

종이 소각재의 育苗床土에 대한 酸度矯正 效果 研究

김찬용* · 이동훈¹⁾ · 박노권 · 김종수 · 서영진

경북농업기술원, ¹⁾경북대학교 농화학과

(2000년 8월 15일 접수, 2001년 11월 16일 수리)

Effects of paper ash on the neutralization of nursery soil acidity

Chang-Yong Kim*, Dong-Hoon Lee¹⁾, No-Kwuon Park, Jong-Soo Kim and Young-Jin Seo (Division of Environment Agriculture Research, Kyongbuk A.T.A. Taegu 702-320, ¹⁾Dept. of Agricultural Chemistry, Collage of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea)

Abstract : The paper industry produces about 6,000 ton of paper ashes yearly with by-products in Yuhan-Kimberly Ltd. The paper ashes was analyzed and evaluated for their potential as the soil acidity amendment materials. This study was conducted to investigate a reasonable amount of paper ashes for soil acidity amendment effect to be applied onto raising seedling of *Calendula officinalis* L. The mixed proportion of applied ashes, which was compared with agricultural lime, was treated to 0, 5, 10 and 15% (v/v) in mixed soil (pH 6.0) and the peat moss (pH 3.8) respectively. Consequently paper ashe was found to be more effective than agricultural lime at germination percentage, growth condition and in sharp initial increase of soil pH. The appropriate proportion of applied paper ash was 10% (v/v) at the soil-mix, and 15% (v/v) at the peat-moss. Soil application of paper ashes may provide supplemental quantities of K, Ca, Mg and other plant nutrients. But heavy metal concentrations in paper ash was low and should not limit application rates.

Key Word : paper ash, soil pH, heavy metal

서 론

산업부산물인 종이소각재는 산성토양의 개량효과가 인정되어 토양개량제로서의 재활용 가치가 우수한 것으로 알려져 있다. 미국 북부지역 등지에서 실지 사용하여 수확량의 증대를 가지고 왔다¹⁻³⁾. 하지만 이들은 농업적 이용이 미미하여 대부분 배립 또는 방치되고 있는 실정이며 토양, 수질 그리고 대기에 대한 환경 공해를 일으킬수 있다. 특히 제지 부산물인 종이소각재는 CaCO₃, MgCO₃ 가 다량 함유되어 있어⁴⁾ 우리나라와 같은 모재의 영향으로 산성토양이 상존하고 있는 지역에서는 붕소 등의 미량원소 결핍 및 Al 독성과 같은 생리장해를 최소화하고 각종 양분을 균형 공급 할 수 있다고 한다⁵⁻⁷⁾.

따라서 본시험은 제지회사에서 연간 수십만톤 가량 폐기되는 제지부산물인 종이소각재를 토양 개량제로의 이용 가능성을 검토하고자 금잔화 육묘상토에 종이소각재의 혼합 비율을 달리하여 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 육묘상토

종이소각재는 Table 1에서 보는 바와 같이 pH가 11.4로 강알칼리성이며 CaO, MgO, SiO₂ 과 중금속의 함량이 비교적 많았으나, 중금속은 부산물 비료의 제한 농도보다는 낮은 유한킴벌리(주)에서 생산된 부산물을 소각한 것이었으며, 석회석은 일반 소석회 (Ca(OH)₂)를 사용하여 육묘상토에 각각 부피비율로 0, 5, 10, 15%로 혼합하여 처리하였다.

육묘용 상토는 발효 50, 모래 20 및 부엽토 30%를 혼합한 배합토와 이끼류를 건조한 pH가 3.8로 강산성인 피트모스를 사용하였으며, 작물은 금잔화 (*Calendula officinalis* L.)를 공시하여 72공짜리 육묘상자를 사용하여 난피법 3반복으로 수행하였다.

분석방법

육묘상토의 분석은 배합토는 농촌진흥청 분석법⁸⁾에 준하여 실시하였으며, 피트머스의 경우 유기질비료공정분석법에 준하여 유기물은 전기회화로로 600℃에서 8시간 회화하였으며, 무기성분

*연락처:
Tel: +82-53-320-0230 Fax: +82-53-321-7730
E-mail: kbatahk@chollian.net

Table 1. Chemical composition of paper ashes used

Division	pH (1.5)	%					(mg kg ⁻¹)			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	Cu	Pb	Zn	Cr
Ashes	11.4	0.2	0.1	43.2	2.8	22.3	53	28	324	50
Limited level in fertilizer	-	-	-	-	-	-	500	150	-	300

Table 2. Effect of mixed rate of paper ashes and lime in mixed soil on the growth characteristics of *Calendula officinalis* L.

Materials	Mixed rate (%, v/v)	Germination		Plant ht. (cm)	No. of leaves per plant	Fresh wt. (g/plant)	
		Rate	Percentage			Shoot	Root
Ashes	0	46a	93a	4.9b	7.7a	1.1b	1.5c
	5	38a	96a	5.3b	7.7a	1.2b	1.9ab
	10	32a	89b	6.7a	8.5a	1.9a	2.2a
	15	46a	89b	5.4b	7.7a	1.3ab	1.7bc
Lime	0	46a	93a	4.9a	7.7a	1.1a	1.5a
	5	23b	74b	4.2a	6.6ab	0.6b	0.5b
	10	5c	29c	3.3ab	4.5bc	0.3c	0.2c
	15	9c	45c	2.7b	2.9c	0.1c	0.1d

* Mean separation with in column by Duncan's multiple range test 5% level.

의 경우 산으로 분해시켜 AA기로 분석하였다.

결과 및 고찰

생육상황

배합토에서의 종이소각재와 소석회 혼합비율별 생육상황을 조사한 결과 Table 2에서처럼 종이소각재 10% 혼합이 초장 및 생체중에서 유의적인 차이가 인정되었으며, 소석회에서는 무처리와 발아 및 전반적인 생육이 양호하였다. 이러한 결과로 보아 종이소각재는 소석회보다는 알칼리도가 낮아 산도교정효과가 서서히 나타나 15%를 혼합한 경우에도 과잉 피해가 나타나지 않았으나, 알칼리도가 높은 소석회의 경우 종이소각재와는 반대로 10, 15% 혼합시 높은 pH에 의해 오히려 과잉피해가 나타나 생육이 거의 되지 않거나 고사하여 역효과가 나타났다.

피트머스의 종이소각재와 소석회의 혼합비율별 생육상황은 Table 3과 같으며 피트머스의 경우 종이소각재 10, 15% 혼합시 초장 및 생체중에서 유의적인 차이가 인정되었으며, 소석회에서 발아율은 15%에서 높았으나 그 이후 생육은 그의 되지 않았거나 고사하였다.

Table 3. Effect of mixed rate of paper ashes and lime in peat moss on the growth characteristics of *Calendula officinalis* L.

Materials	Mixed rate (%, v/v)	Germination		Plant ht. (cm)	No. of leaves per plant	Fresh wt. (g/plant)	
		Rate	Percentage			Shoot	Root
Ashes	0	1d	12b	-	-	-	-
	5	50a	95a	5.0c	7.7a	1.2b	1.9ab
	10	32b	94a	7.4b	8.5a	1.9a	2.2a
	15	12c	89a	10.8a	7.7a	1.3ab	1.7bc
Lime	0	1b	12b	-	-	-	-
	5	13a	65a	-	-	-	-
	10	16a	51a	-	-	-	-
	15	20a	60a	-	-	-	-

* Mean separation with in column by Duncan's multiple range test 5% level.

Table 4. Chemical composition of nursery soil used compost^{b)}

Materials	pH (1.5)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K Ca Mg Na				CEC (me/100)
				—(Cmol ⁺ /kg)—				
None ^{a)}	5.1	807	1515	2.63	4.33	1.4	0.3	13.8
Expansion husk	5.1	112	1120	2.05	5.3	0.9	0.2	13.0
Burnt chaff	4.2	76	1685	0.90	5.4	0.6	0.1	13.1
Husk	4.1	125	1880	1.07	6.6	0.7	0.1	13.1
Sawdust	4.3	88	1800	0.84	4.7	0.5	0.1	12.1
Peanut shell	4.2	100	1845	0.74	4.8	0.5	0.1	12.0
Mushroom disuse compost	4.5	92	1760	1.34	5.8	1.9	0.1	15.7

^{a)} None : Soil 50 + Compost 30 + Sand 20%.

^{b)} 1992 원예용 상토개발, 농업기술연구소, 김유섭.

이러한 결과로 보아 피트머스는 강산성이므로 배합토보다 개량제의 양이 많을수록 생육이 양호하였다. 하지만 소석회 10% 이상 처리시 고사증상은 단단하게 굳어버린 상태로 인한 것이었으며, 이는 상토의 화학성보다는 물리성의 악화로 인하여 뿌리가 제대로 활착하지 못하여 고사한 것으로 사료된다.

일반 육묘상토의 이화학적 특성

Table 4는 일반적으로 자가제조하여 사용하는 상토로 주로 농가에서 부산물로 생산되는 왕겨, 톱밥, 땅콩껍질, 버섯폐상퇴비 등의 유기물 30%정도를 혼합하여 사용하고 있다. 이들 육묘상토의 이화학적 특성을 보면 벚짚원숙퇴비를 사용한 관행상토에 비하여 총염류농도, 인산 및 석회함량은 현저히 많은 반면 pH와 칼리, 마그네슘과 나트륨 등의 함량은 낮았다. 특히 팽화왕겨를 제외하고는 토양 pH는 4.1~4.5 정도로 낮아서 작물생육에 부적합하며

Table 5. Changes of Chemical of nursery bed soil according to different mixed rate of ashes and lime in mixed soil

Properties	Mixed rate (% v/v)	Ashes		Lime	
		Before of experiment	After of experiment	Before of experiment	After of experiment
pH (1.5)	0	6.0	5.8	6.0	5.8
	5	7.4	6.8	7.8	7.4
	10	8.2	6.8	9.3	7.7
	15	8.4	6.9	10.1	7.7
OM (g kg ⁻¹)	0	51	27	51	27
	5	43	29	57	22
	10	35	31	43	26
	15	33	24	46	26
<i>Ex.cation, cmol⁽⁺⁾/ kg</i>					
K	0	0.46	0.31	0.46	0.31
	5	1.15	0.33	0.61	0.38
	10	1.06	0.29	1.22	0.39
	15	1.15	0.30	1.17	0.43
Ca	0	7.5	9.5	7.5	9.5
	5	20.7	21.7	25.5	18.2
	10	29.6	22.8	32.2	15.2
	15	32.7	21.4	47.6	17.6
Mg	0	3.34	2.53	3.34	2.53
	5	4.41	3.56	40.04	14.51
	10	4.41	3.52	73.30	34.25
	15	5.36	4.13	101.66	53.63
Na	0	0.67	0.34	0.67	0.34
	5	0.64	0.27	0.73	0.38
	10	0.61	0.26	0.69	0.30
	15	0.61	0.31	0.77	0.38

로 석회를 사용하여 육묘상토의 pH를 조절해야 할 것으로 사료된다.

그러나 농가부산물을 이용한 상토는 염농도가 높고 Mg함량이 많기 때문에 석회를 시용할 때는 토양의 염농도를 상승시키지 않으면서 과채류 육묘에 제한요인인 Ca/Mg 비를 적절하게 조절할 수 있는 양을 사용하여야 될 것이다. 따라서 이러한 조건에 부합될 수 있는 개량제는 소석회와 같은 알칼리도가 높은 재료보다는 비교적 알칼리도가 낮은 종이소각재와 같은 개량제를 필요로 할 것으로 본다.

종이소각재 처리 육묘상토의 이화학적 특성

배합토에서 처리간 육묘상토의 이화학적 특성은 Table 5와 같으며 두 처리모두 pH, Mg, Ca의 함량이 혼합율이 높을수록 상승하였다⁴⁾. 그 변화정도는 종이소각재에서 훨씬 적었다. 피트머스에서 처리간 육묘상토의 이화학적 특성은 Table 6과 같으며 그 결과는 앞에서 살펴본 배합토의 경우와 비슷하였으나, 유기물의

Table 6. Changes of Chemical of nursery bed soil according to different mixed rate of ashes and lime in peat moss

Properties	Mixed rate (% v/v)	Ashes		Lime	
		Before of experiment	After of experiment	Before of experiment	After of experiment
pH (1.5)	0	3.8	4.9	3.8	4.9
	5	7.5	8.2	9.4	7.3
	10	8.3	8.6	11.3	9.8
	15	9.5	8.6	12.1	9.9
OM (%)	0	88	73	88	73
	5	69	63	60	58
	10	51	47	33	49
	15	49	46	30	40
<i>Elemental analysis, mg/kg</i>					
K ₂ O	0	0.05	0.10	0.05	0.10
	5	0.06	0.09	0.08	0.07
	10	0.06	0.10	0.10	0.08
	15	0.05	0.09	0.11	0.08
CaO	0	0.68	0.90	0.68	0.90
	5	5.70	4.50	12.98	11.13
	10	10.48	10.17	14.97	15.76
	15	13.02	10.99	19.25	19.69
MgO	0	0.38	0.55	0.38	0.55
	5	0.66	0.86	8.07	4.02
	10	1.09	1.06	10.84	6.27
	15	1.10	1.16	12.16	9.27
Na ₂ O	0	0.04	0.05	0.04	0.05
	5	0.05	0.04	0.05	0.03
	10	0.06	0.06	0.06	0.03
	15	0.05	0.05	0.07	0.04

경우 개량제 혼합비율과 유기물 함량과 부의 상관을 나타내었다. 이는 피트머스 자체가 대부분 유기물이어서 종이소각재와 소석회의 혼합량의 증가에 따라 상대적으로 피트머스가 차지하는 양이 적어진 것으로 사료된다.

육묘상토의 중금속 함량

시험후 처리간 중금속 함량은 Table 7에서 보는것과 같이 육묘상토별 중금속 함량정도는 피트머스의 경우가 크게 높았는데 특히 크롬과 구리의 함량이 높았으며, 배합토의 경우 납이 높은 함량을 보였다. 개량제별로는 종이소각재에서 중금속 함량이 약간 높았으며, 특히 크롬의 경우 처리비율에 따라 함량이 높은 경향을 보였는데 이는 종이소각재의 경우 원료를 표백할 때 첨가된 표백제에 의한 것으로 사료된다⁹⁾. 하지만 크롬을 제외한 나머지 중금속은 우려할 정도는 아니며 토양 환경오염 한계농도에는 크게 미달 된 것으로 나타났으나, 만약 일반 포장에 과량 또는 연용 한다면 중금속의 오염이 우려되므로 가급적이면 사용을 금하

Table 7. Content of heavy metals from ashes and lime application on *Calendula officinalis* L. in mixed soil and peat moss

Heavy metals	Mixed rate (% v/v)	Mixed soil		Peat-moss		Limited level of soil contamination
		Ashes	Lime	Ashes	Lime	
Elemental analysis, mg/kg						
Cu	0	0.5	0.5	4.4	4.4	125
	5	0.4	0.6	9.7	3.7	
	10	0.6	0.6	17.0	3.6	
	15	0.6	0.7	18.5	4.9	
Pb	0	10.9	10.9	3.2	3.2	300
	5	9.8	10.2	9.5	11.1	
	10	9.4	9.7	18.2	15.3	
	15	9.3	9.7	18.6	19.3	
Cd	0	0.6	0.5	0.2	0.2	4.0
	5	0.5	0.5	1.0	1.1	
	10	0.5	0.5	1.8	1.6	
	15	0.5	0.5	1.8	2.0	
Cr	0	1.7	1.7	5.6	5.6	10
	5	1.7	1.3	14.9	4.2	
	10	1.6	1.4	17.7	4.4	
	15	1.7	1.2	24.7	10.9	

* Ministry of Environment¹⁰⁾.

는 것이 좋을 것이다. 다만 육묘상토의 경우도 식용으로 하는 채소가 아닌 관상용이나 화훼류와 같이 비식용으로 소량 사용한다면 큰 문제가 되지 않을 것으로 본다.

요 약

제지부산물인 종이소각재의 산도교정 효과와 적정 혼합비율을 구명하기 위하여 산도가 다른 두 육묘상토를 사용하여 개량제 혼합비율별로 발아율, 생육상황 및 시험전후 토양의 이화학적 특성을 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 종이소각재는 pH가 11.4로 강알칼리성이었으며, 중금속 함량은 부산물 비료의 규제농도 보다는 낮았다.
2. 처리별 발아 및 묘의 생육은 배합토에서는 종이소각재를 0, 5% (v/v) 혼합시 발아율이 높았고, 후기생육은 10% (v/v) 혼합이

가장 좋았다. 피트머스의 경우는 소각재 5% (v/v) 혼합율이 높았고, 생육은 10, 15% (v/v) 혼합시 가장 양호하였다.

3. 개량제 혼합 비율별 육묘상토의 이화학적 변화정도는 배합토와 피트머스 모두 종이소각재 처리가 소석회보다는 산도교정 정도는 낮았으나 산도교정 효과는 인정되었으며, 혼합비율이 높을수록 유기물 함량은 적었고, 치환성 양이온의 함량은 많았다.
4. 육묘상토의 중금속함량은 피트머스와 종이소각재를 혼합한 경우 그 함량이 증가하였으며 특히 크롬 (Cr)의 경우 토양오염 우려기준치 보다 높았다.

참 고 문 헌

1. Erich, M. S. and Ohno, T. (1992) Phosphorus availability to corn from wood ash-amended soils, *Water Air Soil Pollut.* 64, 475-485.
2. Lerner, B. R. and Utzinger, J. D. (1986) Wood ash as soil liming material. *Hortic. Sci.* 21(1), 76-78.
3. Magdoff F. R., Bartlett, and Ross (1983) Final report : Wood ash research project.
4. Simson, C. R., Kelling, K. A. and Liegel, E. A. (1981) Paper mill lime sludge as an alternative liming material, *Agron. J.* 73, 1003-1008.
5. Gonzalez-Erico, E., Kamprath, E. J., Nademan, G. C. and Soares, W. V. (1979) Effect of depth of lime incorporation on the growth of common an oxisol of central Brazil, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43, 1155-1158.
6. Shainberg, I., Summer, M. E., Miller, W. P., Farina, M. P., Pavan, M. A. and Fey, M. V. (1989) Use of gypsum on soils, *A. review, Adv. Soil Sci.* 9, 1-11.
7. Shin, J. S., Lim, D. K. and Seong, K. S. (1990) Utilization of fly ash as a source of mineral fertilizer. II. Potassium availability for soybean, *J. Soil Sci.* 23, 204-207.
8. Rural development administration, Republic Korea. (1988) Method of soil chemistry analysis.
9. Hatch, C. J. and Pepin, R. G. (1985) Recycling mill wastes for agricultural use, *Tappi J.* 68, 70-73.
10. Ministry of environment, Republic Korea. (1996) The handbook of protection in soil environment.