한국토양비료학회지 제 39권 6호
Korean J. Soil Sci. Fert. Vol. 39, No. 6, 357-365 (2006)

연구보문

고랭지 주요작물의 시비 및 토양관리 실태

이정태* · 이계준 · 장용선 · 황선웅 · 임수정[1] · 김창배[2] · 문영훈[3]

고령지농업연구소, [1]강원도농업기술원, [2]경상북도농업기술원, [3]전라북도농업기술원

Status of Fertilizer Application and Soil Management for Major Vegetable Crops in Farmers' Fields of Alpine Area

Jeong-Tae Lee*, Gye-Jun Lee, Yong-Seon Zhang, Seon-Woong Hwang, Su-Jeong Im[1], Chang-Bae Kim[2] and Yeong-Hun Mun[3]

National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeongchang, 232-955, Korea
[1]Gangwon-do Agricultural Research and Extention Services, 200-150, Korea
[2]Gyeongsangbuk-do Agricultural Technology Adminstration, 702-708, Korea
[3]Jeollabuk-do Agricultural Research and Extention Services, 570-704, Korea

The investigations were conducted to find out the situation of fertilizer use and the contents of soil chemical components on summer vegetable crops at 791 farmers' upland fields located in the parts of Gangwon-do, Gyengsangbuk-do and Jeollabuk-do of alpine area. Major vegetable crops were potato, Chinese cabbage, radish, carrot, onion, and cabbage. From the location surroundings cultivated alpine vegetable crops, the orders were Gangwon-do>Gyeongsangbuk- do>Jeollabuk-do part in the sizes of a field area and the height above sea level, and Jeollabuk-do>Gyeongsangbuk-do>Gangwon-do part in the slope degrees. The soil texture was of wide distribution on sandy loam soil for Gangwon-do(76%) and Jeollabuk-do part(64%), and loam(42%) and sandy loam soil(35%) for Gyeongsangbuk-do part. From the numbers of investigated fields, the distribution of slope degree was wider than those of height above sea level in relation to location surroundings. The upland soils of 785 fields cultivated vegetable crops were sampled at 0~15 cm 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 5.7, 27.6 g kg^{-1}, 765 mg kg^{-1}, 1.16 $cmol_c$ kg^{-1}, 6.1 $cmol_c$ kg^{-1}, and 1.6 $cmol_c$ kg^{-1}, respectively. The average cation exchange capacity(CEC) of 120 sites in Gangwon-do part was 9.2 $cmol_c$ kg^{-1}. The content of organic matter, exchangeable potassium, exchangeable calcium and exchangeable magnesium was higher, while that of available phosphate was lower with slope degrees. And the content of major chemical components in carrot soil was lower in comparison with other crop soils. The average levels of N, P_2O_5, K_2O, livestock manure and lime fertilizer of 785 fields applied by farmers were 335, 198, 244, 12,680 and 1,750 kg ha^{-1}, respectively, for summer vegetable crops in alpine area. The average amounts of N - P_2O_5 - K_2O fertilizers applied by farmers in 785 fields of vegetable crops were higher 1.7~2.0 - 4.2~7.0 - 1.4~2.0 times on potato, 1.4~1.6 - 4.6~8.3 - 3.5~4.2 times on Chinese cabbage, and 1.2~1.3 - 4.2~7.2 - 3.0~3.6 times on radish than the rates of NPK fertilizers based on soil testing for each crop.

Key words : Alpine area, Vegetable crops, Location surroundings, Chemical properties, Status of fertilizer application

서 언

고랭지 밭 토양의 입지 조건은 경사가 심하여 시비관리와 토양관리 기술 도입이 없으면 토양유실과 토양 중에 함유되어 있는 양분의 유출로 환경에 부정적인 영향을 줄 위험이 매우 높다(Cho, 1999; Park, 2002). 2001년과 2002년 강원지역을 중심으로 고랭지 감자와 배추 각각 40 및 58 재배농가의 시비실태를 조사한 결과 농가의 NPK 시비량은 권장하고 있는 표준시비량에 비하여 감자는 1.3-1.1-1.3배, 배추는 1.4-2.4-2.0배가 시용된 것으로 조사되었다(Lee et al., 2002; NAAES, 2001). 고랭지 채소재배 지역이 대부분 수계 상류에 위치하고 있음을 감안해 볼 때 다량

접 수 : 2006. 10. 25 수 리 : 2006. 11. 15
*연락저자 : Phone: +82333301916,
E-mail: leejt@rda.go.kr

으로 시용하고 있는 화학비료는 경사가 심한 것으로 알려져 있는 경작지 토양의 침식과 더불어 토양 중의 각종 영양물질의 유실로 하천을 오염시켜 심각한 환경문제를 야기 시킬 수 있는 것이 고랭지농업에서 불리한 토양조건이라 볼 수 있다. 특히 고랭지는 작물이 재배되는 시기가 여름철 강우가 집중되는 시기로 작물이 필요로 하는 이상의 화학비료 시용과 부적절한 시비관리는 환경에 부정적인 영향을 가중 시킬 위험이 매우 높다. 또한 채소재배 농가는 주로 연작과 아울러 과잉시비를 반복하고 있기 때문에 안정적으로 작물 생산을 기대하기 힘들다.

미래의 농업에서 시비 및 토양관리는 환경보전을 우선하는 시각에서 검토되어져야 할 것이다. 이를 위한 시비 및 토양관리 대책으로는 농산물의 품질을 높이고 안전생산을 지속시키는 면에서 환경친화형 시비, 자원절약 및 생력시비에 바탕을 둔 시비방법 적용과 토양의 생산성을 유지할 수 있는 농법으로 전환이 필요하다(Jung et al., 2000; Park et al., 1994).

최근 우리나라의 화학비료 3요소의 공급실적은 시판분을 포함할 때 2000년의 743천톤에서 5년이 경과한 2005년에는 650천톤으로 13%가 감소되었으나 연차의 경과에 따른 농경지 감소와 관련되는 ha당 소비량을 보면 2000년은 354 kg이나 2005년은 376 kg으로 오히려 6% 정도가 증가된 것으로 알려져 있다(NACF, 2006).

현재까지 작물 재배지 토양관리 정보에 입지환경, 토양검정자료 및 토지이용도 등 농업자료의 활용과 함께 토양비옥도 실태와 작물별 시비기준은 주로 평난지를 대상으로 하여 설정된 것이므로 고랭지권역의 환경특성을 고려한 시비 및 토양보전의 중요성이 강조되고 있다.

본 조사는 친환경 농산물 안전생산을 위한 기초연구로서 고랭지권역 주요 채소작물 재배지의 적정 시비관리와 토양관리기술 자료로 이용하고자 2003년에서 2004년까지 2년에 걸쳐 시비 실태 및 토양의 이화학적 특성을 조사한 결과이다.

재료 및 방법

농가시비 및 토양관리 실태를 파악하기 위하여 고랭지 권역을 대상으로 2003년에서 2004까지 2년에 걸쳐 조사하였다. 고랭지 권역은 3개 지대로 구분하여 북부로서강원도의 평창, 홍천, 태백, 정선과 중부로서 경북의 봉화, 청송, 영양 및 남부권역의 전북 무주, 진안, 남원, 장수를 대상으로 하여 조사하였다.

조사작물은 각 지대 내에서 재배면적이 넓은 채소작물을 우선적으로 선정하였다. 강원지대는 평창 82농가, 홍천 52농가, 태백 57농가, 정선 56농가 등 합계 247농가, 경북지대는 봉화 175농가, 청송 61농가, 영향 49농가 등 합계 285농가였으며, 전북지대는 무주 68농가, 진안 60농가, 장수 68농가, 남원 64농가 등 합계 260농가를 선정하여 2003년 382농가, 2004년 409농가 총 792개 농가를 대상으로 하여 조사하였다.

주요 조사항목은 농가포장별 재배면적, 표고, 경사, 작토깊이 및 토성 등 현황조사를 실시하였다. 경사는 경사도계를 이용하였고, 작토깊이는 작물의 근권영역 깊이를 기준으로 조사하였다. 3요소 비료의 농가시비는 단비보다는 주로 복합비료를 사용하고 있는 점을 감안하여 복합비료 중에 주성분으로 함유하고 있는 질소, 인산 및 칼리를 구분, 성분량으로 환산하여 나타내었다. 토양검정에 의한 표준시비량 조정 및 농가관행시비량과의 비교는 토양검정 결과를 기준하여 산출한 시비량과 농가의 3요소 시비량을 조사하여 비교하였다.

토양화학성 분석을 위한 시료채취는 15 cm 깊이로 필지당 10 15개 지점의 토양을 채취하여 하나의 복합시료로 하였다. 토양 분석은 농업과학기술원 분석법(NIAST, 2000)에 준하여, 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(pH 7)로 침출하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Labtam-8440)로, 질산태질소는 2M KCl로 침출하여 자동 질소분석기(RFA 300)를 이용하였다.

결과 및 고찰

고랭지 채소재배지 지대별 입지환경 고랭지 권역을 대상으로 크게 3개 지대로 구분하여 실태조사한 지역의 입지현황을 조사한 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 조사지점의 필지당 농가 재배면적은 강원지대(1.1 ha)> 경북지대(0.9 ha)> 전북지대(0.5 ha) 순으로 많았다. 본 조사 면적은 강원 고랭지권에 속하는 정선, 태백, 삼척 및 평창 등 7개 지역의 배추재배 농가 포장당 평균 재배면적 4.0 ha보다는 매우 적다는 것을 알 수 있다(Lee et al., 2002).

조사 지역의 표고는 강원(679 m)>경북(560 m)>전북(524 m) 순으로 강원의 북부지대에서 높은 반면, 경사는 전북(10.6%)>경북(8.2%)>강원지대 (7.5%)순으로 남부인 전북지대에서 더 심하였다. 표고가 높은 지역은 태백과 정선지역이며, 표고가 낮은 지역은 청송과 남원지역이었다. 경사 정도는 무주, 영양, 장수 등의 지역에서 심하였던 반면에, 평창과 청송지역에서는 오히려 낮았다. 이 조사지점들은 각 지역을 대표한 다기 보다는 지대별 실태조사를 위하여 실제로 시

Table 1. Condition of investigated sites with region and county.

Region	County	No. of sites	Planted area	Altitude	Slope	Depth of surface soil	Soil texture
			ha/field	m	%	cm	
Gangwondo	Pyeongchang	82	0.8	578	3.9	28.1	-
	Hongcheon	52	0.7	631	8.2	20.2	SL(75%) †
	Taebaek	57	2.2	816	9.9	17.7	SL(84%)
	Jeongseon	56	1.0	734	9.8	17.6	SL(68%)
	Average	(247)	1.1	679	7.5	21.6	SL(76%)
Gyeongsang-bukdo	Bonghwa	175	1.0	591	9.0	39.0	SL(49%)
	Cheongsong	61	0.8	506	3.0	14.0	L(56%)
	Youngyang	49	0.8	516	12.0	20.0	SiL(51%)
	Average	(285)	0.9	560	8.2	30.4	L(42%)
Jeollabukdo	Muju	68	0.5	556	12.3	20.4	SL(62%)
	Jinan	60	0.7	522	9.3	19.2	SL(53%)
	Jangsoo	68	0.4	532	10.8	19.3	SL(74%)
	Namwon	64	0.3	482	10.0	19.6	SL(66%)
	Average	(260)	0.5	524	10.6	19.6	SL(64%)

†Percentage to total investigated sites.

료를 채취한 지점이다. 토성의 경우 강원이나 전북지대는 사양토(강원 76%, 전북 64%), 경북지대는 양토(42%)와 사양토(35%)의 분포가 많았다.

Table 2는 조사한 작물재배지의 지대별 표고 및 경사의 분포를 조사한 결과이다. 먼저 표고별로 볼 때 배추, 무 및 양파를 재배한 강원과 경북지대에서 조사한 농가 포장이 400 600, 600 800 m의 표고범위에서 어느 정도 균일하게 분포하고 있으나 전북지대에서는 표고 400 600 m에만 치우쳐 조사되었다. 그러나 각 지대 내에서 조사된 포장수를 모두 합해 보면 2개 표고 정도로 구분해 볼 수 있었다.

조사된 포장의 경사별 분포가 표고별 분포에 비하여 비교적 균일한 편이었다. 조사 포장수로 보아 강원에서는 경사정도를 두개로 구분해 볼 수 있겠으나 경북과 전북에서 재배한 배추와 무는 3 4개의 경사범위로 다소 고르게 분포하고 있었다.

고랭지 채소재배지 밭토양의 화학성분 함량

Table 3은 고랭지 지대별 채소재배지 밭토양의 화학성분 함량을 제시한 것이다. 토양의 화학성은 pH 5.7,

Table 2. Distribution of cultivated crops with the altitude and slope.

Region	Crop	No. of sites	Altitude (m)				Slope (%)			
			< 400	400~600	600~6800	800 <	< 2	2~7	7~15	15 <
			---------- No. of sites ----------				---------- No. of sites ----------			
Gangwon-do	Chinese c †	82	-	-	57	25	3	25	44	10
	radish	31	-	-	20	11	1	9	21	-
	Cabbage	52	-	12	40	-	8	35	9	-
	Onion,Carrot	50	-	50	-	-	24	20	6	-
	Potato	32	-	2	30	-	-	9	23	-
	Total	247	-	64	147	36	36	98	103	10
Gyeongsan-gbukdo	Chinese c	194	12	138	44	-	65	62	47	20
	Radish	46	-	23	23	-	3	18	14	11
	Cabbage	45	4	21	16	4	8	10	16	11
	Total	285	16	182	83	4	76	90	77	42
Jeollabuk-do	Chinese c	145	12	107	19	7	18	44	64	19
	Radish	71	6	50	9	6	10	27	18	16
	Potato	37	-	37	-	-	-	12	22	3
	Total	253	18	194	28	13	28	83	104	38

†Chinese c : Chinese cabbage

Table 3. Chemical properties of soil different region and county.

Region	County	No. of sites	pH	OM	Av.P_2O_5	Exch. cation			EC
						K	Ca	Mg	
			1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- $cmol_c$ kg^{-1} ----------			dS m^{-1}
Gangwon-do	Pyeongchang	82	5.9	19.6	698	0.67	4.7	0.8	0.59
	Hongcheon	52	6.0	24.1	934	0.66	4.8	1.4	0.83
	Taebaek	57	6.1	28.3	767	1.74	7.0	1.6	0.59
	Jeongseon	56	5.9	28.8	682	1.59	5.9	1.4	0.58
	Average	(247)	6.0	24.6	760	1.12	5.5	1.2	0.64
Gyeongsang-bukdo	Bonghwa	175	5.7	35.2	929	1.15	6.2	1.4	0.74
	Cheongsong	61	5.7	23.6	869	1.01	6.3	1.8	0.90
	Youngyang	49	5.5	26.9	661	0.97	6.6	2.3	0.90
	Average	(285)	5.6	31.3	870	1.09	6.2	1.6	0.79
Jeollabuk-do	Muju	68	5.8	23.6	553	1.20	6.5	1.9	2.11
	Jinan	60	5.8	29.2	708	1.18	6.2	1.9	0.85
	Jangsoo	61	5.5	26.3	734	1.39	5.9	1.9	2.38
	Namwon	64	5.3	27.3	629	1.36	7.3	2.1	2.04
	Average	(253)	5.6	26.5	653	1.28	6.5	1.9	1.86
Total		(785)	5.7	27.6	765	1.16	6.1	1.6	1.09

유기물 28.4 g kg^{-1}, 유효인산 765 mg kg^{-1}, 치환성의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.3, 6.5, 1.8 $cmol_c$ kg^{-1}, EC는 0.71 dS m^{-1}이었다. 이와 같은 결과는 농업과학기술원(2003)에서 각 도농업기술원과 공동으로 조사한 전국 평지 밭 토양에 비하여 유기물(20 g kg^{-1}), 유효인산(572 mg kg^{-1}), 치환성칼륨(0.79 $cmol_c$ kg^{-1}), 치환성칼슘(5.5 $cmol_c$ kg^{-1}) 함량은 높지만, pH(5.9)와 치환성 마그네슘(1.5 $cmol_c$ kg^{-1})함량은 큰 차이가 없는 결과이다. 그러나 Cho(1999)가 강원도 채소재배지를 중심으로 조사한 결과와 비교해 볼 때 유기물함량(33 g kg^{-1})은 낮아진 상태이며, 유효인산 함량(626 mg kg^{-1})과 치환성칼륨 함량(0.9 $cmol_c$ kg^{-1})은 유기물 함량과는 달리 높은 상태로 유지하였고, 평난지 밭 토양의 적정수준(NIAST, 2000)과 비교할 때 유기물(적정 2.5 3.5 g kg^{-1})은 적정범위에 포함이 되고 있으나 유효인산(적정 400 500 mg kg^{-1})과 치환성칼륨(적정 0.7 0.8 $cmol_c$ kg^{-1})은 적정수준을 초과하고 있었다.

고랭지권역을 크게 나누어 지대별로 볼 때 토양 pH의 경우 전국 평난지의 평균치인 5.9보다 석회암지대가 많은 강원지대의 평균치(6.0)는 다소 높은 경향이나, 경북(5.6) 및 전북지대(5.6)는 평난지 보다 낮은 상태을 나타내고 있다. 그리고 토양의 유기물은 강원 24.6 g kg^{-1}, 경북 31.3 g kg^{-1}, 전북 26.5 g kg^{-1}으로, 유효인산은 강원 760 mg kg^{-1}, 경북 870 mg kg^{-1}, 전북 653 mg kg^{-1} 으로 강원이나 전북보다 경북지대에서 더 높았으며, 치환성 칼륨과 칼슘함량은 전북 고랭지에서 1.28, 6.5 $cmol_c$ kg^{-1}으로 가장 높은 경향이었다.

현재까지 조사된 고랭지의 연대별 밭토양의 비옥도는 연대가 경과함에 따라서 유기물함량은 현저히 감소하는 반면에, 유효인산, 치환성의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 오히려 증가하는 것으로 나타났는데(Cho, 1999) 이는 평난지의 연대별 각 성분함량의 변화와 유사한 경향이었다. 본 조사결과에서도 유효인산 및 치환성칼륨 등 특정성분이 증가된 결과로 미루어 보아 석회질비료의 소요량 검정에 의한 적정 산도 조절과 양질의 유기물을 알맞은 시기에 적정량을 공급하여야 함은 물론 인산 및 칼리질 비료는 무비재배하거나 절감시용이 필요함을 알 수 있었다. 특히 여러 연구자의 조사결과(Lee et al., 2002; Park et al., 1994)에서 지적된 바와 같이 밭작물에 21-17-17 등과 같은 질소성분이 많은 복합비료를 실량개념에서 과다시용하는 점, 농가시비량이 작물별 표준시비량을 상회하고 있는 점, 또한 다량의 가축분 시용시는 가축분의 비료성분을 고려하지 않고 화학비료를 시용하고 있는 관행이 매년 반복되고 있는 점은 금후 개선이 되어져야 할 것이다.

Table 4에서 작물별로 토양화학성분 함량을 보면 토양유기물의 경우 감자, 무 및 양배추는 주로 경북지대에서 29.7 ~ 35.2 g kg^{-1}범위로 높았고, 감자, 무, 당근, 양파 및 양배추 재배지대인 강원에서 유기물은 오히려 25.0 g kg^{-1}이하로 낮은 함량을 보였다.

배추, 무 재배지의 유효인산 함량도 경북지방에서 870 mg kg^{-1}이상으로 높았다. 특히 양배추 재배지인 홍천에서 1,360 mg kg^{-1}으로 가장 높은 함량을 보였으며 전체적으로 양배추를 재배한 강원지대에서 935 mg kg^{-1}으로 조사되었다. 그러나 당근 주산지역인 평

Table 4. Chemical properties of soil of crop fields on major crops.

Crop	Region	No. of sites	pH	OM	Av.P_2O_5	Ex. cation			EC
						K	Ca	Mg	
			1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- $cmol_c$ kg^{-1} ----------			dS m^{-1}
Potato	Northern	32	6.0	24.5	688	0.76	5.5	1.3	0.46
	Middle	13	5.6	33.0	614	1.10	6.2	1.0	0.60
	Southern	14	5.1	28.3	629	1.55	7.2	1.7	2.32
	Average	59	5.7	27.3	658	1.02	6.0	1.3	0.9
Chinesecabbage	Northern	82	6.1	30.1	747	2.06	6.9	1.6	0.66
	Middle	202	5.6	29.1	870	1.02	6.3	1.7	0.85
	Southern	145	5.6	26.5	629	1.30	6.5	1.9	1.63
	Average	429	5.7	28.4	765	1.32	6.5	1.8	0.71
Radish	Northern	31	5.8	24.3	666	0.61	5.2	1.2	0.40
	Middle	46	5.6	35.2	911	1.02	6.1	1.1	0.42
	Southern	71	5.7	25.6	677	1.13	6.6	2.0	1.67
	Average	148	5.7	28.3	747	0.99	6.2	1.6	1.03
Carrot	Northern	46	6.0	19.6	581	0.52	3.9	0.7	0.81
Onion	Northern	25	6.0	17.1	790	0.60	5.0	0.4	0.54
Cabbage	Northern	52	6.0	24.1	935	0.67	4.8	1.4	0.83
	Middle	27	5.6	29.7	861	1.17	6.0	1.7	0.86
	Average	79	5.9	26.1	910	0.84	5.2	1.5	0.84

창지역은 유효인산 함량이 600 mg kg^{-1}이하로 상대적으로 낮은 수준이었다. 치환성칼륨의 경우 높은 함량을 보인 지대는 감자재배지의 전북과 배추재배지의 강원지대로서 각각 1.55 $cmol_c$ kg^{-1}, 2.06 $cmol_c$ kg^{-1}으로 현저히 높았고 감자, 무, 양파, 당근 및 양배추를 재배한 강원지대에서 0.76 $cmol_c$ kg^{-1}이하로 오히려 낮은 함량을 나타내었다. 감자, 배추, 무 및 양배추 재배지에서 토양의 유기물, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량이 높았다. 배추재배지는 유기물함량의 경우 2003년에 조사한 강원지대인 정선 및 태백지역과 경북지대인 봉화에서 높은 함량을 보인 반면에, 2004년에 조사한 경북지대의 청송 및 영양에서는 낮은 함량을 나타내었다. 강원지대인 평창에서 주로 주산단지를 형성하고 있는 당근과 양파재배지에서 토양의 유기물, 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량이 낮았다. 특히 이들 성분들과 함께 유효인산의 경우 당근재배지에서 현저히 낮은 함량을 보였는데, 이는 당근 재배농가에서는 3~4년 주기로 유효성분 함량이 매우 적은 마사토(Saprolite)를 객토한 결과에서 기인된 것으로 판단된다.

Table 5는 토양의 화학성분을 경사별로 본 것이다. 전체 평균치로 본 토양의 pH는 5.5~5.8로 경사간에 큰 차이는 없지만 경사가 30~60%에서 pH 5.5로서 가장 낮았다. 또한 토양의 유기물은 경사가 높아질수록 증가하는 경향을 보였는데 30~60% 경사지에서 36.6 g kg^{-1}으로 가장 높았고, 치환성의 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 염기의 함량도 경사도가 심할수록 증가하는 경향을 보였다. 단지 유효인산 함량은 경사가 심할수록 낮아지는 경향을 보여 경사가 가장 심한 30~60%에서 465 mg kg^{-1}으로 가장 낮았다. 고랭지에서는 전체 밭토양의 67%가 15% 이상의 경사지로 되어 있음을 고려할 때 유효인산 함량을 제외하고는 경사가 심할수록 토양비옥도의 저하는 크게 우려할 정도는 아니었다.

토양유기물 함량은 강원, 경북 및 전북지대 모두 경사가 높은 위치에 있는 밭이 경사가 낮은 위치의 밭보다 많은데, 이러한 사실은 작물 재배연수가 상대적으로 적어 미 분해된 산야초 및 낙엽수 등 부엽퇴비가 많았기 때문으로 추정된다. 유효인산은 유기물 함량과는 달리 강원, 경북, 전북지대 모두 공통적으로 경사가 심한 데서 낮은 함량을 유지하고 있어 유기물함량과 관련해서 볼 때 재배경력에 따른 차이임을 알 수가 있다. 정 등(2000)이 노지 밭을 대상으로 토양시료 4,465점을 분석한 결과 유효인산 함량의 연간 증가량은 화학비료 및 유기물 시용량에 따라 차이가 있지만 20 mg kg^{-1} 정도라고 하였다. 따라서 재배 년수가 경과함에 따라서 각종 영양분 중에서도 특히 유효인산은 연도의 경과에 따라 집적되는 것을 잘 알 수 있다.

지대 및 표고별 채소재배지 토양의 화학성분 함량을 보면 Table 6과 같다. 조사한 농가포장수가 많은 표고 400 600 m와 600 800 m에서 비교해 보면 표고가 높은 600 800 m에서 토양유기물, 치환성 칼륨의 함량이 다소 많았으며, 표고가 낮은 400 600 m에서는 유효인산, 치환성 칼슘, 마그네슘, 전기전도도

Table 5. Chemical properties of soil different region and slope.

Region	Slope	No. of sites	pH	OM	Av.P_2O_5	Ex. cation			EC
						K	Ca	Mg	
	%		1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- $cmol_c$ kg^{-1} ----------			dS m^{-1}
Gangwon-do	0~2	26	5.8	23.0	978	0.99	4.7	0.9	0.7
	2~7	115	6.1	22.3	744	1.00	5.5	1.1	0.6
	7~15	96	5.9	27.3	727	1.18	5.6	1.4	0.5
	15~30	10	6.0	31.8	751	2.55	7.6	1.7	0.8
Gyeongsan-gbukdo	0~2	74	5.5	27.0	908	1.07	6.3	1.8	0.9
	2~7	93	5.8	35.9	975	1.15	6.2	1.3	1.1
	7~15	85	5.5	30.1	796	1.04	6.4	1.7	0.8
	15~30	30	5.6	31.6	767	1.03	6.3	1.7	0.5
	30~60	3	5.0	55.9	414	1.29	4.4	1.7	0.9
Jeollabuk-do	0~2	28	6.2	25.7	702	1.00	6.4	1.9	0.9
	2~7	82	5.4	26.5	673	1.07	6.4	1.9	1.7
	7~15	105	5.5	26.5	665	1.37	6.2	1.9	2.1
	15~30	32	5.6	28.5	585	1.39	7.1	2.0	2.2
	30~60	6	5.7	27.0	491	2.39	8.1	2.7	3.3
Average	0~2	128	5.7	25.9	877	1.04	6.0	1.6	0.9
	2~7	290	5.8	27.8	798	1.07	6.0	1.4	1.1
	7~15	286	5.7	27.9	724	1.21	6.0	1.7	1.2
	15~30	72	5.7	30.2	684	1.40	6.8	1.9	1.3
	30~60	9	5.5	36.6	465	2.02	6.9	2.4	2.5

Table 6. Chemical properties of soil æflfferent region and altitude.

Region	Altitude	No. of sites	pH	OM	Av.P_2O_5	Ex. cation			EC
						K	Ca	Mg	
	m		1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	---------- $cmol_c$ kg^{-1} ----------			dS m^{-1}
Gangwon-do	400~600	64	6.0	18.6	843	0.63	4.5	0.7	0.8
	600~800	183	5.9	26.9	724	1.40	5.7	1.4	0.5
Gyeongsan-gbukdo	400<	16	5.3	26.0	925	1.19	5.6	2.1	1.4
	400~600	183	5.8	30.4	916	1.11	6.4	1.7	0.8
	600~800	82	5.5	35.1	786	1.01	6.1	1.4	0.5
	800>	4	5.8	19.2	467	0.87	5.7	1.4	-
Jeollabuk-do	400<	18	5.9	30.0	660	0.88	5.7	1.5	0.6
	400~600	196	5.5	26.5	661	1.29	6.5	2.0	1.9
	600~800	26	5.8	26.0	638	1.30	6.2	1.8	1.7
	800>	13	5.8	27.5	572	1.73	8.0	2.2	0.7
Average	400<	34	5.6	28.1	785	1.02	5.6	1.8	1.1
	400~600	443	5.7	27.0	793	1.12	6.2	1.7	1.3
	600~800	291	5.8	29.4	735	1.27	6.0	1.4	0.6
	800>	17	6.0	24.0	693	1.09	6.9	1.7	0.5

(EC) 및 질산태질소 함량이 많았다. 유기물 함량은 조사 농가포장이 많은 표고에서 비교해 볼 때 강원과 경북지대에는 전체 평균으로 본 표고간의 차이와 마찬가지로 600 800 m가 400 600 m보다도 많았으나 전북지대는 근소한 차이로 다소 다른 경향을 보였는데 이는 조사 개소수 및 조사지점의 차이에서 온 것이라고 생각된다. 유효인산 함량은 강원, 경북 및 전북지대 모두 표고가 높을수록 낮은 함량을 나타내고 있다. 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등 염기함량은 강원지대에서는 표고 400 600 m보다 600 800 m에서 높았지만 경북과 전북지대에서의 이들 염기함량의 표고간 차이는 크지 않았다. 이와 같이 표고에 따른 화학성분 함량의 다소는 경사별 화학성분 함량과도 어느 정도 일치되는 경향이었다. 일반적으로 경사가 심한 경작지는 표고 역시 높은 곳에 위치하고 있음을 본 조사결과로서도 알 수가 있었다.

고랭지 채소에 대한 농가시비량 경사별 농가시비량을 Table 7에서 보면 질소, 인산, 칼리의 농가시비량의 경사 정도 간 차이는 크지 않았다. 전체적으로 볼 때 경사 0 2%에서 질소, 인산 및 칼리의 농가시비량은 적은 경향인데 이는 경북과 전북지대에서 뚜렷하였다. 퇴비와 석회질비료의 농가시용량은 경사 2% 이하에서 더 많은 것으로 나타났는데 경북지대에서 퇴비와 석회를 다량으로 시용한 것이 반영되었기 때문으로 볼 수 있다. 경사 3% 이상에서는 경사 차이에 의한 3요소비료의 시용량 차이가 크지 않았음을 알 수 있었다. 산간 고랭지에 비하여 평난지 조건에서 경사도가 낮은 지역이 많음을 고려할 때 경사가 2%

Table 7. Amounts of NPK, manure and lime applied in farmers' fields different region and slope.

Region	Slope	No. of sites	Fertilizers				
			N	P_2O_5	K_2O	Manure	Lime
	%		kg ha^{-1}				
Gangwon-do	0~2	26	321	212	259	9,990	1,400
	2~7	115	317	216	245	10,240	1,420
	7~15	96	321	218	243	9,570	1,560
	15~30	10	368	244	300	8,430	2,450
Gyeongsan-gbukdo	0~2	74	303	216	243	21,220	2,560
	2~7	93	403	274	334	10,980	2,740
	7~15	85	336	218	253	5,960	1,770
	15~30	30	350	240	277	4,830	1,440
	30~60	3	452	263	423	5,200	1,600
Jeollabuk-do	0~2	28	311	122	193	14,350	1,880
	2~7	82	329	132	237	15,700	1,550
	7~15	105	333	146	254	15,320	1,530
	15~30	32	344	123	244	15,560	1,470
	30~60	6	284	165	228	18,000	1,670
Average	0~2	128	308	188	222	17,740	2,260
	2~7	290	349	205	256	12,020	1,830
	7~15	286	331	195	239	11,730	1,560
	15~30	72	350	203	251	10,110	1,380
	30~60	9	340	221	267	13,730	1,500
Total average		(785)	335	198	244	12,680	1,750

Table 8. Amount of fertilizers applied in farmers' fields with region and altitude.

Region	Altitude	No. of sites	Fertilizers				
			N	P_2O_5	K_2O	Manure	Lime
	m		kg ha^{-1}				
Gangwon-do	400~600	64	288	203	250	11,430	1,190
	600~800	147	333	225	255	9,220	1,360
	800<	36	334	212	215	10,450	1,860
Gyeongsan-gbukdo	400>	16	334	191	221	5,730	1,400
	400~600	183	362	246	290	13,650	2,080
	600~800	82	335	232	273	11,020	1,950
	800<	4	340	261	297	15,500	1,890
Jeollabuk-do	400>	18	335	129	214	13,950	1,580
	400~600	196	331	138	243	15,350	1,610
	600~800	26	331	105	247	17,460	1,380
	800<	13	294	180	217	15,230	1,290
Average	400>	34	334	158	217	10,080	1,500
	400~600	443	338	192	239	14,080	1,830
	600~800	255	334	215	260	10,640	1,640
	800<	53	220	208	222	12,070	1,720

미만인 지역은 지온의 상승으로 토양 중 유효성분의 유효화가 용이할 뿐만 아니라 석회시용에 의하여 화학성분의 유효화가 상승되는 효과와 퇴비시용량 증대에 의한 비료성분의 추가적인 공급이 병행되었기 때문으로 생각 된다

표고별 농가시비량을 Table 8에서 보면 표고 400 m 이하에서 3요소와 퇴비 및 석회질비료인 개량자재의 시용량이 적은 결과를 보였다. 표고 400 m 이하에서 질소, 인산, 칼리, 퇴비 및 석회질비료 모두 표고 400 800 m 에서보다 적게 시용하는 것은 평난지에 근접해 있어 온도가 비교적 높기 때문에 토양에서의 비료성분 방출이 많으며, 관개수로부터의 양분유입량도 많았기 때문으로 생각된다(NIAST. 2000).

전체평균에서 조사농가수가 많은 표고 400 600 m와 600 800 m는 질소시비량은 차이가 적으나 강원지대는 표고 600 m 이하보다 600 m 이상에서 질소시비량이 많았다. 표고 600 800 m에서 인산과 칼리질 비료와 표고 400 600 m에서 퇴비와 석회질비료의 시용량이 많았는데 이러한 차이는 지대간의 차이와 표고별 토양화학성분 함량과 관련해서 볼 때, 포장별 경작자에 따라 비배관리가 매우 달랐기 때문으로 생각된다.

토양검정에 의한 표준시비량 조정 및 농가 관행시비량과의 비교 조사한 농가포장수가 많은 작물에 대하여 농가시비량을 지대별로 보면 표 9에서와 같이 감자, 배추, 무 모두 봉화, 청송 및 영양인 경북지대에서 가장 많았고, 다음은 평창, 홍천, 태백, 정선인 강원지대에서 많았다. 반면에 무주, 진안, 남원, 장수인 전북지대에서는 이들 작물에 대한 농가시비량이 적은 것으로 나타났다. 이와 같이 적정량 이상의 퇴비를 시용하면서도 복합비료를 다량으로 시용하고 있는 것으로 보였다.

작물별 시비추천식에서 토양검정치를 대입하여 산출한 토양검정시비량에 대하여 실제 시용한 농가의 작물별 시용량을 배율로서 보면 질소의 경우 감자 1.7 2.0배, 배추 1.4 1.6배 무 1.2 1.3배 이며, 인산의 경우는 감자 4.2 7.0배, 배추 4.6 8.3배, 무 4.2 7.2배 이었으며, 칼리는 감자 1.4 2.2배, 배추 3.5 4.0배, 무 3.0 3.6배를 더 시용하였다. 여기서 토양검정에 의한 시비량 산출에 있어서 작물별 지대별로 조사한 토양검정치를 이용할 수 있겠으나 지대간의 조사점수의 차이 및 토양검정에 의한 시비의 변이폭을 줄이기 위하여 작물별 평균치를 이용하였다.

이상과 같은 결과로 볼 때 고랭지 채소 재배농가는 작물의 양분 요구도 및 토양 이화학성를 감안하지 않고 다량의 화학비료를 매년 또는 작기마다 관행적으로 반복 시용하고 있음을 알 수 있다. 특히 토양에 과다 축적되어 있는 유효인산과 치환성 칼륨함량(Table 3 Table 6)을 고려하지 않고 인산과 칼리질 비료를 반복적으로 다량 시용하고 있어 적정 시비기준 설정 및 영양분 유출을 최소화할 수 있는 영농기술지도 및 환경친화형 시비관리로의 전환이 요구된다.

적 요

본 연구는 고랭지 주요 채소작물에 대한 적정 시비관리 및 토양관리기술의 기초 자료로 이용하고자 2003

Table 9. Comparison of amount of fertilizer based on soil test and fertilizer applied in farmers' fields

Regions	Crops	No. of sites	NPK Fertilizers		
			Soil test(A)‡	Farmers (B)	B/A
			---------- kg ha^{-1} ----------		
Gangwon-do	Potato	32	137-33-114	245-203-203	1.8-6.1-1.8
	Chinese c†	82	238-30-71	365-236-281	1.5-7.9-4.0
	radish	31	252-30-68	304-203-202	1.2-6.8-3.0
	Carrot	25	180-40-747	263-208-247	1.5-5.2-3.3
	Onion	25	233-30-155	276-199-254	1.2-6.6-1.6
	Cabbage	41	312-30-217	355-222-243	1.1-7.4-1.1
Gyeongsan-gbukdo	Potato	13	137-33-114	279-232-255	2.0-7.0-2.2
	Chinese c	194	238-30-71	378-248-297	1.6-8.3-4.2
	Radish	46	252-30-68	306-215-245	1.2-7.2-3.6
	Cabbage	27	312-30-217	313-224-246	1.0-7.5-1.1
Jeollabuk-do	Potato	14	137-33-114	235-141-155	1.7-4.3-1.4
	Chinese c	145	238-30-71	336-138-245	1.4-4.6-3.5
	Radish	71	252-30-68	322-125-225	1.3-4.2-3.3

† Chinese c : Chinese cabbage

‡ Amounts of NPK recommendation determined by soil testing (2001~2004, NAAES)

년에서 2004년까지 2년에 걸쳐 고랭지권역 792개소를 대상으로 토양관리실태 및 시비실태를 조사하였다.

그 결과 재배지역의 표고는 강원(679 m)>경북(560 m)>전북(524 m) 순으로 높은 반면, 경사는 전북(10.6%)>경북(8.2%)>강원(7.5%) 순으로 높았다. 그리고 토성은 강원과 전북은 사양토(강원 76%, 전북 64%), 경북은 양토(42%)와 사양토(35%)가 많았다. 토양의 화학성은 pH 5.7, 유기물 27.6 g kg^{-1}, 유효인산 765 mg kg^{-1}, 치환성의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.16, 6.1, 1.6 $cmol_c$ kg^{-1}, 양이온 치환용량은 9.2 $cmol_c$ kg^{-1}이었다. 고랭지 주요작물의 시비실태 조사 결과 화학비료 시비량은 토양검정 시비량에 비하여 감자는 질소 1.7 2.0배, 인산 4.2 7.0배, 칼리 1.4 2.2배, 배추는 질소 1.4 1.6배, 인산 4.6 8.3배, 칼리 3.5 4.2배, 무는 질소 1.2 1.3배, 인산 4.2 7.2배, 칼리 3.0 3.6배였다. 이와 같은 결과는 모든 작물에서 토양의 축적된 화학성분과 작물의 양분 요구도을 고려하지 않고 관행적으로 시비하고 있음을 보여 주고 있다. 특히 인산과 칼리를 과용하고 있는 것은 시급히 개선해야 할 사항으로 토양검정기준에 의한 시비관리 및 영농기술 지도가 필요할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

Cho, B.O. 1999. Characterization of soil fertility and management practices of alpine soils under vegetable cultivation. Ph.D. Dept. of Agri. Chem. Graduate School, Kangwon National Univ., Chunchon, Korea. p. 13 34.

Jung, J.S., S.H. Oh, and C.S. Lee. 2000. Soil amendment and fertilizer application technology. Hanrim-Journal Press. p.128-151. Seoul.

Lee, C.S., G.J. Lee, J.T. Lee, K.Y. Shin, J.H. Ahn, and H.J. Cho. 2002. Status of fertilizer applications in farmers' field for summer Chinese cabbage in highland. Kor. J. Soil Sci. and Fert. 35:306-313.

NAAES. 2001. Experimental Research Report. p. 77-83. National Alpine Agricultural Experiment Station, Pyongchang, Korea.

NACF. 2006. Statistical Yearbook for Fertilizer Operation. Fertilizer No 2-10. p. 68. National Agricultural Cooperative Federation, Seoul, Korea.

NIAST. 2000a. Farm Soil Environmental Maintenance Management Skill Report(1995 1999). p.164-172. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.

NIAST. 2000b. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.

NIAST. 2003. Monitoring project on Agri-Environment Quality in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.

Park, B.G., T.H. Jeon, Y.H. Kim, and Q.S. Ho. 1994. Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. Korean J. Soil Sci. and Fert. 27:238-246.

Park, C.S. 2002. Soil management practices to reduce water erosion from the sloped farmland in highland. Graduate School of Kangwon National University. a Doctoral Thesis. Chunchon, Korea.