

Short Communication



CrossMark

Open Access

## 우리나라 관개논에서 토양특성과 대형농기계를 사용한 경작년수에 따른 여름 강우기 분산성 점토의 함량

한경화\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 토양비료과

### Water-dispersible Clay Content in Summer Rainy Season for Korean Irrigated Rice Paddy Fields as Affected by Cultivated Years Using Heavy Agro-machinery and Soil Properties

Kyung Hwa Han\* (Soil and Fertilizer Division, Department of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea)

Received: 1 October 2018/ Revised: 1 November 2018/ Accepted: 5 November 2018

Copyright © 2018 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution

Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted

non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is

properly cited.

ORCID

Kyung Hwa Han

<http://orcid.org/0000-0003-2840-0893>

#### Abstract

**BACKGROUND:** This study was conducted to evaluate the water-dispersible clay content of paddy soils over the country in the summer rainy season as affected by cultivated years using heavy agro-machinery and soil properties such as texture and exchangeable sodium percentage.

**METHODS AND RESULTS:** Water-dispersible clay content of 16 soil series of Korean paddy soils over the country were investigated in summer rainy season from July to August, 2006 by Middleton's method. Water-dispersible clay content ranged from non-detected to 4.8%, showing maximum value from the fine textured soils and high clay dispersibility in average from the coarse textured soils. Longer cultivated years using agro-machinery more than 40 hp result in higher water-dispersible clay content for 60% of studied paddy soils with less than 5% of exchangeable sodium percentage (ESP). Exceptionally, soils with relatively big difference of ESP at about 10

percent showed higher water-dispersible clay content with higher ESP.

**CONCLUSION:** Long years of cultivation using agro-machinery with more than 40 hp enhanced water-dispersibility of clay in approximately 60% of the studied paddy fields except for salt-affected soils.

**Key words:** Agro-machinery, Exchangeable sodium percentage, Middleton's method, Paddy soil, Water-dispersibility of clay

#### 서론

담수기 논에서 분산된 점토는 쟁기바닥층에 집적되어 물 빠짐을 느리게 하여 관개효율을 높이는 장점이 있으나 지표수 등 수계에 유출될 시 탁도를 높이고 인산 등의 수계 오염 물질의 매개로 작용할 수 있다 (Uusitalo *et al.*, 2000). 특히 여름철 집중강우시 논에서 분산된 입자가 하천이나 호수 등의 지표수로 유입될 가능성이 높다. 또한, 농촌노동력의 감소로 쌀생산을 위해 이루어지는 경운, 파종, 수확 등의 농작업의 효율성을 높이기 위해 40마력 이상의 중대형 농기계의 사용이 증가되는 추세이며(KOSIS, 2018), 이로 인해 투수속도가 감소하여 점토의 지표유출이 가속화 될 수 있다.

논에서 지표수로 유출되는 토양은 부유물질(Suspended

\*Corresponding author: Kyung Hwa Han  
Phone: +82-63-238-2432; Fax: +82-63-238-3822;  
E-mail: bearthink@korea.kr

Solid, SS)로 평가되고 있다. 논에 의한 지표수 SS부하량은 강우량과 배수량이 클수록, 비영농기보다 영농기에 커진다고 보고되고 있다(Lee *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2017). 특히, SS의 부하량은 Lee 등(2011)은 연간 301 kg/ha, Lee 등(2017)은 비영농기에 2.1~8.8 kg/ha, 영농기에 5.0~11.4 kg/ha으로 그 차이가 크게 나타나고 있다. 이는 강우특성의 차이도 있으나 연구 토양의 특성이 달랐는데 Lee 등(2011)의 경우 점토함량 26.9%의 미사질양토를, Lee 등(2017)의 경우 점토함량 13.0%의 양토이었다. Zhang 등(2016a)은 점토함량뿐 아니라 유기물함량 등에 따라 논에서 분산되어 유실되는 토양의 달라진다고 하였다. de Oliverira 등(2005)은 점토가 분산되는 정도는 점토광물의 종류와 연관되며 우리나라 주 점토광물인 카올리나이트는 안정성이 상대적으로 낮아 습윤건조 순환에 더욱 민감하다고 보고하고 있다. 따라서 다양한 논토양의 특성에 따라 유출가능한 토양입자의 양을 진단할 필요가 있다 하겠다.

토양수분과 에너지 투입 또한 분산성에 영향이 큰데, 소성 한계와 액성한계 사이 토양수분함량에서 분산정도는 에너지

투입에 비례하고, 토양이 더 젖어듬에 따라 분산성도 커진다고 알려져 있다(Kay, 1989; Watts *et al.*, 1996). 논은 밭에 비해 저지대에 위치하여 비담수기에도 토양수분함량이 소성한계 이상으로 높게 유지되기 쉬워 경우에 사용하는 농기계 하중의 영향을 더 받을 수 있다(Saito,1985). 또한 논은 물을 가두기 위해 평탄하게 관리하므로 경사지에 비해 농작업 기계화율이 90% 이상으로 높다. 농기계의 대형화로 썩레질의 강도가 커지면 입단이 더욱 파괴되어 낙수 후 비담수기에 논 토양의 균열이 더 많아질 수 있다(Zhang *et al.*, 2016b). 또한 분산성이 큰 토양은 입단화 정도가 낮아 최근 쌀 생산조정 등으로 요구되는 논 밭작물 재배시 토양물리성이 불량하여 생육 및 수량을 제한할 수 있다(Han *et al.*, 2017). 강우시는 토괴 사이 균열을 통해 용존태 및 현탁태 물질의 지하용탈이 발생할 수 있다(Kretzschmar *et al.*, 1999; White, 1985; Zhang *et al.*, 2015).

이렇게 분산성 점토는 논토양의 비옥도를 저하시킬 뿐만 아니라 수질오염원이 될 수 있어 논에서 발생가능성부터 진단

Table 1. The characteristics of soil and agro-machine use of studied paddy fields

Site	Range of clay content	Agro-machine		Location	
		Farm tractor power	Operating years	N	E
F1 A	≥ 18%	> 40 hp	13	35.8966	126.9077
F1 B	≥ 18%	> 40 hp	9	35.8768	126.9414
F2 A	≥ 18%	> 40 hp	12	36.2225	127.1127
F2 B	≥ 18%	> 40 hp	7	36.1771	127.0669
F3 A	≥ 18%	> 40 hp	11	35.1165	126.8265
F3 B	≥ 18%	> 40 hp	8	35.1279	126.8280
F4 A	≥ 18%	> 40 hp	11	35.7866	128.4531
F4 B	≥ 18%	< 40 hp (cultivator)	9	35.7408	128.4239
F5 A	≥ 18%	> 40 hp	11	35.4955	128.8406
F5 B	≥ 18%	> 40 hp	8	35.5426	128.7152
F6 A	≥ 18%	> 40 hp	11	35.1824	126.7406
F6 B	≥ 18%	> 40 hp	8	35.0759	126.7902
F7 A	≥ 18%	> 40 hp	10	35.1455	126.4827
F7 B	≥ 18%	> 40 hp	8	35.1661	126.5014
F8 A	≥ 18%	> 40 hp	11	35.4884	128.5990
F8 B	≥ 18%	> 40 hp	8	35.4828	128.6138
S1 A	< 18%	> 40 hp	12	36.7254	127.4530
S1 B	< 18%	> 40 hp	8	36.7145	127.4559
S2 A	< 18%	> 40 hp	11	36.6980	127.4566
S2 B	< 18%	> 40 hp	9	36.6881	127.4431
S3 A	< 18%	> 40 hp	15	35.9329	127.1458
S3 B	< 18%	> 40 hp	9	35.9551	127.1886
S4 A	< 18%	> 40 hp	10	37.2692	127.7983
S4 B	< 18%	> 40 hp	8	37.2331	127.8013
S5 A	< 18%	> 40 hp	7	37.2329	127.8005
S5 Ba)	< 18%	> 40 hp	5	37.2815	127.8301
S6 A	< 18%	> 40 hp	13	36.1118	128.4996
S6 B	< 18%	> 40 hp	9	36.1104	128.5029
S7 A	< 18%	> 40 hp	10	36.4758	128.1955
S7 B	< 18%	> 40 hp	8	36.4933	128.1677
S8 A	< 18%	> 40 hp	15	36.8319	126.8423
S8 B	< 18%	> 40 hp	9	36.7977	126.8563

<sup>a)</sup> Land leveling had been conducted at 5 years before investigation time

Table 2. The physical properties of sampled soils

Site	Particle size distribution (%)			Texture	Soil series / Management group (Soil taxonomy)
	Sand	Silt	Clay		
F1 A	21.2	50.8	28.0	Silty clay loam	Buyong / Well-adapted (Fine, Typic Endoaqualfs)
F1 B	7.7	59.3	33.0	Silty clay loam	
F2 A	12.9	58.1	29.0	Silty clay loam	Deogpyeong / Well-adapted (Fine, Typic Epiaqualfs)
F2 B	8.1	59.4	32.5	Silty clay loam	
F3 A	18.7	59.7	21.6	Silt loam	Honam / Well-adapted (Fine, Typic Endoaqualfs)
F3 B	16.6	61.8	21.6	Silt loam	
F4 A	23.3	53.1	23.6	Silt loam	Yuga / Well-adapted (Fine silty, Typic Endoaqualfs)
F4 B	27.4	53.2	19.4	Silt loam	
F5 A	20.5	55.6	23.9	Silt loam	Imgog / Well-adapted (Fine loamy, Fluvaquentic Endoaquepts)
F5 B	19.8	52.4	27.8	Silty clay loam	
F6 A	25.8	56.1	18.1	Silt loam	Sinheung / Well-adapted (Fine loamy, Typic Endoaqualfs)
F6 B	27.6	49.7	22.7	Silt loam	
F7 A	15.1	63.2	21.7	Silt loam	Hampyeong / Newly reclaimed (Fine loamy, Oxyaquic Hapludults)
F7 B	25.4	55.8	18.8	Silt loam	
F8 A	20.5	55.2	24.3	Silt loam	Haenggog / Newly reclaimed (Loamy skeletal, Oxyaquic Udorthents)
F8 B	18.6	55.4	26.0	Silt loam	
S1 A	56.3	25.8	17.9	Sandy loam	Eungog / Sandy-textured (Coarse loamy, Anthraquic Eutrudepts)
S1 B	43.6	40.4	16.0	Loam	
S2 A	45.1	42.9	12.0	Loam	Gangseo / Sandy-textured (Coarse loamy, Anthraquic Eutrudepts)
S2 B	48.7	40.3	11.0	Loam	
S3 A	37.7	52.0	10.3	Loam	Gocheon / Sandy-textured (Coarse loamy over sandy skeletal, Anthraquic Eutrudepts)
S3 B	56.7	30.4	12.9	Sandy loam	
S4 A	46.8	41.8	11.4	Loam	Hoegog / Sandy-textured (Coarse loamy, Typic Endoaquepts)
S4 B	50.0	34.5	15.5	Loam	
S5 A	50.0	34.6	15.4	Loam	Maegog / Sandy-textured (Coarse loamy, Anthraquic Eutrudepts)
S5 Ba	66.3	18.7	15.0	Sandy loam	
S6 A	53.1	34.5	12.4	Sandy loam	Namgye / Sandy-textured (Sandy skeletal, Aquic Udorthents)
S6 B	56.5	31.1	12.4	Sandy loam	
S7 A	54.0	30.0	16.0	Sandy loam	Hamchang / Poorly drained (Coarse loamy, Typic Endoaquepts)
S7 B	55.6	30.4	14.0	Sandy loam	
S8 A	13.5	74.8	11.7	Silt loam	Gwanghwal / Saline (Coarse silty, Fluvaquentic Endoaquents)
S8 B	24.5	62.9	12.6	Silt loam	

하여 관리할 필요가 있다. 본 연구에서는 우리나라 관개 논 토양특성에 따른 물로 분산가능한 점토의 양을 파악하고 이에 대한 대형농기계를 사용한 경작연수의 영향을 살펴보았다.

### 재료 및 방법

논 포장에 점토함량 등의 토양특성을 고려하여 16개 지역을 선정하고 각 지역에서 농기계를 사용한 경작연수가 서로 다른 두 개 포장을 선정하여 전국 32개소를 조사하였다 (Table 1). 점토함량 18% 이상 토양을 F 군으로 하고 각 지역에서 농기계 사용연수가 긴 포장을 A, 상대적으로 짧은 포장을 B로 표시하였다. S8 지역은 삽교호 주변에 위치하는 간척논으로 1994년에 공사가 완공된 곳이다. 각 포장에 대한 토양 물리성과 화학성은 2006년 답수 전 3월~4월 조사하였고 7월~8월 여름철 강우기에 분산성 점토를 측정하였다.

토양 물리성은 국립농업과학원의 분석법(NAS, 2017)을 따랐다. 토양입자분포 중 점토는 비중계법으로, 모래는 사별법으로 측정하여 미국농무성분류법을 이용하여 토성을 결정하였다. 분산성 점토는 Middleton의 방법으로 상하진탕 20회 후의 현탁액 중 입도분포를 비중계를 이용하여 측정하였

다(Middleton, 1930). 총 점토함량에 대한 분산성 점토의 백분율을 점토분산성으로 나타내었다. 토양 화학성은 국립농업과학원의 분석법(NAS, 2010)을 따랐다. 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5로 혼합한 다음 pH 전극을 이용하여 측정하였으며, 토양 유기물은 Tyurin법을 이용하여 정량하였다. 치환성 양이온은 토양을 1N 초산암모늄 용액(pH 7)으로 추출한 다음 유도결합플라즈마분광법(ICP, CINTRA6, GBC)으로 측정하였다. 양이온치환용량은 토양 5g을 주사기에 넣고 피스톤으로 1N 초산암모늄 용액(pH 7)으로 12시간에 걸쳐 서서히 침출시킨 후 95% 에탄올로 3시간 침출시킨 후 토양시료 중 암모늄을 켈달증류법으로 정량하여 측정하였다. 치환성 나트륨 퍼센트(Exchangeable sodium percentage, ESP)는 양이온치환용량에 대한 치환성 나트륨함량의 백분율로 계산하였다. 분산성 점토함량 통계 분석은 SAS 프로그램(ver. 9.2, SAS, Cary, NC)을 이용하였으며, 5% 수준에서 통계적 유의성을 검토하였다.

### 결과 및 고찰

조사지점의 특성은 Table 1과 2, 3에 나타나 있다. 대상지

Table 3. The chemical properties of soil in study sites investigated before rice transplanting

Site	OM <sup>a)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	pH (1:5H <sub>2</sub> O)	Exchangeable cations (cmol/kg)				CEC <sup>b)</sup> (cmol/kg)	ESP <sup>c)</sup> (%)
			Ca	Mg	K	Na		
F1 A	40	5.5	4.0	1.7	0.3	0.3	16.4	1.6
F1 B	49	6.0	5.6	1.8	0.4	0.2	16.2	1.4
F2 A	33	5.8	6.6	1.3	0.4	0.1	19.8	0.7
F2 B	32	5.5	6.2	2.5	0.7	0.3	20.6	1.4
F3 A	32	6.2	6.4	1.6	0.3	0.3	25.0	1.0
F3 B	36	5.7	6.1	1.8	0.3	0.3	24.4	1.1
F4 A	21	5.2	5.4	1.9	0.3	0.2	19.0	0.8
F4 B	34	5.0	7.4	2.5	0.1	0.4	21.0	2.0
F5 A	36	5.7	5.3	0.7	0.1	0.1	16.1	0.6
F5 B	18	5.5	4.0	1.6	0.2	0.1	18.6	0.5
F6 A	45	6.7	7.3	1.6	0.4	0.2	15.2	1.1
F6 B	30	6.6	7.7	2.2	0.4	0.2	19.2	1.1
F7 A	32	6.2	6.4	1.7	0.4	0.2	17.8	1.1
F7 B	35	6.0	4.4	0.6	0.2	0.1	14.8	0.9
F8 A	13	5.4	3.9	1.3	0.2	0.1	15.6	0.6
F8 B	24	5.7	5.1	1.2	0.2	0.1	19.4	0.6
S1 A	24	5.3	3.2	0.8	0.3	0.1	9.8	0.9
S1 B	29	6.2	5.6	1.8	0.2	0.2	13.6	1.7
S2 A	18	5.6	2.9	1.0	0.2	0.4	9.2	4.1
S2 B	22	5.2	4.0	1.2	0.2	0.2	10.4	1.4
S3 A	31	5.7	2.5	0.5	0.2	0.1	9.2	0.9
S3 B	26	5.3	2.4	0.9	0.2	0.1	9.6	0.8
S4 A	26	5.5	2.9	0.5	0.4	0.1	10.8	0.6
S4 B	27	5.2	2.8	0.6	0.3	0.1	14.2	0.7
S5 A	22	5.7	3.1	0.8	0.4	0.1	11.8	0.9
S5 B	34	6.1	3.2	0.7	0.2	0.1	11.0	0.6
S6 A	20	5.8	4.2	0.9	0.2	0.1	8.8	1.5
S6 B	25	5.9	4.6	0.9	0.2	0.1	14.0	0.8
S7 A	14	5.6	3.7	1.2	0.2	0.1	10.0	1.0
S7 B	28	5.7	3.2	0.7	0.2	0.1	8.2	1.5
S8 A	23	6.1	5.3	2.2	0.4	0.4	11.0	3.9 (2.8) <sup>d)</sup>
S8 B	17	6.7	2.6	4.1	0.7	1.5	10.8	13.6 (24.6)

<sup>a)</sup> Organic matter content, <sup>b)</sup> Cation exchange capacity, <sup>c)</sup> Exchangeable sodium percentage, <sup>d)</sup> ESP of subsoil with depth from 20 cm to 40 cm

점의 점토함량은 10~33%를 나타내었으며 점토함량이 18% 이상 16개 지점(F1~F6)은 논유형으로 볼 때 보통은 12지점, 미숙은 4지점 이었다. 점토함량 18% 미만 또한 16지점(S1~S6)으로 논유형으로는 사질은 12지점, 습논 2지점, 염해 논 2지점이었다. 논포장에 사용하는 주 농기계는 한 개 지점(F4 B, 경운기)을 제외하고 트랙터였으며 모두 40마력 이상 중대형 트랙터였다. 농기계 사용 연수는 5년~15년이었으며

동일 지역 내 사용연수의 차이는 2년에서 6년의 범위였다 (Table 1, 2). 표토의 유기물함량은 점토함량 18% 이상에서 13~49 g kg<sup>-1</sup>, 점토함량 18% 미만에서 14~34 g kg<sup>-1</sup>의 범위를 나타내어 점토함량 18% 이상에서 유기물함량이 평균적으로 높게 나타났다(Table 3). 토양 pH는 5.0~6.7의 범위를 나타내었으며 치환성 나트륨 퍼센트(ESP)가 가장 높은 S8 B에서 최대값을 나타내었다. 치환성 칼슘함량은 점토함량 18%

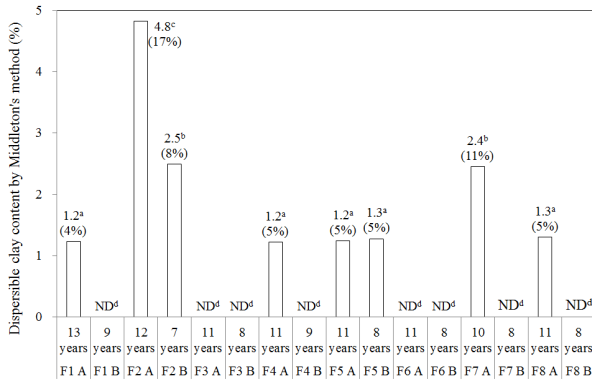


Fig. 1. Water-dispersible clay content by Middleton's method in soils with clay content more than 18%. Soils with same letter are not significantly different at the 0.05 probability level. Values in parenthesis mean clay dispersibility, the percentage of water-dispersible clay to total clay content.

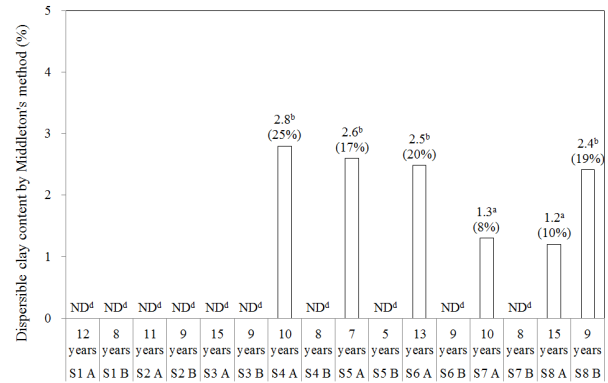


Fig. 2. Water-dispersible clay content by Middleton's method in soils with clay content less than 18%. Soils with same letter are not significantly different at the 0.05 probability level. Values in parenthesis mean clay dispersibility, the percentage of water-dispersible clay to total clay content.

이상에서 3.9~7.7 cmol kg<sup>-1</sup>, 점토함량 18% 미만에서 2.4~5.6 cmol kg<sup>-1</sup>의 범위로 나타났다. 치환성 나트륨함량과 ESP는 S8 B에서 가장 높게 나타났다. S8 B를 제외하고 치환성 나트륨 퍼센트는 6 이하로 나타났다.

논토양의 여름 강우기 Middleton's 분산성 점토는 불검출~4.8%의 범위로 불검출이 14지점이었고 검출된 지점 중 F2A에서 가장 높았고 F2B, F7A, S4A, S5A, S6A, S8B가 다음, F1A, F4A, F5A, F5B, F8A, S7A, S8A가 그 다음으로 낮았다(Fig. 1, 2).

점토함량 18% 이상 토양에서 분산성 점토가 16지점 중 8지점에서 검출되었다. 분산성 점토함량이 F2에 비해 상대적으로 낮게 나타난 F1의 경우 점토함량은 F2와 유사하나 유기물함량이 높았다. 분산성 점토가 검출되지 않은 F6 A 또한 유기물 함량이 상대적으로 높았다. Rasiah and Yamamoto (2002)는 최대분산가능한 점토는 점토함량이 증가할수록 토양유기물이 감소할수록 증가한다고 밝혔다. 특히 유기물은 경운의 축소와 같은 외부스트레스 감소에 따른 분산된 점토의 안정화를 좌우한다고 알려져 있다(Tisdall and Oades, 1982; Oades, 1984).

점토함량 18% 미만 토양에서는 16지점 중 6지점이 검출되어 점토함량 18% 이상에 비해 검출 지점 수는 적으나 두 번째로 높은 그룹 6지점 중 4지점이 해당되었다. 점토함량 18% 이상 토양에 비해 점토분산성이 높은 경향을 보였다. 유기물함량이 14~34 g kg<sup>-1</sup>의 범위를 나타내어 점토함량 18% 이상 토양에 비해 낮게 분포하였으며, 유기물함량에 따른 분산성 점토 함량의 차이는 나타나지 않았다.

농기계 사용연수에 따른 분산성 점토함량은 F1, F2, F4, F7, F8, S4, S5, S6, S7에서 농기계사용연수가 길수록 분산성 점토가 높게 나타났다. 총 점토함량에 대한 분산성 점토의 비율이 점토 분산성도 같은 경향이였다. 농기계 하중과 경운은 토양입단을 파괴하여 토양입자를 분산시키는 주 원인으로 알려져 있다(Bronick and Lal, 2005; Dalal and Bridge,

1996; Kay, 1989). 반면 S8의 경우 A지점보다 ESP가 3배 이상 높은 B 지점에서 분산성 점토가 높게 나타났다. 나트륨은 점토의 분산성을 촉진하는 대표적인 물질로(Saejiew *et al.*, 2004; Igwe and Udegbumam, 2008), 우리나라 간척지 논에서 높은 함량을 보이고 있으며 숙답화정도와 지하수를 통한 염수상승 등의 영향으로 같은 토양통으로 분류된다 하더라도 함량의 변이가 크게 나타날 수 있다. S8 B의 경우 심토의 ESP가 24.6%로 표토보다 높게 나타나고 있어 S8 A에 비해 제염이 덜 이루어진 것으로 판단할 수 있었다. F3, F6, S1, S2, S3에서는 분산성 점토가 검출되지 않아 농기계 사용연수에 따른 차이를 볼 수 없었으며 F5에서는 약 1%의 분산성 점토가 검출되었으나 유의한 차이가 나타나지 않았다.

따라서 ESP의 차이가 큰 간척지 논을 제외하고 15개 지역 중 60%인 9개에서 대형농기계를 사용한 경작연수가 길수록 점토의 분산성이 높게 나타났다. 이 영향은 점토함량 18% 이상에서 5지점, 18% 미만에서 4지점으로 점토함량 수준에 따라 유사하였다. 반면 점토 분산성은 점토함량 18% 미만에서 18% 이상보다 높게 나타났다. 이는 점토함량이 높을수록 유기물과 입단 형성 등으로 안정화될 수 있기 때문으로 보인다(Rasheed, 2016; Tisdall and Oades, 1982).

토양 분산성 감소를 위한 방법으로 전해질 농도 증가를 통한 전기이중층 축소와 유기물 처리를 통한 입단화 증진 등이 제한되고 있다(Nguyen *et al.*, 2009; Saejiew *et al.*, 2004; Rasheed, 2016). 우리나라에서는 주로 간척지 토양을 대상으로 Kim 등(2005)은 석고, 제올라이트 등을, Son과 Cho (2009)는 다양한 유기물을 처리하여 입단화 증진 효과를 비교한 바 있다. 그러나 논에서는 조류 등의 다양한 생물이 토양구조에 관여하고 있으며 담수기에는 관개수질 또한 점토분산성을 결정하는 중요한 인자이다. 따라서 농기계 등 토양에 가해지는 에너지 투입, 토양특성, 토양생물과 관개수질, 담수낙수에 따른 토양구조변화 등 다양한 방면에서 논토양 분산성을 비롯한 논 토양 구조 관리 연구가 필요하다. 이는 논에

서 유출되는 SS 저감을 통한 수질오염완화와 쌀 생산조정 등으로 인해 요구되는 논토양 밭작물 재배를 위한 토양물리성 확보를 위해 시급하다 하겠다.

## 요 약

우리나라 관개논의 여름철 강우기 Middleton's 분산성 점토는 불검출 ~ 4.8% 의 범위로 나타났으며 최대값은 점토 함량 18% 이상 토양에서 나타났으나 점토 분산성은 점토함량 18% 미만 토양에서 높게 나타났다. 대상지역의 60%에서 40마력이상 농기계를 사용한 경작연수가 길수록 분산성 점토 함량이 높은 값을 나타내었다. 단, 치환성 나트륨 함량 퍼센트의 차이가 큰 간척논은 예외로 나트륨함량이 높을수록 분산성 점토가 높았다.

## Note

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgement

This study was supported financially by a grant from the research project (No. PJ005434) of National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, 3-22.
- Dalal, R. C., & Bridge, B. J. (1996) Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils. In: Carter, M. R., and B. A. Stewart, Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. CRC Press, Boca Raton, FL, 263-307.
- de Oliveira, T. S., de Costa, L. M., & Schaefer, C. E. (2005). Water-dispersible clay after wetting and drying cycles in four Brazilian oxisols. *Soil and Tillage Research*, 83(2), 260-269.
- Han, K. H., Cho, H. J., Cho, H. R., Lee, H. S., Ok, J. H., Seo, M. J., Jung, K. H., Zhang, Y. S., & Seo, Y. H. (2017). Effects of alternative crops cultivation on soil physico-chemical characteristics and crop yield in paddy fields. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(2), 67-72
- Igwe, C. A., & Udegbunam, O. N. (2008). Soil properties influencing water-dispersible clay and silt in an Ultisol in southern Nigeria. *International Agrophysics*, 22(4), 319-325.
- Kay, B. D. (1989). Rates of change of soil structure different cropping system. *Advanced Soil Science*, 12, 1-52.
- Kim, S. J., Baek, S. H., Lee, S. U., Kim, D. G., & Na, Y. J. (2005). Effect of gypsum, popped rice Hull and zeolite on soil aggregation in reclaimed tideland. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 38(5), 231-237.
- Kretzschmar, R., Borkovec, M., Grolimund, D., & Elimelech, M. (1999) Mobile subsurface colloids and their role in contaminant transport. *Advanced Agronomy*, 66, 122-193.
- Lee, J. B., Lee, J. Y., & Kim, J. S. (2017) SS and COD runoff from a rice field watershed during storm events in the growing and non-growing Seasons. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 59(2), 91-99
- Lee, K. S., Jung, J. W., Choi, D. H., Yoon, K. S., Choi, W. J., Choi, S. M., Lim, S. S., Lim, B. J., Park, H. N., & Choi, G. W. (2011). Characteristics of suspended solids export from paddy fields. *Journal of Korean Society on Water Environment*, 27(6), 868-876.
- Middleton, H. E. (1930). The properties of soils which influence erosion. US Department of Agriculture Technical Bulletin, 178, 1-16.
- Nguyen, M. N., Dultz, S., Kasbohm, J., & Le, D. (2009). Clay dispersion and its relation to surface charge in a paddy soil of the red river delta, Vietnam. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(4), 477-486.
- Oades, J. M. (1984). Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant Soil* 76, 319-337.
- Rasheed, S. M. K. (2016). The effect of clay content and land use on dispersion ratio at different locations in sulaimani governorate-kurdistan region-iraq. *Open Journal of Soil Science*, 6, 1-8.
- Rasiah, V., & Yamamoto, T. (2002). Maximum potentially dispersible and stabilizable clay under cropping in soils with inherent textural differences. *Journal of Japanese Society of Soil Physics*, 89, 3-13.
- Saejiew, A., Grunberger, O., Arunin, S., Favre, F., Tessier, D., & Boivin, P. (2004). Critical coagulation concentration of paddy soil clays in sodium-ferrous iron electrolyte. *Soil Science Society of America Journal*, 68(3), 789-794.
- Saito, M. (1985). Structure, structural stability, and natural restructuring of low land rice soils. in soil physics and rice, International Rice Research Institute, Los Ba os Laguna, Philippines.
- Son, J. G., & Cho, J. Y. (2009). Effect of organic material treatments on soil aggregate formation in reclaimed tidelands. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*,

- 47(6), 500-505.
- Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates. *Journal of Soil Science*, 62, 141-163.
- Uusitalo, R., Yli-Halla, M., & Turtola, E. (2000). Suspended soil as a source of potentially bioavailable phosphorus in surface runoff waters from clay soils. *Water Resource Research*, 34, 2477-2482.
- Watts, C. W., Exter, A. R., Dumitru, E., & Arvidsson, J. (1996). An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilisation during tillage. Part I. A laboratory test. *Soil Tillage Research*, 37, 161-174.
- White, R. E. (1985). The influence of macropores on the transport of dissolved and suspended matter through soil. *Advanced Soil Science*, 3, 95-120.
- Zhang, Y. S., Jung, K. H., Cho, H. R., Han, K. H., Kim, M. K., & Sonn, Y. K. (2016a). Suspended solids export by the outflowing water from irrigation paddy field during rice growing season of Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 49(2), 218-225.
- Zhang, Z. B., Peng, X., Zhou, H., Lin, H., & Sun, H. (2015). Characterizing preferential flow in cracked paddy soils using computed tomography and breakthrough curve. *Soil & Tillage Research*, 146, 53-65.
- Zhang, Z. B., Zhou, H., Lin, H., & Peng, X. (2016b). Puddling intensity, sesquioxides, and soil organic carbon impacts on crack patterns of two paddy soils. *Geoderma*, 262, 155-164.