

국내 복숭아 주산지 과원의 토양환경과 과실특성 간 상관성 분석

이인복^{1*}, 정대호², 이평호¹, 정승탁¹

Analyzing the Relationships of Soil Environment and Fruit Characteristics of Orchards in Major Peach (*Prunus persica* L. cv. Kawanakajima Hakuto) Production Areas in Korea

In Bog Lee , Dae Ho Jung , Pyoung Ho Yi  and Seung Tak Jeong 

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²연암대학교 스마트원예계열

¹Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea, ²Division of Smart Horticulture, Yonam College, Cheonan 31005, Korea

* Correspondence: imiblee@korea.kr

<https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.36>

Korean J. Environ. Agric. 2024, 43, 376-385

Received: November 28, 2024

Revised: December 7, 2024

Accepted: December 13, 2024

Published: December 20, 2024

Online ISSN: 2233-4173

Print ISSN: 1225-3537



Check for updates

© The Korean Society of Environmental Agriculture 2024



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

Abstract: Peaches are deciduous trees in the *Rosaceae* family that grow in many regions of the world, valued for their fruit, which is consumed in a variety of forms, including fresh, canned, and dried. In Korea, peach cultivation has been expanding, with new orchards often established on former rice paddies or upland fields. This study examined the soil environment of major peach cultivation areas in Korea to analyze soil characteristics that have a significant relationship with peach fruit quality and fruit physiological disorders. The results showed that 43.4% of orchard soils were previously rice paddies, with frequent applications of organic fertilizers, mostly compost. Soluble solid content, which is important for peach marketability, was negatively correlated with fruit water and nitrogen levels, which were significantly higher in orchards established on former rice paddies. In addition, physiological disorders such as leaf chlorosis were identified as problems caused by poor drainage. Therefore, it is recommended that active water management should be carried out in consideration of the previous land use of peach orchards to improve fruit quality.

Keywords: Correlation analysis, Orchard, Peach, Sugar content, Water management

서론

복숭아는 장미과에 속하는 낙엽수로 세계 어느 지역에서나 잘 자라며, 과실을 생식하거나, 통조림, 건과실 등 다양한 형태로 가공하고 이용할 수 있어 중요도가 높은 과수이다[1]. 복숭아 과실에는 비타민과 무기 원소, 유기산, 항산화 물질 등이 풍부하며, 과실에 함유된 칼륨과 베타 카로틴 등은 인체의 건강을 증진시킨다[2]. 2020년 기준, 세계적으로 복숭아 생산의 대부분인 61.1%를 차지하는 것은 중국이

며, 스페인, 이탈리아, 미국, 터키, 그리스 등의 순으로 많은 생산량을 보이고 있다[3,4]. 국내의 경우 1980년대 복숭아 총 생산량과 재배 면적은 각각 88,692 ton과 10,359 ha 수준이었으나, 2019년 기준 210,345 ton과 20,636 ha로 지속적인 상승세를 보이고 있다[5]. 과거 복숭아를 재배하는 과원은 주로 산간지에 많이 분포하고 있었지만, 점차 평야지의 논과 밭이 과원으로 변화하면서 재배 면적이 증대되었으며, 특히 경북 지역에서 이러한 현상이 크게 나타났다[6].

소비시장에서 과실의 경쟁력은 좋은 품질의 과실을 선보이는 것이며, 과실의 품질 향상은 재배기술 연구 분야의 가장 큰 목표이다. Yoon 등의 조사[7]에 따르면 복숭아 과실을 구매하는 소비자의 고려 사항으로는 74.9%가 과실의 당도를 중요시한다고 응답하였으며, 구매자의 51.2%는 여전히 복숭아 과실의 맛이 떨어진다고 지적하여 다수의 소비자는 시장에 유통되는 복숭아 과실의 맛에 불만이 있다는 반응을 보였다. 일반적으로 과실의 착색과 당도는 품종, 일조, 온도, 질소 및 물의 영향을 많이 받는다. 사과와 광량이 풍부한 환경하에서 관수량을 줄이고 기온이 감소할 때 착색이 진행되고 당을 축적하며[8], 포도는 질소 시비량과 관수량이 감소할 때 과실의 당도가 증가하는 것으로 알려져 있다[9-11]. 복숭아 과실의 용해성 고형물 함량은 토양 내 가용성 철, 칼륨, 붕소 및 칼슘 함량과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다[12]. 반면에 Seo 등[6]은 복숭아는 질소의 과부족에 민감하게 반응하여 질소가 과다하면 과실의 당도가 불량해질 가능성이 있다고 주장하였으나, Vashisth 등[13]은 복숭아 ‘TropicBeauty’ 품종의 용해성 고형물 함량은 질소 시비의 영향이 없었으나, ‘HFSharp’ 품종은 질소시비량 증가로 용해성 가용물 함량이 감소한다고 보고하여 복숭아 과실의 품질에 미치는 질소의 영향은 지역이나 품종의 차이에 의해 일관성 있는 결론을 내리기 어려운 상태이다.

한편, 과수는 영년성 작물이기 때문에 개원 시 토양의 토성, 경사, 배수, 유효토심 등 여러 특성을 고려해야 한다[14]. 복숭아는 내습성이 약한 작물로 알려져 있으며, 토심이 깊고 통기성과 배수성이 좋은 토양에서 잘 자란다[6]. 이러한 상황에서 논과 밭이었던 평야지를 복숭아 과원으로 변경하면서 복숭아의 과실 생산에 여러 문제가 발생하고 있다. 또한 복숭아의 재배 적지에 대한 거시적 관점에서의 분석은 이루어진 바 있으나[15], 토양 환경과 복숭아 과실 사이의 관계 실측을 통해 조사한 자료가 충분하지 않은 상황이다. 국내에서 재배되는 복숭아 품종 중 장호원황도와 더불어 많은 양이 재배되고 있는 천중도백도는 과실 품질이 우수하나 토양에 따른 연구가 미진하여 선택하게 되었다. 본 연구에서는 전국 천중도백도 복숭아 주요 재배 산지를 대상으로 복숭아 과원의 토양, 잎, 과실 중 무기성분과 과실의 품질을 분석하였고, 이들 조사 인자들 간 상호 연관성 분석을 통하여 복숭아 품질에 미치는 주요 토양환경 인자를 찾고자 하였다.

재료 및 방법

국내 천중도백도 복숭아 주요 재배 산지 과원 관리 현황 조사

국내 천중도백도 복숭아(*Prunus persica* L. cv. Kawanakajima Hakuto) 주요 재배 산지의 과원 관리 현황을 조사하고자 기초지 자체별 복숭아 재배 면적과 농가 호수를 고려하여 6개 지역을 선발하였다. 선발된 지역은 원주, 순천, 청도, 상주, 이천, 임실이었으며, 총 136개 농가를 대상으로 복숭아 과원의 정보를 수집하였다. 수집 정보는 복숭아의 과원의 재배 입지(논, 밭 구분) 및 농가에서 발생하는 나무 고사, 동해 피해, 엽 황화증상 등 주요 문제를 농가 설문 또는 현장 확인하여 조사하였다.

국내 천중도백도 복숭아 주요 재배 산지 과원 토양 특성, 과실 및 엽 특성 조사

국내 천중도백도 복숭아 주요 재배 산지 과원의 토양 특성을 조사하고자 과원 정보가 수집된 농가 중 재배 면적을 기준으로 29개 농가를 선발하였다. 농가 선발 시 과원 토양의 과거 입지가 논과 밭이었던 곳을 구분하였다. 선발된 농가에 대해서는 과실비대기 동안 표토 30 cm 깊이까지 오거를 이용하여 토양 샘플을 3반복 채취하였다. 유효 토심은 간이 탐침봉을 이용하여 경반층까지의 깊이를 측정하여 기록하였다. 채취한 토양은 농촌진흥청의 농업과학기술 연구조사 분석기준에 따라 토양 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 혼합하여 1시간 진탕 후 pH meter (ORION Model 720A, Thermo Electron Corporation, Beverly, MA, USA)로 측정하였고, 토양 EC는 1:5법으로 침출한 다음 전기전도계(CM-30R, DKK-TOA Corporation, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 토양 유기물은 Tyurin 법, KCl-추출성 질산態 질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였다. 치환성 K, Ca, Mg는 NH_4OAc (pH 7.0) 용액으로 추출하였고, Fe, Mn, Cu, Zn과 같은 미량 원소는 0.005 M DTPA 용액으로 침출 후 Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP, GBC Integra XM2 model, Dandenong, VIC, Australia)로 각각 정량하였다.

복숭아 과실과 엽 특성에 대해 분석하기 위하여 각 과원에서 과실과 엽을 토양과 동시에 채취하였다. 채취한 과실의 당도, 산도, 경도는 Drake 등[16]이 사용한 방법을 따랐다. 복숭아 엽의 질소함량은 황산분해 후 Kjeldahl법으로 결정하였다. 식물체 P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu 및 Zn을 분석하기 위하여 Zhao 등[17]의 방법에 따라 1 g의 식물체에 25 ml 질산-과염소산 혼합산 (85:15, v/v)을 가하고 60°C에서 3시간, 100°C에서 1시간, 120°C에서 1시간, 190°C에서 2시간 동안 분해하였다. 분해 후 20% HCl 5 ml를 가하고 80°C에서 30분간 가온한 다음 증류수를 가하여 100 ml로 정용하여 인 함량은 Ammonium Vanadate법으로, 그리고 기타 양이온들은 ICP로 정량하였다.

통계 분석

토양 특성과 과실 및 엽 특성 분석 실험은 모든 시료에 대해 3회 반복하였으며, 토양 특성과 과실 및 엽 특성 사이의 상관관계 분석은 Pearson 상관관계 분석을 통해 $p < 0.05$, $p < 0.01$, 또는 $p < 0.001$ 수준에서 분석값의 유의성을 평가하였다. 또한 토양의 과거 입지에 따른 과실 특성과 엽 황화 증상 발생 여부에 따른 엽 특성 분석을 위해 수집된 데이터를 R 통계프로그램(R ver. 4.0.3., Vienna, Austria)을 이용하여 $p < 0.05$, $p < 0.01$, 또는 $p < 0.001$ 수준에서 t-test로 분석하였다.

결과 및 고찰

국내 천중도백도 복숭아 주요 재배지 과원 관리 현황 및 토양 특성 분석

국내 천중도백도 복숭아 주요 재배 산지의 136 농가를 대상으로 농가 설문 및 현장 조사한 결과(Table 1), 복숭아 과원이 과거 또는 현재에 논으로 사용되던 토양인 경우가 43.4%로 나타났다. 과원 운영 농가에서 현재 겪고 있는 주요 문제로는 양분 불균형이 54.7%로 가장 높았으며, 나무 고사 32.4%, 배수불량 24.1%, 동해 피해 18.4%, 순으로 나타났다. 자료를 제시하지는 않았으나 상당 비율의 농가에서는 엽 황화를 비롯한 생리장해 발생이 빈번한 것으로 조사되었으며, Fig. 1에는 실제 복숭아 과원에서 발생한 주요 문제들을 종류별로 나열하였다. 논 토양은 밭 토양에 비해 유효 토심이 얇고, 통기성과 배수성이 불량한 층이 형성된다. 그러나 복숭아는 내습성이 약하고 통기성과 배수성이 높은 토양에서 생육이 왕성하며, 토양 조건의 불량함으로 인해 생리적 낙과, 당도 불량, 착색 불량 등이 나타난다[6]. 본 연구에서 조사한 자료에 따르면 논 토양에서 발생한 주요 문제인 양분 불균형, 고사, 배수 불량 등의 현상이 과거 논으로 사용되던 토양에서 주로 나타난 점이 복숭아의 수체 특성과 일치하였다.

가장 높은 빈도로 발생한 양분 불균형의 원인을 확인하고자 지역별로 과원의 주요 토양 특성을 조사하였다(Table 2). 일반적으로 알려진 복숭아 과원 토양의 적정 pH 수치는 6.0~6.5이며, 토양 유기물은 25~35 g kg⁻¹, 유효인산은 200~300 mg kg⁻¹ 수준으로 알려져 있다. 또한 치환성 양이온 K, Ca, Mg는 각각 0.3~0.6, 5~6, 1.5~2.0 cmol⁺ kg⁻¹ 수준이 적절하며, Ca/Mg 비는 2.5~3.5, 유효 토심은 60 cm 이상인 곳이 좋은 과원 토양으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서 조사한 결과 모든 복숭아 주요 재배 산지에서 토양의 유효인산 함량은 평균 488 mg kg⁻¹ 수준으로 나타나 토양 인산이 과다한 것으로 나타났다.

치환성 양이온도 마찬가지로 각각 0.8, 7.0, 2.2 cmol⁺ kg⁻¹의 평균 수치를 나타내었으며, 이는 적정 수치를 상회하는 양이었다. 이러한 결과들은 대부분의 복숭아 과원에서 토양 검정 시비량과 같은 과학영농보다는 전통적인 농가 관행시비에 의존하는 경향

Table 1. Survey of major issues and cultivation site in peach production areas in Korea

Region	No of orchard	Site of orchard		Tree death	Cold injury	Poor drainage	Nutrient imbalance
		Low land	Up land				
Wonju	21	11	10	33.3	14.3	28.6	76.2
Suncheon	23	4	19	34.8	17.4	25	47.8
Cheongdo	22	5	17	4.5	4.5	9.1	45.5
Sangju	21	15	6	23.8	19.0	23.8	52.4
Icheon	28	18	10	42.9	14.3	39.3	53.6
Imsil	21	6	15	52.4	42.9	19	52.4
Ratio(%)		43.4	56.6	32.4	18.4	24.1	54.7

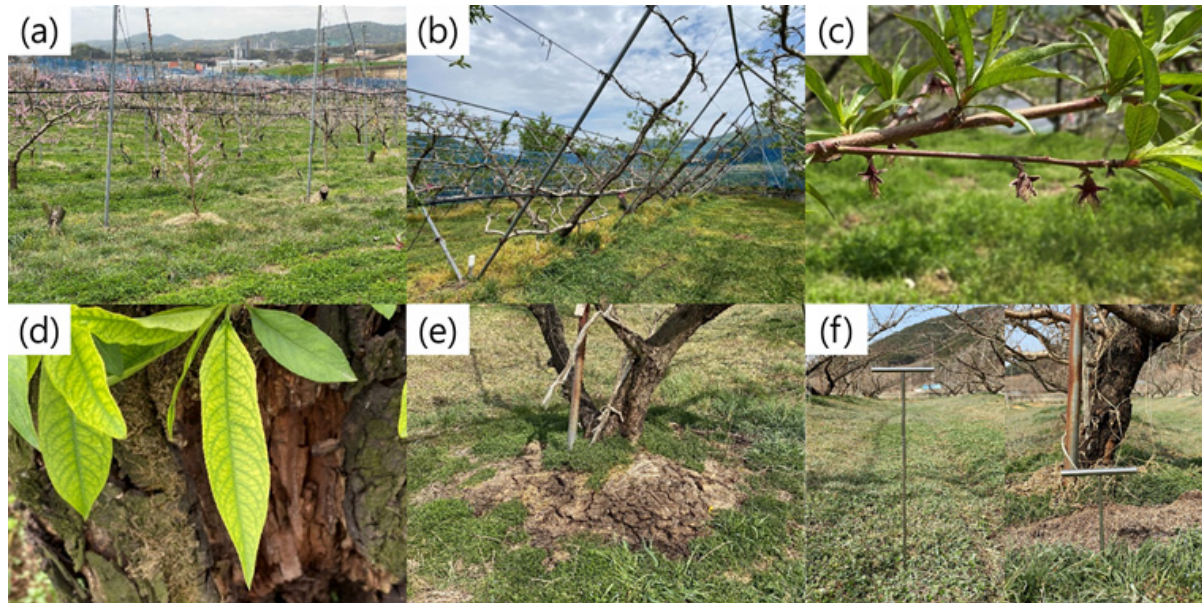


Fig. 1. Major problems in the main peach production area of Korea. (a) wither, (b) cold weather damage, (c) frost damage on flowers, (d) chlorosis on leaves, (e) accumulation of salts caused by overfertilization, and (f) compaction of soil in orchard furrow.

Table 2. Soil chemical properties and effective soil depth of peach orchards in major peach production areas in Korea

Region	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			Ca/Mg	Effective soil depth (cm)	
					K	Ca	Mg		Furrow	Ridge
Wonju	6.5 [†]	0.3	31	431	0.7	5.5	1.5	3.7	14.6	40.0
Suncheon	6.4	0.4	43	451	1.3	7.9	2.1	4.0	25.8	38.0
Cheongdo	6.5	0.8	31	529	1.0	9.4	3.1	3.2	13.5	30.3
Sangju	6.8	0.5	27	481	0.5	7.3	2.3	3.3	14.1	32.8
Icheon	6.9	0.6	27	533	0.7	5.3	1.9	2.9	23.0	45.4
Imsil	6.6	0.5	25	501	0.6	6.7	2.1	3.7	18.0	43.4
Average	6.6	0.5	31	488	0.8	7.0	2.2	3.5	18.2	38.3

[†] Each value represents the mean of 3 replications.

이 있음을 의미한다. 더욱이 유기질 비료는 성분의 정확한 양과 비율을 조절하기 어렵기 때문에 과다 시용에 의한 인산 등 적정 수준을 넘는 양분 불균형이 발생할 수 있다[18]. 또한 석회질의 과다 시용으로 인해 적정 수준에 비해 높은 치환성 양이온과 적정 수준의 상한선에 해당하는 pH와 Ca/Mg 비율이 확인되었다(Table 2). 이는 석회질 토양에서 복숭아 재배 시 황화염이 발생하며, 엽 내 Mg 함량이 낮아지는 결과와 유사하였다[19]. 게다가 토양의 물리성을 판단하는 지표인 유효 토심은 더욱 심각한 수준으로, 농기계가 주로 이동하는 고랑 부근의 유효 토심은 평균 18.2 cm 수준으로 낮게 나타났다. 대부분의 원예 작물에서 유효 토심에 따라 최대 2.5배의 생산량 차이가 발생하는 결과로 미루어 볼 때[20], 복숭아 과원의 낮은 유효 토심은 생산량에 악영향을 미칠 것으로 예상된다. 이러한 차이는 논과 밭으로 사용되던 과거 토양의 종류에 따라 상관관계 분석을 통해 비교할 수 있다.

복숭아 과원 토양의 특성별 상호 관계를 분석하기 위해 각각의 토양 특성에 대한 Pearson 상관계수를 나열하였다(Table 3). 분석 결과 토양의 pH 증가는 Ca 증가와 양의 상관관계를 보였고, 이는 석회 시용에 따른 결과로 판단되었다. 토양 EC의 증가는 N과 K 증가에 따른 것으로 비료 시용에 따른 결과로 해석되었다. 한편, Ca와 Mg 사이에 강한 양의 상관관계가 나타났으며, 이는 석회고토 시용에 따른 동시적 증가 양상으로 판단되었다. 이는 과원 토양에서 Ca와 Mg 사이에 양의 상관관계가 나타난 기존 문헌의 결과와 일치하였다[21].

Table 3. Pearson's correlation coefficient (*r*) between among soil chemical properties of peach orchards in major peach production areas in Korea (n=29)

Soil chemical properties	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			NH ₄ -N	NO ₃ -N
					K	Ca	Mg		
EC	0.28								
OM	-0.03	0.05							
Av. P ₂ O ₅	0.20	0.49**	0.27						
K	0.17	0.64***	0.42*	0.55**					
Ca	0.44*	0.17	0.34	0.39*	0.31				
Mg	0.35	0.14	0.21	0.23	0.19	0.89***			
NH ₄ -N	-0.07	0.51**	-0.10	0.30	0.05	0.03	0.08		
NO ₃ -N	0.24	0.89***	0.06	0.21	0.56**	0.03	0.03	0.45*	
Ca/Mg	-0.07	-0.10	0.10	-0.04	-0.09	-0.11	-0.46*	-0.05	-0.06

p*<0.05, *p*<0.01, ****p*<0.001

과원 토양, 복숭아 엽 및 과실 중 무기성분과 과실 특성 간 상관관계

복숭아 과원에서 측정된 토양 특성과 복숭아 엽 및 과실의 양분 함량 사이의 상관관계를 분석하기 위해 피어슨 상관계수를 나열하였다(Table 4). 이때, 복숭아 엽의 N 함량은 토양의 유기물 증가와 유의한 양의 상관관계가 나타났다. 이는 과원의 유기물 사용이 수체의 N 함량 증가로 이어진다는 것을 나타낸다. 반면, 복숭아 엽의 P 함량은 Ca와 Mg 사이에 유의한 음의 상관관계를 나타내었다. 토양의 Ca 또는 Mg 함량과 복숭아 잎의 P 함량 사이에 관한 실험 결과는 보고된 바 없으나, Ca에 민감한 *Lupinus* 속 식물 3종에 관한 연구 결과에서는 Ca 공급이 증가하였을 때 잎의 P 함량이 감소하는 상반되는 결과가 보고되었다[22]. 그러나 이 결과에서도 종에 따라 정도의 차이가 나타났으며, 뿌리에서는 본 연구 결과와 유사하게 P 함량이 감소한 경향이 나타나 일관된 경향이 없는 것으로 판단되었다. 반면, 토양 특성과 복숭아 과실 양분 함량 사이의 상관관계를 분석하였으나 뚜렷한 경향이 나타난 경우가 없었다(Table 4). 토양 특성은 복숭아 수체의 생육에 직접적인 영향을 미치나, 복숭아 과실은 토양으로부터 직접적인 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

토양에서 복숭아 수체, 과실로 이어지는 양분의 흐름을 분석하기 위해 복숭아 엽과 과실의 양분 함량 사이의 피어슨 상관계수를 나열하였다(Table 5). 이때, 복숭아 과실의 Ca 함량은 잎의 P 또는 Ca 함량과 유의한 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

Table 4. Pearson's correlation coefficient (*r*) between soil chemical properties and nutrient contents in leaves and fruits of peach (n=29)

Soil Leaf	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			NH ₄ -N	NO ₃ -N	Ca/Mg
					K	Ca	Mg			
N	-0.16	0.21	0.57**	0.24	0.47**	0.08	0.10	-0.29	0.19	-0.29
P	-0.31	-0.32	0.03	-0.51**	-0.12	-0.40*	-0.38*	-0.43*	-0.16	0.26
K	0.39*	0.19	0.10	-0.11	0.28	-0.04	0.04	-0.36	0.17	-0.24
Ca	0.20	-0.32	0.31	-0.31	-0.08	0.06	-0.09	-0.39*	-0.27	0.31
Mg	0.11	-0.27	0.33	-0.30	-0.01	0.01	-0.01	-0.31	-0.21	0.16

Soil Fruit	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cation (cmol ⁺ kg ⁻¹)			NH ₄ -N	NO ₃ -N	Ca/Mg
					K	Ca	Mg			
N	-0.14	0.09	0.30	0.15	-0.04	-0.17	-0.25	-0.06	0.12	0.09
P	-0.09	-0.14	0.34	-0.10	-0.12	-0.13	-0.17	-0.21	-0.05	0.23
K	0.23	0.23	0.29	0.31	0.18	0.10	-0.02	0.05	0.18	0.19
Ca	-0.05	-0.31	0.32	-0.40	-0.05	0.12	0.11	-0.45	-0.23	0.08
Mg	0.13	0.29	0.01	0.20	-0.05	0.04	-0.01	0.19	0.27	0.14

p*<0.05, *p*<0.01

Table 5. Pearson's correlation coefficient (*r*) between nutrient contents in leaves and fruits of peach (n=29)

Fruit	Leaf					
		N	P	K	Ca	Mg
N		0.26	-0.02	0.14	-0.05	-0.12
P		0.13	0.47**	0.24	0.32	0.41*
K		0.05	-0.08	0.35	0.14	0.20
Ca		0.17	0.54**	0.36	0.64***	0.67***
Mg		-0.04	-0.10	0.15	0.02	-0.05

p*<0.05, *p*<0.01, ****p*<0.001

Table 6. Pearson's correlation coefficient (*r*) between nutrient contents in leaves and fruits and fruit soluble solids content of peach (n=29)

Fruit	Leaf nutrient					
		N	P	K	Ca	Mg
Soluble solids content		0.09	0.02	-0.19	-0.21	-0.17
Fruit	Fruit nutrient					
		N	P	K	Ca	Mg
Soluble solids content		-0.52**	-0.33	-0.35	-0.19	-0.57**

***p*<0.01

따라서 토양 특성은 복숭아 과실에 직접적인 영향을 미치지 않으며, 먼저 복숭아 엽 등 수체에 영향을 미친 후 과실로 영향이 이어지는 것으로 판단된다. 이는 잎의 P 함량이 높으면 수체의 생육 속도가 증가하고, 더 빠른 증산 속도를 나타내면서 Ca의 전류가 촉진되기 때문인 것으로 판단된다[23]. 반면, 잎과 과실의 양분 함량은 과실의 당도와 전체적으로 음의 상관관계를 나타내었다(Table 6). 여러 양분 중 과실의 당도와 유의한 음의 상관관계를 나타낸 것은 과실의 N과 Mg 함량이었다. 이는 복숭아 재배 시 에틸알코올을 투입하여 수체의 N 함량을 낮추었을 때 당도가 증가한 사례[24]와 N 시비량을 증가시키자 과실의 당도가 감소한 사례[13]와 유사하였다. 복숭아 과실의 N 함량과 당도를 그래프로 나타내어 경향을 확인한 결과, 과실의 N 함량 증가는 과실의 당도를 낮추는 경향이 있음이 드러났다(Fig. 2). 이와 유사하게 과실의 수분 함량이 증가할 때 과실의 당도가 감소하는

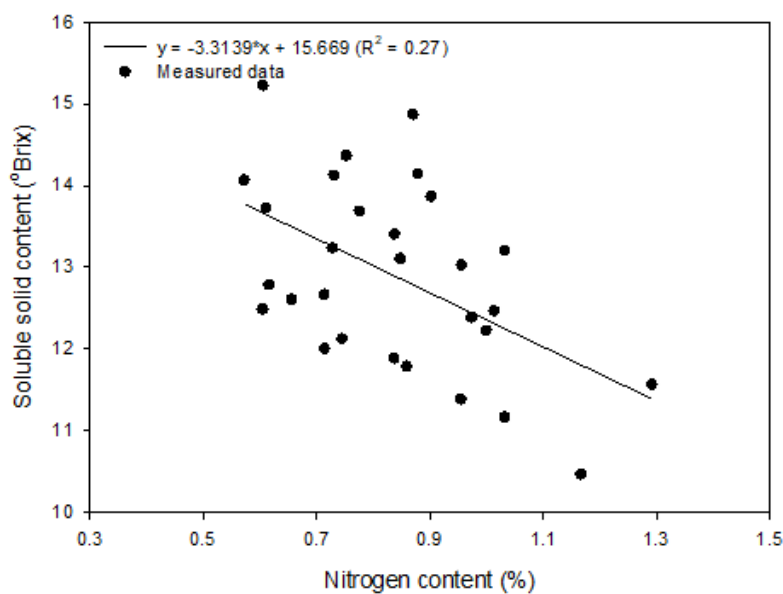


Fig. 2. Relationship between nitrogen content and soluble solid content of peach fruits. The solid line and solid circle indicate the regressed primary linear equation and measured data, respectively.

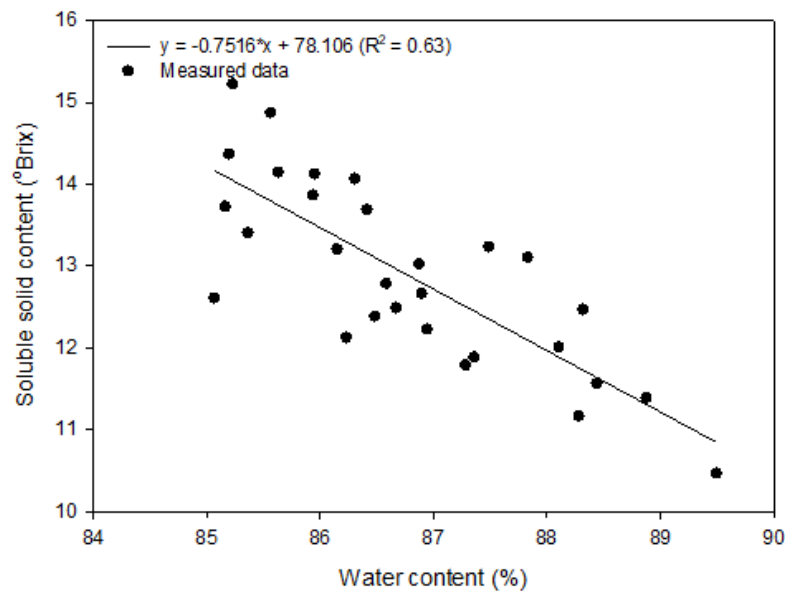


Fig. 3. Relationship between water content and soluble solid content of peach fruits. The solid line and solid circle indicate the regressed primary linear equation and measured data, respectively.

경향이 동시에 나타났다(Fig. 3).

복숭아 과원 발생 문제와 토양 특성의 관계

과실의 수분 함량이 증가할 때 과실의 당도가 감소하는 경향은 과실 품질에 부정적인 영향이 발생하는 것으로 볼 수 있다. 이는 복숭아 과원의 과거 토양 입지가 논이었는지 밭이었는지에 따라 달라진다. 과거 토양 입지에 따라 복숭아 과실의 당도, 산도, 경도, 수분 함량을 조사한 결과, 논을 변경하여 복숭아 과원을 만든 농가에서 과실의 당도가 유의하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다(Table 7). 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 논에서 유래한 과원의 과실 중 수분 함량은 밭 토양 과원에 비해 0.8% 정도 높았다. 과거 논 토양이었던 장소는 과습의 가능성이 크고, 과습한 환경에서 과수는 광합성과 호흡에 교란이 있어 과실의 당 감소와 스트레스 하에 놓인다[25,26]. 여기에 자료를 제시하지는 않았으나, 과실 중 수분함량과 질소함량 간에는 높은 상관관계($R^2=0.58$, $p<0.01$)가 인정되었다. 이는 수확기에 강우 및 과다 관수 또는 배수불량 환경에서 과실 중 물과 질소의 흡수가 증가하면 과실의 당도는 감소함을 의미한다. 보다 당도가 높은 복숭아 과실을 생산하기 위해서는 단수 처리 등의 적극적 수분 관리가 필요하며[27], 논 토양을 변경하여 과원을 조성하는 경우에는 토양의 과습을 피하기 위해 원활한 배수 조건을 마련하고 수분 관리에 임해야 할 것이다.

추가적으로 복숭아 과원에서 주로 발생하는 생리장해인 엽 황화 증상의 원인을 파악하고자 정상 과원과 엽 황화 증상 발생 과원의 엽 양분 특성을 비교하여 분석하였다(Table 8). 엽 황화 증상이 발생한 과원의 복숭아 엽에는 K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn 등의 양분 함량이 정상엽에 비해 적은 것으로 나타났다. 일반적으로 부족 시 황화 증상을 나타내는 양분으로는 Mg, Fe, Mn이 대표적이며, 특히 본 연구에서 고도의 유의차가 나타난 Fe의 부족이 영향을 크게 미친 것으로 판단된다. 침수 조건의 토양에

Table 7. Fruit characteristics of peach cultivated in orchard that oriented paddy and upland field (n=29)

Orchard soil	Soluble solid content (°Brix)	Acid content (0.1N-NaOH ml)	Hardness (N)	Water content (%)
Paddy field	12.1	2.17	23.77	87.39
Upland field	13.2	2.18	19.92	86.57
t-test	*	n.s.	n.s.	n.s.

¹ n.s. denote not significant, * $p<0.05$

Table 8. Nutrient contents in peach leaves under normal and chlorosis conditions (n=29)

Leaf condition	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Normal	3.11	0.20	2.83	1.71	0.45	0.001	63.45	66.75	7.07	27.94
Chlorosis	3.46	0.24	2.54	1.10	0.39	0.001	46.43	47.18	8.35	23.83
t-test	***	***	*	***	*	n.s.	***	*	*	n.s.

¹ n.s. denote not significant, * $p<0.05$, *** $p<0.001$

석회를 과다 시비하는 경우 CaCO_3 의 용해도가 높아지고 이어서 HCO_3^- 가 다량 발생한다. 이때 HCO_3^- 는 높은 pH 조건에서 철 환원 효소의 활성도를 감소시키며, 식물체의 철 흡수를 저해시킨다[28]. 따라서 복숭아 과원의 엽 황화 증상 발생은 논 토양에서 유래한 과원의 과습 조건과 석회의 과다사용 등이 결합된 복합적인 원인에 의한 것으로 판단된다.

적 요

복숭아는 전 세계 여러 지역에서 재배되는 장미과의 낙엽수로 과실은 생과, 통조림, 건조제품 등 다양한 형태로 가공하여 사용할 수 있는 중요한 과수이다. 우리나라에서는 복숭아 재배 면적이 지속적으로 증가하고 있으며, 과거 논이나 밭이었던 지역에 새로운 과수원이 조성되는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 국내 주요 복숭아 재배지의 토양 환경을 분석하여 복숭아 과실 품질 및 과실 생리장애와 유의미한 관계가 있는 토양 특성을 선정하여 분석하였다. 과수원 토양의 과거 용도는 논이 43.4%로 가장 많았으며, 퇴비를 중심으로 한 유기질 비료 시비 빈도가 높았다. 그 결과 복숭아 상품성에 중요한 당분 함량은 과수 수분 및 질소와 음의 상관관계를 보였으며, 과원의 과거 토양 입지가 논인 경우 유의하게 높았다. 또한 잎 황화 현상과 같은 생리장애는 배수불량으로 인한 문제로 확인되었다. 따라서 과실 품질 향상을 위해서는 복숭아 과수원의 과거 토양 위치를 고려해 적극적인 물 관리가 이뤄져야 할 것으로 보인다.

Data Availability: All data are available in the main text or in the Supplementary Information.

Author Contributions: Lee IB: Supervision, Conceptualization, Writing-review & editing, Jung DH: Data curation, Visualization, Writing-review & editing, Yi PH: Data curation, Jeong ST: Data curation.

Notes: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: This work was supported by the “Real-time diagnosis of soil and soil properties monitoring in horticultural farms (Project No.: PJ01509504)” of the Rural Development Administration, Republic of Korea.

Additional Information:

Supplementary information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.36>

Correspondence and requests for materials should be addressed to In Bog Lee.

Peer review information Korean Journal of Environmental Agriculture thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Reprints and permissions information is available at <http://www.korseaj.org>

References

1. Zheng Y, Crawford GW, Chen X (2014) Archaeological evidence for peach (*Prunus persica*) cultivation and domestication in China. PLoS ONE, 9(9), e106595. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106595>.
2. Alipasandi A, Ghaffari H, Alibeyglu SZ (2013) Classification of three varieties of peach fruit using artificial neural network assisted with image processing techniques. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(9), 2179-2186.
3. Anthony BM, Minas IS (2022) Redefining the impact of preharvest factors on peach fruit quality development and metabolism: A review. Scientia Horticulturae, 297, 110919. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110919>.
4. Luo CX, Schnabel G, Hu M, de Cal A (2022) Global distribution and management of peach diseases. Phytopathology Research, 4(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s42483-022-00134-0>.
5. Kim WS, Jeong JH, Ryu S, Lee SK, Han JH, Cho JG (2021) Structural change in peach production and dynamic relationship between its production and area using time series analysis. Horticultural Science and Technology, 39(2), 263-275. <https://doi.org/10.7235/HORT.20210024>.
6. Seo YJ, Kim JS, Kim JK, Cho JU, Kwon TY, Lee JS (2002) Soil chemical properties of peach orchard and nutrient content of peach leaves in Gyeongbuk area. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 35(3), 175-184.
7. Yoon JY, Park KH, Park HY (2019) Investigation of Consume Behavior for Major Fruit, Vegetables and Imported Fruits. p. 221, Korea Rural Economic Institute, Korea. ISBN 979-11-6149-393-0 93520.
8. Chen Z, Yu L, Liu W, Zhang J, Wang N, Chen X (2021) Research progress of fruit color development in apple (*Malus domestica* Borkh.). Plant Physiology and Biochemistry, 162, 267-279. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.033>.
9. Brunetto G, De Melo GWB, Toselli M, Quartieri M, Tagliavini M (2015) The role of mineral nutrition on yield and fruit quality in grapevine, pear and apple. Revista Brasileira de Fruticultura, 37(4), 1089-1104. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-103/15>.
10. Thomidis T, Ziozioub E, Koundourasb S, Karagiannidisb C, Navrozidisb I, Nikolaoub N (2016) Effects of nitrogen and irrigation on the quality of grapes and the susceptibility to botrytis bunch rot. Scientia Horticulturae, 212, 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.036>.
11. Elbeltagy H, Abdel-Nasser G, Aly M, Farid A (2017) Effect of irrigation and fertigation strategies on growth, yield, quality and water use efficiency of drip irrigated grapevine, Alexandria Journal of Soil and Water Sciences, 1(1), 16-39.
12. Sun H, Huang X, Chen T, Zhou P, Huang X, Jin W, Liu D, Zhang H, Zhou J, et al. (2022) Fruit quality prediction based on soil mineral element content in peach orchard. Food Science and Nutrition, 10(6), 1756-1767. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2794>.
13. Vashisth T, Olmstead MA, Olmstead J, Colquhoun TA (2017) Effects of nitrogen fertilization on subtropical peach fruit quality: organic acids, phytochemical content, and total antioxidant capacity. Journal of the American Society for Horticultural Science, 142(5), 393-404. <https://doi.org/10.21273/JASHS04011-16>.
14. Baek CY, Han WS, Hwang SD, Ju HD, Lee KH (2023) A study on selection of suitable area for apples cultivation using land category and suitability class map. Journal of Korean Society Cadastre, 39, 109-127. <https://doi.org/10.22988/ksc.2023.39.1.009>.
15. Kim H, Koo KA, Shim KM (2019) The maximum limiting characteristic method-based land suitability assessment for peaches (*Prunus persica*) and grapes (*Vitis vinifera* L.) using rasterized data of soil and climate on agricultural land in South Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 21(4), 286-296. <https://doi.org/10.5532/KJAFM.2019.21.4.286>.
16. Drake SR, Jr Proebsting EL, Mahan MO, Thompson JB (1981) Influence of trickle and sprinkle irrigation on 'Golden Delicious' apple quality. Journal of the American Society for Horticultural Science, 106(3), 255-258. <https://doi.org/10.21273/JASHS.106.3.255>.
17. Zhao F, McGrath SP, Crosland AR (1994) Comparison of three wet digestion methods for the determination of plant sulphur by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICPAES). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 25(3-4), 407-418. <https://doi.org/10.1080/00103629409369047>.
18. Kim KC, Ahn BK, Ko DY, Kim J, Jeong SS (2014) Effects of expeller cake fertilizer on soil properties and Tah Tasai Chinese cabbage yield in organic greenhouse farm. Korean Journal of Environmental Agriculture, 33(3), 149-154. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2014.33.3.149>.
19. Monge E, Pérez C, Pequerul A, Madero P, Val J (1993) Effect of iron chlorosis on mineral nutrition and lipid composition of thylakoid biomembrane in *Prunus persica* (L.) Bastch. In: Fragoso MAC, van Beusichem ML, Houwers A (eds) Optimization of plant nutrition. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 53. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2496-8_75.
20. Zhang Y, Han K, Jung K, Cho H, Seo M, Sonn Y (2017) Study on the standards of proper effective rooting depth for upland crops. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 50(1), 21-30. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2017.50.1.021>.
21. Park SJ, Park JH, Kim CY, Seo YJ, Kwon OH, Won JG, Lee SH (2016) Comparison of the surface chemical properties of plastic film house, upland, and orchard soils in Gyeongbuk Province. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 49(2), 115-124. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2016.49.2.115>.
22. Ding W, Clode PL, Clements JC, Lambers H (2018) Effects of calcium and its interaction with phosphorus on the nutrient status and growth of three *Lupinus* species. Physiologia Plantarum, 163(3), 386-398. <https://doi.org/10.1111/ppl.12732>.

23. Kumar A, Singh UM, Manohar M, Gaur VS (2015) Calcium transport from source to sink: Understanding the mechanism(s) of acquisition, translocation, and accumulation for crop biofortification. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37, 1722. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1722-6>.
24. Kim IJ, Kwon YS, Lee SH, Lee KY (2013) Effects of soil injection amounts of ethyl alcohol on sugar content in peach by controlling nitrogen. *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 25(2), 172-176. <https://doi.org/10.12719/KSIA.2013.25.2.172>.
25. Kwon YH, Lee JM, Han HH, Ryu S, Jeong JH, Do KR, Han JH, Lee HC, Park HS (2016) Physiological responses for soil water stresses in 'Mihong' peach tree. *Journal of Bio-Environment Control*, 25(4), 255-261. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.4.255>.
26. Choi YM, Jung SM, Choi DG (2017) Effects of heavy rain during rainy season and drainage methods on soil water content, photosynthesis characteristics, and growth in 'Jinok' and 'Campbell Early' grapes. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 19(1), 1-9. <https://doi.org/10.5532/KJAFM.2017.19.1.1>.
27. Lee SK, Cho JG, Jeong JH, Lee D, Han JH, Jang SH, Ryu S, Kim H, Kang SH (2023) Analysis of fruit quality and productivity of 'Kawanakajima Hakuto' peach according to the different irrigation starting point. *Journal of Bio-Environment Control*, 32(4), 475-483. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2023.32.4.475>.
28. Abadía J, Vázquez S, Rellán-Álvarez R, El-Jendoubi H, Abadía A, Álvarez-Fernández A, López-Millán AF (2011) Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(5), 471-482. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.01.026>.