

우리나라 서남해안 간척지 및 간석지 토양의 입단분포

손재권 · 최진규 · 황선아* · 박봉주** · 조재영*

전북대학교 농업생명과학대학 생물자원시스템공학부 · *전북대학교 농업생명과학대학 응용생물공학부
**건국대학교 자연과학대학 자연과학연구소

Soil Aggregate Distribution in Reclaimed Tidelands and Tidelands of Southwest Coastal Area of Korea

Son, Jae Gwon · Choi, Jin Kyu · Hwang, Seon Ah* · Park, Bong Ju** · Cho, Jae Young*

Dept. of Agricultural Engineering, Chonbuk National Univ. · *Dept. of Agricultural Chemistry, Chonbuk National Univ.
**Research Institute of Natural Sciences, Konkuk University

ABSTRACT : A aggregate size distribution of soils is an important in successful crop production in reclaimed tidelands. The aggregate size distribution for this study were determined of 0.1mm, 0.25mm, 0.5mm, 1.0mm, and 2.0mm by wet sieving method. Agricultural activity, period of reclamation showed significant effects on aggregate size distribution in reclaimed tidelands. Aggregate MWD was greater in SS and KH(above 1.0mm) than in YSG, GHD, SMG, and DH(below 0.5mm) reclaimed tidelands and tidelands. The percentage of aggregates less than < 2mm for SMG, GHD, and SM reclaimed tidelands and tidelands were ranged 8.9%, 36.7%, and 38.0%, respectively. The percentage of > 0.1mm aggregates for SMG, GHD, and SM reclaimed tidelands were ranged 9.0%, 26.0%, and 48.9%, respectively. Results indicated that aggregate size distribution of reclaimed tidelands and tidelands under various agricultural systems vary with reclamation period and soil type.

Key words : Reclaimed tidelands, Soil aggregate, Soil structure, Wet sieving

1. 서론

우리나라 간척지 토양은 신간척지 토양의 작물생육 환경 불량, 토양입단 형성 불량, 토양용액 중 이온간의 균형 파괴, 토양용액의 알카리도 증가 및 삼투압 증가 요인, 토양의 통기성 불량, 그리고 재염화 현상에 의한 염분 축적과 같은 다수의 문제점을 안고 있다(구자웅 등, 1998). 이 가운데에서도 특히 토양구조는 그에 관련된 복잡하고 어려운 점이 있음에도 불구하고 토양 자체의 공극 형태와 크기 분포가 전체 공극률을 결정하기 때문에 경작지 토양에서 아주 중요한 의미를 가지고 있다.

토양구조 범위는 단립상(single grained), 괴상(massive) 및 입단상(aggreated)의 세가지로 분류할 수 있다. 소량의 점토함량을 가진 토양에서 1차 입자(primary particle)들은 2

차 입자(secondary particle) 또는 입단으로 알려진 구조단위 중에 1차 입자 자신들을 결합시키는 경향이 있다. 그러한 입단들은 일반적으로 어떤 고정된 크기로 특정되지 않으며, 또 반드시 안정하지도 않다. 일반적으로 지름이 수 mm에서 수 cm의 크기에 이르는 가시적 입단들을 대립단(macro aggregate)이라 한다. 이들은 보통 더 작은 입자군 또는 미세입단의 집합체들인데, 그들 자체가 점토 입자의 덩어리(flocs, clusters, packets)를 이루는 최종 구조단위의 집합체이다. 이 미세입단들의 덩어리가 스스로 결합하여 때때로 그 보다 훨씬 더 큰 모래나 미사의 1차 입자들을 결합시켜 버린다. 안정된 입단의 형성과 유지는 토양의 경운성(tilth)에 있어서 반드시 필요한 것인데 그 경운성이란 토양이 알맞게 부드럽고, 그 다공체내에서 물과 공기의 이동이 쉬우며 경운과 재배작업을 쉽게 할 수 있게 하고, 발아와 뿌리 생육에 장애가 없는 그러한 물리적 조건을 나타내고 있다(김재정, 1985).

그 동안 국내에서 농경지 토양의 입단과 관련하여 일부 이루어진 연구의 대부분은 일반 농경지를 대상으로

토양개량제의 처리가 토양의 수분이동과 유실에 끼치는 영향(조인상과 조성진, 1983, 1984), 토양입단의 안정성과 친수성이 수분침투, 증발, 토양유실에 끼치는 영향(조인상 등, 1985) 그리고 산지에서 영농방법이 토양입단과 침식성에 끼치는 영향(Joo, J. H. 등, 2000) 등이다. 국토확장과 수자원 확보 차원에서 진행되어 새로이 조성된 간척지는 특수토양의 일부로 규정하여 토양물리·토양화학과 관련되어 일부 제한된 연구가 수행되어 왔을 뿐이다.

토양구조는 토양내에서 침투성 및 통기성을 포함한 유동체의 유지와 이동에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 더욱이 토양구조는 토양의 물리적 성질에 영향을 끼치기 때문에 발아, 뿌리생육, 경운, 농기계 통행, 침식 등과 같은 근본적으로 서로 다른 현상에도 영향을 끼칠 수 있는 것으로 알려져 있다. 토양 자원을 부적절하게 관리함으로써 토양 구조가 악화될 수 있는데, 이는 토양의 생산성을 떨어뜨리고 농업 지속성에 위협을 주는 주요 문제로 대두될 수 있다(김재정, 1985).

본 연구에서는 신간척지 토양의 물리성 개량과 조기 영농체계를 수립하기 위해 우리나라 서남해안 간척지토양을 대상으로 준공지구의 작부체계별 그리고 시행중지구의 염생식물 군락지 표토를 채취하여 토양입단의 분포와 발달 과정에 대해 조사하였다.

II. 재료 및 방법

우리나라 간척지토양을 대상으로 준공지구의 작부체계별 그리고 시행중지구의 토양입단 발달과정을 구명하기 위해 조사한 지점은 전라북도 새만금(SMG, 시행중지구), 계화도 1(GHD1, 준공지구, 수도작 재배지대), 계화도 2(GHD2, 준공지구, 수도작/밭농사 병행지대), 광활(GH, 준공지구, 수도작 재배지대), 충청남도 대호(DH, 준공지구, 밭농사 지대), 석문(SM, 시행중지구), 서산(SS, 준공지구, 수도작 재배지대), 고흥(KH, 시행중지구), 영산강(YSG, 준공지구, 수도작 재배지대) 지구이다.

준공지구 토양시료는 영농활동이 시작되기 전 3월과 4월 사이에 표토층에 잔존하는 유기물질이나 이물질 제거한 다음 토양채취기를 이용하여 토양층이 교란되지 않도록 하여 0-20cm 지점을 대상으로 채취하였으며, 시행중지구는 염생식물의 서식지 근처에서 준공지구 토양시료 채취와 동일하게 수행하였다.

실험에 사용된 토양시료의 물리화학적 특성분석을 위해 채취한 시료중 일부를 실온에서 풍건 후 20mesh체에 통과시킨 다음 Page *et al.*(1982)의 Methods of soil analysis에 기준하여 분석하였다. 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 현탁액을 만들어 2시간 왕복진탕 시킨 후

pH-meter(TOA HM 20-S)를 사용하여 측정하였으며, 전기전도도는 25°C에서 포화추출액을 전기전도도계(LF-520)를 이용하여 측정하였으며, 양이온치환용량은 1N-NH₄OAc(pH: 7.0)을 이용한 침출법, 토성은 USDA 삼각분류법을 기준으로 하였다. 교환성 양이온은 1N-NH₄OAc(pH: 7.0)을 이용하여 침출한 후 원자흡수분광도계(Perkin elmer 2380)로 측정하였고, ESP(교환성나트륨백분율)는 교환성나트륨의 함량을 CEC로 나누어 백분율로 산정하였다. 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도는 코어시료를 이용하여 용적밀도를 구하고, Pycnometer를 이용한 직접 측정법으로 입자밀도를 구하여 공극율을 산정하였으며, 포화도는 포화토양반죽의 수분함유율로 표시하였다.

토양입단 분석은 습식체별법(Wet-sieving method)에 의해 수행하였으며, 사용된 토양체의 직경은 2.0mm, 1.0mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.1mm였다. 토양시료 30g을 Yoder-type의 입단분석장치에 넣고 30분간 일정한 속도로 수직강하시켰다. 체분리가 끝난 토양시료를 페트리디쉬에 옮긴후 105°C에서 12시간 건조시켜서 무게를 측정하여 각각의 입단크기별 분포량을 계산하였다. 간척지 토양의 입단크기의 분포는 평균중량지름(mean weight diameter)을 이용하여 비교하였으며, 평균중량지름 X는 다음과 같다.

$$X = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

여기에서 x_i 는 체에 의해 분리된 입단들의 어느 일정한 크기 범위의 평균지름이고, w_i 는 분석된 시료의 전체 건물중의 한 부분으로서 바로 그 크기범위의 입단들의 질량을 나타내고 있다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양특성

조사대상 간척지 및 간척지 토양의 토성은 KH지구의 미사토(Si)를 제외하고 모두 미사질양토(SiL)로 나타났다. 그러나 동일한 미사질양토라 하더라도 채취지역별로 모래와 미사의 함량이 많은 차이를 나타내고 있었다. 조사지역 토양의 용적밀도와 입자밀도는 전체적으로 1.29-1.41 g/cm³ 및 2.62-2.69g/cm³ 범위에 분포하고 있고 간척사업이 시행중에 있는 지역과 준공후 작물재배가 이루어지고 있는 토양간에 용적밀도와 입자밀도가 큰 차이를 나타내지 않았다. 공극율의 경우도 47.5-51.3%의 범위로 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 포화율의 경우는 일부 토양간에 큰 차이를 나타내고 있는데 이는 동일 토성이라 하더라도 모래, 미사, 점토의 함량이 차이를 보이고 있었기 때문인 것으로 추정된다.

표 1. Physical characteristics of the reclaimed tidelands and tidelands soils used

Soil	Mechanical composition(%)			Soil texture	Bulk density (g/cm ³)	Particle density (g/cm ³)	Porosity (%)	Saturation percentage (%)
	Sand	Silt	Clay					
SMG	23.6	70.2	6.2	SiL	1.33	2.64	48.1	47.8
GHD1	36.6	52.8	10.6	SiL	1.39	2.69	47.8	43.1
GHD2	37.4	55.6	7.8	SiL	1.38	2.64	48.2	42.9
GH	9.2	85.6	5.2	Si	1.35	2.62	47.5	56.3
DH	12.5	75.9	11.6	SiL	1.32	2.63	51.3	52.6
SM	41.2	52.6	6.2	SiL	1.41	2.64	48.2	41.8
SS	35.2	59.7	5.1	SiL	1.38	2.65	49.2	44.2
KH	24.1	63.9	12.0	SiL	1.29	2.65	50.2	53.9
YSG	42.6	50.9	6.5	SiL	1.30	2.63	48.2	65.5

간척지 및 간척지토양중 Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ 및 K⁺ 등 주요 교환성 양이온의 함량분포는 평균적으로 1.31, 2.06, 4.05 및 1.19cmol/kg의 범위로 교환성 나트륨의 함량이 가장 높게 나타났다. 현재 간척공사가 시행중인 지역보다는 준공후 작물재배가 이루어지고 있는 지역에서 전체적으로 교환성 양이온의 함량이 낮게 나타났다. 이는 작물재배를 위한 인위적인 제염과 자연제염 그리고 작물재배기간 동안 용수의 공급에 의한 염분의 제거 및 작물에 의한 일부 양이온의 흡수 때문인 것으로 추정된다.

양이온교환용량은 GHD1, GHD2 및 SS 지구에서 10 cmol/kg 미만으로 나타났고 기타 지역은 모두 11cmol/kg 이상을 유지하고 있었다. 이들 값은 우리나라 일반 농경지토양중 양이온교환용량 값보다 일부 높거나 거의 유사한 수준인 것으로 조사되었다. 양이온교환용량은 토양 pH, 토양중 유기물 함량 및 점토함량에 따라 차이를 보일 수 있는 것으로 알려져 있다.

조사지구 토양의 교환성나트륨백분율(ESP)값의 분포를 조사한 결과, GHD1 지구에서 30% 미만, SM 지구에서 60%

표 2. Chemical characteristics of the reclaimed tidelands and tidelands soils used

Soil	Exchangeable cations(cmol/kg)				CEC (cmol/kg)	ESP (%)	EC (dS/m)	pH (1:5)
	Ca	Mg	Na	K				
SMG	1.39	2.25	4.25	1.15	11.5	36.9	20.9	6.88
GHD1	1.12	1.59	2.56	1.02	8.7	29.5	8.3	6.79
GHD2	1.08	1.12	3.15	1.52	9.2	34.2	7.8	6.79
GH	1.05	1.47	2.72	1.05	7.6	35.8	6.3	7.18
DH	1.42	2.36	4.02	1.39	12.3	32.7	9.3	7.02
SM	1.39	2.78	7.25	1.29	12.2	59.4	48.9	7.25
SS	0.72	1.25	3.14	1.05	8.4	37.4	9.3	7.33
KH	2.59	3.05	5.69	1.02	13.8	41.2	25.6	7.18
YSG	1.02	2.69	3.68	1.25	11.2	32.9	9.2	7.05

근처, KH 지구에서 40% 수준을 나타내었고 기타지구에서는 30-40% 범위를 나타내었다. 준공지구로서 아직 영농을 하고 있지 않은 지역과 시행중인 지구에서 ESP 값이 높게 나타났고, 준공지구로서 작물재배가 이루어지고 있는 지구에서는 ESP 값이 낮게 나타났다. 전기전도도값(EC)도 ESP 값과 거의 유사한 경향을 보였는데 준공후 작물재배가 이루어지고 있는 지구에서는 10dS/m 이하의 값을 보인 반면 SMG, SM 및 KH 지구에서는 각각 20.9, 48.9, 25.6dS/m로 높게 나타났다. 토양 pH값은 SMG, GHD1 및 GHD2에서는 7 미만을 기타 지구에서는 7 이상으로 알칼리성을 나타내고 있었다.

2. 간척지 및 간척지토양의 입단화도

우리나라 간척지토양의 간척년도 그리고 작부체계에 따른 입단화도를 조사한 결과는 그림 1에 나타나 있다. 계화도지구의 경우 수도작 전용 농경지인 GHD1에서는 13.3%, 그리고 수도작과 밭농사(감자)가 주로 이루어지는 GHD2에서는 16.8%로 나타나 벼와 밭작물의 돌려짓기가 토양

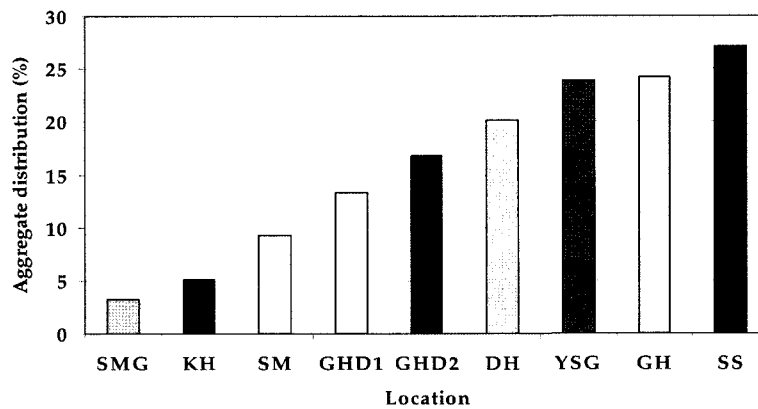


그림 1. Soil aggregate distribution in reclaimed tidelands and tideland

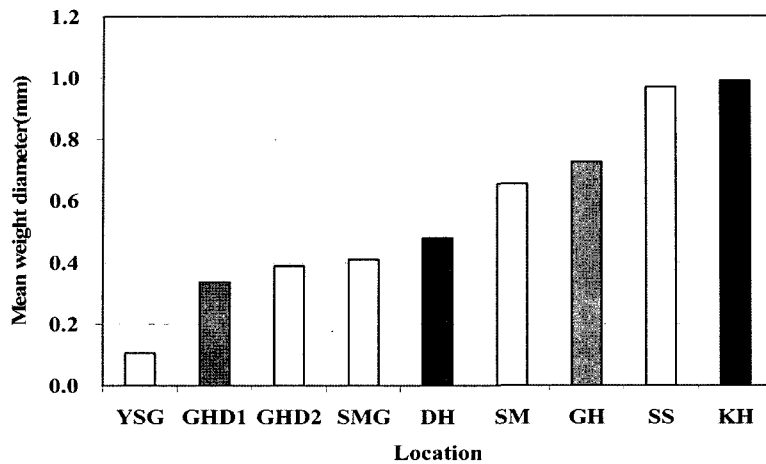


그림 2. Mean weight diameter of soil aggregate in reclaimed tidelands and tidelands

의 입단발달에는 더 유리하게 작용하는 것으로 나타났다. 그 밖의 GH, DH, SS 및 YSG 지구 토양에서는 입단화도가 20%를 상회하고 있는 것으로 나타났다. 그렇지만 간척지토양의 입단발달 상태는 일반 농경지토양에 비해 매우 낮은 수준으로 정상적인 토양으로의 숙달화가 아직 진행되지 않고 있음을 보여주는 지표로 판단된다. 간척공사가 시행중이거나 개발이 완료되었지만 영농활동이 이루어지지 않고 있는 SMG, KH 및 SM 지구 토양의 입단화도는 각각 3.3%, 5.1% 및 9.3%로 모두 10% 미만으로 아주 낮게 나타나고 있다.

3. 간척지 및 간척지토양의 평균중량지름(mean weight diameter)

간척지 토양의 입단 평균중량지름은 생성된 입단의 크기를 비교할 수 있는 지표로 이용되고 있다. 앞에서 조사한 간척지 및 간척지 토양의 입단화도와 개별적인 입단

의 평균중량지름 간에는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다. 간척지 및 간척지 토양의 입단화도의 경우에는 SS, DH, YSG 및 GH 지구가 20%를 상회하였고 그 밖의 지구는 10% 미만으로 낮게 나타났는데, 입단 평균중량지름은 SS와 KH 지구가 1.0mm 근처, 그리고 YSG, GHD1, GHD2, SMG 및 DH 지구는 0.5mm 이하의 크기를 나타내었다<그림 2>. KH 지구 토양의 입단발달 상태는 5% 수준으로 매우 낮지만 발달화된 입단의 크기가 다른 조사 지구에 비해 큰 대립단(macro aggregate)임을 나타내 주고 있다. 이와는 반대로 YSG 지구의 경우 토양의 입단화도는 25% 수준이지만 발달화된 입단의 크기가 0.2mm 미만으로 소립단(micro aggregate)임을 보여주고 있다.

4. 간척지 및 간척지토양의 입단 크기별 분포

현재 시행중이거나 준공된 지구로서 아직 영농활동을 하고 있지 않은 SMG, KH 및 SM 지구를 대상으로 토양

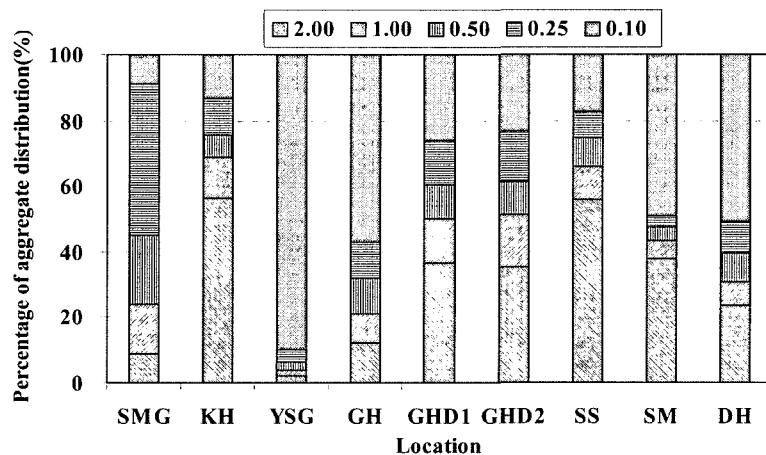


그림 3. Percentage of different size classes of soil aggregate in reclaimed tidelands and tidelands

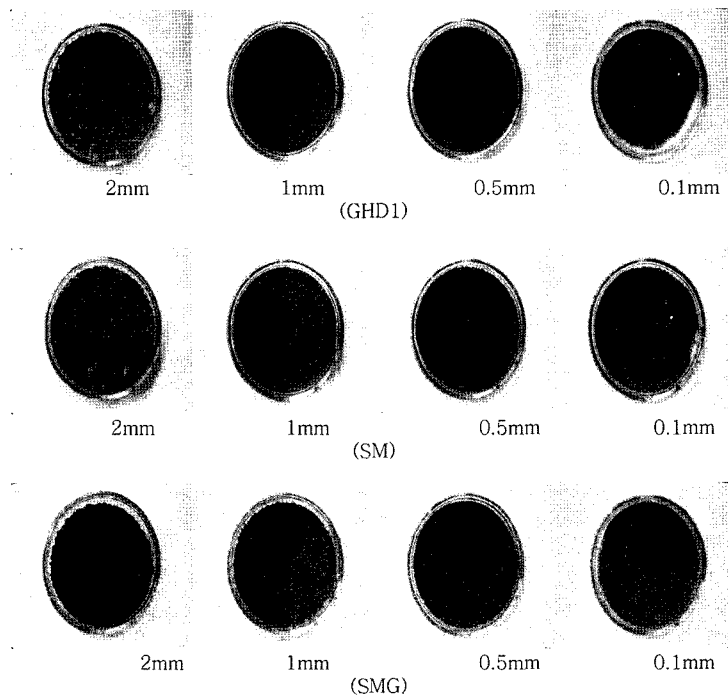


그림 4. Photography of soil aggregate in reclaimed tidelands and tidelands

의 입단 크기별 분포를 조사한 결과, SMG에서는 1mm 이상의 대립단이 전체의 약 24%이고 0.25mm 미만의 소립단이 55%를 차지하고 있는 반면, KH에서는 대립단이 전체의 약 70%이고 소립단이 전체의 약 25%를 차지하고 있었다. 또한 SM에서는 대립단이 전체의 약 43%이고 소립단이 전체의 약 53%를 차지하고 있었다(그림 3). 이와 같이 거의 유사한 토양관리조건하에서 토양의 입단크기 분포가 커다란 차이를 보이는 것은 토양모재의 구성성분에 의해 크게 영향을 받았기 때문인 것으로 추측된다. 동일한 시험지구에서 작부체계별로 토양입단의 크기분포 차이를 GHD1과 GHD2를 대상으로 비교한 결과 거의 유사하게 나타나 수도작지대와 밭농사지대별로 큰 차이를 나타내지 않았다. 조사대상 지구에서 특별히 YSG 지구의 경우 대립단이 전체의 약 4% 수준이고 거의 90% 정도가 0.10 mm 크기의 소립단으로 분포하였다. 결론적으로 YSG 지구에서는 거의 입단의 발달이 이루어지지 않은 미성숙토양이라고 평가할 수 있을 것이다.

5. 간척지 및 간석지 토양의 입단발달 상태

조사대상 간척지 토양 가운데 개발후 장기간 영농활동이 이루어지고 있는 계화도 지구(GHD1), 간석지 개발후 아직 활발한 영농활동이 이루어지지 않고 있는 석문지구(SM) 그리고 현재 개발중인 새만금 간척지구(SMG)를 대상으로 습식체별법에 의해 분석한 입단의 크기와 발달상

태를 조사한 결과는 다음과 같다. 본 그림 4는 간척지 토양 200g을 대상으로 습식체별한 후 토양체에 남은 입단을 페트리디쉬에 모아서 디지털카메라로 촬영한 것이다.

IV. 요약 및 결론

신간척지 토양의 물리적 개량과 조기 영농체계를 수립하기 위해 우리나라 서남해안 간척지 및 간석지토양을 대상으로 토양입단의 발달과정에 대해 조사한 결과는 다음과 같다.

- 1) 개발후 영농활동이 이루어지고 있는 GH, DH, SS 및 YSG 지구 토양에서는 입단화도가 20%를 상회하고 있으나, 간척공사가 시행중이거나 개발이 완료되었지만 영농활동이 이루어지지 않고 있는 SMG, KH 및 SM 지구 토양에서 입단화도는 10% 미만으로 아주 낮게 나타났다.
- 2) 입단의 평균중량지름(MWD)은 SS와 KH 지구 토양에서 1.0mm 근처, 그리고 YSG, GHD, SMG 및 DH 지구 토양에서는 0.5mm 이하의 크기로 나타났다.
- 3) YSG 지구 토양은 0.1mm 이하의 미세입단이 주를 이루고 있는 반면에 SS, KH 및 GHD 지구 토양은 2.0mm 이상의 대립단 주를 이루고 있는 것으로 나타났다.
- 4) 우리나라 간척지 및 간석지토양의 입단발달 상태는 일반 농경지토양에 비해 매우 낮은 수준으로 토양성숙단

계가 진행중에 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 농촌진흥청에서 지원한 2005년도 농업
특정연구과제에 의하여 수행된 결과의 일부임.

참고문헌

1. 구자용, 최진규, 손재권, 1998, 우리나라 서해안 간척지 및 간척지 토양의 이화학적 특성, 한국토양비료학회지 31(2) : 120-127
2. 김재정, 1985, 토양물리학, 서울, 대한교과서
3. 조인상, 조성진, 1983, 토양개량제 Uresol 및 Bitumen 처리가 토양의 수분이동과 유실에 미치는 영향 I. 토양입단의(土壤粒團) 안정성과 보수력 변화, 한국토양비료학회지 16(4) : 294-300
4. 조인상, 조성진, 1984, 토양개량제 Uresol 및 Bitumen 처리가 토양의 수분이동과 유실에 미치는 영향 II. 습윤각과 수분의 광산계수변화, 한국토양비료학회지 17(1) : 12-17
5. 조인상, 조성진, M. De Boodt, 1985. 토양입단의 안정성과 친수성이 수분침투 및 증발에 미치는 영향, 한국토양비료학회지 18(4) : 373-377
6. Joo, J. H., J. E. Yang, J. J. Kim, Y. S. Jung, J. D. Choi, S. Y. Yun, and K. S. Rhu, 2000, Assessment of soil aggregates and erodibility under different management practices in the mountainous soils, Korean Society of Soil Science and Fertilizer 33(2) : 61-70
7. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeny, 1982. Methods of Soil Analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA