

# 정밀 농업을 위한 논토양 지도의 특성

## Characteristics of soil map of paddy field for precision farming

류일훈\*  
정회원  
I. H. Ryu

김경욱\*  
정회원  
K. U. Kim

### 1. 서론

포장 상태에 따라 가변 처리를 통하여 자원을 절약하고 환경 오염을 방지하고자하는 목적으로 정밀 농업의 개념이 대두되고 있다. 정밀 농업에서는 토양 성분, 작물 생육 상태의 위치에 따른 변이를 검출하여 각 지점에 적절한 처리를 수행함으로써 투입되는 농자재의 양은 최소화하면서도 수확량은 일정 수준 이상으로 유지하고자 한다. 국내의 벼농사에 적합한 정밀 농업의 개념을 정립하고, 이를 구현하기 위한 구체적 방법을 수립하기 위하여 기초적인 연구를 수행하였다.

기상 조건, 토양 내 비료 성분, 관배수, 병해충의 발생 정도 등의 포장 상태는 작물의 생장과 수확량에 영향을 준다. 수확량과 포장 상태와의 상호관계는 상당히 복잡하기 때문에 논리적인 인과 관계를 도출하기는 어려우며, 다년간의 포장 시험이 요구된다. 현재 벼농사를 대상으로 생장 모델을 만들려는 시도가 일부에서 이루어지고 있으나 아직 그 진척도는 미미한 실정이다. 본 연구에서는 소규모 논토양을 대상으로 작물 생육기간 동안 비료 성분과 유기물, 토양 산성도의 월별, 위치별 변화를 추적함으로써 실제 논 토양에서 토양 성분의 변이 정도를 측정하고, 수도작에서의 정밀 농업 적용 가능성을 타진하고자한다.

### 2. 재료 및 방법

작물 시험장 내의 논을 시험 포장으로 선정하였다. 포장은 각변의 길이가 35 m, 48 m 인 직사각형으로써 주변에 나무가 없어 일조가 충분하고, 관, 배수 시설이 잘 갖추어져 물의 공급도 충분하였다. 시험 포장에 대한 각종 데이터를 계측하고 변이 지도를 작성하기 위하여 일정한 크기로 시험 포장을 나누었다. 단위 구획의 크기를 5 m×5 m로 설정하여 총 70 개의 구획으로 시험 포장을 세분하였다. 토양 샘플은 단위 구획에서 한 개씩 채취하였으며, 각 구획의 중앙에서 지표로부터 5 cm-10 cm 사이의 위치에서 200-300 g의 토양을 채취하였다. 채취된 토양 샘플은 그늘진 실내에서 종이 봉투와 목재 보관함을 이용하여 건조시켰다. 토양 샘플로부터 비료 성분, 유기물 함량, 산성도를 측정하였으며, 비료 성분은 질소(N), 인산(P), 칼륨(K)의 세 가지 성분을 대상으로 하였다. 토양 분석은 작물 시험장 토양

---

\* 서울대학교 농생대 생물자원공학부 농업기계전공

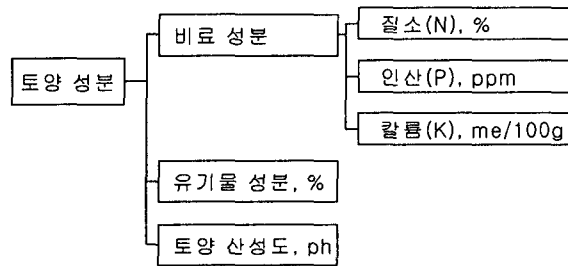


그림 1 토양 성분 분석 항목

분석실에서 수행하였다.

각 단위 구획의 비료 성분 및 수확량 데이터를 이용하여 시험 포장에 대한 비료 성분과 수량 분포를 구명하고, 등수치 선도로써 변이 지도를 작성하였다. 변이 지도는 상용 지리 정보 시스템(GIS, Geological information system)의 응용 프로그램인 ARC View를 이용하여 작성하였다. 변이 지도는 5 m × 5 m 구획에서 측정된 데이터를 직접 이용하는 방법과 데이터를 가공하여 10 m × 10 m를 단위로 그리는 방법의 두 가지를 적용하였다. 그림 2는 5 m × 5 m 변이 지도를 그리는 방법을 도시하였다.

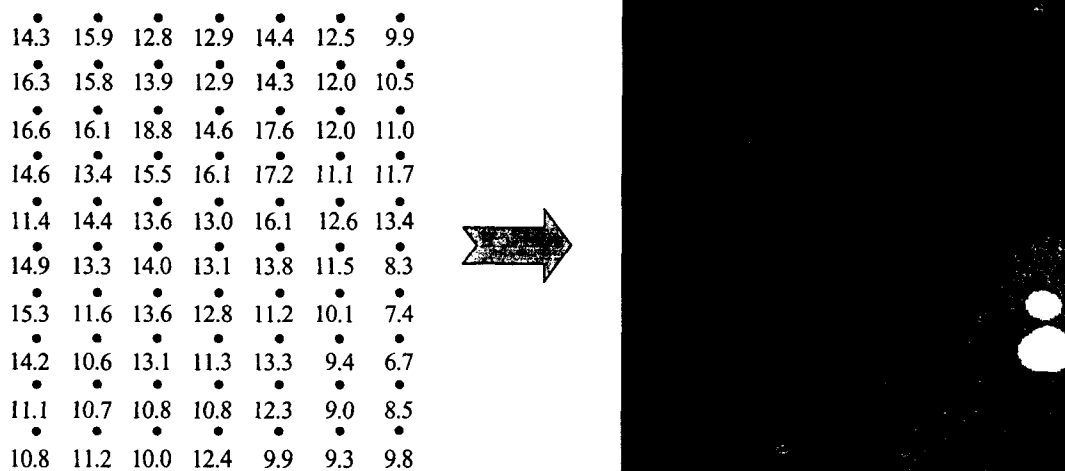


그림 2 변이 지도 작성 (5 m × 5 m).

토양 샘플은 벼의 생육 기간인 5월에서 10월까지 매월 1회씩 모두 6회에 걸쳐 채취하였다. 5월은 이앙 전으로서, 물을 대지 않은 마른 논에서 샘플을 채취하였다. 6월 이후에는 담수된 상태에서 샘플을 채취하였으며, 10월에는 벼를 수확한 후 어느 정도 논이 마른 상태에서 채취하였다.

벼 생육 기간 중 실시한 주요 작업과 시비 시기, 즉 재배력은 그림 3(a)와 같다. 재배력은 토양의 성분 변화에 가장 큰 영향을 미치는 작업과 그 시기에 대한 정보를 제공할 수 있

다. 5월 13일 모판에 볍씨를 파종하였으며, 5월 22일 시험 포장으로 이양하였다. 시비는 이양 전 기비, 분얼기의 분얼비, 이삭이 팠 때의 수비로 나누어 시비하였다. 기비, 분얼비, 수비의 시비량과 분시 방법은 그림 3(b)와 같이 하였다.

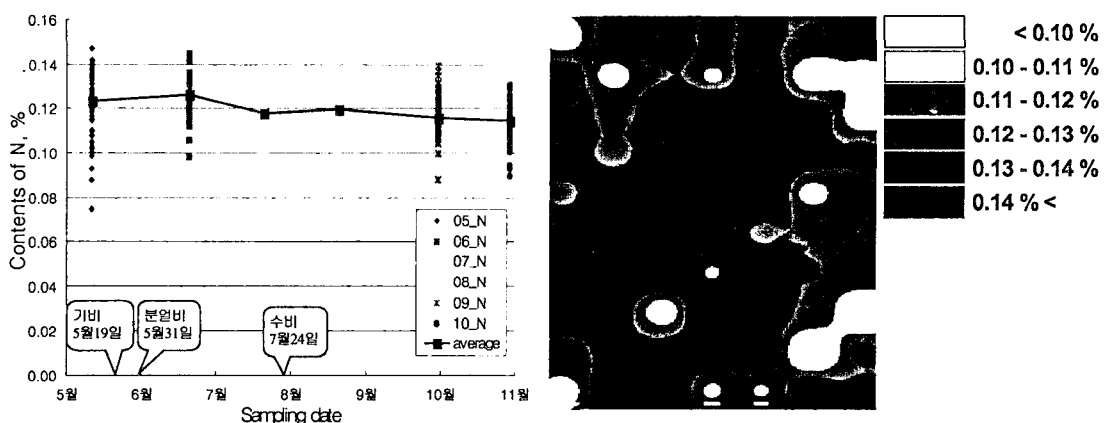
파 종: 5월13일	시비량:(N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O) = 11 - 4.5 - 5.7 kg/10a
이 양: 5월22일	비료 분시 방법
기 비: 5월19일	질 소: 기비-분얼비-수비 = 40 - 30 - 30 %
분얼비: 5월31일	인 산: 기비(전량) = 100
수 비: 7월24일	칼 륨: 기비- 수비 = 70 - 30 %

(a) 재배력 (b) 비료 시비 방법

그림 3 재배력 및 시비 방법

### 3. 결과 및 고찰

시험 포장에서 질소 성분의 변화를 월별로 계측하여 월별 질소 성분의 변화를 조사하였다. 그림 4(a)에서는 월별 질소 성분의 변이를 도시하고 그 평균값은 직선으로 표시하였다. 그림 4(b)는 5월의 질소 성분의 공간적 분포를 표시하였다. 질소 성분의 월별 변화는 작물의 성장과 시비 시기에 영향을 받는 것으로 나타났다. 작물이 성장하면서 질소 성분을 섭취하기 때문에 시간이 지날수록 질소 성분은 감소되었으며, 시비 직후에는 질소 성분의 함량이 증가되었다. 질소 성분의 최대 변화는 6월과 7월 사이에 나타났으며, 1개월 동안 0.008% 감소하였다. 공간적 변이에 의한 표준 편차는 0.0110%로서 이는 시간적 변이에 의한 표준 편차 0.0044%에 비하여 두 배 이상이었다. 따라서 질소 성분은 공간적 변이보다 시간적 변이가 상대적으로 크다. 하지만 전체적인 질소 함량면에서 볼 때 0.10-0.14%에

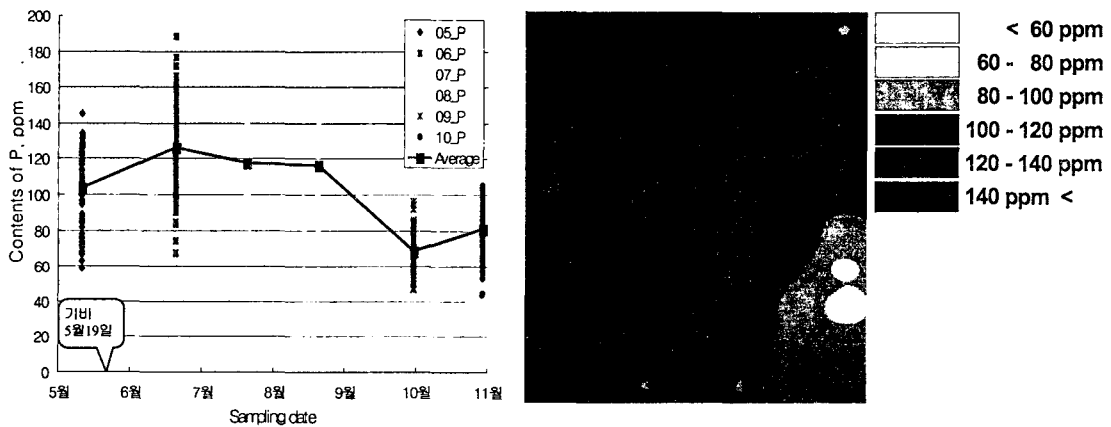


(a) 월별 변화 (b) 5월 변이 지도

그림 4 질소 성분의 변이 분포

서 대부분이 존재함으로써 상당히 고르게 분포하였다. 같은 측정 지점에서 월별 질소 성분의 변화는 상관계수가 0.1이하로서 전혀 상관 관계가 존재하지않았다.

인산 성분의 함량도 질소 성분과 마찬가지로 작물의 성장과 시비 시기에 영향을 받았다. 전량을 기비로 살포한 뒤 6월에 인산 함량이 급격히 증가하였고, 그 이후 작물의 성장에 따라 점차 감소하였다. 그림 5(a)에서는 월별 인산 성분의 변화를 도시하였다. 그림 5(b)에서는 6월의 인산 성분의 공간적인 분포를 표시하였다. 인산 성분의 시간적, 공간적 변이는 상당히 큰 수준으로 나타났다. 특히 시간적 변이는 6월에서 10월 사이에서 57.91ppm 감소함으로써 46%의 변화량을 보이고 있다. 같은 측정 지점에서 월별 인산 성분의 변화는 상관계수가 0.6정도로서 상당한 수준의 유의성을 보이고 있다. 따라서 인산이 작물에 의하여 흡수되거나 또는 인산을 시비할 때는 그 절대량은 변화되나 전체적인 분포는 유사한 형태를 유지한 것으로 판단된다.

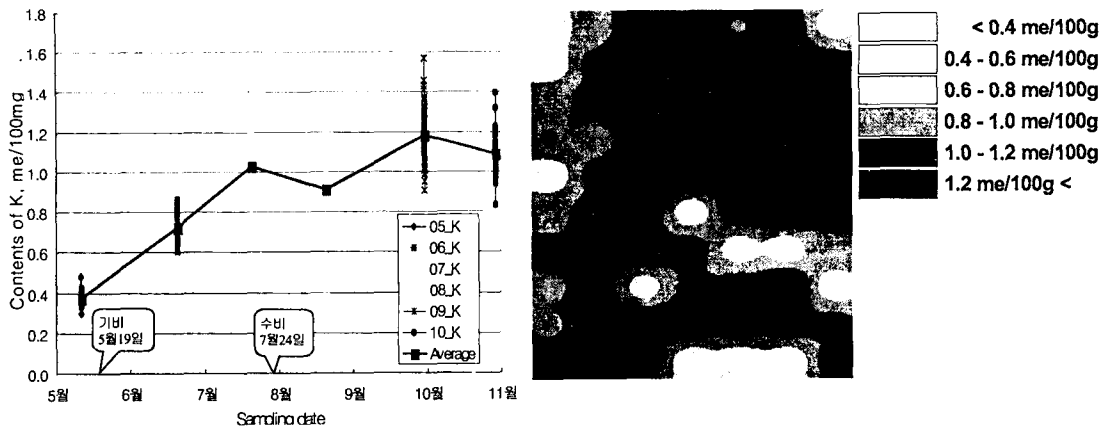


(a) 월별 변화

(b) 6월 변이 지도

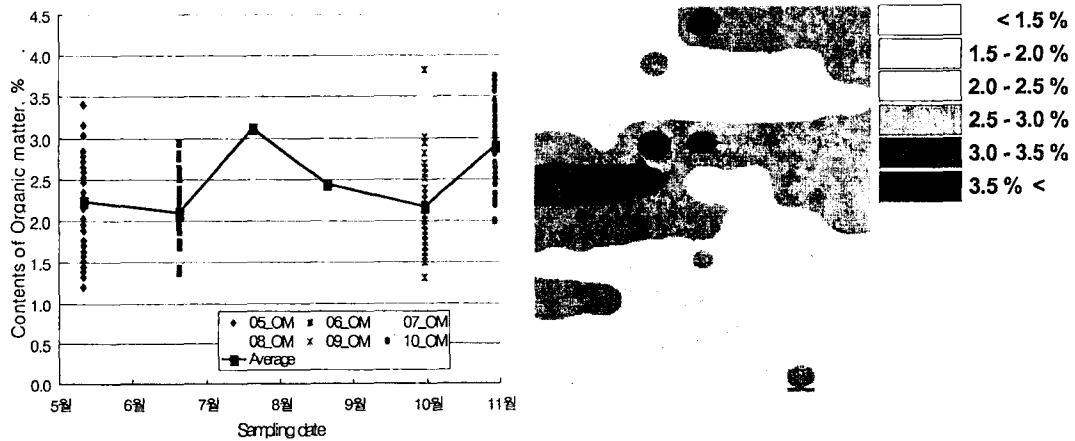
그림 5 인산 성분의 변이 분포

그림 6(a)에서는 월별 칼륨 성분의 변화를 도시하였다. 그림 6(b)에서는 7월의 칼륨 성분의 공간적인 분포를 표시하였다. 기비한 4월 이후 칼륨 성분은 큰 폭으로 증가되었으나, 수비한 7월 이후에는 오히려 감소되었다가 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 칼륨 성분이 6월, 7월간 계속적으로 증가하는 것은 기비의 효과가 서서히 나타나기 때문인 것으로 판단된다. 시비한 전체 칼륨의 70%는 기비로 사용되었으며 30%는 수비로 사용되었다. 칼륨 성분이 최소인 시기와 최대인 시기는 각각 5월과 9월로서 그 차이는 0.806 me/100 g이었다. 이는 9월 함량의 68%에 해당된다. 칼륨 성분의 공간적 변이는 표준 편차가 0.135 me/100 g로서 시간적 변이에 비해 작은 수준이다. 같은 측정 지점에서 월별 칼륨 성분의 변화는 상관 관계가 전혀 나타나지 않았다.



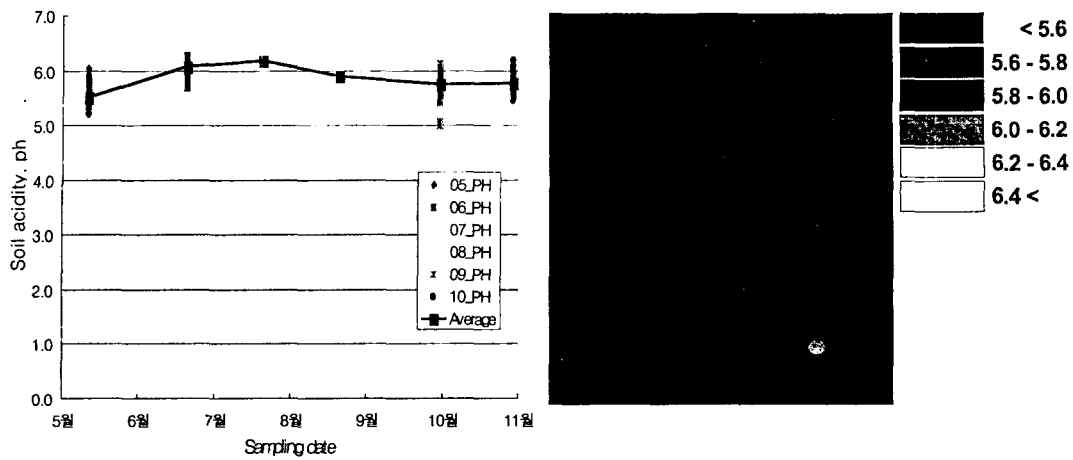
(a) 월별 변화 (b) 7월 변이 지도  
그림 6 칼륨 성분의 변이 분포

그림 7(a)에서는 월별 유기물 함량의 변화를 도시하였다. 그림 7(b)에서는 8월의 유기물 함량의 공간적인 분포를 표시하였다. 이양 후 물대기를 시작한 6월에는 약간 감소되었으나, 기온이 높고 작물의 성장이 빠른 7월에는 최대로 증가되었다. 7월 이후에는 수확기에 이를 때까지 지속적으로 감소되었으며, 수확 후 다시 증가되었다. 유기물 함량의 공간적 변화는 표준 편차가 0.45%로서 시간적 변화에 대한 표준 편차 0.42%와 비슷한 수준이었다.



(a) 월별 변화 (b) 8월 변이 지도  
그림 7 유기물 함량 변이 분포

토양 산성도는 5.5-6.2 범위에서 변화되었다. 이양 전에는 산성도가 높았으나 담수하기 시작한 6월 이후에는 낮아졌으며, 7월 이후에는 비가 본격적으로 성숙기에 이르면서 점차로 증가되었다.



(a) 월별 변화

(b) 9월 변이 지도

그림 8 토양 산성도 변이 분포

#### 4. 요약 및 결론

국내의 벼농사에 적합한 정밀 농업의 개념을 정립하고, 이를 구현하기 위한 구체적 방법을 수립하기 위하여 논 토양을 선정하고 작물 생육기간 동안 매월 토양 성분의 변화를 측정하였다. 질소, 인산, 칼륨, 유기물, 토양 산성도에 대한 시간적, 공간적 변이를 측정하고 이를 분석하였다. 인산 성분의 경우에는 상관 계수가 0.6으로 공간적 변이의 지속성이 잘 나타났으며, 칼륨 성분, 유기물, 토양 산성도는 시간이 지남에 따라 분포 상태가 빠르게 변화되어 공간적 변이의 지속성이 없는 것으로 판단된다. 따라서 질소, 칼륨 성분의 경우 물대기를 같이하는 한 포장에서는 공간적인 분포보다는 시간적인 변화를 위주로 그에 따른 처리를 수행하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 반면, 인산 성분의 경우 공간적 구획을 세분화하여 국부적인 처리를 수행하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

정밀 농업의 목적은 포장 상태에 따라 가변 처리를 통하여 자원을 절약하고 환경 오염을 방지하는 데 있다. 이상적으로는 작물에 따라 모든 환경 요인과 양분, 수분의 조건을 고려하여 성장 모델을 구축하고 이를 이용하여 특정 시점에서 가장 필요한 처리를 하여야 한다. 작물의 생장은 수많은 변수가 포함되는 복잡한 과정으로서 완벽한 성장 모형을 구축하기는 어렵다. 그러나, 비료 성분의 함량에 따라 결핍, 보통, 과다 정도의 구분이 가능한 모형이라면, 가변 처리를 결정하는 데 크게 도움이 될것으로 기대된다.

#### 5. 참고 문헌

1. 정선옥, 박원규, 장영창, 이동현, 박우풍. 1999. 소구획 경작지에서의 비 수확량 지도 작성. 한국 농업기계학회지 Vol.24(2) : 135-144
2. 조성인, 강인성, 최상현, 여운영. 2000. 지리정보 시스템을 이용한 소구획 경작지 내의 가변적 시비 처리량 결정. 한국 농업기계학회 동계학술대회. Vol.5(2) : 548-553