

가변 시비량에 따른 벼 반사도 특성에 관한 연구

Reserch of rice reflectance about variable amount of applied fertilizer

이호상* 김경욱*
정희원 정희원
H. S. Lee K. U. Kim

1. 서론

부족한 노동력을 대체하기 위하여 농작업 기계화가 진행되면서 농지와 작물에 투입하는 농자재의 양을 통계적인 방법으로 결정하게 되었다. 그러나, 농경지와 작물의 상태를 평균적으로 처리하여 결정된 시비량, 관개량, 토성, 수확량으로는 포장전체에 대하여 균일한 파종을 하고 비료, 농약 등을 균일하게 처리했음에도 불구하고 포장의 각 위치에 따라 수확량이 달라지는 것을 설명할 수 없기 때문에 포장 내에 존재하는 각 위치별 속성의 변이를 인정하는 새로운 접근방법이 필요했던 것이다. 개개의 포장은 토질, 영양분, 관개수의 흐름, 병해충 저항정도 등이 각기 달라 생산된 농산물은 질과 양에서 다른 특질을 갖는다. 한 포장 내에서도 이러한 차이는 존재하기 때문에 포장의 각 부분에 대한 특성을 이해하고 그 특성에 맞는 처리가 이루어져야 하며, 이에 따라 궁극적으로 적은 투자에서 최대의 혹은 최적의 수익을 얻을 수 있다는 것이 정밀농업의 개념이다.

본 연구는 가장 적정한 양의 비료가 주어졌을 때의 농작물의 생육상태와 그렇지 않았을 때의 생육상태를 조사, 군락반사율과 비교함으로써 질소영양상태(NNI)의 비파괴적인 추정방법을 설정하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 시험 포장 및 측정 항목

시험 포장은 서울대학교 농업생명과학대학 실습농장 내의 논을 이용하였다. 길이가 52.2 m, 폭이 36 m인 직사각형 포장이었다. 전체 면적은 1879.2 m² 으로서 일조가 충분하고 관, 배수 시설이 우수하여 물 관리가 용이하였으며, 생육 환경도 우수하였다. 시험 포장에 대한 변이 지도를 작성하기 위하여 일정한 크기로 포장을 구획하였다. 구획의 크기는 12m × 17.4m로 하였으며, 수비 시비 이전에는 총 9개, 수비 시비 이후에는 45개의 구획으로 시험 포장을 세분하였다. Table 1은 시험 포장의 구획과 각 구획의 좌표를 나타낸 것이다.

* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 농업기계전공

	12m		
17.4m	T9-5	T8-5	T7-5
	T9-4	T8-4	T7-4
	T9-3	T8-3	T7-3
	T9-2	T8-2	T7-2
	T9-1	T8-1	T7-1
	T6-5	T5-1	T4-5
	T6-4	T5-2	T4-4
	T6-3	T5-3	T4-3
	T6-2	T5-4	T4-2
	T6-1	T5-5	T4-1
	T3-5	T2-5	T1-5
	T3-4	T2-4	T1-4
	T3-3	T2-3	T1-3
	T3-2	T2-2	T1-2
	T3-1	T2-1	T1-1

Table 1 Test Area & Area No.

측정은 분얼수, 질소함량, 건물중, 엽면적, 엽록소, 군락반사율을 항목으로 출수 전까지는 10일 간격으로, 출수 이후에는 7일 간격으로 하였다. 토양 중의 질소 함량과 물리 화학성을 알아보기 위하여 실험구의 토양을 채취하였으며, 모내기 전에 가급적 질소함량과 물리화학성을, 영화분화기에 토양 중의 무기태 질소함량을 알아보았다. 엽록소 함량은 휴대용 엽록소 함량 측정 기기인 Chlorophyll meter SPAD 502를 이용하여 측정하였다. 또, 군락반사율은 휴대용 스펙트럼 측정기기인 GER1500 vegetation analyzer를 이용하여 측정하였다. 수확과 관계된 변수는 수량과 품질을 대상으로 하였다. 수확 직전 시험 포장의 각 구획에서 일정량의 샘플을 채취한 후, 이를 분석하였다. 채취된 표본에서 이삭 수, 천립중, 등숙률, 수확량을 측정하였다. 천립중과 등숙률은 수확된 산물을 이용하여 측정하였으며, 산물의 수량을 표시한 수확량은 수확물의 중량을 10a당 kg 수로써 나타내었다. 아래는 본 연구에서 조사한 변이 측정 항목을 나타낸 것이다.

• 조사항목

(1) 군락반사율 측정

- 측정시기 : 영화분화기
- 측정기기 : GER1500 vegetation analyzer

(2) 식물체 분석

- 영화분화기 : 건물중, 질소함량

나. 재배력

벼 재배 기간에 실시한 파종, 이앙, 시비, 방제 등 작업의 시기와 그 내용을 기록한 재배력은 다음과 같다. 4월 24일 모판당 130g으로 파종 작업을 실시하였으며, 5월 22일 이앙 작업을 실시하였다. 품종은 화성벼를 선택하였다. Table 2는 이앙 작업과 그 내용을 기록한 것이다.

작업 방법	시기	품종	면적
손이앙	2001. 5. 22	화성벼	1879.2 m ²

Table 2 Rice transplanting

시비는 기비, 분얼비, 수비로 나누어 실시하였다. 기비는 이앙 전에 시비하고, 분얼비는 묘 분얼기에 시비하였다. 수비는 이삭이 팠 무렵 시비하였다. 질소, 인산, 칼륨 비료는 각각 요소, 용과린, 엽가를 사용하였다. 질소의 경우 기비, 분얼비, 수비를 각각 40%, 30%, 30%로 나누어 시비하였으며, 인산은 전량 기비로 하였다. 칼륨은 기비와 수비를 각각 70%와 30%로 나누어 시비하였다. 기비는 이앙 전인 5월 21일에 시비하였으며, 분얼비는 분얼기에 3차례로 나누어 시비하였다. 1차 분얼 시비는 6월 2일, 2차는 6월 12일, 3차는 6월 21일에 각각 시비하였다. 수비는 7월 18일에 시비하였다. Table 3은 시비 작업의 시기와 시비량을 나타낸 것이다. 시비량은 단위 면적당 기준 시비량과 포장의 면적에 따라 결정된다.

구분	기비			분얼비			수비	
시기	2001.5.16			2001.6.2	2001.6.22	2001.6.22	2000. 7.20	
항목	요소 (40%)	용과린 (100%)	엽가 (70%)	요소 (30%)			요소 (30%)	엽가 (30%)

Table 3 Fertilization & amount of applied fertilizer

다. 측정

측정 작업은 수비 시비 전에는 10일 간격, 수비 시비 이후에는 7일 간격으로 실시하였다. 측정 항목은 분얼수, 질소함량, 건물중, 엽면적, 엽록소, 군락반사율이었다. 시험 포장은 수비 시비 전에는 9개, 이후에는 45개의 구획으로 세분되어 각 구획에서 3번 반복 측정하여 그 평균값을 측정치로 이용하였다. 군락반사율의 측정과 병행하여 다른 항목도 함께 측정하였는데, 군락반사율 측정이 날씨의 영향을 많이 받기 때문에 우천 시에는 시기를 변경하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건물중과 질소 함량과의 관계

건물중과 질소함량 N%는 6월 3일 처음 측정하였으며, 이후 총 16번 측정하였다. 각 처리구에서 3개씩의 샘플을 채취하여, 부위별로 건물중을 측정한 후에 합산하여 평균을 낸 것을 단위 면적당 무게(g/m²)로 환산하였다.

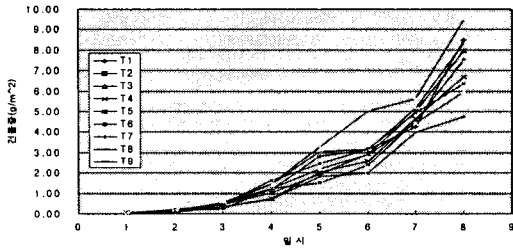


Fig. 1 Time variation of dry weight
(3, June~14, Oct)

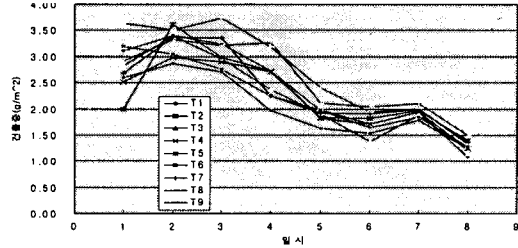


Fig. 2 Time variation of N%
(3, June~14, Oct)

Fig. 1과 Fig. 2를 보면, 건물중의 시간변이는 점차 높아지는 대신에 N%의 시간변이는 점차 낮아지는 것을 알 수 있다. 이는 시비에 의해 질소 공급이 일정한데 반해, 건물중이 늘어남에 따라 N%는 낮게 나타나기 때문이다.

나. 엽록소 함량의 시간적 공간적 변이

엽록소 함량은 6월 3일 처음 측정된 후 총 16회에 걸쳐 같은 방법으로 측정하였다. 휴대용 엽록소 측정장치를 이용한 SPAD 값을 이용해 엽록소 함량을 추정한다. 측정 방법은 각 샘플당 3회씩, SPAD를 3회 측정하여 평균을 내는 방식으로, 각 샘플마다 총 9회를 측정하여 평균값 3개씩을 얻어내었다. 측정 결과를 이용하여 엽록소 함량의 시간적 변화와 변이 분포를 분석하였다. 아래는 SPAD의 시간별 공간변이를 나타낸 지도이다.

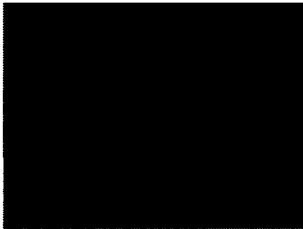


Fig. 3 Map for SPAD
(12. June)

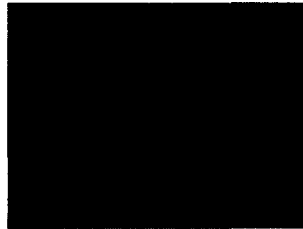


Fig. 4 Map for SPAD
(2. July)

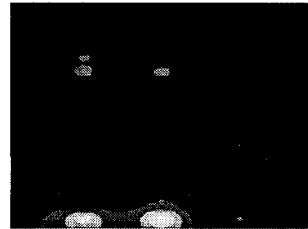


Fig. 5 Map for SPAD
(27. July)

SPAD 변이 지도는 분얼 시기까지는 질소의 가변 시비량을 따르는 성향을 보이다가 분얼기 이후에는 평균화되는 경향을 보인다.

다. 균락반사율의 공간적 변이

균락반사율은 각 구간별로 측정하고, 바로 측정부분에서 샘플을 채취하여 이하 다른 측정항목을 측정하였다. 균락반사율은 휴대용 스펙트럼 측정장치인 GER1500을 이용하였다. 구간이 9개였을 때에는 각 구간별로 5개씩 측정하고, 45개로 세부 구간을 나눈 후에는 각 구간별로 3개씩 측정하였다.



Fig. 6 Map for N%
(12. June)(T1, T7, T9)



Fig. 7 Map for N%
(2. July)(T1, T5, T8)

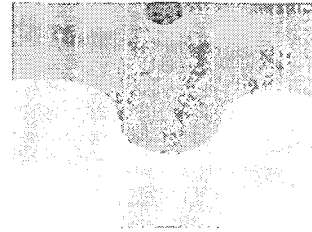


Fig. 8 Map for N%
(11. July)(T2, T5, T8)

위에서 보는 것과 같이 각 공간변이 지도로부터 색이 가장 엷은 곳, 제일 진한 곳, 중간 색인 곳의 3구간을 선택하였다. 각 그림 아래 적혀있는 괄호 안의 구간 번호가 그것을 의미한다. 선택된 구간에서 각 파장별 반사도를 측정하여 그 상관관계를 알아보았다. 파장은 Blue, Green, Red, NIR의 4가지로 구분하였고 각 파장대역은 아래의 표와 같다.

구분	Blue	Green	Red	NIR
파장대역	450~520	520~600	630~690	760~900

Table 4 Blue, Green, Red, NIR

위의 Blue, Green, Red, NIR의 경우에서 Blue 파장대역의 경우는 질소함량과의 상관관계가 희박한 것으로 보인다. Red 파장대역이 가장 큰 상관관계를 보이는데 이는 생장시기에 따른 차이가 거의 없으므로, Red 파장대역이 질소함량을 나타내는 척도로 사용할 수 있다고 생각된다. 단, 오차가 생길 수도 있으므로, 다음으로 상관관계가 높은 Green이나 NIR 파장대역을 질소함량 측정의 척도로 함께 사용하는 것이 오차를 줄일 수 있는 방법이라고 생각되어진다. Green과 NIR 중에서 NIR의 경우 각 구간별로 반사도의 폭이 차이가 넓어서 질소함량의 차이를 확연히 드러낼 수 있는 것으로 생각되어진다.

따라서 아래와 같이 Red와 NIR 파장 대역을 동시에 측정하는 것이 질소함량을 보다 정확히 추정하는 방법이 될 것으로 보인다.

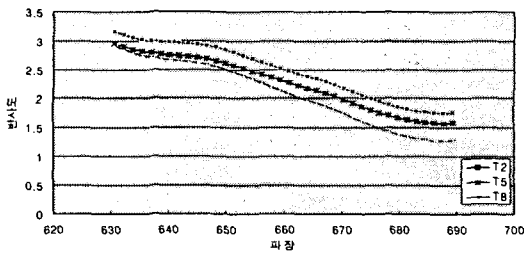


Fig. 9 Red Reflectance Graph (27. July)

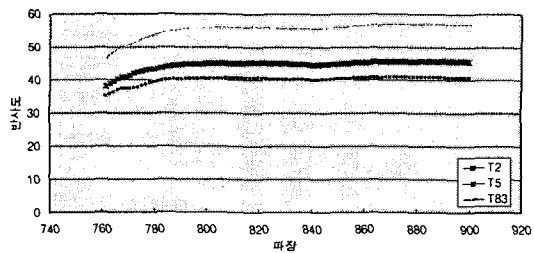


Fig. 10 NIR Reflectance Graph (27. July)

라. 가변 시비량에 따른 균락반사율의 관계

각 구간별로 가변 시비량에 따라 균락반사율이 어떤 차이를 나타내는 지에 대해서 알

아보았다.

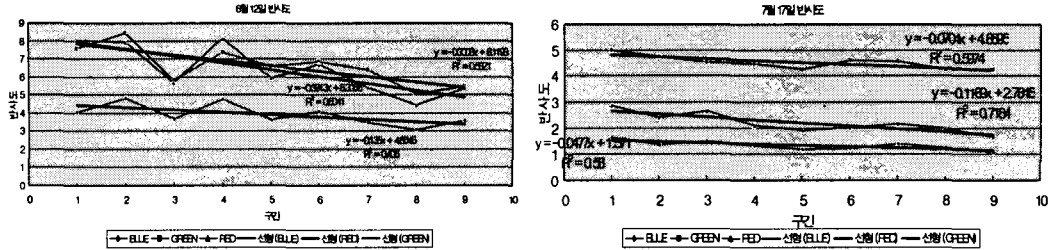


Fig. 11 Time variation of each areas (12, June) Fig. 12 Time variation of each areas (17, July)

위의 그림들을 보면, 다른 파장의 반사도보다 Red의 R^2 값이 가장 상관관계가 큰 것을 알 수 있다. 따라서 Red 파장을 이용하면 기준인 T5를 중심으로 시비량의 많고 적음에 따른 추세를 알 수 있다. 그러나 시비량에 따른 반사도의 절대값은 알 수 가 없다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 국내의 벼농사에 적합한 정밀 농업의 개념을 정립하고 이를 구현하기 위한 구체적인 방법을 수립하기 위하여 기초적인 연구를 수행하였다. 서울대학교 농업생명과학대학 실험농장의 시험 포장을 선정하여 12m×17.4m 크기로 9개의 구획을 설정하였다. 각 단위 구획에서 벼의 생육 기간 중 일정 간격으로 분얼수, 질소함량, 건물중, 엽면적, 엽록소, 균락반사율을 조사하였으며, 각 측정치 사이의 상관 관계를 조사하였다.

상관 관계는 세 방향에서 분석하였다. 첫번째는 건물중과 N%와의 상관관계를 조사하였다. 건물중은 시간에 따라 증가하였으나 N%는 건물중의 증가에 의해 점점 줄어들었으며 공간적인 차이도 시간이 지날수록 줄어들었다. 둘째는 N%와 균락 반사율의 관계를 추정하였다. N%별로 균락반사율의 측정값을 비교하였으나 특정한 상관관계가 나타나지 않았다. 셋째는 균락반사율과 가변시비에 따른 구간별 차이를 규명하여 질소영양상태의 비파괴적인 추정방법을 설정하였다. 각 일시별로 측정한 균락반사율 측정값에 따르면, Red에 의한 질소함량 추정방법이 가장 효과적인 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 가변시비에 의한 벼의 생체량의 변화, 구간별 균락반사율을 조사하고 이들의 공간적, 시간적 변이의 특징을 구명하여, 균락반사율과 벼의 질소영양상태의 상관관계를 밝히고자 하였다. 연구 결과에 의하면 균락반사율의 Red에 의한 질소추정방법이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김준환. 2001. 벼의 한계질소농도 구명 및 균락반사율에 의한 질소 영양상태 추정연구
2. 홍석영. 1999. 원격탐사 자료를 이용한 벼 생육정보 분석 및 재배면적 추정.
3. 박원규 외 4. 2000. 정밀농업을 위한 농업기계 시스템. 서원