

콩·옥수수 육묘용 파종기 개발에 관한 연구

김동억 김현환 김종구 이공인 김성기 장유섭

A Study on the Development of the Seeder for Soybean and Corn

D. E. Kim H. H. Kim J. G. Kim G. I. Lee S. K. Kim Y. S. Chang

Abstract

Soybean (*Glycine max* Merr.) and corn (*Zea mays* L.) transplanting has increased because soybean and corn crops cultivated by the direct seeding method were often damaged by wild birds. The purpose of this study is to develop a seeder to sow soybean (*Glycine max* Merr.) and corn (*Zea mays* L.) in a plug tray. In order to find out design factors for a metering device of the seeder, metering characteristics on metering hole size and roller speed were experimentally investigated.

Soybean (cv. 'Daewon') and corn (cv. 'Mibaekchal') were used as a materials for testing the seeder in this experiment. The metering hole size of roller suitable for Daewonkong and Mibaekchal was determined. Daewonkong was suitable for hole diameter of 10 mm and hole depth of 5.5 mm, and Mibaekchal was suitable for hole diameter of 9 mm and hole depth of 5.5 mm. At a brush length of 4 mm, one grain seeding rates of Daewonkong and Mibaekchal was 99% and 93% respectively. By inducing Mibaekchal to the hole by swing, one grain seeding rate of that increased from 91.9% to 97.7%. When roller speed is 4 m per minut, seeding efficiency of prototype was 110 sheets per hour.

Keywords : Seeder, Metering roller, Soybean, Corn, Plug tray

1. 서론

콩과 옥수수는 우리나라에서 재배되고 있는 주요 밭작물 중 하나이다. 콩은 양질의 단백질과 지질 및 우수한 영양성분 외에도 다양한 생리활성을 가진 기능성 물질들을 함유하고 있어 영양식품으로서 뿐만 아니라 건강식품으로도 주목받고 있다. 또한 옥수수는 양질의 전분, 단백질, 지질, 당류 등 영양성분 외에도 항산화성분 등 여러 가지 기능성 물질들을 함유하고 있어 간식용, 식량용 등의 식품용과 사료용으로서 뿐만 아니라 최근에는 건강보조식품의 재료로도 다양하게 이용되고 있다.

콩과 옥수수의 재배면적은 2007년에 각각 7만6천ha, 17만 ha로 전체 밭작물 재배면적의 35%에 달한다(MIFFAFF, 2008).

콩과 옥수수는 직파하여 재배하는 것이 일반적이었으나 조류피해가 심해지면서 이식재배하는 농가가 점차 증가하고 있다. 조류 피해는 주로 파종에서부터 출현하기까지인 파종 후 15일까지 발생하며, 피해시 입모수 확보를 위해 결주의 보파, 보식, 재파종을 위한 노동력이 투입되어야 한다(Kim et al., 2001).

농가에서는 조류 피해를 방지하기 위한 방법으로 방조망, 조형물, 허수아비 등을 설치하거나 종자에 조류기피제를 처리하여 파종하는 것이 있으나(Kim et al., 2001; Son and Yun, 2003) 효과가 미흡하고 약제 처리한 종자를 파종할 경우 약 냄새로 인해 파종작업에 어려움을 겪고 있다. 또한 조류기피제를 처리한 경우라도 출아시기에 비가 내리게 되면 약제가 씻기게 되어 피해를 보게 된다.

The article was submitted for publication on 2010-07-27, reviewed on 2010-08-27, and approved for publication by the editorial board of KSAM on 2010-09-11. The authors are Dong Eok Kim, KSAM member, Junior Researcher, National Academy of Agricultural Science, Hyun Hwan Kim, Junior Researcher, Spokesperson, RDA, Jong Goo Kim, Junior Researcher, Gong In Lee, Junior Researcher, and Sung Ki Kim, Senior engineer, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea, and Yu Seob Chang, Representative, Plant factory R&D., Suwon, Korea. Corresponding author: D. E. Kim, Junior Researcher, Farming Automation Devison, Dept. of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-100, Korea; Fax: +82-31-290-1860; E-mail: <kde1206@korea.kr>.

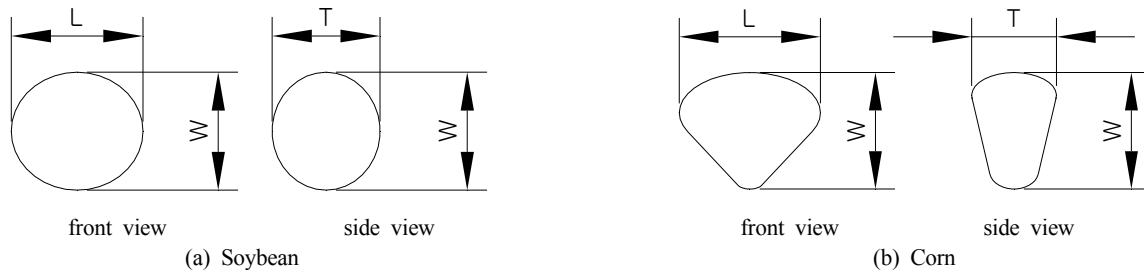


Fig. 1 Shape and size of soybean and corn.

Table 1 Dimensions of the test seeds

(Unit : mm)

Seed variety		Length(L)				Width(W)				Thickness(T)			
		Max.	Min.	Ave.	S.D.	Max.	Min.	Ave.	S.D.	Max.	Min.	Ave.	S.D.
Soybean	Daewon	9.2	7.4	8.3	0.5	8.1	7.3	7.7	0.2	7.3	6.3	6.8	0.3
Corn	Mibaekchal	10.2	7.9	9.0	0.7	8.6	6.1	7.7	0.7	6.9	4.4	5.4	0.6

콩과 옥수수 재배에 있어서 조류피해를 줄일 수 있는 확실한 방법은 육묘상자에 모를 길러 이식재배하는 것이다. 이식재배를 하면 콩의 경우는 생육 증진과 증수 효과가 있고(Kang et al., 2004), 옥수수의 경우는 직파재배시 숙기가 고르지 않고, 상품성이 떨어지는 문제를 개선할 수 있는 장점이 있다고 하였다(So et al., 2005). 그런데 육묘상자에 모를 기르기 위해서 필요한 파종작업은 기계화되어 있지 않아 손으로 파종해야 하기 때문에 노력과 시간이 많이 든다. 따라서 육묘 이식재배를 위한 파종작업의 생력기계화를 위하여 육묘트레이에 콩과 옥수수를 점파종할 수 있는 파종기 개발이 필요하다.

파종기 개발과 관련한 선행연구로 Rhee 등(2000)은 파종기 설계에 필요한 각 종자들의 크기와 형상에 대한 자료를 제공하고자 형상인자와 입자의 크기를 대표할 수 있는 길이 단위의 특성치인 입도를 구한 결과 콩은 구형(球形)에 가깝고 옥수수는 아편구형(亞扁球形)이라고 정의하였다. 벼 직파기와 관련된 연구로 정밀 점파용 롤러식 배종장치(Ryu and Kim, 1997), 벼 펠렛 종자용 파종기의 종자배출장치(Choi et al., 1999), 벼 직파기의 점파용 홈롤러식 배종장치(Yoo et al., 2005)에 관한 연구가 수행된 바 있다.

Ryu와 Kim(1997)은 점파용 파종기로는 롤러식이 가장 보편화되어 있으며, 그 외 진공흡인식, 경사원판식, 벨트식, 수직로터식 등의 배종장치가 사용되고 있다고 하였다. 또한 롤러식은 롤러의 표면에 일정한 간격으로 홈을 파서 롤러가 회전함에 따라 종자가 배출되도록 한 방식으로 구조가 간단하며 고속파종에 적합하고 가격이 상대적으로 저렴하다고 하였다.

콩과 옥수수를 육묘트레이에 육묘하는 경우, 1셀에 파종하는 종자의 개수가 다른 데 콩은 보통 1개, 옥수수는 2~3개 파종하여 육묘한다. 파종기를 콩, 옥수수 겸용으로 사용하기 위해서는 파종개수 조절이 가능해야 하며, 이를 위해서는 종

자가 1개씩 정확히 배종되는 것이 중요하다. 1개씩 정확히 파종될 수 있으면 2, 3개의 파종은 2~3회 반복 파종하면 된다. 또한 롤러를 교체함으로써 여러 종류의 종자도 파종할 수 있어 다용도로 사용가능하고 구조가 복잡하지 않아 제작이 용이하며 비용측면을 고려하였을 때 적합한 방식으로 판단되었다.

본 연구에서는 콩과 옥수수 육묘용 파종기를 개발하기 위한 연구로서 배종장치를 제작 배종시험을 하였으며, 배종시험결과를 바탕으로 시작기를 제작하고 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

콩과 옥수수 종자는 품종에 따라 그 크기가 다양하며, 형태는 일반적으로 콩은 둥근 형상인 반면 옥수수는 불규칙적이다. 공시재료로 콩은 대원콩을 사용하였고, 옥수수는 미백찰을 사용하였다. 시험에 사용한 콩과 옥수수의 단면 모양과 특성치는 그림 1, 표 1과 같다.

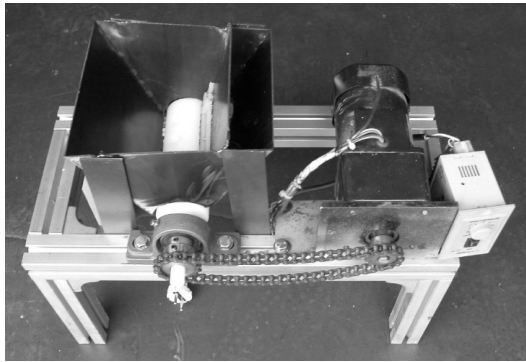
나. 구멍롤러식 배종장치 제작 및 시험

파종기의 파종성능은 종자를 배출하는 배종장치에 따라 좌우되기 때문에 배종장치의 설계가 중요하다. 구멍롤러식은 롤러 표면에 오목한 구멍을 같은 간격으로 형성하여 롤러가 회전할 때 호퍼 내 종자를 담아 배출하는 것으로서 육묘트레이에 파종하게 되므로 조간이 좁아야 하고 장치가 복잡하지 않다. 본 연구에서는 제작의 편이성을 고려하여 종자를 1립씩 배종하는데 적합하도록 구멍롤러식으로 설계하였다.

롤러 구멍의 대략적인 크기를 알아보기 위하여 롤러 배종 구멍의 직경을 대원콩의 평균직경과 비슷한 크기인 8 mm와

이보다 조금 큰 10 mm, 13 mm로 가공한 세 종류의 롤러에 대하여 시험을 실시하였다. 이때의 배종률은 1배종구멍에 종자 1개씩 배종될 경우의 종자 개수에 대한 실제 배출된 종자의 개수의 비로 산정하였다.

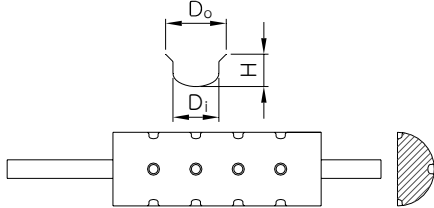
그림 2는 롤러의 구멍 크기가 배종정도에 미치는 영향을 분석하기 위한 배종장치의 모습이다. 롤러 구멍은 4줄로 제작하였으며, 줄당 4개의 구멍을 형성하였다. 롤러 구동모터로는 속도조절이 가능한 기어드모터(9SDG2-60F1G, DKM CO., Ltd, Korea)를 사용하였다. 브러시는 구멍에 안치된 종자이외의 종자가 호퍼에서 빠져나가지 못하도록 하는 것으로서 롤러 반경방향으로 부착하였다. 롤러의 구멍의 형상은 그림 2의 (b)와 같고, 크기는 표 2와 같이 구멍내부의 직경(Di) 8, 9, 10, 13 mm, 구멍 깊이(H) 5.5, 6, 7, 7.5 mm, 구멍 외부직경(Do) 11, 12, 13, 15 mm, 롤러 직경 60 mm로 가공하였다.



(a) A view of seed metering device



(b) A view of metering roller



(c) Metering roller and enlarged view of a hole

Fig. 2 Views of seed metering device.

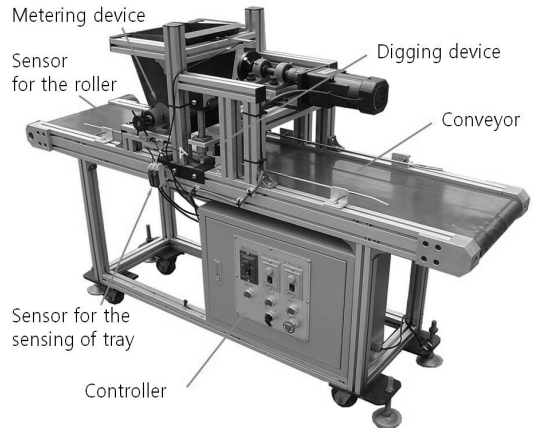
Table 2 Metering hole size of the roller (Unit : mm)

Item	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Diameter(Di)	8	9	10	10	13
Depth(H)	6	5.5	5.5	7	7.5
Outer Diameter of bore(Do)	11	12	12	13	15

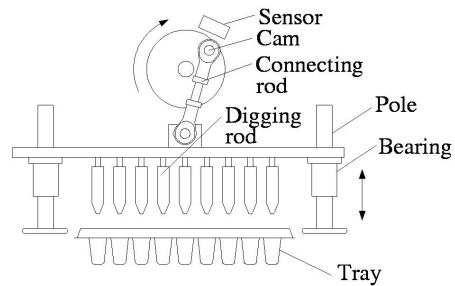
롤러의 구멍 크기에 따른 배종성능시험은 구멍 크기가 다른 배종롤러를 교체하면서 구멍 크기별, 롤러속도별 시험을 실시하였다. 공시종자는 대원콩과 미백찰로 하였으며, 롤러속도는 2.5, 4, 5.5 m/min의 3수준으로 하였다. 배종성능은 배종구멍 1개당 종자 1개씩 정확히 배종될 경우의 종자개수에 대한 실제 배종된 개수를 조사하여 배종률로 나타내었다.

다. 시작기 제작 및 시험

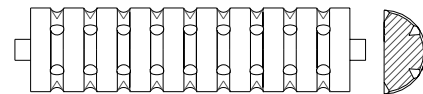
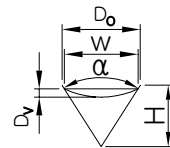
시작기는 구멍롤러 배종방식으로 설정하였으며, 육묘트레이에 파종할 구멍을 내는 혈공장치, 종자를 배출하는 배종장치, PLC(Master-K10S, LS Industrial Systems Co., Ltd., Korea)로 구성된 제어장치, 육묘트레이를 이송하는 컨베이어 등으로 구성하였으며, 시작기의 모습은 그림 3과 같고, 제원은 표 3과 같다.



(a) A view of seed metering device



(b) Digging device



(c) Metering roller and enlarged view of a hole

Fig. 3 Views of the prototype seeder.

Table 3 Specification of prototype

Item		Specification
Size(L×W×H, mm)		1570×460×1080
Metering device	Roller size(∅×L, mm)	80×257
	Motor power	Single geared type 25 W, 1/60
Digging device	Type	Cam
	Power	Single geared type 60 W, 1/30
Controller	Controller	PLC(LG, Master-K10S)
	Sensor for tray sensing Sensor for roller sensing	Photo sensor(BF3RX), Proximity sensor(PS15-5DN)
Conveyor	Belt size(L×W×H, mm)	1570×290×60
	Power	Single geared type 120 W, 1/90

육묘트레이에 파종할 자리를 만들어 주는 혈공장치는 그림 3의 (b)에서 보는 바와 같이 원판캠 방식으로 모터에 의해 원판이 회전할 때 혈공봉이 상하동작하도록 제작하였다. 배종롤러는 구멍 직경(D_o) 13 mm, 원뿔각(α) 60°, 유도골 깊이(D_v) 2 mm, 홈 구멍 깊이(H) 12 mm의 크기로 162공 육묘트레이(280×540×45, mm)에 맞도록 9조로 제작하였다. 배종롤러 구동모터는 AC기어드모터(S8I25GB, SPG Co., Korea)를 컨베이어 하부에 장착하였으며, 체인과 스프로킷으로 연결하여 구동되도록 구성하였다.

종자를 유도하기 위한 종자낙하관은 시작기의 롤러와 육묘트레이 사이의 간격이 좁기 때문에 본 시작기에 채용하지 않고 종자통에 플렉시블한 판을 부착하여 롤러에 밀착되도록 함으로써 배출되는 종자가 홈 구멍에 머물며 트레이 가까운 위치에서 떨어지도록 하였다.

배종장치의 브러시는 그림 4와 같이 길이조절이 가능하도록 제작하였다. 브러시는 스트립브러시로서 모는 PP재질이며, 모 굵기는 0.5 mm, 브러시 폭은 4 mm이었으며, 브러시는 롤러에 밀착되도록 설치하였다.

파종기는 PLC에 의해 자동/수동 제어되며, 작동은 육묘트레이가 이송되어 혈공장치 아래 포토센서에 트레이 셀이 감지되면 컨베이어가 정지하고 혈공봉이 하강하여 혈공이 이루어진다. 혈공 후 혈공봉의 상승이 완료되면 컨베이어가 작동하고 파종롤러 아래 포토센서에 트레이 셀이 감지되면 구멍롤러가 60°회전하면서 종자를 배출된다.

브러시 길이별 파종시험은 브러시 길이 4, 7, 10 mm 3수준의 1립 파종률, 2립 파종률, 결과율을 조사하였다. 공시종자는 대원콩과 미백찰로 하였다.

옥수수 종자는 콩에 비해 각이 지고 울퉁불퉁하여 1립 파종율이 떨어져 파종정도를 높이기 위한 방법이 요구되었다. 따라서 옥수수 종자가 배종구멍에 잘 찾아 들어가도록 하기 위하여 그림 8과 같이 종자가 배종홈에 원활하게 유도되도록 유도골을 형성하고 종자가 좌우로 요동되도록 하는 종자요동

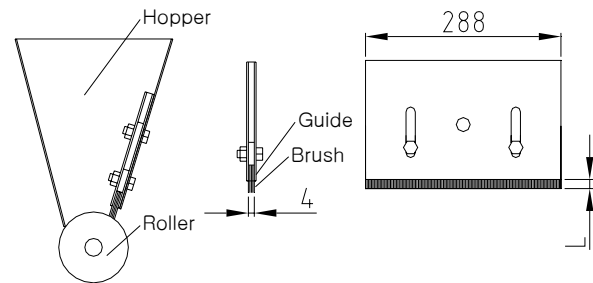


Fig. 4 Layout of cut-off brush.

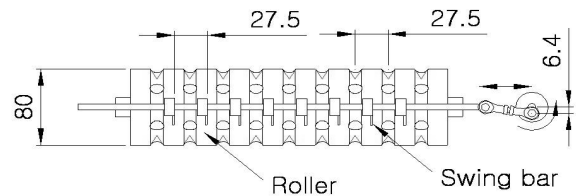


Fig. 5 Layout of metering device attached swing bar.

Table 4 Specification of oscillation device

Item		Specification
Motor for the roller		Single AC geared type 25 W (1700 rpm), 1/60
Swing bar	Motor	DC geared type 2 W(90 rpm)
	Stroke	12.8 mm

장치를 부착하였다. 그림 5는 종자요동장치의 개략도이다. 종자요동은 소형DC모터(KGC3448A, GGM Co., Korea)가 회전하면 원판캠과 로드의 직선운동변환에 의해 스윙바가 좌우로 종자를 흔들어줌으로써 이루어진다. 요동 진폭은 12 mm, 분당 요동수는 90회 이었다. 표 4는 종자요동장치 제원이다.

종자요동 유무별 파종시험은 종자요동유무에 따른 1립 파종률, 2립 파종률, 결과율을 조사하였다. 공시재료는 대원콩과 미백찰로 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 구멍 크기에 따른 배종특성

구멍 크기에 따른 배종특성은 종자의 크기에 적합한 대략적인 롤러 구멍의 크기를 알아보기 위한 실험으로써 배종된 종자의 개수를 조사한 것이다.

그림 6은 구멍 크기에 따른 대원콩의 배종률을 나타낸 것이다. 그림과 같이 배종률은 8×6×11(W_h×h×W_t, mm)의 롤러에서 82%, 10×7×13(W_h×h×W_t, mm)의 롤러에서 105%, 13×7.5×15(W_h×h×W_t, mm)의 롤러에서 130%로 나타났다. 구멍 직경이 클수록 배종률도 증가하는 경향이었으며, 구멍 직경 10 mm일 때 100%에 가까운 배종률을 나타내었다. 따라서 구멍직경은 10 mm 내외가 적당할 것으로 판단되었다.

표 5는 구멍 크기와 롤러회전속도에 따른 배종률을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 대원콩은 롤러 속도 4 m/min 일 때 구멍 직경 10 mm, 구멍 깊이 5.5 mm, 미백찰은 롤러 속도 5.5 m/min일 때 구멍 직경 9 mm, 구멍 깊이 5.5 mm에서 배종정도가 좋은 것으로 나타났으며, 롤러회전속도가 빨라질수록 배종률은 감소하는 것으로 나타났다.

옥수수의 경우에는 105% 이상 배종된 것으로 나타나 콩의 100% 내외 보다 배종정도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이것은 옥수수의 크기와 모양이 콩과 달리 각진 형상을 하고 있어서 옥수수의 자세에 따라 2개 이상 배종되기 때문이다.

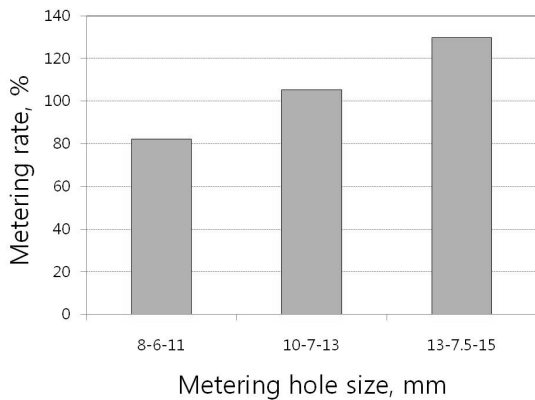


Fig. 6 Metering rate on the various hole size(W_h-h-W_t).

Table 5 Metering rate on the various hole sizes and roller speeds

Seed	Diameter (mm)	Depth (mm)	Metering rate by roller speed (%)		
			2.5 m/min	4 m/min	5.5 m/min
Daewon	9	5.5	100.8	97.5	97.8
	10	5.5	99.7	100	96.8
	10	7	101.5	101.5	101.1
Mibaekchal	9	5.5	107.5	108.3	105.5
	10	5.5	110.5	110.3	111.5

나. 브러시 길이별 파종률

표 6은 브러시 길이별 파종률을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 브러시 길이가 4, 7, 10 mm일 때 대원콩의 1립 파종률은 99.0, 96.6, 94.0%, 미백찰의 1립 파종률은 93.0, 84.6, 86.2%로 나타났다. 그러므로 브러시 길이는 4 mm가 적당한 것으로 판단되었다. 이것은 브러시 길이가 길어지게 되면 배종구멍에 안치된 종자가 바로 앞에 얹혀진 종자도 같이 배종되는 경우가 생기기도 하며, 브러시 사이에 콩과 옥수수 종자가 끼어 있다가 배종되는 경우가 발생하기 때문이다.

Table 6 Seeding rate on the various brush lengths

Seed	Brush length (mm)	Metering rate(%)		
		One grain	Two grains	Missing
Daewon	4	99.0	0.5	0.5
	7	96.6	2.1	1.3
	10	94.0	5.0	1.0
Mibaekchal	4	93.0	4.7	2.3
	7	84.6	11.7	3.7
	10	86.2	8.6	5.2

다. 종자 요동 유무별 파종률

표 7은 종자 요동 유무별 파종률을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 미백찰의 1립 파종률은 종자를 요동을 하지 않았을 경우에는 91.9%, 종자를 좌우로 흔들어 준 경우에는 97.7%로 나타나 종자를 좌우로 흔들어 줌으로써 1립 파종률이 향상되는 것을 알 수 있었다. 그런데 콩의 경우에 있어서 1립 파종률은 요동하였을 경우에는 99.6%로 나타났으며 요동하지 않았을 경우에는 99.4%로 나타나 적은 차이를 보였다. 따라서 옥수수의 경우는 종자 요동 장치를 부착하여 종자를 요동함으로써 파종정도가 높아지는 효과를 볼 수 있었으나 콩의 경우에 있어서는 종자요동효과가 크지 않은 것으로 나타났다.

Table 7 Seeding rate on the vibration of soybean and corn

Seed		Seeding rate(%)		
		One grain	Two grains	Missing
Daewon	Oscillation	99.6	0.2	0.2
	Non-oscillation	99.4	0.4	0.2
Mibaekchal	Oscillation	97.7	0.7	1.6
	Non-oscillation	91.9	0.5	7.6

라. 시작기 파종능력

표 8은 브러시 길이가 4 mm이고 롤러 원주속도 4 m/min

일 때의 파종성능을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 작업능률은 시간당 110매 파종이 가능하였으며, 1립 파종율은 대원콩, 미백찰 옥수수가 각각 99.0, 93.0%로 우수한 파종성능을 나타내었다.

Table 8 Seeding performance of prototype

Seed	Working efficiency (Sheet/hr)	Seeding rate(%)		
		One grain	Two grains	Missing
Daewon	110	99.0	0.5	0.5
Mibaekchal		93.0	4.6	2.4

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 콩과 옥수수 종자를 육묘트레이에 파종하는 파종기를 개발하기 위한 연구로서 종자배출장치를 제작하고 배종구멍의 크기, 롤러회전속도에 따른 배종특성을 조사하였으며, 브러시 길이와 종자요동유무에 따른 파종률과 시작기의 파종성능을 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 배종특성은 구멍 직경이 클수록 배종률은 증가하는 경향을 보였으며, 대원콩은 롤러 속도 4 m/min일 때 구멍 직경 10 mm, 구멍 깊이 5.5 mm, 미백찰은 롤러 속도 5.5 m/min일 때 구멍 직경 9 mm, 구멍 깊이 5.5 mm에서 배종정도가 좋은 것으로 나타났다.
- (2) 배종장치의 브러시 길이를 4 mm로 하였을 때 1립 파종률은 대원콩이 99%, 미백찰이 93%로 파종정도가 높아 브러시 길이가 적당한 것으로 판단되었다.
- (3) 미백찰은 종자를 좌우로 요동함으로써 1립 파종률이 91.9%에서 97.7%로 향상되어 종자요동장치가 효과가 있는 것으로 나타났으며, 구형에 가까운 콩 종자는 종자요동유무에 따른 1립 파종률이 99.4%, 99.6%로 근소한 차이를 보여 종자요동효과가 크지 않은 것으로 판단되었다.
- (4) 시작기의 파종능률은 브러시 길이가 4 mm이고 롤러 원주속도 4 m/min일 때 시간당 110매로 나타났다.

참고 문헌

1. Kang, D. S, E. S. Kim, D. H. Kim, G. M. Shon and G. W. Song. 2004. Study on adaptable Cropping System for Soybean using the ridge and furrow of maize. Gyeongnam-do Agricultural Research and Extension Services Report pp. 157-168. (In Korean)
2. Kim, S. K, E. S. Kim and D. H. Kim. 2001. Test of damage reduction by birds during emergence in direct seeding of corns and beans. Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services Report pp. 68-78. (In Korean)
3. Choi, Y. S., S. N. Yoo and G. B. Koo. 1999. Development of rice-pellet seeder(I), Design of seed metering device. Proceedings of the KASM 1999 Summer Conference 4(2):65-70. (In Korean)
4. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MFAFF). 2008. Annual report of the statistics of food, agriculture, forestry and fisheries. (In Korean)
5. Park, S. H., J. Y. Kim, D. K. Choi, C. K. Kim, T. Y. Kwak and S. C. Cho. 2005. Development of walking type chinese cabbage transplanter. J. of Biosystems Eng. 30(2):81-88. (In Korean)
6. Rhee, J. Y, J. S. Hwang, C. J. Chung and H. J. Kim. 2000. Morphological analysis of seed for seeder design. Proceedings of the KASM 2000 Winter Conference 5(1):101-106. (In Korean)
7. Ryu, I. H and K. U. Kim. 1997. Design of roller-type metering device for precision planting. Journal of the KASM 22(4): 401-410. (In Korean)
8. So, S. Y., D. C. Cho and C. J. YU. 2005. Analysis of Management Conditions of Waxy Corn in Chonbuk Region. Institute of Agricultural Science & Technology Chonbuk National University. 36(1): 154-164. (In Korean)
9. Son, C. K and Y. S. Yun. 2003. Test of damage reduction of corn damage by bird. Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services Report pp. 110-115. (In Korean)
10. Yoo, S. N, Y. S. Choi and S. R. Suh. 2005. Development of a precision metering device for direct seeding of rice. Journal of the Biosystems Eng. 30(5):261-267. (In Korean)