

간척지 제염에 관한 시험 (Ⅲ)

—토양 개량제에 의한 제염시험—

Studies on the Desalinization in Reclaimed Tidal Lands (Ⅲ)

—by the Soil Improving Materials—

鄭 斗 浩 金 顯 喆
Doo Ho Jung Hyun Chul Kim

Summary

This research was experimented to clarify the effects of the calcareous materials which were utilized to improve the soil in reclaimed tidal land. It is located at the Kang-Hwa polder. Kil-sang myun, Kang-Hwa Gun, Kyung-gi Do.

The results obtained are as follows

1. Comparing with the yields of rice in each treatment, it is noticed that the plot treated with ca-humate 1.0% gets the most effect to improve the soil, and the next ones are in the order of the plots treated with raw straw, gypsum and calcium hydroxide.
2. Treating the calcium or organic matter in soil is evaluated to increase the yields of rice in paddy fields of tidal land, because of increasing the number of ear per plant, the number of grain per ear, the weight of 1,000 grains and something like that.
3. Adding calcium or organic matter into soil, it makes a good condition for the growth of rice, because of promoting the formation of soil structure of simple grain type.
4. To improve the soil in reclaimed tidal land, we can separately treat calcium, calcium hydroxide and raw straw in soil, but it is found out the fact that the method of treatment of calcareous materials together with organic matter is more effective.

필자: 농림부 농공이용연구소

I. 서 론

간척지는 지역적으로 토양의 형태에 따라서 약간의 차이는 있으나 일반적으로 해안에 침적(沈積)된 미사(泥砂)로 구성되어 Na 점토나 Mg 점토를 다량으로 함유하고 있어서 간척지에서 발생하는 염해(鹽害)의 원인은 주로 이러한 물질들에 의한 직접적인 생육장애에서부터 기인한다고 볼수 있다.

그러므로 간척사업과 더불어 병행되어야 할 사항은 간척지의 개발문제이며 이를 위하여서는 무엇보다도 적절한 제염방법이 구성되어야 할것이다.

그러나 현재까지 우리나라에서 실시하고 있었던 제염방법은 주로 자연강우나 관개용수에 의한 염분용탈(鹽分溶脫)을 이용한 담수제염(淡水除鹽)이 주로 실시 되어 왔는데 이 방법은 신간척지에서 표토층의 염분만을 제거하는 제 1 단계적인 제염에 불과한 것이었으며 더욱이 간척지 개발에 필요 불가결한 관개용수의 부족으로 간척지 개발이 부진상태에 있는 우리나라 실정으로 볼때 이러한 방법에만 의존하고 있을 수는 없다고 볼수 있다.

그러므로 적은 관개용수를 사용하여 표토층의 제염은 물론 토양하층 부분까지의 제염을 단기적으로 실시 할수있는 방법이 모색된다면 이는 가장 이상적인 방법이 되겠으나 현단계로서는 그러한 방법은 구명 되지않고 있으며, 다만 최근에 개거(open conduit)나 암거(under drainage)를 이용한 지하배수로 근본적인 제염을 실시 하고저 시도한 제방법이 연구 중에 있는 실정이다.

그러나 이러한 방법도 엄밀한 의미에서는 토양중에 유리염분(遊離鹽分)이 차츰 제거 되고, 토양입자가 팽창 분산되면 토양의 투수성을 저해(阻害)하게 되는 고로 제염속도가 점점 지연되어 사실상 완전한

제염을 단계적으로 실시할 수 없는 것이다.

그러므로 본연구에서는 간척지의 제염과정으로 보아 담수제염(澁水除鹽)이나 암거조직에 의해서도 제거되지 않는 염분을 제거할 수 있는 방법을 구명함은 물론 비교적 간척지 토양개량제로서 효과가 높을 것으로 기대되는 석고 Ca-Humate 등 각종 석회질 물질의 효과와 유기물의 효과를 밝히고자 하였다

끝으로 본 연구를 수행하는데 설계 분석에 이르기까지 적극 후원하여 주신 식물환경연구소 토양과 박영선 연구관님과 직원 제위계 사의를 표하는 바이다.

II. 연구사

1956년과 1959년 일본의 고메다(米田茂男)는 염기로 포화된 토양의 분산율과 입단화도(粒團化度)에 있어서 분산율은 H-soil < Ca-soil < K-soil < Mg-Soil < Na-soil의 순서였다고 하였으며 입단화도는 H-soil > K-soil > Ca-soil > Mg-soil > Na-soil의 순서였다고 하였다.

그 다음 1959년 Sambur G. N씨는 석고가 반습토(半濕土)에서는 수량을 증가시키거나 완전습토에서는 수량을 감소시킨다고 발표 하였다.

또, 1959년 Moustafa씨는 석고, 석고 + 유기물 효과시험에서 다수확토양에서 석고의 사용이 좋다고

하였고 경제적인 비용도 적게 든다고 하였다.

1960년 Puri씨는 솟은 솟은 여러가지의 양 Ion을 그들 표현에 800~1,000 mg/100 정도 저질수 있게 되었으며 M-charcoal은 토양의 염기능도를 감소시키는데 유효하며 그것은 토양용액 중에 Na₂CO₃가 있기 때문에 생기는 유리염을 중화할수있다고 발표 하였다.

또, 1960년 Branson씨는 배수불량한 간척지 알카리 미사질식토(pH. 8, 7) 개량을 위해서 가장 유효한 것은 유황으로서 5t/acre, Fe₂(SO₄)₃로서 4t/acre 정도의 유황 화합물이나 CaCl₂로서 22.5t/acre이라고 하였다.

1964년 일본 중국 사국농정국(四國農政局)에서는 간척지 토양개량제로서 석고 탄산석회 P.V.A를 사용하여 CaCO₃ 및 CaSO₄ 구는 함유도가 약간 낮아졌고 P.V.A 구에서는 하층토에 함유도가 저하된 것으로 보아 토양개량제의 제염 촉진효과가 인정되었다고 하였다.

III. 재료 및 방법

1. 공시토양 및 시험장소

경기도 강화군 길상면 초상리 강화간척 시험지에서 실시하였으며 토양 분석결과는 다음과 같다.

표 1. 토양의 물리적인 성질

토 층	clay	silt	sand	고 상 (固 狀)	액 상 (液 狀)	기 상 (氣 狀)	가 비 중 (假比重)	투 수 도 (透水性)
15 cm	20%	78%	2%	50%	32%	18%	1.23	0.08 cm/h
50 cm	"	"	"	"	"	"	1.53	0.01
78 cm	"	"	"	"	"	"	1.46	—

표 2. 토양의 화학적인 성질

토 층 별	P.H.	O.M.	C.E.C.	Exchange able ml/100g				P ₂ O ₅ (p.p.m)
				Ca	Mg	Na	K	
15 cm	7.3	0.95%	10.6	4.5	8.4	3.4	1.4	34
50 cm	7.9	0.79	11.2	2.9	8.0	3.5	1.7	37
78 cm	7.8	0.81	11.5	3.0	7.2	4.8	2.4	37

표 3. 처리구 및 시용량

처 리	kg/10 a	kg/16.5 m ²
N.P.K	12 : 8 : 8	550 : 287 : 220
Ca(OH) ₂	332.3	4.5
CaCO ₃	423.6	7.0
CaSO ₄	640.6	10.6
Ca-Humate 0.5%	675	11.1
Ca-Humate 1.0%	1,350	22.3
생질 + CaCO ₃	750 + 423.6	12.4 + 7.0
생 질	750	12.4
토 탄	1,350	22.3

2. 공시품종 : 수도 "진홍"

3. 처리방법 : 9처리 3반복 난괴법 포장배치

4. 시험포장 면적 : 27(처리구) × 16.5m² = 445.5m²

5. 포장관리 :

가. 이앙 : 6월 14일에 평당 72주(15cm × 30cm)

나. 시비방법 : 본답구획 작성후 N, P₂O₅, K₂O가 각각 12 : 8 : 8 kg/10a가 되도록 유안, 중과석, 열화가리를 사용하고 N의 1/2은 기비 1/2은 2회 추비로 유효분얼기 유수형성기에 사용하였다. 단 P₂O₅와 K₂O는 전량 기비로 하였다.

6. 토양 시료채취

시련전 토양은 시험포장 20개 지점 이상을 표토(表土)와 심토(心土)로 구분하여 채취하였으며 시험후 토양은 각 처리별표 토토와 심토로 구분하여 채취 하였다.

7. 토양분석 방법

1) P.H : 풍진세토(별乾細土) 5g 을 50 ml/ Beaker 에 넣고 25 ml/ 의 증류수를 넣어 가끔 흔들면서 30 분간 방치 하였다가 Beckman Model H-2 pH meter 의 초자 전극을 사용하여 측정 하였다.

2) P₂O₅ : Lancaster 법에 의함

3) Ca, Mg : 토양 5g에 IN-NH₄OAC 50 ml/ 을 가하여 30분간 진탕하고 여과하여 IN-NH₄OAC 50 ml/ 로 세척하고 이어액(餘液)의 일정량을 E.D.T.A 로 적정하여 Ca, Mg 를 정량함.

4) K.Na : K.Na는 Saline Soil 중에 많아서 먼저 H₂O 100 ml/ 로 침출 여과하여 수용성 K 및 Na를 분광분석기로 측정하였고, H₂O 로 침출 여과한 토양을 다시 IN-NH₄OAC 100 ml/ 로 침출 여과하여 치환성 K 및 Na 를 분광분석기로 측정하였다.

5) E.C.; pH 를 측정후 Electrical Conductor

meter 로 측정함.

IV. 시험결과 및 고찰

1. 생육 및 수량조사

경수(莖數)를 보면 7월 15일 분얼최성기 부터 각 처리간에 경수의 차가 뚜렷이 나타나서 CaCO₃ 구를 제외하고는 수확기 까지 지속되어 정조수량에 큰 영향을 미쳤다. 즉 정조수량이 많았던 Ca-Humate 1.0% 구나 생고(生蒿)구, 토탄(土炭)구 등이 수확기에 있어 삼요소(三要素)구를 비롯한 다른 처리구에 비해 경수가 많았다.

생고+CaCO₃ 구는 유효경비(有效莖比)가 가장크나 수수(穗數)의 절대량이 적어서 수량이 적었고 Ca-Humate 구에서는 유효경율은 적지만 수수의 절대량이 커서 수량이 많아졌다.

특히 Ca-Humate 구나 생고구는 수확기때 수수가 1.5개~2개가 삼요구에 비하여 많았고 따라서 정조수량도 가장 높았다.

초장(草長)은 석고(石膏)구, 생고구, 토탄구, Ca-Humate 구가 삼요소구나 다른 처리구에 비하여

표 4. 생 육 조 사

조사항목 조사기일	초 장(草長)					경 수(莖數)				
	6.30	7.15	7.27	8.20	10.4	6.30	7.15	7.27	8.20	10.4
처 리	cm	cm	cm	cm	cm	본	본	본	본	본
삼 요 소	33.0	44.0	57.0	76.4	81.9	7.5	14.0	13.2	10.2	9.3
생 고	30.3	41.7	57.9	86.4	92.7	7.4	13.9	13.5	11.6	10.2
생고+CaCO ₃	27.6	37.4	50.3	76.0	85.5	5.3	9.3	9.8	10.3	9.1
Ca+Humate 1%	33.0	44.6	59.7	85.3	87.6	7.4	14.5	13.7	11.9	11.0
Ca+Humate 0.5%	30.8	43.5	54.6	77.7	80.2	7.0	12.3	12.0	9.1	8.9
Ca(OH) ₂	33.7	40.7	54.7	79.5	87.3	7.4	11.7	10.9	9.7	9.1
CaCO ₃	34.1	44.5	58.9	85.2	86.9	8.5	14.1	12.9	9.6	8.7
CaSO ₄	38.2	49.4	63.4	90.7	93.0	9.8	17.6	16.9	12.4	10.1
토 탄	33.3	44.2	59.0	82.2	89.0	9.3	15.9	15.2	11.5	10.0

※ 20 주 조사 평균임

표 5. 정 조 수 량(kg/10a)

구 분	I	II	III	계	평 균	증 수 율
처 리						
삼 요 소	246	202	184	632	210.6	100
생 고	302	351	320	973	324.3	154
생고+CaCO ₃	257	299	215	771	257.0	123
토 탄	243	285	286	814	271.3	126
소 셉 회	372	246	248	866	288.6	137
Ca-Humate 1%	468	475	297	1,240	420.0	191
Ca CO ₃	214	288	209	711	237.0	113
Ca-Humate 0.5%	321	236	290	847	282.3	134
Ca SO ₄	289	316	271	876	292.0	139

표 6 수량 성적 분산 분석

요인	자유도	SS	MS	F
전체	26	195,558	—	—
처리	8	164,264	20,533	10.95
반복	2	1,282	641	0.341
오차	16	30,012.4	1,875	—

L.S.D = $t_{0.05} \times S_{\bar{x}} \sqrt{r} = 74.83$

L.S.D = $t_{0.01} \times S_{\bar{x}} \sqrt{r} = 103.76$

CV = 14.6

켰으나 이는 경수와 같이 수량에 뚜렷한 영향을 미친 것 같지 않으나 대체적으로 수량이 많았던 Ca-Humate 나 CaSo₄, 생고, 토탄구 등에서 초장이 길었다.

또한 정조수량을 보면 이는 통계적으로 고도(高度)의 유의성(有意性)이 있었으며 각 처리구 공히 삼요소구에 비하여 높은 수량을 보여서 Ca-Humate 1.0% 구는 191% 생고구는 154%의 수량증가를 보였고 석고구 소석회구의 순으로 그 증수효과가 떨어지고

있다.

이는 석회나 유기물을 사용하므로서 수량구성 요소인 주당수수(株當穗數), 수당입수(穗當粒數), 천립중(千粒重), 등숙률(登熟率)등을 모두 증가시켰기 때문이다.

2. 수량구성 요인조사

가. 수량구성 요인

표 7. 수량 구성 요인

처리	요인	주당수수	수당입수	천립중	등숙률
삼요소	본	13.2	63.4	23.2	79.3
탄산석회	개	11.2	62.3	23.3	67.5
소석회	g	12.8	73.8	23.0	68.1
석고	%	15.3	101.5	25.2	88.8
Ca-Humate 0.5%		12.4	66.1	23.5	75.3
Ca-Humate 1.0%		16.0	103.8	24.4	81.0
생고 + 탄산석회		12.5	75.8	24.3	66.5
토탄		14.4	86.4	23.5	80.0
생고		14.6	97.1	24.7	85.2

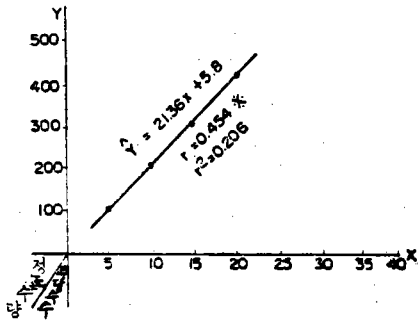


그림 1. 정조수량과 주당수수

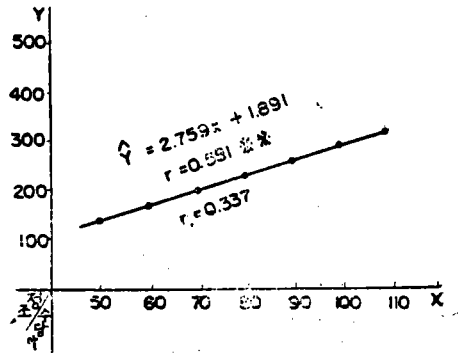


그림 2. 정조수량과 수당입수

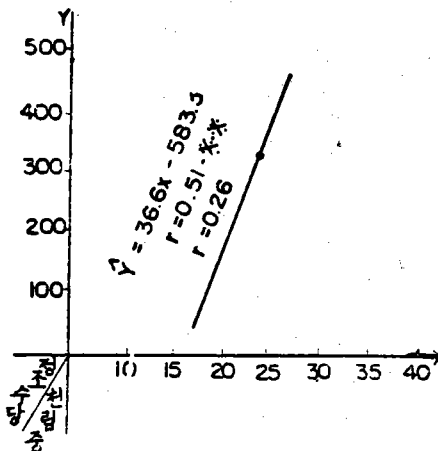


그림 3. 정조수량과 천립중

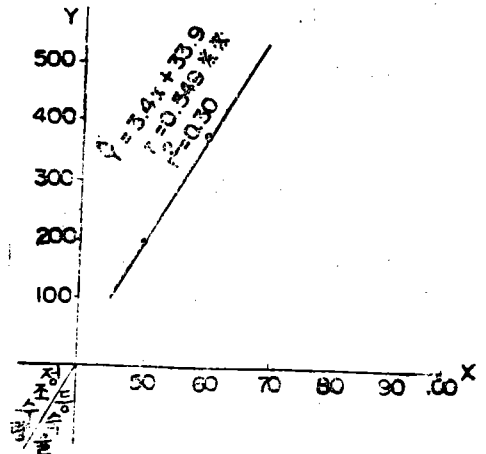


그림 4. 정조수량과 등숙률

수량구성 요인을 보면 이들 역시 삼요소구에 비하여 모두가 높았으며 정조수량이 높았던 Ca-Humate 1.0% 구는 주당수수, 수당입수는 다른 처리구에 비하여 월등히 높았고, 천립중이나 등숙률도 높은 경향을 나타냈고 생고구도 다른 처리구에 비하여 수량구성 요소인 수당입수 천립중이 월등히 높고 주당수수, 등숙률도 비교적 높았다. 그외 석고구나 소석회구 Ca-Humate 0.5% 구도 삼요소구에 비하여 수량구성 요인들이 비교적 높은 경향을 나타내고 있다.

나. 정조수량과 수량구성 요인간의 상관관계

수량구성 요인과 정조수량과의 상관관계를 보면 주당수수를 제외한 수당입수 천립중 등숙률은 고도의 유의성이 있었으며 특히 수당입수가 $r=0.581^{**}$ 로서 정조수량과 가장 밀접한 관계를 나타내었고 등숙율도 $r=0.541^{**}$ 로서 정조수량에 크게 영향을 미쳤다. 천립중 역시 $r=0.51^*$ 로서 수량과 고도의 상관관계를 나타내고 있으며 주당수수는 고도의 유의성은 없었으나 $r=0.45^*$ 로서 5%의 유의성을 나타내었다. 이는 석회나 유기물을 사용하므로써 유수형성기, 수확기, 토양중의 Na 염을 제거함과 동시에 식물체의 N 함량을 증가시키어 수량구성 요인을 높인 것으로 생각된다.

3. 시험후 토양분석

Alkali 성 토양이 식생(植生)에 미치는 해작용 출현한계는 확실치는 않으나 P.H. 8.5~8.8 정도로 추정하고 있으며 P.H. 9.0 이상이면 식물근과 유기물이 약간 녹게되므로 장애를 일으킨다. 간척지나 특수한 염해지의 논에서는 이 정도의 반응은 흔히 볼 수 있는 것으로 토양반응과 작물과의 관계를 고려하지 않을 수 없다. 이러한 반응이 보일때는 반드시 H_2CO_3 또는 CO_3 Ion 이 수반하게 되므로 시험후 토양분석 결과 $CaCO_3$ 구에서 P.H.가 9.15이었음은 작물에게 피해를 준것으로 볼수 있다.

따라서 정조수량도 $CaCO_3$ 구가 삼요소 다음으로 저조하였다. 정조수량이 많았던 생고구, 석고구, Ca-Humate 1.0% 구는 P.H가 7.70에서 8.17로서 비교적 다른 처리구 보다 낮은 경향을 보였다. 또 치환성염기중 Na의 과잉흡수는 물질대사를 저해하고 토양중에 높은 농도의 Na가 존재할때는 K, Ca와의 균형이 깨여진다. 따라서 토양분석 성적을 볼때 삼요소구나 토탄구, 생고+ $CaCO_3$ 구, Ca-Humate 0.5% 구에서 Na 함량이 다른구에 비해 많은 경향이 있으며 정조수량이 낮은 편이다.

가. 정조수량과 토양중의 Ca 함량과의 관계

수확기 토양중의 Ca 함량은 석고구가 3.3 ml/100g로서 제일 높았고 다음이 Ca-Humate 0.5% 구와 생고+ $CaCO_3$ 구, 그리고 Ca-Humate 1.0% 구의 순으로 높았으며 그 외 처리구도, 삼요소구 보다는 높은 경향이였다. 이는 간척지 토양에 석회질 물질 생고나 토탄과 같은 유기물을 사용함으로써 토양중의 Ca 함량을 증가시키고 동시에 Na 함량을 감소시켜 간척지토양을 개량하는데 효과가 있던 것으로 생각된다.

시험후 토양중의 Ca 함량과 정조수량과의 상관관계를 본 결과로는 유의성은 없었으나 토양중에 Ca 함량이 증가함에 따라 수량이 증가하는 경향을 보였다.

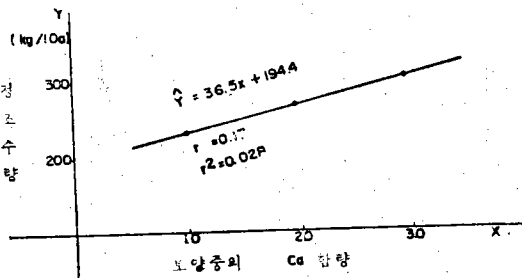


그림 5. 정조수량과 토양중의 Ca 함량과의 관계

표 8. 시험후 토양 분석

처 리	분석항목	pH	P ₂ O ₅ (ppm)	치 환 성 염 기 (ml/100g)				(ppm) SiO ₂
				K	Na	Ca	Mg	
삼 요소		7.97	45.57	1.16	1.51	2.4	5.6	303.2
생 고		7.70	47.13	1.21	1.38	2.8	5.4	285.7
생고+CaCO ₃		8.70	53.27	1.29	1.45	3.1	4.9	313.5
토 탄		8.00	43.51	1.00	1.60	2.9	5.5	281.5
소 석 회		8.62	57.64	0.91	1.30	2.7	5.8	313.5
Ca-Humate 1.0%		8.17	55.36	0.90	1.10	2.9	4.6	305.5
CaCO ₃		9.15	56.77	0.87	0.97	2.8	4.6	313.5
Ca-Humate 0.5%		7.95	52.76	0.99	1.40	3.1	6.0	258.8
석 고		7.97	46.58	1.06	1.35	3.3	5.1	309.5

표 9.

처리별 입단 효과

처리	삼요소	생고	생고 + CaCO ₃	토탄	Ca(OH) ₂	Ca-Humate 1.0%	CaCO ₃	Ca-Humate 0.5%	CaSO ₄
입단	15.65	21.79	18.10	14.55	23.56	39.52	17.85	16.54	28.26

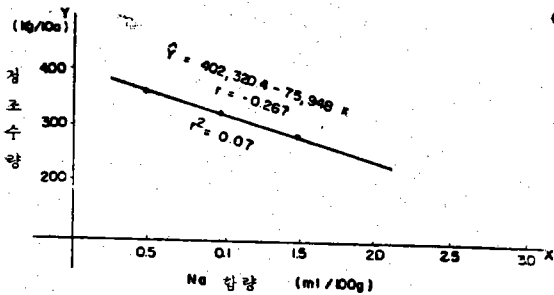


그림 6. 정조수량과 토양중의 Na 함량과의 관계

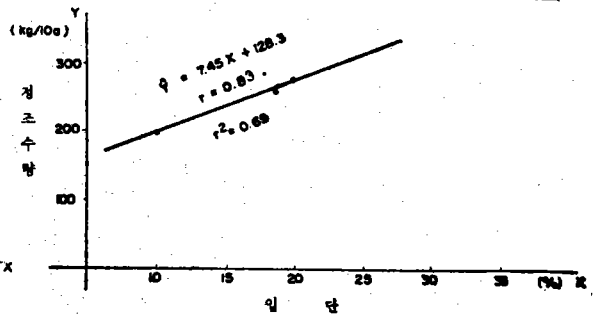


그림 7. 정조수량과 입단과의 상관관계

나. 정조수량과 토양중의 Na 함량과의 관계
수확기 토양중의 Na 함량은 토탄구가 1.60 ml/100g 으로 가장 높았으며 삼요소구, 생고+CaCO₃구 Ca-Humate 0.5% 구, 석고, 생고 소석회의 순으로 적었음을 나타냈다.

석회질 물질이나 유기물을 시용함으로써 토양중의 Na 를 제거하는데 효과가 있었던 것으로 생각된다. 또한 정조수량과 수확기 토양중의 Na 함량과의 상관관계를 본결과로는 유의성은 없었으나 부상관(副相關)의 경향을 보이고 있다. 이는 토양중의 Na 함량이 적으면 적을수록 정조수량이 증가됨을 의미하며 석회질 물질이나 유기물을 간척지 토양에 시용함으로써 제염에 효과가 있다는 것을 말한다.

다. 토양의 입단형성(粒團形成)과 정조수량과의 관계

토양의 입단형성과 정조수량과의 관계를 보면 Ca-Humate 1.0% 구가 39.52% 로서 입단형성이 가장 많이 되었고, CaSO₄ 구가 28.26% 로서 그다음이었으며 소석회, 생고의 순으로 입단형성이 적어졌고 토탄만은 삼요소구에서 보다는 적었다.

정조수량과 입단형성과의 상관관계를 보면 $r = 0.83^{**}$ 으로써 고도의 유의성이 있었으며 이는 석회질 물질이나 생고를 시용함으로써 입단형성이 되어 공기의 유통이 양호하여짐과 동시에 투수성이 좋아져 수도생육에 좋은 영향을 미친것으로 생각된다.

V. 적 요

간척지의 토양개량제로서 효과가 있을 것으로 기대되는 여러종류의 석회질 물질을 비교 시험하여 그

효과를 밝히고자 강화간척지 시험포장에서 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 정조수량은 Ca-Humate 1.0% 구에서 제일 많았고 다음이 생고, 석고, 소석회의 순으로 되었다.
2. 석회나 유기물을 시용함으로써 증수를 가져 온 것은 수량구성 요인인 주당수수(株當穗數) 수당입수(穗當粒數), 친립중(千粒重), 등숙율(登熟率) 등을 모두 증가 시켰기 때문이다.
3. 유기물이나 석회를 시용함으로써 입단형성을 증가시켜 수도생육을 양호하게 하였다.
4. 간척지 토양을 개량하기 위하여서는 석고나 소석회 및 생고를 따로따로 분리해서 사용하는 것도 좋지만은 Ca-Humate 와 같이 석회를 유기물과 함께 사용하는 것도 효과가 좋다.

참 고 문 헌

1. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.
2. Firman E. Bear: Chemistry of the Soil (Second Edition)
3. 농촌진흥청 : 토양개량에 관한 연구 시험연구 총서 제 10 호
4. Black. C.A: Soil-plant Relationships
5. 日本土肥誌(第 13 卷)
6. 오왕근 : 토양학
7. 정두호, 김현철, 민경수(1969) : 간척지에서 두더지암거 설치법과 제염효과에 관한연구(I), 한국농공학회지 제 11 권 4 호.