POSTER 09

배추의 광 이용효율

문경환*, 송은영, 손인창, 오순자, 박교선
국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

Radiation Use Efficiency (RUE) of Chinese Cabbage

K. H. Moon*, E. Song, I. Son, S. Oh, and K. Park
Agricultural Research Center for Climate Change, NIHHS, RDA

I. 서 언

작물의 광 이용효율은 광합성에 의해 광 에너지가 탄수화물로 전환되는 효율을 의미하며 환경스트레스가 없는 조건에서는 작물 종류에 따라 대체로 일정하다고 알려져 있다(Monteith and Moss, 1977). 작물의 광 이용효율을 알면 복잡한 생리적인 과정에 대해 고려하지 않아도 작물의 생체량의 변화를 쉽게 알 수 있으므로 이를 이용한 작물모형을 쉽게 개발할 수 있다(Sinclair and Muchow, 1999). 배추에 관한 작물모형을 만들기 위해서 배추의 광 이용효율을 구명하였고, 작물의 광합성에 영향을 주는 환경스트레스의 요소인 온도에 따라 광 이용효율이 어떻게 변하는 지 알고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1 외부생장상 실험

길이 2m, 폭 0.5m, 깊이 1m인 작물이 자랄 수 있는 토양용기를 가지고 있는 외부생장상(Soil Plant Atmosphere Research, SPAR)에서 배추재배실험을 수행하였다. 외부생장상은 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 생장상의 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, 이산화탄소의 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.

* Correspondence to : milestone@korea.kr

2.2 자료의 분석

자료의 분석은 광 자료의 분석과 식물체 측정자료의 분석으로 나누어 수행하였다. 광 이용효율을 계산하기 위해서는 환경과 작물에 대해서 동일한 기준을 적용해야 하므로 광과 식물체 모두 외부생장상의 토양용기의 면적인 $1m^2$을 기준으로 환산하였다. 작물이 흡수한 광량은 입사된 광량, 산란율, 반사율과 시간별 광 소멸계수, 작물의 엽면적지수 등에 영향을 받게 된다. 입사된 광합성 유효광량의 20%는 산란되고, 4%는 잎에 의해 반사되며, 소멸계수는 태양의 고도에 따라 변하는 것으로 계산하였고 식물체간 재식거리에 따른 효과는 반영하지 않았다. 식물체 개체별 엽면적을 측정한 자료에 식물제 개체수를 곱하여 전체 엽면적을 구하였고 이를 $1m^2$로 나누어 엽면적지수를 구하였다. 측정이 안 된 기간의 엽면적지수는 측정값을 단순 내삽하여 계산하였다. 다만 식물체 시료의 채취일에는 채취 전과 후의 엽면적지수가 다르므로 이를 평균하여 계산하였다. 식물체 건조중도 엽면적지수와 같은 방법으로 분석하였다. 계산된 엽면적지수를 이용하여 식물체에 의해 포획된 광량을 계산하였고, 이를 누적하여 식물체 건조중과 선형관계에서 그 기울기를 구하여 광 이용효율을 구하였다. 온도에 따른 광 이용효율의 변화는 외부생장상의 온도처리에서 구한 일 평균기온과 광 이용효율의 관계에서 구하였다.

III. 결과

실험기간의 일별 광합성 유효광량은 최저 1.6 MJ/m^2부터 최대 14.6 MJ/m^2까지의 범위이고 평균은 10.5 MJ/m^2이었다. 이 중 작물에 의한 광합성 유효광량의 흡수율은 정식 직후에 일 광량의 약 8.3%에서 정식 후 17일에 80.6%에 도달할 때까지 점차 증가하다가 그 이후에는 완만하게 증가하여 정식 후 49일경에는 약 95%에 도달하였다.

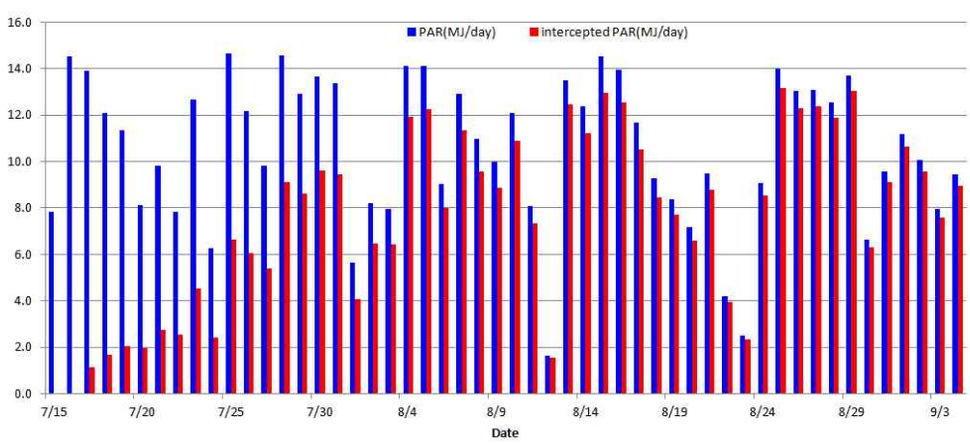

Fig. 1. Changes in daily and intercepted photosynthetically active radiation by Chinese cabbage in chamber 12 with 29°C/24°C temperature treatments of day and night time.

실험기간의 엽면적지수의 증가경향은 온도에 따라 각기 다르게 나타났지만 정식 후 4~8일 후

에 1.0에 도달한 이후 점차 증가하여 약 48일 후에는 저온과 고온처리의 3구를 제외한 적온 범위의 3개의 챔버에서는 10 이상을 나타내었다. 이러한 엽면적지수의 증가는 배추의 엽수가 빠르게 증가하고 개개 잎의 면적 또한 매우 빠르게 증가하기 때문이며, 생육 중기 이후 결구가 진행되면서 내부의 결구 잎들은 염록소가 부족하고 실질적으로 광합성에 관여하기 힘들다는 점을 생각하면 앞으로 배추의 엽면적지수의 산정에는 보완이 필요할 것으로 보인다(Fig. 2). 건물중의 증가경향은 엽면적지수의 증가경향과 매우 유사하게 나타났다.

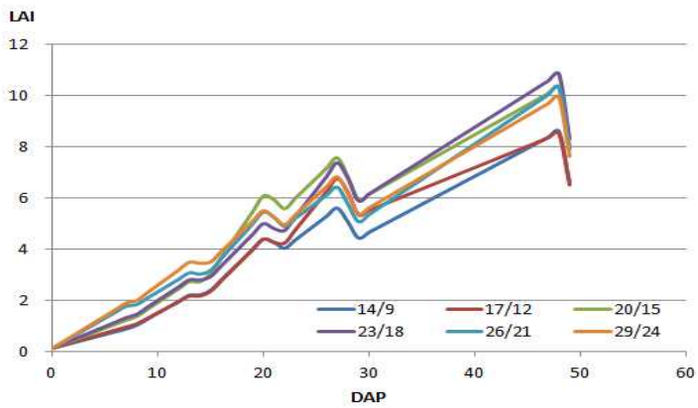

Fig. 2. Changes in leaf area index (LAI) of 6 chambers during experiment.

6개의 외부생장상 모두에서 흡수된 광량과 건물중 간에는 직선적인 관계가 나타났으며, 이는 광 이용효율이 생육기간 동안 일정하다는 것을 의미한다. 반면 온도처리에 따라 광 이용효율, 즉 직선관계의 기울기는 각기 다르게 나타났으며 주간 14°C, 야간 9°C 처리구에서 1.2153으로 가장 작았고 주간 26°C, 야간 21°C 처리구에서 1.7825로 가장 컸다. 즉 주간 26°C, 야간 21°C 처리구는 광합성 효율이 가장 적합한 온도범위로 판단되었다(Fig. 3).

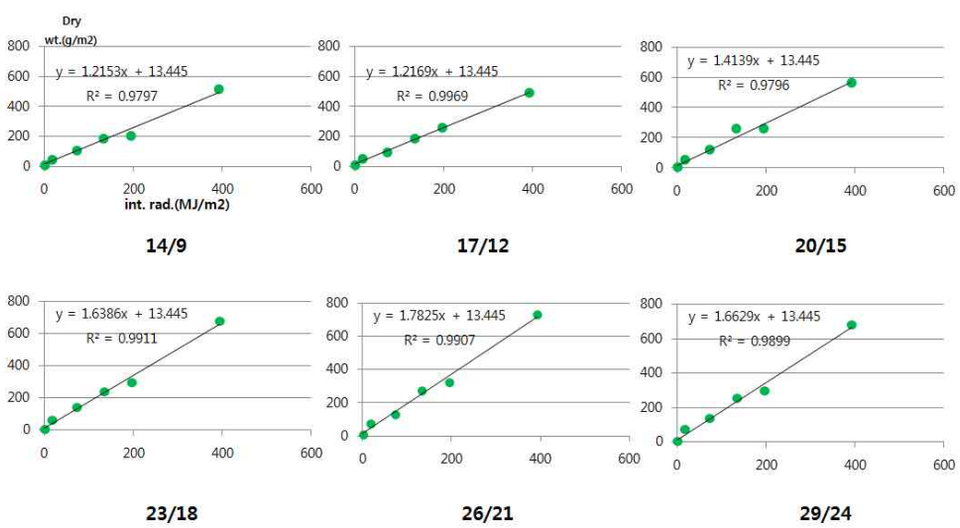

Fig. 3. Radiation use efficiency of Chinese cabbage of different temperature treatments of 6 SPAR chambers.

이러한 결과로부터 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 경향이었다. 일반적으로 배추 재배의 적정 온도범위를 5~35°C 라고 하면 생육 중기까지의 배추의 생장속도는 최적온도인 24°C까지 점자 증가하다가 그 이후 감소하는 것으로 나타날 것이다. 하지만 배추의 전 생육기간의 생육을 모의하기 위해서는 배추의 결구에는 저온이 더 효과적이라는 연구결과가 있으므로 생육 후기 배추 결구형성기의 자료가 더 보완되어야 할 것이다.

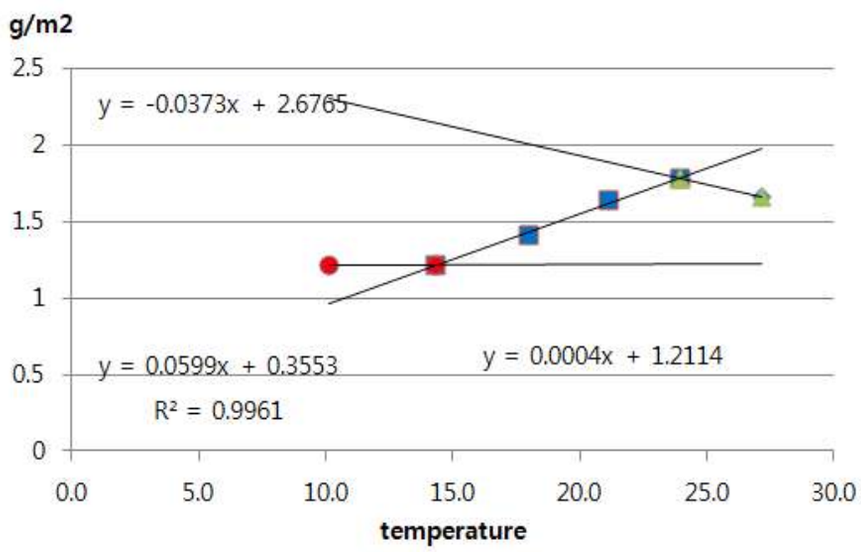

Fig. 4. Temperature dependency of radiation use efficiency of Chinese cabbage.

인용문헌

Monteith, J. and C. Moss. 1977: Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, *Biological Sciences* **281,** 277-294.

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.