

수도작 포장의 고저차 측정과 공간변이 분석 - 받침대 형상별 특성

The Measure and Geo-statistical Analysis of Elevation within Rice Paddy Field

- A specificities of fulcrum types

성재훈	정인규	정선옥	이충근
정희원	정희원	정희원	정희원
J. H. Sung	I. G. Jung	S. O. Chung	C. K. Lee

1. 서론

포장정보 중 포장의 지형은 매년 크게 변하지 않으나 균평 정도와 고저차는 경운 작업 등으로 매년 변하게 된다. 포장의 고저차와 균평 정도는 토양특성, 물 흐름 등에 영향을 미쳐 궁극적으로 농업 생산물의 질과 양에 큰 영향을 미친다(Westphalen 등, 2004). 앞에서 언급한 대로 정밀농업에서 포장내 위치별로 적당한 시기에 적절한 처리를 수행하기 위해서는 매년 달라지는 포장 고저차를 고려하여 농작업을 수행해야 한다. 이를 위해서는 먼저 포장내 고저차의 공간변이를 이해해야 한다.

포장내 공간변이를 해석하고 표현하고자 하는 연구는 국내외적으로 많이 이루어 졌다. Kravchenko(2003)은 정밀농업의 효과는 토양 이화학성을 얼마나 정확하고 효과적으로 지도화 하느냐에 달려있다고 보고, 토양 시료 채취 밀도를 달리해가면서 격자 토양 시료 채취 방법에 대해 고찰했으며, 내삽 알고리즘간의 차이도 분석했다. Sadler 등(1998)은 정밀농업에서는 수많은 데이터가 필요하다고 전제하고, 데이터 수가 많아지면 그만큼 비용이 많이들게 되므로 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻을 수 있는 시료 수를 얻기 위한 공간변이를 분석했다. Brown과 Bara(1994)는 세미배리어그램(Semi-varigram)을 사용해서 포장 고저차, 경사, 곡률 데이터의 조직 에러(systematic error)를 없앨 수 있음을 보고 했다.

본 연구의 포장내 위치별 고저차를 측정하고 분석하기 위한 기초연구로 측정 받침대의 형상별 특성을 분석하는 데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

1) 공시 포장 및 측정장치

시험포장은 100 m × 30 m 직사각형 형태의 논이다. 관계수는 그림 1과 같으며 오른쪽 아래에서 왼쪽위로 흐른다. 포장내 위치별 포장 고저차를 측정하기 위해 그림 1과 같이 5 m × 10 m 단위로 60개의 구획으로 구분하여 각 격자의 중심부에서 고저차를 측정했다.

* 농촌진흥청 농업공학연구소 생산기계공학과

포장 내 고저차는 정밀측량기(TPS-System, Leica Co. Switzerland)를 사용했다. 구획중심부
 분에서 3점을 측정한 후 평균한 값을 그 구획의 고저차값으로 이용했다.

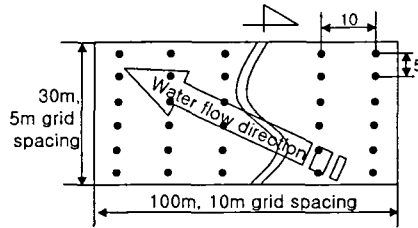


Fig. 2. The experimental paddy field, water direction and cell size for elevation measuring.

2) 받침대 형상

일반적으로 우리나라 이앙기는 재식밀도 76 주/3.3 m² ~ 97 주/3.3 m²을 유지하기 위해
 조간 30 cm, 주간 11 cm ~ 14 cm 로 이앙한다. 논 포장 표면의 굴곡에 따라 포장 고저차
 를 측정하는 기준 높이가 달라질 수 있는데, 본 연구에서는 포장내 위치별 고저차를 효율적
 으로 측정하기 위해 조간 한 가운데를 측정하는 것으로 가정하여, 조간(30 cm)에서 두 주간
 (24 cm) 사이를 측정할 수 있도록 네 종류의 받침대를 설계했다(그림 2).

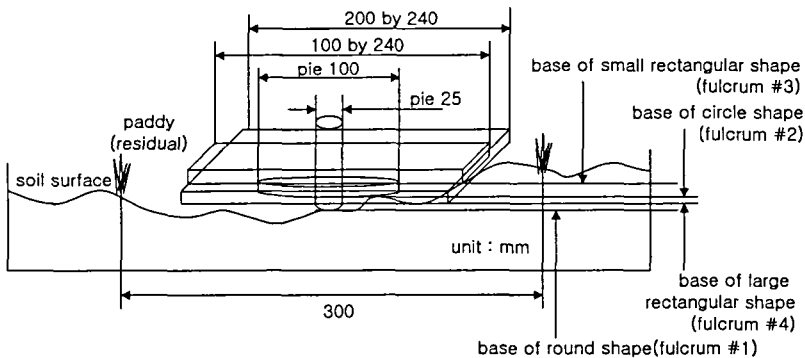


Fig. 3. Relationship between soil surface and four kinds of fulcrum types.

3. 결과 및 고찰

1) 기술통계 분석

분석결과 받침대 1번의 측정 평균이 107.8 mm이고 받침대 4번은 77.9 mm로 받침대 표면
 적이 상대적으로 작은 받침대가 위치별로 세밀한 측정이 가능함을 알 수 있다. 기술통계는
 수치에 대한 산술적인 비교로 공간적인 개념이 빠져있어 포장내 위치별 고저차를 측정하는
 데 가장 좋은 받침대를 선택하는 기준으로 활용할 수는 없다. 표준편차, 변이계수, 왜도, 첨
 도, 평균편차 등을 분석해도 네 가지 받침대 중 포장 고저차를 측정하는데 가장 좋은 받침

대를 선택할 수는 없었다.

2) 공간의존성 분석

근접한 데이터와 어느 정도 결합능력이 있는지를 나타내는 공간의존성을 공간변이 프로그램인 GS+를 이용하여 분석하였고 그 결과는 표 2와 같다.

시험오차나 노이즈를 의미하는 너겟은 작을수록 좋은데, 네 종류의 받침대 형상별 너겟을 분석한 결과 받침대 3번의 너겟이 0.164로 가장 작고, 받침대 1번의 너겟이 0.421로 가장 컸다. 이는 받침대 3번으로 포장내 고저차를 측정하는 경우가 다른 경우에 비해 시험오차나 노이즈가 가장 작았음을 의미한다. 동시에 받침대 표면적이 가장 작은 받침대 1번이 예상대로 시험오차나 노이즈가 가장 큼을 의미한다. 실 값도 받침대 3번으로 측정하는 경우가 0.899로 가장 작았고 표면적이 작은 받침대 1번과 받침대 2번의 실 값이 다른 종류의 받침대에 비해 상대적으로 컸다.

공간의존성의 한계를 나타내는 레인지도 받침대 3번이 20.50으로 가장 작았다. 근접한 위치간의 연속적인 공간구조를 나타내는 Q 값은 1에 가까울수록 연속성이 높아 공간구조가 강할데, 네 종류의 받침대 형상별 Q 값을 분석한 결과 받침대 3번이 0.818로 가장 컸고, 받침대 표면적이 가장 작은 받침대 1번이 0.677로 가장 작은 Q 값을 가지고 있었다.

회귀모델식의 적합도를 나타내는 결정계수 값도 받침대 3번이 0.943으로 가장 컸다. 회귀 모델식 선상에 있는 값과 실측값 간의 편차를 제공하여 합한 잔차제곱합도 받침대 3번이 0.0132로 가장 작았다.

앞에서 분석한 기술통계를 이용해서는 네 가지 받침대 형상 중 포장 고저차를 측정하는데 가장 좋은 받침대를 선택할 수 없었으나, 공간개념을 포함하여 GS+로 분석한 결과 받침대 3번이 네 가지 받침대 형상 중 포장 고저차를 측정하는데 가장 좋은 받침대임을 알 수 있다.

Table 3. Isotropic semivariogram parameters for four kinds of fulcrum's elevation

Property	Model ¹	Nugget (C ₀)	Sill (C ₀ +C)	Range (A ₀ , m)	Q (C/(C ₀ +C))	r ²	RSS ²
fulcrum #1 ³	LINR	0.421	1.302	47.17	0.677	0.929	0.0417
fulcrum #2	EXPO	0.299	1.407	82.20	0.787	0.837	0.0948
fulcrum #3	SPHE	0.164	0.899	20.50	0.818	0.943	0.0132
fulcrum #4	LINE	0.213	1.149	47.17	0.815	0.913	0.0586

¹ SPHE=spherical model, LINR=linear model, EXPO=exponential model

² residual sum of squares

³ fulcrum #1=round shape, fulcrum #2=circle shape, fulcrum #3=small rectangular shape, fulcrum #4=large rectangular shape

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 포장의 고저차를 효율적으로 측정하기 위해 조간 한 가운데를 측정하는 것으로 가정하여, 조간(30 cm)에서 두 주간(24 cm)을 측정할 수 있도록 네 종류의 받침대를 설계하여 실험했다. 네 종류의 받침대를 대상으로 공간변이 프로그램을 이용하여 공간의존성을 분석한 결과, 시험오차나 노이즈를 의미하는 너겟과 공간의존성의 한계를 나타내는 레인지가 가장 작으며, 근접한 위치간의 연속적인 공간구조를 나타내는 Q 값이 가장 크고, 회귀모델식의 결정계수 값이 가장 크며, 잔차제곱합이 가장 작은 받침대 3번이 포장내 위치별 고저차를 측정하는데 가장 적당한 것으로 나타났다. 즉, 가로는 조간의 1/3 크기인 10 cm, 세로는 두 주간의 간격인 24 cm 크기의 직사각형을 받침대로 이용하는 것이 포장내 고저차를 가장 잘 측정할 수 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Brown, Daniel G., and Thaddeus J. Bara. 1994. Recognition and reduction of systematic error in elevation and derivation surfaces from 71/2 minute DEMs. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 60(2): 189-194.
2. Kravchenko, A.N. 2003. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation mehtods. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1564-1571.
3. Lee, C.K. et al. 2002. Geostatistical analysis of spatial variability for field information in paddy field. *Kor. J. Intl. Agri.* 14(2): 127-138.(In Korean)
4. Lee, C.K. et al. 2004. Geo-statistical analysis of growth variability in rice paddy field. *J. of Biosystems Engineering.* 29(2): 109-120.(In Korean)
5. Sadler, E.J. et al. 1998. Spatial scale requirements for precision farming: A case study in the southeastern USA. *Agron. J.* 90(2): 191-197.
6. Sudduth K.A., S.T. Drummond, S.J. Birrell and N.R. Kitchen. 1996. Analysis of spatial factors influencing crop yield. In *Proc. 3rd Int. Conf. On precision Agriculture*, O.C. Robert et al.(ed.) pp. 129-140.