

직파용 벼 펠렛종자 제조장치 개발

Development of A Rice Seed Pelleting Machine for Direct Seeding in Rice Cultivation

박종수*	유수남*	최영수*	유대성*
	정회원	정회원	
J. S. Park	S. N. Yoo	Y. S. Choi	D. S. Yu

1. 서론

우리 나라 수도작 직파 재배의 주요 문제점은, 도복과 입모가 불안정하고, 잡초방제가 어려우며, 조수에 의한 종자 손실이 크고, 관수에 의한 종자의 물림 현상 등을 들 수 있다.

본 연구는 회전 성형롤을 이용 벼 종자 3 ~ 4 립을 상토 및 접착제와 혼합하여 구형으로 제조한 벼 펠렛종자를 파종함으로써 현행 벼 직파 재배의 문제점들을 해결하고자 한다. 벼 펠렛종자를 파종하는 경우 파종 시 펠렛종자의 무게를 이용하여 종자의 파종 심도를 써레질 후 일수에 관계없이 조절 할 수 있고, 종자의 이동, 뜬 묘, 쓰러진 묘 등을 방지하며, 정밀한 기계화 파종을 가능하게 하여 적정 입묘 수의 확보와 입모의 균일도를 높일 수 있으며, 등숙기에 발생하기 쉬운 도복 방지와 조수에 의한 종자손실 감소 그리고 소요 파종 종자량 절감 등을 기대할 수 있어 직파 재배 문제점들을 전반적으로 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 벼 펠렛종자를 파종하는 경우 관행 벼 재배의 재식밀도를 고려할 때 ha 당 약 23 만개의 펠렛종자가 소요되므로 이를 대량 생산할 수 있는 기계 개발이 필수적이다.

그러므로 본 연구는 실험용 벼 펠렛종자 제조장치를 설계·제작하여 그 성능 및 제조 벼 펠렛종자의 특성을 구명함으로써 벼 펠렛종자 대량생산을 위한 제조장치 개발의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 벼 펠렛종자 제조장치 설계 및 제작

벼 직파 재배에 적합한 구형 벼 펠렛종자를 대량 생산하기 위한 실용적인 제조장치 개발을 위하여 벼 종자, 펠렛용 상토, 접착제등 균일·혼합 반죽된 펠렛재료로 약 12 mm 직경의 구형 벼 펠렛종자를 제조할 수 있는 성형롤을 이용한 벼 펠렛종자 제조장치를 설계·제작하였다.

나. 벼 펠렛종자 제조장치 성능실험

1) 시험재료 : 벼 종자 품종은 동안 벼를 사용하였으며, 펠렛재료용 상토로는 산적토로서 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취하였으며 상토를 건조시켜 500 μ m

* 전남대학교 농과대학 생물산업공학과

(체 번호 35) 체를 사용하여 이를 통과한 입경의 상토를 이용하였다. 펠릿재료용 혼합 집착액의 재료로 아라비아고무(제조회사:Junsei Chemical Co., 순정일급, 분말)를 집착제로서 사용하였으며 제조방법으로는 물 100 cc에 아라비아고무 10 % 농도의 혼합 집착액을 만들고 상토 100 g당 30 ml의 혼합 집착액을 사용하였다. 벼 종자와 상토를 일정비율로 균일하게 혼합 반죽하기 위해 제작된 펠릿재료 혼합 반죽기를 이용하였다.

2) 성능시험 방법 : 성능시험은 펠릿재료 공급부 스크류 컨베이어의 회전속도에 따른 펠릿재료 공급 특성과 표 1에서와 같이 상토 종자혼합비, 펠릿재료 공급속도에 따른 벼 펠릿종자 제조능률, 성형률 그리고 제조 과정에서 발생하는 벼 종자 손실률을 3 회 반복 실험을 통하여 조사하였다. 여기서, 성형률은 제조장치에 투입된 펠릿재료의 무게에 대한 완전한 구형 형태를 갖는 펠릿종자의 무게비로서 나타내었고, 제조능률은 시간당 제조 가능한 펠릿종자 개수로 정의하였다. 또한 제조 과정에서 발생하는 벼 종자 손실률은 공급된 벼 종자의 무게에 따른 벼 종자개수를 추정하여 제조한 펠릿종자 내에 포함된 손상되지 않은 완전한 벼 종자의 개수와 의 비를 구하여 벼 종자 손실률을 나타내었다.

Table 1 The experimental plan for evaluating performance of the rice-seed pelleting machine

Variables	Level of variables	Items of analysis
MR ¹⁾	6 : 1	o Pelleting ratio of pellet materials o Production capacity
	7 : 1	
	8 : 1	
FR ²⁾	0.5	o Pelleting rate o Seed loss
	1.0	
	1.5	

1) MR : Mixing ratio of soil to rice seed (weight base)

2) FR : Feeding rate of pellet materials (kg/min)

다. 제조된 벼 펠릿종자 특성 분석

제조된 벼 펠릿종자에 대한 특성 분석으로 제원 및 무게 그리고 펠릿종자 내 포함된 벼 종자의 개수, 압축강도를 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 벼 펠릿종자 제조장치 설계 및 제작

그림 1은 설계 제작된 성형롤을 이용한 벼 펠릿종자 제조장치의 구조도이며, 주요부는 펠릿재료 공급부, 펠릿종자 성형·배출부, 동력전달부 및 프레임으로 구성되었다.

1) 펠릿재료 공급부 : 펠릿재료 공급부는 3 열의 스크류 컨베이어를 이용하였으며, 최대 회전속도는 90 rpm이며, 회전속도를 가변할 수 있도록 하였다.

2) 펠릿종자 성형 및 배출부 : 구형의 벼 펠릿종자를 성형하는 과정을 단면도로서 나타낸 것이 그림 2이고 그림 3은 성형롤 A-A'의 단면도이다.

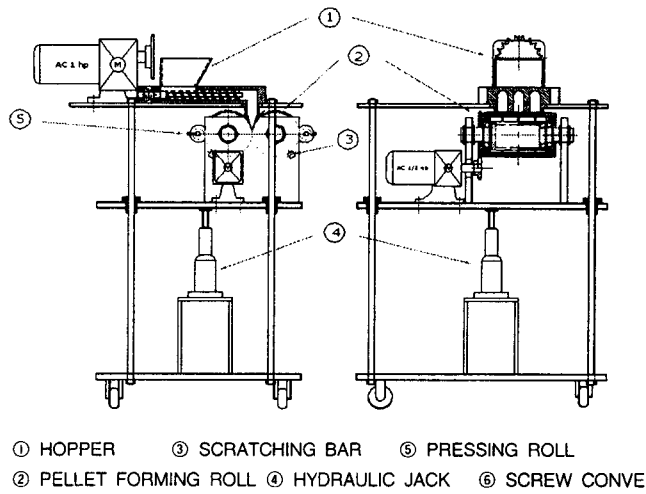


Fig. 1 A schematic diagram of the rice-seed pelleting machine

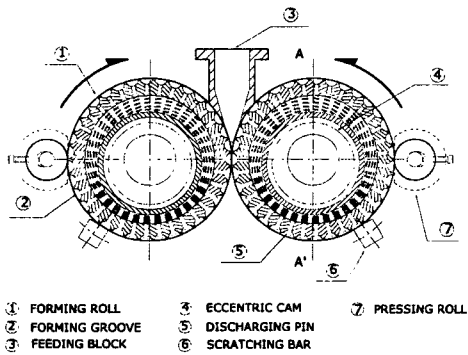


Fig. 2 A schematic diagram of the forming apparatus

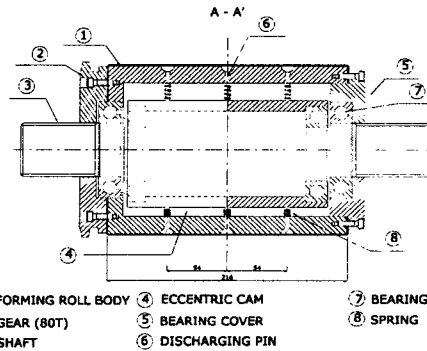


Fig. 3 A schematic diagram of the forming roll

나. 벼 펠릿중자 제조장치 성능실험

1) 펠릿재료 공급 특성 : 펠릿재료를 호퍼에 투입하여 스크류 컨베이어의 회전속도에 따라 공급 블럭으로 배출되는 펠릿재료 공급률(Kg/min)을 나타낸 것이 그림 4이다.

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.

2) 성형률 : 벼 펠릿중자 제조장치의 펠릿재료 혼합비와 공급률에 따른 성형률을 나타낸 것이 그림 5이다. 성형률은 펠릿재료 혼합비에 관계없이 거의 유사하게 조사되었으며 전체 적으로 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.

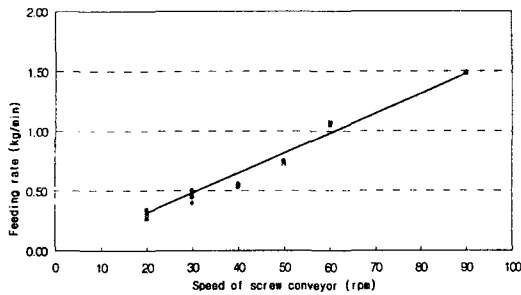


Fig. 4 Feeding rate of pellet-materials according to rotating speed of screw conveyor

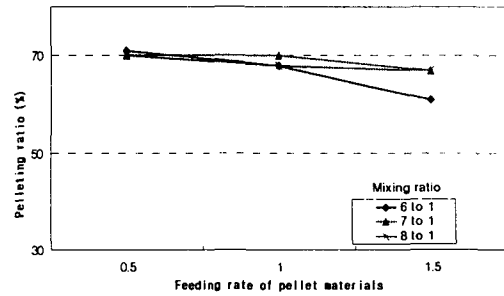


Fig. 5 Pelleting ratio according to mixing ratio and feeding rate of pellet materials

3) 제조성능 : 그림 7에서와 같이 혼합비에 따른 차이는 없었으며 공급률에 따라 시간당 약 13,000- 37,000 개의 펠릿종자를 제조할 수 있는 것으로 나타났으며, 앞서의 성형을 결과를 고려하여 볼 때 성형률이 상대적으로 높게 나타난 펠릿재료 공급률 1.0 kg/min일 경우 펠릿재료 1 kg으로 분당 약 430 여 개의 펠릿종자를 제조할 수 있어 제조능력은 시간당 약 26,000 개로 예상되었다.

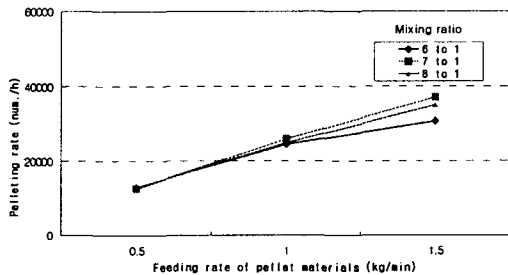


Fig. 7 Pelleting rate according to mixing ratio and feeding rate of pellet materials

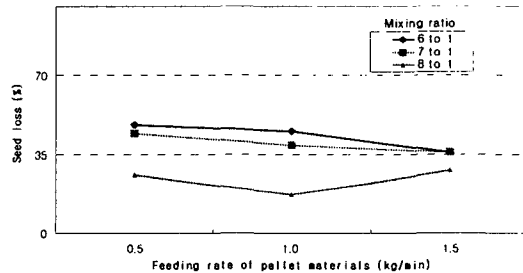


Fig. 8 Ratio of seed loss according to mixing ratio and feeding rate of pellet materials

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 8이다. 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.

다. 제조 벼 펠릿종자 특성

1) 벼 펠릿종자 크기 및 무게 : 제조된 펠릿종자의 무게는 제조 직후 약 1.66 g서 건조 후에는 약 1.26 g으로 감소하였으며 직경 또한 건조가 되면서 12.0 mm에서 11.2 mm로 약 6.7 % 축소되었다.

2) 압축강도 : 건조기와 음지 건조에 의한 벼 펠릿종자를 대상으로 물성분석기를 이용 압축강도를 측정한 결과를 나타낸 것이 그림 9와 그림 10이다.

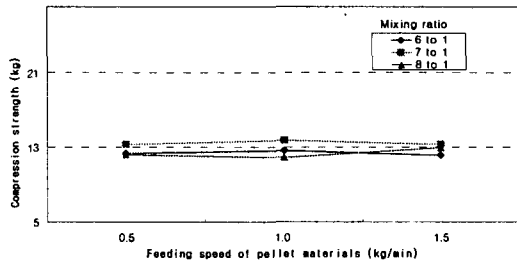


Fig. 9 Compression strength of the rice-seed pellet dried by dryer

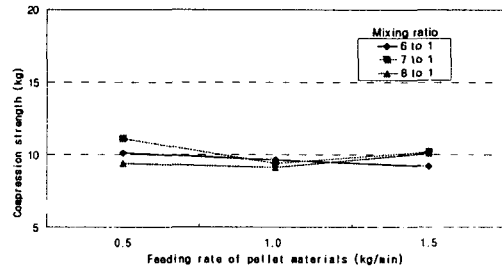


Fig. 10 Compression strength of the rice seed pellet dried in shady room

건조기를 이용한 경우 펠렛종자의 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 펠렛종자가 수분을 다소 많이 함유하고 있기 때문이다. 또한, 펠렛종자 내에 벼 종자가 5 립 이상이 포함되었을 경우 부착력이 약하여 다소 압축강도가 떨어지는 경향을 보였다. 대체적으로 제조된 벼 펠렛종자의 압축강도는 기계파종이나 운반작업 등에서 요구되는 강도보다 충분히 클 것으로 예상되어 취급성은 문제가 없을 것으로 보인다.

3) 펠렛종자 내 포함된 벼 종자 수 : 상토 종자혼합비와 공급률에 따른 한 개의 펠렛종자 내에 포함된 벼 종자의 개수를 나타낸 것이 그림 11이다.

조사 결과 벼 펠렛종자에 포함된 벼 종자 개수는 6 : 1 혼합비에서 평균 4.1 립의 벼 종자를 포함하였고, 7 : 1의 혼합비에 있어서는 평균 3.6 립 그리고 8 : 1의 혼합비에 있어서는 평균 3.1 립의 벼 종자를 포함하고 있어 혼합비가 커질수록 펠렛종자에 포함된 벼 종자의 수가 증가함을 알 수 있었다. 포함된 종자의 개수에 따른 분포를 살펴보면 3 립 ~ 5 립의 벼 종자가 펠렛종자에 포함된 비율은 혼합비 6 : 1의 경우 약 76 % ~ 80 %로 나타났고 7 : 1의 경우 약 75 % ~ 79 %, 8 : 1의 경우 약 21 % ~ 65 %로 조사되었으며, 상토 종자혼합비가 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.

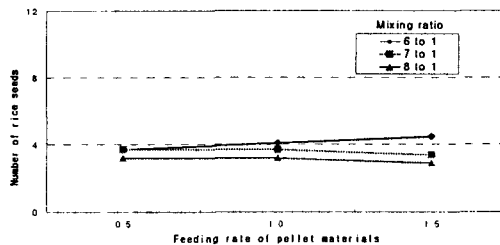


Fig. 11 Number of rice seeds in a rice-seed pellet

라. 벼 펠렛종자 제조장치 개선점

- 성형률의 회전속도에 적합한 펠렛재료의 균일한 공급에 어려움이 있어 펠렛재료 공급부의 개선이 요구된다.

- 종자 손실을 줄이기 위한 성형률의 개선이 요구된다.
- 압축 성형된 펠렛종자의 배출이 원활하게 이뤄지지 않아 성형률이 비교적 낮게 나타나 배출부의 개선이 요구된다.

4. 요약 및 결론

주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

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

나. 설계·제작된 벼 펠렛종자 제조장치의 제조능력은 시간 당 약 13,000 개 ~ 37,000 개 인 것으로 나타났고 이 때 성형률은 약 61 % ~ 71 %였다. 하지만 벼 종자 손실률은 약 17 % ~ 48 %로 매우 큰 것으로 나타나, 펠렛재료의 손실과 종자손상을 줄이기 위한 성형률 및 펠렛재료 공급장치의 개선이 필요한 것으로 보인다.

다. 제조된 펠렛종자의 무게는 제조 직후에는 1.66 g, 완전 건조 후에는 약 1.3 g으로 나타났으며, 제조된 펠렛종자의 직경은 약 12.0 mm에서 건조 후 약 11.2 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 립, 혼합비 7 : 1에서 3.6 립, 그리고 혼합비 8 : 1에서는 3.1 립으로 나타났다.

마. 건조 후 벼 펠렛종자의 압축강도를 측정된 결과 건조기를 이용한 경우는 118 N ~ 137 N, 음지 건조의 경우는 88 N ~ 108 N으로 조사되었으며, 대체적으로 운반 및 파종 과정에서 취급성은 문제가 없을 것으로 보인다.

5. 참고문헌

1. 김석연. 2000. 벼 담수직파 안정화를 위한 종자 Pellet 기술 개발에 관한 연구. 박사학위 논문. 전남대학교.
2. 内藤俊男. 1963. 種子の Coating에關する研究(1). 일본농업기계학회지. 25(1), pp.35 ~ 38.
3. Bulan, P. 1991. Some effect of seed coating and aging treatments on soyben germination and emergence. Mississippi State Univ. Ph. D. Thesis.
4. Longden, P. C. 1975. Sugar beet seed pelleting. ADAS Q. REV. 18, pp.73 ~ 80.
5. 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.
6. Singh, Jai. 1996. Design, construction and performance evaluation of seed pelleting machine. Agri. Mech. in Asia and Africa 27(1), pp.25.
7. Taylor, A. G. and G. E. Harman. 1990. Concetps and technologies of selected seed treatments. Ann. Rev. Phytopathol. 28, pp.321 ~ 339.