

광 이용효율을 이용한 간단한 배추 생육모형

문경환*, 송은영, 손인창, 오순자, 박교선

국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

Simple Growth Model of Chinese Cabbage Using Radiation Use Efficiency

K. H. Moon*, E. Song, I. Son, S. Oh, K. Park

Agricultural Research Center for Climate Change, NIHHS, RDA

I. 서 언

오랫동안 광합성과정에 기반하여 작물의 생육을 예측하고자 하는 노력이 진행되어 왔다 (Bouman, *et al.*, 1996). 여러 가지 중에서 최근에는 작물의 광 이용효율을 이용하여 복잡한 생리적인 과정을 단순하게 해석하여 작물의 생체량 변화를 예측하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다 (Sinclair and Muchow, 1999). 배추는 우리 나라 채소 생산량의 약 13%를 차지하고 있는 기간 채소이나 공급량의 변동에 따라 시장가격이 크게 변동하는 작물이다. 배추 수량은 인위적인 요인인 재배면적을 제외하면 재배시기의 기상여건과 그에 따른 병해충의 발생에 의해 좌우된다. 여기에서는 온도와 광량에 따른 배추 수량을 예측하기 위하여 광 이용효율을 이용한 배추 생육모형을 제작하였다. 모형 제작을 위한 기본적인 이론적 배경은 온도에 의해 배추 엽분화가 개시되고 이에 따라 엽수가 결정되면 이로부터 엽면적과 엽면적지수를 알아내고, 이를 이용하여 작물에 의한 광 흡수량을 산정하고, 광 이용효율을 적용하여 배추의 건물중을 예측할 수 있다는 것을 가정하였다.

II. 재료 및 방법

2.1 외부성장상 실험

온도에 따른 배추 생육반응실험을 위해서 길이 2m, 폭 0.5m, 깊이 1m인 작물이 자랄 수 있는 토양용기를 가지고 있는 외부성장상(Soil Plant Atmosphere Research, SPAR)에서 배추재배실험을 수행하였다. 외부성장상은 높이 2.7m, 길이 2m, 폭 1.5m인 투명판으로 밀폐되어 있어서 내부의 온도와 이산화탄소 농도를 조절할 수 있게 고안된 실험 장치이다 (Reddy, *et al.*, 1992). 재배용기에 모래와 상토를 50% 씩 섞어서 Hoagland 배양액을 기본으로 조성된 배양액으로 배추를 재배하였다. 외부 성장상의 온도는 주간 16시간 야간 8시간으로 구분하여 주·야간 온도가 14°C/9°C, 17°C/12°C, 20°C/15°C, 23°C/18°C, 26°C/21°C, 29°C/24°C 등 6개 처리를 하고, 이산화탄

* Correspondence to : milestone@korea.kr

소의 농도는 400ppm을 유지하였다. 실험은 7월 17일에 배추 어린 묘를 정식하면서 시작되고 9월 4일까지 수행되었다. 환경요소는 생장상 내부의 온도와 광합성 유효 광량은 매 5분마다 측정하여 기록하였다. 작물은 정식기 이후 7일 간격으로 4회, 마지막은 21일 후에 채취하여 지상수의 엽수, 엽면적, 건조중을 측정하였다. 모형을 검증하기 위해서 동일한 실험시설에서 다른 시기에 수행한 실험 자료를 이용하였다.

2.2 자료의 분석

자료의 분석은 광 자료의 분석과 식물체 측정자료의 분석으로 나누어 수행하였다. 광 이용효율을 계산하기 위해서 외부생장상의 작물 재배면적인 1m²을 기준으로 환산하여 모든 계산을 수행하였다. 작물이 흡수한 광량의 누적값과 작물 건조중으로부터 광 이용효율을 계산하였고, 온도에 따른 함수를 도출하였다. 배추 모형식에서는 광 이용효율을 계산할 때의 과정에서 소멸계수를 시간별로 적용한 것과 다르게 재배기간 동안 0.35로 일정하다고 가정하고 계산하였다. 온도에 의한 엽수의 증가함수는 일별 온도변화를 반영하기 위해서 매개변수가 3개인 베타함수를 적용하여 구하였다. 엽수로부터 엽면적의 추정은 지수함수의 형태로 나타내었다.

III. 결과

실험 결과로 배추의 광 이용효율은 약 1.2~1.8 g/MJ의 범위에 있으며, 이것은 최적온도인 약 24°C 부근에서 가장 큰 값을 보이고 온도가 낮아지거나 높아지면 효율이 떨어지는 경향이였다. 이러한 결과를 모형에 적용하기 위해서 배추의 생육 최저온도를 5°C, 생육 최고온도를 35°C라고 가정하고 구간별로 온도와 광 이용효율 간에 선형적인 관계식을 적용하였다(Fig. 1).

Daily Temperature	Equations of RUE (Y: RUE, x: temp.)
temp. < 5	0
5 < temp. < 15	$y = 0.0004x + 1.2114$
15 < temp. < 25	$y = 0.0599x + 0.3553$
25 < temp. < 35	$y = -0.0373x + 2.6765$
temp. > 35	0

Fig. 1. Equations of radiation use efficiency dependent on temperature for Chinese cabbage.

일별 엽 발아속도는 최고온도가 34.7°C, 최적온도가 20.57°C, 최고 발아속도는 1.838인 베타함수로 나타낼 수 있었다. 또 배추의 엽수와 엽면적의 로그값을 취했을 때 두 변수 간에는 지수함수로 나타낼 수 있었는데, 엽수가 증가할수록 엽면적이 점차로 증가하지만 그 증가속도는 점차 감소하는 경향이였다(Fig.2).

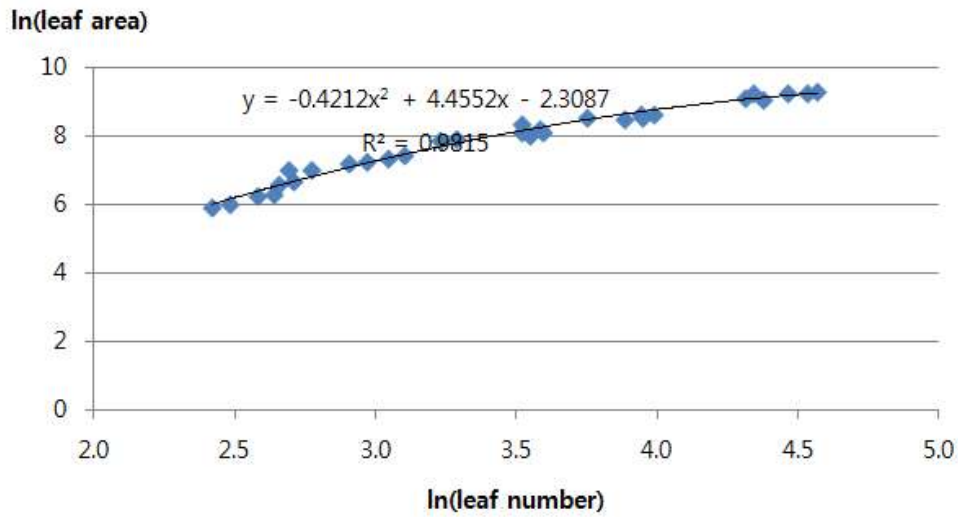


Fig. 2. Relations between logarithms of leaf number and leaf area of Chinese cabbage.

온도에 따른 엽면적 증가 예측으로부터 LAI을 추정하고 이에 광 이용효율을 적용하여 예측한 건조중과 측정된 건조중의 관계는 Fig. 3에 나타내었다. 6개의 외부생장상 실험을 비교한 결과 주간 14°C, 야간 9°C의 최저온도 처리구와 주간 29°C, 야간 24°C의 최고온도 처리구에서 약간의 과소추정되는 경향을 보였으나 그 중간 온도범위에서는 모형으로 예측한 결과가 실측된 결과를 비교적 잘 예측하고 있었다.

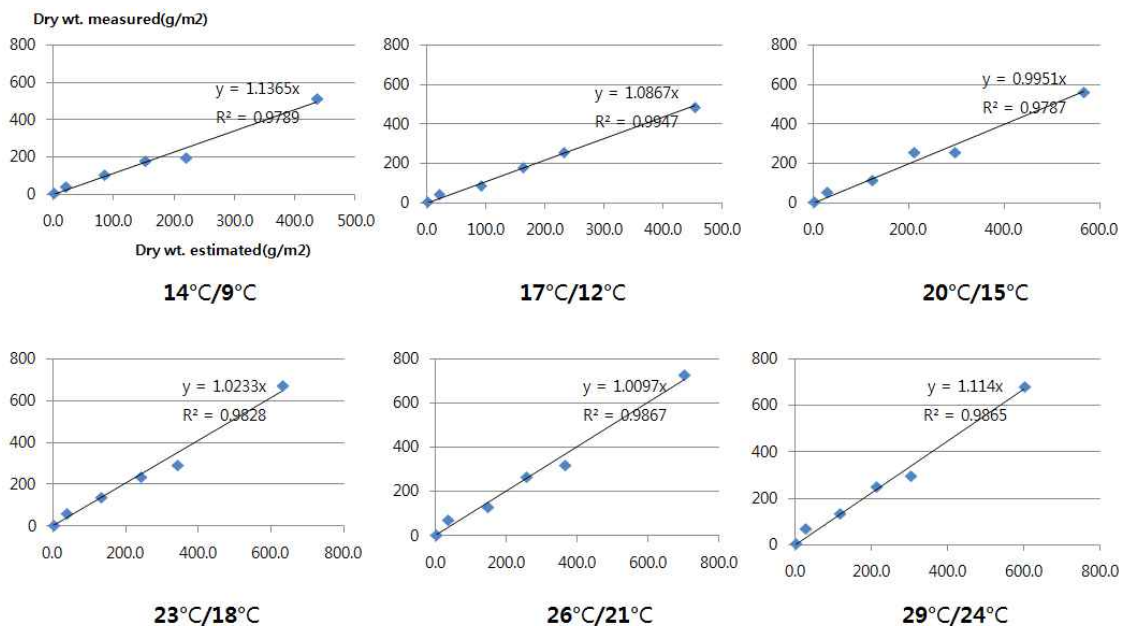


Fig. 3. Comparison of model-estimated and measured dry weight of Chinese cabbage with different temperature treatments of 6 SPAR chambers.

제작된 단순모형을 이용하여 재배시기를 달리한 외부생장상 실험결과에도 적용해본 결과 약간의 과대평가되는 경향이 있었지만 6개의 온도처리 모두에서 대체로 잘 예측할 수 있었다(Fig. 4). 이러한 결과로 볼 때 광 이용효율 추정에 기반한 배추 생육모형은 외부생장상 실험결과를 잘 예측할 수 있었다. 작물모형을 실제 농경지의 생육예측에 활용하기 위해서는 환경스트레스가 주어지는 농경지에서 실험된 결과를 이용하여 검증할 필요가 있었다.

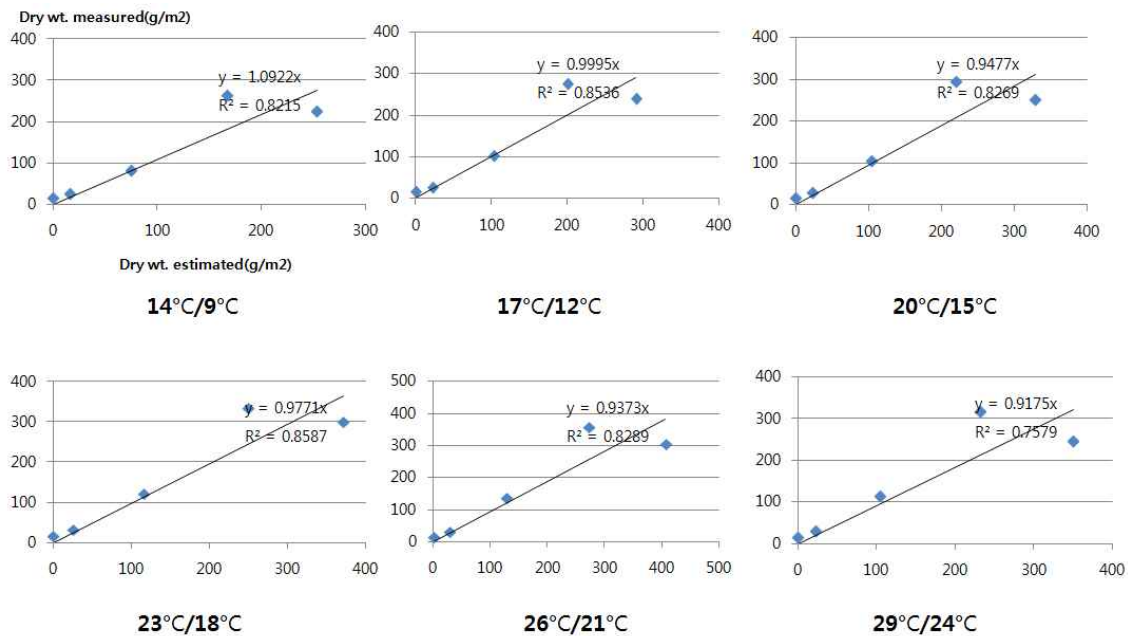


Fig. 4. Performance simple model for Chinese cabbage using different data set of SPAR experiment.

인용문헌

- Bouman, B., H. Van Keulen, H. Van Laar and R. Rabbinge. 1996: The 'School of de Wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. *Agricultural Systems* **52**, 171-198.
- Reddy, K., V. Reddy and H. Hodges. 1992: Temperature effects on early season cotton growth and development. *Agronomy Journal* **84**, 229-237.
- Sinclair, T.R. and R.C. Muchow. 1999: Radiation use efficiency. *Advances in agronomy* **65**, 215-265.