

과수 크기 및 형상에 따른 스피드 스프레이어의 약액살포 제어[†]

Chemical Spraying Control by Tree Size and Shape for Speed Sprayer

엄영환*	신범수**	김상현**
정회원	정회원	정회원
Y.H.Uhm	B.S.Shin	S.H.Kim

1. 서론

근래에 들어 과일의 잔류 농약 허용치 기준 강화 조치와 같이 농약의 과다 사용으로 인한 주변 환경 오염 등 환경 문제가 중요한 사회적 이슈로 대두되고 있다. 관행적으로 과수원에서의 방제 작업은 방제 대상물인 과수의 특성에 관계없이 단위면적 당 일정량의 농약을 살포하는 방식으로 수행되었기 때문에 필연적으로 농약의 과다사용으로 인하여 주변 환경에 심각한 오염을 초래하게 되고, 과실에 잔류 농약 증가 뿐 아니라 방제작업 종사자의 건강에도 치명적인 영향을 미치게 된다. 따라서, 필요한 곳에 필요한 양만의 농약을 살포할 수 있는 정밀농업의 형태로 방제 작업이 이루어져야 하며 현대의 값싸고 성능 좋은 센서 기술의 발달은 방제 대상물의 특성 및 위치를 정확하게 감지하여 꼭 필요한 양만의 농약을 살포하게 하는 것을 가능하게 하였다.

기존의 과수원 방제기에 관한 연구는 국내에서는 주로 주행을 무인화하는 방식으로 진행되었으며(조성인 등, 1996; 장익주 등, 1995), 외국에서는 과수의 존재 유무나 형태 특성을 감지하여 적절한 방제를 하기 위한 연구가 시도된 바 있다.(Riechard et al. Giles et al. 1987)

본 연구는 과수원 방제기의 약액 살포를 과수의 형태 특성에 맞추어 제어할 수 있는 시스템을 개발하는 것을 목표로 하였다. 구체적인 연구 목적은 기 개발된 과수 형상 측정장치(신범수 등, 1999)와 약액살포 제어장치를 결합하고, 제어 알고리즘을 개발하며, 과수 포장에서 관행적인 방법과 약액살포 제어가 적용된 방법간의 농약부착율 및 농약 절감율 차이를 비교하여 성능을 평가하는 것이다.

† 본 연구는 농림부에서 시행한 농림특정연구사업의 연구결과임

* 강원대학교 대학원 농업기계공학과

** 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

2. 재료 및 방법

가. 과수의 크기 및 형상 측정시스템

스피드 스프레이어에서 약액 살포를 과수의 형태에 따라 제어하기 위해서는 먼저 과수의 크기 및 형상에 대한 데이터를 연속적으로 정확하게 측정할 수 있는 장치가 있어야 한다. 본 연구에서는 초음파 센서를 사용하여 과수 열의 중심으로부터 과수까지의 거리를 측정하여 과수의 형태를 측정하는 방식을 채택하였다. 강원대학교에서 개발한 과수의 크기 및 형상 측정장치는 6개의 초음파 거리 측정장치, 초음파 센서 구동장치, 주행거리/속도 측정장치, 데이터 입출력 인터페이스 카드와 메모리가 내장된 산업용 컴퓨터로 구성되어 있다. (신범수 등, 1999)

나. 스피드 스프레이어의 약액살포부

본 연구에서 사용한 과수원 방제기의 약액살포부의 노즐 구성은 그림 1과 같다. 과수의 크기 및 형상에 따라 약액 살포부를 제어함에 있어서 실용화 측면을 고려하여 측정 및 제어 시스템은 가능하면 간단하게 구성해야만 생산 단가를 줄일 수 있고, 고장도 줄일 수 있어 유지, 보수도 용이할 것이다. 따라서 개별 노즐을 제어하기 보다는 노즐 구성을 먼저 좌, 우로 구분한 후 각각의 경우에 대하여 0, 1, 2 번 노즐을 Bot, 3, 4 번 노즐을 Mid, 5, 6 번 노즐을 Top 등과 같이 그룹으로 나누어 제어하는 방식을 채택하였다.

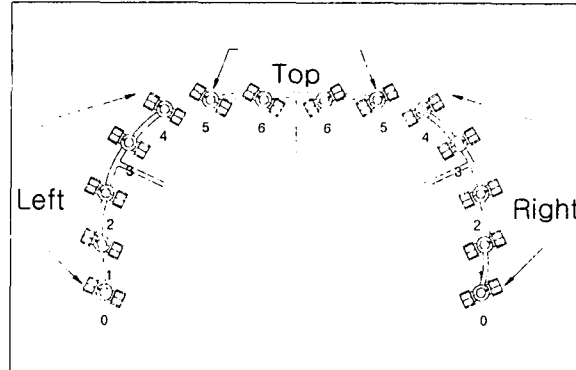


Fig. 1 Configuration of nozzle arrangement.

구조 변경된 스피드 스프레이어의 약액살포부는 그림 2와 같으며, 작동 가능한 노즐 조합은 Top, Mid, Bot을 모두 작동하는 경우(All-On), Mid와 Bot을 작동하는 경우(M-B), Bot만을 작동하는 경우(B) 및 모든 노즐을 잠그는 경우(All-Off)의 4가지로 단순화하였다.

다. 제어 알고리즘의 개발

제어 알고리즘은 이상적인 환경 조건에서 스피드 스프레이어가 작동할 때 각 노즐 조합

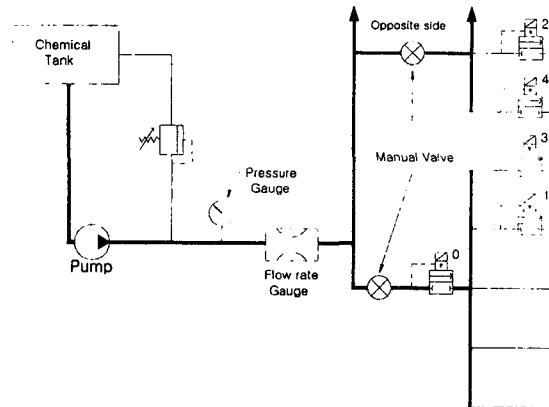


Fig. 2 Modified spraying control system.

의 작동 여부에 따른 살포된 약액의 공간적 분포율을 구한 후, 과수의 크기에 따라 주어진 크기의 과수까지 도달할 수 있는 노즐 조합을 선정하여 작동시키는 원리로 구성하였다.

1) 약액살포시험

이상적인 환경 조건에서의 Spray deposition test는 폭과 길이가 약 20m, 높이가 7m 정도이고 콘크리트 바닥인 강원대학교 농업기계공학과 공작실에서 수행되어 졌으며 약 10m 정도의 주행로를 확보한 후 약액 살포 노즐의 우측 반쪽만을 사용하였다. 길이가 약 3.1m 이고 직경이 20mm 인 지지대 3개를 주행 중심선으로부터 1.5m, 2.5m, 3.5m 떨어져 설치한 후 각 봉의 1m, 1.5m, 2m, 2.5m, 3m 위치에 5개의 종이 타월로 만든 타겟을 설치하였다. 스피드 스프레이어가 주행하면서 약액을 살포하게 되므로 3.5m 또는 2.5m의 위치에 설치한 타겟이 앞에 있는 지지대에 의해 방해되지 않도록 3개의 지지대를 진행방향을 따라 1m 정도씩 간격을 두고 설치하였다.

사용한 타겟은 가로5cm, 세로 8cm의 여러 겹의 종이 타월을 고정할 수 있도록 만든 비닐 케이스 속에 집어넣어 지지대에 고정시켰으며 살포 실험을 하기 전에 각 타겟의 무게를 측정해 놓고 살포실험 후에 건조되지 않도록 즉시 비닐 팩에 밀봉하여 보관한 후 실험실에서 젖은 종이 타월의 무게를 측정하여 실험전의 무게를 뺀 순수한 물의 무게만으로 단위면적 당 분무되는 양을 계산하였다. 각 처리 별로 3회 반복하였으며, 반복간에 실험 순서를 임의화 하였다.

2) 제어 알고리즘

제어 알고리즘은 크게 두 부분으로 전체적인 시스템을 제어하는 부분과 작동노즐조합을 선정하는 부분으로 구성되어 있다.

프로그램이 실행되기 전에 거리/속도 측정장치의 외부에 설치된 리셀키를 눌러 카운터를 초기화하도록 하였다. 전체적인 시스템을 제어하는 부분은 구동륜에 장착된 로타리엔코더 (10 pulse/rev, Autonics, Korea)로부터 펄스에 의해 제어되는데 일정한 거리를 주행할 때마

다 6개의 초음파 거리 측정 장치의 램프에 저장되어 있는 데이터를 읽어 들이며, 입력된 거리 데이터들은 과수의 canopy 크기로 변환되어 작동 노즐조합을 선정하는 부분으로 입력되어 작동할 노즐조합을 결정하고 그 결과를 스택에 저장하여 나중에 릴레이 보드로 출력할 수 있도록 하였다.

작동 노즐조합을 선정하는 방법은 앞의 이상적인 조건에서의 약액살포시험 결과를 이용하여 초음파 센서가 위치한 높이를 중심으로 과수의 크기를 큼, 중간, 적음 등으로 나누어 과수가 큰 경우에는 각 높이에서 최대의 약액이 부착될 수 있는 노즐 조합을 작동하도록 하고 반대의 경우에는 가장 적은 약액 부착율을 보인 노즐조합을 작동하는 방식을 채택하였다.

라. 포장 성능 실험

과수 포장에서의 성능 평가는 강원도 농촌진흥청 과수포장에서 수행되었으며, 스피드 스프레이어의 주행속도는 저속 1단인 3km/h로 고정시키고 대상 과수의 중심선으로부터 3m 떨어진 곳에 출발점과 표식선을 설치하여 운전자가 항상 동일한 경로를 운전할 수 있도록 하였다. 종이 타월 타겟은 그림 3에서와 같이 지지대 #1, #4, #7은 과수 열간 중심선에서 1.5m 거리에서 나뭇잎에 가리지 않게 세우고 지지대 #2, #5, #8은 중심선에서 2.5m 거리에, 지지대 #3, #6번은 중심선으로부터 3m 떨어진 거리에 세우고, Lab 실험에서와 같이 지지대의 높이 1m부터 3m까지 0.5m 간격으로 종이 타월 타겟을 장착한 후, 관행적인 약액살포와 제어 알고리즘이 적용된 약액살포 방법에 의한 약액 부착율 비교실험을 수행하였다. 각 실험 조건에서 실험 순서는 임의화 하였으며 3 반복을 하여 평균으로 약액 부착율을 나타내었다.

실험 대상 과수는 배나무로 약 5년생 화산 품종으로 조간거리는 약 8m, 주간거리는 약 6m이며 평균 높이는 약 2.8m이고 폭은 최고 275cm~최소240cm 정도였다. 과수와 과수의 경계가 뚜렷하다는 것이 이 과수원의 특징이기도 하다. 실험 구간 20m에는 3 그루의 과수가 있었다.

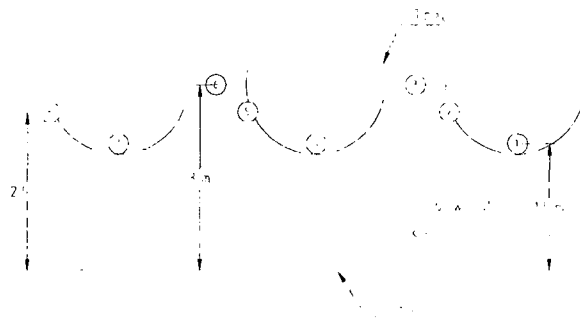


Fig. 3 Location of target poles in orchard.

3. 결과 및 고찰

과수형상 측정장치에 의해 측정된 과수의 프로파일은 그림 4에 나타내었다. 타겟 지지대 #4와 #5가 위치한 부분의 과수는 전체적으로 크기가 작은 편이며 특히 Top 높이에 나무의 크기가 다른 부분에 비해 상대적으로 매우 작은 것을 알 수 있다. 또한 인접한 과수 사이의 공간이 충분히 넓었으므로 초음파 센서의 특성상 센서의 빔폭이 큼에도 불구하고 과수 사이의 공간을 매우 잘 인식할 수 있었다.

제어 알고리즘이 적용된 경우가 대체로 약액 부착량이 적은 것으로 나타났으며, 특히 지지대 #4, #5가 있는 지점에서 과수는 Top부분의 가지의 뻗힘 길이가 약 70cm 정도로 매우 작았기 때문에 제어 알고리즘을 적용한 경우에 높은 위치의 타겟에서의 약액 부착량이 적은 것으로 나타났으며, 지지대 #3 과 #6 은 공간이 넓은 과수 사이에 있는 것이므로 제어 알고리즘이 적용된 경우에는 약액 부착량이 거의 없어 제어의 효과를 명확하게 보여 주었다.

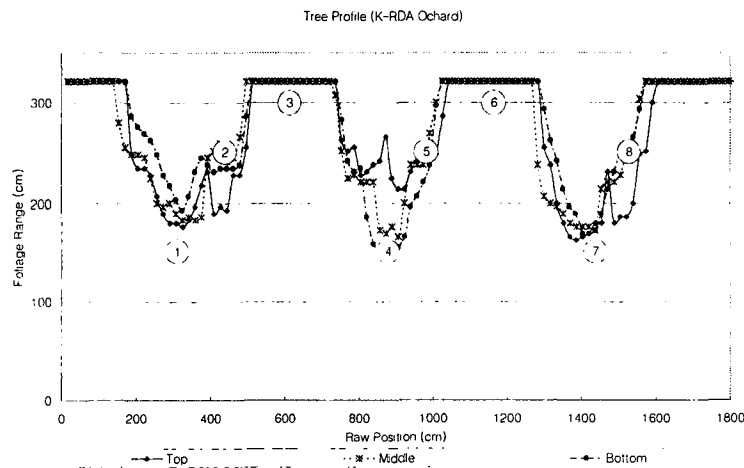


Fig. 4 Measured tree profile in K-RDA orchard.

표 1은 두 가지의 약액 살포 방법에 대하여 각 타겟에서의 약액 부착율 간의 상관관계를 규명하기 위한 Duncan's Multiple Range Test의 결과이다. 과수와 과수 사이에 위치한 지지대 #3, #6에서의 부착율은 서로 유의성이 있는 것으로 나타났으며 과수의 키가 작은 부분의 지지대 #4, #5에서는 1.5 - 2m이상에서 차이가 있었으며 나머지 pole #1, #2, #7, #8에서는 서로 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 제어 알고리즘이 적용된 약액 살포 방법이 적용 가능한 시스템으로 판단할 수 있었다.

앞에서와 같은 방법으로 약액 절감율을 구한 결과, 대상 구간은 과수 3 그룹에 대한 총 18.5m 이며, 전체 108개의 제어데이터에서 노즐을 모두 작동하는 구간이 19개, Mid-Bot을 작동하는 구간이 6개, Bot 만을 작동하는 구간이 4개로서 관행적인 방법에서 108개 전체에 대하여 노즐을 모두 작동시키는 경우와 비교하면 약 77%의 약액을 절감할 수 있는 것으로

나타났다.

Table 1 Duncan's Multiple Range Test results for spray deposition on two spraying methods

Pole #	Height(m)	Average Deposition (mg/cm ²)		Duncan Group	
		No Control	Control	No Control	Control
1 (Depth 1.5m)	1	37.25	31.18	A	A
	1.5	39.50	34.08	A	A
	2	20.92	16.50	A	B
	2.5	13.17	8.58	A	A
	3	11.08	4.00	A	B
2 (Depth 2.5m)	1	31.75	15.75	A	B
	1.5	39.42	32.17	A	B
	2	25.93	20.58	A	A
	2.5	9.68	6.75	A	A
	3	6.68	3.50	A	A
3 (Depth 3m)	1	10.25	0.75	A	B
	1.5	32.18	0.43	A	B
	2	28.58	0.75	A	B
	2.5	14.43	0.42	A	B
	3	7.42	0.58	A	B
4 (Depth 1.5m)	1	36.08	30.18	A	A
	1.5	39.00	33.33	A	A
	2	21.25	10.58	A	B
	2.5	17.18	6.08	A	B
	3	9.75	2.68	A	B
5 (Depth 2.5m)	1	30.58	15.93	A	A
	1.5	39.93	19.25	A	B
	2	27.25	16.75	A	B
	2.5	13.08	6.08	A	B
	3	6.58	0.92	A	B
6 (Depth 3m)	1	12.50	0.67	A	B
	1.5	31.18	0.25	A	B
	2	24.75	0.42	A	B
	2.5	14.83	0.68	A	B
	3	7.08	0.33	A	B
7 (Depth 1.5m)	1	38.08	35.08	A	A
	1.5	36.43	32.32	A	A
	2	22.33	21.43	A	A
	2.5	12.42	10.50	A	A
	3	7.58	5.42	A	A
8 (Depth 2.5m)	1	28.43	13.93	A	B
	1.5	41.68	29.00	A	A
	2	25.43	22.93	A	A
	2.5	10.25	5.25	A	A
	3	6.92	3.67	A	A

4. 요약 및 결론

과수의 크기 및 형상에 따라 최적의 약액살포 제어가 가능한 시스템을 개발하여, 기존의 스피드 스프레이어를 개조하여 장착하고 과수 포장에서 약액살포 성능을 평가하였다.

약액살포 제어 알고리즘을 개발하기 위하여 기존의 스피드 스프레이어를 사용하여 약액 부착율 측정 실험을 수행하였다. 측정 결과를 이용하여 과수의 크기를 상부, 중부, 하부로 나누어 각 부분에 살포되어야 할 양을 결정하고 각 부분에서의 canopy의 크기를 큼, 중간, 작음, 없음 등의 제어 변수를 사용하여 각각의 과수 canopy 크기에서 어떤 노즐조합이 적합한 지를 선정하는 simple control 알고리즘을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 제어장치는 유목(幼木)의 과수원에서는 그 효과가 매우 클 것으로 판단되며 성목(成木)의 과수원에서도 한 줄을 다 뿌리고 다시 다음 줄로 들어가기 위하여 선회할 때 운전자가 약액살포 노즐의 on/off에 신경 쓰지 않아도 되므로 작업 안전성을 확보할 수 있을 뿐 아니라 실수로 노즐을 잠그지 못한 경우에 생길 수 있는 허공으로의 농약 살포로 야기되는 농약 손실과 환경 오염을 방지해 줄 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 신범수 외, 1999, 초음파 센서를 이용한 과수채적(TRV) 측정시스템 개발, 1999 동계학술대회논문집, 24(1) pp.661-667. 한국농업기계학회지
2. 장익주 외, 1995, 무인 스피드 스프레이어의 개발(I)-원격제어 및 유도케이블 시스템, 한국농업기계학회지, 20(3) pp.266-235.
3. 조성인 외, 1996, DGPS와 퍼지제어를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행(II), 한국농업기계학회지, 22(4) pp.487-496.
4. Reichard, D. L. and T. L. Ladd, 1981, An Automatic Intermittent Sprayer, Trans. of the ASAE, V. 24(4), pp.893-896.
5. Giles, D.K., M.J. Delwiche and R.B.Dodd. 1987. Control of Orchard Spraying Based on Electronic Sensing of Target Characteristics. Transaction of ASAE v.30(6)pp.1624-1636, St. Joshep, MI, USA
6. Giles, D.K., M.J. Delwiche and R.B.Dodd. 1988. Electronic Measurement of Tree Canopy Volume. Transaction of ASAE v.31(1)pp.264-272, St. Joshep, MI, USA