

# 승용 이앙기 부착형 제초입제 살포기의 살포성능과 제초효과

## Performance and Weeding Effects of the Herbicide Applicator Mounted Rice Transplanter

김진영\*    박석호\*    최덕규\*    구연충\*\*  
정희원    정희원    정희원  
J. Y. Kim   S. H. Park   D. K. Choi   Y. C. Ku

### 1. 서론

벼 논에 제초제 처리는 모를 이앙한 후 5~8일경에 초기처리제와 15~20일경에 중기처리제, 그리고 유효분얼종지기로부터 유수분화기 전까지 후기처리 제초제를 사용하고 있다.

이앙후 5~8일 경에 토양처리용으로 입제형의 제초제를 주로 손으로 뿌리거나 일부 동력살포기를 이용하고 있다. 입제형의 제초제는 입자가 작고 뿌리는 양이 단보당 1~3kg으로 적기 때문에 적당량을 골고루 뿌리기가 쉽지 않다. 이미 뿌려진 구역을 육안으로 확인하기가 어려울 뿐만 아니라 맞추기도 어려워 중복·과다살포로 벼 약해가 발생하고 수질·토양오염이 증가하여 환경파괴의 요인으로 등장하고 있다. 또한 좁은 줄사이를 걸어다니게 됨에 따라 모 피해가 발생하고, 제초제가 피부에 접촉되는 등 벼와 자연환경 및 인체에 나쁜 영향을 끼치고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 여러 가지 문제점들을 동시에 해결하여 편리하고 안전하게 사용할 수 있도록 이앙 작업과 동시에 제초입제를 살포하는 장치를 개발하고 살포성능과 제초효과 시험을 실시하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 시작기 설계 제작

제초입제 살포장치는 적정량의 입제 제초제를 균일하게 살포하는 것을 목표로 하여 호퍼, 배출롤러, 구동륜, 동력전달장치, 스피너 및 모터 등의 설계변수를 다음의 설계기준과 기존 연구결과(정, 1997 ; 이, 1985)에 기초하여 살포장치를 제작하고 살포높이와 스피너 회전속도 및 확산판 형상 등의 설계변수는 실험적 방법에 의하여 설계요인을 결정하였다.

- ① 약액통은 1회에 경지정리 1구획의 면적을 살포할 수 있는 용량을 확보하여야 하며 약액의 잔존여부를 확인할 수 있고 습기로부터 입제의 용해를 방지할 수 있어야 함.
- ② 배출롤러는 호퍼의 제초입제를 일정량을 연속적으로 배출할 수 있되 조절이 가능하고 입제에 손상을 주지 않는 구조가 되어야 함.

---

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 농촌진흥청 작물시험장

- ③ 구동륜은 배출롤러를 일정속도로 구동시킬 수 있어야 함.
- ④ 구동륜에서 배출롤러로 전달되는 동력은 손실을 최소화시킬 수 있고 배출량 조절이 가능한 감속비 구조가 되어야 함.
- ⑤ 스피너는 제초입제를 균일하게 살포할 수 있어야 함.
- ⑥ 모터는 제초입제를 일정한 거리까지 운반할 수 있는 회전동력이 확보되어야 하며 쉽게 동력을 이용할 수 있는 구조가 되어야 함.

제초입제 살포장치는 승용이앙기 후방에 부착하여 이앙과 동시에 제초입제를 살포하는 기계로 그림 1과 같이 약통, 배출롤러, 확산장치, 구동륜, 동력전달장치 등으로 구성되며 필요에 따라 제초제 살포장치를 착탈 가능하도록 이앙기 후방의 식부장치 프레임에 연결핀으로 고정하였다. 표 1에 제초입제 살포장치의 제원을 나타내었다.

Table 1. The specification of prototype

Size (mm)	Weight (kg)	Hopper (ℓ)	Diffuser (φ,mm)	Motor (DC,V)	Wheel (φ,mm)	Metering roller (φ,mm)
1,590×630×820	23.5	5	80	12	400	62, 8 Grooves

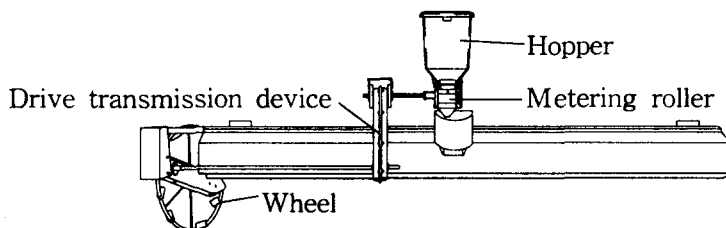


Fig. 1 The schematic diagram of prototype

작동원리는 약통의 제초입제가 배출롤러를 통해 중력에 의해 일정하게 스피너에 떨어지게 되면 원심력에 의해 스피너 반경반향으로 제초입제가 방출되어 확산판과 확산커버 내측으로 살포된다. 이때 확산판에 부딪힌 입제는 충돌력에 의해 확산판 수직 중심선을 기준으로 좌우측으로 확산되어 지면으로 살포된다. 살포량은 구동륜에 의해 전달된 동력에 의해 배출롤러를 구동시켜 이앙속도에 알맞도록 배출롤러 홈간격을 조절하여 1~3kg/10a 범위로 살포량을 조절할 수 있도록 제작하였다. 살포방식은 이앙작업폭인 유효살포폭 180cm 토양표면에 제초입제를 흩어 뿌리는 산파방식을 채택하였다.

#### (1) 제초입제 배출부

약통은 가능한 많은 면적을 살포할 수 있으면 효율적이나 1회 작업면적을 기준으로 제작된 5ℓ의 용량으로 설정하였으며, 배출롤러는 약량 조절이 용이한 홈롤러식으로 로울러를 좌우로 이동하여 홈부분의 길이를 변화시켜 파종량 조절이 가능하도록 하였다. 배출롤러에서 배출된 입제가 스피너 상단으로 정확히 떨어지고 호트러집을 방지하기 위하여 그림 2와

같이 유도관을 부착하였다.

(2) 동력전달부

구동륜은 이양시에만 작동하도록 지면 접촉 구동방식을 채택하였으며, 역슬립을 방지할 수 있도록 구동륜에 러그를 부착하였으며 구동륜의 직경은 배출량을 고려하여  $\phi 400\text{mm}$ 로 설계하였다.

(3) 확산장치

스피너는 그림 3과 같이 제작이 용이한 직선형 브레이드 구조로 설계하여  $\phi 80\text{mm}$ 의 원형 스피너로 제작하였다. 모터는 이양기의 밧데리 전원을 사용할 수 있도록 DC 12V로 설계하였으며, 확산판은 그림 3과 같이 확산판 수직 중심선을 기준으로 좌우 대칭형상으로 제조 입제를 좌우로 배출시키도록 설계·제작 하였다.

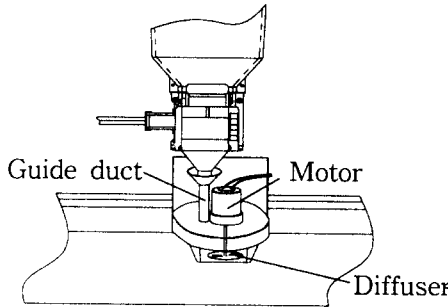


Fig. 2. The Schematic diagram of metering system

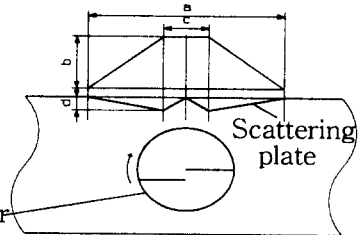


Fig. 3. Shape of Diffuser and scattering plate

나. 시험방법

본 연구의 실험적 설계변수인 살포높이, 스피너 회전속도, 확산판 형상 등의 최적 설계변수를 결정하기 위하여 살포높이는 10, 15, 20, 25, 30cm, 스피너 회전속도는 6,700, 8,200, 9,800, 12,200rpm, 확산판 형상은 표 2와 같이 6가지 형상으로 실험요인을 설정하여 실험하였다. 살포높이는 이양기의 식부깊이를 조절하여 설정하였으며, 스피너 회전속도는 비접촉식 타코미터를 이용하여 측정하였고, 살포량은 이양 조건을 고려하여  $30 \times 20\text{cm}$ 의 상자에 떨어지는 약제의 무게를 측정하였다.

공시기의 포장적응성 시험은 표 3과 같이 식양토의 포장에서 승용 산파 6조 이양기에 부착하여 시험하였으며, 포장상태는 경반깊이가 17~20cm, 관수깊이가 1~5cm, 원추관입깊이가 8~12cm이었다. 구동륜의 역슬립율은 3.6%로 나타나 차륜트랙터의 콘크리트 노면 주행시의 슬립율 5%(정 등, 1990)에 비교해 볼 때 슬립이 거의 일어나지 않는 것으로 판단된다.

제조효과시험은 작물시험장 시험포장에서 공시약제로 노난매, 암행어사, 큰소리, 논다매, Londax+YRC, AC140+Stomp와 공시품종으로 일품벼 15일모를 사용하였으며, 농업기계화연구소 시험포장에서는 AC140+Stomp 약제와 화성벼 35일모를 사용하였다. 제조제 처리시키는 이양동시와 관행 방법인 이양후 10일에 제조제를 살포하였으며, 살포량은 제조제 종류

에 따라 10a당 1kg 또는 3kg을 살포한 후 이앙후 10일 및 20일의 약해와 45일 및 65일의 방제가를 조사하였으며, 생육상태 및 수량 등을 조사하였다.

Table 2. Various dimensions of the scattering plate

Scattering plate	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)
A type	135	70	30	12
B type	140			6
C type	142			4
D type	145			2
E type	130			17
F type	140			12

Table 3. The field condition of paddy

Soil texture	Plowing depth (cm)	Cone plumb penetrating depth (cm)	Water depth (cm)	Slip ratio of wheel (%)
Silt loam	17~20	8~12	1~5	- 3.6

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 기계 성능 시험

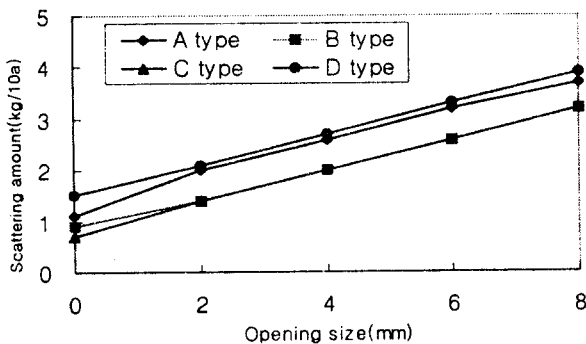
##### (1) 공시입제별 크기

이 연구에 사용한 제초입제는 표 4와 같이 조립식 입제인 A, B, C형 및 흡착식 입제인 D형 등 4종을 선정하였다. 공시입제별 크기는 A형이 92%가 3mm이하이며, B형은 62%가 3mm이상, C형은 82%가 1~3mm범위내, D형은 100%가 3mm 이하크기로 이루어져 있다.

Table 4. The physical characteristics of herbicide

Type	Particle length (%)				Particle size(mm)		Bulk density (g/l)
	Less than 1mm	1~3	3~5	Over than 5mm	Max.	Min.	
A	9.0	83.0	4.0	4.0	6.2	0.7	904.0
B	1.0	37.0	59.0	3.0	7.2	0.8	789.3
C	7.0	82.0	10.0	1.0	6.1	0.6	909.3
D	27.0	73.0	-	-	1.9	0.7	1,010.2

##### (2) 배출롤러 개도별 살포량



제초제 살포량은 배출롤러의 홈 간격 조절에 따라 달라지게 된다. 배출롤러의 홈을 0, 2, 4, 6, 8mm 간격으로 조절하여 제초입제별로 살포량을 조사한 결과 그림 4와 같이 A형은 홈 간격 0~8mm 범위에서 1.1~3.7kg/10a, B형은 0.9~3.2kg/10a, C형은 0.7~3.2kg/10a, D형은 1.5~3.9kg/10a으로 나타났다.

Fig. 4 Relationship between the scattering rate and opening size on the by herbicide application

### (3) 작업성능

제초입제를 살포하는데 소요되는 총 작업시간은 4.7시간/ha으로 나타났지만 이양과 동시에 살포가 되므로 실제 소요되는 시간은 제초제 공급시간인 0.1시간/ha에 불과하여 관행의 제초제 살포시간 6시간/ha과 비교해 볼 때 살포작업 공정을 완전히 생략할 수 있는 초생력 효과가 있는 것으로 판단된다.

Table 5. Working performance of prototype and manual

Item	Travelling speed (m/sec)	Turning time (sec/time)	Transplanting time (hr/ha)	Supplying time of herbicide (hr/ha)	Total time (hr/ha)
Prototype	0.52	22	4.6	0.1	4.7
Manual	-	-	-	6.0	-

### (4) 살포균일도

살포균일도는 스피너 선속도 4수준, 살포높이 5수준, 확산판 형상 5종에 따른 실험을 실시하였으며 결과는 그림 4, 5, 6에서 보는 바와 같다.

스피너 선속도별 살포균일도는 그림 4와 같이 선속도가 증가할수록 균일하게 나타났지만 선속도가 너무 빠르게 되면 입자의 비산거리가 확대되는 경향이 크게 나타나 스피너 선속도는 30.8m/sec가 가장 적당한 것으로 판단된다.

살포높이별 살포균일도는 그림 5와 같이 살포높이가 높을수록 살포균일도가 양호한 것으로 나타났지만 살포높이가 너무 높으면 바람의 영향으로 제초입제가 날리는 현상이 발생하고 반대로 너무 낮으면 살포각이 좁아져 균일도가 떨어지는 것으로 나타나 살포높이는 20cm로 하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

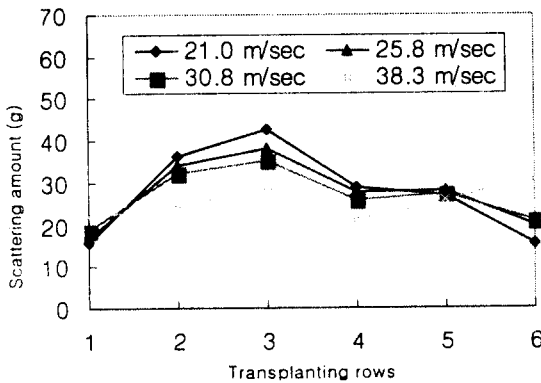


Fig. 4 Uniformity of herbicide by Diffuser speed

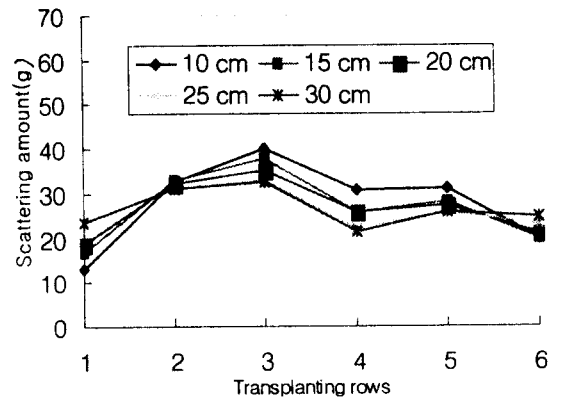


Fig. 5 Uniformity of herbicide by applying height

확산판 형상별 살포균일도는 그림 6과 같이 확산판과 확산판커버와의 두께 및 확산판의 경사에 따라 큰 차이가 나는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 제초입제가 고속으로 불규칙하게 운동하기 때문에 이론적으로 해석하여 설계하는 것이 곤란하여 실험적 방법으로 가장 알맞는 확산판 형상과 부착위치를 결정하였다. 시험결과 확산판 형상은 C형태가 가장 균일하게 살포되는 것으로 나타났다.

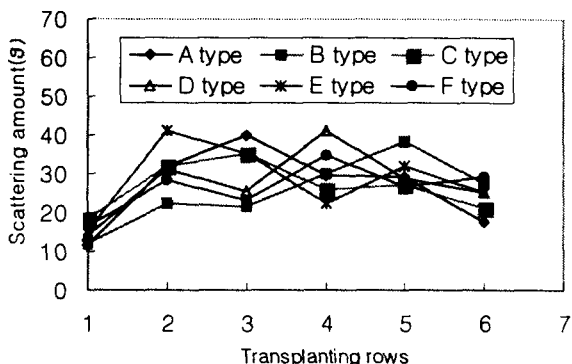


Fig. 6 Uniformity of herbicide by scattering plate

나. 제초 효과 시험

공시약제별 벼 약해 및 잡초 방제가를 조사하기 위하여 15일모인 일품벼와 35일모인 화성벼를 대상으로 약제 제조업체에서 권장하는 1~3kg/10a로 제초입제를 살포한 결과 표 6과 같이

Table 6. Rice injury index and weed control index of the two rice variety by the different herbicide treatments

Variety	Herbicide	Herbicide rate (kg/10a)	Time of application	Rice injury index		Weed control index		Rice yield (kg/10a)
				10 DAT	20 DAT	45 DAT	65 DAT	
Ilpum byeo (15 days old)	Pyraezosulfuron-ethyl+Molivate (Nonanmae)	3	0 DAT	0	0	90	67	455
	Cyhalofop-butyl+Molivate+Azimsulfuron(Amhangeosa)	3	"	1	0	74	47	336
	Cyhalofop-butyl+Pretilachlor+Pyrazosulfuron-ethyl(Keunsori)	1	"	2	0	58	45	267
	Molivate+Imazosulfuron (Nondame)	1	"	1	0	69	52	352
	Cyclosulfamuron+Pendimethalin (AC140 + Stomp)	3	"	1	0	97	96	528
	Londax + YRC	1	"	2	0	95	96	515
	None treatment	-	-	0	0	0	0	216
	Pyraezosulfuron-ethyl+Molivate (Nonanme)	3	10 DAT	0	0	94	92	501
Hwasung byeo (35 days old)	Cyclosulfamuron+Pendimethalin (AC140 + Stomp)	3	0 DAT	0	0	97	96	-

\* DAT : Day after transplanting

\*\* Rice injury index : 0 to 10, 10 is 100% damaged rice

\*\*\* Weed control index : 0 to 100, 100 is no weed at all in the field

잡초방제기는 Cyclosulfamuron+Pendimethalin(AC140+Stomp)와 Londax+YRC입제가 이앙 후 65일 까지 96%의 높은 방제가를 보여 관행의 손으로 살포한 Pyraezosulfuron-ethyl+Molivate (노난매)의 92보다 우수한 것으로 나타났다. 약해는 이앙후 10일 경에 일부 공시약제에 따라 1~2 정도 약해가 나타났으나 이앙후 20일 경에는 약해가 거의 회복되어 생육에는 지장이 없는 것으로 나타나 이앙과 동시에 제초제를 살포하는 재배기술이 가능한 것으로 판단된다.

공시약제에 따른 쌀수량은 표 6과 같이 방제가가 높았던 AC140+Stomp와 Londax+YRC 입제가 관행의 살포방법으로 이앙후 10일 경에 처리한 노난매에 비해 각각 5%와 3% 증수된 것으로 나타났는데 이것은 관행살포의 노난매에 비하여 신규 제초제인 AC140+Stomp와 Londax+YRC는 출수기 까지도 높은 잡초방제가 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 요약 및 결론

- 가. 시작기는 승용이앙기 부착형으로서 이앙과 동시에 제초입제를 균일 살포 할 수 있으며 탈부착이 용이하도록 제작하였다.
- 나. 시작기 구조는 약통, 배출장치, 확산장치, 동력전달장치 등으로 구성하였으며 살포방식은 스피너 고속회전에 의한 원심살포 방식으로 살포량은 1~3kg/10a으로 조절할 수 있고 살포폭은 180cm이다.
- 다. 작업성능은 4.7시간/ha이지만 이앙작업이 4.6시간/ha이고 실제로 소요되는 시간은 제초제 보급시간이 0.1시간/ha에 불과하여 살포작업공정을 완전히 생략할 수 있는 효과가 있는 것으로 나타났다.
- 라. 살포균일도는 스피너속도, 살포높이, 확산판 형상에 따른 살포량의 변이계수가 2.8~12.9% 수준이었으며, 스피너 선속도 30.8m/sec, 살포높이 20cm일 때 입제 종류별 5.1~7.3%로 매우 양호하게 나타났다.
- 마. 처리별 잡초방제 효과는 AC140+Stomp와 Londax+YRC입제가 이앙후 65일 까지 96%의 높은 방제가를 보여 대조약제인 노난매 보다 우수한 것으로 나타났다.
- 바. 처리별 쌀 수량은 방제가가 높았던 AC140+Stomp와 Londax+YRC입제가 이앙후 10일 처리한 노난매에 비해 각각 5%와 3%증수된 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 下名迫寛. 1990. 横みぞロール式施肥装置の肥料排出量調節法. 農業機械學會誌 52(6)
2. 작물시험장. 1990. 벼 기계이앙 재배의 신기술(어린모, 중묘, 성묘)
3. 鄭先錕. 1997. 수도작용 송풍식 입제살포기 개발. 서울대학교 대학원 논문집.
4. 佐藤純一. 1988. 廣幅肥料撒布機の開發研究. 農業機械學會誌 50(4)
5. 山下勝男. 1986. 乗用型施肥田植機(粒狀肥料用)の性能. 農業機械學會誌 48(2)
6. 李采植. 1985. 원심식살포기의 적정설계에 관한 연구. 성균관대학교 대학원 논문집.
7. 농업기계화연구소. 1996. 농사시험연구사업보고서.
8. 阿部篤郎. 1990. ロータベン式施肥機の肥料撒布性能. 農業機械學會誌 52(6)