

벼의 성장단계별 색 변화에 관한 디지털 화상해석

Digital Image Analysis(DIA) of Color Changes in Field Growing Stages for Rice

박종화(충북대) · 신용희(수자원연구원)* · 박민서(충북대)

Park, Jong-Hwa · Shin, Yong-Hee · Park, Min-Seo

Abstract

Image analysis was performed with two color systems, Red-Green-Blue (RGB) values and normalized Hue-Saturation-Intensity (HSI). We conducted field studies in Cheongju to determine canopy spectral reflectance and digital image analysis of rice. Spectral reflectance measurements made with a portable spectrometer(LI-1800) correlated with growing stage and digital images for rice. Images in which the color was specified by the common RGB coordinates could be used when there was a sharp contrast between the color of the rice and that of the field soil. In the absence of sharp contrast, identification of the rice covered area was much easier after the color had been transformed into HSI coordinates. This study introduced fundamental theories in digital image analysis and applied that for field situations rice.

I. 서론

분광반사특성과 화상해석은 의학분야를 비롯한 다른 학문분야에서도 다양하게 활용되고 있다. 식물에 관련지어서 식생분포도, 수확량 예측, 작물의 성장 파라메타 등을 결정하는데 활용되고 있으며 작물의 병충해 정도 및 성장단계별 특징을 추출하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

또한, 디지털 카메라의 보급과 컴퓨터 기술의 발달은 디지털 화상의 취득을 용이하게 하고 해석기술의 보급과 응용을 앞당기고 있다. 이와 관련된 기술의 활용도가 다양화하면서 앞으로 농업 생태관리 기술에의 접목과 적용도 보편화될 것이다. 앞으로 화상해석 등의 관련기술을 적극적으로 도입하여 작물 생태에 관련된 적용과 응용기법을 개발해가야 될 것이다.

본 연구는 벼의 생육에 따라 변화하는 색 정보를 파악하기 위하여 벼의 성장단계별 디지털 화상을 이용하여 색 변화에 대한 적용이론을 제시하고, 분석하여 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

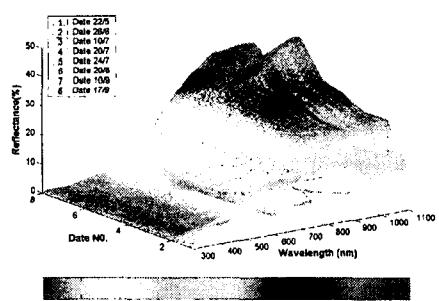


그림 1 벼의 성장단계별 분광반사특성

II. 재료 및 방법

1. 분광반사특성 측정 및 화상취득

분광반사특성은 LI-COR 사의 LI-1800을 사용하여 측정하고 동시에 디지털 카메라를

이용하여 디지털화상을 취득하였다(박종화, 2003). 측정장소는 충북 청주시 흥덕구 개신동에 위치한 충북대학교 농장의 논을 선정하였다.

논토양은 사양토(Sandy loam)이며, 벼 품종은 중생종 진품이다. 이앙은 2002년 5월 22일에 13×30cm의 평균 재식간격으로 하여 2002년 10월 9일에 수확하였다. 벼의 생육단계는 크게 이앙기(5월 22일 전후), 분蘖기(6월 26일 전후), 유수형성기(7월 10일 전후), 수임기(7월 24일 전후), 출수기(8월 20일 전후), 성숙기(9월 29일 전후)로 구분하여 검토하였다. 측정과 화상의 취득은 이 시기에 맞추어 실시하였으며 일정 시기별로 측정한 벼의 성장단계별 분광반사특성은 그림 1과 같다.

2. 색 정보 이론

본 연구에서는 벼의 생육정보를 추출하기 위하여 RGB계와 HSI(hue, saturation, intensity(or luminance))계를 이용하였다.

먼저, 분광반사와 함께 측정한 디지털 화상에 대해 RGB계의 색공간을 HSI계 좌표계로 변환하기 위해서는 다음의 2단계 작업과정을 필요로 한다. 1단계는 식 (1)과 같이 RGB축을 R=G=B선의 축을 갖는 좌표계(i_1, V_1, V_2)로 선형 변환하여 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, R: 빨강(Red) 파장, G: 녹색(Green) 파장, B: 파랑(Blue) 파장

2단계로 직각좌표계(V_1, V_2)를 다음 식과 같이 극좌표계로 변환한다.

$$\text{색상(hue)} \quad H = \tan^{-1}\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \quad \text{또는} \quad H = \begin{cases} \delta & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - \delta & \text{if } B > G \end{cases}, \quad (2)$$

$$\text{여기서, } \delta = \cos^{-1} \frac{2}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}}, \quad \text{좌표범위: } [0, \dots, 2\pi].$$

$$\text{채도(saturation)} \quad S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \quad \text{또는} \quad S = 1 - 3 \cdot \frac{\min\{R, G, B\}}{R+G+B} \quad (3)$$

$$\text{명도(intensity, luminance)} \quad I = \sqrt{3 \times i_1} \quad \text{또는} \quad I = \frac{R+G+B}{3} \quad (4)$$

$$\text{만약, } \frac{\sqrt{6}}{3}B - \frac{\sqrt{6}}{6}R - \frac{\sqrt{6}}{6}G = 0, \quad \text{색상=중립축, 즉 } R=G=B. \quad (5)$$

반대로 HSI계를 RGB계로 변환할 경우는 다음과 같은 변환방정식을 이용하면 변환이 가능할 것이다.

$$V_1 = S \cos H, \quad V_2 = S \sin H \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3}/3 & 0 & 2/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \\ \sqrt{3}/3 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{6} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

따라서 분광반사 또는 디지털 카메라로 측정된 RGB계의 색 공간은 벼가 성장함에 따라 변화하는 벼와 토양의 대비를 표현은 해주고 있으나 명확하게 구분되지 않는다. 이와 같은 경우 벼의 생육단계에 따른 특징을 명확하게 표현해 줄 수 있는 방법으로 HSI좌표계로 변환하여 사용하면 그 특징은 명확해질 것이다.

III. 결과 및 고찰

벼의 성장단계별 분광반사특성은 그림 1과 같다. 수입기(7월 20일)전까지는 광합성에 의한 클로로필의 증가로 430~450nm와 650~660nm파장대의 반사율이 낮고, 근적외선 파장대는 근섬유조직의 발달로 수입기까지 반사율이 높아진다. 이후 벼 알곡에 의한 에너지흡수로 유숙기까지 낮아지다가 추수 전에는 다시 높아지는 경향을 보인다. 이러한 특징을 RGB계와 HSI계로 변환하여 나타내면 그림 2와 같다. 여기서 색상(hue)은 색상원의 각도를 나타내는 값이며, 명도는 특정색에 섞이는 흑백의 비율을 나타내는 것으로 벼의 성장에 따른 색 변화 정보가 뚜렷하게 나타나고 있다.

HSI계에서 보이는 특징을 화상해석과 연결짓기 위해 분광반사특성과 함께 취득한 화상을 2. 색 정보 이론을 적용하여 각 시기별로 해석하여 정리해 나타내면 그림 3~8과 같다.

RGB계의 경우 3색의 상대적 크기 값에 의해 그 특징으로 나타나는데 명확한 차를 표현하는데 한계가 있으나 HSI계로 표현할 경우 성장단계에 따라 뚜렷한 차이를 보인다.

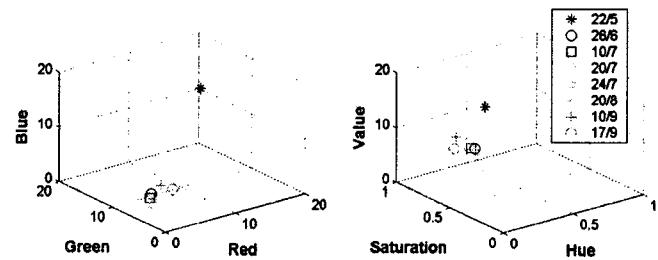


그림 2 분광반사특성을 이용한 벼의 성장단계별 색 정보

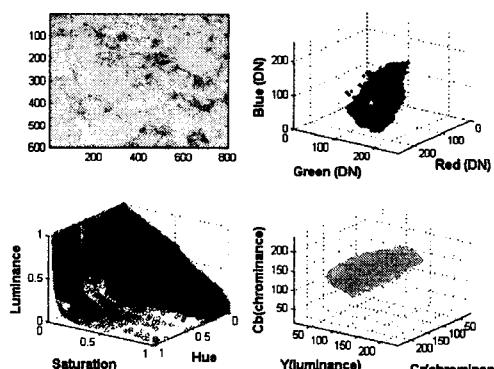


그림 3 모내기 전(5월 22일)의 물이 없는 논바닥

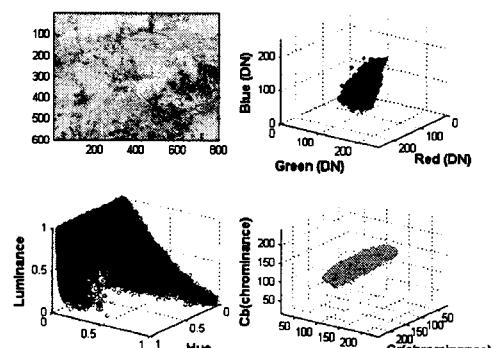


그림 4 모내기(5월 22일) 후의 논바닥과 어린 벼

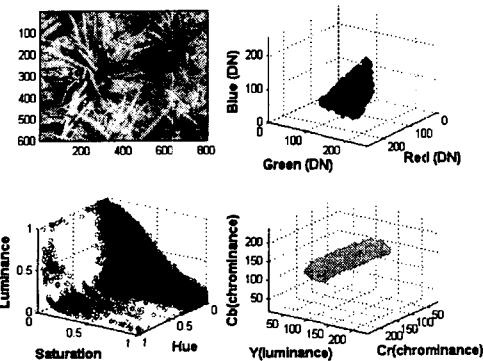


그림 5 분얼기(6월 26일)의 벼

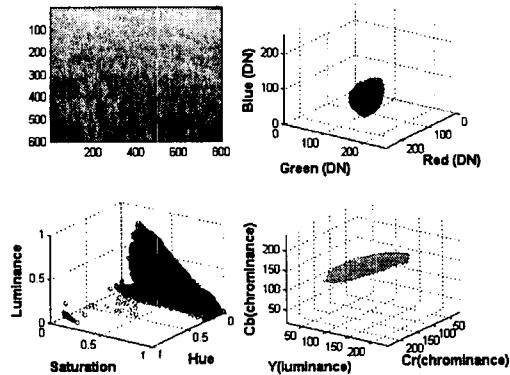


그림 6 출수기(9월 10일)의 벼

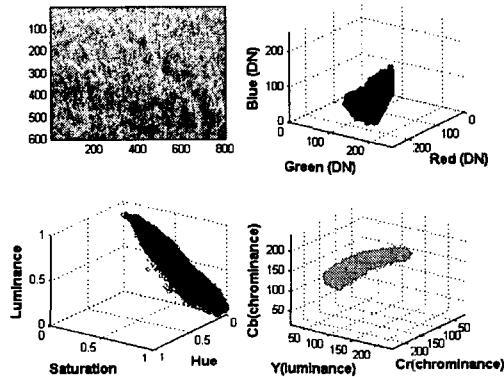


그림 7 성숙기(9월 28일)의 벼

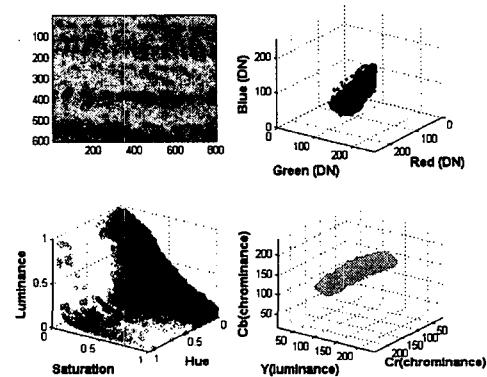


그림 8 추수(10월 9일) 후의 논바닥

IV. 결론

본 연구에서는 벼의 성장단계에 따라 변화하는 색 정보를 분광반사특성과 화상해석 기법을 이용하여 해석하기 위한 이론적인 배경을 검토하고 그 적용성을 검토하였다.

얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 벼의 성장단계별 분광반사특성 변화를 나타내고 파장대별 특징을 제시하였다.
2. 색 정보에 관해 이론적으로 검토하고 분광반사와 디지털 카메라로 취득한 화상정보를 이용하여 벼의 성장단계별 특징을 HSI계로 표현하여 제시하였다.

앞으로 작물의 특성파악에 화상처리 기법을 적용할 수 있는 기초를 마련하였다. 그러나 실용화를 위해서는 보다 다양한 검토가 요구된다.

참고문헌

1. 박종화, 신용희, 박민서, 2003. 벼의 생육단계별 분광반사특성, 관개배수 Vol.10, No.1, pp. 53-61.