

기계시각에 의한 식물 잎의 분광분석시 조도 영향에 관한 연구

Effect of illuminance on spectrophotometric analysis of plant leaf using Machine Vision

서상룡*
정회원
S.R.Suh

황금강*
정회원
J.G.Huang

1. 서론

농업기술의 발달과 함께 병해충 및 잡초를 방제하기 위한 농약과 농산물의 증산을 위한 생장조정제등 화학물질의 대량사용은 자원낭비, 농산물의 안정성하락, 환경중 잔류농약이 생태계에 대한 오염등 심각한 문제점들이 존재하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에 서방 선진국들 특히 미국에서 정밀농업에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

정밀농업은 논이나 밭의 위치별로 토양의 비옥도, 작물의 생육상태, 수확량 등의 정보를 센서를 이용하여 획득하고, 작목별 생육모델을 분석하여 전자지도화하고, 처방 및 전문가시스템을 개발하여 위치별로 비료, 농약, 종자 등을 필요한 양만큼만 적기에 살포하는 첨단기술을 이용한 친 환경 과학영농입니다. 정밀농업에 관한 기술은 포장정보 검출과 분석과정, 농작업 의사결정 과정과 변량 작업과정으로 구분할 수 있다. 이상 세 과정 중 첫째 과정인 다양한 위치별 포장정보를 정확하고 빠르게 수집하는 기술이 선행되어야 한다.

정밀농업을 위한 센서는 이동중인 농작업기에 장착하여 가능한 실시간에 의한 연속적 자료 수집의 기능이 바람직하다. 이를 위해서는 지금까지 토양이나 작물을 대상으로 사용하여 온 채취 시료용 센서와는 다른 개념의 것으로서 주로 광학적인 것으로 비접촉형이 요구된다. 그러므로 포장정보 검출에서는 기계시각을 이용하는 것이 가장 바람직한 방법이다. 그러나 포장에서 실시간으로 광학적 센서를 이용하여 수집된 포장정보는 태양광 조도 변화에 따라 큰 영향을 받고 있다.

본 연구는 정밀농업형 수도 재배용 포장 정보 수집장치 개발의 기초연구로서 포장에서 실시간으로 기계시각을 이용하여 수집된 영상자료의 태양광 영향을 최소화하는 방안을 모색하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험 재료 및 실험 기기

가. 조도 변화범위의 선정

* 전남대학교 생물산업공학과

본 연구의 조도 변화 범위를 결정하기 위하여 먼저 제초제 살포시기에 있어 태양광 세기의 변화 정도를 파악하였다. 이를 위하여 전남대학교 실습농장에서 측정하여 온 기상자료를 조사한 결과 2000년 5, 6월 대낮 태양광의 최대 조도는 약 110 kLux임을 알 수 있었다. 그러므로 본 연구의 조도 변화 범위는 6 ~ 110 kLux로 선정하였다. 영상 촬영시 DX-100 Digital Lux Meter를 사용하여 태양광의 조도를 측정하였다.

나. 실험재료

태양광 영향을 최소화하기 위해 실험실용 표준반사체 Spectralon 99%를 보정 목표판(Target)으로 사용하고 Spectralon 20%, 녹색색지, 마른 흙, 젖은 흙, 목판 5 가지 피사체를 사용하여 조도변화에 따라 영상을 촬영하였다.

다. 영상 입력장치

본 연구에서는 셔터 속도(1/60 ~ 1/10,000 sec)조절이 가능한 흑백과 칼라 CCD 카메라(Kukjae Elec. Co. ; model CCN-132F) 각각 한 대씩 사용하였다. 카메라 렌즈는 각각 수도 렌즈(3.5 - 6.0mm F1.4 - 360)와 자동 렌즈(1/3" 3.5 - 8.0mm F1.4 - 360)를 사용하였다. CCD 카메라의 시호전송 방식은 NTSC이고 셔터 속도는 1/2,000sec으로 정하고 조리개 개도는 변하지 않는다.

라. 영상 처리 장치

본 연구에서 사용한 영상처리용 Frame grabber(프레임 그레버)는 Matrox사의 Meteor-I boards로서 PCI(Periparall Component Interconnect)BUS를 사용하였다. 표준/비 표준, 컬러/흑백/, 아날로그/디지털, 프레임/라인 소스로부터 640×480 크기의 영상을 획득할 수 있다. CCD 카메라로부터 촬영된 각 피사체의 영상을 소프트웨어 Martox Inspector 2.2를 이용하여 각 피사체의 Pixel값 혹은 R, G, B값을 수집하였다.

2.2 실험 방법

본 연구에서는 부동한 조도 하에서 영상을 촬영하였다. 촬영된 영상내 각 피사체의 Pixel 혹은 R, G, B값의 변화정도를 판정하기 위하여 변이계수(coefficient of variation; CV)를 판정지수로 선정하였다.

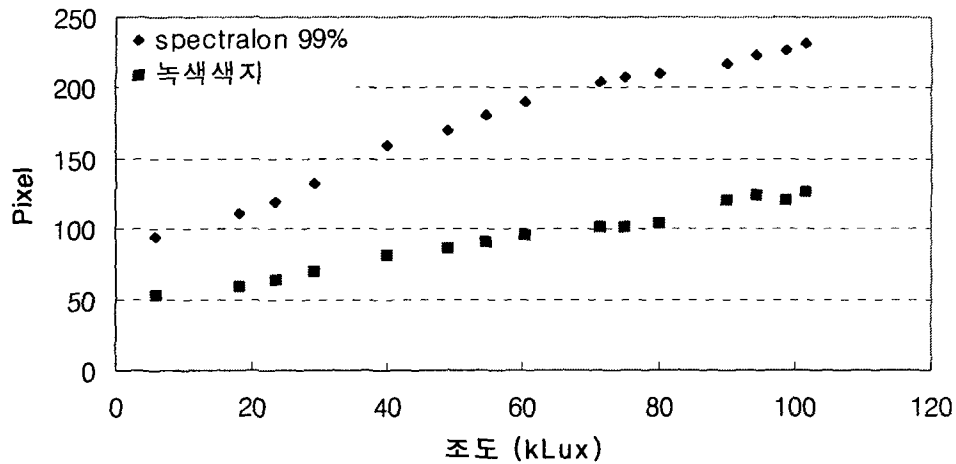
$$CV(\%) = \frac{s \times 100}{\bar{X}}$$

여기서, s = 각 피사체 pixel 값의 표준편차

\bar{X} = 각 피사체 pixel 값의 평균값

CCD 카메라로 촬영된 영상에서 각 피사체의 pixel 값은 조도의 변화에 의해 큰 차이를 나타냈다(그림 1).

조도와 Spectralon 99%, 녹색색지 Pixel의 상관관계



이 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 보정 목표판(Target)을 이용하였다(그림 1). 목표판(A)과 피사체(B)를 같은 조도 하에서 같이 놓아 촬영하였다. 흑백 카메라 사용시 물체의 영상 특성은 물체의 pixel값으로 나타낸다. 따라서 목표판(A)과 피사체(B)의 pixel값은 Matrox Inspector 2.2를 이용하여 각 물체의 ROI(region of interest) 40×40 구역의 평균치로 계산하였다. 목표 판과 피사체 pixel값 사이의 지수계산을 통해 조도 영향을 줄일 수 있는 지수를 선정하고자 한다. 이 지수계산에 의해 계산된 피사체와 목표판간의 각 지수집단의 변이계수(CV)를 비교하여 변이계수(CV)가 가장 작은 것을 선택하여 최종적으로 조도영향을 최소화할 수 있는 지수로 선정한다.

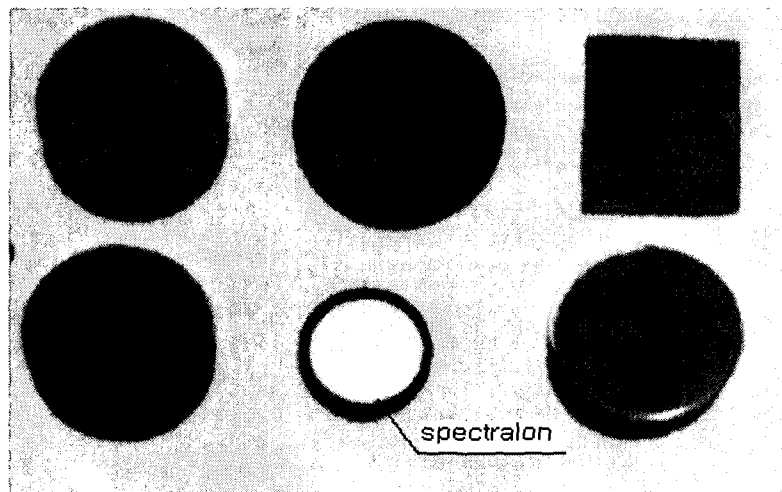


그림 1. 흑백 카메라로 촬영된 영상

칼라 카메라를 이용시 카메라로 촬영된 영상은 R(red), G(green), B(blue)값의 종합으로 구성되어 있다. 물체의 R, G, B값은 Matrox Inspector 2.2를 이용하여 구할 수 있다. 국제 조명위원회(Commission Internationale de l'Eclairage, 약칭: CIE)에서 색을 수치로 표현하는 방법으로서 1931년에 XYZ(Yxy)표색계와 1960년에 u, v system에 결정하였다. 물체의 R, G, B값을 아래와 같은 수식으로 r, g, b와 u, v값으로 전환한다.

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad (1)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad (2)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \quad (3)$$

$$u = \frac{4R}{R+15G+3B} \quad (4)$$

$$v = \frac{6G}{R+15G+3B} \quad (5)$$

전환된 R, G, B, r, g, b, u, v값을 각각 목표판과 피사체의 지수계산식에 대입하여 부동한 조도하의 피사체의 지수를 계산하였다. 이 지수 집단의 변이계수(CV)를 비교하여 변이계수가 가장 작은 지수를 선정하여 이 지수를 조도 영향에 최소화할 수 있는 지수로 결정한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 흑백 카메라를 이용시 조도 영향 최소화 방안

목표판과 피사체를 같이 놓아 흑백 카메라를 이용하여 일정한 조도 하에서 영상을 촬영하였다. 영상 촬영 높이를 600mm하고 카메라의 셔터스피드는 1/2,000 sec로 선정하여 카메라의 조리개 개도를 고정시켰다. 조도의 변화 범위는 5.8 ~ 101.6 kLux이다. 목표판과 피사체간의 총 6 가지 지수를 표 1 과 같이 선정하여 계산하였다.

표 1 : 지수

A : 목표판 Spectralon 99%의 Pixel 값	B : 각 피사체의 Pixel 값
Index 1 = B/A	Index 2 = (B-A)/(B+A)
Index 3 = (A+B)/A	Index 4 = (A+B)/B
Index 5 = (A-B)/A	Index 6 = (A-B)/B

부동한 조도하에서 각 피사체의 지수 집단의 변이계수(CV)를 비교한 결과(표 2) Index 3 집단의 변이계수 값이 가장 작은 것으로 나타났다. 그러므로 흑백 카메라를 이용시 조도 영향을 최소화 하는 방법은 다음과 같다.

목표판과 피사체를 같은 위치에서 동시 촬영하여 목표 판과 피사체의 pixel값을 지수 Index에 대입하므로써 조도의 영향을 최소화 할 수 있다.

$$Index = \frac{A+B}{A}$$

여기서, A : 목표판 Spectralon 99%의 Pixel 값

B : 각 피사체의 Pixel 값

표 2 : 각 지수 집단의 변이계수(CV)

CV(%)	목표판 A	피사체 B	B/A	(B-A)/(A+B)	B/(A-B)	(A+B)/A	(A+B)/B	(A-B)/A	(A-B)/B
0.2	21.611334	18.11688	6.28517	-8.30525	16.50719	2.081829	4.321437	6.167598	12.73481
녹색색지	21.611334	22.86739	4.45919	-6.35576	35.38899	1.527632	2.911856	4.852102	9.222665
마른 흙	21.611334	18.87753	6.31926	-9.44818	38.73264	2.197112	4.212641	7.212401	13.74536
젖은 흙	21.611334	30.83023	24.9866	-20.6339	49.39494	6.389531	28.22545	13.07821	53.95626
목판	21.611334	19.01971	4.18656	-5.74485	31.04131	1.410141	2.808994	4.320978	8.586544

3.2 칼라 카메라를 이용시 조도영향 최소화 방안

칼라 카메라를 사용한 물체 영상의 취득은 흑백 카메라를 사용했을 때와 같은 방법을 사용하였다. 즉 목표판과 피사체를 같이 놓아 칼라 카메라를 이용하여 일정한 조도 하에서 각 물체의 영상을 촬영하였다. 촬영시 카메라의 높이를 600mm로 하고 카메라의 셔터스피드는 1/2,000sec로 선정하여 카메라의 조리개 개도는 고정시켰다. 조도의 변화 범위는 14.7 ~ 86 kLux이다.

표 1과 같은 6 가지 지수를 선정하였다. 각 물체의 R, G, B, r, g, b, u, v값을 각각 대입하여 각 피사체를 전환된 지수로 표현한다. 피사체의 각 지수 집단의 변이계수(CV)를 계산하였다(표 3). 각 지수집단의 변이계수(CV)값(표 4)을 비교하여 변이계수(CV)값이 가장 작은 것을 선정하여 지수를 결정한다. 그러므로 칼라 카메라로 촬영된 영상의 조도영향 최소화 방법은 목표판과 피사체를 같은 위치에서 칼라 카메라로 동시 촬영하여 목표판과 피사체의 R, G, B값을 지수 Index에 대입하므로써 조도의 영향을 최소화 할 수 있다.

$$Index = \frac{A_v + B_v}{A_v}$$

$$v = \frac{6G}{R + 15G + 3B}$$

여가서, A_v : 목표판(spectralon 99%)의 v 값

B_v : 피사체의 v 값

표 3 : 녹색색지 G값에 대한 각 지수 집단의 변이계수(CV)

CV (%)	A : 99% G	B : 피사체 G				
	B/A	(B-A)/(A+B)	(A+B)/A	(A+B)/B	(A-B)/A	(A-B)/B
20%	6.784912	-7.5455	2.089707	4.802716	5.441755	12.44196
녹색색지	2.347154	-6.44005	0.966967	1.373276	5.492515	7.788667
마른 흙	7.349682	-6.42603	2.010971	5.344534	4.44145	11.74851
젖은 흙	13.05559	-6.50668	2.531247	9.541759	4.134434	15.46379
목판	6.298593	-5.51114	1.724165	4.54953	3.81011	10.01905

표 4 : 녹색색지의 각 지수 집단의 변이계수(CV)

조도	CV (%)	조도	CV (%)	조도	CV (%)	조도	CV (%)
R	6.899041	G	6.884966	B	14.4975	u	6.616949
r	3.130934	g	4.745025	b	13.26113	v	1.133077
(A+B)/A R	1.408335	(A+B)/A G	0.966967	(A+B)/A B	2.682645	(A+B)/A u	1.884547
(A+B)/A r	1.232429	(A+B)/A g	2.858994	(A+B)/A b	4.32407	(A+B)/A v	0.477033

4. 요약 및 결론

기계시각을 이용한 포장 정보 수집에서는 태양광 조도변화의 큰 영향을 받는다. 본 연구에서는 조도변화의 영향을 최소화하기 위해 다음과 같은 방법(1) 흑백 카메라를 사용하는 경우 지수는 $Index = \frac{A+B}{A}$ 로 선정한다. 여기서 A, B는 각각 목표판과 피사체의 Pixel값 (2) 칼라 카메라를 사용하는 경우 지수는 $Index = \frac{A_v+B_v}{B_v}$ 로 선정한다. 여기서 A_v , B_v 는 각각 목표판과 피사체의 $v = \frac{6G}{R+15G+3B}$ 값. 목표판을 피사체와 동시에 사용하여 같은 위치에서 영상을 촬영하였다. 촬영된 영상에서 목표판과 피사체의 pixel값 혹은 R, G, B값을 선정된 지수(Index)에 대입하여 조도의 영향을 최소화하였다.

5. 참고문헌

1. 성제훈외 3인. 1999. 정밀농업을 위한 작물 생육정보 획득 시스템 개발. 한국농업기계학회 하계 학술대회 논문집 P 165~170
2. C.N THAI, M.DEVANS, J.C.GRANT. 1998. White Reference Control Of Spectral Imaging Using A Small Reference Target. ASAE Meeting Presentation No. 983100
3. Wang, Ning, et al. 1999. Design of optical weed sensor using plant spectral characteristics. ASAE paper. 99-3037