

논 포장의 전기전도도 실시간 계측을 위한 기초적 연구 (1)

The Basic Study for Real-Time Measurement of Soil Electrical Conductivity in Paddy Field (part 1)

박우풍*	이충근*	김상철*	성제훈*	정인규*	황성준
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	
W. P. Park	C. K. Lee	S. C. Kim	J. H. Sung	I. G. Jung	S. J. Hwang

1. 서론

재배포장의 정밀한 관리를 위해서는 토양의 이화학성과 생물학적인 특성들을 신속·정확하게 수집 분석할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 지금까지의 토양분석은 포장내에서 인력으로 직접 토양시료를 채취하여 풍건 후 실험실에서 분석하고 있다. 그 때문에 많은 시간과 노동력이 소요되어 작업시기에 맞추어 기비·추비 등을 살포함에 있어서 토양정보를 실질적으로 반영하는데 어려움이 있었다. 그러나, IT(정보기술)산업과 농업기계기술을 융합하여 이러한 문제점을 해결하려는 다양한 시도들이 행해지고 있다. 시부사와는 근적외선을 이용한 토양의 수분, 유기물 함량, 질산태 질소, pH 등을 계측할 수 있는 토양센서를 연구개발 중에 있다¹⁾. 조 등도 근적외선 반사도를 이용한 토양 유기물 함량 측정을 위한 연구를 진행하고 있다²⁾.

본 연구에서는 포장에서 신속·정확한 전기전도도 측정과 지도화를 위해서 현재 시판되고 있는 전기전도도 센서를 도입하여 GPS와 연계하여 논 포장의 토양특성을 파악하기 위한 방법의 하나로 전기전도도 측정 가능성을 구명하는 것을 목적으로 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 측정원리

전기전도도 센서는 그림 1에서 보는 바와 같이 4개의 콜터전극으로 구성되어 있으며, 콜터전극 중 1개를 통해서 약 50Hz의 전자파를 연속적으로 토양에 발사를 하여 나머지 3개의 콜터전극을 통해서 토양으로부터 전자파의 감쇠정도를 측정하는 원리이다. 그림 2는 실질적으로 실내에서 실시한 시험결과를 나타내고 있다. 4번 콜터전극에서 발생된 전자파를 3번 콜터전극이 기준콜터로서 전자파의 방향을 1번과 2번 콜터전극으로 유도하여 1번과 2번 콜터전극이 전자파의 감쇠정도를 측정할 수 있게 하였다. 이러한 원리를 이용하여 전자파의 감쇠정도와 실질적인 토양전기전도도와의 관계를 구함으로서 포장내의 전기전도도를 실시간으로 측정할 수 있는 것이다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 정밀농업기계연구팀

나. 전기전도도 센서의 구조 및 제원

전기전도도 측정센서는 트랙터나 다기능차량 등에 부착 가능하도록 Wheel-Base로 디자인 되었고, 4개의 쿨터전극, 보조차륜 2개, 용접된 판 강철구조, 완충장치 그리고 데이터 기록장치로 구성되어 있다.

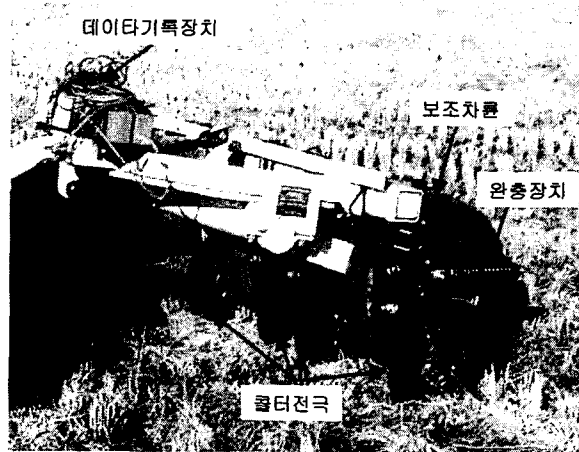


Fig. 1 Soil EC mapping system (Veris 2000 XA).

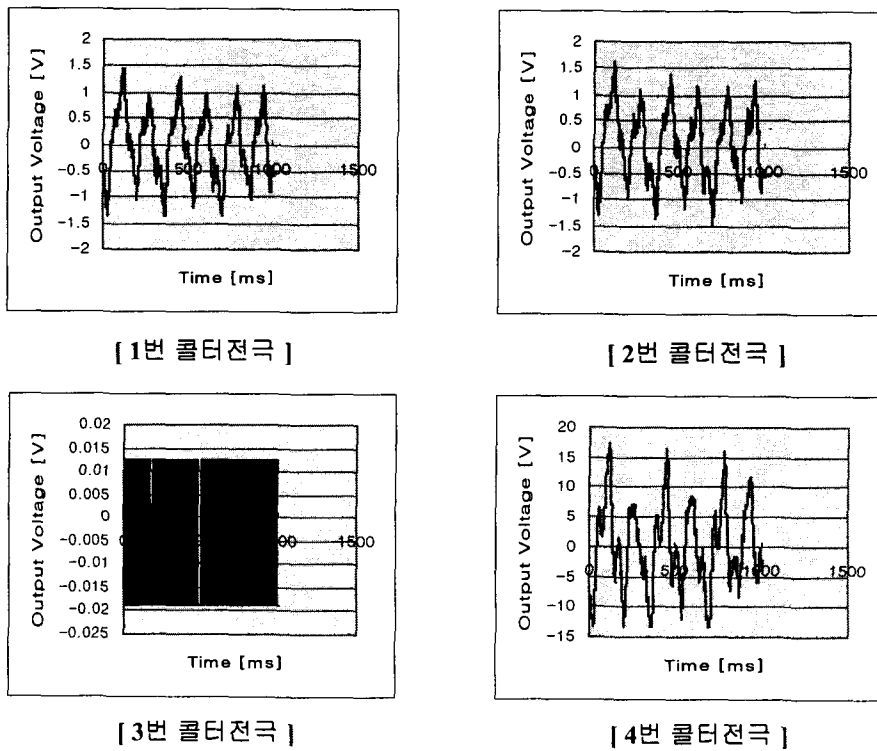


Fig. 2 Output frequency type from each coulter-electrodes.

장치의 폭은 147cm, 길이 223cm, 높이 89cm, 무게는 337kg, 최소소요동력은 8.95~14.9kw이며, 측정시 주행속도는 최대 6.94m/s까지 가능하다. 콜터전극의 디스크 직경은 43cm, 두께는 4mm이며 소요전원은 직류 10~15volt이며, -4~50℃사이에서 측정이 가능하다. 측정폭은 76~128cm로서 작물이 심겨진 상태에 맞게 폭을 조정할 수 있도록 4지점에 U자형 히치로 콜터전극이 고정되어 있다. 측정된 데이터의 이동을 용이하게 하기 위해 플로피 디스크 드라이브가 설치되어져 있고, 데이터는 26시간 정도 기록 가능할 수 있는 플래쉬 메모리가 내장되어 있다. 또한, DGPS와 신호를 주고 받을 수 있는 RS 232C 포트가 설치되어 있으며, ASCII 포맷으로 데이터를 다운 받을 수 있다.

다. 시험포장

포장시험 대상으로서는 시험결과를 비교하기 위해서 2개의 포장을 선택하였다. 하나의 포장은 농촌진흥청 농업기계화연구소에서 정밀농업시험포장으로 이용하고 있는 경기도 안성시 양성면 덕봉리에 위치한 일반농가포장(이하, 농기포장)으로서 포장의 면적은 1ha(100×100m)로서 1997년도부터 4필지의 포장을 1필지로 경지 정리하여 관리하고 있는 포장이다. 또 다른 포장은 농촌진흥청 호남농업시험장에서 정밀농업시험포장(이하, 호시포장)으로 사용하고 있는 전남 익산시 목촌동에 위치한 포장으로 포장의 면적은 0.47ha(43.2×108m)로서 논으로 이용되고 있는 포장이다.

라. 포장시험

포장시험은 벼를 수확한 후에 농기포장에서는 2001년 12월 7일, 그리고 호시포장에서는 2001년 11월 14일 실시하였다. 포장시험에 앞서 전기전도도 센서와 GPS장치를 농가에서 사용하고 있는 트랙터의 후미에 부착시켰다. GPS수신기는 센서의 데이터저장장치와 같이 설치를 하였으며, 안테나는 양호한 신호의 수신을 위해서 트랙터의 캐빈 위에 설치를 하였다. GPS장치는 Micro-Trak에서 생산하고 있는 T-150을 이용하였다. 전기전도도 측정을 위한 샘플링 간격은 현재 농기포장에서는 5m×5m간격으로, 호시포장에서는 5.4m×6m 간격으로 나누어 포장정보를 수집하고 있는데 횡방향 간격을 비슷하게 유지하며 일정시간간격으로 연속적으로 취득하였다. 전기전도도 센서로부터 발생하는 신호의 샘플링 주기는 5Hz로 하였다. 콜터의 깊이는 약 8cm정도가 들어갈 수 있도록 초기설정을 했다. 그림 3과 4는 농기포장과 호시포장에서의 시험광경을 나타내고 있다.

라. 통계해석 및 지도작성

기본통계량 해석에는 Excel을 이용하였으며, 지도작성에는 GS⁺ Version 3.1 for Window(Gamma Design Software, Robertson 1988)를 이용했다.

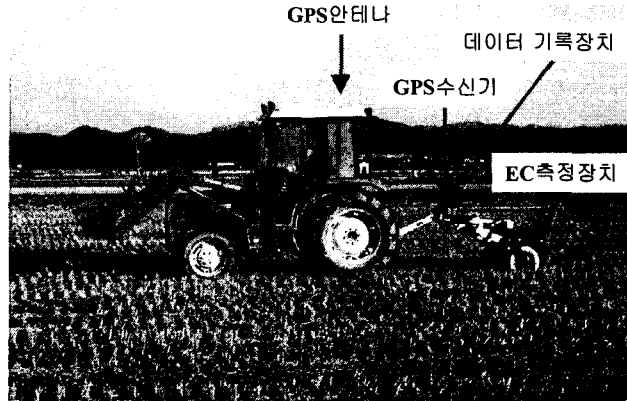


Fig. 3 Field test in NAMRI.

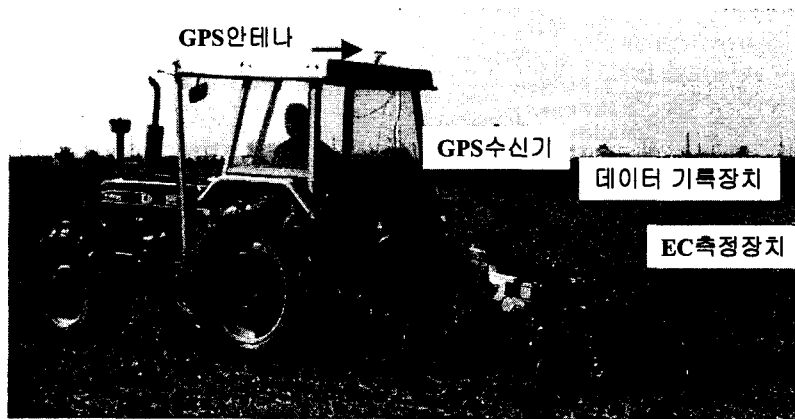


Fig. 4 Field test in NHAES.

3. 결과 및 고찰

가. 전기전도도의 통계학적 해석

시험포장에서 측정된 전기전도도의 최소값, 최대값, 평균값 그리고 변이계수를 표1에 표시했다. 농기포장에서의 전기전도도의 평균값은 4.11mS/m인 반면, 같은 논 포장임에도 불구하고 호시포장에서는 평균값이 17.35mS/m를 나타내었다. 이는 지금까지 획일적으로 적용되어 왔던 포장관리의 방법에 각 포장의 정보를 기반으로 포장관리를 해야한다는 당위성을 보여주는 것이다. 또한, 농기포장에서는 전기전도도의 변이계수가 34.66%, 호시포장에서는 13.15%로서 아주 큰 변이를 보였다. 이 결과 비교적 균평한 씨레질과 균일한 시비관리를 수행하고 있음에도 불구하고 벼 포장내에서도 상당한 변이가 존재하고 있음을 알 수 있다. 이것은 공간변이에 따른 포장관리가 벼 포장에서도 유효하다는 것을 의미하는 것이라 할 수 있다.

Table 1 Descriptive statistics of EC values

	농기포장	호시포장
Minimum (mS/m)	0.30	12.5
Maximum (mS/m)	12.60	26.7
Average (mS/m)	4.11	17.35
CV (%)	34.66	13.15

나. 전기전도도의 지도화

전기전도도 센서와 GPS장치로부터 취득한 정보를 기반으로 지도를 작성해 보았다. 지도를 작성함에 있어서 Kriging 방법을 이용해서 작성을 하였다. 그림 5는 농기포장에서 트랙터로 전기전도도를 측정할 때 얻어진 주행궤적과 Kriging 방법에 의해 작성된 지도를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 포장내에서의 공간변이가 명확하게 나타남을 알 수 있다. 그림 6은 호시포장에서 트랙터로 전기전도도를 측정할 때 얻어진 주행궤적과 Kriging 방법에 의해 작성된 지도를 나타낸다. 이 지도는 포장면 고저차와 부의 상관관계를 보였으며, 수확량과는 정의 관계를 보였다.

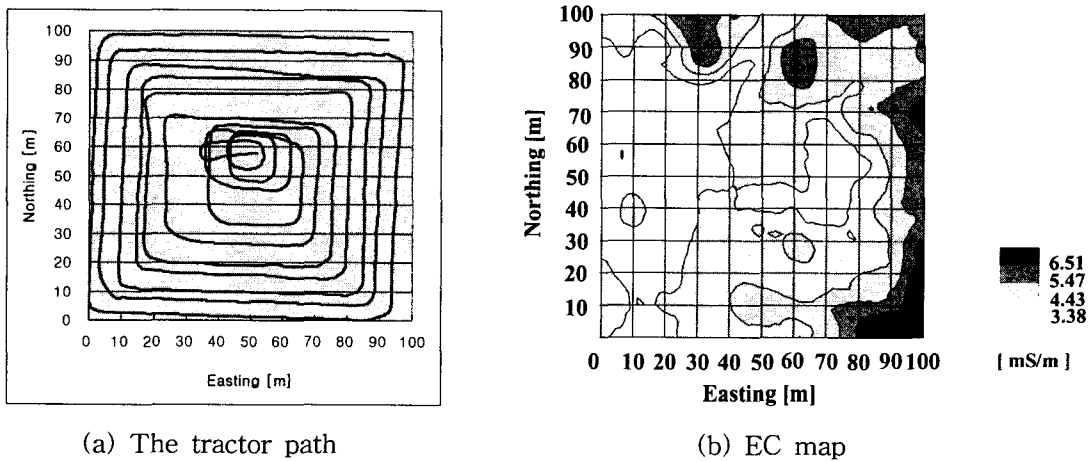
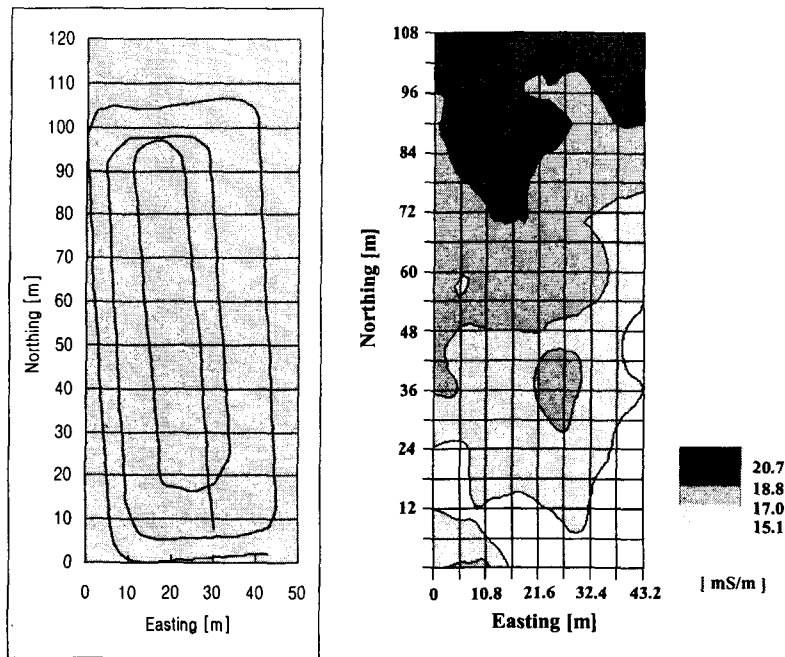


Fig. 5 The tractor path determined by the RTK-DGPS and EC map (NAMRI).

전기전도도 센서를 이용하여 실시간으로 전기전도도를 측정한 결과 포장내의 전기전도도를 등급화하는 할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나, 참값의 전기전도도 값을 구하기 위해서는 측정값에 영향을 줄 수 있는 토양입자의 크기 및 수분 함량 등에 관한 조사도 병행되어야 이루어져야 할 것으로 생각된다.

4. 요약 및 결론

전기전도도 센서와 GPS장치를 연계하여 논 포장에서 실시간으로 전기전도도를 측정하는 기초시험을 실시하였다. 그 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.



(a) The tractor path

(b) EC map

Fig. 5 The tractor path determined by the RTK-DGPS and EC map (NHAES).

- 가. 농기포장에서의 전기전도도의 평균값은 4.11mS/m인 반면, 같은 논 포장임에도 불구하고 호시포장에서는 평균값이 17.35mS/m를 나타내었다. 농기포장에서는 전기전도도의 변이계수가 34.66%, 호시포장에서는 13.15%로서 아주 큰 변이를 보였다.
- 나. 전기전도도 센서와 DGPS장치로부터 취득한 정보를 기반으로 지도를 작성할 수 있었다. Kriging 방법을 이용하여 지도를 작성함으로써 포장내·포장별 전기전도도 값의 공간변이가 존재함을 알 수 있었다.
- 다. 전기전도도 센서는 포장내·포장별 토양의 전기전도도를 측정하는데 문제점을 발견할 수 없었다. 그러나, 전기전도도 측정에 영향을 미치는 토양의 입자크기, 수분 함량 등의 영향을 고려한 좀 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. Lee, M-Z., A. Sasao, S. Shibusawa, and K. Sakai. 1999. Local variability of soil nutrient parameters in Japanese small size field. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 61(1) : 141-147 (in Japanese)
2. 조성인, 배영민, 양희성, 최상현. 2001. 근적외선 반사도를 이용한 토양 유기물 함량 측정. 한국농업기계학회지 26(5). 475~480
3. C-K Lee, 2001. Mapping of Field Information and Development of Yield Sensor for Precision Agriculture in Paddy Field. Ph. D. Thesis