韓藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 10(2) : 82-87(2002)

차광처리에 의한 맥문동의 광합성 및 물질 생산 특성

원준연*·이충열**†

* 중부대학교 환경조경학전공, ** 밀양대학교 식물자원학과

Characteristics of Photosynthesis and Dry Matter Production of *Liriope platyphylla* W_{ANG} et T_{ANG}

Jun Yeon Won* and Chung Yeol Lee**†

* *Dept. of Environmental Landscape Architecture, Joongbu University, Kumsan, 312-940, Korea*
** *Dept. of Plant Resource, Miryang National University, Miryang, 627-702, Korea*

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the influence of shading treatment on the photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and its any correlations in *Liriope platyphylla* W_{ANG} et T_{ANG}. Followings were achieved as a conclusion.

The net photosynthetic rate was increased as the PAR was increased and reached maximum at the 700-1000μmol/m^2/s of PAR in all of leaves , also this treatment caused a higher net photosynthetic rate in comparison with control. It shows the tendency of increasing stomatal conductance caused by the increment of PAR. The diurnal changes of photosynthesis, transpiration rate and stomatal conductance were increased as the PAR was increased in the morning, but they indicated a decreased tendency in broad day. The relationship between net photosynthetic rate and stomatal conductance is well fit by the first regression linear equation. However, the values obtained from the linear equation have the different, respectively, and have highly significance. From the above results, net photosynthetic rate of shading treatment is higher than control in the same stomatal conductance. Different first regression linear equation were obtained between the transpiration rate and stomatal conductance, photosynthesis and stomatal conductance in during the control and shading treatment, too.

Key words : light intensity, *Liriope platyphylla* W_{ANG} et T_{ANG}, photosynthesis, shading treatment, stomatal conductance, transpiration rate

서 언

맥문동은 백합과의 다년생초본으로 맥문동, 소엽맥문동(*Ophiopogon japonicus* K_{ER}-G_{AWL}) 그리고 개맥문동(*Liriope spicata* L_{OUR})이 있는데 소엽맥문동이나 개맥문동은 맥문동에 비해 수량성이 낮아 재배하지 않고 있다. 약리작용으로는 해열작용·소담작용·진해작용·거담작용·이뇨작용·강심작용·강장작용·항균작용 등의 효능이 알려져 있어 한약재로 널리 이용되고 있으므로(이와 채, 1996) 소비량은 늘고 있는 추세이나 생산량은 1995년에 388t

† Corresponding author (Phone) E-Mail : Chung Yeol Lee, 0527-350-5364, leecy@arang.miryang.ac.kr
Received February 28 2002 / Accepted May 31 2002

에서 1999년 154t으로 감소하였고 많은 양이 중국 등에서 수입되고 있어 국내 생산량의 증대가 요구되고 있다(임 등, 1996).

맥문동의 자생지 환경을 보면 서북향의 음습지 또는 나무 그늘인 경우가 많은데 이와 같은 조건에서는 지상부 생육은 좋지만 덩이뿌리의 비대 발달이 좋지 않아 수량이 떨어진다. 햇볕이 잘 드는 곳에서는 덩이뿌리가 많이 형성되어 수량이 많아진다(이와 채, 1996 ; 장 등, 2000)고 하였고, 또한 임(1997)은 차광처리에 의하여 맥문동의 추대기가 지연되고 엽수 및 분얼수도 적어지며 괴근 수량도 감소한다고 보고 한 바 있다. 그 밖에 정식방법이나 시비 등에 관해서는 알려져 있으나(한 등, 1993 ; 성 등, 1994), 광합성에 관련된 생리생태적 연구는 매우 미흡한 실정이다.

맥문동은 특히 광이 차단된 공간에서 조경용으로도 유용하게 이용되고 있는 바, 노지와 차광처리에 따른 맥문동의 광합성능력의 변화와 약광조건에서 생육한 맥문동의 광 강도별 광합성속도, 증산작용 및 기공전도도 등을 조사하여 맥문동의 재배 및 관리에 기초자료로 삼고자 본 연구를 시행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 영남농업시험장에서 육성하여 1992년 우량품종으로 결정된 맥문동 1호를 공시재료로, 밀양대학교 부속농장에서 조간 30cm, 주간 10cm로 하여 주당 5본씩 2000년 5월 12일에 이식하였고, 시비량은 10a당 N-P_2O_5-K_2O=22-15-12Kg을 전량 기비로 시용하였다.

차광처리구는 이식기(생육초기)와 개화기(생육중기)에 각각 차광처리를 실시하였는데, 차광처리방법은 하우스형 파이프를 이용하여 가로 6m, 세로 2.3m, 높이 2.5m의 소형하우스를 제작한 후, 시판되고 있는 흑색 PE 차광막을 하우스에 덮어 차광율이 50%가 되도록 조절하였다. 차광처리후 일정한 간격으로 광합성속도와 증산작용을 측정하였고, 광합성속도의 측정이 종료되면 엽록소 함량, 비엽면적(SLA) 등을 조사하였다.

광합성속도, 기공전도도 및 증산작용은 LI-6400 휴대용 광합성측정장치를 이용하여 측정하였고, 광도에 따른 광합성속도의 변화는 LI 6400-02 LED의 인공광선을 이용하여 0, 100, 300, 500, 700, 1000, 1500, 2000μmol/m^2/s의 광을 인위적으로 조사하여 측정하였다. 또한 엽록소 함량의 측정은 미놀타 SPAD 502를 이용하였고, SLA(specific leaf area)은 잎을 채취하여 엽면적을 측정한 후 80℃ 건조기에서 24시간 건조시킨 후 건물중을 측정하여 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 광 강도별 광합성속도 및 기공전도도의 변화

노지 및 차광처리에 의한 광합성속도의 변화를 조사한 결과는 그림 1에서 보는 바와 같다. 측정한 모든 잎에서 광 강도가 증가함에 따라 광합성속도도 증가하는 경향이었으며, PAR(Photosynthetic active radiation) 700-1000μmol$m^{-2}s^{-1}$에서 최고치의 광합성속도를 나타내었고 그 이상의 광에서는 증가되는 경향을 보이지 않음으로서 벼(秋田, 1980), 콩(Kumura, 1968) 등의 작물과 거의 동일한 경향의 결과를 보였다. 처리간에는 차광후 67일(7월 18일)에서는 대조구에 비하여 차광처리구가 모든 광 강도에서 높은 광합성속도를 보였고, 이보다 생육이 진전된 8월 22일(차광후 102일)에 측정한 결과도 비슷한 결과를 나타내었으나 7월 18에 비하여 모든 광 강도에서 저하된 경향이었다. 생육후기인 9월 6일의 측정에서는 이식기 및 개화기의 차광구와 대조구간에 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으나 차광구가 약간 높은 경향이었다. 차광처리에 의한 광합성속도의 향상은 표 1에서 보는 바와 같이 대조구보다 차광구의 엽록소 상승에 의한 것으로 사료되며 이와 같은 경향은 벼(Tsuno & Yamaguchi, 1989), 콩(Lee et al, 1995) 등과 같은 작물에서도 동일하게 나타났다. 또한, 차광일수가 경과함에 따라 차광구의 광합성이 감소하게 되었는데, 이는 비엽면적의 증가에 의한 것으로 사료되며 이와 같은 결과는, 차광처리에 의한 광합성은 엽록소와 비엽면적에 크게 좌우된다고 한 보고(Lee et al., 1995)나, 엽중/엽면적 비와 CO2교환속도는 밀접한 관계를 가지고 있다는 보고(Beuerlein & Pendleton, 1971 ; Bowes et al., 1972 ; Chatterson 1972 ; Dornhoff & Shibles, 1970)에도 나타난다. 맥문동의 광합성도 엽록소 함량과 비엽면적이 중요한 요인인 것으로 사료된다.

기공전도도는 식물의 광합성작용의 조절기구로서 환경특히 광 조건에 따라 달라진다는 보고(Ishihara et al., 1971 ; Yamamoto et al., 1985)가 있는데, 차광에 따른 맥문동의 기공전도도의 변화를 광 강도에 따라 측정한 결과는 그림 2에 나타난 바와 같다. 차광처리후 67일(7월 18일), 102일(8월 22일), 117일(9월 6일)에 측정한 기공전도도는 모든 잎에서 광 강도가 증가함에 따라 기공전도도도 증가하기 시작하였고, PAR 700~1000μmol$m^{-2}s^{-1}$에서는 일정하게 유지되는 경향을 보였으며, 처리간에서는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 7월 18일의 기공전도도가 8월 22일과 9월 6일에 비하여 다소 높았는데 이는 생육이 진전됨에 따라 잎의 노화현상

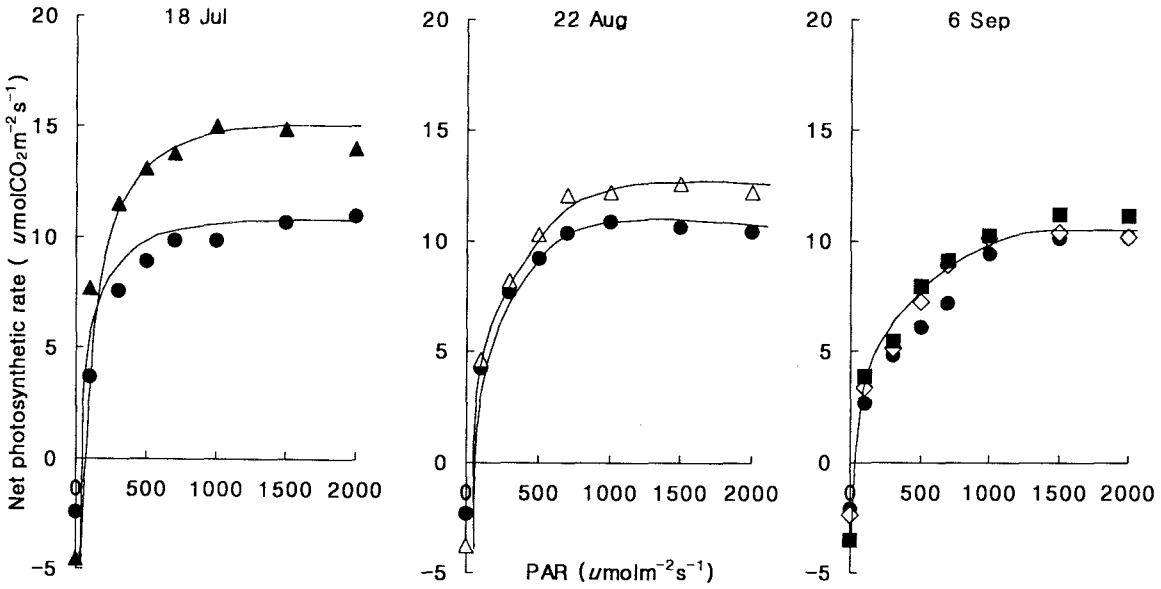

Fig. 1. Changes of net photosynthetic rate at different light intensity according to shading treatment.
● : control, ▲ : shading treatment for 67days from planting,
△ : shading treatment for 102days from planting,
◇ : shading treatment for 117days from planting,
■ : shading treatment for 15days from flowering time.

Table 1. Changes of specific leaf area(SLA) and SPAD value according to shading treatment.

Characters	Treatment	Days for shading treatment		
		67	102	117
SLA	Control	126.7± 3.9	122.9±3.1	117.7±11.2
	Shading	135.9±16.7	134.0±7.1	154.3± 9.6
SPAD	Control	55.7± 3.7	59.6±9.3	59.9± 6.8
	Shading	69.9± 5.0	63.3±5.9	61.2± 6.7

에 의한 엽록소의 분해가 진행되어 기공전도도가 감소된 것으로 사료된다.

2. 광합성속도, 증산작용 및 기공전도도의 일변화

맥문동의 광합성속도와 증산작용 및 기공전도도의 일변화를 측정한 결과는 그림 3에서 보는 바와 같다. PAR의 경우 대조구는 700-1800$\mu molm^{-2}s^{-1}$의 범위에 있으나 차광구는 400-800$\mu molm^{-2}s^{-1}$로 대조구보다 낮았다. 대조구의 광합성속도의 일변화를 보면 시간이 경과함에 따라 증가하여 11시경부터 16시20분까지 거의 일정한 광합성을 유지하였는데, 차광구의 광합성속도는 시간이 지남에 따라 증가하여 12시경에 최고치를 나타내고 이후로는 점차 감소하는 경향을 보였다. 14시경까지는 무차광구과 거의 동일한 광합성속도를 나타내고 그후로는 대조구에 비하여 감소한 경향을 보였는데, 이와 같은 현상은 그림 1에서 보는 바와 같이 맥문동의 광합성속도가 700$\mu molm^{-2}s^{-1}$이 광포화점인 관계로 차광조건에서도 광포화점이 지속되어 비슷한 광합성속도를 나타내었고 15시 이후의 뚜렷한 차이는 광포화점 이하의 광 강도로 저하한 것으로 사료된다. 증산작용의 일변화는 대조구에서는 오전이 높았고 오후로 시간이 경과함에 따라 서서히 감소하는 경향을 보이고, 차광구는 오전과 오후 비교적 일정한 증산작용을 보였는데 이는 차광으로 인한 차광내의 온도변화와 무관치 않으리라는 생각이 든다. 기공전도도의 일변화는 광합성속도와 비교적 유사한 경향을 보여 10시30분 경부터 16시20분까지는 일정한 경향을 보였고 광 강도가 낮은 늦은 오후에 감소하는 경향을 나타내었는데, 벼(Ishihara et al., 1971)에서도 같은 결과가 보고된 바 있다.

3. 광합성속도, 증산작용 및 기공전도도의 상호관계

광합성속도와 기공전도도와의 관계는 그림 4에서 보는 바와 같다. 양자간에 는 높은 정(正)의 상관관계가 인정되어 기공전도도가 감소하게 되면 광합성율도 직선적으로 감소되는 경향을 나타내었는데, 대조구와 차광구 모

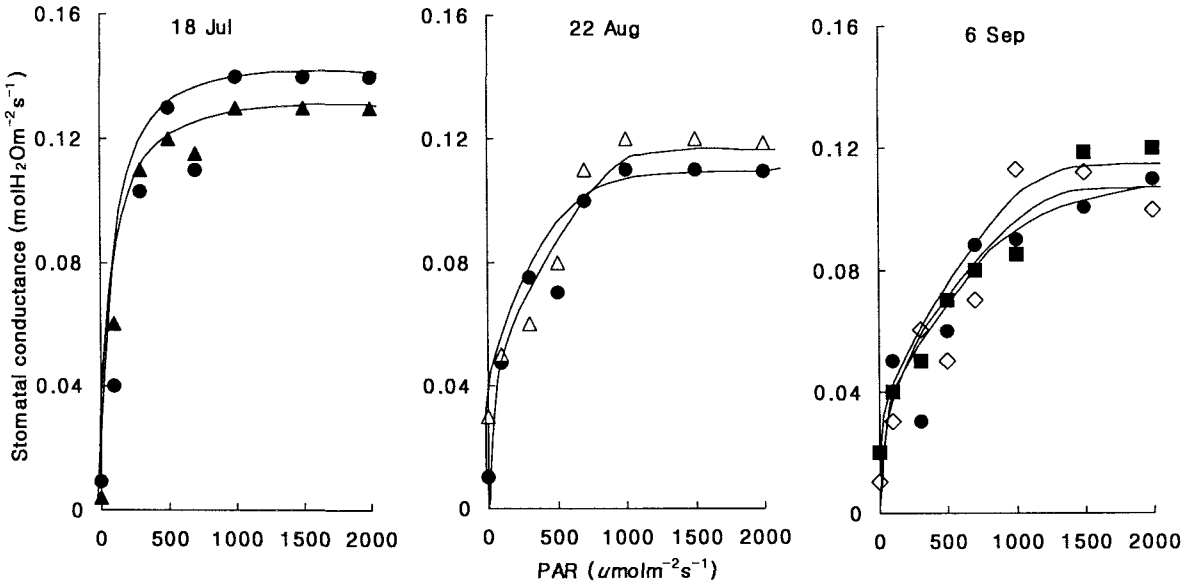

Fig. 2. Changes of stomatal conductance at different light intensity according to shading treatment. Represented symbols are same with those in Fig. 1.

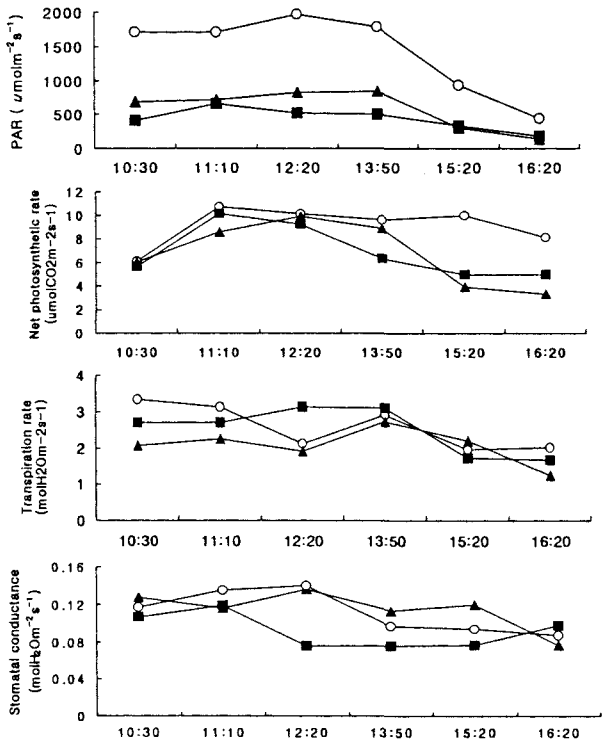

Fig. 3. The diurnal of PAR, net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance according to shading treatment.
○ : control,
▲ : shading treatment for 116days from planting,
■ : shading treatment for 14days from flowering time.

두 1차 직선회귀식으로 나타났다. 동일한 기공전도도에서는 대조구보다 차광처리구의 광합성속도가 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 표 1에서 나타난 바와 같이 차광처리에 의한 잎의 엽록소 함량 증가로 엽내 CO2농도가 감소하여 대기중의 CO2농도와의 차를 확대시켜 결과적으로 광합성속도가 증가하는 것으로 사료되며, 타작물에서도 기공전도도와 광합성과의 직선관계가 보고되어 있다(Lee et al., 1994 ; Sagawa, 1997).

한편, 대조구와 차광구간의 잎의 외견상 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으나, 표 1에서 보는 바와 같이 차광구 잎의 엽록소함량이 많았는데, 이는 약광에 의해 광합성 효율을 증대시키기 위한 생리적 반응으로 사료되며 임(1997)의 보고와도 일치하였고 콩(Lee et al., 1995), 잔디(Yim et al., 1970)에서도 같은 경향이었다.

증산작용과 기공전도도와의 관계는 그림 5에서 보는 바와 같은데, 기공전도도가 감소함에 따라 증산작용도 직선적으로 감소하는 경향이었으며 양자간에는 높은 정(正)의 상관관계가 인정되어 증산작용도 기공전도도에 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 처리간에는 서로 다른 직선회귀식으로 나타나 동일한 기공전도도에서 차광구에 비하여 대조구가 높은 증산작용을 나타내었다. 이는 높은 광량에 의하여 엽온이 상승되고 따라서 엽내 수증기압이 높아져 대기 수증기압과의 차이가 나타난 데에 기인하는 것으로 사료된다.

차광처리에 의한 광합성속도와 증산작용의 관계를 보면 그림 6에 나타난 바와 같다. 양자간의 관계는 고도의

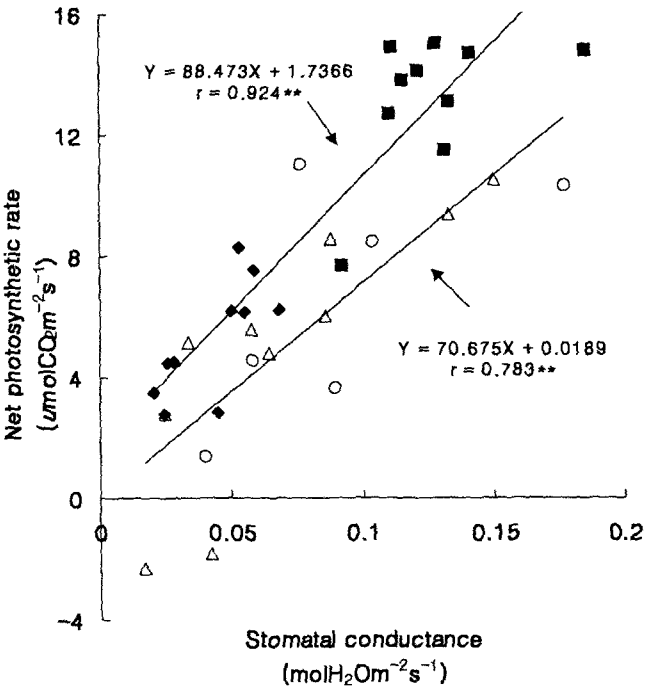

Fig. 4. Relationship between net photosynthetic rate and stomatal conductance according to shading treatment.
control : ○(18 Jul), △(6 Sep)
shading treatment : ■(18 Jul), ◆(6 Sep)

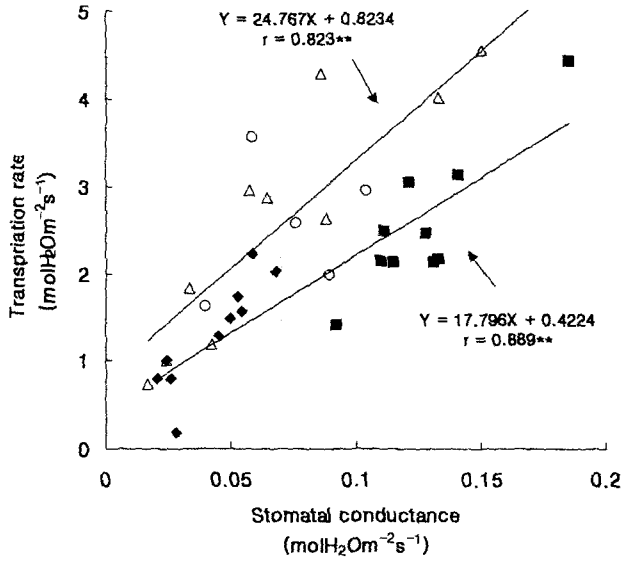

Fig. 5. Relationship between transpiration rate and stomatal conductance according to shading treatment.
Represented symbols are same with those in Fig. 4.

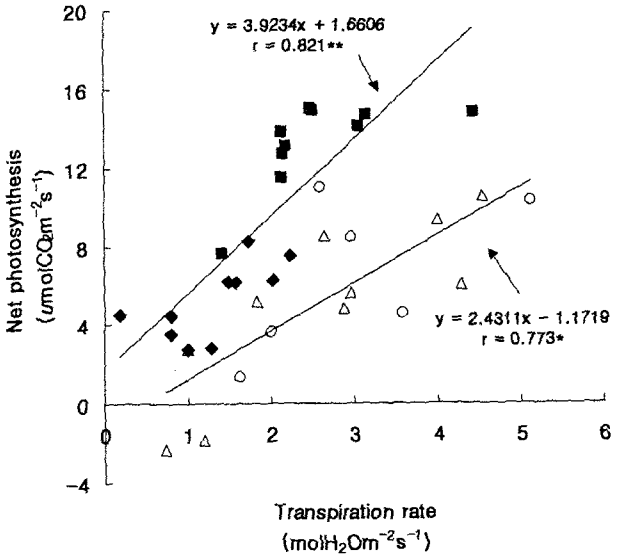

Fig. 6. Relationship between transpiration rate and transpiration rate according to shading treatment. Represented symbols are same with those in Fig. 4.

유의성이 인정되어 증산작용이 증가함에 따라 광합성속도도 증가하는 경향이었다. 그러나 대조구와 차광구가 서로 다른 1차회귀식으로 나타나 동일한 증산작용에 있어서 대조구에 비하여 차광구의 광합성속도가 현저하게 높은 경향이었다.

사 사

이 논문은 2000년도 중부대학교 학술연구개발비 지원에 의하여 수행되었다.

적 요

차광 및 광 강도별 맥문동의 광합성속도, 기공전도도 및 증산작용과 그 관련형질간의 상호연관성을 구명하였던 바는 다음과 같다.

맥문동의 광합성속도는 광 강도가 증가함에 따라 증가하였고 PAR 700-1000μmol/m²/s에서 최고치를 나타내었으며 차광에 의해 증가되는 경향이었다. 기공전도도는 광 강도가 증가함에 따라 증가되었고, 광합성속도, 증산작용 및 기공전도도의 일변화는 비슷한 경향의 양상을 띄었다. 광합성속도와 기공전도도와의 관계는 1차직선회귀관계로 고도의 정(正)의 상관이 인정되었으나 대조구와 차광구가 각각 다른 1차회귀직선을 보여 동일한 기공전도도에서 차광구의 광합성속도가 대조구보다 높은 경향으로 나타났다. 증산작용과 기공전도도 및 광합성속도

와 증산작용의 관계는 양자간에 모두 1차회귀식의 정(正)의 상관관계가 인정되었다.

LITERATURE CITED

Beuerlein JF, Pendleton W (1971) Photosynthetic rate and light saturation curves of individual soybean leaves under field conditions. Crop Sci 11 : 217-219.

Bowes G, Ogren WL, Hageman RH (1972) Lihgt saturation, photosynthetic rate, RuDP carboxylase activity and specific leaf weight in soybeans grown under different light intensities. Crop Sci 12 : 77-79.

Chatterson NJ, Lee DR, Hageman RH (1972) Diurnal change in specific leaf weight of *Medicago sativa* L. and *Zea mays* L. Crop Sci 12 : 576-578.

Dornhoff GM, Shbles RM (1970) Varietal differences net photosynthesis of soybean leaves. Crop Sci 10 : 42-45.

Ishihara K, Ishida Y, Ogura T (1971) The relationship between environmental factors and behaviour of stomatal in the rice plant. II. On the diurnal movement of the stomata.. Jpn J Crop Sci 40 : 497-505.

Kumura A (1968) Studies on dry matter production of soybean plant. IV. Photosynthetic properties of leaf as subsequently affected by light condition. Jpn J Crop Sci 37 : 583-588.

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. Jpn J Crop Sci 63 : 215-222.

Lee CY, Tsuno Y, Nakano J, Yamaguchi T (1995) Ecophysiological responses to weak light condition in soybean. II. Multiple regression analysis on the changes of photosynthetic rate affected by shading treatment. Rep Chugoku Crop Sci Jpn 36 : 51-57.

Sagawa S (1997) The effect of reflected light on the photosynthetic rate and lower leaves and seed yield in the soybean plant. Jpn J Crop Sci 66 : 571-577.

Tsuno Y, Yamaguchi T (1989) Adaptive regulation of photosynthesis in rice plant to weak light condition and contribution of root activity to regulation mechanism. Jpn J Crop Sci 58 : 74-83.

Yamamoto M, Takeda G, Nakajima T (1985) Studies on the variability of stomatal density in soybean cultivars. Ⅱ. Influence of restrictions of soil moisture and light intensity on stomatal density. Jpn J Crop Sci 54 : 127-133.

Yim JH, Kim KS (1995) Effects of shading on vegetative growth of korean lawngrass(Zoysio japonica Steud.). J Kor Soc Hort Sci 36(5) : 755-761.

성재덕, 박용진, 김현태, 서형수, 한경수. 1994. 맥문동의 재식밀도에 따른 생육 및 수량성. 한국약용작물학회지. 3(1) : 63-73.

이승택, 채영암. 1996. 약용작물재배. p. 101-105.

임응규, 박석근, 류종원, 사동민, 이미순, 임규옥. 1996. 자원식물학. p. 33.

임시규. 1997. 차광정도 및 재배장소의 변화가 맥문동의 생육에 미치는 영향. 안동대학교대학원 석사논문.

장광진, 이승택, 박철호. 2000. 약·특작 생산기술. p. 26-33.

한종환, 강동주, 윤영환, 이유식. 1993. 맥문동의 재배기술개선에 관한 연구. Ⅱ. 정식기 및 피복재료가 생육 및 수량에 미치는 영향. 농업기술연구소 논문집 35(2) : 153-157.

秋田重誠. 1980. 作物の光合成, 光呼吸の種間差. 第1報 光合成, 光呼吸および生育の酸素濃度に對する反應の種間差. 農業技術研究所報. D 31 : 1-58.