

직파용 벼 펠릿종자 제조장치 개선 연구(Ⅱ)

- 펠릿종자의 물리적 특성과 재배특성 -

Improvement of a Rice Seed Pelleting Machine for Direct Seeding in Rice Cultivation(Ⅱ)

- Physical and cultural properties of the rice-seed pellets -

| | | |
|----------|-----------|------------|
| 유대성 | 유수남 | 최영수 |
| 정회원 | 정회원 | 정회원 |
| D. S. Yu | S. N. Yoo | Y. S. Choi |

ABSTRACT

Physical and cultural properties were investigated on the rice-seed pellets made by the pelleting machine(Yu, 2003) as the changes with mixing ratios of soil to rice seed of 6 : 1, 7 : 1, and 8 : 1, and rotating speeds of forming rolls of 7, 10, and 13 rpm.

Average weight, average diameter, and average sphericity of the pellets were 1.70 g, 12.0 mm, and 99.1 %, respectively. Average number of seeds per pellet was more than 3, and almost all pellets had more than 3 seeds in the cases of mixing ratios of 6 : 1, and 7 : 1 at the forming rolls' speed of 7 rpm. Gradual drying was needed because rapid drying caused cracks on surface of the pellets. Compression strength of the pellets dried in shady room was in the range of 132~152 N, which was enough for handling. Comparing with the previous pellets(Park, 2002), average number of seeds per pellet, ratio of pellets including more than 3 seeds, and compression strength increased due to the effects of pressure feed of pellet materials, and improvements of the forming rolls.

Emergence ratio of the pellets made at the mixing ratio of 6 : 1 and the forming rolls' speed of 7 rpm, was 100 % on dry paddy and was 97 % on flooded paddy surface. Good growth characteristics, and yield except number of seedling stand and ratio of missing plant were shown in planting of the pellets made at the mixing ratio of 7 : 1 and the forming rolls' speed of 7 rpm on flooded paddy surface field. Considering the cultural results, the mixing ratio of 6 : 1, and the forming rolls' speed of 7 rpm seems to be optimum operating condition for the improved pelleting machine.

Keywords : Pelleting machine, Rice-seed pellet, Physical and cultural property.

1. 서 론

우리나라의 벼 직파재배는 90년 말 까지 꾸준히 증가하여 왔으나 건답직파의 경우 파종기의 잦은 강

우, 잡초방제의 어려움으로, 담수직파는 포장 출아, 입모의 불안정, 도복 등에 대한 우려로 현재는 답보 상태에 있다. 그러나 농업여건의 변화에 따른 농촌노동력 부족과 재배의 규모화에 대응하기 위해서는 직

This study was conducted by the research fund supported by Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. This article was submitted for publication in August 2003, reviewed in October 2003, and approved for publication by editorial board of KSAM in October 2003. The authors are Soo Nam Yoo, professor, Young Soo Choi, professor, Dae Sung Yu, research assistant, Dept. of Bio-system & Agri. Eng., Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju, Korea. The corresponding author is Soo Nam Yoo, professor, Dept. of Bio-system & Agri. Eng., Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju, 500-757 Korea E-mail:<snwoo@chonnam.ac.kr>.

파쇄배의 확대가 불가피할 것으로 예상되고 있다. 벼 종자를 펠렛화한 펠렛종자를 이용한 직파재배는 종자 이동, 부묘, 묘 도복, 조수에 의한 종자손실 등을 방지하며, 정밀한 기계화 파종이 가능하여 적정 입모 수 확보와 입모 균일도 향상에 유리하고, 등숙기 도복 방지 등을 기대할 수 있어 직파 재배 안정화를 기할 수 있을 것으로 보인다.

벼 직파재배 안정화를 위한 코팅종자와 펠렛종자에 대한 연구는 펠렛재료에 따른 발아, 입모, 생육 등에 대한 연구가 대부분으로 Min 등(1996), Motoyuki 등(1990, 1991), Naito (1963), Won 등(1997)은 단일 벼 종자에 대하여 zeolite, calcium carbonate, limestone, sand, peat 등의 재료를 코팅하거나 펠렛화하여 발아와 출아, 입모 등 생육특성에 미치는 영향을 분석하였다. 충남농업기술원(1995)은 무논 골뿌림 재배시 벼 종자를 산적으로 분의하거나 황토물에 담근 후 파종하면 종자의 물림과 유동을 방지하여 양호한 출아율과 입모 균일도를 얻을 수 있다고 보고하였다. 정밀점파를 위해 여러 개의 벼 종자를 넣어 펠렛화한 펠렛종자에 대해서는 Kim(2000)이 펠렛재료용 상토의 종류, 프라밍(Priming) 종자처리, 발아촉진제 처리, 농약 처리, 비료 처리에 따른 펠렛종자의 발아, 출아, 입모특성과 담수직파시 파종시기, 파종밀도, 파종심 등 파종조건에 따른 포장 생육특성을 분석하여 펠렛종자 개발의 기초자료와 함께 펠렛종자에 의한 재배가 기존 직파재배 문제점을 해결, 직파재배 안정화를 이룰 수 있다는 가능성을 제시하였으며, Park 등(2002)은 펠렛종자 대량 생산을 위한 실험용 펠렛종자 제조장치를 개발하여 제조성능과 제조조건에 따른 펠렛종자의 제원, 포함 벼 종자수, 압축강도 등 취급과 재배에 영향을 미치는 물리적 특성을 구하였다.

그러나, 벼 펠렛종자를 직파재배에 적용시키기 위해서는 대량 생산을 위한 효율적인 벼 펠렛종자 제조장치의 개발과 함께 여러 조건에 따라 제조된 벼 펠렛종자의 크기, 무게, 포함된 벼 종자수, 건조방법, 압축강도 등 취급과 재배에 영향을 미치는 물리적 특성과 담수직파, 건답직파 등 다양한 재배조건에서의 발아, 입모, 생육, 수량 등 재배특성과의 관계를 분석하여 직파에 적합한 펠렛종자의 제조방법, 제조 후 처리, 재배조건에 따른 파종 및 재배방법 등이 구명되어야 하며, 이에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 벼 펠렛종자 제조장치(Yu, 2003)를 이용하여 펠렛상토와 종자의 혼합비, 성형률 회전 속도 변화에 따라 제조된 벼 펠렛종자의 물리적 특

성과 재배특성을 파악함으로써 직파에 적합한 펠렛종자의 제조방법, 벼 펠렛종자 대량생산을 위한 제조장치 개발의 기초자료를 얻고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 펠렛종자의 제조

벼 종자 품종은 동안 벼, 펠렛재료용 상토는 전라남도 나주시 삼포면 농업기술원 인근 산에서 채취한 산적토를 완전 건조시켜 500 μ m(체 번호 35) 체를 통과한 상토, 접착제는 아라비아고무(제조회사:Junsei Chemical Co., 순정일급, 분말)를 사용하였다. 접착제는 물에 용해시켜 아라비아고무 10 % 농도의 접착용액을 만들고, 이를 상토 100 g 당 31 mL로 혼합한 다음, 펠렛재료 반죽기(Park, 2002)를 이용 벼 종자와 일 정비율로 균일하게 혼합 반죽한 후 벼 펠렛종자 제조장치(Yu, 2003)로 펠렛종자를 제조하였다.

벼 펠렛종자는 Table 1에서와 같이 상토와 벼 종자를 무게기준으로 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1의 3 수준으로 혼합한 펠렛재료를 대상으로 펠렛종자 제조장치 성형률 회전속도를 7, 10, 13 rpm의 3 수준으로 변화시켜 각각 2 회 반복 제조하여 그 물리적 특성과 재배특성을 분석하였다.

Table 1 Pelleting conditions of the rice seed pelleting machine

| Variables | Levels of variable | Items of analysis |
|------------------|--------------------|--|
| MR ¹⁾ | 6 : 1 | ○ Diameter, weight, sphericity ○ Drying characteristics ○ Compression strength ○ Emergence ratio in pot |
| | 7 : 1 | |
| | 8 : 1 | |
| RF ²⁾ | 7 | ○ Growth characteristics and yield in field |
| | 10 | |
| | 13 | |

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

²⁾ RF : Rotating speed of forming rolls (rpm).

나. 펠렛종자의 물리적 특성

(1) 직경, 질량, 구형률, 벼 종자 수
물리적 특성으로 제조된 벼 펠렛종자의 직경과 질량, 구형률, 펠렛종자 내 벼 종자 개수와 벼 종자 개수별 펠렛종자 비율 등을 파악하였다.

벼 펠렛종자의 직경과 질량은 각 제조 조건으로 2

회 반복 제조된 펠릿종자를 50 개씩 처리 당 총 100 개를 임의 추출하여 제조 직후와 건조 후에 측정하였으며, 구형률은 펠릿종자 형상이 얼마나 구에 가까운지를 나타내는 값으로서 다음 (1)식에 의해 그 값을 구하였다. 여기서, 펠릿종자의 체적은 비이커에 물을 넣은 다음 펠릿종자 10 개씩을 넣어 변화된 물의 높이를 이용하여 측정하였다.

$$\text{구형률(SP)} = \frac{de}{dm} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (1)$$

여기서, de = 펠릿종자 체적과 같은 구의 직경
dm = 펠릿종자 최대 직경

제조된 펠릿종자 내 벼 종자의 개수는 외견상 벗겨지거나 손상되지 않은 벼 종자를 개수를, 그리고 벼 종자 개수별 펠릿종자 비율은 온전한 종자가 없는 것, 1~2개 포함한 것, 3~5개 포함한 것, 6개 이상 포함한 것의 비율을 구하였는데 모두 각 제조 조건에서 50개씩 2회 반복, 처리 당 총 100개 임의 추출한 펠릿종자를 대상으로 조사하였다.

(2) 건조특성 및 압축강도

펠릿종자의 건조실험과 압축강도실험은 2차례 실시하였다. 1차 실험은 제조조건에 따른 펠릿종자의 건조특성 및 압축강도를 분석하고자 하였는데 예비 실험 결과 성형률 회전속도에 따른 펠릿종자 함수율 변화에 차이가 거의 없어 상토:종자 혼합비만을 고려하였다. 따라서 상토:종자 혼합비에 따라 제조된 펠릿종자를 50개씩 2회 반복 임의 추출, 총 100개 펠릿종자를 대상으로 실내 음지상태(실내온도는 20~23℃, 실내습도는 61~76%)에서 2시간 간격으로 오븐법에 의해 함수율을 측정하여 건조에 따른 평균 함수율 변화를 구하였으며, 압축강도 역시 각 제조 조건에서 제조된 펠릿종자 50개씩 2회 반복, 총 100개의 펠릿종자를 실내 음지에서 건조한 후 물성 분석기로 측정하였다.

2차 실험은 건조방법에 따른 펠릿종자의 건조특성을 분석하였는데 함수율 변화, 균열 발생여부 및 균열정도, 균열정도에 따른 펠릿종자의 압축강도를 조사하였다. 건조방법은 실내 태양 광이 비치는 양지와 음지상태(실내 온도 25~30℃, 실내 상대습도 37~44%)에서 팬에 의한 미풍이 있는 경우와 바람이 없는 경우의 자연건조, 종자용 곡물을 43℃ 이하로 건조하고 있는 것을 고려하여 실험용 항온건조기에 의한 건조(건조온도 43℃, 35℃, 30℃, 25℃)를 대상으로 하였다. 대상 펠릿종자는 1차 실험 결과 제조 조건에 따른 펠릿종자의 함수율 변화 차가 거의 없어 상토:

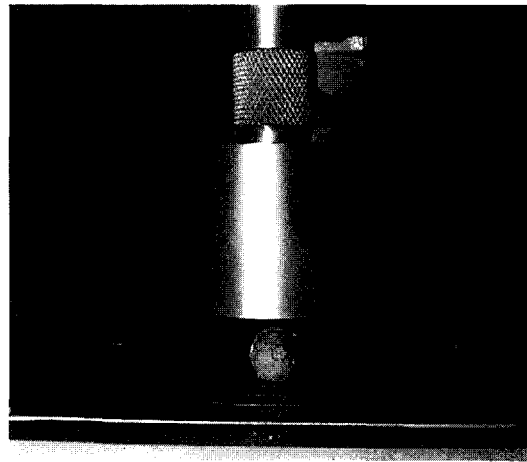


Fig. 1 Compression strength test for the rice-seed pellet.

종자 혼합비 7:1, 성형률 회전속도 7 rpm으로 제조된 펠릿종자만을 대상으로 하였으며 건조방법별로 40개씩을 임의 추출하여 이 중 20개씩은 함수율 측정용으로, 그 외 20개씩은 육안으로 균열이 거의 없는 경우, 미세 균열이 있는 경우, 비교적 큰 균열이 있는 경우로 분류하여 압축강도 측정에 사용하였다.

실험용 건조기는 항온건조기(모델명: Model O-D93, 제조회사:Hansung, 용량:1,800W)를 이용하였으며, 실내 온도와 습도의 측정은 데이터수집장치 CR21X data logger와 CS500 온습도센서(Cambell Scientific, inc.)를 이용 10분 간격으로 평균값을 저장하여 측정하였으며, 압축강도는 물성 분석기(모델명: TA-XT2 Texture Analyser, 제조회사:Stable Micro Systems™-XT, 용량 490 N)를 이용하여 측정하였다. 측정은 Fig. 1에서와 같이 수평 지지판 위에 펠릿종자를 놓고 지지 판으로부터 15 mm 위에서 직경 50 mm의 프로브를 2 mm/s의 속도로 하강시켜 펠릿종자의 표면에 압력을 가하면 펠릿종자가 파괴되는데 파괴되는 시점의 최대강도를 펠릿종자의 압축강도로 하였다.

다. 펠릿종자의 재배특성

(1) 출아율

벼 펠릿종자의 출아율 실험은 상토:종자 혼합비(6:1, 7:1, 8:1)와 성형률 회전속도(7, 10, 13 rpm)에 따라 제조된 각각의 펠릿종자를 30개씩 3회 반복으로 건담직파와 담수직파의 조건으로 플라스틱 포트에 파종하여 10일간 항온 25℃ 상태에서 재배하여 출아

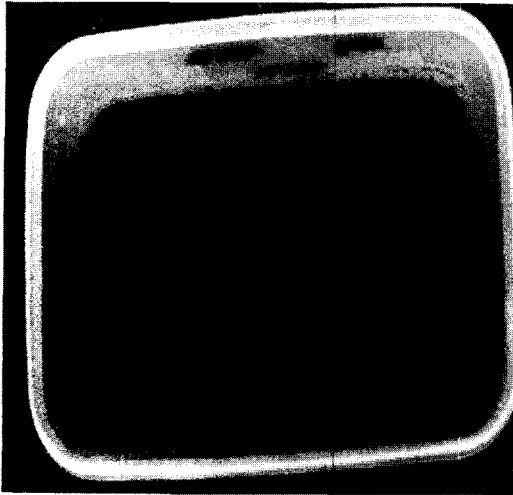


Fig. 2 Emergence of the rice-seed pellets in pot.

을을 조사하였으며, 출아의 기준은 펠렛종자가 발아하여 초엽 전개가 되었을 경우로 하였다. 여기서 출아율은 출아가 정상적으로 이루어진 펠렛종자의 비율을 의미한다.

(2) 포장 재배특성

벼 펠렛종자의 포장 재배특성은 외견상 펠렛종자 내에 충분한 수의 종자 포함된 상토:종자 혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm으로 제조된 벼 펠렛종자를 대상으로 2001년도에 전남 나주에 위치한 전남농업기술원 시험포장에서 재배실험을 수행하였다. 벼 시험 품종은 직파재배 적응품종인 동안 벼를 이용하여 펠렛종자를 제조하였으며, 파종양식은 담수직파, 파종기는 5월 10일, 파종밀도는 30×10 cm로, 파종심도는 담수표면에 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 20일에 조사하였고, 초장은 파종 후 42일, 80일, 수확기에 조사하였으며, 엽수, 경수, 건물중은 파종 후 42일에 조사하였다. 수량은 출수 후 55일에 4.2 m²의 면적에서 수확하여 탈곡한 후 수분 함량 15 % 정도로 건조하고, 탈망 정선한 후 평량하여 백미중으로 하였다. 기타 재배관리와 생육조사는 농촌진흥청 표준재배법과 조사기준에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 펠렛종자의 물리적 특성

(1) 질량, 직경, 구형률

제조 직후 펠렛종자의 외관을 나타낸 것이 Fig. 3이다. 개선 전 펠렛종자 제조장치에 의해 제조된 펠렛종자는 두 성형롤에 의한 압축작용으로 성형 홈으로부터 약간의 펠렛재료가 이탈하여 펠렛종자에 부착되는 양이 많아 구형 펠렛종자를 만들기 위해 부착된 것을 떨어내는 작업이 필요하였으나, 개선된 벼 펠렛종자 제조장치는 성형 시 펠렛재료의 이탈을 줄일 수 있도록 성형 홈 옆에 링을 설치함으로써 부착량을 줄일 수 있었고 그것을 떨어내는 작업도 훨씬 수월하여 체를 이용 약간만 흔들어서 거의 구형의 펠렛종자를 얻을 수 있었다.

제조된 벼 펠렛종자의 질량, 직경, 구형도는 혼합비와 성형롤의 회전속도에 관계없이 일정하게 나타났는데 Table 2는 제조 직후와 건조 후 펠렛종자의 평균 질량, 평균 직경, 구형도 및 그 표준편차를 나타낸 것이다.

Table 2에서와 같이 제조된 펠렛종자의 평균 질량은 제조 직후 약 1.70 g에서 건조 후에는 약 1.31 g으로 약 22.3 % 감소하였으며, 평균 직경 또한 건조가 되면서 12.0 mm에서 11.5 mm로 약 4.2 % 축소되었다. 구형률은 약 99.1 %로 조사되어 거의 완전 구에 가깝게 제조된 것을 알 수 있었다. 개선 전 펠렛종자(Park, 2002)에 비하면 제조 직후와 건조 후 직경과 질량이 약간씩 증가하였는데 이는 유압실린더

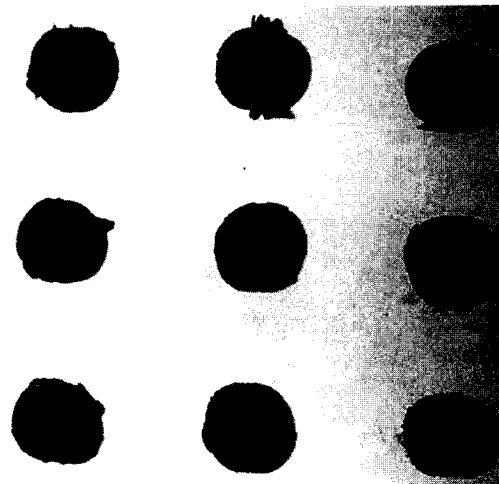


Fig. 3 View of the rice-seed pellets.

Table 2 Average weight, diameter, and sphericity of the rice-seed pellet

| WB ¹⁾ | WA ²⁾ | DB ³⁾ | DA ⁴⁾ | SP ⁵⁾ |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1.70(0.04) | 1.31(0.03) | 12.0(0.1) | 11.5(0.2) | 99.1(3.35) |

Note: 1) WB : Average weight before drying(g).
 2) WA : Average weight after drying(g).
 3) DB : Average diameter before drying(mm).
 4) DA : Average diameter after drying(mm).
 5) SP : Average sphericity after drying(%).
 () : Standard deviation.

에 의해 성형률 성형함에 펠릿재료를 더 큰 압력으로 밀어주었기 때문으로 보인다.

(2) 펠릿종자 내 벼 종자 수

상토:종자 혼합비와 성형률 회전속도에 따른 펠릿종자 내에 포함된 벼 종자의 수를 나타낸 것이 Fig. 4이다.

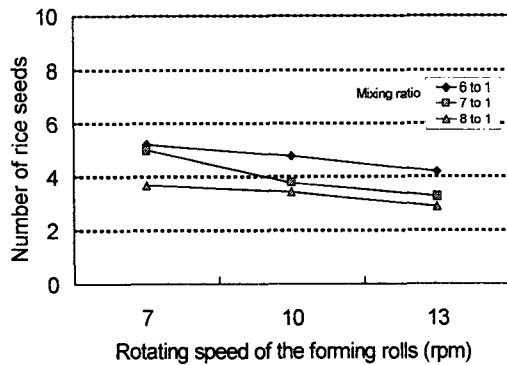


Fig. 4 Number of rice seeds per pellet.

그림에서와 같이 펠릿종자에 포함된 평균 벼 종자 개수는 성형률 회전속도 7, 10, 13 rpm에서 6 : 1 상토:종자 혼합비의 경우는 각각 5.2, 4.8, 4.2 개로, 7 : 1 상토:종자 혼합비의 경우는 각각 5.0, 3.8, 3.3 개로, 8 : 1 상토:종자 혼합비의 경우는 각각 3.7, 3.4, 2.9 개로 나타났다. 따라서 종자에 대한 상토의 혼합비가 작을수록, 성형률 회전속도가 낮을수록 펠릿종자 내에 포함된 종자 수가 많아지는 것으로 분석되었다.

한편 포함된 종자의 개수에 따른 펠릿종자의 분포 비율을 살펴보면 Table 3에서의 같이 상토:종자 혼합비 6 : 1과 7 : 1의 펠릿재료를 성형률 회전속도 7 rpm으로 제조하는 경우 3 개 이상 종자를 포함한 펠릿종자 비율이 98 % 이상이라는 양호한 결과를 얻었다. 반면 상토:종자 혼합비 8 : 1의 펠릿재료의 경우나 상토:종자 혼합비 7 : 1의 펠릿재료를 성형률 회전속도 13 rpm에서 제조한 경우는 2 개 이하 포함된 펠릿종자 비율이 너무 높아 손상 종자를 줄이지 않는 한 파종에 적합하지 않음을 보였다.

이상 결과를 개선 전 펠릿종자 제조장치(Park, 2002)의 경우와 비교해 보면 펠릿종자 내 평균 종자 수는 상토:종자 혼합비 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1에서 개선 전에는 각각 약 4.1, 3.6, 3.1 개였으나 개선 후에는 각각 약 4.7, 4.0, 3.3 개로 증가하였으며, 3 개 이상의 완전종자를 포함한 펠릿종자 비율도 상토:종자 혼합비 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1에서 개선 전에는 각각 91.7, 83.0, 56.7 %로 나타났으나, 개선 후에는 각각 95.0, 89.3, 82.3 %로 나타나 유압에 의한 펠릿재료 공급과 성형률 개선효과가 뚜렷이 나타난 것으로 판단된다.

Table 3 Distribution ratio of the pellets according to number of rice seeds per pellet.

(unit : %)

| Mixing ratio | Rotating speed of the forming rolls(rpm) | Number of rice seeds per pellet | | | |
|--------------|--|---------------------------------|-------|-------|-------------|
| | | 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 |

(3) 건조특성

펠렛종자를 상토:종자 혼합비에 따라 음지에서 자연건조 시켰을 때 시간 경과에 따른 함수율 변화를 그래프로 나타낸 것이 Fig. 5이다.

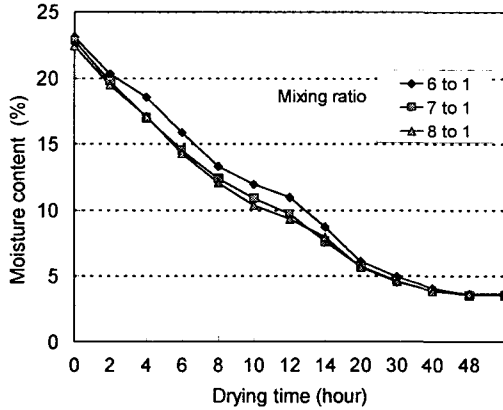


Fig. 5 Changes of moisture contents of the pellets dried in shady room.

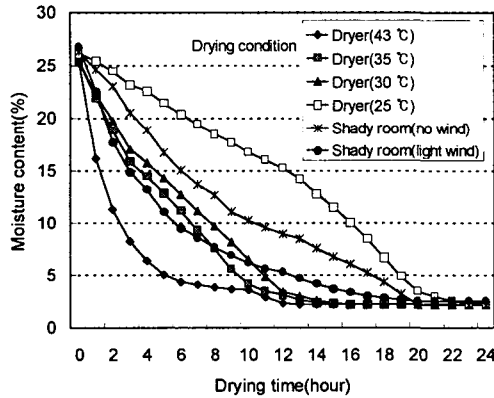


Fig. 6 Changes of moisture content under the various drying conditions.

그림에서와 같이 상토:종자 혼합비에 따른 함수율 변화의 차이는 거의 없었으며, 초기 함수율 약 22 ~ 23 %에서 건조를 시작한 후 약 14 시간까지는 거의 직선적으로 함수율이 감소하였으나 그 후 감소율이 둔화되어 약 20 시간 후에는 약 5.9 %, 48 시간 후에는 약 3.6 %까지 감소하였다.

건조방법에 따른 펠렛종자 함수율 변화를 비교하여 나타낸 것이 Fig. 6이다. 여기서 실내 태양광에 의한 자연건조는 건조속도가 너무 빠르게 나타나 펠렛종자 표면에 크랙 발생이 심하여 적절한 건조방법이 아닌 것으로 판단되어 삭제하였다.

그림에서와 같이 펠렛종자의 함수율은 건조기의 온도가 43 °C일 때는 약 14 시간 후, 건조기의 온도가 35 °C일 때는 약 16 시간 후, 건조기의 온도가 30 °C일 때는 약 17 시간 후, 건조기의 온도가 25 °C일 때는 약 24 시간 후 약 2.2 %로 각각 감소하였으며, 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 함수율로 감소되었으며, 약한 바람을 불어준 경우가 초기 함수율 감소가 큰 것으로 나타났다.

펠렛종자 건조 시 표면과 내부의 건조속도 차가 심한 경우 표면에 균열이 발생하게 된다. 균열의 발생은 대개 건조 후 2 시간에서 5 시간 사이에 주로 나타났는데 건조방법에 따른 펠렛종자 균열비율을 나타낸 것이 Table 4이다.

Table 4에서와 같이 건조기 건조의 경우 미세 균열과 큰 균열의 발생 비율은 설정온도가 43, 35, 30, 25 °C일 때 각각 20 %와 10 %, 15 %와 10 %, 10 %와 5 %, 10 %와 5 %로 나타났으며, 실내 음지 건조의 경우 약한 바람을 불어주었을 때와 바람이 없을 때의 미세 균열과 큰 균열의 발생 비율은 각각 20 %와 15 %, 10 %와 7.5 %로 나타났다. 따라서 건조 온도를 높이거나 바람을 불어 급속히 건조하는 경우

Table 4 Ratios of the rice-seed pellets cracked under the various drying conditions

(unit: %)

| Crack size | Drying condition | | | | | |
|------------|------------------|------|------|------|------------|------------|
| | Dryer | | | | Shady room | |
| | 25°C | 30°C | 35°C | 43°C | No wind | Light wind |
| Small | 10 | 10 | 15 | 20 | 10 | 20 |
| Big | 5 | 5 | 10 | 10 | 7.5 | 10 |

펠렛종자의 표면과 내부 사이의 건조속도 차로 건조 초기 균열이 크게 증가함을 알 수 있었다. 또한 바람이 없는 음지건조의 경우도 실내온도가 25 ℃ ~ 30 ℃로 변화하였는데 30 ℃의 높은 건조기에 의한 건조보다 균열비율이 높아 균열방지를 위해 건조온도 변화를 줄이는 것이 바람직한 것으로 보인다.

1차 실험의 실내 음지 건조의 조건(실내온도는 20 ~ 23 ℃, 실내습도는 61 ~ 76 %)에서 균열 발생이 거의 없던 것과 초기 함수율의 급격한 변화가 균열발생을 촉진시킨 원인이었던 것을 고려하면 바람이 없는 20 ℃ 정도의 일정 온도에서 서서히 펠렛종자를 건조시키는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

(4) 압축강도

각 제조조건에 따라 제조된 펠렛종자의 실내 음지 건조 후 압축강도를 나타낸 것이 Fig. 7이다. 그림에서와 같이 평균 압축강도는 약 132~152 N의 범위로 나타났으며, 종자에 대한 상토의 혼합비가 작을수록, 성형률 회전속도가 커질수록 약간씩 감소하였으나 큰 차는 없었다.

개선 전 음지상태에서 건조한 펠렛종자의 압축강도(Park, 2002)와 비교하면 약 30 % 정도 강도가 증가한 것으로 나타났는데 이러한 결과는 개선 후 펠렛재료를 성형 홈으로 공급하는 압력이 커서 펠레종자의 밀도가 약간 증가했기 때문인 것으로 판단되며, 제조된 펠렛종자의 압축강도는 기계파종이나 운반작업 등에서 요구되는 강도를 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 예상되어 취급성에는 별다른 문제가 없을 것

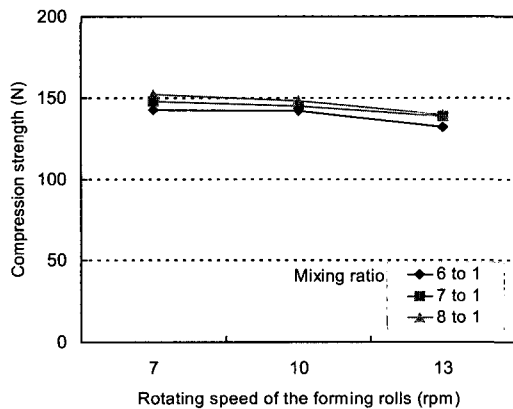


Fig. 7 Compression strengths of the pellets dried in shady room.

으로 보인다.

한편 2차 건조실험 즉 여러 가지 건조방법에 따라 건조한 펠렛종자를 대상으로 육안에 의하여 균열이 거의 없는 것, 미세 균열과 이것보다 비교적 더 큰 균열있는 것 3 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 비교적 크게 나타나 충격에 의해 펠렛종자가 깨질 가능성이 있으므로 건조 시 큰 균열이 생기지 않도록 건조하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

나. 펠렛종자의 재배특성

(1) 출아율

Fig. 8과 Fig. 9는 건담직파와 담수직파 상태에서 상토:종자 혼합비와 성형률 회전수에 따른 벼 펠렛종자의 출아율을 각각 나타낸 것이다.

건담직파의 경우 상토:종자 혼합비가 6:1일 때는 약 90~100 %, 7:1에서는 약 73~87 %, 8:1에서는 약 33~50 %의 출아율을 나타내어 종자에 대한 상토 혼합비가 커짐에 따라 출아율은 크게 감소하였다. 또한 성형률 회전속도가 증가함에 따라 6:1, 7:1의 상토:종자 혼합비에서 출아율이 감소하는 경향을 보였다.

담수직파의 경우는 상토:종자 혼합비가 6:1일 때

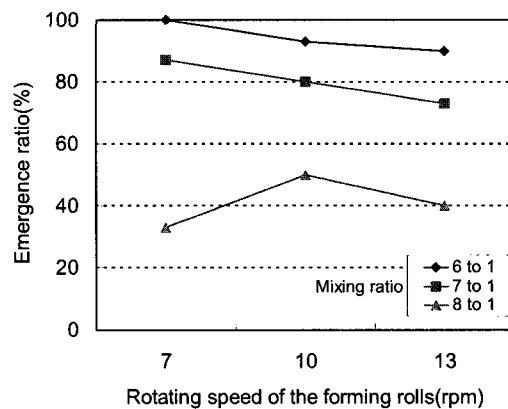


Fig. 8 Emergence ratios of the pellets seeded on dry paddy in pot.

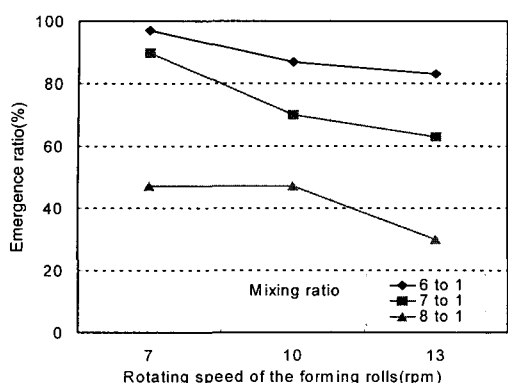


Fig. 9 Emergence ratios of the pellets seeded on flooded paddy surface in pot.

약 83~97 %, 7:1일 때 약 63~90 %, 8:1일 때 약 30~47 %의 출아율을 나타내어 건답직파의 경우와 같은 경향을 나타냈다.

위의 결과를 좀더 자세히 살펴보면 상토 종자혼합비가 6:1일 경우 성형롤 회전속도 7 rpm에서는 건답직파 100 %, 답수직파 97 %의 출아율을 보여 만족할 만한 결과를 얻었으나, 성형롤 회전속도가 10 rpm, 13 rpm으로 증가함에 따라 건답직파와 답수직파에서 각각 93 %와 87 %, 90 %와 83 %로 출아율

이 떨어져 출아율을 약간 높일 필요가 있었다. 상토 종자 혼합비가 7:1과 8:1일 경우는 출아율이 모두 90 % 이하로 나타났으며, 특히 8:1의 경우는 50 % 이하의 출아율을 보여 직파 재배에 적합하지 못한 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과는 수작업으로 3개의 벼 종자를 넣어 펠릿종자를 제조하여 파종하는 경우 거의 100 %에 가까운 출아율을 보인 것(Kim, 2000)과 큰 차이를 보이고 있다. 즉 본 연구의 벼 펠릿종자 제조 장치로 펠릿종자를 제조하였을 때 양호한 출아율을 보인 상토:종자 혼합비 7:1, 성형롤 회전속도 7 rpm의 제조 조건 외에도 많은 제조 조건에서 펠릿종자 내 벼 종자 수는 충분히 확보한 것으로 의견 상 조사되었으나 관찰하지 못한 벼 종자의 내적 손상이 제조과정 중 발생하여 출아율이 떨어진 것으로 판단되었다.

(2) 포장 재배특성

Table 5는 답수직파에서 상토:종자 혼합비 7:1, 성형롤 회전속도 7 rpm으로 제조한 펠릿종자와 관행 산파의 생육특성을 나타낸 것이다.

펠릿종자의 입모수는 70 개로 관행 산파 107 개에 비하여 약 35 % 정도 낮게 나타나 적정 입모수 80 ~ 100 개/m²에도 미치지 못하는 결과를 보였으며,

Table 5 Growth characteristics in direct seeding on flooded paddy surface

| Type | No. of seedling stand per m ² | Ratio of missing plant (%) | Plant height (cm) | | | No. of leaf per plant | No. of tiller per plant | Dry weight per plant (g) |
|--------------------|--|----------------------------|----------------------|----------------------|------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | | 42 DAS ¹⁾ | 80 DAS ¹⁾ | harvesting | | | |
| Pellet seed | 70 | 12 | 22 | 80 | 105 | 6.6 | 10.7 | 0.14 |
| Pregerminated seed | 107 | 27 | 23 | 79 | 98 | 6.7 | 4.2 | 0.18 |

Note : ¹⁾ DAS: days after seeding

Table 6 Heading date, field lodging, yield components and yield potential in direct seeding on flooded paddy surface

| Type | Heading date | Lodging (0~9) | Culm length(cm) | Spike length(cm) | No. of spike per m ² | NGP ¹⁾ | RG ²⁾ | GWB ³⁾ | BR ⁴⁾ | yield (kg/10a) |
|--------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Pellet seed | Aug. 13 | 0 | 72 | 21 | 326 | 100 | 93.0 | 23.6 | 83.5 | 593 |
| Pregerminated seed | Aug. 13 | 0 | 71 | 19 | 345 | 96 | 91.9 | 24.0 | 83.4 | 509 |

Note : ¹⁾ NGP : No. of grain per spike.
²⁾ RG : Ripened grain rate(%).
³⁾ GWB: 1000 grains weight of brown rice(g).
⁴⁾ BR : Brown rice ratio(%).

결주율 또한 12 %로 높게 나타났다. 이는 3 개 이상 벼 종자를 포함한 펠렛종자 비율이 98 %로 조사되었던 것을 고려해 볼 때 펠렛종자 내 벼 종자 수는 충분히 확보하였지만 제조시 종자의 내적 손상이 크게 나타나 입모가 충분치 못했음을 의미하는 것으로 적정 입모수를 확보하기 위해서는 펠렛종자 내 벼 종자의 수를 약간 늘려 제조하거나, 펠렛재료 혼합 반죽 및 펠렛종자 성형시 벼 종자의 내적 손상을 줄일 수 있도록 제조조건 개선이 필요한 것으로 판단된다.

펠렛종자의 초장, 염수는 관행 산파와 거의 차이가 없었으며, 주당경수는 6.5개 차이를 보였지만 이는 펠렛종자의 경우 종자입수가 산파의 1 립에 비해 많았던 것에 기인한 것이다. 한편, 건물중은 펠렛종자가 관행 산파에 비해 미소하게 작은 것으로 나타났다.

Table 6은 펠렛종자 및 관행 산파의 출수기, 포장도복, 간장, 수장과 수량을 나타낸 것이다.

Table에서와 같이 출수기는 관행과 같았고, 포장도복은 등숙기 무렵의 양호한 기상 관계로 발생하지 않았다. 수량 구성요소로 m²당 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.

이상 펠렛종자 제조장치로 만든 펠렛종자의 생육은 입모수와 결주율을 제외하곤 관행에 비해 크게 떨어지는 점이 없었고, 수량은 관행산파 보다 좋은 결과를 보여 펠렛종자의 재배적 안정성은 어느 정도 확보된 것으로 생각된다.

다. 적정 제조조건

본 연구의 벼 펠렛종자 제조장치로 만든 펠렛종자는 출아율 실험 결과 펠렛종자당 최소한 5 개 이상의 벼 종자를 외견상 포함하고 있어야만 안정적인 출아가 가능할 것으로 보이며, 포장재배 실험 결과 상토:종자 혼합비 7 : 1의 펠렛재료로 7 rpm으로 제조한 펠렛종자는 입모수와 결주율 개선이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 펠렛종자 제조장치는 상토:종자 혼합비 6 : 1의 펠렛재료를 성형률 회전속도 7 rpm으로 펠렛종자를 제조하는 것이 적절한 것으로 판단되며, 이 때 펠렛종자 제조장치의 제조능률은 시간당 약 65 kg(펠렛종자 약 39,000 개), 성형률 약 87 %, 종자손실률 약 30 %로 제조된 펠렛종자의 평균 종자수는 약 5.5개, 벼 종자 3개 이상 포함 펠렛종자 비율 100 %로 관행 재배 이상의 재배특성을 보일 수 있을 것으로 예측

된다.

또한 상토:종자 혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm의 경우도 외견상 벼 종자 수를 충분히 확보한 것으로 나타났기 때문에 입모 향상 및 결주율 감소를 위해 펠렛재료 혼합과정, 펠렛종자 제조과정 중 벼 종자의 내적 손상을 어느 정도 줄일 수 있다면 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 벼 펠렛종자 제조장치(Yu, 2002)를 이용하여 상토:종자 혼합비, 성형률 회전속도에 따라 제조된 벼 펠렛종자의 물리적 특성과 재배특성을 구명하였으며 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 제조된 펠렛종자의 평균질량과 평균직경은 제조 직후 1.70 g과 12.0 mm에서 건조 후 1.31 g, 11.5 mm로 각각 축소되었으며, 구형률은 99.1 %로 나타났다. 펠렛종자 내 평균 종자 수는 거의 모든 제조 조건에서 3개 이상이었으며, 특히 상토:종자 혼합비 6 : 1과 7 : 1의 펠렛재료로 성형률 회전속도 7 rpm에서 제조된 펠렛종자는 거의 모두 3개 이상 종자를 포함하고 있었다. 펠렛종자의 건조는 고온이나 바람을 불어 건조하는 경우 건조초기 급격한 함수율 변화로 펠렛종자 표면에 균열이 발생하였기 때문에 바람이 없는 20℃ 정도의 일정 온도 음지에서 서서히 건조시키는 것이 필요하였다. 음지 건조 후 벼 펠렛종자의 압축강도는 약 132 ~ 152 N으로 나타나 취급 문제는 없는 것으로 보인다.

2) 출아율 실험 결과 상토:종자 혼합비 6 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm에서 건담직파는 100 %, 답수 직파는 97 %의 출아율을 보여 만족할 만한 결과를 얻었으나, 그 외 조건에서는 90 % 이하의 출아율을 보여 출아율을 높이기 위한 방안이 필요한 것으로 보인다. 상토:종자 혼합비 7 : 1, 성형률 회전속도 7 rpm로 제조된 펠렛종자의 포장 생육특성은 입모수와 결주율을 제외하곤 관행에 비해 크게 떨어지는 점이 없었고, 수량은 관행산파 보다 좋게 나타났다.

3) 펠렛종자 제조장치 개선 후 펠렛종자 내 포함된 평균 종자 수, 3개 이상 종자를 포함한 펠렛종자 비율, 압축강도가 증가하여 유압에 의한 펠렛재료 공급, 성형률 개선 효과가 뚜렷이 나타난 것으로 보이며, 출아율 및 포장 재배실험 결과 본 연구의 펠렛종자 제조장치는 상토:종자 혼합비 6 : 1의 펠렛재료를 성형률 회전속도 7 rpm으로 펠렛종자를 제조하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Kim, S. W. 2000. Studies on development of seed pellet technique for stabilization of direct wet seeding rice. Chonnam National Univ. Ph. D Thesis.
2. Min, T .G. 1996. Development of seed pelleting technology for rice and cabbage. Korean J. Crop Sci. Vol. 41(6):678-684.
3. Motoyuki H., M. Imura. and S. 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.
4. Motoyuki H. and M. Imura. 1991. Promotion of seeding emergence of paddy rice from flooded soil by coating seed with potassium nitrate. Japan. J. Crop Sci. 60(3):441-446.
5. Naito T. 1963. Studies on the coating of seed(1). Journal of the Japan Society of Agricultural Machinery. Vol. 25(1):35-38.
6. Park J. S. 2002. Development of a rice seed pelleting machine for direct seeding in rice cultivation. J. of KSAM Vol. 27(5):381-390.
7. Won, J. G., C. D. Choi, W. H. Lee, S. C. Lee, C. R. Kim and B. S. Choi. 1997. Improvement of rice seedling emergence by seed coating materials in direct seeding into flooded paddy soil. Korean J. Crop Sci. Vol. 42(3):286-291.
8. Yu D. S. 2002. Improvement of a rice-seed pelleting machine for direct seeding in rice cultivation. Chonnam National Univ. MS Thesis.