韓土肥誌(1992)
Vol. 25(2) : 155~159

製紙 스럿지 堆肥의 農業的 利用研究

II. 당근에 對한 施用效果

張基運* · 金相德** · 崔宇永* · 李奎承*

Agricultural Utilization of Paper Mill Sludge Manure Compost

II. Effects on the Growth of Carrot(*Daucus carota* L.)

Ki-Woon Chang*, Sang-Deog Kim**, Woo-Young Choi* and Kyu-Seung Lee*

SUMMARY

This study was carried out to know the effects of two kinds of peper mill sludge manure compost(SMC-1 and SMC-2) on the growth and chemical cononents of carrot(*Daucus carota* L.) : SMC-1 contained 18% of swine manure and 8% of sawdust on a fresh weight basis and SMC-2 contained swine manure without sawdust a third of the total weight of the manure and S-0(control) was treated with chemical fertilizer only, S-1 and S-2 was with SMC-1 and SMC-2 respectively, in addition to the chemical fertilizer.

Carrot treated with S-1 and S-2 showed the increasing tendency of fresh weight per root and fresh yield of carrot per unit area than control(S-0), and the contents of nitrogen(N), phosporus(P), potassium(K) and calcium(Ca) in carrot grown on SMC treatments were higher than those on control(S-0). The S-2 treatment tended to increase values of the fresh weight of live leaves, root diameter, fresh weight per root and fresh yield of carrot per unit area than S-1 treatment. The contents in carrot were higher in the order of K>Ca, N, P> Mg, and the contents of aluminium, zinc, copper and chromium were below the level of toxicity for plant growth, and the contents of cadmium and lead were negligible.

From the results obtained, it can be said that SMC application showed favorable effects on the growth of carrot when compared to control(S-0), and with the SMC treatments SMC-2 aplication was favorable.

緖 言

堆廐肥를 토양에 연속해서 시용할 때, 토양 유기물은 풍부해지고 토양의 물리적, 화학적 및 생물학적인 성질은 改善되지만, 土壤環境이 作物의 생육에 적합한 경우에는 유기질 비료를 施用해도 收量 증가가 나타나지 않거나 시간이 經過되어야 수량에 대한 효과가 나타나는 포괄적이고도 복잡한 면이 있다[5,9]. 그러나 척박한 토양이나 유기물 함량이 적은 토양에서는 퇴비의 시용이 필수적이므로 유기질비료의 施用이 점차 증가하고 있다[4,10].

산업폐기물이 대량으로 排出되면 자연의 物質循環系가 파괴되어 환경오염이 나타나므로 폐기물의 합리적인 처리가 절실히 필요하고 폐자원 활용에 대한 관심이 높아져서 산업폐기물의 자원화 연구가 진행되고 있다[7,15]. 한편 산업폐기물의 일종인 製紙스럿지는 우리나라에서 년간 100여만톤이 생산되며, 유기물 함량이 60% 정도인 이러한 製紙스럿지를 토양에 환

* 忠南大學校 農科大學(College of Agriculture, Chungnam Nat'l University, Yusong-gu, Taejon, Korea)
** 中部社會產業大學 (Chungbu Socio-Industrial College, Kumsan-gun, Chungchong Nam-do, Korea)
○ 본 논문은 韓國科學財團에서 시행한 特定研究開發事業 연구결과의 일부임.

원시키기 위한 연구들이 진행되고 있다[12,16].

그러나 비료화한 산업폐기물을 耕作地에 施用할 경우 副作用이 생길 수 있으며[3], 長期間에 걸쳐 連用할 경우 重金屬이 토양에 蓄積될 가능성이 있다[7,15]. 重金屬 중에서도 아연이나 구리 等은 植物體에 微量要素 成分으로 알려져 있으나, 카드뮴은 食品連鎖에 의해 사람에 대해서 피해가 커서 여러나라에서 이의 規制를 강화하고 있다[15].

本 試驗에서는 製紙 스럿지 施用에 의한 식물체내 중금속 축적을 알아보는 것을 主目的으로 연구를 수행하였다. 우선 當年에 肥效와 製紙 스럿지의 施用効果를 알아 보고자 토양과 직접 접촉하며 생육하고 뿌리 부분을 食用으로하는 根菜類인 당근을 시험작물로 택해서, 시험작물에 대한 生育, 收量 및 成分調査를 통하여 유기질 비료화한 제지스럿지 熟成堆肥의 시비에 의한 肥效와 施用上의 適合性을 알아 보고자 對照區와 병행하여 栽培試驗을 실시했다.

材料 및 方法

1. 供試品種

사계오촌 당근(*Daucus carota* L. var. *sativa* DC.)을 재배하였다.

2. 供試土壤

시험전 토양의 화학적 성질은 pH는 6.5로 당근 생육에 적합한 곳이었고[11], 스럿지 시용에도 적당한 範圍의 酸度였으나[7], 토양중의 有機物, 全 질소함량과 交換態 칼슘 및 칼륨 含量은 각각 0.9%, 0.04%와 100g 토양중 2.7me 및 0.25me으로 한국 밭토양의 평균치보다 낮은 토양을 이용하였다[1].

3. 熟成堆肥의 組成

製紙 스럿지의 化學的 性質은 알루미늄과 철의 함량이 높다[12]. 적정한 腐熟條件을 찾기 위하여 豫備腐熟시킨 3처리구 중에서 택한 2처리구의 재료 배합내용은 표1에서와 같이 제지스럿지 숙성퇴비 1(SMC-1 : sludge manure compost-1)은 수분함량 72%인 제지스럿지에 수분23%인 톱밥과 수분 77%인 돈분을 生重量 기준으로 각각 18%와 8%를, 제지스럿지 숙성퇴비 2(SMC-2 : sludge manure compost-2)에는 톱밥은 넣지 않고 豚糞을 전체의 1/3 첨가했으며, 尿素는 각 처리구에 2%씩 첨가하였다.

Table 1. The composition of sludge manure compost 1 and 2

(kgton(%), F.W.)

Composition / Treatment	paper mill sludge	Swine manure	Urea	Sawdust
SMC-1	720(72)	183(18)	17(2)	80(8)
SMC-2	660(66)	325(32)	15(2)	0(0)

4. 處理內容

당근 재배를 위한 시험구의 넓이는 1구가 2×2m이고, 시험구배치는 亂塊法 3반복으로 실시했다. 당근의 처리내용은 표 2에서와 같이 질소, 인산 및 칼리는 ha당 N-P_2O_5-K_2O를 90-120-100kg의 비율로 시용했으나 追肥는 시용하지 않았다. 對照區(S-0)는 제지스럿지 숙성퇴비 무시용구이고, S-1구와 S-2구는 ha당 10톤 씩으로 같은 양을 제지스럿지 숙성퇴비의 종류를 달리해서 시용했다. 줄뿌림방법으로 1991년 5월 7일 파종하여 5월 27일 발아했는데, 45cm의 栽植간격에, 최종 株間간격은 12cm가 되도록 솎아주었다. 除草는 손作業으로 실시하였다.

Table 2. Application rate of fertilizer and sludge manure composts

Treatment	Level of fertilizer application(kg/ha)				
	N	P_2O_5	K_2O	SMC-1*	SMC-2**
S-0(Control)	90	120	100	0	0
S-1	90	120	100	10,000	0
S-2	90	120	100	0	10,000

* : Sludge manure compost-1, ** : Sludge manure compost-2.

5. 調査項目 및 測定方法

가. 조사항목

당근의 生育調査는 1991년 7월 17일부터 2週 간격으로 6회 조사하여, 조사할 때마다 시료를 채취하여 生育要因들을 측정했으며, 수확은 생육조사가 끝난 뒤인 10월 4일에 실시했다. 생육조사 항목은 生葉重, 株當 葉數, 根長, 根徑 및 根重과 최종 수확량을 常法에 의해 조사했다[13]. 당근 수확총량의 推定値는,

10월 4일의 收穫量을 조사도중 채취되었던 당근의 수를 포함시킨 총 당근수와 收穫時의 당근수의 비율과 곱해서 산출했고, 당근 중의 化學 成分은 질소, 인, 칼륨, 마그네슘 등과 중금속을 조사했다.

나. 측정방법 및 統計處理

식물체의 분석용 시료로서 10월 4일 수확했던 것의 일부를 이용했으며, 식물체의 無機物 및 重金屬 분석을 위해서 황산과 과산화수소수를 이용하여 분해한 뒤 각 성분을 常法에 의해 분석했다[17].

統計處理로는 平均値 사이의 比較와 相關關係를 조사했는 데, 평균치 비교는 Duncan의 多重檢定法에 의해 실시했다[14].

結果 및 考察

1. 당근의 생육

당근의 生葉重, 根徑 및 生根重量에 대한 제지스럿지 숙성퇴비의 영향을 조사한 결과는 표3과 같다. 표에는 나타나지 않았으나 조사기간중 당근 1개체당 生葉數는 6~10매였으며, 당근의 根長에 대한 제지스럿지 숙성퇴비의 영향은 없었다.

당근의 生葉重에 미치는 제지스럿지 숙성퇴비 시용의 효과는 뚜렷하게 나타나지 않았으나, 시용구에서 무시용구보다 증가하는 경향이 있었고, S-2구에서 그 값이 가장 높은 경향이었다. 생엽중은 제4차 조사시기(8월 27일) 이후에 감소하는 경향이었는데, 이는 생육이 진행될수록 枯死葉이 생겼기 때문이라고 생각된다. 당근의 根徑은 제4차 조사시기 이후에는 무시용구와 S-1구에서는 큰 증가가 없었으나, S-2 구에서는 증가하는 경향이었고, 전체적으로는 S-2〉S-1〉對照區의 경향이 있었으며, 제5차 조사시기(9월 11일)에는 S-2구에서 S-1구보다 더 큰 값을 나타냈다. 당근의 生根重量은 무시용구보다는 시용구에서 증가하는 경향이었으며, 시용구 사이의 유의차는 없었으나, S-1구보다 S-2구에서 증가했다. 시기별로는 무시용구는 제4차 조사시기 무렵에 가장 큰 증가가 나타났으나, 시용구에서는 계속해서 증가하는 경향이었다. 根重의 증가는 엽수가 8~15枚의 시기라고 한[11] 보고와 비교해 볼 때, 본 시험의 조사시기는 前述한 바와 같이 生葉數가 6~10枚로 根重이 계속해서 증가하는 시기로 생각되었다.

위의 3가지 수량구성요인의 값들은, 根重과 根徑은 파종후 150일까지 계속 증가하나 生葉重은 播種後 100일 경부터 감소하기 시작한다는[11] 보고와 비슷한 결과였다.

10월 4일에 收穫한 단위면적당 당근의 수량과 시료로서 채취한 것을 포함시켜 산출한 推定收穫量[당근의 수확량×(시료로 채취된 당근을 포함시킨 총 당근수)/(수확시의 당근수)]은 표 4와 같다. 각 처리별 수량에 유의차는 없었으나, 무시용구에 비해서 제지스럿지 숙성퇴비 시용구에서 많았으며, 시용구 사이에서는 S-2구가 S-1구보다 증가하는 경향이었는데 이는 비교적 많은 비료성분을 요구하는 당근에 있어서 豚糞 다량첨가로 인한 S-2처리의 營養成分의 증가가 효과가 있었던 것으로 보인다.

Table 3. Effect of sludge manure compost on the fresh weight of leaves, root diameter and root weight of carrot

Treatment	Date of investigation					
	Jul. 17	Jul. 31	Aug. 13	Aug. 27	Sep. 11	Sep. 25
	Fresh weight of leaves (g FW/plant)					
S-0(Cont.)	8± 4a	11± 4a	9± 7a	13± 9a	10± 4a	7± 4a
S-1	6± 1a	13± 3a	15± 12a	17± 6a	9± 3a	6± 1a
S-2	7± 2a	15± 7a	16± 0a	14± 8a	13± 3a	13± 4a
	Root diameter (mm)					
S-0(Cont.)	16± 2a	20± 3a	21± 5a	33± 8a	32± 4ab	29± 10a
S-1	17± 2a	22± 1a	25± 9a	33± 1a	31± 4a	33± 5a
S-2	17± 3a	23± 1a	27± 3a	32± 5a	39± 2b	38± 2a
	Fresh weight of root (g FW/root)					
S-0(Cont.)	8± 2a	15± 8a	18± 12a	45± 34a	40± 18a	38± 27a
S-1	7± 2a	16± 5a	26± 19a	34± 11a	37± 17a	48± 17a
S-2	9± 3a	19± 4a	25± 2a	38± 14a	64± 12a	57± 21a

Mean± standard deviation of 3 replicates, Mean values in the same column with different letters are significantly different(P<0.05).

Table 4. Effect of sludge manure compost on the fresh yield of carrot (1,000kg FW/ha)

Treatment	Estimated fresh yield
S-0(Control)	4.1± 2.7a
S-1	6.6± 2.8a
S-2	7.6± 2.3a

Mean± standard deviation of 3 replicates,
Mean values in the same column with same letters are not significantly different(P>0.05).

Table 5. Coefficients of correlation between fresh yield and several growth factors of carrot

	Corrlation coefficient				
	FW leave	No. live leaves	FW root	Root diameter	Root length
Fresh yield	0.835**	0.857**	0.833**	0.877**	0.635^{NS}

FW : Fresh weight, NS : Not signifcant at 5% level.
Fresh yield was observed on Oct. 4, and the growth factors were on Aug. 13, 1991, respectively, ** : Significant at 1% level(P<0.01).

당근의 推定收穫量(표 4)과 收量構成要因(표 3) 사이의 상관관계를 나타낸 것이 표 5이다. 다른 調査時期의 생육구성요인들과 수확량 사이의 상관계수가 모두 0.8보다 낮았으나, 3차 조사시기(8월 13)일에 根長과의 값을 제외하고는 모두 0.8보다 높아서 이 시기의 상관관계를 표로 나타냈다. 收穫量은 제3차 조사시기의 生葉重, 生葉數, 당근의 生根重量, 根徑과 밀접한 正의 相關關係(P<0.01)를 보였으나, 根長과는 0.635(P<0.10)라는 낮은 相關關係를 보였다. 수확시기의 당근 수확량이 다른 어느 시기보다도 3차 조사시기의 수량구성 요인들과 상관관계가 높았던 사실로부터, 당근의 수확량은 생육이 왕성한 시기의 잎과 뿌리의 생육에 의해 큰 영향을 받는 것으로 판단되었다[11].

2. 당근의 成分含量

당근 중의 질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 含量에 대한 製紙스럿지 熟成堆肥의 영향을 조사한 결과는 표6과 같다. 질소, 인, 칼륨 및 칼슘은 당근 收量이 많았던 시용구에서(표4) 무시용구보다 높았고, 시용구 사이에서는 S-1 처리가 S-2보다 높은 경향이었다. 질소와 인은 시용구와 무시용구 간의 차이가 뚜렷했는데, 이는 당근의 생육에 있어 질소와 인의 시용 효과가 뚜렷하다고 한 보고와 같은 경향이었다[11]. 당근은 알칼리 식품으로 알려져 있는 데, 본 실험에서 당근중 칼륨은 3.0%(30mg/g DW)으로 높은 수준이었고, 칼슘함량은 질소나 인 함량과 거의 비슷한 수준이었다. 당근의 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 다른 작물에서보다 相對的 比率이 높았다[4,6].

10월 4일에 收穫한 당근 중의 알루미늄, 철 및 重金屬 含量에 대한 제지스럿지 熟成堆肥의 영향을 조사한 결과는 표 7과 같다. 당근중의 알루미늄 함량은 평균치로서 76~95ppm으로, 당근 중의 평균함량을 7.8ppm으로 보는 다른 보고에 비해서 3처리구 모두 높은 값이었다[6]. 철과 아연의 함량범위는 각각 33~43ppm과 17~18pm을 나타냈으나 作物의 보통 수준에 속하는 것들이었다. 구리함량은 무시용구보다 시용구에서 높은 경향이었다. 크롬은 變異 폭이 커서 평균치만 나타냈는데, S-1구에서 1.6ppm으로 가장 높았으며, 3처리구 모두 보통 작물의 범위인 0.1~0.5ppm보다 높은 값이었으나, 植物體 生育에 대해 毒性을 나타내는 함량범위인 5~30ppm보다는 낮은 수준이었다[6]. 당근중의 납과 카드늄 함량은 微量이었는데, 이는 토양에 있어서의 납과 카드늄의 溶解度는 토양 pH에 의해 負의 변화를 하며[2] 토양의 pH가 5.5보다 높을 때는 식물체에 의한 카드늄 흡수가 조금밖에 일어나지 않는다는 보고로 미루어[8], 본 실험의 공시토양의 pH가 6.5로 높았던 것도 당근 중의 납과 카드늄 함량이 낮았던 이유의 하나라고 생각된다.

Table 6. Effect of sludge manure compost on the contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in carrot at harvest time (mg/g DW)

Treat.	N	P	K	Ca	Mg
S-0(Cont.)	6.3± 1.0a	5.1± 0.7a	34± 1a	5.6± 0.3a	1.9± 0.0a
S-1	8.7± 1.3b	6.2± 0.7c	40± 4b	7.2± 0.5b	1.9± 0.2a
S-2	8.2± 0.7b	5.7± 0.6b	36± 4ab	6.4± 0.5ab	2.0± 0.2a

Mean± standard deviation of 3 replicates, Mean values in the same column with different letters are significantly different(P<0.05).

Table 7. Effect of sludge manure compost on the contents of aluminum, iron and several heavy metals in carrot at harvest time (ppm, DM)

Treat.	Al	Fe	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd
S-0(Cont.)	95± 28a	39± 10a	17± 3a	4.1± 0.3a	0.7	ND	ND
S-1	76± 8a	33± 7a	17± 0a	5.3± 1.1a	1.6	ND	ND
S-2	89± 17a	43± 2a	18± 4a	5.6± 0.1a	0.9	ND	ND

Mean± standard deviation of 3 replicates, Mean values in the same column with same letters are not significantly different(P>0.05), ND : Not detected.

長期的인 스럿지 連用은 작물에 대해 重金屬 蓄積을 일으킬 수 있으므로[15] 작물에 대한 이러한 제지스럿지 숙성퇴비의 連用試驗도 필요한 것으로 생각

된다. 또한 酸性土壤에서는 植物이 식량농업기구(FAO)나 세계보건기구(WHO)에 의해 규정된 것보다 더 많은 양의 카드늄을 섭취할 수 있으며[8], 상치나 배추는 무우나 당근보다 카드늄을 더 많이 축적할 수 있다고 하므로[2], 이와같은 菜蔬類에 대한 연구와 함께 산성토양에 대한 스럿지 시용에 의한 영향에 관해서도 연구가 필요하다고 생각된다.

摘 要

製紙스럿지 熟成堆肥의 비료효과를 알아보기 위해, 生重量 기준으로 18%의 豚糞과 8% 정도의 톱밥을 포함한 숙성퇴비 1(SMC-1)과 톱밥을 넣지 않고 돈분을 총량의 3분의 1 포함한 숙성퇴비2(SMC-2)를 준비하여, 화학비료만을 시용한 對照區(S-0), 화학비료에 숙성퇴비 1을 10,000kg/ha 더해준 처리구(S-1구) 및 숙성퇴비 2를 10,000kg/ha 더해준 처리구(S-2구)의 3가지 처리를 하여, 당근을 공시작물로 하여 수행한 실험의 결과는 다음과 같다.

당근의 生育에 대한 제지스럿지 숙성퇴비의 施用은 無施用區와 비교해서 당근 1개당 生根重量, 단위면적당 수량을 증가시키는 경향이 있었으며, 질소, 인, 칼륨 및 칼슘 함량은 시용구에서 높았다. 제지스럿지 숙성퇴비 사이의 차이는 生葉重, 根徑, 生根重量 및 단위면적당 수확량에 있어 S-2구가 S-1구보다 증가하는 경향이 있었다. 당근중의 함량은 칼륨>칼슘, 질소, 인>마그네슘의 순이었고, 알루미늄, 아연 구리 및 크롬 함량은 식물체 생육에 毒性을 나타내는 수준보다 낮았으며, 납과 카드늄 함량은 微量이었다.

以上의 結果로 부터 당근에는 無施用區보다는 製紙스럿지 施用이 생육에 효과가 있었으며 SMC-2 시용이 SMC-1 시용보다 有利하였다.

引 用 文 獻

1. Agricultural Sciences Institute. 1985. Soil of Korea and their improvement. pp. 54-68. Rural Development Administration (RDA). Suweon(Korea).
2. Alloway, B. J. and H. Morgan. 1985. The bahavior and availability of Cd, Ni and Pb in polluted soils. in *Contaminated soil*(edited by Assink J. W. and W. J. van den Brink. pp. 101~113. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht(Netherlands).
3. Cannel, R. Q. and J. M. Lynch. 1984. Possible adverse effects of decomposing crop residues on plant growth. in *Organic Matter and Rice*. pp. 455~476. IRRI(International Rice Research Institute). Manila(Philippine).
4. Foth, H. D. 1978. Fundamentals of soil science(6th ed.). pp. 157~326. John Wiley & Sons. New York.
5. Inoko, A. 1984. Compost as a source of plant nutrient. in *Organic Matter and Rice*. pp. 137~146. IRRI. Manila.
6. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 1985. Trace elements in soils and plants. pp. 51~256. CRC Press. Florida(USA).
7. Kurihara. K. 1984. Urban and industrial wastes as fertilizer materials. in *Organic Matter and Rice*. pp. 193~216. IRRI. Manila.
8. Ottevanger W. 1985. Human cadnium intake in a contaminated region. in *Contaminated soil*(edited by Assink J. W. and W. J. van den Brink). pp. 247~250. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht(Netherlands).
9. 岡島秀夫. 1976. 土壤肥沃度論. pp. 175~202. 農文協. 東京.
10. 熊田恭一. 1982. 土壤環境. pp. 125~168. 學會出版センター. 東京.
11. 伊藤八郎, 鈴木芳夫. 1983. 野菜全書(ダイコン, ニンジン, カブ, ゴボウ) 基礎生理と應用技術. pp. 343~545. 農文協. 東京.
12. 김문규, 장기운, 최우영, 이창순. 1990. 마늘에 대한 板紙 Sludge의 營養學的 연구. 한국토양비료학회지. 23(3) : 208~213.
13. 농촌진흥청. 1983. 農事試驗 研究調査基準. p. 193. 수원.
14. 손응룡, 박병훈, 차종환, 안시영. 1983. 農·生物統計學. pp. 77~370. 선진문화사. 서울.
15. 신제성, 한기학. 1984. 產業廢棄物의 肥料化. 한국농화학회지. 27(別號) : 68~79.
16. 이규승, 구자형, 권기원, 장기운, 최우영. 1991. 산업폐기물의 활용에 관한 연구-제지 스럿지의 비료 자원화 및 토지개량효과. pp. 1~170. 한국과학재단. 대전.
17. 한국인삼연초연구소. 1991. 담배성분분석법. pp. 175~232. 제일문화사. 대전.