

RS기법에 의한 식물의 분광반사특성과 식생정보의 추정

○ 박종화*, 신용희**, 이상혁**, 박민서**

1. 서론

도시화와 산업화의 급속한 발전은 이상기온과 온난화현상의 원인이 되고 있고 농경지의 건조, 사막화의 진행은 농업환경변화를 가속화하고 있다. 이러한 환경변화가 농업생태계에 미치는 영향을 평가하고 이에 대한 대책마련을 위해서 식생에 관해 농업에 관련된 각 분야별로 많은 연구가 실시되고 있다. 많은 연구결과에서 앞으로의 환경변동에 따른 식생변화의 예측과 영향을 조사하기 위해서는 정확하고 비교 가능한 현장 식생 등의 모니터링 자료취득을 필요로 하고 있다.

최근에 자주 찾아오는 한해와 흉수는 식생분포와 밀접한 관계를 가지며 고온과 건조 등의 자연현상에 영향을 주어 이로 인해 농작물은 많은 피해를 입고 있다. 특히, 녹색식물의 고사와 작물의 기력을 저하시켜 작물의 고사원인이 되기도 한다. 고사원인으로는 열과 물 등에 의한 스트레스작용으로 생각되나 그 메카니즘이 밝혀지지 않아 해결해야할 과제로 남아있다. 또한, 최근 들어 자주 발생하는 산불의 영향으로 산림생태계의 변화는 그곳에 서식하고 있는 동식물과 주변환경에 미치는 영향이 커 자원과 생태계 관리에 적합한 방법모색이 요구되고 있다. 이러한 현실을 감안하여 생태계관리에 활용할 수 있는 방법중의 하나가 Remote Sensing(이후, RS)기법일 것이다.

본 연구는 RS기법을 이용하여 식생에 관한 적절한 모니터링방법을 찾아내기 위하여 작물의 분광반사특성을 측정하여 검토한 결과를 제시하고 식생정보 추정방법을 알아보는데 그 목적을 두었다.

2. 실험개요 및 방법

1) 분광반사측정

반사율 계산은 반사판에 입사되는 입사전자파를 100으로 하고 시료에 입사하여 반사되는 양을 측정하여 그 비를 계산하여 반사율 $R(\lambda)$ 로 하였다. 즉, 시료의 반사 전자파에너지를 $I_s(\lambda)$, 표준 백색판의 반사 전자파에너지를 $I_r(\lambda)$ 로 하였을 경우 $R(\lambda) = I_s(\lambda) / I_r(\lambda)$ 와 같이 계산하였다. 분광반사의 측정에는 Spectro-radiometer (Li-1800, 측정파장역 : 300~1100nm, 측정간격 10nm)에 Telescope을 연결하여 분광반사에너지를 측정하였다.

* 충북대학교 농과대학 조교수

** 충북대학교 농과대학 석사과정

표 1 토양시료의 자연함수비와 입도분포

토양구분	분 류	시료채취 지점	함수비(%)	모래(%)	실트(%)	점토(%)
Type1	Sand	미호천변	0.15	100	0	0
Type2	Loam	오창 A	25.46	36.33	40.57	23.10
Type3	Sandy loam	청주	27.32	67.31	30.17	2.52
Type4	Loam	오창 B	16.57	52.83	38.11	14.72
Type5	Silty clay loam	매향	64.92	6.97	66.24	26.79
Type6	Silty clay loam	선창포구	72.98	1.57	64.84	33.59
Type7	Silty loam	보은	38.11	29.81	65.19	5.00

2) 재료 및 공시토양의 특성

토양의 분광반사특성은 층복지방을 중심으로 채집한 토양특성이 서로 다른 7개 지점을 선택하여 측정하였다 (표 1). 작물의 분광반사특성은 콩잎을 이용하였으며, 콩잎을 토양시료 위에 일정비율로 피복시킨 다음 식생의 분광반사율을 측정하였다. 피복형태는 그림 1과 같이 0~100%까지 5단계로 변화시켜 피복율에 따른 분광반사 스펙트럼을 조사하였다. 이들 토양에 대한 함수비는 거의 일정한 상태로 유지하며 피복율을 변화시켜 측정하였다.






Shape of covering	Vegetation cover rate(%)
	0
	25
	50
	75
	100

그림 1 콩잎을 이용한 식생피복율

3. 실험결과 및 고찰

1) 자연함수비조건 토양의 분광반사특성

6개 시험지구 토양에 대해 자연 함수비 조건에서 측정한 분광반사 특성 결과를 파장(wavelength, nm)과 반사율(reflectance, %)관계로 나타내면 그림 2와 같다. 여기서, 가시광선 파장대 빨강(R)의 650nm와 근적외파장대(NIR) 850nm를 선택하여 토양의 반사율을 비교하면 식 (1)과 같은 선형관계를 나타낸다.

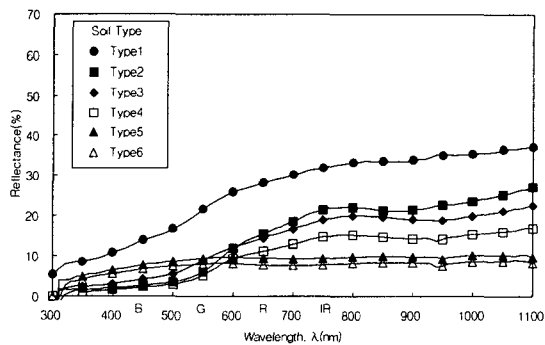


그림2 자연함수비조건 토양의 분광반사특성

$$NIR_{850nm} = a R_{650nm} + b \quad (1)$$

여기서, NIR_{850nm} 과 R_{650nm} 은 각각 근적외파장의(NIR)850nm와 가시광선파장(R) 650nm의 반사율이며, a, b는 실험결과 얻어지는 상수이다.

이 관계에서 나타난 결과는 Soil line이라 정의되고 있다.

2) 식생피복을 변화에 따른 분광반사특성

작물이 재배되는 논밭 등에서 취득한 RS데이터는 토양과 작물에 관한 분광반사특성이 혼재하기 때문에 목적에 따라 불필요한 정보를 제거하고 필요한 정보를 추출하는 과정이 필요하다. 특히, 경작지에는 다양한 피복조건이 존재하기 때문에 이에 대한 정보를 알아둘 필요가 있으며 이들 피복조건의 변화에 따른 수확량의 예측과 병충해의 영향이 어떻게 변화될 것인지를 파악하여 예견하는 방법을 제시할 필요가 있다. 따라서, 우리 나라의 논, 밭, 하천에 많이 분포하고 있는 토양을 이용하여 피복조건의 변화에 따른 분광반사곡선을 제시하고자 한다.

그림 3~6은 자연조건 토양에 대해 식생피복율을 0에서 100%까지 5단계로 변화시켜 나타낸 결과이다. 여기서, 전면이 식생피복율 0인 Soil line을 나타내며 뒤로 갈수록 식생피복율이 높아져 100%를 나타낸다.

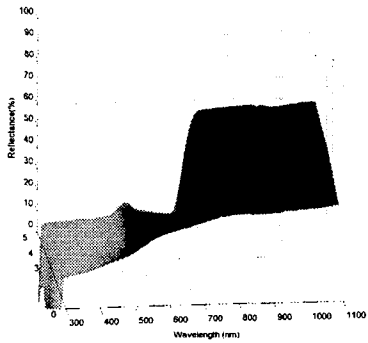


그림 3 Type1 토양의 식생피복율에 따른 분광반사특성

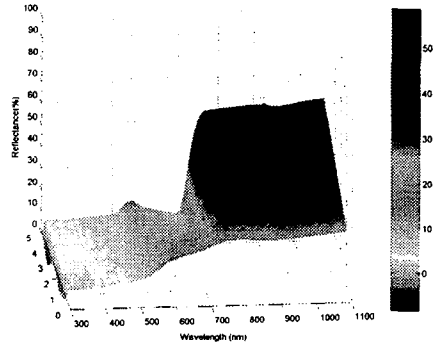


그림 4 Type2 토양의 식생피복율에 따른 분광반사특성

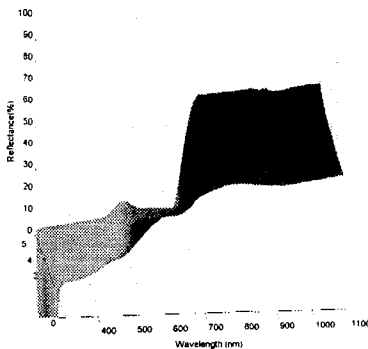


그림 5 Type3 토양의 식생피복율에 따른 분광반사특성

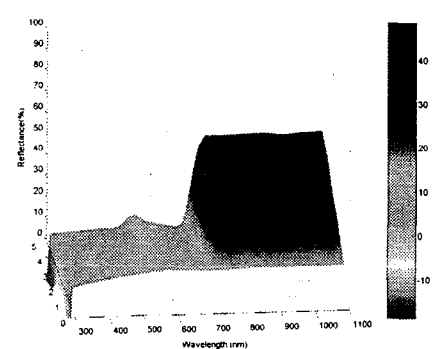


그림 6 Type6 토양의 식생피복율에 따른 분광반사특성

토양의 분광반사율은 전반적으로 식물의 분광반사율보다 단조로운 형태로 토양에 따라 약간 다르나 가시광대부터 근적외대까지 파장의 증가와 함께 분광반사율도 약간씩 증가하는 특징을 나타낸다. 그 중에서도 자연함수비 조건에서 Type1의 모래는 근적외(IR) 파장대에서 가장 높은 반사율을 나타내었고, Type2, 3의 황토와 화강암 풍화토는 가시광대에서 비교적 낮은 반사율을 나타내나 근적외(IR) 파장대로 갈수록 반사율이 높아져 20%전후를 나타내고 있다. Type5의 갯벌 토양은 다른 토양에 비해 전반적으로 현저하게 낮은 반사율을 나타내며 가시광대부터 근적외대에 이르기까지 거의 같은 10%이하의 낮은 반사율을 나타냈다. 이와 같이 서로 다른 토양을 이용하여 같은 피복재료를 사용할 경우 식물의 분광반사특성은 토양의 분광반사특성을 기준으로 가시광파장대에서 낮은 반사특성을 보이나 근적외파장대에서 높아지는 반사특성을 나타낸다. 또한, 토양위의 식생피복을 변화에 따른 반사특성은 가시광선과 근적외선의 경계 파장대에서 급격하게 변화하는 피복을 형성하며 반사율은 급격히 변화한다. 이는 식물이 구성하는 색(가시광파장대)과 섬유질의 근조직(근적외파장대)의 반사특성이 영향을 주어 나타난 결과로 해석된다.

이와 같은 결과를 이용하여 토양과 식물간에 형성하는 반사율변화특성을 도형화하면 그림 7과 같이 나타낼 수 있을 것이다. 그림과 같이 토양의 밝기정도에 따른 반사율변화특성은 밝은 토양일수록 근적외파장대에서 식생피복율의 변화비는 작아지며 어두운 토양일수록 변화비가 커지는 특징을 나타낸다. 또한 식생피복율이 높을수록 Soil line에서 멀어지는 특징을 보였다.

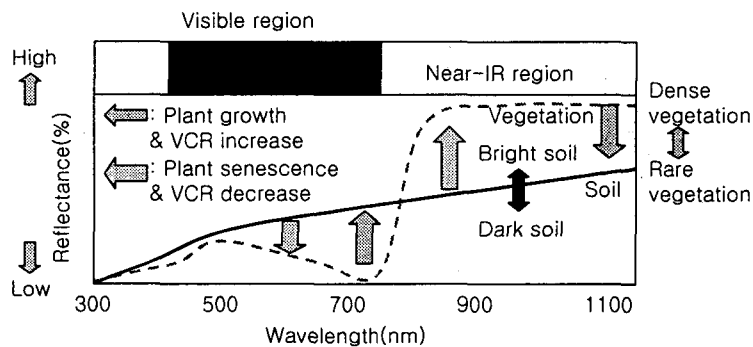


그림 7 토양과 식물간에 형성하는 반사율변화특성

2) 토양과 작물의 정보추출 모형

지표면에 다양한 피복형태로 분포하는 작물들의 정보를 정확하게 파악하기 위해서는 피복율에 따라 어떤 특성을 나타내는지를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서, RS기법에 의한 토양의 분광반사특성 즉, Soil line을 이용하여 식생피복율의 변화에 따른 식생정보 추출 방법을 모색하였다. 토양상태가 같을 경우 식생0%를 의미하는 Soil Line에서 식생100%가 될 경우 그림 8과 같이 한 점 P에 수렴하는 성질을 이용하여 식생에 관한 정보추출방법으로 사용하였다. 이 방법은 모든 토양의 식생피복율이 달라질 경우 Soil line과 평행하게 일정비율 변화하는 성질을 이용하는 것이다. 즉, 토양 위에 작물의 피복상태에 따라 Soil line과 평행한 선이 나타나므로, 평행 이동하여 나타난 Soil line을 연장하여 y축과 만나는 좌표를 이용한다. 그림과 같이 S_p 를 Soil line의 y절편에서 수렴점 P가 Soil line과 평행하게 이동하여 만드는 y절편까지의 거리로 하고, S_x 를 Soil line의 y절편에서 식생지수 x%점이 Soil line과 평행 이동하여 만드는 y절편까지의 거리로

한다. 이 두 직선의 비 $\frac{S_x}{S_p}$ 를 구하여 이 값과 식생피복율과의 관계를 나타내면 그림 9와 같이 나타난다. 양자간에는 약간의 차이는 있으나 서로 높은 상관관계를 나타낸다.

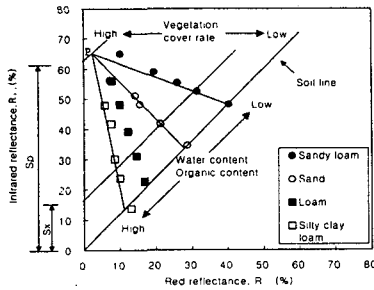


그림 8 R_{650} 과 IR_{850} 의 관계

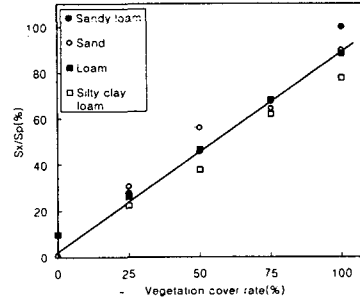


그림 9 S_x/S_p 와 식생피복율의 관계

이와 같은 관계를 Soil line식을 이용하여 식생피복율 VC_x 에 대해 정식화해보면 다음과 같다.

$$VC_x = \frac{(NIR_x - a R_x) - c}{(NIR_p - a R_p) - b} \quad (2)$$

여기서, VC_x : 식생피복율, NIR_x, R_x : 식생피복율 $x\%$ 에서 파장850nm와 650nm의 반사율, NIR_p, R_p : 식생피복율 100%에서 파장850nm와 650nm의 반사율, a, b, c : 실험결과 얻어지는 상수

식 (2)를 이용하여 역으로 R_{650}, NIR_{850} 좌표에서 좌표점 (R_x, NIR_x)에 대응하는 식생피복율 VC_x 의 추정이 가능할 것이다. 여기서 알 수 있듯이 Soil line의 회귀식에 따라 토양과 식생 피복율의 차이에 따른 계수가 나타나므로 Soil line의 계수를 이용하면 토양과 식생에 관한 정보를 추출할 수 있을 것이다. 즉, 여기서 사용되고 있는 R_{650}, NIR_{850} 은 지구관측위성의 밴드들과 밀접한 관계를 갖고 이용되고 있어 위성자료를 이용한 RS데이터 해석에 매우 중요하다. 특히, LANDSAT TM데이터를 이용할 경우 650nm의 반사율(R)은 Band 3(파장 630-690nm)에, 850nm의 반사율(NIR)은 Band 4(파장 760-900nm)의 파장대에 해당한다. 따라서, 식생피복율의 추정에는 Band 3과 Band 4를 이용하여 해석할 수 있을 것이다.

식물은 계절의 변화와 기후조건에 따른 건조정도에 따라 식물의 색과 반사특성에 큰 차이를 보인다. 식물이 가지고 있는 활성을 파악하는 것은 식물의 생육정도와 작물의 생산량 예측 및 자연의 환경변화 예측 등에 널리 이용될 수 있을 것이다. RS를 이용하여 식물의 활성정도를 알아보기 위한 지표로 Rouse등(1974)이 제안한 정규화 식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 등이 널리 이용되고 있다.

$$NDVI = \frac{NIR_{850} - R_{650}}{NIR_{850} + R_{650}} \quad (3)$$

NDVI는 다음과 같이 식생에서 $0 < NDVI \leq 1$ 의 값을 가지며, 토양에서 $0 \leq NDVI \leq 1$ 을, 물에서 $-1 \leq NDVI \leq 1$ 의 범위 값을 갖는다.

본 실험에서 얻어진 결과를 정리해 보면 표 2와 같다.

표 2 식생피복율의 변화에 따른 NDVI 값

Classification	Vegetation cover rate(%)	NDVI	Classification	Vegetation cover rate(%)	NDVI
Type1 (Sand)	0	0.095532	Type4 (Loam)	0	0.152251
	25	0.323985		25	0.365579
	50	0.512907		50	0.525204
	75	0.563814		75	0.656419
	100	0.771730		100	0.756539
Type2 (Loam)	0	0.132636	Type5 (Silty clay loam)	0	0.025159
	25	0.310179		25	0.407023
	50	0.403957		50	0.559779
	75	0.498324		75	0.693044
	100	0.615917		100	0.785981
Type3 (Sandy loam)	0	0.094452			
	25	0.249944			
	50	0.418982			
	75	0.494009			
	100	0.730494			

4. 결론

RS기법을 이용하여 식생에 관한 분광반사특성을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 식물의 분광반사특성은 가시광과장대에서 낮은 반사특성을 보이거나 근적외과장대에서 매우 높은 반사특성을 나타낸다. 이는 식물이 구성하는 색(가시광과장대)과 섬유(근적외과장대)의 반사특성이 크게 영향을 미치는 결과로 해석된다.
- (2) 토양위의 식생피복율 변화에 따른 반사특성은 가시광선과 근적외선의 경계과장대에서 피복을 형성하며 급격히 변화하는 특징을 나타낸다. 그러나 이후의 근적외 과장대의 분광반사곡선형태는 일정한 비율로 높아지며 일정한 값에서 변화되는 특징을 보였다.
- (3) 토양의 정보추출과 식생피복율에 의한 영향을 알아보기 위해 가시과장대의 650nm(Red)와 근적외과장대(NIR)의 850nm를 이용하여 분석한 결과 두 과장대간에는 매우 높은 상관관계를 나타냈다.
- (3) 토양과 식생피복율에 따른 식생정보 추출방법을 파악하기 위하여 서로 다른 토양에 식생이 피복되어 있을 경우 토양과 식생정도 판별에 이용 가능한 식생피복율을 제시하였다.

5. 참고문헌

- 1) L.S. Galvao and I. Vitorello, Variability of laboratory measured soil lines of soils from Southeastern Brazil, Remote Sens. Environ., Vol. 63, pp.166-181,1998
- 2) Derek R. Peddle외 3인, Reflectance processing of remote sensing, Computers & Geoscience, Vol.27 No.2, pp.203-213, 2001