

# 가시영상을 이용한 오이 플러그묘의 엽면적과 건물중 추정

## Estimation of Leaf Area and Dry Weight of Cucumber Plug Seedlings by Visual Image Analysis

최유화<sup>1\*</sup> · 김용현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 대학원 농업기계공학과

<sup>2</sup>전북대학교 농업생명과학대학 생물자원시스템공학부(농업과학기술연구소)

Choi, Y.H.<sup>1</sup> · Kim, Y.H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Agricultural Machinery Eng., Graduate School, Chonbuk National Univ., Jeonju 561-756, Korea

<sup>2</sup>Division of Bioresource Systems Eng., Chonbuk National Univ., Jeonju 561-756, Korea (The Institute of Agricultural Science & Technology)

### 서론

우리나라의 육묘산업은 플러그묘의 수요 증대에 따른 플러그 트레이와 육묘용 비료의 국산화, 자동화된 파종 시스템 및 관수장치의 도입 등 생산 시설의 측면에서 발전을 거듭하면서 묘소질의 우수한 플러그묘에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나 아직까지 묘소질의 개념이 정립되지 않은 가운데 육묘시설에 따른 묘소질의 차이가 크며, 육묘사고에 따른 분쟁도 적지 않은 실정이다 (장, 2003). 이러한 현상은 육묘 단계에서 시설간의 시비, 환경, 수분 관리뿐만 아니라 품종, 작형, 생산자의 경험 및 생산시기 등에 따라 묘소질의 차이가 나타나기 때문이다 (김과 김, 2003). 그러므로 묘소질에 대한 기준을 정립함과 동시에 계절적, 지역적 특성에 따라 묘소질이 우수한 플러그묘를 생산할 수 있도록 적절한 시비 또는 수분 관리 방법이 제시되어야 한다.

본 연구의 목적은 묘소질이 우수한 오이묘를 생산하기 위해 아직까지 정립되지 않은 오이 플러그묘의 묘소질을 비파괴적으로 평가하는 데 필요한 기초자료를 제공하는데 있다. 구체적으로 군락상태의 오이 플러그묘를 대상으로 가시영상을 획득하여 오이 플러그묘의 투영면적과 실제 엽면적과의 관계를 분석한 후 오이 플러그묘의 주요 생장지표에 해당하는 엽면적과 건물중을 예측하고자 본 연구가 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 가. 공시 품종 및 실험 조건

본 연구에 사용된 공시품종은 ‘겨우살이 청장오이’(홍농종묘)로서, 파종 후 23일 동안 Kim 등(2002)에 의해 개발된 폐쇄형 묘생산 시스템에서 육묘되었다. 피트모스, 펄라이트 및 버미큘라이트가 체적을 기준으로 각각 70:5:25로 혼합된 배지(BM2, Berger Peat Moss Co.)를 50공 플러그트레이(Bumnong Co., Korea)에 충전한 후 파종하였다. 파종 후 최초 2일은 온도 28℃, 상대습도 85%의 압조건에서 발아하였으며, 그 후부터 21일동안 평기와 압기의 기온 25/20℃, 상대습도 70%, 광합성유효광양자속(Photosynthetic Photon Flux, PPF) 200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 을 유지하였다. 육묘중 시비는 양액으로 관수와 동시에 실시하되, 발아 후 약 2주 내외는 2일 간격으로 실시하였고 그 이후에는 저면관수법으로 매일 관수하였다. 육묘에 사용된 양액은 육묘전용의 복합비료(한방 A, B제; 코셀)를 사용하여 조제하였으며, 이 때 양액의 전기전도도와 pH는 각각 1.2~1.4  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , 6.5로 나타났다.

### 나. 영상처리 시스템

#### 1) 영상처리 시스템의 구성

영상처리 시스템은 크게 영상입력 장치, 영상처리 장치 및 주컴퓨터로 구성된다. 영상입력 장치로서 RGB 색채 영상신호와 NTSC 영상신호를 출력하는 CCD 카메라(XC-711, Sony, Ltd., Japan)를 사용하였다. 영상처리 장치는 National Instruments Co.에서 제작한 PCI-1411을 사용하였다. 영상은 주컴퓨터(Pentium IV, 1.8GHz, 256M RAM)에 전송되어 모니터를 통해 출력되었다. 영상을 획득하기 위한 프로그램으로 LabVIEW Ver. 6.0 (National Instruments Co. U.S.A.)를 이용하였다.

#### 2) 근략 투영면적의 획득

근략상태의 오이묘에 대한 건물중 예측모델을 개발하고자 파종 후 1본엽이 전개되는 시점부터 1일 간격으로 50공 트레이의 절반인 25주의 근략상태의 오이묘에 대해 영상을 획득하였고 이것을 근략 엽면적(canopy leaf area)으로 정의하였다. 또한 근략상태에서 획득한 영상과 각기 다른 개체를 기준으로 획득한 영상과의 차이를 분석하고자 5주를 대상으로 실측 엽면적과 근략상태의 엽면적을 계산할 수 있는 영상을 획득하였다. 먼저 25공의 트레이에 플러그묘를 한 줄로 배열하고 이것을 줄 엽면적 (horizontally arranged leaf area)으로 정의하였다. 한편 25공 트레이의 모서리 4지점과 중앙 1지점에 각각 1주씩 모두 5주를 배열한 경우를 개체 엽면적 (individual leaf area)로 정의하고, 플러그트레이와 평행하게 카메라를 고정하고 측면에서 획득한 투영면적을 측면 엽면적(side-view leaf area)으로 정의하였다. 이와 같이 1일 간격으로 획득한 영상을 바탕으로 본엽에 대한 화소수를 획득하고 기하학적 측도설정에 의한 값과 비교하여 엽면적을 계산하였다. 이와 같이 획득된 영상은 640X480화소로 이루어진 24bit 색채 이미지로 BMP화일과

JPEG파일로 저장된다.

이와 같이 획득된 이미지는 배경과의 분리를 용이하게 하기 위하여 8bit 흑백 이미지로 변환하였다. 변환된 8bit 흑백 이미지에서 군락의 투영면적을 구하기 위하여 작물부분만을 선정한 후 문턱값을 이용하여 배경과 이미지를 분리하였다. 변환이 완료된 배열에 대한 역이미지를 만들어서 군락의 이미지를 획득하였고, 군락의 이미지로부터 군락의 총화소수를 획득하였다.

#### 다. 성장 조사

오이묘의 성장조사는 영상처리 1일째부터 시작하였다. 성장조사는 처리 당 5 주씩을 샘플링하여 지상부는 초장, 줄기직경, 엽면적, 생체중 및 건물중, 엽록소 함량을, 지하부는 뿌리길이, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 가. 건물중과 엽면적의 추정

#### 1) 엽면적, 생체중 및 건물중의 상호 관계

획득된 오이 플러그묘의 군락상태의 투영면적을 이용하여 건물중의 예측 가능성 여부를 판단하고자 실측 엽면적과 생체중 및 건물중의 상관관계를 분석하였다 (Fig. 1, 2). 엽면적과 생체중, 건물중과의 회귀분석 결과 결정계수가 매우 높게 나타나 군락상태의 엽면적을 기초로 하여 작물의 생체중과 건물중의 예측이 가능할 것으로 판단된다.

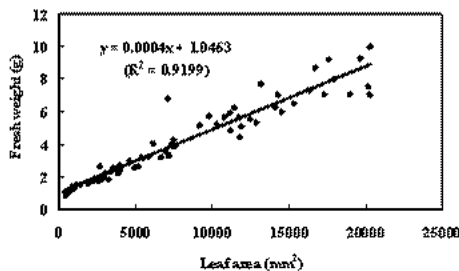


Fig. 1. Regression relationship between leaf area and fresh weight.

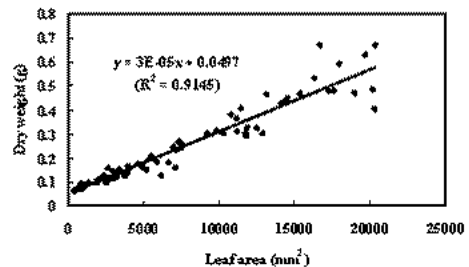


Fig. 2. Regression relationship between leaf area and dry weight.

#### 2) 엽형과 엽면적의 관계

엽길이, 엽폭 및 엽둘레는 엽형과 관련된 인자에 해당한다. 본 연구에서는 엽 길이와 엽폭의 실측치를 이용하여 엽면적과의 관계를 분석하였다. 이 결과는 각각의 개체에서 1본엽만을 대상으로 한 결과이다. 엽폭과 엽장이 각각 65 mm, 85 mm 내외일 경우에 엽면적은 엽폭 또는 엽장과 선형적인 관계를 가지며 증가하였다. 그러나 엽폭과 엽장이 증가함에 따라 이들과 엽면적과의 관계는 Fig. 3,

Fig. 4와 같다.

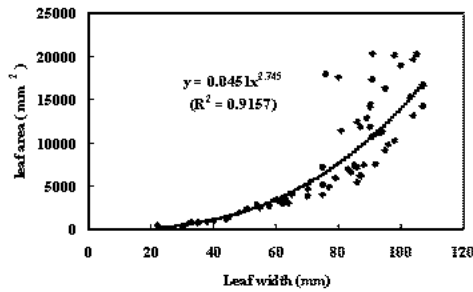


Fig. 3. Regression relationship between leaf area and leaf width.

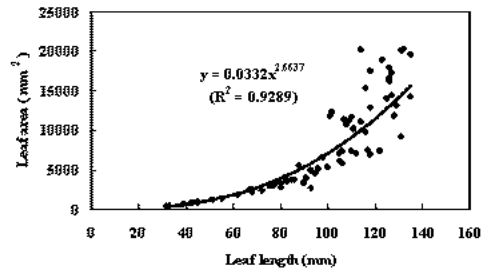


Fig. 4. Regression relationship between leaf area and leaf length.

#### 나. 실측 엽면적과 투영면적의 관계

파종 후 1분엽이 전개되는 시점을 영상획득 1일째로 정의했을 때 최종 영상

획득일인 12일째까지의 엽면적의 변화는 Fig. 5와 같다. 이 결과는 군락상태의 오이 플러그묘에 대해서 상방향에서의 투영면적을 이용한 것이다. 최초 1일째부터 약 4일째까지는 실제 엽면적과 군락 엽면적, 개체 엽면적, 줄 엽면적이 모든 처리에서 비슷한 값을 가지며 증가 하였으나 그 이후로는 실제 엽면적과 군락 엽면적의 차이가 점점 크게 나타났다. 줄 엽면적과 개체 엽면적은 같은 경향을 보였으나 줄 엽면적의 경우 마지막 12일째에는 실제 엽면적과 같게 나타났다.

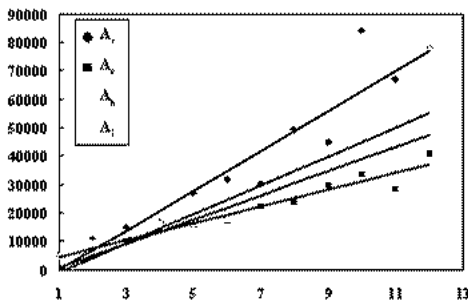


Fig. 5. Comparison of real leaf area ( $A_r$ ), canopy leaf area ( $A_c$ ), individual leaf area ( $A_i$ ) and horizontally arranged leaf area ( $A_h$ ).

#### 다. 실측치와 영상측정인자의 비교

오이 플러그묘의 건물중을 예측하고자 1대의 카메라를 이용하여 오이 플러그묘에 대한 상방향으로부터의 영상을 획득하였고, 다른 1대의 카메라는 오이 플러그묘의 높이와 같게 하여 측면에 설치한 후 영상을 획득하였다. 영상 측정 인자는 평면 투영면적, 측면 투영면적, 오이 플러그묘 군락의 체적이다. 오이 플러그묘 군락의 체적은 상방향에서의 엽면적을 정사각형으로 변형하고 측방향에서 획득된 엽면적을 한변이 상방향의 변형된 정사각형의 한변의 길이와 같게 하여 높이를 구한 후 오이플러그묘 군락의 총 체적을 구하였다. 그 결과를 이용하여 통계처리에 의한 상관관계를 분석한 결과는 Table 1과 같다.

영상측정인자인 평면 투영면적, 측면 투영면적, 오이 플러그로 군락의 체적과 실측치인 지상부 건물중, 지하부 건물중, 지하부 생체중, 엽면적과의 관계에 있어서 모두 0.9 이상의 높은 상관관계가 나타났다. 특히 평면 투영면적과 지상부 건물중의 관계는 0.01%의 유의수준에서 0.9813의 매우 높은 상관관계가 나타났다. 이러한 결과는 영상측정인자인 투영면적, 체적 등을 이용한 건물중의 예측이 매우 효과적임을 의미하는 것이다.

Table 1. Correlation coefficients between image processing indexes and actual measurements.

Number of pixel	Dry weight (g)		Fresh weight (g)		Leaf area (mm <sup>2</sup> )
	Shoot	Root	Shoot	Root	
Projected area for top-view	0.9813 <.0001	0.9594 <.0006	0.9956 <.0001	0.9094 <.0045	0.9838 <.0001
Projected area for side-view	0.9125 <.0041	0.9492 <.0011	0.9137 <.0040	0.7405 <.0569	0.9231 <.0030
Volume for canopy	0.9254 <.0028	0.9646 <.0004	0.9285 <.0025	0.7491 <.0526	0.9345 <.0020

Fig. 6은 군락에 대한 투영면적과 오이 플러그로의 전체 생체중과의 관계를 나타낸 것이다. Fig. 7은 전체 건물중과 오이 플러그로의 군락에 대한 투영면적과의 관계를 나타낸 것이다. 건물중은 수분을 포함하고 있던 식물체를 건조시켜 수분을 제거한 무게이다. 식물체는 일정한 비율의 수분을 지니고 있기 때문에 생체중과 건물중은 상호 밀접한 관계를 갖는다. 그러므로 건물중과 투영면적과의 관계도 생체중과 투영면적과의 관계와 유사하게 나타날 것으로 예상할 수 있다.

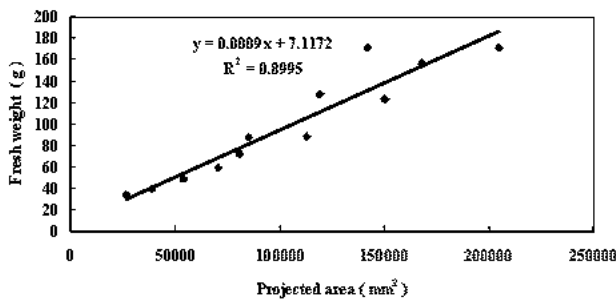


Fig. 6. Regressional relationship between fresh weight and projected area of canopy.

다만 결정계수가 생체중의 경우보다 다소 높게 나온 것은 생체중을 측정하기 전에 뿌리를 감싸고 있는 배지를 물로 씻어내는 과정에서 오차가 포함되었을 것으로 생각한다. 한편 건물중은 수분을 모두 제거한 상태에서 측정했기 때문에 오차가 줄어들었을 것으로 생각한다.

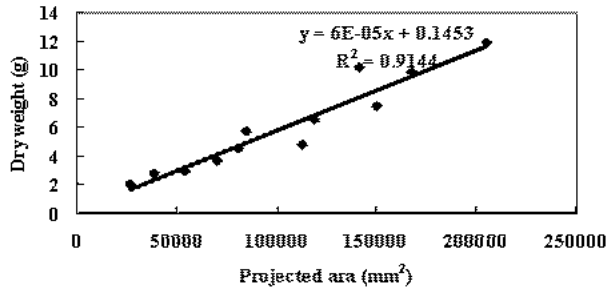


Fig. 7. Regressional relationship between dry weight and projected area of canopy.

## 요약 및 결론

겨우살이 청장 오이를 사용하여 육묘된 오이 플러그묘의 군락의 가시 영상을 통하여 엽면적과 건물중을 예측하고자 수행된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 엽면적과 생체중, 건물중과의 회귀분석 결과 결정계수가 매우 높게 나타나 군락상태의 엽면적을 기초로 하여 작물의 생체중과 건물중의 예측이 가능할 것으로 판단된다.
2. 영상측정인자인 군락의 평면 화소수, 측면 화소수, 군락의 체적 화소수와 실측치인 생체중, 건물중, 엽면적과의 상관관계는 모두 0.9 이상으로 고도의 상관관계를 나타내 영상측정인자인 투영면적, 체적 등을 이용한 건물중의 예측이 매우 효과적일 것으로 판단된다.
3. 오이 플러그묘에 대한 군락의 투영면적과 건물중 또는 생체중 사이의 1차회귀 관계는 다음과 같다.

$$W_{\#} = 0.0009 A_p + 7.1172 \quad (R^2 = 0.8995)$$

$$W_{td} = 0.00006 A_p + 0.1453 \quad (R^2 = 0.9144)$$

여기에서  $A_p$ : 군락의 투영면적( $\text{mm}^2$ ),  $W_{\#}$ : 전체 생체중(g),  $W_{td}$ : 전체 건물중(mg)이다.

## 인용문헌

1. 김철수, 김용현. 2003. 플러그묘의 묘소질 평가 관련 국내외의 연구 동향. 전북대학교 농과대학 생물자원기계공학전공 세미나, pp.43-53.
2. 장운아. 2003. 채소 플러그묘의 묘소질 평가를 위한 기준 설정의 필요성과 과제. 전북대학교 농과대학 생물자원기계공학전공 세미나, pp.1-11.
3. Kim, Y.H., Kim, J.K., Lee, S.H., Choi, Y.H., Lee, M.G. and Kim, H.J. 2002. Production of potato transplants under controlled environment. ASAE Paper No. 024114.