

Research Article



CrossMark

Open Access

국내 키위 주산지 토양 및 엽 화학성과 과실 특성

김홍림*, 이목희, 정경호

농촌진흥청 국립원예특작과학원 남해출장소

Soil and Leaf Chemical Properties and Fruit Quality in Kiwifruit Orchard

Hong Lim Kim*, Mock-hee Lee and Kyeong-Ho Chung (Namhae Branch, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 52430, Korea)

Received: 22 June 2022/ Revised: 3 August 2022/ Accepted: 12 August 2022

Copyright © 2022 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Hong-Lim Kim

<https://orcid.org/0000-0001-9136-1327>

Abstract

BACKGROUND: Kiwifruit is a fruit tree with relatively small cultivation area in Korea and researches on its soil and physiology are very limited compared to those on cultivar development. Therefore, there are limited information for farmers to cope with the reduction in productivity due to various physiological disorders and premature aging. This study was conducted to investigate the soil and leaf chemical properties, and fruit characteristics, which will be used as basic data for stable kiwifruit orchard soil management.

METHODS AND RESULTS: The soil and leaf chemical properties, and fruit characteristics were investigated for two years in 16 kiwifruit orchards growing 'Hayward' (*Actinidia deliciosa*) in Jeollanam-do and Gyeongsangnam-do. Soil and leaf samples were collected in July and fruit quality was investigated by harvesting fruits about 170 days after full bloom. The average soil chemical properties of kiwi orchards were generally higher than the recommended level, except for pH, and especially, the exchangeable potassium reached about 300% of the recommended level. The proportions of orchards that exceeded the recommended level of soil chemical properties were

63, 31, 100, 69, 94, 88 and 69% for pH, EC, organic content, available phosphate, and exchangeable potassium, calcium and magnesium, respectively. Thirty-three percent of orchards had more than 100 mg/kg of nitrate nitrogen in soil. Available phosphate in soil showed a significantly positive correlation with leaf nitrogen, phosphoric acid and calcium content, but showed a significantly negative correlation with leaf potassium content. The magnesium content in the leaves was significantly correlated with soil pH. The highest fruit weight was observed in about 25 g/kg of leaf nitrogen content which could be attained when plants were grown on the soil containing about 100 mg/kg of nitrate nitrogen content. The average soluble solids content among 16 orchards was 9.58 °Brix at harvest and 13.9 °Brix after ripening, which increased about 45%, and the average fruit weight was about 110 g.

CONCLUSION(S): For fruit quality, fruit soluble solids (sugar compounds) content was significantly correlated with leaf potassium content, fruit hardness with leaf total nitrate, calcium and magnesium, and fruit titratable acidity with leaf magnesium; however, leaf calcium and magnesium negatively affect the soluble solids contents in fruits.

* Corresponding author: Hong Lim Kim
Phone: +82-10-9399-2238; Fax: +82-55-864-1508;
E-mail: khllloi@korea.kr

Key words: Fruit, Kiwifruit, Nutrient, Orchard, Soil

서론

국내 키위 산업은 1977년 도입 이후 전남과 경남 그리고 제주 등 남부지역을 중심으로 약 1,300 ha가 재배되고 있다. 도입 초기 뉴질랜드 육성 품종인 'Hayward'와 'Hort16A'가 주를 이루었으나, 90년대 이후 '한라골드', '해금', '스키니그린', 그리고 '골드윈' 등 경쟁력 있는 국내 품종 육성으로 점차 점유율을 높여가고 있다[1-5].

키위는 덩굴성 온대과수로서 약 100 kg/plant 또는 2-3 ton/1,000 m² 내외의 과실을 생산하며, 0.9-1.4 ton/1,000 m²의 뿌리 무게[6, 7]와 13 km/m² 뿌리 길이를 갖는다[8, 9]. 근권 분포는 지표면 약 60 cm(clay loam)이내에 대부분 분포하고 있다[10]. 이 같은 생장을 위한 연간 질소, 칼리 그리고 칼슘 흡수량은 1,000 m² 기준 약 12.5-14.0 kg 내외이고, 인산과 마그네슘 그리고 황 함량은 2.5 kg 수준이라고 알려져 있다[11, 12]. 또한 키위 양분 함량은 수확기 전후에 최대량을 나타낸다고 한다[13].

키위를 포함한 모든 작물의 안정적 생장은 양분의 양적 측면과 토양환경조건이 충족되어야 한다. 부적절한 양분 관리는 과실의 양과 질을 악화시킬 뿐 아니라 생산성을 악화시켜 농가소득 하락에 원인으로 작용한다[14, 15].

토양 화학성중 pH는 양분 유효도에 미치는 영향이 클 뿐 아니라 불량한 배수 조건과 만나면 전자 수용체 부족에 따른 환원형 무기 이온 형성을 촉진한다[16]. 토양 환원 이온의 증가는 세포의 Fenton-Haber Weiss 반응을 이끌어 hydroxyl radicals($\cdot\text{OH}$)과 reactive oxygen species 생산을 통해 세포막 구조 장애 등 생리적 장애를 유발한다[17, 18, 19]. 토양 유기물은 토양 생물성과 물리적 환경 및 근권 생장 등 토양의 질에 미치는 영향이 크며[20, 21], 유효인산 등 음이온과 양이온의 양적 부적절성은 결핍과 과잉에 따른 생육 불량을 유도한다[22-27].

국내 농경지 양분 함량 분포율은 유기물, 유효인산, 치환성 양이온의 과다 비율이 지속적으로 증가하는 경향이고, 사과 등 과수원 토양의 화학성들은 적정 범위에 크게 벗어난 것으로 보고되었다[28, 29].

키위는 상대적으로 소 면적 과수에 해당하고, 오랜 품종 연구에 반해 토양 및 생리 연구는 매우 미미한편이다. 이에 따라 농가에서는 다양한 생리 장애와 조기 노화로 인한 생산성 하락에 충분한 대처가 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 키위 과원의 토양 환경과 엽 무기 성분 및 과실특성조사를 통해 안정적인 키위 과원토양관리를 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

조사지역 및 시료채취

본 연구는 2년간 국내 키위 주산지인 전남(보성)과 경남(사천, 진주, 고성, 산청)지역에서 10년 이상 'Hayward'(Actinidia deliciosa)를 재배한 16농가를 대상으로 조사하였다.

토양 시료는 7월 중 키위 근권 형성의 중심부인 주간 40 cm, 표토 25 cm 깊이에서 채취 하였으며, 엽 무기 성분 함량은 같은 시기 완전히 전개한 엽 시료를 채취하였다. 과실은 만개 170일 전후 수확하여 분석 전까지 1℃(상대습도 80-90%)에 보관하였고, 후숙은 촉진제 처리 없이 15℃에서 20일간 처리하였다.

토양 및 식물체 화학성 조사

토양 pH, 유기물, 유효인산, 질산태질소와 암모니아태질소 그리고 치환성 양이온 등은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여, pH는 초자전극법, 유효인산은 Lancaster법, 유기물 함량은 Tyurin법, 질산태질소와 암모니아태질소는 Kjeldahl법, 양이온은 ICP(GBC, Australia)를 이용하여 분석하였다. 식물체의 총 질소는 Kjeldahl법으로, 인산은 Vanadate법으로, 칼슘 등 무기성분은 습식 분해 후 ICP(GBC, Australia)로 분석하였다.

과실 특성 조사

키위 과실 특성은 후숙 전과 후를 구분하여 당 함량(PR-32 a, Atago, Bellevue, USA)과 산 함량(TitroLineEasy, Schott, Germany) 그리고 경도(FHM-5, Fujiwara, Japan, 12 mm)를 조사하였다.

통계분석

통계분석은 SAS 통계패키지(SAS Institute, ver. 9.2, USA)를 이용해 분산분석을 실시했으며, 유의성 검정은 던컨의 다중검정법(P=0.05)을 이용했다.

결과 및 고찰

국내 키위 주산지 토양의 화학적 특성

국내 키위 주산지 평균 토양화학성은 Table 1과 같다. 조사된 토양 화학성중 적정 범위에 속하는 성분은 pH가 6.64로 유일 하였고, 그 외 성분들은 상회하였다. 유효인산과 칼륨은 추천범위보다 약 200-300% 높은 각각 1,084 mg/kg과 2.22 cmol/kg이었고, 칼슘과 마그네슘 그리고 유기물함량은 약 150% 많은 각각 12와 2.79 cmol/kg 그리고 51.8 g/kg 이었다.

국내 밭 토양 양분 함량은 지속적으로 증가하는 경향을 띄고 있으며[30], 키위 재배지 토양 화학성 역시 전반적으로 적정 범위를 상회하는 것으로 조사되었다. 특히 2017년 기준 국내 밭 토양 평균과 비교하여 EC는 200%, 유기물과 칼륨 함량이 각각 92, 129% 더 높았다[30]. 토양 pH의 적정성은 1957년부터 현재까지 정부의 지속적인 석회질 비료 사용 장려의 결과로 판단된다. 그러나 높은 EC와 유효인산 등은 키위 농가들의 잔류량을 고려한 시비 관념의 부족으로 판단된다.

키위 주산지 토양 화학성 분포는 Table 2와 같다. 조사 농가 중 적정 토양 pH범위인 6.0-6.5수준을 나타낸 농가 비율은 6%였으며, 31%는 낮았고, 63%는 높았다. 특히 7.0 이상

Table 1. The average soil chemical properties in 16 kiwifruit orchard soil

	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex.Cation(cmol / kg)			NH ₄ -N	NO ₃ -N
	(1:5)	dS/m	g/kg	mg/kg	K	Ca	Mg	mg/kg	
R- range [†]	6.0-6.5	2.0이하	25-35	300-500	0.5-0.8	5.0-7.0	1.5-2.0	-	-
Mean	6.46 ±0.18 ^{II}	2.25 ±0.60	51.8 ±1.80	1,084 ±150	2.22 ±0.33	12.0 ±1.13	2.79 ±0.27	18.4 ±1.79	160.6 ±48.9

n=16, ^{II}SE[†]6-year-old recommended range(<http://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp>)

Table 2. The percentage distribution for the ranges of chemical properties in 16 kiwifruit orchard soil

Component	Distribution(%)					Range of optimum level
pH	>5.5	5.5-6.0	6.1-6.5	6.6-7.0	7.0<	6.0-6.5
	6	25	6	44	19	
EC	>1.0	1.1-1.4	1.5-2.0	2.1-2.4	2.5<	>2.0
	50	13	6	0	31	
OM	>15	15-24	25-35	36-46	46<	25-35
	0	0	0	19	81	
Av.P ₂ O ₅	>100	100-300	301-500	501-700	700<	300-500
	0	19	13	0	69	
K	>0.31	0.31-0.50	0.51-0.80	0.81-1.10	1.10<	0.5-0.8
	0	0	6	13	81	
Ca	>3.1	3.1-5.0	5.1-7.0	7.1-9.0	9.0<	5.0-7.0
	0	6	6	13	75	
Mg	>1.0	1.0-1.4	1.5-2.0	2.1-2.5	2.5<	1.5-2.0
	0	0	31	6	63	
NO ₃ -N	>11	11-50	51-100	101-150	151<	-
	0	44	19	0	38	

n=16

을 나타낸 농가 비율이 19%에 이른 것으로 조사되었다. EC는 대부분 조사 농가가 2.0 dS/m이하를 나타냈으나, 31%의 농가가 2.5 dS/m이상을 나타냈다. 토양 유기물함량은 모든 농가가 적정 수준 이상이였으며, 46 g/kg이상인 농가 비율이 81%를 차지하고 있었다. 유효인산 분포 비율 중 적정 수준에 위치한 비율은 약 13%였으며, 조사 토양의 19%는 300 mg/kg이하였고, 700 mg/kg이상인 농가 비율은 69%에 이르고 있었다. 치환성 양이온중 칼리, 칼슘 그리고 마그네슘이 각각 94, 88 그리고 69%가 적정수준 이상인 것으로 조사되었다. 토양 질산태질소 함량은 100 mg/kg 이하가 63%였고, 150 mg/kg이상인 농가 비율은 38%였다. 키위 농가의 토양 화학성 분포율은 Table 1의 평균적 수치와 달리 농가별 차이가 컸다. 조사 농가의 평균 화학성중 권장 수준을 가장 크게 벗어난 EC는 조사 농가의 69%가 적정 수준 이하를 나타냈으며, 반면 키위 생육에 장애를 유발할 수 있는 수준은 31%에 그쳤다. 그러나 EC를 제외한 다른 화학성은 적정수준을 상회한 분포 비율이 적게는 63%에서 많게는 100%를 나타냈

다. 가장 높게 상회한 분포 비율은 토양 유기물 함량으로서 조사대상 농가 모두가 적정수준을 상회한 것으로 나타났다.

높은 토양 유기물 함량은 염류장해완화, 물리성개선 등 키위 생장에 긍정적인 효과를 유도할 수 있다. 그러나 거시 물리적 환경 즉 심토층의 물리적 환경이 뒷받침 되지 못할 경우, 강우 시 급속한 토양환원화로 인해 습해 피해가 가속화될 수 있다[17-19, 31-33]. 치환성 양이온 역시 약 70%이상 농가가 권장 수준을 상회하였으며, 특히 치환성 칼륨은 약 94%의 농가가 권장 수준 보다 높았다.

키위 재배지 토양 화학성간 상관관계는 Table 3과 같다. 토양 pH는 치환성 칼륨을 제외한 모든 이온과 부의 상관관계를 나타냈다. 토양 EC는 치환성 칼륨과 마그네슘 그리고 질산태질소가 영향을 주었고, 질산태질소는 유효인산과 치환성 칼륨 그리고 치환성 마그네슘과 같은 경향이었다. 한편 질산태질소와 유기물함량은 유의적 상관관계를 나타내지 않았다.

국내 과수 토양의 질소시비기준이 토양 유기물 함량을 바탕으로 이루어진다는 점에서 예상을 벗어난 결과였다. 그러나

Table 3. Correlation coefficients among chemical properties in kiwifruit orchard soil

	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. K	Ex. Ca	Ex. Mg	NO ₃ -N
pH	-0.62**	0.35	-0.54*	-0.48	0.63**	-0.27	-0.55*
EC		-0.21	0.44	0.62**	-0.02	0.57*	0.84**
OM			0.10	0.23	0.44	0.27	0.05
Av.P ₂ O ₅				0.40	-0.05	0.28	0.56*
Ex. K					0.03	0.63**	0.83**
Ex. Ca						0.10	0.08
Ex. Mg							0.66**

n=16, Significant at **p ≤ 0.01; *p ≤ 0.05

조사 농가 토양의 질산태질소를 100 mg/kg이하로 범위를 제한하여 조사한 결과 5% 유의성이 인정되었다(자료 미 제시). 이는 유기물 함량에 따른 질소시비지표가 토양 질산태질소 함량에 따라 제한적일 수 있음을 확인할 수 있었다. 한편 국내 밭 토양 EC는 토양흡착력이 낮은 음이온에 영향을 주로 받으며, 그중 시비량이 많은 질소에 영향을 주로 받는다[34]. 이와 같은 경향은 키위 재배지 토양에서도 다르지 않았다(Table 3). 따라서 재배지 토양의 다양한 토양 유기물과 무기태 질소함량을 고려하면 토양 질소시비량 설정은 질산태질소 또는 EC가 지표로 포함된 검정시비기준 마련이 필요하다 판단된다.

토양 양분중 질산태질소는 유효인산과 치환성칼륨 그리고 치환성 마그네슘과 비슷한 경향을 나타냈는데, 이는 키위 농가들이 사용하는 비료 형태가 단비가 아닌 복합비료 사용이 원인으로 판단된다.

키위 재배지 토양과 엽 화학성 그리고 과중과의 관계

토양과 키위 엽 화학성간 상관관계는 Table 4와 같다. 키위 엽 질소와 인산 그리고 칼슘함량은 토양 유효인산과 유의성 있는 정의 상관관계를 나타냈으나, 엽 칼륨함량과는 1%의 매우 높은 부의 상관관계를 나타냈다. 엽 마그네슘함량은 토양 pH와 유의성 있는 경향을 나타냈다.

따라서 시비 효과의 관점에서 인산은 시비량에 따른 지속적인 시비효과 기대할 수 있었고, 질소와 칼륨은 시비량이 일

정수준 이상 증가할 경우 그 효과가 제한될 수 있음을 시사하고 있다.

토양 질산태질소, 유효인산 그리고 치환성 칼륨함량에 따른 엽 질소, 인산 그리고 칼륨함량 변화와 그에 따른 과중과의 관계는 Fig. 1과 같다.

엽 질소함량은 토양 질산태질소 100 mg/kg을 기준으로, 그 이하에서는 큰 폭의 변화를 나타냈으나, 100 mg/kg이상에서는 기울기가 0.007로 매우 완만 하였다. 과중은 엽 질소함량 약 25 g/kg에서 가장 무거운 110 g내외를 나타냈다. 그러나 엽 질소함량의 계속된 증가는 오히려 과중을 낮추는 결과를 나타냈다.

엽 인산 함량은 토양 유효인산증가와 같은 경향을 나타냈다. 그러나 엽 인산함량에 따른 과실비대효과는 미미하였으며, 엽 인산이 1.5 g/kg이상에서는 과실비대효과가 낮았다.

토양 치환성 칼륨은 엽 칼륨 함량과 경향성을 나타내지 않았으나, 2.0 cmol/kg내외에서 엽 칼륨 함량 변화가 가장 컸다. 엽 칼륨함량증가에 따른 과중은 완만하게 증가하는 경향이었으나, 그 기울기는 0.03수준으로 미미하였다.

키위 적정 엽 질소와 인산 그리고 칼륨 함량은 각각 22-28 g/kg, 1.8-2.2 g/kg 그리고 18 g/kg로 알려져 있다[35]. 과중 비대가 정점을 나타낸 엽 질소 함량 25 g/kg은 토양 질산태 질소가 50-100 mg/kg범위에서 충족할 수 있었다. 키위 농가의 높은 유기물함량과 시비생산성을 고려하면 질소 시비의 절제가 필요하다 판단된다. 키위 적정 엽 인산 함량은 Fig

Table 4. Correlation coefficients between leaf chemical properties and kiwifruit orchard soil

	T-N	P	K	Ca	Mg
pH	-0.45	-0.02	0.28	-0.34	-0.63**
EC	0.34	-0.33	-0.42	0.23	0.47
OM	-0.03	0.04	0.02	0.15	-0.09
Av.P ₂ O ₅	0.60*	0.52*	-0.73**	0.57*	0.47
Ex. K	0.40	-0.10	-0.24	-0.06	0.30
Ex. Ca	-0.13	-0.08	0.05	-0.11	-0.32
Ex. Mg	0.39	-0.34	-0.48	0.01	0.48
NO ₃ -N	0.34	-0.12	-0.31	0.14	0.33

n=16, Significant at **p ≤ 0.01; *p ≤ 0.05

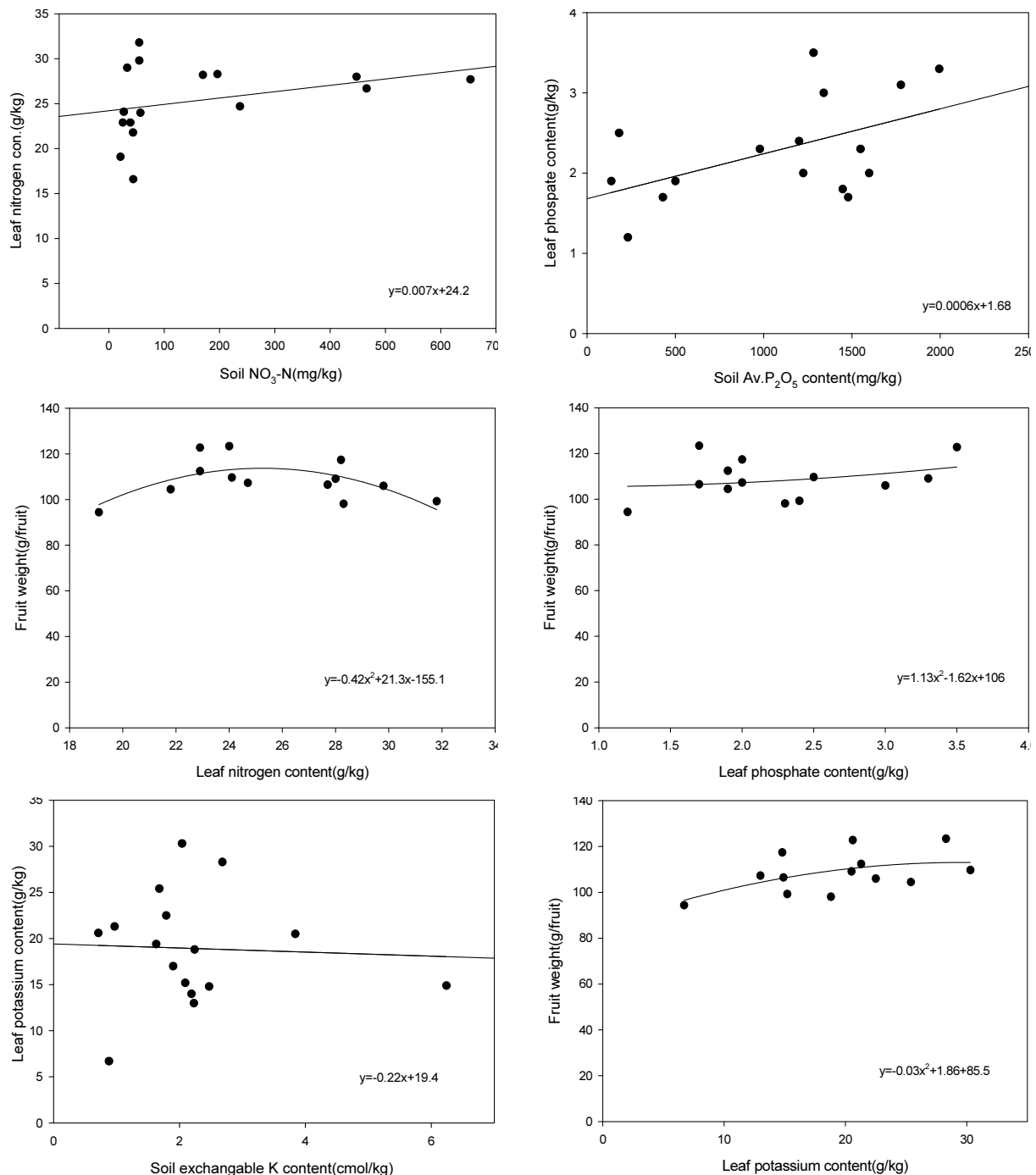


Fig 1. The relationship between leaf N, P, and K and kiwifruit orchard soil and, their effects on fruit weight.

1에서와 같이 토양 유효인산 500 mg/kg 수준에서 도달 가능함을 확인할 수 있었다. 그러나 국내 키위 농가의 유효인산 함량은 조사 농가의 약 70%가 500 mg/kg을 초과하고 있다 (Table 2). 토양 인산 유효도는 토양 pH와 물리적 환경에 따라 유효도 큰 차이를 갖는다. 따라서 인산 시비의 효율성은 시비량 증대 보다는 토양 물리환경을 개선방향으로 유도해야 할 것으로 본다.

엽 칼륨 함량에 따른 과중 변화는 약 20 g/kg 수준 이하에서 가장 두드러졌으며, 이 함량은 기존 연구를 통해 제시된

적정 엽 칼륨 함량 범위에 속하였다. 따라서 이를 위한 토양 치환성 칼륨 함량은 2 cmol/kg 내외에서 충족이 가능할 것으로 판단된다.

키위 엽 무기성분과 과실풍석과의 관계

엽 무기 성분 함량과 후숙 전 과실 특성 간 상관관계는 Table 5와 같다. 엽 질소 증가는 과실 단단함과 같은 경향이 있었다. 엽 칼륨은 경도, 산 함량과 부의 상관관계를 나타냈으며, 과중, 당 함량과는 정의 상관관계를 나타냈다. 엽 칼슘은

Table 5. Correlation coefficients between leaf mineral content and fruit characteristics

	Soluble solids†content(°brix)	Titrateable acidity(%)	hadness (kg/cm ²)	fruit weight (g/berry)
T-N	-0.48	0.45	0.58*	-0.11
P	-0.31	0.19	0.43	0.30
K	0.55*	-0.63**	-0.43	0.49*
Ca	-0.66**	0.38	0.55*	-0.01
Mg	-0.57*	0.63**	0.51*	-0.27

n=16, Significant at * **p ≤ 0.01; *p ≤ 0.05

† Soluble solids content before ripening

Table 6. Soluble solids content, titrateable acidity, hadness and fruit fresh weight in 16 kiwifruit orchards

Soluble solids content (°brix)		Titrateable acidity (%)		Hadness (kg/cm ²)		Fruit weight (g/berry)
Before-ripening	After-ripening	Before-ripening	After-ripening	Before-ripening	After-ripening	
9.58±2.13†	13.9±0.96	1.54±0.56	0.52±0.16	2.57±0.66	1.07±0.19	108.5±8.85

† Standard deviation

과실 경도 증가와 같은 경향이었지만 대신 당 함량과는 부의 경향을 나타냈다. 마그네슘은 산 함량과 경도와 같은 경향을 나타냈지만 당 함량과는 부의 상관관계를 나타냈다.

키위 과실 크기는 종자수와 착과량 그리고 엽면적이 미치는 영향이 크지만[36-38], 엽 질소, 인산, 칼륨 그리고 마그네슘과도 상관을 가지는 것으로 알려져 있다[43]. 과실 경도는 엽 인산, 칼슘과 정적상관관계를, 질소와 칼륨 그리고 마그네슘과는 부의 상관관계를 나타냈다고 한다[40, 41]. 그러나 본 조사는 엽 칼륨만이 과실 크기와 상관을 나타냈고, 경도 증가에 질소와 칼슘 그리고 마그네슘이 같은 경향을 나타내 기존 결과와 차이를 가졌다.

칼륨은 엽 수분 조절과 함께 과실로의 광합성 산물 전류를 촉진한다고 알려져 있다[42, 43]. 이러한 이유로 키위를 포함한 과수 농가는 과실의 당 함량 증대를 위해 칼륨 시비 빈도를 높이고 있다. 본 결과에서도 과실 당 함량 증가에 상관관계를 나타낸 유일한 엽 이온이 칼륨이었다. 반면 칼륨의 과잉 축적은 야간 호흡량을 늘려 생장과 품질을 하락시킬 수 있다[44]. 또한 높은 토양 칼륨은 마그네슘과 칼슘 흡수를 억제하며, 이에 따른 마그네슘 결핍은 뿌리 등 sink로의 광합성 물질 전류를 억제해 엽 잔존 당 함량을 높이고 엽록소 a와 b의 생성을 억제한다[45].

국내 생산 “Hayward” 과실의 품질

조사된 주산지 키위 과실 특성을 후숙 전과 후로 구분한 결과는 Table 6과 같다. 후숙 전 과실 당 함량은 평균 9.58 °Brix 이었으며, 후숙 후에는 약 45%가 증가한 13.9 °Brix 이었다. 과즙 산 함량은 후숙 전 1.54% 이었으며, 후숙 후 약 66% 감소한 0.52%를 나타냈다. 과실의 단단함 역시 후숙 전보다 약 58% 감소한 1.07 kg을 나타냈다. 과중은 약 110g 내외로 조사되었다.

‘Hayward’ 과실의 시장성을 고려한 수확기는 만개 후 170일이 내외로 권장하고 있으며, 이 시기 과중은 100-120 g, 후숙 전 과실 당 함량은 약 7-8 °Brix, 산 함량은 1.78% 내외였다[46-50]. 뉴질랜드는 저장과 수출을 고려해 과실 당 함량 6.2 °brix 도달 시점을 수확기로 판단하고 있었으나[51], 최근에는 7-9 °brix 내외의 수준을 권장하고 있다[52]. ‘Hayward’로 제한 한 국내 키위 과원의 수확기 과실 품질은 기 보고된 수준과 큰 차이는 보이지 않았다[53-55].

본 조사는 국내 키위 재배지 토양 화학성이 대체로 권장 수준을 상회하였고, 양분의 불균형 정도가 심함을 인식시켜 주었다. 편중된 토양 양분 함량은 키위 생산성을 지속하는데 큰 제한요인으로 작용할 것이며, 이는 국내 키위 산업의 시장 경쟁력 약화와 비용증가를 강요할 것으로 판단된다. 따라서 현재 수형과 품종에 국한된 연구를 넘어 양분 관리를 포함한 폭넓은 토양환경관리 연구가 이루어져야 한다고 판단된다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

This work was supported by the Rural Development Administration (RDA), Republic of Korea (Project No. PJ01508103) research fund.

References

1. Cho YS, Cho HS, Park MY, Ma KC, Lim DG, Jeong BJ, Kim SC (2011) A selection of Korean gold kiwifruit

- 'Haegeum' and its performances. *Acta Horticulturae*, 913, 249. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.913.32>.
2. Kim SC, Song EY, Kim CH (2012) A new kiwifruit variety, 'Halla Gold' with high soluble solids content and early harvesting. *Horticultural Science & Technology*, 30(3), 334-337. <https://doi.org/10.7235/hort.2012.12010>.
 3. Kim KH, Jeong YM, Cho YS, Chung U (2016) Preliminary result of uncertainty on variation of flowering date of kiwifruit: Case study of kiwifruit growing area of Jeonlanam-do. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 18(1), 42-54. <https://doi.org/10.5532/KJAFM.2016.18.1.42>.
 4. Kwack YB, Choi HS, Chae WB, Jeong MI (2010) 'Skinny Green', a novel hairless green-fleshed baby kiwifruit. *Horticultural Science & Technology*, 28(4), 708-710.
 5. Kwack YB, Kim HL, Lee M, Rhee HC, Kwak YS, Lee YB (2017) Budbreak, floral bud and fruit characteristics of kiwifruit as affected by various windbreaks. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(3), 169-174. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.3.21>.
 6. Buwalda JG (1986) And the big MAF carve-up, p. 26, *New Zealand Kiwifruit*, New Zealand.
 7. Ferguson AR, Bank RJ (1986) The great DSIR vine demolition derby. p. 25, *New Zealand Kiwifruit*, New Zealand.
 8. Greaves AJ (1986) Root distribution of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* A. Chev.) in the deep sandy loam soils of the Te Puke district. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 14, 433-436.
 9. Hughes KA, Gandar PW, Menalda PH, Snow VO (1986) A survey of kiwifruit root systems, in: *Technology Report*, No 22, p. 54, *Plant Physiology Division DSIR Palmerston North*, New Zealand.
 10. Buwalda JG, Hutton RC (1988) Seasonal changes in root growth of kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 36(3-4), 251-260. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90059-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90059-3).
 11. Clark CJ, Smith GS (1987) Magnesium deficiency of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Plant and Soil*, 104(2), 281-289. <https://doi.org/10.1007/BF02372543>.
 12. Smith GS, Buwalda JG, Clark CJ (1988) Nutrient dynamics of a kiwifruit ecosystem. *Scientia Horticulturae*, 37(1-2), 87-109. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90153-7](https://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90153-7).
 13. Clark CJ, Smith GS (1988) Seasonal accumulation of mineral nutrients by kiwifruit 2. *Fruit*. *New Phytologist*, 108(4), 399-409. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1988.tb04180.x>.
 14. Müller K, Holmes A, Deurer M, Clothier BE (2015) Eco-efficiency as a sustainability measure for kiwifruit production in New Zealand. *Journal of Cleaner Production*, 106, 333-342. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.049>.
 15. Gao JB, Lu YL, Chen ZJ, Zhou JB (2016) Nitrogen inputs and nitrate accumulation and movement in soil of kiwifruit orchards. *Journal of Agro-Environment Science*, 35, 322-328.
 16. Ponnamperna FN (1972) The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29-96. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60633-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60633-1).
 17. Bode K, Döring O, Luthje S, Neue HU, Böttger M (1995) The role of active oxygen in iron tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). *Protoplasma*, 184, 249-255. <https://doi.org/10.1007/BF01276928>.
 18. Salgado P, Melin V, Contreras D, Moreno Y, Mansilla HD (2013) Fenton reaction driven by iron ligands. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 58(4), 2096-2101. <http://doi.org/10.4067/S0717-9707201300400043>.
 19. Thongbai P, Goodman BA (2000) Free radical generation and post-anoxic injury in rice grown in an iron-toxic soil. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 1887-1900. <https://doi.org/10.1080/01904160009382151>.
 20. Pierzynski GM, Sims JT, Vance GF (2000) *Soils and Environmental Quality*, p. 459, 2nd edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
 21. Baldock JA, Nelson PN (2000) Soil Organic Matter. in: Sumner, Malcolm E, *Handbook of Soil Science*. pp. B25-B84, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
 22. Buwalda JG, Smith GS (1991) Influence of anions on the potassium status and productivity of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) vines. *Plant and Soil*, 133(2), 209-218. <https://doi.org/10.1007/BF00009193>.
 23. Clark CJ, Smith GS (1987) Magnesium deficiency of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Plant and Soil*, 104(2), 281-289. <https://doi.org/10.1007/BF02372543>.
 24. Lee ST, Kim YB, Lee YH, Lee SD (2006) Effect of fertigation concentration on yield of tomato and salts accumulation in soils with different EC level under PE film house. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 25(1), 64-70. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2006.25.1.064>.
 25. Nurlaeny N, Marschner H, George E (1996) Effects of liming and mycorrhizal colonization on soil phosphate depletion and phosphate uptake by

- maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) grown in two tropical acid soils. *Plant and Soil*, 181(2), 275-285. <https://doi.org/10.1007/BF00012062>.
26. Thorup-Kristensen K, Sørensen JN (1999) Soil nitrogen depletion by vegetable crops with variable root growth. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 49(2), 92-97. <https://doi.org/10.1080/09064719950135597>.
 27. Wang N, He H, Lacroix C, Morris C, Liu Z, Ma F (2019) Soil fertility, leaf nutrients and their relationship in kiwifruit orchards of China's central Shaanxi province. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(4), 369-376. <https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1624481>.
 28. Kim YH, Kong MS, Lee EJ, Lee TG, Jung GB (2019) Status and changes in chemical properties of upland soil from 2001 to 2017 in Korea. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 38(3), 213-218. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2019.38.3.28>.
 29. Park JM, Lee IB, Kwon JK, Jung HW (2006) Soil chemical properties and nutrition composition of leaf of 'Fuji'/M.26 tree in apple orchard. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 24(3), 347-353.
 30. Kim YH, Kong MS, Le, EJ, Lee TG, Jung GB (2019) Status and changes in chemical properties of upland soil from 2001 to 2017 in Korea. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 38(3), 213-218. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2019.38.3.28>.
 31. Gill SS, Tuteja N (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>.
 32. Kehrer JP (2000) The Haber-Weiss reaction and mechanisms of toxicity. *Toxicology*, 149(1), 43-50. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(00\)00231-6](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(00)00231-6).
 33. Pezeshki SR, DeLaune RD (2012) Soil oxidation-reduction in wetlands and its impact on plant functioning. *Biology*, 1(2), 196-221. <https://doi.org/10.3390/biology1020196>.
 34. Hong SC, Hur SO, Choi SK, Choi DH, Jang ES (2018) Elevated temperature treatment induced rice growth and changes of carbon content in paddy water and soil. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 37(1), 15-20. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2018.37.1.01>.
 35. Smith GS, Asher CJ, Clark CJ (1987) Kiwifruit nutrition: diagnosis of nutritional disorders, pp. 1-62, 2nd edition, Agpress Communications, Wellington, New Zealand.
 36. Antognozzi E, Tombesi A, Palliotti A (1991) Relationship between leaf area, leaf area index and fruiting in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Acta Horticulturae*, 297, 435-439. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.297.57>.
 37. Pyke NB, Alspach PA (1986) Inter-relationships of fruit weight, seed number, and seed weight in kiwifruit. *New Zealand Journal of Agricultural Science*, 20, 153-156.
 38. Snelgar WP, Martin PJ (1995) Relationship between leaf area index and fruit size in kiwifruit. In III International Symposium on Kiwifruit, 444, 199-204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.444.29>.
 39. Kumar TS, Kumar J, Kumar M (2007) Effect of leaf nutrient status on yield and quality of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* Chev.). *Indian Journal of Horticulture*, 64(1), 77-78.
 40. Casero T, Benavides A, Puy J, Recasens I (2004) Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in golden smoothie apples using multivariate regression techniques. *Journal of Plant Nutrition*, 27(2), 313-324. <https://doi.org/10.1081/PLN-120027656>.
 41. Drake SR, Raese JT, Smith TJ (2002) Time of nitrogen application and its influence on 'Golden delicious' apple yield and fruit quality. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1), 143-157. <https://doi.org/10.1081/PLN-100108786>.
 42. Hartz TK, Miyao G, Mullen RJ, Cahn MD, Valencia J, Brittan KL (1999) Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(2), 199-204. <https://doi.org/10.21273/JASHS.124.2.199>.
 43. Mengel K, Kirkby EA (1987) Principles of Plant Nutrition, p. 685, 4th edition. International Potash Institute (IPI), Bern, Switzerland.
 44. Morris JR, Sims CA, Cawthon DL (1983) Effects of excessive potassium levels on pH, acidity and color of fresh and stored grape juice. *American Journal of Enology and Viticulture*, 34(1), 35-39.
 45. Hermans C, Hammond JP, White PJ, Verbruggen N (2006) How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation. *Trends in Plant Science*, 11(12), 610-617. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.10.007>.
 46. Gerasopoulos D, Chouliaras V, Lionakis S (1996)

- Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 7(1-2), 65-72. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(95\)00018-6](https://doi.org/10.1016/0925-5214(95)00018-6).
47. Snelgar WP, Thorp TG (1988) Leaf area, final fruit weight and productivity in kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 36(3-4), 241-249. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(88\)90058-1](https://doi.org/10.1016/0304-4238(88)90058-1).
 48. Tavarini S, Degl'Innocenti E, Remorini D, Massai R, Guidi L (2008) Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107(1), 282-288. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.015>.
 49. Tilahun S, Choi HR, Lee YM, Choi JH, Baek MW, Hyok K, Jeong CS (2020) Ripening quality of kiwifruit cultivars is affected by harvest time. *Scientia Horticulturae*, 261, 108936. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108936>.
 50. Tombesi A, Antognozzi E, Palliotti A (1993) Influence of light exposure on characteristics and storage life of kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 21(1), 85-90. <https://doi.org/10.1080/01140671.1993.9513750>.
 51. Harman JE (1981) Kiwifruit maturity. *Orchardist of New Zealand*, 54, 126-127.
 52. Burdon J, Lallu N, Pidakala P, Barnett A (2013) Soluble solids accumulation and postharvest performance of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 80, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.01.009>.
 53. Basile B, Giaccone M, Cirillo C, Ritieni A, Graziani G, Shahak Y, Forlani M (2012) Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 141, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.022>.
 54. Crisosto CH, Crisosto GM (2001) Understanding consumer acceptance of early harvested 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 22(3), 205-213. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00097-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00097-7).
 55. Kwack YB, Kim HL, Lee JH, Chung KH, Chae WB (2017) 'Goldone', a yellow-fleshed kiwifruit cultivar with large fruit size. *Horticultural Science & Technology*, 35(1), 142-146. <https://doi.org/10.12972/kjst.20170015>.