

## 적토형 인위토양의 공간변이 비교 연구

손연규<sup>†</sup> · 장용선<sup>†</sup> · 박찬원 · 문용희 · 헌병근 · 송관철 · 전현정\*

국립농업과학원

## A Comparison of Spatial Variation on Anthropogenic Soils

Yeon Kyu Sonn<sup>†</sup>, Yong Seon Zhang<sup>†</sup>, Chan Won Park, Yong Hee Moon, Byung Keun Hyun,  
Kwan Cheol Song, and Hyen Chung Chun\*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707

In this study, spatial analyses of chemical properties were studied to find inter-relation among these properties from 5 year old general paddy field after arable land rearrangement and remodeled paddy field near 4 river project. In addition, comparison of spatial variations between two paddy fields was performed to characterize paddy fields by different formation and provide interpretation of these variations and parameters (Semivariogram and Kriging) from spatial analyses. Total of 400 (20×20) soil samples were taken at 5 m interval from 1 ha of 5 year old general paddy field and analyzed. Total number of 54 (6×9) soil samples were taken from remodeled paddy fields at 10m interval for the analyses. The results of pH, available Phosphate and organic matter among the analyzed results were used for interpretation. The pH values were relatively high from Gumi region. The values of available Phosphate and organic matter showed greater variant coefficients and this represented that there were greater heterogeneity in available phosphate and organic matter distributions across one paddy field. The values of skewness and kurtosis as absolute values, showed almost normal distributions. The paddy field in Ansung had available Phosphate (72.8)  $\approx$  pH (73.8) and greater values of organic matter (159.3), while upland in Gumi had the range value of organic (6.5) < available Phosphate (33.5) < pH (46.6). Based on these results, younger soils (0 year old) require more sampling to characterize the whole field than 5 year old soils.

**Key words:** Spatial variation, Anthropogenic soils, Range, Nugget, Sill

### 서 언

자연상태 또는 인위적인 상태의 토양은 공간적으로 변이를 갖고 있고 이는 크게는 토양의 분류학적 측면 (예 : 작도 단위)에서, 작게는 한 포장내에서도 위치별로 토양의 이화학적 특성, 작물생육, 수량 등이 변이를 보이는 결과를 초래하게 된다 (Park, 1987). 이러한 변이는 일반적인 종합시험에 의한 분석으로는 파악할 수 있는 방법이 없으며 공간적인 해석방법을 사용하여야만 해석이 가능하다 (Park and Yoo, 1989).

기존의 통계분석 방법으로는 포장의 정보를 해석하는 데 있어 이러한 공간적인 변이를 해석하기보다는 단지 평균값과 분산 등의 전체적인 표본의 정보만을 제공해 줄 뿐이다. 이렇게 존재하는 공간변이를 설명하기 위해서는 광산에서부터 유래를 찾아볼 수 있는 지질통계학적 기법을 도입하여

해석을 해야만 각 위치별 정보를 얻는 것이 수월하고 특히 우리나라에서는 정밀농업을 연구하는 학자들이 많이 도입하여 응용하고 있는 실정이다. 공간변이에 대한 연구는 최근 많이 이루어지고 있으나 대부분 분포지도를 보여주는 형태에서 그치고 있으며 (Park et al., 2006; Sohn et al., 2009) 공간변이 분석 후 자료의 해석에 치중하여야 하나 그 해석을 명확히 하지 못하고 있다. Park and Yoo (1989)는 화동통 (Hwadong series)에서 가비중 (Bulk density), 포장용수량(Field moisture capacity), 포화수리전도도(Saturated hydraulic conductivity) 등의 공간분포를 보고 그 차이점에 대해 영농 측면에서의 연구를 한 바 있으며, Park et al. (1983, 1984)은 토양중 물의 침투속도의 공간변이성 분석에서 선형불편추정치인 크리깅 (Kriging)값을 계산하고 실(sill)과 너깃 (nugget)에 의한 효과를 해석하였으며, Lee (2001)는 논포장에서의 포장특성의 지도화 및 수량센서의 개발 등을 연구하였으며, 대구회 경지정리 논 포장에서의 공간의존성을 랜지 (Range)를 가지고 설명하기도 하였다 (Lee et al., 2002).

접수 : 2012. 11. 12 수리 : 2012. 11. 29

<sup>†</sup>공동 제1저자

\*연락처 : Phone: +82312900340

E-mail: hyen2010@korea.kr

본 연구에서는 대구획으로 경지정리된 후 5년차인 일반 농가의 1 ha 포장 및 4대강 주변의 리모델링 농경지를 대상으로 하여 그에 따른 화학적 특성들을 조사하여 그 포장내의 공간변이를 파악하고 각 성분들 (pH, 유기물, 유효인산 함량)간의 상호관련성을 비교하여 여러 가지 정보를 해석하는 기법의 습득 및 그것에 기초한 반분산 (Semivariogram) 및 Kriging에 의한 지도화가 아닌 결과의 해석 등을 목적으로 하여 실험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에 사용된 시험포장은 (1) 경기도 안성시 양성면 덕봉리에 위치한 하성평탄지 토양으로서 토양명은 신흥통 (fine loamy, mixed, nonacid, mesic family of Aeric Fluventic Haplaquepts)이며 기존에 경지정리되었던 3필지의 논을 97년도에 1필지로 대구획 경지정리한 1 ha의 논에서 5 m 간격으로 총 20×20=400점의 시료를 채취하여 분석에 이용하였고, (2) 구미시 도개면 가산리에 위치한 매립적토형 인위토양으로 토성은 사양토로 되어 있는 2012년에 새롭게 재배를 시작한 밭토양으로 10 m 간격으로 6×9=54점의 시료를 채취하여 화학성분 중 pH, 유효인산, 유기물함량 등을 분석하여 그 결과를 해석하였다.

농촌진흥청 토양 및 식물체분석법 (NIAS, 2000)에 준하여 분석을 하였으며, 이렇게 얻어진 각 특성별 정보는 기술통계값을 구하였으며, 정보의 해석에는 GS+ 프로그램 (Robertson, 1998)을 이용하여 Variogram과 Kriging을 수행한 후 Range값으로 결과를 해석하였다.

### 결과 및 고찰

공간분석을 수행할 때의 기본적인 가정은 공간상의 두

지점간의 거리가 가까울수록 상호간에 큰 영향을 미치고 두 지점간의 거리가 멀수록 영향력이 떨어진다는 것이고 (Lee, 2001; Lee et al., 2002) 그 기본적인 식 (Robertson, 1998)은 식 (1)과 같다.

$$\gamma(h) = \left[ \frac{1}{2}N(h) \right] \Sigma [z_i - z_{i+h}]^2 \tag{1}$$

$\gamma(h)$  = semivariance for interval distance class  $h$   
 $z_i$  = measured sample value at point  $i$   
 $z_{i+h}$  = measured sample value at point  $i+h$ ; and  
 $N(h)$  = total number of sample couples for the lag interval  $h$

경기도 안성시 양성면 덕봉리에 위치한 논 포장은 곡간지 토양과 하성평탄지의 인접된 토양으로서 지형적으로는 하성평탄지이며 0~2%의 경사를 가지고 있고 토양명은 신흥통 (fine loamy, mixed, nonacid, mesic family of Aeric Fluventic Haplaquepts)으로 분류되고 토색은 주로 암회갈색으로 배수등급이 약간 불량인 보통답으로서 경지정리 후 '97년도에 대구획으로 다시 경지정리를 하여 상당히 많이 교란이 되어진 토양이었다.

구미시 도개면 가산리에 위치한 포장은 표토 약 60 cm를 걷어낸 뒤 약 3m의 강바닥 준설토를 적토한 후 걷어낸 원토양을 다시 위에 적토한 상태의 토양이었다. 맨 위의 원토양은 물리성과 화학성이 교란된 상태로 다시 적토되었다.

각 성분들의 일반적인 기술통계값을 Table 1에 나타내었다. pH는 구미지역에서 7.1로 높게 나타났으며, 이는 강바닥의 준설토를 적토하고 그 위에 교란된 원토양을 60~70 cm정도 적토한 토양으로 토성은 사양토로 되어 있으며 아직 토양관리가 시작되지 않은 토양이기 때문으로 생각되었다. 이러한 매립 적토형 인위토양 지역에서 변이계수가 다소 높게 나타났으며, 유효인산의 경우 모든 변이계수가 높

**Table 1. Descriptive statistics of soil physico-chemical properties.**

[chemical properties : Ansung]							
Items	Mean	Std. Dev.	C.V.	Skew. <sup>1)</sup>	Kurt. <sup>2)</sup>	Min. Value <sup>3)</sup>	Max. Value <sup>4)</sup>
pH (1:5)	5.9	0.32	5.5	-0.14	0.58	5.29	6.74
OM <sup>5)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	15.5	2.52	16.3	-0.11	-0.16	8.59	23.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	79.8	40.89	51.2	-0.69	0.63	16.00	193.28
[chemical properties : Gumi]							
Items	Mean	Std. Dev.	C.V.	Skew. <sup>1)</sup>	Kurt. <sup>2)</sup>	Min. Value <sup>3)</sup>	Max. Value <sup>4)</sup>
pH (1:5)	7.1	0.17	2.4	-1.11	1.80	6.47	7.35
OM <sup>5)</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	3.8	0.92	24.4	-0.79	0.48	1.17	5.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	166.4	38.63	23.1	-1.43	1.74	49.69	222.3

<sup>1)</sup>Skew., Skewness; <sup>2)</sup>Kurt., Kurtosis; <sup>3)</sup>Min. Value, Minimum Value; <sup>4)</sup>Max. Value, Maximum Value; <sup>5)</sup>OM, Organic Matter.

**Table 2. The variogram model and range of soil physico-chemical properties.**

	Items	Range	Model
Ansung	pH (1:5)	73.8	Exponential
	OM (g kg <sup>-1</sup> )	159.3	Exponential
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	72.8	Spherical
Gumi	pH (1:5)	46.6	Gaussian
	OM (g kg <sup>-1</sup> )	6.9	Exponential
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	33.5	Gaussian

있고 5년차가 되어 안정화된 안성의 논에서도 가장 높아 유효인산은 한 포장내에서도 상당히 불균일한 것으로 나타났다. 왜도 (skewness)와 첨도 (kurtosis) 등은 그 절대값으로 볼 때 거의 정규분포에 가까운 형태로 보이고 있다.

Table 2에서 보는 것과 같이 안성의 논에서는 유효인산 (72.8) ≧ pH (73.8) < 유기물 (159.3)의 순으로 range가 높은 경향인데 이 의미는 일정지역에서 유효인산 함량을 알기 위해서 시료를 채취할 때 유기물을 알기 위해서 시료를 채취할 때보다 더 많은 지점을 선택해야 한다는 것을 뜻한다. 또한 유기물 함량을 알기 위해 하성평탄지의 대구획경지정리된 포장에서는 적정시료채취 간격으로 약 160 m가 요구되었으며, 이러한 방법으로 유효인산이나 유기물의 적정시료채취간격은 약 70 m이었다.

구미지역의 밭에서는 유기물 (6.5) < 유효인산 (33.5) < pH (46.6)의 순으로 range 값이 높아졌다. 이는 아직 작물이 재배되기 전단계의 성격이라 포장의 상태가 매우 불균일하고 포장의 숙답화 및 안정화를 위해 많은 노력을 들여야 할 것이다. 경지정리한지 5년된 안성의 논에서 시료채취간격과 작물이 재배되기 전의 구미의 밭에서 볼 수 있듯이 유효인산과 pH는 약 2배, 유기물은 약 25배의 차이가 났다. 수치를 직접 비교하기는 어렵지만 구미지역의 포장은 숙답화와 안정화의 측면에서 지속적인 모니터링을 하여야 할 것이다. 또한 지형단위로 그룹화하여 더 많은 연구를 수행하여 적정시료채취간격에 대한 연구를 수행하여야 할 것이다.

## 요 약

본 연구는 대구획으로 경지정리된 후 5년차인 1 ha의 논 및 4대강 주변의 리모델링 농경지 밭을 대상으로 하여 그에 따른 화학적 특성들을 조사하여 그 포장내의 공간변이를 파악하고 각 성분들간의 상호관련성을 비교하고자 수행되었다. 5년차인 1 ha의 논에서 5 m 간격으로 총 20×20=400점의 시료를 채취하여 분석에 이용하였으며 매립적토형 인위 토양은 10 m 간격으로 6×9=54점의 시료를 채취하였다. 화학성분 중 pH, 유효인산, 유기물함량 등을 분석하여 그 결과를 해석하였다.

pH는 구미지역에서 7.1로 높게 나타났으며, 유효인산 및 유기물함량의 경우 모두 변이계수가 높았으며 이는 한 포장내에서도 상당히 불균일하다고 볼 수 있었다. 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis) 등은 그 절대값으로 볼 때 거의 정규분포에 가까운 형태로 보이고 있다. 안성의 논에서는 유효인산 (72.8) ≧ pH(73.8) < 유기물(159.3)의 순, 구미의 밭에서는 유기물(6.5) < 유효인산(33.5) < pH(46.6)의 순으로 Range 값이 높아졌다. 이는 상대적으로 5년된 토양에서보다 0년차의 토양에서 시료채취를 많이 해야 한다는 의미로 해석할 수 있었다.

## 사 사

이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008620) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인 용 문 헌

Lee, C. K. 2001. Mapping of field information and development of yield sensor for precision agriculture in paddy field. pH. D. Thesis. (In Korean)

Lee, C.K., Y.K. Sonn, J.H. Sung, I.G. Jung, S.C. Kim, W.P. Park, and W.K. Park. 2002. Geostatistical analysis of spatial variability for field information in paddy field. Kor. J. Intl. Agri. 14(2):127-138.

National Institute of Agricultural science and Technology (NIAST). 2000. Taxonomical classification of Korean soils.

Park, C.S., J.J. Kim, and S.J. Cho. 1983. Analysis of spatial variability for infiltration rate of field soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 16(4):305-310.

Park, C.S., J.J. Kim, and S.J. Cho. 1984. Analysis of spatial variability for particle size distribution of field soils. Korean J. Soil Sci. Fert. 17(3):212-217.

Park, C.S., S.C. Yang, G.J. Lee, J.T. Lee, H.M. Kim, S.H. Park, D.H. Kim, A. Y. Jung, and S.W. Hwang. 2006. Spatial variability of soil moisture content, soil penetration resistance and crop yield on the leveled upland in the reclaimed highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 39(3):123-135.

Park, M.E. 1987. Spatial variation analysis of soil characteristics and crop growth. Seoul National Univ. pH. D. Thesis. (In Korean)

Park, M.E. and S.H. Yoo. 1989. Spatial variation analysis of soil characteristics and crop growth across the land-partitioned boundary. Korean J. Soil Sci. Fert. 22(3):163-172.

Robertson, G. P. 1998. Geostatistics for the environmental sciences, Gamma Design Software, Plainwell, Michigan.

Sohn, Y.M., G.Y. Jeon, J.D. Song, J.H. Lee, and M.E. Park. 2009. Effect of spatial salinity variation on the emergence of soiling and forage crops seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 42(3):172-178.