

과 제 구 분	공동연구	과 제 번 호	RS-2021-RD009667	
과학기술분류	LB0508	품목표준코드	SF-01-SF13	
주 관 과 제 명	일반 농경지 토양화학성 변동 평가(6차) 및 농업환경자원 평가 통합 플랫폼 구축			
과 제 책 임 자	성 명	직 급	소속기관 및 부서	
	이 은 진	농업연구사	국립농업과학원	
연 구 기 간	2021 ~ 2025	참여연구기관	농업환경연구과	
세부과제명		부 서	세부책임자	연구기간
1) 강원지역 일반 농경지 토양화학성 변동조사		농업환경연구과	허수정	'21~'25
키 워 드	화학성, 강원, 변동조사, 중금속			

ABSTRACT

National-level monitoring of farmland soil chemical properties based on policy for the conservation of the agricultural environment has been conducted to ensure a safe food supply and sustainable agriculture. Since 1999, the Rural Development Administration and provincial technology institutes have periodically surveyed soil chemical and physical properties, as well as agricultural water quality, across farmlands (paddies, uplands, orchards, and greenhouses) nationwide. In this project, the aim was to evaluate fluctuations through the analysis of soil chemical properties in farmlands according to land-use types in the Gangwon region.

In the Gangwon region, soil chemical properties by land-use type showed that soil pH was 6.3–6.4 in fields, orchards, and greenhouses, while paddy soils were around 6.0. Electrical conductivity, available phosphorus, and exchangeable cations were highest in greenhouses, followed by fields, orchards, and paddies. Organic matter content was 31–32 g kg⁻¹ in fields, 36 g kg⁻¹ in orchards, 44 g kg⁻¹ in greenhouses, and 26 g kg⁻¹ in paddies.

Average chemical property changes in field soils showed that pH improved from 5.9 to 6.4, electrical conductivity increased from 0.5 to 1.0, and organic matter rose from 20 g kg⁻¹ to 32 g kg⁻¹, indicating an overall improvement in fertility. However, the content of available phosphorus exceeded the appropriate range and continued to increase. Excluding available phosphorus, average chemical properties were generally within suitable ranges, but maximum and minimum values significantly exceeded these ranges, and the rates of excess or deficiency also exceeded suitable levels, reaching 20–80% by item.

Orchard soils, since the 2002 survey, showed an increase in pH from 5.9 to 6.4, electrical conductivity from 0.39 dS m⁻¹ to 0.76, and organic matter from 22 g kg⁻¹ to 36 g kg⁻¹, with a continuous increase in exchangeable cation content. Except for available phosphorus, exchangeable potassium, and calcium, properties were within the appropriate range, but maximum and minimum values greatly exceeded this range, and the rates of excess or deficiency reached 10–80% by item.

The average chemical properties of paddy soil were generally within the appropriate range,

but the magnesium content remained consistently deficient. Calcium and silica, initially deficient, have steadily improved, with calcium being within the appropriate range since 2023 and silica since 2015, which appears to be the result of continuous soil conditioner supply projects. However, despite ongoing silica fertilizer supply projects, more than 60% of the soil was found to be deficient in silica, and calcium and magnesium deficiencies affected more than 50-80% of the areas. Some locations showed excessively high levels of available phosphorus and available silica, indicating the need for attention in next year's fertilizer application plans.

The area of facility cultivation is rapidly increasing, and the average soil chemical properties are excessively high in all items except pH. In particular, the content of available phosphorus reaches $1,200 \text{ mg kg}^{-1}$, which is more than twice the optimal range. The contents of exchangeable cations and nitrate nitrogen are also on the rise, suggesting excessive fertilization. This can contribute to soil degradation, so education is needed to prevent the accumulation of salts.

1 연구목표

안전한 먹거리 공급과 지속가능한 농업을 위한 농업환경 보전을 위한 정책 기반의 국가 단위 농경지 토양화학성 모니터링이 이루어져 왔다. 전후 척박한 농경지의 비옥도를 높이기 위한 토양비옥도 조사사업이 1958년부터 1963년 전국 토양개량 조합과 시군농촌지도소에서 토양을 채취하고 식물환경연구소에서 화학성을 분석하면서 시작되었다(Kim et al., 1963). 1998년에 「친환경농업 육성법」(현, 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률」)이 시행되고 동법 제11조 토양자원 및 농업환경 실태조사에 의거, 1999년부터 농촌진흥청과 각 도 기술원이 참여하는 전국의 농경지(논, 밭, 과수원, 시설)를 대상으로 토양 화학성, 물리성, 농업용수 수질 등을 주기적으로 조사해 왔으며 본 과제에서는 강원지역 토지 이용형태별 농경지의 토양화학성 분석을 통해 변동을 평가하여 농경지 보전관리를 위한 자료로 이용하고자 한다.

2 재료 및 방법

<제1세부과제: 강원지역 일반 농경지 토양화학성 변동조사>

(시험 1) 일반농경지 토양화학성 변동조사

본 연구는 2021~2025년까지 5년 동안 강원지역의 농경지토양을 대상으로 4년 1주기로 일반화학성과 중금속 함량의 주기적으로 파악하기 위하여 기후시대별, 지형별로 과거 선정되었던 지점을 대상으로 밭 226 지점 작물파종 또는 정식 전 3월부터 5월 사이에 표토를 0~15cm 깊이로 채취하였고, 과수원 124지점의 토양은 과수 생육 전개기 이전에 표토(0~15cm), 심토(20~40cm) 깊이로 구분하여 채취하였으며, 논 174지점의 토양은 벼 이앙 전인 3월부터 5월 사이에 표토를 0~15cm 깊이로 채취하였고, 시설재배지 156지점은 작물 수확기에 표토(0~15cm), 심토(20~40cm) 깊이로 구분하여 채취하였다. 토양 일반화학성 분석은 농촌

진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석(농촌진흥청, 2007)에 준하여 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 pH meter로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 유효규산은 1M NaOAc(pH 4.0) 가용규산으로, 교환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 양이온은 1M NH₄OAc로 침출하여 ICP-OES로 분석하였다. 질산태 질소는 2M KCl로 침출하여 Autoanalyzer를 이용하여 분석하였으며, 전기전도도는 토양과 증류수의 비율 1:5인 토양용액을 EC meter를 이용하여 측정하였다

(시험 2) 토양 중금속 변동조사

토양 중 중금속 분석을 하기 위해 시험 1과 같은 지점과 방법으로 토양을 채취하고 토양 중금속은 환경부 고시 토양오염 공정 시험법에 근거하여 Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, As, Hg를 분석하였다.

3 결과 및 고찰

<제1세부과제: 강원지역 일반 농경지 토양화학성 변동조사>

(시험 1) 일반농경지 토양화학성 변동조사

강원지역 토지이용형태별 토양화학성은 표 1과 같이 토양 pH는 밭, 과수, 시설재배지가 6.3~6.4에 분포, 논토양은 6.0에 분포하였고, 전기전도도와 유효인산, 교환성 양이온은 시설재배지 > 밭 > 과수원 > 논의 순서로 높았다. 유기물 함량은 밭 31~32 g kg⁻¹, 과수원 36 g kg⁻¹, 시설재배지 44g kg⁻¹, 논은 26 g kg⁻¹이었다.

표 1. 강원지역 토지이용형태별 농경지(표토)의 화학성분 평균 함량 비교

토지 이용형태	연도	조사 점수	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmolc kg ⁻¹)			Av.SiO ₂
			(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(mg kg ⁻¹)
밭	2021	226	6.3	1.29	31	836	1.14	7.0	1.9	-
	2025	226	6.4	1.00	32	829	0.89	6.7	1.5	-
과수원	2022	125	6.4	0.76	36	802	1.20	7.2	2.0	-
논	2023	174	6.0	0.34	26	143	0.25	5.3	1.1	167
시설재배지	2024	156	6.3	5.72	44	1,194	1.94	12.8	3.4	-

2001년부터 4년 1주기의 밭 토양 평균 화학성 변화(표 2)를 살펴보면 pH는 5.9에서 6.4로 개선되었고, 전기전도도는 0.5 ds m⁻¹에서 1.0으로 증가하였으며, 유기물도 20g kg⁻¹에서 32로 증가하여 전체적인 비옥도가 상승한 것으로 나타났다. 그러나 유효인산의 함량은 적정범위를 초과하고 있으며, 계속 증가 추세에 있다. 교환성 양이온은 적정범위 내에 있거나 약간 초과하는 것으로 나타났다.

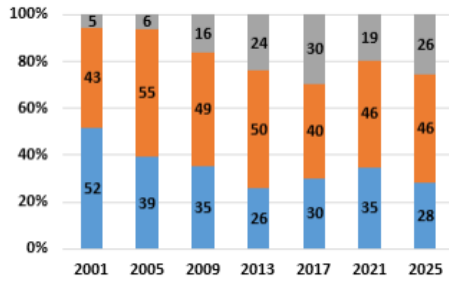
표 2. 강원지역 밭토양의 조사연도별 평균 화학성분 변화

연도	조사 점수	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg
2001	166	5.9	0.50	20	683	0.78	5.4	1.6
2005	166	6.0	0.41	20	726	0.64	4.6	1.3
2009	226	6.3	0.49	22	711	0.63	4.6	1.2
2013	229	6.5	0.55	25	648	0.78	6.0	1.5
2017	219	6.4	1.00	31	777	1.20	7.6	1.9
2021	226	6.3	1.29	31	836	1.14	7.0	1.9
2025	226	6.4	1.00	32	829	0.89	6.7	1.5
적정범위		6.0~7.0	≤2.0	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0

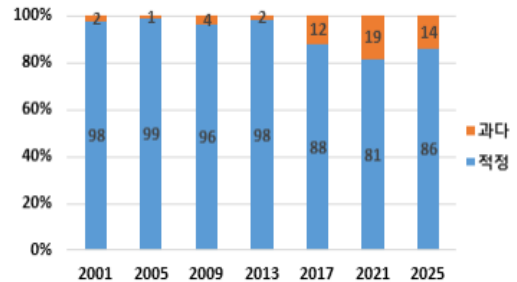
유효인산을 제외한 화학성 평균은 대체적으로 적정범위에 있으나 최댓값과 최솟값은 크게 범위를 벗어나 있고(표 3), 과부족률 또한 적정범위를 벗어나는 비율이 항목별로 20~80%에 달하고 있어(그림 1) 토양개량제 등 비료 사용에 대한 주의와 교육이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

표 3. 강원지역 밭토양의 화학성분

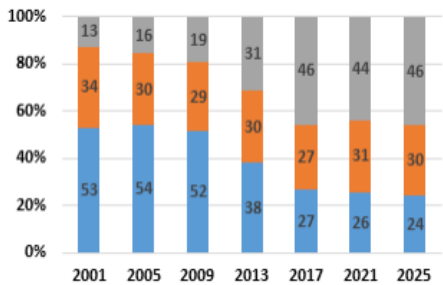
연도	구분	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg
2001년	최대	8.4	11.50	94	2,200	4.00	18.1	5.6
	최소	4.1	0.10	2	13	0.20	0.8	0.2
	중앙값	6.8	0.45	40	828	0.80	8.5	2.0
	평균	6.3	1.29	31	836	1.14	7.0	1.9
2025년	최대	8.2	6.72	118	1,830	4.57	27.3	4.4
	최소	4.5	0.07	2	12	0.03	1.2	0.3
	중앙값	6.5	0.69	29	834	0.79	6.4	1.4
	평균	6.4	1.00	32	829	0.89	6.7	1.5
적정범위		6.0~7.0	≤2.0	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0



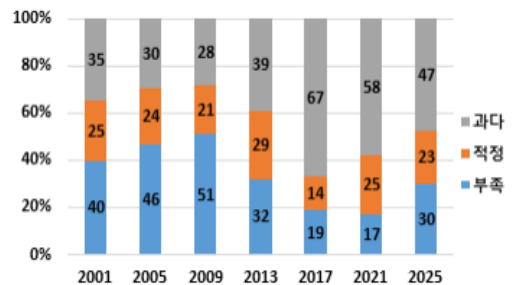
【산도(pH)】



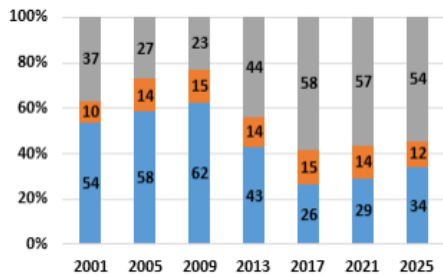
【전기전도도(EC)】



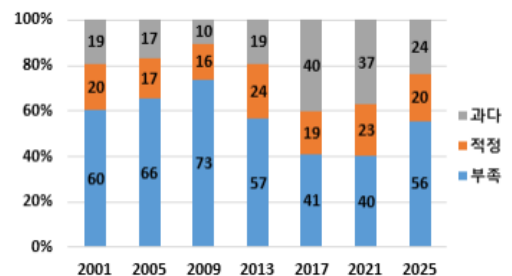
【유기물(OM)】



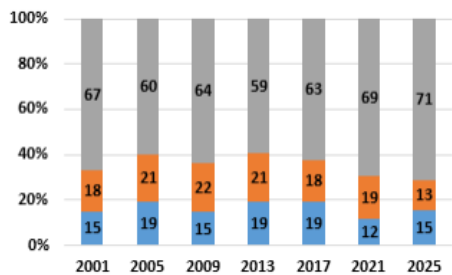
【칼리(K)】



【칼슘(Ca)】



【마그네슘(고토, Mg)】



【인산(P₂O₅)】

그림 1. 강원지역 발토양 조사연도별 표토의 화학성 적정범위 대비 과부족률(%)

과수원 토양은 2002년 조사를 시작한 이래로 표 4에 나타난 것과 같이 pH는 5.9에서 6.4, 전기전도도는 0.39 dS m⁻¹에서 0.76로, 유기물이 함량은 22 g kg⁻¹에서 36으로 증가하였고 교환성 양이온의 함량도 지속적으로 증가하고 있으며, 유효인산은 걱정범위를 크게 상회하고 있고 밭토양과 유사한 패턴을 나타냈다.

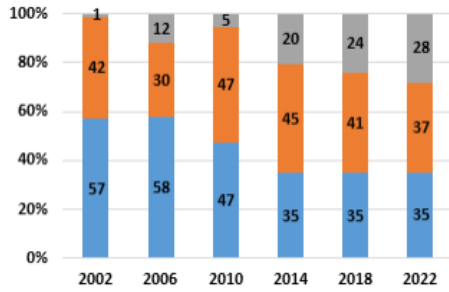
표 4. 강원지역 과수원토양의 조사연도별 평균 화학성분 변화

연도	조사 점수	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg
2002	79	5.9	0.39	22	741	0.95	4.5	1.3
2006	76	5.9	0.65	24	917	0.95	4.3	1.2
2010	95	6.0	0.34	28	716	0.89	4.6	1.3
2014	127	6.3	0.65	39	722	1.46	8.0	2.1
2018	124	6.3	0.69	34	815	1.31	7.4	2.1
2022	125	6.4	0.76	36	802	1.20	7.2	2.0
걱정범위		6.0~7.0	≤2.0	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0

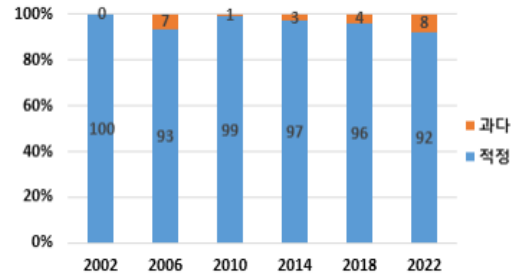
전반적인 화학성 평균은 유효인산과 교환성 칼륨, 칼슘을 제외하고 걱정범위에 있으나 최댓값과 최솟값은 크게 범위를 벗어나고 있고(표 5), 밭토양과 마찬가지로 과부족률 또한 걱정범위를 벗어나는 비율이 항목별로 10~80%에 달하고 있다(그림 2).

표 5. 강원지역 과수원토양의 화학성분

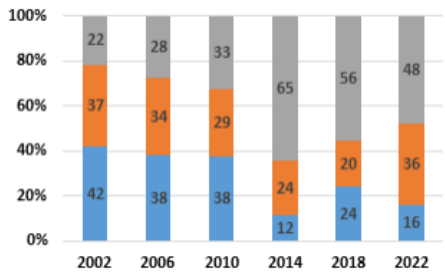
2022년	구분	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)		
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg
표토	최대	8.4	7.74	142	3,114	8.70	23.6	7.0
	최소	3.7	0.13	3	24	0.10	1.3	0.5
	중앙값	7.0	1.07	32	999	1.70	9.7	2.4
	평균	6.4	0.76	36	802	1.20	7.2	2.0
심토	최대	8.5	5.2	55	1,464	2.95	22.8	4.2
	최소	3.9	0.1	3	18	0.09	0.8	0.2
	중앙값	6.8	0.6	17	625	1.37	6.0	1.9
	평균	6.1	0.5	21	516	0.78	5.2	1.5
걱정범위		6.0~7.0	≤2.0	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0



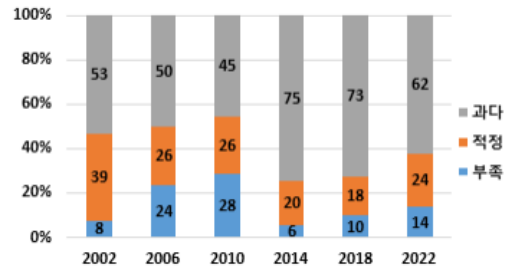
【산도(pH)】



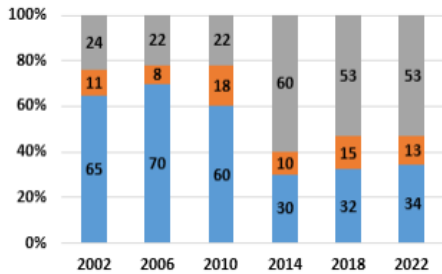
【전기전도도(EC)】



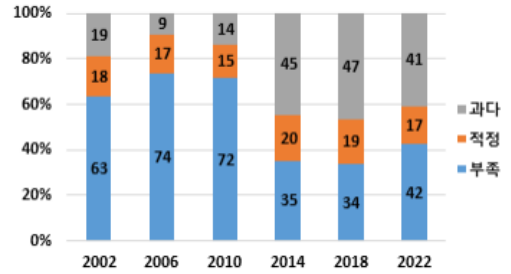
【유기물(OM)】



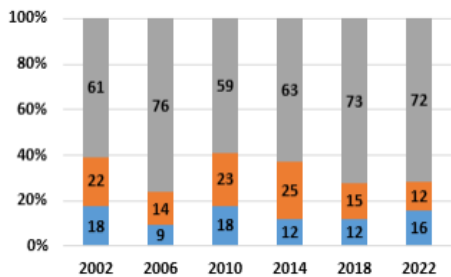
【칼리(K)】



【칼슘(Ca)】



【마그네슘(고토, Mg)】



【인산(P₂O₅)】

그림 2. 강원지역 과수원토양 조사연도별 표토의 화학성 적정범위 대비 과부족률(%)

강원지역 1999년 4년 1주기로 조사한 논토양의 평균 화학성은 대체로 적정범위에 있었으나 마그네슘의 함량은 지속적으로 부족한 상태이며, 칼슘은 규산은 부족한 상태에서 꾸준히 개선되어 칼슘은 2023, 규산은 2015년부터 적정범위에 있었다(표 6). 이는 지속적인 토양개량제 공급사업의 성과로 보인다.

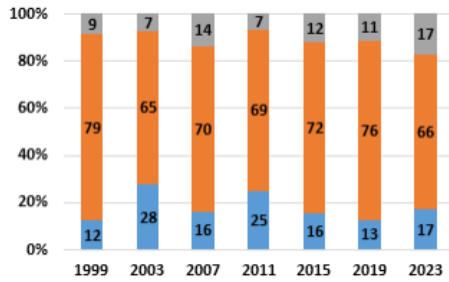
표 6. 강원지역 논토양의 조사연도별 평균 화학성분 변화

연도	조사 점수	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)			Av.SiO ₂
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(mg kg ⁻¹)
1999	242	6.0	-	20	144	0.25	4.5	1.0	141
2003	148	5.8	-	21	145	0.27	5.0	1.2	121
2007	173	6.0	0.04	20	112	0.16	4.9	1.0	143
2011	150	5.8	0.20	25	104	0.19	4.4	0.8	131
2015	174	6.0	0.33	23	124	0.36	4.8	0.9	177
2019	174	6.0	0.39	27	168	0.34	4.5	1.1	179
2023	174	6.0	0.34	26	143	0.25	5.3	1.1	167
적정범위		5.5~6.5	≤2.0	20~30	80~120	0.2~0.3	5.0~6.0	1.5~2.0	>157

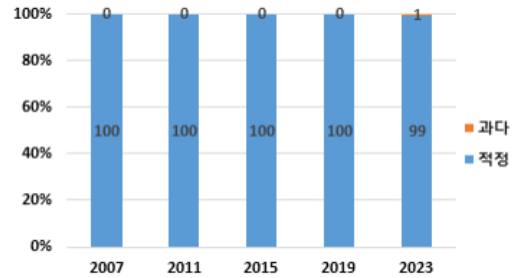
표 7의 2023년 논토양의 평균 화학성을 보면 pH 6.0, 전기전도도는 0.34 dS m⁻¹, 유기물 26g kg⁻¹, 유효인산 143mg kg⁻¹, 유효규산 167mg kg⁻¹ 등 교환성 마그네슘이 1.1 cmol_c kg⁻¹로 적정범위에 미달하는 것을 제외하고 다른 항목들은 적정범위에 있어 안정적인 것으로 나타났다. 그러나 지속적인 규산질비료 공급 사업에도 불구하고 60% 이상이 규산이 부족한 것으로 나타났고, 칼슘과 마그네슘 부족도 50~80% 이상이였다(그림 3). 밭, 과수원 토양에 비해 최솟값과 최댓값의 범위가 크지는 않았으나 유효인산과 유효규산 함량이 지나치게 높은 지점들이 있어 차년도 비료사용처방에 관심이 필요하다.

표 7. 강원지역 논토양의 화학성분

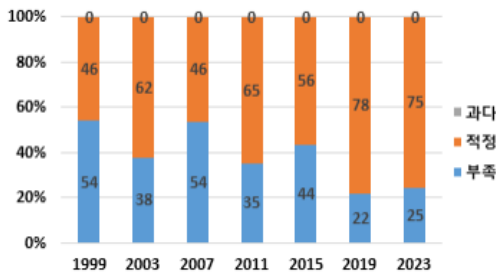
연도	구분	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)			Av.SiO ₂
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(mg kg ⁻¹)
2023년	최대	8.0	2.44	53	1,055	1.03	17.8	4.6	976
	최소	4.9	0.11	4	22	0.05	1.30	0.1	8
	중앙값	5.5	0.20	27	217	0.16	2.6	0.5	71
	평균	6.0	0.34	26	143	0.25	5.3	1.1	167
적정범위		6.0~7.0	≤2.0	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	>157



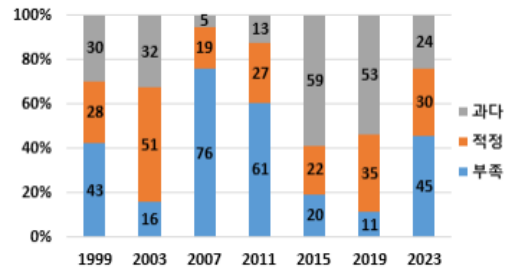
【산도(pH)】



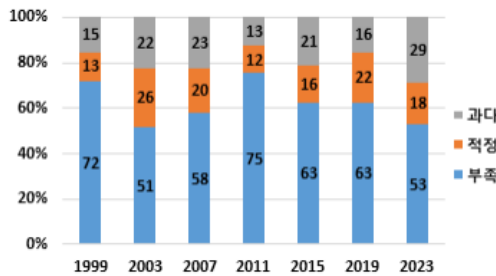
【전기전도도(EC)】



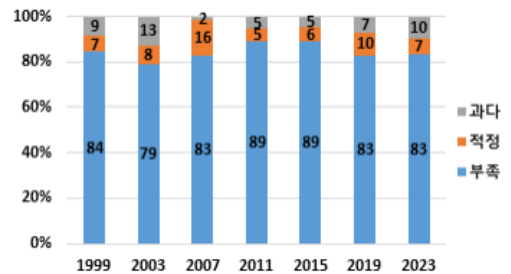
【유기물(OM)】



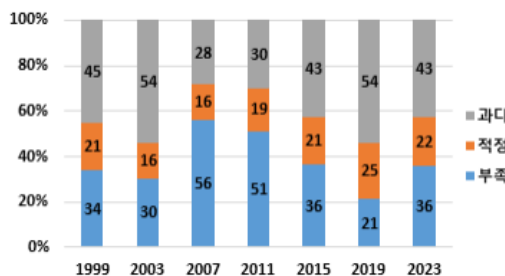
【칼리(K)】



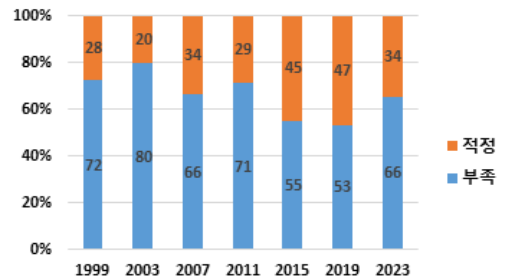
【칼슘(Ca)】



【마그네슘(고토, Mg)】



【인산(P₂O₅)】



【규산(SiO₂)】

그림 3. 강원지역 논토양 조사연도별 표토의 화학성 적정범위 대비 과부족률(%)

강원지역의 시설재배 면적이 증가하고 있고 평균 토양 화학성이 pH를 제외한 모든 항목에서 지나치고 높아지고 있다. 특히 유효인산의 경우 1,200mg kg⁻¹에 달해 적정범위보다 2배이상 높은 수준이며, 교환성 양이온과 질산태 질소의 함량도 증가 추세(표 8)에 있어 과도한 시비가 이루어지는 것으로 보인다. 이는 토양 악화의 원인으로 작용할 수 있어 염류가 축적되지 않도록 교육이 필요하다.

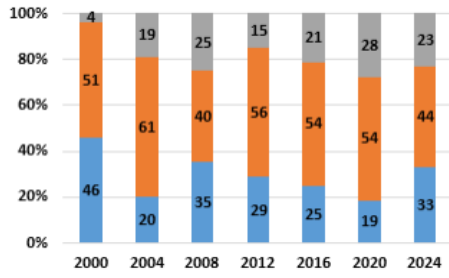
표 8. 강원지역 시설재배지 토양의 조사연도별 평균 화학성분 변화

연도	조사 점수	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)			NO ₃ -N
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(mg kg ⁻¹)
2000	81	6.0	2.40	30	1,302	1.71	10.8	3.5	190
2004	79	6.4	2.79	33	1,210	1.74	9.3	3.2	167
2008	156	6.3	1.52	35	1,050	1.21	8.7	2.4	81
2012	156	6.2	2.41	38	1,188	1.60	10.8	3.2	189
2016	156	6.5	3.75	41	1,116	1.58	12.1	3.3	123
2020	156	6.5	4.21	45	1,171	1.68	11.4	3.3	77
2024	156	6.3	5.72	44	1,194	1.94	12.8	3.4	244
적정범위		6.0~7.0	≤2.0	25~35	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-

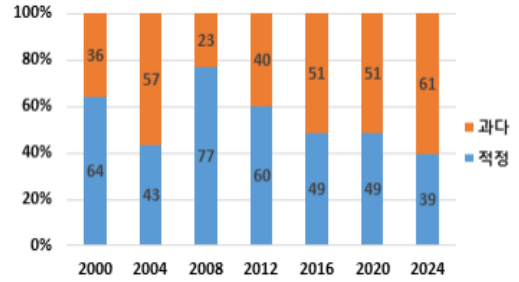
2024년 시설재배지 토양의 분석 항목별 최댓값과 최솟값의 편차가 지나치게 높은 것으로 나타났고(표 9), 양분이 과다비율이 높은 것으로 나타났다(그림 4).

표 9. 강원지역 시설재배지토양의 화학성분

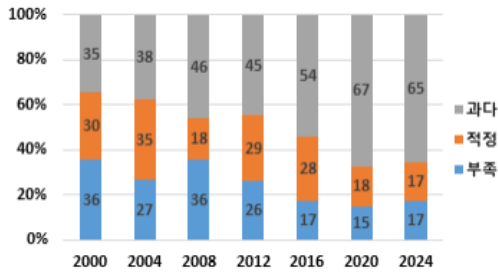
2024년	구분	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	Ex. cations (cmol _c kg ⁻¹)			NO ₃ -N
		(1:5)	(ds m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(mg kg ⁻¹)
표토	최대	7.9	25.2	175	3,317	10.5	29.6	16.2	1,239
	최소	4.0	0.2	9	169	0.2	1.6	0.4	3
	중앙값	6.4	3.1	40	1,192	1.7	12.0	2.8	350
	평균	6.3	5.7	44	1,194	1.9	12.8	3.4	244
심토	최대	8.3	12.5	98	2,916	8.2	28.8	6.3	792
	최소	4.0	0.1	3	40	0.1	0.3	0.3	1
	중앙값	6.5	1.1	26	862	0.9	8.4	1.9	41
	평균	6.4	2.0	30	881	1.3	8.9	2.2	87
적정범위		6.0~7.0	≤2.0	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-



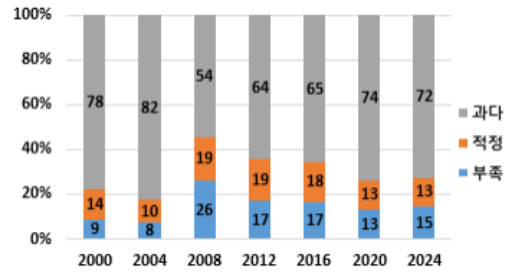
【산도(pH)】



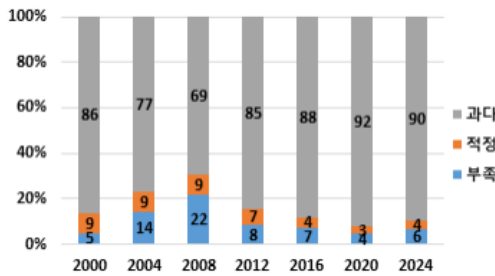
【전기전도도(EC)】



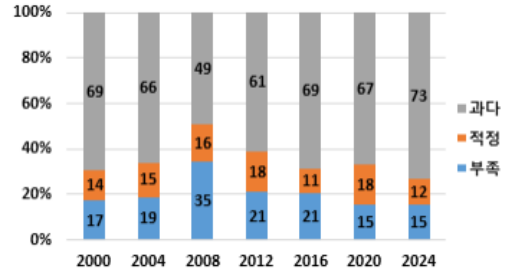
【유기물(OM)】



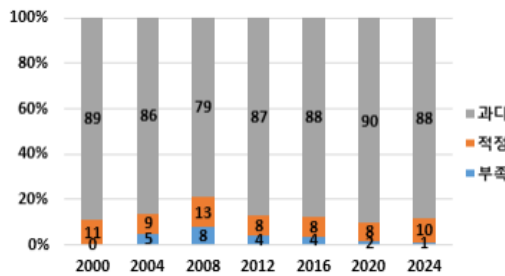
【칼리(K)】



【칼슘(Ca)】



【마그네슘(고토, Mg)】



【인산(P₂O₅)】

그림 4. 강원지역 시설재배지토양 조사연도별 표토의 화학성 적정범위 대비 과부족률(%)

(시험 2) 토양 중금속 변동조사

밭, 과수원, 논, 시설재배지 등 토지 이용형태별 중금속 평균 함량은 토양환경보전법상의 우려 및 대책 기준보다 낮게 나타났다. Cu와 Zn 함량은 시설재배지에서 높게 나타났으며, 밭과 과수원은 비슷한 수준이었다.

표 10. 토지이용형태별 농경지 토양(표토)의 중금속의 평균함량 비교

토지 이용형태	연도	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	As	Hg
		----- mg kg ⁻¹ -----							
밭	2021	0.31	22.95	14.06	87.65	14.75	24.81	5.47	0.01
	2025	0.19	22.26	13.92	90.90	14.32	27.27	5.26	0.03
과수원	2022	0.18	24.42	19.18	92.24	16.49	33.91	5.14	0.04
논	2023	0.14	14.81	13.46	66.36	15.41	30.00	4.92	0.03
시설재배지	2024	0.16	29.47	12.11	121.19	13.44	27.31	4.83	0.03
토양오염 우려기준 ¹⁾		4	150	200	300	100	-	25	4
토양오염 대책기준 ²⁾		12	450	600	900	300	-	75	12

^{1),2)} 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

4 적 요

<제1세부과제: 강원지역 일반 농경지 토양화학성 변동조사>

(시험 1) 일반농경지 토양화학성 변동조사

- 가. 강원지역 토지 이용형태별 토양화학성은 토양 pH는 밭, 과수, 시설재배지가 6.3~6.4에 분포, 논토양은 6.0에 분포하였고, 전기전도도와 유효인산, 교환성 양이온은 시설재배지 > 밭 > 과수원 > 논 순서로 높았다. 유기물 함량은 밭 31~32 g kg⁻¹, 과수원 36 g kg⁻¹, 시설재배지 44g kg⁻¹, 논은 26 g kg⁻¹이었음
- 나. 밭토양 평균 화학성 변화는 pH는 5.9에서 6.4로 개선되었고, 전기전도도는 0.5에서 1.0으로 증가하였으며, 유기물도 20g kg⁻¹에서 32로 증가하여 전체적인 비옥도가 상승한 것으로 나타났으나 유효인산의 함량은 적정범위를 초과하고 계속 증가 추세임. 유효인산을 제외한 화학성 평균은 대체적으로 적정범위에 있으나 최대값과 최소값은 크게 범위를 벗어나고 있고 과부족률 또한 적정범위를 벗어나는 비율이 항목별로 20~80%에 달하고 있어 토양개량제 등 비료 사용에 대한 주의와 교육이 지속적으로 이루어져야 할 것임
- 다. 과수원 토양은 2002년 조사 이래로 pH는 5.9에서 6.4, 전기전도도는 0.39 dS m⁻¹에서 0.76로, 유기물 이 함량은 22 g kg⁻¹에서 36으로 증가하였고 교환성 양이온의 함량도 지속적으로 증가하고 있음. 유효인산과 교환성 칼륨, 칼슘을 제외하고 적정범위에 있으나 최댓값과 최솟값은 크게 범위를 벗어나고 있고 과부족률도 적정범위를 벗어나는 비율이 항목별로 10~80%에 달함
- 라. 강원지역 논토양의 평균 화학성은 대체로 적정범위에 있었으나 마그네슘의 함량은 지속적으로 부족한 상태이며, 칼슘은 규산은 부족한 상태에서 꾸준히 개선되어 칼슘은 2023, 규산은 2015년부터 적정범위를

유지하고 있으며, 이는 지속적인 토양개량제 공급사업의 성과로 보임. 지속적인 규산질비료 공급 사업에도 불구하고 60% 이상이 규산이 부족한 것으로 나타났고, 칼슘과 마그네슘 부족도 50~80% 이상이었으며 유효인산과 유효규산 함량이 지나치게 높은 지점들이 있어 차년도 비료사용처방에 관심 필요
 나. 시설재배 면적이 증가하고 있고 평균 토양 화학성이 pH를 제외한 모든 항목에서 지나치게 높아지고 있고, 특히 유효인산의 경우 1,200mg kg⁻¹에 달해 적정범위보다 2배이상 높은 수준이며, 교환성 양이온과 질산태 질소의 함량도 증가 추세에 있어 과도한 시비가 이루어지는 것으로 보임. 이는 토양 악화의 원인으로 작용할 수 있어 염류가 축적되지 않도록 교육 필요

(시험 2) 토양 중금속 변동조사

- 가. 강원지역 농경지 밭, 과수원, 논, 시설재배지 등 토지 이용형태별 중금속 평균 함량은 토양환경보전법상의 우려 및 대책 기준보다 낮게 나타남
- 나. 시설재배지 토양에서 Cu 29.47 mg kg⁻¹, Zn 121.19 mg kg⁻¹으로 우려기준에는 미치지 않으나 다른 이용형태의 토양보다 높았고, 가축분퇴지 등의 사용이 많은 것으로 사료됨

5 인용문헌

Kim, Y.S., S.C. Seo and K.H. Han, 1963. Study on soil analysis. Annual research report of Institute of Plant Environment RDA, Suwon, Korea.
 농촌진흥청 국립농업과학원. 2007. 토양 및 식물체 분석. 농촌진흥청.
 농촌진흥청. 2012. 농업과학기술 연구조사분석기준. 농촌진흥청

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2021(1년)	학술발표	강원지역 밭토양 화학성 현황
2022(2년)	학술발표	강원지역 과수원토양 화학성 현황
	영농정보	강원지역 과수원토양 화학성 현황과 변동
2023(3년)	논문게재	강원지역 과수원토양 화학성 현황과 변동
2024(4년)	학술발표	강원지역 시설재배지 토양의 화학성(2024)
	학술발표	강원지역 논 토양 화학성의 변화
2025(5년)	학술발표	강원지역 일반농경지의 중금속 현황
	학술발표	강원지역 밭토양의 화학성 변화

성과지표	연도	1년차 (2021)		2년차 (2022)		3년차 (2023)		4년차 (2024)		5년차 (2025)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문 게재	SCI												
	비SCI						1						1
학술 발표	국제												
	국내		1		1				2		2		6
영농 활용	기술												
	정보				1								1
계		-	1	-	2	-	1	-	2	-	2	-	7

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
					'21	'22	'23	'24	'25
과제책임자	국립농업과학원	농업연구사	전상호	과제 총괄	○	○			
	국립농업과학원	농업연구사	이은진	과제 총괄			○	○	○
세부책임자	산채연구소	농업연구관	임수정	세부주관 수행	○	○			
	한우연구소	농업연구관	서영호	세부주관 수행			○	○	
	농업환경연구과	농업연구관	허수정	세부주관 수행					○
공동연구자	농업환경연구과	농업연구사	최병곤	시험수행 및 평가	○				
	농업환경연구과	농업연구관	허수정	품질조사 지원	○				
	농업환경연구과	농업연구사	홍수영	품질조사 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	김동민	평가분석 지원	○	○	○	○	○
	원예연구과	농업연구관	김경대	현장조사 지원			○		
	농업환경연구과	공업서기보	박기진	평가분석 지원		○	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	하건수	현장조사 지원	○				
	농업환경연구과	공 무 직	이준형	현장조사 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	홍성유	현장조사 지원				○	○
	원예연구과	농업연구사	김보민	현장조사 지원				○	
농업환경연구과	농업연구사	김민경	현장조사 지원					○	