

사업구분 : 산학연공동		Code 구분 : ES0101	농업환경(전반기)
연구과제 및 세부과제명		연구기간	연구책임자
고령지권역 친환경 정밀농업을 위한 시비기술개발		'03~'04	고령지 농업연구소 이춘수
1) 고령지 시비 및 토양관리 실태조사		'03~'04	강원도원 환경농업연구과 임수정
색인용어	고령지, 시비실태, 토양화학성, 채소재배지		

ABSTRACT

The investigations were conducted to find out the situation of fertilizer use and the contents of soil chemical components on summer vegetable crops at 247 farmers' upland fields located in alpine area. Major vegetable crops were potato, chinese cabbage, radish, carrot onion, and cabbage in 2003~2004.

The upland soils of 247 fields cultivated vegetable crops were sampled at 0~15cm of top soil before seeding or transplanting and analyzed. On an average, pH, organic matter, available phosphate and exchangeable potassium, calcium, magnesium of soil were 6.0, 24.6 gkg⁻¹, 760 mgkg⁻¹, 1.12cmol⁺kg⁻¹, 5.5cmol⁺kg⁻¹, and 1.2cmol⁺kg⁻¹, respectively.

The average amounts of N - P₂O₅ - K₂O fertilizers applied by farmers in 247 fields of vegetable crops were higher 1.8-6.1-1.8 times on potato, 1.5-7.9-4.0times on Chinese cabbage and 1.2-6.8-3.0times on radish than the rates of NPK fertilizers based on soil testing for each crop.

1. 연구배경

최근 토양환경의 악화로 인한 지하수오염, 식품오염 및 자연생태계의 변화 등 불리한 요인이 현안문제로 대두되고 있는 2000년대의 시비관리는 환경보전을 우선하는 시각에서 검토되어야 할 것이다. 이를 위한 시비관리 대책으로는 농산물의 품질을 높이고 안전생산을 지속시키는 면에서 환경친화형 시비, 자원절약 및 생력관리에 바탕을 둔 시비방법으로의 전환이 되어야 하며, 아울러 작물 및 토양특성에 부합하는 기존의 비종은 물론 신비종의 합리적인 선택이 필요하다(정 등, 2000 ; 박 등, 1994).

1960~1970년대 다비기준으로 설정된 시비량은 1990년까지 활용해 왔지만 1993년 부터는 노지채소 18작물에 대한 표준시비량의 하향조정 (농촌진흥청, 1993)과 벼를 포함한 밭작물 및 시설채소 24작물에 대한 표준시비량의 조정 또는 새로운 시비량의 설정 되어 현재 까지 활용이 되고 있다(농촌진흥청, 1998 ; Lee et al., 1996).

우리나라의 화학비료 총소비량은 시판분을 포함하여 1995년 954천톤에서 2003년 678천톤으로 29%가 감소되었으며, 5년전인 1998년의 860천톤과 비교하면 2003년(678천톤)에는 21%나 감소되었다(농림부, 2004). 이러한 화학비료 소비량 감소는 토양중 비료성분의 과다

집적방지는 물론 환경오염 경감의 요인이 되었으며, 시험연구결과 화학비료의 하향조정 및 저투입이 상당히 기여한 것으로 생각된다.

이와 관련하여 평년지 배추에 대한 시비실태 조사결과 (농업과학기술원, 2001 ; 박 등, 1994 ; 농업과학기술원, 1999 ; 고령지농업시험장, 2001b)에 의하면 최근에 와서도 많은 농가는 화학비료를 과용하고 있는 경향이다.

우리나라에서는 작물과 토양의 특성을 감안하여 적절한 수량을 얻기에 필요한 양을 시비 추천하고 있으며 시비처방 프로그램을 개발하여 2005년 3월 현재 148개소의 전국 시·군 농업기술센터에서 활용하고 있다. 시비추천은 작물에 따른 양분요구량과 토양의 양분공급력을 중심으로 하여 이루어지고 있어 시비된 양분의 용탈과 유거 등 손실과정을 통한 환경에 미치는 영향과 기상등 환경에 따른 작물의 반응 등을 함께 고려한 시비관리로 보완될 수 있다면 더욱 바람직할 것이다.

작물에 시비된 양분은 작물생육에 유용하지만 환경에는 오염물질등 부영향을 주게 되어 시비양분의 합리적인 행동모델이 필요하고, 또한 수량등에 미치는 요인들의 합리적인 분석과 아울러 시비추천에 관련되는 이들 요인의 종합된 모델이 필요하다. 나아가 작물에 관여하는 모든 다른 요인들과 site-specific한 변수들도 종합되어야 한다.

기상환경이 특이한 고령지에서 대부분의 배추재배 농가는 배추를 매년 연작함과 아울러 과잉시비를 반복하고 있기 때문에 연도에 따라서 작황이 매우 불안정하다고 알려져 있어서 (고령지농업시험장, 2001a), 고령지에서 여름배추의 안전생산을 위한 시비연구 및 지도지침에 기초가 되는 시비실태조사 결과가 절실히 요청되고 있는 실정이다.

본 조사는 친환경 농산물 안전생산을 위한 기초연구 및 기술지도 자료로 이용함과 아울러 고령지권역 주요 채소작물의 영농관리의 개선을 위하여 2003년에서 2004년까지 2년에 걸쳐 시비 실태 및 토양의 특성을 조사하여 검토한 결과이다.

2. 재료 및 방법

농가시비 및 토양관리 실태를 파악하기 위하여 강원도 대표적 고령지인 평창, 홍천, 태백, 정선을 선정하였다. 조사작물은 감자 32농가, 배추 82농가, 무 31농가, 당근 25농가, 양파 25농가, 양배추 41농가 등 합계 247농가를 사하였다. 조사한 농가 포장은 표고, 경사 및 토양조건 등으로 보아 가능한 재배면적이 대체로 넓은 작물주산지의 대표포장을 선정하여 작물파종 또는 정식전후에 조사하였다. 주요 조사항목은 농가포장별 재배면적, 표고, 경사, 작도깊이 및 토성 등 현황조사를 실시하였으며 3요소 비료의 농가시비는 단비보다는 주로 복합비료를 사용하고 있는 점을 감안하여 복합비료중에 주성분으로 함유하고 있는 질소, 인산 및 칼리를 구분, 성분량으로 환산하여 나타내었다. 퇴비 및 석회질 비료는 3요소를 함유한 복합비료 조사시와 같은 방법에 준하여 동일한 시기에 이들 각각의 사용량을 청취조사하여 실량으로 환산하여 표기하였다.

본 시험에서 사용한 토양 및 식물체의 무기성분 분석은 농업과학기술원 표준법(2000a, 농업과학기술원)에 준하였는데 토양화학성분을 분석하기 위하여 시료채취는 15cm 깊이로 하여 필지당 10~15개 지점의 토양을 채취하여 하나의 복합시료로 하여 pH와 EC는 토양과 증류수 비율을 1 : 5로 희석하여 초자전극법 및 전기전도도법으로 각각 분석하였고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온인 치환성의 칼슘, 마그네슘, 칼륨은 1N

Ammonium acetate(pH7)로 침출하여 ICP(Inductively Coupled Plasma)로, 질산태질소는 2M KCl로 침출하여 자동 질소분석기를 이용하였고, 염기치환용량(CEC : Cation Exchange Capacity)은 Brown법에 의하여 1N Ammonium acetate(pH 7)로 침출하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 고랭지 채소재배지 지대별 입지환경

조사지역의 입지현황을 조사한 결과 표 1에서 보는 바와 같이 조사지점의 필지당 농가 재배면적은 3,207평, 표고는 679m, 경사도는 7.5%였다. 이러한 결과는 각 지역을 대표한 다기 보다는 실제로 실태조사를 위하여 시료를 채취한 지점의 입지임을 밝혀둔다. 일반적으로 표고가 높으면 경사도도 증가하는 경향을 나타내고 있다. 경사가 심하면 강우에 의한 토양침식이 심하며, 토양침식에 따른 토양과 양분유실이 증대됨은 잘 알려져 있다.

<표 1> 고랭지 채소재배지 지대별 입지환경

지역	조사개소	재배면적 (평/포장)	표고(m)	경사(%)
평창	82	2,494	578	3.9
홍천	52	1,998	631	8.2
태백	57	5,684	816	9.9
정선	56	2,852	734	9.8
평균	(247:전체)	3,207	679	7.5

표 2는 조사한 작물재배지의 지대별 표고 및 경사도의 분포를 조사한 결과이다. 먼저 표고별로 볼 때 배추, 무 및 양파를 조사한 농가 포장수가 2개의 표고범위에서 어느정도 균일하게 분포하고 있었다. 경사도별로 보면 조사 포장수의 분포가 표고의 분포에 비하면 비교적 균일한 편이었다.

<표 2> 조사작물별 표고 및 경사도 분포

작물	조사 개소수	표고 (m)				경사도 (%)			
		<400	401~600	601~800	> 801	> 2	3~7	8~15	> 16
배추	82	-	-	57	25	3	25	44	10
무	31	-	-	20	11	1	9	21	-
양배추	52	-	12	40	-	8	35	9	-
양파,당 근	50	-	50	-	-	24	20	6	-
감자	32	-	2	30	-	-	9	23	-
합계	247	-	64	147	36	36	98	103	10

나. 고랭지 채소재배지의 화학성분함량

표 3은 고랭지 지역별 채소재배지 발토양의 화학성분함량을 제시한 것이다. 고랭지 채소재배지 토양의 화학성분 함량은 전국 평지의 발토양보다 유기물, 유효인산, 치환성칼륨, 치환성칼슘 함량은 높지만, pH와 치환성 마그네슘 함량은 큰 차이가 없었다. 농업과학기술원(2003)에서 각 도농업기술원과 공동으로 우리나라 발토양 1,650점에 대한 화학성을 조사 및 분석한 결과를 평균해서 보면 토양의 pH 5.9, 유기물 20g kg⁻¹, 유효인산 572mg kg⁻¹, 치환성의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 0.79, 5.5, 1.5cmol⁺kg⁻¹, EC(전기전도도)는 0.62dS m⁻¹로 보고되어 있다.

<표 3> 고랭지 지역별 채소재배지 발토양의 화학성분 함량

지역	조사 (개소)	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. (cmol ⁺ kg ⁻¹)			EC (dS m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg		
평창	82	5.9	19.6	698	0.67	4.7	0.8	0.59	35.7
홍천	52	6.0	24.1	934	0.66	4.8	1.4	0.83	86.7
태백	57	6.1	28.3	767	1.74	7.0	1.6	0.59	25.5
정선	56	5.9	28.8	682	1.59	5.9	1.4	0.58	18.7
평균	(247)	6.0	24.6	760	1.12	5.5	1.2	0.64	40.2

현재까지 조사된 고랭지의 연대별 발토양의 비옥도 실태조사 보고(농촌진흥청, 2004)에서 연대가 경과함에 따라서 유기물함량은 현저히 감소하는 반면에, 유효인산, 치환성의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 오히려 증가하는 것으로 알려져 있어서 평지의 연대별 각 성분함량의 변화와 유사한 경향이였다. 본 조사결과에서도 유효인산 및 치환성칼륨 등 특정성분이 증가된 결과로 미루어 보아 석회질비료의 소요량 검정에 의한 적정산도 조절과 양질인 유기물을 알맞은 시기에 적정량을 공급하여야 함은 물론 인산 및 칼리질 비료는 무비재배하거나 절감사용이 필요함을 알 수 있다.

한가지 주목해야 할 점은 여러 연구자의 조사결과(농촌진흥청, 1993, 2001 ; 박 등,

1994 ; 농업과학기술원, 2001 ; 이 등, 2002)에서 지적된 바와 같이 발작물에 21-17-17 등과 같은 질소성분이 많은 복합비료를 실량개념에서 과다 사용하는 점, 농가시비량이 작물별 표준시비량을 상회하고 있는 점, 또한 다량의 가축분 이용시는 가축분중 비료성분을 고려하지 않고 화학비료를 사용하고 있는 관행이 매년 반복되고 있는 점은 금후 개선이 되어야 할 것이다.

표 4는 토양의 화학성분을 경사도별로 본 것이다. 전체 평균치로 본 토양의 pH는 5.8~6.0로 경사도간에 큰 차이는 없었다. 또한 토양의 유기물과 치환성의 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 염기의 함량은 경사도가 높아질수록 많은 반면에, 오히려 유효인산 함량은 경사도가 높아질수록 적은 경향을 보였다. 우리나라 밭토양의 경사지 분포를 보면 밭면적의 62%가 7% 이상의 경사지로 되어 있는데, 고랭지에서는 전체 밭토양의 67%가 15%이상의 경사지로 되어 있음을 고려할 때 유효인산 함량을 제외하고는 예상과는 달리 경사도의 증가에 따른 토양비옥도의 저하는 크게 우려할 정도는 아니었다.

밭토양에서 지력의 척도로서 중요하며, 양분의 저장고와 같은 역할을 하는 토양유기물 함량 경사가 높은 위치에 있는 밭이 경사가 낮은 위치의 밭보다 많은데, 이러한 사실은 작물 재배년수가 상대적으로 적어 무기화된 질산태질소 함량이 적은 것으로 보아 미분해된 산야초 및 낙엽수 등 부엽퇴비가 많았음을 알 수 있다.

<표 4> 경사도별 토양의 화학적 성분함량

경사도 (%)	조사점수 (점)	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.(cmol ⁺ kg ⁻¹)			EC (dS m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg		
0~2	26	5.8	23.0	978	0.99	4.7	0.9	0.7	40.0
3~7	115	6.1	22.3	744	1.00	5.5	1.1	0.6	45.4
8~15	96	5.9	27.3	727	1.18	5.6	1.4	0.5	27.9
16~30	10	6.0	31.8	751	2.55	7.6	1.7	0.8	27.7

표고별 채소재배지 토양의 화학성분 함량을 보면 표 5와 같다. 조사한 농가포장수가 많은 표고인 401~600m와 601~800m에서 비교해 보면 표고가 높은 601~800m에서 토양유기물, 치환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 다소 많았으며, 표고가 낮은 401~600m에서는 유효인산, 전기전도도(EC) 및 질산태질소 함량이 많았다.

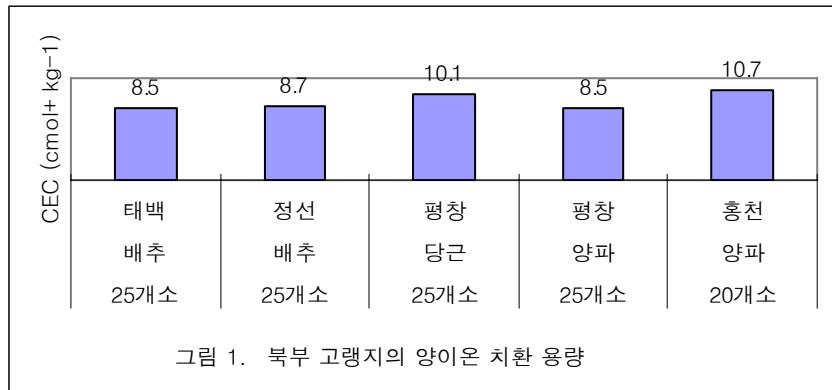
<표 5> 표고별 채소재배지 토양화학성분 함량

표고 (m)	조사점수 (점)	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av.P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. (cmol ⁺ kg ⁻¹)			EC (dS m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg kg ⁻¹)
					K	Ca	Mg		
401~600	64	6.0	18.6	843	0.63	4.5	0.7	0.8	45.7
601~800	183	5.9	26.9	724	1.40	5.7	1.4	0.5	31.2

2003년 태백, 정선, 평창 및 홍천의 120점에 대한 CEC를 조사한 결과는 그림 1에서 보

면 평균 $9.2 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 이었으며 흥천의 양배추 재배지와 평창의 당근재배지에서 각각 10.7 및 $10.1 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 으로 높은 편이며, 배추를 재배한 태백, 정선과 양파를 재배한 평창에서는 $8.5 \sim 8.7 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 범위에 있었다. 우리나라 평지의 밭토양의 염기치환용량은 $10.0 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 로 보고 있으므로 전체적으로 본 고랭지의 토양은 염기치환용량이 낮은 것으로 조사되었다.

토양이 비료양분을 흡착하고 토양용액의 농도를 일시적으로 높지 않도록 하기 위하여 고랭지 토양의 염기치환 용량을 높이는 것이 필요하다. 농도 장애가 일어나기 쉬운 토양은 사질토양이나 유기물함량이 적은 토양이므로 양질의 점질토의 투입이 가장 효율적인 방법이지만 유기물의 적정시용과 벤토나이트 및 제오라이트 등 흡착력이 강한 소재를 사용하기도 한다(오 등, 1996).



다. 고랭지 채소에 대한 농가시비량

경사도별 농가시비량을 표 6에서 보면 질소, 인산, 칼리의 농가시비량의 경사도간 차이는 크지를 않았다. 전체적으로 볼 때 경사가 급해질수록 질소, 인산, 칼리 및 석회의 농가시용량은 많아지는 경향이였다. 퇴비의 농가시용량은 경사 3-7%일때 $10,240 \text{ kg} 10\text{a}^{-1}$ 로 가장 많았다. 경사가 2%미만인 지역은 지온의 상승으로 토양중 유효성분의 유효화가 용이할 뿐만 아니라 석회시용에 의하여 화학성분의 유효화가 상승되는 효과로 나타날 수 있으며, 또한 퇴비시용량 증대에 의한 비료성분의 추가적인 공급이 병행되었기 때문으로 판단된다(농업과학기술원, 2001).

<표 6> 고랭지 채소재배지 지대 및 경사도별 농가시비량

경사도 (%)	조사 농가수	3요소 성분량 (kg 10a ⁻¹)			개량제 실량(kg 10a ⁻¹)	
		질소	인산	칼리	퇴비	석회
0~2	26	321	212	259	9,99	1,400
3~7	115	317	216	245	10,240	1,420
8~15	96	321	218	243	9,570	1,560
16~30	10	368	244	300	8,430	2,450

표고별 농가시비량을 표 7에서 보면 표고 600m이하보다 600m이상에서 농가가 사용한

질소시비량이 많았다. 표고 601~800m에서 인산과 칼리질비료와 표고 401~600m에서 퇴비와 석회질비료의 시용량이 많았는데 이러한 차이는 지대간의 차이와 표고별 토양화학성분 함량과 관련해서 볼 때, 포장별 경작자간 비배관리가 매우 달랐기 때문으로 생각된다.

<표 7> 고랭지 채소재배지 지대 및 표고별 농가시비량

표 고 (m)	조 사 농가수	3요소 성분량 (kg kg ⁻¹)			개량제 실량(kg kg ⁻¹)	
		질소	인산	칼리	퇴비	석회
401 ~ 600	64	288	203	250	11,430	1,190
601 ~ 800	147	333	225	255	9,220	1,360
801이상	36	334	212	215	10,450	1,860

표 8은 토양검정결과를 기준하여 산출한 시비량과 농가의 3요소 시비량을 조사하여 비교한 결과이다. 작물별 시비추천식에서 토양검정치를 대입하여 산출한 토양검정시비량에 대하여 실제 시용한 농가의 작물별 시용량을 배율로서 보면 질소의 경우 감자 1.8배, 배추 1.5배 무 1.2배 이며, 인산의 경우는 감자6.1배, 배추 7.9배, 무 6.8배 이었으며, 칼리는 감자 1.8배, 배추 4.0배, 무 3.0배를 더 사용하였다. 여기서 토양검정에 의한 시비량 산출에 있어서 작물별 지대별로 구분한 토양검정치를 이용할 수 있겠으나 지대간의 조사점수의 차이 및 토양검정에 의한 시비의 변이폭을 줄이기 위하여 작물별 평균치를 이용하였다. 이와 같은 결과로서 볼 때 토양에 축적되어 있는 인산과 칼륨성분 함량을 고려하지 않고, 인산과 칼리 질 비료를 반복적으로 다량 사용하고 있음은 농가시비량에 대한 토양검정 결과에 의한 시비량의 배율로서 알 수 있었다.

<표 8> 토양검정 시비량과 농가시비량과의 비교

작 물	조사수 (개소)	NPK 시비량 (성분량, kg ha ⁻¹)		
		토양검정 (A)	농 가 (B)	B/A
감 자	32	137-33-114	245-203-203	1.8-6.1-1.8
배 추	82	238-30-71	365-236-281	1.5-7.9-4.0
무	31	252-30-68	304-203-202	1.2-6.8-3.0
당 근	25	180-40-74	263-208-247	1.5-5.2-3.3
양 파	25	233-30-155	276-199-254	1.2-6.6-1.6
양배추	41	312-30-217	355-222-243	1.1-7.4-1.1

* 최근에 조정된 작물별 시비추천식 적용 (2001~'04, 고농연)

4. 적 요

고랭지의 감자, 배추, 무, 당근, 양파 및 양배추 등 주요작물에 대한 재배농가의 시비 및 토양관리 실태를 파악하기 위하여 고랭지권역 247농가포장을 대상으로 조사하였다.

- 가. 2003~2004년 고랭지채소 재배지 입지환경을 조사한 결과, 조사지점의 필지당 농가 재배면적은 3,207평, 표고 679m, 경사도 7.5%, 토성은 사양토(76%)였음.
- 나. 채소재배지 입지환경중 표고와 경사도에 대하여 조사한 농가포장의 분포를 보면 표고 보다는 경사도에서 비교적 넓은 범위로 고르게 분포되어 있었다.
- 다. 고랭지 채소재배지 토양의 평균 화학성분 함은 pH 6.0, 유기물 24.6g kg⁻¹, 유효인산 760mg kg⁻¹, 치환성의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 각각 1.12, 5.5, 1.2cmol⁺kg⁻¹이었다.
- 라. 토양화학성분 함량을 경사도별로 보면 경사도가 높아질 수록 토양의 유기물, 치환성의 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 많은 반면에, 유효인산 함량은 적은 경향이였으며, 작물 별로 보면 고랭지 작물중 당근재배지 토양에서 주요성분의 함량이 낮았다.
- 마. 고랭지 채소농가의 화학비료 사용량은 토양검정 시비량에 비하여 감자는 질소 1.8배, 인산은 6.1배, 칼리 1.8배, 배추는 질소 1.5배, 인산은 7.9배, 칼리 4.0배, 무는 질소 1.2배, 인산 6.8배, 칼리 3.0배로서 특히 모든 작물에서 토양의 축적된 화학성분을 고려하지 않고, 인산과 칼리를 과용하고 있었다.

5. 인용문헌

- 강원, 전북, 경북도농업기술원. 2004. 2004년도 시험연구보고서.
- 고령지농업시험장. 2001a. 고령지농업 40년사 : 190~205.
- 고령지농업시험장. 2001b. 시험연구사업보고서 : 77~83.
- 고령지농업시험장. 2002. 시험연구사업보고서 : 547~563.
- 농촌진흥청. 1993. 채소재배지 토양양분 함량에 의한 현행 시비기준량의 조정. '92 농업과학기술연구개발결과 농정시책건의 p 285~288.
- 농촌진흥청. 1993. 농가 시비실태 조사연구보고서 : 32~35.
- 농촌진흥청. 1998a. 주요작물(곡류, 유지류) 재배지 토양양분함량에 의한 현행 표준시비량 조정. '98농업과학기술개발 결과활용 자료집. p 23~29.
- 농촌진흥청. 1998b. 시설채소 양분흡수특성 및 토양양분함량에 의한 표준시비량 설정. '98 농업과학기술개발 결과활용 자료집. p23~29.
- 농촌진흥청. 1999. 작물별 시비처방기준. 작물별 표준시비량과 토양검정에 의한 시비량.
- 농촌진흥청. 2004. 산지 친환경농업 구현을 위한 선진국의 정책 및 연구동향. 연구동향분석 보고서 : 101~119.
- 농협중앙회. 2004. 비료사업 통계 요람. 비료 2-8 : 72~73.
- 농림부. 2004. 농림통계연보 : 66~67.
- 농업과학기술원. 1999. 농업환경 변동조사 연구. 3년차 완결보고서 : 12~18.
- 농업과학기술원. 2000a. 토양 및 식물체 분석법(물리, 화학, 미생물).
- 농업과학기술원. 2000b. 밭토양 환경보전관리 기술 종합보고서(1995~1999) : 164~172.

- 농업과학기술원. 2001. 농경지 시비양분의 환경영향평가 실증시험, 제3차년도 완결보고서 : 3 ~ 46.
- 농업과학기술원. 2003. 농업환경 변동조사 사업. 1주기('99~'02) 사업평가회 자료 : 29 ~ 36.
- 박백균, 전태하, 김유학, 호교순. 1994. 주요 논·밭작물에 대한 농가시비실태. 한토비지 27(3) : 238 ~ 246.
- 박철수. 2002. 고랭지 농경지의 유실방지를 위한 토양관리 방법. 강원대. 박사학위논문.
- 이춘수, 황선웅, 박준규, 김만수. 1986. 수도재배 농가의 지역별 시비실태 조사연구. 한토비지 19(4) : 315 ~ 320.
- 이춘수, 이계준, 이정태, 신관용, 안재훈, 조현준. 2002. 고랭지 배추 재배농가의 시비실태 조사연구. 한토비지 35(5) : 306 ~ 313.
- 이춘수, 이계준, 신관용, 안재훈, 이정태, 허봉구. 2002. 고랭지 성토지에서 감자 및 배추에 대한 인산과 칼리 증시효과. 한토비지 35(6) : 372 ~ 380.
- 조병욱. 1999. 고랭지 채소재배지의 토양환경 특성과 비옥도관리 방안. 강원대학교 대학교 대학원 농화학과. 박사학위논문.
- 정진석, 오세환, 이춘수. 2000. 흙살리기와 시비기술. 한림저널사 p 128 ~ 151.
- 평창군청. 2003. 평창군 객토사업 결과.
- RDA(Rural Development Administration). 1993. Revised Rates of NPK Fertilizers Based on Soil Testing for Vegetable Crops. 1992 result of agricultural science and technology development selected for national agricultural Policy : 285~288. Suwon.
- RDA(Rural Development Administration). 1998. Ajustment of Current Fertilizer Application Rates for Major Crops and Establishment of New Fertilizer Application Rates for Vegetables Crops in Greenhouse soil. 1997 result of agricultural science and technology development selected for national agricultural policy. Suwon.
- Yang Jae-E, Byong-Ok Cho, Young-Oh Shin and Jeong-je Kim. 2001. Fertility status in northeastern alpine soils of south Korea with cultivation of vegetable crops. Korea J. Soil Sci. and Fert. Vol.34(1) : 1 ~ 7