

## 우리나라 사과원의 농약 살포물량 설정을 위한 LWA 모델 적용 연구

김상수\* · 권혜영 · 이강수<sup>1</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, <sup>1</sup>전북대학교 농업생명과학대학

### Study of Water Volume Standard for Pesticide Application with LWA (Leaf Wall Area) Model in Apple Orchard

Sang-Su Kim\*, Hyeyoung Kwon and Kang-Soo Lee<sup>1</sup>

Department of Agro-food safety, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Korea

<sup>1</sup>Department of Crop Agriculture Life and Science, Chonbuk National University, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 66414, Korea

(Received on April 27, 2017. Revised on May 28, 2017. Accepted on June 12, 2017)

**Abstract** In this study, the optimum water volume of pesticide in apple orchard is estimated with real sprayed area calculated with LWA (Leaf Wall Area) model and proper pesticide water volume of Speed Sprayer. Height of canopy showed no temporal difference in Fuji and Hongro varieties. In July, the middle of growth, canopy height/width were investigated as 3.45/2.44 m in high density planting system and 3.13/3.68 m in conventional planting system. Statistics showed higher canopy height in high density planting and longer canopy width in conventional planting. Difference of row/planting distance in rows were 3.94/1.90 m in high density planting and 3.59/2.75 m in conventional planting. Results showed farther row distance in high density planting and farther planting distance in conventional planting. LWA was calculated as 1296.80 - 2432.10 m<sup>2</sup>/10a with its canopy and orchard parameters. Water-sensitive paper coverage were 78.06 with little water volume (230 L/10a), 91.14 with usual water volume (336 L/10a) and 95.91 with large water volume (560 L/10a). Usual and large water volume showed no significant difference and little water volume is considered to have economical advantage. Proper spraying water volume is calculated 138.4-296.4 L/10a with investigated LWA.

**Key words** LWA, Pesticide, Speed sprayer, Water-sensitive paper, Water volume

## 서 론

우리나라의 농약 사용량은 유효 성분량 기준으로 2015년 19,482톤이 출하되었으며, 최근 5년간 급격한 변화를 보이지 않는 상태에서 1,900여톤 내외로 유통되고 있다(Korea Crop Protection Association, 2016). ha당 농약 사용량은 2001년 13.5 kg을 정점으로 완만하게 감소하여 2014년 11.3 kg의 소비량을 나타냈다(e-National Indicator System, 2016). FAO조사에 따르면 우리나라는 아시아 태평양 지역

에서 일본(11.2 kg/ha)에 이어 두 번째(10.9 kg/ha)로 사용량이 많으며(Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, 2014) Latin America의 Costa Rica (21.6), El Salvador (13.3), Chile (11.4), Colombia (13.5) 및 Suriname (14.4) (Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for the Latin America and the Caribbean, 2014)과 Africa 지역의 Mauritius (25.7) (Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Africa, 2014) 보다는 낮은 사용량을 나타내고 있으나, 농업분야 선진국가가 위치한 유럽지역(Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional

\*Corresponding author  
E-mail: sangsu@korea.kr

Office for Europe and Central Asia, 2014)보다는 높은 사용량을 보이고 있다. 특히 경제규모에 있어서 선도 국가인 OECD 국가간 비교에서도 다소 높은 수준을 나타내고 있어 (OECD, 2015) 국내의 농약 사용량을 줄여야 한다는 지적에 당위성을 제공하고 있다.

현재까지 우리나라에 등록되어 있는 농약의 사용량 표기 방법을 살펴보면, 농약을 살포하는 물량에 제품을 희석하는 단위인 희석배수, 단위면적당 제품 사용량(kg 또는 mL), 주당 사용량 및 m<sup>3</sup>당 사용량 등 제형 및 처리 방법에 따라 그 단위를 달리하고 있으나, 제초제와 입제 형태일 경우만 제품 사용량 등을 사용하고 있으며, 살충제 및 살균제의 희석 제형(유제, 액상화수화제, 입상수화제 등)은 대부분 희석배수를 사용하고 있다. 이러한 표시 방법은 살포물량이 고정되어 있지 않으면 등록된 희석배수를 맞추기 위하여 농가는 혼란을 겪을 수 밖에 없으며, 일부 제품은 한국작물보호협회에서 발행한 작물보호제 지침서에 ‘약액이 충분히 묻도록 골고루 뿌림’으로 되어 있어 그 ‘충분히’의 정도가 어느 정도 인지 객관적으로 가늠하기 힘든 상태이다.

유럽 국가들의 농약 사용량 표시방법을 4 Group으로 분류할 수 있는데 ha당 일정 살포물량에 사용되는 제품 사용량, 100 L당 제품 사용량, 수관 높이에 따른 제품 사용량 및 ha당 작물 열간의 Volume 또는 지표면에 따른 제품 사용량으로 표시하고 있다(Rüegg et al., 2001). 이와 같은 모든 표시방법은 우리나라에서 사용하는 희석배수 보다는 정량화된 표시방법으로 평가되지만 동일한 제품을 여러 국가에 등록하기 위해서는 그 나라의 농약 사용량 표시방법에 맞게 포장 시험이 수행이 요구되므로 유럽 내에서는 살포물량 표현 방식의 통일이 요구되고 있는 실정이다(EPPO, 2012). 이에 대한 대안으로 유럽에서는 LWA (Leaf Wall Area) 모델이 향후 각광 받을 것으로 예측하고 있다(Toews and Friessleben, 2012).

현재 우리나라의 농약등록체계 및 농가 사용실태를 반영하여 농약 사용량을 줄이기 위해서는 무엇보다도 표준화된 농약살포물량 설정이 선결되어 그 모호성을 보다 객관화 하고, 농약 살포물량의 설정이 합리적인 살포 모델 하에서 이루어져야 할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 국내 사과원의 포장 및 작물의 형질 요인을 조사함으로써 LWA 적용 및 농약 살포 면적에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 물량에 따른 농약 피복 형태를 분석하여 사과원의 적정 농약살포물량 설정하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 사과원의 수관 특성 및 포장 특성 조사

조사를 위한 포장 선정은 1995년도에 사과영농조합이 설립되어(Heo, 2012) 비교적 최근에 재배가 시작된 전라북도

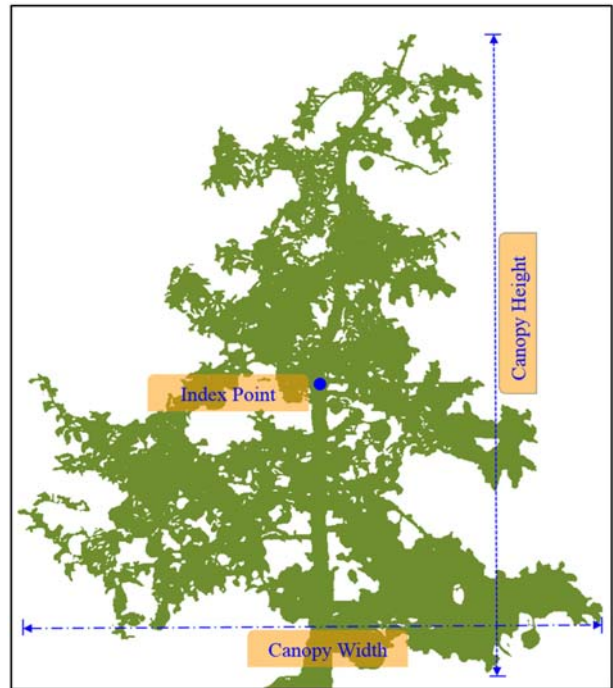


Fig. 1. Diagram of canopy parameter used in this experiment.

장수군 지역과 1900년 최초의 상업적 과수원이 개원된 경북 지역에 해당하며(Seok and Lee, 2001), 1980년 경북지역 최대 생산지역(Ryu and Shin, 1995)으로 재배 역사가 오래된 경상북도 영주시를 대상으로 2개 지역을 선정하였으며, 사과의 품종은 국내에서 주로 재배되고 있는 품종인 후지와 홍로를 선택하였다. 재배방식은 장수지역은 밀식재배형, 영주 지역은 일반 재배형 포장이었다.

작물의 시기별 수관 높이 및 수관 너비의 변화를 분석하기 위하여 2014년 5월 28일, 7월 7일, 8월 20일에 장수군 농업기술센터 사과 시험포에서 후지 및 홍로 품종 각각 10주에 대하여 잎이 달려 있는 부분의 상하 길이인 수관 높이와 횡의 길이가 가장 긴 수관 너비를 Fig. 1과 같이 Laser Rangefinder (Bosch GLM80, Stuttgart, Germany) 및 Staff (Bosch GR500, Stuttgart, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 작물 생육 중간 시기의 수관 높이와 수관 너비는 장수와 영주지역에서 7월 4일부터 7월 17일까지, 홍로 70 후지 103주에 대하여 조사하였다. 추가적으로 재배포장 사과나무의 열간거리 및 재식된 간격을 알고자 장수 102, 영주 60지점을 대상으로 조사를 진행하였다. 시기별 조사지역으로 장수를 선택한 이유는 장수지역 포장이 저수고 고밀식재배 포장이었으며, 이러한 재배형태는 관행의 교목재배에 비하여 조기수확 낮은 수고의 장점을 가지고 있으며 저비용, 고품질 구조화를 위한 수단으로 받아 들여져 1996년도부터 본격적으로 연구되기 시작되었으며(Oh, 1998; Yoon, 2004), 이전 설문조사 결과 대부분의 사과원에 해당되어(Kwon et al., 2017). 향후 대표적인 재배방식으로 판단했기 때문이다.

조사된 수관 높이 및 열간 거리에 따른 LWA는 Equation 1에 대입하여 10a (1,000 m<sup>2</sup>)당 LWA 면적을 계산하였다.

#### 사과 잎의 피복률 조사 및 분석

시기별 잎의 피복률 변화를 조사하고자, 5~8월까지 시기별 수관 높이 및 너비를 측정된 동일 나무 뒷부분에 백색의 장막을 펼치고, 수고 2 m 지점을 중심으로 DSLR 카메라로 일정한 거리를 두고 정면으로 촬영하였다. 피복률 분석을 위하여 먼저 Photoshop® CS3 (Adobe Systems, CA, USA)을 이용하여 작물의 형태를 제외한 불필요한 배경을 제거하였으며, ImageJ 1.50 (US National Institutes of Health, Maryland, USA)를 이용하여 나무의 중앙 부위인 지면에서 2 m 지점을 중심으로 2 m × 2 m 크기로 자른 다음 Binary type 변환을 위해 8bit type으로 전환 후 Threshold를 적용하였으며, Analyze Particles을 size (pixel<sup>2</sup>) 0-Infinity 및 Circularity 0.00-1.00 조건으로 잎 피복률을 분석하였다.

#### 살포물량 시험포장 조건

살포물량 포장 시험은 전북 장수군농업기술센터 사과 시험포(35°37'13"N 127°30'40"E)로 2015년 10월 15일 오전에 살포 하였으며 이때 기온은 21.2°C, 상대습도는 52.9% 및 풍속은 남남서 1.9 m/s이었다. 사과 품종은 후지를 사용하였으며, 과원의 재배형태는 저수고 밀식재배였으며 포장의 열간거리 4 m, 재식거리 2 m로 식재되어 있었으며, 이때 사과 나무의 수관 높이는 3.98 ± 0.31 m, 수관 너비 2.72 ± 0.22 m 였다.

#### 살포기 및 살포물량

살포시 사용된 장비 및 물량 조건은 Table 1에 나타내었다. 이전의 연구결과에서(Kwon et al., 2017) 사과재배 농가의 Speed sprayer 사용 비율은 77.6%로 동력 분무기 등 기타 살포기에 비하여 높은 사용 비중을 나타내고 있으며, 과거 Lee et al. (2007)의 연구결과에서도 66.9%를 차지하고 있어 사과원 농약 살포기로서 대표성을 갖는 것으로 판단하였다.

농가에서 사용하는 물량을 토대로 적정한 농약의 살포물량을 검정하기 위하여 Kwon et al. (2017)의 결과에 따라 누적 도수분포표상 중간지점에 가장 근사한 범위인 49% 구간(300-350 L/10a)에 해당하는 336 L/10a를 중간물량으로

설정하였으며, 18% 구간인 230 L/10a, 96% 구간인 560 L/10a를 각각 저물량과 고물량으로 설정하였다.

#### 살포액 조제 및 살포 방법

살포액 조제는 Acetamiprid (8%, 모스피란, 경농)를 사용하여 사용하였으며, 이 때 희석배수는 사과에 등록되어 있는 것과 동일하게 지하수 500 L에 2,000배로 희석하였다. 시험구는 완전임의배치 3반복으로, 시험구획은 30 m × 8 m 크기로 설정하였으며, 최소 12 m 이상의 완충지역을 두어 주변 시험구의 영향을 배제하였다. 또한 시험 구획의 시작점과 종료지점에는 살포기 운전자가 그 위치를 알아볼 수 있도록 적색의 끈으로 표시하였으며 시작점 이전 및 종료지점 이후까지 농약을 살포하여 농약 분무 초기 기계 내에 남아 있는 공기 등에 의하여 발생할 수 있는 오차를 최소화 하였다. 물량별 조정은 살포기의 기어변속을 통하여 조절하였는데, 저물량에서 고물량까지 저속3단(2.9 km/h), 저속 2단(1.9 km/h) 및 저속 1단(1.1 km/h)으로 조절하였다.

#### 감수지의 부착 및 농약 피복도 분석

농약이 사과나무의 잎에 피복되는 정도를 통하여 살포물량의 적정성을 조사하기 위해 76 mm × 52 mm의 Water Sensitive Paper (Syngenta, Basel, Switzerland)를 이용하였다. 수고 2 m 지점을 중심으로 1 m 위와 아래를 상위, 하위로 정의하고 나무 중심 위치에서 0.5 m 바깥 방향으로 하여 상, 중, 하 각각 8개씩 1주 당 총 24개를 잎의 앞과 뒷면을 검정할 수 있도록 반으로 접어 부착하였다. 농약 살포된 후 완전히 마른 상태에서 탈거하였으며, 밀폐형 비닐백에 위치와 물량별로 구분하여 수거하였다.

농약 피복도 분석을 위하여 수거된 감수지는 Scanner (Fuji Xerox DocuScan 4250, Tokyo, Japan)를 이용하여 600 dpi 해상도로 컬러 스캔하여 Jpeg 형태로 저장하였다. 원본 스캔이미지를 ImageJ 1.50 (US National Institutes of Health, Maryland, USA)를 이용하여 600 × 600 pixel 자른 다음 엽 피복률 분석과 동일하게 이미지를 변환하고 Analyze Particles을 size (pixel<sup>2</sup>) 0-Infinity 및 Circularity 0.00-1.00 조건에서 감수지 분석 소프트웨어인 DepositScan (United States Department of Agriculture; Zhu et al., 2011)을 ImageJ Plugin으로 활용하여 감수지 농약 피복율을 분석하였다.

**Table 1.** Sprayer and spray volumes used at the study

Sprayer type	Model	Pressure (MPa)	Spray volume (L/10a)	Remark
Speed sprayer	ATOM II-1000 (Hansung T&I, Chungnam, Korea)	1.5	560	High
			336	Medium
			230	Low

**Table 2.** Monthly changes of canopy properties to ‘Fuji’ and ‘Hongro’ varieties of apple tree

Varieties	Date (Month)	Canopy height (m, mean ± SD)	Canopy width (m, mean ± SD)
Fuji	5	3.32 ± 0.17	2.71 ± 0.23
	7	3.40 ± 0.36	2.84 ± 0.26
	8	3.25 ± 0.32	2.73 ± 0.26
	p-value <sup>a)</sup>	0.567	0.489
Hongro	5	4.12 ± 0.23 a <sup>b)</sup>	2.46 ± 0.37
	7	3.50 ± 0.23 b	2.72 ± 0.34
	8	3.57 ± 0.40 b	2.53 ± 0.40
	p-value	< 0.001	0.273

<sup>a)</sup>p-value of One-way ANOVA test.

<sup>b)</sup>The means in the same column followed by the same letters were not significantly different, according to Turkey’s HSD test (p<0.05).

**통계분석**

품종별, 재배방식에 따른 수관 특성 비교 및 포장요인의 차이를 검정하기 위하여 독립 표본 t-검정(Independent Sample t-test)을 실시 하였으며 시기별 수관 특성, 엽 피복률, 살포 물량별 농약 살포량 검정하기 위하여 분산분석을 실시한 후 Tukey’s HSD 검정(p<0.05)으로 처리간 평균을 비교하였다. 통계 소프트웨어는 SPSS Statistics (ver. 23, IBM Corporation, USA)를 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**시기별 수관 특성 변화**

시기별 수관 변화요인을 분석하기 위하여 5, 7, 8월에 홍로 및 후지 품종에 대한 수관 높이 및 수관 너비의 변화를 조사한 결과(Table 2) 두 품종 모두 시간이 지남에 따라 증가하는 양상을 보이지는 않았다. 홍로 품종에서 수관 높이가 5월 이후 오히려 줄어들 것은 전정 및 도장지 유인 작업으로 인하여 초과된 수고를 목적 조정하였기 때문인 것으로 판단된다. 일반적인 식물의 생육은 시간이 지남에 따라 영양생장을 하므로 그 크기가 증가하나 인간에 의하여 관리되는 작물은 농작업의 편리성, 수광상태, 착과수 등을 조절하기 위하여 수형에 따른 전정과 유인작업을 수행하기 때문에 생육방향과는 관계없이 농가가 원하는 높이와 너비를 일정하게 유지하게 된다.

**품종 및 재배형태에 따른 수관 특성**

사과의 중간단계 생육시기를 7월로 정하고 해당 시기에 장수 지역의 홍로 및 후지 품종에 대한 수관 높이 및 수관 너비를 측정하여 지역별, 품종별 차이를 검정한 결과 수관 높이 및 수관 너비가 각각 후지 품종은 3.45 ± 0.53 m 및 2.44 ± 0.46 m, 홍로는 3.27 ± 0.49 m 및 2.54 ± 0.39 m를 나타냈으나, t-test 결과 유의성이 없어 품종간의 차이가 작물의 수관 특성에 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다 (Table 3).

**Table 3.** Canopy properties of apple tree according to different varieties in Jangsu region

Varieties	Canopy height (m, mean ± SD)	Canopy width (m, mean ± SD)
Fuji	3.45 ± 0.53	2.44 ± 0.46
Hongro	3.27 ± 0.49	2.54 ± 0.39
t <sup>a)</sup>	-1.268	-1.212
p-value	0.207	0.228
Total	3.52 ± 0.51	2.50 ± 0.42

<sup>a)</sup>t value of independent sample t-test.

**Table 4.** Canopy properties of ‘Fuji’ apple tree in different planting systems

Planting system	Canopy height (m, mean ± SD)	Canopy width (m, mean ± SD)
High density	3.45 ± 0.53	2.44 ± 0.46
Conventional	3.13 ± 0.55	3.68 ± 1.12
t <sup>a)</sup>	-2.913	7.568
p-value	< 0.01	< 0.001
Total	3.39 ± 0.55	2.89 ± 0.92

<sup>a)</sup>t value of independent sample t-test.

재배형태에 따른 수관 특성은 수관 높이의 경우 밀색재배가 3.45 ± 0.53 m로 관행재배에 비하여 유의적으로 높았으며, 수관 너비의 경우 관행재배가 3.68 ± 1.12 m로 일반재배에 비하여 유의적으로 높은 값을 나타냈다(Table 4). 이에 따라 사과원의 실제 수관 높이는 Kwon et al. (2017)의 설문조사 결과 가장 높은 분포를 나타낸 구간인 4.0-4.5 m보다는 낮은 것을 알 수 있었다. 장수 지역은 1990년 M26 2중묘 왜화재배 시도를 시작으로 2000년 M.9 대목을 이용한 세장방추형(slender spindle bush type) 밀식재배 수형이 주를 이루고 있으며(Heo, 2012) 비교적 사과 재배 도입 시기가 짧아 사과나무의 수령이 비교적 짧고, 일률적인 재배로 인하여 결과값에 대한 변이의 폭이 작은 것으로 생각되며, 영주지역은 사과재배의 역사가 긴 경북지역에 포함되어 있

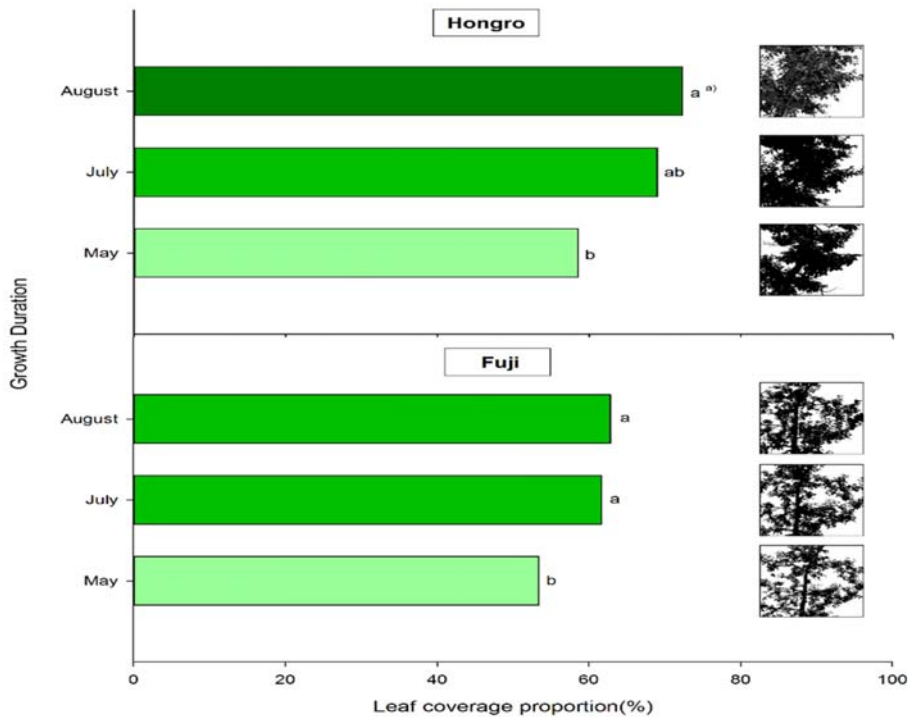


Fig. 2. Leaf coverage variation of ‘Fuji’ and ‘Hongro’ apple tree according to growth duration.

a) Different letters shows significant differences its variety (Tukey’s HSD test, p=0.05).

으며, 조사된 수관 너비는 교목성 사과나무의 수형에 적합한 개심자연형의 범주를 나타내고 있다. 밀식재배에 주로 이루어 지는 세장방추형은 유럽 등 선진국에서 주로 채택하고 있는 것으로 기부폭이 1.0-1.8 m이고 위로 갈수록 폭이 좁아지는 형태이며 수고는 3.5 m 내외를 유지하고 있으며, 기존 재배중인 사과나무의 경우 수령이 15년 이상일 경우 개심자연형으로 재배하는데 이경우 수고는 3.5-4 m이며 수폭은 4.5-5.0 m로 세장방추형에 비하여 수폭이 높은 것을 알 수 있다(Extension Service Bureau RDA, 2012).

시기별 엽 피복률의 변화

제한된 수형조건에서 수관의 높이와 너비는 목적인 길이 만큼 한정된다 할 수 있겠으나, 잎은 일정량 이상이 존재하여야 최종 목적물인 사과에 동화산물은 전달해 준다. 따라서 이미 순따기 작업이 완료된 조건하에서 잎은 생육단계가 진행됨에 따라 성장할 것이고 이에 따라 살포 면적에 영향을 줄 것이라는 가설 하에 조사를 진행하였다. 수확 시기까지의 엽 피복률은 홍로는 5월 58.6%에서 점진적으로 증가하여 8월 73.9%의 피복률을 나타냈으나(Fig. 2), 5-7월 간 차이 및 7-8월간 차이는 통계적 유의성을 나타내지 않는 것으로 분석되었으나, 8월은 5월에 비하여 피복률이 높다고 판단할 수 있었다. 후지는 5, 7, 8월별 각각 53.4, 61.3, 62.8%의 피복율을 나타냈으며 홍로와 동일하게 8월에 정점을 기록하였으나 통계분석결과 7월과 8월이 가장 높은 피복

Table 5. Row and planting distance of apple orchard in different planting systems

Planting system	Row distance (m)	Planting distance (m)
High density	3.94 ± 0.41	1.90 ± 0.21
Conventional	3.59 ± 0.72	2.75 ± 0.72
t <sup>a)</sup>	-3.491	8.985
p-value	< 0.001	< 0.001
Total	3.81 ± 0.57	2.21 ± 0.62

a)t value of independent sample t-test.

률을 나타내는 것으로 분석되었다(Fig. 2). 이러한 결과로 두 품종 모두 이론적 살포면적의 조밀도는 7월이 구분되는 지점으로 판단되었다.

사과원의 열간거리 및 재식거리

조성된 사과원 열간거리 및 재식거리를 조사한 결과 열간거리는 밀식재배가 3.94 ± 0.41 m로 관행재배 3.59 ± 0.72 m에 비하여 유의적으로 높았으며, 재식거리는 관행재배가 2.75 ± 0.72 m로 1.90 ± 0.21 m를 나타낸 밀식재배에 비하여 유의적으로 길었다(Table 5). Kwon et al. (2017) 설문조사에서 열간거리는 4.0-4.5 m 구간이 73.1%로 가장 높은 비율을 차지한 것과 비교해 보면 실제 포장에서는 약간 낮은 구간에 위치한 것을 알 수 있는데, 관행재배가 그 변이폭이 더 큼을 알 수 있다. 또한 재식거리는 설문조사 결과 전체



88.6%의 구간인 1.5-3.5 m 구간에 해당하였다. 열간거리 및 재식거리는 위에서 언급한 재배형태와 밀접한 연관이 있는 것으로 토양의 비옥도, 목포 수형, 작업성, 생산성, 재배기술 수준 등을 고려하여 최대의 결실면적을 확보하는 방향으로 결정되는데(Rural Development Administration, 2013) 세장 방추형은 3.0(열간) × 1.0(재식) - 3.5 × 1.5 m의 규격으로 조성된다(Extension Service Bureau RDA, 2012).

**LWA(Leaf Wall Area)의 산출**

LWA (Leaf Wall Area)는 포장별 수관 높이를 고려한 것으로 농약 살포의 대상이 되는 수관 높이를 대상으로 한다(EPPO, 2012; Weisser and Koch, 2002). Fig. 3에서 보는 바와 같이 농약을 방제할 때 살포기는 열간사이인 지면(Ground Area)를 진행하지만, 실제 농약은 양 옆의 수관에 살포된다. 따라서 열간거리와 양쪽 수관 높이의 합이 같은 조건일 경우는 단위면적과 실제로 살포되는 면적은 동일하겠지만, 열간거리보다 작을 경우는 실제 농약이 살포되는 면적은 작을 것이고, 크다면 그만큼 넓게 산정하여야 한다. 지금까지 개발된 농약 모델들은 일반적인 단위면적당 사용량에서부터 Crown height, LWA, TRV, TAD, LAI 등 다양하다(Pergher and Petris, 2008). 뒤로 갈수록 보다 정확한



**Fig. 3.** Pictograph to explain the relationship between LWA and ground area in apple orchard.

Equation 1.  $LWA = 2 \times \frac{\text{Canopy height (m)}}{\text{Row distance (m)}} \times \text{Ground Area (m}^2\text{)}$

계산을 할 수 있는 반면 요인이 증가하고 특수한 장비가 필요하다. 본 연구에서 적용하는 LWA 모델은 산정하기 위한 요인이 2개에 불과하고 별도의 특수 장비를 요구하지 않으며, EPPO에서 국가간 상호조화를 목적으로 제안된 표준 농약살포 모델(EPPO, 2012; Koch, 2007)로 영국에서는 포장 여건 등을 입력하면 Web site 등을 통해 계산된 값을 제공하고 있다(Pesticide Adjustment to the Crop Environment UK, 2017; Walklate and Cross, 2009).

이상의 작물 및 재배 요인분석결과를 토대로, 재배 형태 별로 평균에 표준편차를 더한 값을 최대값, 표준편차를 뺀 값을 최소값으로 하여 조합한 LWA를 산출해보면 Table 6과 같다. 밀식재배의 경우 10a (1,000 m<sup>2</sup>) 기준 1342.53-2254.96, 일반재배의 경우 1197.22-1296.80이었으며, 전체적으로는 1296.80-2432.10을 나타냈다. 도출된 LWA 수치는 결과적으로 단위면적에 비하여 실제로 살포되는 면적은 최소 1.2배, 최대 2.4배가 해당됨을 나타내고 있다. 즉 사과원의 면적이 동일하다 할지라도 농약의 살포면적은 2배 이상으로 증가 될 수 있음을 보여 주고 있다.

**감수지를 통한 살포 물량별 피복률 비교**

Speed sprayer의 물량에 따른 농약의 피복률을 감수지 부착 위치 및 잎의 앞뒷면에 따라 비교한 결과는 Table 7과 같았다.

감수지는 일반적으로 농약살포 상태를 쉽게 알아 볼 수 있는 용이한 방법으로 알려져 있으며 농약 살포시 사용이 권장되고 있다(Ontario province Canada, 2012). 최근에는 Smart Phone을 이용하여 쉽게 피복량을 판단할 수 있도록 App 형태로도 제공되고 있다(Nansen et al., 2015). 감수지 부착위치에 따른 피복률은 잎 앞면의 경우 전 물량에서 유의적인 차이를 나타냈으며 중간물량을 제외하고는 저물량과 고물량에서 중위와 하위가 상위에 비하여 높은 피복률을 나타냈으며, 뒷면의 경우 저물량에서는 중위와 하위가 상위에 비하여 높은 피복률을 나타냈으나, 중간물량 이상에서는 93.42% 이상으로 부착 위치별 차이가 없었다. Speed sprayer는 압력에 의한 농약 분사 외에 추가적으로 송풍기를 이용하여 농약을 분사 시킨다. 또한 노즐이 반원형태로 위치하

**Table 6.** LWA(Leaf Wall Area) in different combination of canopy height and row distance

Planting system	Combination	Canopy height (m)	Row distance (m)	LWA <sup>a)</sup> (per 1,000 m <sup>2</sup> )
High density	Min/Max <sup>b)</sup>	2.92	4.35	1342.53
	Max/Min	3.98	3.53	2254.96
Conventional	Min/Max	2.58	4.31	1197.22
	Max/Min	3.68	2.87	2564.46
Total	Min/Max	2.84	4.38	1296.80
	Max/Min	3.94	3.24	2432.10

<sup>a)</sup>LWA (Leaf Wall Area) / 1,000 m<sup>2</sup> = [2 × (Canopy height (m) / Row spacing (m))] × 1,000 m<sup>2</sup>.

<sup>b)</sup>Min = [Min canopy height (Avg. - S.D)] - [Max row distance (Avg. + S.D)]; Max = [Max canopy height (Avg. + S.D)] - [Min row distance (Avg. - S.D)]

**Table 7.** Comparison of the coverage of application area by water volumes and adhesive positions of water-sensitive paper on the leaf surface

Water volumes (L/10a)	Positions	Coverage (% of area)		
		Front <sup>a)</sup>	Back	Total
Little (230)	Top	55.2 b <sup>b)</sup>	68.86 b	78.06 b
	Middle	75.40 a	95.88 a	
	Bottom	86.82 a	86.22 a	
	p <sup>c)</sup>	< 0.001	< 0.001	
Usual (336)	Top	77.77 b	93.42	91.14 a
	Middle	89.22 ab	97.27	
	Bottom	92.13 a	97.55	
	p	< 0.05	N.S <sup>d)</sup>	
Large (560)	Top	83.25 b	98.32	95.91 a
	Middle	97.47 a	98.47	
	Bottom	98.10 a	99.46	
	p	< 0.001	N.S	
Total	p			< 0.001

<sup>a)</sup> One side of a leaf.

<sup>b)</sup> p-value of One-way ANOVA test.

<sup>c)</sup> The means in the same column followed by the same letters were not significantly different, according to Turkey's HSD test ( $p < 0.05$ ).

<sup>d)</sup> N.S = not significant at One-way ANOVA test.

고 있으며 나무의 위쪽 위치는 상대적으로 노즐과 거리가 멀게 되어 피복률이 낮을 것으로 판단된다. Lee (2002)의 Speed sprayer기 송풍기 회전수별 농약 부착정도에 대한 달관조사 결과 또한 높은 위치의 부착정도가 중간지점에 비하여 낮았으며, 약제 부착량 또한 같은 결과를 보여주었다. 살포기의 이러한 기계적 특성으로 인하여 농약 살포시 앞 뒷면이 뒤집어 지게 되고, 앞의 뒷면은 살포 시간만 충분하다면 시험 결과와 같이 93.42-99.46%의 피복량으로 위치별 차이 없이 살포되는 것으로 생각된다.

감수지 피복도에 대하여 물량별로 비교한 결과 저물량에서는 78.06, 중간물량 91.14, 고물량 95.91%의 피복도를 보였으며, 통계분석 결과 중간물량 이상에서는 더 이상 유의적인 피복도 증가를 나타내지 못했다. 따라서 일정 물량 이상에서의 살포는 더 이상 피복도에 영향을 미치지 못하고 바닥으로 떨어지게 되어 농가에 경제적 손실만 끼치는 것을 알 수 있다. 적절한 살포물량을 고려할 때 농약의 살포 목적과 대상이 되는 병해충 방제를 반드시 고려해야 한다. 따라서 적정 방제가를 나타내는 살포물량을 초과하는 물량은 피복율에 상관없이 실질적으로 무의미 한 것으로 판단된다. Lee et al. (1999)은 감수지 피복도에 따른 사과 점박이응애 방제효과 시험결과 75% 이상의 감수지 피복률에서 방제가 100%를 나타내어 효율적 방제를 위한 피복도 수준으로 판단하였고, 농약관리법상 농약의 등록기준에 살충제의 등록 기준 방제가는 90%로 정하고 있다. 따라서 본 실험 결과에서 보여준 저물량의 78.06%의 감수지 피복도 유효한 살포물량으로 판단하기에 충분하다 하겠다.

**Table 8.** Range of water volume in different LWA

LWA calculating condition	LWA (per 1,000 m <sup>2</sup> )	Dose (L/10a)
Experimental site <sup>a)</sup>	1990.0	230.0
Min. <sup>b)</sup>	1197.2	138.4
Max	2564.5	296.4

<sup>a)</sup> Canopy height and row distance = 3.98 m, 4.0 m.

<sup>b)</sup> Min. and Max. = LWA Minimum and maximum condition in the Table 6

### 적정 농약 살포물량의 설정

저물량 230 L/10a를 기준으로 하여 조사된 수관 및 열간 거리에 대한 LWA를 도출한 결과 Table 8과 같았다. 살포시험 포장의 LWA를 기준으로 증가 또는 감소율을 반영하여 조사된 포장의 살포물량은 138.4-296.4 L/10a의 범위임을 알 수 있었다. 이론적으로 농약의 살포대상 면적은 LWA의 면적뿐만 아니라 위에서 조사된 엽조밀도 또한 영향을 미치는 것으로 판단되나, Speed sprayer 특성상 노즐의 각도를 상하로만 조절 할 수 밖에 없고, 입자 또한 비교적 큰 것으로 엽의 피복도를 감안하여 살포할 수 없는 현실이다. 따라서 적정 살포물량을 설정하기 위해서는 LWA를 계산하기 위한 요인인 수관 높이 및 열간거리를 반영하는 것이 실용적일 것으로 생각된다.

이에 따라 영농현장에서 실용적으로 이용할 수 있도록 여러 수관높이 및 열간거리에 따른 살포물량 조건표를 Table 9와 같이 표기하였으며 자신의 맞는 조건을 선택하여 적절한 물량을 편리하게 선택할 수 있을 것으로 생각한다.

**Table 9.** Derivation of LWA and water volume from various canopy and row distance

Row distance (m)	LWA (m <sup>2</sup> /10a) and Water volume <sup>a)</sup> (L/10a)	Canopy height (m)						
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
3.0	LWA	1,333.3	1,666.7	2,000.0	2,333.3	2,666.7	3,000.0	3,333.3
	Water volume	154.1	192.6	231.2	269.7	308.2	346.7	385.3
3.5	LWA	1,142.9	1,428.6	1,714.3	2,000.0	2,285.7	2,571.4	2,857.1
	Water volume	132.1	165.1	198.1	231.2	264.2	297.2	330.2
4.0	LWA	1,000.0	1,250.0	1,500.0	1,750.0	2,000.0	2,250.0	2,500.0
	Water volume	115.6	144.5	173.4	202.3	231.2	260.1	288.9
4.5	LWA	888.9	1,111.1	1,333.3	1,555.6	1,777.8	2,000.0	2,222.2
	Water volume	102.7	128.4	154.1	179.8	205.5	231.2	256.8
5.0	LWA	800.0	1,000.0	1,200.0	1,400.0	1,600.0	1,800.0	2,000.0
	Water volume	92.5	115.6	138.7	161.8	184.9	208.0	231.2

<sup>a)</sup> Water volume = (Derivation LWA / LWA of experimental site) × 230 L/10a

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ011329)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## Literature Cited

- e-National Indicator System (2016) Pesticide and fertilizer use and trends. [http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=2422#quick\\_02](http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2422#quick_02). Accessed 1 May 2016.
- EPPO (2012) Dose expression for plant protection products. EPPO Bulletin 42:409-415.
- Extension Service Bureau RDA (2012) Top fruit production manual of high quality apple: Rural Development Administration, Republic of Korea. Pp. 19-24.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Africa (2014) FAO Statistical Yearbook 2014: Africa food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Africa:26.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific (2014) FAO Statistical Yearbook 2014: Asia and the Pacific food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific:28.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Europe and Central Asia (2014) FAO Statistical Yearbook 2014: Europe and Central Asia food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Europe and Central Asia:94.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for the Latin America and the Caribbean (2014) FAO Statistical Yearbook 2014: Latin America and the Caribbean Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for the Latin America and the Caribbean:28.
- Heo, K. Y. (2012) Anxiety and development strategy of apple industry in Jangsu: Korea Rural Economic Institute. 468-487 p.
- Koch, H. (2007) How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 60:71-84.
- Korea Crop Protection Association (2016) Agrochemical Year Book: Korea Crop Protection Association. Pp. 530.
- Kwon, H. Y., S. M. Hong, S. S. Kim, M. K. Paik, H. S. Lee, D. B. Kim and B. C. Moon (2017) Survey of planting system and pesticide spray method on apple orchards in Korea. The Korean Journal of Pesticide Science 21:9-16.
- Lee, D. H. (2002) The study of pesticide application method in low canopy and high density planting system of apple tree. National Horticultural Research Institute, Rural Development Administration, Republic of Korea. 575-581 p.
- Lee, S. W., D. A. Kim, K. H. Choi and J. K. Jeong (1999) Investigation of control efficiency by pesticide spraying methods in apple orchard. Horticultural Research Report: 361-364.
- Lee, S. W., D. H. Lee, K. H. Choi and D. A. Kim (2007) A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 25:196-203.
- Nansen, C., J. C. Ferguson, J. Moore, L. Groves, R. Emery, N. Garel and A. Hewitt (2015) Optimizing pesticide spray coverage using a novel web and smartphone tool, SnapCard. Agronomy for Sustainable Development 35: 1075-1085.
- OECD (2015) Environmental performance of agriculture 2013. [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TAD\\_ENVINDIC\\_2013](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TAD_ENVINDIC_2013). Accessed 25 August 2015.



- Oh, S. D. (1998) Emphasis on low tree & high density planting system - future prospects of research strategies in Korea. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 16(2):264-268.
- Ontario Province Canada (2012) Apple grower advanced sprayer techniques Workshop. [http://www.turbomist.com/pdfs/media/Advanced\\_Spraying\\_Workshops\\_2012.pdf](http://www.turbomist.com/pdfs/media/Advanced_Spraying_Workshops_2012.pdf). Accessed 3 April 2017.
- Pergher, G. and R. Petris (2008) Pesticide dose adjustment in vineyard spraying and potential for dose reduction. Manuscript ALNARP 08 011. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal X* (May).
- Pesticide Adjustment to the Crop Environment UK (2017) Dose translation from one method of expression. <http://pjwtc.co.uk/Dose-TranslationDemo.aspx>. Accessed 5 January 2017.
- Rüegg, J., W. Siegfried, U. Raisigl, O. Viret, R. Steffek, H. Reizenzein and U. Persen (2001) Registration of plant protection products in EPPO countries: current status and possible approaches to harmonization. *EPPO Bulletin* 31: 143-152.
- Rural Development Administration (2013) Apple cultivation (Agricultural Technical Guide): Rural Development Administration, Republic of Korea. Pp. 87.
- Ryu, C. J. and Y. B. Shin (1995) A study on the apple production of Kyungpook region and regional comparison between other regions of Korea. *Agric. Res. Bull. Kyungpook National Univ.* 13:55-64.
- Seok, T. M. and H. C. Lee (2001) Development process of apple industry in Gyeongbuk -Perspective of technology history. *The Journal of Rural Society* 11:241-281.
- Toews, R. B. and R. Friessleben (2012) Dose Rate Expression-Need for Harmonization and Consequences of the Leaf Wall Area Approach. *erwerbs-Obstbau* 54:49-53.
- United States Department of Agriculture. (2016) DepositScan. <https://www.ars.usda.gov/midwest-area/wooster-oh/application-technology-research/docs/depositscan/>. Accessed 20 May 2016.
- Walklate, P. and J. Cross (2009) Support system for translation of dose expression and dose adjustment. <http://www.pjwtc.co.uk/DocumentPDFs/Introduction-TheNeed.pdf>. Accessed 15 May 2016.
- Weisser, P. and H. Koch (2002) Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function. *Aspects of Applied Biology* 66:353-358.
- Yoon, T. M. (2004) Development of high density apple growing in Europe and Korea. In: *Proceeding of the symposium on recent high density apple growing techniques and prospects*. Pp. 79-97: National Horticultural Research Institute.
- Zhu, H., M. Salyani and R. D. Fox (2011) A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and Electronics in Agriculture* 76:38-43.

## ● ..... ● 우리나라 사과원의 농약 살포물량 설정을 위한 LWA 모델 적용 연구

김상수\* · 권혜영 · 이강수<sup>1</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, <sup>1</sup>전북대학교 농업생명과학대학

**요약** 본 연구는 우리나라 사과원의 LWA (Leaf Wall Area) 모델 적용을 통하여 농약의 살포면적을 계산하고 물량별 Speed Sprayer 농약살포에 따른 적정 피복도를 통하여, 우리나라 사과원의 적정 농약 살포물량 산정하고자 실시하였다. 시간에 따른 수관의 크기는 후지 및 홍로 품종 모두 증가하지 않았다. 생육 중간단계인 7월의 수관높이 및 수관너비는 밀식재배의 경우 3.45 및 2.44 m였으며 관행재배(Conventional)의 경우 3.13 및 3.68 m로 통계적으로 수관높이는 밀식재배가, 수관너비는 일반재배가 길었다. 포장요인으로서 열간거리 및 재식거리는 일반재배에서 3.94 및 1.90 m였으며 관행재배에서 3.59 및 2.75 m로 열간거리는 밀식재배가 재식거리는 일반재배가 유의적으로 길었다. 수관 특성 및 포장요인을 고려하여 LWA를 계산한 결과 1296.80-2432.10 m<sup>2</sup>/10a를 나타냈다. 물량에 따른 감수지 농약 피복도는 저물량(230 L/10a), 중간물량(336 L/10a), 고물량(560 L/10a)이 각각 78.06, 91.14, 95.91%로 중간물량 이후 유의적인 증가를 나타내지 못하였으며, 경제적인 측면을 고려할 때 저물량이 적절할 것으로 판단되며, 조사된 LWA를 토대로 적정살포물량은 138.4-296.4 L/10a로 계산되었다.

**색인어** 농약, 살포물량, 스피드스프레이어, LWA, 감수지

● ..... ●