

분광반사 특성을 이용한 식생피복율과 활력도 분리평가의 효용성

Utility of Separable Evaluation of the Vegetation Cover Rates and Vegetation Vigor Using Spectral Reflectance

최승필¹⁾ · 박종선²⁾ · 김형진³⁾

Choi, Seung Pil · Park, Jong Sun · Kim Hyung Jin

Abstract

Since vegetations are near the wavelength range in 700nm and have absorbent as well as reflective wavelength ranges, there is a much difference in terms of its reflection rate. There are currently many researches on vegetation index being conducted in order to apply the remote-sensing technology to vegetations using their characteristics of absorbent and reflective wavelength ranges. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Perpendicular Vegetation Index (PVI) have been most commonly used. It is usually the evaporation, carbon-dioxide consumption, and chlorophyll density that represent the activity of vegetation, but chlorophyll density is the most commonly used among them. Since the red wavelength range used to obtain the NDVI and PVI has a strong extinction of chlorophyll, it is also useful to test chlorophyll density. The NDVI, in particular, is used to identify the vegetation conditions summarily, and thus, is suitable for initiative researches. Nevertheless, since these vegetation index produce mixed information of the Vegetation vigor and vegetation cover, it is essential to monitor a wavelength range that is independent from redundancy of the Vegetation vigor and vegetation cover. Although many vegetation indices have evaluated both the vegetation vigor and Vegetation cover simultaneously, this research intends to emphasize the utility of separable evaluations of the Vegetation vigor and Vegetation Cover rate through an experiment with grasses. As a result of evaluating vegetation index using spectral reflectance, a separable evaluation of the vegetation vigor and cover has been found more useful.

Keywords : Vegetation cover rate, Vegetation vigor, Spectral Reflectance, Chlorophyll density

요 지

식생은 700nm 근처에서 명확한 흡수파장대와 반사파장대를 갖고 있으므로 그 반사율의 차이가 상당히 크다. 이러한 식생의 흡수 및 반사파장대에 착안하여 식생에 관한 리모트센싱 기법을 실행하기 위하여 많은 식생지수가 연구되어지고 있다. 현재, 일반적으로 많이 사용되고 있는 식생지수로는 정규식생지수(NDVI)와 수직식생지수(PVI)가 있다. 일반적으로 식생의 활력도를 나타내는 것은 증산속도나 이산화탄소 소비량 그리고 클로로필농도등이지만 주로 클로로필농도를 이용한다. NDVI나 PVI를 구하는데 이용되는 적색파장대는 클로로필의 흡광작용이 강하므로 클로로필 농도를 파악하는데도 유효하다. 특히 NDVI는 개략적인 식생상황을 파악하는데 주로 사용되기 때문에 초기조사에 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 식생지수는 활력도와 식생피복에 관한 정보가 혼합되어 있기 때문에 활력도와 식생피복간의 중복이 없는 독자적인 파장대에 대하여 모니터링을 할 필요가 있다. 지금까지 많은 식생지수는 식생의 활력과 식생피복이 혼재되어 있어서 함께 평가하였으나 본 연구에서는 활력도와 식생피복율을 분리평가하기 위하여 잔디를 이용한 실험을 행하여 분리 평가의 효용성을 강조하고자 하였다. 따라서 분광반사특성을 이용하여 식생지수를 평가한 결과 식생의 활력과 피복을 분리하여 평가하는 것이 바람직하다고 생각된다.

핵심용어 : 식생피복율, 식생활력도, 분광반사특성, 클로로필농도

- 1) 연결저자 · 정희원 · 관동대학교 건설교통공학부 교수(E-mail:spchoi@kwandong.ac.kr)
- 2) 정희원 · 관동대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail:lovepark@samcheok.ac.kr)
- 3) 관동대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail:kjhj@Kwandong.ac.kr)

1. 서 론

물질이 태양에너지를 받아 반사 또는 방사하는 전자파 세기의 분포를 이용해서 그 물질의 정체를 밝히거나 변화하는 현상을 알아내는 기술인 원격탐사는 광범위적이고 동시성을 지닌 데이터를 취득하기 용이한 장점을 가지고 있기 때문에 물, 토양, 식생, 온도, 환경 등에 광범위 하게 이용되고 있다.

그 중에서 식생은 환경, 식량 및 산림문제를 표현 하는 중요한 요소라 할 수 있고 다른 물질에 비하여 변화에 따른 분광방사의 특성이 나타나기 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다(최승필 등, 2004).

특히 원격탐사 자료로부터 식생의 생물리학적 특성을 나타내는 다양한 인자들을 밝혀내고자 노력해 왔으며, 이러한 노력의 대부분은 식생지수(VI:Vegetation Index)의 개발로 이어져 왔다(김주훈 등, 2003). 이러한 식생지수는 식생의 분광반사특성으로부터 700nm 이상의 근적외 파장대 정보에서 식생의 원격탐사에 유효하고, 가시광선 파장대도 효과적으로 이용할 수 있으며(김응남, 2003), 가시광선 파장대와 근적외선 파장대의 다양한 조합으로 만들어 낸 식생활력도를 나타내는 지표이기도 하다(박정술 등, 2005).

식생이 다른 물질에 비하여 특이한 분광방사 특성을 나타내는 이유는 광합성 색소 중에 클로로필이 존재하기 때문이다.

일반적으로 광합성색소는 300-500nm의 파장대에 있어서 전자파를 흡수하지만 클로로필은 다른 색소가 그다지 흡수하지 않는 적색파장대(600-700nm)에서 최고의 흡광도를 나타낸다(稻田勝美, 1984).

그리고 700-800nm에 걸쳐 반사율이 급격히 증가하며 근적외파장대(800-1300nm)에서 최고의 반사율을 나타낸다. 이와 같이 식생은 700nm 근처에서 명확한 흡수파장대와 반사파장대를 갖고 있으므로 그 반사율의 차이가 상당히 크다. 이러한 식생의 흡수파장대(600-700nm)와 반사파장대(750-850nm)에 착안하여 식생에 관한 리모트센싱 기법을 실행하기 위하여 많은 식생지수가 연구되어지고 있다.

현재, 일반적으로 많이 사용되고 있는 식생지수로는 정규식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)와 수직식생지수(PVI: Perpendicular Vegetation Index)등이 있다. 일반적으로 식생의 활력도를 나타내는 것은 증

산속도나 이산화탄소 소비량 그리고 클로로필농도등 이지만 주로 클로로필농도를 이용한다.

NDVI나 PVI을 구하는데 이용되는 적색파장대는 클로로필의 흡광작용이 강하므로 클로로필 농도를 파악하는데도 유효하다. 특히 NDVI는 개략적인 식생상황을 파악하는데 주로 사용되기 때문에 초기조사에 많이 이용되고 있다(양인태 등, 1999).

그러나 이러한 식생지수는 활력도와 식생피복에 관한 정보가 혼합되어 있기 때문에 활력도와 식생피복간의 중복이 없는 독자적인 파장대에 대하여 모니터링을 할 필요가 있다(平田泰雅 등, 1993).

지금까지 많은 식생지수는 식생의 활력과 식생피복이 혼재되어 있어서 함께 평가하였으나 본 연구에서는 활력도와 식생피복을 분리평가하기위하여 잔디를 이용한 실험을 행하여 분리 평가의 효용성을 강조하고자 한다.

2. 실 험

식생피복율과 활력도의 변화가 분광반사율에 미치는 영향을 조사하기위하여 샘플잔디에 열을 가하여 활력도를 저하시키고 동시에 식생피복율을 변화시켜 분광반사율을 측정하였다. 그리고 분광반사율을 측정한 후 샘플잔디를 절취하여 클로로필a 농도를 측정하였다.

2.1 샘플 잔디

샘플 잔디는 가로 세로 각30cm의 아크릴케이스에 식생피복율이 100%인 조밀한 잔디를 넣어 실험에 이용 하였다. 그리고 아크릴 하부에 지름5mm 정도의 구멍을 여러 개 뚫어 물 빠짐을 원활하게 하였고 흙 입자가 빠져나가는 것을 방지하기 위하여 바닥에 망사면을 깔았다(그림 1).

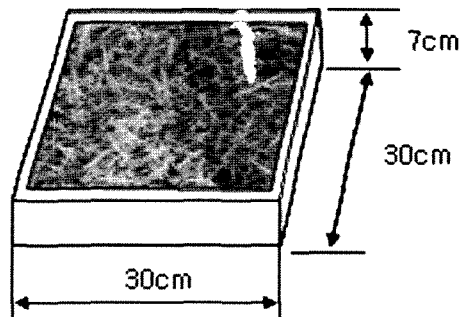


그림 1. 샘플잔디

2.2 활력도 변화

샘플잔디에 충분한 물을 주고 일정시간이 경과된 후 샘플잔디를 온도 40°, 습도 30%에 맞춘 오븐기에 0시간, 8시간, 16시간, 24시간 동안 넣은 후에 꺼내어 활력도 변화를 유도하였다.

2.3 식생피복율 변화

십자형태로 4등분한 잔디샘플에 대하여 100%, 75%, 50%, 25%, 0%로 식생피복율을 변화시켜 실험에 이용하였다(그림 2).

2.4 분광반사율 측정

제작된 샘플잔디로 실험실에서 노이즈를 최대한 줄이기 위하여 할로젠 전등아래서 분광반사계 FieldSpec® Handheld를 이용하여 측정하였다. 측정파장대는 325nm~1075nm이며, 1nm간격으로 측정 하였다. 또 이 분광반사계는 자체적으로 백색판을 기준으로 분광반사율을 계산한다. 측정에 사용된 분광반사계의 특징을 표 1에, 실험 장치를 그림 3에 나타내었다.

2.5 클로로필a 농도 측정

오븐기에서 꺼낸 샘플잔디에서 분광반사율 측정을 한 후 샘플잔디 0.5g을 정확히 계량하여 100cc의 DMSO (Dimethyl sulfoxide : $(CH_3)_2SO$)용액에 담긴 다음 용기

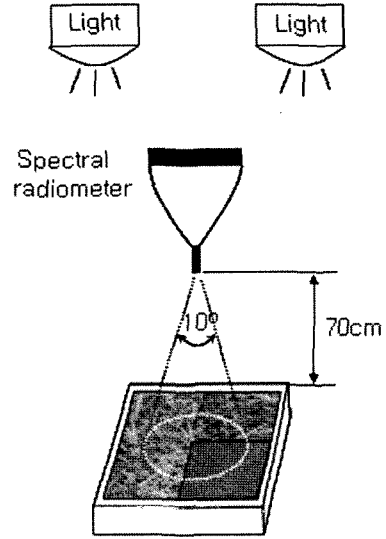


그림 3. 실험장치

표 2. 활력도 변화에 따른 함수량과 클로로필a 농도

활력도변화를 위한 경과시간(hour)	클로로필a 농도(mg/g)
0	1.096
8	1.078
16	0.975
24	0.879

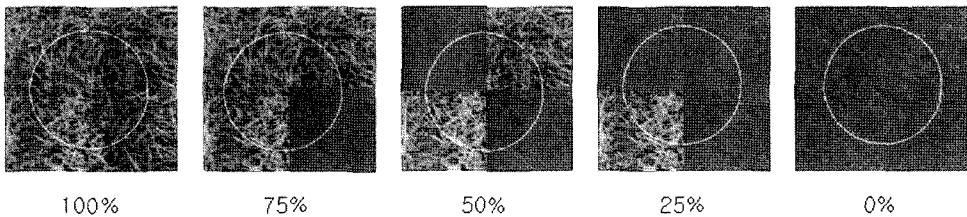


그림 2. 식생 피복율 변화

표 1. 분광반사계 사양

Name	FieldSpec® Handheld
Spectral Range	325~1075nm
Sampling Interval	1.0 nm @ 325-1075 nm
Detectors	512 Channel
Input (Sight Angle)	Fixed 25° field of view. Optional fiber optic and foreoptics available (1°, 10°)
Calibration	Wavelength, reflectance, radiance, irradiance.
Data Collection Rate (solar illumination)	0.7 spectra/second (solar illumination)

를 온도 80°C-90°C 인 건조로에 넣고 엽록소가 전부 탈색 되어 용액속에 포함되도록 하였다. 그리고 완전히 탈색된 용매를 취하여 분광광도계에 넣어 구한 클로로필a 농도를 표 2에 나타내었다.

3. 분광반사율

3.1 식생피복율 변화에 따른 분광반사율

오븐기에 넣기 전의 샘플잔디에 대한 식생피복율 변화에 따른 분광반사율을 그림 4에 나타내었다.

식생피복율 0%일 때를 제외한 식생의 특성은 가시광선 파장대(400~700nm)에 있어서 550nm에서 모두 최대의 반사 값을 나타내고 있다. 또 식생피복율의 감소에 따라서 클로로필등 식물색소의 감소로 인하여 680nm 부근 파장대에서 반사율이 최소가 됨을 보여주고 있다.

3.2 활력도 변화에 따른 분광 반사율

식생피복율 100%의 샘플잔디에서 활력도 변화에 따른 분광반사율 변화를 그림 5에 나타내었다.

시간이 경과됨에 따라서 흡수파장대인 720nm 이하 파장대에서는 반사율이 증가하고 720nm이상의 파장대에서는 반사율이 감소한다. 이러한 현상은 시간이 경과됨에 따라 활력도저하를 가져와서 이것에 수반되는 클로로필a 농도의 감소에 의한 것으로 생각된다. 분광반사율의 변화는 식생피복율 변화와 비교하여 변화율이 적고 610nm나 1050nm파장대에서 별다른 변화를 보이지 않고 있다.

4. 식생피복율과 활력도의 분리평가

종래의 식생지수인 NDVI, PVI는 식생의 흡수파장대(600~700nm)와 반사파장대(750~850nm)에 있는 분광 반사율을 이용하여 구하였다. NDVI는 지구규모의 자원 문제를 취급할 경우 관측지역이나 계절 등 관측조건 차이에 의해 발생하는 영향을 최소화하기 위해 제안되었으며 근적외파장대와 적색파장대를 이용하여 두 파장을 조합함으로써 계산할 수 있다(Rouse, 1974).

또한 PVI는 Richardson과 Wiegand(1977)에 의하여 처음 제시되었다. 여기서 식물의 생육단계를 나타내는 지표로서 “토양축”으로부터 직교거리를 사용하였는데 Kauth-Thomas 변환의 토양밝기지수와 유사하나 2개 밴드만을 이용한 회귀식이다.

$$NDVI = \frac{IR_{800} - RED_{680}}{IR_{800} + RED_{680}} \quad (1)$$

$$PVI = \frac{(B_{680} \cdot IR_{800} - B_{800} \cdot RED_{680})}{\sqrt{B_{680}^2 + B_{800}^2}} \quad (2)$$

여기서, RED₆₈₀ : 적색 파장대인 680nm의 반사율(샘플잔디)

IR₈₀₀ : 근적외 파장대인 800nm의 반사율(샘플잔디)

B₆₈₀ : 적색 파장대인 680nm의 반사율(흙)

B₈₀₀ : 근적외 파장대인 800nm의 반사율(흙)

이러한 식생지수는 활력도와 식생피복에 관한 모든 정보를 포함하고 있다. 그러나 NDVI나 PVI는 활력도와 식생피복율에 각각 영향을 미치고 있기 때문에 두 가지 모

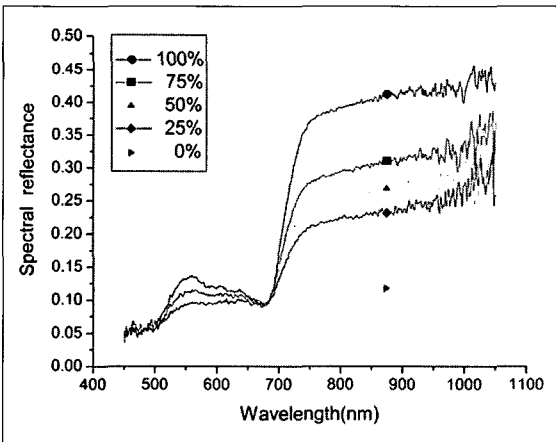


그림 4. 식생피복율 변화에 따른 분광반사율 변화

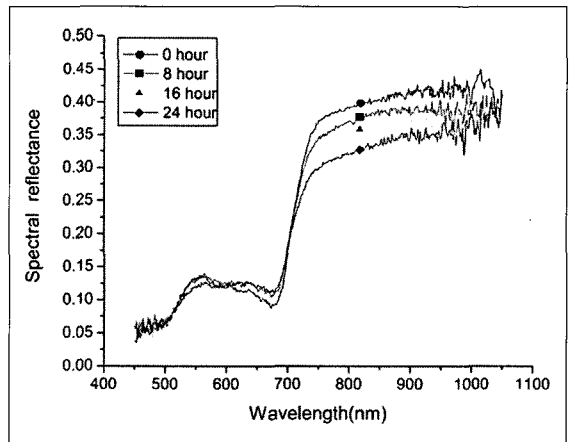


그림 5. 활력도 변화에 따른 분광반사율 변화

두를 평가하는 데는 문제가 있다. 따라서, 활력도와 식생 피복율을 서로 중복이 적은 독자적인 파장대를 이용하여 각각 따로 평가하여야 한다.

그림 5를 분석하여 보면 610nm 및 1050nm 부근의 파장대에서 활력에 따른 분광반사율의 변화가 거의 없기 때문에 610nm 및 1050nm부근의 파장대를 이용하여 식생 피복율을 평가하여야 한다. 그러나 1050nm파장대에서 노이즈가 다소 발생하는 경향을 보여서 보다 안정적으로 접근되어 있는 980nm의 파장대를 이용하였다.

이러한 파장대는 활력변화에는 그다지 영향을 미치지 않고, 식생피복율변화에 대하여는 일정한 변화를 보이고 있다. 즉, 이러한 파장대를 이용하면 보다 정확한 식생피복율을 얻을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 PVI의 원리인 샘플잔디와 흙과의 반사율 차이를 구하여 평균제곱근으로 나타낸 지수를 VCI(Vegetation Cover Index)라 하여 다음과 같은 식으로 나타내었다(伊藤健吾, 1997).

$$VCI = \sqrt{(RED_{610} - B_{610})^2 + (NIR_{980} - B_{980})^2} \quad (3)$$

여기서, RED_{610} : 적색 파장대인 610nm의 반사율(샘플잔디)

NIR_{980} : 근적외 파장대인 980nm의 반사율(샘플잔디)

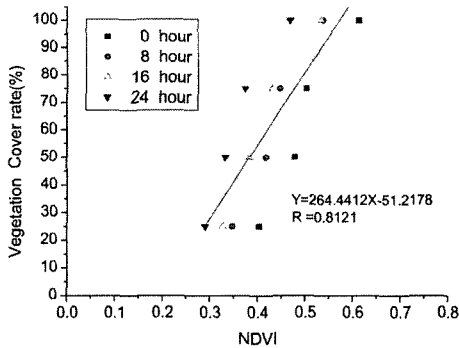
B_{610} : 적색 파장대인 610nm의 반사율(흙)

B_{980} : 근적외 파장대인 980nm의 반사율(흙)

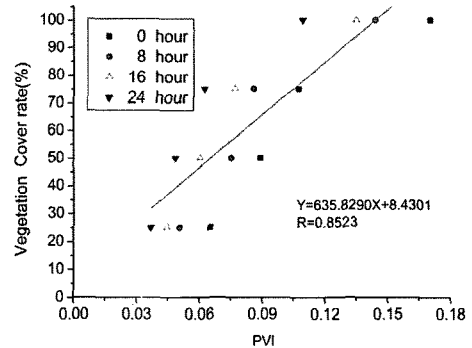
활력도와 식생피복율의 정보를 포함하는 PVI를 활력도의 영향이 거의 없는 식생피복율 지수 VCI로 나누면 식(4)와 같이 식생활력도지수 VVI(Vegetation Vigor Index)를 얻을 수 있다(伊藤健吾, 1997).

$$VVI = \frac{PVI}{VCI} \quad (4)$$

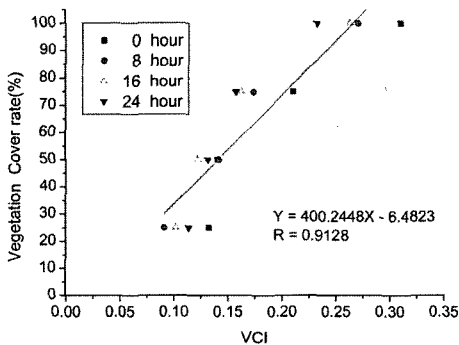
680nm와 800nm의 반사율을 사용한 NDVI, PVI 및 610nm와 980nm의 반사율을 사용한 VCI 그리고 PVI를 VCI로 나누어 나타낸 VVI와 식생피복율과의 관계를 그림 6에 나타내었다.



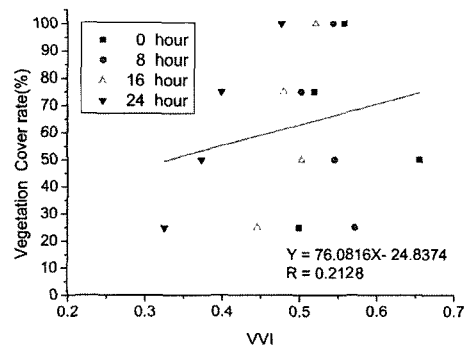
식생피복율과 NDVI



식생피복율과 PVI



식생피복율과 VCI



식생피복율과 VVI

그림 6. 활력도 변화에 따른 식생피복율과 식생지수 관계

VCI는 NDVI, PVI에 비하여 활력도 변화에 대한 분산이 적고 식생피복율과의 상관계수도 0.9128로 0.8121, 0.8523보다 상대적으로 높게 나타났다. 반면에 VVI는 상관계수가 0.2128으로 식생피복율과의 관계가 거의 없는 것으로 나타났다.

그리고 NDVI, PVI, VCI, VVI와 클로로필a 농도의 관계를 그림 7에 나타내었다.

VVI는 식생피복율에 영향을 받지 않고 클로로필a 농도와 비교적 높은 상관관계를 갖는다. NDVI, PVI, VCI와 클로로필a 농도의 상관계수는 0.5077, 0.3937, 0.1735로 낮은 상관관계를 보이고 있다. 이것은 NDVI, PVI, VCI가 활력도 변화의 영향뿐만 아니라 식생피복을 변화의 영향도 강하게 받기 때문이라 생각된다. 활력도 변화에 따른 식생피복을 및 클로로필a 농도에 대하여 NDVI, PVI, VCI, VVI와의 상관계수를 정리하여 표 3에 나타내었다.

일반적으로 많이 쓰이는 식생지수인 정규식생지수(NDVI), 수직식생지수(PVI)는 식생피복율과의 상관관계가 비교적 높게 나타나 식생피복지수로는 유효하지만 활력을 나타

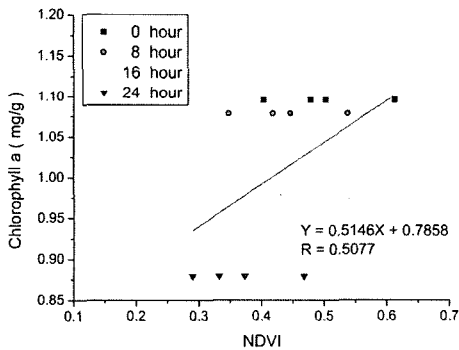
내는 클로로필a 농도와의 상관관계에서는 비교적 낮게 나타나므로 활력도의 지수로서는 부적합하다.

그리고 VCI는 식생피복율과의 상관관계가 다른 식생지수에 비하여 높게 나타나므로 식생 피복율 평가에 유효하며, VVI는 클로로필a 농도에 있어서 상관관계가 비교적 높게 나타나는 것으로 보아 활력도 평가에 유효하다.

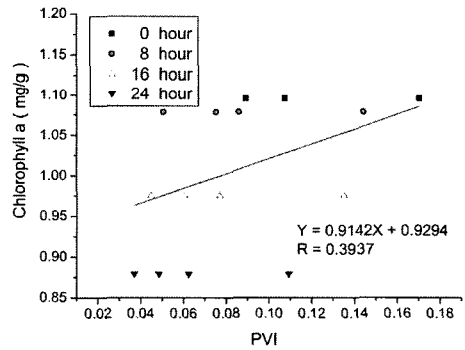
따라서 식생피복율과 활력도를 VCI 및 VVI라 하는 식생지수에 의하여 각각 분리 평가하는 것이 타당하다고 생각된다.

표 3. 식생피복율과 클로로필a 농도 변화에 따른 지수별 상관계수

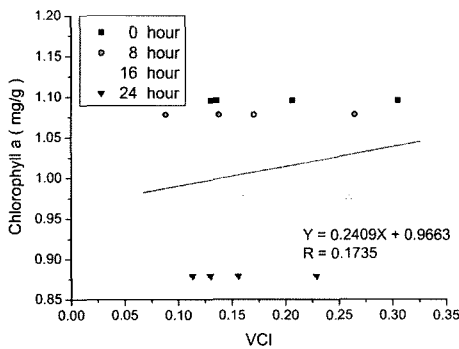
지수	식생피복율	클로로필a
NDVI	0.8121	0.5077
PVI	0.8523	0.3937
VCI	0.9128	0.1735
VVI	0.2128	0.8112



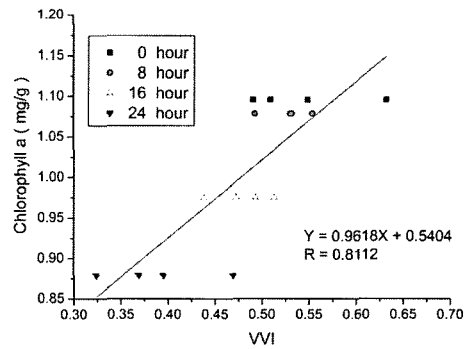
클로로필 농도와 NDVI



클로로필 농도와 PVI



클로로필 농도와 VCI



클로로필 농도와 VVI

그림 7. 활력도 변화에 따른 클로로필a와 식생지수 관계

5. 결 론

분광반사특성을 이용하여 활력도와 식생피복율을 분리 평가하기 위하여 잔디를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 많은 식생지수는 식생의 활력과 피복이 혼재되어 있어서 함께 평가 하였으나 분광반사율을 이용하여 식생 지수를 평가한 결과 식생의 활력과 피복을 분리하여 평가 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

둘째, 활력도변화의 영향을 거의 받지 않은 파장대 (610nm와 980nm)를 채택한 식생피복지수 VCI를 이용하여 식생피복율을 평가한 결과 종래의 NDVI, PVI보다 비교적 높은 상관계수를 나타내었다.

셋째, 활력도와 식생피복율이 혼재된 종래의 식생지수 PVI를 식생지수 VCI로 나눈 식생의 활력지수 VVI를 산출하여 활력도를 평가한 결과 비교적 높은 상관계수를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 관동대학교 첨단해양공간 개발연구센터의 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 김응남 (2003), 근적외선 디지털 카메라를 이용한 식생지수의 추출, 대한토목학회 2003년도 정기 학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 4397-4400.
- 김주홍, 김경탁, 신사철 (2003), 원격탐사 및 GIS에 의한 잠재증발산량 산정, 대한토목학회 2003년도 정기 학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 2512-2515.
- 박정술, 김경탁, 김주홍 (2005), 식생지수와 가뭄지수를 활용한 가뭄감시 가능성 분석, 2005년 춘계학술대회 논문집, 대한원격탐사학회, pp. 157-160.
- 양인태, 김응남 (1999), 근적외선 디지털 카메라에 의한 수목의 NDVI추출과 분석, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, Vol. 19, No. III-1, pp. 49-57.
- 최승필, 박종선 (2004), 산불피해지역에서 정규산화물지수와 정규식생지수의 비교분석, 한국측량학회지, 제22권, 제3호, pp. 261-268.
- Richardson, A. J. and Wiegand, C. L. (1977), Distinguishing Vegetation from Soil Background Information, Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 43:1541-1552.
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell and D.W. Deering. (1974), Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS, Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt, NASASP-351, pp. 301-317.
- 伊藤健吾 (1997), 反射スペクトルによる植物の状態解析, 博士學位論文, 鳥取大乾燥地究 センター.
- 平田泰雅, 李雲慶, 沢田治雄 (1993), 랜드サットTMデータによる中國タクラマカン地域の植生 狀況の把握, 第14回學術講演會論文集, リモートセンシング學會, pp. 59-62.
- 稲田勝美 (1984), 光と植物生育一光選択利用の基礎と應用一, 養賢堂, pp. 79-81.

(접수일 2005. 11. 21, 심사일 2005. 12. 6, 심사완료일 2005. 12. 28)