

# 스테레오 비전시스템을 이용한 플러그묘 균락의 영상해석

## Image analysis of transplant canopy by stereo vision system

김철수*	김용현*
정희원	정희원
C. S. Kim	Y. H. Kim

### 1. 서론

플러그 묘의 생장상태를 조사하기 위한 생장조사는 주로 배축길이, 배축지경, 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 엽록소 함량 등을 그 대상으로 하며, 그 조사방법은 일반적으로 트레이로부터 주기적으로 샘플링(sampling)하여 각 항목별로 측정하는 방식을 취하고 있다.

그런데 지금까지의 생장조사가 대부분 수작업에 의존하고 있기 때문에 노력이 많이 소요될 뿐만 아니라 실험자에 따른 오차가 무시할 수 없을 정도로 나타나고 있다.

최근들어 비파괴적인 평가방법으로 영상해석 기법이 묘 소질 평가에 효율적으로 사용되기 시작하였다. 식물의 광학적 및 형태학적인 특성에 바탕을 둔 영상정보를 이용하여 묘의 인식, 질병 진단, 품질평가 등을 시도한 연구들이 보고되었다. (Tai 등, 1994; Gutezeit, 2000). Kanuma 등(1998)은 단일 플러그 묘의 엽면적을 측정하기 위하여 영역분할 알고리즘에 의존하는 스테레오 비전시스템을 구축하였으며, Suzuki 등(2000)은 2차원 영상을 이용하여 플러그 트레이의 엽면적을 측정하기 위하여 영상해석과 인공신경망 알고리즘을 통합하는 시스템을 사용하였다. Matsuura 등(2001) 스테레오 비전시스템을 이용하여 3차원 칼라 영상으로부터 플러그 묘의 평균 초장, 엽면적, 투영엽면적, 캐노피 체적 등을 예측하기 위한 방법을 개발하였다.

본 연구에서는 스테레오 비전시스템을 이용하여 플러그 묘의 균락영상으로부터 추출된 정보를 이용하여 플러그묘의 평균초장, 캐노피 체적 등을 예측하고, 3차원 영상을 재구성하여 가시화하는 방법을 개발하였다.

### 2. 재료 및 방법

플러그 묘 균락의 스테레오 영상을 획득하기 위한 시스템은 2대의 디지털 CCD 카메라 (STH-MDCS-VAR-C, Videre, USA), 8 개의 23 W 3파장 램프로 구성된 조명 장치, IEEE 1394 인터페이스 카드가 장착된 펜티엄 III 컴퓨터와 모니터, 카메라와 조명 장치 부착을 위한 프레임(80× 70× 70 cm)으로 구성되었다.

두 대의 카메라에는 각각 1280× 960 화소의 해상도로 입력영상을 획득할 수 있는 1/2 인치 CCD 센서와 초점거리 6.0 mm의 C 마운트 렌즈가 장착되어 있으며, 두 카메라는 바닥으로

---

\* 전북대학교 농업생명과학대학 생물자원시스템공학부

부터 60 cm의 위치에 초점 간의 거리가 12 cm가 되도록 프레임에 설치되었다. 구축된 스테레오 영상 획득 시스템은 그림 1과 같다..

화소 단위로 표현된 거리를 실측 거리로 환산하기 위하여, 0, 29, 44, 73, 100, 140 mm 높이의 영상을 이용하여 거리 보정을 수행하였다.

배추 플러그를 공시 품종으로 하여 스테레오 영상시스템에 의해서 추출된 생장 정보와 파괴적인 방법으로 실측한 개체별 초장 및 엽면적 정보와 비교함으로써 스테레오 영상시스템의 응용 가능성을 검증하였다. 색도색차계(Minolta CR-200)를 이용하여  $L^*$ (Lightness),  $C^*$ (Chroma),  $H^*$ (Hue angle) 등 삼자극치를 측정하였다.  $L^*C^*H^*$  좌표계는 Uniform 칼라 공간인  $L^*a^*b^*$  직교좌표계를 극좌표 형태로 표현한 것으로서 LSH 칼라모델과 동등한 정보를 제공해준다. 칼라 특성 값은 시료별로 5회씩 반복 측정하여 평균을 구하여 이용하였다.

### 가. 스테레오 시스템 보정 및 영상획득

한 쌍의 2-D 영상들로부터 3-D 정보를 추출하기 위해서는 각각의 카메라의 내부 인자들과 두 카메라의 상호 위치에 대한 외부 인자들에 대한 정보가 설정되어야 한다. 이러한 정보들을 설정하기 위하여 한 번의 길이가 27 mm인 정사각형으로 이루어진 격자형 플레이트의 영상을 5 쌍 이상을 획득하여 시스템의 보정을 수행하였다.

시스템의 보정과 영상획득을 위하여 스테레오 분석 소프트웨어(Small Vision System, SRI Int. USA)를 사용하였으며, 보정 결과는 표 1에 나타내었다.

표 1. 스테레오 시스템 보정에 의하여 얻어진 카메라의 내부인자 및 외부 인자

내부 인자		외부 인자
좌측 카메라	우측 카메라	
$f_x = 534.8$	$f_x = 528.6$	$T_x = -98.459951$
$f_y = 534.3$	$f_y = 531.3$	$T_y = 1.863873$
$C_x = 249.8$	$C_x = 243.6$	$T_z = 4.035581$
$C_y = 229.1$	$C_y = 252.5$	$R_x = -0.009061$
$K_1 = -0.1544$	$K_1 = -0.1426$	$R_y = 0.002596$
$K_2 = 0.0953$	$K_2 = 0.0656$	$R_z = 0.001503$

표 1에서  $f$  와  $C$ 는 카메라의 초점거리와 지향 중심점의 위치를  $x, y$  방향으로 나타낸 것으로 단위는 화소이며,  $k_1, k_2$  는 카메라에 의한 왜곡을 보정하기 위한 계수이고,  $T$ 는 두 카메라 간의 상대 위치를 화소 단위로,  $R$ 은 상대 회전각을 라디안(rad) 단위로 표현한 값이다. 화소 단위로 표현된 거리를 실측 거리로 환산하기 위하여, 0, 29, 44, 73, 100, 140 mm 높이의 영상을 이용하여 거리 보정을 한 결과를 그림 1에 나타내었다.

### 나. 스테레오 영상 분석

한 쌍의 스테레오 입력 영상으로부터 플러그 묘 군락의 생육 특성에 관련된 인자들을 추출하기 위한 과정에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다.

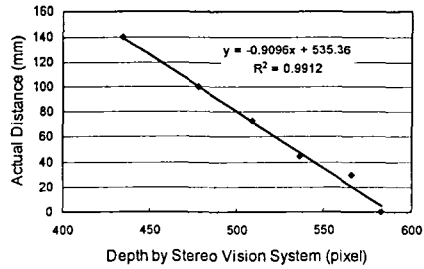
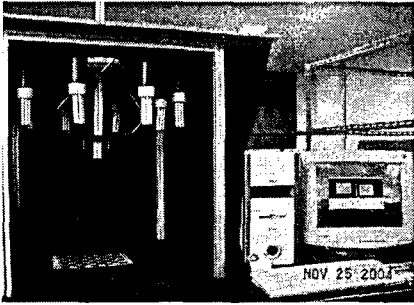


그림 1. 스테레오 영상획득 시스템.    그림 2. 스테레오 영상획득 시스템의 거리 보정.

**영상 획득 :** 스테레오 영상획득 시스템을 이용하여 해상도 640×480 화소의 칼라 영상과 흑백 영상을 획득하여 컴퓨터 메모리에 저장한다. 그림 3(a), 3(b)은 획득된 칼라 영상이다.

**문턱 값 처리 :** 5× 5 Wiener 필터를 사용하여 영상 획득과정에서 포함되는 잡음을 제거하였으며, 문턱 값 처리를 통하여 배경 영역을 분석 대상에서 제외시켰음. 문턱 값 처리된 결과를 그림 3(c), 3(d)에 표현하였다.

**영상 특징 추출 :** 영상에서 화소 값의 변화가 급격한 부분은 주로 물체의 경계에 해당하므로 Canny의 알고리즘을 이용하여 경계선(edge)을 추출하였으며, 연속된 영역의 중심선에 해당하는 골격선(skeleton)을 추출하였다. 추출된 경계선의 영상을 그림 3(e), 3(f)에 나타내었으며, 추출된 골격선의 영상을 그림 3(g), 3(h)에 나타내었다.

**3차원 정보 계산 :** 추출된 좌우측 영상의 특징들은 서로 대응점들을 탐색하여 기하학적인 변환식에 의하여 3차원 깊이 정보를 계산하고, 이는 대상 물체의 높이, 즉 플러그 묘의 초장을 나타낸다. 각 대응점들에서 계산된 3차원 정보로부터 보간법을 사용하여 대상체 전체 영역의 높이를 계산하고, 대상 물체의 3차원 정보를 기초로 대상체의 표면을 재구성하여 그림 4(a), 4(b)에 시각적으로 표현하였다.

**생장 정보 추출 :** 추출된 영상 특징과 3차원 정보를 이용하여 평균 초장, 초장의 분산, 경계선 부위의 초장, 골격선 부위의 초장, 투영 엽면적 등과 같은 생장 정보를 계산하였다.

#### 다. 스테레오 영상시스템의 검증

배추 플러그 묘를 대상으로 하여 스테레오 영상시스템을 이용하여 추출한 생장 정보와 파괴적인 방법으로 실측한 개체별 초장 및 엽면적 정보와 비교함으로써 스테레오 영상시스템의 응용 가능성을 검증하였다.

검증에 사용된 시료는 완전 제어형 묘 생산시스템 내에서 200공 트레이의 절반에 100주씩 파종한 후 17일이 경과한 배추(CR 안심, 흥농종묘) 플러그 묘였으며, 광량이 각각 150, 200, 250, 300  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  등 4 처리수준에서 생육되었다.

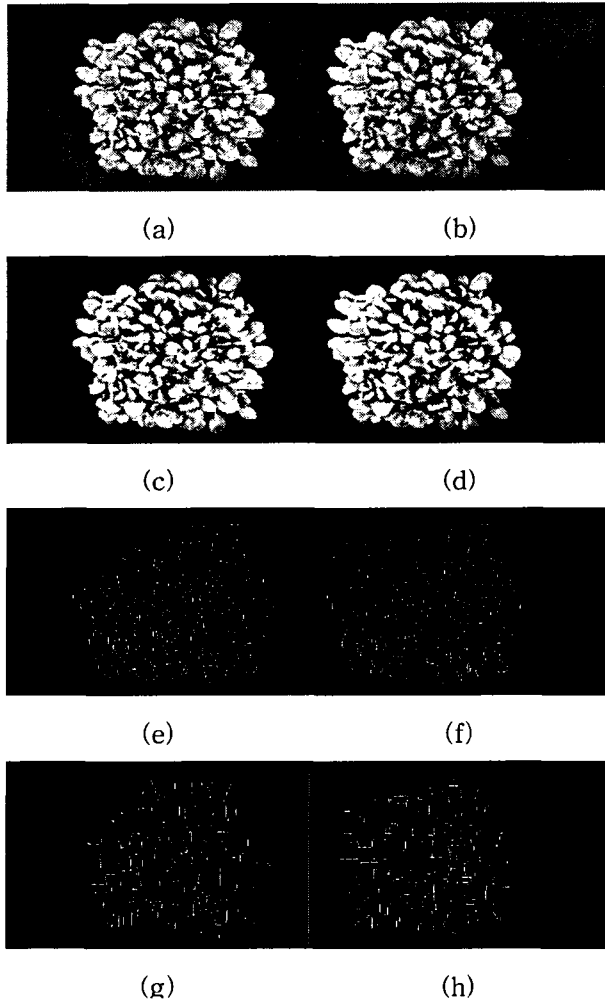


그림 3. 생장정보 추출 과정의 단계별 영상 (a, b) 좌우측 카메라에 입력된 칼라 영상, (c, d) 잡음 제거 후 문턱 값 처리된 영상, (e, f) 경계선이 추출된 영상, (g, h) 골격선이 추출된 영상.

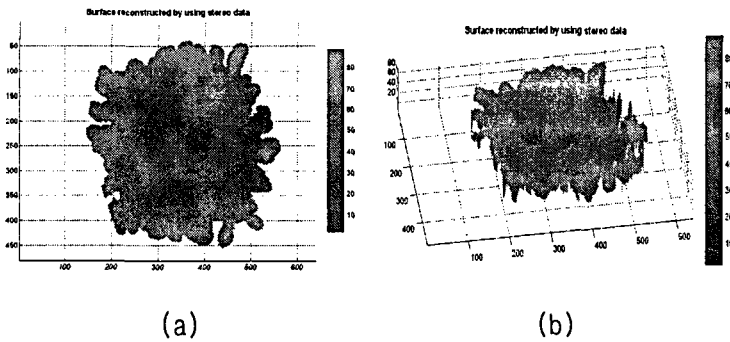


그림 4. 스테레오 데이터를 이용하여 재구성한 대상체의 3차원 표면, (a) 투시점(Az: 1°, EI: 90°), (b) 투시점(Az: -10°, EI: 34°).

### 3. 결과 및 고찰

스테레오 영상 시스템에 의해 공시재료의 영상을 획득하여 플러그 묘 군락의 생장 특성 정보를 예측하고, 이 결과를 실측 데이터와 비교하여 표 2에 나타내었다.

표 2에 나타난 바와 같이 스테레오 영상 시스템을 이용하여 얻은 생장 특성 정보들과 실측 데이터는 특별한 상관 관계를 찾기 어려웠으나, 보다 정확한 3차원 깊이 정보 추출을 위하여 구조적 조명 기법을 활용하는 방안에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

표 2. 스테레오 영상 시스템을 이용한 플러그 묘 군락의 영상 특징과 실측데이터의 비교

시료 <sup>†</sup>	실측 데이터		생장정보 관련 영상특징			
	평균초장 <sup>‡</sup>	엽면적	평균높이	투영면적	경계선 면적	골격선 면적
CR150	89.5± 16.1	2402.5	59.8± 16.1	1768.0	256.4	175.4
CR200	92.9± 12.0	2722.2	57.5± 18.4	1867.5	291.1	190.8
CR250	87.5± 22.7	3012.9	50.8± 19.6	1806.5	348.6	201.5
CR300	89.2± 13.4	3057.3	62.1± 17.4	1730.8	200.3	163.1

<sup>†</sup> 시료이름에 포함된 숫자는 처리된 광합성유효광양자속(photosynthetic photon flux,  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )을 뜻함.

<sup>‡</sup> 길이의 단위는 mm, 면적의 단위는  $\text{cm}^2$

### 4. 요약 및 결론

스테레오 비전을 이용한 플러그 묘 군락 영상 해석 시스템을 구축하고 한 쌍의 2-D 영상들로부터 3-D 정보를 추출하고자 한 번의 길이가 27 mm인 정사각형으로 이루어진 격자형 플레이트에 대한 영상을 획득하여 시스템의 보정을 수행하였다.

스테레오 영상을 획득하여 경계선(edge), 골격선(skeleton)과 같은 영상 특징을 추출한 후 3차원 정보를 이용하여 배추 플러그묘 군락의 평균 초장, 초장의 분산, 경계선 부위의 초장, 골격선 부위의 초장, 투영 엽면적 등과 같은 생장 정보를 계산하였다.

스테레오 영상 시스템을 이용하여 얻은 생장 특성 정보들과 실측 데이터는 특별한 상관 관계를 찾기 어려웠으나, 보다 정확한 3차원 깊이 정보 추출을 위하여 구조적 조명 기법을 활용하는 방안등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### 5. 참고문헌

Gutezeit, B. 2000. Non-destructive measurement of fresh mass by the gamma-scanning technique applied to broccoli. *J. Agric. Engineering Res.* 75(3):251-255.

Kanuma, T., K. Ganno and O. S마멸. 1998. Leaf area measurement using stereovision. In *Preprints of 3rd IFAC/CIGR Workshop on AI in Agriculture*, 170-175. Chiba, Japan.

Tai, Y. W., P. P. Ling and K. C. Ting. 1994. Machine vision assisted robotic seedling transplanting. *Trans. of the ASAE.* 37(2):661-667.

Matsuura, Y., D. He and T. Kozai. 2001. Development of a transplant population analysis system. *ASAE Paper No. 01-7051*. Sacramento, CA, USA.