



국내 사과원 재배 형태 및 방제 실태 조사

전종훈 · 윤태명 · 반승현*

경북대학교 원예과학과

Survey on Cultivation Practices and Pest Management in Korean Apple Orchards

Jong Hoon Jeon, Tae Myung Yoon and Seunghyun Ban*

Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Science,
Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea

(Received Jun. 25, 2024. Revised Aug. 7, 2024. Accepted Aug. 7, 2024)

Abstract This study aims to analyze the rapidly evolving apple industry in Korea, which is driven by the introduction of high-density cultivation systems and changing consumption trends. On January 26th, 2023, a survey was conducted to assess the current status of apple cultivation farms and their pest control practices. The survey covered 252 apple farms nationwide. Although overall trends in apple varieties have shown that Fuji, Hongro, and Gamhong are the most common, over the past five years, Fuji, Shinano Gold, and Arisu have become more prominent. A high share of the M.9 rootstock was exhibited in both overall trends and recent years. Distances between trees were generally around 4×2 meters, but have recently decreased to approximately 3×1.5 meters. Tree heights were predominantly above 3.5 meters. The average pesticide application volume was typically between 400 and 500 liters per 10 a. Based on the typical axial sprayer operation practices used in Korea, settings of 1,500 to 2,000 RPM and low-speed second gear were preferred for most spray volumes. The volumes of applied pesticide were almost uniform across all planting years, with some adjustments based on growth stages. Despite concerns about efficiency and cost of tower-type sprayers, user satisfaction was high. With emphasis on recent trends and practices, this study provides a comprehensive overview of the current state of apple cultivation and pest control in Korea.

Keywords: Airblast sprayer, apple growth, apple planting, spray, volume

서 론

사과는 2023년 약 39만톤으로 국내에서 가장 많이 생산되는 과수 재배 품목 중 하나이며, 1인당 소비량의 경우 감귤에 이어 11 kg을 기록하였다(KOSIS, 2024). 그러나 최근 기후변화 및 소비 트렌드가 급변하면서 사과 생산과 소비가 떨어지고, 고령화와 인건비 상승 등 농업 환경이 큰 변화를 겪고 있으며, 이를 극복하기 위해 현재 밀식재배체계를 근간으로 한 사과 재배 체계에 대한 연구가 이루어지고 있다. 국내 사과밀식재배체계는 1996년 M.9 왜성 대목 도입으로 국내 사과원의 일반적인 수형이었던 변칙주간형의 거대수는 세장방추형의 밀식재배체계로 바뀌었으며 (Yoon, 2004),

고품질의 사과를 생산하고 나무의 수고를 낮추는 계기가 되었다 (Yoon, 2001; Sagong, 2007). 이후 키큰방추형 (tall spindle) 등을 도입해 기존 세장방추형을 국내 재배환경에 맞추어 개선하는 형태로 이용하고 있다 (Robinson et al., 2006; Yang, 2015). 나아가 최근에는 하나의 대목에 원줄기를 2개 이상 구성하는 평면수형(2-D) 기반의 다축형 (Multi-leader) 등 새로운 밀식재배체계 개념이 도입되면서 이를 활용하기 위한 연구와 보급이 이루어지고 있다(Dorigoni, 2016).

이러한 사과재배체계의 변화는 단순히 수형뿐만 아니라 수고와 재식밀도, 재식방향 등 재식체계를 고려하는 것을 의미하며 이를 통해 사과의 품질과 생산량을 향상시키고, 노동시간 줄이며, 기계화를 가능하도록 한다(Robinson, 2003; Kim, 2022; Park, 2024). 이러한 재배체계 변화와 함께 신품종 육성과 도입에 대한 연구도 다양하게 이루어지고 있다. 지난 2007년 농림축산식품부에서 조사한 사과 품종별 재배면적에

*Corresponding author

E-mail: sh@knu.ac.kr

따르면, ‘쓰가루’, ‘홍로’, ‘후지’가 국내 사과 재배면적의 81% 이상을 차지하였다(MAFRA, 2007). 그러나 최근 사과소비시장의 변화로 단순히 맛 뿐만 아니라 재배 방법, 수확 시기, 크기 등 다양한 사항을 고려해야 할 필요성이 높아지면서 ‘썸머킹’, ‘아리수’, ‘컬러플’, ‘골든볼’ 등 재배 특성과 기후를 고려한 품종 보급과 연구로 사과 산업 현장은 빠르게 바뀌고 있다(Kwon, 2011; Kwon, 2019).

그러나 이러한 전반적인 재배 현장의 변화에도 불구하고 World Health Organization (WHO) 등 국제기구에서 요구하는 농약 사용량 감소에 대한 부분은 잘 이루어지지 않고 있다(WHO, 2022). 특히 농가 농약 살포량을 살펴보면, Lee et al. (2007)이 조사한 결과에서는 조사 대상 농가 중 약 80% 이상이 2,000~5,000 L/ha로 나타났고, Kwon et al. (2017)이 조사한 결과에서는 농가 중 약 50% 이상이 2,500~4,000 L/ha로 확인되었다. 이는 왜성 대목과 밀식재배체계 도입 등으로 나무의 크기가 작아졌음에도 불구하고, 농약 살포량에 대한 차이는 크게 변하지 않았음을 알 수 있다. 한편, 해외에서는 생육 및 환경적 특성 등에 따라 935~1,870 L/ha를 제시하고 있다(NC State Extension, 2024).

이처럼 빠른 국내 사과 재배 환경 변화와 국내 과수 산업에서 사과 산업의 중요성을 감안할 때, 적절한 농약 살포량에 대한 검토와 자료를 바탕으로 한 연구가 필요하다. 그러나 Kwon et al. (2017)의 조사를 제외하면, 현재 재배 및 방제 현황 등 전국 사과 농업 현장을 체계적으로 조사한 결과가 없어 산업 동향을 반영한 추가적인 기초 자료 조사가 필요하다고 판단하였다.

이에 본 설문조사는 국내 사과 과원을 대상으로 품종, 재식거리, 대목, 수고 등 재배 현황을 파악하고, 살포 약량, 방제 운용 방법 등 과원의 방제 실태를 조사하여 현황화하는 것을 목표로 하였다.

재료 및 방법

설문대상 선정 및 설문방법

설문 조사는 2023년 1월 26일, 경북대학교 사과연구소에서 진행된 사과 재배 농민 대상 집합교육 중에 이루어졌다. 이 자리에서 전국의 252명의 농민에게 설문지를 배포하고 직접 작성하도록 하였으며, 참여 농가는 단순 무작위 표집 방법으로 선정되었다.

설문내용 구성 및 결과 도출

먼저 국내 사과원의 기본 재배 형태를 조사하기 위한 항목으로는 지역, 품종, 대목, 재식 거리, 수고, 재식 연차 등으로 구성하였고, 이 중 지역을 제외한 나머지 항목은 중복 답변이 가능하도록 하였으며, 재식 연차 5년 이상의 성목과원만

작성하도록 하였다. 또한 결과 도출 시 사과 재배 경향의 전반적인 흐름을 살펴보기 위해 지역, 수고 항목을 제외한 모든 항목은 재식 연차를 기준으로 결과를 산출하였으며, 최신 동향 파악을 위해 재식 5년 차 결과를 별도로 구분하여 함께 값을 도출하였다.

방제 형태 조사에서는 과원 내 살포 약량(L/10a)과 약량 살포 시 방제기 운용 현황(주행속도 및 RPM, 생육 시기 별 살포 약량 변화)을 조사하였으며, 최근 일부 농가를 중심으로 이루어지고 있는 방제기 타워형 개조(타워형 방제기 사용 여부 및 도입 의견) 등에 대한 내용으로 구성하였다.

모든 문항은 폐쇄형 질문으로 진행하였으며, 선다식 설문과 찬부식 설문을 함께 사용하였다.

통계 분석

통계 분석은 파이썬(Python 3.11.5, Python Software Foundation)을 사용하여 수행하였다. 본 연구의 조사 항목 중 재식거리와 수고에 대해서는 ANOVA 분석을 실시한 후, 사후 검정으로 Tukey의 HSD 검정($p < 0.05$)을 적용하였다. 그 외의 조사 항목은 항목의 특성에 따라 백분율로 결과를 도출하였다.

결과 및 고찰

농가 지역 분포

설문조사에 참여한 농가의 지역적 분포를 살펴보면(Fig. 1), 경북 지역 농가가 74.6%로 가장 많이 참여하였으며, 충북(9.9%), 경남(4.4%), 전북(4.0%) 순으로 나타났다. 경북은 2022년 기준 사과 생산량이 약 33만톤(58.4%)으로 경남의 약 8만톤(13.7%)과 충북의 약 6만톤(10.4%), 전북의 약 4만톤(7.0%)에 대비하여 전국에서 가장 많은 생산량을 기록하고 있다(KOSIS, 2023). 재배 면적 또한 경남 3,820 ha, 충북 3,724 ha, 전북 2,317 ha인 반면 경북은 20,690 ha로 전국의 60%에 달하며 타 지역을 크게 상회한다(KOSIS, 2023). 이는 현재 경북지역이 우리나라 최대 사과 주산지라는 점과 본 조사에 참여한 지역 순위가 현재 국내 사과 생산량 및 재배 면적과 유사한 점 등을 감안하면 본 설문 조사는 국내 사과원의 현황을 적절히 나타낸 지표라고 사료된다.

재배 품종

현재 각 농가에서 재배하고 있는 사과 품종을 조사한 결과에서 Fig. 2A를 살펴보면, 설문조사에 참여한 농가 중 45.7%는 후지를 재배하고 있는 것으로 나타났으며, 후지 계열의 사과인 미시마, 미안마 등을 모두 합산하면 55%의 농가가 재배하는 것으로 확인되었다. 다음으로 홍로는 13.4%, 감홍 10.2%, 시나노 골드 9.4%로 확인되었다. 본 재배 품종 조사에서는 중복 기업을

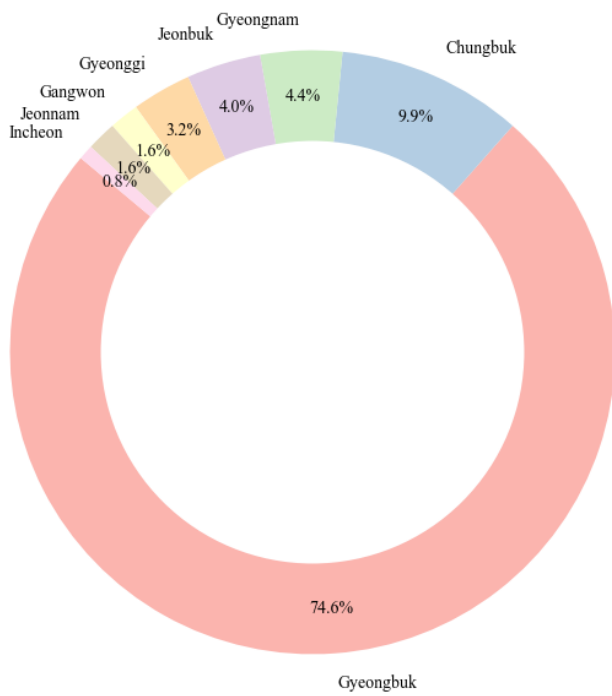


Fig. 1 Distribution of farming region participated in the survey.

Table 1. Survey results of intra-row spacing used by farmers

*Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P < 0.05$)

Spacing (m)	Count (n)	Percent (%)*
0.6	2	0.32 ^f
0.7	3	0.48 ^f
0.75	2	0.32 ^f
0.8	2	0.32 ^f
0.9	1	0.16 ^f
1.0	101	16.03 ^c
1.1	1	0.16 ^f
1.2	21	3.33 ^c
1.3	1	0.16 ^f
1.5	148	23.49 ^b
1.6	2	0.32 ^f
1.7	2	0.32 ^f
1.8	71	11.27 ^{cd}
1.9	1	0.16 ^f
2.0	320	50.79 ^a
2.4	1	0.16 ^f
2.5	14	2.22 ^c
3.0	7	1.11 ^f
3.2	1	0.16 ^f
4.0	5	0.79 ^f
4.5	1	0.16 ^f
5.0	1	0.16 ^f
6.0	1	0.16 ^f

허용하였는데, 도출 결과에 따르면 대부분 많은 농가에서는 후지 계열 품종을 기본으로 재식한 후 홍로나 감홍, 시나노골드 등을 함께 재식하는 것으로 판단되며, 이는 Kwon et al. (2017)의 조사에서도 국내 사과 농가의 재식 품종이 후지, 홍로 순으로 동일하게 나온 것으로 보아 전체 재배 품종에서는 크게 변화가 없는 것으로 나타났다.

농가의 최신 재식 동향을 살펴보기 위해 전체 재배 품종 중 재식 5년 차 결과를 별도로 도출한 Fig. 2B에서는 후지가 46.4%로 여전히 가장 많이 재식하고 있는 품종으로 나타났다. 이후 시나노 골드 23.2%, 아리수 9.7%, 엔부 5.2%, 감홍 4.5%로 조사되었다. 본 결과에서 앞선 Fig. 2A와 달리 홍로의 점유율이 13%에서 2% 대로 약 10% 넘게 떨어지는 것을 확인하였다. 이는 현재 사과 재배 방식과 품종 선호도의 변화로 볼 수 있다. 특히 홍로는 중생종으로 대과 생산이 가능한 추석용 사과로 인기가 높으나, 과다결실 문제로 인해 적절한 착과량 조절이 중요하다 (RDA, 2001). 이에 반해, 아리수는 중생종 사과이자 대과종으로 당산미와 식미가 우수하다는 평가를 받고 있으며, 고온 생육기에도 착색이 용이하다는 특징을 가지고 있다 (Kwon, 2011). 이러한 변화는 고령화와 인건비 상승 등 농업 현장의 문제와 맞물려 있으며, 이에 홍로를 대체할 수 있는 품종으로 아리수가 부상하고 있는 것으로 판단된다 (Park, 2020).

또 Fig. 2B에서 후지 품종 다음으로 가장 많은 점유율을 나타낸 시나노 골드는 성숙 시 과피가 황색을 나타내는데 (Kim, 2023), 이는 사과의 붉은 착색을 위해 행해지던 노동력이 절감되는 효과가 있으며, 수세가 비교적 강하지 않고 꽃눈 및 단과지 형성이 쉽다. 이러한 특성들로 인해 현재 사과 품종이 재배자와 소비자의 경향에 따라 빠르게 바뀌어 가고 있는 것으로 사료된다.

대목

대목 종류 조사 중 252 농가 전체 결과를 나타낸 Fig. 3A를 먼저 살펴보면, M.9 대목이 약 53%로 가장 높았으며, 이후 M.26 대목이 약 44%로 나타났다. 두 대목은 모두 왜성대목 (dwarf rootstock)의 종류로 현재 조사된 농가 중 약 97%가 사용하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 2000년 대 이후 국내 사과원의 왜성대목 비율이 80% 이상이라는 연구 결과와 유사하게 나타났으며 (Jeong et al., 2014; Kwon et al., 2017), 재식 5년 차 결과로만 도출한 Fig. 3B를 보면, 전체 대목 재식 그래프와 동일하게 두 가지의 왜성대목이 우점하고 있는 것으로 나타났다. 현재 가장 많이 사용되는 M.9 대목은 M. 26대목에 비해 상대적으로 늦게 국내 도입이 되었으나, 수량성과 품질 등이 M. 26에 비해 뛰어나고, 왜화도 역시 좋은 것으로 평가받으며, 특히 밀식재배체계가 본격적으로 보급되면서 M.9 대목이 밀식재배체계에 적합하다고 알려져 있다 (Robinson, 2011). 이에 M.9 대목이 M.26 대목에 비해 상대적으로 높은 점유율을

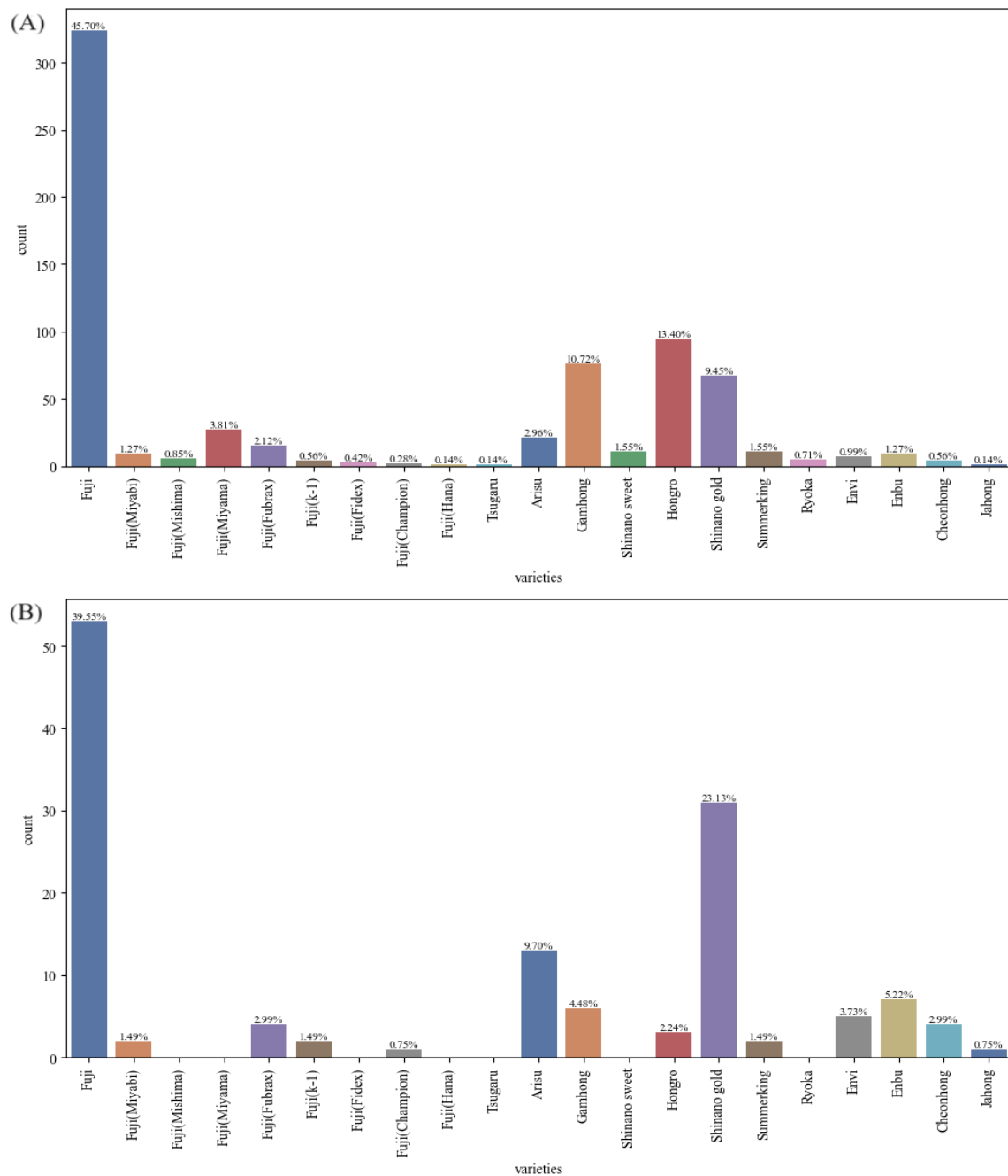


Fig. 2 List of apple varieties grown by farmers. General survey results (A) and five-year planting results (B).

나타내는 것으로 보인다.

재식거리

1990년 대 이전 변칙주간형의 거대수 형태에서는 비교적 중요도가 낮았으나, M.9 왜성 대목 도입과 함께 밀식재배체계가 국내 사과 농가에 확대 보급된 이래로 적정 재식거리 도입은 필수적인 요소로 판단되고 있다. 적절한 재식거리는 단위면적 당 생산량이 증가와 함께 광 이용율을 높이고 수세관리 및 작업을

용이하게 하여 효율적인 과원 운영을 이룰 수 있다(Robinson et al., 1991; Yang et al., 2009).

이에 본 설문조사는 국내 사과 농가의 재식거리를 파악하기 위해 주간 거리 (Intra-row spacing) 및 열간 거리 (Inter-row spacing)를 조사하였다. 조사 결과, 주간 거리에서는 2.0 m 구간이 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 1.0~1.5 m 구간이 많았다(Table 1). 재식 5년 차 결과를 기준으로 한 Table 2에서는 1.0 m 구간이 가장 많은 것으로 나타났다. 열간 거리를

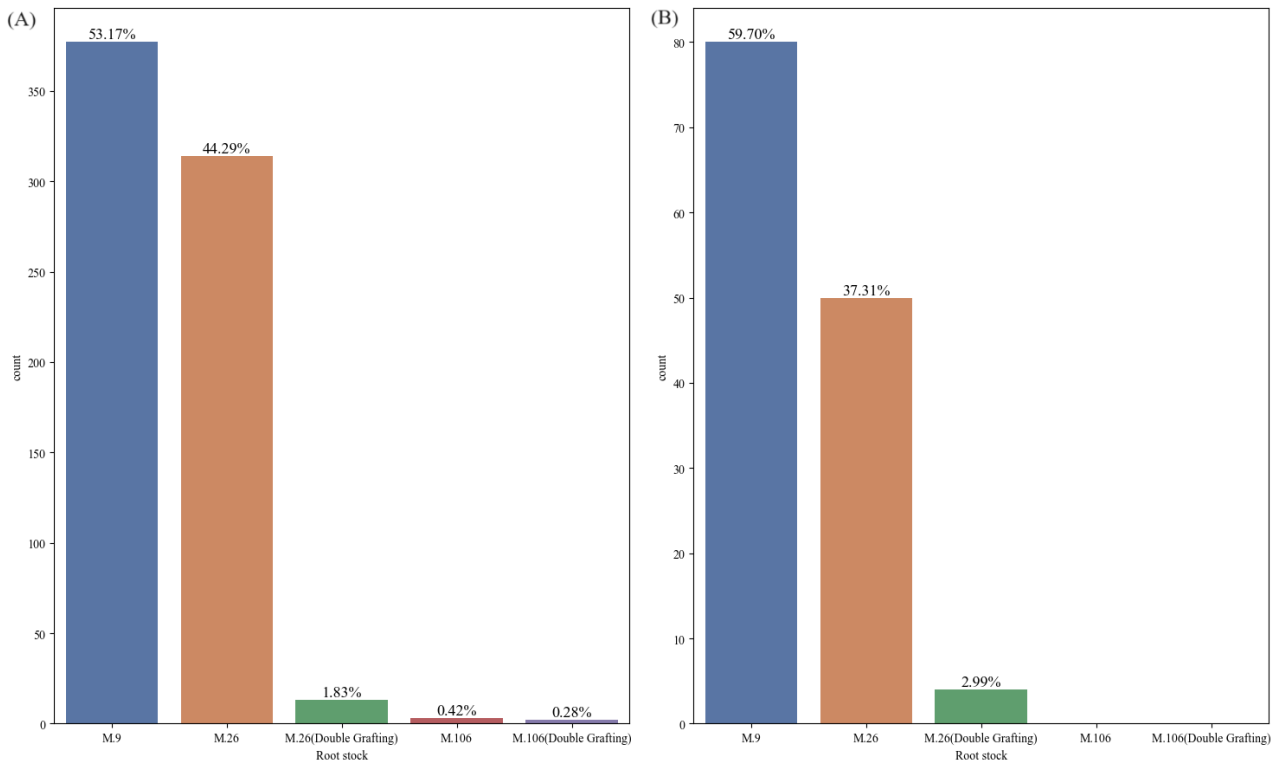


Fig. 3 Apple rootstock varieties used by farmers. General survey results (A) and five-year planting results (B).

나타낸 Table 3을 살펴보면, 4.0 m 구간이 가장 많았으나, 재식 5년 차 결과를 기준으로 한 Table 4에서는 3.5 m 내외로 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 이는 Kwon et al. (2017)이 국내 395 농가를 대상으로 조사한 결과와 유사하게 73.1%가 열간거리 4.0-4.5 m, 88.2%가 주간거리 1.5-3.5 m를 나타낸 것과 비슷한 양상을 보였다. 그러나 본 조사에서 재식 5년 차 결과를 기준으로 보면, 시간이 지남에 따라 재식거리가 좁아지는 경향을 보여주고 있다. 이는 국내 사과원이 점차 3,333 주/1 ha를 재식하는 고밀식 재배체계(High Density Orchard)로 변화하고 있음을 시사한다.

수고

나무 수고는 고품질, 다수확 사과 재배를 위한 필수적 조건으로 적절한 수고를 지닌 사과원은 원활한 햇빛 투과로 안정적인 광 이용성을 통한 꽃눈 형성, 착색 등에 영향을 미치며 (Jackson, 1980; Palmer, 1989), 특히 밀식재배체계에서 안정적인 과원 관리가 가능하다(Kim, 2022). 일반적으로 적절한 수고란 각 과원의 재식거리 및 재식 방향 등 여러 요인에 의해 차이가 나지만(Kim, 2022), 일반적으로 저수고 밀식재배를 근간으로 최종 결실 가지를 2.5~3 m에 배치하는 수고를 제시하고 있다 (RDA, 2003). 이를 기준으로 본 조사의 결과를 살펴보면(Fig. 4), 3.5 m의 수고가 가장 많이 조사된 것으로 보아 저수고 밀식재배

형태와 유사한 형태로 과원을 운영하는 것으로 보이나, 수고 구간 별로 살펴보면 4-4.5 m 구간이 가장 많은 것으로 나타났다. 이는 설문조사에서 전체 재식연차를 고려하였기 때문에 재식 연차가 높을수록 수고가 높아지는 경향이 있으나, 저수고 밀식재배를 표방한 재식거리에 비해 수고는 높게 조사된 것으로 나타났다. 이는 많은 과원에서 수고가 높아지면 나무의 세력을 자람 방향으로 자연스럽게 분산할 수 있어 수세 안정에 유리하기 때문인 것으로 보이며(Hampson et al., 2004), 특히 국내 사과재배의 경우 대과 생산과 준왜성화재배에 익숙한 관행으로 인해(Yang et al., 2015), 저수고 밀식재배라는 목적성에 도달하지 못한 것으로 보인다. 따라서 본 설문조사에는 우리나라 사과 재배에서 행해지고 있는 다양한 요인들이 반영된 결과로 우리나라 재배체계 및 수형의 특징을 살펴보는데 적절한 자료로 판단된다.

살포 약량

각 과원의 살포 약량을 조사한 Fig. 5을 살펴보면, 400~500 L/10a 구간이 42.8%로 가장 많았으며, 다음으로 300~400 L/10a 구간이 24.6%, 500 L/10a 이상 구간이 22.2%로 조사되었다. 따라서 본 조사에 참여한 90%의 농가가 300 L/10a 이상을 살포하고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 450 L/10a 이 중위값으로 볼 수 있다. 이러한 평균 살포 약량은 지난 2007년과

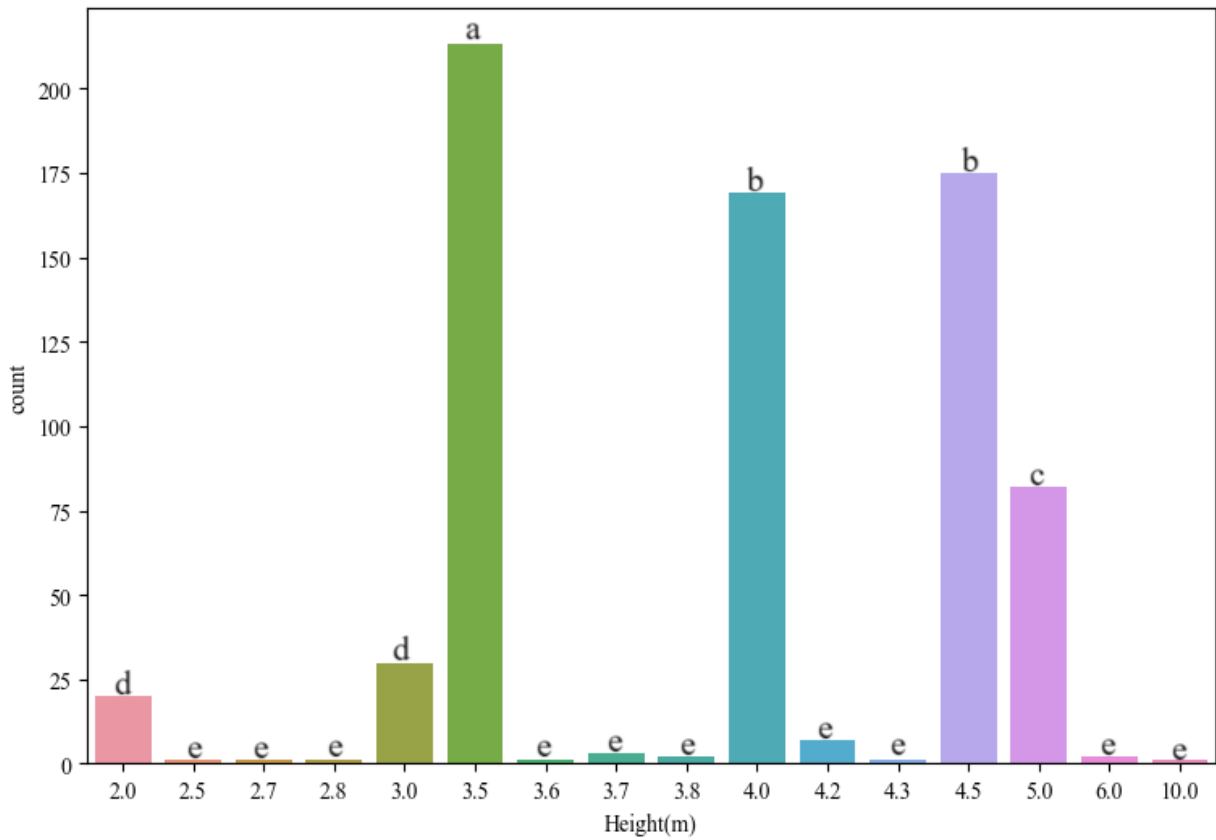


Fig. 4 Survey results of the current height of apple trees in orchards.
 *Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P < 0.05$)

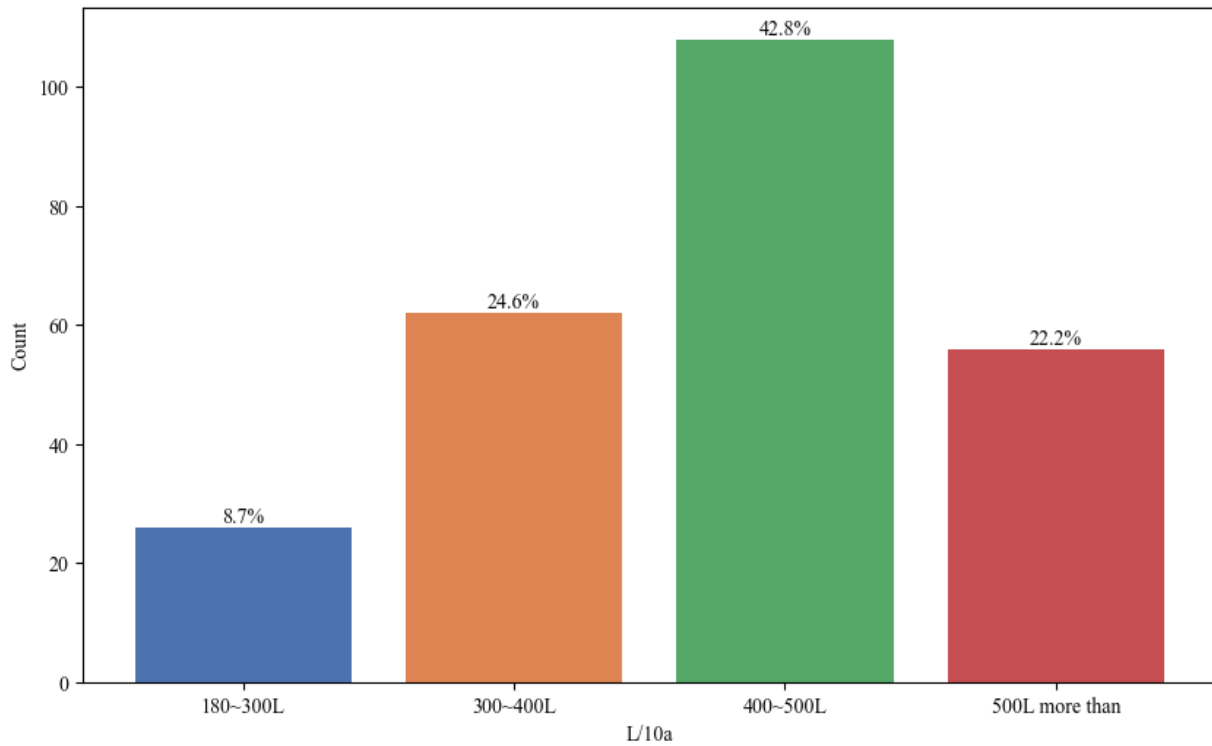


Fig. 5 The amount of pesticide application volume used by the apple orchard.

Table 2. Survey results of intra-row spacing used by farmers during the fifth year after planting

*Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P<0.05$)

Spacing (m)	Count (n)	Percent (%)*
0.6	1	1.12 ^d
0.7	1	1.12 ^d
0.75	2	2.25 ^d
0.8	1	1.12 ^d
0.9	1	1.12 ^d
1.0	45	50.56 ^a
1.1	1	1.12 ^d
1.2	10	11.24 ^c
1.5	29	32.58 ^b
1.7	1	1.12 ^d
1.8	13	14.6 ^c
2.0	27	30.34 ^b
2.5	1	1.12 ^d
3.0	1	1.12 ^d

Table 3. Survey results of intra-row spacing used by farmers

*Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P<0.05$)

Spacing (m)	Count (n)	Percent (%)*
2.5	2	0.32 ^f
2.7	1	0.48 ^f
2.8	17	0.32 ^f
3.0	72	0.32 ^f
3.2	19	0.16 ^f
3.5	199	16.03 ^c
3.6	1	0.16 ^f
3.7	7	3.33 ^c
3.8	82	0.16 ^f
4.0	299	23.49 ^b
4.2	1	0.32 ^f
4.3	1	0.32 ^f
4.5	4	11.27 ^{cd}
4.8	1	0.16 ^f
5.0	2	50.79 ^a
6.0	1	0.16 ^f

2017년에 조사된 사과원 평균 살포 물량인 2,000~5,000 L/ha 와 유사하게 나타났으며 (Lee et al., 2007; Kwon et al., 2017), 특히 Kwon et al. (2017) 이 조사한 내용에 따르면, 조사농가중 약 50% 이상이 2,500~4,000 L/ha 로 나타난 것으로 보아 약 15년 동안 살포 약량이 크게 변하지 않거나 소폭 증가한 것으로 보인다. 이는 여전히 사과재배 시 적정 약량 살포에 대한 기준 정립이

Table 4. Survey results of intra-row spacing used by farmers during the fifth year after planting

*Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P<0.05$)

Spacing (m)	Count (n)	Percent (%)*
2.5	2	2.63 ^d
2.8	10	13.16 ^c
3.0	27	35.53 ^b
3.2	4	5.26 ^d
3.5	38	50.00 ^a
3.7	2	2.63 ^d
3.8	24	31.58 ^b
4.0	26	34.21 ^b
4.3	1	1.32 ^d

되지 않았으며, 사과원 내 약량 살포를 줄이기 위해 Han (2013)이 진행한 Low Volume Spray(LVS) 모델과 Kim et al., (2017) 이 도입한 Leaf Wall Area(LWA) 모델 등 해외의 과원 살포 약량 감소에 연구에 착안하여 만들어진 적정 살포 약량 방안은 실제 현장에서는 잘 사용되지 않는 것으로 보이며, 농약인축독성 시험 성적서 (RDA, 2022)에서 제시한 1일 농약 살포 면적인 2,500 L/ha에 비해서도 높은 것으로 보아 체계적이고 현장성 있는 연구가 이루어져야 한다.

이와 달리 사과원 내 농약 살포 횟수는 1993년에 살균제 18.8회, 살충제 13.3회, 살비제 6.5회에서 2014년에 평균 12회로 줄어들었으며, 지역 및 방제체계에 따라 10회 이내로 줄어들었다 (Lee et al., 1996; Jang et al., 2015; Ha, 2016; Park, 2019). 이는 Jeong et al.(1994), Uhm (2009) 등 오랜 기간 동안 약제 저항성 등을 줄이고 국내 사과원 환경에 맞춰 효과적인 방제를 위한 방제체계 수립 및 연구의 결과로 볼 수 있다. 그러나 살포 약량의 경우 흘러내릴 정도로 살포하여야 한다는 농약 사용지침서의 표기와 Lee et al. (2007) 조사에서 병충해의 방제효과가 미흡한 원인으로 살포물량 부족을 농가에서 가장 많이 꼽은 것으로 보아 적정 살포 약량에 대한 세부 지침과 관련 연구가 필요하며, 특히 살포 횟수처럼 주기적인 방제 실험과 이에 대한 기초 자료가 필요하다.

방제기 운용

살포 약량에 대한 각 과원의 방제기 운용 방법 중, Fig. 6A의 RPM 조사 결과를 살펴보면, 180~300 L/10a를 제외한 모든 약량에서 1,500~2,000 RPM이 가장 높은 것을 알 수 있으며, 180~300 L/10a에서도 1,000~1,500 RPM과 1,500~2,000 RPM의 차이가 크지 않은 것을 확인할 수 있다. 살포 약량에 따른 주행속도(기어/단)를 나타낸 Fig. 6B의 경우, 180~300 L/10a를 제외한 모든 약량에서 저속 2단으로 방제기를 운용하고 있는

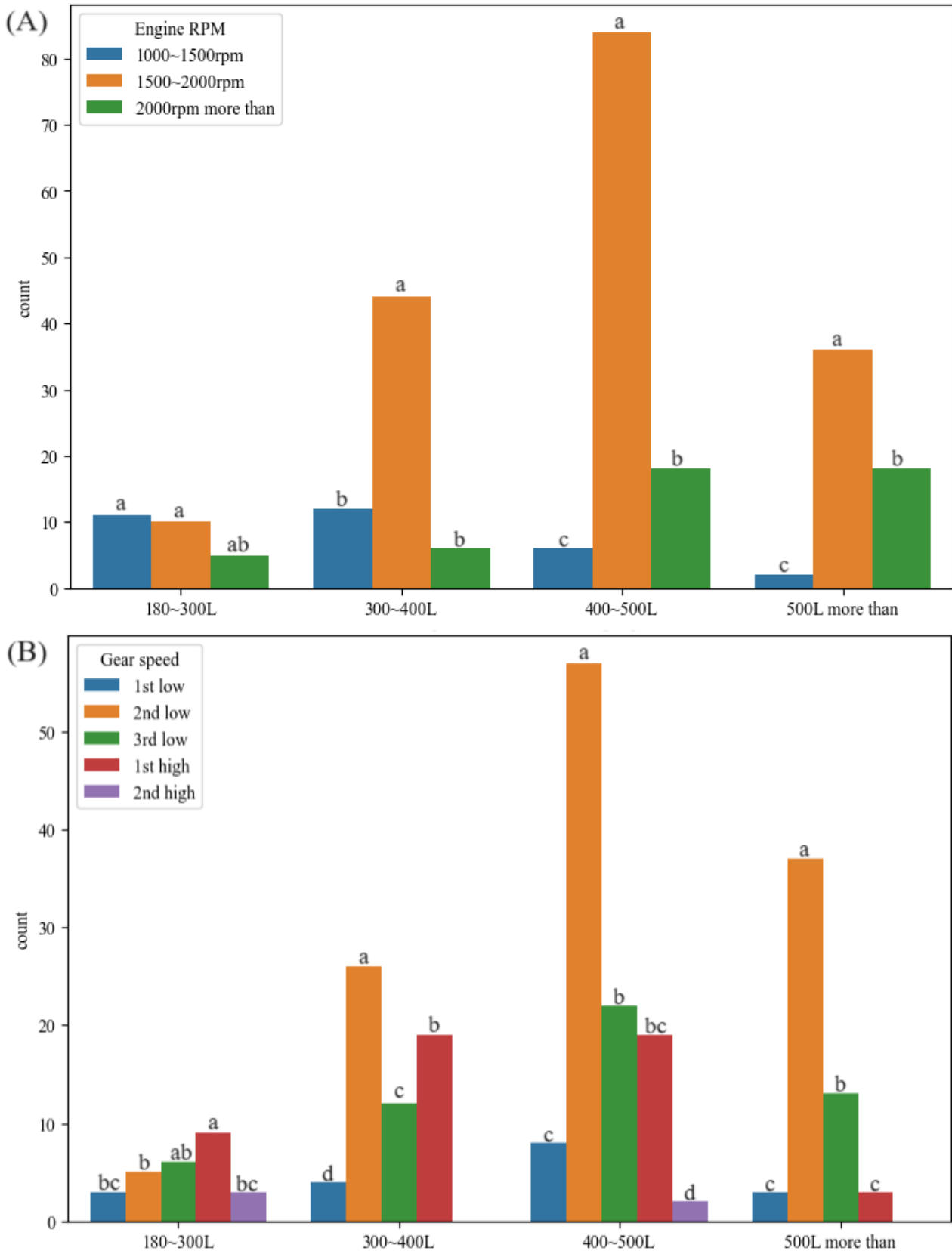


Fig. 6 Method of operation of the sprayer according to the amount of spraying (A: RPM; B: Gear speed). *Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P < 0.05$)

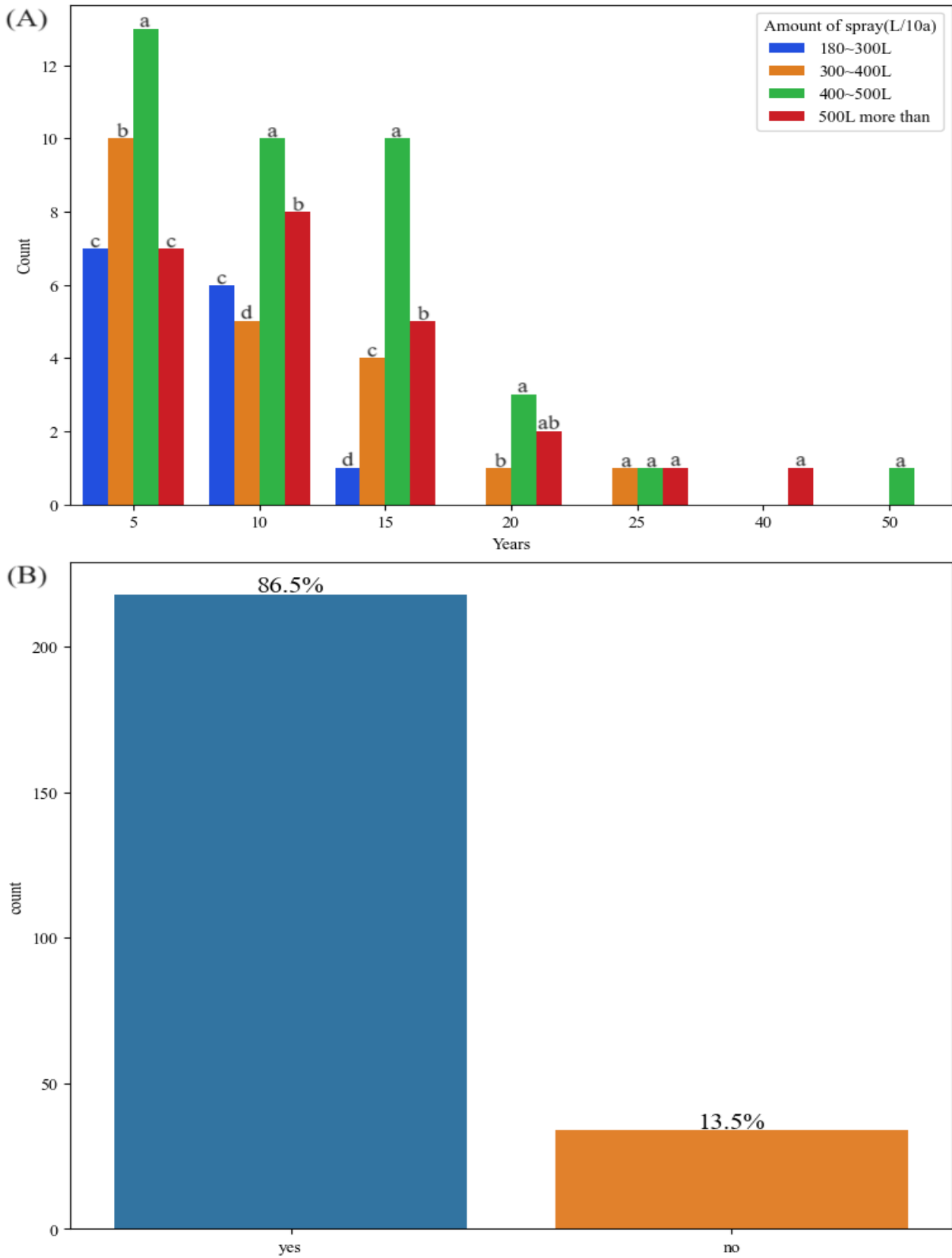


Fig. 7 The amount of spray according to the planting years (A) and changes in pesticide distribution in thone-year growth cycle (B). *Different letters above the bar indicate significant difference based on one-way ANOVA and Tukey's HSD test ($P < 0.05$)

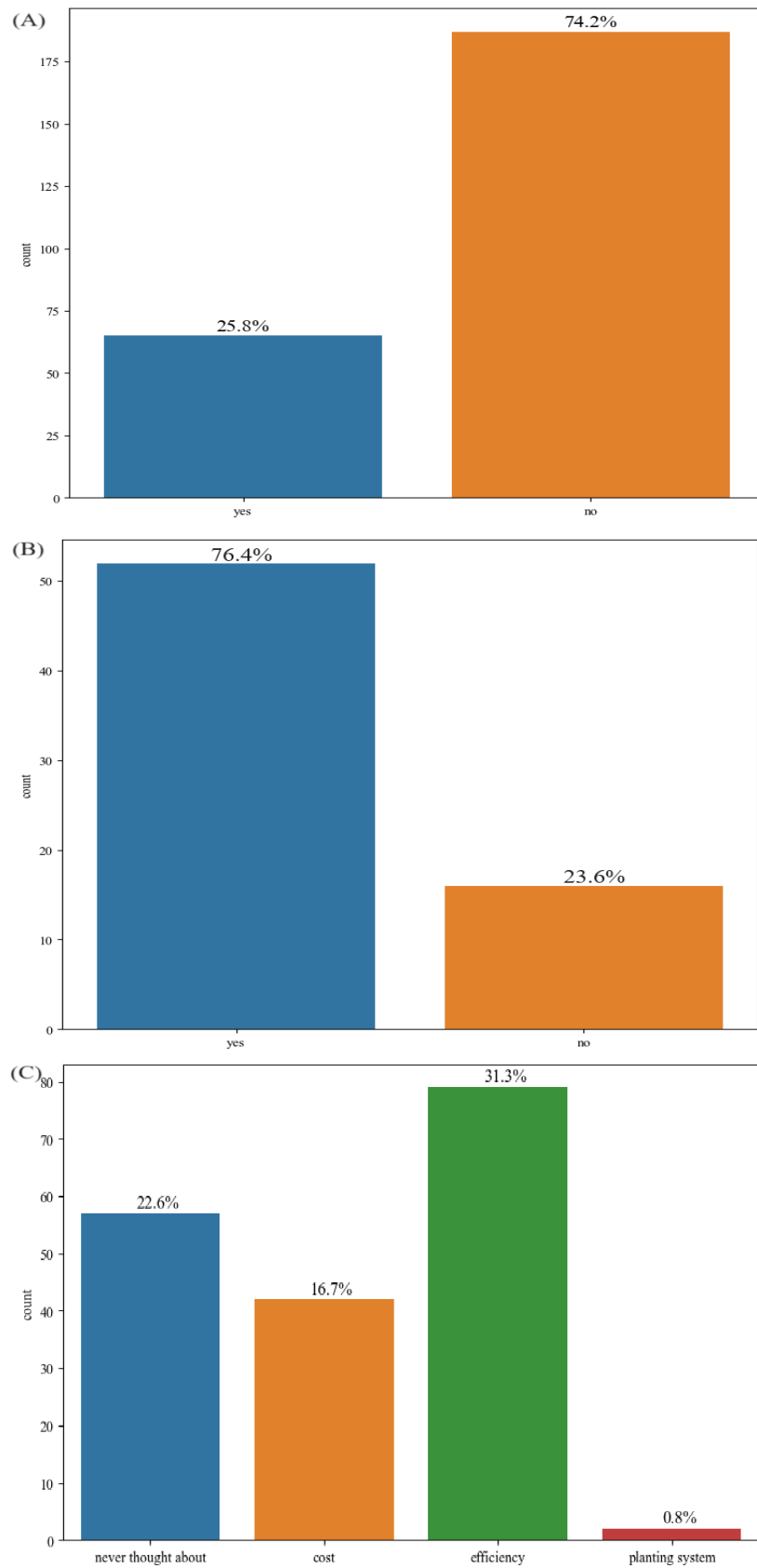


Fig. 8 Survey results related to tower sprayers. Willingness to purchase tower sprayers (A), satisfaction among farmers who have already purchased tower sprayers (B), and reasons for reluctance to purchase sprayers (C)

것으로 나타났다. 즉, 우리나라의 사과원 방제 시 사용하는 방제기 운용 설정은 1,500~2,000 RPM과 저속 2단이 대부분을 차지하며, 이는 곧 방제 운용이 획일적이고 단조로운 설정으로 진행되는 것으로 볼 수 있다. 이러한 방제기 운용은 우리나라 사과원이 약 20여 년 간 살포 약량의 변화가 거의 없는 것을 방증하는 자료 볼 수 있으며, 과원 내 약량을 효율적으로 살포하기 위해서는 방제기 운용 설정을 유연하게 조정할 필요성이 있다. 해외에서는 과원 내 살포 약량을 설정 시 Tree Row Volume (TRV), Leaf Wall Area (LWA)를 사용한다(Sutton and Unrath, 1984; Koch, 2007). 또한 살포 약량에 따른 방제기 운용은 과원 내 살포 약량에 따른 분사량, 노즐 개수, 주행 속도 등을 고려한 공식을 이용하는데 (Andersen et al., 2010), 이를 통해 나무 수관 구조에 따라 농약 살포량을 조정하여 효과적인 방제가 가능하도록 한다. 이처럼 일련의 농업 과정에서 적절한 기술을 통한 약량 살포는 농약을 최대 60%까지 줄일 수 있다 (Karkee et al., 2013). 그러나 위와 같은 적절한 방제기 운용 설정은 비교적 복잡한 작업으로 여겨 농가에서 무시하는 경향이 많아 이를 효과적으로 조정하기 위해서는 농가 인식 제고 및 단순화된 설정 방법이 필요하다(Doruchowski et al., 2012).

생육을 고려한 방제 진행

생육을 고려한 방제 진행 조사 중 재식 연차 별 살포 약량을 나타낸 Fig. 7A를 살펴보면, 모든 재식 연차 구간에서 400~500 L/10a의 약량을 살포하는 것으로 조사되었다. 이는 앞선 국내 사과원의 획일적인 방제기 운용을 뒷받침하는 결과로 많은 농가에서는 나무의 자람과 상관없이 동일한 약량을 살포하고 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 농가에서는 나무 크기, 모양, 면적밀도 및 성장 단계에 맞게 적절하게 방제를 조정해야 하지만 쉽지 않다(OMAFRA, 2009). 따라서 국내 농가에서는 약량을 계획적으로 살포하는 것보다 동일한 약량을 설정하여 방제하는 것으로 추측된다. 그러나 해외의 경우, 국가 또는 주정부가 주도하여 생육 시기를 고려한 다양한 형태와 밀도의 사과원에서 단위 면적 당 일정 약액이 유지되도록 조정하는 연구를 진행하고 있다(OMAFRA, 2009). 한편, 1년 생육 주기 내 약량을 달리 살포하여 방제하는지에 대한 여부에서는 86.5%의 농가가 그렇다고 답하였다(Fig. 7B). 이는 재식연차 및 방제 운용 등의 결과와 종합하여 보았을 때, 400~500 L/10a 구간에서 상대적으로 수관이 작은 3~4월에서 400 L에 가까운 살포를, 7~9월 수관이 커지는 경우 500 L에 가까운 약량으로 방제한다는 의미로 해석할 수 있다. 이처럼 방제 운용에 이어 생육 시기를 고려한 방제 사안에 대한 설문조사에서도 우리나라의 사과원 방제가 특정 약량 구간을 중심으로 획일화되어 있는 특성을 확인할 수 있다.

타워형 방제기 도입

우리나라 사과원에서 사용하는 방제기는 축류형 송풍 구조와 송풍 구조에 맞춰 노즐을 배치한 형태로 이러한 방제기 디자인은 수고가 6 m 이상 거대수 형태의 사과 등을 방제하기 위한 방안이었고, 강한 송풍 등을 통해 약액이 수고 끝까지 닿게 하기 위한 방법이었다(Fox, 2008). 그러나 밀식재배체계 도입 이후 나무의 크기는 작아졌을 뿐 아니라, EU를 중심으로 하여 농약의 허비를 줄이고 작업 안전성을 높일 수 있는 방안이 대두되면서 방제 시 최적의 분무 교정에 대한 방법 제기가 필요해졌다 (Doruchowski, 2012). 타워형 방제기는 최적의 분무 교정 방법 중 하나로 분무 장치를 수직으로 배치하여 나무 수관 최상단부까지 약액이 분무되도록 고려하였다(Fox, 2008). 이러한 타워형 방제기는 1970년 대부터 꾸준한 연구가 진행되어 왔으며 (McMechan et al., 1975), 해외에서는 타워형 방제기 도입을 과원 내 분무 양상 개선을 위한 주요 방안 중 하나로 생각하고 있다. 특히 최근 비산으로 인한 농약 허비와 환경오염을 최소화하고 수관 내 최적의 약량을 살포로 하는 정밀 방제가 대두되면서 타워형 방제기에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다 (Blanco et al., 2019; Kasner et al., 2020). 그러나 국내의 경우 타워형 방제기에 대한 도입에 대한 논의가 늦어져 현재 일부 농가를 중심으로 타워형 방제기를 수입하거나, 국내 방제기의 노즐 배치를 수직으로 개조하여 사용하고 있다. 따라서 현재 국내에서 타워형 방제기와 관련된 기초 데이터 등이 없기 때문에 본 설문조사를 통하여 현재 농가단위에서의 타워형 방제기 도입에 대한 질의를 진행하였다.

타워형 방제기 도입과 관련하여 진행한 설문 중 타워형 방제기를 도입하였는지를 살펴본 Fig. 8A에서는 25.8%는 설치하였으나, 74.2%는 설치하지 않았다고 답하였다. 타워형 방제기를 도입한 25.8%를 대상으로 만족 의사를 물어본 Fig. 8B에서는 76.4%가 만족한다고 표현하였다. 타워형 방제기를 설치하지 않은 74.2%를 대상으로 타워형 방제기 설치 의견을 물었을 때(Fig. 8C), 22.6%는 설치할 의사가 없다고 답하였고, 16.7%는 비용적인 측면에 대한 부담, 31.3%는 효율성에 대한 의문을 답하였으며, 0.8%는 농가의 과원이 타워형 방제기에 적합하지 않은 형태라고 답변하였다.

이처럼 국내 과원에서는 아직까지 타워형 방제기의 효용성 등에 대한 연구가 진행된 적이 없고, 특히 현장을 기반으로 한 실험이 이루어지지 않았기 때문에 해외에 비해 많은 농가에서 도입을 꺼리고 있는 것으로 판단된다. 그러나 앞선 조사 결과에 따르면, 국내 사과원도 해외의 사과원처럼 고밀식 재배 체계로 변화하고 있으며, 타워형 방제기를 도입한 농가에서 만족도가 높은 것으로 보고되었다. 따라서 국내의 사과원 방제 연구에서는 밀식 재배 체계와 타워형 방제기에 대한 심도 있는 논의가

필요하며, 이에 본 조사는 국내 사과 재배 및 방제 환경을 고려한 실질적 연구의 필요성을 제기하는 바이다.

Author Information and Contributions

Jong Hoon Jeon, Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Ph.D. Course, <https://orcid.org/0009-0003-6302-4018>

Tae Myung Yoon, Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8871-7599>

Seunghyun Ban, Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-8239-8179>

이해상충관계

저자는 이해상충관계가 없음을 선언합니다.

Literature cited

- Andersen P, Jørgensen M, 2010. Calibration of sprayers. *Julius-Kühn-Arch.* 426:143-152.
- Blanco MN, Fenske RA, Kasner EJ, Yost MG, Seto E, et al., 2019. Real-time monitoring of spray drift from three different orchard sprayers. *Chemosphere.* 222:46-55.
- Choi BH, Kim CS, Jeong YJ, Jeon JH, Shin BY, et al., 2023. Configuration of the tree shape in a bi-axis apple orchard using 'Fuji'/M.9 grafted plants—tree growth and productivity during early years according to the planting distance. *Hortic. Sci. Technol.* 41(5):560-570. (In Korean)
- Choi DG, Song JH, Kang IK, 2014. Effect of tree height on light transmission, spray penetration, tree growth, and fruit quality in the slender-spindle system of 'Hongro'/M9 apple trees. *Hortic. Sci. Technol.* 32(4):454-462. (In Korean)
- Dorigoni A, 2016. Innovative fruit tree architecture as a nexus to improve sustainability in orchards. *Acta Hort.* 1137:1-10.
- Doruchowski G, Hołownicki R, Godyn A, Świechowski W, 2012. Calibration of orchard sprayers—the parameters and methods. *Julius-Kühn-Archiv* 439(4):140-144.
- Fox RD, Derksen R, Zhu H, Brazee RD, Svensson SAA, 2008. A history of air-blast sprayer development and future prospects. *ASABE* 51(2):405-410.
- Hampson CR, Quamme HA, Kappel F, Brownlee RT, 2004. Varying density with constant rectangularity: I. Effects on apple tree growth and light interception in three training systems over ten years. *Hort Sci* 39(3):507-511.
- Ha HY, Park SE, You AS, Gil GH, Park JE, et al., 2016. Survey of pesticide use in leaf and fruit vegetables, fruits, and rice cultivation areas in Korea. *Weed Turf. Sci.* 5(4):203-212. (In Korean)
- Han YH, 2013. Feasibility study for low volume spray in apple orchard. PhD Diss., Chungnam Nat'l Univ, Daejeon, Korea. (In Korean)
- Jang I, Kim HM, Lee SW, Choi KH, Suh SJ, 2015. Analysis of pesticide applications on apple orchards in Geochang, Korea. *Korean J. Pestic. Sci.* 19(2):93-100. (In Korean)
- Jackson JE, 1980. Light interception and utilization by orchard systems. *Horticultural reviews* 2:208-267.
- Jeong HW, Lee JY, Choi YS, Lee SM, Park JK, et al., 2014. Establishment of tree formatting management for apple varieties. Korea Nat'l College of Agriculture and Fisheries. Republic of Korea. (In Korean)
- Jeonng MH, Kim DH, Uhm JY, 1994. Establishment of fungicidal spray schedule for effective control of apple white rot. *Korean J. Plant Pathol.* 10(4):284-291. (In Korean)
- Jo KH, Yoon TM, 2006. Fruit quality, yield, and profitability of 'Hongro' apple as affected by crop load. *Hortic. Sci. Technol.* 24(2):210-215. (In Korean)
- Karkee M, Steward B, Kruckeberg J, 2013. Automation of pesticide application systems, *Agricultural automation: fundamentals and practices.* CRC Press, Boca Raton, Florida, United States.
- Kasner EJ, Fenske RA, Hoheisel GA, Galvin K, Blanco MN, et al., 2020. Spray drift from three airblast sprayer technologies in modern orchard work environment. *Ann. Work Expo. Health.* 64(1):25-37.
- Koch H, 2007. How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. *Bayer crops. j.* 60:71-84
- Korean Statistical Information Service(Statistics Korea), 2023. A crop production survey 2022. Daejeon, Korea. (In Korean)
- Korean Statistical Information Service(Statistics Korea), 2024. A crop production survey 2023. Daejeon, Korea. (In Korean)
- Kim CS, Choi BH, Jung YJ, Yoon TM, 2022. Comparison of light utilization efficiency in terms of the planting distance, orientation, and tree height for a high-density apple orchard. *Hortic. Sci. Technol.* 41(3):260-270. (In Korean)
- Kim SA, Lee YS, Park JH, Yang SJ, Do VG, 2023. Gene expression analysis related to coloration of 'Shinano Gold' apple. *Hortic. Sci. Technol.* 41:106. (In Korean)
- Kim SS, Kwon HY, Lee KS, 2017. Study of water volume standard for pesticide application with LWA (Leaf Wall Area) model in apple orchard. *Korean J. Pestic. Sci.* 21(2):114-122. (In Korean)
- Kwon HY, Hong SM, Kim SS, Paik MK, Lee HS, et al., 2017. Survey of planting system and pesticide spray method on apple orchards in Korea. *Korean J. Pestic. Sci.* 21(1):9-16. (In Korean)
- Kwon SI, Kim JI, Kim MJ, Jeon JH, Paek PN, et al., 2011. 'Arisoo', new apple variety having good red skin color in high temperature

- environments. *Hortic. Sci. Technol.* 29:142. (In Korean)
- Kwon SI, Kim MJ, Paek PN, Shin YU, Kim JH, et al., 2012. breeding of a new mid-season apple cultivar ‘Yeohong’. *Hortic. Sci. Technol.* 30(6):776-779. (In Korean)
- Kwon YS, Park MY, Kim JH, Kwon SI, Kim SA, 2019. The pollination characteristics for new Korean apple ‘Colorpple’ and ‘Goldenball’. *Hortic. Sci. Technol.* 37:221. (In Korean)
- Lee SW, Suh SJ, Kim DA, Choi KH, Lee DH, et al., 1996. Questionnaire on status and opinions of pest control to apple growers and its related groups. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1):545-532. (In Korean)
- Lee SW, Lee DH, Choi KH, Kim DA, 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. (In Korean)
- McMechan AD, Gaunce AP, 1975. A Tower sprayer for tree-wall plantings. *Can.Agric.Eng.* 17(1):31-33.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2007. 2010 Fruit census, Sejong, Korea. (In Korean)
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2009. Adjusting airblast sprayers for high-density apple orchards. Toronto, Canada.
- North Carolina State Extension, 2024. Intergrated orchard management guide for commercial apples in the southeast, 2024. North Carolina State University, USA.
- Palmer JW, 1989. The effect of row orientation, tree height, time of year and latitude on light interception and distribution in model apple hedgerow canopies. *J Hort Sci* 64:137-145.
- Park DH, Lee JH, Jeong TS, Hwang SJ, Hong DK, Won HS, 2019. Anaysis of pesticide application in apple orchards in Gangwon province. *J Agri Life Environ Sci.* 31(1):11-16. (In Korean)
- Park IH, Han SG, Kim CS, Jeong YJ, Jeon JH, et al., 2024. Early performance of multi-leader apple training systems in Korea. *Hortic. Sci. Technol.* 42(1):104-116. (In Korean)
- Park MY, Kwon SI, Kwon YS, Kweon HJ, Park JT, et al., 2020. Different treatments induce the development of fruit spot in ‘Arisoo’ apples. *Hortic. Sci. Technol.* 38:157. (In Korean)
- Rural Development Administration, 2001. Characteristics of new varieties of apples (Hongro, Gamhong, Chugwang, Hwahong). Jeonju, Korea. (In Korean)
- Rural Development Administration, 2003. Analyzed the establishment cost and nursery tree production cost of high density apple orchard. Jeonju, Korea. (In Korean)
- Rural Development Administration, 2004. Intergrated management system for high density apple orchard using M.9 rootstock. Jeonju, Korea. (In Korean)
- Rural Development Administration, 2016. Characteristic of the new apple varieties on the main producing places in full fruiting age and make a cultivaton manual. Jeonju, Korea. (In Korean)
- Rural Development Administration, 2022. Pesticide Toxicity Evaluation. Jeonju, Korea. (In Korean)
- Robinson TL, Lakso AN, Ren Z, 1991. Modifying apple tree canopies for improved production efficiency. *Hort Sci* 26(B):1005-1012.
- Robinson TL, Terence L, 2003. Apple-orchard planting systems, In: Apples: botany, production and uses. CABI publishing, Wallingford, UK, 345-407.
- Robinson TL, Hoying SA, Reginato GH, 2006. The tall spindle apple production system. *New York Fruit Quarterly.* 14(2):21-28.
- Robinson TL, 2011. Advances in apple culture worldwide. *Rev. Bras. Frutic.* 33:37-47.
- Sagong DH, 2007. Productivity, growth control and fruit quality improvement in high density apple orchards. PhD Diss., Kyungpook Nat’l Univ, Daegu, Korea. (In Korean)
- Sutton TB, Unrath CR, 1984. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. *Plant Dis.* 68:480-484.
- Uhm JY, Lee SW, 2009. Low pesticide high efficiency apple pest control. Kyungpook Nat’l Univ, Daegu, Korea. (In Korean)
- World Health Organization, 2022. Pesticide Residues in Food 2022. Geneva, Switzerland.
- Yang SJ, Park MY, Song YY, Sagong DH, Yoon TM, 2009. Influence of tree height on vegetative growth, productivity, and labour in slender spindle of ‘Fuji’/M.9 apple trees. *J Bio-Environ Control* 18:492-501. (In Korean)
- Yang SJ, Park MY, Song YY, SaGong DH, Yoon TM, 2010. Evaluation of Early Productivity of High Density ‘Fuji’ Apple Orchards by Planting Well-feathered Trees/M.9 EMLA. *Hortic. Sci. Technol.* 28(3):374-380. (In Korean)
- Yang SJ, Sagong DH, Yoon TM, Song YY, Park MY, et al., 2015. Vegetative growth, productivity, and fruit quality in tall spindle of ‘Fuji’/M.9 apple trees. *Hortic. Sci. Technol.* 33(2):155-165. (In Korean)
- Yoon TM, 2001. Integrated production of good quality apple. Proc. Symp. on sustainable development of apple industry in Kyeong-Buk Province. Andong Nat’l Univ and Kyeong-Buk Province 9-30. (In Korean)
- Yoon TM, 2004. Development of high density apple growing in Europe and Korea. *Hortic. Sci. Technol.* 28:79-97. (In Korean)
- Yoon TM, Han SG, Park IH, 2023. Concept and Prospect of Two-Dimensional Orchard System. *Hortic. Sci. Technol.* 41:47-48. (In Korean)

국내 사과원 재배 형태 및 방제 실태 조사

전종훈 · 윤태명 · 반승현*
경북대학교 원예과학과

요약 본 연구는 밀식재배체계도입과 소비 경향 변화로 빠르게 바뀌어 가는 사과재배현장을 분석하고 재배 시 과원 내 방제 특성 조사를 통해 효율적인 방제 운용 방법을 고안해 보고자 전국 252 사과 농가를 대상으로 기초 사과재배 농가 현황과 방제 현황에 관한 설문조사를 실시하였다. 전체 재배 품종 경향에서는 후지, 홍로, 감홍 순이었으나, 최근 5년 경향에서는 후지, 시나노 골드, 아리수 순으로 나타났으며, 대목은 M.9이 전체 경향 및 최근 5년 경향 모두 높은 점유율을 보였다. 재식거리는 전체적으로 4×2 m에 가까웠으나, 최근 3×1.5 m 내외로 점차 줄어드는 형태를 보였고, 수고는 3.5 m 이상 구간이 가장 많았다. 방제 현황에서 과원의 평균 살포 약량은 400~500 L/10a 구간이 가장 많았으며, 방제기 운용에서는 대부분의 약량에서 1,500~2,000 RPM과 저속 2단을 선호하는 것으로 나타났다. 살포 약량은 모든 재식 연차에서 거의 동일하게 적용되는 것으로 나타났으나, 일부 생육시기에 따라 조정한다는 답변이 많았으며, 타워형 방제기 도입여부에 대해서는 효율성, 가격 등의 이유로 비사용 농가들은 의문을 표하고 있으나, 실제 사용자들의 만족도는 높은 것으로 평가되었다.

색인어 방제기, 사과 생육, 사과 재식, 방제, 약량