

## 정밀 파종용 롤러식 배종장치의 설계

# Design of Roller-Type Metering Device for Precision Planting

류 일 훈\*      김 경 욱\*

정 회 원      정 회 원

I. H. Ryu      K. U. Kim

### ABSTRACT

Scattering of seeds is one of the problems in the hill-dropping planters with a roller-type metering device. For crops like rice, corns and beans, the hill-dropping is known better for a high yield than the drill planting. The roller type metering device has been used for the drill planters and has many advantages. However, it has a problem of scattering of seeds when they are placed on rows.

In this study a method was developed to design the roller type metering device for the precision hill-droppings. Design parameters were derived to configure completely the geometries of the roller and brush. The method was applied to the design of the metering device of the rice seeding machines. The field test showed that the metering device designed by the method made a better performance of seed placement than that made by the previous one. The method also can be applied to the design of metering devices for the precise hill-droppings of other crops.

**주요 용어(Key Words):** 파종기(Planter), 롤러식 배종장치(Roller Type Metering Device), 점파(Hill Dropping), 정밀 파종(Precision Planting)

### 1. 서      론

점파용 파종기는 일정량의 종자를 골을 따라 일정한 간격으로 흩어짐 없이 파종하여야 한다. 따라서, 점파용 배종장치는 일정량의 종자를 추출하여 일정한 간격으로 배출할 수 있어야 한다. 현재, 점파용 파종기에는 진공 흡입식, 경사 원판식, 벨트식, 수직 로터식, 롤러식 등의 배종장치가 사용되고 있으나, 롤러식이 가장 보편화되어 있다. 롤러식은 롤러의 표면에 일정한 간격으로 홈을 파서, 롤러가 회전함에 따라 종자가 배출되도록 한 방식이다. 이 방식은

구조가 간단하고, 배출량을 쉽게 조절할 수 있으며, 고속 파종에 적합하고, 가격이 상대적으로 저렴하다는 장점이 있다.

점파가 되기 위해서는 한 주에 파종될 종자가 모두 함께 한 지점에 배출되어야 한다. 종자가 흩어지면 미파종되거나 과다하게 파종된 부분이 발생하여, 파종 후에도 솟거나 이식하는 등 추가적인 작업이 요구된다.

파종 과정에서 종자가 흩어지는 것은 배종 장치에서 적절한 배종이 이루어지지 않거나, 배종관에서 종자가 배종관과 충돌하여 원활하게 흐르지 않지 않

\* 서울대학교 농업생명과학대학 농업기계전공

문이다. 배종관에서 종자의 흐름을 원활하게 하기 위해서는 배종관의 길이를 최대한 짧게 하고 직선화하는 것이 좋으며, 배종관의 내벽을 마찰이 적은 물질로 도포하는 것이 좋다. 종자의 흠어짐을 개선하는데 있어서, 배종관에 대해서는 이와 같이 다수의 개선책이 제시되어 있으나, 배종장치에 대해서는 상대적으로 연구와 관심이 미흡하였다.

Wilson(1980)은 배출 시기에 따라 변화되는 종 위치를 수식으로 유도하여, 디스크식과 벨트식 배종장치에 대해서 배종장치의 설계 변수들이 종자의 흠어짐에 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구 결과에 의하면, 배출시 배종장치의 원주 속도는 파종기의 전진 속도와 크기가 같고 방향이 반대이어야 하며, 배종 높이는 흠어짐이나 지면 충돌각 등에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였다. 또한, 롤러의 직경이 작을수록 지면 충돌각이 증가되며, 적절한 직경은 70~100mm 정도라고 하였으며, 최적 배출 지점은 작업 속도에 따라 다르나, 파종 속도가 2~3m/s인 경우 최저점에서 20° 전이라고 하였다. Bufton(1974)은 종자가 지면과 충돌할 때 발생하는 흠어짐을 촬영, 분석하여 지면 충돌각이 75~85°일 때 흠어짐이 최소가 된다고 하였다. Chitney (1967)는 점착 벨트를 이용하여 지면에 낙하된 종자의 분포를 구명하기 위한 방법을 연구하였으며, Rohrbach(1969)는 조파된 종자의 균일도를 통계적으로 평가하기 위한 방법을 연구하였다.

본 연구의 목적은 첫째, 점파용 롤러식 배종장치의 설계 방법을 개발하고, 둘째, 현재 널리 사용되고 있는 조파용 롤러식 배종장치에 이를 응용하여, 종자의 흠어짐을 방지하고, 일정한 간격으로 일정량의 종자를 파종할 수 있는 점파기용 배종장치를 개발하기 위한 것이다. 이러한 점파용 롤러식 배종장치는 벼, 콩 옥수수 등과 같이 생육 관리, 생산량 등에서 조파보다는 점파가 유리한 종자를 고속으로 파종하는데 사용될 수 있다.

## 2. 배종장치의 설계

### 가. 기능 분석

롤러식 배종장치는 호퍼에서 일정량의 종자를 계량하여 배출한다. 그림 1은 곡물 및 두류 파종기에 널리 사용되고 있는 롤러식 배종장치이다. 롤러가 회전함에 따라 종자는 자중에 의하여 홈으로 들어가고, 술에 의하여 홈 안의 종자만이 배출된다.

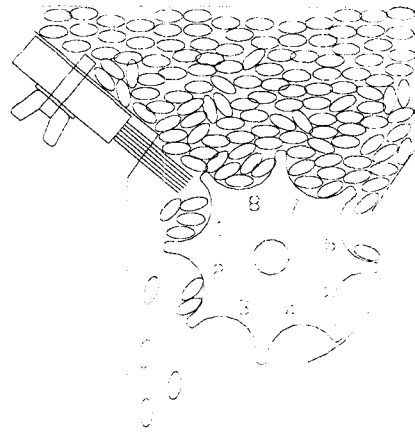


Fig. 1 Schematic view of a roller-type metering device.

종자가 흠어지지 않기 위해서는 홈에 든 종자가 일시에 배출되어야 한다. 일시에 배출되지 않을 때는 이웃한 홈에서 배출된 종자와 혼합되어 종자가 흠어지게 된다. 특히, 그림 1에서와 같이 홈의 형상이 반원형인 롤러에서는 종자가 일시에 배출되지 못하며, 까락이 있는 종자의 경우에는 홈 안에 체류하는 시간이 길어진다. 따라서, 홈의 형상은 종자의 배출 성능에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한, 종자가 지면까지 낙하되는 도중 배종관과 충돌하여 낙하 시간이 지연되면 종자가 흠어지게 되므로 충돌 횟수를 줄여야 한다. 그 밖에도 배출 시기의 차이, 지면과의 충돌 등에 의하여 종자가 흠어지는 것으로 판단된다.

배출 과정에서 종자의 껍적을 관찰하여 종자가 흠어지는 두 가지 원인을 구명하였다. 첫째, 흠의 수가 필요 이상으로 많으면 종자가 흠어진다. 흠의 수가 많을 경우, 이웃 흠에서 배출되는 종자와 종자 사이의 경계가 불분명해 지며, 낙하 도중에도 종자가 서로 섞이게 된다. 둘째, 흠의 형상이 종자를 일시에 배출하는 데 적합하지 않으면 흠어진다. 반원형 흠에서는 그림 2(a)와 같이 종자의 배출이 2단계로 일어난다. 1단계에서는 그림 2(b)와 같이 경사각이 종자의 안식각보다 클 때 일어나며, 2단계에서는 그림 2(c)와 같이 경사각이 롤러와 종자 사이의 마찰각보다 클 때 일어난다. 이러한 2단계의 배출 과정을 순간적인 배출 형태로 개선하기 위해서는 흠의 형상이 곡면이 아니라 직선이 되어야 한다. 또한, 종자는 솔을 지나서 배출되기 때문에, 솔을 벗어날 때의 흠 경사각이 커야 한다. 각종 형상의 흠을 고안하여 비교, 분석한 결과 그림 3(a)와 같이 흠의 좌우 경사면이 모두 직선인 삼각형 흠이 점파에 적합한 것으로 판단되었다.

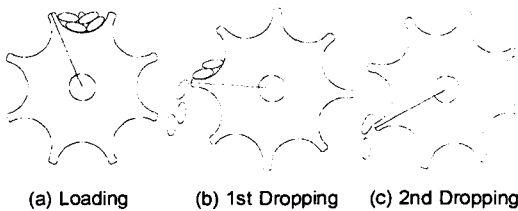


Fig. 2 Seed droppings from semicircular shaped roller groove.

나. 롤러 설계

일정한 양의 종자를 정확하게 계량하기 위해서는 종자의 크기와 모양에 대한 정보가 요구된다. 롤러식 배종장치는 벼, 보리, 밀 등 타원형이나 옥수수, 콩, 팥 등 구형에 가까운 종자를 파종하는 데 적합하다. 너무 작거나, 얇거나, 납작한 종자를 파종하는 데는 적합하지 않다.

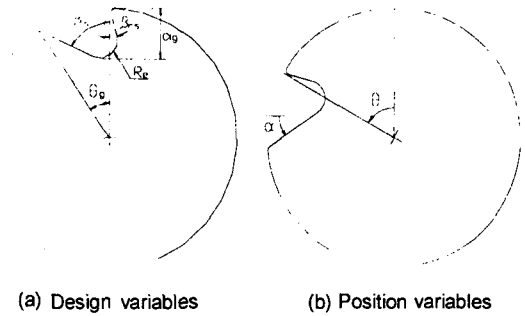


Fig. 3 A shape of steep triangular groove.

롤러의 주요 설계 변수는 흠의 형상, 크기, 개수와 관련된 변수로서, 롤러를 설계하기 위하여 그림 3(a)와 같이 5개의 설계 변수와 2개의 위치 변수를 정의하였다.

$d_g$ 는 흠의 깊이를 나타내며 종자의 길이보다 다소 커야 한다. 종자의 길이보다 작게 설정되면 종자가 손상되기 쉽고 필요한 구동 동력도 증가된다.

$\theta_s$ 는 흠의 개구각으로서 흠 입구의 열린 정도를 나타낸다. 개구각이 작을수록 점파에 유리하나 너무 작으면 종자를 채울 때 문제가 발생된다.

$\beta_s$ 는 흠의 좌측면 경사각으로서 필요한 흠의 용적 범위 내에서 최대한 크게 하는 것이 좋다.

$\beta_n$ 는 흠의 우측면 경사각으로서 롤러가 회전함에 따라 종자를 흠 안으로 끌어 들인다.

$R_c$ 는 흠 끝의 곡률로서 종자나 이물질이 끼이는 것을 방지하기 위한 것이다.

롤러 흠을 설계할 때는 우선 종자의 크기를 고려하여  $d_g$ 를 결정하고, 용적을 고려하여 가능한 한 크게  $\beta_s$ 를 설정한다.  $\beta_n$ 와  $R_c$ 는 종자의 크기를 고려하여 설정한다.  $\theta_s$ 는  $\beta_s$ 와  $\beta_n$ 에 의하여 결정된다.

위치변수로서 흠의 각 변위( $\theta$ )와 경사각( $\alpha$ )를 그림 3(b)에서와 같이 정의하였다.  $\alpha$ 는  $\theta$ 와  $\beta_s$ 의 함수로서 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\alpha = \theta + \beta_s - 90 \dots\dots\dots (1)$$

흠의 종자는 흠의 경사각  $\alpha$ 와 흠과 종자 사이의

마찰각  $\phi_r$ 이 같아질 때 미끄러지기 시작한다. 이 때 각 변위  $\theta$ 를  $\theta_{\text{sp}}$ 라고 하면  $\theta_{\text{sp}}$ 는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\theta_{\text{sp}} = \phi_r - \beta_{1s} + 90 \dots\dots\dots (2)$$

롤러의 홈 수는 가능한 한 최소로 하여야 한다. 홈 수가 감소되면 일정한 주간 거리를 유지하기 위하여 파종 속도는 반비례하여 증가된다. 파종 속도가 빠르면 종자가 손상되거나, 홈에 채워지지 않을 수도 있다. 따라서, 홈 수는 파종 속도, 흠어짐 정도 등을 고려하여 결정하여야 한다. 본 연구에서는 홈의 개수를 결정하기 위하여, 롤러에서 홈의 개구각이 차지하는 크기가 요구되는 종자의 흠어짐 정도와 같게 하여 식 (3)을 유도하였다.

$$n = \frac{3.6 D_{sc}}{\theta_g} \dots\dots\dots (3)$$

- 여기서, n = 홈 수
- $\theta_g$  = 홈의 개구각, 도
- $D_x$  = 요구되는 종자의 흠어짐 정도, %

배종장치의 배종량은 홈의 폭을 조정하여 조절한다. 따라서, 배종량에 따른 홈의 폭은 식 (4)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$W_g = \frac{100 Q_s ds}{\rho_s A_g} \dots\dots\dots (4)$$

- 여기서,  $W_g$  = 홈의 폭, mm
- $Q_s$  = 배종량, kg/ha
- d = 주간 거리, m
- s = 조건 거리, m
- $\rho_s$  = 종자의 비중, kg/l
- $A_g$  = 홈의 단면적, mm<sup>2</sup>

다. 솔 설계

솔은 한 주에 파종될 종자의 양과 배출되는 시기를 결정한다. 솔을 설계하기 위하여 그림 4에서와 같이 5개의 설계 변수를 정의하였다.

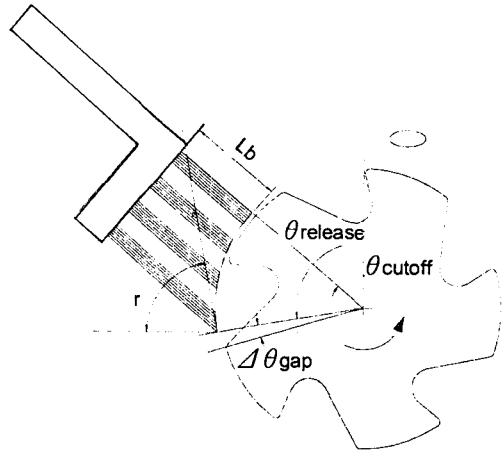


Fig. 4 Design variables of brush.

계량각  $\theta_{\text{cutoff}}$ 는 연직선과 솔의 상부 표면이 이루는 각으로서 솔이 시작되는 지점을 결정한다. 이 지점을 지나면 솔의 연장선은 롤러의 중심을 지난다. 솔의 연장선이 롤러의 중심을 지나지 않는 경우에는 솔이 휘거나, 종자가 홈에서 흘러 내려 흠어지게 된다. 또한, 솔이 쉽게 마모될 수 있다.

배출각  $\theta_{\text{release}}$ 는 연직선과 솔의 끝점과 롤러의 중심을 잇는 직선이 이루는 각으로서, 종자가 배출되는 시기를 결정한다.

틈새각  $\Delta\theta_{\text{gap}}$ 은 종자가 배출되기 시작할 때, 롤러의 중심에서 솔과 홈의 끝점을 잇는 직선이 이루는 각으로서, 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\Delta\theta_{\text{gap}} = 2 \sin^{-1} \left( \frac{t_s}{D} \right) \dots\dots\dots (5)$$

- 여기서,  $\Delta\theta_{\text{gap}}$  = 틈새각, 도
- $t_s$  = 종자의 두께, mm
- D = 롤러의 지름, mm

솔 경사각  $\gamma$ 는 솔의 끝점에서 롤러의 접선과 수평선이 이루는 각으로서, 다음과 같이 표현된다.

$$\gamma = 180 - (\theta_{fall} + \theta_g - \Delta\theta_{gp}) \dots\dots\dots (6)$$

여기서,  $\gamma$  = 종자의 배출이 시작되는 지점에서  
 솔의 표면 경사각, 도  
 $\theta_{fall}$  = 종자의 배출이 시작되는 지점에서  
 홈의 각 변위, 도  
 $\theta_g$  = 홈의 개구각, 도

배출각  $\theta_{release}$ 가 커지면 솔과 종자 사이의 마찰력이 증가되고, 반대로 작아지면 홈의 경사각이 작아지기 때문에 롤러와 종자 사이의 마찰력이 증가된다.

솔표면의 종자들과 홈의 표면의 종자들이 미끄러질 때 받는 가속력에 차이가 있을 경우 떨어지는 속도에 차이가 생겨 종자가 흩어지게 된다. 물체가 경사면에서 미끄러질 때 받는 가속력의 크기는 경사면의 각도와 마찰각의 차이에 근사적으로 비례한다. 따라서, 배출각  $\theta_{release}$ 는 솔표면과 홈의 표면에서 미끄러지는 종자가 받는 가속력이 등치되도록, 홈과 솔 각각의 경사각과 마찰각의 차이를 같다고 하여 다음과 같이 결정하였다.

$$\alpha - \phi_r = \gamma - \phi_b \dots\dots\dots (7)$$

여기서,  $\alpha$  = 홈의 경사각, 도  
 $\phi_r$  = 홈의 마찰각, 도  
 $\gamma$  = 솔 표면의 경사각, 도  
 $\phi_b$  = 솔 표면의 마찰각, 도

경사각과 마찰각의 차이에 의하여 종자가 미끄러지는 정도가 결정되지만, 미끄러지는 속도가 그 차이에 정확히 비례하지는 않는다. 배출시 종자의 운동은 홈 내의 종자 위치, 자세 등 많은 변수에 따라 변

화되는 대단히 복잡한 현상으로서 정확한 해석은 어려우며, 변이도 크다. 따라서, 식 (7)로써 종자의 운동을 근사화하여 가정하는 것은 타당한 것으로 판단된다. 식 (1)과 (6)을 식 (7)에 대입하여 종자가 배출될 때 롤러의 각 변위  $\theta_{fall}$ 을 구하면

$$\theta_{fall} = \frac{270 - \theta_g - \beta_{ls} + \Delta\theta_{gp} - \phi_b + \phi_r}{2}$$

가 된다. 따라서, 배출각은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} \theta_{release} &= \theta_{fall} - \theta_g - \Delta\theta_{gp} \dots\dots\dots (8) \\ &= \frac{270 + \theta_g - \beta_{ls} - \Delta\theta_{gp} - \phi_b + \phi_r}{2} \end{aligned}$$

계량각  $\theta_{cutoff}$ 을 결정하기 위해서는 두 가지 제한 조건을 만족하여야 한다. 첫째,  $\theta_{cutoff}$ 은 종자가 미끄러지기 시작하는 홈의 각 변위  $\theta_{sp}$ 보다 작아야 한다. 즉,  $\theta = \theta_{sp}$ 에서 솔이 홈을 반 이상 덮는 것이 바람직하다. 만약 이 조건이 만족되지 않는다면 종자가 홈에서 흘러내리는 경우가 발생된다. 따라서,

$$\theta_{cutoff} < \frac{\theta_g}{2} + \theta_{sp} = \frac{\theta_g}{2} + \phi_r - \beta_{ls} + 90 \dots\dots (9)$$

둘째, 솔이 홈 하나의 표면을 완전히 덮어야 한다. 이 조건이 만족되지 않으면, 배출과정이 겹쳐서 배출 기능이 불안정하고 종자가 흩어지게 된다. 따라서,

$$\theta_{cutoff} < \theta_{release} - \theta_g \dots\dots\dots (10)$$

가 되어야 한다.

라. 벼 직파기용 롤러식 배종장치 설계

개발된 설계 방법의 타당성을 검증하기 위하여 이 방법으로써 벼 직파기용 배종장치를 설계하였다. 벼의 크기(정창주, 1985)와 안식각  $\phi_s$ (이중용, 1996) 등은 문헌에서 조사하였고, 종자와 롤러, 종자와 솔 사이의 마찰각은 실제 측정하여 구하였다. 표 1은 벼의 크기, 안식각, 마찰각을 나타낸 것이다.

Table 1 Physical properties of paddy

symbol	value	symbol	value
Length	7.2~7.6 mm	$\phi_s$	42°
Width	3.2~3.6 mm	$\phi_r$	22°
Thickness	1.9~2.3 mm	$\phi_b$	56°

롤러의 직경은 현재 보급되고 있는 직파기의 배종 롤러를 고려하여  $D = 60\text{mm}$ 로 하였으며, 홈의 깊이는 종자의 길이를 고려하여  $d_g = 8\text{mm}$ 로 결정하였다. 또한, 롤러 홈의 좌, 우측면 경사각은 각각  $\beta_{ls} = 265^\circ$ ,  $\beta_{rs} = 15^\circ$ 로 결정하였다. 따라서, 홈의 개구각은  $\theta_g = 23^\circ$ 가 되며 홈의 단면적은  $A = 49.9\text{mm}^2$ 가 된다.

홈의 개수는, 요구되는 종자의 흠어짐 정도를 30%로 가정하고, 식 (3)을 이용하여 구하였다. 즉, 홈의 개구각 =  $23^\circ$ , 종자의 흠어짐 정도 = 30% 라고 하면

$$n = \frac{3.6 \times 30}{23} = 4.7$$

이 된다. 홈의 개수는 정수가 되어야 하므로 5개로 결정하였다. 필요한 홈의 폭은, 벼 직파를 고려하여, 식 (4)로서 결정하였다. 배종량 =  $40\text{kg/ha}$ , 주간 거리 =  $0.15\text{m}$ , 조간 거리 =  $0.30\text{m}$ , 벼의 밀도 =  $600\text{kg/m}^3$ 을 대입하면,

$$W_g = \frac{100 \times 40 \times 0.15 \times 0.3}{0.6 \times 49.9} = 6.0\text{mm}$$

가 된다. 롤러식 배종장치는 홈의 폭을 조정하여 배종량을 조절할 수 있기 때문에 필요한 홈의 폭을 고려하여 30mm까지 변화시킬 수 있도록 하였다.

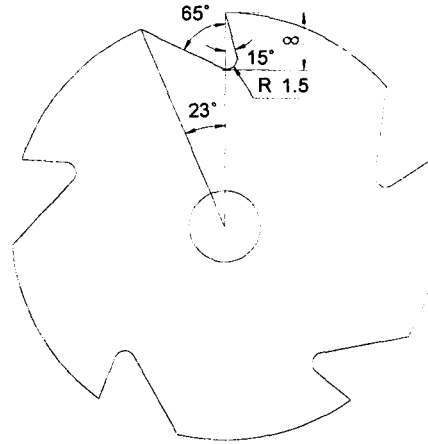


Fig. 5 Profile of the groove designed for rice seeder.

틈새각과 배출각은, 벼의 두께를 3mm로 하여, 각각 식 (5)와 (8)을 이용하여 결정하였다.

$$\angle \theta_g = 2\sin^{-1}\left(\frac{3}{60}\right) = 5.7^\circ$$

$$\theta_{release} = \frac{1}{2} \times (270 + 23 - 65 - 5.7 - 56 + 22) = 94.2^\circ$$

계량각에 대한 제한 조건은 식 (9)와 (10)에서

$$\theta_{cutoff} < 23^\circ / 2 + 22^\circ - 65^\circ + 90^\circ = 58.5^\circ$$

$$\theta_{cutoff} < 94^\circ - 23^\circ = 71^\circ$$

이므로, 계량각은 이 조건을 고려하여 솔이 개구각의 두 배에 해당되는 면적을 덮을 수 있도록 결정하였다. 즉,

$$\theta_{cutoff} = 94^\circ - 2 \times 23^\circ = 48^\circ$$

로 결정하였다. 그림 6은 설계된 솔의 모양을 나타낸 것이다.

위에서와 같이 결정한 계량각과 배출각에 따라 솔을 설치하고, 롤러가 원활하게 회전할 수 있도록 솔과 롤러 사이에 1mm의 간격을 두었다. 그림 7은 흙에서의 종자 배출 과정을 나타낸 것이다. 그림 7(a)와 그림 7(b)에서 롤러의 각 변위는 15° 차이이며, 흙의 간격은 72°이다.

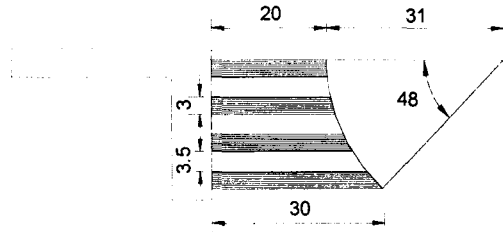


Fig. 6 Profile of the brush designed for rice seeder.

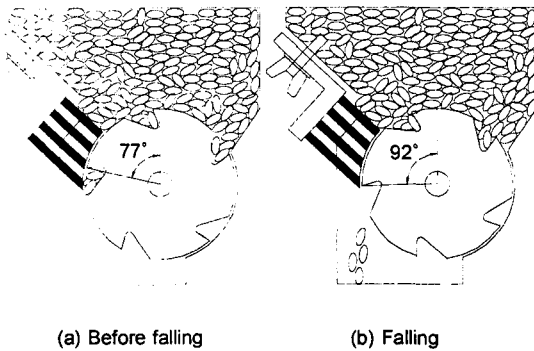


Fig. 7 Seed dropping from the designed roller.

마. 포장 시험

설계된 배종장치의 점파 성능을 평가하기 위하여 포장 시험을 실시하였다. 종자를 토양에 파종한 후, 종자의 배치상태를 측정하여,  $X_{i,j}$ 로 표시하였다. 이때  $i$ 는 주를 표시하고,  $j$ 는 한 주 내에서 종자의 위치를 표시한 것이다. 각 종자의  $X_{i,j}$ 를 측정하여 주의

중심  $C_i$ 와 주간 거리  $S_i$ 를 각각 다음과 같이 결정하였다.

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} X_{i,j}}{n_i}$$

$$S_i = X_{c,j-1} - X_{c,i} \dots\dots\dots (11)$$

여기서,  $n_i$  =  $i$ 번째 주에 파종된 종자 수  
주간 거리는 작물의 종류에 따라 다르기 때문에 각 종자의 위치는 다시  $C_i$ 와  $S_i$ 에 대한 기준값으로 식 (12)에서와 같이 변환하였다.

$$SP_{i,j} = \frac{X_{i,j} - C_i}{S_i} \dots\dots\dots (12)$$

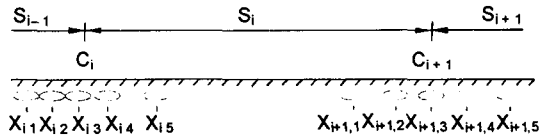


Fig. 8 Placement of seeds in row.

종자가 흩어진 정도를 나타내기 위하여 새로운 변수로서, 90%의 종자가 파종된 영역을 나타낼 수 있는 종자의 분산비(SDR: Scattering Distance Ratio)를 이용하였다. 종자의 분산비는  $SP_{i,j}$ 를 이용하여 다음과 같이 구하였다.

$$SDR = 3.3 \times \sigma(SP) \times 100 \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{여기서, } \sigma(SP) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (SP_{i,j})^2}{\sum_{i=1}^m n_i}}$$

$n_i$  =  $i$ 번째 주의 종자 수  
 $m$  = 주 수

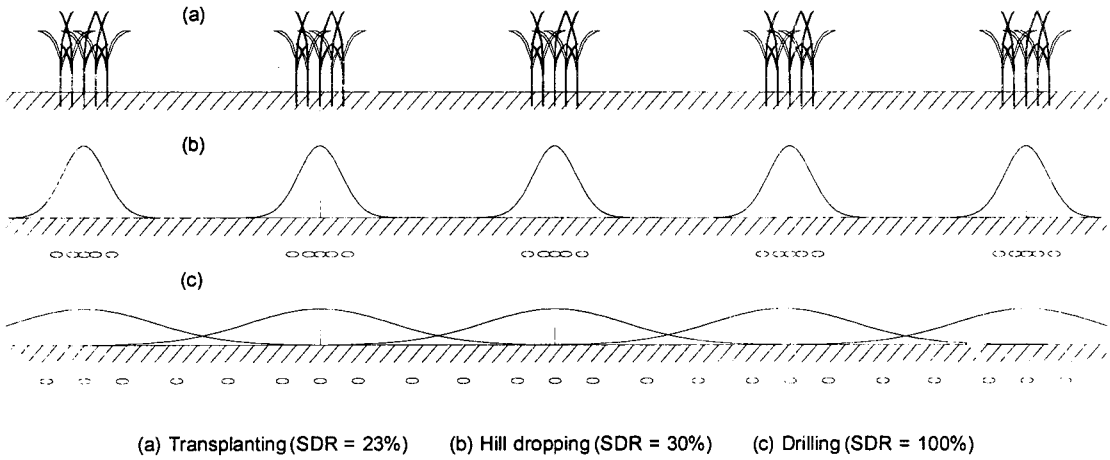


Fig. 9 Comparison of Scattering when hill space is 150mm.

그림 9는 식 (13)을 이용하여 종자의 분산비가 23%, 30%, 100%인 파종 상태를 나타낸 것이다. 그림 9(a)는 분산비가 23%인 경우로서 보통 이앙 작업 후의 벼의 상태이고, (b)는 30%로서 점파 상태이고 (c)는 100%로서 조파된 상태이다. 따라서, 종자의 분산비는 종자의 파종 상태를 나타낼 수 있는 타당한 변수로서 인정될 수 있으며, 벼의 경우 분산비가 30% 정도이면 점파로 분류될 수 있는 것으로 판단된다.

### 3. 결과 및 고찰

설계된 배종 롤러의 점파 성능을 현재 보급되어 있는 반원형 롤러의 성능과 비교하였다. 작업 속도는, 일반적인 작업 속도인 0.6m/s를 기준으로 하여, 0.22~0.83m/s의 범위에서 4단계로 변화시켰으며, 주간 거리는 0.15m로 설정하였다. 배종관의 영향을 배제하기 위하여 단면이 30 × 30 × 150mm인 직사각형의 끈은 관을 사용하였다. 성능 시험의 결과는 그림 10에서와 같다.

설계된 롤러에 의한 종자의 분산비는 25~30% 정도로서 확실한 점파가 이루어졌으나 기존의 반원형 홈 롤러의 경우 76~115%로서 즐뿌림 상태를 벗어

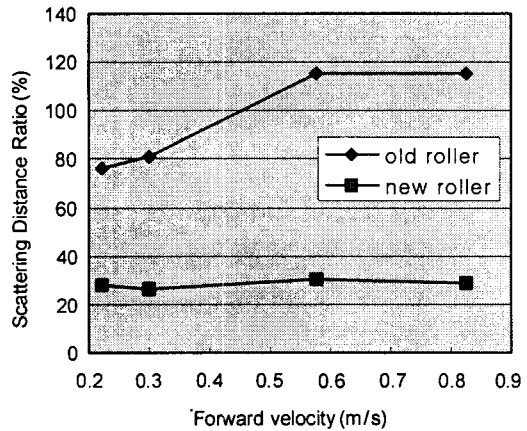


Fig. 10 Scattering distance ratio of two different types of rollers.

나지 못하였다. 또한, 기존 롤러의 경우 파종 상태는 작업 속도에 따라 변화되었으나 개발된 롤러의 경우에는 속도에 의한 변화가 나타나지 않았다.

배종관의 영향을 구명하기 위하여, 4종류의 배종관에 대한 비교 시험을 실시하였다. 각 배종관은 그림 11에서와 같이 굵은 관, 단면이 30 × 50mm인 넓은 관, 관이 없는 경우, 단면이 30 × 30mm인 좁은 관으로 하였다.

그림 12는 배종관에 대한 시험 결과를 나타낸 것이다. 굵은 관 (a)에서 종자의 분산비가 가장 컸으며,



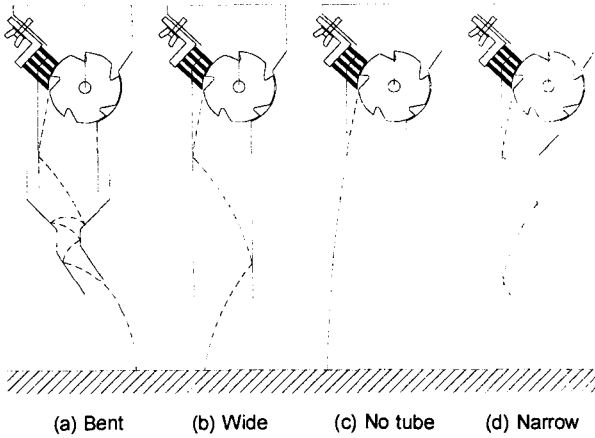


Fig. 11 Four types of seed tubes used in comparison test.

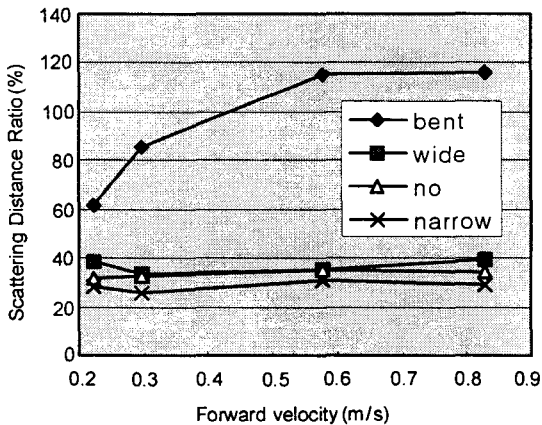


Fig. 12 Scattering distance ratios of the new roller with the four different types of seed tubes.

파종 속도가 증가할수록 분산비도 증가하였다. 이는 종자와 배종관의 충돌 횟수가 다른 배종관에서 보다 많기 때문인 것으로 판단된다. 점파 성능이 가장 우수한 것은 직사각형의 좁은 관이었으며, 넓은 관은 관이 없을 때보다 종자의 분산비가 더 컸다. 관이 없는 경우에는 파종 상태가 불안정 하였으며 바람의 영향을 받았다. 직사각형의 끝은 관을 사용하였을

경우에는, 관이 좁아 충돌 횟수가 많고 종자가 흩어지는 점은 있으나, 반면에 심한 분산을 방지할 수 있는 가이드 역할이 가능하였다. 따라서, 충돌이 크게 일어나지 않는 범위 내에서는 관을 좁게 하는 것이 점파에 유리한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론 및 요약

벼, 옥수수, 콩 등과 같은 작물은 조파보다 점파가 생육 관리와 수확량 면에서 모두 유리한 것으로 인정되고 있으며, 점파에 대한 요구도 점차 증가되고 있다. 그러나, 아직 각종 파종기에 사용될 수 있는 점파용 배종장치는 개발되지 않고 있다. 널리 사용되고 있는 롤러식 배종장치는 조파용으로 개발되었으며, 구조가 간단하고 고속 파종에 적합하다는 장점이 있다. 본 연구는 일정한 주간 거리를 따라 일정한 종자를 파종할 수 있는 점파용 롤러식 배종장치를 설계하기 위한 것으로서, 점파용 롤러식 배종장치의 설계 방법을 개발하였다. 또한, 이를 이용하여 배종 장치를 설계하고 점파 성능을 시험한 것이다.

롤러식 배종장치의 주요 부분으로서 슬과 롤러의 홈을 설계하기 위하여 설계 변수를 설정하고, 각 설계 변수가 종자의 파종 상태에 미치는 영향을 구명하였다. 포장 시험에서는 설계한 점파용 롤러식 배종장치가 일반적인 파종 속도의 범위에서 종자의 분산비가 30% 이내인 우수한 점파 성능을 나타내었다. 또한, 배종관의 영향을 최소화하기 위해서는 직사각형의 끝은 관이 가장 유리한 것으로 나타났다. 본 연구에서 개발된 설계 방법은 다른 작물의 점파용 배종장치를 설계하는 데에도 널리 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 이중용, 최영수. 1996. 벼 직파기계 설계이론

- (1)\*. - 직파기의 문제점과 개선점 -. 1996년도 한국농업기계학회 학술발표대회논문집. 7-11.
2. 정창주, 김경욱 외 9인. 1985. 신고농업기계학. 향문사.
  3. Bufton, L. P., P. Richardson and M. J. O'Dogherty. 1974. Seed displacement after impact on a soil surface. *Journal of Agr. Engr. Research* 19:327-338.
  4. Chitney, E. T. and D. J. Perkins. 1967. A method of recording and evaluating seedling distributions. *Journal of Agr. Engr. Research* 12(2):133-141.
  5. Rohrbach, R. P., R. D. Brazee and H. J. Barre. 1969. On spacing statistics of plant populations produced by uniform seed-placement devices. *Journal of Agr. Engr. Research* 14(3): 210-225.
  6. Srivastava, A. K., C. E. Goering and R. P. Rohrbach. 1993. Engineering principles of agricultural machines. Ch. 6, pp. 221-260. American Society of Agricultural Engineers.
  7. 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.