

전략체계	혁신 - 1 - 2		수행시기	전반기 (신규)	
기술분야코드	V2	기술유형코드	C05	작목구분코드	VC-06-1401
과제종류	기관고유		과제번호	LP005066	
과제명	공간정보와 AI를 이용한 강원형 농업 디지털 플랫폼 구축				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	홍성유		농업연구사	강원도원 연구협력과	
연구기간	2023~계속		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC 분포도 작성 연구			연구협력과	홍성유	2023년
키워드	ground conductivity meter, EC, EM38-MK2				

ABSTRACT

This research was conducted to establish a database of soil EC, based on field smart and variable fertilization by mapping of salinity distribution using equipment of EM38-MK2(Geonics) Ground Conductivity Meter. In this study Ground conductivity(ECa) was measured using EM38-MK2 at 5 locations in Gangwon before crop planting, and collected soil samples were analyzed using Conductivity meter(1:5). The range of distribution of measured data at 1, 2, 3, 4, 5 point was each 0.03~0.15, 0.88~0.96, 0.08~0.40, 0.10~1.70, 1.10~1.50. At 1 point 501 ground electrical conductivity(ECa) values were observed, The minimum value was 0 and the maximum value was 1.13. And as a result of histogram analysis, 75.4% of the total measured values were distributed in the range of 0.03~0.06dS/m and 96.0% were in the range of 0.03~0.15dS/m. At point 2, 96.3% of the measured values were distributed in the range of 0.90 to 0.94 dS/m, and at point 3, a total of 3,935 ECa values were observed, with the minimum value being 0 and the maximum value being 0.80 dS/m, with 87.7% of the measured values distributed in the range of 0.08 to 0.16 dS/m. At 4 point 4,929 ECa values were observed and the minimum value was 0 and the maximum value was 7.69 dS/m. 66.9% of the total measured data was distributed to class 0.10, and 21.2% was distributed to class 0.50, and 88.1% of the measured values were found to be in the range of 0.10 to 0.50 dS/m. At point 5 5,098 ECa value were observed, and 95.4% of measured values were distributed in the range of 1.1~1.5 dS/m. As a result measured values tended to rise significantly near the power pole, pipe, etc metal objects at edge of the measurement point but the results showed very small variation within the same point except the erroneous reading by metal objects. The difference in measured ECa depending on location within the same cultivated area was not significant.

1

연구목표

토양은 공간적 변이가 다양하며 작물 생육 및 생산량은 토양EC의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 현재 주로 사용하고 있는 토양 염도 조사 방법은 토양 시료를 채취하여 분석하거나 현장에서 EC-meter로 직접 염 농도를 측정하는 것으로 토양시료 채취법은 시료 채취 및 분석에 많은 노력과 시간이 소요된다(Jung et al., 2003). 또한 공간적으로 염의 분포를 파악하는데 어려운 한계점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 토양의 특성을 알아낼 수 있는 지구물리학적 기법을 이용한 최신 기술(Lucius, 1990; McKenzie et al.)로 알려진 전자장 유도법(Electromagnetic inductance, EMI)을 적용한 EM38-MK2 Ground Conductivity Meter(Geonics社)를 활용하여 토양EC 등의 DB를 구축하고자 한다. EM38은 10-20 MHz의 단일 주파수에 의해 형성된 자장의 유도 전류를 감지하여 토층에서의 전도도 또는 자장감응도를 측정하는 것으로 지면위에서 비파괴적으로 측정하므로 매우 신속하며 GPS에 의한 측정지점 위치 자료와 함께 조사하여 GIS를 응용하면 한 지역에서의 염의 분포와 변이를 정확히 파악해 낼 수 있는 장점이 있다. 이에 본 과제에서는 EM38-MK2 Ground Conductivity Meter를 이용하여 지면 전기전도도를 측정하고 EC 분포도를 작성하여 노지 스마트팜의 기반 및 변량시비의 기초자료를 마련하고자 실시하였다.

2

재료 및 방법

〈제1세부과제 : 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC분포도 작성 연구〉

(시험 1) 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC분포도 작성 연구

본 연구는 Ground Conductivity Meter(EM38-MK2, Geonics, Canada)를 이용하여 도내 5 지점(표 2)의 지면 전기전도도를 작물 정식 전 측정하였으며 동일 지점의 토양 시료를 채취하여 포화침출액 전기전도도를 분석하였다. 정확한 측정을 위해 장비의 전원을 켜고 전자 장비 등과 거리를 둔 상태에서 지면으로부터 1.5m 이격시켜 수직 시 측정값이 수평 시의 2배가 되도록 조정하며 calibration을 실시하였다. 측정은 전자기장의 간섭을 최소화하기 위해 금속 물체의 근접을 피한 상태로 토양 표면에서 15~20cm 이격하여 실시하였다. 수평모드(EMh)와 수직모드(EMv) 값의 지면전기전도도를 측정하였으며(그림 1) 측정값은 연결된 데이터 로거(Allegro CX)에 저장하였다. 측정값과 위치정보, 위성사진을 활용하여 측정지점의 EC분포도를 작성하였다. 토양 용액의 전기 전도도를 측정하기 위해 토양 깊이 0~10cm에서 시료를 채취하였으며 건조 후 토양과 증류수를 1:5로 하여 1시간 방치 후 Conductivity meter로 전기전도도 값을 dS/m 단위로 측정하였다.

표 1. EM38-MK2의 모드별 측정 깊이 및 기술 사양

측정 범위 (mS/m)	구분	Vertical		Horizontal	
		1m	0.5m	1m	0.5m
0~1,000	측정 깊이(균질 토양)	1.5m	0.75m	0.75m	0.375 m

3 결과 및 고찰

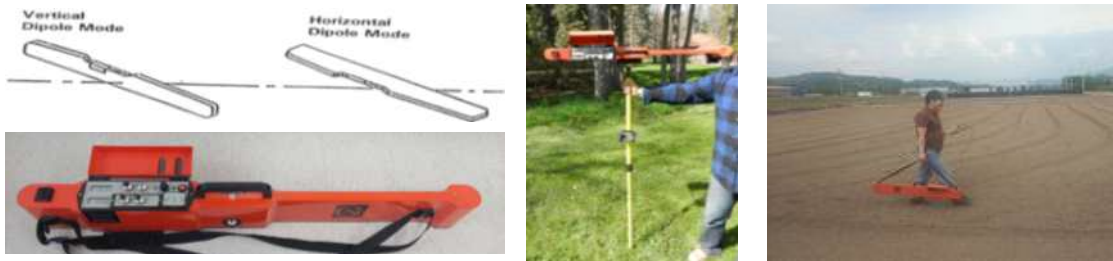
<제1세부과제 : 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC분포도 작성 연구>

(시험 1) 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC분포도 작성 연구

EC 분포도 작성을 위해 도내 철원, 춘천, 영월, 태백, 강릉 5지역 5지점을 대상으로 2023년 5월 20일부터 2023년 6월 15일까지 작물 정식 전 EM38-MK2를 이용하여 지면전도도를 측정하였다. 1지점의 측정 면적은 1,420㎡였으며 501개의 지면전기전도도(ECa) 값이 관측되었고 최소값은 0, 최대값은 1.13dS/m 였다. 측정값의 히스토그램분석 결과 계급 0.03의 빈도수가 238로 가장 높게 나타났으며 계급 0.06은 140으로 나타났다. 또한 측정값의 75.4%는 0.03~0.06dS/m 범위, 96.0%는 0.03~0.15dS/m 범위에 분포하였다. 1지점의 포화침출액 EC는 0.24dS/m로 분석되었다. 2지점을 살펴보면 조사 면적은 3,300㎡로 전체 6,550개의 측정값이 관측되었으며 최소값은 0, 최대값은 1.77dS/m였다. 계급 0.90에 전체 데이터의 44.2%가 분포하고 있었으며 계급 0.92에 46.8%가 분포하는 것으로 나타났다. 또한 0.90~0.94dS/m 범위에 측정값의 96.3%가 분포하여 측정값들 간의 변이값이 매우 작은 것으로 조사되었다. 토양용액의 전기전도도는 0.14dS/m로 분석되었다(표 3).

표 2. 측정 지점의 위치·면적 및 조사일

지점	주소	위치 정보	면적(㎡)	조사일
1	철원군 김화읍 청양리 356	북위 38.249998 동경 127.393563	1,420	5. 20.
2	춘천시 신북읍 산천리 1251	북위 37.958018 동경 127.744896	3,300	5. 25.
3	영월군 김삿갓면 예밀리 741	북위 37.134986 동경 128.577474	3,613	6. 8.
4	태백시 창죽동 9-83, 9-84, 9-85	북위 37.223902 동경 128.964223	11,715	6. 8.
5	강릉시 왕산면 대기리 828, 829, 830	북위 128.7765 동경 37.58058	10,494	6. 15.



【수평, 수직 모드】

【Calibration】

【수평모드 측정】

그림 1. EM38-MK2의 Calibration 및 측정

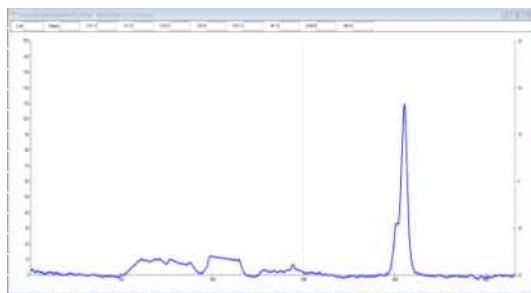
표 3. 지점 1, 2의 0.5M 모드 측정값 및 포화침출액 EC

지점	관측수	측정값(dS/m)		히스토그램 분석			포화침출액 EC(dS/m)
		최소값	최대값	계급	빈도수	비율(%)	
1	501	0	1.13	0.03	238	47.5	0.24
				0.06	140	27.9	
				0.09	30	6.0	
				0.12	45	9.0	
				0.15	28	5.6	
				기타	20	4.0	
				0.88	102	1.5	
2	6,550	0	1.77	0.90	2,894	44.2	0.14
				0.92	3,064	46.8	
				0.94	345	5.3	
				0.96	45	0.7	
				기타	100	1.5	

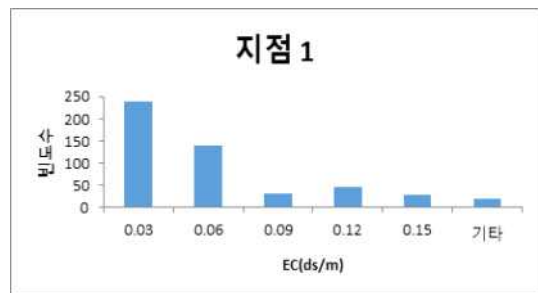
3지점의 결과를 살펴보면 전체 3,935개의 지면 전기전도도 값이 관측되었으며 최소값은 0, 최대값은 0.80dS/m로 최대값과 최소값의 차이가 0.80으로 나타나 전 지점 중 측정값의 분포 범위가 가장 좁은 것으로 조사되었다. 전체 관측수의 48.5%가 계급 0.08에 분포하였고 계급 0.16에 39.2%가 분포하였다. 또한 0.08~0.16dS/m 범위에 측정값의 87.7%가 분포하였으며 포화침출액 EC의 분석값은 0.53dS/m였다. 4지점의 전체 관측수는 4,929개 였으며 최소값은 0, 최대값은 7.69dS/m로 나타났다. 최대값과 최소값의 차는 7.69로 1, 2, 3지점에 비해 크게 나타났으나 계급 0.10에 전체 측정데이터의 66.9%, 계급 0.50에 21.2%가 분포하여 측정값의 88.1%가 0.10~0.50dS/m 범위인 것으로 나타났다. 4지점의 포화침출액 EC는 3.55dS/m로 분석되었다. 5지점을 살펴보면 관측수는 5,098이었으며 최소값은 0, 최대값은 7.93dS/m로 두 값의 차이가 7.93이었으며 전 측정 지점 중 가장 큰 것으로 나타났다. 히스토그램 분석 결과를 살펴 보면 계급 1.20에서 3,683의 빈도수를 보여 측정데이터의 72.2%가 분포하여 매우 높게 나타났다. 계급 1.30은 빈도수 1,082로 21.2%의 비율이었다. 1.10~1.30dS/m 범위에 측정값의 93.4%가 분포하는 것으로 조사되었으며 1.1~1.5dS/m 범위에 측정값의 95.4%가 분포하였다. 포화침출액 EC는 1.60dS/m로 나타났다.(표 4) 측정 결과 최소값과 최대값의 차이는 3지점이 0.80으로 가장 작았고 5지점이 7.93으로 가장 크게 나타났다. 그러나 측정 시 관찰 결과 큰 변이값이 관측된 위치는 측정 지점의 가장자리 부근이었으며 안쪽의 측정값은 특정 계급에서 매우 높은 빈도수와 분포도를 보였고 관측 데이터 간 변이도 작았다. 지점1, 2, 3, 4 5의 데이터 분포 계급은 각 0.03~0.15, 0.88~0.96, 0.08~0.40, 0.10~1.70, 1.10~1.50으로 분석되었다. 또한 계급값 간의 차이도 매우 작게 나타나 측정지점 내 지면 전기전도도가 균일한 것으로 나타났다 (표 3, 표 4).

표 4. 지점 3, 4, 5의 0.5M 모드 측정값 및 포화침출액 EC

지점	관측수	측정값(dS/m)		히스토그램 분석			포화침출액 EC(dS/m)
		최소값	최대값	계급	빈도수	비율(%)	
3	3,935	0	0.80	0.08	1,908	48.5	0.53
				0.16	1,542	39.2	
				0.24	112	2.9	
				0.32	135	3.4	
				0.40	111	2.8	
				기타	127	3.2	
4	4,929	0	7.69	0.10	3,296	66.9	3.55
				0.50	1,048	21.2	
				0.90	175	3.5	
				1.30	142	2.9	
				1.70	101	2.1	
				기타	167	3.4	
5	5,098	0	7.93	1.10	27	0.6	1.60
				1.20	3,683	72.2	
				1.30	1,082	21.2	
				1.40	42	0.8	
				1.50	28	0.6	
				기타	236	4.6	

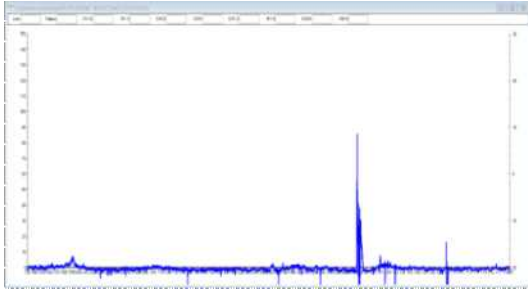


【지점 1의 0.5H 모드】

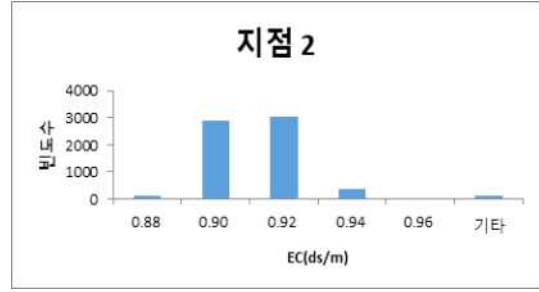


【지점 1 측정값의 분포】

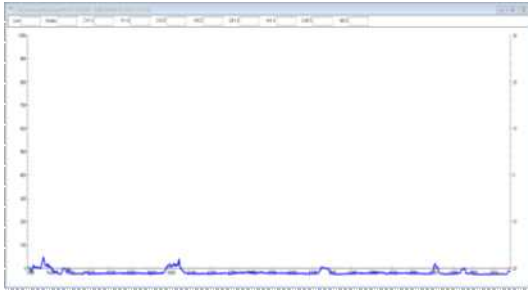
그림 2. 지점 1의 0.5M 모드 측정값 및 분포도



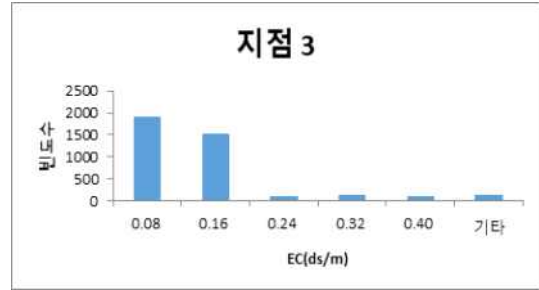
【지점 2의 0.5V 모드】



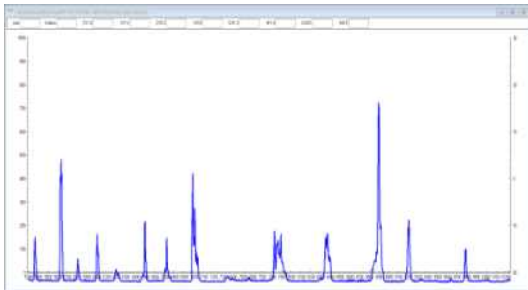
【지점 2 측정값의 분포】



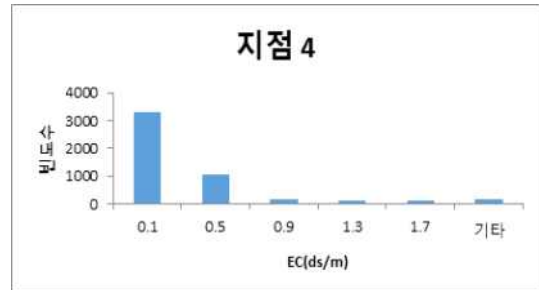
【지점 3의 0.5H 모드】



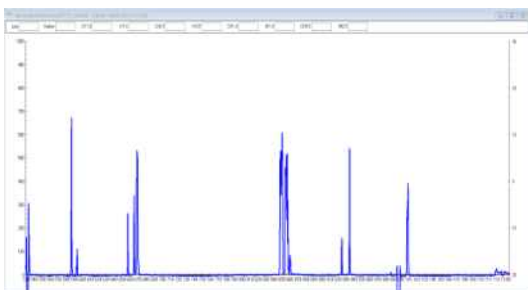
【지점 3 측정값의 분포】



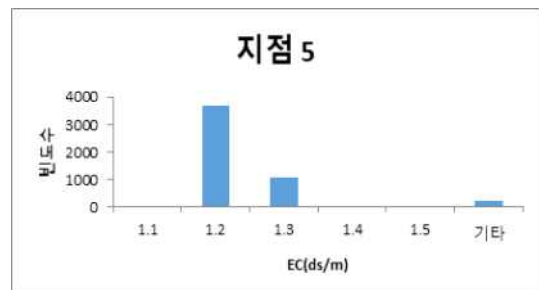
【지점 4의 0.5H 모드】



【지점 4 측정값의 분포】



【지점 5의 0.5V 모드】

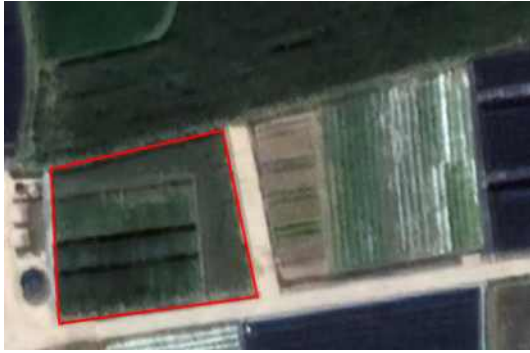


【지점 5 측정값의 분포】

그림 3. 지점 2, 3, 4의 0.5M 모드 측정값 및 분포도

각 지점별로 보면 1지점 0.03~0.06dS/m, 2지점 0.90~0.92dS/m, 3지점 0.80~0.16dS/m, 4지점 0.10~0.50dS/m, 5지점 1.2~1.3dS/m에서 가장 높은 빈도수를 나타냈다. 측정값을 살펴 보면 측정 시마다 Calibration을 실시 후 0점 조정을 잡고 장비를 조작하였으나 음의 값이 관찰 되어 장비의 사용에는 숙련된 기술이 필요한 것으로 보인다. 또한 측정 지점의 가장자리 쪽의 전봇대 부근, 금속 물체 등이 있는 주변에서는 측정값이 크게 상승하는 경향을 나타냈다. 이는 본 실험에 사용된 장비(EM38-MK2)가 자장의 유도 전류를 감지하여 측정하는 장비로 금속 물체 등의 간섭을 쉽게 받는 특징 때문인 것으로 보인다. 본 장비는 지면전도도(Ground conductivity)의 작은 변화에도 민감하게 반응하는 감지기이며 지표면이나 땅속 또는 작업자의 몸에 있는 금속 물질에 즉각 반응한다는 장비의 매뉴얼에 명시되어 있는 내용과 일치하는 결과이다. 또한 파이프, 울타리 등과 같은 전도성 물체는 기기의 판독값에 영향을 미치며 방해가 있을 시 물체에서 더 멀리 떨어져 측정하도록 기술되어 있으나(EM38-MK2 GROUND CONDUCTIVITY METER OPERATING MANUAL, GEONICS LIMITED, 2016, P10~11) 외국에 비해 경지면적이 작고 집약된 경작지의 형태인 국내 농업 여건에서는 적용에 무리가 있을 것으로 생각된다. 또한 염류 집적이 문제되는 시설 재배지에 적용 할 경우에도 측정 시 파이프 등 금속 구조물 등의 상당한 간섭으로 있을 것으로 보인다. 이는 EM38 장비의 국내 사용 사례가 간척지 등에 한정되어 있는 이유인 것으로 생각된다.

본 과제는 EM38-MK2 장비를 활용하여 측정 지점 내 염의 분포를 관찰함으로써 변량 시비 기준을 마련하고자 실시하였으나 금속 구조물 등의 간섭이 있는 측정 지점의 가장자리 부분을 제외하고는 전체 포장 내 측정값 간의 변이가 매우 작게 나타나는 결과를 보였다. 동일 경작지 내에서 위치에 따른 토양 EC의 차이값은 크지 않았으며 소규모 면적을 경작하는 국내농업 특성 상 집약적 관리가 잘 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 이에 본 연구 결과는 DB 구축, 지면전기 전도도 분포도 작성 등 기초자료로 활용하고 1년차 과제로 조기 종료하고자 한다.



【지점 1의 위성 모습】



【지점 1의 EC 분포도】



【지점 2의 위성 모습】



【지점 2의 EC 분포도】



【지점 3의 위성 모습】



【지점 3의 EC 분포도】

그림 4. 지점 1, 2, 3의 EC 분포도



【지점 4의 위성 모습】



【지점 4의 EC 분포도】



【지점 5의 위성 모습】



【지점 5의 EC 분포도】

그림 5. 지점 4, 5의 EC 분포도

4 적 요

<제1세부과제 : 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC분포도 작성 연구>

(시험 1) 지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC분포도 작성 연구

- 가. 지점1, 2, 3, 4 5의 데이터 분포 계급은 각 0.03~0.15, 0.88~0.96, 0.08~0.40, 0.10~1.70, 1.10~1.50이었음
- 나. 1지점 측정 결과 501개의 지면전기전도도(ECa) 값이 관측되었고 최소값은 0, 최대값은 1.13이었으며 히스토그램 분석 결과 전체 측정값의 75.4%는 0.03~0.06dS/m 범위, 96.0%는 0.03~0.15dS/m 범위에 분포하였음
- 다. 2지점은 전체 6,550개의 측정값이 관측되었으며 최소값은 0, 최대값은 1.77dS/m 었음. 계급 0.90에 전체 데이터의 44.2%가 분포, 계급 0.92에 46.8%가 분포하였음

- 라. 2지점은 0.90~0.94dS/m 범위에 측정값의 96.3%가 분포하여 측정값들 간의 변이값이 매우 작은 것으로 조사되었음
- 마. 3지점은 전체 3,935개의 지면 전기전도도 값이 관측되었으며 최소값은 0, 최대값은 0.80dS/m이었으며 0.08~0.16dS/m 범위에 측정값의 87.7%가 분포하였음
- 바. 4지점의 전체 관측수는 4,929개 였으며 최소값은 0, 최대값은 7.69dS/m이었음. 계급 0.10에 전체 측정데이터의 66.9%, 계급 0.50에 21.2%가 분포하여 측정값의 88.1%가 0.10~0.50dS/m 범위인 것으로 나타났음
- 사. 5지점의 관측수는 5,098이었으며 히스토그램 분석 결과 계급 1.20에 측정데이터의 72.2%가 분포하여 매우 높게 나타났으며 계급 1.30은 21.2%를 차지하였음. 1.1~1.5dS/m 범위에 측정값의 95.4%가 분포하였음
- 아. 측정 지점의 가장자리 쪽의 전봇대 부근, 금속 물체 등이 있는 주변에서는 측정값이 크게 상승하는 경향을 보였음
- 자. 측정 지점 내 염의 분포를 관찰함으로써 변량 시비 기준을 마련하고자 실시하였으나 금속 구조물 등의 간섭이 있는 측정 지점의 가장자리 부분을 제외하고는 전체 포장 내 측정값 간의 변이가 매우 작게 나타났음

5 인용문헌

정영상, 이원호, 주진호, 유일호, 신완식, 안열, 류순호. 2003. 전자장 유도 장치를 이용한 간척지 토양의 염농도 측정, 한국토양비료학회지, 36(2), 57-65

이장희. 2013. 전기전도도 센서를 이용한 간척지 토양염농도 측정, 경북대학교

이경도. 전자장 유도기법에 의한 간척지 논 토양의 염류분포 공간 분석, 2006. 농촌진흥청

Lucius, J.E., G. R. Olhoeft, and S. K. Duke. 1990. Third Int. Conf. on Ground Penetrating Radar. Lakewood, CO. 14-18 May, US Geology Surv. Denver, Co.

K. Heil, U Schmidhalter. 2015. Comparison of the EM38 and EM38-MK2 electromagnetic induction-based sensors for spatial soil analysis at field scale, Computers and Electronics in Agriculture 110, 267-280

EM38-MK2 GROUND CONDUCTIVITY METER OPERATING MANUAL, GEONICS LIMITED, 2016

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2023(1년)	DB 구축	지면 전도도측정기를 이용한 토양 EC 측정 및 분포도 작성

성과지표		1년차 (2023)		2년차 (2024)		3년차 (2025)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제	-		-		-			
	국내	-		1		1		2	
영농 활용	기술	-		-		-			
	정보	-		1		1		2	
컨설팅		-		-		10		10	
DB 구축		5		10		10		25	
홍보		-		1		1		2	
계		5		13		23		41	

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
					'23
과제책임자	연구협력과	농업연구사	홍성유	과제 총괄	○
세부책임자	연구협력과	농업연구사	홍성유	세부주관 수행	○
공동연구자	연구협력과	농업연구사	최병곤	시험수행 및 평가	○
	연구협력과	농업연구관	함진관	평가분석 지원	○
	연구협력과	농업연구사	맹진희	평가분석 지원	○
	연구협력과	공무직	김희진	현장조사 지원	○
	연구협력과	공무직	손연희	현장조사 지원	○
	연구협력과	공무직	박은정	현장조사 지원	○
	연구협력과	공무직	박영숙	현장조사 지원	○