

## 차광재료에 따른 생육시기별 인삼의 광합성작용의 특성

이 충 열\*†

\*부산대학교 생명자원과학부

## Characteristics of Photosynthesis with Growing Stages by different Shading Materials in *Panax Ginseng C. A. Meyer*

Chung Yeol Lee\*†

\*School of Bio-Resources, Pusan Natl. Univ. Miryang 627-906, Korea.

**ABSTRACT :** To investigate the influence of shading materials with growing stages in *Panax Ginseng C. A. Meyer*, the diurnal change of photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and its any correlation were measured. The net photosynthetic rate and stomatal conductance of ginseng were higher in the morning than in the broad day. The net photosynthetic rate was increased as the PAR (Photosynthetically Action Radiation) was increased and it was reached the maximum at the 200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  of PAR in overall leaves. Transpiration rate was increased in the afternoon compared to in the morning. The transpiration rate was higher in rain shelter shading plate than in polyethylene net. A linear equation was obtained between net photosynthetic rate and stomatal conductance in the morning. SPAD was higher in rain shelter shading plate than in polyethylene net through all growth stages. It may result from the decrease of growth progress. From investigating photosynthetic characteristics, we concluded that shading plate of rain shelter was more an efficient material to ginseng growth.

**Key Words :** *panax ginseng*, PAR, photosynthesis, shading material, stomal conductance, SPAD, transpiration

### 서 언

인삼의 생육환경은 반음지 및 음지를 선호하며 고온, 고광 조건에 약한 특징이 일반 식물과 다르기 때문에 인위적으로 해가림시설을 만들어 반음지 조건에서 재배해야 한다.

해가림시설의 반음지 조건은 재배지역의 기상조건과 해가림 재료 및 구조에 따라 광량, 온도 등 생육환경을 크게 변화시켜 인삼의 생육 및 수량과 품질에 많은 차이를 가져온다 (Cheon *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1982; Lee *et al.*, 2004, Lee *et al.*, 2005). 인삼의 수확량을 높이기 위해서는 가능한 건전한 잎을 오래 지속시키고 잎의 광합성작용에 최적조건을 조성하여 물질 생산을 증대시키는 것이다. 일반적으로 인삼은 광량이 3,000 lux 이하로 낮을 경우, 근의 비대가 저조해지며, 광량이 반대로 과다하면, 엽록소의 분해로 잎의 기능이 저하되고 조기낙엽의 원인이 되어 수량감소를 가져오며 (Park *et al.*, 1986), 인삼 해가림 내에서 광량이 많은 전주에서 성장한 잎의 광포화점이 10,000 lux인데 반하여, 후주에서 성장한 잎은 광포화점이 4,000 lux로 동일 삼집내에서도 서로 다른 광환경하에서 생육할 경우 잎의 능력은 차이를 발생한다 (Lee *et*

*al.*, 1982). 또한, 인삼의 광포화점은 온도와도 밀접한 관계를 가지고 있어 낮은 온도에서 광포화점은 높아져 보통 22,000 lux로 보고되어 있고 광합성속도의 최적 광량은 온도에 따라 변화하여 15~20℃에서는 11,000 lux이며, 25℃에서는 9,500 lux가 최적인 것으로 알려져 있고 생육시기에 따라 차이가 있다고 보고하고 있다 (Lee *et al.*, 1982; Jo *et al.*, 1985).

그러나, 인삼의 생육환경은 차광구조와 생육시기에 따라 일 중에 많은 변화를 가져 온다고 제시되어 있으나, 실제 포장에서 삼집내 환경하에서 인삼의 광합성 및 증산 등의 변화를 구명한 결과는 보고되어 있지 않다.

따라서, 본 연구는 인삼의 차광조건에 따라 인삼 광합성의 일변화와 그와 연관된 형질을 생육시기별로 조사하고, 연관된 형질간의 상호연관성을 구명하기 위해 실시하였다.

### 재료 및 방법

본 시험은 부산대학교 실험농장에서 실시하였다. 2002년에 인삼시험포장의 예정지 관리과정을 거치고, 2003년 3월 20일에 잘 썬 퇴비 (인삼용)를 3,000 kg/10a의 수준으로 전면

†Corresponding author: (Phone) +82-55-350-5503 (E-mail) cylee@pusan.ac.kr  
Received July 20, 2007 / Accepted August 2, 2007

고루 뿌리고 로타리로 뒤섞고 두둑과 이랑을 준비하였다. 이랑과 두둑의 폭은 각각 90 cm로 하고, 두둑높이는 30 cm로 하였고, 두둑방향은 동서방향에서 남으로 20도의 편각을 두어 정하였다. 정식은 3월 29~30일에 칸당 54주를 이식기를 이용하여 이식하였고 이식 후에 벅짚으로 피복하였다. 차광재료는 관행구 (4중직 차광망), 비누수 차광판재료를 이용하였으며 4중직 차광망 (shading net)은 인삼연초연구소에서 권장하는 차광재료로서 차광판과 마찬가지로 후주연결식으로 전주높이는 180 cm, 후주높이는 100 cm로 하여 차광을 실시하였고 비누수 차광판은 새로 개발된 비누수 차광판 (차광판 위에 1중직 차광망)를 사용하여 후주연결식으로 전주높이는 160 cm, 후주높이는 100 cm로 해가림시설을 설치하였다. 조사는 정상적으로 생육한 4년생 인삼을 이용하여 생육시기별로 완전 전개한 잎을 선별하여 3반복으로 전 생육기간 동안 동일한 잎에 대하여 광합성속도 및 증산작용, 기공전도도 및 엽록소함량 등을 추적, 측정하였으며 광합성속도, 증산작용, 기공전도도, 세포간극

내 이산화탄소는 LI-6400 휴대용광합성측정장치를 이용하였고 광량에 따른 광합성속도의 변화는 LI 6400-02 LED의 인공광선을 이용하여 0, 100, 300, 500, 700, 1000, 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 광량을 인위적으로 조절하여 측정하였고 인삼포내의 자연광하에서는 자연광 챔버를 이용하여 측정하였다. 광합성속도의 측정이 종료되면 잎의 엽록소함량을 미놀타 SPAD 502로 SPAD값을 3반복으로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 광합성속도의 일변화

인삼의 차광재료별 광합성속도의 일변화를 측정하였던 바, Fig. 1에서 나타낸 바와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 전 생육기간에서 인삼의 광합성속도는 오전 이른 시간에 광합성속도가 높았고 오후로 시간이 경과함에 따라 감소하는 형태의 일변화를 보였으며 차광망에 비하여 차광판에서 다소 높은 일

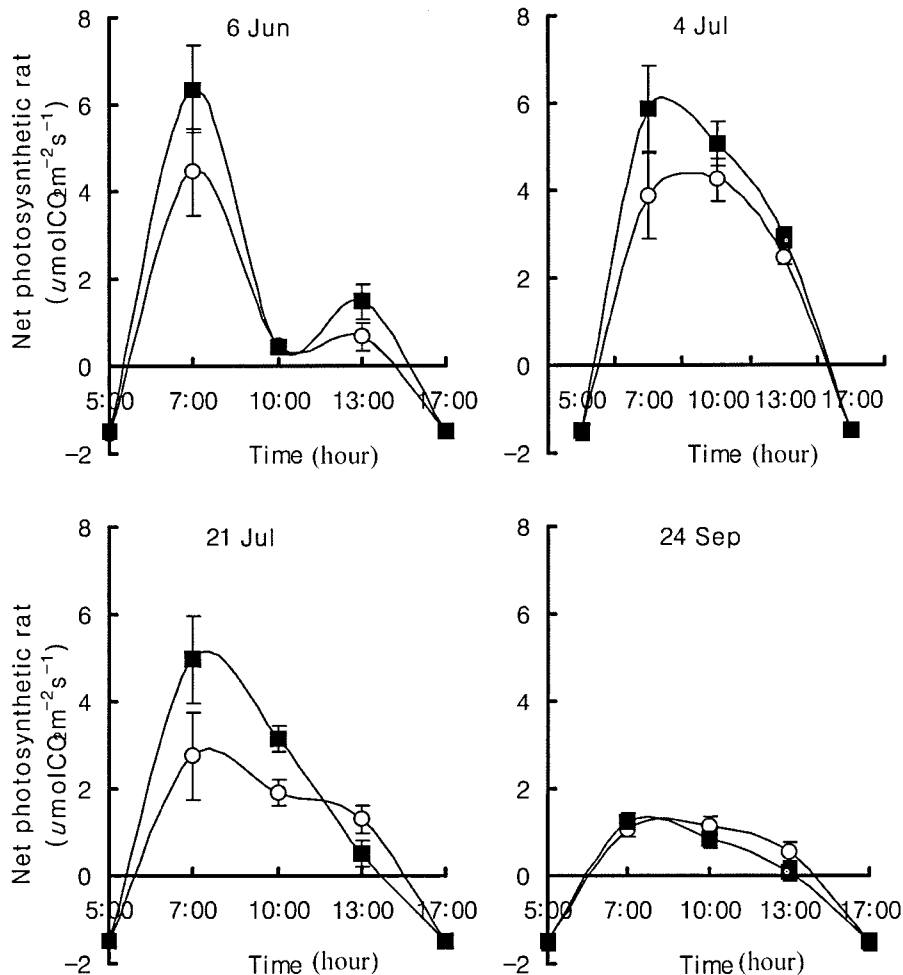


Fig. 1. Diurnal changes of net photosynthetic rate with different shading materials. Error bars represent  $\pm$  S.E. (n = 3) (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain shelter shading plate).

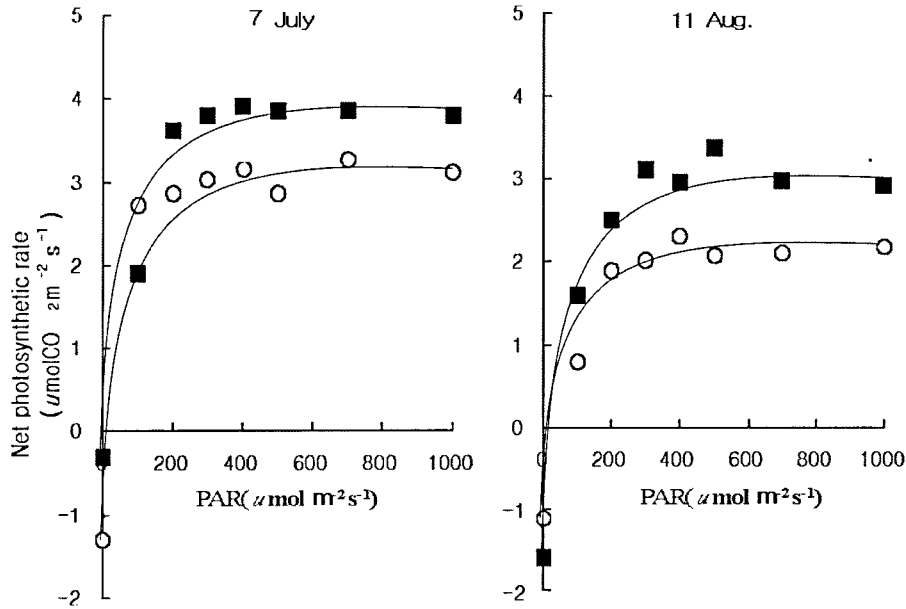
**Table 1.** Changes of net photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration rate, transpiration rate and SPAD with different growth stages

| Treatment   | Pn    |        | Sc    |        | Ci    |        | Tr    |        | SPAD  |        |
|-------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|             | 7.Jul | 11.Aug | 7.Jul | 11.Aug | 7.Jul | 11.Aug | 7.Jul | 11.Aug | 7.Jul | 11.Aug |
| shading net | 3.04  | 3.81   | 0.029 | 0.046  | 174   | 213    | 0.82  | 1.56   | 34.9  | 29.4   |
| RSSP        | 3.82  | 4.61   | 0.056 | 0.055  | 225   | 205    | 1.19  | 1.90   | 34.0  | 32.6   |

\* PAR : 500  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ sec}$  Pn : net photosynthetic rate

Sc : stomatal conductance Ci : intercellular CO<sub>2</sub> concentration

Tr : transpiration rate RSSP : rain shelter shading plate



**Fig. 2.** Changes of net photosynthetic rate according to PAR with different shading materials. (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate)

변화를 보였다. 또한, 생육이 진전됨에 따라 광합성속도의 일 변화 형태도 낮아지는 경향을 얻었다. 이와 같은 결과는 잎의 노화에 의한 것으로 생각되고 이른 아침에 높은 광합성을 나타낸 것은 일복내 투입되는 광이 높았기 때문인 것으로 사료되며 Lee *et al.* (1987)의 보고와는 비슷한 경향의 일변화 형태를 나타내었다.

서로 다른 차광조건에서 생육한 잎에 대하여 동일한 광 환경조건으로 광합성속도, 기공전도도, 세포간극내 CO<sub>2</sub> 농도, 증산작용을 측정하였던 바, Table 1과 Fig. 2에서 보는 바와 같다. Table 1에 나타난 바와 같이 광합성속도와 증산작용은 차광망에 비하여 차광판에서 7월 7일, 8월 11일 모두 높은 경향이었으며, 기공전도도, 세포간극내 CO<sub>2</sub> 농도도 모든 조사시기에서 차광판이 차광망에 비하여 높은 경향을 보였다.

또한, 광 강도에 따라 광합성속도의 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 모든 처리구에서 광 강도가 증가함에 따라 광합성속도가 증가하였고 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  부근에서 최고점에 도달한 후 그 이후의 광 강도에서는 일정하거나 감소하는 경향을 나

타냈는데, 처리 간에 최고의 광합성속도는 차광재료에 따라 차이를 나타내 차광판에서 생육한 인삼 잎의 광합성속도가 차광망에 비하여 높은 광합성속도를 나타내었다.

이와 같이, 광 강도가 증가함에 따라 광합성속도가 증가하다가 어느 시점에서 최고치에 도달하고 그 이상의 광강도에서는 일정한 경향을 유지한다는 결과는 인삼이외 타 작물에서도 나타난 경향이었으며 (Lee 2002; Won *et al.*, 2002, Lee *et al.*, 2007) 인삼연구에서도 동일한 결과를 얻었으나 (Cheon *et al.*, 1991), 본 실험에서 나타난 일복재료에 따른 광합성능력의 차이는 재배환경에 따른 인삼의 잎 발달과 능력에 지대한 영향을 미친다는 중요한 연구를 얻었다.

## 2. 증산작용의 일변화

식물체의 구성성분 중 가장 많이 체내에 함유하고 있는 것은 수분으로 전 중량의 70~90%를 차지하고 있으며, 이들 수분 중 일부는 광합성과 같은 대사작용 등의 다양한 생리과정에 직접적으로 활용되고 있어 식물의 생육 및 물질생산에 중

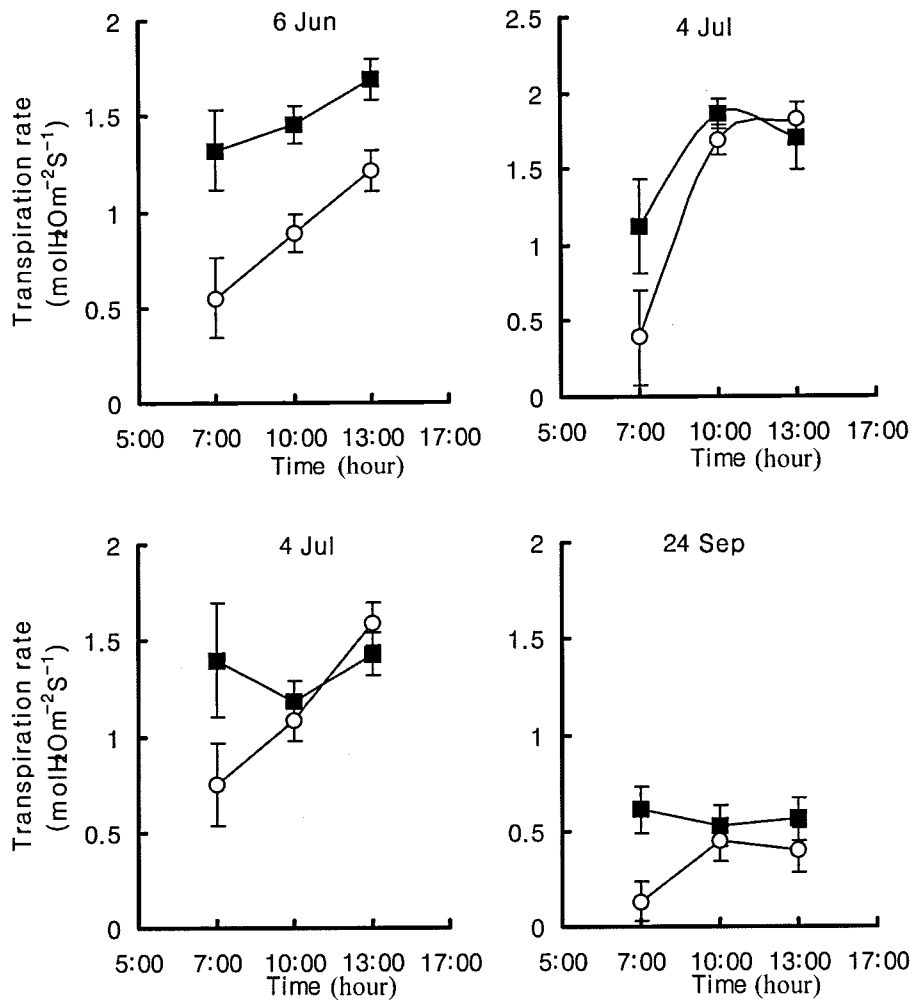


Fig. 3. Diurnal changes of transpiration rate with different shading materials. Error bars represent  $\pm$  S.E. (n = 3) (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate).

요한 역할을 지니고 있다.

Fig. 3은 일복재료별 증산작용의 일변화를 나타낸 것이다. 6월 6일, 7월 4일과 7월 21일의 측정에서 오전에 비하여 오후로 갈수록 높은 증산작용을 보이는 경향이였다. 일반적으로 타 식물의 경우, 광 증가에 의해 증산작용은 증가하고 증산이 억제될 경우 광합성이 저하하는 경향 (津野, 1971)이나 인삼에서는 일치하지 않았다. 이와 같은 경향은 인삼 잎의 엽온 상승에 의하여 냉각작용을 위한 표면증발의 원인으로 기인된다.

### 3. 엽온의 일변화

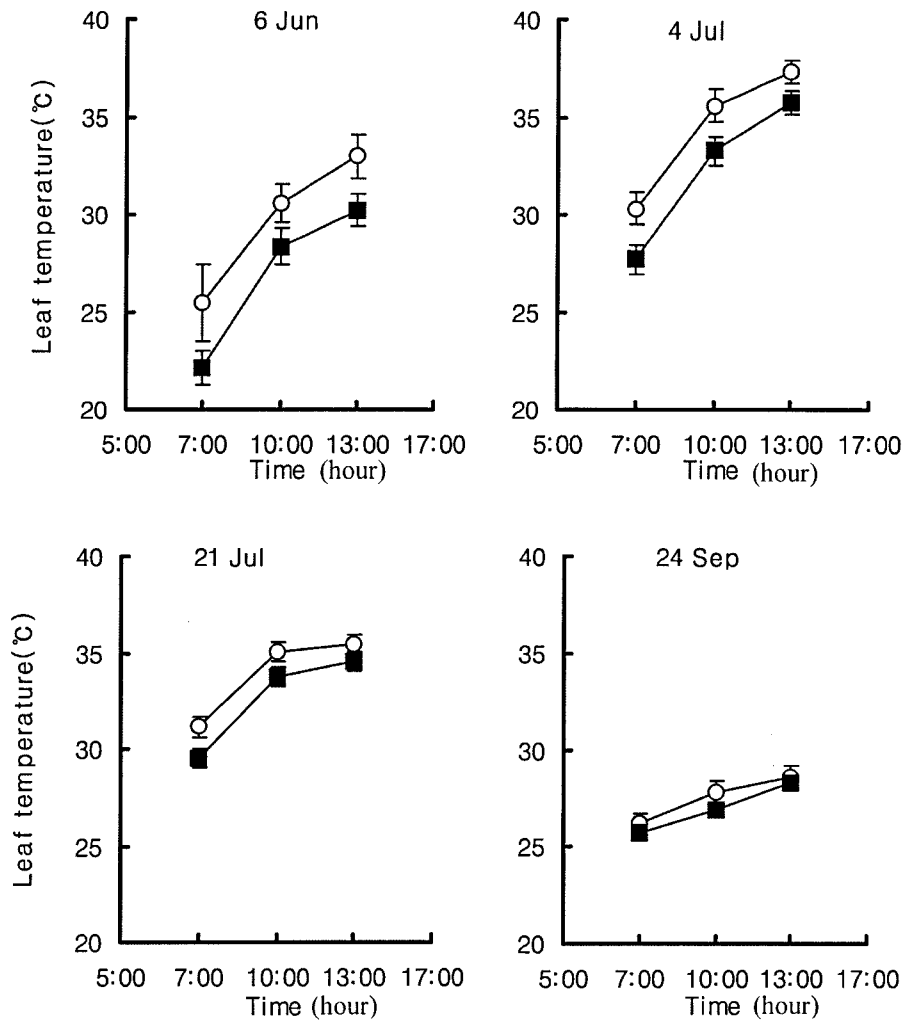
생육시기에 따른 일복재료별 엽온의 일변화는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 차광재료에 따라 큰 차이는 나타나지 않았다. 모든 생육시기에서 엽온은 오전에 비하여 오후로 갈수록 높아지는 경향을 보였으며, 생육시기별로 살펴보면 6월 6일보다 7

월 4일이 더 높았고 7월 24일이 가장 높았으며, 9월 24일에 낮아지는 경향이였다. 이와 같은 결과는 Cheon *et al.* (1991)의 결과와 일치하였고 Lee (2002)에 의하면 인삼은 기공이 잎 표면에는 없고 이면에 분화, 발달되어 있으며 그 수가 매우 적다고 보고된 바 기공전도도의 감소에 의한 증산작용의 감소가 엽온의 상승을 유발한 것으로 사료된다.

### 4. 기공전도도의 일변화

기공은 기공주위의 환경 즉 광합성유효복사, 온도, 습도, 균락권 경계층의 상태, 이산화탄소의 농도 등의 영향을 받으며 기공전도도는 기공개도의 대소를 판별할 수 있는 지표인 동시에 광합성 및 증산작용의 양자에 관여하는 인자이다.

일복재료에 따라 기공전도도의 일변화를 조사한 결과, Fig. 5에서 보는 바와 같다. 생육시기별로 살펴보면 그림에 나타난 바와 같이 모든 생육시기에서 이른 오전시간에 기공전도도가



**Fig. 4.** Diurnal changes of leaf temperature with different shading materials. Error bars represent  $\pm$  S.E. (n = 3)  
 (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate)

높고 오후로 시간이 경과함에 따라 기공전도도는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 일복재료에 따라 기공전도도의 변화는 차광망에 비하여 차광판에서 기공전도도가 높은 경향으로 일복재료에 따라 기공 발달의 차이가 인정되었는데, 이는 Clees *et al.* (1967)와 Gindel (1969) 및 Dhearman *et al.* (1972)에 의하면 같은 잎에 있어서도 부위에 따라 기공수가 다르고 외부환경조건에 따라서 크게 차이가 나타난다고 지적한 바, 본 연구에서도 일복재료의 차이가 광량 및 온도 환경을 변화시킨 원인으로 사료된다.

#### 5. 차광재료별 생육시기에 따른 오전, 오후의 광합성속도 변화

Fig. 2에서 검토한 광합성속도의 일변화에 대하여 오전, 오후의 광합성속도로 구분하여 생육시기별로 그 변화를 검토하였던 바, Fig. 6에 나타낸 것 같다.

그림에서 보는 바와 같이 차광망, 차광판 모두에서 오전의

광합성속도가 오후에 비하여 현저하게 높은 것을 알 수 있다. 또한, 오전의 광합성속도는 모든 처리구에서 생육이 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 한편, 오후의 광합성속도는 오전에 비하여 전 생육시기에 낮은 광합성속도를 유지하고 있어 생육시기에 따른 큰 변화를 나타내지 않았다.

이를 차광재료별로 보면, 오전의 광합성에서는 모든 생육시기에서 차광판이 차광망에 비하여 현저하게 높은 경향이었고, 6월 6일 경우에서 차광판의 광합성속도는  $6.2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 차광망의  $4.3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  비하여 40% 이상의 현저한 증가를 보였다. 그러나 오후의 광합성속도는 모두 낮은 광합성속도를 보였으며 차광망이 차광판에 비하여 약간 높은 경향을 보였으나, 이는 두 처리간에 유의성이 인정되지 않았다. 이상의 결과에서 인삼의 광합성능력은 재배환경 즉 차광재료에 따라 현저한 영향을 미친다는 사실을 본 연구에서 알게 되었다.

차광재료에 따른 생육시기별 인삼의 광합성작용의 특성

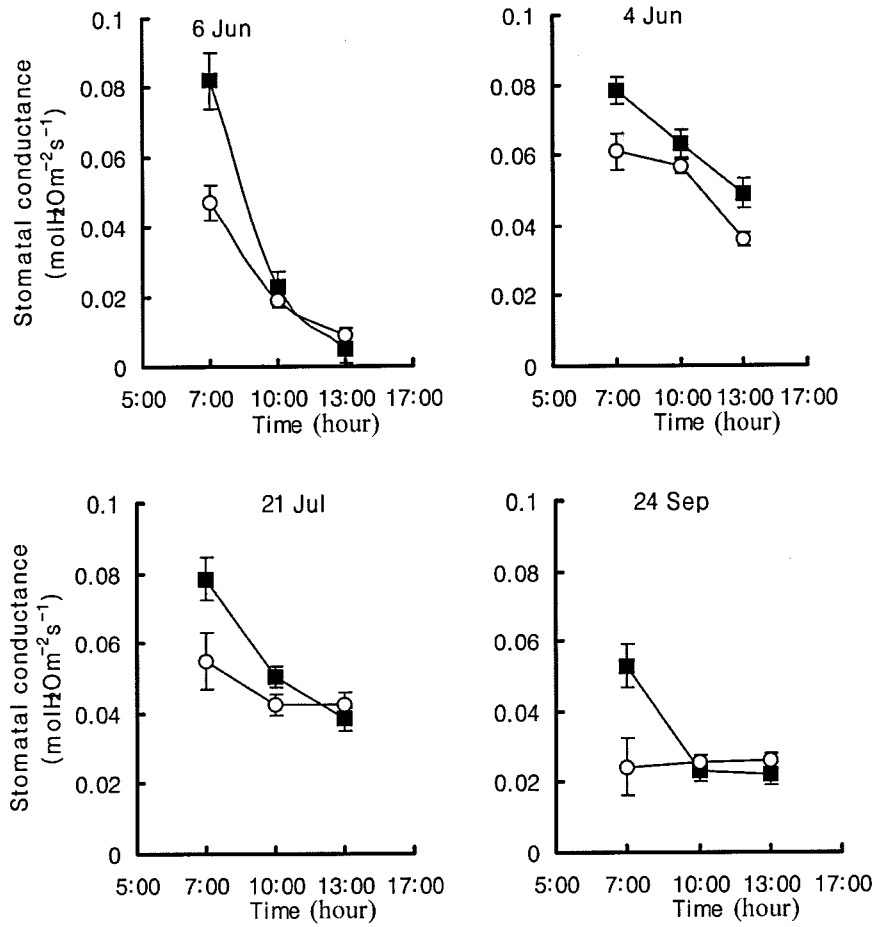


Fig. 5. Diurnal changes of stomatal conductance with different shading materials. Error bars represent ± S.E. (n = 3) (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate).

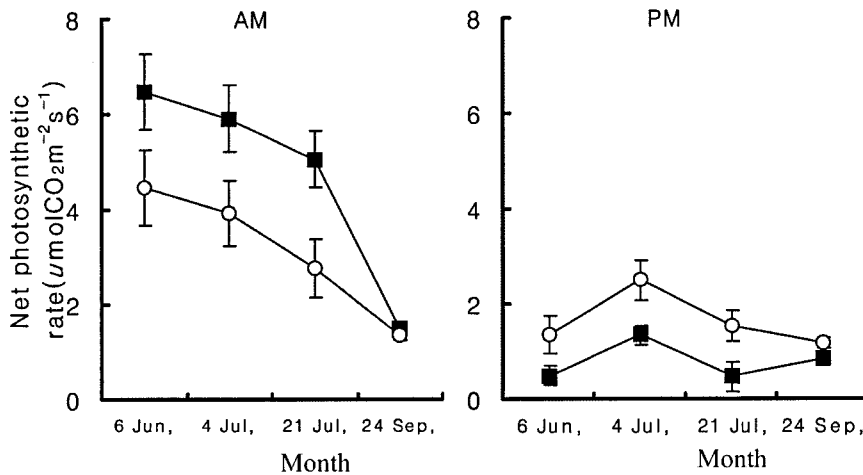


Fig. 6. Changes of net photosynthetic rate according to growth stage with different materials. Error bars represent ± S.E. (n = 3) (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate).

6. 광량과 광합성속도와의 관계

인삼의 삼집내에서의 자연광량과 광합성속도와 관계를 오전,

오후 각각 검토하였던 결과, Fig. 7에서 보는 바와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 오전에서는 양자간 관계가 2차함

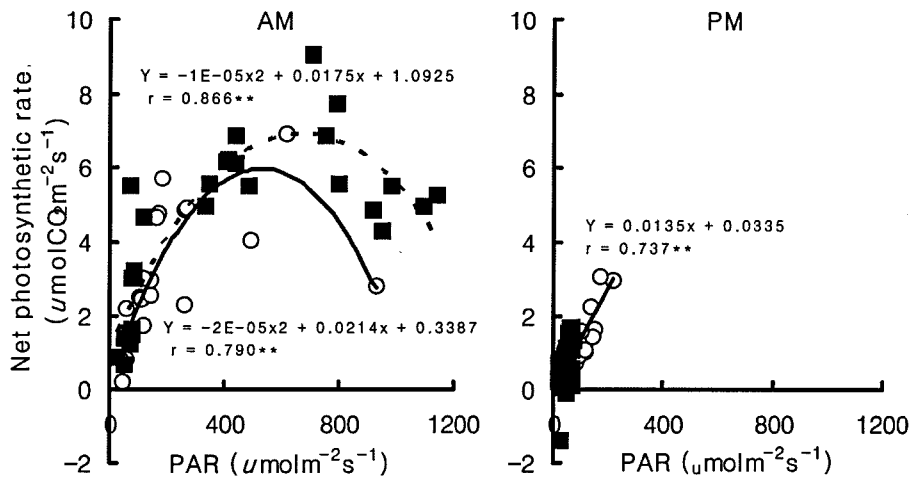


Fig. 7. Relationship between PAR and net photosynthetic rate. (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate).

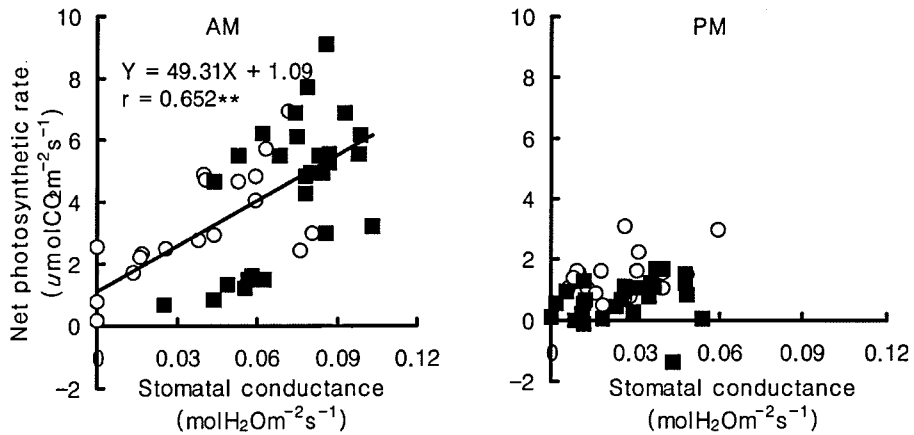


Fig. 8. Relationship between stomatal conductance and net photosynthetic rate. (○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate).

수식으로 나타나 광량이 증가할수록 인삼의 광합성속도가 증가하였으며 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 부근에서 최고 수준에 도달하고 그 이상의 광량에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 Fig. 1에서 지적한 바와 같이 광포화점 이상의 광량에서는 더 이상 증가하지 않는다는 사실과 동일한 결과를 자연광에서도 얻었는데, 광포화점이 자연광에서 다소 높은 경향이였다. 이는 오전의 엽온이 그다지 상승하지 않아 광합성 능력을 크게 제한하지 않은 것으로 사료된다.

차광재료별로 양자간의 관계를 검토하여 보면 차광판과 차광망 각각 다른 2차 회귀곡선식으로 나타났다. 차광판은  $y = -1E - 05x^2 + 0.0175x + 1.0925$ 이었으며 차광망은  $y = -2E - 05x^2 + 0.0214x + 0.3387$ 로 양자간에는 고도의 유의성이 인정되었는데 차광판이 차광망에 비하여 동일한 광량에서 광합성이 높은 경향이였다.

그러나, 오후에서의 양자간의 관계는 직선적인 관계로 나타났으나, 그 분포가 오전에 비하여 현저하게 낮은 경향으로 오전에 비하여 광량이 현저하게 낮고 그에 따른 광합성속도도 낮은 경향이었고 처리간에는 큰 차이가 인정되지 않았다.

### 7. 광합성속도와 기공전도도와의 관계

광합성속도가 기공개도 및 기공전도도와 밀접한 관계를 가지고 있고, 현저한 영향을 미치고 있다는 것은 종래 많은 연구에 의해 밝혀져 있다 (Barrs 1968; Lee *et al.*, 1994).

인삼의 광합성속도와 기공전도도와의 관계를 검토한 결과는 Fig. 8에서 보는 바와 같다. 오전, 오후 각각 양자간의 관계를 살펴보면 오전에서 양자간의 관계가 1차직선회귀식  $y = -49.31x + 1.09$ 로 고도의 유의성이 인정되어 기공전도도와 광합성속도와의 관계가 밀접하다는 것을 알 수 있고 기공전도도가

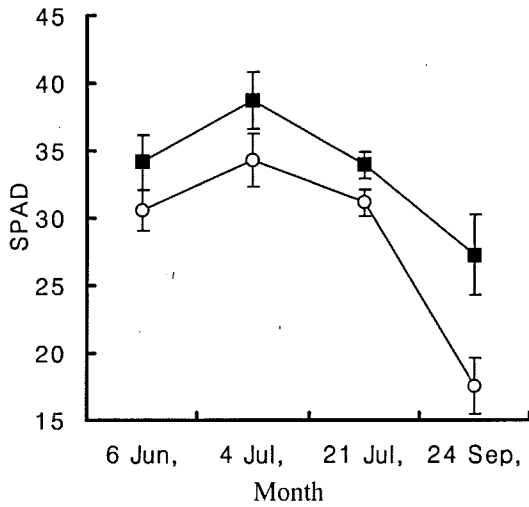


Fig. 9. Changes of SPAD value according to growth stage with different shading materials.

Error bars represent  $\pm$  S.E. (n = 3)

(○ : Polyethylene shading net ■ : Rain Shelter shading plate).

증가함에 따라 광합성속도도 증가하는 경향이였다. 또한, 양자간의 관계를 처리구별로 보면 동일 수준의 기공전도도에서 광합성속도는 차광판에서 차광망에 비하여 높은 경향을 보였는데, 특히 기공전도도가 0.06 이상이 되면 오히려 차광판에서 훨씬 더 높은 것으로 나타났다. 그러나 기공전도도 0.06 이하에서 반대로 차광망의 광합성속도가 차광판 보다 높은 편이였다. 이와 같은 현상은 서로 다른 환경에서 생육한 잎의 특성에 의한 것으로 사료되어 더욱 세밀한 검토가 요구되어 진다.

### 8. 엽록소의 변화

광합성속도의 조절기구 중 엽록소함량은 광합성속도와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 엽록소의 함량은 보통 체내성분에서 질소함량과 관련이 깊다. SPAD값과 엽록소함량과는 밀접한 관계에 놓여 있으며,  $Y = 0.16X + 13$  (Y: chlorophyll a + b, X: SPAD)라는 1차직선회귀로 나타낼 수 있고, 고도의 정의 상관관계가 인정된다고 보고된 바 (和田 등, 1992), 본 실험에서는 엽록소함량을 SPAD값으로 나타내었다.

차광재료별 엽록소의 변화를 측정하였던 바, Fig. 9에서 보는 바와 같다. 본 시험에서의 엽록소는 SPAD값으로 나타내었는데, 처리구 모두에서 생육이 진전됨에 따라 SPAD값이 감소하는 경향이였다. 일복처리별로 보면, 차광망에 비하여 차광판의 SPAD값이 전 생육기간에 높은 경향이였다.

이와 같은 결과는 Yang *et al.* (1989)은 인삼의 엽록체가 강광에 노출되었을 때  $O_2$ 가 다량 생성되는 원인으로써 광합성 전자전달계의 활성화와 매우 밀접하게 연관되어 있음을 확인하였으며, Parke *et al.* (1989)에 의하면 강광에 의해 광합성 기구가 적색광 (600~700 nm)을 과다하게 흡수하여 광역학적으로

로 생성되는 singlet oxygen ( $^1O_2$ )에 의한 광산화(photooxidation)작용이 그 원인이라고 보고된 바 있어 위의 사실을 뒤 받침하고 있다.

## 적 요

인삼의 차광재료가 생육시기별 광합성, 증산작용 및 기공전도도의 일변화에 미치는 영향을 구명하고자 다음과 같이 실시하였다. 삼집내 자연광과 인공광선을 이용하여 광합성, 증산, 기공전도도 및 엽록소를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

생육시기별 광합성속도의 일변화는 오전에 증가하다가 오후로 갈수록 감소하는 경향을 보였으며 차광망에 비하여 차광판에서 높았다. 증산작용은 광합성작용과 반대로 오후로 갈수록 증가하는 경향을 보였고 기공전도도는 오후로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 광합성속도와 기공전도도와의 관계는 오전에서 1차직선회귀식으로 정의 상관관계가 인정되었으나, 오후에서의 양자간의 관계는 인정되지 않았다. 일복재료별 엽록소의 변화는 모든 처리구에서 생육이 진전됨에 따라 SPAD값이 감소하는 경향이였으며, 차광망에 비하여 차광판의 SPAD값이 전 생육기간에 높은 경향이였다.

## LITERATURE CITED

- Barrs HD (1968) Effect of cyclic variations in gas exchange under constant environmental conditions on the ratio transpiration to net photosynthesis *Physiol. Plant.* 21:918-929.
- Cheon SK, Mok SK, Lee SS, Shin DY (1991) Effects of Light Intensity and Quality on the Growth and Quality of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) I. Effects of Light Intensity on the Growth and Yield of Ginseng Plants. *Korean J. Ginseng sci.* 15(1):21-30.
- Cheon SK, Mok SK, Lee SS, Shin DY (1991) Effects of Light Intensity and Quality on the Growth and Quality of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) II. Relationship between Light Intensity and Planting Density. *Korean J. Ginseng Sci.* 15(1):31-35.
- Cheon SK, Mok SK, Lee SS, Shin DY (1991) Effects of Light Intensity and Quality on the Growth and Quality of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) III. Effects of Light Intensity on the Quality of Ginseng Plant. *Korean J. Ginseng sci.* 15(2):144-151.
- Clees Cooper and Mickey Qualls (1967) Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. *Crop Sci.* 7:672.
- Dhearman R CC and Beard JB (1972) Stomatal density and distribution in agrosis as in Tluenced by Species, cultivar, and leaf blade surface and position. *Crop Sci.* 12:822.
- Gindel (1969) Stomata constellation in the leanes of cotton, maize and wheat plants as a function of soil moisture and environment. *Physiology Plantarum* 22:1143.
- Hyun DY, Hwang JK, Choi SY, Jo JS (1993) Photosynthetic



- Characteristics of *Panax ginseng* C.A. Meyer I. Photosynthetic Response to Changes of Light Intensity and Leaf Temperature. Korean J. Ginseng Sci. 17(3):240-245.
- Jo JS, Mok SK, Won JY** (1985) Studies on the leaf Characteristics and the Photosynthesis of Korean Ginseng II. Seasonal Changes of Photosynthesis of 4-Year Old Ginseng. (*Panax ginseng* C.A. Meyer) Korean J. Medical Crop Sci. 30(4):398-404.
- Lee CH, Lee JC, Cheon SK, Kim YT, Ahn SB** (1982) Studies on the Optimum Light Intensity for Growth of *Panax ginseng* I. Effects of Light Intensity on Growth of Shoots and Roots of Ginseng Plants. Korean J. Ginseng Sci. Vol.6, No.1 (1982).
- Lee CY, Tsuno Y, Nakano J, Yamaguchi T** (1994) Ecophysiological studies on the drought resistance of soybean I. changes in Photosynthesis, transpiration and root respiration with soil moisture deficit. Japan J. Crop Sci. 63(2):215-222.
- Lee CY** (2002) Main Factors affecting on Photosynthesis under shading condition of *Codonopsis lanceolata* Trautv. Korean J. Medical Crop Sci. 10(5):409-414.
- Lee CY, Won JY** (2007) Effects of Shading Treatments on Photosynthetic rate and Growth in *Codonopsis lanceolata* Trautv. Korean J. Medical Crop Sci. 15(3):152-156.
- Lee SS, Kim JM, Cheon SK, Kim YT** (1982) Relationship between Environmental Conditions and the Growth of Ginseng Plant in Field. II. Light Intensity under Shading Materials and Photosynthesis. Korean J. Crop Sci. 27(2):169-174.
- Lee SS, Kim JM, Cheon SK, Mok SK** (1987) Relationship between Environmental Conditions and the Growth of Ginseng Plant in Field. III. Field Photosynthesis under Different Light Intensity. Korean J. Crop Sci. 32(3):256-267.
- Lee SS** (2002) Characteristics of photosynthesis among New Cultivars of Ginseng. (*Panax ginseng* C.A. Meyer). J. Ginseng Res. 26(2):85-88.
- Lee SW, Kang SW, Kim DY, Seong NS, Park HW** (2004) comparison of growth characteristics and compounds of ginseng cultivated by paddy and upland cultivation. Korean J. Med. Crop Sci. 12(1):10-16.
- Lee SW, Cha SW, Hyun DY, Kim YC, Kang SW, Seung NS** (2005) Comparison of growth characteristics, and extract and crude saponin contents in 4-Year-Old ginseng cultured by direct seeding and transplanting cultivation. Korean J. Med. Crop Sci. 13(6):241-244.
- Park H, Lee MG, Lee JR** (1986) Photosynthesis and Respiration of Ginseng Leaf and Root in Relation to Senescence of Aerial Part. Korean J. Ginseng Sci. Vol. 10, No. 2.
- Parke JL and Shotwell KM** (1989) Diseases of Cultivated Ginseng. Univ. Wisconsin Extension, Madison, WI. 16.
- Won JY, Lee CY** (2002) Characteristics of Photosynthesis and Dry Matter Production of *Liriope platyphylla* WANG et TANG. Korean J. Medical Crop Sci. 10(2):82-87.
- Yang DC, Lee ST, Lee SJ, Kim YH and Kang YH** (1989) Characteristics of Light Harvesting Chlorophyll-Protein Complex and Singlet Oxygen(O<sub>2</sub>) Quenching in Leaf-burning Disease from *Panax ginseng* C.A. Meyer. Korean J. Ginseng Sci. 13(2):158.
- 津野幸人** (1971) 葉内水分と光合成作用との関係. 日作紙 40(2):41-42.
- 和田義春, 渡辺和之, 三浦邦夫** (1992) 開花後のイネ葉身老化におよぼす遮光の影響. 日作紀 61(別1): 126-127.