

벼 펠릿종자 제조장치 개발(I)

- 실험용 펠릿종자 제조장치 설계·제작 및 성능 분석 -

Development of A Rice Seed Pelleting Machine(I)

- Design, Construction and Performance Evaluation of
the Experimental Machine -

유수남*	최영수*	박종수*
정회원	정회원	준회원
S.N.Yoo	Y.S.Choi	J.S.Park

1. 서론

수도작의 현행 직파재배기술은 입모율, 도복, 잡초방제, 종자손실 및 유동, 포장준비 및 재배관리에 많은 문제점들이 있어 이를 개선하기 위한 방안으로 벼 종자의 코팅 및 정제화, 펠릿화에 대한 연구들이 수행되었다. 그러나, 기존 연구들은 종자 처리방법, 처리에 따른 파종작업 특성, 생육특성 연구가 주류를 이루고 있고, 직파재배의 부분적인 문제해결에 그치고 있다. 본 연구는 3~4 개의 벼 종자를 상토와 같이 일정 크기로 펠릿화 한 벼 펠릿종자를 이용하여 균일 점파함으로써 현행 직파재배 문제점들의 전반적인 해결을 통한 직파재배기술 향상, 생력화를 도모하고자 한다. 그러나 이를 적용키 위해서는 벼 펠릿종자 재배체계 확립과 더불어 현행 재식밀도를 고려해 볼 때, ha당 약 23 만개의 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 개발의 기초자료를 얻고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험용 벼 펠릿종자 제조장치 제조장치 설계·제작

직파재배에 적합한 벼 펠릿종자를 대량 생산하기 위한 실용적인 벼 펠릿종자 제조시스템 개발을 위하여 기본적인 핵심 기능만을 수행하는 실험용 벼 펠릿종자 제조시스템을 구상하였는데 다음과 같은 사항을 고려하여 설계 제작하였다.

첫째, 실험용 벼 펠릿종자 제조장치는 조수와 기타 장치의 제원만 늘리면 펠릿종자의 대량 제조가 가능토록 하며, 가능한 한 그 구조는 단순, 소형화 한다.

† 본 연구는 농림기술개발사업으로 수행되었음.

*전남대학교 생물산업공학과

둘째, 조사 및 예비실험 결과 펠렛내 전처리된 종자의 수가 3 립 이상이면 발아에 문제가 없는 것으로 나타났기 때문에 펠렛 내에 3~4 립의 종자를 포함토록 한다.

셋째, 직파용 벼 종자 채원, 펠렛재료의 특성을 고려할 때 실험용 펠렛 제조장치는 직경 10 mm 내외의 구형 펠렛종자를 제조하도록 하여 정밀파종기에 의한 종자배출 및 취급성이 용이하도록 한다.

넷째, 적절한 강도 유지로 취급성과 파종 상태에서 발아를 위한 붕괴성이 적절하도록 한다.

나. 실험용 벼 펠렛종자 제조장치 성능시험

(1) 공시 재료

펠렛 제조용 벼 종자 품종은 동안 벼를 사용하였으며, 펠렛 재료용 상토로는 산적토로서 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취 이용하였고, 펠렛재료용 접착제 재료로서 아라비아고무(제조회사: Junsei Chemical Co., 분말)를 사용하였다.

(2) 성능실험

펠렛상토 입경, 접착액 농도, 접착제 함량, 성형롤의 회전속도에 따른 펠렛종자의 특성을 분석하였는데 표 1.은 벼 펠렛종자 제조장치에 대한 성능실험 계획을 나타낸 것이다.

표 1. 벼 펠렛종자 제조장치 성능실험 계획

요 인	수 준	분 석 항 목
펠렛상토 입경	500 μm 이하	성형율
	850 μm 이하	
접착액 농도	아라비아고무 10%	중량 및 펠렛종자 직경
	아라비아고무 20%	
접착액 함량	상토 100 g당 30 ml	펠렛종자 내 벼 종자 수 압축강도
	상토 100 g당 35 ml	
	상토 100 g당 40 ml	
성형롤 회전속도	5 rpm (2.4m/min)	
	10 rpm (4.7m/min)	

3. 결과 및 고찰

가. 실험용 벼 펠렛종자 제조장치 설계·제작

실험용 펠렛 제조장치 구조도를 개략적으로 나타낸 것이 그림 1.이다. 이 장치의 주요 구조는 벼 종자공급부, 상토 및 접착제를 혼합한 펠렛재료 공급부, 펠렛재료와 벼 종자를 구형으로 성형하는 펠렛성형부, 구동 및 동력전달부 등으로 구성되었다.

(1) 종자공급부

종자공급롤의 구조도를 나타낸 것이 그림 2.이다. 종자공급장치는 벼 종자호퍼, 진공을 이용하여 철망이 부착된 흡에 벼 종자를 부착 펠렛성형롤의 성형흡에 종자를 공급하는 벼 종

자 공급롤, 진공배관 및 펌프(1/2 마력, 모델명 : SM 401, 제조회사 : Shin Myung electric MFG. Co)로 되어 있다.

벼 종자 공급부 펠렛 성형장치에 3 립 이상의 벼 종자를 공급시키기 위하여 벼 종자의 크기를 기준으로 홈 직경과 홈 깊이, 홈 내의 철망 눈금의 크기를 달리하여 공급롤의 회전속도와 진공압의 수준에 따른 종자 배출량을 조사하였다. 조사 결과, 홈 직경 7.4 mm, 홈 깊이가 4.3 mm, 홈 철망 번호 40, 진공압은 절대압력 50 cmHg에서 벼 종자 3~4 립의 적정 배출량을 유지할 수 있는 것으로 나타나 이를 이용하였다.

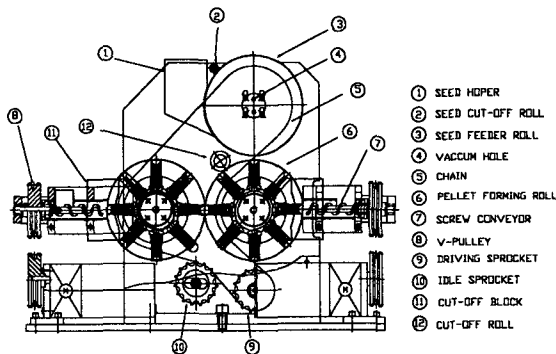


그림 1. 실험용 펠렛종자 제조시스템의 구조도

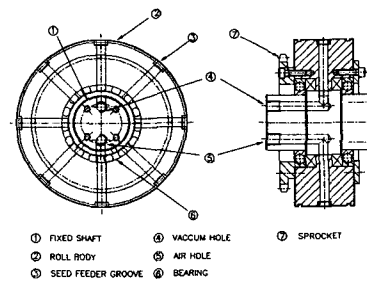


그림 2. 종자공급롤의 구조도

(2) 펠렛재료 공급부

펠렛재료 공급장치는 펠렛재료 혼합장치에서 혼합된 펠렛재료를 공급호퍼에서 스크류컨베이어를 이용, 펠렛성형롤의 성형홈에 공급토록 제작하였다. 또한 펠렛성형롤의 고속 회전 시 공급의 원활성을 위해 공급 스크류와 성형롤 사이에 블록을 설치하여 펠렛재료의 압입공급 및 펠렛재료의 컷오프, 여분의 펠렛재료 배출 기능 등을 갖도록 하였다.

(3) 펠렛성형부

펠렛성형롤의 구조도를 나타낸 것이 그림 3이다. 펠렛 성형장치는 2 개의 성형회전롤을 이용 여기에 반구형의 홈을 갖는 성형요소와 반구형 홈 가운데 성형 후 펠렛종자를 배출할 수 있는 배출핀을 설치하고 2 개의 성형회전롤을 같은 속도로 회전시키면서 성형요소과 배출핀을 캠으로 운동시킴으로써 성형시 압축과 성형 후 구형 펠렛종자를 배출하는 회전롤식 펠렛성형장치이다.

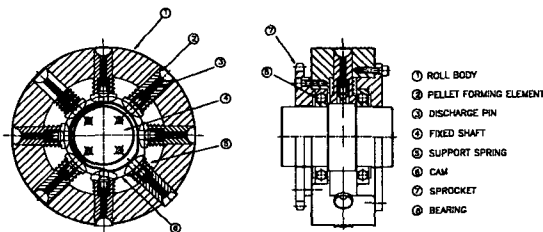


그림 3. 펠렛성형롤의 구조도

성형롤에는 1 조 8 개의 반구형 홈을 갖도록 하였으며, 조수와 물의 제원만 늘리면 펠렛

종자의 대량 제조가 가능토록 하였다. 성형홈의 직경은 14 mm로 설계·제작하였으며, 펠렛 재료의 압축성을 고려하고, 제조 펠렛종자의 압축강도 유지를 위하여 펠렛 성형시 성형요소를 캠에 의해 2 mm 운동시켜 압축성형이 이루어지도록 하였다. 또한 성형홈 내의 배출핀은 캠에 의해 3 mm 운동시켜 제조된 펠렛종자를 홈에서 밀어 배출하도록 하였다.

(4) 구동 및 동력전달부

구동원으로서 DC 및 AC모터와 모터 컨트롤러, 펠렛성형롤과 벼 종자 공급롤에 부착된 체인 전동장치, 펠렛상토 공급장치의 V벨트 전동장치 등을 이용하였다..

나. 벼 펠렛종자 제조장치의 성능

(1) 성형률

요인 수준에 따른 실험용 벼 펠렛종자 제조장치의 성형율을 나타낸 것이 표 2이다.

표 2. 벼 펠렛종자 제조장치의 성형률(%)

접착액 농도(%)		10						20					
		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 (μm)	500	26.0	성형 불가	71.4	41.2	31.2	38.8	성형 불가	성형 불가	54.9	성형 불가	66.6	17.9
	850	15.8	성형 불가	62.3	57.5	63.0	성형 불가	19.2	성형 불가	49.9	41.9	53.3	31.3

표에서와 같이 성형률의 회전속도가 커짐에 따라 성형률은 크게 감소하는 경향을 보였으며, 특히 함수율이 약 20 % 이하이거나 25 % 이상일 때 성형이 불가능하거나 성형률이 매우 낮게 나타났다.

접착액의 농도 및 접착제 함량에 따라 펠렛재료의 함수율이 달라지는데 이에 따른 성형률을 살펴보면 상토입경 500 μm 의 경우는 성형률의 회전속도가 5 rpm 일 때 접착액 농도 10 %, 접착제 함량 35 ml에서 성형률이 71.4 %, 20 %의 접착액 농도에서는 접착제 함량이 40 ml 일 때 66.6 %로 가장 성형률이 좋은 것으로 나타났으며, 이 때 펠렛재료 함수율은 21~24 % 정도였으며, 상토 입경이 850 μm 인 경우도 비슷한 경향을 보여 대체적으로 펠렛재료의 함수율이 21~26 % 일 때 상대적으로 성형율이 높게 나타남을 알 수 있었다. 결과적으로 상토 입경이 클수록 제조를 위한 적용 함수율의 범위가 약간 넓어졌으나, 함수율만 적정하다면 상토 입경이 적을수록 높은 성형률을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

일반적으로 성형율이 저조한 것으로 나타났는데 그 원인을 살펴보면 펠렛재료 수분 부족 및 과다로 인한 펠렛재료 공급 불량, 압축성형 시 부착력 부족, 성형 후 성형롤 배출핀의 배

출불량, 성형률의 성형흡 중심 불일치로 인한 성형불량, 성형흡에서의 종자표면적 증대로 인한 성형시 부착력 부족, 성형 후 펠렛종자의 형태 유지 곤란 때문인 것으로 나타났다.

(2) 벼 펠렛종자 제조상태

벼 펠렛종자 제조 후 상토 입경에 따른 제조상태를 나타낸 것이 표 3.과 표 4.이다.

표 3. 상토 입경 500 μ m의 경우 벼 펠렛종자 제조상태

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
펠렛직경 (mm)	수직	13.9		13.6	13.4	13.1	13.3			14.1		14.5	13.4
	수평	14.4	성형	14.5	14.1	13.5	13.8	성형	성형	14.6	성형	14.8	14.1
중량(g)	제조 후	2.9	불가	2.8	2.8	2.8	2.75	불가	불가	2.8	불가	2.8	2.8
	건조 후	2.3		2.2	2.2	2.1	2.1			2.2		2.4	2.1
펠렛내 종자수(립)		2.5		2.4	2.4	2.4	2.9			2.1		2.2	2.6

표 4. 상토 입경 850 μ m의 경우 벼 펠렛종자 제조상태

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
펠렛직경 (mm)	수직	13.9		14.4	13.2	13.4		14.9		13.9	13.6	13.8	13.9
	수평	14.1	성형	14.8	13.9	13.8	성형	14.7	성형	14.3	14.2	14.3	14.5
중량(g)	제조 후	2.9	불가	2.8	2.8	2.7	불가	2.9	불가	3.0	2.8	2.8	2.8
	건조 후	2.3		2.2	2.2	2.1		2.4		2.4	2.3	2.2	2.2
펠렛내 종자수(립)		2.3		2.2	2.4	2.1		2.7		2.4	2.4	2.4	2.7

벼 펠렛종자 성형장치의 성형흡의 실제 치수는 접합부에 수직방향으로 직경 13.5 mm, 수평방향으로 직경 14 mm이다. 제조된 펠렛종자의 직경을 측정한 결과 수직 방향의 직경은 13.2~14.9 mm로 나타났고, 수평방향으로는 13.6~14.9 mm 범위에서 제작되었다. 그 차이는 성형흡 중심 불일치로 인한 비틀림 성형, 펠렛재료 과다공급으로 인한 성형 시의 펠렛재료 돌출, 성형률 회전속도가 증가로 인한 성형흡으로의 펠렛재료 공급부족 등이 원인인 것으로 보인다.

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 파종작업 효율 극대화를 위해서는 중량을 감소시킬 필요가 있는 것으로 보인다.

제조된 벼 펠렛종자 내에 포함되어 있는 종자 수를 살펴보면 약 2.1~2.9 립의 온전한 종자를 포함하고 있어 본 연구에서 추구하고 있는 펠렛종자 내에 3 립 이상보다는 적게 나타났다. 이는 종자 공급률에 의한 종자 배출은 3 립 이상이 공급이 되었지만 성형 시에 너무 많은 벼 종자로 인해 펠렛재료의 접합력이 떨어져 성형에 실패하는 경우와 종자 공급률에

의한 종자 낙하 지점이 정확치 않아 성형시 종자가 들출되어 깨지는 현상이 나타났기 때문으로 이의 개선대책이 필요한 것으로 판단되었다.

(3) 펠렛종자의 압축강도

벼 펠렛종자의 압축강도를 나타낸 것이 표 5. 이다. 표에서와 같이 접합부의 수평 방향보다 수직 방향이 더 높은 강도를 가졌고, 두 방향에서 대부분 10 kg 이상의 강도를 나타내었는데 성형률이 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.

표 5. 벼 펠렛종자의 압축강도(kg)

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	
상토입경 (μm)	500	수직	11.9	성형	23.4	20.7	19.5	11.5	성형	성형	19.9	성형	20.3	17.4
		수평	7.1	불가	17.9	19.2	11.9	6.4	불가	불가	14.1	불가	14.9	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	14.9	11.8	불가	8.5	불가	13.9	13.9	5.9	6.4

4. 요약 및 결론

본 연구는 벼 펠렛종자 대량생산을 위한 제조장치 개발의 기초자료를 얻고자 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하여 성능 및 제조된 벼 펠렛종자에 대한 특성을 분석하였으며, 그 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 스크류컨베이어를 이용한 펠렛재료 공급부, 진공을 이용하여 3~4 립의 벼 종자를 공급하는 벼 종자 공급부, 펠렛재료와 벼 종자를 구형으로 성형하는 회전 성형률을 이용한 펠렛성형부, 구동 및 동력전달부 등으로 구성되는 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 설계 제작하였다.

나. 실험용 펠렛종자 제조장치의 펠렛 상토 입경, 접착제 농도, 접착제 함량, 성형률 회전속도에 따른 펠렛종자 제조 성능실험 결과 성형율은 기대했던 것보다 대체적으로 낮게 나타났으며, 상토 입경이 500 μm , 접착액 농도 및 접착제 함량에 따른 함수율이 약 21~23 %, 성형률 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 성형률이 상대적으로 높은 조건에서 실제 성형률 치수에 유사하게 제조되는

결과를 얻었고, 펠렛종자 내의 종자 개수는 약 2.4~2.7 립 정도로 기대치 보다 약간 적게 나타나 종자 공급 방법의 개선이 필요한 것으로 보인다.

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

마. 성형률 및 제조 벼 펠렛종자의 질을 높이고, 기계의 내구성을 향상시키기 위해서는 벼 종자를 펠렛재료 속에 넣어 성형률에 동시에 공급하도록 하는 구조적으로 간단한 펠렛 제조 장치의 구상이 필요한 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

1. 内藤俊男. 1963. 種子の Coating에關する研究(1). 일본농업기계학회지. 25(1):35~38.
2. Clarke, B., Greenwood, S. Jr. 1993. A viscometric approach to the Design of a seed dressing Mixer. JAER 56(4):275~286.
4. Singh Jai. 1996. Design, construction and performance evaluation of seed pelleting machine. Agri. Mech. in Asia and Africa 27(1):25
6. 木村進, 龜和田光男. 1985. 최선단식품가공기술, CMC(주).
7. 東畑平一郎외, -. 工場操作시리즈 造粒編. 化學工業社(株).
8. Larry, O. C. and M. B. McDonald. 1995. Seed Science and Technology. Chapman & Hall.