

발효부산물 오니의 시용이 열무 성장과 토양화학성에 미치는 영향

홍순달* · 석영선¹⁾ · 사동민

충북대학교 농화학과 · ¹⁾연초학과

(2000년 10월 2일 접수 · 2001년 2월 13일 수리)

Effect of Waste Sludge of Fermentation By-Product on the Growth of Young Radish and Chemical Properties of Soil

Soon-Dal Hong*, Yeong-Seon Seok¹⁾, and Tong-Min Sa (Dept. of Agricultural Chemistry, ¹⁾Dept. of Tobacco Science, Chungbuk National University, #48 Gaeshin-dong, Cheongju, Korea 361-763, E-mail : sdhong@chungbuk.ac.kr)

ABSTRACT : To investigate the effects of waste sludge from antibiotic fermentation on the growth of young radish and chemical properties of soil, five levels of fertilizer, control (recommended fertilizer, N-P₂O₅-K₂O=160-59-104 kg/ha), AS(control + sludge 1,000 kg/ha), AC(control + conventional compost 1,000 kg/ha), SNS(control - subtracting 30% N of sludge + sludge 1,000 kg/ha) and SNC(control - subtracting 30% N of conventional compost + conventional compost 1,000 kg/ha) were applied and radish was grown twice with same treatments on May and August in 1998. Germination rate and early growth of young radish grown with AS and SNS were lower than those grown in control and with AC, SNC. This negative effects by adding the sludge in the early growth seemed to be caused by damage of ammonia gas released during degradation of the sludge in soil. However, yield of young radish showed no significant difference among all the treatments including the AS and SNS at the 1st and 2nd experiment, and these suggested that the latter half of growth of young radish was accelerated by adding the sludge. Contents of T-N in young radish and inorganic N in soil showed a tendency to increase by adding the sludge while antibiotic substance, cephalosporin-C, was not detected in plant material and soils after harvest of young radish in both experiments. Consequently, waste sludge from antibiotic fermentation, which contains high levels of organic matter and nitrogen could be used as an useful resource in agriculture.

Key words : 항생물질, cephalosporin-C, 부산물오니, 열무, 성장량, 토양 화학성

서론

농촌 노동력의 계속된 감소는 섬유소가 다량 함유된 농업용 퇴비 생산을 급격히 감소 또는 중단시키는 원인이 되었고 퇴비의 대체 물질로서 축산 분뇨나 산업화 과정에서 배출되는 유기성 폐자원의 재활용도를 증가시키고 있는 실정이다. 가축분뇨를 포함한 도시 및 산업체에서 발생되고 있는 유기성 폐기물 중의 비료 성분량은 질소 946천톤, 인산 506천톤, 칼리 607천톤으로 연간 화학비료 총 소비량의 2배에 해당되는 것으로 추정되고 있다.¹⁾ 그러나 가축 분뇨는 수분 과다와 함께 에너지원으로서의 탄소가 부족하여 보충 재료의 확보 문제가 있고 도시 및 산업체 폐기물은 유해 중금속류 및 유해 물질의 함유량 때문에 먹거리 생산을 위한 경작지에서의 활용에 제한을 받고있다. 따라서 양질의 유기자원이 부족한 실정에서 토양의 생산능력을 보전하기 위한 효율적인 유기질 비료물질은 충분하게 공급되지 못하고 있는 실정이다.

가축 분뇨를 제외한 도시 및 산업체 유기성 폐자원의 농업적 활용성에 대한 연구는 제한적이었으며 주로 하수 오니^{2,3)}와 제지

오니^{6,9)} 그리고 정수장 오니¹⁰⁾의 시용 효과가 조사되었다. 검토된 대부분의 자료에서 유기성 폐자원의 시용에 따른 작물의 생산성은 증가되는 경향이었고 재료 중에 포함된 유해 중금속류는 토양 및 식물체중에 허용치보다 적었으나 재료종류에 따라서는 미미하게 증가되는 경우도 있었다.

본시험에서 검토된 유기성 재료는 항생물질 cephalosporin-C 제조 부산물에서 발생하는 발효부산물 오니로서 유해 중금속류가 거의 함유되지 않고 전 질소의 함량이 5.58%로 매우 높은 양질의 활용 가능한 유기 자원이다. 다만 항생물질 생산과정의 부산물이기 때문에 농산물이나 토양환경에 대한 안전성만 확인된다면 농업적 활용이 가능한 재료이다. 따라서 본 연구는 채소 작물인 열무를 공시하여 부산물오니 시용에 따른 성장반응과 생산물 및 토양 화학성에 미치는 효과를 비교 검토하였다.

재료 및 방법

발효부산물 오니는 제일제당(주) 충북 대소공장에서 항생물질

의 제조원료로 사용되는 cephalosporin-C의 발효공정 후에 잔류되는 폐기물질이며 일종의 미분해된 유기물 재료이다. 열무에 대한 포장시험은 1998년 5월과 9월 두 차례 상이한 토양조건에서 수행하였으며 열무의 공시품종은 1차시험의 경우 남천, 2차 시험은 무시료였다. 처리 내용은 표 1과 같이 표준시비량으로 추천되는 화학비료 시용구를 대조구로 하고 화학비료 이외에 농가에서 제조된 퇴비와 부산물오니를 10 ton/ha 씩 첨가하는 유기물 추가 시용구와 퇴비와 부산물오니에 함유된 전질소량의 30% 만큼을 화학비료 시비량에서 공제하는 유기물 조절 시용구 등 5개 처리 수준으로 하였다. 부산물 오니시료는 미분해 상태의 오니를 생산공장에서 운송하여 실온에서 밀폐된 조건으로 일주일 방치하였고 시험 포장에는 열무를 파종하기 일주일 전에 시용하였다.

시험구 면적은 15 m² 으로 난괴법 3반복으로 배치하여 재식거리 10 cm x 30 cm 간격으로 구멍을 내고 열무 종자 2립씩을 파종하였으며 화학비료 시비수준은 질소-인산-칼리를 160-59-104 kg/ha 씩 1차와 2차 시험 모두 동일하게 처리하였다. 열무는 1차 시험에서 1998년 5월 15일에 파종하여 36일째인 6월 20일에 수확하였고 2차 시험에서는 1998년 8월 25일에 파종하여 30일째인 9월 24일에 수확하였다.

조사 항목은 파종후 4일째부터 10일째까지 2일 간격으로 발아율을 조사하였고, 생육 중반기의 성장량은 1차 시험에서 파종후 25일째, 2차 시험에서 파종후 20일째에 처리구당 20주를 채취하여 엽수, 초장, 근장, 최대엽장과 생체중 및 건물중을 조사하였다. 그리고 수확기에는 처리구당 40주를 채취하여 생체중 및 건물중을 조사하였다.

부산물 오니의 중금속 분석은 농촌진흥청에서 고시한 비료의 품질검사 방법 및 시료 채취기준에 명시된 이화학적 검사방법에 따라 강산에 의해 분해, 침출된 전성분 함량으로 분석하였다.

토양시료는 1차 및 2차 시험 모두 시험전과 생육 중반기, 그리고 수확후에 채취하였다. 토양 분석은 농업기술연구소(현 농업과학기술원) 토양 화학 분석법¹¹⁾에 준하여 분석하였고 NO₃-N는 0.025 M Al₂(SO₄)₃ 침출액으로, NH₄-N는 2 M KCl 용액으로 침출하여 이온 전극법으로 측정하였다.

Table 1. Treatments and application levels of fertilizer materials.

Treatment	Application level			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Compost or Sludge
	(kg/ha)			
Chemical Fertilizer (Control)	160	59	104	0
Adding Compost (AC) 160 + compost N		59	104	1000
Adding Sludge (AS) 160 + sludge N		59	104	1000
Subtracting 30% N of Compost (SNC) of compost	160 - 30% N	59	104	1000
Subtracting 30% N of Sludge (SNS) of sludge	160 - 30% N	59	104	1000

식물체 시료는 70°C에서 건조시킨 후 분쇄된 시료를 산 분해액(HClO₄:H₂SO₄=10:1,v/v)으로 습식 분해하여 전질소는 Kjeldahl법으로, 인산은 Vanadate 비색법, 그리고 칼륨, 석회, 고토는 원자흡광분광광도계(Perkin Elmer AAnalyst 100)를 이용하여 분석하였다.

토양 및 식물체중 항생물질 제조원료인 cephalosporin-C의 분석은 시료 2g를 증류수 20 mL에 가하고 200 rpm으로 30분간 상온에서 교반한 후 0.2 μL 여과지로 여과한 여액을 Bondapak C18의 칼럼이 장착된 HPLC (Waters, Alliance GPCV2000 system)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

공시 재료로 사용된 부산물오니의 화학성은 표 2와 같으며 유기물이 75.1% 함유되고 전질소 함량이 5.58%로서 매우 높은 경향이이며 또한 암모니아태 질소도 0.11% 함유된 일종의 유기성 질소와 무기성 질소가 혼합된 비료 물질이다. 산업 폐기물의 재활용에서 공통적 문제로 제기되는 유해 중금속 함량은 일반 식물체중에 함유된 정도로 매우 낮았고 수은은 검출되지 않았다. 또한 항생물질 제조원료인 cephalosporin-C의 함유량을 공정후 차량 배출단계까지 4단계로 구분하여 조사한 결과 생산공정 최종단계의 재료 중에는 690 mg/kg이었으나 호퍼로 이동된 후 하룻밤 이상 방치된 재료에서는 검출되지 않았다. 이러한 결과로부터 부산물 오니 중에 함유된 cephalosporin-C는 상온에서 1일 이상 방치할 경우 분해되어 소실되는 것으로 생각되었다. 이와 같은 부산물오니의 화학성으로 미루어 볼 때 제조과정에서 부산물오니에 포함될 수 있는 항생물질이 토양에 축적되거나 식물체에 흡수 이행되는 문제가 없다면 농업용 유기 자원으로 활용 가능성이 높을 것으로 생각되었다.

공시토양은 1차 시험에서 토성이 미사질양토로 토양 화학성은 표 3에 나타난바 와 같이 pH가 5.18로 전국 밭토양 평균치 5.7보다 낮았고 유기물 함량은 전국 평균치 23.0 g/kg보다 다소 낮은 15.5 g/kg, 유효 인산은 평균치 107 mg/kg보다 높은 257 mg/kg의 함량을 보였다.¹²⁾ 치환성 칼리는 전국 평균치보다 다소 높고 치환성 석회나 고토 함량은 다소 낮아 전체적인 비옥도는 전국 밭토양의 평균치와 유사한 비옥도를 갖는 토양이었다. 그

Table 2. Chemical properties of fermentation manufacturing sludge.

pH	O.M.	T-N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe
(l:l0 H ₂ O)								
(g / kg)								
5.09	751	55.8	1.1	12.0	6.2	27.2	0.63	0.13
Mn	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
(mg / kg)								
16.1	0.12	0.03	*ND	2.07	1.85	5.19	34.65	0.93

*ND : Not detected

Table 3. Chemical properties of experimental soils.

Experiment	Soil texture	pH (1:5 H ₂ O)	NO ₃ -N	NH ₄ -N	O.M.	Available P ₂ O ₅	Exch. cations			E.C. (dS/m)
							K	Ca	Mg	
1st	Silty loam	5.18	3.8	3.7	15.5	257	0.63	2.51	0.75	0.41
2nd	Sandy loam	5.05	13.9	7.8	21.0	1331	1.55	0.93	0.83	0.38

Table 4. Germination rate of young radish.

Experiment	Treatment	Day after seeding			
		4th day %	6th day %	8th day %	10th day %
1st	Control	12.0 BC*	38.3 ABC	68.5 A	68.5 B
	AC	15.7 AB	40.7 ABC	72.7 A	75.8 A
	AS	6.8 C	33.5 C	68.2 A	68.3 B
	NSC	21.3 A	43.8 A	76.8 A	77.0 A
	NSS	13.7 BC	35.8 BC	67.3 A	67.4 B
	LSD _{0.05}	7.3	6.7	10.2	5.8
2nd	Control	32.0 A	67.7 A	68.7 A	68.3 A
	AC	22.2 B	65.0 A	65.7 A	65.3 AB
	AS	16.3 C	49.7 B	50.5 B	49.8 C
	NSC	20.5 BC	64.0 A	65.5 A	65.5 AB
	NSS	18.3 BC	52.0 B	52.5 B	52.7 BC
	LSD _{0.05}	5.14	8.69	12.23	12.57

* Significant at the 0.05 probability level.

러나 2차 시험의 공시토양은 토성이 사양토로서 pH가 5.05로 1차 시험의 공시토양보다 높은 산도를 보였고 유기물, 유효인산, 치환성칼리 등의 함량이 1차 시험의 공시토양보다 높았다. 특히 유효인산 함량이 1331 mg/kg로서 경작 연수가 상당히 오래된 다소 비옥한 토양특성을 나타냈다.

파종후 4일째부터 10일째까지 열무의 발아율은 표 4와 같다. 1차 시험에서 파종후 10일째까지 부산물오니 시용구의 발아율은

대조구인 화학비료 시용구와 유의성있는 차이를 보이지 않고 비슷한 발아율을 보였으나 관행퇴비 시용구 보다는 낮았다. 2차 시험의 열무 발아율은 1차 시험과 달리 부산물오니 시용구가 대조구인 화학비료 시용구와 관행퇴비 시용구와 비교하여 유의성있는 차이를 보이며 낮은 발아율을 나타냈다. 2차 시험에서 부산물오니 시용구의 열무 발아율이 타 처리구에 비하여 낮았던 이유는 미분해 물질인 부산물오니가 토양중에서 분해되는 과정에서 발생한 암모니아가스등의 해 작용에 기인된 것으로 생각된다. 이러한 결과는 부산물오니를 수송하여 약 15일 방치하고 처리한 1차 시험보다 수송후 다음날 바로 토양에 처리한 2차 시험의 발아율이 특히 낮았던 결과로 미루어 짐작할 수 있다.

1차 시험은 파종후 25일째, 그리고 2차 시험은 파종후 20일째에 조사된 열무의 중반기 생육 특성은 표 5와 같다. 1차 시험의 경우 생장량은 초기 발아율의 경향과 유사하게 화학비료 시용구와 부산물오니 시용구 간에는 유의성 있는 차이를 보이지 않았으나 질소 사용량을 조절한 관행 퇴비 시용구는 다른 처리에 비하여 유의성 있는 차이로 양호한 생장을 보였다. 이는 생육 중반기 토양 화학성(표 9)에서 상대적으로 낮은 전기 전도도를 보였던 관행퇴비 시용구가 생육 초기에 염류 장애를 적게 받았기 때문이라고 생각된다. 그러나 2차 시험의 경우 부산물오니 시용구의 열무 생장량은 파종후 발아율의 부진과 함께 성장장애를 나타내며 화학비료 시용구와 관행퇴비 시용구에 비하여 유의성있는 차

Table 5. Growth characteristics of young radish at the middle stage of growth.

Experiment	Treatment	No of leaves ea / plant	Height of plant cm	Length of root cm	Fresh weight			Dry weight		
					Top	Root	Total	Top	Root	Total
1st	Control	11.9	21.7	10.3	1,733	114	1,848 B*	510.3	37.0	547.3 B
	AC	12.9	24.1	11.8	2,411	145	2,556 AB	708.7	49.2	757.9 AB
	AS	11.9	20.6	11.0	1,843	105	1,948 AB	554.2	37.6	591.8 B
	NSC	12.5	23.1	10.8	2,715	140	2,855 A	774.1	45.4	819.6 A
	NSS	12.1	18.8	10.0	1,795	93	1,888 B	534.1	31.1	565.2 B
	LSD _{0.05}						932			217.3
2nd	Control	11.1	21.5	11.2	2,482	146	2,628 A	648.8	48.4	697.2 A
	AC	10.9	21.3	11.7	2,545	150	2,696 A	649.9	48.6	698.5 A
	AS	10.1	17.3	11.0	1,994	114	2,109 B	522.2	39.0	561.2 B
	NSC	10.3	20.4	11.5	2,167	130	2,297 B	577.1	42.0	619.1 AB
	NSS	9.9	17.2	11.2	1,961	119	2,081 B	514.4	39.3	553.7 B
	LSD _{0.05}						291			80.0

* Significant at the 0.05 probability level.

Table 6. Fresh and dry weight of young radish after harvest.

Experiment	Treatment	Fresh weight			Dry weight		
		Top	Root	Total	Top	Root	Total
----- (kg/ha) -----							
1st	Control	43,515	5,528	49,043 A	2,680	599	3,279 A
	AC	51,427	5,967	57,393 A	2,880	750	3,630 A
	AS	43,080	4,528	47,608 A	2,696	688	3,384 A
	NSC	51,719	5,883	57,603 A	2,938	636	3,574 A
	NSS	42,743	5,828	48,572 A	2,267	712	2,979 A
	LSD _{0.05}			12,777			820
2nd	Control	25,919	2,752	28,671 A	2,015	244	2,259 A
	AC	25,395	2,825	28,220 A	2,053	240	2,293 A
	AS	26,554	2,573	29,126 A	2,078	214	2,292 A
	NSC	25,819	2,923	28,742 A	2,106	257	2,363 A
	NSS	25,752	2,317	28,069 A	2,017	194	2,210 A
	LSD _{0.05}			2,165			159

* Significant at the 0.05 probability level.

이를 보이며 더 낮은 성장량을 보였다. 이는 미분해 부산물오니의 분해과정에서 생성될 수 있는 암모니아가스등에 의한 초기 성장 저해작용의 결과에 기인된 것으로 생각된다.

표 6에는 수확 시기의 열무 수량으로서 생체중 및 건물중을 나타냈는데 1차 및 2차 시험 모두 열무의 생체중이나 건물중은 생육 중반기의 성장량과는 달리 처리간에 유의성있는 차이를 보이지 않았다. 이는 생육 중반기까지 생육이 부진하였던 부산물오니 시용구의 생장이 중반기 이후에 보다 왕성하였기 때문이라고 생각된다. 처리간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았지만 1차 시험의 경우 열무의 수량은 부산물오니의 시용구가 관행 퇴비의 시용구보다 다소 감소되는 경향을 보였으나 2차 시험의 경우 열무의 성장량은 처리간에 큰 차이가 없이 비슷하였다.

생육 중반기와 수확기에 열무에 함유된 무기성분들의 함량은 표 7 및 표 8에 나타났다. 1차 시험과 2차 시험 모두 열무의 재배기간은 약 1개월 정도로 짧기 때문에 유기질 비료물질의 무기화 작용에 따른 무기성분들의 흡수량 변화는 크지 않았다. 따라서 생육 중반기나 수확기에 열무에 의해 흡수된 무기성분 함량은

Table 7. Content of inorganic components in top part of young radish at the middle stage of growth.

Experiment	Treatment	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		----- (g/kg) -----				
1st	Control	46.5	7.7	60.5	15.3	4.8
	AC	47.1	7.7	61.2	10.9	4.6
	AS	48.5	8.5	55.6	17.6	5.4
	NSC	47.0	8.2	62.2	12.0	4.3
	NSS	46.1	8.0	56.2	16.5	5.5
2nd	Control	44.6	20.5	105.6	2.5	14.5
	AC	43.9	24.7	115.3	3.6	15.4
	AS	48.9	19.5	117.8	2.4	14.3
	NSC	46.7	18.7	98.6	3.5	15.2
	NSS	49.8	20.2	94.6	2.5	14.2

Table 8. Contents of inorganic components in young radish after harvest.

Experi-ment	Treat-ment	Top					Root				
		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaC	MgO
----- (g/kg) -----											
1st	Control	38.7	10.9	69.8	11.5	4.5	30.1	10.4	69.0	21.5	5.6
	AC	38.4	12.0	66.2	18.9	5.4	29.0	11.1	71.9	11.6	4.5
	AS	42.3	12.6	69.9	10.0	4.5	33.3	10.9	70.5	18.9	5.5
	NSC	35.3	11.7	70.8	20.1	5.5	30.6	11.9	75.8	9.4	3.2
	NSS	41.3	12.3	72.1	9.9	4.1	30.7	11.0	63.7	22.2	5.7
2nd	Control	39.6	23.7	116.1	2.0	19.0	27.7	23.6	64.8	5.6	3.2
	AC	38.9	27.3	133.5	3.0	20.6	27.0	25.3	87.7	8.0	3.2
	AS	44.8	23.5	161.5	2.0	18.1	32.8	23.5	86.4	5.8	3.4
	NSC	42.0	22.9	101.6	3.1	18.6	27.6	21.9	81.7	7.0	2.8
	NSS	46.7	23.6	99.1	2.1	17.2	32.1	22.6	80.2	5.4	3.1

처리간에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 부산물 오니의 시용구들은 재료중에 포함된 암모니아태 질소와 유기태 질소의 높은 함량에 기인되어 생육 중반기와 수확기에 열무에 함유된 질소 함량은 다른 처리보다 높은 경향이였다. 그리고 2차 시험의 경우는 공시토양의 화학성 차이로 식물체중 인산, 칼륨, 고토의 함량은 1차 시험의 경우보다 훨씬 높은 경향을 보였다. 특히 1차 시험의 공시토양보다 2차시험의 공시토양(표 3)에서 약 4배가 높았던 유효인산 함량과 약 2배가 높았던 치환성 칼륨의 함량 차이는 식물체중 인산 함량이 약 3배, 칼륨 함량이 약 2배 높은 결과와 관련되었다.

생육 중반기 및 수확후의 토양 화학성 변화를 표 9와 표 10에 나타냈다. 생육 중반기 토양 화학성 비교에서 1차 및 2차 시험에 관계없이 pH는 모든 처리에서 시험 전보다 화학비료 시용에 기인되어 다소 낮아졌다. 토양중 암모니아태 질소는 부산물오니 시용구가 다른 처리에 비하여 높은 함량을 보였으며 이와 관련되어 또한 질산태 질소 함량도 다른 처리보다 높은 경향이였다. 이는 부산물오니 재료중에 암모니아태 질소가 포함되었기 때문이며 또한 재료중에 많이 함유된 유기태 질소의 무기화에 기인된 것으로 생각된다. 따라서 이러한 결과는 부산물오니 시용에 의해 열무 생육 중반기까지 토양의 전기 전도도를 높게 지속시켜 발아율이 낮아지고 초기 성장 또한 부진하게 되는 것으로 생각되었다. 그리고 2차 시험의 경우 토양중 암모니아태 및 질산태 질소 함량은 1차 시험의 경우보다 현저하게 높았다. 이는 2차시험 공시토양의 무기태 질소가 1차 시험의 경우보다 높았던 결과와 관련되었다. 수확 후 토양 화학성의 변화는 생육 중반기의 화학성 변화가 수확기까지 지속되어 부산물오니 시용구는 다른 처리에 비하여 질산태 질소, 암모니아태 질소 함량이 높았다. 또한 토양중 무기태 질소 함량의 증대효과에 기인되어 토양의 전기전도도는 다른 처리보다 높았다. 기타 다른 화학 성분들은 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으며 부산물 오니 시용구에서 유효 인산 함량이 다소 높은 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 미루어 부산물오니의 시용은 다른 유기성 자원의 검토에서와 유사한 경향으로 토양중 유효 양분들의 함량을 다소 증가 시켰다.^{5,10)}

Table 9. Chemical properties of soils at the middle stage of growth of young radish.

Experiment	Treatment	pH	NO ₃ -N	NH ₄ -N	O.M.	Available P ₂ O ₅	Exch. cations			E.C.
							K	Ca	Mg	
		(1 : 5)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(cmol ⁺ /kg)			(dS/m)
1st	Control	4.66	13.6	16.0	15.8	154	1.11	2.62	0.92	0.24
	AC	4.86	14.9	12.1	20.7	194	1.51	2.52	0.80	0.17
	AS	5.28	19.1	42.6	18.1	226	1.06	2.62	0.64	0.31
	NSC	4.69	14.2	8.5	23.5	199	0.76	2.46	0.87	0.22
	NSS	4.94	11.3	19.1	17.8	219	0.96	3.73	0.55	0.19
2nd	Control	4.97	69.4	80.1	13.8	266	0.91	0.70	0.00	1.25
	AC	4.87	53.1	54.9	17.5	307	0.79	0.89	1.84	0.92
	AS	4.92	87.4	97.6	14.5	329	1.14	0.68	1.60	1.46
	NSC	4.92	68.8	46.1	18.8	310	0.97	0.79	2.26	1.17
	NSS	4.90	98.0	97.0	16.8	271	1.27	0.61	1.41	1.60

Table 10. Chemical properties of soils after harvest of young radish.

Experiment	Treatment	pH	NO ₃ -N	NH ₄ -N	O.M.	Available P ₂ O ₅	Exch. cations			E.C.
							K	Ca	Mg	
		(1 : 5)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(cmol ⁺ /kg)			(dS/m)
1st	Control	4.90	9.5	10.5	15.7	295	0.72	2.55	0.61	0.07
	AC	5.05	8.2	8.6	19.6	286	0.66	2.50	0.74	0.07
	AS	4.85	18.9	39.8	20.9	347	0.76	2.58	0.70	0.15
	NSC	4.86	9.3	6.2	16.4	331	0.55	2.77	0.69	0.10
	NSS	4.85	11.8	18.6	15.8	428	0.56	2.36	0.66	0.12
2nd	Control	5.08	14.7	29.1	13.3	301	0.65	0.54	1.16	0.35
	AC	5.05	12.0	22.1	18.6	290	0.73	0.55	1.51	0.40
	AS	4.95	34.7	45.3	15.1	256	0.84	0.76	1.33	0.84
	NSC	5.00	15.3	23.2	16.8	242	0.86	0.84	1.58	0.59
	NSS	5.10	18.2	31.7	14.5	261	1.10	0.56	1.63	0.46

그림 1은 2차 시험에 대한 부산물오니 중에 함유될 수 있는 항생물질 cephalosporin-C의 식물체로 이행여부와 토양중 잔류여부를 조사하기 위하여 수행된 HPLC 분석의 예이다. 공시재료로 사용된 부산물오니는 cephalosporin-C가 검출되지 않았지만 토양 및 식물체의 함유여부를 확인한 것이다. 동일한 분석 조건에서 표준 물질 cephalosporin-C의 머무름 시간은 5.57분이었으나 동일한 머무름시간에 열무 지상부 및 지하부와 토양중에서 항생물질 cephalosporin-C는 검출되지 않았다. 이러한 결과는 1차시험에 대한 분석에서도 동일하였으며 부산물오니중에 함유될 수 있는 항생물질이 토양과 식물체에 잔류하거나 집적되지 않는다는 것을 시사하고 있다. 따라서 부산물오니의 농업적 활용은 농산물의 안정성과 토양의 오염에 별다른 문제를 야기하지 않을 것으로 판단되었다.

요 약

항생물질 발효산업 부산물인 부산물오니의 농업적 활용성을 검토하기 위하여 98년 5월과 8월 두 차례 열무의 성장량 및 토양

화학성에 미치는 효과를 비교하였다. 오니의 처리수준은 열무의 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O=160-59-104 kg/ha)을 대조구로 하여 오니 및 관행퇴비를 각각 1000 kg/ha 씩 추가 시용 하는 오니 및 퇴비 첨가구 와 오니 및 퇴비 각각에 함유된 질소량의 30%를 질소 시용량에서 공제하는 질소공제 오니 및 퇴비구 등 5개 처리로 비교하였다. 오니 첨가구 및 질소공제 오니구의 열무 발아율과 초기생육은 대조구, 퇴비 첨가구 및 질소공제 퇴비구에 비하여 부진하였다. 이는 미분해된 오니의 토양중 분해과정에서 생성될 수 있는 암모니아가스 피해에 기인된 것으로 생각된다. 그러나 수확기의 열무 수량은 오니 첨가구 및 질소공제 오니구를 포함한 모든 처리구간에 1차 및 2차 시험 모두 유의성 있는 차이가 인정되지 않았다. 이는 오니의 시용에 의한 열무의 생육이 후반기에 빠르게 증진되었다는 것을 시사하고 있다. 식물체의 질소함량과 토양의 무기태 질소 함량은 오니의 시용에 의하여 증가되는 경향이었으나 항생물질 cephalosporin-C는 열무의 지상부나 지하부 그리고 시험 후 토양에서 검출되지 않았다. 따라서 부산물오니는 유기물(750 g/kg)과 전질소(56 g/kg)를 많이 함유하고 유해 중금속 함량이 허용치 이하인 점을 고려할 때 양질의 유기물 자원으로 농업적 활용가치가 인정되었다.

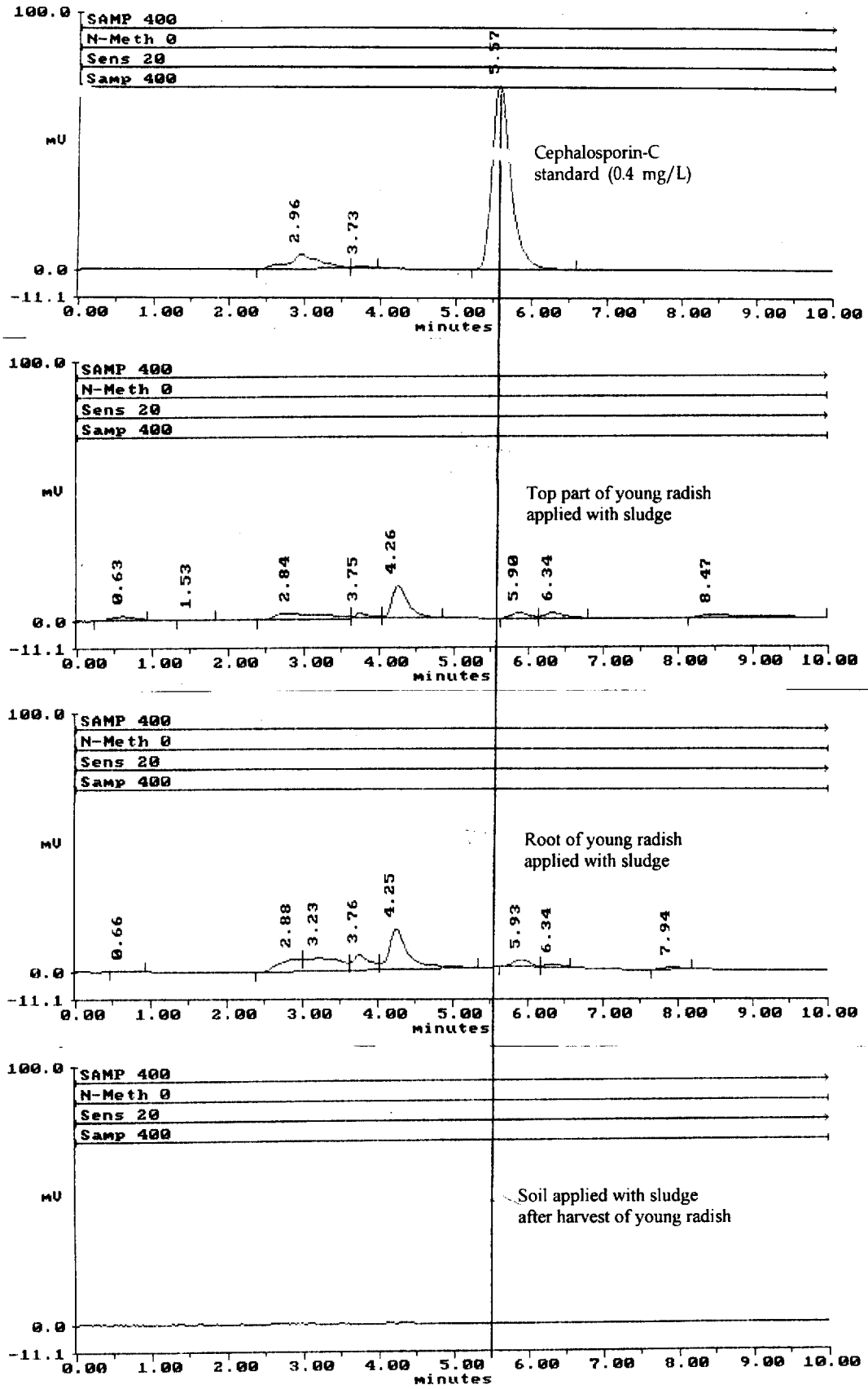


Fig. 1. HPLC chromatograms of cephalosporin-C in top part and root of young radish and soil after the 2nd experiment.

참 고 문 헌

1. 정광용. (1995) 유기질 및 부산물 비료 활용상의 실제. 유기성 폐기물 비료화의 문제점과 대책 심포지엄, 한국토양비료학회. p.17-45.
2. Lee, H. J., Cho, J. S., Lee, W. K. and Heo., J. S. (1997) Effects of municipal sewage and industrial wastewater sludge composts on chemical properties of soil and growth of corn plant, *Kor. J. Environ. Agric.* 16, 220-226.
3. Kim, S. J., Baek, S. H. and Chung, D. J. (1992) Effects of municipal sewage sludge on contents of lead and copper in crop plants, *Kor. J. Environ. Agric.* 11, 9-19.
4. Choi, E. S., Park, H. W. and Park, W. M. (1995) Utilization of sewage sludge on agriculture. *Kor. J. Environ. Agric.* 14, 72-81.
5. Kim, B. J., Hong, S. B. and Kim, T. J. (1996) Effect of municipal sewage sludge application on the growth of radish(*Raphanus sativus* L.). *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 29, 419-423.
6. Heo, J. S., Kim, K. S. and Ha, H. S. (1988) Effects of paper sludge application on the chemical properties of paddy soil and growth of paddy rice, 3. Effects of paper sludge application on the growth of paddy rice, *Kor. J. Environ. Agric.* 7, 26-33.
7. Kwon, K. W. and Lee, K. S. (1993) Effects of paper mill sludge-fertilizer application on the growth performances of tree seedlings. *Kor. J. Environ. Agric.* 12, 219-229.
8. Chang, K. W., Kim, S. D., Choi, W. Y. and Lee, K. S. (1992) Agricultural utilization of paper mill sludge manure compost. 1. Effects on the growth of kidneyBean(*Phaseolus vulgaris* L.), *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 25, 149-154.
9. Chang, K. W., Kim, S. D., Choi, W. Y. and Lee, K. S. (1992) Agricultural utilization of paper mill sludge manure compost, 2. Effects on the growth of carrot(*Daucus carota*). *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 25, 155-159.
10. Chang, K. W., Lee, I. B., Lim, J. S. Kim, Y. H. Lee, S. S. and Lim, H. T. (1996) Effect of application of water treatment sludge on the yields and chemical properties of soybean(*Glycine max*) and carrot(*Daucus carota*). *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 29, 275-281.
11. 농업기술연구소. (1988) 토양화학분석법.
12. 농촌진흥청. (1989) 농토배양 10개년사업 종합보고서. 농업연구총서. 18, 84.