

# 승용 이앙기 부착형 제초입제 살포기 개발과 살포성능

## Development and Application Performance of a Granular Herbicide Applicator Attached to Rice Transplanter

김진영*	박석호*	최덕규*	구연총**
정회원	정회원	정회원	
J. Y. Kim	S. H. Park	D. K. Choi	Y. C. Ku

### ABSTRACT

A herbicide applicator attached to a rice transplanter was developed to perform herbicide application and transplanting simultaneously. The prototype machine was composed of herbicide tank, discharge device, spinner, scattering plate and power drive. The application rate of the machine could be adjusted from 10 to 30 kg/ha and the application swath was 1.8m. According to the field test, application uniformity showed the range of 13.6~43.9% in terms of CV(coefficient of variation) depending on the spinner speed, application height and shape of diffuser. The best uniformity could be achieved with the spinner speed of 30.8m/s and application height of 20cm. Field efficiency of the prototype was 4.7hr/ha. Transplanting machine has field efficiency of 4.6hr/ha in Korea. By attaching the herbicide applicator, field efficiency became lowed only by 0.1hr/ha, which was counted for filling time of herbicide. Simultaneous operation of transplanting and herbicide application had a great effect of labor saving.

The weed control efficacy was measured to be 96% in field when AC140 + Stomp and Londax + YRC was applied at the 65th day after transplanting. Nonanmae was treated by manual application to be compared to.

**주요용어(Key Words):** 이앙기(Rice transplanter), 살포기(Applicator), 제초제 살포(Herbicide application)

### 1. 서 론

논의 제초제 처리는 모를 이앙한 후 5~8일경에 초기처리와 15~20일경에 중기처리 그리고 유효 분얼종지기로부터 유수분화기 전까지 후기처리로 구분된다(작물시험장, 1990). 약제의 종류로는 유제 또는 입제가 사용되며 이 중 제초제의 77.2%가 입제로 등록되어 있다(농약공업협회, 1994). 입제는 손 또는 동력살분무기를 이용하여 살포하고 있으나 입자가 작고 뿌리는 양(10a당 1~3kg)이 적기 때문에 균일하

게 살포하기 어렵다. 또한 이미 뿌려진 구역을 육안으로 확인하기가 어렵고 살포량 조절도 어려워 중복·과다 살포하게 되어 약해가 발생하고 수질·토양 오염이 증가할 우려가 있으며 살포작업시 좁은 줄 사이를 걸어다니게 됨에 따라 모에 물리적 피해가 발생하고 작업자가 제초제에 접촉되는 등 벼와 자연환경 및 인체에 나쁜 영향을 끼치고 있다(작물시험장, 1990).

제초제의 살포균일도가 떨어지면 적정 제초제 살포량의 2~4배를 더 살포해야 제초효과를 얻을 수

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소 재배기계과

\*\* 농촌진흥청 작물시험장 작물환경과

있으며(Erbach 등, 1976), 제초제의 살포균일도가 높을수록 제초효과가 지속되며 균일한 제초효과를 얻을 수 있으므로 결국 농약의 살포량을 최소화하여 농약의 낭비와 자연환경에 미치는 해를 줄일 수 있다고 지적하였다(Ritter 등, 1973).

살포균일도를 향상시키기 위해서는 살포기의 종류에 따른 노즐간격 및 형상, 살포높이, 유효 살포폭, 살포량 등과 작업조건에 따른 영향 등을 고려하여 최적 살포조건을 구명하는 연구가 필요하다. A.H. Azimi 등(1985)은 약제의 살포 균일도를 변이계수(Coefficient of variation)로 산정하여 CV가 10% 이하는 매우 균일한 살포상태, 15% 이하는 양호한 살포상태로 평가하였으며, 김(1995) 등은 분방제기 살포장치의 설계요인을 구명하는 연구에서 살포형태의 중첩률을 증가시킴에 따라 변이계수가 감소하는 경향으로 중첩률이 50% 일 때 변이계수가 7.32%로 되어 매우 높은 살포균일도를 나타내었다고 보고하였다.

본 연구에서는 제초제를 편리하고 안전하게 균일 살포할 수 있도록 이양작업과 동시에 제초입제를 살포하는 장치를 개발하였으며 살포성능과 제초효과 시험을 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시작기 설계제작

제초입제 살포장치는 적정량의 입제 제초제를 균일하게 살포하는 것을 목표로 하여 호퍼, 배출롤러, 구동륜, 동력전달장치, 스피너의 회전속도 및 모터의 동력과 회전속도, 확산판 형상 등의 설계변수를 고려하고 다음의 설계기준과 기존 연구결과(정, 1997; 이, 1985)에 기초로 하여 실험적 방법에 의하여 결정하였다.

1) 약액통은 1회 10a의 작업면적을 기준으로 5ℓ의 용량으로 설정하였으며 약액의 잔존여부를 확인할 수 있고 습기로 인한 입제간의 결합을 방지할 수 있어야 한다.

2) 배출롤러는 호퍼의 제초입제를 일정량을 연속적으로 배출할 수 있되 조절이 가능하고 입제에 손상을 주지 않는 구조가 되어야 한다.

3) 구동륜은 배출롤러를 일정속도로 구동시킬 수 있어야 한다.

4) 구동륜에서 배출롤러로 전달되는 동력은 손실을 최소화시킬 수 있고 배출량 조절이 가능한 감속비 구조가 되어야 한다.

5) 스피너는 제초입제를 균일하게 살포할 수 있어야 한다.

6) 모터는 제초입제를 일정한 거리까지 운반할 수 있는 회전동력이 확보되어야 하며 쉽게 동력을 이용할 수 있는 구조가 되어야 한다.

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

작동원리는 약통의 제초입제가 배출롤러를 통해 중력에 의해 일정량으로 스피너에 떨어지게 되면 원

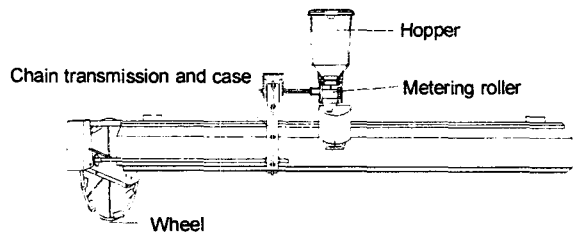


Fig. 1 The schematic diagram of a prototype.

Table 1 The specification of a prototype granular herbicide applicator

Size (mm)	Weight (kg)	Hopper (ℓ)	Spinner (φ, mm)	Motor (DC, V)	Wheel (φ, mm)	Metering roller (φ mm; No. of grooves)
1,590 × 630 × 820	23.5	5	80	12	400	62, 8

심력에 의해 스피너 반경방향으로 제초입제가 방출되어 확산판과 확산커버 내측으로 살포된다. 이때 확산판에 부딪힌 입제는 충돌력에 의해 확산판 수직 중심선을 기준으로 좌우측으로 확산되면서 지면으로 살포된다. 살포량은 구동륜에 의해 전달된 동력에 의해 배출롤러를 구동시켜 이앙속도에 알맞도록 배출롤러 홈 간격을 조절하여 1~3kg/10a 범위로 살포량을 조절할 수 있도록 설계하였다. 살포방식은 이앙작업폭인 유효살포폭 180cm의 토양표면에 제초입제를 흩어 뿌리는 산파방식을 채택하였다.

가) 제초입제 배출부

약통은 가능한 많은 면적을 살포할 수 있도록 대용량이면 효율적이거나 1회 10a의 작업면적을 기준으로 5ℓ의 용량으로 설정하였으며, 배출롤러는 약량 조절이 용이한 홈 로울러식으로 로울러를 좌우로 이동하여 홈 부분의 길이를 변화시켜 살포량 조절이 가능하도록 하였다. 배출롤러에서 배출된 입제가 스피너 상단으로 정확히 떨어지고 호트러짐을 방지하

기 위하여 그림 2와 같이 유도관을 부착하였다.

나) 동력 전달부

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

다) 확산장치

스피너는 그림 3과 같이 제작이 용이한 직선형 베인을 갖추었으며 외경은  $\phi 80\text{mm}$ 였다. 모터는 이앙기의 배터리 전원을 사용할 수 있도록 DC 12V용을 선택하였으며, 확산판은 그림 3과 같이 확산판 수직 중심선을 기준으로 좌우 대칭형상으로 제초입제를 좌우로 배출시키도록 설계·제작 하였다.

나. 실험방법

이 연구에 사용한 제초입제는 표 2와 같이 조립식

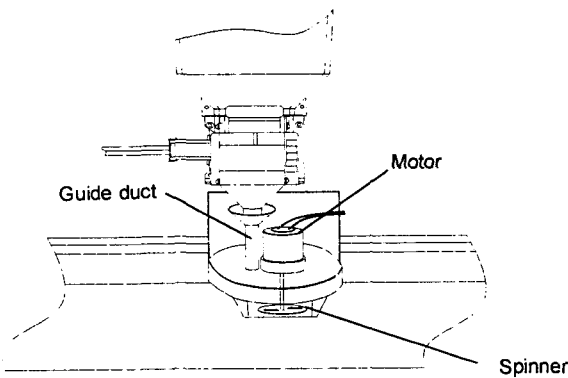


Fig. 2 The schematic diagram of a metering system.

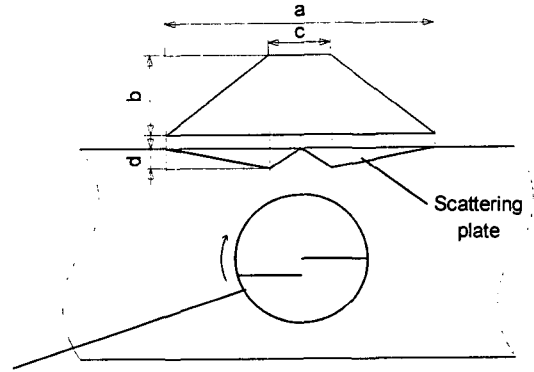


Fig. 3 Shape of Spinner and scattering plate.

Table 2 The physical properties of granular herbicides

Type	Particle size distribution (%)				Particle size (mm)		Bulk density (g/ℓ)
	< 1mm	1~3	3~5	> 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

입제인 A, B, C형 및 흡착식 입제인 D형 등 4종을 선정하였다. 공시입제별 크기는 A형이 92%가 3mm 이하이며, B형은 97%가 5mm 이하, C형은 82%가 1~3mm 범위 내, D형은 100%가 3mm 이하 크기로 이루어져 있다.

본 연구의 실험적 설계변수인 살포높이, 스피너 회전속도, 확산판 형상 등의 최적 설계변수를 결정하기 위하여 살포높이는 10, 15, 20, 25, 30cm, 스피너 회전속도는 21.0, 25.8, 30.8, 38.3m/s, 확산판 형상은 표 3과 같이 6가지 형상으로 실험요인을 설정하여 실험하였다. 살포높이는 이앙기의 식부깊이를 조절하여 설정하였으며, 스피너 회전속도는 비접촉식 타코미터를 이용하여 측정하였고, 살포량은 이앙 조건을 고려하여 30 × 20cm의 상자에 떨어지는 약제의 무게를 측정하여 구하였다.

공시기의 포장적용성 시험은 식양토의 포장에서 승용 산과 6조 이앙기에 부착하여 시험하였으며, 포장상태는 표 4와 같이 경반깊이가 17~20cm, 관수깊이가 1~5cm, 원추관입 깊이가 8~12cm 이었다. 구동륜의 슬립율은 -3.6%로 나타나 차륜트랙터의 콘크리트 노면 주행시의 슬립율 5%(정 등, 1990)에 비교해 볼 때 슬립이 거의 일어나지 않는 것으로 판단되었다.

제조 효과시험은 작물시험장 시험포장에서 공시

Table 3 Dimension of the scattering plates

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

\* Refer to Fig. 3.

Table 4 The physical condition of a tested paddy field

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

약제로 노난매, 암행어사, 큰소리, 논다매, Londax + YRC, AC140 + Stomp와 공시품종으로 일품벼 15일 모를 사용하였으며, 농업기계화연구소 시험포장에서는 AC140 + Stomp 약제와 화성벼 35일모를 사용하였다. 제조제 처리시기는 이앙동시와 관행 방법인 이앙 후 10일에 제조제를 살포하였으며, 살포량은 제조제 종류에 따라 10a당 1kg 또는 3kg을 살포한 후 이앙 후 10일 및 20일의 약해와 45일 및 65일의 방제가를 조사하였으며, 생육상태 및 수량 등을 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 작업 성능시험

##### 1) 배출롤러 개도별 살포량

제조제 살포량은 배출롤러의 홈 간격 조절에 따라 달라지게 된다. 배출롤러의 홈을 0, 2, 4, 6, 8mm 간격으로 조절하여 제조입제별로 살포량을 조사한 결과 그림 4와 같이 A형은 홈 간격 0~8mm 범위에서

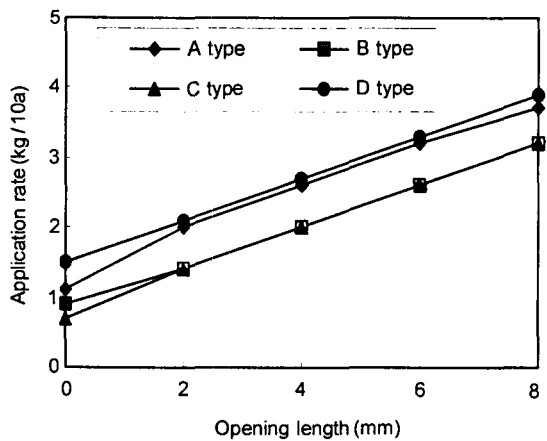


Fig. 4 Herbicide application rate with change of the opening length of grooves.

1.1~3.7kg/10a, B형은 0.9~3.2kg/10a, C형은 0.7~3.2kg/10a, D형은 1.5~3.9kg/10a으로 나타나 제초제형별로 살포량이 다르기 때문에 적정 살포량인 1~3kg/10a 범위 안에 포함되는 것으로 나타났다.

2) 작업 효율

제초입제를 살포하는데 소요되는 총 작업시간은 4.7시간/ha으로 나타났지만 이앙과 동시에 살포가 되므로 실제 소요되는 시간은 제초제 공급시간인 36sec/10a에 불과하여 관행의 제초제 살포시간 6시간/ha과 비교해 볼 때 살포작업 공정을 완전히 생략할 수 있다.

3) 살포균일도

살포균일도는 스피너 회전속도 4수준, 살포높이 5수준, 확산판 형상 5종에 따른 실험을 실시하였다.

그림 5는 스피너 회전속도에 따른 조립식 입제 A

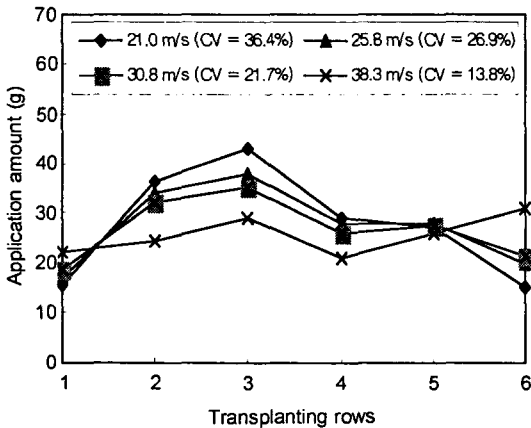


Fig. 5 Uniformity of herbicide with change of diffuser speed (A type herbicide).

형의 살포균일도를 나타낸 것이다. 회전속도가 증가할수록 CV가 36.4%(회전속도 21.0m/s)에서 13.8%(회전속도 38.3m/s)로 높게 나타났지만 선속도 38.3m/s에서는 입자의 비산거리가 증가하여 이앙 작업 폭 범위를 벗어난 바깥쪽으로 입자가 많이 비산되어 제초입제가 증첩 살포되는 현상이 발생하였다. 따라서 조립식입제 A형의 경우 스피너 회전속도는 CV가 21.7%로 비교적 살포균일도가 양호한 30.8m/s가 가장 적당한 것으로 판단된다.

조립식입제 B형의 살포형태는 이앙조건 중심부분에서 많이 살포되고 중심에서 멀어질수록 적게 살포되었다. 살포균일도는 스피너 회전속도가 21.0, 25.8, 30.8 및 38.3m/s에서 CV는 각각 42.9%, 32.2%, 16.5% 및 16.4%로 스피너 회전속도가 증가할수록 높게 나타났다. 스피너 회전속도를 30.8m/s에서 38.3m/s로 증가시켜도 CV는 큰 차이를 보이지 않았으나 이앙시 6조 바깥쪽으로 입제가 살포되어 중복 살포현상이 발생하였다. 따라서 조립식입제 B형의 경우도 스피너 선속도는 30.8m/s가 가장 적당한 것으로 나타났다.

조립식입제 C형의 살포균일도는 조립식입제 A형 및 B형과 비슷한 경향으로 이앙조건 중심부분에서 많이 살포되고 중심에서 멀어질수록 적게 살포되었다. 살포균일도는 조립식입제 A형 및 B형에서 적당하다고 판단되는 스피너 회전속도 30.8m/s에서 비교해 볼 때 CV가 조립식입제 A형은 21.7%, B형은 16.5%, C형은 26.7%로 비교적 낮은 살포균일도로 나타났다. 이렇게 공시입제별로 살포균일도에 차이가 나는 것은 공시입제의 크기와 무게차이 때문인 것으로 판단된다. 조립식입제 C형의 경우도 조립식입제 A형 및 B형에서와 같이 스피너 회전속도를 30.8m/s로 선정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

Table 5 Comparison of application efficiency of the prototype granular herbicide applicator with manual operation

Item	Travelling speed (m/sec)	Turning time (sec/time)	Transplanting time (min/10a)	Supplying time of herbicide (min/10a)	Total time (min/10a)
Prototype	0.52	22	276	0.6	282
Manual	-	-	-	360	-

흡착식입제의 살포균일도는 조립식입제 A, B, C 형과 유사한 살포형태로 나타났으며, 스피너 회전속도 21.0, 25.8, 30.8 및 38.3m/s에서 CV는 각각 43.9%, 36.3%, 23.0% 및 18.5%로 나타났다.

그림 6은 살포높이에 따른 조립식입제 A형의 살포균일도를 나타낸 것이다. 살포높이가 높을수록 CV가 31.7%에서 15.1%로 살포균일도가 높게 나타났다. 이러한 CV 값은 실험실에서 측정한 값으로 실제 포장에서 작업할 때에는 이앙기의 식부부를 울리고 내리는 과정에서 부판에 의해 흙이나 물이 제초제 살포장치에 튀는 것 등을 감안하여 제초입제 살포기의 살포높이는 20cm가 가장 적절한 것으로 판단된다.

조립식입제 B형의 살포균일도는 살포높이 20cm에서 CV가 21.8%, 25cm에서 17.8%, 30cm에서 13.6%으로 비교적 양호한 살포균일도로 나타났다.

조립식입제 C형의 살포균일도는 살포높이 10, 15, 20, 25 및 30cm에서 CV는 각각 34.5%, 33.8%, 26.7%, 26.5% 및 19.4%로 나타났다. 살포형태는 이앙조건 중심부분에서 바깥쪽으로 갈수록 살포량이 적은 것으로 나타났다.

흡착식입제의 살포균일도는 살포높이 10, 15, 20, 25 및 30cm에서 CV는 각각 37.9%, 31.4%, 27.1%, 22.5% 및 17.0%으로 나타났다. 살포형태는 이앙조건 중심부분에서 바깥으로 갈수록 살포량이 적은 것

으로 나타났다.

그림 7은 확산판 형상에 따른 살포균일도를 나타낸 것이다. 확산판과 확산판커버와의 간격 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(CV 20.6%) 가장 균일하게 살포되는 것으로 나타났다.

나. 제초 효과 시험

공시약제별 비 약해 및 잡초 방제가를 조사하기 위하여 15일모인 일품벼와 35일모인 화산벼를 대상은 Cyclosulfamuron + Pendimethalin(AC140 + Stomp)와 Londax + YRC입제가 이앙 후 65일까지 96%의 높은 방제가를 보여 관행의 손으로 살포한 Pyrazosulfuron-ethyl + Molivate(노난매)의 92보다 우수한 것으로 나타났다. 약해는 이앙 후 10일 경에 일부 공시약제에서는 1~2 정도의 약해가 나타났으나 이앙 후 20일 경에는 약해가 거의 회복되어 생육에는 지장이 없는 것으로 나타나 이앙과 동시에 제초제를 살포하는 재배기술이 가능한 것으로 판단된다.

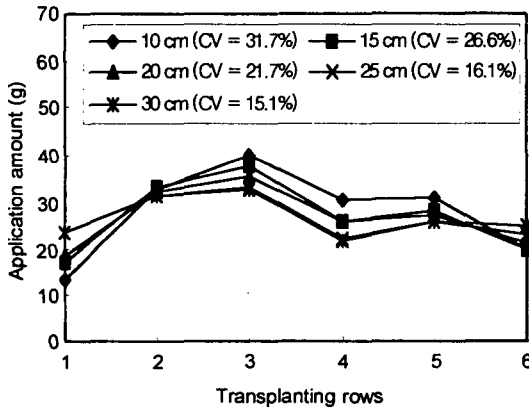


Fig. 6 Uniformity of herbicide application with change of applying height (A type herbicide).

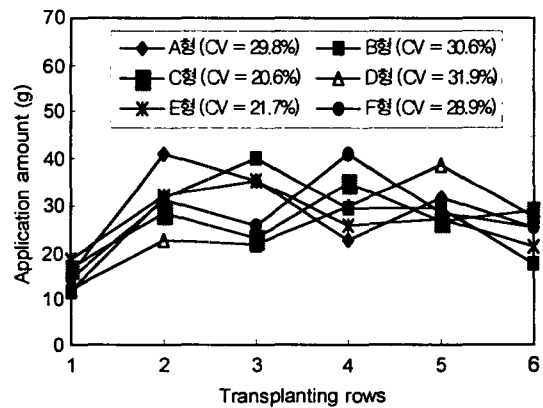


Fig. 7 Uniformity of herbicide application with change of scattering plate (Spinner speed 30.8m/s, A type herbicide).

Table 6 Phytotoxicity index and weed control index in field weed control test

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)	Pyrazosulfuron-ethyl + Molivate (Nonanmae)	3	0 DAT	0	0	90	67	455
	Cyhalofop-butyl + Molivate + Azimsulfuron (Amhangeosa)	3	0 DAT	1	0	74	47	336
	Cyhalofop-butyl + Pretilachlor + Pyrazosulfuron-ethyl (Keunsori)	1	0 DAT	2	0	58	45	267
	Molivate + Imazosulfuron (Nondame)	1	0 DAT	1	0	69	52	352
	Cyclosulfamuron + Pendimethalin (AC140 + Stomp)	3	0 DAT	1	0	97	96	528
	Londax + YRC	1	0 DAT	2	0	95	96	515
	None treatment	—	—	0	0	0	0	216
	Pyrazosulfuron-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.

\*\* Phytotoxicity index : 0 to 10, 10 is 100% damaged rice.

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

공시약제에 따른 쌀 수량은 표 6과 같이 방제가가 높았던 AC140 + Stomp와 Londax + YRC 입제가 관행의 살포방법으로 이앙 후 10일 경에 처리한 노난매에 비해 각각 5%와 3% 증수된 것으로 나타났는데 이것은 관행살포의 노난매에 비하여 신규 제초제인 AC140 + Stomp와 Londax + YRC는 출수기까지도 방제효과가 지속되었기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 요약 및 결론

이앙과 동시에 제초입제를 균일 살포 할 수 있으며 탈부착이 용이한 승용 이앙기부착형 제초제 살포기를 설계·제작하였다. 시작기 구조는 약통, 배출

장치, 확산장치, 동력전달장치 등으로 구성하였다. 살포방식은 스피너 고속회전에 의한 원심살포 방식으로 살포량은 1~3kg/10a으로 조절할 수 있고 살포 폭은 180cm 이다. 시작기의 살포성능과 방제효과를 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 살포작업은 이앙작업과 동시에 이루어지므로 실제로 소요되는 시간은 제초제 보급시간인 36sec/10a에 불과하여 살포작업공정을 완전히 생략할 수 있는 효과가 있는 것으로 나타났다.

2. 살포균일도는 스피너 선속도 30.8m/sec, 살포 높이 20cm 일 때 살포균일도가 가장 양호하게 나타났다.

3. 처리별 잡초방제 효과는 AC140 + Stomp와

Londax + YRC입제가 이앙 후 65일까지 96%의 높은 방제가를 보여 노난매를 이용한 관행 손 살포방법에 비해 우수한 것으로 나타났다.

4. 약해와 제초효과, 작업성능 등을 종합하여 볼 때 이앙과 동시에 제초제를 살포하는 공시기를 이용한 수도 재배기술은 현실에 적용할 수 있다고 판단 된다.

### 참 고 문 헌

1. 김학진. 1995. 분방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구. 서울대학교 대학원 석사 학위논문
2. 농약공업협회. 1994. 농약사용지침서.
3. 李采植. 1985. 원심식 살포기의 적정설계에 관한

연구. 성균관대학교 대학원 논문집.

4. 작물시험장. 1990. 벼 기계이앙 재배의 신기술(어린모, 중묘, 성묘).
5. 정창주, 정선옥, 장영창, 최영수, 최중섭. 1997. 수도작용 송풍식 입제살포기 개발에 관한 연구(I). 한국농업기계학회지 22(2):127~136.
6. Azimi, A. H. et al. 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. Trans. of the ASAE 28(5): 1410~1414.
7. Erbach, D. C., W. G. Lovely and C. W. Bockhop. 1976. Granule distribution uniformity. Trans. of the ASAE 19:823~826.
8. Ritter, D. W. et al. 1983. Simulation of rotary spreader distribution patterns. Trans. of the ASAE 26(1): 33~37.