

# 배추 플러그묘 잎의 분광반사 특성

## Spectral Reflectance of Leaves for Plug Seedlings of Chinese Cabbage

김용현\* W.S. Lee\*\*

정희원

Y.H. Kim

### 1. 서론

배추는 엽채류 가운데 최고의 비중을 차지하는 채소 작물로서 정식을 위해서 매년 1,242 백만주 정도가 필요한 것으로 추정된다(김과 이, 2000). 채소작물의 육묘 또는 재배 단계에서 부적절한 양분 관리는 생장 부진, 수량 감소 및 상품성의 저하를 초래할 수 있다. 배추의 생장에 필수성분인 질소를 과다 사용하면 생장이 촉진되나 이로 인하여 텃번(tipburn)이 발생하거나 저장성이 저하된다. 한편 질소 성분의 과부족으로 생장의 지연과 수량의 감소가 나타날 수 있다. 그러므로 육묘 또는 재배 과정에서 배추의 질소 함량에 기초한 재배관리가 필요하다.

가시광(visible light, VIS) 및 근적외광(near-infrared, NIR)을 이용한 분광 분석법은 작물이 함유하고 있는 성분을 비파괴적인 방법으로 신속하고 정확하게 측정할 수 있기 때문에 작물의 질소 함량 측정에 널리 사용된다(Katayama et al., 1996; Miller and Thomas, 2003; Bell et al., 2004).

이제까지 밀, 옥수수, 오렌지 등 식량작물과 과수를 대상으로 질소 함량과 VIS-NIR 영역에서 반사도 사이의 상관관계에 대하여 많은 연구가 수행되었으나(Stone et al., 1996; Lee et al., 1999), 채소 작물을 대상으로 한 보고는 많지 않다. 본 연구의 목적 VIS-NIR 영역에서 배추묘의 반사도 특성을 살펴보고, 반사도 특성과 질소 함량의 상관관계를 구명하는 데 있다.

### 2. 재료 및 방법

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* cv. Norangbom) 묘는 육묘용 상토(BM2, Berger Peat Moss, Canada)가 충전된 200공의 플러그트레이(Bumngong Co., Ltd.)에서 15일 동안 육묘되었다. 인공광원으로 메탈할라이드 램프를 사용한 가운데 플러그트레이의 배지 표면에서 광합성유효광양자속(photosynthetic photon flux, PPF)은  $250 \pm 12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 였고,  $12 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 의 광주기 조건에서 명기와 암기의 기온은 각각  $25^\circ\text{C}$ ,  $13^\circ\text{C}$ 를 유지하였다.

\* 전북대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학전공 (농업과학기술연구소)

\*\* Dept. of Agricultural & Biological Engineering, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

육묘에 필요한 배양액은 N-P-K-Ca-Mg=8.0-2.4-2.4-4.8-1.6 meL<sup>-1</sup>로 조성하였고, 육묘 단계에서 질소 성분의 함량에 따른 분광반사 특성을 측정하고자 3수준의 질소 함량 처리를 설정하였다. 즉 정상적인 질소 함량을 지닌 처리구를 대조구로 설정하였고, 정상 상태의 질소 함량에 비해서 각각 80%, 40% 씩 포함된 처리구(N80, N40)를 설정하였다.

배추묘의 분광반사 특성을 측정하고자 적분구(DRA-CA-5500, Labsphere)를 갖춘 분광광도계(Cary 500 Scan UV-VIS-NIR, Varian Inc., USA)를 사용하였다. 측정 영역은 400~2,500 nm로서 1.1 nm 간격으로 반사도를 측정하였다. 15일간의 육묘 기간에 전개된 3~4매의 본엽 가운데 최대엽을 대상으로 하여 반사도를 측정하였다. 각 처리당 40주씩 표본을 추출하였고, 질소 함량 3처리, 2 반복의 측정으로 전부 240주의 표본에 대한 반사도를 측정하였다. 각 표본에 대한 반사도로부터 Beer-Lambert 관계를 이용하여 파장별 흡수도를 계산하였다(Williams and Norris, 2001). 이 때 Savitzky-Golay polynomial을 이용하여 측정된 반사도에 대한 균평화를 시도하였다. 아울러 표본의 반사도 측정 후 오븐법으로 시료의 수분함량을 결정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

질소성분 처리에 따른 배추묘 잎의 분광반사 특성은 Fig. 1과 같다. 질소 성분을 정상적으로 함유하고 있는 대조구의 반사도는 400~500 nm의 영역에서 0.32 정도로 비교적 낮게 나타났다. 500 nm 이후의 파장에서 반사도가 증가하더니 550 nm의 녹색광 영역에서는 0.42로서 가시광 영역에서 가장 높게 나타났다. 한편 670~680 nm에서 반사도는 0.29로서 가시광 영역에서의 최저치에 해당한다. 700 nm 이후의 근적외광 영역에서의 반사도는 급격하게 증가하여 740~830 nm에서 0.59로 최고치가 나타났다. 파장이 증가할수록 반사도는 서서히 감소하는 가운데 1,450 nm와 1,940 nm 영역에서 극소값이 나타났다. 특히 1,940 nm 영역에서

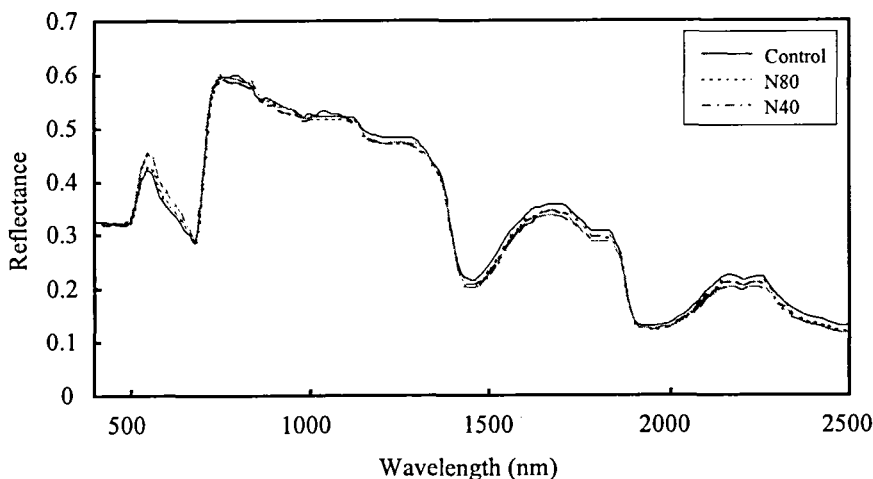


Fig. 1. Spectral reflectances of leaves for Chinese cabbage seedlings as affected by different nitrogen treatment.

의 반사도 0.13은 측정 범위인 400~2,500 nm 영역에서의 최저값에 해당한다.

질소 함량에 따른 배추묘 잎의 분광반사 특성을 비교한 결과 질소 성분을 적게 함유한 처리구의 반사도에 비해서 대조구의 반사도가 전체적으로 높게 나타났다. 한편 가시광 영역에서 질소함량에 따른 반사도는 550 nm 부근에서 질소 함량이 적은 처리구일수록 반사도가 높게 나타났다.

대조구와 N80 처리구에 대한 파장별 흡수도 특성은 Fig. 2와 같다. 배추묘 잎의 흡수도는 550 nm 영역을 제외한 가시광 영역과 1,300 nm 이상의 파장 영역에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 잎에 존재하는 색소, 즉 엽록소와 수분의 높은 흡수도에 기인하는 것으로 판단된다(Gates et al., 1965; Knippling, 1970). 질소는 단백질과 엽록소의 두 가지 형태로 작물의 녹색 잎에 존재한다. 단백질은 잎 내부에 존재하는 모든 질소 화합물의 70~80%를 차지한다(Chapin and Kendrowski, 1983). 한편 엽록소는 질소 화합물의 5~10%를 구성한다. 단백질과 관련된 질소 성분은 2,054 nm와 2,172 nm와 같은 근적외광 영역에서 흡수가 분명하게 나타난다. 엽록소는 가시광 영역에서 강한 흡수 스펙트럼을 나타낸다. 즉 엽록소 a는 430 nm와 660 nm의 파장, 엽록소 b는 450 nm와 650 nm의 파장에서 빛을 흡수한다(Curan, 1983). 대조구의 흡수도는 N80 처리구에 비해서 전체적으로 높게 나타났다. Fig. 2로부터 질소의 흡수 영역에 해당하는 550 nm와 수분의 흡수 영역에 해당하는 1,450 nm와 1,940 nm가 분명하게 존재함을 알 수 있다.

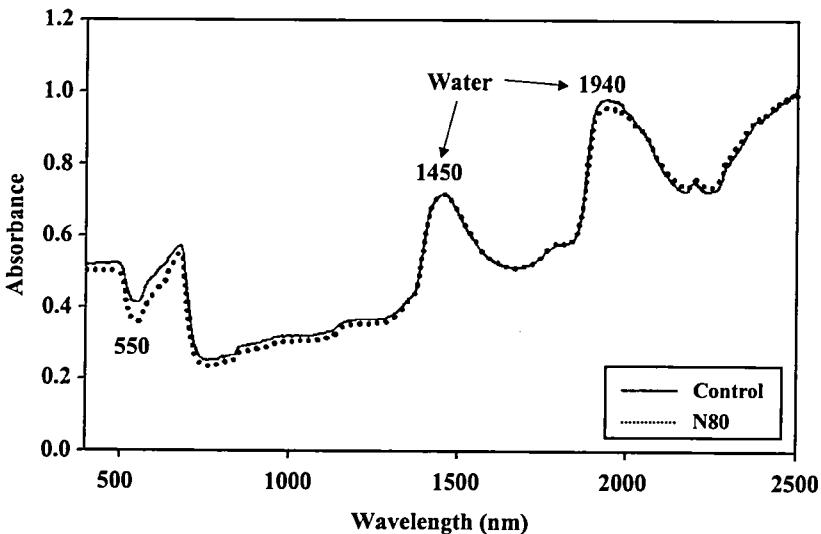


Fig. 2. Absorbance spectra of two Chinese cabbage samples with different nitrogen treatment.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 VIS-NIR 영역에서 질소 함량에 따른 배추묘의 반사도 특성을 살펴보고자 수행되었다. 15일간 육묘된 배추묘를 대상으로 400~2,500 nm 영역에서 분광 반사도를 측정 후 흡수도를 분석하였다. 대조구의 반사도는 400~500 nm의 영역에서 0.32 정도로 비교적 낮게 나타났고, 550 nm의 녹색광 영역에서는 0.42로서 가시광 영역에서 가장 높게 나타났다. 700 nm 이후의 근적외광 영역에서의 반사도는 급격하게 증가하여 740~830 nm에서 0.59로 최고치가 나타났다. 파장이 증가할수록 반사도는 서서히 감소하는 가운데 1,450 nm와 1,940 nm 영역에서 극소값이 나타났다. 가시광 영역에서 질소함량에 따른 반사도는 550 nm 부근에서 질소 함량이 적은 처리구일수록 반사도가 높게 나타났다. 배추묘 잎의 흡수도는 550 nm 영역을 제외한 가시광 영역과 1,300 nm 이상의 파장 영역에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 잎에 존재하는 색소, 즉 엽록소와 수분의 높은 흡수도에 기인하는 것으로 판단된다. 배추묘잎의 흡수도에서 질소의 흡수 영역에 해당하는 550 nm와 수분의 흡수 영역에 해당하는 1,450 nm와 1,940 nm가 분명하게 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. Bell, G.E., B.M. Howell, G.V. Johnson, W.R. Raun, J.B. Solie, and M.L. Stone. 2004. Optical sensing of turfgrass chlorophyll content and tissue nitrogen. 2004. HortScience 39(5):1130-1132.
2. Chapin, F.S., and R.A. Kendrowski. 1983. Seasonal changes in nitrogen and phosphorus fractions and autumn retranslocation in evergreen and deciduous taiga trees. Ecology 64:376-391.
3. Curran, P.J., 1983. Estimating green LAI from multispectral aerial photography. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 49:1709-1720.
4. Gates, D.M., H.J. Keegan, J.C. Schleiter, and V.R. Weidner. 1965. Spectral properties of plants. Appl. Optics 4:11-20.
5. Katayama, K., K. Komaki, and S. Tamiya. 1996. Prediction of starch, moisture, and sugar in sweetpotato by near infrared transmittance. HortScience 31(6):1003-1006.
6. Knipling, E.B. 1970. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. Remote Sensing of Environment 1:155-159.
7. Lee, W.S., S.W. Searcy, and T. Kataoka. 1999. Assessing nitrogen stress in corn varieties of varying color. ASAE Paper No. 993034. St. Joseph, Mich.: ASAE.
8. Miller, G. and A. Thomas. 2003. Using near infrared reflectance spectroscopy to evaluate phosphorus, potassium, calcium, and magnesium concentrations in bermudagrass. HortScience 38(6):1247-1250.
9. Stone, M.L., J.B. Solie, W.R. Raun, R.W. Whitney, S.L. Taylor, and J.D. Ringer. 1996. Use of spectral radiance for correcting in-season fertilizer nitrogen deficiencies in winter wheat. Trans. ASAE 39(5):1623-1631.
10. Williams, P. and K. Norris. 2001. Near-Infrared technology in the agricultural and food industries. 2nd ed. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists.