

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
증장기 Code	A	RIMS Code		2007B00110000017	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
친환경 농업기술 개발		농업환경 ES0302	'07~'11	환경농업연구과	강안석
1) 유기재배 기술 체계화		"	'07~'09	"	조병욱
색인용어	유기재배, 양분관리, 고추, 유기성 자원				

ABSTRACT

Organic farming has rapidly spreaded in Gangwon province, but there is a concern about nutrient accumulation and nutrient imbalance in the soil. This study was conducted for 3 years to investigate the actual nutrient status in soil of organic farming and soil properties in pepper cultivation field applied with different type of organic resources. Organic farmers in Hwacheon mainly used Hwacheon organic fertilizer made by Hwacheon Agricultural Co-operation. The organic fertilizer contained relatively high amount of phosphate compared with nitrogen and the content of phosphate in soil of organic farming increased over year and was greater than optimum range for crop cultivation. Application of organic resources including oil cake, rice straw compost, amino acid compost, rice bran compost, and mushroom byproduct compost instead of chemical fertilizer resulted in comparable growth and yield of pepper. Available phosphate level in soil amended with rice bran compost or mushroom byproduct compost was relatively high compared with the other treatments due to high phosphate composition in the compost. Therefore nutrient balance should be carefully considered in organic farming without use of chemical fertilizers.

1. 연구목표

최근 도시 소비자들의 안전 식품에 대한 높은 관심과 기대, 농업인들의 쾌적한 농촌 환경에서 살고자 하는 욕구와 더불어 정부의 화학비료 사용량을 줄이기 위한 정책 실시에 힘입어 친환경농업을 실천하는 농가가 급격히 늘어나고 있다. 우리나라의 친환경 인증 농가는 2001년 4,678호에서 2008년 172,553호로 37배 증가하였으며, 면적과 출하량은 2001년 4,556 ha와 87천톤에서 2008년 174,109 ha와 2,188천톤으로 각각 38배, 25배로 증가하였다(국립농산물품질관리원, 2010). 도내에서는 친환경 인증 농가와 그 면적과 출하량이 2001년 각각 371호와 338 ha, 12천톤에서 2008년 5,503호와 6,623 ha와 89천톤으로 각각 15배와 20배, 7배로 증가하여 비교적 증가폭이 적은 편이었다. 친환경 인증 가운데 유기농산물 만을 따로

보게 되면, 농가 수와 면적, 출하량은 2001년 442호, 450 ha, 11천톤에서 2008년 8,460호, 12,035 ha, 115천톤으로 증가폭이 각각 19배, 17배, 10배로 낮아지며, 도내는 2001년 62호, 66 ha, 1.4천톤에서 2008년 886호, 1,380 ha, 17천톤으로 각각 14배, 21배, 12배로 전국의 증가폭과 대등하거나 높은 것으로 보아 도내에서는 친환경 인증 가운데 유기농산물의 증가가 비교적 높았음을 알 수 있다.

그런데 유기재배 농가에서 축분 비료와 유기질 비료를 과다 사용하여 토양에 인산 등 염류의 집적 및 양분 불균형과 함께 질산염에 의한 수질오염의 우려가 제기되고 있다. 우리나라 유기농 재배농가들이 퇴비는 많이 시용할수록 좋은 것이라는 생각으로 지나치게 많이 사용하는 경향을 보이며(이 등, 2006), 손 등(1996)은 유기농법을 실시하는 농가의 배추 재배 포장의 질산 함량은 관행재배지보다 표토는 3.6배, 심토는 4.7배 높았으며, 인산과 전기전도도 또한 관행재배보다 높았다고 하였고, 손과 한(2000)은 팔당 상수원 보호구역내 유기농법 포장의 질산염 함량이 관행농법 토양보다 4~7배 많고 유효인산 함량은 2배 정도 높아 수질에 대한 비점오염원이 될 가능성이 매우 높다고 하였으며, 조 등(2009)은 유기농 재배 밭 토양은 관행에 비해 인산은 1.4배, 칼리는 1.5배 높았다고 하였다. 또한, 유기재배 농가에서 퇴비를 자가 생산할 때 가장 많이 사용하는 유기물원은 가축분뇨(이 등, 2006)이나, 최근에는 항생제의 과다 사용에 따른 가축분뇨의 항생제 함유 가능성 등 위해 요소에 대한 우려가 커지면서 공장형 축분의 사용이 지양되면서 가축분뇨 이외의 유기성 자원을 탐색 활용해야 할 필요성이 높아지고 있다.

따라서 가축분뇨가 아닌 다른 유기성 자원의 올바른 활용으로 토양과 수질에 대한 악영향을 최소화하면서 화학비료 사용량을 줄이고 농가 생산비를 절감하기 위하여 도내 유기재배지의 실태와 유기자원별 환경영향평가를 2007년부터 2009년까지 3년간 수행하였다.

2. 재료 및 방법

유기재배농 작물 영양관리 기술 체계화 시험은 화천 지역 유기재배 농가의 밭과 시설하우스의 토양을 작물 재배 전, 작물 재배 초기, 작물 수확 후 등 연 3회 채취 및 분석하였으며, 2009년에는 춘천과 양구의 유기재배 포장도 포함하여 분석하였다. 조사 지역을 구체적으로 살펴보면 화천군 간동면 용호리에서 17지점, 화천군 상서면 신대리 토고미 마을에서 5지점, 화천군 사내면 광덕2리에서 2지점, 양구군 남면에서 3지점, 춘천시 북산면 추곡리에서 1지점이었다. 연구기간 중 용호리 2지점이 유기재배에서 일반 재배로 바뀌어 이를 제외하였다.

유기성자원 대체 활용 기술 개발 시험은 농업기술원 노지 및 시설하우스 포장(춘천)에서 2007년부터 2009년까지 3년간 수행하였으며, 재배 작목은 고추이고, 유박, 쌀겨퇴비, 버섯폐배지, 아미노산, 볏짚 퇴비 등 유기성 자원의 시용 효과를 관행 화학비료 및 무비구와 대비하여 조사하였다. 공시된 유기성 자원의 성분 조성은 표 1과 같으며, 유효성분의 함량과 공정 규격의 기준값은 표 2에 나타내었다.

표 1. 유기성 자원의 성분 조성(%)

	유기물	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N
벗짚퇴비	18	0.7	0.2	0.7	0.7	0.3	14.9
쌀겨퇴비	48	1.9	1.4	0.6	1.1	2.8	14.4
버섯폐배지퇴비	30	1.4	1.0	0.8	0.5	0.4	12.6
유박비료	75	4.7	2.1	1.1	0.6	0.6	9.3
아미노산퇴비	25	5.2	0.6	2.5	2.2	1.3	2.8

표 2. 유기성 자원의 유해성분 함량과 공정 규격의 기준값(mg/kg)

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	염분
벗짚퇴비	0.12	2	4	0.6	0.3	27	0.42	0.18
쌀겨퇴비	0.21	6	8	1.3	0.4	44	0.21	0.05
버섯폐배지퇴비	0.06	3	4	0.9	0.6	17	0.39	0.03
유박비료	0.03	13	17	3.4	0.8	45	0.50	0.06
아미노산퇴비	0.24	38	4	19.7	1.9	26	0.37	0.36
공정규격	5	300	300	50	150	900	50	1

무비구는 양분을 3년간 사용하지 않았으며, 화학비료는 토양 분석 후 검정시비를 하였고, 유기성 자원은 토양 분석을 기준으로 질소 검정 시비를 하였다. 그 결과 유기성 자원 처리에서는 인산과 칼리가 부족하거나 과잉 사용하게 되었으며, 처리별 과부족량을 표 3에 나타내었다. 쌀겨퇴비와 버섯폐배지는 인산이 과다 사용되었고, 유박 비료와 쌀겨퇴비는 칼리가 부족하게 사용되었다.

표 3. 처리별 양분 과부족(kg/10a)

	하우스			노 지		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
화학비료	0	0	0	0	0	0
벗짚퇴비	0	2.9	6.5	-	-	-
쌀겨퇴비	0	6.4	-19.6	0	5.8	-16.3
버섯폐배지퇴비	0	26.6	- 4.3	0	9.8	- 9.9
유박비료	0	5.7	-20.6	0	0.6	-20.7
아미노산퇴비	-	-	-	0	-9.1	-16.1

3. 결과 및 고찰

가. 유기재배농 작물영양관리 기술 체계화

유기재배 농가의 재배 작목은 주로 고추였으며, 배추, 들깨, 콩, 옥수수, 땅콩, 울무, 야콘, 수수 등 다양하였고 해에 따라 달라지는 곳도 많았다. 재배 작형은 주로 고추 1기작 또는 배추-잡곡류(들깨 등) 2기작이었다. 경종 관리 방법으로는 휴반 및 두둑은 주로 흑색비닐 피복 또는 차광막으로 처리하였으며, 일부 농가에서 간이 비가림 시설과 위드스탑 등의 자재를 이용하였다.

화천 용호리와 토고미 마을에서는 대부분 화천군에서 지원하여 주는 화천 유기질비료(화천농협 제조)를 사용하였으며, 그 조성은 미강 50%, 깻묵 30%, 어분 5%, 골회 5%, 탄산칼슘 10%였다. 화천 유기질비료의 양분 함량은 질소, 인산, 칼리가 각각 3-4-0.5로 질소에 비해 인산이 높고 칼리가 낮아 계속하여 사용할 때에는 농경지에 인산이 누적되는 반면 칼리는 부족해질 염려가 있다. 유기질비료의 사용량은 10a당 300kg 이상으로 다소 높은 편이었다.

작물을 재배하기 전의 토양 화학성을 표 4에 나타내었다. 27지점의 평균값을 보면, 산도와 유기물 함량은 적정 범위에 있었으나, 인산과 칼리는 각각 697mg/kg과 0.7cmol/kg으로 적정범위인 300~500mg/kg과 0.5~0.6cmol/kg에 비해 다소 높았다. 도내 밭 토양의 화학성과 비교해 보면, pH와 유효인산 함량, 치환성 석회 및 고토의 함량은 높은 편이었다. 그러나 손 등(1996)의 유기재배지의 인산 함량(배추 769mg/kg, 상추 938mg/kg)이나 손과 한(2000)이 보고한 팔당 상수원 보호구역의 유기농법 재배지의 유효인산 함량인 918~1,114mg/kg보다는 낮은 수준이었다. 또한 조 등(2009)의 유기농 밭 토양의 인산과 칼리 함량인 1,221 mg/kg과 1.55cmol/kg보다는 매우 낮은 수준이었다. 이 토양 중금속 함량은 모든 유기재배 포장에서 우려기준보다 매우 낮은 함량을 나타내었다(표 5).

표 4. 재배 전 토양 화학성과 도내 밭 토양 화학성 및 적정 범위

	pH	EC dS/m	OM g/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	Ca	K cmol ⁽⁺⁾ /kg	Mg
27지점 평균	6.8	0.4	24	697	6.2	0.7	1.6
도내 평균 ¹⁾	6.0		25	512	4.8	0.7	1.4
적정 범위	6-7	<2	20-30	300-500	5-6	0.5-0.6	1.5-2

¹⁾도내 밭 토양 7,587 ha 평균값(주요작물 재배지 토양검정사업, 2005~2008)

표 5. 재배 전 토양의 중금속 함량과 우려기준(mg/kg)

	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	As	Hg
평 균	0.04	0.21	1.7	1.2	0.25	11	0.11	0.02
최 대	0.07	0.41	3.6	1.7	0.50	29	0.24	0.04
최 소	0.01	0.08	0.6	0.7	0.08	1	0.03	0.01
우려기준	1.5	-	50	100	40	300	6	-

작물 수확 후의 토양 화학성을 보면, 경작 전에 비해 인산 함량이 높아지고 전기전도도가 높아졌다(표 6). 이는 작물이 필요로 하는 양보다 많은 양분의 시용으로 작물이 흡수하지 않고 남은 과잉의 양분이 수확 후에도 잔류한 결과로 여겨진다. 특히 인산이 높아지는 것은 대부분 농가에서 사용하고 있는 화천유기질비료의 특성에 기인한 것으로 보여 추후 시정이 필요할 것으로 사료된다.

표 6. 작물 수확 후 토양 화학성

	pH	EC	P ₂ O ₅	Ca	K	Mg
평균	6.6	0.6	825	6.7	0.9	2.1
최대	7.1	2.9	1,756	11.3	2.3	3.6
최소	5.5	0.09	97	3.6	0.2	0.8
적정범위	6~7	<2	300~500	5~6	0.5~0.6	1.5~2

나. 유기성자원 대체 활용 기술 개발

고추의 엽색도와 초장의 경시적 변화를 보면, 하우스에서는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으나, 노지에서는 생육 후기로 갈수록 관행 화학비료에 비해 유기성 자원에서는 엽색과 초장이 떨어지는 비절 현상을 나타내었다(그림 1). 유기성 자원은 화학비료에 비해 지효성일 지라도 고추와 같이 긴 작기의 작물을 재배하는 데에 있어서는 생육 후기에 양분이 부족한 증상을 나타내므로, 덧거름을 주어야 할 것이다. 특히, 아미노산의 경우 초기 생육은 우수하나 후기에 엽색도가 급격히 낮아지는 속효성을 나타내므로 생육 후기 양분 관리에 주의해야 한다.

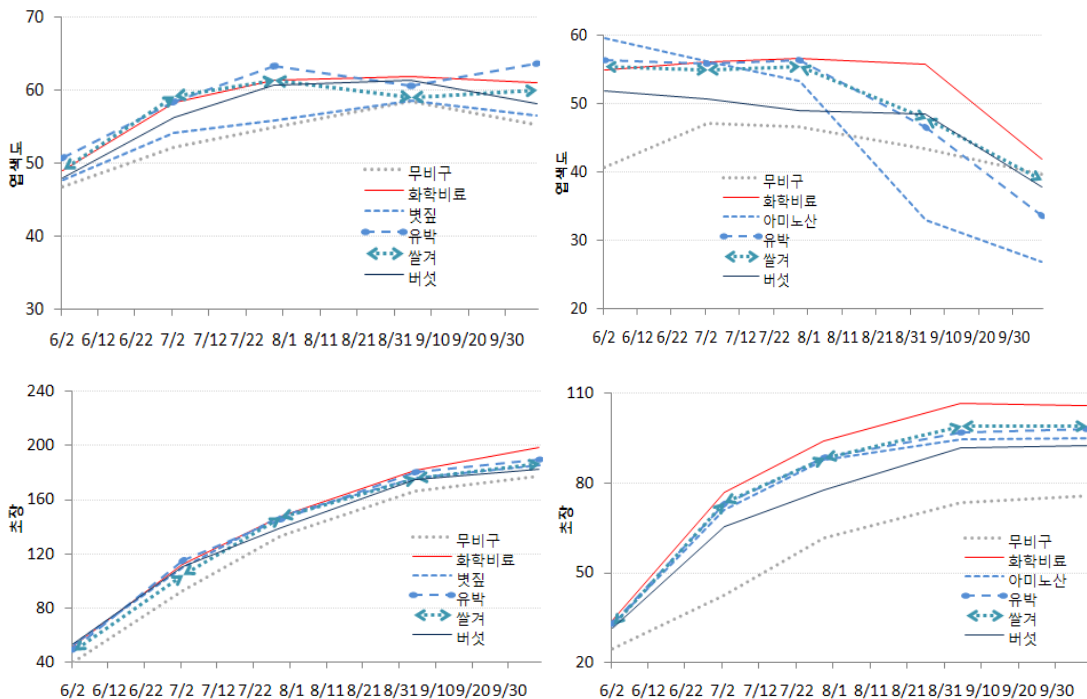


그림 1. 고추의 엽색도와 초장의 경시적 변화(하우스: 왼쪽, 노지: 오른쪽)

유기성 자원을 사용하였을 때의 고추 수량은 대체로 화학비료와 대등하였다(그림 2). 버섯 폐배지의 경우에는 하우스에서는 화학비료보다 다소 수량이 높았으나 노지에서는 가장 낮은 수량이 얻어져서 양분 공급 측면보다는 토양 물리성을 개선한 결과로 보인다. Buckerfield와 Webster(2002)는 버섯폐배지의 토양 물리성 개선, 토양 미생물상 개선, 보습 효과, 작물의 생육 및 수량 증대 효과를 보고한 바 있다.

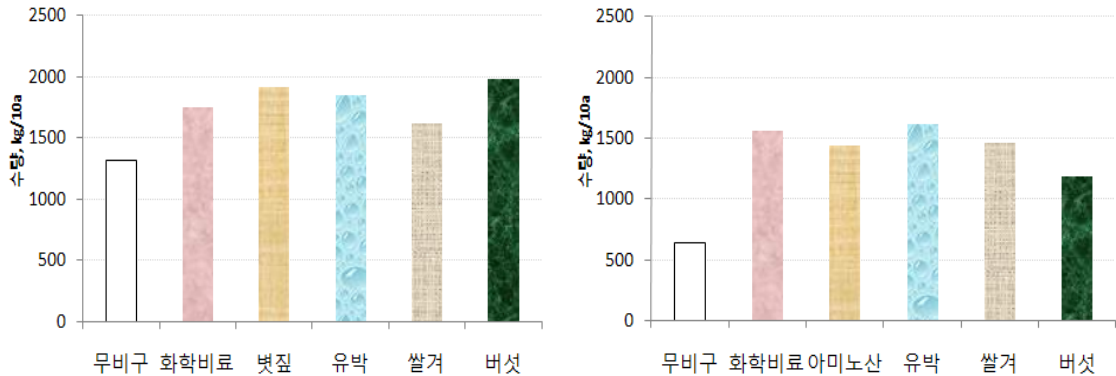


그림 2. 고추 수량(하우스: 왼쪽, 노지: 오른쪽)

고추 수확 후기인 10월 8일의 하우스와 노지의 토양 화학성을 각각 표 7과 표 8에 나타내었다. 유기성 자원을 처리하면 하우스와 노지 모두 토양 유기물 함량이 화학비료보다 높았다. 특히 버섯폐배지와 볏짚퇴비가 아미노산퇴비나 유박비료, 짚겨퇴비에 비해 토양 유기물 함량이 높았는데, 이는 난분해성 유기물 함량이 높기 때문인 듯하다. 유효인산에 있어서는 짚겨퇴비와 버섯폐배지는 544~577 mg/kg으로 다른 처리구보다 높고 적정 범위보다 높았다. 이는 짚겨퇴비와 버섯폐배지가 질소에 비해 인산 함량이 높은 결과일 것이다. 한편 치환성 칼리는 짚겨퇴비와 유박비료에서 0.38~0.42로 화학비료나 다른 유기성 자원보다 낮았는데, 이는 짚겨퇴비와 유박비료가 질소에 비해 칼리가 낮기 때문이다. 이 등(2006)은 짚겨만을 사용하여 신선초-상추-케일을 재배하였을 때 인산은 ha당 391kg이 과다한 반면, 칼리는 139kg이 부족하다고 보고하여, 짚겨퇴비를 사용하였을 때 인산은 높지만 칼리가 낮은 본 연구 결과와 비슷한 결과였다. 유기성 자원은 질소, 인산, 칼리의 조성 비율을 바꿀 수 없으므로, 한 성분을 기준으로 시용할 경우 다른 성분이 부족하거나 과잉되어 지속농업을 기대하기 힘들다. 따라서 한 가지 유기성 자원을 계속하여 시용하는 경우에는 특정 성분의 집적이나 결핍을 초래할 가능성이 높으므로 양분 조성을 고려하여 양분 균형을 이루어야 한다.

표 7. 고추 수확 후기(10월 8일)의 하우스 토양의 화학성과 적정 범위

처 리	pH	EC dS/m	OM g/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	Ca	K	Mg
					cmol ⁽⁺⁾ /kg		
쌀겨퇴비	6.8	0.66	22	557	5.6	0.40	1.5
유박비료	6.6	0.79	22	484	5.5	0.38	1.4
버섯폐배지	6.6	0.62	23	570	5.6	0.77	1.7
벗짚퇴비	6.8	0.58	23	503	5.6	0.90	1.8
화학비료	6.5	0.91	18	412	5.6	0.50	1.3
무 비 구	6.8	0.28	18	371	5.3	0.32	1.2
적정범위	6-7	<2	20-30	350-500	5-7	0.7-0.8	1.5-2.5

표 8. 고추 수확 후기(10월 8일)의 노지 토양의 화학성과 적정 범위

처 리	pH	EC dS/m	OM g/kg	P ₂ O ₅ mg/kg	Ca	K	Mg
					cmol ⁽⁺⁾ /kg		
쌀겨퇴비	6.8	0.14	18	558	3.9	0.42	1.3
유박비료	6.6	0.13	19	511	3.5	0.41	1.0
버섯폐배지	6.9	0.17	21	544	4.1	0.66	1.5
아미노산퇴비	6.5	0.22	17	412	4.2	0.55	0.7
화학비료	6.2	0.49	16	479	3.8	0.73	0.7
무 비 구	6.9	0.10	15	439	3.8	0.36	0.9
적정범위	6-6.5	<2	20-30	300-500	5-6	0.5-0.6	1.5-2.0

4. 적 요

도내 유기재배 농가는 고추를 비롯하여 여러 작물을 재배하고 있는데, 화천 용호리와 토고미 마을에서는 대부분 질소에 비해 인산이 높은 화천 유기질비료를 10a당 300kg 이상 사용한 결과 인산의 축적 현상이 나타나고 있었다. 유기성 자원 가운데 쌀겨퇴비와 버섯폐배지는 질소에 비해 인산이 다소 높았으며, 유박비료와 쌀겨퇴비는 질소 대비 칼리가 낮았다. 유기성 자원을 화학비료 대신 사용하면 고추의 생육과 수량이 대체로 화학비료와 대등하였지만, 노지에서는 후기에 양분이 부족한 비절 현상이 나타나므로 추비를 시용하여야 한다. 쌀겨퇴비와 버섯폐배지를 3년간 질소 검정시비 수준으로 시용하였을 때 토양의 인산은 다소 높은 반면, 유박비료와 쌀겨퇴비에서는 칼리가 낮았다. 유기성 자원을 활용한 유기재배지에서 지속농업을 이루기 위해서는 양분 균형을 고려하여 양분관리를 하여야 한다.

5. 인용문헌

- 강원도농업기술원. 2005. 강원도 주요작물 재배지 토양검정사업 보고서.
- 강원도농업기술원. 2006. 강원도 주요작물 재배지 토양검정사업 보고서.
- 강원도농업기술원. 2007. 강원도 주요작물 재배지 토양검정사업 보고서.
- 강원도농업기술원. 2008. 강원도 주요작물 재배지 토양검정사업 보고서.
- 국립농산물품질관리원. 2010. http://www.enviagro.go.kr/portal/info/Info_statistic.jsp
- 손상목, 한도희, 김영호. 1996. 관행농법, 시설재배 및 유기농법 재배지 토양의 화학적 특성과 배추, 상추의 NO₃⁻ 집적량 차이. 한국유기농업학회지 5: 149~165.
- 손상목, 한도희. 2000. 한국 토착유기농업의 토양비옥도 증진책에 대한 환경보전적 기능 평가. 한국토양비료학회지 33: 193~204.
- 이용환, 이상계, 김승환, 신재훈, 최두희, 이윤정, 김한명. 2006. 국내 유기농재배지 유기물 시용실태 및 토양의 화학적 특성. 한국유기농업학회지 14: 55~67.
- 조현준, 황선웅, 한경화, 조희래, 신재훈, 김이열. 2009. 유기농 밭토양의 물리화학적 특성. 한국토양비료학회지 42: 98~102.
- Buckerfield, J.C. and K.A. Webster. 2002. Organic matter management in vineyards: mulches for soil maintenance. The Australian and New Zealand Grapegrower and Winemaker. 461: 26~30.

6. 연구결과 활용

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'07	'08	'09
책임자	환경농업연구과	농업연구사	조병욱	'08~'09 세부과제 총괄		○	○
"	"	"	최준근	'07 세부과제 총괄	○		
공동연구자	"	"	서영호	연구 협조	○	○	○
"	"	농업연구관	강안석	연구방향 설정	○	○	○