

# 일조시간 조절이 잔디(*Zoysia japonica*)의 물질생산과 생장에 미치는 영향

도봉현\*

계명문화대학 원예조경과\*

## Effect of Dry Matter Production and Growth Construction of *Zoysia japonica* on a photoperiod

Do, Bong-Hyun\*

Dept. of Horticulture & Landscape Architecture, Kemyung College\*

### ABSTRACT

This study was designed to estimate on the interaction of the first productivity, light condition and to examine the ecophysiological characteristics of *Zoysia japonica*. Artificial community of *Zoysia japonica* was analyzed effect of matter production and growth construction under various shading condition. The results summarized this experiment were as follows;

1. The relative growth rate (RGR) in all experimental plots was high during the growth stage of 20 days after transplanting, and then decreased. The maximum RGR value appeared in the control plot (2.13g/g, 10days) during the growth stage from 10 to 20 days after transplanting. RGR value in severe shading of short day condition was remarkably decreased from the early growth stage. The main factor to lower RGR value considered as a short day condition than that of shading.
2. The net assimilation rate (NAR) in all experimental plots except 3hour photoperiod plot was high during the early growth stage after transplanting, and then decreased early growth stage after transplanting, and then decreased as the growth proceeded. The maximum value appeared in the control plot (35g/g, 10days). NAR value in the severe shading of short day condition plots was low. Especially, NAR value in the three hours photoperiod plot was remarkably low from the early growth, there was no great difference by growth stage. NAR had negative correlation with LAI and positive correlation with RGR.
3. The increasing rate of leaf area ratio (LAR) was high during the early growth stage

\*corresponding author. Tel : 053-589-7545

E-mail : dbh528@km.c.ac.kr

after transplanting in the control plot and in the photoperiod plot, the shorter the exposure time to sunlight, the higher the LAR value from the early growth stage. Especially, its value in the 3 hour photoperiod plot was remarkably high but its increasing rate was lower as the growth proceeded. LAR had negative correlation on RGR and NAR.

4. The crop growth rate (CGR) in each experimental plot was increased until 50 days after transplanting, and then decreased. After that time, the maximum CGR value appeared in the control plot (1.56g/cm<sup>2</sup>. 10-days), 60 days after transplanting. CGR had positive correlation with LAI. The optimum LAI in the control, 9 hour, 7 hour, 5 hour, and 3 hour photoperiod plots appeared as 1.87, 1.12, 0.83, and 0.18.

**Key words:** *Zoysia japonica*, photoperiod, growth construction

## 서 론

지피식물은 식생복원에 일차적으로 이용되는 중요한 소재적 기능을 지니고 있으며 경관의 시각적 질을 제고함은 물론 생활환경의 안정성과 쾌적성을 증대시키는 데 크게 기여하고 있다. 이와 같은 기능성 때문에 지피식물은 단일요소로, 또는 복합된 요소로 그 활용범위가 확대되고 있으며 연구의 필요성이 더욱 높아지고 있다(興水擊 等, 1979; Hannebaum, 1981; 木間 啓 等, 1962; 前中久行, 1979; 齋勝雄, 1972).

현재 주로 이용되고 있는 지피식물은 호광성인 잔디류로써 이용범위에 제한을 많이 받고 있으며, 따라서 다양한 지피식물의 개발이 요구되고 있다. 특히 건축물의 고층화에 따른 피음지의 나지현상, 또는 옥외 공간, 녹화에 따른 수림하 피음지는, 내음성 지피소재에 대한 수요의 증대가 가속화 추세에 있는 현실이다(Forbes et. al, 1948; 廣井敏男 等, 1970; 木間 啓 等, 1962; Monsi et. al, 1953; 山口淳一 等, 1970).

우리 나라에서 가장 많이 이용되고 있는 지피식물은 한국야생 들잔디인 *Zoysia japonica* 초종이며 우리나라 전역에 걸쳐서 자생하고 있다. 외관이 비교적 아름답고 재배하기가 쉬워 많이 이용하고 있으나 강한 저온에 약해 다소 동해

를 받고 있으며 특히 음지에 대한 약점을 지니고 있어 피음지역에 대한 제한성이 문제되고 있다(Blackman, 1919; Buttery, 1970; 本間 啓 等, 1968; Youngner, 1961; 柳 等, 1970).

잔디류의 광환경에 대한 연구에서 McBee와 Hort(1966)는 ST. Augustine grass(*Stenotaphrum Secundatum*), Tifway bermudagrass, No-mow bermudagrass, meyer Zoysia 잔디는 보다 낮은 광도 조건하에서도 생육이 가능함을 보고하였으며 本間과 賴(1968)는 Tifton 328 bermuda, *Zoysia matrella*, St Augustine grass(*Stenotaphrum Secundatum*) 등은 양지를 좋아하나 반음지에서도 성장할 수 있음을 조사 보고하였으며, 기타 여러 연구자에 의해서 많은 연구가 진행되어 왔다(Alexander et. al, 1962; Blackman, 1919; Blackman et. al, 1951; 朴 等, 1982; Hannebaum, 1981; 本多 等, 1958; Johnson et. al, 1982). 잔디류의 생리, 생태학적인 연구에 있어서 차광률을 조절한 광 환경하에서 일차 생산성과 성장 특징을 밝히고 물질 생산과 광요인과의 상관관계를 규명한 연구는 거의 이루어지지 않은 상태이다.

성장해석에 있어서는 Blackman(1919)이 식물체의 건물 생산과정을 복리적인 현상으로 다루기 시작한 후 Brigg 등(1920)은 이를 정립하

였으며 Watson(1958)은 식물의 생리·생태적인 접근방법을 통하여 성장 해석을 확립하였다.

Boysen-jensen(1932)과 Muller(1935) 등은 식물의 성장 현상을 광합성과 호흡작용의 상관에서 고찰하고 그 생산성을 다시 식물 기능과 환경요인과의 상호작용의 함수 관계에서 재평가함으로써 생산의 법칙성을 규명하는 연구를 시도하였고, Blackman(1951) 등은 식물의 내음성을 생리·생태적으로 접근하여 식물집단의 생산성을 밝힌 바 있으며 Monsi와 Saeki(1979) 등도 식물개체 또는 군락의 생산성에 대한 생리·생태적인 연구에서 물질생산성과 광조건과의 관계를 규명하였다.

한편 우리나라에서는 兪 등(1975)이 물질생산성과 성장특성 및 생리·생태적인 특성을 규명하기 위하여 영국식 성장해석을 한 바 있으며 秦(1978)과 申(1988)은 각각 대두와 개맥문동 및 아주가에서 Blackman 방법에 의한 성장해석의 시도와 환경요인과의 상관관계를 규명하였고 朴(1982) 등은 순동화율과 엽면적비를 외적 요인과 내적 요인에 대한 영향을 밝히고 최적 광환경을 규명하였다(星野和生, 1976).

따라서 본 발표는 잔디의 일차 생산성과 광조건과의 상호작용을 평가하기 위하여 채광과 일조시간을 조절하고 생육경과에 따른 건물 생산과 성장특성 및 물질생산과의 상관관계를 분석하여 생리·생태학적인 특성을 규명함으로써 잔디 이용과 관리 개선에 기여되는 기초자료를 제시하는 데 목적이 있다. 특히 잔디의 일차 생산성과 광 조건과의 상호작용을 평가하고 생리·생태학적인 특성을 규명하기 위하여 채광과 일조시간을 조절한 상태에서 인공군락의 물질생산성과 생산특징을 분석하였고 또한 식물집단의 생산성에 관하여 성장해석을 하였다.

그러므로 본 발표자는 1999년 한국잔디학회지 제 13권 1호에 차광시간별에 따른 1차 생산성과 생육상태의 결과를 이미 발표하였고 이어

서 광조사를 달리한 상태의 1차 발표내용에 따른 결과의 내용을 Blackman의 성장해석법을 이용하여 건물생산과 성장 특성 및 그에 따른 재차 물질 생산내용을 생태적 상관관계로 발표하는 바이다.

## 재료 및 방법

본 시험은 들잔디(*Zoysia japonica*)를 공시 재료로 하여 1994년 5월 20일부터 9월 30일까지 계명문화대학 실험포장에서 실시하였다. 시험에 따른 시험구는 Control구(100% 전일광) 및 일조시간에 따른 사계구로서 9시간, 7시간, 5시간, 3시간의 시간별 광조사구로 하여 난괴법(Randomized block design)으로 설치하였고, 각 시험구 공히 12cm 흑색 Vinyl 규격 Pot 480개를 3cm 간격으로 유지하면서 3반복 분할 배치법으로 배열하였다.

종자과중은 5월 20일에 plastic 과중상자(50×40×12cm)를 사용하였고, 토양은 시비하지 않은 상태의 사질양토를 이용하였다. 과중거리는 각 종자 공히 1×1cm의 면적을 취하여 2~3알씩 집과하였고 충분한 수분을 공급한 뒤 투명 Vinyl로 덮었으며 주간에는 통풍을 조절하면서 25℃~30℃의 온실에 보관하였다. 관수는 매일 8~9시와 15~16시 사이에 2회에 걸쳐 저면관수를 실시하였고 발아 후 각 종자 공히 건전개체 1묘만을 남기고 나머지는 제거하였다.

정식토양은 사질양토를 사용하였고, 농용석회를 가하여 토양산도를 pH6.0~6.5로 조절하였다. 각 pot 공히 같은 용량을 유지하기 위하여 pot 선단부 아래쪽 1cm까지 채웠으며 잡초의 발생을 억제하기 위하여 제조제를 산포한 후에 3회에 걸쳐서 교반을 하였다.

정식토양의 pH는 초자전극법, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 유기물은 Turin's법, K, Ca, Mg, Na 등은 원자흡광법,

**Table 1.** Soil condition of experimental plot before cultivation

Particle size distribution*			pH (1:5)	Total N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	O.M (%)	CEC (me.100g)	Exchangeable cations(me/100g)			
sand	slit	clay						K	Ca	Mg	Na
75.0	21.5	3.5	6.1	0.14	1.32	1.7	8.4	0.16	5.33	1.97	0.53

\*Texture was loamy sand.

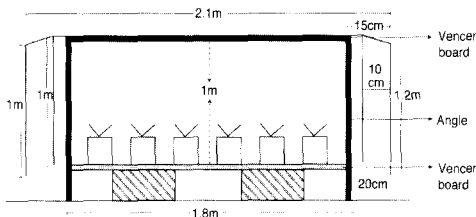
CEC는 치환침출법, MHA는 시료원통법에 의하여 각각 분석하였고 임도는 Hydromet법으로 조사하였으며 분석결과는 Table 1에서 보는 바와 같다.

시간별 광조사구는 angle과 0.05mm 흑색 Vinyl을 사용하여 내부에서는 입사광선을 완전 차단시켜 Lux meter가 0의 상태가 되게 하였다.

각 구의 pot 처리는 높이 1.2m와 10.8m<sup>2</sup>의 면적을 확보할 수 있는 angle frame을 설치하였고, 0.2m 높이의 pot 받침대를 배치하여 3cm 간격으로 동일하게 배열하였으며, 출입에 따른 입사광선이 pot에 조사됨을 방지하기 위하여 1m<sup>2</sup> 정도의 여유공간을 확보하였다.

측면은 10cm 간격을 두어 이중으로 흑색 Vinyl을 설치하였으며 외부 Vinyl은 지표에서 10cm, 내부 Vinyl은 지표에서 20cm 떨어지게 처리하여 통풍을 도모하였다.

시간별 광차단은 전체적으로 동일시간을 이용하였고 3시간구는 8시부터 11시까지, 5시간구는 8시부터 13시까지, 7시간구는 8시부터 15시까지, 9시간구는 8시부터 17시까지 조사시킨 후 흑색Vinyl로 광차단하였으며, 관리에



**Fig. 1.** A section of frame for photoperiod control. 다른 차단 후의 출입은 여유공간을 이용하였다

(angle frame은 Fig. 1과 같다).

그러므로 이에 따라서 각 차광 시간별 시일경과에 따른 잔디의 재료 및 방법의 상세한 내용과 1차 물질 생산성 상태의 결과는 1999년 한국잔디학회지 제13권 1호와 같으므로 지면을 줄이기 위하여 이를 참고하여 주기 바라며, 그 결과에 따른 성장해석은 결과 및 고찰에서 정리하고자 한다.

## 결과 및 고찰

### 相對 生長率(Relative growth rate: RGR)

식물의 생산력은 RGR에 따라 결정된다고 볼 수 있다. RGR은 잎의 생산능력, 즉 단위시간당 단위 엽면적의 증가이며 단위식물 중량당 광합성 면적의 비율이다.

식물의 성장과정 중 어느 시점에서의 건물중당 건물생산 능력을 나타내는 것을 말한다. 식물체 1g의 건량에 대하여 단위시간(t)당 새로운 중량(w)이 증가하는 것은 그 시점에 있어서 식물체의 크기를 원리합계로 하고 생장은 이율로 건중 증가분을 이자로 하는 복리적인 현상으로 보고 있다.

잔디의 상대성장률의 값은

$$RGR = \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{t_2 - t_1}$$

에 의하여 산출하였고 그 결과를 Table 2에 나타냈다.

상대성장률에 대한 시일경과에 따른 일조시간별 광조사는 control 구와 9시간 및 7시간 광조사구가 이식 후 7월 20일까지의 성장과정에서

**Table 2.** The relative growth rate (RGR) under various photoperiod in *Zoysia japonica* (g/g.10 days)

Plot	7/1~7/10	7/11~7/20	7/21~7/30	7/31~8/9	8/10~8/19	8/20~8/29	8/30~9/8	9/9~9/18	9/19~9/28
9hrs	1.399	1.814	0.819	0.613	0.388	0.312	0.201	0.127	0.095
7hrs	1.399	1.348	0.754	0.613	0.388	0.307	0.189	0.115	0.080
5hrs	1.399	0.629	0.610	0.386	0.384	0.304	0.199	0.102	0.092
3hrs	1.399	0.105	0.304	0.302	0.292	0.143	0.104	0.062	0.010

점차 증가하였으며 이후의 생장이 진행됨에 따라 현저히 낮아지는 경향을 보였으나 5시간 및 3시간 광조사구에서는 이식 직후부터 현저하게 저하되었다. 특이한 내용은 일조시간을 달리한 상태중에서 3시간 조사구에서는 이식초기부터 본 실험중의 전생장과정 중에서 현저히 낮은 RGR 치를 보이고 있어 극히 저조한 생장을 나타냈다. 따라서 극히 짧은 시간의 자연광이 조사되는 광환경하에서는 다른 차광보다도 잔디의 생장이 거의 이루어질 수 없음을 보여주고 있다. 잔디 생장률은 전술한 일조시간 조절구에서의 생장과정에 따른 현존량 변화와 같은 경향을 나타내었으나 LAI와는 역의 상관성을 보였다. 각 시험구 RGR과 LAI과의 회귀 및 상관은  $Y = 71.8345 - 0.1268 \times Y = 0.546^{**}$ 로서 RGR과 LAI는 역의 상관성을 보였으며 1% 수준에서 높은 유의성을 나타내었다(Y:RGR X:LAI).

상대생장률의 이와 같은 경향을 金(1975) 등의 물질생산과 생장특징 및 생리·생태적인 특성을 규명한 시험과 같은 경향이며 특히 申(1988)의 개맥문동 및 아주가 시험의 상대생장률과 비슷한 경향을 보였다.

**純東化率(Net assimilation rate: NAR)**

절대식물의 생장은 주로 광합성을 통한 동화산물에 의존하고 특히 고등식물에서는 동화산물의 대부분을 잎에 의존하고 있어서 단위면적당 엽면적의 대소는 식물생장의 중요한 요인이 되고 있기 때문에 식물생장의 속도를 단위면적과의 상호관계에서 광합성 능력의 한 척도로 삼을 수도 있다. 이와 같은 방법을 특히 성장해

단위시간(t)에 단위 엽면적이 몇 g의 근량(w)을 생산하는가 하는 순동화율에 대한 잔디의

**Table 3.** Analysis of variance for RGR and LAI under various photoperiod in *Zoysia japonica*

Source	CF	Sum of squares	Mean square	F Value	Pr> F
Model	1	38423.38594	38423.38594	26.306	0.0001
Error	62	90558.34766	1460.61851		
C.Total	63	128981.73359			

**Table 4.** The net assimilation rate (NAR) under various shaed level and photoperiod in *Zoysia japonica* (g/cm<sup>2</sup>.10 days)

Plot.	7/11~7/20	7/21~7/30	7/31~8/9	8/10~8/19	8/20~8/29	8/30~9/8	9/9~9/18	9/19~9/28
Cont	35	13.1	9.2	4.9	4.0	2.6	1.7	0.7
9hrs.	23.4	11.0	7.6	4.3	3.2	2.0	1.2	0.9
7hrs.	13.4	7.4	6.3	4.1	2.6	1.5	0.9	0.8
5hrs.	6.0	4.8	2.7	2.4	1.6	0.9	0.5	0.4
3hrs.	0.8	1.7	1.7	1.6	0.8	0.6	0.3	0.1

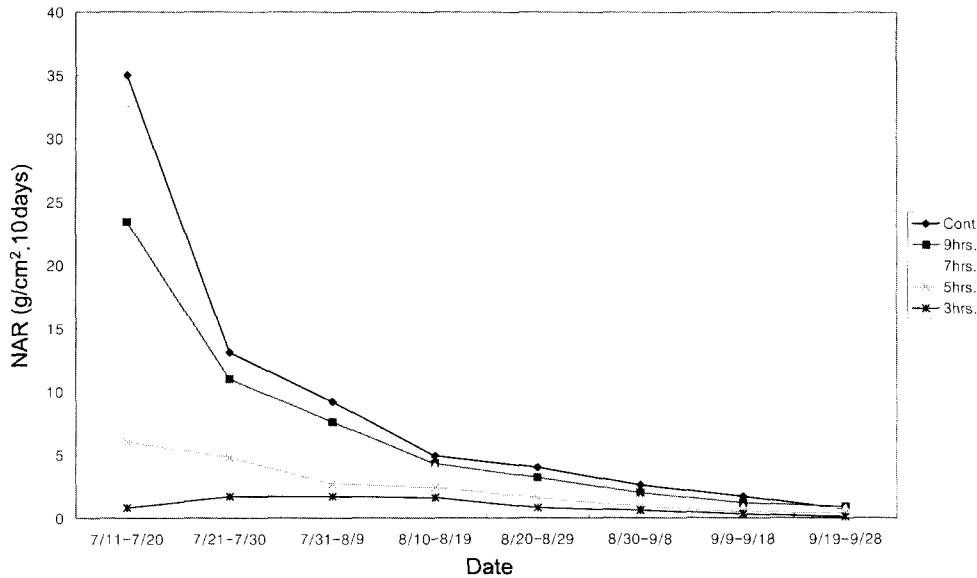


Fig. 2. The increase of net assimilation rate under various photoperiod in *Zoysia*.

결과를,

$$NAR = \frac{(W_1 - W_2)(\log_e \bar{F}_2 - \log_e \bar{F}_1)}{(F_2 - F_1)(t_2 - t_1)}$$

에 의하여 산출하고 Table 4, Fig 2에 나타냈다.

잔디 순동화율은 Control구와 전체구에서 이식 후 10일경까지는 증가했으나, 이후 생장이 점차 진행됨에 따라 낮아지는 경향을 보였으며 특히 이식 후 10일경부터 40일경까지의 성장과정에서는 현저히 낮은 NAR치를 보였다.

최고치는 이식 후 11일과 20일경 사이의 Control구에서 나타났으며 3시간 광조사구 최저치에 비하여 약 35배의 NAR치를 보였다.

한편 9시간 및 7시간 광조사구는 Control구와 같이 이식 후 20일경까지는 Control구와 같은 경향으로 증가하였으며 이후 생장이 진행됨에 따라 낮게 나타나고 있어 RGR 성장과정에 따른 변화와 같은 경향을 보였다. 5시간과 3시간 광조사구는 이식 후 성장부터 타구에 비하여 현저히 낮은치를 보였고 성장과정에 따른 NAR치의 변화도 근소하였으며 후기생장에 이

를수록 현저한 저하를 보였다.

최고치는 Control구에서 35.0g/cm<sup>2</sup>.10days로서 이식 후 10일에서 20일 사이에 나타났고 최저치는 3시간 조절구에서 0.1g/cm<sup>2</sup>.10days로서 9월 말경에 나타났다. 각구 공히 RGR치가 높게 나타나는 성장초기에 NAR도 높게 나타나고 있어 이 시기는 RGR의 증대를 도모하기 위한 가장 왕성한 동화생산이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

전술한 Control구 및 9시간, 7시간의 성장과정에 따른 NAR치보다 5시간 및 3시간 광조사구의 NAR치는 본 실험기간 중의 성장과정에서 현저히 낮은치를 보이고 있으며 후기생장과정에서 그 차이는 더욱 크게 나타났다. 이는 광차단하에서는 주간의 계속적인 수광조건보다도 짧은 시간의 자연광 조사가 동화생산을 억제하고 있어 NAR이 저하되었으며 따라서 단위 시간당 건물생산이 감소하게 됨을 발견할 수 있다.

Watkins(1940)는 환경에 따른 *Burmudagrass*의 화학적 조성고 성장습성의 조사에서 단

**Table 5.** Analysis of variance for NAR and LAI under various Shade level and photoperiod in *Zoysia japonica*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	529.73799	529.73799	16.545	0.0001
Error	62	1985.06310	32.01715		
C.Total	63	2514.80109			

**Table 6.** Analysis of variance for NAR and RGR under various shade level and photoperiod in *Zoysia japonica*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	121993.26838	121993.26838	1082.295	0.0001
Error	62	6988.46522	112.71718		
C.Total	63	128981.73359			

일 및 저광도에서는 전체생장이 감소함을 밝히면서 장일 및 고광도에서는 탄수화물량이 많아지고 순동화율이 증가되어 지하경, 포복경, 잎, 근의 생장이 왕성함을 밝혔고 본시험에서 같은 경향을 나타냈다. Table 5에 보는 바와 같이 NAR은 LAI와의 회귀관계는

$Y=8.0919-0.0149 X$ ,  $r=-0.459$ 로서 역의 상관관계를 나타내며 1% 수준에서 유의성을 보였다 (Y : NAR X : LAI).

한편 RGR과 NAR 사이에는 Table 6에서 보는 바와 같이  $Y=10.4707+6.9649 X$ ,  $r=0.9725^{**}$ 로서 높은 정의 상관관계를 나타내었으며 1% 수준에서 고도의 유의성을 보였다. NAR이 RGR에 변수적 기능이 높게 나타나고 있어 잔디의 성장률을 증가시키기 위해서는 NAR을 증대하는 재배법이 연구되어야 하겠다 (Y : RGR X : NAR).

Buttery(1970) Watson(1958)은 NAR과 LAI 간에는 빈의 관계가 있으며 NAR은 LAI가 증가하면 직선적으로 감소한다는 Watson(1958)법칙에 본 시험도 일치하고 있어 Watson Pattern이 그대로 나타났다. Alexander와 McCloud(1962)는 Bermudagrass 잎의 순동화율은 1 min/1cm<sup>2</sup>일 때 광도가 0.45cal까지 증가할수록 높아진다고 보고하였으며, Alberda(1957)와 Burton(1959)은 각각 *Lolium perenne*과 *Burmudagrass*에서 고광도는 순동화율을 증가시키므로 잎, 줄기, 지하경, 포복경 및 근의 성장을 왕성하게 한다고 보고하였다. 본 시험에서도 같은 경향을 나타내었다.

**葉面積比(Leaf area ratio: LAR)**

식물체 1g 생산에 필요한 엽면적 값을 나타내는 엽면적비는 광합성기관의 구조적 배분을

**Table 7.** The leaf area ratio(LAR) under various shade level and photoperiod in *Zoysia japonica* (cm<sup>2</sup>/g.10days)

Plot	7/1 ~ 7/10	7/11 ~ 7/20	7/21 ~ 7/30	7/31 ~ 8/9	8/10 ~ 8/19	8/20 ~ 8/29	8/30 ~ 9/8	9/9 ~ 9/18	9/19 ~ 9/28
Cont.	48.03	51.91	62.47	73.04	77.92	78.51	80.375	79.40	80.41
9hrs.	48.03	71.58	75.85	83.87	95.16	100.64	99.08	106.04	101.93
7hrs.	48.03	65.71	99.57	91.00	102.25	122.24	127.49	147.64	130.37
5hrs.	48.03	119.24	132.15	150.23	172.83	196.09	211.88	221.00	161.20
3hrs.	48.03	147.34	173.58	176.20	169.57	183.22	187.42	195.11	201.63

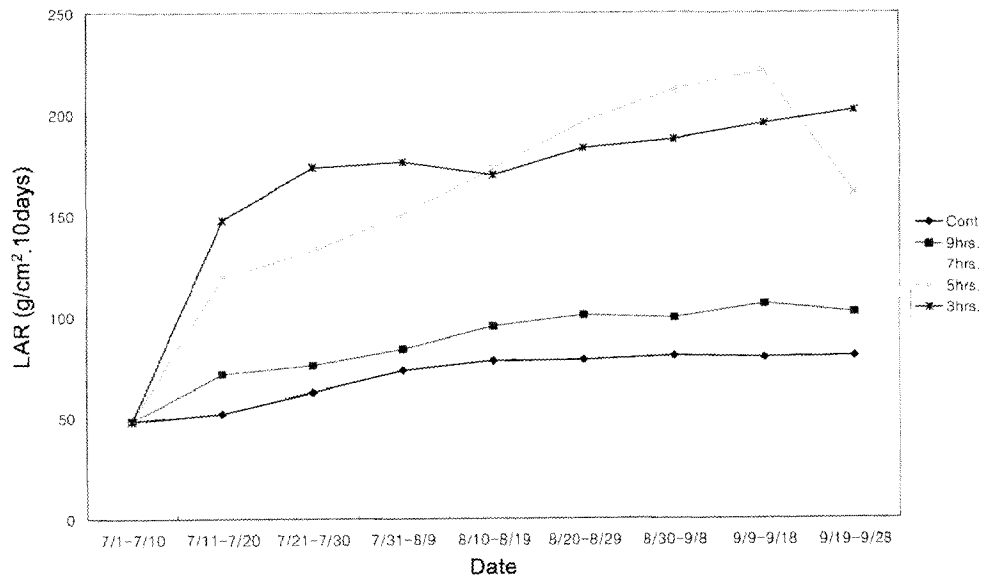


Fig. 3. The increase of leaf area ratio under various photoperiod in *Zoysia japonica*.

을 의미하는 것으로서 Energy 대사에 있어서 중요한 특성을 갖는다. 잔디의 엽면적비를 다음 식으로 계산하였고 그 결과를 Table 7과 Fig. 3에 나타냈다.

$$LAR = \frac{\bar{F}}{W} = \frac{(\bar{F}_2 - \bar{F}_1)(\log_e W_2 - \log_e W_1)}{(\log_e F_2 - \log_e F_1)(W_2 - W_1)}$$

Control구와 각 일조시간 조절구에 LAR은 이식 후 80일경까지의 성장과정에서 생장이 진행됨에 따라 LAR이 증가되었고 3시간 조사구에서는 본 실험기간 중 계속하여 증가하는 경향을 나타내었다.

9시간과 7시간 광조사구에 비하여 5시간 및 3시간 광조사구는 이식초기부터 현저히 높은 LAR치를 보였고 특히 5시간 광조사구에서는 성장과정에 따른 LAR치를 보였고 특히 5시간 광조사구는 성장과정에 따른 LAR의 증가율이 높은 경향을 나타냈다. 최고치는 9월 20일경 221cm<sup>2</sup>/g.10days로 5시간 광조사구에서 나타났다.

3시간 광조사구에서는 전성장과정에서 높은

LAR치를 보이고 있으나 그 증가율이 낮은 경향을 보이는 것은 광합성 기관의 구조적 배분이 극히 불량한 광환경을 이루고 있는 데에 그 요인을 생각할 수 있다. 광조건이 좋은 성장환경 일수록 잔디의 성장과정에서 LAR치가 낮게 나타나고 있어 면적의 증가율보다 건물중의 증가율을 높이는 생장이 활발히 일어나고 있음을 알 수 있다. 즉,  $\bar{F}/F$  ratio가 커짐에 따라서  $F/W$ ratio가 적어졌으며 따라서 LAR은  $\bar{F}/F$  ratio에 의하여 촉진되고  $F/W$  ratio에 의하여 오히려 억제되는 것으로 생각된다.

LAR과 RGR, LAR과 NAR은 각각  $r=0.2509$ ,  $r=0.2625$ 로서 역의 상관관계를 나타내며 5% 수준에서 유의성을 나타내었고 LAI와는  $r=0.3331$ 로서 정의 상관관계를 나타내었으며 역시 1% 수준에서 유의성을 보였다.

이는 秦(1978)의 대두에 있어서 Blackman (1951)의 성장해석법을 시도한 LAR과 비슷한 경향을 나타내었으며, 또한 申(1988)의 개맥문동과 아주가 시험에 있어서 LAR과도 같은 경



향을 나타내었다.

**群落生長率(Crop growth rate: CGR)**

군락생장률은 단위시간당 군락 성장속도를 말한다. 즉, 단위시간당 몇 g의 생산이 있는가를 나타낸 것으로 이는

$$CGR = \frac{(W_2 - W_1)(\log_e \bar{F}_2 - \log_e \bar{F}_1)}{(\bar{F}_2 - \bar{F}_1)(t_2 - t_1)}$$

$$\frac{\bar{F}_2 - \bar{F}_1}{\log_e \bar{F}_2 - \log_e \bar{F}_1} = NAR \times LAI$$

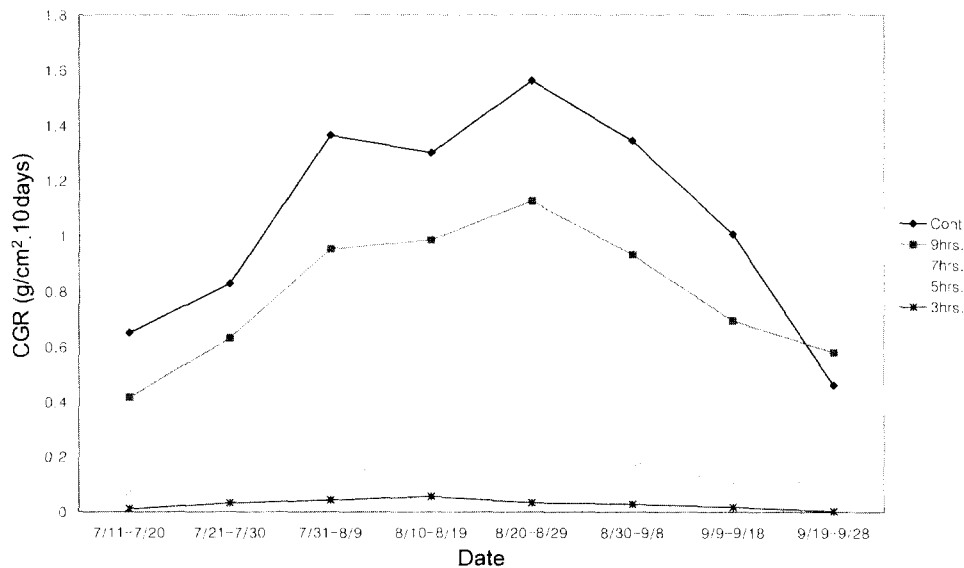
로서 표시하였다. Table 8과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 잔디의 군락생장률은 각 시험구 공히 이식 후 50일경까지는 생장이 진행됨에 따

라 증가되었고, 이후의 성장과정에서 낮아지는 경향을 보였다.

Control구 및 일조시간 조절구에 있어서 7시간, 9시간 조절구는 Control구에 비하여 전생장과정에서 비교적 근소한 차이를 나타낸 반면 3시간과 5시간 광조사구에서는 현저한 차이를 보였다. 특히 3시간 광조사구에서는 이식초기 성장과정에서부터 타구에 비하여 현저한 차이를 보였고 성장과정에 따른 CGR도 완만한 차이를 나타냈으며 최저치도 본 시험구에서 9월 18일부터 28일 사이에 0.003g/cm<sup>2</sup>.10days로서 성장후기에 나타났다. 최고치는 1.56g/cm<sup>2</sup>.10 days로서 이식 후 8월 19일부터 29일 사이에

**Table 8.** The crop growth rate(CGR) under various Shade level and photoperiod in *Zoysia japonica* (g/cm<sup>2</sup>.10 days)

Plot	7/11~7/20	7/21~7/30	7/31~8/9	8/10~8/19	8/20~8/29	8/30~9/8	8/9~9/18	9/19~9/28
Cont.	0.650	0.828	1.365	1.301	1.562	1.344	1.007	0.461
9hrs.	0.416	0.631	0.953	0.986	1.127	0.933	0.694	0.580
7hrs.	0.227	0.347	0.555	0.592	0.610	0.501	0.356	0.375
5hrs.	0.071	0.128	0.132	0.193	0.215	0.181	0.108	0.107
3hrs.	0.011	0.032	0.043	0.056	0.034	0.028	0.018	0.003



**Fig. 4.** The increase of crop growth rate under various photoperiod in *Zoysia japonica*.

**Table 9.** Analysis of variance for CGR and LAI under various Shade level and photoperiod in *Zoysia japonica*

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1.62642	1.62642	13.033	0.0006
Error	62	7.73704	0.12479		
C.Total	63	9.36346			

Control구에서 나타났고, 이 외의 생장후기의 3시간 조사구 CGR치와는 약 45배의 차이를 보였다. 전술한 RGR 및 NAR과 같이 3시간 광조사구에서는 타구에 비하여 생장이 경과할수록 현저히 낮은치를 나타내고 있어 동화생산이 공히 저조한 생장이 이루어졌음을 알 수 있다.

CGR은 LAI가 증가됨에 따라서 높은 값을 보이나 엽면적이 어느 넓이에 도달되면 오히려 저하되는 것을 알 수 있다. LAI의 최적엽면적지수(Optimum leaf area index: LAI Opt)의 추정을 생각할 수 있다.

$$NAR = a - b(\overline{LAI})$$

$$CGR = NAR \times \overline{LAI} = a(\overline{LAI}) - b(\overline{LAI})^2$$

$$\frac{d(CGR)}{d(\overline{LAI})} = a - 2b(\overline{LAI}) \stackrel{\text{set}}{=} 0$$

$$a = 2b(\overline{LAI})$$

$$\therefore (\overline{LAI})_{\text{Opt}} = a/2b$$

위의 식에 따라 최적엽면적지수를 구하면 Control구에서는 2.100이며 일조시간 조사구에서는 9시간, 7시간, 5시간 및 3시간 조사구에서 각각 1.875, 1.125, 0.833, 0.176임을 알 수 있다.

CGR과 LAI 사이에는  $Y = 0.3199 + 0.0008X$ ,  $r = 0.4167$ 로서 정의 상관을 나타내며 1% 수준에서 유의성을 보였다.

그러나 NAR과는 상관관계를 보이지 않았다.

또한 모든 시험구에서 CGR값의 최대치는 LAI의 Peak보다 앞서 나타내고 있다. 그러나 Watson(1947)은 환경조건의 개선과 파종기를 바꿈으로써 CGR의 계절적 변화곡선의 Peak를

합치시키는 한편 LAI를 크게 유지함으로써 식물의 수량을 높일 수 있다고 하였다.

山田(1963)도 질소비료의 시비량에 차이를 둔 수도의 pot의 밀식재배에 있어서 그 pot를 모아 균락상태를 이루고 일사량을 달리한 경우의 생장정도에 따라서 LAI와 건량과의 관계를 조사한 결과 생장초기에는 일사량과 관계없이 일일 건물생산량은 LAI값이 클수록 증가됨을 보고하면서 이에 따른 최적 엽면적지수도 같은 경향임을 보고하였다.

## 요 약

잔디(*Zoysia japonica*)의 1차 생산성과 광조건과의 상호작용을 평가하고 생리생태학적인 특성을 규명하기 위하여 일조시간을 조절한 상태에서 인공균락의 물질생산과 성장해석에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 그 결과의 요약은 다음과 같이 하였다.

1. RGR은 각 시험구 공히 이식 후 20일경까지의 생장과정에서 높게 나타났고 이후 생장이 진행됨에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 최고치는 Control에서 이식 후 20일과 20일 사이의 생장과정에서 2.13g/g.10days로 나타났으며 광조사 시간이 짧을수록 이식 후 초기생장부터 현저히 낮은치를 보였으며 짧은 시간 자연광 조사가 RGR을 현저히 저하시키는 결과를 보였다.
2. NAR은 3시간 광조사구를 제외한 각구 공히

- 이식 후 초기 생장과정에서 높은 치를 보였고, 이후 생장이 진행됨에 따라 낮은 치를 나타내었으며 최고치는 Control구에서  $35\text{g/m}^2$  10 days로 나타났다. 광조사 시간이 짧을수록 현저히 낮은 치를 보였으며 특히 3시간 광조사구에서는 초기생장부터 현저히 낮은 치를 나타내었고 변화도 감소하였다. LAI와는 역상관, RGR과는 정의 상관관계를 나타내었다.
3. LAR은 Control구와 각 일조시간 조절구에서는 광조사 시간이 짧을수록 이식초기부터 현저히 높은 LAR치를 보였고, 특히 3시간 광조사구에서는 현저히 높은 치를 보였으나 생장과정에 따른 증가율은 낮게 나타났다. LAR은 RGR과 NAR에 대하여 역의 상관관계를 나타내었다.
4. CGR은 각구 공히 이식 후 50일까지는 생장이 진행됨에 따라 증가하였고 이후의 생장과정에서는 낮아지는 경향을 보였으며 최고치는  $1.56\text{g/cm}^2$  10days로 Control구에서 이식 후 60일경에 나타났다. LAI와는 정의 상관을 나타내었고 최적엽면적지수 Control구와 9시간, 7시간, 5시간 및 3시간, 일조시간 조절구에서는 각각 1.87, 1.12, 0.83, 0.18로 나타났다.
3. Beard, J. B. 1984, Factors in the adaptation of turfgrasses to shade. *Agron. J.* 57:457-459.
4. Blackman, V. H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33:353-360.
5. Blackman, G. E., and G. L. Wilson. 1951. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VII. An analysis of the different effects of light intensity on the net assimilation rate, leaf ratio and relative growth rate of different species. *Ann. Bot. N. S.* 15:373-408.
6. 本間 啓, 小澤知雄, 1962. 土壤構成と日本芝生の生育なるびに踏壓による影響に關する實驗的研究. *造園雜誌* 26(1):41-46.
7. 本間 啓, 賴 哲三, 1968. 地被植物の耐・好陰性に 關する 實驗的研究. *造園雜誌* 31(3):2-9.
8. 本多, 松下博悟. 1958. 日本芝種子の發芽に關する研究, *造園雜誌* 21(4):9-12.
9. Boysen-jensen, P. 1932. Die Stoff Production der Pflanzen Jean Berline.
10. Briggs, G. E., F.Kidd, and C. West. 1920. A quantitative analysis of plant growth. Part I. and II. *Ann. Appl. Biol.* 102-123 and 202-222.
11. Burton, G. W., J. E. Jackson, and F. E. Knox. 1959. The influence of light reduction upon the production, persistence and chemical composition of coastal bermudagrass, *Cynodon dactylon*. *Agron. J.* 51:537-542.
12. BATTERY, B. R. 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. *Crop Science* 10:

### 참고문헌

1. Alberda, T. 1957. The effects of cutting, light intensity and night temperatures on growth and soluble carbohydrate content of *Lolium perenne* L. *Plant and Soil.* 8:199-230.
2. Alexander, C. W., and D. E. McClound. 1962.  $\text{CO}_2$  uptake(net photosynthesis) as influenced by light intensity of isolated bermudagrass leaves contrasted to that of swards under various clipping regimes. *Crop Science* 2:132-135.

- 9-13.
13. 齋勝雄. 1972. 庭園地被 と植物病蟲害. 技報堂. 東京.
  14. 秦熙成. 1978. 大豆人工群落의 物質生産性 과 成長解析에 關한 研究. Ph. D. 東國大 學校.
  15. 前中久行. 1979. 奈良縣大台ヶ原ドライブ ウエイにおける法面の植生回復と法面勾 配の關係. 造景雜誌 42(3):3-9.
  16. Crookston, R. K., J. Treharne, P. Ludford and J. L. Ozbun. 1975. Response of beans to shading. *Crop Sci.* 15:412-416.
  17. Forbes, I. J., M.H. Ferguson, 1948. Effect of strain differences seed treatment and planting depth on seed germination of *Zoysia* spp. *Agron. J.* 40: 725-732.
  18. Hannebaum, L. 1981. Landscape design. Reston Publishing Co. pp. 202-223.
  19. 興水擊, 飯椀克身, 藤崎建一郎. 1979. 踏壓 가히메코우라이シバ地生の生育にえる影響 について. 草生 研究 8(1):41-47.
  20. Johnson, C. R., T. A. Nell, and S. E. Rosenbaum. 1982. Influence of light intensity and drought stress on *Ficus benjamina* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2):252-255.
  21. 金浩烈, 宋承達. 1975. 水稻品種의 物質生産 과 生長解析에 關한 研究. 韓國作物學會 誌 20:74-86.
  22. 廣井敏男, 小山弘島, 阿部恒充 度邊 弘. 1970. 花卉類の栽培管理におする光環境의 意義(第1報) 園藝學雜誌 39(3):63-71.
  23. Monsi, M., and T. Saeki, 1953. Über den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stokfproduktion. *Jap. J. Bot.* 14:22-52.
  24. Muller, D. und P. Larsen. 1935. Analysis der Stokproduktion bei Stickstoff und Kalimangel. *Planta.* 23:501-517.
  25. 朴尙根, 權永彬, 李龍範, 林采. 1982. 夏節 期 비닐하우스의 遮光에 Fog mist system 의 利用이 葉菜類(배추, 시금치, 상치)生育에 미치는 影響. 農詩報告 24(園藝):106-116.
  26. 柳達永, 廉道義. 1970. 日照의 差異가 *Zoysia grass* 生育에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌 7:41-46.
  27. 山口淳一, 田中明. 1970. 作物の生長効果に 關する研究(第2報). 生育條件 を異にしたト ウモロコシの 生長效率, 日本土壤肥料學雜 誌4(12):509-513.
  28. 山田登. 1961. 水稻の栽植密度と 收量につ いて(1)(2)農業及園藝36.(1. 2)
  29. 申宇均. 1988. 光度를 달리한 地皮植物 人 工群落의 物質生産과 成長解析에 關한 研究. 한국조경학회지 제15권 3호.
  30. 星野和生. 1976. 野菜栽培研究における生 長解析法の利用. 農業及園藝 51(10):10-14.
  31. Watkins, J. M. 1940. The growth habits and chemical composition of bromegrass *Bromus intermis* Leyss, as affected by *Society of Agronomy* 32:527-538.
  32. Watson, D. J. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. *Ann. Bot., N. S.* 22(85):37-54.
  33. Youngner, V. B. 1961. Growth and folwering of *Zoysia* species in response to temperatures, photoperiods and light intensities. *Crop. Science* 1(2):91-93.
  34. Youngner, V. B. 1961. Germination of *Zoysia* species to temperatures, photo- periods and light intensities. *Crop. Sci.* 1:91-93.