

논에 있어서 포장정보의 공간통계학적 해석

Geostatistical Analysis of Field Information in Paddy Field

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

1. 서론

정밀농업(precision agriculture)은 포장내의 공간변이에 대응해 적절한 시비관리를 수행함으로써 쌀의 품질향상, 농자재의 적량투입 및 환경부하의 저감을 추구한다. 이러한 잇점 때문에 구미에서는 1990년대 초부터 본격적으로 정밀농업에 대한 연구를 수행하여 현재 현장에서 실질적으로 정밀농업을 실현하고 있다¹⁾. 벼 포장에 있어서도 정밀농업에 관한 연구가 수행되고 있다. 이충근 등은 논에 있어서 벼수량과 벧짚량을 조사해 공간통계학적인 방법을 이용해 벼 수확량의 공간의존성을 해석했다²⁾⁻⁴⁾. 야나이(Yanai) 등은 논 토양의 일반화학특성값을 조사하여 공간통계학적 방법을 이용해 공간의존성을 해석했다⁵⁾. 이민찬 등은 소구획 포장에 있어서 토양비옥도 파라미터의 시·공간적 변이를 공간통계학적 방법을 이용해 토양 화학특성치중에서 pH, 전기전도도 및 질산태 질소를 해석했다⁶⁾. 이와 같이 지금까지 많은 연구들이 수행되어 왔지만 우리나라에서는 아직까지 일반논가포장을 대상으로 한 포장정보를 구체적으로 조사하여 공간통계학적으로 해석한 보고는 적다. 본 연구에서는 일반논가의 1ha포장을 대상으로 포장정보를 조사하여 공간통계학적으로 해석한 후 그 결과를 토대로 하여 포장지도를 작성하는 일을 목적으로 했다. 포장정보 조사항목은 토양 전기전도도, SPAD, 초장, 분얼수, 수량, 포장면고저차 그리고 현미의 성분검사를 조사하였고, 얻어진 각 포장정보에 대해서 기술통계와 함께 포장내에서의 공간의존성을 해석하는 공간통계학을 적용하여 세미베리어그램(Semi-variogram)에 의한 공간의존성의 해석과 그것에 기초한 크리깅(Kriging)에 의한 지도화를 수행했다.

2. 조사항목

가. 실험포장

실험포장은 경기도 안성시 양성면 덕봉리에 위치한 논으로서, 2001년도 2월부터 포장면고저차, 토양특성값 등의 포장정보를 조사하고 있다. 포장의 면적은 1ha(100×100m)로서 1997년도에 4필지의 포장을 1필지로 경지정리하여 관리하고 있다. 시비관리는 화학비료를 10a당 약 15kg의 질소, 5kg의 인산 그리고 5kg의 카리비료를 살포하고 있다. 또한, 2년에 한번씩 우분과 벧짚으로 만든 퇴비를 10a당 3,000kg살포하고 있으며 3년에 1번씩 규산을

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 정밀농업기계연구팀

10a당 340kg을 살포하고 있다. 포장정보를 조사하기 위해 포장의 구획을 5×5m로 총 400구획으로 분할하여 포장정보를 조사했다.

나. 토양조사

토양조사는 전기전도도만을 조사를 하였는데, 비접촉식 센서(EM38)는 2001년 11월 4일에 그리고 접촉식 센서(Veris 2000XA)는 2001년 12월 7일에 5×5m 간격으로 측정을 하였다.

다. 생육조사

벼의 생육조사는 크게 SPAD, 초장, 분얼수 등 3가지 항목을 조사했다. 조사시기는 벼를 이앙한 후 유수형성기와 출수기에 있어서 2회 실시했다. SPAD와 초장은 각 구획(5×5m)당 5주를 선택하여 조사를 하였으며, 분얼수는 5주중에 평균이 된다고 생각되는 1주를 선택하여 조사를 하였다.

라. 수량조사

수량량은 2001년 10월 12일 ~ 13일까지 양일간에 걸쳐서 조사를 하였으며, 1구획당 21주의 벼를 샘플링 해서 탈곡 후 곡물의 질량과 수분 함량을 조사하였다.

마. 포장면 고저차 조사

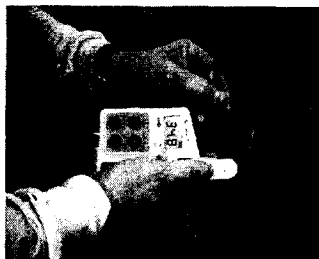
포장면 고저차 조사는 벼 수확을 마친 포장에서 2001년 10월 29일 정밀측량장비인 토탈스테이션(TPS-System, Leica Co.)을 이용하여 각 구획당 1점을 조사하였다.

바. 성분검사

성분검사는 각 구획당 샘플된 벼를 현미로 조제하여 단백질과 아밀로스 함량을 AN-800(Kett 사)으로 조사를 하였다.

사. 통계해석

얻어진 각 포장정보 값의 데이터에 관해서 기본통계치를 구했다. 해석에는 해석용 소프트웨어 SYSTAT 8.0을 이용했다. 그림 1은 포장정보의 조사장면을 나타내고 있다.



[SPAD]



[Yield]



[Relief]



[Quality]

Fig. 1 Measurement scene of field information.

3. 포장정보지도의 작성

벼 포장정보의 공간의존성 해석에는 세미베리어그램을 이용했다. 본 연구에서는 세미베리어그램을 작성할 때 고려한 단위 라그(lag)는 5m이다. 이 이유는 최소 샘플링 간격이 5m였고, 세미베리어그램 페어의 수를 라그별로 최적화시키기 위함이다. 최대 라그는 샘플링한 점과 점의 최대거리의 65%인 64m로 했다. 이 이유는 다른 논문에서 설정기준으로서 충분한 페어의 확보 가능한 거리내에서 샘플링한 점과 점의 최대거리의 50%를 제안하고 있었기 때문이다. 크리깅 방법으로는 포장정보가 5×5m의 범위를 대상으로 하고 있기 때문에 점 크리깅(Punctual Kriging)에 비해 블록 크리깅(Block Kriging)이 블록내 변이가 배제되기 때문에 추정오차가 적게 되어 전체적인 경향을 표시함에 있어서 적절함으로부터 블록 크리깅을 이용해 포장정보지도의 작성을 수행했다.

이상의 해석에는 공간통계학의 해석 소프트웨어 GS⁺ (Version 3.1 for Windows, Gamma Design Software)을 이용했다.

4. 결과 및 고찰

가. 포장정보의 기술통계학적 해석

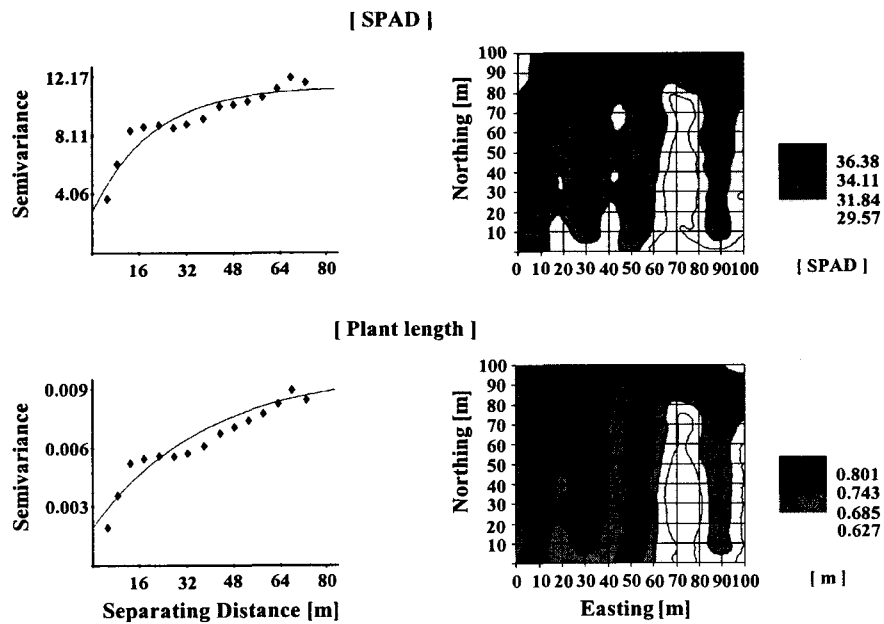
포장정보의 최소값, 최대값, 평균값 그리고 변이계수를 표1에 표시한다. 포장정보의 변이계수를 살펴보면 5.70~51.3%로서 큰 공간변이를 나타냈다. 전기전도도는 28.1~40.4%를 보였으며, 생육정보는 5.70~23.19%를 보였다. 포장면 고저차는 51.3%로서 가장 큰 변이를 나타내었다. 수량도 22.5%를 보였으며, 단백질과 아밀로스 등 벼 품질에 있어서도 9.21%와 9.35%를 보였다. 이 결과 비교적 균평한 썩레질과 균일한 시비관리를 수행하고 있음에도 불구하고 벼 포장내에서 상당한 공간변이가 존재하고 있음을 알 수 있다. 이것은 공간변이에 따른 정밀포장관리가 벼 포장에서도 유효하다는 것을 의미하는 것이다.

Table 1 Descriptive statistics of field information

조사항목		최소값	최대값	평균값	변이계수 (%)
EC, EM38 (mS/m)		0.3	9.6	4.5	40.4
EC, Veris (mS/m)		1.5	9.5	3.54	28.1
SPAD	1차	25.70	40.94	33.07	9.69
	2차	29.62	43.48	37.28	7.32
초 장 (m)	1차	0.56	0.91	0.74	11.39
	2차	0.92	1.26	1.05	5.70
분 일 수 (개)	1차	11.00	38.00	22.90	20.66
	2차	11.00	36.00	20.56	23.19
수량 (kg/10a, 14%)		277	1206	610	22.5
포장면 고저차 (cm)		0	18	8.0	51.3
단백질 (%)		6.45	10.5	8.23	9.21
아밀로스 (%)		15.75	24.95	19.46	9.35

나. 포장정보의 공간통계학적 해석

포장조사에 의해서 얻어진 포장정보를 공간통계학을 이용해 해석한 결과를 그림 2의 왼쪽에 그리고 크리깅 방법에 의해서 작성된 포장지도를 그림 2의 오른쪽에 나타내었다. 세미베리어그램을 살펴보면 8~60m정도에서 공간의존성이 존재함을 알 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 작성된 지도를 보면 공간변이가 잘 반영되어 있음을 알 수 있다.



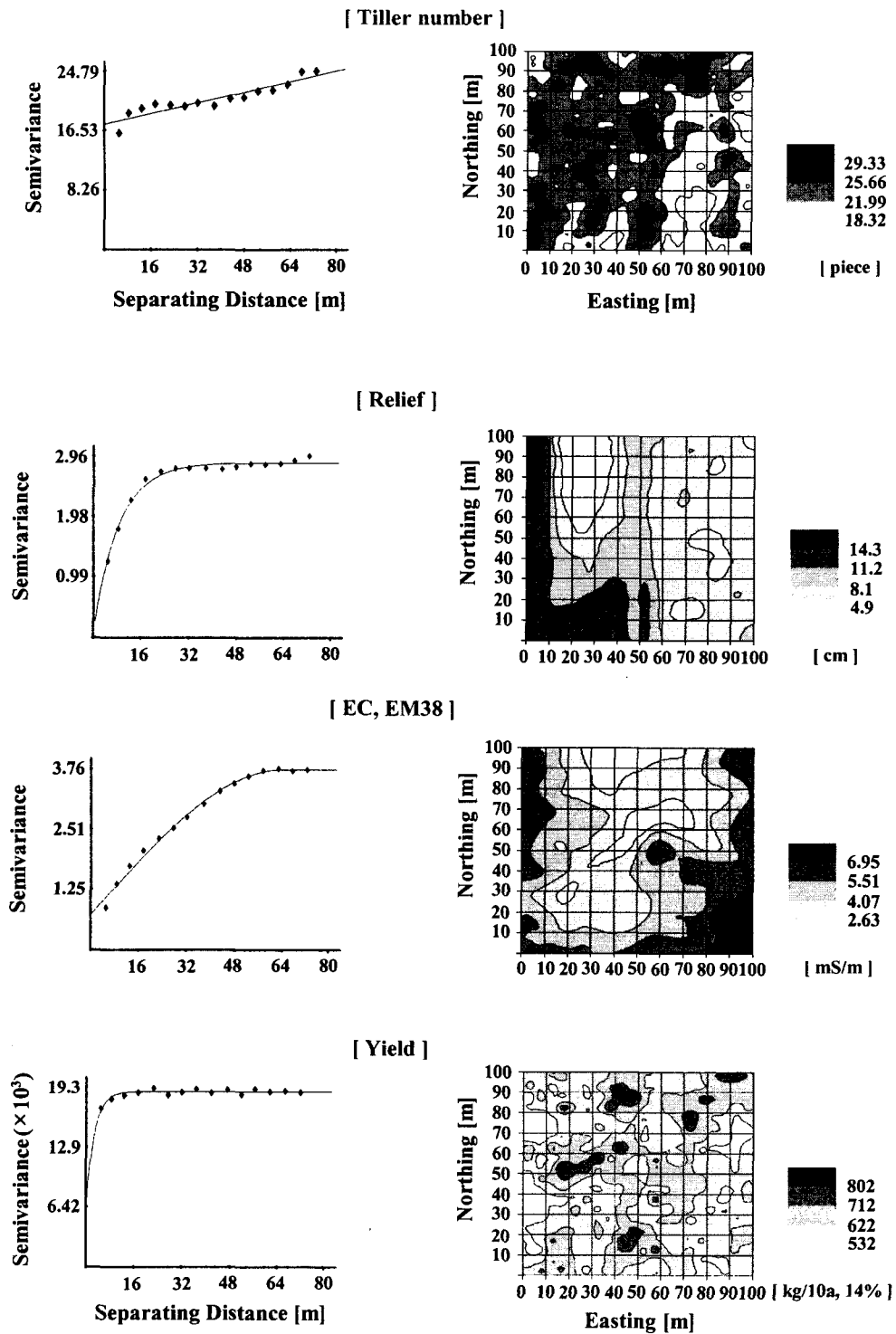


Fig. 2 Semivariogram and Kriged map of field information.

5. 요약 및 결론

논에 있어서 정밀농업을 위한 기초자료수집과 분석을 하기 위해서 포장정보를 조사한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

가. 포장정보의 변이계수를 살펴보면 5.70~51.3%로서 논 포장에 있어서도 큰 공간변이를 보였다. 토양의 전기전도도는 28.1~40.4%를 보였으며, 생육정보는 5.70~23.19%를 보였다. 포장면 고저차는 51.3%로서 가장 큰 변이를 나타내었다. 수량도 22.5%를 보였으며, 단백질과 아밀로스 등 벼 품질에 있어서도 9.21%와 9.35%를 보였다.

나. 포장조사에서 얻어진 포장정보를 공간통계학적으로 해석한 결과, 포장정보별로 약간의 차이는 있었지만, 약 8~60m정도에서 공간의존성이 존재함을 알 수 있었다.

6. 참고문헌

1. Robert, P. C. 1999. Precision Agriculture : Research needs and status in the USA. Precision Agriculture '99 Part 1 : pp 19~33
2. Lee, C-K., M. Umeda, J. Yanai, M. Iida, and T. Kosaki. 1999. Grain yield and soil properties in paddy field. ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting. Toronto Canada. Paper No. 991057
3. Lee, C-K., M. Iida, M. Umeda, and T. Kaho, 1999. Yield maps of grain and straw in Japanese paddy field. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery. 61(4) : 133~140 (in Japanese)
4. Lee, C-K., T. Kaho, J. Yanai, M. Iida, M. Umeda, and T. Kosaki. 2000. Field information maps using geostatistics in the paddy field. ASAE Annual International Meeting. Milwaukee. USA. Paper No. 001108
5. Yanai, J., C-K. Lee, M. Umeda, and T. Kosaki. 2000. Spatial variability of soil chemical properties in the paddy field. Soil Science and Plant Nutrition. 46(2) : 473~482
6. 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)