

새만금 간척지 토양에서 벼생육 기간중 시비처리별 전기전도도 분석

Analysis of Electrical Conductivity by the Fertilization Treatments during the Rice Growing Period in Saemangeum Reclaimed Tidal Lands

손재권* 최진규* 구자웅* 송재도**
Son, Jae Gwon · Choi, Jin Kyu · Koo, Ja Woong · Song, Jae Do

김영주** 이용규*** 홍대벽****
Kim, Young Ju · Lee, Yong Kyu · Hong, Dae Byuk

Abstract

This study was performed in order to analyze the changes of electrical conductivity (EC) by the fertilization treatments during the rice growing period in Saemangeum reclaimed tidal land soils. The objective of this study was to offer fundamental data for irrigation project of early tidal reclaimed paddy field, through analyzing changes of salinity in irrigation water and soil in the experimental field during the irrigation period.

EC of irrigation water and soils were no significant difference among the fertilization quantity, fertilization method and fertilization times (division fertilization ratio). EC was affected by ponding depth more than by fertilization treatments.

1. 서론

통일시대를 대비한 미래의 안정적인 식량의 자급을 위한 우량농지와 수자원의 확보, 국토확장 등을 위한 목적으로 1991년에 착공된 새만금 간척사업이 친환경적으로 13년째 시행 중에 있다. 새만금사업이 완료되면 28,300ha의 간척지와 11,800ha의 담수호가 조성되어 40,100ha

의 새로운 토지가 창출된다. 이러한 새만금간척지의 고도이용을 위해서는 사업이 완료되기 전에 간척농지의 친환경적 토양관리방안을 제시하기 위한 사전 연구가 필요하다. 이를 위해 2002년 현지답사와 조사를 거쳐 새만금사업지구 인근에 선정된 시험포를 대상으로 시험구를 조성하여 벼생육 기간중 비료의 시비량과 적정 시비방법 및 시비횟수(분시비율) 등에 대한

*전북대학교 농업생명과학대학(sjg@chonbuk.ac.kr)

**전북대학교 대학원

***농업기반공사 전북본부

****농업기반공사 농어촌연구원(db_hong@karico.co.kr)

키워드 : 간척지 토양, 전기전도도, 벼 생육기간 시비량, 시비방법, 시비횟수, 분시비율

기준을 제시하기 위하여 2002년 12월부터 연구를 수행중에 있다. 간척농지에서 작물의 정상생육을 위해 필요한 사항 중 하나가 작물 생육 기간중 논물과 토양의 염분농도를 측정하여 그 변화를 조사함으로써 최적의 생육조건을 찾는다고 볼 수 있다.

Bresler 등(1984)¹²⁾은 사질양토에서 염분농도 및 토성에 따른 수리전도도의 변화를 통계적으로 분석하여 토양이 수리전도도의 변화에 영향을 미치는 주된 화학적 요인은 전기전도도이고, 물리적인 요인은 사질함량이라고 보고하였다. 또한, Stuart와 Takashi등(1985)¹³⁾은 염해토양에서 작물의 생육에 미치는 염분농도의 영향 및 제염과 작물에 필요로 하는 관개용수량 등을 산정하였다.

김 등(1987)⁴⁾은 염분관개용수가 토양의 성질과 작물의 생산량에 미치는 영향을 조사하였고, 류 등(1988)⁶⁾은 간척지토양에서 토양개량제로 널리 사용되는 석고 및 탄산칼슘의 처리농도와 혼합방법, 퇴비 사용 여부에 따른 제염효과를 규명하기 위해 토양의 이화학적 특성변화를 조사하였다.

손 등(2000)⁷⁾은 간척 초기 답의 벼생육 기간중 염분농도를 분석하였으며, 구 등(2001)¹⁾은 간척지 토양을 침출법 및 수세법에 의한 제염시험을 실시하고 제염방법 및 토성별로 제염과정중 제염용수량의 증가에 따른 전기전도도의 변화를 분석하였다. 하지만 간척농지에서 벼생육 기간중 시비처리에 따른 논물과 토양의 염분농도(전기전도도) 변화에 대하여는 아직까지 체계적인 연구가 진행되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 새만금 간척지를 고도로 이용하기 위한 방법의 일환으로 새만금 간척지 토양에서 비료의 시비방법, 시비량, 시비횟수

(분시비율)에 따른 벼생육 시험을 수행하여 생육기간중 표토층과 근역층 및 논물¹¹⁾을 대상으로 전기전도도를 분석하였다. 이러한 시험을 통해 작물생육단계별로 합리적인 관개용수 공급계획을 수립하고, 벼재배에 따른 시비량과 시비방법, 시비횟수(분시비율)등을 개선하여 새만금 간척지 토양의 친환경적인 활용을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

가. 공시토양의 선정

현지답사와 예비조사 등을 통하여 새만금간척지 토양으로 대표성이 있다고 볼 수 있는 전북 김제시 만경면 화포리에 선정된 시험포장을 대상으로 시험목적에 맞추어 시비량 처리구(AO), 시비방법 처리구(MO), 시비횟수(분시비율) 처리구(TO) 등 3개지점 토양을 공시토양으로 선정하였다.

나. 공시토양의 이화학적 특성

공시토양의 이화학적 특성을 파악하기 위하여 작물재배 및 제염작업 실시전에 초기 간척지 토양에 대한 물리·화학적 성분 분석을 실시하였다.

1) 물리적 성분

공시토양의 입도분석은 KSF 2302(비중계 및 체분석법)에 의하여 실시하였고, 모래, 실트, 점토 등 측정된 토양의 구성비율에 따라 미국 USDA 삼각좌표 분류법에 의거 토성을 분류하였다.

2) 화학적 성분

수소이온농도(pH)는 초자전극법, 염분농도를 나타내는 전기전도도는 Conductivity Meter (TOA CM-20S), 주요양이온(Ca, Mg, Na, K)함량중 추출성양이온은 암모늄아세테이트 용액을 이용하여 측정하였고, 가용성양이온은 포화추출액으로부터 구하였으며, 치환성양이온은 추출성양이온으로부터 포화추출액의 가용성양이온을 감하여 계산하였다. 양이온 치환용량(CEC)은 AOAC-ASTM 방법에 의하여 측정하였다. 또한, 치환성나트륨백분율(ESP)은 양이온치환용량에 대한 치환성나트륨 함량의 백분율로 계산하였다.

2. 시험포장의 조성 및 처리구의 배치

가. 시험포장의 조성

시험포장의 조성은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 2,325m²(75×31m) 규모의 포장에 4×5m 크기로 33개의 plot를 조성하고 자동관개시설 및 배수시설을 설치하였다.



Fig. 1. Photo of experimental field

나. 처리구의 배치

처리구는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 시비량 시험처리구 9개소(3처리×3반복), 시비방법 시험처리구 9개소(3처리×3반복), 시비횟수(분시 비율) 시험처리구 15개소 (5처리×3반복)등 총 33개소를 배치하였다.

3. 시험방법

가. 시험일정

1) 제염작업

제염작업은 벼 생육시험 전에 2003년 4월초부터 5월 중순까지 지표배수 및 수세법에 의하여 실시하였고, 제염작업시 지표수, 배출수 및 토양심도별로 전기전도도를 측정하였다.

2) 작물생육시험

2003년 5월 31일 간척지 적응성이 우수하고 고품질의 중만생종인 서간벼를 이앙하여 2003년 10월 2일 최종 수확시까지 총 125일 간에 걸쳐 작물생육시험을 실시하였다.

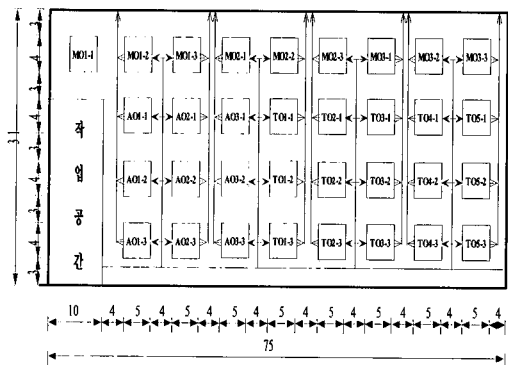


Fig. 2. Layout of the experimental field treatment plots

나. 시비처리

1) 시비량

- 간척농지 표준시비량 : 요소(880g/처리구), 용성인비(510g/처리구), 염화加里(188g/처리구)
- 간척농지 표준시비량 10% 저감처리 : 요소(792g/처리구), 용성인비(459g/처리구), 염화加里(188g/처리구)
- 간척농지 표준시비량 30% 저감처리 : 요소(616g/처리구), 용성인비(357g/처리구), 염화加里(188g/처리구)

2) 시비처리일

- 기비(5월 29일), 분얼비(6월 14일), 수비(7월 26일), 결실비(8월 23일)

3) 시비량 처리구 : 기비 20%, 분얼비 40%, 수비 30%, 결실비 10%

- 처리 01 : 간척농지 표준시비량 ⇨ AO1-1, AO1-2, AO1-3
- 처리 02 : 간척농지 표준시비량 10% 저감처리 ⇨ AO2-1, AO2-2, AO2-3
- 처리 03 : 간척농지 표준시비량 30% 저감처리 ⇨ AO3-1, AO3-2, AO3-3

4) 시비방법 처리구 : 기비 20%, 분얼비 40%, 수비 : 30%, 결실비 : 10%

- 처리 01 : 기비전량 표층시비 + 추비전량 표층시비 ⇨ MO1-1, MO1-2, MO1-3
- 처리 02 : 기비전량 심층시비 + 추비전량 표층시비 ⇨ MO2-1, MO2-2, MO2-3
- 처리 03 : 기비전량 전층시비 + 추비전량 표층시비 ⇨ MO3-1, MO3-2, MO3-3

5) 시비횟수(분시비율) 처리구

- 처리 01 : 기비 30% + 분얼비 40% +

수비 20% + 결실비 10% ⇨ TO1-1, TO1-2, TO1-3

- 처리 02 : 기비 30% + 분얼비 30% + 수비 30% + 결실비 10% ⇨ TO2-1, TO2-2, TO2-3
- 처리 03 : 기비 30% + 분얼비 20% + 수비 40% + 결실비 10% ⇨ TO3-1, TO3-2, TO3-3
- 처리 04 : 기비 40% + 분얼비 20% + 수비 30% + 결실비 10% ⇨ TO4-1, TO4-2, TO4-3
- 처리 05 : 기비 40% + 분얼비 30% + 수비 20% + 결실비 10% ⇨ TO5-1, TO5-2, TO5-3

다. 논물 및 토양의 전기전도도

벼생육 기간중 시비량, 시비방법, 시비횟수(분시비율)에 따른 처리구별 논물과 표토 및 근역의 전기전도도 변화를 측정하고자 이양후 작물생육 기간중(2003년 5월~2003년 10월)에 2주간격으로 논물과 표토층 및 근역층(20cm)의 토양시료를 채취하여 전기전도도의 변화를 분석하였다. 논물의 경우에는 이양직후인 2003년 6월 2일부터 최종 낙수기인 2003년 9월20일까지 전기전도도를 측정하였으며, 표토 및 근역층의 전기전도도는 이양 후 2003년 6월 2일부터 최종 낙수 2주후인 2003년 10월 4일까지 측정하여 분석하였다. 토양의 전기전도도(EC)는 Conductivity Meter(TOA CM-20S)를 사용하여 포화추출액을 측정하였고, 논물은 Potable Conductivity Meter(WTW LF197)를 이용하여 현장에서 직접 전기전도도를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 공시토양의 특성

가. 물리적 특성

작물재배전 공시토양으로 선정된 시험포장 토양에 대한 물리적 특성을 조사분석한 결과 Table 1에 나타난 바와 같이 AO처리구 토양은 모래 57.4%, 실트 38.6%, 점토 함유량이 4.0%, MO처리구 토양은 모래 58.4%, 실트 37.8%, 점토 함유량이 3.8%로 각각 나타났다. 또한 TO처리구 토양은 모래의 함유량 59.4%, 실트 함유량이 37.0%, 점토 함유량이 3.6%로 나타나 각 처리구의 토양은 미국 USDA에서 규정한 토양입자의 분류기준에 따라 사질양토(SL)로 분류되었다.

나. 화학적 특성

공시토양으로 선정된 시험포장 토양에 대한 화학적 특성을 조사 분석한 결과 Table 2에서

보는 바와 같이 각 처리구 토양의 초기염분농도(EC)는 4.54~5.85dS/m로 나타났고, 수소이온농도(pH)가 6.69~7.38, 양이온치환용량(CEC)이 12.0~13.1cmol/kg, 유기물(OM)이 3.59~3.77%, 치환성나트륨 함량(Na)이 6.68~6.95cmol/kg, 치환성나트륨백분율(ESP)은 51.0~57.9%로 나타났다. 또한, 총인(T-P)은 611.3~908.5mg/kg, 총질소가(T-P) 1817.6~1853.8mg/kg 범위로 조사되었다. 이와 같은 조사결과를 USDA¹³⁾의 염해토양 분류법에 따라 분류하면 각 처리구별 공시토양은 EC가 4dS/m 이상이고, ESP가 15% 이상이며, pH가 8.5 이하로서 염류·알칼리토양으로 조사되었다.

2. 전기전도도 변화

가. 벼생육기간중 논물의 전기전도도 변화

1) 시비량에 따른 논물의 전기전도도 변화
벼 생육기간중 처리방법별 시비량에 따른 논물에 대한 전기전도도의 변화를 분석하기 위해

Table 1. Soil texture of the experimental field soils

Soil sample	Mechanical composition(%)			Soil texture	Remark
	Sand	Silt	Clay		
AO	57.4	38.6	4.0	Sandy loam	SL
MO	58.4	37.8	3.8	Sandy loam	SL
TO	59.4	37.0	3.6	Sandy loam	SL

Table 2. Chemical properties of the experimental field soils

Soil sample	EC	pH	CEC (comol/kg)	Exchangeable cation(cmol/kg)				ESP (%)
				Ca	Mg	Na	K	
AO	4.54	7.03	13.0	1.68	7.2	6.71	2.22	51.6
MO	5.85	6.69	13.1	1.70	7.3	6.68	2.54	51.0
TO	5.40	7.38	12.0	1.40	7.8	6.95	2.96	57.9

토양채취시기에 맞추어 현장에서 직접 전기전도도를 측정하였다. 각 처리구별 벼생육기간중 시비량에 따른 논물의 전기전도도는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 표준시비량 처리구(AO1), 10% 절감 처리구(AO2), 30% 절감 처리구(AO3)에서 6월초 이앙직후 1.05~1.79dS/m이었던 것이 26일후에는 1.85~2.64dS/m까지 약간 상승하였다가 생육후기인 9월 6일에는 0.35~0.41dS/m로 점차 감소되어 염분농도가 생육후기로 갈수록 낮아짐을 알 수 있었다. 그러나 9월 20일 최종 낙수 시점에는 논물의 공급수심이 낮아짐에 따라 1.31~1.71dS/m로 조사되어 염분농도가 다시 약간 상승하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과로 볼 때 강우나 수로를 통해 논물이 지속적으로 담수되었던 이앙시부터 최종 낙수기전까지는 비슷하게 나타나 시비량에 따른 논물의 전기전도도(염분농도) 차이는 크지 않은 것으로 판단된다.

2) 시비방법에 따른 논물의 전기전도도 변화

벼 생육기간중 시비방법에 따른 처리구별 논

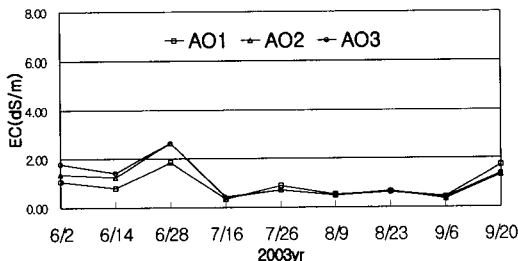


Fig. 3. Change of irrigation water EC during the rice growing period by fertilization quantity treatment plots(AO)

물에 대한 전기전도도의 변화를 측정한 결과 Fig. 4에 나타난 바와 같이 처리구마다 다소 차이가 있지만 이앙직후인 6월초에 표준시비구인 MO1에서 5.70dS/m, 심층처리구인 MO2에서 5.25dS/m, 전층처리구인 MO3에서 4.46dS/m로 상당히 높게 나타났다. 그러나 6월 하순경에는 2.18dS/m~3.21dS/m로 감소하였고, 9월 초에는 시비량에 의한 방법에서와 같이 0.36~0.40dS/m까지 낮아졌다. 또한, 9월 20일 최종 낙수기에는 논물의 공급수심이 낮아짐에 따라 1.12~1.18dS/m까지 전기전도도가 약간 상승하는 경향을 나타내 MO1, MO2, MO3처리구 모두에서 논물의 공급에 따라 생육초기에서 생육후기까지 같은 경향을 보였다.

3) 시비횟수(분시비율)에 따른 논물의 전기전도도 변화

벼 생육기간중 시비횟수(분시비율)에 따른 처리구별 논물에 대한 전기전도도를 측정한 결과 Fig.5에서 보는 바와 같이 나타났다.

TO1 처리구(기비 30-새끼칠거름 40-이삭거름 20-알거름 10%), TO2 처리구(30-30-30-10%)

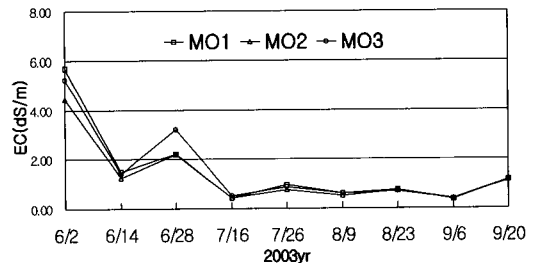


Fig. 4. Change of irrigation water EC during the rice growing period by fertilization method treatment plots(MO)

에서는 이양 직후 1.01dS/m, 1.30dS/m이었던 것이 이양후 4주 경과시점에는 2.52dS/m, 2.21dS/m까지 상승하였다가 중간 낙수후인 7월 16일부터 최종 낙수 2주전인 9월 6일사이에는 0.39dS/m~0.85dS/m, 0.37dS/m~0.83dS/m를 나타냈고, 최종 낙수기인 9월 20일에는 1.47dS/m, 1.42dS/m로 약간 상승하였다.

한편, TO3(30-20-40-10%)와 TO4(40-20-30-10%) 및 TO5(40-30-20-10%)에서는 생육초기 3.02dS/m와 1.93dS/m 및 3.42dS/m였던 것이 9월초 생육후기에는 0.34dS/m, 0.41dS/m, 0.32dS/m까지 각각 낮아졌다. 하지만 9월 20일 최종 낙수기에는 논물의 공금수심이 낮아짐에 따라 1.08dS/m, 1.27dS/m, 1.13dS/m까지 전기전도도가 약간 상승하였다. 따라서 간척지 토양에서 벼생육 기간중 시비횟수(분시비율)에 따른 논물의 전기전도도 변화는 거의 같은 경향을 나타냈다.

이러한 결과로 보아 벼생육 기간중 간척지 토양에서 시비방법과 시비량, 시비횟수(분시비율)에 따른 논물의 전기전도도 변화는 큰 차이를 나타내지 않고 거의 비슷한 경향을 보이는 것으로 조사되었다.

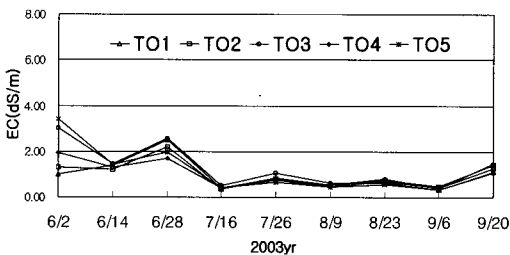


Fig. 5. Changes of irrigation water EC during the rice growing period by fertilization times treatment plots(TO)

4) 시비시기에 따른 논물의 전기전도도 변화

시비시기에 따른 논물의 전기전도도 변화는 시비량·시비방법·시비횟수(분시비율) 처리구 모두에서 시비처리일(분얼비:6/14, 수비:7/26, 결실비:8/23)과 시비후 2주 경과일(6/28, 8/9, 9/6)에 논물의 전기전도도를 분석하였다.

분석결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 시비량 처리구(AO1~AO3)에서는 분얼비 시비일인 6월 14일에 0.77~1.42dS/m이었던 것이 2주가 경과한 6월 28일에는 1.85~2.64dS/m로 약간 상승하였다. 그러나 수비 시비일인 7월 26일에 0.69~0.89dS/m이었던 것이 2주가 경과한 8월 9일에는 0.47~0.50dS/m로 나타났고, 결실비 시비일인 8월 23일에 0.61~0.66dS/m이었던 것이 2주가 경과한 9월 6일에는 0.35~0.41dS/m로 나타나 시비시기에 따른 논물의 전기전도도의 변화는 크지 않은 것으로 조사되었다.

시비방법에 따른 처리구(MO1~MO3)에서는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 분얼비 시비일인 6월 14일에 1.26~1.50dS/m 이었던 것이 2주가 경과한 6월 28일에는 2.18~3.21dS/m로 상승하였다. 그러나 수비 시비일인 7월 26일에 0.75~0.95dS/m이었던 것이 2주가 경과한 8월 9일에는 0.50~0.61dS/m으로 나타났고, 결실비 시비일인 8월 23일에 0.70~0.74dS/m이었던 것이 2주가 경과한 9월 6일에는 0.36~0.40dS/m로 나타나 시비시기에 따른 논물의 전기전도도의 변화와 같은 경향을 나타냈다.

한편, 시비횟수(분시비율)에 따른 처리구(TO1~TO5)에서는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 분얼비 시비일인 6월 14일에 1.22~1.46dS/m 이었던 것이 2주가 경과한 6월 28일에는 시비량과 시비방법 처리구에서와 같이

1.69~2.56dS/m로 약간 상승하였다. 그러나, 수비 시비일인 7월 26일에 0.67~1.05dS/m이었던 것이 2주가 경과한 8월 9일에는 0.45~0.63dS/m로 나타났고, 결실비 시비일인 8월 23일에 0.59~0.82dS/m이었던 것이 2주가 경과한 9월 6일에는 0.32~0.48dS/m로 나타나 시비시기와 시비방법에서와 같은 변화를 보였다.

나. 벼생육 기간중 간척지 토양의 전기전도도 변화

벼생육 기간중 시비처리에 따른 간척지 토양의 전기전도도를 분석하여 새만금 간척지의 친환경적 토지활용에 필요한 기초자료를 제공하기 위해 이앙 2일후부터 2주마다 표토층과 근역이라 할 수 있는 20cm 토층에서 시료를 채취하여 포화추출액에 대한 전기전도도를 분석하였다.

1) 시비량에 따른 간척지토양의 전기전도도 변화

가) 표토층에서의 전기전도도 변화

시비량 처리구별 표토층에서의 전기전도도 변화는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 표준시비량 처리구(AO1), 10% 절감처리구(AO2), 30% 절감 처리구(AO3)의 경우 이앙초기에 1.39~2.96dS/m이었던 것이 이앙후 6주가 경과한 시기에는 0.89~0.96dS/m까지 감소하였다. 그러나, 중간 낙수기인 7월 16일에는 1.01~1.72dS/m까지 약간 상승한 후 다시 낮아지기 시작하여 생육후기인 9월 6일에는 0.81~0.98dS/m로 낮아졌다. 이러한 결과로 볼 때 간척농지에서 논물의 담수심이 유지되었던 시기에는 벼의 생육에 영향을 주지 않는 범위인

3.0dS/m 이하로 낮게 유지됨을 알 수 있었다. 하지만 최종 낙수기인 9월 20일에는 담수심의 저하로 0.92~1.35dS/m로 약간 상승하였고, 최종 낙수후 2주가 경과한 10월 4일에는 모세관 상승작용에 의한 염분상승으로 인해 5.17~5.85dS/m까지 높게 측정되었다. 따라서 간척지 토양에서 벼재배 생육 기간중 담수심의 유지가 토양의 염분상승을 억제하여 재염화를 방지하는 것으로 판단된다.

그러므로, 간척지 토양에서 작물을 재배하는 경우 담수를 하지 않는 비영농기에는 염분이 모세관 작용에 의해 표토층에 집적되므로 다음해 영농시작 전에 지표배수와 수세법에 의한 방법으로 적정횟수의 환수를 해주면 재염효과가 커서 벼이앙이나 직파후에도 염해가 발생하지 않을 것으로 판단되었다.

나) 근역층(20cm)에서의 전기전도도 변화

시비량에 따른 근역층에서의 처리구별 전기전도도 변화는 Fig. 6에 나타난 바와 같이 표준시비처리구, 10% 절감 처리구, 30% 절감 처리구에서 생육초기에 5.58~6.71dS/m이었던 것이 표토층과 같이 낮아지는 경향을 보이면서 생육후기인 9월 6일에는 2.56~3.58dS/m로 낮아졌고, 최종 낙수시기인 9월 20일에는 2.25~2.95dS/m까지 감소하였다. 그러나 수확 직후인 10월 4일에는 최종 낙수로 인한 토양 내의 염분집적으로 인해 4.44~4.94dS/m로 높게 나타났다. 이는 염분농도가 3.0dS/m이상으로서 벼생육기간동안 적정의 담수심이 유지되지 않는다면 표토층과 같이 근역층 역시 재염화 현상으로 전기전도도가 다시 상승 된다는 것을 알 수 있었다.

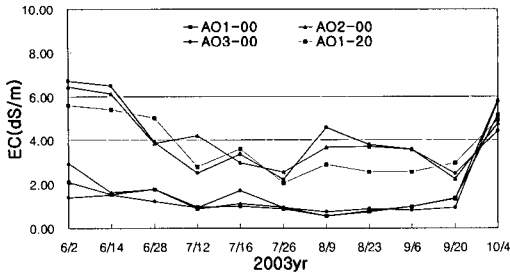


Fig. 6. Changes of soil EC during the rice growing period by fertilization quantity treatment plots (AO-00, AO-20)

2) 시비방법에 따른 간척지토양의 전기 전도도 변화

나) 표토층에서의 전기전도도 변화

시비방법에 따른 처리구별 표토층에서의 전기전도도 변화는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 표층시비처리구(MO1), 심층시비처리구(MO2), 전층시비처리구(MO3) 등 모든 처리구에서 생육초기에 3.42~4.62dS/m이었던 것이 중간 낙수를 실시하기 바로 직전인 7월 12일에는 0.72~0.88dS/m까지 점차 감소하였다. 그러나 중간 낙수 마지막날인 7월 16일에는 1.04~1.46dS/m로 약간 상승하였다가 재관개후부터 다시 낮아져 생육후기인 9월 6일에는 0.64~0.93dS/m, 최종 낙수기인 9월 20일에는 0.82~1.02dS/m로 낮아졌다. 한편, 최종 낙수 2주후인 10월 4일에는 시비량처리구와 마찬가지로 5.47~5.91dS/m까지 크게 상승하였다.

다) 근역층에서의 전기전도도 변화

시비방법에 따른 근역층에서의 처리구별 전기전도도 변화는 Fig. 7에 나타난 바와 같이 이앙 직후인 6월초에는 5.02~5.98dS/m로

상당히 높은 값을 나타냈으나, 7월 16일 중간 낙수기에는 3.02~3.57dS/m, 생육후기인 9월 6일에는 심층시비구인 MO2에서만 1.81dS/m로 낮아지고, 표층시비구인 MO1과 전층시비구인 MO3에서는 2.62dS/m와 3.93dS/m로 MO2처리구보다 높게 나타났다. 한편, 최종 낙수기인 9월 20일에는 2.37~2.62dS/m의 범위로 조사되었고, 최종 낙수 2주후인 10월 4일에는 염분의 재염화현상으로 5.22~5.61dS/m까지 상승하였다.

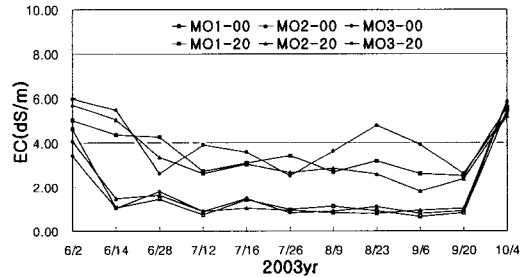


Fig. 7. Changes of soil EC during the rice growing period by fertilization method treatment plots(MO-00, MO-20)

3) 시비횟수(분시비율)에 따른 간척지 토양의 전기전도도 변화

가) 표토층에서의 전기전도도 변화

시비횟수(분시비율)에 따른 간척지 토양의 처리구별 표토층에서의 전기전도도 분석결과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 6월초 이앙직후에 TO1~TO5 처리구에서 2.52~3.45dS/m 범위였던 것이, 7월 16일 중간 낙수기에 1.05~1.65dS/m까지 낮아지다가 9월초 생육후기에 0.86~1.05dS/m, 최종 낙수기인 9월 20일에는 0.78~1.69dS/m로 나타났다. 그러나 최종 낙수 2주후인 10월 4일에는 4.95~6.50dS/m

으로 염분농도가 다시 높아졌다. 이러한 결과로 볼 때 간척지토양에서 시비횟수(분시비율)에 따른 벼생육 기간중 전기전도도는 앞에서 조사한 시비량 및 시비방법 처리구에서와 같이 표토층의 경우 관개와 배수의 반복에 따라 생육후기로 갈수록 전기전도도가 상당히 낮아지다가 최종 낙수후 심토층에서 염분의 상승으로 크게 높아지는 것을 알 수 있었다.

나) 근역층에서의 전기전도도 변화

시비횟수(분시비율)에 따른 근역층에서의 처리구별 전기전도도의 변화는 Fig. 8에 나타난 바와 같이 TO1~TO5 처리구에서 이양직후에 4.40~6.90dS/m 이었던 것이, 중간 낙수기인 7월 16일에는 2.52~3.80dS/m, 생육 후기인 9월 6일에는 2.57~3.92dS/m로 각각 나타났다. 한편, 최종 낙수기인 9월 20일에는 2.27~2.85dS/m로 약간 낮아지는 경향을 보이다가 최종 낙수 2주후인 10월 4일에는 4.41~6.58dS/m로 다시 염분농도가 크게 증가하였다. 이와 같이 시비횟수(분시비율)에 따른 근역층에서의 전기전도도 변화도 이양후부터 생육후기로 갈수록 표토층에서 나타난 바와 같이 낮아지는 경향을 나타냈으나, 그 감소율은 표토층의 경우보다는 크지 않은 것으로 판단된다.

본 시험 결과만을 토대로 판단해 보면 간척지토양에서 벼생육 기간중 시비처리에 따라 전기전도도는 표토층의 경우 영농 기간중 관개와 배수의 반복에 따라 생육후기로 갈수록 전기전도도가 상당히 낮아지는 경향을 보였다. 하지만 최종 낙수후에는 모세관 현상에 의해 심토층으로부터 염분이 상승되어 전기전도도가 급격히

높아지는 것으로 나타났다. 근역층에서도 이양 후 생육후기로 갈수록 전기전도도가 낮아지는 경향을 나타냈으나 표토층의 경우보다는 낮아지는 감소율이 크지 않은 것으로 나타났고, 최종 낙수후에는 표토층에서와 같이 염분이 상당히 상승하는 것으로 나타났다.

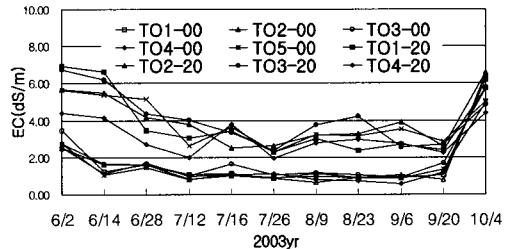


Table 8. Changes of soil EC during the rice growing period by fertilization times treatment plots(TO-00, TO-20)

한편, 간척지 토양에서 벼생육 기간중 전기전도도는 각 처리별로 그 변화의 정도가 큰 차이를 나타내지 않아 시비량, 시비방법, 시비횟수(분시비율) 보다는 논물의 증감에 따른 영향이 더 큰 것으로 조사되었다.

IV. 요약 및 결론

간척농지를 고도로 이용하기 위한 방법의 일환으로 현재 시행중인 새만금 간척지 토양에서 벼생육 기간중 비료의 시비방법, 시비량, 시비횟수(분시비율)에 따른 전기전도도를 분석하기 위하여 2003년 5월부터 2003년 10월까지 벼생육 기간중 간척지 토양의 표토층과 근역층 및 논물을 대상으로 전기전도도에 대한 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시토양은 U. S. Salinity Laboratory의

염해토양분류법상 염류알칼리토양(Saline-sodic soil)에 속하였고, 토성은 사질양토(SL)로 조사되었다.

2. 시비량에 따른 처리구(AO1~AO3)에서 전기전도도의 변화는 각각 논물, 표토층, 근역층에서 이양시 1.05~1.79dS/m, 1.39~2.96dS/m, 5.58~6.71dS/m 이었다가, 생육 후기(9월 6일)에는 0.35~0.41dS/m, 0.81~0.98dS/m, 2.56~3.58dS/m까지 저하되었다. 그러나 논물의 경우에는 공급수량의 저하로 최종 낙수기(9월 20일)에 1.31~1.71dS/m로 약간 상승하였고, 표토층 및 근역층에서는 최종 낙수후 2주가 경과한 10월 4일에 토층내의 염분상승으로 인하여 5.17~5.85dS/m, 4.44~4.94dS/m까지 상승되었다.

3. 시비방법에 따른 처리구(MO1~MO3)에서 전기전도도의 변화는 이양시에 논물, 표토층, 근역층에서 각각 4.46~5.70dS/m, 3.42~4.62dS/m, 5.02~5.98dS/m 이었다가, 생육 후기에는 0.36~0.40dS/m, 0.64~0.93dS/m, 1.81~3.93dS/m까지 저하되었다. 그러나 공급수량의 저하와 최종낙수로 인한 토층내의 염분상승으로 인하여 논물(9월 20일), 표토층 및 근역층(10월 4일)에서 1.12~1.18dS/m, 5.47~5.91dS/m, 5.22~5.61dS/m로 각각 상승하였다.

4. 시비횟수에 따른 처리구(TO1~TO5)에서 전기전도도의 변화는 각각 논물, 표토층, 근역층에서 이양시 1.01~3.42dS/m, 2.52~3.45dS/m, 4.40~6.90dS/m 이었다가, 생육 후기에는 0.32~0.48dS/m, 0.58~1.05dS/m, 2.57~3.92dS/m까지 저하되었다. 그러나 공급수량의 저하와 최종 낙수로 인한 토층내의 염분

상승으로 인하여 논물(9월 20일), 표토층 및 근역층(10월 4일)에서 1.08~1.47dS/m, 4.95~6.50dS/m, 4.41~6.58dS/m로 상승하였다.

5. 시비시기에 따른 논물의 전기전도도 변화를 시비량·시비방법·시비횟수(분시비율) 처리구 모두에서 시비처리일(분얼비: 6/14, 수비:7/26, 결실비:8/23)과 시비후 2주 경과일(6/28, 8/9, 9/6)에 따라 분석한 결과 분얼비 시비후에는 약간 상승하였다가 수비 시비 이후에는 각 처리 방법별로 같은 경향을 나타냈다.

6. 간척지토양에서 벼생육 기간중 시비처리별 표토층과 근역층 및 논물에 대한 전기전도도의 변화는 각 처리간에 변화의 정도가 큰 차이를 나타내지 않아 시비량, 시비방법, 시비횟수(분시비율) 보다는 논물의 증감에 따른 영향이 더 큰 것으로 조사되었다.

참고문헌

1. 구자용, 최진규, 손재권, 2001, 간척지 토양의 제염 과정중 전기전도도 분석, 한국농공학회지, 43(4), pp.37-49.
2. 구자용, 손재권, 최진규, 이강수, 2003, 새만금 간척농지의 고도이용과 환경농업추진방안 2차년도 보고서, 농어촌연구원, pp.59-227.
3. 권순국 외, 2003, 신세 간척공학, 향문사, pp.299-326.
4. 김태철, Hanks, R. J., Willardson, L.s, 1987, 염분 관개용수가 토양의 성질과 작물생산량에 미치는 영향, 한국농공학회지, 29(4), pp.106-116.
5. 농림부, 2004, 농업생산기반정비사업통계연보.
6. 류순호, 이상모, 1988, 간척지 제염과정에서 일어나는 토양의 수리전도도와 유출액의 화학적 특성변화에 관한 실험적 연구, 한국토양비료학회지, 21(1), pp.3-10.

7. 손재권, 구자웅, 최진규, 2000, 간척초기답의 벼생육기간중 염분농도 분석, 한국농촌계획학회지 6(2), pp.3-11.
8. 손재권, 구자웅, 최진규, 2002, 개발초기 간척답의 관개용수량 산정에 관한 연구, 한국농촌계획학회지, 8(1), pp.26-40.
9. 손재권, 구자웅, 최진규, 송재도, 2000, 간척초기답의 제염용수량 결정을 위한 기초연구, 한국농공학회지, 42(2), pp.55-62.
10. 임형빈, 심재욱, 황중서, 1971, 간척지에서 수도 및 기타작물의 내염성에 관한 연구, 한국비료학회지, 4(1) pp.79-85.
11. 한국농공학회, 2003, 농공기술용어사전, pp.327.
12. Bresler, E., G. Dagan, R. J. Wagenet, and A. Laufer, 1984, Statistical analysis of salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity, Soil Sci. Soc. Am. J. 48, pp.16-25.
13. Stuart. G. P., Takashi Asano, 1985, Irrigation with reclaimed municipal wastewater, pp.7-6~7-17.
14. USDA Salinity Laboratory Staff, 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60, p.160.
15. 長堀金造, 天谷孝夫, 高橋強, 1982, 干拓へドロの基礎的諸特性と除鹽機構について-笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に關する證的研究(I)-農土論集(日本), 101, pp.15-25.

**본 연구는 농업기반공사 농어촌연구원
새만금친환경조사연구사업비 지원에 의하여
수행되었음**