

차광처리가 더덕의 광합성율과 생육에 미치는 영향

이충열*† · 원준연**

*부산대학교 생명자원과학부, **중부대학교

Effects of Shading Treatments on Photosynthetic rate and Growth in *Codonopsis lanceolata* Trautv.

Chung Yeol Lee*† and Jun Yeon Won**

*School of Bioresource Science, Pusan National University, Miryang, 627-702, Korea.

**Joongbu University, Kumsan, 312-940, Korea.

ABSTRACT : The *Codonopsis lanceolata* Trautv. was planted in field to investigate the effect of afterwards shading in the condition of sun light of fifty six percent on the characteristics of photosynthesis according to leaf position at flowering stage. The vine length and leaf area were increased with shading treatment in comparison with that of non-shading. Dry weight of leaf and vine indicate opposite tendency with the result above. SLA (specific leaf area) was much more increased in shaded leaves than that obtained from non-shading treatment. The shaded leaves of plant show a higher SPAD value than that of non-shaded leaves. The net photosynthetic rate and stomatal conductance were increased as the PAR was increased. And it is the maximum valve (PAR of 700-1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ of PAR) of all leaves. Overnurse and light saturation point of the *Codonopsis lanceolata* Trautv. shading-treated was improved in comparison with control as net photosynthetic rates of leaves positioned on each part of the stem was increased.

Key Words : *Codonopsis lanceolata* Trautv, growth, leaf position, light intensity, photosynthesis, shading treatment, SPAD, stomatal conductance

서 언

더덕은 우리나라 산간지에서 자생하고 있는 초롱꽃과에 속하는 숙근성 다년생 덩굴식물로서 탄수화물, 단백질, 식물성유 등이 다량 함유되어 있어 약용 및 식용으로 널리 이용되고 있다. 약용보다도 식용으로 더 널리 쓰이고 있는 우리나라에서는 그 수요량이 증가하고 있는 추세에 있으나 생산량이 이에 미치지 못하여 해마다 많은 양을 수입하고 있는 실정이다.

우리나라에서의 더덕재배가 언제부터 시작되어졌는지는 알 수 없으나, 최근의 통계자료에 의하면 더덕을 재배하는 농가가 증가하여 1991년에는 483 ha 이었는데 1994년은 492 ha, 1995년은 511 ha로 증가하는 경향이었고 단위면적당 생산량도 1990년에는 350 kg 이었는데, 1994년에는 460 kg, 1995년에는 524 kg으로 증가하는 추세에 있으나, 아직도 수요량에 비해 공급량이 부족한 바, 증산을 위한 효율적인 재배법이 요구되고 있다.

이를 위하여 지금까지 여러 연구가 이루어져 왔으나, 대부

분이 더덕의 향기성분(Lee et al., 1996a; 1996b)이나 정유 및 조성분 등 약리화학적 특성(Lee et al., 1995)에 관한 것이고 생육 및 재배환경, 광합성 특성, 건물생산 구조 등 물질생산에 관련되는 연구는 거의 연구된 바 없어 더덕의 재배 및 생리생태적 연구는 고품질 및 대량생산의 재배기술 확립이라는 측면에서 볼 때 구명되어야 할 분야라고 사료된다.

더덕의 자생지 환경은 주로 산지의 반음지나 음지 등 일조량이 적은 조건에서 생육하는데 일반 농가에서는 일조량이 많은 노지에서 재배하고 있어 산지에서 자생하고 있는 더덕과는 상당히 다른 환경조건에서 재배되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 차광처리에 의한 더덕의 생육 및 광합성변화 등을 구명하여 더덕의 생육에 미치는 환경요인과 그 재배적 특성에 관한 기초 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 부산대학교 부속농장 전작포장에서 실시하였으며

†Corresponding author: (Phone) +82-55-350-5503 (E-mail) cylee@pusan.ac.kr
Received December 20, 2006/ Accepted May 30, 2007

시험방법은 포장을 균등하게 경운 작업한 후 이랑너비 70 cm, 주간 40 cm로 재배 시험포를 만들고 나서 20 cm의 깊이에 밀 거름으로 N-P-K복합비료를 10a당 20 kg 사용하였다. 이식은 4월 30일에 주간 40 cm 간격으로 1주씩 이식하였다. 더덕의 지상부 출현은 파종 후 약 15일 경과한 5월 15일이었는데, 출현한 이후에는 더덕이 개체간에 서로 겹치지 않고 광의 경합이 일어나지 않도록 이랑의 양쪽 끝에 2 m 이상의 지주를 세우고 양쪽 지주를 줄로 연결하여 더덕의 생육이 상향되도록 유지하였다. 토양수분 조절은 수시로 관수하여 최대용수량 60~70%가 되도록 유지하였으며 그 밖의 비배관리는 표준재배법에 따라 실시하였다. 정상적으로 생육한 개체를 선발하여 개화시(8월 5일) 이후부터 차광처리를 실시하였는데, 차광처리 방법은 하우스형 파이프를 이용하여 가로 6 m, 세로 2.3 m, 높이 2.5 m의 소형하우스를 제작하고 시판되고 있는 흑색 PE 차광망을 하우스에 덮어 차광율이 56%가 되도록 조절한 후 이 하우스를 더덕의 실험포로 옮겨 성숙기까지 약광상태로 생육시켰다. 차광처리 후 30일과 62일에 만장, 엽면적, 잎의 건물중 등을 측정하였고 엽위는 지면에서부터 달린 순서로 엽위별로 SLA (Specific leaf area), SPAD 및 광합성속도를 측정하였다. 광합성속도는 LI-6400 휴대용 광합성측정장치를 이용하여 측정하였고, 광도에 따른 광합성속도의 변화는 LI 6400-02 LED의 인공광선을 이용하여 0, 100, 300, 500, 700, 1000, 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 의 광을 인위적으로 조절하여 측정하였다. 엽록소 함량은 미놀타 SPAD 502를 이용하여 조사하였고, 비엽면적은 잎을 채취하여 엽면적을 측정한 후, 이를 다시 건조시켜 건물중을 측정하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 차광처리에 의한 생육특성의 변화

차광처리후 30일과 62일만에 조사한 더덕의 생육특성 변화

는 Table 1에서 보는 바와 같다. 만장 및 엽면적은 대조구에 비하여 차광구에서 길어지는 경향이였으며 잎과 줄기의 건물중은 대조구에 비해 차광구에서 감소하였다. 이와 같은 현상은 Table 2에 나타난 비엽면적 (SLA)으로 설명이 가능 한 바, 차광구의 모든 앞에서 대조구에 비해 SLA가 현저하게 증가하는 경향을 보인 것은 차광에 의해 엽육조직이 얇아져 잎의 건물중이 대조구에 비하여 감소한 것으로 사료된다. 이러한 경향을 엽위별로 검토하여 보면 상위엽 (15엽)에서는 17%, 중위엽 (13엽)에서는 22% 그리고 하위엽 (9엽)에서는 35%의 증가를 보여 상위엽에 비하여 하위엽에서 증가 현상이 더욱 크게 나타났다. 차광에 따른 음엽화의 경향은 벼 (Sato, 1970; Tsuno *et al.*, 1989), 콩 (Lee *et al.*, 1995), 사료작물 등 다양한 작물 (Chatterson *et al.*, 1972; 三浦, 1983; 中條, 1973)에서 나타나는 것으로 보고되어 있다.

2. 차광처리에 의한 엽위별 엽록소함량의 변화

차광처리에 의한 엽위별 엽록소 함량의 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 엽록소함량과 SPAD값과는 밀접한 관계에 놓여 있으며 $Y=0.16X+1.3$ (Y: Chlorophyll a+b, X: SPAD) 라는 1차직선회귀로 나타낼 수 있고, 고도의 정의 상관관계가 인정된다고 보고 (和田 등, 1992)된 바, 본 실험에서는 엽록소 함량을 SPAD값으로 나타내었다.

차광처리의 엽위별 SPAD값을 보면 차광처리 일수가 경과함에 따라서 서서히 증가하는 경향을 보였고 대조구에서는 측정개시 29일에 엽록소함량이 감소하기 시작하여 하위엽의 경우 차광구에 비하여 SPAD값이 1/2수준으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 개화이후의 차광처리는 잎의 노화에 따른 엽록소의 파괴 및 분해를 억제하는 효과가 있는 것으로 사료되는 바, 이는 벼 잎을 이용하여 실험한 보고 (和田 등, 1991; 1992)에서 포화광 이상의 광은 잎의 노화를 촉진시킬 가능성이 있다고 지적한 바와 일치한다.

Table 1. Agronomic characteristic of *Codonopsis lanceolata* T. by shading treatment

Days after treatment	Treatment	Vine length (cm)	Leaf area (dm ² /plant)	Dry weight (g/plant)		
				leaf	vine	total
30	Control	182a (100)	13.2a (100)	6.0a (100)	21.9a (100)	27.9a (100)
	Shading	199a (109)	15.5b (117)	4.5b (75)	15.4b (70)	19.9b (71)
62	Control	194a (100)	14.8a (100)	7.5a (100)	22.4a (100)	29.8a (100)
	Shading	210b (147)	16.6b (117)	4.9b (65)	16.8b (260)	21.7b (183)

* () : Index

Table 2. The changes in SLA(specific leaf area) at different leaf position according to shading treatment

Treatment	Leaf position					Ave.
	9	11	13	15	17	
Control	205 ± 22 (100)	224 ± 16 (100)	192 ± 7.8 (100)	229 ± 12 (100)	220 ± 11 (100)	214 ± 17 (100)
Shading	277 ± 19 (135)	248 ± 13 (111)	234 ± 8.1 (122)	267 ± 9.3 (117)	230 ± 24 (105)	251 ± 11 (117)

* () : Index

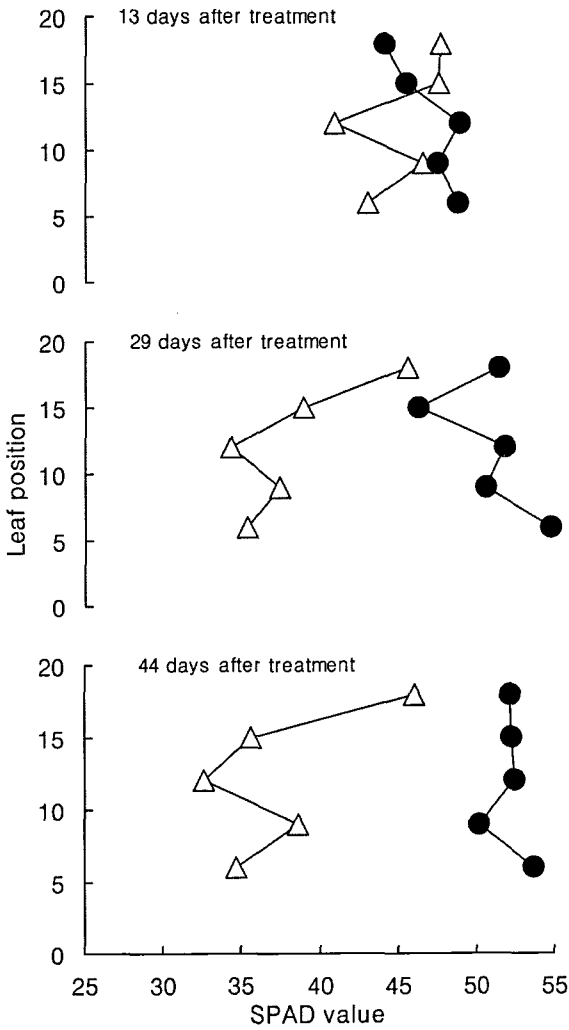


Fig. 1. Changes of SPAD value at different leaf position according to days after shading treatment. (△: Control, ●: Shading treatment)

3. 차광처리일수에 의한 엽위별 광합성속도 및 기공전도도의 변화

차광처리 일수에 의해 광합성속도와 기공전도도의 변화를 엽위별로 조사하였던 바, Fig. 2~4에서 보는 바와 같다. 광합성속도 및 기공전도도는 차광처리전 8월 6일에 측정된 후, 처리일수의 경과에 따라 동일한 잎의 변화를 추적, 측정하였다. Fig. 2는 하위엽 (제9엽)의 광합성속도와 기공전도도를 측정된 것으로 차광구의 경우, 차광처리후 30일째인 9월 4일에서는 처리전에 비해 약간 증가하는 경향을 보였으며 차광처리후 44일째인 9월 19일의 광합성속도는 PAR 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 현저한 증가를 나타내어 처리전에 비하여 3배정도 증가하는 경향이었으나, 대조구는 8월 6일, 9월 4일, 9월 19일 측정치 모두 비슷한 광합성을 유지하였으며 기공전도도의 경향도 거의 동일한 결과를 얻었다. Fig. 3과 4는 각각 중

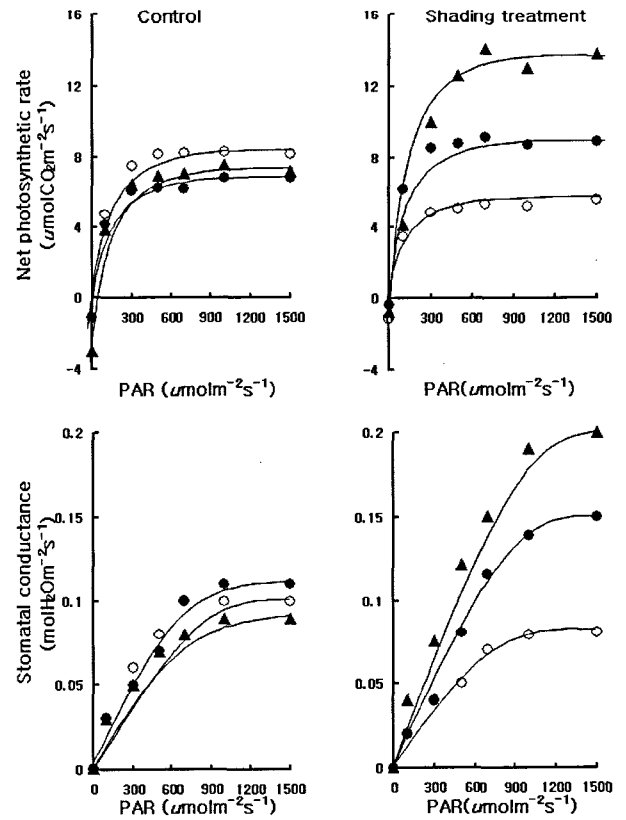


Fig. 2. Changes of net photosynthetic rate and stomatal conductance according to days after shading treatment in *Codonopsis lanceolata* T. leaf position: 9.

위엽 (12엽)과 상위엽 (18엽)의 광합성속도와 기공전도도를 나타낸 것인데, 차광구의 광합성속도는 처리전보다 차광처리일수가 경과함에 따라 광합성속도가 증가하는 경향을 보였으나, 하위엽 (9엽)에 비해서는 PAR 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 내외로 낮았다. 대조구에서는 중위엽에서 8월 6일에 비하여 9월 19일에서 감소하는 경향으로 나타났다. 기공전도도의 변화도 차광처리의 영향을 받아 증가하는 경향을 보였다.

Fig. 2, 3, 4에서 보는 바와 같이 더덕의 광합성속도는 광강도가 증가함에 따라 직선적으로 증가하는 경향을 보였는데, PAR (Photosynthetic active radiation) 700-1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 최고치의 광합성속도를 나타내었고 그 이상의 광에서는 일정한 경향을 보였다. 광합성속도의 값이 높을수록 광포화점은 증가하는 경향이었는데, 이와 같은 현상은 벼 (秋田, 1961; Hidema *et al.*, 1991)의 1000~1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 과 콩 (Kumura, 1968)의 900~1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 과 거의 비슷한 결과이어서 더덕은 양엽식물의 광합성특성을 가지고 있는 것으로 사료된다.

차광에 의한 작물의 순응은 크게 두가지로 분류할 수 있는데, 하나는 형태적 변화에 관계없이 광환경에 대하여 광합성 관련 특성이 조절능력을 발휘하는 것이고, 다른 하나는 약광

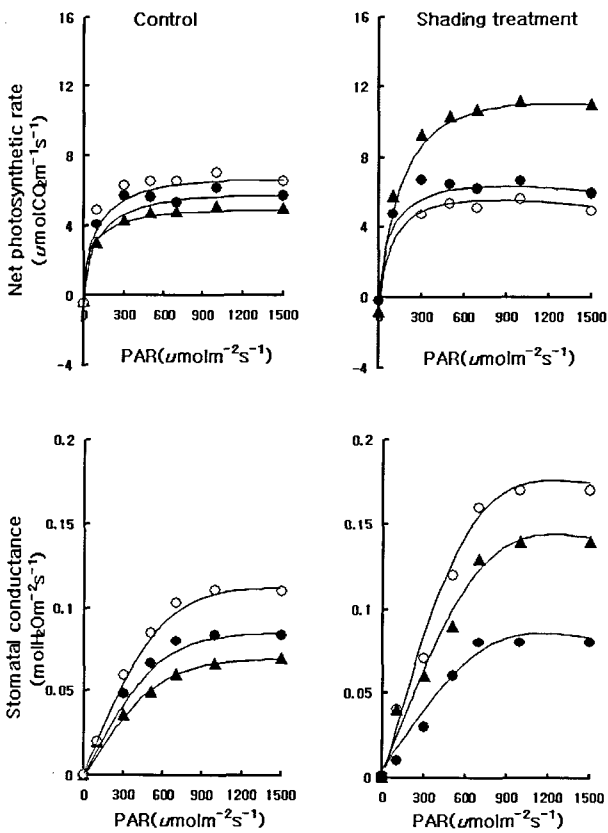


Fig. 3. Changes of net photosynthetic rate and stomatal conductance according to shading treatment in *Codonopsis lanceolata* T. leaf position: 12.

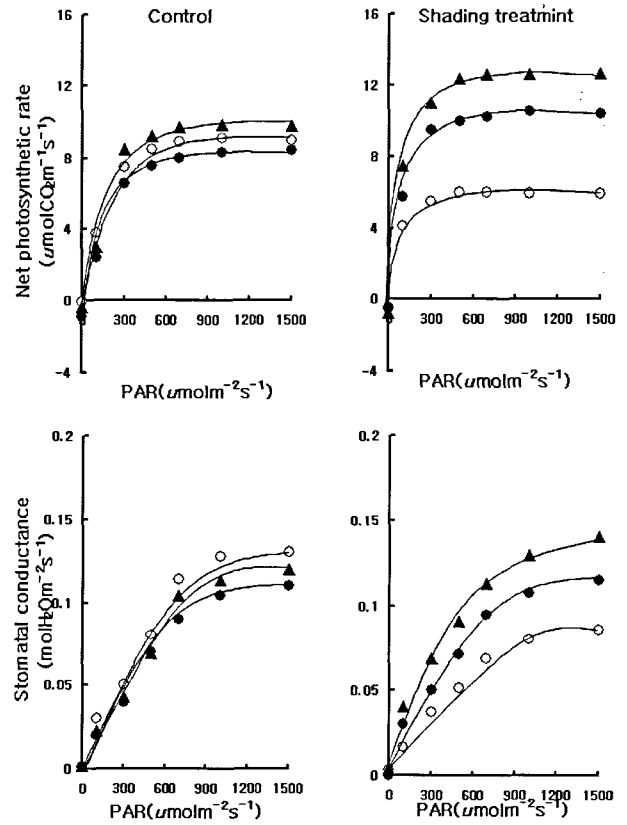


Fig. 4. Changes of net photosynthetic rate and stomatal conductance according to shading treatment in *Codonopsis lanceolata* T. leaf position: 18.

에서 적응하여 얇고 넓은 잎을 형성하는 능력을 발휘하는 것이다. 본 실험에서 더덕은 차광처리에 의하여 SLA와 표면적이 증가하는 경향을 보여 잎이 얇고 넓은 경향을 띠었으며 체내성분조절로서는 엽록소 함량을 증가시켜 잎의 노화를 억제하는 반응과 함께 광합성속도를 높게 유지하는 것으로 나타났다. 이와 같이, 차광조건에서 광합성속도가 상승하는 원인에 대해서는 상기한 것과 같이 엽록소의 증가에 의한 것인지, 아니면 다른 조절기구가 관여하는지에 대해서는 더욱 검토할 필요가 있다.

적 요

차광처리가 더덕의 생육 및 광합성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 실험을 수행하였던 바, 그 결과는 다음과 같다.

1. 차광처리에 의하여 만장과 엽면적은 증가하였으나, 덩굴 및 잎의 건물중은 감소하였다.
2. 차광처리에 의하여 엽록소함량 및 비엽면적은 증가하였으나, 엽위별 일정한 경향이 없었고 상위엽보다는 하위엽에서 그 증가 정도가 컸다.

3. 광합성속도와 기공전도도는 광 강도가 강할수록 또 차광일수가 경과할수록 증가하는 경향이었으며 그 증가 정도는 대체로 하위엽에서 크게 나타났다.

사 사

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

LITERATURE CITED

- Chatterson NJ, DR Lee, RH Hageman (1972) Diurnal change in specific leaf weight of *Medicago sativa* L. and *Zea mays* L. Crop Sci. 12:576-578.
- Hidema J, A Makino, T Mae, K Ojima (1991) Photosynthetic characteristics of rice leaves aged under different irradiances from full expansion through senescence Plant Physiol. 97: 1287-1293.
- Kumura A (1969) studies on dry matter production of soybean plant. Japan J Crop Sci. 38:74-90
- Lee CY, Tsuno Y Nakano J, Yamaguchi T (1995a)

- Ecophysiological responses to weak light condition in soybean.
 1. Effects of shading treatment at different growth stage on characteristics of plant and photosynthesis. Japan Rep.Chugoku Br. Crop Sci. 36:41-49
- Lee CY, Tsuno Y, Nakano J, Yamaguchi T (1995b)** Ecophysiological responses to weak light condition in soybean.
 2. Multiple regression analysis on the changes of photosynthetic rate affected by shading treatment. Japan Rep.Chugoku Br. Crop Sci. 36:51-57
- Lee PS, Kim SK, Choi BS, Lee SC, Kim KU (1995)** Growth and aromatic constituents of wild and domesticated *Condonopsis lanceolata* grown at two different regions. Korean J. Crop Sci. 40(5):587-593
- Lee PS, Kim SK, Min GG, Cho JH, Choi BS, Lee SC, Kim KU (1996a)** Agronomic characteristics and aromatic compositions of korean wild *Codonopsis lanceolata* collections cultivated in field. Korean J. Crop Sci. 41(2):188-199.
- Lee PS, Kim SK, Nam KS, Choi BS, Lee SC (1996b)** Effects of shading and organic matter applications on growth and aromatic constituents of *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Crop Sci. 41(4):496-504
- Sato K (1970)** Effects of environmental conditions of long and short duration on subsequent leaf CO₂ assimilation rates of rice plant under a definite standard condition. Japan J. Crop sci. 39: 370-375.
- Tsuno Y, Yamaguchi T (1989)** Adaptive regulation of photosynthesis in rice plant to weak light condition and the contribution of root activity to regulation mechanism. Japan J. Crop sci. 58(1):74-83.
- 三浦邦夫, 石井龍二 (1983)** コンニャクの物質生産に関する研究. 第6報 生育光環境が光合成・蒸散速度・乾物生産特性および體形におよぼす影響. 日作紀 52(別2):225-226.
- 中條博良, 淺野 廣 (1973)** 分けつの遮光が數種牧草の生育におよぼす影響. 日草誌 19:276-282.
- 村田吉男 (1961)** 水稻の光合成とその栽培學的意義に関する研究. 農技研報. D9:1-10.
- 和田義春, 渡辺和之, 三浦邦夫 1990.** イネ葉身の老化におよぼす光條件の影響. 日作紀 59(別2):65-66.