

분광반사특성으로 본 벼의 물 스트레스 반응

Water Stress Reaction of Rice that see as Spectral Reflection Characteristics

신 용 희* · 박 종 화 · 이 상 혁 (충북대)

Shin, Yong Hee · Park, Jong Hwa · Lee, Sang Hyuk

Abstract

Water stress measurements of rice that use spectral reflection characteristics have been conducted to detect a water stress of rice during growing stage. Water stress reaction was measured using a spectroradiometer in the wavelength range from 300nm to 1100nm. In order to maintain all the experimental conditions, the measurement time have been settled at a fixed solar radiation times. Spectral reflectance were measured as a function of the moisture content.

The results indicate that the spectral reflectance of rice was dependent on moisture content. As the moisture content is lowered the spectral reflectance of rice formed in NIR wavelength range increased. This effect can be best explained in terms of water stress.

I. 서론

최근 들어 한반도를 비롯한 세계 각지의 도시화와 산업화의 급속한 발전은 이상기온과 온난화현상의 원인이 되고 있으며, 농경지의 건조, 사막화와 같은 농업환경변화를 가속화시키고 있다. 이러한 환경변화가 농업생태계에 미치는 영향을 평가하고 대책을 마련하기 위한 방안에 대해서는 많은 연구가 실시되고 있다. 그 결과 앞으로의 환경변동에 대한 예측과 영향조사를 위한 식생모니터링의 필요성이 제안되고 있다.

고온과 건조 등의 반복은 근년에 자주 찾아오는 한해와 깊은 관계를 가지며 이로 인해 농작물은 많은 피해를 입고 있다. 특히, 녹색식물의 고사와 수목의 기력을 저하시키거나 벼의 고사 원인이 되기도 한다. 고사원인으로는 열과 물 등에 의한 스트레스작용으로 생각되나 그 메커니즘이 밝혀져 있지 않아 해결해야할 과제로 남아있다. 여기서, 스트레스는 생물학적 견지에서 작물의 생체에 나쁜 영향을 미치는 외부요인이라 할 때, 자연상태나 재배환경에서의 식물은 계속적으로 기후의 변화 속에서 스트레스에 노출되어 있다. 특히, 한발과 같은 물 스트레스는 식물의 발아와 생육 등에 상당한 영향을 미치는 것으로 추정된다.

본 연구는 리모트센싱(RS)기법을 이용하여 벼의 스트레스를 조기에 검출할 수 있고 적절한 모니터링방법을 찾아내기 위하여 물 스트레스를 부여한 벼의 분광반사특성을 측정하고 검토한 결과를 제시하고자 한다.

II. 실험방법 및 재료

1. 분광반사측정

벼의 분광반사특성을 알아보기 위해 실험포장에 심어져 있는 벼와 서로 다른 두 시기의 벼를 배지(50cm×40cm)에 옮겨 심어 이들에 대한 분광반사특성을 측정하였다. 반사율의 계산은 표준 백색판(반사율99%)에 입사되어 반사되는 전자파량($I_r(\lambda)$)을 100으로 하고 시료에 입사되어 반사되는 전자파에너지($I_a(\lambda)$)를 측정하여 그 비 $R(\lambda) = \frac{I_a(\lambda)}{I_r(\lambda)}$ 를 반사율로 하였다.

2. 재료 및 실험방법

재료는 크게 두 가지로 준비하였다. 첫 번째 시료는 모내기 후 1주일이 지난 어린 묘(품종 : 화신)를 임의배지에 옮겨 심어 실험을 하였고 두 번째 시료는 수잉기의 약 90cm의 벼를 실험 대상으로 하였다. 두 번째 시료는 벼를 임의 배지에 옮겨 심은 후 3일 동안 생육에 지장이 없도록 수분을 충분히 공급하면서 자연광이 비치는 곳에서 상태를 유지하였다. 3일 후 Fig.1과 같이 Spectro-radiometer(Li-1800, 측정파장역 : 300~1100nm, 측정간격 10nm)에 Telescope을 연결하여 분광반사에너지를 측정하였다. 물 스트레스의 영향을 알아보기 위해 점차적으로 수분을 줄여가면서 측정을 계속하였다.

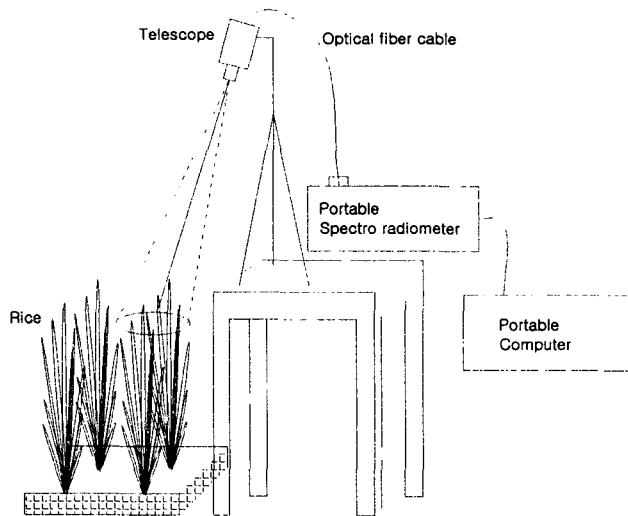


Fig.1 Schematic diagram of the measuring instrument

측정은 태양고도의 영향을 고려하여 맑은 날씨에 오전 11시에 측정을 시작하여 오후 2시까지 끝내는 것으로 하였다. 분광반사측정과 함께 토양의 함수비와 벼 잎의 수분함유량 및 벼 잎의 색도를 알아보기 위하여 벼 잎을 스캔하여 색도조사를 실시하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 어린 벼의 분광반사특성

Fig.2는 충북대학교 농장의 5군데 실험포장에 이앙후 5일된 벼의 분광반사특성을 조사하여 반사율을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 여기서, farm 1, 2, 3조건은 이앙 후 5일된 벼 뿌리부분의 흙 표면이 촉촉하게 적신 상태의 논이다. farm 5와 6은 벼 주위에 수심이 1~2cm정도로 물이 차 있는 상태의 포장이다. 그림과 같이 farm 1, 2, 3조건은 파장이 450nm(Blue)와 670nm(Red)의 두 점을 축으로 반사율이 변화하는 특징을 나타낸다. 또한, 어린 벼의 분광반사특성은 토양의 분광반사특성과 잎 면적이 적은 작물의 반사특성이 서로 혼합된 형태를 나타낸다. farm 5와 6조건은 파장이 450nm(Blue), 670nm(Red)와 근적외선 파장대의 960nm의 세 점을 축으로 반사율이 크게 변화한다. 이 경우는 토양의 분광반사특성보다는 잎 면적이 적은 작물의 반사특성과 물의 반사특성이 서로 혼합된 형태의 특징을 나타낸다.

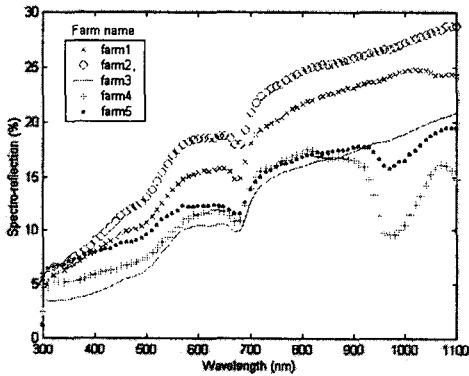


Fig.2 Spectral reflectance characteristics of farmlands

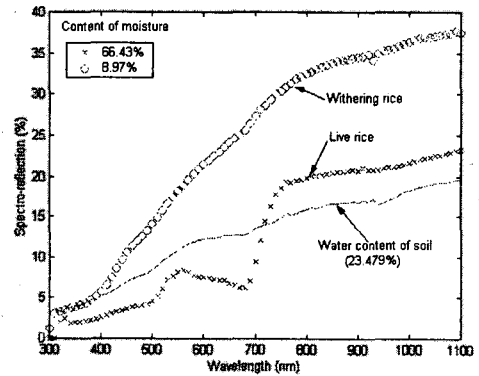


Fig.3 Spectral reflectance characteristics of live and withering rice

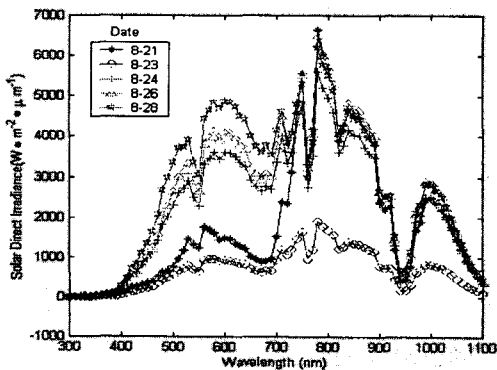


Fig.4 Spectral reflection spectrum at various date

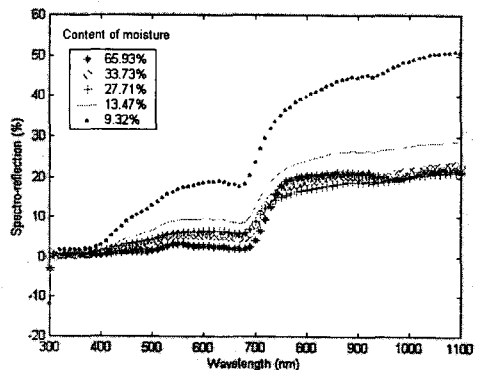


Fig.5 Spectral reflectance characteristics of young microspore stage rice at various moisture content

이와 같은 반사율저하는 위에서 나타낸 450nm(B)와 670nm(R)의 두 파장대에서 클로로필 a와 b를 흡수함으로써 나타나는 특징이라 할 수 있다. 또한, 700nm이상의 파장대에서는 토양의 높은 분광반사특성에 비의 조직과 잎의 구조에 의한 영향으로 높은 분광반사특성을 나타낸다.

Fig.3은 논흙(빨간 실선)과 생육조건이 서로 다른 어린 벼의 반사율을 나타낸 곡선이다. 여기서, ×는 잎의 수분 함유율이 66.43%일 때의 반사율곡선이고 ○는 잎의 수분함유율이 8.97%로 어린 벼 잎이 고사한 경우의 반사율곡선이다. 살아있는 어린잎의 경우 가시광파장대의 550nm(Yellow-green)에서 잎이 가지고 있는 색소의 특징을 나타내며, 670nm(Red)의 파장대에서 클로로필색소의 영향으로 흡수되어 반사율이 낮아지는 특징을 보인다. 고사한 벼의 경우는 흙의 반사율에 더하여 고사한 잎 조직의 반사율이 더해지는 형태로 파장의 증가와 함께 반사율이 높아지는 경향을 나타낸다.

2. 스트레스 처리한 벼의 분광반사특성

물 스트레스는 자연 식생 및 경작작물의 생산성을 제한하는 마이너스요인이다. 따라서, 그러한 물 스트레스 과정을 알아보기 위하여 벼의 생육과정 중 자연 건조과정에서 나타나는 물 스트레스에 관해 관찰해 보았다. Fig. 4는 실험날짜별 입사광의 광량 변화를 측정된 것이다. 여기서, 8월21일은 가시파장대에서 그리고 8월23일은 전 파장대에서 광량이 매우 적게 나타났으나 이러한 문제점을 최소로 하기 위해 반사율 개념을 도입하여 정리하였다.

Fig. 5는 수잉기 벼의 수분함유율에 따른 반사율곡선을 나타낸 것이다. 반사특성은 400nm이하의 파장대에서는 서로 유사한 변화패턴을 보이나 가시광파장대와 근적외파장대에서는 반사율을 폭이 점차 커 가는 변화패턴을 나타낸다. 그림과 같이 잎의 수분함유율의 변화에 따른 반사율의 변화 특징은 수분함유율이 감소함에 따라 벼 잎의 반사율이 400~700nm에서 증가하는 경향을 나타낸다. 이는 물 스트레스에 의해 식물의 잎이 점점 말라가면서 위조점을 지나 고사하는 과정을 나타내는 것으로 생각된다. 식물이 물 스트레스를 받을 경우 기공이 폐쇄되고 체내에 CO₂를 흡수할 수 있는 양이 감소하여 식물체의 크기 및 수량의 감소 등을 나타내므로 앞으로 이러한 관계의 파악과 정립이 요구된다.

IV. 결론

물 부족에 따른 벼의 물 스트레스 반응에 대해 분광반사율을 측정하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 어린 벼 잎의 분광반사특성으로 일정 파장대에서 클로로필의 흡수에 따른 반사율저하 특징이 확인되었다. 근적외파장대에서는 벼의 조직의 영향이 분광반사특성을 좌우하는 것으로 나타났다.
2. 벼 잎은 수분함유량의 변화에 따라 물 스트레스반응이 일정한 패턴의 반사율곡선으로 변화하는 경향과 특징이 파악되었다.

참 고 문 헌

1. Derek R. Peddle외 3인, 2001, Reflectance processing of remote sensing, Computers & Geoscience, Vol.27 No.2, pp.203-213