

어젠다코드	2 - 1 - 1		구분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	E02	작목구분코드	EE-02-EE22
과제종류	기본연구		과제번호	LP0042732020	
과제명	강원도 고랭지 농경지 농업환경자원 변동 평가(3년 1주기 1차 사업)				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	윤병성		농업연구사	환경농업연구과	
연구기간	2020		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 강원도 고랭지 농경지 토양이화학적 변동조사			환경농업연구과	윤병성	'20
2) 강원도 고랭지 농업용수 수질조사 및 경종실태분석			환경농업연구과	이남길	'20
색인용어	토양이화학적, 강원도 고랭지, 농업용수, 수질, 경종실태				

ABSTRACT

Monitoring on soil chemical properties, soil physical status and state of cultivation in arable soils was conducted alpine upland 2020 in order to provide basic information for soil fertility management of Gangwon Province. Monitoring of agricultural irrigation water, surface and ground-water, quality was investigated too. Objective of this study was to provide the fundamental data of environmentally-friendly agriculture policy and to product agricultural safe products.

Soil Chemical Properties

Upland soil(alpine region) samples were taken from 100 sites in 2020. Chemical properties were pH 6.8, organic matter 31 g/kg, available phosphate 821 mg/kg and exchangeable K, Ca, Mg were 1.2, 8.4, 1.8 cmol_c/kg, respectively. The content of pH, organic matter and exchangeable Mg were within the optimal range. The content of EC was lower than the optimal range. Available phosphate content and exchangeable K and Ca were over the optimal range.

Heavy metal content investigated much lower than soil contamination criteria. 4 out of 100 surveyed sites exceeded the heavy metal concern standard. However, no outliers were found for the crop.

Soil physical Properties

Upland soils(alpine region) samples were taken from 20 sites in 2020 were following as; Bulk densities of surface soil and subsoil were 1.20 and 1.43 Mg/m³. Yamanaka hardness of subsoil was 18.0 mm. In addition, the average of surface soil depth was 26.0 cm.

Agricultural Water Quality

Surface water quality was estimated at 14 sites in 2020. The average concentration of DO, BOD,

COD_{Mn}, SS were 11.3, 0.9, 1.8, 3.7 mg/L, respectively. and pH was 7.9. All the factors were within the criteria.

Several areas exceeded the agricultural water criteria. pH was 8.8, 8.6, 8.7, 8.7, 9.0, 8.5, 8.9, 8.6% in Samcheok, Taebaek, Pyeongchang. and All of the other factors were within the criteria.

Ground water quality was estimated at 6 sites in 2020. The average concentration of Cl⁻, NO₃-N were 12.8, 6.8 mg/L, respectively. pH was 7.4 and EC was 0.3 dS/m. Especially, the concentration of NO₃-N, critical factor of ground water quality was much lower than the agricultural water quality criteria. All the factors were within the criteria.

State of Cultivation

100 locations in highland areas in 6 cities, including Gangneung and Taebaek, were investigated. The survey contents were cultivated crops, mulching, and irrigation by altitude and region.

1 연구목표

강원도 고랭지 농경지는 지형적 특성상 타 지역에 비하여 토양 유실이 크게 나타나고 있으며, 객토로 인한 토양 유실이 가져오는 환경적 피해를 감안 할 때 작물의 생산성 및 환경적인 측면 모두를 고려할 필요가 있다. 기후 변화에 따라 고랭지 작물의 생리장해가 증가하고 재배 안전성이 낮아지므로 고랭지 작물의 안전 생산 기술 개발을 위하여 농업 경작 형태에 따른 농경지내 환경 조건별 토양 화학성 및 물리성, 농업용수 수질변화, 경종실태 및 투입 농자재 조사등에 대한 지속적인 자료 축적이 요구 된다. 이를 위한 연구로는 2013년 흙토람에 업로드 된 전국 발토양 1,006,227 지점의 화학성을 분석하여 보고한 결과(Kong et al., 2015)가 있고, Park et al. (2016)의 경북지역 시설재배지, 밭, 과수원 토양의 비옥도를 4년 주기로 12년간 조사 한 결과 발토양의 평균 pH와 치환성 칼륨은 유의하게 증가하는 경향을 나타냈고 유기물과 유효인산 함량 등은 큰 변동없이 유지되었다는 보고가 있다. Roh et al. (2018)은 경기도 발토양 190 지점을 대상으로 조사한 결과 장기적인 변화에서는 pH, 유기물, 교환성 칼슘 함량 등은 증가하는 경향을 나타냈으며, 유효인산 함량은 감소하는 경향을 나타냈다고 하였다. 한편, 2017년 강원도 발토양 화학성 분석 결과로는 강원도 발토양의 평균 화학성은 pH 6.4, 유기물 32 g/kg, 유효인산 742 mg/kg이었고, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.2, 7.6, 2.0 cmol./kg 이었다는 보고가 있다(Yoon et al., 2020). 농업용 하천수 수질변동평가 조사 결과로는 2007~2016년 COD_{Mn}은 평균 1.9mg/L, 중위값 1.7mg/L, EC는 평균 0.17dS/m, 중위값 0.15dS/m, T-N은 평균 2.83mg/L, 중위값 2.50mg/L, T-P는 평균 0.05mg/L, 중위값 0.02mg/L이라는 결과가 있다(Lee et al., 2019).

따라서 본 연구는 강원도 고랭지 발토양 이화학성분을 파악하여 과학적인 토양개량과 합리적인 시비대책 수립, 친환경농업 기반 구축, 토양과 농업용수 수질오염 경감, 농산물의 안전성을 지키기 위하여 토양의 화학성, 물리성, 농업용수 수질, 경종실태를 조사한 결과를 검토하였다.

2 재료 및 방법

〈제1세부과제: 강원도 고랭지 농경지 토양이화학성 변동조사〉

(시험 1) 토양화학성 조사

가. 시료 채취

강원도 고랭지 농경지 토양의 화학성과 중금속 함량을 파악하기 위하여 밭토양 100지점을 9개로 크게 나누어 표토(0~20cm)를 채취·분석하였다(표 1).

나. 토양 분석

토양 화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 (NAAS, 2010a)에 따라 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5 (w/w)로 희석하여 진탕한 후 pH meter (Orion 3 Star, Thermo Scientific)로 측정하였고, 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1.0 N NH₄OAc (pH 7.0)로 침출하여 ICP (Integra Dual, GBC)로 분석하였다. 유효규산은 1.0 M NaOAc (pH 4.0)로 침출하여 분광광도계 (Uvikon X5, Secoman)를 이용하여 정량하였다. 조사된 논토양 화학성 평균의 연차간 변화를 분석하였고, 2013년 제2차 농업환경자원 변동평가 워크숍 (RDA, 2013)에서 제안한 토지이용별 토양화학성 적정범위 변경안에 따라 논토양 화학성 적정범위를 기준으로 부족, 적정, 과다비율을 구하여 연차별 변화를 비교하였다. 중금속 분석은 토양오염공정시험기준 (ME, 2009)에 따라 중금속 6종 As, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Cu는 ICP (Integra Dual, GBC), Hg는 수은분석기 (DMA-80, Milestone)로 측정하였다.

표 1. 강원도 고랭지 밭토양 화학성 조사지점수

지역	강릉1	강릉2 (암반대기)	태백1	태백2 (바람의언덕)	삼척	평창	정선1	정선2 (방제리)	홍천
지점수	10	10	11	7	15	12	7	10	18
평균고도 (m)	685	1,114	792	1,169	677	758	613	867	658

(시험 2) 토양 물리성 조사

가. 시료 채취 방법

강원도 고랭지 농경지 토양의 물리성은 밭토양 20점을 채취·분석하였다(표 2).

표 2. 강원도 토양 물리성 조사지점수

연도	지목	강릉	태백	삼척	평창	정선	홍천	합계
지점수	밭	5	2	2	5	1	5	20

나. 토양 분석 방법

토양 물리성 조사항목은 토성, 용적밀도, 삼상, 경도 등이다. 토성은 미농무성 비중계법으로 분석하였으며, 2 inch core를 이용하여 5반복으로 시료를 채취한 후 용적밀도와 삼상을 분석하였다(농업과학기술원, 2000). 경도는 Yamanaka 경도계를 이용하여 표토와 심토의 경도를 10반복으로 측정하였다. 또한 토양단면의 A층 깊이인 표토심을 측정하였다.

〈제2세부과제: 강원도 고랭지 농업용수 수질조사 및 경중실태분석〉

(시험 1) 농업용수 수질조사

가. 시료 채취

농업용 하천수의 수질조사는 농업지대를 경유하는 하천 14지점을 대상으로 4월, 7월, 10월로 연 3회씩 실시하였다. pH, EC, DO 등은 현장에서 측정한 후, 폴리에틸렌 용기에 채취하여 ICE BOX에 넣어 운반하여 4℃ 냉장고에 보관하면서 분석을 실시하였다. 지하수 수질시료는 지역별로 각 1지점으로 총 6지점을 선정하여 지하수 양수관 내에 잔류하고 있는 지하수를 완전히 배제하고 시료를 채수하였다. 현장에서 pH, EC를 측정하고 실험실로 운반 후 분석을 실시하였다.

나. 농업용수 분석

하천수 및 지하수 시료는 수질오염공정시험법(환경부, 2005), Standard Method(APAH, 1992), 농업용수 수질분석 이론 및 실무(농촌진흥청, 2006)에 준하여 분석하였다. BOD와 DO는 DO meter 법에 준하여 분석하였고, COD는 산화제로 과망간산칼륨을 이용하여 분석하였다. NH₄-N은 Indophenol 법, T-N과 T-P는 자동분석기를 이용한 비색법, SS는 중량법, 양이온류는 6번 여지로 여과한 후, ICP-AES(Inductively Plasma-Atomic Emission Spectrometry)를 이용하여 분석하였다. 중금속 분석은 전처리 시약으로 질산(HNO₃)을 이용하여 전처리 후 ICP-AES를 이용하여 분석하였다.

(시험 2) 경중실태 분석

강원도 내 고랭지 밭을 기준으로 고도, 작토심, 재배작목, 멀칭유무, 이랑, 관수, 작부체계, 재식거리 등을 현장 조사하였다.

3 결과 및 고찰

〈제1세부과제: 강원도 고랭지 농경지 토양이화학성 변동조사〉

(시험 1) 토양이화학성 조사

가. 고랭지 밭토양의 화학성

강원도 고랭지 밭토양의 토양이화학성을 파악하기 위하여 2020년 조사한 토양이화학성 평균 함량은 표 3과 같다. 2017년 조사한 강원도 밭토양의 평균 화학성은 pH 6.4, 유기물 32 g/kg, 유효인산 742 mg/kg

이었고, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.2, 7.6, 2.0 cmol_c/kg 이었는데 2020년 강원도 고랭지 밭토양의 평균 화학성은 pH 6.8, 유기물 31 g/kg, 유효인산 821 mg/kg이었고, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.2, 8.4, 1.8 cmol_c/kg 이었다. pH, EC, 평균은 적정범위에 있었으나, 2017년도 조사한 강원도 170 지점 평균 보다는 높았다. 유효인산과 치환성 K, 치환성 Ca은 적정범위를 초과 하였다. 적정범위 미달은 없었다.

표 3. 강원도 고랭지 밭토양의 일반 화학성분 함량

구분	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol _c /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)	석회요구도 (kg/10a)	
					K	Ca	Mg	Na			
평균	6.8	0.78	31	821	1.2	8.4	1.8	0.1	16.4	94	
2020	최대	8.3	3.15	100	1,923	4.8	22.1	6.7	1.1	108.5	398
	최소	4.7	0.08	1	2	0.1	3.0	0.6	0.1	0.7	0
	중앙	6.9	0.61	29	824	1.1	7.7	1.6	0.1	6.8	
2017* 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				

* 농업환경변동조사 강원도 18개 시군 조사결과

강원도 고랭지 밭토양의 고도별 및 지역별 일반화학성분 함량은 표 4,5에 나타난 바와 같다, pH, 유기물함량, 치환성 양이온 함량은 고도별로 유의차가 있었으나, EC와 유효인산은 고도별 유의차가 없었다. 강원도 고랭지 밭토양의 일반화학성분은 지역에 따라 상당한 편차가 있었다.

표 4. 강원도 고랭지 밭토양의 고도별 일반 화학성분 함량

구분 (m 지점수)	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol _c /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)	석회요구도 (kg/10a)
					K	Ca	Mg	Na		
~699 (43)	6.5b	0.76a	30b	927a	1.1b	6.9c	1.6b	0.1	19.4	136
700~799 (21)	7.0ab	0.55a	21b	600a	0.9b	7.3c	1.6b	0.1	8.8	70
800~899 (15)	7.4a	0.93a	35ab	948a	1.6ab	11.5ab	2.4ab	0.2	13.9	65
900~999 (4)	7.4a	1.01a	51a	834a	2.1a	14.3a	2.7a	0.2	6.8	0
1,000~ (17)	6.8ab	0.94a	37ab	709a	1.6ab	9.2bc	2.1ab	0.1	19.0	109
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0			

표 5. 강원도 고랭지 발토양의 지역별 화학성분 함량

구분 (지역 지점수)	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol _c /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
강릉 1	6.7bc	0.34c	13e	514b	0.4d	5.1c	1.0e	0.07b	6.5a
강릉 2	6.6cd	0.99b	27cde	708ab	1.5b	6.6c	1.7cde	0.10ab	21.3a
태백 1	7.5a	0.66bc	26cde	745ab	0.9c	10.0b	2.1bcd	0.08b	7.0a
태백 2	7.2ab	0.87b	51ab	711ab	1.6b	13.0a	2.6b	0.08b	15.7a
삼척	6.8bc	0.75bc	29cd	855ab	1.4bc	7.9bc	1.6cde	0.10ab	16.4a
평창	6.6bcd	0.31c	14de	668b	0.4d	6.2c	1.1e	0.15ab	8.7a
정선 1	6.9bc	0.73bc	28cde	835ab	1.0bc	9.5b	2.4bc	0.23a	18.9a
정선 2	7.6a	1.49a	55a	1,109a	2.7a	15.4a	3.4a	0.20ab	23.6a
홍천	6.1d	0.94b	38bc	1,051ab	1.2bc	5.9c	1.5de	0.13ab	25.6a
발작물적정범위	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0		

표 6. 강원도 고랭지 발토양의 작물별 일반 화학성분 함량

구분 (작물 지점수)	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol _c /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
배추(33)	7.0a	0.88ab	35bc	821b	1.4abc	8.9abc	1.9ab	0.13	18.1
	6.0~6.5	2.0이하	25~35	350~450	0.65~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0		50~200
양배추(14)	7.1a	1.14a	39b	912b	2.1a	11.8a	2.6a	0.16	204
	6.0~6.5	2.0이하	25~35	350~450	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0		50~200
무(13)	7.0a	0.59ab	25bc	758b	0.8bcd	7.5abc	1.6ab	0.10	12.6
	6.0~6.5	2.0이하	20~30	350~450	0.60~0.70	5.0~6.0	1.5~2.0		50~150
감자(11)	6.3b	0.64ab	20bc	669b	0.7cd	5.7bc	1.1ab	0.11	12.0
	5.5~6.2	2.0이하	20~30	250~350	0.50~0.60	4.5~5.5	1.5~2.0		-
고추(6)	6.3b	0.57ab	24bc	759b	1.1bcd	5.8bc	1.5ab	0.08	13.0
	6.0~6.5	2.0이하	25~35	450~550	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0		70~200
당근(5)	6.6ab	0.39b	13c	567b	0.4d	4.5c	0.9b	0.1	14.1
	6.0~6.5	2.0이하	20~30	250~350	0.55~0.65	5.0~6.0	1.5~2.0		-
오이(4)	6.0b	0.66ab	59a	1,320a	1.6ab	7.1bc	1.6ab	0.12	15.3
	6.0~6.5	2.0이하	20~30	400~500	0.70~0.80	5.0~6.0	1.5~2.0		-
옥수수(4)	6.3b	0.72ab	30bc	601b	1.1bcd	8.3abc	1.7ab	0.09	27.8
	6.0~6.5	2.0이하	20~30	150~250	0.45~0.55	5.0~6.0	1.5~2.0		-
기타*(11)	7.1a	0.74ab	27bc	924b	1.1bcd	9.4ab	2.2ab	0.19	13.7
발작물적정범위	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0		

* 당귀, 로메인, 브로콜리, 썩, 양상추, 콩, 화이트머스터드, 일시적 휴경

강원도 고랭지 밭토양의 작물별, 지형별 및 토성별 일반화학성분 함량은 표 6,7,8에 나타낸 바와 같다. 작물별로 토양 화학성분의 유의차 있었다. pH와 유효인산은 지형별 차이가 없었으나, EC, 유기물, 치환성 양이온은 유의성이 있었다. pH와 유효인산은 토성별 차이가 없었으나, EC, 유기물, 치환성 양이온은 사양질과 식양질 사이에 유의성이 있었다.

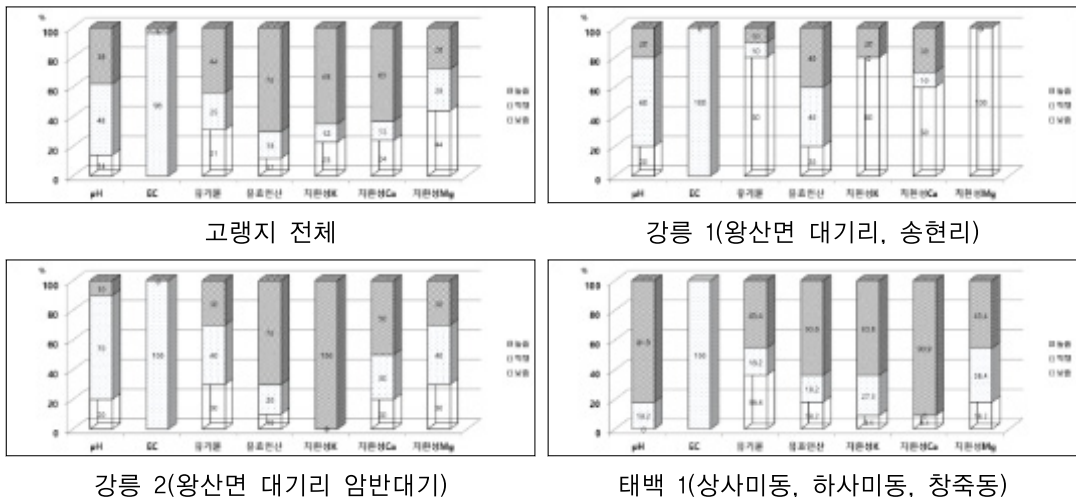
표 7. 강원도 고랭지 밭토양의 지형별 일반 화학성분 함량

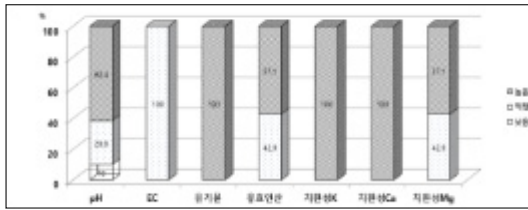
구분 (지형 지점수)	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol _c /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)	석회요구도 (kg/10a)
					K	Ca	Mg	Na		
고원지(18)	6.6a	0.53b	23b	760a	0.66b	6.3bc	1.2b	0.15	10.2	88
곡간지/선상지(20)	6.7a	0.68ab	29ab	930a	1.09b	7.5bc	1.7ab	0.14	18.1	139
산록경사지(20)	6.7a	0.70ab	30ab	784a	1.02b	8.2b	1.9ab	0.10	14.9	133
산악지(32)	7.1a	1.08a	40a	841a	1.89a	11.1a	2.4a	0.12	19.8	58
하성평탄지(10)	6.8a	0.68ab	19b	720a	0.77b	5.4c	1.4b	0.11	17.0	53
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0			

표 8. 강원도 고랭지 밭토양의 토성별 일반 화학성분 함량

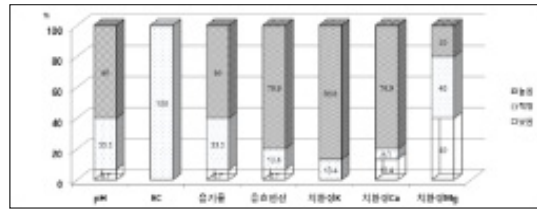
구분 (토성 지점수)	산도 (pH)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol _c /kg)				NO ₃ -N (mg/kg)	석회요구도 (kg/10a)
					K	Ca	Mg	Na		
사양질(34)	6.5a	0.47b	18b	744ab	0.61c	5.4b	1.1b	0.11	14.1	98
식양질(51)	7.0a	1.01a	40a	877ab	1.63a	10.6a	2.3a	0.15	19.2	91
식질(11)	6.9a	0.71ab	31ab	915a	1.29ab	8.4ab	1.7ab	0.09	12.4	96
기타(4)	7.0a	0.70ab	21ab	499b	0.94bc	5.3ab	1.7ab	0.13	12	100
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	20~30	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.0			

그림 1과 2는 강원도 고랭지 밭토양 100지점의 지역 및 작물별 토양화학성분 적정수준 대비 분포비율의 과부족을 살펴 본 결과로 지역별 작목별로 과부족 농가의 비율의 편차가 컸다.

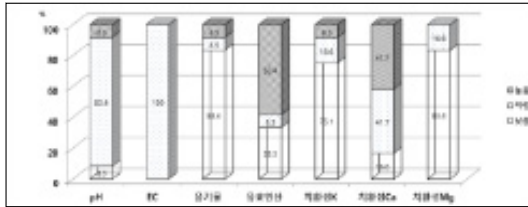




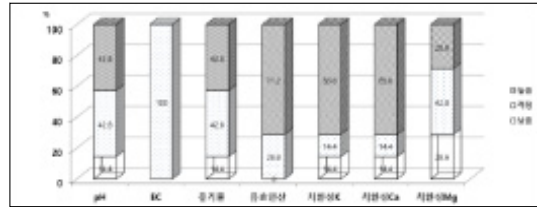
태백 2(창죽동 바람의 언덕)



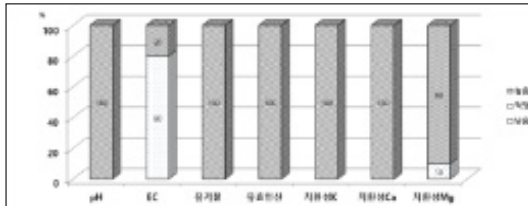
삼척(하장면)



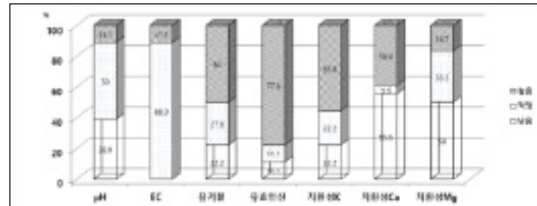
평창(대관령면, 진부면)



정선 1(임계면, 신동읍)

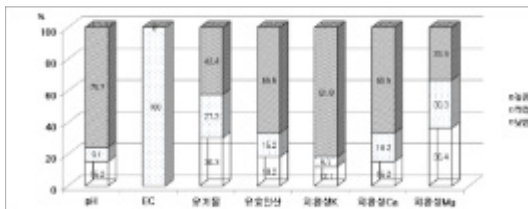


정선 2(신동읍 방재리)

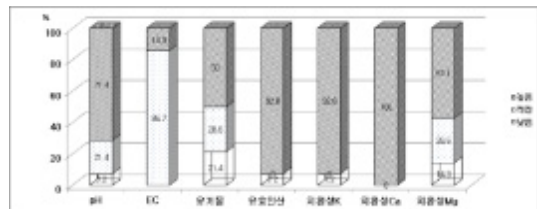


홍천(내면)

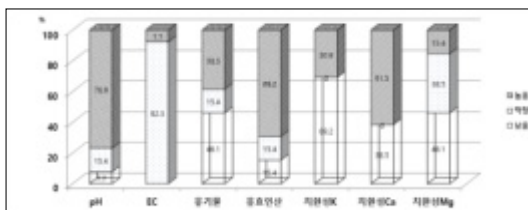
그림 1. 강원도 고랭지 밭토양의 화학성분 적정수준에 따른 과부족율



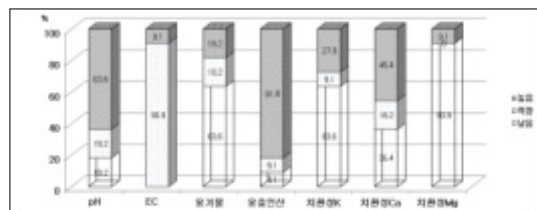
배추



양배추



무



감자

그림 2. 강원도 고랭지 밭작물의 화학성분 적정수준에 따른 과부족율

2017년 강원도 밭토양의 적정비율은 pH 36%, 유기물 함량 27%, 유효인산 18%, 치환성칼륨 23%, 칼슘 18%, 마그네슘 22% 이었고(Yoon et al., 2020), 제주도를 제외한 전국 1,630 지점의 적정비율은

pH 21%, 유기물 함량 31%, 유효인산 18%, 교환성 칼륨 9%, 칼슘 13%, 마그네슘 21%인데(Chae et al., 2018), 2020년 조사된 강원도 고랭지 밭토양의 적정비율은 pH 48%, 유기물 함량 25%, 유효인산 18%, 치환성칼륨 12%, 칼슘 13%, 마그네슘 28% 이었다. 그러나 그림 1에서 보는 바와 같이 지역간 편차가 크므로 같은 고랭지라도 토양검정을 실시하여 필요한 양만큼의 비료 시용이 필요하다.

강원도 고랭지 밭토양 중금속 평균 함량은 표 9와 같다. 100 지점 중 우려기준을 초과한 지점은 남 1지점(태백), 비소 4지점(태백 3, 삼척 1)이었으며, 비소 우려지점에 대하여 그 밖의 중금속 함량을 조사한 결과 다른 중금속 함량도 높은 편이었다(표 10). 그러나 식물체를 채취하여 조사한 결과 특이한 점은 없었으며, 중금속 우려기준에 대한 평균은 그림 3에서 보는 바와 같이 낮았다.

표 9. 강원도 고랭지 밭토양의 중금속 함량

통계	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
	(mg/kg)							
평균(100지점)	0.30	27.5	17.2	19.4	98	9.0	0.041	29.6
평균/우려기준(%)*	15	18.3	17.2	9.7	32.7	36.0	1.0	
중앙값	0.19	27.4	20.1	14.2	93	7.4	0.040	33.9
최대	3.7	84.5	34.0	230	244	43.5	0.094	64.1
최소	nd	2.5	1.6	1.5	54	nd	0.006	2.4
우려기준**	4	150	100	200	300	25	4	-
대책기준**	12	450	300	600	900	75	12	-

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

** 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

표 10. 비소 우려지점 그 밖의 중금속 함량

주소명	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
	(mg/kg)							
정선군 oo	3.71	68.3	35.1	167.7	235.8	34.8	0.068	43.1
태백시 oo	1.82	41.2	25.0	230.3	136.4	43.5	0.053	25.5
태백시 oo	1.91	53.3	22.4	13.8	101.6	28.3	0.074	39.5
삼척시 oo	0.96	64.1	29.7	46.8	126.9	30.3	0.058	33.8
평균(100지점)	0.30	27.5	17.2	19.4	98.2	9.0	0.041	29.6
우려기준**	4	150	100	200	300	25	4	-

** 토양환경보전법상의 토양오염 우려 및 대책기준(환경부, 2010)

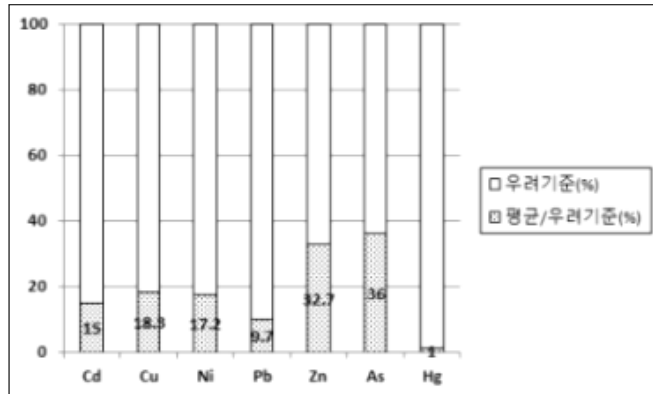


그림 3. 강원도 고랭지 밭토양의 중금속 우려기준에 대한 평균

(시험 2) 토양 물리성 조사

2020년 20지점 조사된 강원도 고랭지 밭토양의 물리성 조사 결과를 표 11, 12, 13 및 그림 4에 나타냈다. 고랭지 밭토양의 용적밀도는 표토가 평균 1.34Mg/m로서 조사토양의 70%가 1.40 Mg/m 미만 이었고, 심토는 평균 1.54Mg/m 로서 95%의 조사토양이 개량기준인 1.40 Mg/m 이상으로 나타났다. 심토의 경도는 평균 18mm로서 60%의 토양이 16~20mm에 분포하였다. 이번에 조사된 고랭지 밭토 양이 2017년도에 조사한 밭토양보다 작토심은 깊었으나 용적밀도는 높았다. 용적밀도는 적정범위가 토성에 따라 다르므로 토성 조사가 필요하다.

표 11 강원도 고랭지 밭토양 물리적 특성

구분	작토심 (cm)	용적밀도 (Mg/m³)	삼 상(%)			모래 (%)	미사 (%)	점토 (%)	산중식경도 (mm)	유기물함량 (g/kg)
			고상	액상	기상					
'17년* (40지점)	표토	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
'20년 (20지점)	표토	1.34	50.0	17.5	32.5	72.0	22.0	6.0	12.0	19
	심토	1.54	58.1	24.5	17.4	71.5	22.3	6.2	18.0	-
적정 범위	표토	1.30	-	-	-	-	-	-	-	20~30
	심토	**	-	-	***	-	-	-	<20	-

* 강원도 밭토양 40지점 평균, **사양토<1.55, 양토 <1.50, 식양토< 1.40

*** 기상율 15% 이상에서 뿌리의 원활한 호흡, 10% 미만에서 산소 부족

표 12. 강원도 고랭지 밭토양 지점별 물리적 특성

구분	작토심 (cm)	용적밀도 (Mg/m³)	삼 상(%)			산중식 경도 (mm)	유기물 함량 (g/kg)
			고상	액상	기상		
지점1	표토	1.00	37.7	22.1	40.2	5	50
	심토	1.31	49.5	25.2	25.3	15	-

구 분	작토심 (cm)	용적밀도 (Mg/m ³)	삼 상(%)			산중식 경도 (mm)	유기물 함량 (g/kg)	
			고상	액상	기상			
지점2	표토	26	1.27	48.1	11.8	40.1	5	20
	심토		1.58	59.5	18.7	21.8	17	-
지점3	표토	25	1.35	50.9	12.1	37.0	8	22
	심토		1.45	54.6	17.4	28.0	18	-
지점4	표토	29	1.43	53.9	11.9	34.2	15	5
	심토		1.60	60.5	18.4	21.1	19	-
지점5	표토	30	1.31	49.6	13.4	37.0	9	34
	심토		1.56	58.8	13.6	27.6	20	-
지점6	표토	23	1.23	46.3	11.0	42.7	0	9
	심토		1.47	55.5	16.3	28.2	14	-
지점7	표토	31	1.32	49.8	9.6	40.6	7	1
	심토		1.60	60.2	24.7	15.1	20	-
지점8	표토	28	1.18	44.7	10.5	44.8	5	16
	심토		1.44	54.4	18.0	27.6	12	-
지점9	표토	35	1.35	51.0	11.6	37.4	5	15
	심토		1.81	68.3	18.8	12.9	24	-
지점10	표토	20	1.09	41.2	14.0	44.8	18	22
	심토		1.53	57.8	22.9	19.3	20	-
지점11	표토	22	1.33	50.3	21.8	27.9	8	5
	심토		1.53	57.9	24.9	17.2	18	-
지점12	표토	25	1.45	54.8	26.4	18.8	24	26
	심토		1.47	55.4	30.5	14.1	20	-
지점13	표토	27	1.39	52.6	17.3	30.1	18	10
	심토		1.62	61.0	30.2	8.8	20	-
지점14	표토	25	1.41	53.1	21.0	25.9	18	13
	심토		1.53	57.6	30.9	11.5	18	-
지점15	표토	27	1.44	54.5	14.3	31.2	8	9
	심토		1.57	59.1	29.2	11.7	13	-
지점16	표토	22	1.37	51.7	14.9	33.4	13	14
	심토		1.77	66.8	25.7	7.5	21	-
지점17	표토	30	1.60	60.3	21.1	18.6	21	4
	심토		1.54	58.0	22.4	19.6	17	-
지점18	표토	21	1.33	50.1	24.9	25.0	20	30
	심토		1.52	57.4	27.4	15.2	21	-
지점19	표토	25	1.10	41.5	22.8	35.7	10	39
	심토		1.40	53.0	37.9	9.1	14	-
지점20	표토	25	1.57	59.1	37.6	3.3	18	29
	심토		1.51	57.0	36.5	6.5	19	-
'20평균	표토	26	1.33	50.0	17.5	32.5	12	19
	심토		1.54	58.1	24.5	17.4	18	-

표 13. 강원도 고랭지 밭토양의 토성분포

구분	입도분석 결과 (%)			토성	
	모 래	미 사	점 토		
지점1	표토	65.8	29.1	5.1	사양토
	심토	64.9	29.6	5.5	사양토
지점2	표토	80.2	15.2	4.6	양질사토
	심토	79.0	16.1	4.9	양질사토
지점3	표토	82.1	14.5	3.4	사토
	심토	78.9	16.5	4.6	양질사토
지점4	표토	79.1	16.7	4.2	양질사토
	심토	78.2	16.3	5.5	양질사토
지점5	표토	82.4	13.8	3.8	사토
	심토	85.8	10.2	4.0	사토
지점6	표토	72.6	20.1	7.3	사양토
	심토	73.4	20.4	6.2	사양토
지점7	표토	88.1	8.7	3.2	사토
	심토	75.1	19.9	5.1	양질사토
지점8	표토	84.2	13.0	2.8	사토
	심토	81.5	15.5	3.0	양질사토
지점9	표토	85.4	12.2	2.4	사토
	심토	81.1	14.6	4.3	양질사토
지점10	표토	74.7	19.5	5.8	사양토
	심토	75.8	17.1	7.1	사양토
지점11	표토	79.4	17.0	3.6	양질사토
	심토	80.7	15.8	3.5	양질사토
지점12	표토	50.9	39.5	9.6	양토
	심토	50.4	39.6	10.0	양토
지점13	표토	74.7	20.0	5.3	사양토
	심토	76.2	19.2	4.6	양질사토
지점14	표토	65.0	27.2	7.8	사양토
	심토	66.0	27.1	6.8	사양토
지점15	표토	83.6	13.3	3.1	양질사토
	심토	82.9	15.5	1.6	사토
지점16	표토	75.1	18.5	6.3	사토
	심토	75.0	18.5	6.5	양질사토
지점17	표토	79.1	16.3	4.6	사양토
	심토	81.5	13.8	4.7	사양토
지점18	표토	55.7	33.7	10.6	사양토
	심토	60.2	30.5	9.2	사양토
지점19	표토	37.9	48.5	13.6	양토
	심토	37.6	47.0	15.4	양토
지점20	표토	45.1	42.8	12.2	양토
	심토	45.1	42.6	12.3	양토
'20평균	표토	72.0	22.0	6.0	
	심토	71.5	22.3	6.2	

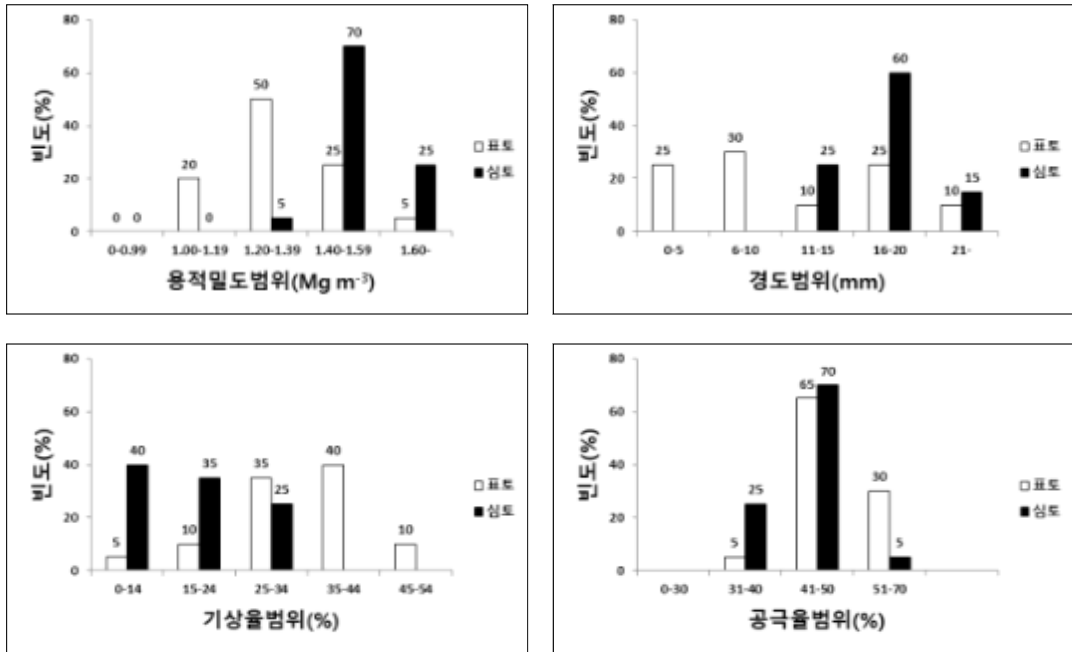


그림 6. 강원도 고랭지 발토양 물리적 특성별 분포 비율(단위: %)

〈제2세부과제: 강원도 고랭지 농업용수 수질조사 및 경종실태 분석〉

(시험 1) 농업용수 수질조사

가. 하천수

표 14. 하천수 수질 현황(법적기준 7항목 및 기타 7항목)

(단위: mg/L)

시기	pH	DO	BOD	TOC	COD _{Mn}	T-P	SS	EC (dS/m)	NH ₄ -N	T-N	Ca	K	Mg	Na
4월	7.9	12.1	1.3	1.5	1.1	0.0	4.2	0.1	0.0	2.4	20.4	2.8	2.6	7.8
7월	7.9	9.6	0.5	1.58	2.5	0.0	4.6	0.2	0.0	4.0	23.8	3.4	3.4	6.4
10월	8.0	12.3	0.9	1.23	1.9	0.0	2.5	0.2	0.0	3.8	28.6	2.3	4.4	6.7
평균	7.9	11.3	0.9	1.44	1.8	0.0	3.7	11.3	0.0	3.4	24.1	2.9	3.5	7.0
기준	6.0~8.5	2.0 ≤	≤8.0	≤6	≤9.0	≤0.3	≤100	-	-	-	-	-	-	-

※ 농업용 하천수 평균 법적기준 7항목 모두 기준에 적합하며 Ia등급 수준

2020년 4월, 7월, 10월 시기별로 고랭지지역의 하천수 14지점을 조사하였다. 고랭지지역 농업용수 평균 수질은 pH 7.9, DO 11.3, BOD 0.9, TOC 1.44, T-P 0.0, SS 3.7mg/L로 농업용수 수질기준에 적합하였다.

표 15. 지역·시기별 하천수의 수질 세부현황

(단위: mg/L)

지역	대상하천	시기	pH	DO	BOD	TOC	COD _{Mn}	T-P	SS
강릉	송천	4월	7.5	12.5	1.0	2.14	1.4	0.02	3.7
		7월	7.3	9.5	0.5	1.96	2.7	0.08	16.4
		10월	7.8	12.0	0.6	1.58	2.2	0.06	4.9
	대기천	4월	7.5	10.0	0.4	1.34	0.9	0.02	8.6
		7월	7.3	9.3	0.4	1.81	2.5	0.03	5.2
		10월	7.6	11.2	0.5	1.36	2.0	0.02	10.0
	송현천	4월	7.3	9.9	0.2	1.65	1.6	0.03	7.4
		7월	7.2	8.1	0.2	2.51	3.6	0.03	4.0
		10월	7.5	10.1	0.3	1.60	2.4	0.03	4.6
삼척	골지천	4월	8.2	12.0	2.0	1.55	1.0	0.01	3.4
		7월	8.8	9.1	1.4	1.47	2.3	0.00	4.1
		10월	8.4	14.0	1.2	1.17	1.4	0.01	0.9
	골지천	4월	8.3	12.0	2.1	1.39	1.5	0.01	1.4
		7월	8.0	8.0	0.5	1.47	2.5	0.01	2.6
		10월	8.6	11.4	1.0	1.10	2.0	0.01	1.2
태백	골지천	4월	8.3	12.9	0.9	1.01	0.4	0.02	8.3
		7월	8.7	9.5	0.4	1.11	1.4	0.01	1.7
		10월	8.4	11.2	0.9	1.10	1.3	0.01	1.6
	골지천	4월	8.7	12.2	1.8	1.16	0.1	0.01	1.1
		7월	9.0	11.6	0.3	1.09	1.6	0.00	1.7
		10월	8.5	12.3	0.8	1.17	1.4	0.01	1.0
홍천	자운천	4월	7.2	12.4	0.8	1.26	1.0	0.04	2.8
		7월	7.8	8.6	0.3	1.71	3.2	0.10	8.4
		10월	7.6	12.1	0.8	1.30	2.5	0.02	2.3
	방내천	4월	7.9	13.4	1.3	1.43	1.2	0.02	1.0
		7월	7.7	9.1	0.6	1.51	2.9	0.05	2.5
		10월	7.5	13.5	0.8	1.08	2.1	0.01	1.0
평창	송천	4월	7.2	12.1	1.3	1.57	1.9	0.03	16.5
		7월	7.1	11.1	0.4	1.56	3.0	0.01	3.7
		10월	7.5	13.2	0.9	1.08	2.3	0.02	1.2
	속사천	4월	8.9	13.5	1.5	1.88	1.6	0.04	1.9
		7월	8.1	10.2	0.9	1.78	2.9	0.06	6.4
		10월	8.6	13.2	1.1	1.28	2.4	0.02	1.4
	오대천	4월	7.4	11.4	1.4	1.56	1.7	0.01	1.0
		7월	7.2	11.2	0.4	1.44	2.6	0.01	1.7
		10월	7.6	12.1	0.7	1.16	2.4	0.01	1.5
정선	골지천	4월	7.9	11.4	1.8	1.60	1.0	0.00	0.5
		7월	7.7	8.1	0.5	1.62	2.1	0.01	3.9
		10월	8.3	13.3	1.4	1.22	1.4	0.01	1.0
	어천	4월	8.2	13.7	2.0	1.52	0.1	0.01	1.1
		7월	8.4	11.1	0.6	1.05	1.2	0.02	1.7
		10월	8.4	13.1	0.9	1.00	1.4	0.01	2.0
기 준			6.0~8.5	2.0≤	≤8.0	≤6	≤9.0	≤0.3	≤100

지역	대상하천	시기	T-N	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
강릉	송천	4월	2.42	15.35	2.68	2.34	10.58
		7월	2.54	11.76	2.89	2.03	4.77
		10월	2.06	13.90	1.92	2.16	5.59
	대기천	4월	3.20	12.18	1.98	1.74	6.34
		7월	5.07	14.82	3.18	2.65	5.40
		10월	5.28	20.09	1.79	3.35	6.24
	송현천	4월	3.31	17.10	2.84	2.38	12.92
		7월	3.89	14.60	3.47	2.46	6.82
		10월	4.22	19.81	2.45	3.07	8.52
삼척	골지천	4월	1.51	21.05	2.40	2.52	4.54
		7월	2.89	30.26	3.38	3.79	3.39
		10월	2.61	41.29	2.28	5.71	4.89
	골지천	4월	1.24	18.40	2.60	2.24	4.06
		7월	2.00	26.01	2.79	3.08	3.24
		10월	1.31	30.58	2.18	3.79	3.78
태백	골지천	4월	2.63	34.86	2.46	5.07	6.23
		7월	4.09	39.93	3.04	5.94	4.59
		10월	4.47	46.67	2.41	7.68	5.72
	골지천	4월	2.26	35.98	2.60	4.54	5.76
		7월	4.04	29.65	3.06	5.39	4.38
		10월	4.31	49.16	2.18	6.87	5.31
홍천	자운천	4월	5.15	13.58	4.76	2.53	11.36
		7월	10.24	23.44	6.23	4.32	13.56
		10월	8.41	21.08	4.31	4.26	9.50
	방내천	4월	3.13	9.54	4.31	1.68	13.09
		7월	6.23	16.85	5.70	3.19	13.85
		10월	3.97	13.98	3.40	2.86	9.76
평창	송천	4월	1.12	5.90	2.17	0.82	3.55
		7월	0.52	3.72	2.46	0.63	2.45
		10월	2.07	11.54	1.43	1.70	4.14
	속사천	4월	2.55	14.91	3.51	2.70	15.38
		7월	4.33	23.52	3.94	4.37	15.58
		10월	4.89	27.54	2.64	5.26	17.26
	오대천	4월	1.22	4.54	2.79	0.72	3.95
		7월	1.00	4.62	2.46	0.87	3.58
		10월	1.70	9.15	1.74	1.62	4.82
정선	골지천	4월	1.44	25.24	2.36	2.84	4.37
		7월	2.78	35.30	2.72	4.06	3.76
		10월	2.99	42.52	2.26	5.38	4.81
	여천	4월	2.93	51.87	2.54	4.10	6.90
		7월	5.67	58.41	2.54	4.69	3.76
		10월	4.22	53.12	1.32	7.95	3.98

강릉, 홍천, 정선지역에서는 4, 7, 10월에 모든 지점에서 수질기준항목 모두 적합한 것으로 조사되었다. 삼척, 태백, 평창의 경우 pH가 4월에 태백 8.7, 평창 8.9, 7월에 삼척 8.8, 태백 8.7, 9.0, 10월에 삼척 8.6, 태백 8.5, 평창 8.6으로 조사되어 수질기준을 초과하였다. 태백 골지천의 경우 4, 7, 10월 pH가 8.7, 9.0, 8.5로 연속적으로 초과한 것으로 나타나 주변환경의 조사 및 지속적인 모니터링이 필요하다고 판단된다. 이 외 항목에서는 모두 수질기준에 적합하였다.

나. 지하수

표 16. 고랭지 지하수 수질 현황

(단위: mg/L)

시기	pH	NO ₃ -N	Cl ⁻	Cd	As	Hg	Pb	EC (dS/m)	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	T-N	T-P
4월	7.6	5.5	12.6	0.00	0.00	0.000	0.00	0.2	30.5	3.0	4.5	9.2	14.1	6.1	0.0
7월	7.3	8.6	12.9	0.00	0.00	0.000	0.00	0.3	39.5	3.0	5.3	8.8	19.8	10.0	0.0
평균	7.4	6.8	12.8	0.00	0.00	0.000	0.00	0.3	35.0	3.0	4.9	9.0	17.0	8.0	0.0
기준	6.0~ 8.5	≤ 20	≤ 250	≤ 0.01	≤ 0.05	≤ 0.001	≤ 0.1	-	-	-	-	-	-	-	-

* 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제11조, 지하수의 수질기준(농업용수)

2020년 4월, 7월 시기별로 고랭지지역의 지하수 6지점을 조사하였다. 고랭지지역의 농업용수 평균 지하수 수질은 pH 7.4, NO₃-N 6.8, Cl⁻ 12.8mg/L로 농업용수 수질기준에 적합하였고, 유해물질인 Cd, As, Hg, Pb은 검출되지 않았다.

표 17. 지하수 수질 세부현황

(단위: mg/L)

지역	시기	pH	NO ₃ -N	Cl ⁻	Cd	As	Hg	Pb
강릉	4월	7.8	1.8	16.3	0.00	0.00	0.000	0.00
	7월	7.3	4.1	15.6	0.00	0.00	0.000	0.00
태백	4월	7.7	2.6	13.2	0.00	0.00	0.000	0.00
	7월	7.7	0.3	1.7	0.00	0.00	0.000	0.00
삼척	4월	7.8	3.0	5.7	0.00	0.00	0.000	0.00
	7월	7.3	5.4	8.5	0.00	0.00	0.000	0.00
평창	4월	6.8	18.1	19.8	0.00	0.00	0.000	0.00
	7월	6.8	20.0	23.1	0.00	0.00	0.000	0.00
정선	4월	7.7	2.2	8.2	0.00	0.00	0.000	0.00
	7월	7.2	10.3	15.5	0.00	0.00	0.000	0.00
홍천	4월	6.0	9.2	6.4	0.00	0.00	0.000	0.00
	7월	6.0	14.2	10.2	0.00	0.00	0.000	0.00
기준		6.0~8.5	≤20	≤250	≤0.01	≤0.05	≤0.001	≤0.1

지역	시기	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	EC (dS/m)	T-N	T-P
강릉	4월	18.0	2.2	0.5	22.0	16.5	0.2	2.2	0.01
	7월	22.5	2.9	1.9	16.7	17.4	0.2	5.1	0.00
태백	4월	48.8	2.8	4.8	5.4	10.4	0.3	3.1	0.01
	7월	44.9	2.3	1.3	1.3	3.9	0.2	0.6	0.01
삼척	4월	23.4	2.7	7.2	5.8	19.0	0.2	3.6	0.01
	7월	34.1	4.5	10.1	7.9	32.2	0.3	7.6	0.01
평창	4월	34.6	3.1	7.5	11.8	13.5	0.3	19.0	0.01
	7월	40.1	2.8	8.5	12.0	14.6	0.4	23.8	0.01
정선	4월	43.7	2.9	3.9	4.8	11.4	0.3	2.2	0.01
	7월	55.7	2.6	4.8	6.1	30.9	0.4	12.9	0.00
홍천	4월	14.2	4.4	3.2	5.5	9.8	0.1	9.6	0.00
	7월	22.1	8.1	5.0	6.7	13.9	0.2	15.4	0.00

고랭지지역의 지하수를 지역별로 조사하여 표 17과 같았다. 홍천에서 pH가 4월, 7월 6.0, 6.0으로 다소 낮았으나, 기준에는 적합하였고, NO₃-N는 평창에서 4월, 7월 18.1, 20.0mg/L으로 기준인 20mg/L이하에는 적합하였으나 연속으로 다소 높게나와 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

(시험 2) 경종실태 분석

가. 고랭지 경종실태 현황

표 18. 조사 진행 대상지 현황

지역	조사지역 수	평균 고도(m)	조사작물
강릉	20	899	배추 등 5작목
태백	18	938	배추 등 3작목
삼척	15	676	배추 등 6작목
평창	12	758	감자 등 6작목
정선	17	762	양배추 등 6작목
홍천	18	657	무 등 7작목
계	100	781.7	

강릉, 태백 등 6개 고랭지지역 100지점을 선정하여 재배작물, 작토심, 이랑, 멀칭·관수유무, 등을 조사하였다. 강릉은 20지점을 조사, 평균 고도 899m, 배추 등 5작목을 주로 재배하고 있으며, 태백은 18지점을 조사, 평균 고도 938m, 배추 등 3작목을 주로 재배, 삼척은 15지점을 조사, 평균 고도 676m, 배추 등 6작목을 주로 재배, 평창은 12지점을 조사, 평균 고도 758m, 주로 감자 등 6작목을 재배,

정선은 17지점을 조사, 평균 고도 762m, 주로 양배추 등 6작목을 재배, 홍천은 18지점을 조사, 평균 고도 657m, 주로 무 등 7작목을 재배하고 있었다.

표 19. 강원도 고랭지 고도별 발토양의 경종실태 현황

구분 (m 지점수)	작토심 (cm)	이랑높이 (cm)	멀칭 (지점)	관수 (지점)	재배작물				
					배추	양배추	무	감자	기타
~699 (43)	24.8	13.4	25	21	8	3	8	5	19
700~799 (21)	23.5	11.0	4	11	8	1	2	5	5
800~899 (15)	25.2	12.1	4	5	3	5	2	1	4
900~999 (4)	27.0	13.3	2	1	1	1	1	0	1
1,000~ (17)	23.2	12.2	0	6	13	4	0	0	0

고도별 경종실태를 조사하였다. 700m미만에서는 멀칭 및 관수시설을 하는 지점이 각각 25, 21지점으로 다른 고도에 비해 상당히 많이 하는 것으로 조사되었다. 1,000m이상되는 지역에서는 멀칭하는 곳이 없었으며, 배추와 양배추 작물만을 재배하였고, 무, 감자는 없는 것으로 조사되었다.

표 20. 강원도 고랭지 지역별 발토양의 경종실태 현황

지역 (지점수)	작토심 (cm)	이랑높이 (cm)	멀칭 (지점)	관수 (지점)	재배작물				
					배추	양배추	무	감자	기타
강릉1*(10)	26.0	16.0	2	7	0	0	2	6	2
강릉2*(10)	20.0	12.0	0	6	7	3	0	0	0
태백1*(11)	24.0	7.0	1	7	6	1	0	0	4
태백2*(7)	27.7	12.6	0	0	6	1	0	0	0
삼척(15)	19.0	11.1	3	4	6	2	0	0	7
평창(12)	27.1	14.3	7	9	3	0	3	2	4
정선1*(7)	25.3	10.3	4	0	0	0	1	0	6
정선2*(10)	29.0	14.0	1	0	2	6	2	0	0
홍천(18)	25.3	14.4	17	11	3	1	5	3	6

* 고도별: 강릉2, 태백 2(1,000m 이상), 정선 2(800m 이상)

지역별 경종실태를 조사한 결과, 다른 지역에 비해 홍천에서는 멀칭과 관수를 많이 하는 것으로 나타났으며, 배추, 양배추 무, 감자, 기타 작물 등 재배 작물도 다양한 것으로 조사되었다. 강릉2(1,000m이상),

태백1, 2, 삼척, 정선 2(800m이상) 지역에서는 배추와 양배추를 다른 지역에 비해 편중재배 하는 것으로 조사되었다.

표 21. 강원도 고랭지 작물별 경종실태 현황

구분 (m 지점수)	작토심 (cm)	이랑높이 (cm)	멀칭 (지점)	관수 (지점)	지역별 주요 재식거리					
					강릉	태백	삼척	평창	정선	홍천
배 추(32)	23.7	12.3	7	17	60*40	60*40	60*40	60*40	80*40	60*40
양배추(14)	27.9	12.9	1	3	60*40	80*40	70*40	-	70*50	80*50
무(13)	26.8	13.5	11	6	70*20	-	-	60*20	70*40	60*25
감 자(12)	26.3	15.0	4	2	60*40	-	-	60*25	-	65*45
고 추(6)	18.2	9.7	4	3	-	-	120*50	-	120*30	60*30
당 근(5)	27.6	21.2	0	5	70*15	-	-	20*12	-	60*10
오 이(4)	21.3	13.0	4	4	-	-	-	-	-	50*45
옥수수(3)	22.7	9.0	1	0	-	-	-	-	70*30	-
화이트머스타드(3)	18.0	0	0	0	-	2*2	-	-	-	-
기 타*(8)	21.8	9.9	3	3	-	-	-	-	-	-

* 콩, 브로콜리, 썩, 양상추, 당귀(2), 로메인, 휴경

작물별 경종실태를 조사한 결과, 배추의 경우 6개 시군 고랭지지역에서 모두 재배하였고, 관수도 타 작물에 비해 많이 하였다. 양배추 경우도 평창지역을 제외하고는 모두 재배하였고, 멀칭과 관수는 사용하는 곳이 드물었다.

4 적 요

〈제1세부과제: 강원도 고랭지 농경지 토양이화학성 변동조사〉

(시험 1) 토양화학성 조사

가. 2020년 강원도 고랭지 밭토양의 평균 화학성은 pH 6.8, 유기물 31 g/kg, 유효인산 821 mg/kg 이었고, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.2, 8.4, 1.8 cmol_c/kg 이었다.

나. pH, EC, 평균은 적정범위에 있었으나, 2017년도 조사한 강원도 170 지점 평균 보다는 높았다.

다. 유효인산과 치환성 K, 치환성 Ca은 적정범위를 초과하였고, 적정범위 미달은 없었다.

라. 강원도 고랭지 밭토양의 적정비율은 pH 48%, 유기물 함량 25%, 유효인산 18%, 치환성칼륨 12%, 칼슘 13%, 마그네슘 28% 이었으나 지역간 편차가 크므로 같은 고랭지라도 토양검정을 실시하여 필요한 양만큼의 비료 시용이 필요하다.

마. 중금속 조사 100 지점 중 우려기준을 초과한 지점은 납 1지점(태백), 비소 4지점(태백3, 삼척1)이었으나, 식물체를 채취하여 조사한 결과 특이한 점은 없었다.

(시험 2) 토양물리성 조사

- 가. 고랭지 밭토양의 용적밀도는 표토가 평균 1.34Mg/m로서 조사토양의 70%가 1.40 Mg/m미만이었고, 심토는 평균 1.54Mg/m 으로 나타났다.
- 나. 심토의 경도는 평균 18mm로서 60%의 토양이 16~20mm에 분포하였다. 고랭지 밭다. 용적밀도는 적정범위가 토성에 따라 다르므로 토성 조사가 필요하다.

〈제2세부과제: 강원도 고랭지 농업용수 수질조사 및 경종실태 분석〉

(시험 1) 농업용수 수질조사

- 가. 고랭지지역 농업용수 평균 수질은 pH 7.9, DO 11.3, BOD 0.9, TOC 1.44, T-P 0.0, SS 3.7mg/L로 농업용수 수질기준에 적합하였다. 강릉, 홍천, 정선지역에서는 4, 7, 10월에 모든 지점에서 수질기준항목 모두 적합하였다. 삼척, 태백, 평창의 경우 pH가 4월에 태백 8.7, 평창 8.9, 7월에 삼척 8.8, 태백 8.7, 9.0, 10월에 삼척 8.6, 태백 8.5, 평창 8.6으로 수질기준을 초과하였다. 태백 골지천의 경우 4, 7, 10월 pH가 8.7, 9.0, 8.5로 연속적으로 초과하여 지속적인 모니터링이 필요하다고 판단된다. 이 외 항목에서는 모두 수질기준에 적합하였다.
- 나. 고랭지지역 농업용수 평균 지하수 수질은 pH 7.4, NO₃-N 6.8, Cl⁻ 12.8mg/L로 농업용수 수질기준에 적합하였고, 유해물질인 Cd, As, Hg, Pb은 검출되지 않았다.

(시험 2) 경종실태 분석

가. 고도별 경종실태를 보면 700m미만에서는 멀칭 및 관수시설 지점이 각각 25, 21지점으로 다른 고도에 비해 많았으며, 1,000m이상되는 지역에서는 멀칭하는 곳이 없었고, 배추와 양배추만을 재배하였다. 지역별로는 타 지역에 비해 홍천에서는 멀칭과 관수를 많이 하고, 배추, 양배추 무, 감자, 기타 작물 등 다양하게 재배하였다. 강릉2(1,000m이상), 태백1, 2, 삼척, 정선 2(800m이상) 지역에서는 배추와 양배추를 다른 지역에 비해 많이 재배하였다. 작물별로는 배추의 경우 6개 시군 고랭지지역에서 모두 재배하였고, 관수도 타 작물에 비해 많이 하였다. 양배추 경우도 평창 지역을 제외하고는 모두 재배하였다.

5 인용문헌

농촌진흥청. 2006. 농업용수 수질분석 이론 및 실무.

환경부. 2005. 수질오염공정시험법.

APAH, AWWA, WEF. 1992. Standard method for the examination of water and waste water. 18th, APHA.

Chae, Mi.J., A.S. Roh, B.S. Yoon, S.K. Kim, Y.U. Yun, B.K. Ahn, S.K. Kim, S.J. Park, H.J. Cho, H.J. Kang, S.G. Yun, Y.H. Kim, M.S. Kong, E.J. Lee, H.I. Jung, S.Y. Hong, and G.B. Jung. 2018. Evaluation of chemical properties and heavy metals in upland soils in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. Extra(1):74-75.

Kong, M.S., S.S. Kang, M.J. Che, H.i. Jung, Y.G. Sonn, D.B. Lee, and Y.H. Kim. 2015. Changes of chemical properties in upland soils in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 48(6):588-59

Lee k.y., Hong S.Y., Yoon B.S., Heo S.J., Choi B.G., Jang U.H., Hong D.K., Kim M.K., 2019. Changes in agricultural stream water quality of small watershed in gangwon province from 2007 to 2016. Korean J. Soil Sci. Fert. 52(4):386-390

Park, S.J., J.H. Park, C.Y. Kim, Y.J. Seo, O.H. Kwon, J.G. Won, and S.H. Lee. 2016. Comparison of surface chemical properties of plastic film house, upland, and orchard soils in Gyeongbuk province. Korean J. Soil Sci. Fert. 49(2):115-124.

Roh, A.S., J.S. Park, Y.S. Park, O.J. Ju, M.W. Shin, and S.S. Kang. 2018. Status and changes in chemical properties of upland soil in Gyeonggi Province. Korean J. Soil Sci. Fert. 51(4): 435-444.

Yoon B.S., S.C. Choi, S.J. Lim, S.J. Heo, and Y.H. Seo. 2020. Status and changes in chemical properties of upland soil in Gangwon Province between 2001 and 2017. Korean J. Soil Sci. Fert. 53(4):549-557.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2020(1년)	영농정보	강원도 고랭지 농업용수 수질조사 현황
	학술발표	2020년 강원도 고랭지 밭토양의 화학성분 함량
	홍 보	강원도 농업용 하천수·지하수 수질기준 적합

성과지표명	연 도	1년차(2020)		계	
		목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제				
	국내	1	1	1	1
영농 활용	기술				
	정보	1	1	1	1
홍보			1	-	1
계		2	3	2	3

7 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
					'20
과제책임자	환경농업연구과	농업연구사	윤병성	과제 총괄	○
1세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	윤병성	주관수행	○
2세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	이남길	주관수행	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	허수정	조사업무지원	○
	환경농업연구과	농업연구사	최병곤	조사업무지원	○
	환경농업연구과	농업연구사	홍수영	조사업무지원	○
	환경농업연구과	농업연구관	장은하	결과분석지원	○
	환경농업연구과	농업연구관	정태성	결과분석지원	○
	환경농업연구과	공무직	이예순	조사업무지원	○
	환경농업연구과	공무직	김남호	조사업무지원	○