

밭작물의 분광반사특성과 식생지수

Spectral Reflectance Characteristics and Vegetation Indices for Field Crops

박종화(충북대)* · 신용희(수자원연구원) · 박민서(충북대)
Park, Jong-Hwa · Shin, Yong-Hee · Park, Min-Seo

Abstract

This research determined the spectral reflectance characteristics and vegetation indices when intermixed with field crops and soil. Ground-level spectral reflectance were collected in the field experiment containing plots of soybean and other seven crops. The first and second derivative of reflectance spectra showed several peaks that were dependent in different degrees on leaf age and chlorophyll concentration in the crop leaves. This study evaluated a number of spectral indices for estimating chlorophyll concentrations at the leaf scale difference, using samples from field crops at various stages of senescence. Five vegetation indices were evaluated which had advantages over previous techniques. Experimental data recorded on field crops during the growing season are in good agreement with previous theoretical results.

I. 서론

밭작물의 분광반사특성은 성장과정에서 토양과 작물의 피복 또는 멀칭을 위한 비닐 상호간의 작용에 의하여 나타나며, 피복형태는 대체적으로 도복 또는 매우 낮은 높이로 성장하는 것이 일반적이다. 또한 작물의 형태와 색상도 파와 같이 가는 형상의 작물에서부터 토란과 같이 넓은 광엽식물까지 매우 다양하다.

밭작물은 성장과정에서 영양분의 결핍 및 물 부족 등으로 인한 스트레스를 받을 경우 분광반사곡선의 일정 파장에서 변화를 보인다. 따라서 분광반사특성을 조사하면 작물의 성장에 따른 클로로필이나 크산토펜 등의 변화를 알 수 있고 작물의 상태파악이 가능하여 작물의 영양상태의 체크와 질병의 예방과 영양분의 적절한 공급이 가능할 것이다.

작물의 분광반사곡선에서 클로로필 양과 밀접한 관계를 갖는 지점이 700nm부근에서 형성되는 적색경계점(red edge)이다. 적색경계점은 토양의 경우 명확하지 않지만 작물은 일정 성장시기부터 뚜렷하게 나타나며 작물의 상태에 따라 그 위치와 크기도 약간 변화한다. 또한 분광반사곡선에서 일부 파장을 취하여 파장간의 조합으로 만들어지는 식생관련 지수들은 식생정보를 파악하는데 유용하게 활용되고 있다.

본 연구에서는 밭작물에 관한 분광반사특성을 파악하기 위해 8가지 밭작물에 관한 분광반사율을 조사하고 성장단계별 분광반사특성을 분석하였다. 또한 밭작물의 식생정보 파악에는 5가지 식생지수에 관하여 검토하고 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

밭작물의 분광반사의 측정은 충북 청주시 흥덕구 석곡동에 위치한 20×43m의 밭 포장에 식재된 밭작물에 대하여 실시하였다. 밭 토양은 모래 73%, 실트 19%, 점토 8%인 사양토(Sandy loam)이며, 초기 함수비는 14.6%이다. 측정 작물은 콩, 담배, 수박, 파, 토란, 무,

고추, 참외의 8가지이다. 발작물의 생육기간은 매우 짧아 작물에 따라 1~5개월 정도이므로 여기에 맞추어 측정기간은 2002년 5월 2일부터 8월 20일까지 조사하였다. 분광반사의 측정은 일정 시기별로 실시하고 작물에 따라서는 성장단계별 분광반사를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 발작물의 분광반사특성

같은 시기에 측정한 분광반사율 차이를 파악하기 위하여 2002년 6월 26일에 측정한 8개 발작물의 분광반사특성을 나타내면 그림 1과 같다. 발작물의 분광반사율곡선은 작물에 따른 정도의 차이는 있으나 담배를 제외하고는 거의 비슷한 패턴을 보인다. 적색경계(red edge, 700nm전후) 전의 가시광선파장의 반사율은 담배를 제외하면 10%미만을 나타낸다. 근적외선파장에서는 같은 녹색식물이라 할지라도 파와 같이 속이 비고 근조직이 약한 식물의 반사율이 낮은 반면 토란과 같이 잎 조직이 단단하고 잎 표면이 매끄러운 작물의 반사율은 2~3정도 높다. 반사율이 낮은 순서부터 정리하면 파<수박<참외<콩<담배<고추<무<토란의 순으로 나타났다. 이와 같은 특징을 파악하기 위하여 분광반사곡선에 대한 1차도함수와 2차도함수를 구하여 나타내면 그림 2와 3과 같다. 그림과 같이 크기는 4개 지점에서 도함수 값의 변화가 크며, 가장 큰 변화를 나타내는 지점은 작물에 따른 클로로필 등의 영향으로 인해 700nm전후의 적색경계(red edge)점이다. 이는 크게 작물의 성장정도와 색소농도에 따라 달리 표현되는 것으로 사료된다.

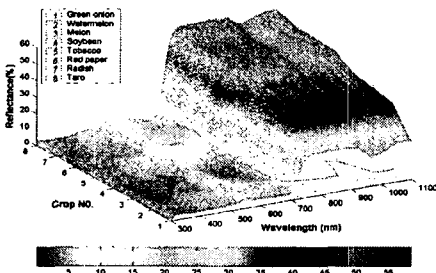


그림 1. 8가지 발작물의 분광반사특성

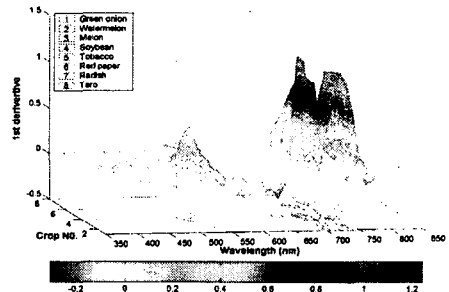


그림 2. 분광반사율의 1차도함수

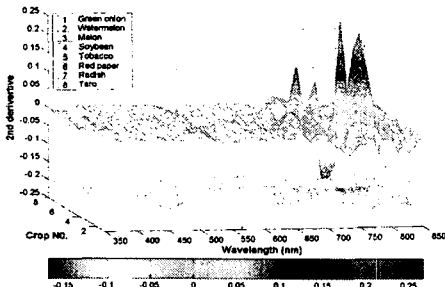


그림 3 분광반사율의 2차 도함수

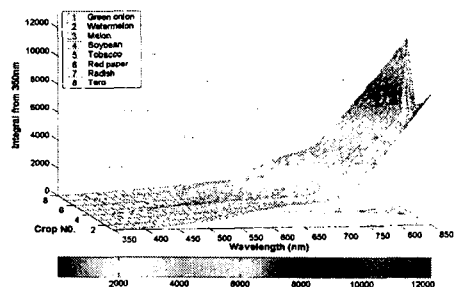


그림 4 분광반사율의 적분치

그림 4는 작물에 따른 특징을 알아보기 위한 방법으로 350nm부터의 적분치를 나타낸 그림이다. 여기서도 담배의 경우 다른 작물과 대조적인 차이를 보이는 것이 확인할 수 있었다.

8가지 작물 중 일반적인 발작물인 콩을 선정하여 검토해 보자. 그림 5는 콩의 일정시기에서의 분광반사특성과 이 곡선의 1차도함수, 2차도함수 및 350nm부터의 적분치를 나타낸 것이다. 발작물에 관한 특성 파악을 위하여 콩의 성장단계별로 분광반사율을 측정하여 나타내면 그림 6과 같다.

성장단계에 따른 특징을 정리하면 5월 20일은 정지한지 10일된 어린 콩의 반사율로 밭고랑에 썩은 비닐과 흙과 콩의 분광특성이 섞여 특히 가시광선 영역의 반사율이 다른 시기에 비해 높다. 8월 20일은 콩이 여무는 기간으로 콩잎과 줄기가 누렇게 변하여 Red과장대 550~650nm부근에서 반사율이 높게 나타났다. 그림 7의 1차 도함수에서 알 수 있듯이 가시광선영역에서는 4개 지점에서 큰 변화 폭을 보인다. 클로로필-a의 특징을 나타내는 400nm전후와 675nm, 520nm, 700~750nm의 적색경계(red edge)에서 명확한 변화를 보인다.

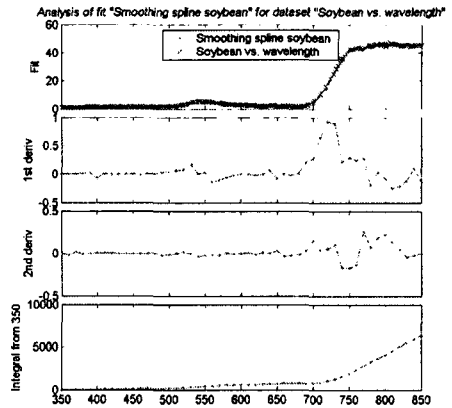


그림 5 콩에 대한 분광반사특성

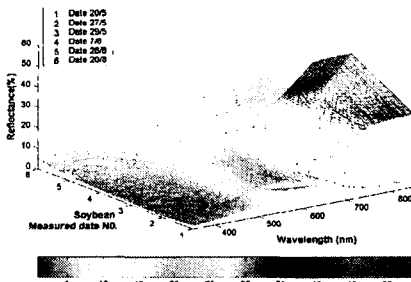


그림 6 콩의 성장단계별 분광반사곡선

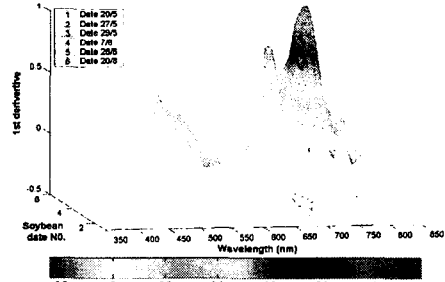


그림 7 콩의 분광반사곡선의 1차도함수

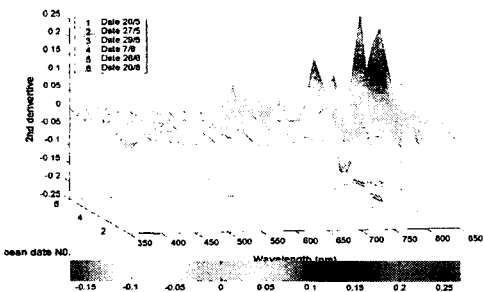


그림 8 콩의 분광반사곡선의 2차도함수

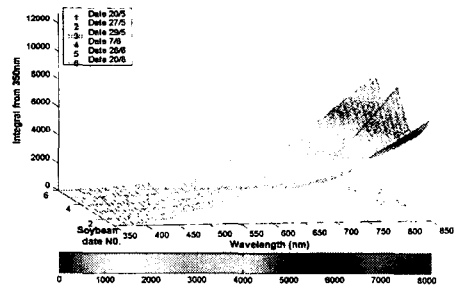


그림 9 콩의 분광반사곡선 350nm부터의 적분치

특히, 6월 7일은 반사율과 1차도합수가 가장 높은 곳으로 클로로필에 의한 영향이 가장 큰 시기라 할 수 있다. 이후는 콩이 깍지를 형성하며 에너지를 흡수하는 시기이기 때문에 반사율은 낮아지는 것으로 해석된다.

2. 발작물의 식생지수

발작물의 식생과 클로로필 파악을 위해 분광반사특성을 조사하여 5가지 식생지수를 구하여 나타내면 표 1과 2와 같다(Daniel; 2002). 콩의 경우 각 식생지수들 사이에는 약간의 차이는 있으나 전체적인 경향은 비슷한 변화패턴을 갖는다. 7월은 기상상태가 좋지 않아 측정 데이터가 없는 관계로 식생지수의 최고점은 명확하지 않으나 6월 26일까지는 콩이 성장하면서 필요로 하는 태양에너지를 흡수하고 활발한 광합성작용을 하여 식생지수도 점점 증가한다. 이 점을 기점으로 콩의 잎과 줄기의 성장보다는 콩깍지가 여물어가면서 잎의 노화가 진행되면서 각 식생지수는 다시 낮아진 것으로 해석된다. 이 관계를 전술한 콩의 생육단계에 따른 발작물의 분광반사특성 결과와 비교하면 식생조건의 생육단계에 따른 변화 특성을 잘 표현해준 것이라 할 수 있다.

표 1 발작물에 관한 식생지수

	SR705	ND705	MCARI	TCARI	OSAVI
Green onion	4.17	0.613	12.72	17.88	1.006
Watermelon	4.10	0.608	16.90	17.33	1.038
Melon	5.10	0.672	10.63	12.03	1.057
Soybean	1.48	0.193	55.03	53.0	0.782
Tobacco	5.67	0.700	6.49	8.55	1.062
Red pepper	4.37	0.628	13.7	13.23	1.056
Radish	3.11	0.514	5.69	10.08	0.864
Taro	3.82	0.585	2.68	5.08	0.895

표 2 콩의 생육단계별 식생지수

Date	SR705	ND705	MCARI	TCARI	OSAVI
May 20	1.514	0.204	4.38	9.52	0.453
May 27	1.785	0.282	3.33	7.21	0.558
May 29	2.184	0.372	13.0	15.23	0.857
June 07	3.986	0.599	27.14	20.47	1.075
June 07	5.667	0.700	6.49	8.55	1.062
Aug. 20	1.466	0.189	26.32	27.56	0.722

IV. 결론

RS기법을 이용하여 발작물의 생육단계별 분광반사특성과 식생지수를 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 녹색식물일 때 수확하는 발작물(파, 토란, 수박, 참외, 무 등)의 분광반사특성은 400~700nm의 반사율이 10% 미만으로 나타나며 작물이 성장할수록 클로로필의 증가로 반사율이 점점 낮아진다. 근적외파장대에서는 같은 녹색식물이더라도 파와 같이 속이 비고 근조직이 단단하지 않은 식물의 반사율이 낮은 반면 토란과 같이 잎의 조직이 단단하고 잎 표면이 매끄러운 식물의 반사율이 높게 나타나는 점이 확인되었다.
2. 발작물에 대한 분광반사율 자료를 이미 개발되어 있는 5가지 식생지수 식을 이용하여 계산하여 제시하였다.

참고문헌

1. Daniel A. Sims, John A. Gamon, 2002, Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages, Remote Sensing of Environment 81, p.340