

벼 직파용 정밀 배종장치 개발

유수남 최영수 서상룡

Development of a Precision Seed Metering Device for Direct Seeding of Rice

S. N. Yoo Y. S. Choi S. R. Suh

Abstract

In order to save labor and cost, direct seeding has been considered as an important alternative to the machine transplanting in rice cultivation. As current seeders for direct seeding of rice seeds drill irregular amount of seeds under various operating conditions, conventional drilling should be turned to precision planting which enables accurate placement of proper amount of rice seeds at equal intervals within rows. In this study, design, construction and performance evaluation of a precision seed metering device for planting of rice seeds were carried out. As prototype, the conventional roller type seed metering device was modified for planting: increasing diameter of metering roller, setting 2 or 4 seed cells on metering roller, adding seed discharging lid and its driving cam mechanism. Through performance tests for prototype and the current seed metering device, number of seeds in a hill, planting space and its error ratio, coefficient of variation of planting space (planting accuracy), and seeding length of 90% of seeds in a hill divided by planting space (planting precision) at setting planting spaces of 15, and 20 cm, seeding heights of 10, and 20 cm, and seeding speeds of 0.1, 0.2, and 0.5 m/s were investigated.

Prototype showed better seed planting performance than the current seed metering devices. When setting planting space of 15 cm and seeding height of 10 cm, prototype with 2 seed cells showed that variations of planting space and seeding lengths of 90% of seeds in a hill at up to seeding speed of 0.5 m/s were within 0.9 cm, and 3.6 cm, respectively.

Keywords : Direct seeding of rice, Seed metering device, Planting

1. 서론

벼 직파재배에서 점파는 조파나 산파에 비해 파종 후 7~8개의 종자가 동시에 토양을 밀고 출아함으로써 입모가 양호하고 내도복성을 지닐 수 있으며, 주간과 주내 경쟁이 높아 무효분얼이 억제되어 과 번무를 어느 정도 해소할 수 있고, 직파재배의 이상적 초형인 소얼수중형 초형을 유도할 수 있다. 따라서 작물학적인 면에서는 점파가 벼 생육에 가장 적합하며, 수량도 조파에 비해 약 5% 증수되어 기계이앙재배 수 준과 거의 비슷하다(원, 1997).

현재 국내 직파기에 사용하고 있는 배종장치는 홈 롤러식 배종장치와 구멍파기와 파종을 동시에 행하는 점파용 배종장치 등이 있는데 국내 직파기에 채용된 홈 롤러식 배종장치는 기본적으로 조파용으로 설계되어 정밀 점파가 곤란하며, 점파용 배종장치는 점파가 가능하나 작업조건에 따른 종자배출 불량과 함께 구조가 복잡하고, 고가인 문제가 있다.

정밀 배종장치에 대한 연구로 김(1996) 등은 배종 롤러 홈의 형상, 크기, 개수와 솔의 크기 및 부착위치를 개선하여 점파가 가능하도록 하였으며, Tasaka(2003) 등은 배종 롤 아래에 톱니 모양의 디스크를 설치한 배종장치를 개발하여 담수

This article was submitted for publication in August 2005, reviewed in October 2005, and approved for publication by editorial board of KSAM in November 2005. The authors are Soo Nam Yoo, professor, Young Soo Choi, associate professor, Sang Ryoung Suh, professor, Dept. of Bio-systems & Agri. Eng., Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju, Korea. The corresponding author is Soo Nam Yoo, member, professor, Dept. of Bio-systems & Agri. Eng., Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju, 500-757 Korea; Fax : +82-62-530-2159; E-mail : <snwoo@chonnam.ac.kr>

점파를 수행하였다. 또한 Katahira(2002) 등은 다점식 점선 캠, 2단 링크기구, 로타리 밸브로 구성된 점파 배종장치를 갖춘 건담점파기를 개발하였다. 그러나 이상의 점파 배종장치는 점파성능 향상, 구조 단순화를 기할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 정밀 점파가 가능한 벼 직파용 점파 배종장치를 설계 제작하고 그의 파종성능을 분석함으로써 정밀 벼 직파기 개발의 기초 자료를 얻고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 점파 배종장치 설계

1) 주요 구조 및 작동원리

본 연구에서 개발된 배종·시비장치의 구조를 나타낸 것이 그림 1로 주요 구조는 종자·비료 호퍼, 종자·비료 배출롤러 및 솔, 구동축, 배종관 및 시비관, 종자배출 개폐기구, 케이스 및 지지 베어링 등으로 구성하였다.

그림 2는 배종 과정을 나타낸 것으로 호퍼에서 배출롤러의 종자 홈에 공급된 벼 종자는 솔에 의하여 계량이 되어 배출롤러의 종자 홈이 상사점에 도달하기 전 종자 홈에서 배출되고 배종관 끝에서 모아지게 된다. 모아진 벼 종자는 배종관 끝에 설치된 로타리 밸브와 같은 기능을 하는 종자배출 마개의 열림에 의하여 점파가 이루어진다.

일정한 파종간격 유지를 위하여 배출롤러는 파종작업 속도에 비례하여 회전하면서 종자를 배출하게 되는데 종자배출 마개의 개폐 작동은 배출롤러 종자 홈의 종자배출에 맞추어 이루어져야한다. 이를 위하여 배출롤러 축 가운데에 종자배출 마개 구동용 캠을 설치 배출롤러와 같이 회전시키면서 종동롤러, 연결 링크를 통해 종자배출 마개가 작동되도록 하였다.

2) 종자·비료 배출롤러

본 연구의 배종장치는 기존 조파용으로 사용되고 있는 롤

러식 배종장치를 점파에 적합하도록 개조하였는데 첫째, 롤러의 직경을 늘리고 홈의 개수를 줄여 파종 종자의 명확한 분리가 이루어지도록 하였으며, 둘째, 종자의 배출이 하사점 직전에 모두 이루어지도록 하여 종자배출 시간차를 최소화하도록 하였고, 셋째, 배종관 끝에 종자배출 마개를 설치 롤러에 의해 배출된 종자를 모아 주행속도에 따라 일정 파종간격이 이루어지도록 회전 캠에 의하여 종자배출 마개를 개폐시킴으로써 점파가 가능하도록 하였다.

그림 3은 종자·비료 배출롤러, 홈 폭 조절다이얼 및 구동축 등을 나타낸 것으로 종자·비료 배출롤러는 3중 롤러로 구성하였으며, 롤러의 직경은 기존 62 mm에서 100 mm로 확대하였고, 롤러 홈 개수는 기존 8개에서 롤러 간의 부착 위치에 따라 2개 또는 4개로 줄여 조절할 수 있도록 하였다. 홈 형상은 기존 조파용 롤러와 같이 반구형으로 홈의 반경은 9 mm로 하였으며, 조절 다이얼에 의해 0~23 mm까지 홈 폭을 설정할 수 있도록 하였고, 종자배출 개시는 롤러의 하사점 30°전부터 이루어지도록 하였다.

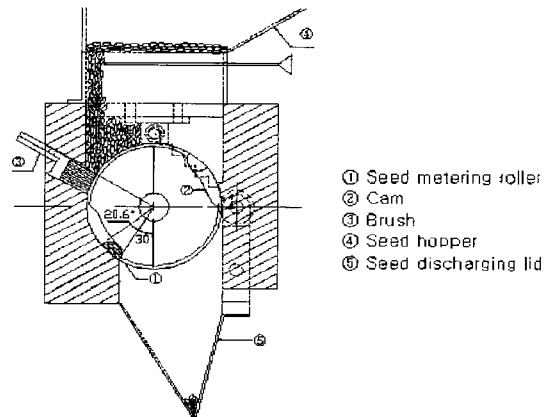


Fig. 2 Seed planting process in the prototype.

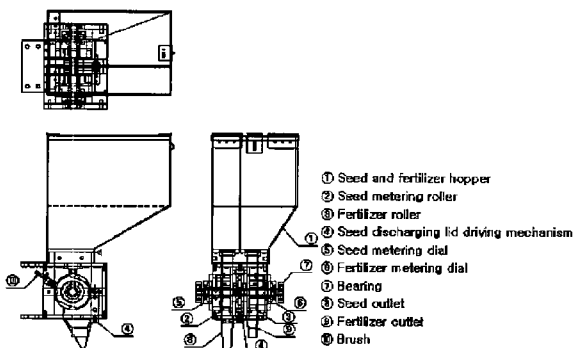


Fig. 1 Schematic diagram of the prototype for planting of rice seed.

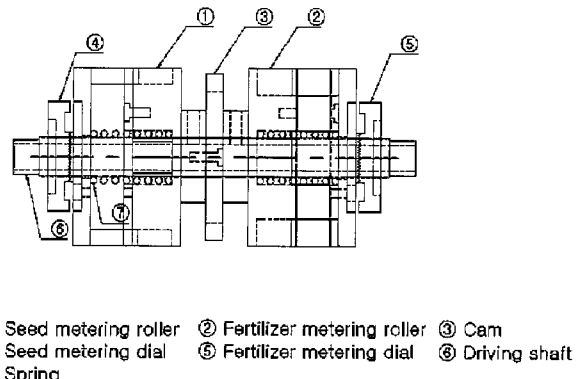


Fig. 3 Schematic diagram of the seed metering roller.

3) 종자배출 개폐기구

그림 4는 종자배출 마개와 이의 개폐 구동을 위한 캠 및 링 크기구를 나타낸 것이다.

종자 롤러에서 배출된 종자를 점파하기 위하여 종자배출 마개를 배종관 끝에 설치하였으며, 구동축 캠과 링크기구에 의해 개폐되도록 하였다. 종자배출 마개의 열림 폭은 캠의 변위, 연결링크의 제원에 따라 다르게 나타나는데 종자배출 마개 끝은 종자배출 롤러의 하사점으로부터 115 mm 아래가 되도록 하였으며, 캠의 변위는 10 mm로 설계하여 종자배출 마개 최대 열림 폭은 약 23 mm, 최대 열림 단면적은 약 460 mm²가 되도록 하였다.

종자배출 마개의 개폐 시각 및 개폐시간은 캠 홈의 배출롤러 종자 홈에 대한 상대 설치위치 및 캠의 형상에 따라 다르게 나타나는데, 배출롤러의 종자 배출시기 및 종자의 종자배출 마개 끝 도달시간을 고려하여 홈 개수가 2개인 경우 종자배출 마개의 열림 개시는 종자배출 시작으로부터 120° 회전 후 종자배출 마개를 열리도록 하였으며, 열림 기간은 60°로 하였다. 또한 종자 홈 개수가 4개인 경우는 종자배출 시작으로부터 60° 회전 후 종자배출 마개를 열리도록 하였으며, 열림 기간은 30°로 캠을 설계하였다.

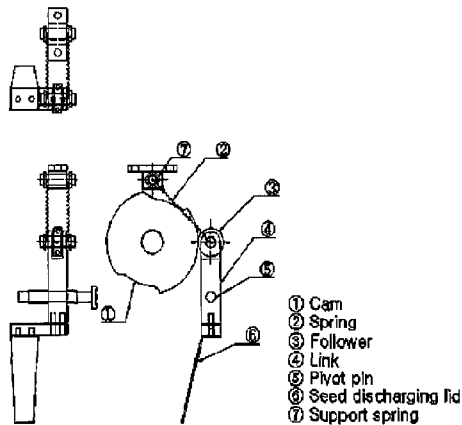


Fig. 4 Schematic diagrams of the mechanism for driving seed discharging lid.

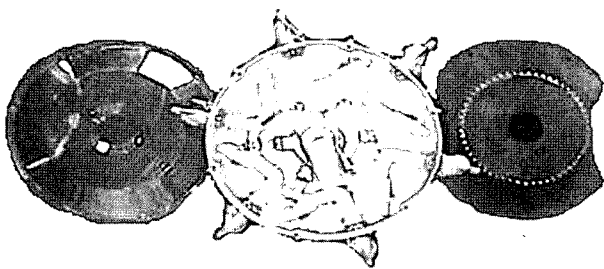


Fig. 5 View of the seed metering device developed by domestic A company.

나. 성능시험

1) 배종장치 및 실험재료

실험 배종장치는 본 연구에서 개발한 종자 홈을 2개, 4개로 조정할 수 있는 배종장치와 그림 5의 국내 A사 점파용 배종장치를 대상으로 실시하였으며, 실험에 사용된 벼 종자는 까락이 제거된 건담직파용 건종자로 품종은 일미 벼를 사용하였다.

2) 실험내용 및 방법

파종실험은 파종속도, 파종높이, 설정 주간거리에 따른 점파 특성을 조사 분석하였다.

배종장치는 종자가 10개 내외 파종되도록 설정하여 파종속도를 0.1 m/s, 0.3 m/s, 0.5 m/s 3수준, 주간 파종거리를 15 cm, 20 cm 2수준, 그리고 종자 배출구 파종높이를 10 cm, 20 cm 2수준으로 각각 변화시켜 3반복 실험하였다. 실험 중 파종 종자 수, 파종 종자 간의 거리, 주의 중심점을 조사하여 평균 주간거리 및 주간거리 변이 계수, 표준화된 파종위치를 구하였는데, 주간거리 변이계수로 주간거리 유지 정도인 파종정확도를 나타내었고, 주 내 90% 종자 파종 길이의 주간거리에 대한 백분율로 주내 파종의 밀집도인 파종정밀도를 나타내어 점파 성능을 분석하였다(김 외, 1996). 파종실험은 폭 4 cm, 깊이 4 cm의 V형 작조 홈이 파여진 길이 1 m, 폭 30 cm의 토양상자를 벨트이송장치(오성 유니콘(주))로 파종속도와 함께 이송시키면서 파종장치로 종자를 파종시켜 파종된 종자를 조사하였다. 그림 6은 실험장치 외관과 파종된 종자의 모습을 나타낸 것이다.

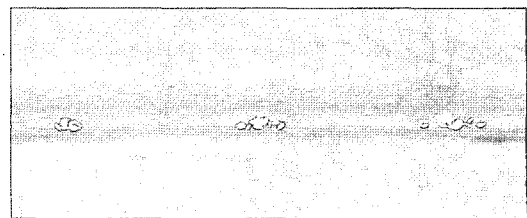


Fig. 6 Views of the experimental installation and seeds planted in soil box.

3. 결과 및 고찰

가. 종자배출량, 주간거리

표 1은 실험 대상 3가지 배종장치의 파종높이, 설정 주간거리, 파종속도에 따른 평균 종자배출량, 평균 주간거리, 주간거리 오차비율을 나타낸 것이다.

종자 홈 2개 롤러식 배종장치의 경우 평균 파종 종자 수는

9.0~12.9개, 평균 주간거리는 파종높이를 15 cm, 20 cm로 설정하였을 때 14.7~15.2 cm, 19.7~20.2 cm로 각각 나타났다으며, 설정 주간거리에 대한 주간거리의 오차비율은 2.0% 이내였다.

종자 홈 4개 롤러식 배종장치 경우는 평균 파종 종자 수는 9.2~10.9개, 평균 주간거리는 파종높이를 15 cm, 20 cm로 설정하였을 때 14.0~15.1 cm, 19.3~19.6 cm로 각각 나타

Table 1 Number of seeds in a hill, average planting space and error ratio of planting space

Type	Seeding height (cm)	Planting space (cm)	Seeding speed (m/s)	Average number of seeds in a hill (each)	Average planting space (cm)	Error ratio of planting space (%)
Prototype with 2 seed cells	10	15	0.1	11.2 (1.1)	14.8 (0.83)	1.3
			0.3	9.0 (1.1)	14.7 (0.50)	2.0
			0.5	9.1 (1.6)	15.2 (0.87)	1.3
		20	0.1	11.9 (1.1)	19.8 (0.43)	1.0
			0.3	10.1 (1.8)	20.1 (0.71)	0.5
			0.5	8.9 (1.1)	20.2 (0.62)	1.0
	20	15	0.1	11.2 (1.5)	14.8 (0.70)	1.3
			0.3	10.3 (1.6)	14.8 (1.09)	1.3
			0.5	9.4 (2.0)	14.8 (1.04)	1.3
		20	0.1	12.9 (0.9)	19.9 (0.77)	0.5
			0.3	10.1 (1.4)	20.1 (0.90)	0.5
			0.5	10.5 (1.1)	19.7 (0.91)	1.5
Prototype with 4 seed cells	10	15	0.1	10.0 (1.1)	14.8 (0.68)	1.3
			0.3	10.1 (1.2)	15.0 (0.55)	0.0
			0.5	10.1 (1.3)	15.1 (1.16)	0.7
		20	0.1	9.3 (1.4)	19.4 (0.76)	3.0
			0.3	10.7 (1.7)	19.6 (0.45)	2.0
			0.5	10.5 (1.5)	19.4 (0.86)	3.0
	20	15	0.1	10.8 (1.1)	14.0 (0.54)	6.7
			0.3	10.8 (1.2)	14.0 (0.68)	6.7
			0.5	9.2 (1.3)	14.6 (1.08)	2.7
		20	0.1	10.9 (1.5)	19.3 (0.72)	3.5
			0.3	10.6 (1.1)	19.5 (1.15)	2.5
			0.5	9.7 (1.0)	19.5 (0.83)	2.5
Seed metering device developed by domestic A company	10	15	0.1	9.7 (3.8)	14.9 (0.90)	0.7
			0.3	14.0 (4.5)	15.2 (1.26)	1.3
			0.5	10.2 (2.1)	15.6 (0.71)	2.7
		20	0.1	11.6 (4.1)	20.1 (0.72)	0.5
			0.3	13.0 (3.2)	19.5 (0.35)	2.5
			0.5	13.7 (3.4)	19.9 (1.02)	0.5
	20	15	0.1	13.0 (2.9)	14.6 (0.77)	2.7
			0.3	12.3 (3.8)	15.2 (1.88)	1.3
			0.5	12.5 (3.5)	15.2 (2.19)	1.3
		20	0.1	12.4 (3.2)	19.9 (0.59)	0.5
			0.3	13.6 (2.9)	20.1 (0.90)	0.5
			0.5	9.6 (2.8)	19.8 (2.86)	1.0

Note : Values in parentheses mean standard deviations.

났으며, 설정 주간거리에 대한 주간거리의 오차비율은 6.7% 이내로 나타났다.

또한 A사의 배종장치는 평균 파종 종자 수는 9.6~14.0개, 평균 주간거리는 파종높이를 15 cm, 20 cm로 설정하였을 때 14.6~15.6 cm, 19.5~20.1 cm로 각각 나타났으며, 설정 주간거리에 대한 주간거리의 오차비율이 2.7% 이내로 나타났다.

3가지 배종장치 모두 설정 주간거리에 대한 평균 주간거리의 오차가 작게 나타났으며, 파종높이, 파종속도에 따른 차도 거의 없는 것으로 나타났다.

나. 파종정확도

종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정확도는 표 2와 같다.

종자 파종높이에 따른 종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정확도를 살펴보면 파종높이가 10 cm일 때 각각 2.2~5.7%, 2.3~7.6%, 1.8~8.3%로 나타났으며, 파종높이가 20 cm일 때는 각각 3.9~7.4%, 3.7~7.4%, 3.0~14.4%로 나타났다.

설정 주간거리에 따른 종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정확도는 설정 주간거리가 15 cm일 때 각각 3.4~7.4%, 3.7~7.6%, 4.6~14.4%로 나타났으며, 설정 주간거리가 20 cm일 때는 각각 2.2~4.6%, 2.3~5.9%, 1.8~14.4%로 나타났다.

파종속도에 따른 종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정확도는 파종속도가 0.1 m/s일 때 각각 2.2~5.6%, 3.7~4.6%, 3.0~6.0%로 나타났으며, 파종속도가 0.3 m/s일 때는 각각 3.4~

7.4%, 2.3~5.9%, 1.8~12.3%로 나타났고, 파종속도가 0.5 m/s일 때는 각각 3.1~7.0%, 4.3~7.6%, 4.6~14.4%로 나타났다.

따라서 종자 파종높이가 낮을수록, 설정 주간거리가 길수록 파종정확도가 높아지는 것으로 분석되었으며, 파종속도에 따라 종자 홈 2개, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치는 0.5 m/s의 파종속도 까지 파종정확도가 7.6% 이하로 양호하게 나타나 파종정확도가 떨어지지 않았지만 A사의 배종장치는 파종높이 20 cm, 0.5 m/s의 파종속도에서 파종정확도가 약 14.4%로 상대적으로 떨어지는 경향을 보였다.

다. 파종정밀도

종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정밀도는 표 3과 같다.

종자 파종높이에 따른 종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정밀도를 살펴보면 파종높이가 10 cm일 때 각각 13.4~24.2%, 14.7~30.2%, 17.8~31.1%로 나타났으며, 파종높이가 20 cm일 때는 각각 19.6~38.1%, 13.3~47.5%, 21.4~47.5%로 나타났다.

설정 주간거리에 따른 종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정밀도는 설정 주간거리가 15 cm일 때 각각 15.9~38.1%, 18.6~47.5%, 17.8~47.5%로 나타났으며, 설정 주간거리가 20 cm일 때는 각각 13.4~23.5%, 13.3~22.1%, 19.5~22.4%로 나타났다.

파종속도에 따른 종자 홈 2개 롤러식 배종장치, 종자 홈 4개 롤러식 배종장치, A사 점파 배종장치의 파종정밀도는 파종속도가 0.1 m/s일 때 각각 14.9~23.3%, 13.3~22.0%.

Table 2 Planting accuracies for the 3 planting devices

(unit : %)

Seeding height (cm)	Planting space (cm)	Seeding speed (m/s)	Type		
			Prototype with 2 seed cells	Prototype with 4 seed cells	Seed metering device developed by domestic A company
10	15	0.1	5.6	4.6	6.0
		0.3	3.4	3.7	8.3
		0.5	5.7	7.6	4.6
	20	0.1	2.2	3.9	3.6
		0.3	3.5	2.3	1.8
		0.5	3.1	4.4	5.1
20	15	0.1	4.8	3.9	5.3
		0.3	7.4	4.8	12.3
		0.5	7.0	7.4	14.4
	20	0.1	3.9	3.7	3.0
		0.3	4.5	5.9	4.5
		0.5	4.6	4.3	14.4

Table 3 Planting precisions for the 3 planting devices

(unit : %)

Seeding height (cm)	Planting space (cm)	Seeding speed (m/s)	Type		
			Prototype with 2 seed cells	Prototype with 4 seed cells	Seed metering device developed by domestic A company
10	15	0.1	15.9	22.0	17.8
		0.3	18.0	18.6	21.5
		0.5	24.2	30.2	31.1
	20	0.1	14.9	16.5	19.5
		0.3	13.5	14.7	22.4
		0.5	13.4	20.0	25.4
20	15	0.1	23.3	20.4	27.7
		0.3	30.4	25.2	43.0
		0.5	38.1	47.5	47.5
	20	0.1	21.4	13.3	22.4
		0.3	19.6	17.7	21.4
		0.5	23.5	22.1	23.2

17.8~27.7%로 나타났으며, 파종속도가 0.3 m/s일 때는 각각 13.5~30.4%, 14.7~25.2%, 21.4~43.0%로 나타났고, 파종속도가 0.5 m/s일 때는 각각 13.4~38.1%, 20.0~47.5%, 25.4~47.5%로 나타났다.

따라서 파종정확도와 마찬가지로 종자 파종높이가 낮을수록, 설정 주간거리가 길수록 파종정밀도는 높아지는 것으로 분석되었으며, 파종속도에 따라 주간거리가 20 cm일 때는 0.5 m/s의 파종속도까지 파종정밀도가 20% 내외로 파종정밀도의 변화가 크지 않았으나 주간거리가 15 cm로 짧아질 때는 파종속도가 증가함에 따라 커져 파종정밀도가 떨어지는 경향을 보였다.

종자 파종높이가 10 cm인 경우는 종자 홈 2개의 롤러식 배종장치가 상대적으로 가장 좋은 파종정밀도를 나타냈다. 종자 파종높이가 20 cm일 때는 0.3 m/s 파종속도까지는 종자 홈 4개의 배종장치가 종자 홈 2개 배종장치 보다 롤러 원주속도가 느려 파종정밀도가 약간 좋게 나타났으나 0.5 m/s의 파종속도에서는 급격히 파종 정밀도가 떨어졌는데 이는 종자배출 마개의 열림 시간이 짧아 종자 배출 시 종자가 종자배출 마개에 부딪혀 흩어져 배출되거나 종자 관과 종자배출 마개 사이에 종자가 끼는 현상 때문이었다. 기존 A사 점파 배종장치는 대체적으로 본 연구의 롤러식 배종장치에 비해 상대적으로 파종 정밀도가 약간 떨어지는 것으로 나타났는데 이는 종자 출구에 설치된 종자모음과 파종 종자 구멍을 파기 위한 돌기의 형상에 따른 간섭 때문인 것으로 보인다.

라. 파종성능

본 연구의 종자 홈 2개의 시작기는 주간거리를 15 cm, 파

종높이 20 cm로 설정하였을 때 0.5 m/s의 파종속도까지 파종 정확도 7.4%, 파종정밀도 38.1% 이내 즉 주간거리 변이 1.1 cm 이내로 주 내 90%의 종자를 전후 폭 5.7 cm 이내로 파종할 수 있었으며, 주간거리를 15 cm, 파종높이 10 cm로 설정하였을 때는 파종정확도 5.7%, 파종정밀도 24.2% 이내 즉 주간거리 변이 0.9 cm 이내로 주 내 90% 종자를 전후 폭 3.6 cm 이내로 파종 가능함을 알 수 있었다. 이는 김(1996) 등이 파종 롤러 홈의 형상, 크기, 개수 와 솔의 크기 및 부착위치를 개선하여 점파가 가능하도록 개발한 점파장치의 파종정확도 11.8~13.7%, 파종정밀도 32.7~39.5%보다 약간 우수한 점파성능을 보인 것으로 판단되며, Katahira(2002)가 개발한 로타리 밸브를 이용한 건담점파기 성능 즉 작업속도 0.53 m/s, 파종거리 23.7 cm에서 파종형상이 종 7.8 cm, 횡 2.8 cm로 파종된 것에 비해서도 우수한 성능을 보인 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

정밀 벼 직파기 개발을 위하여 기존 롤러식 배종장치를 점파에 적합하도록 롤러를 개조하고, 종자 배출관 끝에 종자배출 마개 및 개폐기구를 설치하여 정밀 점파가 가능한 벼 점파용 배종장치를 개발하였다.

성능실험 결과 종자 홈 2개의 배종장치는 주간거리 15 cm, 파종높이 10 cm로 설정한 경우 0.5 m/s 파종속도 까지 주간거리 변이 1.1 cm 이내, 주 내 90% 종자를 파종 길이 3.6 cm 이내로 파종할 수 있어서 기존 점파장치에 비하여 성능이 우수하였으며, 정밀 파종 벼 직파기의 점파 배종장치로 활용 가능할 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 김경옥 외. 1996. 다기능 정밀직파기 개발. 농림수산특정연구 사업 보고서.
2. 신진철. 2002. 벼 건답직파재배기술. 농촌진흥청 작물시험장 인터넷 벼 재배기술.
3. 원종건. 1997. 벼 건답점파재배법. 농촌진흥청 인터넷 농업기술정보.
4. Katahira, M. K., Kumekawa, K., Wakamatsu, C., Miura, H. Matsubashi, Y., Kaneta, Kamada., Y. and Kodama, T. 2002. Development of a hill seeder of rice for well-drained paddy field. JSAM 64(5):134-141.
5. Tasaka, K., Yoshinaga, S., Matsushida, K., Wakimoto, K. 2003. Studies on the improvement of the planting space shape of shooting hill-seeder of rice combined with a paddy harrow. JSAM 65(1):167-176.