

계화도 간척지에서 석고, 팽화왕겨 및 제올라이트 처리가 토양 중 양이온 함량에 미치는 영향

백승화¹⁾ · 이상욱 · 임효빈 · 김대근 · 김성조*

원광대학교 생명환경학부*, ¹⁾충북도립대학 바이오식품생명과학과
(2008년 11월 12일 접수, 2009년 3월 20일 수리)

Influence of Gypsum, Popped Rice Hulls and Zeolite on Contents of Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ in Reclaimed Tideland Soils in Kyechwado

Seung-Hwa Baek¹⁾, Sang-Uk Lee, Hyo-Bin Lim, Dae-Geun Kim, and Seong-Jo Kim* (Div. of Life-Environment, College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, ¹⁾Dept. of Biofood Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science & Technology)

ABSTRACT: The effect of application of gypsum (G), popped rice hulls (PRH), and zeolite (Z) in exchangeable cations concentrations of reclaimed tideland soil in Kyechwado was investigated for 3 years from 2004 to 2006 in a pot experiment with bermuda grass (*Cynodon dactylon*). Treatments with three soil conditioner and with three applications were established with three replications; G1 (1,550 kg 10 a⁻¹), G2 (3,100), and G3 (6,200) for gypsum, H1 (1,000), H2 (2,000), and H3 (3,000) for PRH, and HZ1 (200), HZ2 (400), and HZ3 (800) for co-application of zeolite with PRH at the 1,500 kg 10 a⁻¹. At 60, 90, 120 days after treatment (DAT), exchangeable cations (K⁺, Na⁺, Mg²⁺, and Ca²⁺) were analyzed. Gypsum application significantly decreased K⁺, Na⁺, Mg²⁺ in the soil probably due to exchange and subsequent leaching of these cations by Ca²⁺ from the gypsum applied. Overall, K⁺ concentration was gradually decreased by continuous application of soil conditioners and was in the order of 2004>2005>2006 regardless of the kinds and application rate of soil conditioners. Comparing K⁺ concentrations among the soil conditioners in the same year, its concentration was in the order of gypsum<PRH<PRH+zeolite. Gypsum rather than other conditioners considerably decreased Na⁺ concentration; i.e. Na⁺ concentration was in the order of gypsum<<PRH<PRH+zeolite in 2006. Concentration of Mg²⁺ also showed a similar pattern to Na⁺. Gypsum application significantly increased Ca²⁺ concentration and in the gypsum treated soil Ca²⁺ concentration increased with years.

Key Words: : Gypsum, Popped rice hulls, Zeolite, Aggregates, Soil Aggregation, Fine sandy loam, Silt loam, Cations

서 론

우리나라 간척지 토양의 토성은 세립질 또는 조립 세립질로 되어 있으며, 이들 간척지 토양은 지하수위가 높아 토양배수가 불량하고 건조시 염분이 작토층으로 상승하는 재염화가 반복되고 있다¹⁾. 특히 세립질 토양에서 토양구조가 발달되지 않은 신간척지는 수직배수가 불량하여 제염에 어려움이 있다²⁾. 따라서 이들 신간척지에서의 제염은 물론 물리성 개선을 위한 토양의 입단형성에 대한 연구가 필요하다. 나트륨 염해

지 토양의 개량을 위해 전해질원으로 부산물 석고의 사용은 전해질 농도를 증가시키는 것으로 잘 알려져 있는데 석고 중 Ca²⁺은 Na과 Mg에 대해 선택성을 가진 치환성 복합체인 토양 콜로이드의 전기적 이중층 즉, 수화 반지름을 감소시켜 입단의 형성 유지 및 파괴를 방지하는데 효과적이다³⁻⁶⁾.

토양 중에서 토양유기물(soil organic matter;SOM) 작용을 조절하는 요인들은 유기물질의 첨가 및 투입과 관련되어 있고, 유기물의 분해는 무기화한 탄소, 미생물자원, 유기물의 가벼운 분획 및 대형유기물 등으로 구성되어 SOM의 질과 관련이 있으며, SOM의 질은 토양입단들 간의 관계에 영향을 준다고 하였다^{7,8)}. 또 SOM의 기능들은 총 SOM 또는 입단으로 된 SOM에 근거하여 구별된다. 또 SOM은 입단

*연락처:

Tel: +82-63-850-6676 Fax: +82-63-850-6676
E-mail: sjkim@wku.ac.kr

의 안정도 유지, 식물영양분의 보존, 수분의 침투, 공기의 조절 등에 중요한 인자가 되고 있다^{7,8)}. 이러한 SOM의 수준은 동부 프랑스의 산림토양 중 토양 Ca과 일차적으로 관련되고 있다고 하였다⁹⁾. Ca이 풍부하고 유기물질을 일정하게 유지시키는 Ca의 기능은 잘 알려져 있다¹⁰⁾. Ca의 첨가는 실험실 조건에서는 glucose가, 포장조건에서 밀집이 무기화작용을 감소시키는 것으로 알려졌다^{11,12)}.

이와 같이 토양 중에서 내수성 입단형성의 유지 및 생성을 위하여 사용되는 토양개량제로 유기물, 석고물질 등의 사용은 토양의 pH, ESP, 양이온 함량 등과 밀접한 관계가 있을 것이다. 따라서 토양개량제가 토성별 특히 간척지 토양에서 물리·화학적으로 어떠한 영향을 미치는 가를 조사분석하는 것은 중요하다.

본 연구는 간척지 토양 중 세사양토의 입단형성을 위해 토양개량제가 처리된 토양 중에서 양이온들의 동태를 분석하기 위하여 토양개량제로 이수석고, 팽화왕겨 및 zeolite 등을 처리량 및 조합을 달리하여 사용하고, 버뮤다그래스를 재배한 토양 중에서의 양이온들의 함량변화를 3년간에 걸쳐 분석한 결과를 보고한다.

재료 및 방법

공시토양

계화도 간척지의 토양을 대상으로 버뮤다그래스를 재배하고, 이수석고, 팽화왕겨, 팽화왕겨+zeolite 처리한 후 토양을 5.3 cm Core(Eijkelpamp Co., Giesbeek, The Netherlands)로 6월 21일(60 DAT), 7월 21일(90 DAT), 8월 21일(120 DAT)일에 채취·음건하여 화학성 및 입단변화 분석에 사용하였다. 즉, 토양 시료의 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(NAIST)¹³⁾에 준하여 pH는 토양포화 추출액(1:5)을 초자전극법으로 측정, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1N-NaOAc(pH4.5) 침출법, 치환성양이온은 1N-NH₄OAc(pH 7.0)로 침출하여 AAS(Atomic Absorption Spectrophotometer, Spectra AA-220FS, Varian Co. Ltd. Australia)로 분석하였고, CEC는 1N-NH₄OAc(pH7.0) 용액으로 치환성 NH₄⁺를 포화시켜 Ethyl alcohol로 과잉의 NH₄⁺를 세척 후 증류하여 정량하였다. 토양의 입단분석은 습식체별법(Wet-sieving method; Model DIK-2000, Daiki Rika Kogyo Co. LTD, Tokyo, Japan)으로 하였다. 즉, 물을 가하여 20℃ 향온이 되도록 맞춘 사각 수조안의 분리용 원통형 수조에 있는 Yoder-type의 입단분석용 체(2.00, 1.00, 0.50, 0.25 mm)에 토양시료 50 g을 골고루 퍼 넣어 기포가 생기지 않도록 주의하여 하강시켜 물에 잠기도록 하여 10분 동안 토양에 물이 스며들게 한 후 30분 동안 분당 20회 상하운동으로 사분된 토양입자를 105℃의 dry oven에서 24시간 건조한 후 2.00, 1.00, 0.50, 0.25 mm 체에 들어있는 토양입자의 무게를 칭량하여 백분율로 환산하였다. 공시토양의 화학성 및 입단분포는 Table 1 및 Table 2와 같다.

Table 1. Characteristics of soils used in the experiment

Soil texture	pH (1:5)	OM (%)	CEC (cmol ⁺ /kg)	Ex.cation(cmol ⁺ /kg)			
				K	Ca	Mg	Na
Fine sandy loam	6.52	0.96	7.65	0.48	2.77	2.95	1.86

Table 2. Distribution of aggregates sizes in soils used in the experiment (unit : %)

Soil texture	Sizes of aggregates(mm)					Degree of aggregation
	>2.0	2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	<0.5	
Fine sandy loam	0.00	2.51	8.51	12.34	9.01	32.37

Table 3. Level of gypsum, popped rice hulls and zeolite with popped rice hulls to pots

Pots	Level of soil amendments(kg/10 a)			
	Fertilizing (N-P-K)	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Popped rice hulls	Zeolite
C	17.2-2.2-4.1 [†]	-	-	-
G1	17.2-2.2-4.1	1550	-	-
G2	17.2-2.2-4.1	3100	-	-
G3	17.2-2.2-4.1	6200	-	-
H1	17.2-2.2-4.1	-	1000	-
H2	17.2-2.2-4.1	-	2000	-
H3	17.2-2.2-4.1	-	3000	-
HZ1	17.2-2.2-4.1	-	1500	200
HZ2	17.2-2.2-4.1	-	1500	400
HZ3	17.2-2.2-4.1	-	1500	800

[†] Trenholn, L. E. et al. 2000. Crop Sci. 40: 1350-1357.

Pot별 토양개량제 처리수준

2004~2006년 3년에 걸쳐 계화도 간척지 세사양토를 음건 후 마쇄하여 4 mm 체를 통과한 토양 10 kg를 wagner pot(Φ 18 cm, Lenth 30.1 cm, 1/3000 a)에 채워 포트당 지하수 400 mL씩 주입하여 포트수위를 20 cm로 유지되도록 조절하였으며 증발되는 수분을 보충하고자 간단관수하고 버뮤다그래스는 4월 22일 파종 하였다. 토양개량제 및 처리수준은 무시용구, 토양개량제 무시용 bermuda grass 재배구, 이수석고 시용(3수준) bermuda grass 재배구, 팽화왕겨 시용(3수준) bermuda grass 재배구, 팽화왕겨(1500 kg/10 a) + zeolite(3수준) 시용 bermuda grass 재배구로 3반복 처리(Table 3)하여 원광대학교 생명자원과학대학 식품환경학전공 온실 옆 노지에 난괴법으로 임의 배치하였다. 또 토양개량제의 화학적 특성은 Table 4와 같다.

Table 4. Ingredients of popped rice hulls and gypsum

Material	CEC (cmol^+/kg)	T-C	T-N	C/N	T-P	P ₂ O ₅ K ₂ O CaO MgO Na ₂ O SiO ₂ (%)					
						Gypsum	-*	-	0.03	-	1.9
Popped rise hulls	-	41.4	1.17	35.4	-	0.62	0.65	0.17	0.20	0.11	-
Zeolite	262.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Not determined

결과 및 고찰

계화도 간척지 세사양토의 입단형성 작용을 돕기 위하여 토양개량제를 연용한 후 처리별 토양 중 K⁺, Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺ 등 양이온 함량을 조사·분석한 결과를 그림으로 나타내었다.

토양개량제 처리 후 60일, 90일, 120일에 토양 중 K⁺ 함량은 Fig. 1과 같다.

60 DAT(day after treatment, DAT)에서의 K⁺ 함량은 연용 토양개량제의 종류 및 처리수준과 관계없이 각 년도에서는 함량 차이를 인정하기 어려웠다. 2004년도는 3.35 - 2.05 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 {(HZ, HZ3, G1, H3, H2), (H2, H1, HZ2), (H2, H1, HZ2, C, G2), (C, G2, G3)} 사이, 2005년은 3.26 - 1.65 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 로 {(G3, H1, H3, G1, G2, HZ2, H2), (G1, G2, HZ2, H2, HZ3, C), (HZ2, H2, HZ3, C, HZ1)} 사이에서 유의성이 인정되었다(p<0.05). 그러나 2006년도는 0.76 - 0.51 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 로 처리제 및 처리량 수준에 관계없이 가장 낮았으나 유의차는 없었다.

년도별 변화에서 이수석고의 사용은 토양 중 K⁺ 함량을 낮아지게 하였고, 팽화왕겨 및 zeolite의 사용은 토양 중 K⁺ 함량을 거의 무처리구의 수준을 유지 또는 그 함량을 높여주는 경향을 나타내게 하였다. 이는 이수석고의 경우 K⁺ 함량이 팽화왕겨와 팽화왕겨+zeolite 처리보다 낮았던 원인은 Ca⁺⁺ 성분이 토양교질을 개선하여 토양 중의 치환성 Na⁺과 Mg⁺⁺ 함량을 줄이고 Ca⁺⁺ 함량은 증가되어 제염이 촉진된다고 한 결과로부터¹⁴⁾, 판단할 수 있는 사실은 원자의 반지름이 클수록, 이온화 포텐셜이 작을수록 쉽게 유리될 수 있기 때문에 석고로부터 유리된 SO₄²⁻과 결합되어 K₂SO₄로 된 다음 배수와 함께 용탈됨으로써 K⁺의 함량이 감소되는 것으로 생각되었다. 한편 K⁺ 함량이 높아지는 경향을 보인 것은 팽화왕겨에 함유된 K⁺의 유리화 간척지에 존재하는 K⁺이 팽화왕겨와 zeolite의 틈에 물리적 흡착과 화학적 결합으로 인하여 배수와 함께 용탈되는 양이 감소되기 때문에 이수석고 처리보다 상대적으로 K⁺ 함량이 높아지는 것으로 추정되나 K⁺의 가동성이 감소되기 때문으로 생각되었다.

90 DAT에서는 2004년도의 경우 1.230 - 3.800 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 {(HZ2, H3, H2, Z1, H1, HZ3), (HZ2, H3, H2, Z1, H1, HZ3, C), (G3, (G1, G2))} 사이, 2005년도의 경우 0.407 - 1.170 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 {(HZ3, H3, HZ2, H1,

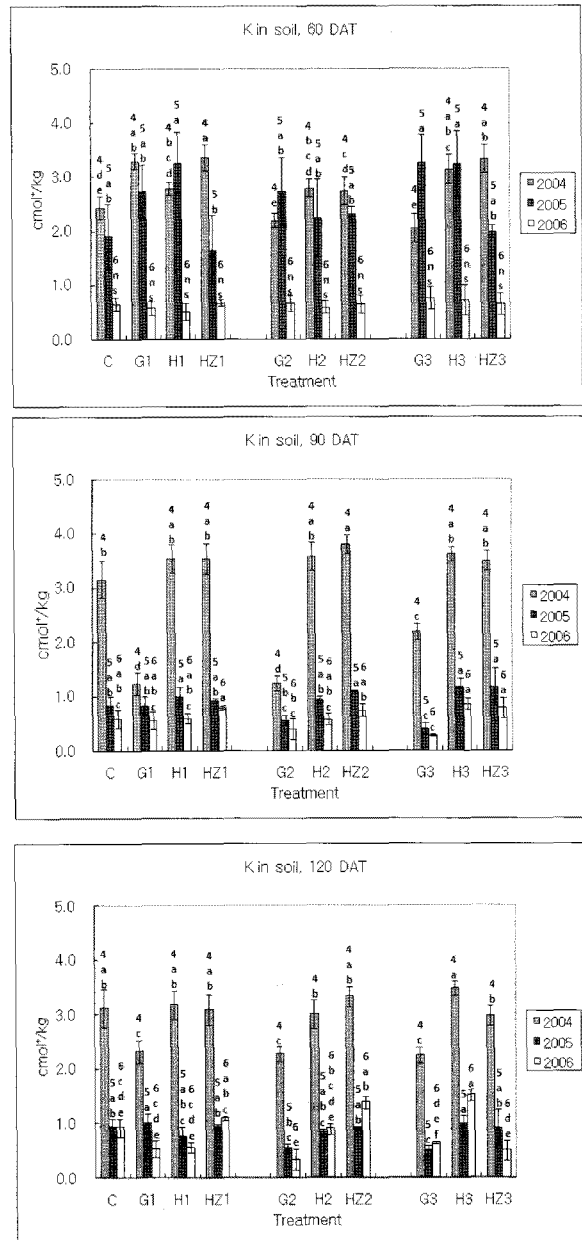


Fig. 1. Exchangeable K⁺ concentration in the soil treated with gypsum(G), popped rice hulls(H), and zeolite with popped rice hulls(HZ).

* Means with the same lettered superscripts of histogram's are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

H2, HZ1, C, G1), (H2, HZ1, C, G1, G2), (G2, G3)) 사이, 2006년도의 경우 0.280 - 0.847 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 ((H3, HZ1, HZ3, HZ2, C, H1, H2, G1), (HZ2, C, H1, H2, G1, G2), (C, H1, H2, G1, G2, G3)) 사이에 유의성 ($p < 0.05$)이 인정되나 대조군보다 낮아진 처리구는 이수석고이었다. 이러한 결과는 연용기간이 길어질수록 낮아지는 경향이 뚜렷하여 60 DAT에서의 2005년도 까지 일정치 않았던 결과와는 다르게 나타났다.

120 DAT에서는 2004년도의 경우 2.25 - 3.480 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 ((H3, HZ2, H1, C, HZ1), (HZ2, H1, C, HZ1, H2, HZ3), (G1, G2, G3)) 사이, 2005년도의 경우 0.497-1.010 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 ((G1, H3, HZ1, C, HZ2, HZ3, H2, H1), (H3, HZ1, C, HZ2, HZ3, H2, H1, G2), (H2, H1, G2, G3)) 사이, 2006년도의 경우 0.337-1.510 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 ((H3, HZ2, HZ1), (HZ2, HZ1, C, H2), (HZ1, C, H2 G3, H1, G1), (C, H2 G3, H1, G1, HZ3), (H2 G3, H1, G1, HZ3, G2)) 사이에 유의성 ($p < 0.05$)이 인정되었으며 2004 > 2005 > 2006 순으로 낮아지는 경향이였다.

2004년의 팽화왕겨+zeolite의 경우, HZ1과 HZ3에서 약간의 차이는 있었지만 년도별 감소형태가 안정적이었고, 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 토양 중 K^+ 함량이 높았다. 120 DAT에서의 K^+ 함량은 연용기간이 길어질수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였다($P < 0.05$). 유기물로 팽화왕겨의 사용은 토양 중 K^+ 함량을 높이는 경향이었는데 이는 팽화왕겨 중의 K^+ 함량이 많기 때문으로 생각되었다. HZ3 처리구는 HZ2 처리구 보다 토양 중 K^+ 함량을 낮아지게 하는 경향을 보이고 있었는데 이는 zeolite 처리수준이 토양 중 K^+ 가동성 변화에 영향을 미치고 있는 것으로 볼 수 있었다.

토양개량제 처리 후 60일, 90일, 120일에 토양 중 Na^+ 함량은 Fig. 2와 같다.

60 DAT에서의 Na^+ 함량은 2004, 2005, 2006년도 각각 0.760 - 6.600, 8.153 - 13.310, 1.193 - 2.257 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 토양개량제의 종류 및 처리수준과 관계없이 2005 > 2004 > 2006의 년도별 차이를 나타냈다. 특히 이수석고의 처리는 토양 중 Na^+ 함량을 낮아지게 하는 효과가 있었다. 이러한 결과는 Na^+ 이 SO_4^{2-} 과 결합하여 Na_2SO_4 염 상태로 쉽게 배수와 함께 용탈되기 때문으로 생각되었다. 60 DAT에서의 토양개량제의 종류 및 처리 수준에 관계없이 대조군에 비하여 2004, 2005, 2006년 모두 낮아지는 경향이였으나 예외적으로 2004년도의 팽화왕겨 처리구만 높았다($p < 0.05$).

90 DAT에서의 Na^+ 함량은 2004, 2005, 2006년도 각각 0.390 - 1.800, 6.650 - 8.170, 1.767 - 4.770 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 토양개량제의 연용기간이 길어질수록 높아지는 경향을 나타내어 60 DAT에서의 결과와는 다르게 2005 > 2006 > 2004 순으로 낮아지는 경향을 나타냈다. 즉, 팽화왕겨의 처리수준과 관계없이 2004년을 제외한 2005 및 2006년 토양에

서 비교적 높은 것으로 나타났다. 90 DAT에서의 토양개량제의 종류 및 처리수준에 관계없이 대조군의 Na^+ 함량 보다 개량제 처리군은 2004, 2005, 2006년 모두 낮아지는 경향이였으나 예외적으로 2006년도의 G1만 높았다($p < 0.05$).

120 DAT에서의 Na^+ 함량은 2004, 2005, 2006년도 각각 0.430 - 3.640, 5.230 - 6.043, 1.827 - 9.040 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위로 토양개량제의 연용기간이 길어질수록 높아졌다($p < 0.05$).

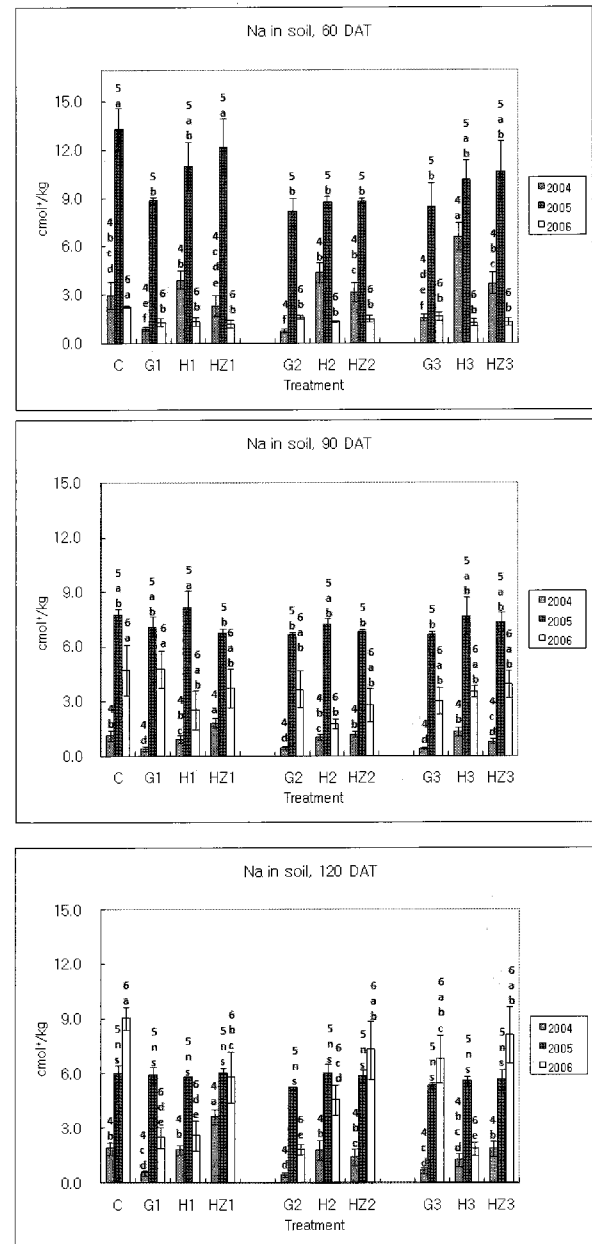


Fig. 2. Exchangeable Na^+ concentration in the soil treated with gypsum(G), popped rice hulls(H), and zeolite with popped rice hulls(HZ).

* Means with the same lettered superscripts of histogram's are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

토양개량제 처리는 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 토양 중 Na⁺ 함량이 높아지는 경향이였다.

대조군 보다 토양개량제로 이수석고, 팽화왕겨 및 zeolite의 사용은 토양 중 Na⁺ 함량을 낮아지게 하는 것을 알 수 있었다. 그 함량은 이수석고 << 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순이었다. 2006년도 120 DAT의 분석결과를 보면 이수석고 처리가 토양 중 Na⁺ 함량을 감소시키고 있음을 보여주고 있었다.

토양개량제 처리 후 60일, 90일, 120일에 토양 중 Mg⁺⁺ 함량은 Fig. 3과 같다.

60 DAT에서의 Mg⁺⁺ 함량은 토양개량제의 종류와 처리수준과 관계없이 2004, 2005, 2006년도 각각 1.460 - 4.910, 0.827 - 4.547, 1.767 - 4.390 cmol⁺kg⁻¹ 범위로 연용기간이 길어질수록 낮아지는 경향이였으며, 특히 이수석고 처리구에서 낮았다(p<0.05). 처리수준에 따른 Mg⁺⁺ 함량 변화는 년도가 경과할수록 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 높아지고 있었다. 2004년도 처리 후 H3, H1, HZ3 및 HZ1에서만 높았으나 2005, 2006년의 경우 모두 대조군의 함량이 높았다(p<0.05).

90 DAT에서의 Mg⁺⁺ 함량은 토양개량제의 종류와 처리수준과 관계없이 2004, 2005, 2006년도 각각 0.148 - 4.543, 0.323 - 4.302, 3.344 - 9.026 cmol⁺kg⁻¹ 범위로 연용기간이 길어질수록 높아지나 대조군과 유의적인 차이가 없었으며, 특히 이수석고< 팽화왕겨 처리구에서 높아(p<0.05) 60 DAT에서의 결과와는 다르게 나타났다.

이러한 변화는 팽화왕겨+zeolite의 경우 년도별 증가형태가 안정적이었고, 시간이 경과할수록 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 높아지고 있었다. 팽화왕겨와 zeolite의 처리는 2004년도와 2005년도에서 대조군과 거의 차이가 없어 이수석고 처리가 토양 중 Mg⁺⁺ 함량을 감소시키는 효과가 큰 것을 알 수 있었다. 2006년의 결과를 보면 팽화왕겨 H1, H2 처리를 제외한 이들 개량제의 3년 연용으로 토양 중의 Mg⁺⁺ 함량이 높아지는 경향이나 유의차가 없었고, 특히 팽화왕겨 + zeolite 조합처리에서 가장 높았다(p<0.05).

120 DAT에서도 90 DAT의 변화형태가 그대로 유지되고 있어 2004, 2005, 2006년도 각각 1.120 - 3.570, 0.170 - 3.627, 0.980 - 6.750 cmol⁺kg⁻¹ 범위로 연용기간이 길어질수록 높아지는 경향으로 토양개량제 사용 3년째인 2006년도가 가장 높은 결과를 나타내었다. 결과적으로 Mg⁺⁺ 함량은 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 높아지고, 연용기간이 길수록 높아지는 경향이였다(p<0.01).

토양개량제 처리 후 60일, 90일, 120일에 토양 중 Ca⁺⁺ 함량은 Fig. 4와 같다.

60 DAT에서 Ca⁺⁺ 함량은 2004, 2005, 2006년도 각각 4.460 - 67.190, 7.607 - 96.883, 7.550 - 152.457 cmol⁺kg⁻¹ 범위이었고, 팽화왕겨와 팽화왕겨+zeolite를 연용한 처리는 3년차 H3 처리구를 제외하면 대조군의 Ca⁺⁺ 수준과 유의차

가 없었다(p<0.05). 이수석고 연용처리는 토양개량제의 특성상 처리수준이 증가할수록 토양 중 Ca⁺⁺이 증가하였으며, 년도별 변화도 2004 < 2005 < 2006년의 순으로 연용 횟수가 누적될수록 증가되는 경향이었고, 이수석고 처리수준이 많아지면 토양 중의 Ca⁺⁺ 함량도 증가되는 결과를 잘 보이고 있었다(p<0.05).

90 DAT에서도 2004, 2005, 2006년도 각각 5.070 -

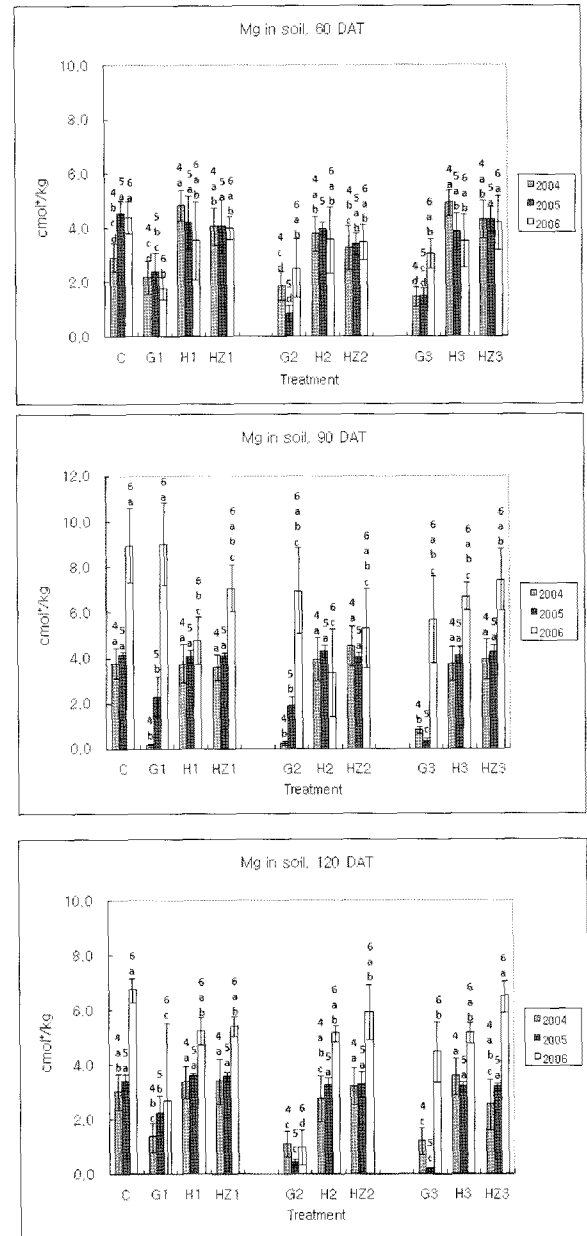


Fig. 3. Exchangeable Mg²⁺ concentration in the soil treated with gypsum(G), popped rice hulls(H), and zeolite with popped rice hulls(HZ).

* Means with the same lettered superscripts of histogram's are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

78.120, 7.800 - 93.920, 9.657 - 147.597 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위가 있고, 팽화왕겨와 팽화왕겨+zeolite를 연용한 처리에서는 이들 처리수준에 관계없이 대조군과 유의차가 없었다($p < 0.05$). 이수석고 연용처리는 60 DAT와 그 경향이 유사하여 처리수준이 증가할수록 토양 중 Ca^{++} 이 증가되었으며, 년도별 변화도 2004 < 2005 < 2006년의 순으로 연용 횟수가 누적될수록 증가되는 경향이었고, 이수석고 처리수준이 높으면 토양

중의 Ca^{++} 함량도 증가되었다($p < 0.05$).

120 DAT에서의 Ca^{++} 함량은 2004, 2005, 2006년도 각각 3.920 - 78.880, 6.040 - 37.720, 5.920 - 132.493 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ 범위가었고, 이수석고 처리의 경우 Ca^{++} 이 증가되었다.

예외적으로 2006년도의 경우 이수석고, 팽화왕겨+zeolite 처리구 중 HZ1과 대조구가 유의차가 인정되었으며, 전체적으로 처리기간(DAT)이 경과할수록 낮아지는 경향이였다.

적 요

본 연구는 간척지 토양 중 세사양토에 대하여 입단형성을 위해 가해진 토양개량제가 토양 중 양이온 함량변화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 토양개량제로 이수석고 1550 (G1), 3100 (G2), 6200 (G3) $\text{kg}/10 \text{ a}$, 팽화왕겨 1000 (H1), 2000 (H2), 3000 (H3) $\text{kg}/10 \text{ a}$, 팽화왕겨 1500 $\text{kg}/10 \text{ a}$ 에 zeolite 200 (HZ1), 400 (HZ2), 800 (HZ3) $\text{kg}/10 \text{ a}$ 가 되도록 처리량을 달리하여 3년간 연용하고, 버뮤다그래스를 재배한 토양을 60, 90, 120일 경과 후 채취하여 토양개량제 연용이 토양 중 양이온 함량변화에 미치는 결과를 보고한다.

이수석고의 처리는 토양 중 K^+ , Na^+ , Mg^{++} 의 함량을 현저히 감소시키는 것으로 나타났다. K^+ 함량은 토양개량제의 종류 및 처리수준과 관계없이 연용기간이 길어질수록 낮아지는 경향이 었다. K^+ 함량은 연도별의 경우 2004 > 2005 > 2006 순으로 낮았으나 동일연도에서는 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순이었으며, 90 DAT에서 잘 나타나고 있었다. Na^+ 함량은 토양개량제 연용에 따른 변화는 없었으나 토양개량제의 종류에 의한 함량에서 차이를 보였다. 2006년 120 DAT 처리구에서 이수석고 및 그 처리량에 따라 Na^+ 함량이 현저히 감소하는 현상을 볼 수 있었고, 2006년도 토양 중 Na^+ 함량은 이수석고 << 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순이었다. Mg^{++} 함량은 팽화왕겨+zeolite의 경우 년도별 증가형태가 안정적이었고, 시간이 경과할수록 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 높아지고 있었다. 이수석고 및 그 처리량에 따라 Mg^{++} 함량은 현저히 감소하는 현상을 볼 수 있었고, 팽화왕겨, 팽화왕겨+zeolite 처리구에서는 대조구에 비해 그리고 연용에 따라 감소되는 정도가 적었다. 동일 조건에서의 토양개량제 처리는 이수석고 < 팽화왕겨 < 팽화왕겨+zeolite 순으로 높아지고 있었다. Ca^{++} 의 경우 이수석고 연용처리는 처리수준이 높을수록 토양 중 Ca^{++} 이 높아지는 결과가 되었으며, 년도별 변화도 2004 < 2005 < 2006년의 순으로 연용기간이 늘어남에 따라 높아지는 경향이였다. 팽화왕겨, 팽화왕겨+zeolite 연용처리는 대조구에 비해 함량변화가 적었다.

토성이 세사양토인 간척지의 양이온 중 K^+ , Na^+ , Mg^{++} 함량 감소에 효과적인 토양개량제는 이수석고 이었다.

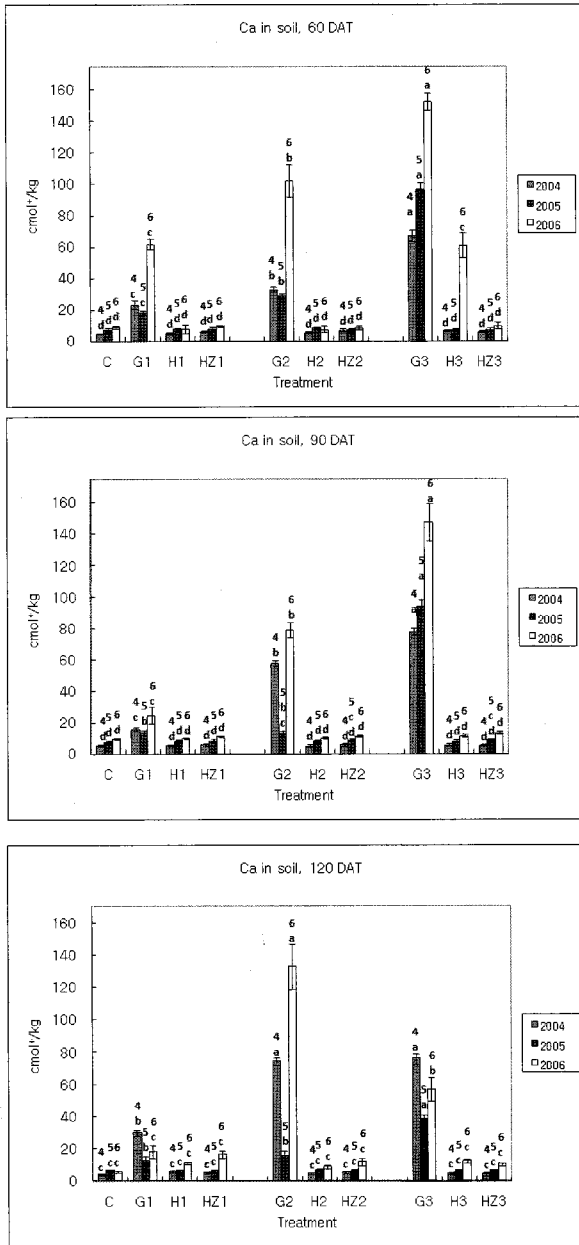


Fig. 4. Exchangeable Ca^{2+} concentration in the soil treated with gypsum(G), popped rice hulls(H), and zeolite with popped rice hulls(HZ).

* Means with the same lettered superscripts of histogram's are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

감사의 글

이 논문은 2007년도 원광대학교 학술연구조성비에 의해서 연구되었습니다. 토양샘플링 및 분석을 도와준 원광대학교 생명자원과학대학 생명환경학부 식품·환경학 전공의 나영준, 김진호, 박경철, 임석희 학생들에게 감사의 말을 전합니다.

참고문헌

1. Koo, J. W., Choi, J. K. and Son, J. G. (1998) Soil Properties of Reclaimed Tidel Lands and Tidelands of Western Sea Coast in Korea. *J. Korean Soc. Soil Sci. FERT.* 31(2), 120-127.
2. Ahn, Y., Lee, S. H., Ji, K. J., Hong, B. D., Rho, H. M., Ryu, S. H., Lee, S. M., Han, K. H., Choi, W. J., Yun, S. I. and Choi, Y. D. (2002) Studies on changes of soil characteristics and utilization after tidal land reclamation. *KARICO Project No. 2002-05-09*, 31-41.
3. Dontsova, K. M. and Norton, L. D. (2002) Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca, and Mg. *Soil Sci.* 163, 184-193.
4. Sparks, D. L. (1995) Environmental soil chemistry. Academic Press, San Diego.
5. Lebron, I., Suarez, D. L. and Yoshida, T. (2002) Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 92-98.
6. Shainberg, I., Sumnur, M. E., Miller, W. P., Farina, M. P. W., Pavon, M. A. and Fey, M. V. (1989) Use of gypsum on soils: A review p.2-111. In Stewart, B. A.(ed.) *Advances in soil science*. Springer-Verlag, New York.
7. Carter, M. R. (2002) Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron. J.* 94, 38-47.
8. Mathur, S. P. (1991) Some comments on loss or accumulation of soil organic matter and their effects on soil quality. p. 50-53. In Mathur, S. P., and Wang, C. (ed.) *Soil quality in the Canadian context—1988 discussion papers. Tech. Bull. 1991-1E. Res. Branch, Agric. Canada, Ottawa, ON.*
9. Tavant, Y., Tavant, H. and Bruckert, S. (1994) Variation du carbone organique en fonction des proprietes des sols et de l'altitude dans le Jura(France). *Geoderma* 61, 133-141.
10. Baldock, J. A. and Skjemstad, J. O. (2000) Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Org. Geochem.* 31, 697-710.
11. Muneer, M. and Oades, J. M. (1989 a) The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. I. Laboratory studies with ^{14}C -glucose, CaCO_3 , and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Aust. J. Soil Res.* 27, 389-399.
12. Muneer, M. and Oades, J. M. (1989 b) The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. II. Field studies with ^{14}C -labelled straw, CaCO_3 , and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Aust. J. Soil Res.* 27, 401-409.
13. Park, M. U., Cho, I. S., Yoon, J. H., Kim, E. Y., Gwak, H. G., Oh, D. S., Song, K. C., Jeong, B. G., Yeon, B. Y., Lee, C. S., Song, Y. S., Cho, H. J., Kim, Y. H., Eom, G. C., Heon, B. G., Jang, Y. S., Eom, M. H., Kim, S. H., Seo, J. S., Kueon, J. S., Harn, S. S., Ryu, C. H., Cho, K. H., Lee, D. C., Yoon, E. S. and Lee, J. S. (2000) Analysis methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, 89-93, 103-131.
14. Oh, W. K. (1990) Liming materials and desalination of marine originated tidal soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 23, 107-113.