

어젠다코드	1 - 1 - 1		구분	계속	
기술분야코드	V1	기술유형코드	E02	작목구분코드	EE-02-EE22
과제종류	공동연구		세부사업(약어)	국책기술	
과제명	농업환경자원 변동평가(4년 1주기 5차 사업)				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	윤순강		농업연구관	국립농업과학원 토양비료과	
연구기간	2017 ~ 2020		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 강원도 일반농경지 화학성 및 물리성 변동조사			환경농업연구과	윤병성	'17~'20
2) 강원도 농업용수 수질조사 및 비료사용 실태조사			환경농업연구과	최승출	'17~'20
색인용어	토양화학성, 토양물리성, 토양중금속, 농업용수, 비료사용량, 수질				

## I. 연구목적

- 친환경농업육성법 제 11조에 의한 법정사무임(토양자원 및 농업환경변동 실태조사 실시)
- 현재 추진되고 있는 친환경농업 육성을 위해서는 농업의 경작 형태에 따른 농경지내 환경 조건별 토양화학성, 수질변화, 물리성 및 농자재에 대한 지속적인 자료 축적이 요구됨
- 농업용수 수질개선사업과 친환경농업 정책수립을 위한 기초자료 제공
- 노지채소 비료사용 실태 파악에 따른 비료 사용 방안 제시

## II. 2017년도 추진목표 대비 당해연도 목표 달성도

추진목표	달성내용	달성도
<b>&lt;제1세부과제 : 강원도 일반농경지 화학성 및 물리성 변동조사&gt;</b> ○ 강원도 농경지 화학성 및 물리성 정점조사	[결과활용 건수 : 영농정보 1건, 학술발표 2건] ○ 강원도 밭토양 토양화학성 변화(영농) ○ 강원도 시설재배토양의 물리적 특성(학술) ○ 2017 강원도 밭토양의 중금속 함량(학술)	100%
<b>&lt;제2세부과제 : 강원도 농업용수 수질조사 및 비료사용 실태조사&gt;</b> ○ 강원 농업용수 수질조사 및 비료사용 실태조사	[결과활용 건수 : 영농정보 1건] ○ 강원지역 고랭지배추 주산단지별 비료사용 현황 (영농활용)	100%

## III. 주요 연구내용 및 결과요약

### 1. 연구내용

<제1세부과제 : 강원도 일반농경지 화학성 및 물리성 변동조사>

(시험 1) 일반농경지 화학성 변동 조사

가. 분석대상 : 강원도 밭 토양

○ 밭 226지점(고령지 56 지점 포함) : 시료채취시기 3월 하순 ~ 5월 상순

지역	춘천	원주	강릉	동해	태백	속초	삼척	홍천	횡성	영월
기존지점 (고령지추가)	14	14	12 (3)	7	8 (6)	3	2 (5)	15 (9)	15 (9)	13
지역	평창	정선	철원	화천	양구	인제	고성	양양	합계	
기존지점 (고령지추가)	14 (9)	15 (6)	7	6	8 (2)	10 (7)	5	2	170 (56)	

나. 주요 분석 항목

○ 화학성 : pH, EC, 유기물, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg, Na, NO<sub>3</sub>-N, LR

○ 중금속 : Cd, Cu, Pb, As, Zn, Cr, Ni, Hg, Cr<sup>6+</sup>

다. 분석방법

○ 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(국립농업과학원, 2000)에 준함

**(시험 2) 일반농경지 물리성 변동조사**

가. 분석대상 : 강원도 밭 토양

○ 밭 40지점(표토, 심토) : 시료채취시기 3월 하순 ~ 7월 상순

지역	춘천	원주	강릉	동해	태백	속초	홍천
지점수	2	5	6	3	1	1	3
지역	횡성	영월	정선	화천	양구	인제	합계
지점수	7	3	2	1	3	3	40

나. 주요 분석 항목

○ 토성, 용적밀도, 삼상 등

다. 분석방법

○ 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법(국립농업과학원, 2000)에 준함

- 토성은 비중계법(Hydrometer)으로, 용적밀도와 삼상, 중량수분함량은 코어 측정법으로 분석 ○ 선정작목 사업화 및 수출 추진

**<제2세부과제 : 강원도 농업용수 수질조사 및 비료사용 실태조사>**

**(시험1) 농업용수 수질조사**

가. 조사대상 : 하천수 34지점(매년 4, 7, 10월), 지하수 20지점(매년 4, 7월)

나. 주요 분석 항목

○ 하천수 : 법정기준 6항목 (pH, DO, BOD, TOC, T-P, SS),  
기타 7항목 (EC, T-N, NH<sub>4</sub>-N, Ca, K, Mg, Na)

○ 지하수 : 법정기준 7항목 (pH, NO<sub>3</sub>-N, Cl<sup>-</sup>, Cd, As, Hg, Pb),  
기타 8항목 (EC, Ca, K, Mg, Na, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, T-N, T-P)

다. 분석법 : 수질오염공정시험방법 및 표준분석법

**(시험2) 노지채소 비료 사용 실태조사**

가. 대상 작물 : 밭(노지채소)

나. 조사 농가수 : 100농가

○ 고랭지 배추 : 50농가

구 분	강릉(왕산)	정선(임계)	삼척(하장)	홍천(내면)	태백
농가수	13	9	9	6	13

○ 양배추 : 25농가

구 분	횡성	평창	인제	정선	강릉	삼척	홍천
농가수	4	3	6	3	2	3	4

○ 무 : 25농가

구 분	강릉	정선	홍천	춘천
농가수	11	3	5	6

다. 조사 항목 : 비료(유·무기질 비료, 토양개량제 등)의 특성·사용방법·성분함량, 작물별 비료 사용량 등

라. 농자재 투입실태 평가 및 조사지점 정보·분석결과 DB 구축

## 2. 연구결과 요약

<제1세부과제 : 강원도 일반농경지 화학성 및 물리성 변동조사>

(시험 1) 일반농경지 화학성 변동 조사

가. 밭토양 화학성 변동조사

표 1. 강원지역 밭토양의 일반 화학성분 함량

통계량	pH (1.5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cation (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	LR (kg 10a <sup>-1</sup> )
					K	Ca	Mg	Na		
평균	6.4	0.9	32	742	1.2	7.6	2.0	0.2	41.7	158
표준편차	0.9	0.7	16	434	0.7	3.9	1.2	0.1	57.3	164
최소값	4.6	0.1	2	10	0.1	1.6	0.4	0.1	0.3	0
최대값	8.6	4.1	109	1,847	3.9	24.3	7.6	1.4	461.6	398
중앙값	6.4	0.7	30	764	1.1	6.7	1.8	0.2	22.8	133
적정범위	6.0-7.0	≤2.0	20-30	300-550	0.5-0.8	5.0-6.0	1.5-2.0			

- 조사대상 밭의 주요 재배작물은 옥수수, 콩, 고추, 감자, 배추, 들깨 등이었음.

- 밭 표토의 화학성은 pH 6.4±0.9, 유기물 32±16.1g kg<sup>-1</sup>, 유효인산 742±434mg kg<sup>-1</sup>, 치환성 K 1.2±0.7, Ca 7.6±3.9, Mg 2.0±1.2cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>로 검정되었음.

- pH, EC, 유기물 평균은 적정범위에 있었으나, 유효인산과 치환성 K, 치환성 Ca은 적정범위를 초과하였다. 적정범위 미달은 없었음.

표 2. 강원지역 밭토양의 연차간 일반 화학성분 함량 변화

구분	'01	'05	'09	'13	'17	적정범위
pH (1:5)	5.9	6.0	6.3	6.5	6.4	6.0~7.0
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.5	0.4	0.6	0.5	0.9	2.0 이하
OM (g kg <sup>-1</sup> )	20	20	20	26	32	20~30
Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	687	726	699	675	747	300~550
Exch. cation (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	K	0.8	0.6	0.6	0.8	0.5~0.8
	Ca	5.3	4.6	4.4	5.7	5.0~6.0
	Mg	1.6	1.3	1.1	1.4	1.5~2.0
	Na	0.1	0.4	0.6	0.2	0.2

- 유기물 함량, EC 및 치환성 양이온의 평균은 증가하는 경향을 보이고, 평균 pH는 변화가 거의 없었음.

표 3. 강원지역 시·군별 밭토양 화학성 (2017)

시군 (지점수)	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol <sub>c</sub> /kg)				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
춘천 (14)	6.0	0.6	26	632	0.9	4.9	1.2	0.1	33.9
원주 (14)	6.9	0.8	26	617	0.9	7.4	1.7	0.2	26.3
강릉 (12)	6.4	1.0	28	958	1.0	6.6	2.1	0.2	47.1
동해 (7)	6.7	0.7	34	720	1.2	10.3	2.6	0.1	34.2
태백 (8)	7.3	0.8	35	268	1.2	12.1	2.6	0.1	17.6
속초 (3)	5.7	0.7	40	804	1.1	4.4	1.3	0.2	30.6
삼척 (2)	5.5	1.2	35	699	2.0	4.1	1.2	0.3	35.7
홍천 (15)	6.0	0.7	28	673	1.0	5.7	1.3	0.2	36.2
횡성 (15)	6.6	1.0	35	772	1.6	8.3	2.4	0.2	52.3
영월 (13)	6.7	0.6	27	568	0.8	8.6	3.1	0.1	18.9
평창 (14)	6.4	1.4	32	1,081	1.5	7.6	1.9	0.2	68.2
정선 (15)	6.3	1.3	28	628	1.2	8.0	1.6	0.1	74.7
철원 (7)	6.7	0.9	58	1,194	1.2	7.8	1.9	0.2	23.7
화천 (6)	6.5	0.8	35	805	1.2	8.0	2.5	0.3	30.1
양구 (8)	6.6	0.9	28	687	1.7	6.8	1.9	0.2	35.4
인제 (10)	6.2	0.9	46	854	1.2	8.2	2.0	0.1	58.0
고성 (5)	6.2	0.8	40	902	1.3	8.9	2.6	0.3	43.9
양양 (2)	6.4	0.7	17	487	0.8	5.8	1.7	0.2	29.8
평균	6.4	0.9	32	742	1.2	7.6	2.0	0.2	41.7
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0		

- 철원 지역의 유효인산 함량이 높은 경향을 보였음.

표 4. 강원지역 밭토양의 작물별 화학성분 함량 (2017)

작물 (지점수)	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cation(cmole <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				LR (kg 10a <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na		
옥수수(71)	6.4	0.8	33	732	1.2	7.2	2.0	0.2	170	34
콩(23)	6.4	0.6	31	727	1.1	6.0	1.7	0.2	208	35
고추(23)	6.2	1.0	35	837	1.1	7.1	1.7	0.2	185	47
감자(14)	6.3	1.3	32	905	1.3	7.8	2.2	0.2	163	79
들깨(12)	6.4	0.7	28	570	1.0	7.0	2.0	0.2	144	32
배추(12)	6.7	1.7	35	775	1.5	9.8	2.2	0.2	66	75
무(4)	7.1	0.7	19	442	0.7	8.8	2.1	0.1	100	18
더덕(3)	7.4	1.6	35	882	1.2	11.5	2.0	0.2	44	66
유채(3)	6.9	0.4	27	226	1.0	9.8	2.3	0.1	221	9
기타(27)	6.5	0.7	30	624	1.1	8.3	2.0	0.0	147	26
적정범위	6.0~7.0	≤ 2	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-	-	

표 5. 강원지역 밭토양의 지형별 화학성분 함량(2017)

지형 (지점수)	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cation(cmole <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
꼭간지 (63)	6.6	0.9	34	752	1.1	8.6	2.2	0.2	33.4
구릉지 (5)	6.2	0.8	33	497	1.0	7.7	2.8	0.2	17.9
산록경사지 (36)	6.2	0.3	29	582	1.3	7.6	2.0	0.2	58.0
산악지 (3)	6.0	0.4	34	463	0.7	6.6	2.0	0.1	15.0
선상지 (27)	6.3	1.0	39	943	1.4	6.7	1.7	0.2	51.1
하성평탄지 (29)	6.4	0.8	24	729	0.9	5.9	1.5	0.2	35.1
하해혼성 평탄지(1)	5.9	1.7	84	1286	2.0	6.8	2.1	0.4	121.3
홍적대지 (3)	6.5	0.8	48	1333	2.4	8.3	2.4	0.1	35.1
정보없음 (3)	7.1	0.9	26	714	1.0	9.5	1.8	0.1	46.3
적정범위	6.0~7.0	≤ 2	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-	-

표 6. 강원지역 밭토양의 토성에 따른 화학성분 함량(2017)

토성 (지점수)	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cation(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
미사질식양토 (3)	6.5	1.4	36	1,332	2.4	8.3	2.4	0.1	35.1
미사질양토 (3)	7.0	1.3	29	335	1.2	12.9	3.0	0.1	58.9
사양토 (76)	6.5	0.8	33	778	1.1	7.3	1.9	0.2	37.8
세사양토 (14)	6.1	0.8	26	839	0.9	5.3	1.3	0.2	33.2
식양토 (1)	6.8	0.2	17	80	0.5	9.4	5.3	1.1	3.3
양질조사토 (1)	5.9	1.7	85	1,286	2.0	6.8	2.1	0.4	121.3
양토 (70)	6.4	1.0	32	680	1.3	7.9	2.1	0.2	46.4
정보없음 (3)	7.1	0.9	26	714	1.0	9.5	1.8	0.2	94.8
적정범위	6.0~7.0	≤ 2	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0	-	-

표 7. 강원지역 밭토양의 일반화학성분 수준별 분포비율(2017)

성분	함량분포								적정 범위
	기준	≤ 5.0	5.1~5.5	5.6~5.9	6.0~6.5	6.6~7.0	7.1~7.5	7.6<	
pH (1:5)	기준	≤ 5.0	5.1~5.5	5.6~5.9	6.0~6.5	6.6~7.0	7.1~7.5	7.6<	6.0~7.0
	비율	6.5	9.4	16.5	23.6	12.4	21.6	10.0	
OM (g kg <sup>-1</sup> )	기준	≤ 10	11~19	20~30	36~40	41~50	51~60	61<	20~30
	비율	4.8	18.8	27.6	23.6	12.3	10.0	2.9	
Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	기준	≤ 299	300~550	551~800	801~999	1,000~1,499	1,500~1,850	1,850<	300~550
	비율	20.0	18.2	13.6	16.5	26.4	5.3	0.0	
Ex. K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	기준	≤ 0.4	0.5~0.8	0.9~1.5	1.6~2.0	2.1~2.5	2.6~3.0	3.1<	0.5~0.8
	비율	15.3	22.3	34.7	14.7	8.2	2.4	2.4	
Ex. Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	기준	≤ 4.9	5.0~6.0	6.1~9.0	9.1~12.0	12.1~15.0	15.1~18.0	18.1<	5.0~6.0
	비율	24.7	17.6	27.6	18.2	7.7	2.4	1.8	
Ex. Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	기준	≤ 1.4	1.5~2.0	2.1~3.0	3.1~4.0	4.1~5.0	5.1~6.0	6.1<	1.5~2.0
	비율	37.6	21.8	28.3	5.9	2.9	2.9	0.6	

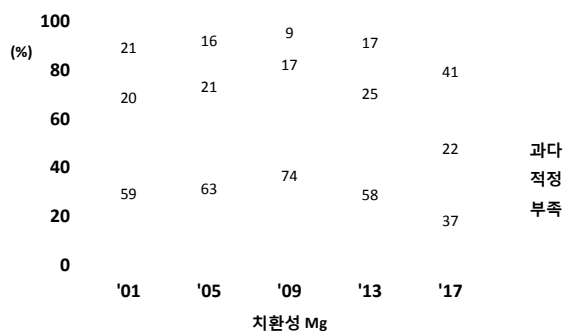
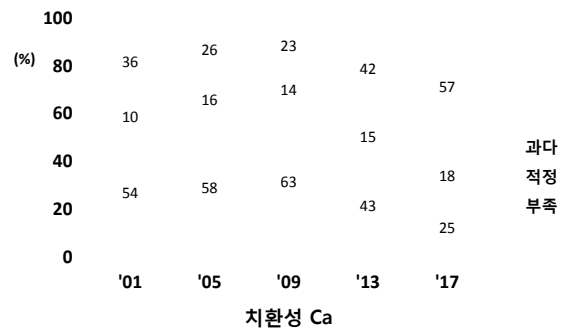
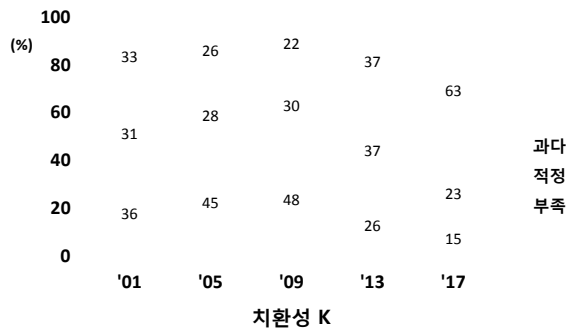
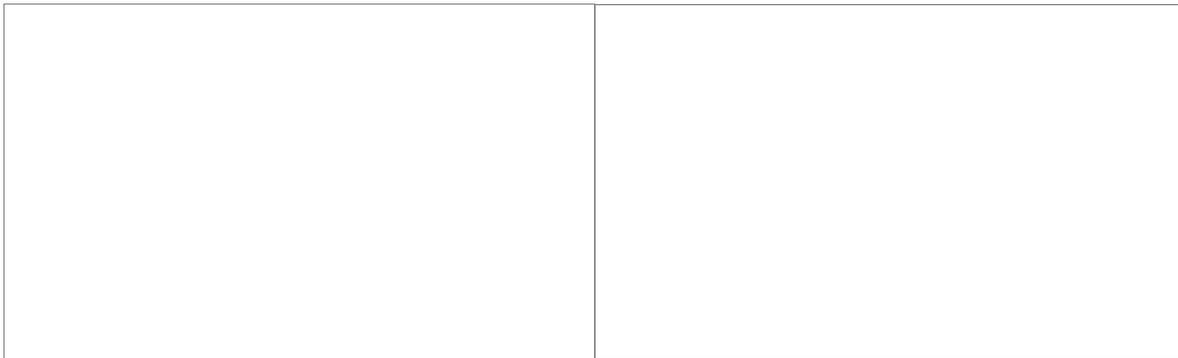
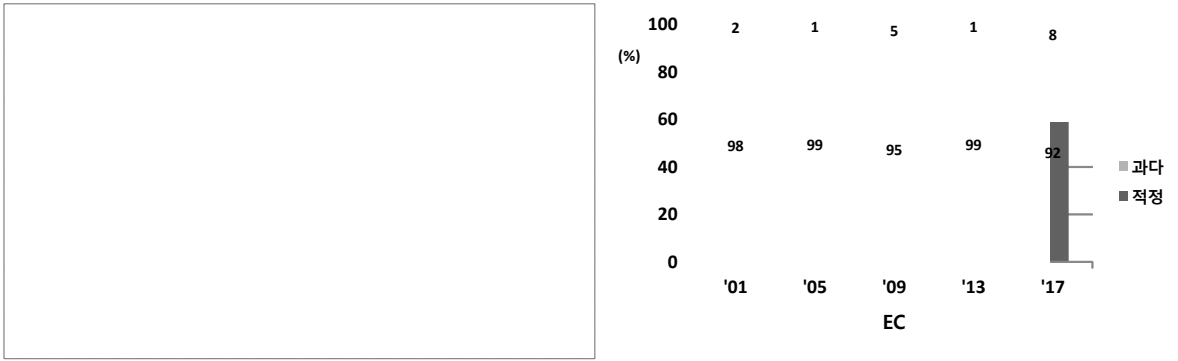


그림 1. 강원지역 밭토양의 과부족율(%) 변화

- 조사 초기인 2001년에는 pH가 낮은 농가의 비율이 높았으나, 이후 pH가 높은 농가의 비율이 증가하고 있다. 유기물이 풍부한 농가 비율도 증가하고 있으며, 치환성 양이온 과다 농가 비율이 증가하는 경향을 보였음.

나. 발토양 중금속 현황 및 변동

표 8. 발 토양의 중금속 함량

통계	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr <sup>b</sup>	Cr <sup>6+</sup>
	(mg kg <sup>-1</sup> )								
2017 평균	0.23	21.0	13.5	11.0	82.6	4.8	0.01	26.0	0.4
평균/우려기준(%) <sup>↓</sup>	5.8	14.0	13.5	5.5	27.5	21.0	0.3	-	8.0
중앙값	0.11	18.9	11.0	7.7	80.0	2.8	0.01	22.5	0
최대값	3.07	80.8	44.7	150.4	180.1	24.2	0.03	169.4	3.7
최소값	ND	2.0	ND	ND	38.0	ND	ND	2.3	0
우려기준 <sup>↓</sup>	4	150	100	200	300	25	4	-	ND
대책기준 <sup>↓</sup>	12	450	300	600	900	75	12	-	15

b 총크롬

↓ 토양환경보전법상의 토양오염우려기준에 대한 비율(평균값/우려기준 × 100)

↓ 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

- 강원지역 발토양 중금속 함량 평균은 우려기준 보다 현저히 낮았으며, 우려기준을 초과하는 지역은 없었음.

표 9. 강원지역 발토양의 연차간 중금속 함량 변화

(단위 : mg kg<sup>-1</sup>)

구분	'13		'17	우려기준 <sup>↓</sup>	대책기준 <sup>↓</sup>
	강원(170 지점)	전국(1,760 지점)	강원(170 지점)		
Cd	0.30	0.35	0.23	4	12
Cu	20.5	23.4	21.0	150	450
Ni	12.6	17.3	13.5	100	300
Pb	13.3	16.9	11.0	200	600
Zn	77.0	74.1	82.6	300	900
Cr <sup>b</sup>	24.6	27.7	26.0	-	-
As	7.3	3.8	4.8	25	75
Cr <sup>6+</sup>	-	-	0.4	5	15

b 총크롬    ↓ 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

- 강원지역 발토양의 중금속 함량은 우려기준 보다 낮을 뿐만 아니라, 전국 평균보다 비교적 낮은 경향을 나타내고 있음.

- 강원도 밭토양 중금속 평균값의 토양오염 우려기준치에 대한 비율(%)  
 아연(27.5%) > 비소(21.0) > 구리(14.0) > 니켈(13.5) > 카드뮴(5.8) > 납(5.5)

표 10. 강원지역 시군별 밭토양의 중금속 함량 (단위 : mg kg<sup>-1</sup>)

지역(점수)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr <sup>b</sup>	As	Hg	Cr <sup>6+</sup>
춘천(14)	0.11	23.1	15.1	8.8	86.6	27.7	4.1	0.01	0.35
원주(14)	0.08	14.1	8.9	7.9	74.8	17.1	2.4	0.01	0.80
강릉(12)	0.04	9.6	6.3	5.4	64.5	18.2	0.5	0.01	ND
동해(7)	0.15	24.8	14.6	10.4	69.6	30.8	1.3	0.01	ND
태백(8)	0.89	42.2	29.0	49.1	87.2	27.0	9.9	0.01	0.51
속초(3)	0.02	18.6	17.4	4.6	61.9	39.3	0.4	0.01	ND
삼척(2)	0.19	20.0	14.6	13.8	43.4	26.5	1.1	0.01	ND
홍천(15)	0.11	20.2	15.3	6.3	84.5	30.7	3.1	0.01	ND
횡성(15)	0.13	19.0	10.5	5.7	85.4	21.5	3.4	0.01	1.17
영월(13)	0.43	24.2	18.8	14.6	70.7	28.4	10.6	0.01	0.42
평창(14)	0.11	18.4	10.4	6.6	91.9	20.0	3.5	0.01	0.64
정선(15)	0.60	21.2	17.9	19.5	86.5	28.1	9.2	0.01	0.77
철원(7)	0.08	26.4	9.5	9.6	101.5	37.7	4.2	0.01	ND
화천(6)	0.71	30.7	23.5	7.9	101.5	37.8	2.5	0.01	ND
양구(8)	0.09	11.0	0.2	4.8	79.3	7.7	5.2	0.01	ND
인제(10)	0.18	27.6	11.8	13.2	99.6	35.6	11.6	0.01	ND
고성(5)	0.07	14.0	7.5	3.5	78.3	19.4	0.4	0.01	ND
양양(2)	0.05	20.6	25.8	0.2	78.0	62.8	0.1	0.01	ND
평균	0.23	21.0	13.5	11.0	82.6	26.0	4.8	0.01	0.4
우려기준 <sup>♪</sup>	4	150	100	200	300	-	25	4	5
대책기준 <sup>♪</sup>	12	450	300	600	900	-	75	12	15

<sup>b</sup> 총크롬, <sup>♪</sup> 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

표 11. 강원지역 시군별 밭토양의 중금속 함량

(단위 : mg kg<sup>-1</sup>)

작물(점수)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr <sup>b</sup>	As	Hg	Cr <sup>6+</sup>
옥수수(71)	0.18	20.8	13.2	10.2	81.3	25.4	4.5	0.01	0.25
콩(23)	0.21	20.4	15.0	15.1	79.5	29.2	6.0	0.01	0.29
고추(23)	0.13	19.2	13.5	7.5	79.7	29.2	4.5	0.01	0.24
감자(14)	0.11	15.6	8.3	5.6	80.9	18.9	3.1	0.01	0.12
들깨(12)	0.34	16.4	11.9	4.5	75.1	23.9	2.8	0.01	0.55
배추(12)	0.72	25.2	15.1	25.2	92.4	22.0	6.5	0.01	1.10
무(4)	0.15	10.9	8.2	10.2	71.6	14.2	8.3	0.01	0.08
더덕(3)	0.16	21.2	12.0	8.8	102.9	19.8	6.7	0.01	0.62
유채(3)	1.05	54.6	38.5	37.9	79.8	28.0	10.3	0.01	0.52
기타(27)	0.15	20.8	14.7	9.2	81.7	34.5	3.5	0.00	0.60
우려기준 <sup>ㄷ</sup>	4	150	100	200	300	-	25	4	5
대책기준 <sup>ㄷ</sup>	12	450	300	600	900	-	75	12	15

ㄷ 총크롬, ㄹ 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

표 12. 강원도 고랭지 지역 밭토양의 중금속 함량(2017년 56지점)

(단위 : mg kg<sup>-1</sup>)

통계량	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr <sup>b</sup>	As	Hg	Cr <sup>6+</sup>
평균	0.22	25.5	15.4	12.7	91.6	25.3	7.3	0.01	0.8
평균/우려기준(%) <sup>ㄹ</sup>	5.5	17.0	15.4	6.4	30.5	-	29.2	0.3	0.0
중앙값	0.11	22.9	12.9	9.5	87.2	22.9	7.1	0.01	0.2
최대값	1.25	66.8	39.1	70.5	181.2	57.2	13.7	0.03	4.9
최소값	0.00	5.3	0.4	2.8	38.3	5.6	1.6	0.01	0.0
우려기준 <sup>ㄷ</sup>	4	150	100	200	300	-	25	4	5
대책기준 <sup>ㄷ</sup>	12	450	300	600	900	-	75	12	15

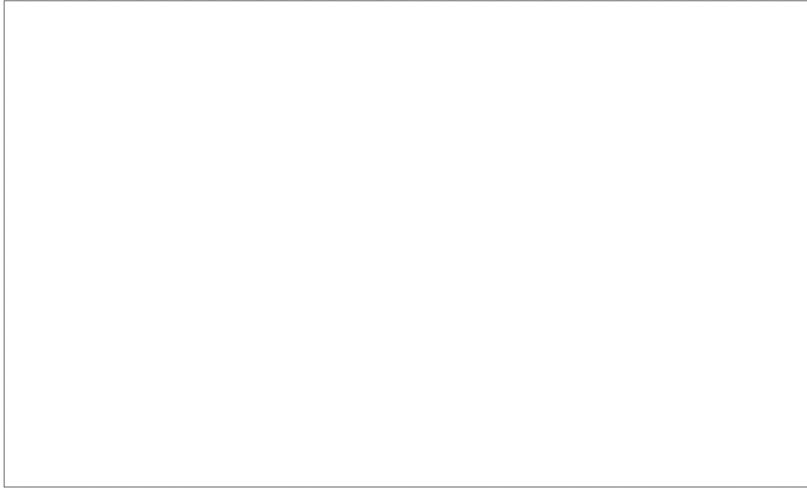
ㄷ 총크롬

ㄹ 토양환경보전법상의 토양오염우려기준에 대한 비율(평균값/우려기준 × 100)

ㄷ 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

(시험 2) 일반농경지 물리성 변동조사

가. 토성 분석



주) S:사토, LS:양질사토, SL:사양토, L:양토, SiL:미사질양토, Si:미사토, SiCL: 미사질식양토, SCL:사질식양토, CL:식양토, SC:사질식토, SiC:미사질식토, C:식토

그림 2. 강원지역 밭토양 토성(USDA) 분포

- 조사대상 토양의 토성은 대부분 사양토였으며, 다음으로 양질사토의 비율이 높았음.

나. 삼상 분석

표 13. 강원지역 밭토양 삼상분석(40 지점)

구분	작토심 (cm)	용적밀도 (Mg m <sup>-3</sup> )	삼 상(%)			모래	미사 (%)	점토	산중식 경도 (mm)	유기물 함량 (g kg <sup>-1</sup> )	
			고상	액상	기상						
'13년 평균	표토	18.5	1.31	49.3	19.4	31.4	64.8	27.1	8.1	12.5	24
	심토		1.49	56.1	23.8	20.1	61.0	29.1	9.9	15.8	13
'17년 평균	표토	16.1	1.20	45.4	20.2	34.4	61.2	27.6	11.2	9.4	30
	심토		1.43	54.1	26.5	19.4	62.1	26.9	11.0	18.2	23
적정 범위	표토	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20~30
	심토	-	<1.40	-	-	-	-	-	-	<20	-

- 밭 토양의 용적밀도는 표토가 평균 1.20Mg m<sup>-3</sup>로서 조사토양의 92.5%가 1.40Mg m<sup>-3</sup> 미만이었고, 심토는 평균 1.49Mg m<sup>-3</sup>로서 62.5%의 조사토양이 개량기준인 1.40Mg m<sup>-3</sup> 이상으로 나타났으나, 용적밀도의 평균은 2013년도 보다 약간 개선된 결과를 보였음. 심토의 경도는 평균 18.2mm로서 57.5%의 토양이 15.1~25.0mm에 분포하였음.

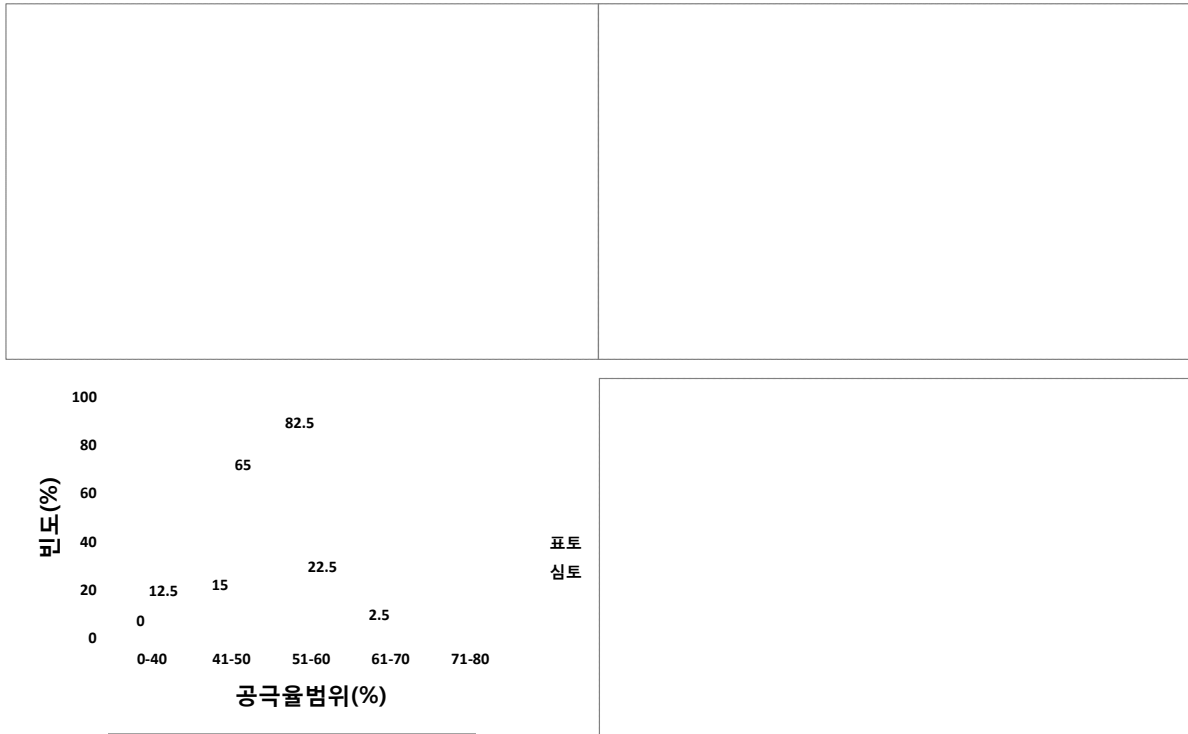


그림 3. 물리적 특성별 분포 비교

- 밭토양의 공극률은 표토가 54.6%로서 82.5%의 토양이 50~60%에 분포하였고, 심토는 45.9%로서 60% 이하에 분포하였음.
- 조사대상 밭 심토의 65%는 기상물이 15% 이상으로 나타났음.

## <제2세부과제 : 강원도 농업용수 수질조사 및 비료사용 실태조사>

### (시험 1) 농업용수 수질조사

#### 가. 농업지대 경유 소하천 수질 현황

표 14. 농업지대 경유 하천수의 수질 현황(2017)

년도	pH	EC (dS/m)	DO	TOC	BOD	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> -N	T-N	T-P	SS	Ca	K	Mg	Na
4월	7.7	0.21	11.1	3.39	1.1	2.4	0.12	3.34	0.04	3.3	19.8	2.15	4.67	11.63
7월	7.5	0.21	9.2	5.08	0.4	2.3	0.21	3.37	0.06	8.9	22.2	4.13	4.92	9.80
10월	7.6	0.21	10.6	3.83	0.5	2.2	0.12	2.80	0.04	1.4	21.6	0.05	4.99	9.88
평균	7.6	0.21	10.3	4.10	0.6	2.3	0.15	3.17	0.04	4.5	21.1	2.78	4.86	10.44

- 농업용 하천수의 4월 평균 수질 현황은 DO 11.1 mg/L, BOD와 COD는 각각 1.1, 2.4 mg/L, TP는 0.04 mg/L이었고, 7월 평균 수질 현황은 DO 9.2 mg/L, BOD와 COD는

각각 0.4, 2.3 mg/L, TP는 0.06 mg/L이었으며, 10월 평균 수질 현황은 DO 10.6 mg/L, BOD와 COD는 각각 0.5, 2.2 mg/L, TP는 0.04 mg/L로 농업용수 수질기준에 적합하였음.

표 15. 농업용 하천수 수질기준 초과율(2017)

(단위 : %)

시 기	pH	DO	BOD	COD <sub>Mn</sub>	T-P	SS
4월	<b>5.9(2)</b>	0	0	0	<b>2.9(1)</b>	0
7월	0	0	0	0	0	0
10월	0	0	0	0	0	0
평균	2.0	0	0	0	1.0	0
기 준	6.0~8.5	2.0 ≤	≤ 8.0	≤ 9.0	≤ 0.3	≤ 100

- DO, BOD, COD, SS는 농업용수 수질기준에 적합하였으나, 4월(갈수기)에 pH의 기준 초과율은 5.9%, T-P는 2.9%이었음.

표 16. 연도별 농업용 하천수의 수질 초과율

(단위 : %)

시 기	pH	DO	BOD	COD <sub>Mn</sub>	T-P	SS
2013	<b>2.9</b>	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>	0.0
2014	<b>2.0</b>	0.0	0.0	0.0	<b>1.0</b>	0.0
2015	<b>3.9</b>	0.0	0.0	0.0	<b>2.9</b>	0.0
2016	<b>3.9</b>	0.0	0.0	0.0	<b>2.9</b>	0.0
2017	<b>2.0</b>	0.0	0.0	0.0	<b>1.0</b>	0.0
기 준	6.0~8.5	2.0 ≤	≤ 8.0	≤ 9.0	≤ 0.3	≤ 100

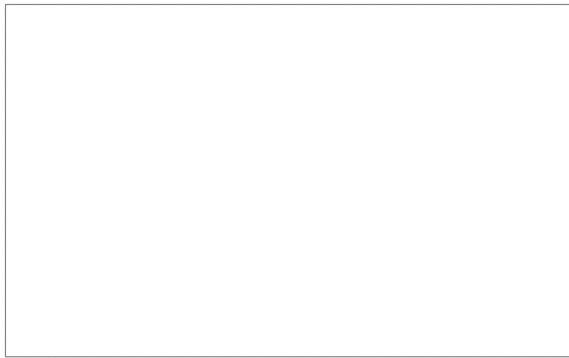
- pH와 T-P가 각각 2.0~3.9, 1.0~2.9% 수질기준을 초과하였음.

표 17. 연차별 하천수 수질 변동 현황

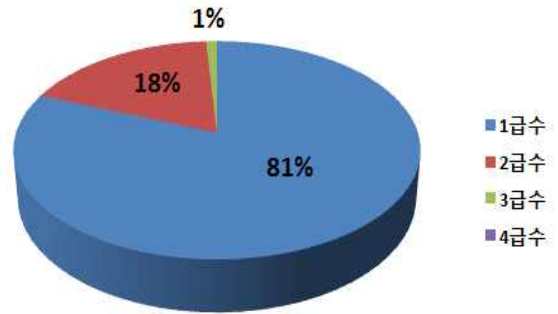
(단위 : mg L<sup>-1</sup>)

연 도	조사점수	pH	DO	BOD	COD <sub>Mn</sub>	T-P	SS
2013	34	7.5	<b>9.0</b>	<b>1.3</b>	1.6	0.06	0.2
2014	34	7.6	<b>9.2</b>	<b>1.3</b>	1.3	0.04	0.0
2015	34	7.7	<b>10.2</b>	<b>1.0</b>	1.7	0.06	0.0
2016	34	7.7	<b>10.1</b>	<b>0.9</b>	2.4	0.04	2.7
2017	34	7.6	<b>10.3</b>	<b>0.6</b>	2.3	0.04	4.5

- 연차별 하천수 수질은 BOD와 DO가 좋아지는 경향이었고, 연차간 큰 변화는 없었음.



[2014년도 농업용 소하천 수질]



[2017년도 농업용 소하천 수질]

그림 4. BOD기준 농업용 소하천 수질 변화

#### 나. 농업용 지하수 수질 현황

표 18. 영농형태별 지하수 수질 현황(2017)

(단위 : mg/L)

영농형태	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	Ca	K	Mg	Na
논	6.4	0.28	5.13	23.60	29.21	5.13	5.30	14.20
밭	6.8	0.31	6.53	10.44	38.17	5.15	7.84	6.80
시설재배	7.0	0.31	5.20	18.08	35.82	4.94	7.95	9.20
평균	6.7	0.30	5.58	17.37	34.40	5.08	7.03	10.07

- 지하수 평균 pH는 6.7, NO<sub>3</sub>-N은 5.58 mg/L, Cl<sup>-</sup>은 17.37 mg/L 이었으며, 영농형태별 NO<sub>3</sub>-N 농도는 밭 > 시설재배 > 논 순이었으나, 수질기준을 초과하지는 않았음.

표 19. 시기별 지하수 수질 현황(2017)

(단위 : mg L<sup>-1</sup>)

영농형태	pH	EC (dS/m)	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	T-N	T-P	Ca	K	
논	4월	6.4	0.28	4.82	23.21	24.93	5.33	0.02	26.06	3.51
	7월	6.4	0.29	5.24	23.98	18.03	5.77	0.02	29.33	6.75
밭	4월	6.8	0.30	5.95	9.77	40.50	8.00	0.01	37.48	3.12
	7월	6.7	0.31	7.10	11.11	41.09	9.15	0.02	38.85	7.18
시설재배	4월	7.0	0.32	5.47	20.24	11.34	8.86	0.02	36.94	2.73
	7월	7.1	0.29	4.94	15.93	12.26	6.45	0.03	34.69	7.16
평균(4월)	6.8	0.31	5.42	18.36	22.03	7.76	0.02	35.11	3.02	
평균(7월)	6.8	0.29	5.55	16.74	20.91	6.95	0.03	34.39	7.06	

영농형태		Mg	Na	Cd	As	Hg	Pb	Al	Fe	Mn
논	4월	5.14	14.14	0.0000	0.01	0.000	0.03	0.20	0.67	0.02
	7월	5.47	14.26	0.0000	0.03	0.000	0.00	0.01	0.19	0.03
밭	4월	7.79	5.94	0.0000	0.01	0.000	0.02	0.14	0.08	0.00
	7월	7.90	7.66	0.0000	0.02	0.000	0.00	0.00	0.10	0.00
시설재배	4월	8.35	9.17	0.0000	0.02	0.000	0.02	0.17	0.13	0.00
	7월	7.55	9.22	0.0003	0.02	0.000	0.00	0.10	0.16	0.00
평균(4월)		7.41	9.61	0.0000	0.01	0.000	0.02	0.17	0.25	0.01
평균(7월)		7.12	10.09	0.0001	0.02	0.000	0.00	0.05	0.15	0.01

- 지하수 4월 평균 수질현황은 pH 6.8, NO<sub>3</sub>-N 5.42mg/L, Cl<sup>-</sup> 18.36mg/L였고, 7월 평균 수질현황은 pH 6.8, NO<sub>3</sub>-N 5.55mg/L, Cl<sup>-</sup> 16.78mg/L이었으며 농업용수 수질기준에 적합하였음.

표 20. 농업용 지하수의 수질 초과율(2017) (단위 : %)

시 기	pH	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	Cd	As	Pb	Hg
4월	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
7월	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
평균	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
기준	6.0-8.5	≤ 20	≤ 250	≤ 0.01	≤ 0.05	≤ 0.1	ND

- 4월에 pH, As 초과 지점이 1지점이 있었고, Hg, NO<sub>3</sub>-N, Cl<sup>-</sup> 등은 농업용수 수질기준에 적합하였음.

표 21. 연차별 지하수 수질변동 현황 (단위 : mg L<sup>-1</sup>)

연 도	조사점수	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>
2013	20	7.0	0.24	5.72	12.74
2014	20	7.0	0.25	4.92	16.43
2015	20	6.8	0.28	5.35	15.83
2016	20	6.8	0.32	6.27	20.49
2017	20	6.7	0.30	5.58	17.37
기 준		6.0~8.5	-	≤ 20	≤ 250

- 농업용 지하수 수질은 연차 간 큰 변화는 없었고, 농업용수 수질기준에 적합하였음.

표 22. 농업용 지하수의 수질 초과율

(단위 : %)

연도	pH	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	Cd	As	Hg
2013	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
기준	6.0~8.5	≤ 20	≤ 250	≤ 0.01	≤ 0.05	ND

- pH와 NO<sub>3</sub>-N가 2.5~5.0%, As 2.5% 수질기준을 초과, 특정 유해물질은 모두 수질기준 이하이거나 불검출이었음.

(시험 2) 비료사용 실태조사

표 23. 작물별 비료사용 실태조사 총괄 결과

작물	조사 농가	비료사용추천 <sup>↓</sup> (kg/10a)				총사용량 <sup>♪</sup> (kg/10a)		
		질소	인산	칼리	계분	질소	인산	칼리
고랭지배추	50	27.9 (32.1)	11.4 (15.4)	9.4 (9.7)	240	68.9	27.9	42.9
양배추	25	31.6 (35.0)	8.9 (12.1)	8.3 (8.6)	194	67.5	36.3	33.0
무	25	33.2 (38.0)	8.3 (12.8)	7.5 (7.9)	275	49.1	33.8	14.7

↓ : 토양검정에 의한 비료사용처방 추천사용량

♪ : 총사용량 = 퇴비 + 유기질비료 + 무기질비료

- 농가별 비료사용실태조사 결과, 고랭지배추, 양배추, 무의 질소 사용량이 토양검정에 의한 비료사용 추천량의 각각 2.1, 1.9, 1.3배, 인산은 1.8, 3.0, 2.8배, 칼리는 4.4, 3.8, 1.9배량으로 과다 시비하고 있었음.

표 24. 농가 유기질비료 구매형태 비교

작물별	조사 농가수	농협		시판상		자가제조	
		농가수	비율	농가수	비율	농가수	비율
고랭지배추	50	30	60	18	36	2	4
양배추	25	10	40	11	44	4	16
무	25	11	44	14	56		

- 유기질비료 구매형태는 고랭지배추는 농협, 양배추, 무는 시판상에서 구매하는 비율이 높았고, 양배추 재배농가에서 자가퇴비를 제조하여 활용하고 있었음.

표 25. 농가 화학비료 구매형태 비교

작물별	조사 농가	농협		시판상		업체직접구입		기타	
		농가	비율	농가	비율	농가	비율	농가	비율
고랭지배추	50	41	82	8	16	1	2		
양배추	25	20	80	1	4			4	16
무	25	19	76	6	24				

- 화학비료 구매형태는 주로 농협에서 구매하고 있었음.

표 26. 작물별 유기질비료 사용량

작물	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
고랭지배추	22	유박	445	17.8	8.9	4.5
양배추	8	유박	232	10.3	4.8	2.6
무	7	유박	338	13.5	6.8	3.4

- 유기질비료는 주로 유박을 사용하고 있었으며, 사용량은 고랭지배추가 445kg/10a로 가장 많았고, 무 338, 양배추 232kg/10a 이었음.

표 27. 작물별 부산물비료 퇴비 사용량

작물	조 사 농가수	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
고랭지배추	27	계분(25)	1,576	25.3	24.2	2.6	2
양배추	20	계분(17)	2,331	31.0	32.1	9.2	3
무	18	계분(17)	1,558	27.0	25.7	2.2	1

- 부산물비료 퇴비는 주로 계분을 주원료로 사용하고 있었으며, 사용량은 고랭지배추가 1,576kg/10a, 무 1,558kg/10a, 양배추 2,331kg/10a이었음. 양배추 농가의 사용량이 많은 것은 화학비료를 사용하지 않는 유기농업 4농가를 포함되었기 때문임.

표 28. 고랭지배추 주산단지별 비료사용 현황

지역	조사 농가	비료사용추천 <sup>ㄱ</sup> (kg/10a)				총사용량 <sup>ㄴ</sup> (kg/10a)		
		질소	인산	칼리	계분	질소	인산	칼리
계	50	27.9 (32.1)	11.4 (15.4)	9.4 (9.7)	240	68.9	27.9	42.9
강릉	13	30.7 (36.6)	17.9 (23.5)	15.0 (20.0)	340	68.0	30.5	39.4
정선	9	32.9 (38.8)	16.1 (21.7)	10.7 (11.2)	340	69.2	31.0	41.0
삼척	9	26.8 (29.6)	10.0 (12.7)	9.0 (11.0)	161	72.5	31.9	43.6
홍천	6	27.6 (32.5)	4.9 (9.6)	4.1 (4.5)	283	75.1	31.5	46.6
태백	13	20.9 (22.7)	7.0 (8.7)	5.5 (5.6)	105	63.6	19.1	44.2

ㄱ : 토양검정에 의한 비료사용처방 추천사용량

ㄴ : 총사용량 = 퇴비 + 유기질비료 + 무기질비료

- 주산단지별 고랭지배추 비료사용실태조사 결과, 질소 사용량은 검정시비량에 비해 1.8~2.8배량 정도로 태백에서, 인산은 1.3~3.3배량으로 홍천, 칼리는 2.0~10.3배량으로 홍천지역에서 가장 많이 사용되었음.

표 29. 고랭지배추 주산단지별 유기질비료 사용량

지역	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
강릉	4/13	유박 혼합유기질	420	16.8	8.4	4.2	
정선	1/9	유박 혼합유기질	200	8.0	4.0	2.0	
삼척	5/9	유박 혼합유기질	338	15.0	7.6	3.8	
태백	13/13	유박 혼합유기질	492	19.7	9.8	4.4	

- 유기질비료의 평균 사용량은 태백이 492kg/10a로 가장 많았고, 강릉 420, 삼척 338, 정선 200kg/10a이었음.

표 30. 고랭지배추 주산단지별 부산물비료 퇴비 사용량

지역	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
강릉	9/13	계분(8)	941	16.3	15.5	1.3	가축분1
정선	8/9	계분(7)	2,060	28.6	27.9	3.2	우분 1 (4,500)
삼척	4/9	계분(4)	1,275	23.1	20.9	3.9	
홍천	6/6	계분(5)	<b>2,083</b>	36.0	34.4	2.9	가축분1

- 부산물비료 퇴비는 주로 계분이 주원료였고, 평균 사용량은 홍천이 2,083kg/10a로 가장 많았고, 정선 2,060, 삼척 1,275, 강릉 941kg/10a이었음.

표 31. 양배추 주산단지별 비료사용 현황

지역	조사 농가	비료사용추천 <sup>ㄱ</sup> (kg/10a)				총사용량 <sup>ㄴ</sup> (kg/10a)		
		질소	인산	칼리	계분	질소	인산	칼리
계	25	31.6 (30.5)	8.9 (12.1)	8.3 (8.6)	194	67.5	36.3	33.0
횡성	4	28.3 (30.5)	3.0 (5.1)	8.1 (8.3)	128	69.8	40.7	37.5
평창	3	27.3 (29.3)	3.0 (4.9)	4.2 (4.4)	113	<b>72.3</b>	<b>39.4</b>	36.3
인제	6	31.2 (35.4)	4.9 (8.9)	13.1 (13.4)	241	66.7	38.5	32.7
정선	3	31.1 (34.5)	15.0 (18.3)	3.0 (3.3)	198	66.4	36.6	<b>34.1</b>
강릉	2	34.9 (40.8)	10.1 (15.7)	4.0 (4.5)	340	64.8	36.3	33.2
삼척	3	34.9 (40.8)	23.6 (29.2)	18.9 (19.4)	340	63.9	37.7	28.3
홍천	4	36.8 (37.9)	3.0 (4.1)	3.0 (3.1)	64	64.8	24.4	27.4

ㄱ : 토양검정에 의한 비료사용처방 추천사용량

ㄴ : 총사용량 = 퇴비 + 유기질비료 + 무기질비료

- 주산단지별 양배추 비료사용실태조사 결과, 질소 시용량은 검정시비량에 비해 1.6~2.5배량으로 평창에서, 인산은 1.3~8.0배량으로 평창, 칼리는 1.6~10.3배량으로 정선지역에서 가장 많이 사용하고 있었음.

표 32. 양배추 주산단지별 유기질비료 사용량

지역	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
횡성	3/4	유박 혼합유기질	139	6.8	2.5	1.7	
평창	2/3	유박 혼합유기질	145	5.8	2.9	1.5	
정선	1/3	유박 혼합유기질	400	16.0	8.0	4.0	
강릉	1/2	유박 혼합유기질	300	12.0	6.0	3.0	
삼척	1/3	유박 혼합유기질	560	22.4	11.2	5.6	

- 유기질비료의 평균 사용량은 삼척이 560kg/10a로 가장 많았고, 정선 400, 강릉 300, 평창 154, 횡성 139kg/10a이었음.

표 33. 양배추 주산단지별 부산물비료 퇴비 사용량

지역	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
횡성	4/4	계분(2)	<b>4,718</b>	<b>40.5</b>	<b>57.4</b>	<b>60.6</b>	<b>우분(2)</b>
평창	2/3	계분(2)	1,300	21.2	25.2	8.6	
인제	6/6	계분(4)	2,680	36.9	36.0	4.1	가축분1, 우분1
정선	2/3	계분(2)	1,900	32.9	31.4	2.7	
강릉	1/2	계분	1,200	20.8	19.8	1.7	
삼척	2/3	계분(2)	930	16.1	15.3	1.3	
홍천	4/4	계분(4)	1,955	33.8	32.2	2.7	

- 부산물비료 퇴비는 주로 계분이 주원료였고, 평균 사용량은 횡성 4,718kg/10a로 가장 많았고, 인제 2,680, 홍천 1,955, 정선 1,900, 강릉 1,200, 삼척 930kg/10a이었고, 횡성이 사용량이 많은 것은 우분퇴비 사용하는 농가와 화학비료를 사용하지 않는 유기농업 농가가 포함되었기 때문임.

표 34. 무 주산단지별 비료사용 현황

지역	조사 농가	비료사용추천 <sup>↓</sup> (kg/10a)				총사용량 <sup>♪</sup> (kg/10a)		
		질소	인산	칼리	계분	질소	인산	칼리
계/평균	25	33.2 (38.0)	8.3 (12.8)	7.5 (7.9)	275	49.1	33.8	14.7
강릉	11	32.6 (37.1)	9.2 (15.1)	8.4 (8.8)	294	49.4	30.1	17.8
정선	3	33.6 (37.5)	4.9 (8.6)	6.1 (6.4)	227	<b>54.1</b>	<b>36.3</b>	<b>16.3</b>
홍천	5	33.6 (38.3)	10.8 (15.3)	8.7 (9.1)	272	51.2	36.6	13.2
춘천	6	33.6 (38.3)	6.5 (10.9)	5.4 (5.8)	269	44.4	36.9	9.4

↓ : 토양검정에 의한 비료사용처방 추천사용량

♪ : 총사용량 = 퇴비 + 유기질비료 + 무기질비료

- 주산단지별 양배추 비료사용실태조사 결과, 질소사용량은 검정시비량에 비해 1.2~1.4 배량, 인산은 2.0~4.2배량, 칼리는 1.5~2.5배량으로 정선지역에서 가장 많이 과다시비하고 있었음.

표 35. 무 주산단지별 유기질비료 사용량

지역	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
강릉	7/11	유박 혼합유기질	360	14.4	7.2	3.6	
춘천	1/6	유박 혼합유기질	180	7.2	3.6	1.8	

- 유기질비료의 평균 사용량은 강릉이 360kg/10a로 가장 높았고, 춘천 180kg/10a이었음.

표 36. 무 주산단지별 부산물비료 퇴비 사용량

지역	조사 농가	비종	사용량 (kg/10a)	양분함량(kg/10a)			기타
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
강릉	4/11	계분(3)	845	14.6	13.9	1.2	가축분 1
정선	3/3	계분(3)	1,400	24.2	23.1	2.0	
홍천	5/5	계분(5)	1,780	30.8	29.4	2.5	
춘천	6/6	계분(6)	1,928	33.4	31.8	2.7	

- 부산물비료 퇴비는 주로 계분이 주원료였고, 평균 사용량은 춘천 1,928 kg/10a로 가장 높았고, 홍천 1,780, 정선 1,400, 강릉 845kg/10a이었음.

### 3. 적 요

#### <제1세부과제 : 강원도 일반농경지 화학성 및 물리성 변동조사>

##### (시험 1) 일반농경지 화학성 변동 조사

- 가. 밭 표토의 화학성은 pH  $6.4 \pm 0.9$ , 유기물  $32 \pm 16.1 \text{g kg}^{-1}$ , 유효인산  $742 \pm 434 \text{mg kg}^{-1}$ , 치환성 K  $1.2 \pm 0.7$ , Ca  $7.6 \pm 3.9$ , Mg  $2.0 \pm 1.2 \text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ 로 검정되었음
- 나. pH, EC, 유기물 평균은 적정범위에 있었으나 유효인산과 치환성 K, 치환성 Ca은 적정범위를 초과하였다. 적정범위 미달은 없었음.
- 다. 유기물 함량, EC 및 치환성 양이온의 평균은 증가하는 경향을 보이고, 평균 pH는 변화가 거의 없었음.
- 라. 조사 초기인 2001년에는 pH가 낮은 농가의 비율이 높았으나, 이후 pH가 높은 농가의 비율이 증가하고 있음. 유기물이 풍부한 농가 비율도 증가하고 있으며, 치환성 양이온 과다 농가 비율이 증가하는 경향을 보였음.
- 마. 강원지역 밭토양 중금속 함량 평균은 우려기준 보다 현저히 낮았으며, 우려기준을 초과하는 지역은 없었음.

##### (시험 2) 일반농경지 물리성 변동조사

- 가. 밭 토양의 용적밀도는 표토가 평균  $1.20 \text{Mg m}^{-3}$ 로서 조사토양의 92.5%가  $1.40 \text{Mg m}^{-3}$  미만이었고, 심토는 평균  $1.49 \text{Mg m}^{-3}$ 로서 62.5%의 조사토양이 개량기준인  $1.40 \text{Mg m}^{-3}$  이상으로 나타났으나, 용적밀도의 평균은 2013년도 보다 약간 개선된 결과를 보였음.
- 나. 심토의 경도는 평균 18.2mm로서 57.5%의 토양이 15.1~25.0mm에 분포하였음.
- 다. 밭토양의 공극률은 표토가 54.6%로서 82.5%의 토양이 50~60%에 분포하였고, 심토는 45.9%로서 60%이하에 분포하였음.

#### <제2세부과제 : 강원도 농업용수 수질조사 및 비료사용 실태조사>

##### (시험 1) 농업용수 수질조사

- 가. DO, BOD, COD, SS는 농업용수 수질기준에 적합하였으나, pH의 기준 초과율은 4월 5.9%, T-P는 4월 2.9%이었음.
- 나. 연차별 하천수 수질은 BOD와 DO가 좋아지는 경향이었고, 연차간 큰 변화는 없었음.
- 다. 지하수 평균 pH는 6.7,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 5.58 mg/L, Cl<sup>-</sup>은 17.37 mg/L 이었으며, 영농형태별  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 밭>시설재배>논 순이었으나, 수질기준을 초과하지 않았음.
- 라. 농업용 지하수 수질은 연차간 큰 변화는 없었고, 농업용수 수질기준에 적합하였음.

##### (시험 2) 비료사용 실태조사

- 가. 고랭지배추, 양배추, 무의 질소 사용량이 토양검정에 의한 비료사용 추천량의 각각 2.1, 1.9, 1.3배, 인산은 1.8, 3.0, 2.8배, 칼리는 4.4, 3.8, 1.9배량으로 과다 시비하고 있었음.
- 나. 유기질비료는 주로 유박을 사용하고 있었으며, 사용량은 고랭지배추가 445kg/10a로 가장 많았고, 무 338, 양배추 232kg/10a 이었음.
- 다. 부산물비료 퇴비는 주로 계분을 주원료로 사용하고 있었으며, 사용량은 고랭지배추가

1,576kg/10a, 무 1,558, 양배추 2,331kg/10a이었음.

#### IV. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제목
2017(1년)	영농활용	강원도 밭토양 토양화학성 변화
		강원지역 고랭지배추 주산단지별 비료사용 현황
	학술발표	강원도 시설재배토양의 물리적 특성
		2017 강원도 밭토양의 중금속 함량

#### V. 기대 및 파급효과

- 농업환경자원정보시스템과 연계 농업환경지도 작성 대국민 서비스
- 농업용수 수질 개선을 위한 정책자료 제공
- OECD 농업환경지표 개발을 위한 기초자료 제공