFPC와 비료로 pellet당 복비(N-P-K=8.4-5.6-6.1 mg)를 넣어 종합처리하였다. Pot 실험 조건 및 조사방법은 2절 1, 나의 5)와 같다.

2. 벼 펠렛종자 재배특성

펠렛종자의 살균·살충제, 완효성 복합비료 처리와 본답 기비시용 여부에 따른 벼 초기생육 및 효과를 구명하고자 건답직파 및 답수직파의 관행재배와 비교하여 생육특성을 조사하였다.

벼 시험품종은 직파재배 적응품종인 동안벼이며 펠렛 성형용 재료로 산적토를 사용하였다. 펠렛에 사용된 접착제는 젤라틴(3%)와 아라비아고무(10%)이며 종자소독은 스포탁(살균작용)과 스포탁 처리 후 자바라(살균·살충작용) 습분의 처리를 하였다. 펠렛내 비료는 완효성복합비료(N- P_2O_5 - K_2O =18-12-13) 0.152 g를 1개의 펠렛에 첨가하였고 펠렛내 종자입수는 3립으로 하였다. 시험 포장의 토성은 덕평 미사질양토이다. 시험구 배치는 본답 기비여부별 난괴법 3반복으로 실시하였고 기타 재배관리와 생육조사는 농촌진흥청 표준재배법과 조사기준에 준하였다.

가. 건답직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량

건답직파재배의 파종기는 4월 20일이며 파종방법은 파종밀도 30×14 cm에 파종심도는 1 cm이었다. 관행구 파종은 30 cm 조파 줄뿌림으로 건조종자를 ha당 60 Kg을 파종하였다. 물관리 방법은 파종 후 10일에 입모향상을 위해 포장상면까지 관수하여 1일정도 유지시킨 후 배수하였다. 그 이후 잦은 강우로 관수하지 않았다. 3엽기 이후부터는 기존 이앙답에 준하여 관리하였다. 본답시비는 기비구(N- P_2O_5 - K_2O =150-45-57 Kg/ha)와 무처리구(N- P_2O_5 - K_2O =75-45-17 Kg/ha)로 하였다. 벼 펠렛종자의 생육을 보고자 초장은 파종 후 40, 66, 100일에, 엽수는 40일, m^2 당 경수는 파종 후 66일, 100일, 결주율, 건물중, T/R률 및 모층

실도는 파종 후 40일에 조사하였다. 펠렛종자의 자바라 처리효과를 보기 위해 파종 후 53일에 벼 물바구미 피해주율 및 성충수를 조사하였다. 포장도복은 출수후 40일에 달관조사하였고, 수량은 출수후 55일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분함량이 15 % 정도 되게 말린 다음 탈망 정선한 후 평량하여 정조중으로 하였고 정조의 제현은 일본 Sasaket사의 ST 제현기를 이용하였다. 제현한 현미중 완전미를 골라 현미천립중을 구하였다.

나. 담수직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량

담수직파재배의 파종기는 5월 10일이며 파종방법은 파종밀도 30×14 cm로 담수표면에 펠렛종자 1립을 점파하였으며 대조구(관행구)파종은 표면산파로 최아종자를 ha당 40 Kg을 파종하였다. 물 관리 방법은 농촌진흥청의 표준재배법에 준하였고 본답시비는 기비 처리구(N-P₂O₅-K₂O=110-45-57 Kg/ha)와 무처리구(N-P₂O₅-K₂O=55-45-17 Kg/ha)로 하였다. 벼 펠렛종자의 생육을 보고자 초장은 파종 후 20, 46, 80일에, 엽수는 20일, m²당 경수는 파종 후 46일, 80일, 결주율, 건물중, T/R를 및 모층실도는 파종 후 20일에 조사하였다. 펠렛종자의 자바라 처리효과를 보기 위해 파종 후 20일에 벼 물바구미 피해주율 및 성충수를 조사하였다. 포장도복은 출수후 40일에 달관 조사하였고, 수량은 출수후 55일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 건답직파와 같은 방법으로 조사하였다.

3. 벼 펠렛종자 적정재배법 구명

펠렛종자의 파종기, 파종심도, 파종밀도에 대한 벼 생육특성을 조사하여 가장 적합한 재배조건을 밝히고자 건답 및 담수직파에서 관행재배와 비교하였다. 벼 시험품종은 직파재배 적응품종인 동안벼이며 펠렛 성형용 재료로 산적토(연곡통 식양토)를 사용하였다. 펠렛제조에 사용된 접착제는 아라비아고무용

액 10 %이며 종자소독은 스포탁 처리후 자바라(살균·살충작용)를 습분의 처리를 하였다. 펠렛내 종자입수는 3립으로 하였고 펠렛종자는 1립씩 파종하였다. 재배양식은 건답직파와 담수표면직파이며 시험포장의 토성은 덕평 미사질양토이다. 시험구 배치는 재배양식별 난괴법 3반복으로 실시하였고 기타 재배관리와 생육조사는 농촌진흥청 표준재배법과 조사기준에 준하였다.

가. 건답직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량

건답직파재배에서 파종기는 4월 20일, 5월 1일, 5월 10일이고 파종심도는 1, 3 cm이며 파종밀도는 30×8, 11, 14 cm이었다. 파종방법은 펠렛종자 1립을 점파하였다. 관행구 파종은 30 cm 조파 줄뿌림으로 건조종자를 ha당 60 Kg을 파종하였다. 물 관리 방법은 파종 후 10일까지 충분한 강우가 없을 때 입모을 확보를 위해 논 표면 위(약 10 cm)까지 관개하고 4시간 후 배수하였다. 3엽기 이후부터는 기종 이앙답에 준하여 관리하였다. 본답시비는 N-P₂O₅-K₂O=150-45-57 Kg/ha로 하였다. 벼 펠렛종자의 생육을 보고자 초장은 파종 후 55일에, 주당경수는 파종 후 60일부터 10일 간격으로 4회 조사하였다. 포장도복은 출수후 40일에 달관조사하였고, 수량은 출수후 55일에 4.2m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분함량이 15 % 정도 되게 말린 다음 탈망 정선한 후 평량하여 백미중으로 하였고 정조의 제현은 일본 Sasake사의 ST 제현기를 이용하였다. 제현한 현미중 완전미를 골라 현미천립중을 구하였다.

나. 담수직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량

담수직파재배에서 파종기는 5월 1일, 5월 10일, 5월 20일이고 파종심도는 0, 1 cm이며 파종밀도는 30×8, 11, 14 cm이었다. 파종심도 1 cm에서는 생육특성 조사에 필요한 충분한 입모가 되지 않아 수량성 조사에서 제외하였다. 파종방법은 펠렛종자 1립을 담수표면점파 하였으며 관행구 파종은 산파로 최

아종자를 ha당 40 Kg을 파종하였다. 본답시비는 N-P₂O₅-K₂O=110-45-57 Kg/ha로 하였다.

벼 펠렛종자의 생육을 보고자 초장은 파종 후 55일에, 주당경수는 파종 후 50일부터 10일 간격으로 4회 조사하였다. 포장도복은 출수후 40일에 달관조사하였고, 수량은 출수후 55일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분함량이 15 % 정도 되게 말린 다음 탈망 정선한 후 평량하여 백미종으로 하였고 정조의 제현은 일본 Sasaket사의 ST 제현기를 이용하였다. 제현한 현미중 완전미를 골라 현미천립종을 구하였다.

4. 벼 펠렛종자 포장적용시험

가. 건답직파에서 토성 및 질소수준에 따른 생육 및 수량

건답직파재배에서 토성은 식양토(나주), 사양토(해남), 간척지(고흥)로 하여 질소시비수준은 식양토에서는 110, 150, 190 Kg/ha, 조파(관행 시비량)는 150 Kg/ha으로 하였다. 사양토에서는 130, 170, 210 Kg/ha, 조파(관행 시비량)는 170 Kg/ha으로 하였다. 간척지에서는 160, 200, 240 Kg/ha, 조파(관행 시비량)는 200 Kg/ha로 하였다. 파종기는 식양토 4월 20일, 사양토 5월 4일, 간척지 5월 17일이며 파종방법은 파종밀도 30×10 cm에 파종심도는 1 cm 이었다. 각 토성 모두 관행구 파종은 30 cm 조파 줄뿌림으로 건조종자를 ha당 60 Kg을 파종하였다. 물관리 방법은 파종 후 10일에 입모향상을 위해 포장 상면까지 관수하여 1일정도 유지시킨 후 배수하였다. 3엽기 이후부터는 기존 이앙답에 준하여 관리하였다. 벼 펠렛종자의 생육을 보고자 초장, 엽수, 경수, 건물중은 시비전 조사하였다. 포장도복은 출수후 40일에 달관조사하였고, 수량은 출수후 55일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분함량이 15 % 정도 되게 말린 다음 탈망 정선한 후 평량하여 정조종으로 하였고 정조의 제현은 일본 Sasaket사의 ST 제현기를 이용하였다. 제현한 현미중 완전미를 골라 현미천립종을 구하였다.

나. 담수직파에서 토성 및 질소수준에 따른 생육 및 수량

담수직파재배에서 토성은 식양토(나주), 사양토(해남), 간척지(고흥)로 하여 질소시비수준은 식양토에서는 70, 110, 150 Kg/ha, 산파(관행 시비량)는 110 Kg/ha으로 하였다. 사양토에서는 90, 130, 170 Kg/ha, 산파(관행 시비량)는 130 Kg/ha으로 하였다. 간척지에서는 160, 200, 240 Kg/ha, 산파(관행 시비량)는 200 Kg/ha로 하였다. 파종기는 식양토 5월 10일, 사양토 5월 14일, 간척지 5월 17일이며 파종방법은 파종밀도 30×10 cm에 파종심도는 0 cm이었다. 각 토성 모두 관행구 파종은 담수표면산파로 최아종자를 ha당 40 Kg을 파종하였다. 물관리 방법은 농촌진흥청의 표준재배법에 준하였고 벼 펠렛종자의 생육을 보고자 초장, 엽수, 경수, 건물중은 시비 전 조사하였다. 포장도복은 출수후 40일에 달관조사 하였고, 수량은 출수 후 55일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분함량이 15 % 정도 되게 말린 다음 탈망 정선한 후 평량하여 정조종으로 하였고 정조의 제현은 일본 Sasaket사의 ST 제현기를 이용하였다. 제현한 현미중 완전미를 골라 현미천립중을 구하였다.

5. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육, 수량 및 경제성 분석

가. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육 및 수량

펠렛종자의 파종시스템으로 펠렛제조장치를 이용하여 상토혼합비 7 : 1, 성형을 회전속도 7 rpm의 조건으로 만든 벼 펠렛종자를 펠렛종자파종기로 파종하였을 때 포장에서 생육특성 및 수량을 조사하였다. 펠렛종자는 시험품종으로 직파재배 적응품종인 동안벼을 이용하였다. 파종양식은 건답직파와 담수직파로 하였고 파종밀도는 30×12 cm로 파종심도는 건답직파는 3 cm이내 깊이로 담수직파는 논 표면에 펠렛종자는 1립을 파종 하였다. 생육 및 수량은 관행과 비교하였다. 재배관리와 생육조사는 농촌진흥청 표준재배법과 조사기준에 준하였다.

나. 벼 펠렛종자 파종시스템의 경제성 분석

육묘 및 이앙작업 단계의 재배방식별 노동투하시간, 노동력 절감효과, 생산비 및 작업효율성을 펠렛제조 시작기, 펠렛파종시작기, 기계이앙기, 인력 등과 결부시켜 벼 펠렛종자 재배시스템의 경제성을 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 벼 펠렛종자 개발

가. 벼 펠렛재료와 접착제 선발

1) 펠렛재료와 접착제 선발

표 4-3-1은 벼 종자의 펠렛에 적합한 재료를 탐색하기 위해서 펠렛재료 별 펠렛종자의 모양을 나타낸 것이다. 펠렛종자 모양형성은 모든 재료에서 대체로 좋았는데 그 중 포승통 미사질양토(PSSL)가 가장 양호하였고 그 정도는 접착제의 종류와 농도에 따라 각각 달랐다. 본 실험에서는 재료간 차이 보다는 접착제 농도의 영향이 컸는데 농도가 높아질수록 펠렛종자 형성은 잘되었다. 본 실험 결과는 다른 보고와 달리 펠렛재료간 차이가 뚜렷하지 않았던 것은 펠렛 방법의 차이에 기인한 것인데 본 연구에서는 펠렛기계가 회전롤식 압축성형기였기 때문에 기계의 물리적인 힘에 의해서 펠렛 제조되지만 다른 보고에서는 pan type의 펠렛 기계를 사용하였기에 재료의 차이가 뚜렷하였다고 생각된다. 본 실험에서 공시한 재료 종류가 많지 않았던 것은 값이 싸고 쉽게 구할 수 있는 것이어야 실용화면에서 유리하다고 판단되었기 때문이다.

표 4-3-2는 펠렛종자의 경도를 나타낸 것이다. 평균 경도는 덕평통 미사질양토(DSSL)와 연곡통 식양토(YSSL)가 각각 104.4, 44.4 Kg/cm², PSSL은 3.3 Kg/cm²으로 가장 작게 나타났다. 펠렛재료의 경도는 접착제로서 물을 사용할 경우 DSSL이 가장 높게 나타났지만 취급에 적합할 정도의 경도보다는 낮았다. 접착제 종류별 경도를 보면 같은 농도에서는 arabic gum이 gelatine에 비해 컸으며, 같은 접착제에서는 농도가 높을 수록 경도는 커졌으며, 특히 arabic gum 10 %는 DSSL와 YSSL에서 각각 700, 300 Kg/cm²를 보여 다른 처리와는 현저한 차이를 보였다. 펠렛종자의 경도는 기계파종 및 취급에 지장이 없을 정도의 경도를 지녀야하는데 본 연구에서 4.0 Kg/cm² 이상의 경도를 지닌 펠렛종자

는 9 m 높이에서 콘크리트 바닥으로 낙하시 파괴율이 0 %을 나타내 취급과 파종시 안정적인 것으로 판단되었다. 펠릿재료에 따른 접착제 종류와 농도별 펠릿종자의 경도를 보면 YSCL에서는 arabic gum 5 %와 10 %에서만 취급에 적당할 정도의 경도를 나타냈으며, DSSL과 PSSL에서는 gelatine 3 %와 arabic gum 5 %와 10 % 처리에서 적당한 경도를 나타냈다.

Table 4-3-1 The roughness of the rice-seed pellet by materials and binders

Material ^T	Binder	Pellet shape ^P	Remark
YSCL	Distilled water	+	Rough
	Gelatine 1 %	++	Good
	Gelatine 2 %	+++	Very good
	Gelatine 3 %	+++	Very good
	Arabic gum 1 %	+	Rough
	Arabic gum 5 %	++	Good
	Arabic gum 10 %	+++	Very good
DSSL	Distilled water	++	Good
	Gelatine 1 %	+++	Very good
	Gelatine 2 %	+++	"
	Gelatine 3 %	+++	"
	Arabic gum 1 %	++	Good
	Arabic gum 5 %	+++	Very good
	Arabic gum 10 %	+++	"
PSSL	Distilled water	+++	"
	Gelatine 1 %	+++	"
	Gelatine 2 %	+++	"
	Gelatine 3 %	+++	"
	Arabic gum 1 %	+++	"
	Arabic gum 5 %	+++	"
	Arabic gum 10 %	+++	"

The same as table 4-2-1

^P+++ Very smooth in surface, ++ Smooth, + Rough.

Table 4-3-2 Hardness of the rice-seed pellet by materials and binders

Material [†]	Binder	Hardness (Kg/cm ²)
YSCL	Distilled water	0.20 d
	Gelatine 1 %	0.22 d
	Gelatine 2 %	0.24 d
	Gelatine 3 %	0.80 d
	Arabic gum 1 %	0.79 d
	Arabic gum 5 %	8.5 cd
	Arabic gum 10 %	300 b
	Mean	44.4
DSSL	Distilled water	1.4 d
	Gelatine 1 %	1.6 d
	Gelatine 2 %	1.8 d
	Gelatine 3 %	7.0 cd
	Arabic gum 1 %	3.1 d
	Arabic gum 5 %	16.0 d
	Arabic gum 10 %	700 a
	Mean	104.4
PSSL	Distilled water	1.1 d
	Gelatine 1 %	2.0 d
	Gelatine 2 %	3.5 d
	Gelatine 3 %	4.0 d
	Arabic gum 1 %	2.8 d
	Arabic gum 5 %	4.0 d
	Arabic gum 10 %	6.0 d
	Mean	3.3

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

[†]The same as table 4-2-1.

펠릿종자의 경도는 기계파종 및 취급에 지장이 없을 정도의 경도를 지녀야 하는데 본 연구에서 4.0 Kg/cm² 이상의 경도를 지닌 pellet 종자는 9 m 높이에서 콘크리트 바닥으로 낙하시 파괴율이 0 %를 나타내 취급과 파종시 안정적인 것으로 판단되었다. 펠릿재료에 따른 접착제 종류와 농도별 펠릿종자의 경도를 보면 YSCL에서는 arabic gum 5 %와 10 %에서만 취급에 적당할 정도의 경도를 나타냈으며, DSSL과 PSSL에서는 gelatine 3 %와 arabic gum 5 %와 10 % 처리에서 적당한 경도를 나타냈다.

담수직파에서 펠릿종자는 물 속에서 파종되기 때문에 곧 바로 붕괴되지 않아야 종자가 물위로 뜨거나 이동하는 것을 막을 수 있어 정확한 위치에 일정한 종자량을 파종할 수 있다. 그렇게 하기 위해서는 파종 후 펠릿종자가 주변 변화에 충분히 적응할 수 있는 시간적 여유를 가져야 한다. 펠릿재료에 접착제로서 Gelatin 용액 1, 2, 3 %와 arabic gum 용액 1, 5, 10 %로 제조된 펠릿 종자를 수심 3 cm의 포트에 넣어 파종 후 경과 시간에 따른 펠릿종자 붕괴시간을 조사한 결과는 표 4-3-3과 같다. 펠릿종자 붕괴 정도는 YSCL의 경우 gelatin 1, 2 %용액과 arabic gum 1, 5 %용액에서는 파종 후 23분 이내 완전히 붕괴되었으나, gelatin 3 %용액은 240분이상, arabic gum 10 %용액은 107분에 붕괴되었다. DSSL의 경우 gelatin 2 %용액과 arabic gum 1 %용액 이상에서는 60분 이상에서 완전 붕괴도를 보였다. 또한 PSSL의 경우 DSSL와 같은 경향을 보였다. 펠릿 종자는 파종 후 60분(파종기를 이용한 파종작업시) 이전에 완전 붕괴되지 않아야 종자가 뜨거나 이동하는 일이 없을 것으로 생각된다. 이에 담수직파에서 펠릿종자 붕괴도를 고려할 때 적합한 펠릿재료에 따른 접착제는 YSCL의 경우 gelatin 3 %, arabic gum 10 %이었고, DSSL 및 PSSL의 경우는 gelatin 2 % 이상, arabic gum 1 % 이상이었다. 따라서 건담 및 담수직파에서 펠릿종자의 모양과 경도 및 붕괴도를 고려할 때 적합한 펠릿재료는 YSCL이었고, arabic gum 용액 10 %이었다.

Table 4-3-3 Breaking time of the rice-seed pellet by materials and binders on flooded paddy surface

Material [†]	Binder	Breaking time (Min.)
YSCL	Distilled water	1 i
	Gelatine 1 %	2 i
	Gelatine 2 %	5 i
	Gelatine 3 %	Over 240 a
	Arabic gum 1 %	2 i
	Arabic gum 5 %	23 h
	Arabic gum 10 %	107 e
	Mean	48
DSSL	Distilled water	21 h
	Gelatine 1 %	25 h
	Gelatine 2 %	146 c
	Gelatine 3 %	Over 240 a
	Arabic gum 1 %	94 f
	Arabic gum 5 %	Over 240 a
	Arabic gum 10 %	Over 240 a
	Mean	144
PSSL	Distilled water	23 h
	Gelatine 1 %	82 g
	Gelatine 2 %	107 e
	Gelatine 3 %	210 b
	Arabic gum 1 %	115 d
	Arabic gum 5 %	Over 240 a
	Arabic gum 10 %	Over 240 a
	Mean	145

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

[†] The same as table 4-2-1.

2) 펠릿재료에 따른 발아율과 pH 및 Eh

가) 발아율

펠릿종자의 발아와 입모 등에 적합한 펠릿재료를 선발하고자 재료별로 건조종자(DS)를 파종하여 파종 후 일수별로 발아율을 조사하였다(표 4-3-4). 모든 펠릿재료에서 표면파종(파종심도 0 cm)이 파종심도 0.5 cm 보다 발아율이 높았으며 발아속도 또한 빨랐다. 펠릿재료별로 보면 표면파종에서 YSCL에서 DS는 파종 7일 후 97 %의 발아율을 보여 DSSL 73 %, PSSL 50%에 비하여 20 % ~47 % 높았다. 파종심도 0.5 cm에서는 YSCL과 DSSL은 차이가 없었지만, PSSL과는 큰 차이를 보였다. 또한 YSCL과 PSSL에서는 파종심이 깊어질수록 발아율의 감소가 현저하였다. 그러나 YSCL에서 건조종자는 파종 후 가장 먼저 발아하고 있어 YSCL가 펠릿재료로서 가장 우수한 것으로 판단되었다.

Table 4-3-4 Germination percentage of the dry seed by pellet materials, soil depths and DAS at 25 °C

Pellet material [†]	Seeding depth (cm)	Germination percentage		
		5DAS [‡]	6DAS	7DAS
YSCL	0	47 a	93 a	97 a
	0.5	17 c	60 b	73 b
DSSL	0	33 b	58 b	77 b
	0.5	0 d	40 c	73 b
PSSL	0	0 d	28 d	50 c
	0.5	0 d	8 e	24 d

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

[†] The same as table 4-2-1.

[‡] DAS : days after seeding.

나) 펠릿재료의 pH와 Eh

전술한 바와 같이 발아율에서 YSCL이 DSSL이나 PSSL에 비해 좋았던 원인을 찾

고자 발아율이 아주 낮았던 PSSL를 제외한 펠릿재료를 담수조건에서 土壤 0.5 cm 지점의 pH와 Eh 변화를 매일 측정하였다(그림 4-3-1, 4-3-2). 펠릿재료인 YSCL과 DSSL의 담수 후 일수별 pH 변화는 그림 4-3-1과 같다. 펠릿재료별 pH를 보면 YSCL가 4.92 ~ 5.19를 보였고 DSSL는 5.18 ~ 5.89로 YSCL에 비해 높았다. 그림 4-3-2는 Eh의 변화이다. YSCL는 담수일수에 관계없이 산화환원전위값으로 204 mV ~ 304 mV를 유지한 반면 DSSL의 경우 19 mV ~ 190 mV로 담수일수가 경과할수록 낮아졌다. YSCL가 DSSL 및 PSSL에 비하여 발아소요일수 및 발아율이 좋은 것으로 사료된다. 이 같은 결과는 담수토중직파에서 가장 문제시되는 것은 종자 주위의 환원된 토양이 출아를 저해한다는 井澤 等(1985)의 보고와 유사하였다. 범씨의 발아에 적당한 pH는 4.8 ~ 5.2인데 YSCL의 pH는 이 범위에 들었고 Eh의 저하가 DSSL에 비해 낮고, 환원토는 산화토에 비하여 출아, 출엽 속도 및 출엽율이 저하되고, 특히 저온에서 현저하여 담수토중의 종자는 단순히 산소결핍의 영향이 아니라 질소화합물, 철 및 망간산화물 그리고 유산화합물 등이 환원되어 그 결과 각종의 환원 물질이 생성되기 때문이라는 보고(萩原 等, 1990)와 같은 맥락에서 해석이 가능하다고 사료된다.

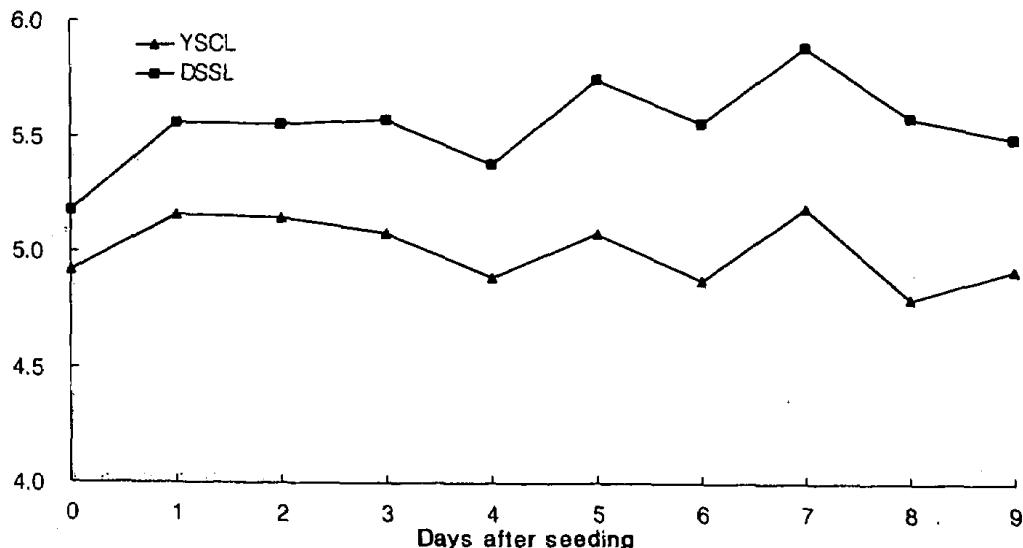


Fig. 4-3-1 Changes in pH of pellet material flooded after puddling (YSCL : yoeongog series clay loam, DSSL : deogpyeong series silt loam)

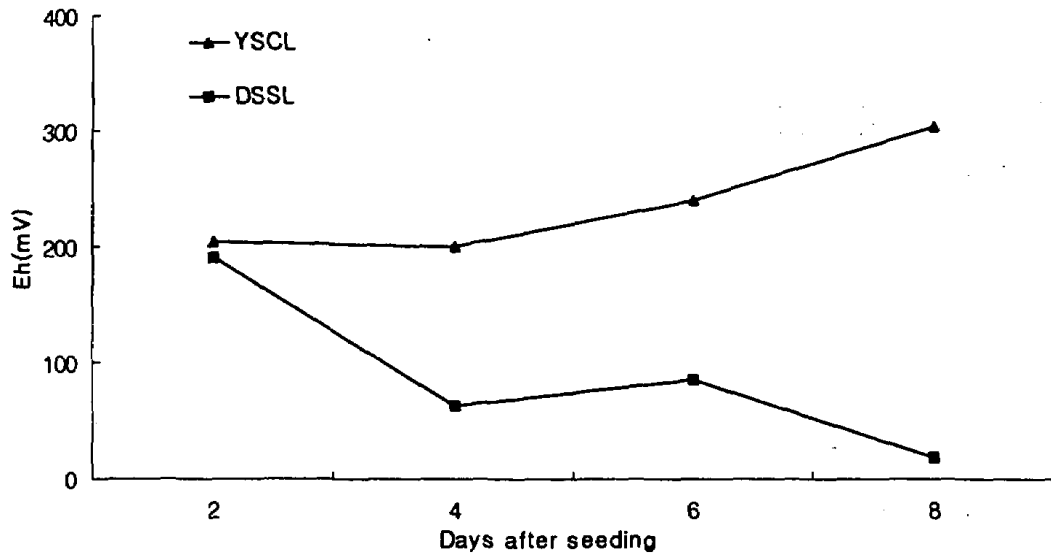


Fig. 4-3-2 Changes in Eh of pellet material flooded after puddling
(YSCL : yoeongog series clay loam, DSSL : deogpyeong series siltloam)

3) 펠릿종자의 pH와 Eh 및 탁도

펠릿재료 중 전술한 결과와 같이 발아율에서 70 %이상이었던 YSCL과 DSSL를 사용하여 제조한 펠릿종자의 접착제 농도에 따른 담수 후 8일째 pH와 Eh 및 탁도(turbidity)는 표 4-3-5와 같다. YSCL로 제조된 펠릿종자의 경우 접착제 없이 증류수만 사용한 경우 파종 후 8일에 pH가 5.26이었으나 접착제로서 gelatin을 사용할 경우 농도가 높을수록 높았다. 그러나 arabic gum을 사용할 경우에는 농도가 높을수록 pH가 낮아져서 arabic gum 10 %에 에서는 4.93를 보였다. DSSL로 제조된 펠릿종자는 증류수를 사용한 경우 파종 후 8일에 pH가 6.20이었고 gelatin 및 arabic gum을 접착제로서 사용하는 경우 YSCL과 같은 경향을 보였다. 따라서 접착제로서 gelatin은 농도가 높을수록 pH를 높이는 결과를 보이거나 arabic gum는 이와 정반대로 낮추어주는 효과가 있기 때문에 담수직파에서 펠릿종자 파종시 낮은 pH 유지가 가능할 것으로 보이는 arabic gum이 더 바람직한 접착제로 사료된다. 탁도는 펠릿재료와 접착제 종류 별의 차이를 보면 YSCL에서는 접착제 종류에 관계없이 맑았으나 DSSL에서는 접착제 종류 및 농도에 관계없이 흐렸고 심한 환원상태를 보였다. 따라서 pH와 탁도면에서 고려할 때 담수직파에서 펠릿종자 제조 시 DSSL은 환원성 때문에 적합치 않는 것으로 사료되며 YSCL가 우수한 재료로 생각된다.

Table 4-3-5 pH, Eh, and turbidity of the rice-seed pellet in glass bottle

Pellet materials	Binder	Days after		pH	Eh	Tb [†]
		seeding				
YSCL	Gelatin	3 %	1	5.89	143	M
	Arabic Gum	10 %	1	4.56	254	M
	Distilled water		8	5.26	225	VC
	Gelatin	3 %	8	5.25	220	C
	Arabic Gum	10 %	8	4.93	140	C
	Distilled water		8	6.20	-173	M
DSSL	Gelatin	2 %	8	6.77	-200	M
		3 %	8	6.80	-230	VM
	Arabic Gum	1 %	8	6.51	-90	M
		5 %	8	5.93	-30	M
		10 %	8	5.42	20	M

[†] Tb : turbidity, VC : Very clean, C : Clean, M : Mould, VM : Very mould.

4) 펠릿종자의 발아 및 출아 특성

표 4-3-6은 펠릿종자의 파종 후 일수경과에 따른 발아율과 출아율이다. 펠릿종자는 건조종자들에 비해 발아율 및 출아율이 파종 후 일수에 관계없이 높았으며, 연곡통 식양토와 아라비아 고무 10 %로 제조된 펠릿종자(PDS)가 가장 좋았다.

Table 4-3-6 Germination and emergence of the rice-seed pellet in direct seeding on flooded paddy surface

Seed condition [†]	Germination (%)		Emergence (%)	
	8 days	14 days	8 days	14 days
Dry seed	57	60	45	55
DSPC	72	73	63	70
PDS	78	83	50	77
PSPC	82	85	67	77

[†]DSPC : Seed dried after PC,

PDS : Seed pelleted with YSCL and A10,

PSPC : Seed pelleted with YSCL and A10 after PC.

표 4-3-7은 펠렛종자의 50 % 발아 및 출아에 요구되는 소요시간이다. PSPC의 발아소요시간은 DSPC나 PDS와 같았으나 출아소요시간이 1일 정도 빨랐다. 따라서 펠렛종자의 발아 및 출아특성은 양호한 것으로 생각되어진다.

Table 4-3-7 Time required for 50 % germination and 50 % emergence of the rice-seed pellet seed in direct seeding on flooded paddy surface

Seed condition [†]	Germination (days)	Emergence (days)
Dry seed	7	9
DSPC	5	7
PDS	5	7
PSPC	5	6

[†] The same as table 4-3-6.

그림 4-3-3은 개발된 펠렛종자(PDS)의 출아 모습을 나타낸 것이다.

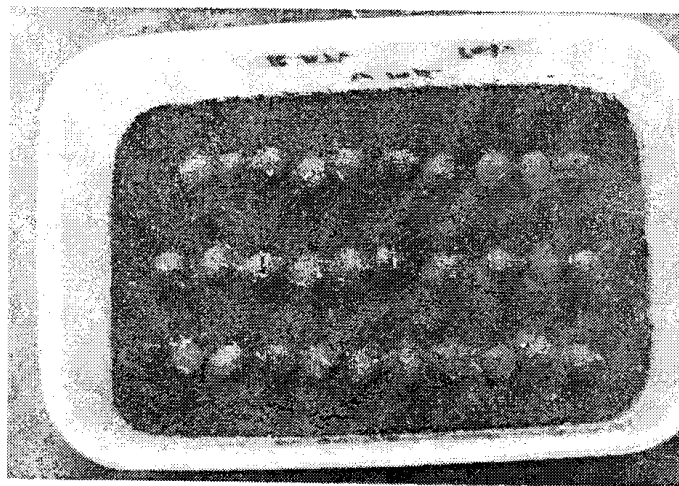


Fig. 4-3-3 Emergence of the rice-seed pellets in pot

5) 펠렛종자의 파종심도별 입모와 모도복

표 4-3-8은 펠렛종자의 파종심도별 입모율과 모도복 정도를 파종 후 10일에 조사한 것이다.

Table 4-3-8 Seedling stand and lodging degree by seeding depths in direct seeding on flooded paddy surface at 25 °C in incubator

Pellet materials	Seeding depth (cm)	10 days after seedling	
		Seedling stand (%)	Lodging of seedling stand (0~9)
Dry seed	0	70.0 bcd	1
	0.5	73.3 bcd	0
	1.0	66.7 cd	0
	2.0	63.3 d	0
	3.0	26.7 e	0
YSCL	0	88.3 a	0
	0.5	78.3 ab	0
	1.0	76.7 bc	0
	2.0	65.0 d	0
	3.0	30.0 e	0

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

입모율은 펠렛종자가 건조종자에 비하여 높았고 파종심도별로는 대조구와 펠렛종자 공히 파종심도가 깊어질수록 현저히 낮아지는 경향이였다. 모도복은 펠렛종자의 경우 파종심도와 관계없이 전혀 발생하지 않았으며 건조종자를 파

종하였을 때 역시 파종심도 0 cm(표면파종)에서만 1 정도의 도복이 발생하였을 뿐 파종심도 0.5 cm 이하에서는 전혀 발생하지 않았다. 이와 같은 결과는 펠렛종자의 경우 파종심도 0 cm라 하더라도 펠렛이 담수조건에서 붕괴되면서 펠렛재료가 종자를 어느 정도 매몰시키기 때문으로 생각되며 건조종자의 경우는 파종심도 0.5 cm 이상에서는 전혀 도복이 발생하지 않았다고 하는 다른 보고와 유사한 결과였다. 또한 영시(1998) 보고에 따르면 출아율은 0 cm에서 71.3%, 1 cm 43.8%, 3 cm에서 0%로 파종깊이가 깊을 수록 출아율이 낮아진다고 하였다. 결과적으로 이는 입모율 확보에 중요한 한 가지 조건이 될 수 있다고 볼 때 펠렛종자의 파종심도 또한 중요하다고 볼 수 있다.

나. 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성

1) 건답직파에서 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성

표 4-3-9는 펠렛종자의 발아율 및 입모율의 품종간 차이를 나타낸 것이다.

펠렛종자는 건조종자와 비교시 발아율이 품종간에 상이한 결과를 보였다. 금오벼는 펠렛종자, 동안벼의 경우는 건조종자가 발아율이 좋은 경향을 보였고 그 외 품종들은 비슷한 경향을 보였다. 펠렛종자의 경우 발아율 및 입모율이 73% 이상을 보여 건답직파시 펠렛종자 제조 시 품종적 안정성은 있다고 여겨지며 펠렛종자용 품종은 추후 연구되어야 될 것으로 생각된다.

2) 담수직파에서 벼 품종에 따른 펠렛종자의 발아 및 입모 특성

표 4-3-10은 펠렛종자의 발아율 및 입모율의 품종간 차이를 나타낸 것이다. 펠렛종자는 건조종자에 비해 평균 20% 정도의 발아율이 더 높았는데 일미벼와 화영벼에서 90% 이상의 높은 발아율을 보였고 가장 낮은 대산벼도 80%의 발아율을 보였다. 펠렛종자로 파종함으로써 발아율이 가장 현저하게 향상된 품종은 화영벼로서 30% 정도의 발아율 향상을 보였고, 금오벼와 동진벼

Table 4-3-9 Varietal germination and establishment after sterilization in direct seeding on dry paddy.

Cultivars	Germination (%)		Establishment (%)	
	Dry seed	Pelleted seed	Dry seed	Pelleted seed
Geumo	63	80	63	80
Hwayong	88	83	88	80
Ilmi	100	90	98	90
Dongjin	93	88	93	85
Dongan	100	73	100	73
Daesan	88	88	88	88
Mean	89	84	88	83

Table 4-3-10 Varietal germination and establishment after sterilization in direct seeding on flooded paddy surface

Cultivars	Germination (%)		Establishment (%)	
	Dry seed	Pelleted seed	Dry seed	Pelleted seed
Geumo	52	75	50	63
Hwayong	62	92	58	78
Ilmi	75	97	68	77
Dongjin	60	80	55	60
Dongan	73	85	60	70
Daesan	70	80	63	68
Mean	65	85	59	69

는 그 다음이었다. 그러나 대신벼는 건조종자와 펠렛종자의 발아율 차이를 보이지 않았다. 입모율 역시 펠렛종자로 파종한 결과 평균 약 10 % 정도 향상되었다. 특히 건조종자 입모율이 50 % 대로 낮은 금오벼, 화영벼, 동진벼에서 펠렛종자 파종시 60 % 이상으로 발아율에서와 같은 경향을 보였다. 따라서 펠렛종자는 품종마다의 차이는 있지만 대체로 발아율 및 입모율의 향상을 기대할 수 있으며 특히 종자 자체의 발아율이 낮은 품종에서 그 효과가 크다고 할 수 있을 것이다. 이와 같은 결과는 본 실험을 25 °C 이상의 대기온도에서 수행하였기 때문에 종자가 발아할 때 토양조건이 건조종자의 경우는 환원상태로 변화되었던데 반해 펠렛종자는 YSCL를 재료로 이용하였기에 펠렛재료가 산화제 역할을 하여 산화상태를 유지함으로써 종자 발아 환경조건이 건조종자에 비해 훨씬 양호하였던 것으로 기인하였다고 생각된다.

다. 종자처리 펠렛종자의 발아와 출아·입모 특성

1) Priming 처리

가) Priming 처리제 선발

표 4-3-11은 펠렛종자의 포장출아·입모의 안정화를 위해 펠렛하기 전에 몇가지 약제로 priming 처리하여 약제처리별 발아율을 나타낸 것이다. Priming 약제처리별 발아율을 보면 증류수, MS용액, GA₃ 및 MS+GA₃의 발아율은 각각 100, 98, 96, 72 %로 대조구의 발아율 50 % 보다 훨씬 높았으나 KNO₃와 MS + KNO₃ + GA₃에서는 전혀 발아를 하지 않고 오히려 발아를 저해하는 것으로 나타났다. 증류수에 침적하여 5 °C로 조정된 서온 incubator에 8일간 presoaking한 벼 종자를 증류수에서 다시 처리하였던 것이 발아율이 가장 높았던 것은 벼의 저온 발아의 한계온도보다 훨씬 낮은 온도에서 침종 하였기 때문에 수분 흡수가 원활하지는 못하지만 약간의 흡수가 일어나 결과적으로 초기 수분대사 과정이 빨리 완료되었기 때문이라고 생각된다. 본 연구 결과 KNO₃가 오히려 발아를 저해하는 것으로 나타났는데 이는 채소종자 등에서 KNO₃에 의한 priming 처리 효과가 뚜렷하다는 보고와는 달랐다.

Table 4-3-11 Germination of rice seed soaked in chemical solution at 15°C in incubator

Chemical	Concentration	(unit. : %)				
		Days after sowing				
		5	6	7	8	9
Dry seed		0	2	19	30	50
Distilled water	Soaked in 5°C D.W 8days	24	52	78	90	100
GA ₃	80ppm	6	32	74	82	96
MS*	1 times	12	40	70	84	98
	2 times	8	22	44	58	78
KNO ₃	100mM	0	0	2	8	16
	200mM	0	0	0	0	0
MS+GA ₃	2 times+80ppm	4	18	46	58	72
MS+KNO ₃ +GA ₃	2 times+100mM+80ppm	0	0	0	0	0

*MS : MS solution except hormone, sugar, agar and vitamin.

많은 연구보고에 의하면 priming 처리는 종자의 수분스트레스를 발아 전에 야기함으로써 실제 파종시에는 수분대사를 조기에 완료시킬 뿐만 아니라 손상된 원형질막을 회복시켜 발아율과 발아세를 높인다고 하였으며, 또 다른 보고는 정상적인 종자에서는 priming 처리 효과는 나타나지 않지만 종자세가 떨어지는 종자에서는 효과가 뚜렷하다는 보고도 있으며, osmoconditioning에 따라서는 품종에 따라 priming 처리효과가 각각 상이하다고 하였는데(李 등, 1996), 본 연구의 결과도 이들의 결과와 같은 맥락으로 해석이 가능하다고 본다.

나) Priming 처리 펠렛종자의 입모 특성

표 4-3-12는 증류수 25 °C, 4일 침지하여 priming된 종자와 이 종자로 펠렛종자로 만들어 발아·입모율 나타낸 것이다. 담수직파 및 건담직파 모두 priming 종자 보다 priming 종자를 펠렛종자로 제조 시 높은 발아 및 입모율을 보였지만 담수직파에서의 낮은 입모율을 보여 이를 높일 수 있는 priming

온도 및 기간 규명이 필요 할 것으로 생각된다.

Table 4-3-12 Germination and establishment percentages of rice-seed pellet with priming treatment in direct seeding

Cropping pattern	Germination (%)		Establishment (%)	
	dry seed	pelleted seed	dry seed	pelleted seed
Direct seeding on flooded paddy surface	10	57	8	37
Direct seeding on dry paddy	40	68	40	58

다) 펠렛종자 입모 향상을 위한 priming 온도와 기간

그림 4-3-4는 벼 종자를 15, 20, 25, 30 °C 증류수에 각각 침지하여 1일에서 9일까지 priming한 각각의 종자를 상온에서 priming 처리 전 종자의 수분 함량과 수분 평형을 이루도록 건조시켜 다시 15 °C에서 파종하여 파종 후 5일째 발아율을 조사한 결과이다. Priming 처리온도 15 °C에서는 priming 기간 6일째에서 효과가 뚜렷하였으며 이 이상 priming 기간이 길어질수록 오히려 발아율은 낮아졌다. Priming 처리온도 20 °C에서는 발아율은 15 °C와 유사하였으나 발아소요시간은 15 °C보다 단축되었다. 이 같은 경향은 priming 처리온도 25와 30 °C에서도 비슷하였는데, 처리온도가 높을수록 priming 처리기간이 짧아도 그 효과는 뚜렷하였다. 본 실험에서 종자 priming 후 다시 priming 전과 동일하게 수분평형을 이루게 하였던 것은 펠렛종자를 만든 후 파종하기 전의 기간에 priming 한 종자가 건조될 것을 감안하여 재 건조시켰는데, 본 연구 결과 priming 처리 3일에서 7일까지의 종자를 재 건조하였을 때도 건조종자에 비하여 발아율이 훨씬 높았던 것은 priming 처리 후 재 건조시키면 priming 처리 효과가 상쇄된다는 Nienow, W. 등(1991)의 보고와는 상이하었는데 이는 시험 재료가 각각 달랐기 때문인 것으로 사료된다.

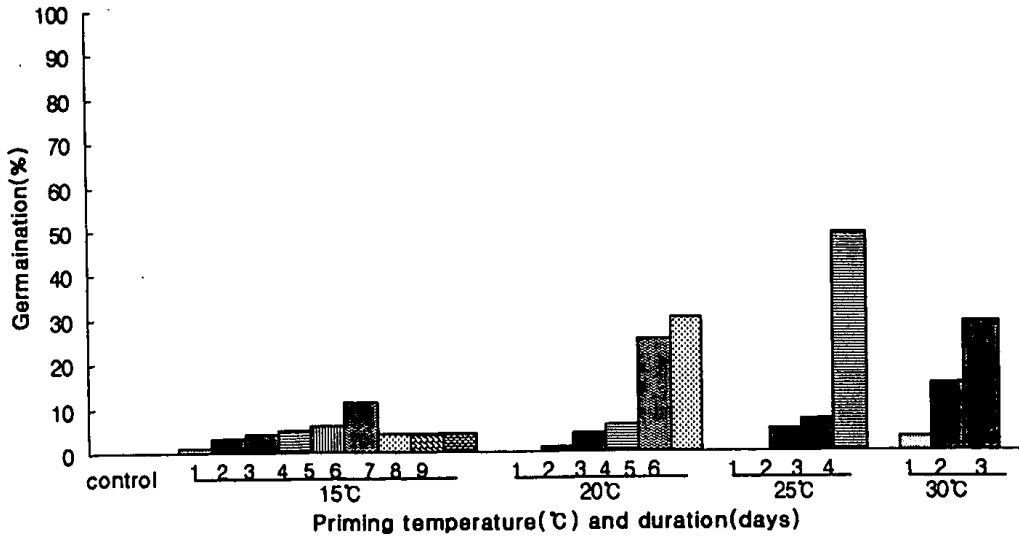


Fig. 4-3-4 Effects of priming temperature and duration on germination of seed on 5 days after seeding at 15 °C

그림 4-3-5는 priming 후 15 °C에서 발아시킬 때 50 % 발아소요시간을 처리온도별로 나타낸 것이다. 모든 처리 온도에서 priming 기간이 길어질수록 50 % 발아소요시간은 단축되었는데 가장 저온처리구인 15 °C에서는 6일 이후에는 priming 기간이 길어질수록 오히려 50 % 발아소요일수는 길어졌다.

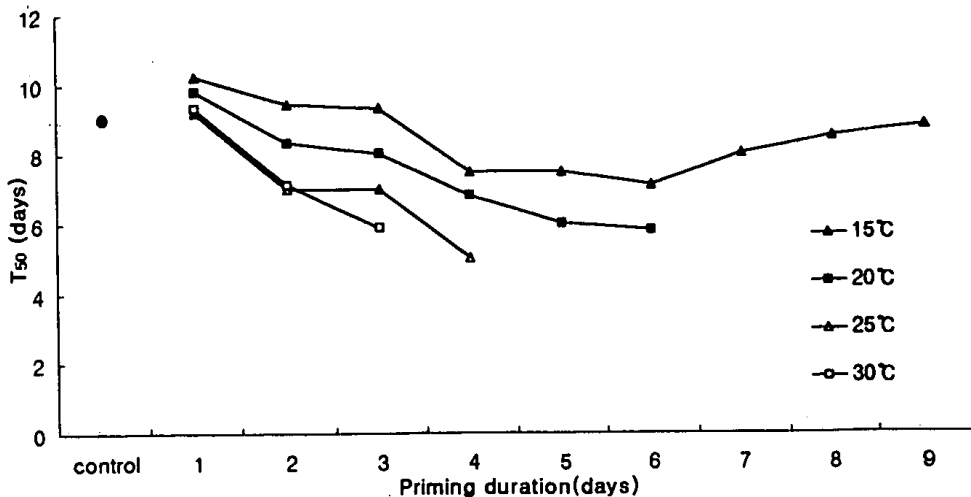


Fig. 4-3-5 Time required for 50 % germination of primed seed with priming duration at 15 °C

그림 4-3-6은 15, 20, 25, 30 °C에서 priming 처리한 종자를 25 °C에서 발아율을 조사한 결과이다. 15 °C에서 priming 처리한 종자는 15 °C에서 발아시킬 때와는 달리 25 °C에서 발아시킬 때는 건조종자에 비하여 priming 처리효과가 뚜렷하지 않았는데 이는 priming 처리 효과가 없었다기 보다는 무처리(건조종자) 종자도 고온에서 발아시킴으로써 발아세와 발아율이 현격하게 높아진데 기인했던 것으로 보인다. 그러나 priming 처리온도 20 °C 이상에서는 priming 처리온도가 높을수록, priming 처리기간이 길어질수록 발아가 빨라지고 파종 후 2일째 70 % ~ 98 % 수준의 발아율을 보였는데 이는 priming 처리온도와 발아시의 온도가 비슷해짐으로서 priming 처리 효과가 더 뚜렷하게 표현된 것으로 판단된다.

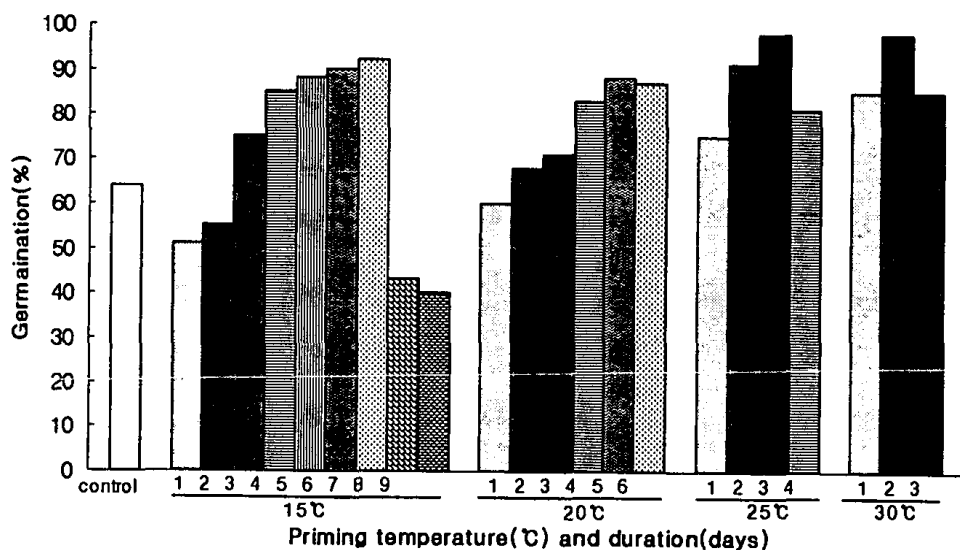


Fig. 4-3-6 Effects of priming temperature and duration on germination of primed seed on 2 days after seeding at 25 °C

그림 4-3-7은 priming 후 25 °C에서 발아시킬 때 50 % 발아소요시간을 처리온도별로 나타낸 것인데, 모든 처리 온도에서 priming 기간이 길어질수록 50 % 발아소요시간은 priming 기간이 3일에서 7일까지 점차로 길어질수록 단축되었다. 20 °C priming 기간 6일 종자에서 50 % 발아소요시간은 가장 단축되었는

데 가장 저온처리구인 15 ℃에서는 6일 이후에는 priming 기간이 길어질수록 오히려 50 % 발아소요일수는 길어졌다.

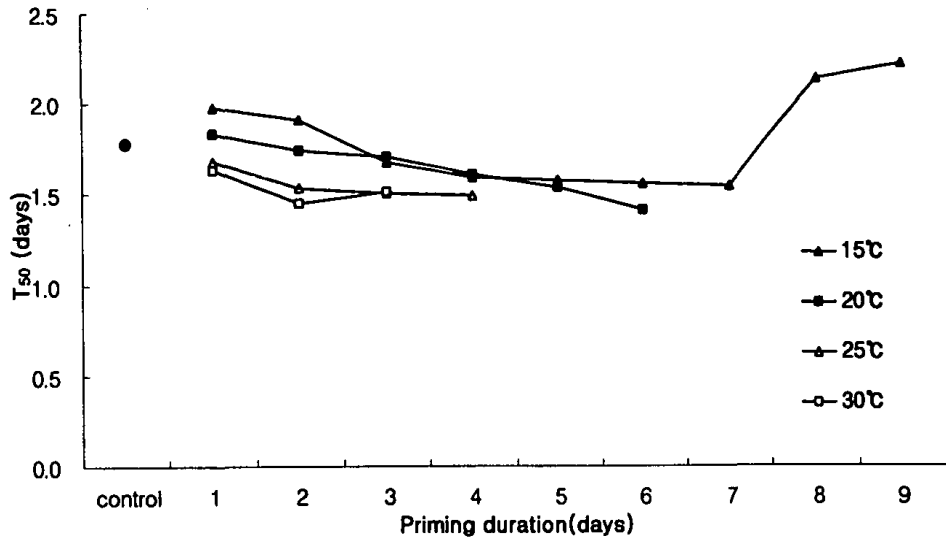


Fig. 4-3-7 Time required for 50 % germination of primed seed with priming duration at 25 °C

표 4-3-13은 각각의 온도와 기간에서 priming된 종자를 펠렛종자로 만들어 파종 후 14일째 발아율 및 출아율을 나타낸 것이다. 표 4-3-11, 4-3-12의 발아율 실험 결과와는 다르게 펠렛종자에 적합한 priming 온도와 기간은 15 ℃ ~ 20 ℃에서 2일이 가장 좋았으며, 96 % 이상의 발아율과 출아율을 보였다. 또한 priming 온도가 높을수록, 기간이 길어짐에 따라 펠렛종자의 발아율과 출아율이 떨어짐을 알 수 있었다. Davison(1991)은 PEG -1.0 Mpa에서 14일간 osmoconditioning 처리한 다음 胚를 培養하였을 때 무처리 종자에서는 발견되지 않던 5개의 복합 peptide 결합을 발견하여 단백질이 합성됨을 밝혔다. 김 (1997)은 -0.6 MPa PEG 용액에서 priming 중 α -amylase 활성과 전당함량의 변화가 priming 온도 15 ℃에서는 13일 까지 변화가 없었지만, 25 ℃에서는 4일 까지 변화가 없었으나 7일 이후에는 모두 급격히 증가하여 priming 중 종자의

Table 4-3-13 Germination and emergence of the rice-seed pellets with primed seeds in direct seeding on flooded paddy surface

Priming temperature(°C)	Priming duration (Day)	Germination (%)	Emergence (%)
15	Control [†]	86 b-e	86 a-e
	1	89 a-d	86 a-e
	2	96 ab	96 a
	3	96 ab	91 a-d
	4	87 a-e	87 a-d
	5	78 e	76 e
	6	90 a-d	89 a-d
	7	81 de	80 cde
	8	89 a-d	88 a-d
	9	92 abc	90 abc
20	1	89 a-d	87 a-d
	2	97 a	96 a
	3	88 a-e	84 b-e
	4	16 h	12 g
	5	14 h	10 g
	6	26 g	21 f
25	1	88 a-e	88 a-d
	2	86 b-e	80 cde
	3	82 cde	79 de
	4	19 gh	11 g
30	1	90 a-d	89 a-d
	2	81 de	79 de
	3	46 f	30 f

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

[†]Control : rice-seed pellet with dry seeds.

^hEvaluating date = 14 days after seeding.

생리적 변화가 있었음을 보고하였다. Lee 등(1998)은 적정 조건(-0.6 MPa PEG solution at 15 °C for 4 days)에서 priming된 벼 종자의 α -amylase 활성은 무처리 보다 높았고, 반면에 과도한 priming은 발아율을 떨어뜨렸지만 종자의 α -amylase 활성은 극히 높았다고 하였다. Lee 등(1999)은 적정하게 priming된 종자의 sucrose, maltose, andraffinose 함량은 감소하였으며, 반면에 과도하게 priming된 종자의 glucose, fructose 함량과 α -amylase 활성은 무처리 종자나 적정하게 priming된 종자에 비해 낮음을 보고하였다. 이것은 priming 기간 중 종자에서 생리적 변화가 있음을 알 수 있었고, priming 온도가 올라가고 기간이 길어질수록 종자가 발아를 준비하기 위한 호흡 에너지의 과다 소비로 인해 종자의 활력이 떨어진 관계로 고온 및 긴 시간 priming 처리한 펠렛종자는 발아 및 출아율이 떨어지지 않았나 생각된다.

2) 발아촉진제 처리

가) 건답직파

표 4-3-14는 안정된 출아·입모율을 확보하기 위해 동안벼 종자에 GA_3 , CaO_2 등 출아·입모촉진 성장조절제(萩原 등, 1985 ; Yamata 등, 1963)를 처리한 다음 펠렛종자로 만들어 건답직파 하였을 때 발아율과 입모율을 나타낸 것이다.

발아율을 보면 GA_3 나 CaO_2 처리된 펠렛종자들은 건조종자나 PC처리된 펠렛종자 보다 발아 및 입모율이 높았다. 발아율 및 입모율은 펠렛종자들이 낮았지만 70 %이상을 보였다.

나) 담수직파

표 4-3-15는 안정된 출아·입모율을 확보하기 위해 동안벼 종자에 GA_3 , CaO_2 등 출아·입모촉진 성장조절제(萩原 등, 1985 ; Yamata 등, 1963)를 처리한 다음 펠렛종자로 만들어 담수직파 하였을 때 발아율과 입모율을 나타낸 것이다.

Table 4-3-14 Germination and establishment of the rice-seed pellet with seed treatment in direct seeding on dry paddy

Seed treatment [†]	Germination (%)		Establishment (%)	
	Non pelleted	Pelleted	Non pelleted	Pelleted
	seed	seed	seed	seed
DS	88	78	88	70
PC	100	73	100	73
PCG	93	98	93	95
CaPC	98	87	98	84
CaGPC	95	90	95	88

[†]DS : dry seed,

PC : seed disinfected with prochloraz,

PCG : seed disinfected with prochloraz and GA₃ solution,

CaPC : seed coated with CaO₂ after PC,

CaGPC : seed coated with CaO₂ after PCG.

Table 4-3-15 Germination and establishment of rice-seed pellet with treatment in direct seeding on flooded paddy surface

Seed treatment [†]	Germination (%)		Establishment (%)	
	Non-pellet seed	Pellet seed	Non-pellet seed	Pellet seed
	DS	57	82	52
PC	73	85	60	70
PCG	67	80	57	62
CaPC	90	63	78	58
CaGPC	75	78	63	65

[†]DS : dry seed,

PC : seed disinfected with prochloraz,

PCG : seed disinfected with prochloraz after soaking in GA₃ solution,

CaPC : seed coated with CaO₂ after PC,

CaGPC : seed coated with CaO₂ after PCG.

발아율을 보면 전 처리 없이 바로 펠렛한 건조종자가 82 %로 높았다. 이는 건조종자 파종시는 GA₃나 CaO₂ 처리된 종자들의 발아율과 입모율이 높은 경향이었으나 펠렛종자 제조 시 입모율이 현저히 떨어짐을 알 수 있었다. Back 등 (1999)은 담수직파재배의 입모율 향상을 위해 GA₃ 30 ppm처리를 하여 담수심별로 입모율을 조사하였는데 담수심이 낮을 수록 입모율이 높았음을 보고하였고, 권 등(1997)은 벼씨 종자의 최아 정도별 아밀로오스 함량은 건조종자와 침종종자 및 침종하였다가 다시 건조시킨 종자간에는 차이가 없었으나, 단백질 함량은 건조종자가 가장 높았고, 침종종자, 침종 후 건조종자, 최아종자 순으로 낮아졌으며, GA₃ 농도가 10 ppm에서 50 ppm으로 갈수록 최아시키지 않고 건조시킨 종자의 재발아율이 낮다고 하여 GA₃ 10 ppm이 효과적임을 보고하였다. 본 실험의 경우 종자를 GA₃ 100 ppm 용액중에 24hr 침지함은 priming의 한 방법인 presoaking 처리와 성장조절제 처리가 동시에 이루어졌고, GA₃ 처리 농도가 높아 종자내 생리적 변화가 커서 펠렛종자로 제조 시 건조종자와 다른 결과를 가져온 것으로 생각된다. CaO₂ 처리 또한 펠렛종자로 제조 시 건조종자 보다 낮은 발아 및 입모율을 보였는데 이에 대해서는 추후 명확한 규명이 필요한 것으로 생각된다. 입모율도 발아율과 비슷한 경향으로 GA₃ 및 CaO₂ 처리의 효과가 없었다.

3) 농약 처리

가) 건담직파

표 4-3-16은 동안벼에 PC, CIF 처리된 펠렛종자를 건담직파 했을 경우 발아율, 입모율을 나타낸 것이다. 건담직파에서는 일반적으로 PC(모썩음병, 키다리병 예방) 처리후 종자를 건조시켜 파종하는데 본 시험에서는 PC와 CIF(본담초기도열병, 저온성해충, 모썩음병, 애멸구, 벼 물바구미 예방)로 살균과 살충 효과를 동시에 기대할 수 있는 생력화 방법을 모색하고, 이 같은 처리가 종자 발아 및 입모에 미치는 영향을 조사하였다. 펠렛하지 않은 종자의 발아율이 펠

랫한 종자보다 10 %이상 높은 90 % 내외이었다. CIF 처리는 펠렛종자시 67 % 정도의 발아율을 보여고 CIFPC는 CIF 단독 처리에 비해서 10 % 정도 높았다. 따라서 발아율 및 입모율을 높일 수 있는 처리가 필요하다 여겨진다.

Table 4-3-16 Germination and establishment of the rice-seed pellet with fungicide and insecticide treatment in direct seeding on dry paddy

Seed treatment [†]	Germination (%)		Establishment (%)	
	Non pellet seed	Pellet seed	Non pellet seed	Pellet seed
DS	88	78	88	70
PC	100	73	100	73
CIF	88	67	88	53
CIFPC	98	75	98	63

[†]DS: dry seed,

PC: seed disinfected with prochloraz,

CIF: seed disinfected with carpropamid 40 % + imidacloprid 21 % + fludioxonil 2 %,

CIFPC: seed disinfected CIF after PC.

표 4-3-17은 CIFPC 처리된 종자를 펠렛으로 만든(이하 PSCIFPC) 종자를 포장에 건답직파하였을 때 물바구미의 피해 정도를 나타낸 것이다.

Table 4-3-17 Percentage of damaged hill and no. of died rice water weevil after fungicide and insecticide treatment in direct seeding on dry paddy

Pelleted seed [†]	Damaged hill (%)	No. of died rice water weevil/10 hills
Control	100	1.7
PSCIFPC	96	3.3

[†]Control: pregerminated seed,

PSCIFPC: rice-seed pellet with seed coated CIF after PC.

[‡]Evaluating date ≙ 33 days after seeding.

벼 물바구미 피해주수는 PSCIFPC를 파종했을 때 96주로서 약제처리 없이 바로 펠렛한 종자의 100주와 차이가 크지 않았지만 10주당 치사 벼물바구미 수가 3.3마리로 살충효과가 인정되었다.

나) 담수직파

표 4-3-18은 동안벼에 PC, CIF 처리된 펠렛종자를 담수직파 했을 경우 발아율, 입모율을 나타낸 것이다.

Table 4-3-18 Germination and establishment of rice-seed pellet after fungicide and insecticide treatment in direct seeding on flooded paddy surface

Seed treatment [†]	Germination (%)		Establishment (%)	
	Non-pelleted seed	Pelleted seed	Non-pelleted seed	Pelleted seed
DS	56.7 c	81.7 ab	51.7 cd	76.7 a
PC	73.3 ab	85.0 a	60.0 bcd	70.0 ab
CIF	53.3 c	80.0 ab	31.7 e	66.7 abc
CIFPC	68.3 bc	85.0 a	46.7 d	73.3 ab

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

[†]DS : dry seed,

PC : seed disinfectant with prochloraz,

CIF : Seed disinfectant with carpropamid 40 % + imidacloprid 21 % + fludioxonil 2 %,

CIFPC : seed coating CIF after PC.

담수직파에서는 일반적으로 PC(모썸음병, 키다리병 예방) 처리후 종자를 최
아시켜 파종하는데 본 시험에서는 PC와 CIF(본답초기도열병, 저온성해충, 모
썸음병, 애멸구, 벼 물바구미 예방)로 살균과 살충 효과를 동시에 기대할 수
있는 생력화 방법을 모색하고, 이 같은 처리가 종자 발아 및 입모에 미치는
영향을 조사하였다. 펠렛하지 않은 종자보다 펠렛한 종자의 발아율은 높았으며
PC 처리와 CIF 처리 펠렛종자가 가장 높았다. CIFPC는 CIF 단독 처리에 비해서는

높았지만 PC 단독 처리에 비해 낮아서 CIF가 발아에 약간 지장을 주는 것으로 보인다. 펠렛종자로 만들어 파종함으로써 발아율이 최소한 80 % 이상의 발아율을 보이고 있어 실용화의 가능성을 나타냈다고 사료된다.

입모율을 보면 발아율과 달리 펠렛종자로 만들지 않는 종자에서는 PC 처리만이 무처리에 비해 높은 수치를 보였고 CIF를 분의한 처리에서는 PC 처리 여부에 관계없이 47 %이하로 낮은 입모율을 보였다. 이를 펠렛종자로 만들어 파종한 후의 입모율은 70 %에 근접하는 입모율을 보여 약해가 감소된 경향을 보였지만 역시 자바라 단독 처리한 펠렛종자의 입모율이 가장 낮았다.

표 4-3-19는 CIFPC 처리된 종자를 펠렛으로 만든(이하 PSCIFPC) 종자를 포장에 담수직파 하였을 때 1988년에 처음 발견된 침입 해충으로 남부지방에 피해가 심한 벼 물바구미의 피해 정도를 나타낸 것이다. 벼 물바구미 피해주수는 PSCIFPC를 파종했을 때 33주로서 약제처리 없이 바로 펠렛한 종자의 69주에 비해 훨씬 적었다. 또한 10주당 치사 벼 물바구미 수 역시 PSCIFPC를 파종했을 때 0.7마리로 살충효과가 인정되었다.

Table 4-3-19 Percentage of damaged hill and no. of died rice water weevil after fungicide and insecticide treatment in direct seeding on flooded paddy surface

Pelleted seeds [†]	Damaged hill (%)	No. of died rice water weevil/10 hills
Control	69	0.0
PSCIFPC	33	0.7

[†]Control : pregerminated seed.

PSCIFPC : pellet seed using seed coating CIF after PC.

[‡]Evaluate date \approx 33 days after seeding.

4) 비료 처리

가) 건답직파

표 4-3-20은 펠릿제조 시 본답 기비 사용량을 펠릿 당 파종밀도 30×14 cm로 계산하여 첨가하였는데 기비 사용량의 0.1배인 N-P-K = 8.4 - 5.6 - 6.1 mg/pellet seed에서 85 %의 발아 및 입모율을 보여 담수직파와는 다른 경향을 보였다. 이는 건답직파의 경우 토양중 수분이 적어 펠릿내 비료성분의 용출이 급격하지 않았던 것으로 생각된다.

Table 4-3-20 Germination and establishment of rice-seed pellet with fertilizer treatment in direct seeding on dry paddy

	N-P-K (mg/pellet seed)	Germination (%)	Establishment (%)
Complex fertilizer	8.4-5.6-6.1	85	85
	84.6-56.4-61.1	0	0

나) 담수직파

표 4-3-21은 펠릿재료에 비료를 포함하여 펠릿으로 만든 벼 종자의 발아와 입모율을 나타낸 것이다.

Table 4-3-21 Germination and establishment of rice-seed pellet with fertilizer treatment in direct seeding on flooded paddy surface

	N-P-K (mg/pellet seed)	Germination (%)	Establishment (%)
Complex fertilizer	8.4-5.6-6.1	30	7
	84.6-56.4-61.1	0	0

펠렛종자의 발아율은 매우 낮았거나 전혀 발아하지 않았으며 입모율은 발아율보다도 훨씬 저조하였다. 이와 같은 결과는 비료 사용에 따른 염해에 기인한 것으로 생각된다. 본 연구에서는 펠렛조제시 비료량을 펠렛당 파종밀도 30×14 cm로 계산하여 기비량을 첨가하였는데 본 발아시험에서는 흙을 5 cm 깊이로 담은 pot에 종자 파종밀도를 2×2 cm 하여 발아시험을 하였기에 포장과는 달리 쉽게 염해가 야기되었던 것으로 사료되는데 이에 대해서는 차후 실제 포장조건에서 더 검토하였다.

5) 종합 처리

가) 건답직파

출아·입모를 안정시키고 생력화하기 위해 종자에 PC, CIFPC, 생장조절제로서 발아촉진제인 GA, CaO₂, 비료 등을 처리해 제조한 펠렛종자의 발아율과 입모율을 조사한 결과는 표 4-3-22와 같다. 발아율은 비료를 처리하지 않은 종자가 처리한 종자보다 전반적으로 높았는데, PSCaCIF, PSCaGCIF는 100 %로서 가장 높았으나 복비첨가시 65 %아래로 떨어진 반면 PSGPC, PSCaPC, PSCaGPC는 복비첨가된 펠렛종자에서도 발아 및 입모율이 85 %이상을 보였다. CIF첨가 펠렛종자는 발아가 억제되는 경향을 보였다. 건답직파에서 입모율을 안정화시키고 생력화 시킬 수 있는 종합처리는 PSGPC, PSCaPC, PSCaGPC가 가능성 있는 것으로 생각된다.

나) 답수직파

출아·입모를 안정시키고 생력화하기 위해 종자에 PC, CIFPC, 생장조절제로서 발아촉진제인 GA, CaO₂, 비료 등을 처리해 제조한 펠렛종자의 발아율과 입모율을 조사한 결과는 표 4-3-23과 같다. 발아율은 비료를 처리하지 않은 종자가 처리한 종자보다 전반적으로 높았는데, PSPC, PSCIFPC의 발아율이 각각에서 85 %로 가장 높았으며 다른 처리에서는 오히려 발아를 억제하는 경향이였다. 또한 생장조절제의 조합처리에서도 같은 경향을 보여 과도한 발아촉진제 처리가 오히려 악 영향을 미치지 않았나 사료된다.

출아율 역시 발아율과 비슷한 경향으로 발아율이 높았던 처리에서 출아율 또한 높게 나타났다. 따라서 입모율을 안정화시키고 생력화를 위한 종합처리는 PSPC와 PSCIFPC의 발아 및 입모율이 85, 70 %이상으로 생장조절제의 처리보다 높았는데 이는 priming 처리와 생장조절제 처리와 같이 종자처리중 종자내 활성변화가 이러한 결과를 가져왔지 않는가 생각된다.

Table 4-3-22 Germination and establishment of complex rice-seed pellet as plant hormone, fungicide and insecticide treatment in direct seeding on dry paddy

Pellet seed [†]	Germination(%)		Establishment(%)	
	Non-fertilizer	Complex fertilizer	Non-fertilizer	Complex fertilizer
PSPC	73	0	73	0
PSGPC	98	85	95	85
PSCaPC	87	90	84	85
PSCaGPC	90	90	88	90
PSCIF	67	75	53	70
PSGCIF	85	55	85	55
PSCIFPC	75	70	63	65
PSGCIFPC	95	70	95	70
PSCaCIF	100	50	100	40
PSCaGCIF	100	65	95	65
PSCaCIFPC	80	70	75	70
PSCaCIFGPC	95	45	90	30

[†]PSPC : pelleted seed after PC,

PSGPC : pelleted seed after treatment simultaneously of GA₃ and PC,

PSCaPC : pelleted seed coating CaO₂ after PC,

PSCaGPC : pelleted seed coating CaO₂ after treatment simultaneously of GA₃ and PC,

PSCIF : pelleted seed coating CIF,

PSGCIF : pelleted seed coating CIF after treatment of GA₃,

PSCIFPC : pelleted seed coating CIF after PC,

PSGCIFPC : pelleted seed coating CIF after treatment simultaneously of GA₃ and PC,

PSCaCIF : pelleted seed coating CaO₂ after coating CIF,

PSCaGCIF : pelleted seed coating CaO₂ and CIF after treatment of GA₃,

PSCaCIFPC : pelleted seed coating CaO₂ and CIF after PC,

PSCaCIFGPC : pelleted seed coating CaO₂ and CIF after treatment simultaneously of GA₃ and PC.

Table 4-3-23 Germination and establishment of the rice-pellet seed with plant hormone, fungicide and insecticide treatments in direct seeding on flooded paddy surface

Pelleted seed [†]	Germination(%)		Establishment(%)	
	Non fertilizer	Complex fertilizer	Non fertilizer	Complex fertilizer
PSPC	85	0	70	0
PSGPC	80	30	62	27
PSCaPC	63	20	58	10
PSCaGPC	78	20	65	13
PSCIF	80	10	67	0
PSGCIF	87	7	63	0
PSCIFPC	85	27	73	20
PSGCIFPC	47	13	23	3
PSCaCIF	30	7	27	0
PSCaGCIF	53	13	40	7
PSCaCIFPC	40	23	20	10
PSCaCIFGPC	57	13	43	10

[†]The same as table 4-3-22

2. 벼 펠릿종자 재배 특성

가. 건답직파에서 벼 펠릿종자의 생육 및 수량

1) 초기생육

본답에서의 기비 유무 및 펠릿조합에 따른 초장, 엽수, 뿌당경수, 개체 결주율은 표 4-3-24와 같다.

무비구에서 초장은 펠릿 내 살균·살충제 및 복비처리가 건조종자 조파(관행)에 비하여 파종 후 40 일에 작았는데, 이는 펠릿 내 살균·살충제 처리나 복비 첨가가 초기 생육을 지연 또는 장애를 입힌 것으로 사료된다(2절 종자 처리 중 비료처리). 파종 후 66 일 이후에는 관행보다 다소 커졌고, 파종 후

Table 4-3-24 Plant height, number of leaf, number of tiller per m², and missing plant percentage in direct seeding on dry paddy

기 비	펠렛조합	초 장(cm)			엽수(매/주)	m ² 당경수		개체 결주율 (%)
		파종 후			파종 후	파종 후		
		40일	66일	100일	40일	66일	100일	
무	산아스	15.6	33.4	80.0	5.0	185	270	19
	산젤스	16.6	34.6	79.2	4.8	186	243	16
	산아스자	15.4	33.5	80.7	4.6	224	269	17
	산젤스자	14.5	33.7	80.5	4.6	204	293	17
	평 균	15.5	33.8	80.1	4.8	200	269	17
비 구	산아스북	16.8	32.5	79.0	4.8	160	325	17
	산젤스북	16.0	33.6	80.2	4.7	191	298	18
	산아스자북	16.4	34.4	78.8	4.8	280	324	11
	산젤스자북	14.9	34.7	80.4	4.8	242	314	12
	평 균	16.0	33.8	79.6	4.8	218	315	15
	관 행	17.1	31.1	76.6	5.1	483	422	45
시	산아스	19.2	37.8	77.2	5.4	274	272	16
	산젤스	20.6	26.8	78.4	5.3	271	283	17
	산아스자	18.7	39.1	81.4	5.1	281	293	17
	산젤스자	18.9	27.7	79.6	5.3	380	341	12
	평 균	19.4	32.9	79.2	5.3	302	297	16
비 구	산아스북	17.7	39.4	83.9	5.2	282	355	19
	산젤스북	19.9	40.5	82.8	5.5	262	324	19
	산아스자북	20.0	39.0	81.7	5.3	332	346	14
	산젤스자북	18.2	39.1	81.1	5.6	288	320	21
	평 균	19.0	39.5	82.4	5.4	291	336	18
	관 행	22.9	39.8	82.0	5.9	420	301	40

주: 펠렛 조합

산아스 : 산적토+아라비아고무+스포탁, 산젤스 : 산적토+젤라틴+스포탁,

산아스자(PSCIFPC): 산적토+아라비아고무+스포탁+자바라, 산젤스자 : 산적토+젤라틴+스포탁+자바라,

관행 : 건조종자 조파 파종

100 일째는 2.2 ~ 4.1 cm 정도 큰 것으로 보아 입모가 완료된 후에는 생육에 지장을 초래하지 않은 것으로 사료된다. 시비구에서 초장은 펠렛내 살균·살충제 및 복비처리가 관행에 비하여 파종 후 40 일에 작았으나 파종 후 66 일 이후에는 산아스북, 산젤스북, 산아스자북이 관행에 비하여 크거나 비슷하였다. 본답 시비효과는 시비구가 무비구보다 컸다. 엽수는 무비구에서 펠렛내 살균·살충제 및 복비 처리가 관행에 비해 0.1 ~ 0.5매, 시비구에서는 0.2 ~ 0.5매 적었다. 본답 시비효과는 무비구가 펠렛조합간 약간 적은 경향을 보였다.

㎡당 경수는 무비구에서는 파종 후 66일에 펠렛조합간 차는 120 개이고, 최고는 산아스자북으로 280 개였으나 관행에 비해 203 개 적었다. 파종 후 100일에 펠렛조합간 차는 82 개이고, 최고는 산젤스자북으로 324, 산아스북 325 개였으나 관행에 비해 96 ~ 97 개 적었다. 시비구에서는 파종 후 66 일에 펠렛조합간 차는 118 개이고, 최고는 산젤스자로 380 개였으나 관행에 비해 40개 적었다. 파종 후 100 일에는 펠렛조합간 차는 83 개이고, 최고는 산아스자북 346, 산아스북 355 개로 관행에 비해 45 ~ 54 개 많았다. 본답에서 기비 유무는 파종 후 66 일에 시비구가 무비구보다 많았으며 파종 후 100일째에는 그 차가 적어지는 경향이였다.

개체 결주율은 무비구에서는 펠렛조합간 차는 11 % ~ 19 %이고, 최저결주율은 산아스자북 11 %이었으나 관행에 비하여 34 % 낮았다. 시비구에서 펠렛조합간 차는 12 % ~ 21 %이고, 최저결주율은 산젤스자 12 %이었으나 관행에 비해 26 % 낮았다. 펠렛종자의 건담직파재배시 무비구나 시비구에서 관행에 비하여 결주율은 낮았으나 기계이앙재배에서 결주율이 보통 1.7 % ~ 14.6 % 정도 발생함을 볼 때 펠렛종자의 재배기술 체계 확립(재파밀도, 파종심도, 물 관리 등)과 정밀파종기의 개발을 통해 결주율을 개선할 수 있으리라 생각한다.

기비 시용 유무 및 펠렛조합에 따른 건물중, T/R률, 모층실도는 표 4-3-25와 같다.

Table 4-3-25 Dry weight of plant and top-root ratio in direct seeding on dry paddy

기 비	펠렛조합	건물중(mg/개체, 파종 후 40일)			T/R률 (%)	모층실도 (mg/cm)
		지상부	지하부	개체		
	산아스	240	80	320	300	2.01
	산젤스	250	80	330	313	1.99
	산아스자	250	100	350	250	2.27
	산젤스자	210	80	290	263	2.00
무	평 균	238	85	323	282	2.06
비	산아스복	290	90	380	322	2.26
구	산젤스복	280	130	410	215	2.56
	산아스자복	350	140	490	250	2.99
	산젤스자복	290	130	420	223	2.82
	평 균	303	123	425	253	2.65
	관 행	270	100	370	270	2.16
	산아스	460	140	600	329	3.13
	산젤스	450	160	610	281	2.96
	산아스자	360	140	500	257	2.67
	산젤스자	440	130	570	338	3.02
시	평 균	428	143	570	301	2.94
비	산아스복	450	120	570	375	3.22
구	산젤스복	510	190	700	268	3.52
	산아스자복	470	170	640	276	3.20
	산젤스자복	570	210	780	271	4.29
	평 균	500	173	673	298	3.55
	관 행	720	220	940	327	4.10

모 건물중은 무비구에서 복비첨가 펠렛종자가 관행 및 기타 펠렛조합 보다 무거웠고, 시비구에서는 관행에 비해 가벼웠으며 펠렛내 복비첨가 유무에 따른 차는 산아스복에서는 인정되지 않았다. 지하부 건물중은 무비구의 산아스

자, 산젤스북, 산아스자북, 산젤스자북은 관행과 같거나 무거웠고 시비구는 관행이 펠렛조합 보다 무거웠다. 본답 시비효과는 시비구가 무비구보다 건물중이 무거웠다. 무비구와 시비구 모두 복비첨가 펠렛종자가 기타 펠렛 조합보다 건물중이 무거워 복비첨가의 효과를 알 수 있었다. T/R률은 무비구에서 복비첨가 펠렛종자(산아스북 제외)가 관행보다 낮았고 시비구(산아스북 제외)도 무비구와 같은 경향이였다. 본답 시비효과는 무비구가 시비구(산젤스 제외)보다 낮았다.

무비구와 시비구(산아스북 제외) 모두 복비첨가 펠렛종자에서는 관행보다 낮아 벼 초기생육에 있어 지하부가 지상부 보다 생육이 활발했음을 알 수 있었다. 모층실도는 무비구에서는 복비첨가 펠렛조합이 관행 및 기타 펠렛조합 보다 좋았고 시비구에서는 산젤스자북을 제외하고 관행이 좋았으며 복비첨가 펠렛종자는 기타 펠렛조합 보다 좋았다.

2) 수량구성요소 및 수량

출수기, 수량구성요소 및 수량은 표 4-3-26과 같다. 출수기는 무비구와 시비구 모두 펠렛종자 처리구가 관행에 비해 1일 정도 늦었다. 포장도복은 모든 처리에서 발생하지 않았다. 간장은 모든 펠렛종자 처리구가 관행에 비해 무비구는 -1 ~ 1정도 시비구는 -1 ~ 0정도 차를 보였고 수장은 무비구 및 시비구가 -1 ~ 0 정도 차를 보였다. m^2 당 수수는 무비구에서 관행에 비해 9 ~ 54개 정도 적었고, 펠렛조합에는 산아스북이 289개로 가장 많았다. 시비구에서는 산아스북이 292개로 관행보다 3개 적었다. 수당입수는 무비구에서 관행에 비해 4 ~ 11개, 시비구에서 3 ~ 9개 많았다. 등숙비율은 무비구에서 관행에 비해 -0.2 % ~ 0.8 %, 시비구에서 -0.2 ~ 2.4 정도의 차를 보였다. 현미천립중은 무비구에서 관행에 비해 -0.4 ~ 0.3 정도의 차를 보였고, 시비구에서는 모두 높았다. 수량은 관행에 비해 무비구(산젤스, 산아스자북, 산젤스자북 제외)와 시비구 모두 높았고 무비구에서 산젤스자북(566 Kg/10a)과 산

아스자(562 Kg/10a), 시비구에서 산아스(571 Kg/10a)와 산젤스북(566 Kg/10a)이 가장 좋았다. 이상으로 본답에서 수량성이 무비구와 시비구 모두 관행에 비해 높아 건답직파에서 조합된 펠렛종자들의 재배자 및 포장조건에 따라서 이용성이 확실히 있는 것으로 사료된다.

Table 4-3-26 Heading date, yield component, and yield in direct seeding on dry paddy

기 비	펠렛조합	출수기 (월. 일)	포장 도복 (0~9)	간장 (cm)	수장 (cm)	㎡당 수수 (개)	수당 입수 (개)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 (g)	정현 비율 (%)	수 량 (kg/10a)
	산아스	8.18	0	82	21	264	114	93.4	22.5	83.8	549
	산젤스	8.18	0	80	21	244	112	94.4	23.0	84.1	520
	산아스자	8.18	0	80	21	266	114	93.3	22.8	84.2	562
	산젤스자	8.18	0	81	20	265	109	94.5	23.2	83.9	548
무	평	8.18	0	81	21	260	112	93.9	22.9	84.0	545
비	산아스북	8.18	0	80	20	289	115	93.9	22.7	84.0	555
구	산젤스북	8.18	0	81	21	262	113	93.5	22.7	84.2	566
	산아스자북	8.18	0	80	21	277	109	93.7	23.1	84.3	526
	산젤스자북	8.18	0	82	21	259	111	94.2	22.9	84.1	527
	평	8.18	0	81	21	272	112	93.8	22.9	84.2	544
관	행	8.17	0	81	21	298	105	93.7	22.9	84.0	529
	산아스	8.18	0	81	20	267	109	94.6	23.1	83.9	571
	산젤스	8.18	0	81	21	264	108	95.5	22.9	84.1	562
	산아스자	8.18	0	81	21	292	106	94.3	23.2	84.0	557
	산젤스자	8.18	0	81	21	285	106	94.2	22.6	84.3	515
시	평	8.18	0	81	21	277	107	94.7	23.0	84.0	551
비	산아스북	8.18	0	82	20	286	109	93.5	22.8	84.4	538
구	산젤스북	8.18	0	81	21	282	108	93.8	22.7	84.0	566
	산아스자북	8.18	0	82	20	280	106	92.9	22.8	84.0	524
	산젤스자북	8.18	0	82	20	270	112	93.7	22.8	84.0	526
	평	8.18	0	82	20	280	109	93.5	22.8	84.1	539
관	행	8.17	0	82	21	295	103	93.1	22.0	83.6	513

나. 답수직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량

1) 초기생육

본답에서의 기비유무 및 펠렛조합에 따른 초장, 엽수, m²당 경수, 개체 결주율은 표 4-3-27과 같다.

Table 4-3-27 Plant height, number of leaf, number of tiller per m², and missing plant percentage in direct seeding on flooded paddy surface

기 비	펠렛조합	초 장(cm)			엽수(매/주)	m ² 당경수		개체
		파종 후			파종 후	파종 후		결주율
		20일	46일	80일	20일	46일	80일	(%)
무	산아스	6.4	30.1	81.1	4.0	181	304	36
	산젤스	7.5	32.2	81.0	4.1	188	347	32
	산아스자	6.7	31.7	79.3	3.9	180	300	33
	산젤스자	7.3	32.6	80.3	4.1	245	335	25
	평 균	7.0	31.7	80.4	4.0	199	322	32
비	산아스복	6.7	30.6	77.3	4.2	152	352	29
	산젤스복	6.8	31.1	79.0	4.1	147	283	36
	산아스자복	6.4	30.5	78.3	3.9	144	307	31
	산젤스자복	6.7	31.2	80.4	4.0	186	347	32
	평 균	6.7	30.9	78.8	4.0	157	322	32
	관 행	10.2	32.5	80.6	4.9	579	453	36(94)
시	산아스	5.0	31.0	80.3	3.6	222	343	32
	산젤스	5.6	31.8	80.8	3.8	288	340	22
	산아스자	5.1	31.3	80.6	3.6	239	382	19
	산젤스자	6.3	30.9	81.0	4.1	238	342	20
	평 균	5.5	31.3	80.7	3.8	247	352	23
비	산아스복	5.5	31.0	79.4	3.9	178	304	32
	산젤스복	6.3	31.6	78.2	4.0	152	374	34
	산아스자복	6.3	30.6	80.3	3.9	188	350	29
	산젤스자복	6.1	31.9	80.9	3.9	199	355	29
	평 균	6.1	31.3	79.7	3.9	179	346	31
	관 행	8.8	33.8	79.6	4.7	629	509	40(88)

주: 펠렛 조합

산아스 : 산적토+아라비아고무+스포타, 산젤스 : 산적토+젤라틴+스포타,

산아스자(PSCIFPC): 산적토+아라비아고무+스포타+자바라, 산젤스자 : 산적토+젤라틴+스포타+자바라,

관행 : 건조종자 조파 파종

초장은 무비구(산젤스자 제외)와 시비구 모두 펠렛내 살균·살충제 및 복비처리가 최아종자 산파(관행)에 비하여 파종 후 46 일까지는 작았는데, 이는 펠렛내 살균·살충제 처리나 복비 첨가가 초기 생육을 지연 또는 장애를 입힌 것으로 사료된다(2절 종자처리 중 비료처리). 파종 후 80 일 이후에는 관행보다 펠렛조합에 따라 약간 작거나 다소 컸다. 따라서 생육이 진전됨에 관행과 비슷하여짐을 볼 때 생육에 지장을 초래하지 않은 것으로 사료된다.

엽수는 무비구에서 펠렛내 살균·살충제 및 복비처리가 관행에 비해 0.8 ~ 1매, 시비구에서는 0.6 ~ 1.1매 적었다. 본답 기비유무에 따른 엽수 차는 뚜렷한 경향이 없었다.

㎡당 경수는 무비구에서 파종 후 46 일에 펠렛조합간 차는 101개이고, 최고는 산젤스자로 245 개였으나 관행에 비해 334 개 적었다. 파종 후 80 일에 펠렛조합간 차는 69 개이고, 최고는 산아스북 352 개였으나 관행에 비해 101 개 적었다. 시비구에서는 파종 후 46일에 펠렛조합간 차는 136개이고, 최고는 산젤스 288 개로 관행에 비해 341 개 적었다. 파종 후 80 일에는 펠렛조합간 차는 96 개이고, 최고는 산아스자 382 개로 관행에 비해 127 개 적었다. 본답에서 기비 유무는 파종 후 46 일, 80 일 모두 시비구(산젤스자, 산아스북 제외)가 무비구에 비해 많았다.

개체 결주율은 무비구에서 펠렛조합 간 차는 25 % ~ 36 %이고, 최저결주율은 산젤스자 25 %로 관행에 비하여 11 % 낮았다. 시비구에서 펠렛조합 간 차는 19 % ~ 34 %이고, 최저결주율은 산아스자 19 %로 관행에 비해 28 % 낮았다. 펠렛종자의 담수직파재배 시 관행에 비해 개체당 결주율은 낮았으나 기계이앙재배에서 결주율이 보통 1.7 % ~ 14.6 %정도 발생함을 볼 때 펠렛종자의 재배기술 체계 확립(파종법, 파종심도, 물관리 등)과 정밀파종기의 개발을 통해 결주율을 개선할 수 있으리라 생각한다.

기비 시용 유무 및 펠렛 내 조합재료에 따른 건물중, T/R률, 모충실도는 표 4-3-28과 같다. 모 건물중은 무비구 및 시비구 모두 펠렛종자가 관행에 비해 가벼웠다. 그러나 지하부 건물중은 무비구의 산아스자, 산젤스자, 산젤스북,

산아스자복, 산젤스자복과 시비구의 산젤스자, 산아스자복은 관행에 같거나 무거웠다. T/R률은 무비구 및 시비구에서 펠렛종자가 관행보다 낮아 지상부보다 지하부 생육이 활발했음을 알 수 있었고 본답시비유무는 펠렛조합간 일정한 경향이 없었다. 모층실도는 무비구(산아스, 산젤스 제외)에서 모든 펠렛조합이 관행보다 좋았으며 시비구에서는 산아스자, 산젤스자, 산아스자복이 관행보다 좋았다.

Table 4-3-28 Dry weight of plant and top-root ratio in direct seeding on flooded paddy surface

기 비	펠렛조합	건물중(mg/개체, 파종 후 20일)			T/R률 (%)	모층실도 (mg/cm)
		지상부	지하부	개체		
무 비 구	산아스	70	50	120	140	1.88
	산젤스	90	50	140	180	1.87
	산아스자	80	80	160	100	2.39
	산젤스자	90	70	160	129	2.19
	평 균	83	63	145	137	2.08
	산아스복	90	50	140	180	2.09
	산젤스복	100	70	170	143	2.59
	산아스자복	80	70	150	114	2.34
	산젤스자복	90	80	170	113	2.54
	평 균	90	68	158	138	2.36
관 행	140	70	210	200	2.06	
시 비 구	산아스	60	40	100	150	2.00
	산젤스	60	60	120	100	2.14
	산아스자	60	60	120	100	2.35
	산젤스자	80	70	150	114	2.38
	평 균	65	58	123	116	2.21
	산아스복	60	50	110	120	2.00
	산젤스복	70	50	120	140	1.90
	산아스자복	80	80	160	100	2.54
	산젤스자복	70	60	130	117	2.13
	평 균	70	60	130	119	2.14
관 행	130	70	200	186	2.27	

2) 수량구성요소 및 수량

출수기, 수량구성요소 및 수량은 표 4-3-29와 같다.

Table 4-3-29 Heading date, yield components, and yield in direct seeding on flooded paddy surface

기 비	펠렛조합	출수기 (월.일)	포장 도복 (0~9)	간장 (cm)	수장 (cm)	㎡당 수수 (개)	수당 입수 (개)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 (g)	정현 비율 (%)	수량 (Kg/10a)
	산아스	8.19	0	85	19	276	95	93.6	22.6	83.9	473
	산젤스	8.19	0	84	19	286	97	93.0	22.4	83.9	507
	산아스자	8.19	0	84	19	266	95	93.9	22.6	83.5	474
	산젤스자	8.19	0	83	19	286	95	92.9	22.3	83.5	493
무	평	8.19	0	84	19	279	96	93.4	22.5	83.7	487
비	산아스복	8.19	0	82	20	286	98	92.0	22.3	83.4	483
구	산젤스복	8.19	0	83	19	266	99	94.2	22.2	83.4	467
	산아스자복	8.19	0	82	20	266	99	93.3	22.5	83.4	486
	산젤스자복	8.19	0	83	19	280	95	92.8	22.6	83.3	474
	평	8.19	0	83	20	275	98	93.1	22.4	83.4	478
	관	8.18	7	81	20	388	88	87.7	21.8	83.2	451
	산아스	8.19	0	84	19	291	95	92.2	22.2	83.8	514
	산젤스	8.19	0	84	19	293	93	93.9	21.9	83.3	503
	산아스자	8.19	0	84	19	323	92	94.3	21.6	83.6	525
	산젤스자	8.19	0	82	20	302	92	93.3	22.1	83.9	511
시	평	8.19	0	84	19	302	93	93.4	22.0	83.7	513
비	산아스복	8.19	0	81	19	269	96	93.3	22.7	83.6	492
구	산젤스복	8.19	0	85	19	268	96	93.8	22.7	84.0	466
	산아스자복	8.19	0	84	20	293	93	92.7	22.5	83.7	502
	산젤스자복	8.19	0	80	20	284	93	94.0	22.4	83.7	493
	평	8.19	0	83	20	279	94	93.5	22.6	83.8	488
	관	8.18	7	82	19	408	90	87.6	22.0	83.3	456

출수기는 무비구와 시비구 모두 펠렛종자 처리구가 관행에 비해 1일 정도 늦었다. 포장도복은 관행이 7정도임에 반해 펠렛조합 처리에서는 발생하지 않았다. 간장은 모든 펠렛종자 처리구가 관행에 비해 무비구는 2 ~ 4 cm, 시비구는 -2 ~ 3 cm정도 차를 보였고, 수장은 관행에 비해 무비구와 시비구가 -1 ~ 1 cm 정도 차를 보였다. m²당 수수는 무비구에서 관행에 비해 102 ~ 122 개정도 적었고, 펠렛조합에는 산젤스, 산젤스자, 산아스복 286 개로 많았다. 시비구에서는 85 ~ 140 개정도 적었고 펠렛조합에서는 산아스자가 323 개로 가장 많았다.

수당입수는 본답 기비 유무 및 펠렛조합간 처리에 관계없이 관행에 비하여 많았다. 등숙비율 및 현미천립중은 무비구 및 시비구 모두 관행보다 좋았다. 정현비율은 관행에 비해 무비구에서는 -0.1 % ~ 0.7 %, 시비구에서는 0 % ~ 0.7 % 정도의 차이를 보였다. 수량은 관행에 비해 무비구와 시비구 모두 높았고 무비구에서 산젤스(507 Kg/10a), 시비구에서 산아스자(525 Kg/10a)가 가장 좋았다. 이상으로 본답에서 수량성이 무비구와 시비구 모두 관행에 비해 높아 답수직파에서 조합된 펠렛종자들은 재배자 및 포장조건에 따라서 이용성이 확실히 있는 것으로 사료된다.

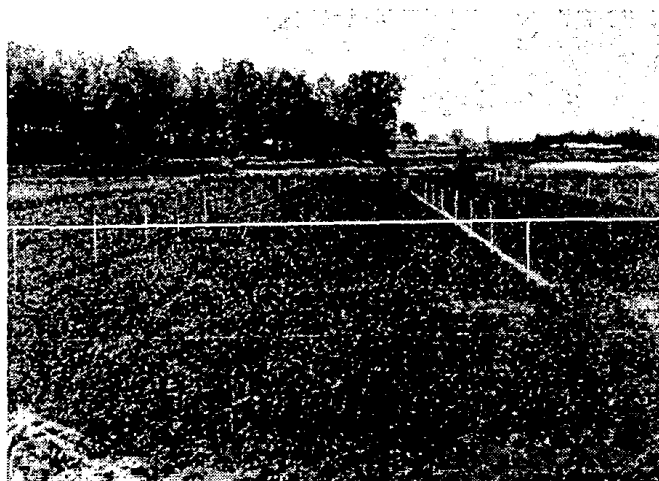


Fig.4-3-9 A view of the field on early growth stage
(direct seeding on dry paddy)



Fig.4-3-10 A view of the field on early growth stage
(direct seeding on flooded paddy surface)



Fig.4-3-11 A view of the field on ripening stage
(direct seeding on dry paddy)



Fig.4-3-12 A view of the field on early growth stage
(direct seeding on flooded paddy surface)



Fig.4-3-13 Lodging of rice in conventional culture
(direct seeding on flooded paddy surface)

3. 벼 펠렛종자 적정재배법 구명

가. 건답직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량

1) 입모 및 생육특성

표 4-3-30은 건답직파에서 펠렛종자의 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 입모 특성으로서 입모율, 입모수, 결주율, 출아소요일수를 나타낸 것이다.

Table 4-3-30 Characteristics of seedling stand in direct seeding on dry paddy

파종기 (월. 일)	파종심도 (cm)	파종밀도 (cm)	입모율 (%)	입모수 (개/㎡)	결주율 (%)	출아소요 일수(일)	
4.20	1	30×15	80	97	2.8	28	
		30×11	79	71	1.7		
		30×10	72	50	2.1		
		평균	77	73	2.2		
	3	30×8	72	87	3.2	30	
		30×11	88	75	3.9		
		30×14	82	56	3.1		
		평균	81	79	3.4		
	조파(관행)			40	92	60	30
	5.1	1	30×8	79	95	3.2	22
			30×11	82	72	3.9	
			30×14	83	59	1.9	
평균			81	75	3.0		
3		30×8	82	97	5.0	24	
		30×11	78	69	4.1		
		30×14	81	53	5.4		
		평균	80	73	4.8		
조파(관행)			45	100	55	24	
5.10		1	30×8	90	106	5.2	18
			30×11	88	76	4.4	
			30×14	83	56	7.7	
	평균		87	79	5.8		
	3	30×8	91	100	4.3	19	
		30×11	91	79	4.4		
		30×14	90	63	2.1		
		평균	91	81	3.6		
	조파(관행)			36	80	64	19

Table 4-3-31 Characteristics of growth in direct seeding on dry paddy

파종기 (월.일)	파종심도 (cm)	파종밀도 (cm)	경수(개/주)				초장(cm)	
			파종 후 60일	70	80	90	파종 후 55일	
4.20	1	30×8	6.1	9.0	9.3	8.8	22	
		30×11	6.8	10.6	10.8	10.0	21	
		30×14	7.2	12.0	14.8	14.6	22	
		평균	6.7	10.5	11.6	11.1	22	
	3	30×8	5.6	8.4	9.1	8.6	23	
		30×11	5.8	9.6	10.4	10.0	23	
		30×14	5.9	10.4	14.5	14.2	22	
		평균	5.8	9.5	11.3	10.9	23	
	조파(관행)		3.4	4.1	4.2	4.1	24	
	5.1	1	30×8	10.6	12.1	10.1	9.6	34
			30×11	11.4	13.8	12.5	12.0	33
			30×14	12.8	17.6	15.4	15.2	32
평균			11.6	14.5	12.7	12.3	33	
3		30×8	10.5	11.1	9.7	9.4	31	
		30×11	10.7	13.5	12.4	12.2	32	
		30×14	12.5	17.0	14.7	14.3	32	
		평균	11.2	13.9	12.3	12.0	32	
조파(관행)		3.8	4.2	4.1	3.8	34		
5.10		1	30×8	10.6	9.8	9.4	9.3	44
			30×11	15.1	13.1	11.7	11.5	45
			30×14	18.9	16.6	14.2	13.6	46
	평균		14.9	13.2	11.8	11.5	45	
	3	30×8	10.0	9.7	9.1	8.7	44	
		30×11	14.4	12.8	11.2	10.6	44	
		30×14	16.7	14.5	13.9	13.3	46	
		평균	13.7	12.3	11.4	10.9	45	
	조파(관행)		5.3	5.1	4.9	4.8	44	

입모율은 남부지방 건답직파 적정 파종기인 4월 20일 보다 늦을수록 약간 높아지는 경향으로 5월 1일, 5월 10일에서 4% ~ 10% 정도 높았는데, 이는 4월 20일 무렵의 봄 기온과 파종기가 늦을 수록 기온이 상승함에 따라 입모율 차이가 난 것으로 생각된다. 관행(30 cm 조파, 파종심도 3 cm)에 비해서는 같은 처리조건에서 펠렛종자가 최저 35% 이상 높았다. 파종심도는 입모율에 미치는 영향이 적은 것으로 판단 되었지만, 결주율은 4월 20과 5월 1일 파종기에서 파종심도 1 cm 보다는 3 cm에서 각각 2.2, 1.8% 높았다. 그러나 5월 10일 파종은 1 cm가 2.2% 높았는데, 이는 파종 전 강우로 인한 토양조건과 파종심도와 기온간에 관계가 있을 것으로 생각한다.

㎡당 입모수는 파종기, 파종심도에 관계없이 파종밀도 30×8 cm에서 관행과 비슷하거나 많았다. 70개 이상의 입모수 확보는 30×11 cm 이하 이었다. 출아소요일수는 기온 상승 때문에 파종기가 늦을수록 빨라졌고, 파종심도에 따른 차이는 3 cm가 1 cm에 비해 1 ~ 2일 정도 늦었다. 또한 관행에 비해서는 파종심도 1 cm가 1 ~ 2일 정도 빨랐다.

표 4-3-31은 건답직파에서 펠렛종자의 생육특성으로서 경수변화, 초장을 나타낸 것이다. 주당경수는 파종기가 늦을수록, 파종심도가 얇을수록, 파종밀도가 낮을수록 증가하는 경향이었으며, 최고 경수는 파종기가 늦어질수록 10일씩 빨라지는 경향이였다. 초장은 파종심도나 파종밀도 보다 파종기에 따라 차이를 보였지만 관행과의 차이는 거의 없었다.

2) 수량구성요소 및 수량

표 4-3-32는 건답직파에서 출수기, 포장도복, 간장, 수장과 수량을 나타낸 것이다. 출수기는 파종기가 늦어질수록 1 ~ 2 일 지연되었지만 파종심도나 파종밀도에는 영향을 받지 않았고, 같은 파종기에서는 처리조건에 관계없이 관행과 같았다. 포장도복은 등숙기 무렵의 양호한 기상 관계로 모든 처리에서 발생하지 않았다. ㎡당 수수는 파종기 5월 1일, 파종심도 1 cm, 파종밀도 30

Table 4-3-32 Heading date, field lodging, and yield potential in direct seeding on dry paddy

파종기 (월. 일)	파종 심도 (cm)	파종 밀도 (cm)	출수기 (월. 일)	포장 도복 (0~9)	간장 (cm)	수장 (cm)	㎡당 수수 (개)	정현 비율 (%)	쌀수량 (kg/10a)
	1	30×8	8.17	0	79	20.4	349	84.0	490
		30×11	8.17	0	80	21.0	289	84.2	503
		30×14	8.17	0	79	20.7	333	84.6	517
		평균	8.17	0	79	20.7	324	84.3	503
4.20	3	30×8	8.17	0	79	20.2	331	84.1	527
		30×11	8.17	0	81	20.3	277	83.5	512
		30×14	8.17	0	81	20.8	326	83.2	496
		평균	8.17	0	80	20.4	311	83.6	514
조파(관행)			8.17	0	79	20.3	363	83.8	501
	1	30×8	8.18	0	81	20.1	387	83.7	507
		30×11	8.18	0	81	20.0	350	84.7	519
		30×14	8.18	0	82	20.9	350	84.4	545
		평균	8.18	0	81	20.3	362	84.3	524
5.1	3	30×8	8.19	0	81	20.0	369	83.8	538
		30×11	8.19	0	81	20.4	346	83.9	515
		30×14	8.19	0	82	20.8	315	84.0	535
		평균	8.19	0	81	20.4	343	83.9	532
조파(관행)			8.19	0	78	20.5	363	82.9	498
	1	30×8	8.20	0	74	20.6	359	83.8	491
		30×11	8.20	0	75	20.2	307	83.7	471
		30×14	8.20	0	75	20.6	299	83.9	455
		평균	8.20	0	75	20.5	322	83.8	473
5.10	3	30×8	8.20	0	72	19.9	347	82.4	491
		30×11	8.20	0	73	20.4	287	82.2	472
		30×14	8.20	0	75	20.6	310	83.0	470
		평균	8.20	0	73	20.3	315	82.5	476
조파(관행)			8.20	0	74	20.2	371	82.9	493

×8 cm가 모든 처리에서 가장 많았다. 정현비율은 관행과의 차이는 없었다. 수량은 파종기 5월 1일, 파종심도는 3 cm, 파종밀도 30×8 cm가 538 Kg/10a로 모든 처리중에서 가장 높았다. 따라서 파종기는 출수기를 고려할 때 관행에 준하면 될 것으로 생각되며, 파종심도 1 cm, 3 cm에서 생육특성은 큰 차이를 보이지 않았고 파종밀도는 파종기나 파종심도에 관계없이 적정 입모수 확보를 위해서는 30×11 cm 이하가 바람직 할 것으로 생각된다.

나. 담수직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량

1) 입모 및 생육특성

표 4-3-33은 담수직파에서 펠렛종자의 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 입모특성으로서 입모율, 완전입모율, m²당 입모수, 결주율, 모 도복율, 부모율, 출아소요일수를 나타낸 것이다.

입모율은 파종기, 파종심도, 파종밀도 처리에서 파종심도에 따른 차이가 가장 컸고, 파종기에 따라서는 남부지방 담수직파 적정 파종기인 5월 10일은 평균 71 %로 5월 1일, 5월 10일 보다 11, 3 % 정도 높았으며 관행(산파)에 비해서도 3 % 정도 높았다. 그러나 5월 1일과 5월 20일 파종에서는 산파보다 낮았지만 완전입모율은 펠렛종자가 파종기별로 파종심도 0 cm에서 6, 24, 16 % 높았다. 그러나 파종심도 1 cm에서 입모율은 파종기, 파종밀도에 관계없이 20 % 내외로 아주 낮았다.

결주율은 파종심도 0 cm에서 파종기가 늦을수록 낮아지는 경향을 보였는데 이는 기온상승으로 인한 것으로 생각되며 파종심도 1 cm에서는 파종기에 관계없이 80 % 이상이었다. 이에 따라 m²당 입모수는 5월 20일 파종, 파종심도 0 cm, 파종밀도 30×8 cm에서 73개로 가장 많은 입모수를 확보하였고, 반면에 같은 조건에서 5월 10일은 60개, 5월 1일은 50개였다.

모도복율은 펠렛종자가 파종기에 따라 파종심도 0 cm에서 2 % ~ 3 %로 관행의 15~22%에 비해 낮았다.

Table 4-3-33 Characteristic of seedling stand in direct seeding on flooded paddy surface

파종기 (월. 일)	파종 심도 (cm)	파종밀도 (cm)	입모율 (%)	완 전 입모율 (%)	입모수 (개/㎡)	결주율 (%)	모 도복율 (%)	부묘율 (%)	출 아 소요일수 (일)
	0	30× 8	55	49	50	14	4	2	18일
		30×11	64	58	42	18			
		30×14	61	55	24	22			
		평 균	60	54	39	18			
5. 1	1	30× 8	13	13	13	89	0	0	23
		30×11	14	14	10	84			
		30×14	15	15	8	87			
		평 균	14	14	10	87			
산파(관행)			73	48	107	27	10	15	13
	0	30× 8	75	68	60	12	5	2	12
		30×11	67	60	50	13			
		30×14	70	63	42	12			
		평 균	71	64	51	12			
5.10	1	30× 8	26	26	22	83	0	0	14
		30×11	21	21	17	82			
		30×14	14	14	10	86			
		평 균	20	20	16	84			
산파(관행)			68	40	100	32	14	20	11
	0	30× 8	74	66	73	15	5	3	11
		30×11	64	56	47	12			
		30×14	66	58	37	13			
		평 균	68	60	52	13			
5.20	1	30× 8	48	48	25	82	0	0	12
		30×11	37	37	12	86			
		30×14	37	37	9	87			
		평 균	41	41	15	85			
산파(관행)			86	44	127	14	20	22	11

표 4-3-34는 담수직파에서 담수심 조건에 따른 입모율이다. 담수직파재배에서 관행 파종은 담수심을 3 cm 이내로 유지하여 파종하는데 관행에 따라 펠렛종자를 파종할 경우 입모율이 70 % 내외이고, 결주율도 12 % 이상으로 높았다. 이를 개선 할 수 있는 하나의 방안으로서 씨레질 후 2일째 완전 배수하여 담수심을 0 cm로 유지시킨 후 펠렛종자를 파종할 경우 담수심 3 cm에 비해 입모율은 9 % 정도 향상되었다. 특히 최아종자에 비해 11 % 이상 높았다. 따라서 담수직파에서 펠렛종자의 경우 담수심을 0 cm로 유지하여 파종하는 것이 바람직한 파종법으로 생각된다.

Table 4-3-34 Seedling stand percentage of the rice-seed pellet under water depth in direct seeding on flooded paddy surface

종자조건	담수심	
	0 cm	3 cm
최아종자(관행)	75	73
펠렛종자	86	77

표 4-3-35는 담수직파에서 종자조건에 따른 파종 후 종자상태에 관한 입모 특성이다.

Table 4-3-35 Establishment characteristics of the rice-seed pellet after seeding in direct seeding on flooded paddy surface

종자조건	종자피복	종자이동율	종자이동폭	부묘율	모도복
	흙두께(mm)	(%)	(cm)	(%)	(%)
건조종자	0	33a	6.3a	7b	11b
최아종자	0	10b	3.3b	14a	20a
펠렛종자	2	2c	1.5c	2c	5c

Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

♪Seeding date : 2 days after puddling

파종 후 종자피복 흙 두께는 펠렛종자의 경우 펠렛성형재료의 붕괴로 인한 흙의 덮임이 2 mm 정도였고, 종자 이동율은 건조종자가 33 %로 가장 높았고, 관행 최아종자는 10 %이었지만 펠렛종자는 2 % 내외로 낮았다. 이동폭은 1.5 cm 내외로 건조종자나 최아종자에 비해 적었다. 부묘율 및 모도복 역시 건조종자나 최아종자에 비해 현저히 낮았다.

그림 4-3-14는 담수직파에서 최아종자의 입모도복으로 종자가 논표면에 있어 입모상태가 불안정함을 알 수 있다. 그림 4-3-15는 담수직파에서 펠렛종자의 입모상태이다. 그림 4-3-16는 담수직파에서 펠렛재배와 비교된 관행재배의 도복이다.



Fig. 4-3-14 Lodging of seedling in conventional direct seeding on flooded paddy surface

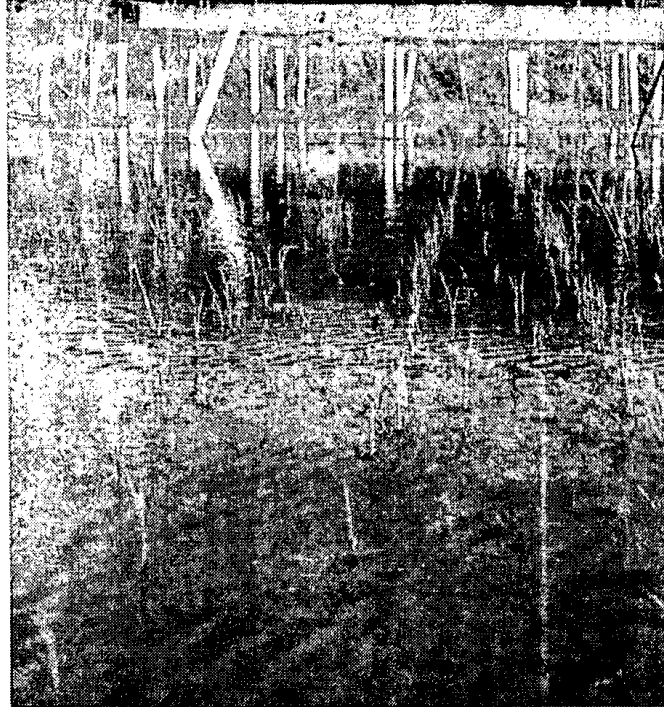


Fig. 4-3-15 Seedling establishment of the rice-seed pellet in direct seeding on flooded paddy surface

표 4-3-36은 담수직파에서 펠렛종자의 생육특성으로서 경수변화와 초장을 나타낸 것이다. 주당경수는 파종심도 0 cm에서 파종기보다 파종밀도가 낮을수록 증가하는 경향이었으며, 최고경수는 펠렛종자가 파종기나 파종밀도에 관계없이 관행에 비해 10일 정도 늦었다. 초장은 5월 1일 파종이 작았는데 이는 파종기의 기온 관계로 여겨지며, 관행에 비해서는 작은 경향이였다. 특히 파종심도 0 cm에서 파종밀도 보다 파종기에 따른 차이를 보였지만, 5월 10일, 20일은 비슷한 경향이였다. 1 cm는 입모수를 확보가 어려워 조사에서 제외하였다.

Table 4-3-36 Characteristics of growth in direct seeding on flooded paddy surface

파종기 (월. 일)	파종 심도 (cm)	파종 밀도 (cm)	경수(개/주)			경수(개/㎡)	초장(cm)	
			파종 후 50일	60	70	80	7월30일	파종 후55일
5. 1	0	30× 8	11.1	11.8	12.4	10.6	425	33
		30×11	12.5	13.2	18.6	16.5	491	32
		30×14	12.3	14.0	18.9	17.5	390	33
		평 균	12.0	13.0	16.6	14.9	435	33
	산파(관행)	6.8	9.0	5.7	4.7	473	35	
5.10	0	30× 8	8.1	14.7	12.1	11.9	496	47
		30×11	10.5	18.5	16.2	15.4	467	45
		30×14	11.1	23.4	19.2	18.9	450	45
		평 균	9.9	18.9	15.8	15.4	471	46
	산파(관행)	8.2	6.0	5.3	5.0	528	50	
5.20	0	30× 8	18.4	17.2	14.4	12.0	600	45
		30×11	21.2	15.7	13.8	12.1	509	46
		30×14	23.1	22.0	20.0	18.8	476	44
		평 균	20.9	18.3	16.1	14.3	528	45
	산파(관행)	4.7	4.6	4.3	4.0	541	55	

2) 수량구성요소 및 수량

표 4-3-37은 답수직파에서 출수기, 포장도복, 간장, 수장과 수량을 나타낸 것이다. 출수기는 파종기가 늦을수록 2 ~ 5 일 지연되었으나 같은 파종기에서는 관행에 비해 1 ~ 2 일 지연되었다. 포장도복은 등숙기 무렵의 양호한 기상에도 불구하고 관행은 파종기에 관계없이 3 정도 발생하였다. ㎡당 수수는 파종기 5월 1일, 파종심도 0 cm, 파종밀도 30×8 cm가 536 Kg/10a로 가장 높았다.

따라서 담수직파에서 파종기는 출수기를 고려할 때 관행에 준하면 될 것으로 생각되며, 파종심도와 담수심에 따른 입모율의 차이가 현저함 써레질후 완전배수된 논 표면에 파종심도 0 cm(표면) 파종함으로 입모율 향상을 꾀할 수 있을 것으로 생각된다. 파종밀도는 펠렛내 종자입수를 3 립으로 하였을 경우 30×8 cm에서는 입모율이 60 %이상, 30×11 cm에서는 85 %이상이고, 30×14 cm에서는 입모율이 100 %라 가정해도 m²당 입모수가 71.4 개임으로 파종밀도는 30×11 cm 이하가 바람직한 것으로 생각된다.

Table 4-3-37 Heading date, field lodging, and yield potential in direct seeding on flooded paddy surface

파종기 (월. 일)	파종 심도 (cm)	파종 밀도 (cm)	출수기 (월. 일)	포장 도복 (0-9)	간장 (cm)	수장 (cm)	m ² 당 수수 (개)	정현 비율 (%)	쌀수량 (kg/10a)
5. 1	0	30× 8	8.14	0	82	19.6	359	83.3	536
		30×11	8.14	0	80	20.0	418	83.7	494
		30×14	8.14	0	80	19.8	395	84.7	506
		평 균	8.14	0	81	19.8	391	83.9	512
	산파(관행)		8.12	3	76	18.5	476	84.1	435
5.10	0	30× 8	8.16	0	77	19.5	360	83.6	481
		30×11	8.16	0	79	20.2	338	83.5	471
		30×14	8.16	0	78	19.3	333	84.5	482
		평 균	8.16	0	78	19.7	344	83.9	479
	산파(관행)		8.15	3	78	18.2	456	84.4	426
5.20	0	30× 8	8.19	0	73	19.1	386	84.0	438
		30×11	8.19	0	74	19.8	336	83.4	473
		30×14	8.19	0	73	19.6	327	83.3	435
		평 균	8.19	0	73	19.5	350	83.6	448
	산파(관행)		8.17	3	76	19.0	457	83.2	420

그림 4-3-16은 펠렛종자의 재배체계를 알기위해 파종기, 파종심도, 파종밀도에 관한 시험처리가 들어간 포장이다.



Fig.4-3-16 A veiw of test field

4. 벼 펠렛종자 포장적응시험 및 재배체계의 경제성 분석

가. 건답직파에서 토성 및 질소수준에 따른 생육 특성

1) 입모 및 초기생육

표 4-3-38은 토성 및 질소수준에 따른 펠렛종자의 입모특성으로서 입모율, 입모수, 결주율과 초기 생육특성으로 초장, 엽수, 경수, 건물중을 나타낸 것이다.

입모율은 토성 및 질소시비량에 관계없이 펠렛종자가 관행에 비해 높았으며 식양토에서 31 % ~ 35 %로 가장 높았다. 사양토와 간척지의 경우 10 % 내외이었다. 같은 토성내에서 질소시비량에 따른 펠렛종자의 입모율은 거의 같은 경향이였다.

㎡당 입모수는 토성과 질소수준에 관계없이 80개 이상의 입모수를 확보하였다. 펠릿종자의 결주율은 토성별로는 식양토>사양토>간척지 순이었으며, 펠릿종자는 관행 조파에 비해서는 결주율이 현저히 낮았다.

초장은 파종일수가 경과함에 따라 각 토성 모두 질소시비량이 많을 수록 커지는 경향이였다. 토성별로는 식양토>사양토>간척지 순이었다. 엽수는 토성 및 질소수준에 따른 차이가 0.4매 이내 이었다. 펠릿종자의 주당경수는 각 토성 모두 질소시비량이 많을수록 많은 경향이였다. 건물 증은 각 토성별로 관행과 비교시 펠릿종자가 약간 무거운 경향이였다.

Table 4-3-38 Characteristic of seedling stand of the rice-seed pellet with soil texture and application level of nitrogen fertilizer in direct seeding on dry paddy

토성 (장소)	파종기 (월. 일)	질 소 시비량 (Kg/ha)	입모 율 (%)	입모 수 (개/㎡)	결주 율 (%)	초장 (cm)			엽수 (매)	경수 (개/㎡)	건물증 (g/주)
						파종 후	파종 후	파종 후			
						45일	100일	수확기	45일	100일	45일
식양토 (나주)	4.20	190	91	91	1.0	19	85	109	5.7	11.7	0.080
		150	90	90	0.5	20	83	107	5.4	10.9	0.085
		110	88	88	1.1	19	81	107	5.6	9.6	0.084
		150(조파)	56	123	44.0	18	84	106	5.4	3.2	0.069
						41일	90일	수확기	40일	90일	40일
사양토 (해남)	5.4	210	83	83	4.4	25	84	104	6.7	11.9	0.164
		170	83	83	5.0	26	80	101	6.7	10.6	0.188
		130	81	81	4.3	25	76	99	6.8	9.5	0.152
		170(조파)	72	158	28.0	23	78	100	6.5	2.3	0.142
						33일	78일	수확기	33일	78일	33일
간척지 (고흥)	5.17	240	82	82	8.3	21	60	93	6.5	9.1	0.080
		200	83	83	7.0	20	59	89	6.1	7.4	0.076
		160	80	80	8.3	20	58	88	6.0	6.9	0.075
		200(조파)	70	153	30.0	20	61	91	6.3	2.1	0.073

2) 수량구성요소 및 수량

출수기, 수량구성요소 및 수량은 표 4-3-39와 같다.

Table 4-3-39 yield and yield components of the rice-seed pellet under soil texture and application level of nitrogen fertilizer in direct seeding on dry paddy

토성 (장소)	질소시비량 (Kg/ha)	출수기 (월. 일)	포장 도복 (0~9)	간장 (cm)	수장 (cm)	m ² 당 수수 입수 (개)	수당 입수 (개)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 비율 (%)	정현 비율 (%)	쌀 수량 (Kg/10a)
식양토 (나주)	190	8.14	0	83	20	340	90	91.4	24.5	83.6	633
	150	8.14	0	80	20	330	92	92.2	24.6	83.2	579
	110	8.14	0	79	20	313	99	93.2	24.7	83.3	567
	150(조파)	8.14	0	80	20	326	93	91.9	24.7	83.6	601
사양토 (해남)	210	8.20	0	78	19	366	77	93.7	24.3	83.4	463
	170	8.20	0	74	19	323	86	95.1	24.6	83.1	471
	130	8.20	0	72	19	303	82	93.3	24.7	83.3	453
	170(조파)	8.20	0	74	19	340	73	93.7	24.9	83.1	448
간척지 (고흥)	240	8.25	0	66	20	406	74	91.0	22.4	84.0	447
	200	8.25	0	62	19	356	76	92.5	22.3	83.8	395
	160	8.25	0	61	19	287	78	90.5	22.1	83.4	344
	200(조파)	8.24	0	63	19	374	71	88.8	22.7	83.8	427

출수기는 각각의 토성에 있어 질소시비량에 따른 차이는 없었고 관행(조파)과 비교해서도 간척지에서만 1일 정도 늦었다. 포장도복은 후기의 양호한 기상조건으로 인하여 모든 처리에서 발생하지 않았다.

간장은 식양토>사양토>간척지 순이었으며 질소시비량에 따라서는 시비량이 적을수록 작아지는 경향이였다. 수장은 토성과 질소시비량에 따라 0

~ 1 cm 정도 차를 보였다.

m²당 수수는 모든 토성에서 질소시비량이 증가할수록 늘어나는 경향이 있으나, 토성별로는 식양토를 제외한 사양토와 간척지는 관행 시비량 이상에서 관행 파종 이상의 m²당 수수를 보였다.

수당입수는 식양토>사양토>간척지 순이었으며, 토성에 따른 질소시비량에서 식양토를 제외하고는 관행에 비해 많았다. 등숙비율은 관행에 약간 높은 경향을 보였다. 현미천립중은 간척지를 제외하고 관행과 거의 비슷하였다. 정현비율은 토성별 질소시비량에 따른 관행과의 비교 시 0.2 ~ 0.4 정도의 차이로 거의 비슷하였다. 수량은 식양토>사양토>간척지 순이었고 식양토와 간척지에서는 관행 질소시비량보다 많은 시험구에서 관행보다 높은 수량을 보였다. 10a당 쌀 수량은 식양토의 경우 567 ~ 633 Kg, 사양토 453 ~ 463 Kg, 간척지 344 ~ 447 Kg으로 관행보다 높은 수량성을 보이는 토성별 질소시비량은 식양토의 경우 190 Kg/ha, 사양토 170 Kg/ha, 간척지 240 Kg/ha 수준이었다. 이상으로 토성과 질소시비수준에 따른 펠렛 종자의 건담직과 재배성은 관행과 비교시 안정성과 수량성이 있는 것으로 생각된다.

나. 담수직파에서 토성과 질소수준에 따른 생육 및 수량

1) 입모 및 초기생육

표 4-3-40은 토성 및 질소시비량에 따른 펠렛종자의 입모 특성으로서 입모율, 입모수, 결주율과 초기 생육특성으로 초장, 엽수, 경수, 건물중을 나타낸 것이다.

입모율은 토성과 질소시비량에 관계없이 펠렛종자가 관행에 비해 높았으나 간척지에서는 차이가 거의 없었다. 같은 토성 내에서 질소시비량에 따른 펠렛종자의 입모율 차이는 5 %이내 이었다.

m²당 입모수는 토성과 질소수준에 관계없이 75 개 이상의 입모수를 확보하

였다 .

펠릿종자의 결주율은 토성별로는 식양토> 사양토> 간척지 순이었으며, 관행이 18 % ~ 27 %임에 비해 펠릿종자는 4 % ~ 7 %로 14 % ~ 20 %정도 낮았다.

초장은 파종일수가 경과함에 따라 각 토성 모두 같은 질소시비량에서는 관행에 비해 떨어지지 않았다. 토성별로는 식양토> 사양토> 간척지 순 이었다.

Table 4-3-40 Characteristic of seedling stand of the rice-seed pellet with soil texture and application level of nitrogen fertilizer in direct seeding on flooded paddy surface

토성 (장소)	파종기 (월. 일)	질 소 시비량 (Kg/ha)	입 모 율 (%)	입모 수 (개/m ²)	결주 율 (%)	초장(cm)			엽수 (매)	경수 (개/m ²)	건물중 (g/주)
						파종 후	파종 후	파종 후	파종 후	파종 후	파종 후
						42일	80일	수확기	42일	80일	42일
식양토 (나주)	5.10	150	75	75	6.7	22	82	104	6.6	12.6	0.158
		110	77	77	7.3	23	79	103	6.8	11.1	0.154
		70	80	80	6.0	21	77	100	6.6	8.6	0.129
		110(산파)	73	107	27.0	23	79	98	6.7	4.2	0.185
						44일	80일	수확기	44일	80일	44일
사양토 (해남)	5.14	170	83	83	6.3	34	77	100	6.6	11.6	0.352
		130	80	80	7.0	34	74	98	6.8	10.8	0.337
		90	79	79	6.3	33	73	95	6.5	10.1	0.333
		130(산파)	76	110	24.0	34	76	99	6.4	4.5	0.347
						33일	78일	수확기	33일	78일	33일
간척지 (고흥)	5.17	240	83	83	4.0	22	66	93	5.9	11.4	0.088
		200	82	82	4.0	22	65	93	5.9	10.4	0.079
		160	80	80	4.7	20	63	94	5.9	9.9	0.081
		200(산파)	82	119	18.0	20	63	94	5.9	3.3	0.087

엽수는 같은 토성에서 질소수준에 따른 차이는 비슷하여 그차는 0.4매 이내 이었다. 펠렛종자의 주당경수는 각 토성 모두 질소시비량이 증가 할수록 많아지는 경향이였다. 건물중은 각 토성별로 관행과 비교시 같은 질소시비량에서 펠렛종자가 약간 무거운 경향이였다.

2) 수량구성요소 및 수량

출수기, 수량구성요소 및 수량은 표 4-3-41과 같다.

Table 4-3-41 Yield and yield components of the rice-seed pellet with soil texture and application level of nitrogen fertilizer in direct seeding on flooded paddy surface

토성 (장소)	파종기 (월. 일)	질소 시비량 (Kg/ha)	출수기 (월. 일)	포장 도복 (0~9)	간장 (cm)	수장 (cm)	㎡당 수수 (개)	수당 입수 (개)	등숙 비율 (%)	현미 천립중 (%)	정현 비율 (%)	수량 (Kg/10a)
식양토 (나주)	5.10	150	8.13	0	74	20	387	95	90.2	23.2	83.4	696
		110	8.13	0	74	20	317	102	92.9	23.5	83.5	638
		70	8.13	0	72	20	273	98	92.2	23.5	83.2	574
		110(산파)	8.13	0	72	19	345	96	91.9	24.0	83.4	509
사양토 (해남)	5.14	170	8.19	0	74	19	356	70	95.0	23.4	83.1	480
		130	8.19	0	73	18	340	71	94.4	23.0	83.5	470
		90	8.20	0	70	18	337	78	93.2	22.8	83.5	463
		130(산파)	8.19	0	72	18	330	78	92.6	24.1	83.2	444
간척지 (고흥)	5.17	240	8.22	0	64	21	367	78	91.5	22.2	84.1	395
		200	8.22	0	65	21	340	84	89.9	22.4	84.0	408
		160	8.22	0	64	20	323	74	89.4	22.3	84.0	385
		200(산파)	8.22	0	63	21	343	73	90.9	22.1	84.2	368

출수기는 각각의 토성에 있어 질소시비량에 따른 차이는 거의 없었고 관행(조파)과 비교해서도 같은 경향이였다. 포장도복은 후기의 양호한 기상

조건으로 인하여 모든 처리에서 발생하지 않았다.

간장은 간척지가 식양토나 사양토보다 작은 경향이었으며 수장은 같은 토성에서 질소시비량에 따라 0 ~ 1 cm 정도 차이가 있었다.

㎡당 수수는 모든 토성에서 질소시비량이 증가할수록 늘어나는 경향이 있으나, 토성에서 식양토는 관행 시비량 이상에서만 관행 파종 이상의 ㎡당 수수를 보였다. 수당입수는 식양토에서 가장 많았다. 등숙비율은 관행에 약간 높은 경향을 보이거나 같은 경향이였다. 현미천립중은 관행과 비교 시 큰 차이를 보이지 않았다. 정현비율은 식양토>사양토>간척지 순 이였고 질소시비량수준에 따른 관행과의 비교시 그 차이가 거의 비슷하였다. 수량은 식양토>사양토>간척지 순 이였고 펠렛종자구가 관행구에 비해 모두 높은 수량을 보였다.

10a당 쌀수량은 식양토의 경우 574 ~ 696 Kg, 사양토 463 ~ 480 Kg, 간척지 385 ~ 408 Kg로 관행보다 높은 수량성을 보이는 토성별 질소시비량은 식양토의 경우 70 Kg/ha, 사양토 90 Kg/ha, 간척지 160 Kg/ha 수준이었다. 이상으로 토성과 질소시비수준에 따른 펠렛종자의 답수직파 재배성은 관행과 비교시 안정성과 수량성이 있는 것으로 생각된다.

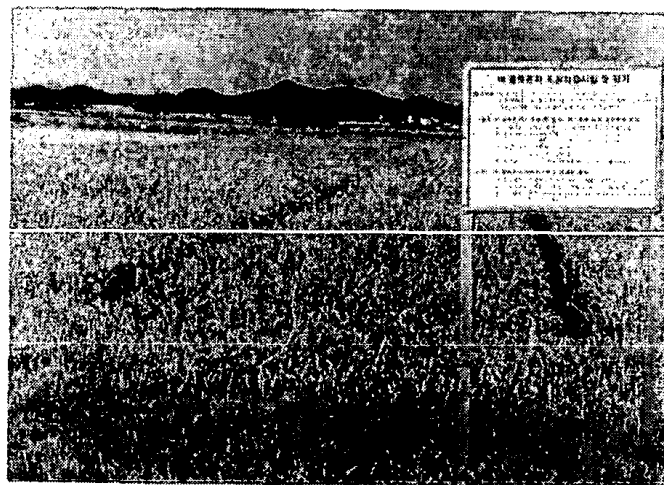


Fig. 4-3-17 A view of the test field

5. 벼 펠릿종자 파종시스템의 생육, 수량 및 경제성 분석

가. 벼 펠릿종자 파종시스템의 생육 및 수량

표 4-3-42는 펠릿종자 파종시스템으로 펠릿제조 장치를 이용하여 만든 펠릿 종자를 펠릿종자 정밀파종기로 파종하였을 때 토성별 건답직파 포장에서 생육 및 수량을 펠릿종자 수제조 손파종 시스템(펠릿종자 수제조+손파종) 및 관행 조파 재배시스템과 비교할 것이다.

Table 4-3-42. Growth and yield of direct seeding systems on dry paddy

토 성 (장소)	파종시스템	파종기 (월. 일)	결주율 (%)	입모수 (개/㎡)	출수기 (월. 일)	등숙 비율 (%)	천립 중 (g)	정현 비율 (%)	쌀 수량 (Kg/10a)
식양토 (나주)	펠릿종자 기계제조+기계파종	4. 20	11. 3	74	8. 14	91. 0	24. 7	82. 8	489
	펠릿종자 수제조+손파종		0. 5	90	8. 14	92. 2	24. 6	83. 2	579
	조파(관행)		44. 0	123	8. 14	91. 9	24. 7	83. 6	601
사양토 (해남)	펠릿종자 기계제조+기계파종	5. 4	12. 0	71	8. 20	93. 8	24. 7	82. 9	385
	펠릿종자 수제조+손파종		5. 0	83	8. 20	95. 1	24. 6	83. 1	471
	조파(관행)		28. 0	158	8. 20	93. 7	24. 9	83. 1	448
간척지 (고흥)	펠릿종자 기계제조+기계파종	5. 17	14. 0	73	8. 25	92. 8	22. 4	82. 9	341
	펠릿종자 수제조+손파종		7. 0	83	8. 25	92. 5	22. 3	83. 8	395
	조파(관행)		30. 0	153	8. 24	88. 8	22. 7	83. 8	427

펠릿종자 제조장치를 이용하여 만든 펠릿종자를 펠릿종자 정밀파종기로 파종하는 시스템(펠릿종자 기계제조+기계파종)의 결주율은 모든 토성에서 관행 조파 재배에 비해 낮은 수준을 보였으나, 펠릿종자 수제조+손파종 시스템보다는 크게 나타났다. 또한 펠릿종자 기계제조+기계파종 시스템의 입모수는 적정 입모수를 밑도는 수준으로 관행 조파재배는 물론이고, 펠릿종자 수제조+손파종 시스템에 비해서도 떨어지는 것으로 나타났다. 출수기는 펠릿종자 기계제조+기계파종 시스

템, 펠릿종자 수제조+손파종 시스템, 관행 조파 재배시스템 모두 같게 나타났으며, 등속비율, 천립중, 정현비율도 거의 비슷하게 나타났다. 수량은 펠릿종자 기계제조+기계파종 시스템이 관행 조파재배 및 펠릿종자 수제조+손파종 시스템에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다.

이와 같이 결주율이 높고, 입모수가 적으며, 수량이 적게 나타난 이유를 규명하기 위하여 사용된 펠릿종자(7 : 1의 상토 종자혼합비의 펠릿재료를 성형을 회전속도 7 rpm에서 제조)를 대상으로 출아율 시험을 포트에서 실시하였는데 건답 조건에서 약 87 %의 출아율을 보여 펠릿종자 제조장치에 의해 제조된 펠릿종자에 그 원인이 있는 것으로 판단되었다. 따라서 결주율을 줄이고, 적정 입모수를 확보하여 수량을 늘리기 위해서는 펠릿종자 제조 시 펠릿용 상토에 대한 벼 종자혼합비를 늘리거나 펠릿종자 제조 시 종자손상을 줄일 수 있는 운전조건에서 펠릿종자를 제조해야 할 것으로 보인다. 현 개발된 실험용 벼 펠릿종자 제조기로 6 : 1 상토 종자혼합비, 7 rpm의 제조조건으로 제조한 펠릿종자는 출아율 시험에서 100 %의 출아율을 보여 결주율 감소, 적정입모수 확보를 통한 수량 증대가 가능할 것으로 판단된다. 그러나 벼 펠릿종자 제조능률 향상과 벼 종자 손상을 줄이기 위한 벼 펠릿종자 제조장치의 개선은 필요한 것으로 보이며 또한 적정하게 제조된 펠릿종자를 대상으로 대규모 포장에서의 실증시험은 반드시 필요하다고 생각된다.

표 4-3-43은 펠릿종자 기계제조+기계파종 시스템의 답수직파 포장에서의 토성별 생육 및 수량을 펠릿종자 수제조 손파종 시스템(펠릿종자 수제조+손파종) 및 관행 산파 재배시스템과 비교할 것이다.

펠릿종자 기계제조+기계파종 시스템의 결주율은 건답직파와 마찬가지로 모든 토성에서 관행 산파재배에 비해 낮은 수준을 보였으나, 펠릿종자 수제조+손파종 시스템보다는 크게 나타났으며, 입모수 또한 적정 입모수를 밑도는 수준으로 관행 산파재배는 물론이고, 펠릿종자 수제조+손파종 시스템에 비해서도 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 출수기는 펠릿종자 기계제조+기계파종 시스템, 펠릿종자

Table 4-3-43 Growth and yield of direct seeding systems on flooded paddy surface

토 성 (장소)	파종시스템	파종기 (월. 일)	결주율 (%)	입모수 (개/㎡)	출수기 (월. 일)	등숙 비율 (%)	천립 중 (g)	정현 비율 (%)	수량 (Kg/10a)
식양토 (나주)	펠렛종자	5.10	16.3	70	8.13	92.0	23.5	83.4	480
	기계제조+기계파종 펠렛종자		7.3	77	8.13	92.9	23.5	83.5	638
	수제조+손파종 산파(관행)		27.0	107	8.13	91.9	24.0	83.4	509
사양토 (해남)	펠렛종자	5.14	16.0	73	8.19	92.9	23.5	83.3	420
	기계제조+기계파종 펠렛종자		7.0	80	8.19	94.4	23.0	83.5	470
	수제조+손파종 산파(관행)		24.0	110	8.19	92.6	24.1	83.2	444
간척지 (고흥)	펠렛종자	5.17	13.0	77	8.22	89.0	22.3	83.2	358
	기계제조+기계파종 펠렛종자		4.0	82	8.22	89.9	22.4	84.0	408
	수제조+손파종 산파(관행)		18.0	119	8.22	90.9	22.1	84.2	368

수제조+손파종 시스템, 관행 조파 재배시스템 모두 함께 나타났으며, 등숙비율, 천립중, 정현비율도 거의 비슷한 수준을 보였다. 수량은 펠렛종자 기계제조+기계 파종 시스템이 관행 산파재배와는 비슷하였으나, 펠렛종자 수제조+손파종 시스템에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다.

이와 같이 펠렛종자 기계제조+기계파종 시스템의 결주율이 높고, 입모수가 적으며, 수량이 적게 나타난 것은 건답직파에서와 같은 경향이었으며, 그 이유 역시 펠렛종자 제조장치에 의해 제조된 펠렛종자에 그 원인이 있는 것으로 판단되었다. 답수조건의 경우 포트에서의 출아율은 약 90 %로 나타났는데 결주율을 줄이고, 적정 입모수를 확보하여 수량을 늘리기 위해서는 펠렛종자 내 손상을 줄여 출아율을 높이거나 펠렛종자 내 종자 수를 증가시켜야 할 것으로 보인다. 현 개

발된 실험용 벼 펠렛종자 제조기로 6 : 1 상토 종자혼합비, 7 rpm의 제조조건으로 제조한 펠렛종자는 출아율 시험에서 97 %의 출아율을 보여 결주율 감소, 적정 입모수 확보를 통한 수량 증대가 가능할 것으로 판단된다. 건답직파와 마찬가지로 적정하게 제조된 펠렛종자를 대상으로 대규모 포장에서의 실증시험은 반드시 필요하다고 생각된다.

나. 벼 펠렛종자 재배시스템의 경제성 분석

표 4-3-44는 재배양식별 파종, 육묘·이앙작업 시 소요되는 노동투하시간을 나타낸 것이다. 펠렛종자 재배시스템의 노동투하시간은 건답직파와 답수직파에서 각각 0.6 h/10a, 0.9 h/10a로 나타났다. 펠렛종자 답수직파는 기존의 중묘 기계이앙 재배나, 어린묘 기계이앙 재배에 비하여 11.1 h/10a, 7.8 h/10a를 각각 줄일 수 있었으며, 기존 직파재배와 비교 시에도 건답직파는 2.1 h/10a, 답수 직파재배의 무는 골뿌림보다는 2.9 h/10a, 인력산파보다는 약 3.5 h/10a가 절약되었다.

Table 4-3-44 Labor requirements by cropping pattern

(h/10a)

작업단계별	중묘 기계이앙	어린묘 기계이앙	직파재배			펠렛종자파종	
			건답 직파	무는 골뿌림	인력 산파	건답직파	답수직파
육묘(종자)	6.9	4.6	0.3	0.5	1.9	-	-
직파	-	-	0.7	0.8	0.4	0.3	0.3
이앙	3.3	2.6	-	-	-	-	-
보식	1.8	1.5	1.7	2.5	2.0	0.3	0.6
계	12	8.7	2.7	3.8	4.4	0.6	0.9

주 : 중묘 및 어린묘 기계이앙과 직파재배 성적은 1999년 농촌진흥청 농업경영 연구보고 제62호, 펠렛파종은 2001년 펠렛시험성적, 종자준비는 펠렛종자 구입으로 예상하고 시간은 0으로 가정. 단 구입비는 파종비용에 첨가

표 4-3-45는 재배양식별 육묘·이앙작업단계의 소요비용을 나타낸 것이다.

Table 4-3-45 Production cost required in working of raising and transplanting by cropping pattern

(won/10a)

작업단계별	중묘 기계이앙	어린묘 기계이앙	직파재배			펠렛파종	
			건답 직파	무논 골뿌림	인력 산파	건답 직파	담수 직파
육묘(종자)	52,703	48,126	10,620	9,634	15,888	19,409	19,409
직파	-	-	19,227	19,745	2,072	17,154	17,154
이앙	32,697	29,071	-	-	-	-	-
보식	9,326	7,772	8,808	12,953	10,362	1,554	3,109
계	94,726	84,969	38,655	42,332	28,322	38,117	39,672

주 : 묘(종자)생산비 : 육묘공장 어린묘 생산비는 경상북도 농업기술원의 1999년도 벼 육묘공장 추진상황 중 육묘방법별 비용 자료 인용, 관행은 농촌진흥청 1998.4월 “연구와 지도” 자료 이용, 직파는 종자비, 소독살균제 비용, 종자준비에 필요한 노력비로 파종종자 생산비를 추정, 종자비는 건답직파 파종량 6 Kg/10a, 무논골뿌림 파종량 4 Kg/10a, 인력산파 4 Kg/10a, 2001년 수매가 60,440원/40Kg을 적용함, 펠렛종자는 200톤 생산기준 단가, 노력비는 소요노동력 0.4hr/10a, 2001년 10월 남자 성인노임 51,811원(10시간/일)을 적용, 직파, 이앙, 보식 생산비는 작업시간으로 환산, 직파재배 육묘(종자)생산비는 준비작업시간 환산 비용+10a당 종자비용, 펠렛종자 파종기 및 이앙기의 기계이용비용은 성능이 같기 때문에 약 25,600 원/10a로 계산.

펠렛종자의 파종 비용은 건답직파, 담수직파에서 각각 약 38,117원/10a, 39,672 원/10a로 나타났다. 펠렛종자의 담수직파 비용은 기존의 중묘 기계이앙재배나, 어린묘 기계이앙재배의 육묘·이앙비용에 비해 약 55,054 원/10a, 45,297 원/10a이 각각 절약되었으며, 기존의 무논골뿌림 직파재배에 비해서도 약간 작게 나타났다. 펠렛종자의 건답직파의 경우는 기존 건답직파와 거의 같은 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

따라서 직파재배에서 펠렛종자의 기계화 파종은 기존 기계이앙 재배의 육묘 이앙 비용을 크게 절감할 수 있을 뿐만 아니라 기존 직파재배 파종에 비해서도 노동투하시간 및 종자준비단계가 생략됨으로써 파종비용이 크게 나타나지

않아 수량만 확보되면 노동투하시간과 생산비를 줄일 수 있는 효율성이 동반된 생산비 절감기술이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 종자를 구입하여 영농에 이용 시 종자준비라는 작업단계가 농가수준에서 생략되어 농번기 농가노동력의 안배 및 작업시기를 실기하는 경우가 없어지고, 펠렛종자 파종기를 재배시스템에 도입시 대단위 규모의 단지재배가 가능하여 경영 규모 확대를 통한 쌀 생산비 절감에도 기여할 수 있을 것으로 보인다.

제 4 절 요약 및 결론

1. 벼 펠릿종자 개발

가. 벼 펠릿재료와 접착제 선발

펠릿종자를 이용하여 직파재배의 안정화를 도모하기 위해 펠릿종자 제조와 펠릿파종기를 이용한 펠릿종자 파종에 적합한 펠릿재료와 이에 알맞은 접착제를 선발하였다. 펠릿재료용 토양은 연곡 식양토(붉은색 산흙), 접착제는 아라비아 고무 10 %를 선발하였는데 이 재료들로 만들어진 펠릿종자는 건답직파재배와 담수직파재배 모두에서 관행재배와 비교하여도 양호한 입모 특성 및 생육을 보였다. 또한 이 펠릿종자는 담수직파시 물리화학적 특성이 벼씨의 발아 및 입모에 적합한 특성을 보여 벼 종자 펠릿용 재료 및 접착제로 사용하는데 적합한 물질로 판단되었다.

나. 벼 품종에 따른 펠릿종자의 발아 및 입모 특성

선발된 재료와 접착제로 만들어진 펠릿종자의 벼 품종 차에 따른 안정성을 보고자 건답 및 담수직파에서 발아 및 입모특성을 조사한 결과 건답직파에서 펠릿종자의 발아 및 입모율은 건종종자와 비교시 발아율이 품종간에 상이한 결과를 보였으나 가장 낮은 품종에서도 펠릿종자의 입모율이 73 %이상을 보여 건답직파에 펠릿종자 이용이 가능할 것으로 생각되었다. 담수직파에서 펠릿종자는 건조종자에 비해 발아율이 평균 20 %정도 높아 담수직파에서 펠릿종자는 품종마다 차이는 있지만 대체로 높은 발아율 및 입모율 향상을 보였다. 이 같은 결과를 볼 때 직파양식에 따른 펠릿종자의 품종간 차이는 기존 관행재배에 비해 양호한 입모특성을 보였으나 보다 나은 생육과 안정성을 위해서는 직파양식별로 펠릿종자에 알맞은 품종을 광범위하게 검토해야 할 것으로 보인다.

다. 종자처리 펠릿종자의 발아 및 입모 특성

펠렛종자는 기존의 종자에 비해 펠렛종자 제조를 위해 펠렛물질로서 펠렛성형재료와 종자의 결합을 위해 접착제를 사용하는데 이 같은 처리후 본래의 종자는 외부에 펠렛재료가 싸고 있는 관계로 종자의 발아 및 입모가 불량하거나 관행의 종자 파종에 비해 생육이 늦을 수 있다. 따라서 이 같은 문제점을 해결하고자 파종 시 펠렛종자의 외형을 부서 파종하거나 펠렛종자 제조 전 종자 처리를 하여 발아 및 입모와 생육을 향상시킬 수 있는 처리와 또한 종자준비, 본답관리의 생력화, 병해충방제, 시비의 생력화 및 작업단계 축소 등을 꾀할 수 있는 처리를 펠렛종자를 통해 이루고자 하였으며 이 같은 처리가 펠렛종자의 발아 및 입모와 생육에 지장을 미치지 않는가 조사하였다. 먼저 펠렛종자의 기술적 이용성 및 벼 생육을 증진시키기 위한 종자처리로 보다 더 좋은 입모 및 생육을 위해 펠렛종자에 알맞는 발아촉진제 처리는 증류수에 15 ℃ ~ 20 ℃, 2 ~ 3일 침지 후 건조시킨 종자를 펠렛용 벼 종자로 이용시 가장 좋았다. 병해충방제 작업의 생력화 및 작업단계 축소로서 살균·살충제처리로는 스포탁 종자소독 후 자바라 분의 처리 펠렛종자는 담수직파나 건답직파 모두 발아 및 입모가 양호하였다. 비종처리는 pot시험에서 같은 량의 기비 비료 첨가 시 복비가 단비 보다 좋았지만 담수직파에서 비료해가 발아 및 생육 도중 나타났다. 그러나 포장시험에서는 그 영향은 미미하였다. 각각의 종자처리를 조합으로 하였을 때 가장 좋은 조합은 펠렛재료 연곡 식양토에 접착제로서 아라비아 고무 10 %와 종자처리로 증류수에 20 ℃ 3일 침지 후 건조시킨 종자를 펠렛용 벼 종자로 이용시 종자발아 및 입모에 가장 좋았다.

2. 펠렛종자 재배특성

가. 건답직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량

선발된 펠렛재료와 접착제로 아라비아 고무와 젤라틴을 이용하여 효과적인 종자처리가 이루어진 종자를 펠렛종자로 만들어 포장 시험하여 조사했을 때 펠렛 내 복비첨가가 펠렛내 복비 무첨가 보다 초기생육이 약간 지연되었지만 생

육이 진전될 수록 관행과 비슷하여지는 경향이었고, ㎡당 경수는 펠렛 내에 복비를 첨가하는 것이 많은 경향이였다. 본답 기비 유무에 있어서는 시비구가 좋은 경향이었고 자바라 첨가된 펠렛종자의 벼 물바구미 방제 효과가 인정되었다. 수량은 기비시용 유무나 펠렛 내 복비첨가 유무에 관계없이 펠렛종자가 관행에 비해 높았으나 포장시험에서 종합적으로 볼 때 적합한 펠렛종자는 접착제로 아라비아고무를 사용하고 종자처리로는 스포탁 종자소독 후 자바라 분의 처리된 벼 종자를 실용화하는 것이 좋은 것으로 보인다. 또한 펠렛 내 복비 첨가를 통한 본답 기비작업의 생력화 및 비료절감 효과는 추후 보다 더 깊은 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

나. 담수직파에서 벼 펠렛종자의 생육 및 수량

선발된 재료와 접착제로 아라비아 고무와 젤라틴을 이용하여 효과적인 것으로 생각되는 종자처리가 이루어진 종자를 펠렛종자로 만들어 포장 시험하여 조사했을 때 펠렛 내 복비 첨가가 펠렛 내 복비 무첨가 보다 초기생육이 약간 지연되었지만 생육이 진전될 수록 관행과 비슷하여지는 경향이었고 ㎡당 경수는 펠렛 내에 복비첨가의 뚜렷한 경향을 알 수 없었다. 출수기는 무비구와 시비구 모두 펠렛종자구가 관행에 비해 1일 정도 늦었다. 포장도복은 관행이 7 정도임에 반해 모든 펠렛종자 처리구가 발생하지 않아 펠렛종자의 도복방지 효과가 인정되었다. 본답 기비 유무에 있어서는 생육은 시비구와 무비구 사이에 뚜렷한 경향이 없었고 자바라 첨가된 펠렛종자의 벼 물바구미 방제 효과가 인정되었다. 수량은 기비시용 유무나 펠렛 내 복비첨가 유무에 관계없이 펠렛종자가 관행에 비해 높았으나 포장시험에서 종합적으로 볼 때 적합한 펠렛종자는 접착제로 아라비아고무를 사용하고 종자처리로는 스포탁 종자소독 후 자바라 분의 처리된 벼종자를 실용화하는 것이 가능하였다. 또한 펠렛 내 복비 첨가를 통한 본답 기비작업의 생력화 및 비료절감효과는 추후 보다 더 깊은 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

3. 벼 펠렛종자 적정재배법 구명

펠렛재료로 연곡 식양토(붉은색 산흙)와 점착제로 아라비아고무 10 %에 종자 처리로 자바라 분의 처리한 종자를 펠렛종자로 만들어 재배조건에 따른 생육반응을 검토하여 안정적인 펠렛종자 직파재배 체계기술을 확립하고자 재배양식별로 펠렛종자의 파종기, 파종심도, 파종밀도에 대한 생육특성을 조사 분석하여 펠렛종자의 직파재배 시스템에 적합한 적정 재법법을 구명하고자 하였다.

가. 건답직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량

건답직파에서 펠렛종자의 파종기는 기존의 관행 파종기에 비해 생육 특성 및 출수기가 거의 비슷하여 관행에 준하면 될 것으로 사료되며, 펠렛종자의 파종심도는 1 cm가 3 cm에 비해 출아소요일수가 1 ~ 2일 정도 빨랐으며, 입모율은 관행 파종에 비해 펠렛종자가 높았다. m^2 당 입모수는 파종기, 파종심도, 파종밀도에 관계없이 파종밀도 30×8 cm에서 관행과 비슷하거나 많았고 70개 이상의 입모수 확보는 30×11 cm 이하였다. 주당경수는 파종기가 늦을수록, 파종심도가 얇을수록, 파종밀도가 낮을수록 증가하는 경향이였다. 초장은 파종심도나 파종밀도 보다 파종기에 따라 차이를 보였지만 관행과의 차이는 없었다. m^2 당 수수는 파종기 5월 1일, 파종심도 1 cm, 파종밀도 30×8 cm가 모든 처리에서 가장 많았다. 정현비율은 관행과의 차이는 없었다. 수량은 파종기 5월 1일, 파종심도 3 cm, 파종밀도 30×8 cm가 모든 처리중 가장 높았다. 따라서 파종기는 출수기를 고려할 때 관행에 준하면 될 것으로 생각되며, 파종심도 1 cm, 3 cm에서 생육특성은 큰 차이를 보이지 않았고 파종밀도는 파종기나 파종심도에 관계없이 적정 입모수 확보를 위해서는 30×11 cm 이하가 바람직 할 것으로 생각된다.

나. 담수직파에서 파종기, 파종심도, 파종밀도에 따른 생육 및 수량

담수직파에서 펠렛종자의 파종기에 따른 생육특성은 같은 파종기에서는 관

행재배에 비해 생육이 진전됨에 따라 비슷하여졌다. 파종심도는 0 cm가 입모율이 1 cm에 비해 현저히 좋았다. 또한 담수심은 0 cm로 유지하는 것이 좋았다. 완전입모율은 관행에 비해 좋았다. 입모율은 파종기, 파종심도, 파종밀도 처리에서 파종심도에 따른 처리가 가장 컸다. 모도복율은 펠렛종자가 파종기에 따라 파종심도 0 cm에서 관행에 비해 5% ~ 22% 낮았다. m²당 입모수는 파종심도 0 cm의 파종밀도 30×8 cm가 좋았다. 출수기는 같은 파종기에서 관행에 비해 1 ~ 2일 지연되었다. 포장도복은 등숙기 무렵의 양호한 기상에도 불구하고 관행은 파종기에 관계없이 3정도 발생하였으나 펠렛종자는 발생하지 않았다. m² 수수는 파종기 5월 1일, 파종심도 0 cm, 파종밀도 30×11 cm에서 가장 많았다. 수량은 파종기 5월 1일, 파종심도 0 cm, 파종밀도 30×8 cm에서 가장 많았다. 따라서 파종기는 출수기를 고려할 때 관행에 준하면 될 것으로 생각되며, 파종심도와 담수심에 따른 입모율의 차이가 현저함으로 펠렛종자의 파종은 씨레질후 완전배수된 논표면에 파종심도 0 cm(표면)로 표면파종함으로 입모율 향상을 꾀할 수 있을 것으로 생각된다. 파종밀도는 파종기나 파종심도에 관계없이 적정 입모수 확보를 위해서는 30×11 cm 이하가 바람직 할 것으로 생각된다.

4. 벼 펠렛종자 포장적응시험

가. 건답직파에서 토성 및 질소수준에 따른 벼 생육 및 수량

펠렛종자의 포장적응성은 관행의 파종보다 좋았으며, 생육 또한 같은 경향이었고, 수량구성요소 및 수량에 있어서 건답직파의 경우 식양토(나주)와 사양토(해남)는 관행의 건조종자 파종보다 좋았다. 이상으로 토성과 질소수준에 따른 펠렛종자의 건답직파 재배성은 관행과 비교시 안정성과 수량성이 있는 것으로 생각되나, 간척지(고흥)토양의 경우 펠렛내 종자립수 증가로 토중 출아력을 증대시켜 수수확보를 피해야 할 것으로 사료된다.

나. 담수직파에서 토성 및 질소수준에 따른 벼 생육 및 수량

담수직파에서 펠렛종자의 입모율은 토성과 질소수준에 관계없이 관행에 비해 떨어지지 않았다. 초장은 파종일수가 경과함에 따라 각 토성 모두 같은 질소수준에서는 관행에 비해 떨어지지 않았다. 출수기는 관행과 차이가 없었다. 수량은 펠렛종자가 관행에 비해 높은 수량을 보였다. 이상으로 토성과 질소수준에 따른 펠렛종자의 담수직파 재배성은 관행과 비교시 안정성과 수량성이 있는 것으로 생각된다.

5. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육, 수량 비교와 경제성 분석

가. 벼 펠렛종자 파종시스템의 생육 및 수량 비교

펠렛종자의 파종시스템으로 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자를 펠렛종자 정밀파종기로 파종하였을 때 건답직파와 담수직파 모두에서 결주율이 높게 나타났으며, 입모수도 수제조 펠렛종자 손파종 시스템과 관행재배에 비하여 떨어지는 것으로 나타났다. 출수기, 등숙비율, 천립중, 정현비율은 모두 거의 같게 나타났다. 수량은 펠렛종자 수제조 손파종 시스템의 경우 관행재배에 비해 떨어지지 않았으나, 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자를 펠렛종자 정밀파종기로 파종하는 시스템의 경우 펠렛종자 수제조 손파종 시스템 및 관행재배에 비하여 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 기계로 제조된 펠렛종자가 주요 원인으로 결주율을 줄이고 입모수를 확보하여 수량을 늘리기 위해서는 펠렛종자 제조 시 상토에 대한 종자의 혼합비를 크게 하거나, 손상 종자를 줄일 수 있는 운전조건으로 펠렛종자를 제조하는 것이 필요하며, 이와 같이 제조된 펠렛종자를 파종하면 충분히 관행재배의 수량은 낼 것으로 보인다.

따라서 펠렛종자 제조장치를 이용하여 만든 펠렛종자를 펠렛종자 정밀파종기로 파종하는 파종시스템은 건답직파나 담수직파재배에서 관행 재배법을 대체 할 수 있는 가능성을 확인하였으며, 추후 대규모 단지에서의 실증시험을

통해 이를 확립하는 것이 필요하다 판단된다.

나. 벼 펠렛종자 재배시스템의 경제성 분석

펠렛종자의 노동투하시간은 건답직파와 답수직파에서 각각 0.6 h/10a, 0.9 h/10a로 나타났다. 펠렛종자 답수직파는 기존의 중묘 기계이앙 재배나, 어린묘 기계이앙 재배에 비하여 11.1 h/10a, 7.8 h/10a을 줄일 수 있었으며, 기존 직파재배와 비교 시에도 건답직파는 2.1 h/10a, 답수 직파재배의 무논 골뿌림 보다는 2.9 h/10a, 인력산파보다는 약 3.5 h/10a가 절약되었다.

펠렛종자의 파종 비용은 건답직파, 답수직파에서 각각 약 38,117원/10a, 39,672 원/10a로 나타났다. 펠렛종자의 답수직파 비용은 기존의 중묘 기계이앙재배나, 어린묘 기계이앙재배의 육묘·이앙비용에 비해 약 55,054 원/10a, 45,297 원/10a이 절약되었으며, 기존의 무논골뿌림 직파재배에 비해서도 약간 작게 나타났다. 펠렛종자의 건답직파의 경우는 기존 건답직파와 거의 같은 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

따라서 직파재배에서 펠렛종자의 기계화 파종은 기존 기계이앙 재배의 육묘 이앙 비용을 크게 절감할 수 있을 뿐만 아니라 기존 직파재배 파종에 비해서도 노동투하시간 및 종자준비단계가 생략됨으로써 파종비용이 크게 나타나지 않아 수량만 확보되면 노동투하시간과 생산비를 줄일 수 있는 효율성이 동반된 생산비 절감기술이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 종자를 구입하여 영농에 이용 시 종자준비라는 작업단계가 농가수준에서 생략되어 농번기 농가노동력의 안배 및 작업시기를 실기하는 경우가 없어지고, 펠렛종자 파종기를 재배시스템에 도입시 대단위 규모의 단지재배가 가능하여 경영 규모 확대를 통한 쌀 생산비 절감에도 기여할 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

1. 金竝鉉, 李柚植, 金正敎. 1986. 水稻의 物質生産과 主要形質의 栽培樣式間 差異에 관한 研究. 農試論文集 28(1) : 188-198.
2. 金宰賢. 1998. Priming에 依한 벼 種子 發芽力 向上. 영남대학교 대학원. 석사학위논문
3. 金帝圭, 金德洙, 申辰澈, 李文熙, 吳潤鎭. 1991. 벼 直播栽培 生理生態에 관한 研究. 작시 시험연구보고서(수도편) : 405-418.
4. 金帝圭, 李文熙, 吳潤鎭. 1993. 벼 湛水表面直播栽培와 旱 移秧栽培의 倒伏發 生樣相. 한작지. 38(3) : 219-227.
5. 金帝圭, 李廷一, 金德洙, 韓熙錫, 申辰澈, 李文熙, 吳潤鎭. 1994. 벼 栽培樣式에 倒伏關聯形質과 收量性. 農業科學論文集 36(1) : 8-19.
6. 金帝圭, 李廷一, 朴光鎬, 李文熙. 1995. 벼 直播栽培適應品種의 耐倒伏關聯形 質特性. 農業科學論文集 37(2) : 20-28.
7. 김상수, 이선용. 1979. 담수직파재배 현지조사. 작시 시험연구보고서(수도 편) : 639-643
8. 金영호, 金병현, 金희동, 金재철, 이동우. 1987. 중부지방 벼 담수표면 직 파재배에 관한 研究. 1. 담수표면직파에서의 주요 품종들의 생육특성 및 수 량. 農試論文集 (作物) 29(1) : 92-98.
9. 농촌진흥청 농업기술연구소, 1988. 토양화학분석법. 450p.
10. 농촌진흥청. 1995. 農事試驗研究調查基準. 453p.
11. 민태기. 1996. 벼 및 배추종자 Pelleting을 위한 물질탐색 및 기술개발. 한작지. 41(6) : 678-684.
12. 민태기, 이윤환. 1983. 피복재료가 품종별 연초 피복종자의 발아에 미치는 영향. 한작지. 28(1) : 139-143.

13. 민태기, 박민숙, 이석순. 1996. 성형재료에 따른 담배 펠렛종자의 물리적 특성과 발아율. 한작지. 41(5) : 535-541.
14. 李哲遠, 宋凡憲, 鄭奉鎭. 1997. 湛水 直播 벼에 있어서 Methiocarb 단계 및 Thiram 혼합제가 새 被害 輕減과 모의 生育에 미치는 영향. 韓作誌. 42(4) : 378-383.
15. 이철원, 윤용대, 박종문, 오윤진, 박석홍. 1991. 벼 담수표면 직파재배 기술확립 시험. 작시 시험연구보고서(수도편) : 332-333.
16. 李孝承. 1990. 땅콩種子の GA3 및 IAA浸漬處理가 開花 및 收量構成要素에 미치는 影響. 韓作誌. 35(1) : 1-9.
17. 이종철, 노태홍, 문창식, 서해영, 박금동, 조재성. 1973. 재배방법의 차이가 수도 품종의 생육 및 수량에 미치는 영향. 韓作誌. 14 : 159-164.
18. 이종훈, 오윤진, 구연충. 1979. 수도 생력재배를 위한 담수직파 안정화에 관한 시험. 작시 시험연구보고서(수도편) : 474-475.
19. 李文熙, 吳潤鎭, 朴來敬. 1991. 벼 倒伏 發生原因과 被害輕減 對策. 한작지. 36(5) : 383-393.
20. 이성춘, 김진희, 정춘화. 1996. 벼, 보리, 밀 종자의 PEG 처리가 종자활력과 포장출아에 미치는 영향. 한작지. 41(2) : 145-156.
21. 이유식. 1981. 수도의 재배양식에 따른 주요형질의 변화에 관한 비교연구. 동아대학교 박사학위 논문.
22. 林俊澤, 權炳善, 金鶴鎭. 1991. 벼 倒伏關聯形質과 圃場倒伏과의 關係. 韓作誌. 36(4) : 319-323.
23. 오명규, 김종태, 유숙종, 고종철, 박문수, 이종용. 1997. 참깨종자의 顆粒化 재료에 따른 발아 및 물리적 특성. 한작지. 42(5) : 497-502.
24. 吳潤鎭, 金丁坤. 1992. 벼 直播栽培 立苗率 向上 및 倒伏 輕減. 韓雜草誌. 12(3) : 210-222.
25. 원종건, 최충순, 이외현, 이상철, 김철룡, 최부술. 1997. 벼 담수토증직

- 파재배시 종차분의 재료에 따른 입모향상 효과. 한작지. 42(3) : 286-291.
26. 영남농업시험장, 1998. 시험연구보고서
27. 장경희, 이경희. 1979. 답수직파재배 안정화에 관한 시험. 작시 시험연구 보고서 (수도편) : 516-518.
28. 전남농업기술원, 1998. 시험연구보고서(작물편) pp. 25-109.
29. 충남농업기술원, 1995. 시험연구보고서
30. 萩原素之, 井村光夫. 1991. 水稻の湛水土壌中での發芽經過および湛水土壌中での發芽が幼植物の生長に興える影響. 日作記 60(別號 1) : 225-226.
31. 萩原素之, 井村光夫, 堀江 武. 1989. 水稻の湛水土中直播における出芽, 苗立ち不安定 要因の解析. 第12報 發芽にともなう種穀近傍の還元による 出芽沮害. 日作記 58(別 1) : 56-62.
32. 萩原素之, 井村光夫, 三石昭三. 1985. 水稻の湛水土中直播における出芽・苗立ち不安定要因の解析. 第2報 カルへ被覆種切周邊土壌の酸化還元電位の推移. 日作記 54(別號 2) : 30-31.
33. 花見 厚, 阿部貞尚. 1984. 湛水土中直播栽培の實用化に関する研究. 第1報 出芽, 苗立ちにおよぼす播種深度の影響. 日作記 東北 27 : 21-22.
34. 堀内 悦部, 玉木 眞由美, 佐藤 亨, 杉本 秀樹 兩官 昭. 1986. 稚苗の機械移植栽培 と湛水土中直播栽培における生育, 收量比較. 1986. 日作記 55(別 2) : 25-26.
35. 井澤敏彦, 平岡博幸, 西山岩男. 1985. 湛水直播水稻の苗立ちにおよぼす土壌還元の 影響. 第 1報小麥わらおよび炭水化物添加土壌における酸化還元電位と湛水直播水稻の苗立ちとの關係. 日作記 54(別 1) : 24-25.
36. 黒澤 健, 東誠 司. 1976. 過酸化石灰の種子粉衣による水稻機械化湛水直播の苗立安定化. 第 3報 溫度條件および種子の埋没深さと過酸化石灰粉衣種子の苗立ち. 日作記 東北 18 : 9-11.
37. 權泰午, 鄭鎮一, 盧泰煥, 南宮承泊. 1997. 벼 催芽 辛 乾燥種子の 發芽能力.

- 韓作誌 42(3) : 317-322.
38. 三石昭三, 萩原素之, 井村光夫. 1989. 水稻の湛水土壌中直播における苗立ち安定化に関する研究. 土壌の酸化, 還元と過酸化石灰添加新資材の効果. 日作記. 58(別1) : 192-193.
39. 三石昭三, 井村光夫. 1982. 水稻の湛水直播における諸問題(2). 湛水土壌中直播法を中心にして. 農業および園藝 57(10) : 55-58.
40. 三石昭三, 井村光夫. 1982. 水稻の湛水直播における諸問題(3). 湛水土壌中直播法を中心にして. 農業および園藝 57(12) : 1493-1498.
41. 寺島一男, 秋田重誠, 酒井長雄. 1992. 直播水稻の耐倒伏性に關與する生理生態的形質. 第1報 押し倒し抵抗測定による耐ころび型倒伏性品種間比較. 日作記. 61 : 380-387.
42. 寺島一男, 尾形武文, 秋田重誠. 1994. 直播水稻の耐倒伏性に關與する生理生態的形質. 第2報 耐ころび型倒伏性品種の根の生育特性. 日作記. 63(1) : 34-41.
43. 芳賀光司, 香村敏郎, 高松美智則, 矢宮昭男, 擇一郎. 1977. 水稻直播用品種の育成に関する研究. 第1報 湛水直播における稲品種の耐ころび型倒伏性. 愛知縣農總試研報 A9 : 13-20.
44. Aglibut, A. P. and P. R. Hoff. 1956. Effects of continuous and discontinuous submergence on rice lodging and yield. Philippine. Agri. 39 : 453-464
45. Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1990. Rules for testing seeds, J. Seed Technol. 12(3) : 1-112.
46. Atkins, I. M. 1938. A simplified method for testing the lodging resistance of varieties of strains of wheat. J. Amer. Soc. Agron. 30 : 309-313.
47. Back, N. H., S. S. Kim, S. Y. Kang, M. G. Choi, H. T. Sin, and T. O.

- Kwan, 1999. Seedling stand influenced by water management after seeding and seed soaking with plant growth regulators in direct wet seeding rice. *Korea J. Crop Sci.* 44(3) : 225-229.
48. Basak, M. N., S. K. Sen and P. K. Bhattacharjee. 1962. Effects of high nitrogen fertilization and lodging on rice yield. *Agron. J.* 54 : 447-480.
49. Bray, C. M., P. A. Davision, M. Ashraf, and R. M. Taylor. 1989. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. *Ann. of Botany.* 63 : 185-193.
50. Brocklehurst, P. A and J. Dearman. 1983. Effect of calcium peroxide as a supplier of oxygen for seed germination and seedling emergence in carrot and onion. *Seed Sci. & Technol.* 11 : 293-295.
51. Bulan, P. 1991. Some effect of seed coating and aging treatments on soyben germination and emergence. Mississippi State Univ. Ph. D. Thesis.
52. Burnside, O. C., G. A. Wicks and O. R. Fenster. 1971. Protecting corn from herbicide injury by seed treatment. *weed Sci.* 19 : 565~568.
53. Burrel, B. & D. Ashton. 1979. The germination of plastic-coated rape seed (*Brassica napus L.*). *The Newsletter of the Association of Official Seed Analysts.* 53(2) : 30~32.
54. Burris, J. S., A. H. Wahab and O. T. Edje. 1977. Effect of seed size on seedling performance in soybeans. *Proc. Amer. Soc. Crop Sci.* 11 : 492~496.
55. Cantstetter, J. 1983. eine runde Sache : die Zuckerruebenpille im neuen mantel. *Landtechnik* 38(3) : 117.
56. Charlesworth, D. 1978. Pelleting Britain's sugar beet seed. *British Sugar Beet Review* 46(1) : 37.

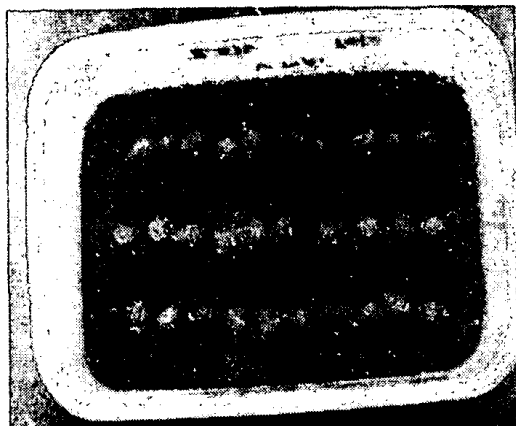
57. Collins, E. P. : 1981. Seed coatings. Garden - New York 592) :14-17, 29.
58. Cooperative Extension Service(CES). 1990. Rice production handbook. Uni. of Arka., United states Depar. of Agric., and County Government Cooperation. USA. p.61.
59. Corns, W.G. 1960.Effect of gibberllic acid on the germination of various seed. canad. J. Plant. Sci. 40,47.
60. Crouch, G. L. and M. A. Radwan 1975. Coating and impregnation with endrin protects fieldsown douglas fir seed. Pestic. Sci. 6 : 337-345.
61. Dadiani M., V. V. Shenoy and D. V. pp. 25-109. Seshu 1992. Seed coating to improve stand establishment in rice. Seed Sci. & Technol. 20 : 307-313.
62. Davision P. A. and C. M. Bray. 1991. Protein synthesis during osmoprining of leek(*Allium porrum* L.) seeds. Seed Science Research 1 : 29-35.
63. Dhaliwal, M.S. & F. J. Lewis. 1977. A quick method for removing coation material from 'Prill-coated' seed of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of seed Technology 21 : 411-415.
64. Estrade M, Malandain M and Grelu J. 1993. Techigue for seed coating with pesticides. Pesticide Sci. 37(2) : 211-212.
65. Evenari, M, Neumam, G, Blumenthal-Goldschmid, S, Mayer, A.M. and polija- koff-Mayber, A. 1958. Effect of light and gibberellic acid on the germination of lettuce. Bull. Res. Council Israel. 65.
66. Heydecker, W., J. Higgins, and R. L. K. Drew. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature 246 : 42-44.
67. Hlavacek, J. 1981. The effect of coating material on the

- germinability and field emergence of sugar-beet seed. *Rostlinna Vyroba* 27(10) : 1071-1078.
68. Ikuma, H. and Thiman, K. V. 1960. Action of gibberellic acid on lettuce seed germination. *Plant Physiol.* 35 : 66-557
69. James M. Scott and Graeme J. Blair. 1988. Phosphorus seed coating for pasture species. I Effect of source and rate phosphorus on emergence and early growth of phalaris (*Phalaris aquatica* L.) and lucerne (*Medicago sativa* L.)
70. Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Ann. Rev. Hort. Sci.* pp. 132-179.
71. Konstantinov, G. 1983. Transplantless growing of cv. Drouzhba tomatoes using pelleted seeds. *Gradinarska I Lozarska Nauka* 2094) : 53-57.
72. Konstantinov, G. & M. Petkov. 1982. Effect of seed carrots with coating on direct seedling in annual onion production. *Gradinarska I Lozarska Nauka* 1997) : 51-56.
73. Konstantinov, G. & M. Petkov. 1983. Growing carrots with coated seeds. *Gradinarska I Lozarska Nauka* 1996) : 78-83.
74. Langan, T. D., J. W. Pendleton, and E. S. Oplinger. 1986. Peroxide Coated Seed Emergence in Water-Saturated Soil. *Agronomy Journal*. 78. September-October. : 769-772.
75. Lee H. W., B. Y. Jung and H. K. Kim. 1987. Studies on establishment of oversown pasture seed. I. Effects of coating materials and minerals on germination. *J. Korean Grassl. Sci.* 7(2) : 113-119.
76. Lee, S. S., J. H. Kim, S. B. Hong, M. K. Kim, and E. H. Park. 1998. Optimum water potential, temperature, and duration for priming of rise

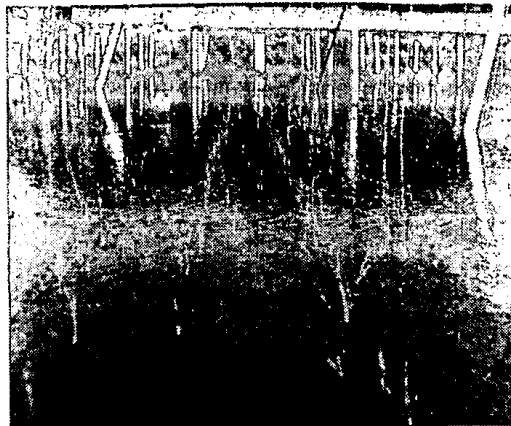
- seeds. Korean J. Crop Sci. 43(1) : 1-5.
77. Lee, S. S., J. H. Kim. 1999. Morphological change, sugar content, and α -amylase activity of rice seeds under various priming conditions. Korean J. Crop Sci. 44(2) : 138-142.
78. Longden, P. C. 1975. Sugar beet seed pelleting. ADAS Q. REV. 18 : 73-80.
79. Millier, W. F. and R. F. Bensen. 1974. Tailoring pelleted seed to soil moisture conditions. New York's Food & Life Sci. 7 : 20-23.
80. Motoyuki Hagiwara, Mitsuo Imura and Shozo Mitsuishi. 1987. Oxidation-reduction state in the vicinity of the paddy rice seed sown into flooded soil. Japan. J. Crop Sci. 56(3) : 356-362.
81. Motoyuki Hagiwara and Mitsuo Imura. 1991. Promotion of seedling emergence of paddy rice from flooded soil by coating seed with potassium nit rate. Japan. J. Crop Sci. 60(3) : 441-446.
82. Motoyuki Hagiwara, Mitsuo Imura and Shozo Mitsuishi. 1990. Local soil reduction in the vicinity of the paddy rice seed coated with oxygen generating chemicals in relation to germination and emergence. Japan. J. Crop Sci. 59(1) : 56-62.
83. Olssen, R. 1978. Minipelletion a coming method for seed dressing of rape and turnip rape. Vaxtskyddsrapporter Sweriges Lantbruksuniversitet 4 : 208-209.
84. Park Seok Hong and Lee Chul Won. 1992. Development of direct seeded rice cultivation in the future. The Korean Journal of Weed Science 12(3) : 292-308
85. Pearson, GA. 1959. Factors influencing salinity of submerged soils growth of caloro rice. Soil Science 87 : 198-206.

86. Phinney, B.O. and West, C.A. 1960. Determination of germination of seeds from lettuce and many other seeds of gibberellinlike compounds. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 11, 411.
87. Pollard, C. J. 1971. Responses in release of soluble sugar and phosphate activity by GA3 *Biochem. Biophys. Acta* 252, 553.
88. Rhodes, E. T. and D Nangju. 1979. Effect of pelleting cowpea and soybean seed with fertilizer dusts. *Experimental Agriculture* 1591 : 27-32.
89. Robinson, F. E. and K. S. Mayberry. 1976. Seed coating, precision plantation and sprinkler irrigation for optimum stand establishment. *Agron. J.* 68 : 694-695.
90. Robinson, F. E., K. S. Mayberry and D. J. Scherer. 1983. Lettuce stand establishment with improved seed pellets. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 26(1) : 79-80.
91. Roos, E. E. and F. D. Moore. 1975. Effect of seed coating on performance of lettuce seeds in greenhouse soil tests. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(5) : 573-576.
92. Takakazu Yamamoto. 1974. Studies on the breeding procedure of the high yielding variety for direct seeding in rice plant. *Bull. Chugoku Nati. Agric. Exp. Stn., Ser. A No. 24* : 1-76.
93. Taylor, A. G. and G. E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Ann. Rev. Phytopathol.* 28 : 321-339.
94. Yamata, N., N. Suge, H. Nakamura. 1963. Chemical control of plant growth and development(1). Germination of rice seed as affected by sprouting and GA application *Proc. of the Crop Sci. of Jap.* Vol. 31(3) : 253-257.

Appendix



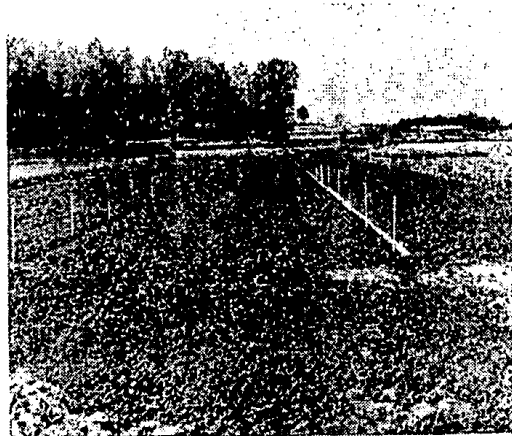
Seedling Establishment of pellet seed in pot



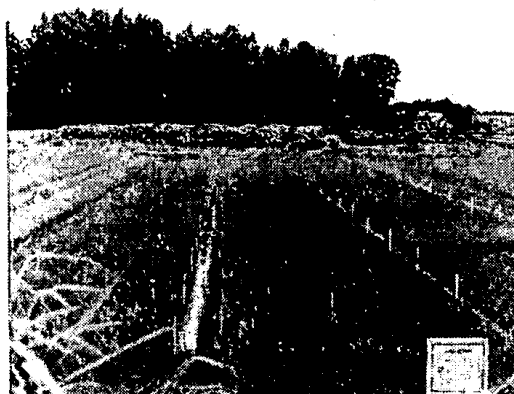
Seedling establishment of pellet seed in water seeding



Lodging of seedling establishment of seeding of pregerminated seed.



Field of pellet seed in direct seeding on dry paddy



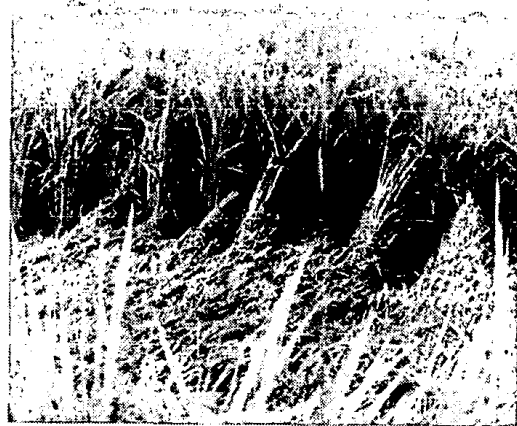
Field of pellet seed in water seeding



Field of pellet seed in water seeding at harvesting time



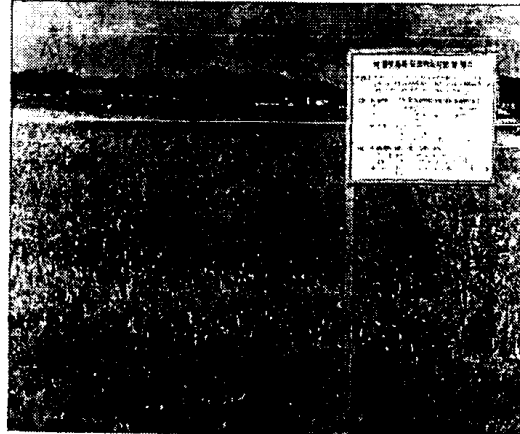
Field of pellet seed in direct seeding on dry paddy



Lodging of conventional culture in water seeding



Field of study on culture of pellet seed



Field test of cultural system of rice pellet seed

벼 직파용 펠릿종자 제조시스템 및 정밀파종기 개발

2001년 12월 27 인쇄

2001년 12월 27 발행

발행인 : 유 수 남

(전남대학교 농과대학 생물산업공학과)

인쇄처 : 도서출판 知性界

전 화 : 062) 514-7531

팩 스 : 062) 514-6631
