

간석지토양에서 수용성염조성의 변화와 토양흡수 복합체의 안정성에 대한 연구

최 명 길

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《지리학분야에서는 간석지를 개간하여 리용할데 대한 문제를 연구하여야 하겠습니다.》
(《김일성전집》 제18권 156페이지)

선행연구[1, 2]에서는 간석지토양의 수용성염조성과 그것의 변화특성, 염화형결정방법들에 대하여 많이 연구되었으나 토양흡수복합체의 안정성에 미치는 수용성염의 특성에 대해서는 밝히지 못하였다.

본문에서는 간석지토양의 수용성염을 응고염과 해교염으로 나누고 응고염과 해교염조성에 따르는 토양흡수복합체의 응고 및 해교적특성에 대하여 서술하였다.

1. 응고염과 해교염에 대한 이론적연구

간석지토양에서 토양흡수복합체의 해교적성질은 주로 흡착 Na^+ 함량과 흡착염기총량의 15%이상에 관계되지만 수용성염의 조성에 따라서 그 특성이 달라진다.

토양콜로이드알갱이들은 용액속에서 주로 음전하로 대전되어 서로 배척하기때문에 복합체의 형성을 억제한다. 이로부터 토양콜로이드의 전하를 증대시키는 모든 물질을 해교제로, 반대로 그것의 전하를 감소시키는 모든 물질을 응고제로 규정하였는데 결과 모든 양이온들은 응고제로 되며 음이온들은 해교제로 된다.

일반적으로 응결력의 측면에서 보면 양이온들의 응결력은 서로 다르며 이온가와 이온반경이 클수록 크다. 그리고 토양콜로이드알갱이들에 대한 양이온과 음이온의 정전기적작용을 놓고보면 토양콜로이드에 대한 음이온의 정전기적밀힘보다 양이온의 정전기적끌힘이 더 강하게 작용한다. 토양용액에 어떤 염 실례로 NaCl 이 용해되어있다면 토양콜로이드에 대한 Cl^- 의 정전기적밀힘보다 Na^+ 의 정전기적끌힘이 더 크므로 총체적으로 NaCl 은 응고염으로 작용한다. 이로부터 염토에서 토양콜로이드의 응결과 해교적특성을 논할 때에는 반드시 개별적이온이 아니라 토양속에 존재하는 염들의 조성을 고려하여야 한다.

토양에 존재하는 염들을 평가하면 염산염, 류산염은 다 응고염이다. 그러나 탄산염인 경우에는 음이온과 양이온의 결합구성에 따라 해교염(해교제) 또는 응고염(응고제)으로 작용한다. Na^+ 의 탄산염, 수소탄산염들은 해교제로 작용하지만 Ca , Mg 의 탄산염, 수소탄산염들은 응고제로 작용한다. 그것은 탄산염이 물작용분해될 때 형성되는 OH^- 이 Na 의 탄산염인 경우에는 Na^+ 의 정전기적끌힘이 OH^- 의 정전기적밀힘보다 작고 Ca , Mg 탄산염인 경우에는 반대로 되기때문이다.

이와 같이 간석지토양속에 존재하는 모든 염들은 응고염과 해교염으로 가를수 있으며 이러한 염들의 존재상태와 함량에 따라 간석지토양에서 토양콜로이드의 응고 및 해교적특

성이 달라지게 된다. 일반적으로 염토와 간석지토양에 있을수 있는 수용성염은 9가지 종류인데 염의 정전기적끌힘과 밀힘의 세기에 따라 강응교염, 약응교염, 강해교염, 약해교염으로 나눈다. 따라서 간석지토양의 수용성염을 응교염과 해교염으로 나누고 조성에 따르는 토양흡수복합체와 토양립단의 안정성이 연구되어야 한다.

2. 간석지토양의 응교염 및 해교염조성과 토양흡수복합체의 안정성

1) 간석지토양의 응교염과 해교염조성

간석지토양은 응교염인 염산염, 류산염, 해교염인 탄산염으로 되어있다.

간석지토양의 응교염과 해교염조성을 해명하기 위하여 여러 지방의 새로 개간한 간석지와 리용년한이 오랜 구간석지토양의 수용성염조성을 고찰하였다.

수용성염조성을 결정하기 위한 물우림액분석은 토양 : 물의 비율을 1(토양 100g) : 5(물 500ml)로 취하고 3min진탕한 다음 24h동안 방치한 후에 진행하였다.

우선 새로 개간한 ㅈ지구와 ㄱ지구 간석지토양의 응교염조성을 보면 표 1, 2와 같다.

두 지구의 간석지토양에서 해교염은 관측되지 않았다.

표 1. 새로 개간한 ㅈ지구 간석지토양의 응교염조성(%)

토층깊이 /cm	수용성염	그중		응교염종류				
		강응교염	약응교염	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Na ₂ SO ₄	MgCl ₂	NaCl
0-10	1.13	0.10	1.03	0.03	0.07	0.39	0.11	0.53
11-20	1.17	0.06	1.11	0.02	0.04	0.31	0.10	0.70
21-30	1.12	0.05	1.07	0.03	0.04	0.28	0.09	0.68
31-40	1.30	0.07	1.23	0.03	0.06	0.28	0.11	0.82
41-50	1.42	0.08	1.34	0.03	0.06	0.22	0.12	0.99
51-60	1.42	0.06	1.36	0.03	0.02	0.26	0.10	1.01
61-70	1.31	0.04	1.27	0.03	0.01	0.19	0.09	0.99
71-80	1.31	0.04	1.27	0.02	0.01	0.20	0.08	1.00
81-90	1.34	0.03	1.31	0.02	0.01	0.14	0.07	1.10
91-100	1.57	0.04	1.53	0.03	0.01	0.16	0.10	1.27

표 2. 새로 개간한 ㄱ지구 간석지토양의 응교염조성(%)

토층깊이 /cm	수용성염	그중		응교염종류				
		강응교염	약응교염	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Na ₂ SO ₄	MgCl ₂	NaCl
0-10	1.26	0.05	1.21	0.03	0.02	0.16	0.11	0.94
11-20	1.19	0.07	1.12	0.02	0.04	0.24	0.10	0.79
21-30	1.05	0.06	0.99	0.03	0.03	0.19	0.08	0.72
31-40	1.10	0.06	1.04	0.03	0.03	0.22	0.08	0.74
41-50	1.01	0.05	0.96	0.03	0.02	0.15	0.06	0.75
51-60	1.05	0.05	0.10	0.03	0.02	0.16	0.07	0.77
61-70	1.01	0.03	0.98	0.02	0.01	0.14	0.07	0.77
71-80	1.00	0.04	0.96	0.02	0.02	0.16	0.08	0.72
81-90	1.05	0.05	1.00	0.03	0.02	0.17	0.07	0.76
91-100	1.12	0.07	1.05	0.03	0.04	0.12	0.08	0.85

표 1, 2에서 보는바와 같이 새로 개간한 장도지구, 금성지구 간석지토양의 염종류와 그 함량순위는 NaCl>Na₂SO₄>MgCl₂>CaSO₄>Ca(HCO₃)₂인데 이것은 바다물의 염조성과 관련된

다. 강응교염인 CaSO_4 (석고)과 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 은 각각 3%이하로서 매우 작다. 총응교염은 토양 자름면에서 평균 1.3g정도이고 그중 약응교염이 95%정도이다. 특히 NaCl 은 총응교염의 70% 이상을 차지한다.

새로 개간한 간석지토양에서 토양흡수복합체의 응결에 영향을 주는 기본염은 약응교염(주로 NaCl)이며 강응교염인 CaSO_4 과 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 은 그 함량이 매우 적은것으로 하여 토양콜로이드의 응결에 거의 영향을 주지 못한다.

다음으로 리용년한이 10년이상인 ○지구와 ☆지구 간석지토양의 응교염과 해교염조성은 표 3, 4와 같다.

표 3. ☆지구 간석지토양의 응교염과 해교염조성(%)

토층 깊이 /cm	수용 성염	그중		응교염종류							해교염 종류
		강응교염	약응교염	해교염	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	Na_2SO_4	MgCl_2	NaCl	NaHCO_3
0~10	0.21	0.03	0.18	—	0.02	0.005	—	0.10	0.02	0.07	—
11~15	0.16	0.02	0.13	0.006	0.01	0.006	—	0.09	—	0.04	0.006
16~20	0.17	0.03	0.14	0.003	0.01	0.02	—	0.09	—	0.04	0.003
21~25	0.13	0.02	0.11	—	0.01	0.007	—	0.07	0.001	0.04	—
36~30	0.08	0.02	0.06	0.02	0.01	0.004	—	0.04	—	0.03	0.02
31~35	0.08	0.02	0.06	0.02	0.01	0.01	—	0.04	—	0.03	0.02
36~40	0.07	0.02	0.05	0.03	0.01	0.01	—	0.02	—	0.03	0.03
41~45	0.07	0.02	0.05	0.03	0.01	0.01	—	0.02	—	0.03	0.03
46~50	0.08	0.02	0.06	0.03	0.01	0.01	—	0.02	—	0.04	0.04
56~60	0.20	0.04	0.18	0.18	0.02	0.01	—	0.11	—	0.06	0.01
66~70	0.18	0.03	0.14	0.02	0.02	0.018	—	0.07	—	0.07	0.02
76~80	0.24	0.03	0.21	0.02	0.02	0.01	—	0.11	—	0.10	0.01
86~90	0.21	0.03	0.18	0.01	0.02	0.01	—	0.05	—	0.13	—
96~100	0.21	0.03	0.18	0.01	0.02	0.01	—	0.07	—	0.11	—

표 4. ○지구 간석지토양의 응교염과 해교염조성(%)

토층 깊이 /cm	수용 성염	그중		응교염종류							해교염 종류
		강응교염	약응교염	해교염	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	Na_2SO_4	MgCl_2	NaCl	NaHCO_3
0~5	0.29	0.08	0.21	—	0.02	—	0.06	0.02	0.05	0.14	—
6~10	0.18	0.04	0.14	—	0.03	—	0.01	0.08	0.03	0.03	—
11~15	0.13	0.03	0.10	—	0.02	0.01	—	0.04	0.02	0.04	—
16~20	0.16	0.03	0.13	—	0.02	0.01	—	0.08	0.01	0.04	—
21~25	0.24	0.03	0.21	—	0.02	0.01	—	0.15	0.01	0.05	—
26~30	0.15	0.03	0.11	0.01	0.01	0.02	—	0.05	—	0.06	0.01
31~35	0.24	0.03	0.20	0.01	0.02	0.01	—	0.16	—	0.04	0.01
36~40	0.34	0.02	0.32	—	0.01	0.01	—	0.27	0.01	0.04	—
46~50	0.13	0.02	0.11	—	0.01	0.01	—	0.06	0.01	0.04	—
56~60	0.21	0.03	0.18	—	0.02	0.01	—	0.13	0.01	0.04	—
66~70	0.15	0.03	0.11	0.01	0.02	0.01	—	0.05	—	0.06	0.01
76~80	0.15	0.03	0.11	0.01	0.02	0.01	—	0.05	—	0.06	0.01
86~90	0.15	0.03	0.12	0.01	0.02	0.01	—	0.07	—	0.06	0.01
96~100	0.15	0.03	0.12	—	0.02	0.01	—	0.08	—	0.04	—

표 3, 4에서 보는바와 같이 새로 개간한 간석지와 달리 구간석지에서는 담수세척으로 약용교염인 NaCl , Na_2SO_4 , MgCl_2 이 식물의 허용염해농도이하로 세척되고 강용교염인 CaSO_4 이 없어지면서 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 이 생기고 약용교염인 MgCl_2 이 없어지면서 약해교염인 NaHCO_3 이 생겼다.

새로 개간한 간석지에 비하면 약용교염인 NaCl 은 1/10정도로, NaSO_4 은 1/2로, MgCl_2 은 자름면의 표층과 일부 속층들에서 1/16로 낮아졌거나 전혀 없는 토층이 대부분이었다. 이로부터 구간석지토양자름면들은 전반적으로 약용교염이 허용염해농도이하로 내려간 비염흡착나트륨염기성토양으로 변화되었으며 이러한 특성은 해교염의 생성조건으로 된다.

해교염의 생성은 용교염의 대부분을 차지하는 Na 염이 세척될 때 토양용액속에서 $\text{Na}^+/\text{M}^{2+}(\text{M}^{2+}=\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \dots)$ 가 낮아진 결과 담수의 주성분인 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 의 양이온들과 토양흡수복합체의 흡착 Na^+ 간의 흡착치환결과에 Na^+ 이 탈착되면서 해교염인 NaHCO_3 이 생겼다.

토양흡수복합체의 흡착염기조성에서 점차 Ca^{2+} , Mg^{2+} 함량은 늘어나고 흡착 Na^+ 함량은 감소하는데 이것은 7지구 구간석지에서 리용년한에 따르는 흡착염기조성을 분석하여 보아도 명백히 알수 있다.(표 5)

표 5. 리용년한에 따르는 흡착염기조성(%)

리용년한	토층깊이/cm	흡착염기				흡착 Na^+ 의 상대함량
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	
물밀간석지	0~10	1.74	7.94	16.30	2.03	54.6
	40~50	1.85	6.42	11.40	1.22	34.57
	70~80	1.74	6.42	12.50	1.72	55.85
	120~130	1.94	7.19	16.00	1.94	59.11
리용 3년	0~10	2.43	8.60	9.90	2.24	41.73
	15~20	2.03	9.14	10.20	2.76	42.27
	50~60	1.56	6.32	12.50	1.51	57.10
	120~130	3.44	8.05	16.60	2.26	54.70
리용 10년	0~10	2.48	8.60	2.41	0.93	16.74
	15~20	2.82	9.93	4.73	1.84	24.84
	50~60	2.24	8.60	7.66	2.26	36.90
	120~130	2.24	7.84	9.32	2.34	42.82

2) 용교염 및 해교염조성과 토양흡수복합체의 안정성

용교염과 해교염의 조성에 따르는 토양흡수복합체의 용교 및 해교적특성을 고찰하기 위하여 앞의 표들에서와 같이 수용성염조성이 결정된 여러 지역의 간석지토양자름면에서 토양깊이별 토양현탁액의 떠흐름질 콜로이드함량을 결정하였다. 이때 토양콜로이드함량은 토양 100g을 500mL의 증류수에 넣고 3min동안 진탕시킨 다음 30일동안 방치한 후에 현탁액의 상등액을 50mL씩 분취하여 105°C에서 말리워 총질량을 달고 염함량을 덜어낸 다음 100g 토양속에 들어있는 콜로이드함량으로 환산한다.

대표적인 간석지토양들에서 토양콜로이드함량에 대한 분석자료는 표 6, 7과 같다.

표 6. ☆지구 간석지토양의 해교된 콜로이드함량

토층깊이/cm	수용성염 함량/%		현탁액의 pH	콜로이드 함량/%	흡착염기 총량에 대한 흡착Na ⁺ 함량/%
	응교염	해교염			
0~10	1.12	—	6.9	—	54.30
11~20	1.12	—	7.33	—	54.60
21~30	1.10	—	7.41	—	
31~40	1.27	—	7.82	—	
41~50	1.41	—	8.45	—	55.90
51~60	1.43	—	8.24	—	
61~70	1.32	—	8.43	—	
71~80	1.32	—	8.67	—	
81~90	1.34	—	8.65	—	
91~100	1.57	—	8.53	—	59.40

표 6에서 보는바와 같이 응교염으로 구성되어있는 새로 개간한 ☆지구 간석지토양은 토양흡수복합체가 응결된 상태로 존재하므로 현탁액에 떠흐름질 토양콜로이드가 없다.

표 7. ☆지구 간석지토양의 해교된 콜로이드함량

토층깊이/cm	수용성염 함량/%		현탁액의 pH	콜로이드함량/%	흡착염기 총량에 대한 흡착Na ⁺ 함량/%
	응교염	해교염			
0~10	0.21	—	6.73	흔적	16.7
11~20	0.17	0.003	7.55	157	24.5
21~30	0.11	0.023	8.37	257	
31~40	0.10	0.029	9.01	278	
41~50	0.10	0.025	8.57	266	36.9
51~60	0.22	0.013	8.90	223	
61~70	0.20	0.024	8.64	256	
71~80	0.25	0.015	8.57	236	
81~90	0.23	0.015	8.42	242	
91~100	0.23	0.011	8.53	240	42.8

표 7에서 보는바와 같이 ☆지구의 해교염이 있는 구간석지토양은 NaHCO₃함량이 높은 토층일수록 떠흐름질 콜로이드함량이 많다. 이것은 해교염인 NaHCO₃의 물작용분해로 하여 생성된 NaOH의 영향때문인데 토양 pH의 상승이 그것의 반증자료로 된다. 이와 같이 새로 개간한 간석지토양의 수용성염조성은 NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, CaSO₄, Ca(HCO₃)₂의 응교염으로 되어있고 주요응교염들은 약응교염인 NaCl이 70%이상을 차지하며 토양콜로이드는 전부 응결되어있다. 반대로 구간석지토양은 응교염들인 NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂들이 세척되어 염피해농도이하로 내려가고 해교염인 NaHCO₃의 생성으로 하여 토양흡수복합체가 해교됨으로써 해교된 토양콜로이드가 존재한다. 따라서 토양립단을 형성한 간석지토양에 담수할 때 적심수이동에 의한 토양흡수복합체의 안정성은 수용성염조성에 따라 달라지며 그 응집물인 토양립단의 보존성이 달라지게 된다.

맺 는 말

새로 개간한 간석지 토양은 NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, CaSO₄, Ca(HCO₃)₂의 응교염으로 되어 있고 주요응교염 으로서는 약응교염인 소금이 70%이상을 차지하며 토양콜로이드는 전부 응결되어있다. 그러나 구간석지 토양은 응교염들인 NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂이 세척되어 염피해농도이하로 내려가고 해교염인 NaHCO₃의 생성으로 하여 토양흡수복합체가 해교됨으로써 해교된 토양콜로이드가 존재한다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 54, 6, 146, 주체97(2008).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 54, 7, 164, 주체97(2008).
- [3] C. Kirdmanee et al.; Sci. Agric.(Piracicaba, Braz.), 68, 4, 406, 2011.

주체106(2017)년 11월 5일 원고접수

Change of the Water-Soluble Salt Composition and the Stability of the Soil Absorption Complex in Tideland Soil

Choe Myong Gil

In the newly reclaimed tideland soil, the soil absorption complex is stable because it is constituted by the curding salt. But in the tideland soil reclaimed long ago, the soil absorption complex is deflocculated by the peptization salt(NaHCO₃) that it is newly formed when the curding salt is washing.

Key words: tideland soil, water-solube salt, soil absorption complex