한잔지 : 5(2), 95~114, 1991

光環境이 잔디(Zoysia japonica)의 物質生産과 生長에 미치는 影響
Ⅰ. 遮光率이 Zoysia japonica 生長에 미치는 影響

都 捧 鉉
啓明專門大學 園藝科

Effects on Dry Matter Production and Growth of *Zoysia japonica* under the Light Environment
Ⅰ. Effect of Shade on Growth in *Zoysia japonica*

Do, Bong Hyun
Dept. of Horticulture, Kemyung Junior Collage

SUMMARY

This paper was designed to estimate the interaction of the first productivity, light conditions and to analyze the ecophysiological productivity, growth characteristics grown under various shading conditions in *Zoysia japonica*. The results summarized this experiment were as follows;

1. After transplanting the grass, increasing rate of leaf number and total leaf length was remarkably high at the early growth stage in the control and the 30% shading plot.
2. The increasing rate of leaf area ratio(LAR) in all the experimental plot was remarkable high at the early growth stage after transplanting the grass. Especially, the control and 30% shading plot in compared with another plots, were remarkably high at rate of leaf area.
3. The length and the node number of rhizome in the control and 30% shading plot were also high and the difference was significantly large by the growth stage.
4. Chlorophyll content was very high at 36days after transplanting and then decreased. Increasing rate of shade resulted in its low content. The rate of chlorophyll a to b was decreased by increasing rate of shade.
5. The content of soluble sugar in the control and 30% shading plot was low at the early growth after transplanting and high at the late growth stage. Its content in the plot of 70% shading was remarkably low throughout the growth stage.

6. The increasing rate of standing plant in all the experimental plots was high at the early growth stage after transplanting. Increasing rate of shade was typically low through all the growth stage.

I. 緖 論

잔디류는 녹화를 위하여 일차적으로 이용되는 주요한 소재적 기능을 지니고 있으며 경관의 주된 물리적 요소로서 경관공간을 구성함은 물론 인간생활의 안정성과 쾌적성을 증대하는데 크게 기여하고 있다.

최근 우리나라도 경제발전에 따른 여가활동의 선호가 증대됨에 따라 잔디에 관한 일반의 관심이 급증하고 있어 정원은 물론 각종 공원 및 경기장과 Golf장에 이르기까지 대부분의 경관이 잔디 경관을 기본으로 구성되고 있다.

우리나라에서 가장 많이 이용되고 있는 잔디는 *Zoysia japonica* 초종이며 우리나라 전역에 걸쳐서 자생하고 있다. 외관이 비교적 아름답고 재배하기가 쉬워 많이 이용하고 있으나 강한 저온에 약해 다소 동해를 받고 있으며 특히 음지에 대한 약점을 지니고 있어 피음지역에 대한 제한성이 문제되고 있다.

잔디류의 광환경에 대한 연구에서 McBee와 Hort(1966)[19]는 ST. Augustine grass(*Stenotaphrum secundafum*), Tifway bermudagrass, No-mow bermudagrass, Meyer Zoysia 잔디는 보다 낮은 광도 조건하에서도 생육이 가능함을 보고하였으며 本間과 賴(1968)[14]는 Tifton 328 bermuda, Zoysia matrella, St Augustine grass (Stenofaphrum Secundatum) 등은 양지를 좋아하나 반음지에서도 생장할 수 있음을 조사 보고하였으며, 기타 여러 연구자에 의해서 많은 연구가 진행되어 왔다.[2,4,9,13,16,22,27] 그러나 잔디류의 생리, 생태학적인 연구에 있어서 차광율을 조절한 광환경하에서 일차 생산성과 생장 특징을 밝히고 물질 생산과 광요인과의 상관관계를 규명한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 잔디의 일차 생산성과 광조건과의 상호작용을 평가하기 위하여 차광율을 조절하고 생육경과에 따른 건물 생산과 생장 특성 및 물질 생산과의 상관관계를 분석하며 생리·생태학적인 특성을 규명함으로서 잔디 이용과 관리 개선에 기여되는 기초 자료를 제시하는데 목적이 있다.

II. 材料 및 方法

본 시험은 야생잔디(*Zoysia japonica*)를 공시재료로 하여 1987년 5월 20일부터 9월 30일까지 계명전문대학 실험포장에서 실시하였다.

실험구는 Control구(100%전일광) 30~33%, 50%, 70~73%의 차광구로 하여 난괴법(Randomized black design)으로 설치하였고, 각 시험구 공히 12cm 흑색 vinyl 규격 pot 480개를 3cm 간격으로 유지하면서 3반복 분할배치법으로 배열하였다.

종자파종은 5월 20일에 plastic 파종상자(50×40×12cm)를 사용하였고 토양은 시비하지 않은 상태의 사질양토를 이용하였다. 파종거리는 각 상자 공히 1×1cm의 면적을 취하여 2~3일씩 점파하였고 충분한 수분을 공급한 뒤 투명 vinyl로 덮었으며 주간에는 통풍을 조절하면서 25~30℃의 온실에서 보관하였다.

관수는 매일 8~9시와 15~16시 사이에 2회에 걸쳐 저면관수를 실시하였고 발아후 각 종자 공히 건전개체 1묘만 남기고 나머지 조심스럽게 제거하였다.

정식토양은 사질양토를 사용하였고 농용석회를 가하여 토양산도를 pH6.0~6.5로 조절하였다. 각 pot 공히 용량을 유지하기 위하여 선단부 아랫쪽 1cm까지 채웠으며 잡초의 발생을 억제하기 위하여 제초제를 살포한 후에 3회에 걸쳐서 교반하였다.

정식토양의 pH는 消子電極法, 全窒素는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 유기물은 Turin'

Table 1. Soil condition of experimental plot before cultivation.

Texture	Particle size distribution			pH(1 : 5)	T.N(%)	P_2O_5(ppm)	O.M(%)
	Sand	Slit	Clay				
LS	75.0	21.5	3.5	6.1	0.14	1.32	1.7

Texture	Exchangable Cation(me/100g)				CEC	MHA
	K	Ca	Mg	Na	(me/100g)	(g)
	0.16	5.33	1.97	0.53	8.4	43.22g/100g

MHA : Moisture holding ability
LS : Loamy Sand

s, K, Ca, Mg, Na 등은 原子吸光法, CEC는 置換浸出法, MHA는 試料圓筒法에 의하여 각각 분석하였고, 입도는 Hydrometer 법으로 조사하였으며 분석결과는 Table 1에서 보는 바와 같다.

각 구의 pot 처리는 높이 1.2m와 10.8m^2의 면적을 확보할 수 있는 angle frame을 설치하였고 0.2 m 높이의 pot 받침대를 배치하여 3cm 간격으로 동일하게 배열하였으며, 출입에 따른 入射光線이 pot에 조사됨을 방지하여 위하여 1m^2 정도의 여유 공간을 확보하였다. 각 차광구는 차광용 한 냉사를 사용하였으며 차광율은 lux meter로 조사하였다. 그리고 바람에 의한 한냉사의 변형과 粉塵에 의한 오염에서 나타날 수 있는 차광율의 변화를 방지하고 오차를 줄이기 위하여 본 시험기간중 2회에 걸쳐 야간에 한 냉사를 교체하였다.

Pot 정식은 6월 31일 실시하였으며 각 상자 공히 edge effect를 고려하여 집단주변의 3열보다 내측의 개체를 任意抽出로 sampling하여 각 pot에 1개체씩 이식하였으며, 자연광 상태에서 10일간 방치하여 활착을 도모하였다.

각 시험구의 정식 pot를 배열한 후, 시험이 끝나는 9월 28일까지는 8시에서 9시 사이와 15시에서 16시 사이에 관수를 하여 토양수분의 함수량은 pF2.7~3.0를 유지하도록 하였으며 시비와 여타 일반관

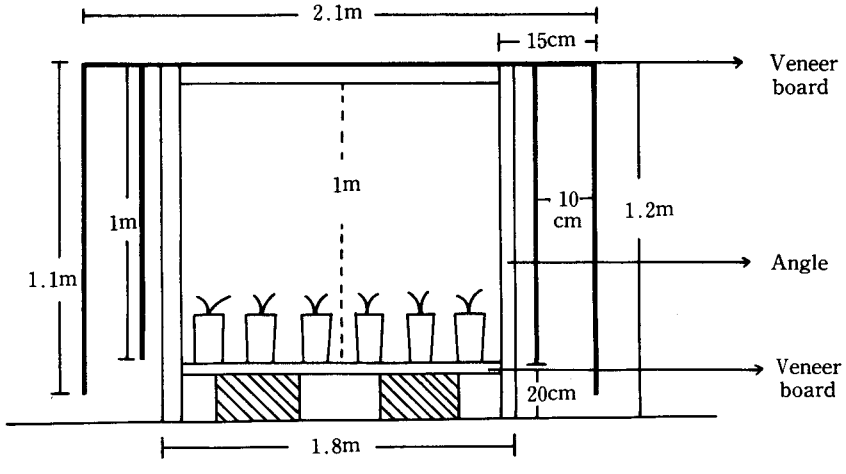

Fig. 1. A section of frame for photoperiod control.

리는 제외하였다.

7월 10일 任意抽出로 30개체를 1차 sampling을 실시하였고 각 sample은 葉數, 葉長, 엽면적을 측정하고 지하 부위 根系의 sample은 根圈土壤을 굴취하여 철망에 넣은 다음 流水로 흙을 제거하면서 細根까지 수집하였다. 그리고 지상부위와 지하부위를 분리하여 80℃ drying oven에서 恒量이 될 때까지 건조시킨 후 秤量하였다.

同日에 任意抽出에 의하여 각 시험구별로 pot 480개체를 배열하였다. Sampling은 1차 sampling 후 매 10일 간격으로 실시하였고 2차 sampling부터는 각 시험구 공히 집단의 edge effect를 고려하여 3열보다 외측의 개체들은 sampling에서 제외하였으며 굴취와 측정 및 건조는 1차 sampling과 同一한 방법으로 실시하였다.

엽면적은 drawing method와 切拔重量法으로 측정하였고 chlorophyll 측정은 Mackinney법으로 하였고 함량은 spectrophotometer(Hitachi Model 27)로 측정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{Chlorophyll a} = 0.0127\ E_{663} - 0.00259\ E_{645}$$
$$\text{Chlorophyll b} = 0.0029\ E_{645} - 0.00647\ E_{663}$$
$$\text{Chlorophyll a+b} = 0.00805\ E_{665} - 0.0203\ E_{645}$$

색소체들이 이룬 각 색소의 흡광 spectrum 조사는 8월 30일까지 생장된 試料를 acethone 유출법에 의하여 유출하였고 recording spectrophoto meter를 사용하여 측정하였다. 同一葉의 당분석은 Anthrone법에 의하여 全可溶性糖(total soluble sugar) 함량을 측정하였고 fructose, glucose, sucrose 함량조사는 HPLC(High performance liquid chromatography, water ; Model 201)로 분석하였다. 이때 HPLC의 조건은 다음과 같이 조절하였다.

Column : Waters μ Boudpark carbotlydrate column
Mobile phase : Ethyl Acetate−Isopropanol−Water(50 : 35 : 15, V/V)
Flow rate : 0.7ml/min
Detector : R.I. (Reflective index)

III. 結果 및 考察

1. 엽의 생장

1) 엽 수

각 시험구별 광과 일조시간을 조절한 상태에서 잔디의 생장경과에 따른 엽수의 변화는 Table 2와 및 Fig. 2와 같다.

엽수의 증가는 100% 全日光區(이하 Control구)와 20~33%(이하 30%구) 차광구에서 현저히 높게 나타났고 엽수의 차이도 이들 구에서 높은 경향을 보여 본 시험기간 동안 평균 3.4매의 극소한 차이를 나

Table 2. Number of leaves under various shade level in *Zoysia japonica*.

Date		Mean number of leaves			
		Cont.	30%	50%	70%
Jul.	10	3	3	3	3
	20	27.2	23.5	16.1	14.3
	30	65.7	50.1	31.2	24.8
Agu.	9	122.9	90.2	52.6	39.2
	19	175.4	133.1	81.2	58.2
	29	225.6	179	107.6	64.6
Sep.	8	270.2	217.2	124.9	70.5
	18	296.0	234.2	133.7	75.6
	28	311.0	243.3	137.6	78.4

Control : Full sun light

타내었다.

70~73%(이하 70%구) 차광구에서는 생장경과에 따른 엽수의 증가가 현저히 낮은 경향을 보이고 있어 Control구 및 30% 차광구에 비하여 시험기간중의 생장상태는 극히 저조했음을 알 수 있다.

엽수의 증가율은 각 시험구 공히 이식후 30일경까지는 높은 경향을 나타내었으나, 이후의 생장과정에서는 낮게 나타났으며, 증가율의 최고치는 7월 10일과 20일 사이의 Control구에서 발생된 엽으로 9.06배이며 최저치는 9월 18일에서 28일 사이의 70% 차광구에 나타난 1.03배의 증가율이다. 따라서 초기 생장 과정의 광환경이 잔디의 물질 생산에 중요하게 영향을 미치는 번수적 요인으로 작용하고 있다.

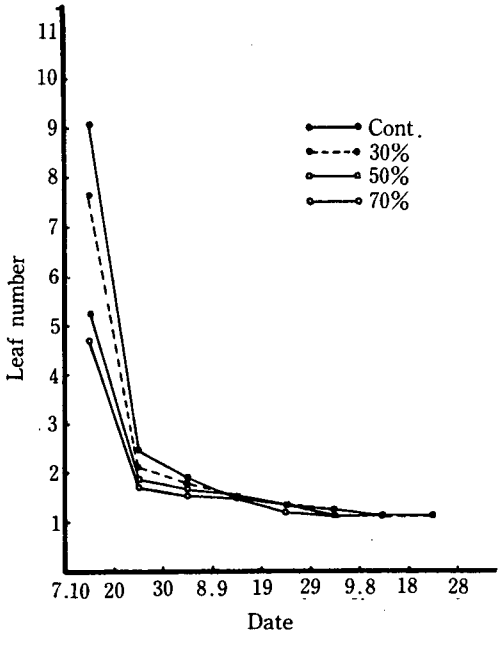

Fig. 2. The increasing rate of leaf number under various shade level in *Zoysia japonica*.

Auda(1966)[3] 등은 Orchardgrass의 차광시험에서 25%의 차광에서 전일광상태일 때 지하부위의 생장이 증가되었음을 보고하였고 Warren(1962)[26]은 현재의 잔디중 어느 것도 25% 이하의 광조건에서는 생장이 불가능함을 밝혔다. 또한 Burton(1959)[10] 등은 차광을 했을 때 지하부위의 생산량이 감소한다고 하였으며, Juska(1963)[15]는 차광조건하에서는 엽의 색이 연하여지고 밀집도가 강하여지며 지하부위 생장이 모두 감소한다고 하였다. 본 시험에서도 같은 경향을 나타내었으며 ANOVA 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 1% 수준에서 고도의 유의성을 보였다(Table 3).

2) 엽 장

Table 4 및 Fig. 3에서 보는 바와 같이 Control구와 차광구의 잔디 생장에 따른 전체엽장 증가율은 각 실험구 공히 엽수의 증가율과 같은 경향을 보였다.

각 차광구 공히 이식후 30일경까지의 전체엽장 증가율이 상당히 높은 경향을 나타내었고, 특히 Control구와 30% 차광율에서는 이식후 20일경까지의 생장과정에서 각각 6.0배, 5.2배의 증가율을 보였다.

Control구와 각 차광구는 특히 이식 20일 이후의 생장과정에서는 본 실험기간중 전체 엽장의 증가율이 서로 類似한 경향을 보이고 있어 생장초기의 일장은 엽장에 중요한 기능 요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

Mitchell(1955)[21]은 Perennial ryegrass 잔디에

Table 3. Analysis of variance for leaf number in each light treatment

	SL			
	DF	SS	MS	F
Model	3	691136.986	230378.995	40.96
Error	326	1833729.437	5624.936	

SL : P(F>F0.01)=0.0001
SL : Shade level

Table 4. Toral leaf length under various shade level in *Zoysia japonica*.

Date		Total leaf length (cm)			
		Cont.	30%	50%	70%
Jul.	10	22.80	22.80	22.80	22.80
	20	137.45	119.5	85.4	84.20
	30	362.50	299.5	216.8	215.85
Agu.	9	712.9	625.2	472.3	389.9
	19	1052.1	929.9	833.0	789.1
	29	1389.5	1391.5	1342.7	1097.1
Sep.	8	1714.7	1685.3	1608.0	1381.4
	18	1914.7	1882.2	1787.2	1640
	28	2045.2	2012.6	1885.4	1828.3

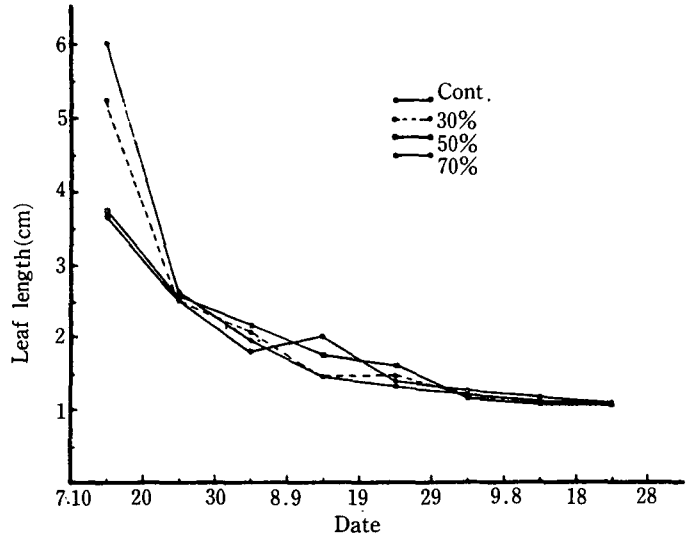

Fig. 3. The increasing rate of total leaf length under various shade level in *Zoysia japonica*

Table 5. Analysis of variance for leaf length in each light treatment

	SL			
	DF	SS	MS	F
Model	3	233687.578	77895.859	0.14
Frror	32	17828997.071	557156.158	

SL), P(F>F0.08=0.9354)
SL : Shade level

Table 6. Ducan's multiple range test for leaf number and leaf length under various shade level in *Zoysia japonica*

	Control	30%	50%	70%
Leaf number	166.43 A	146.32 A	85.61 B	53.20 C
Leaf length (cm)	1040.0 A	1110.3 A	1021.3 AB	928.1 AB

서 저광도는 초장이 길어지는 현상을 밝히면서 이는 세포의 신장증가로 나타나는 현상이며 전체엽장은 전일광에 비례해서 증가되었음을 보고하였고 Beard (1973)[8]는 Kentucky bluegrass에 전일광과 60% 차광을 했을 때 전일광구가 60% 차광구보다 2배 정도의 전체엽장 생장을 보고하였다.[1,6,24]

AVOVA 결과는 Table 5에서 보는 바와 같이 차광구에서는 유의성이 나타나지 않았다. 이는 차광율이 낮은 상태에서는 개인의 엽장은 짧으나 엽수는 증가되는 반면에 차광이 높을수록 개개의 잎은 도장되었고 엽수의 발생율은 저하하는 생장을 보여 전체엽장이 類似한 측정치를 나타낸 결과에서 유의성이 인정되지 않은 이유를 생각할 수 있다.

2. 엽면적과 엽면적 수(Leaf area index : LAI)

Control구 및 차광구의 생장경향과 따른 엽면적을 Table 18에 표시하였고 엽면적 지수는 Table 7과 Fig. 4에 종합하였다.

차광구 공히 이식후 10일 경부터 20일경까지 각각 엽면적의 증가율이 현저히 높게 나타났고 60일 이후의 생장과정에서 낮아지는 경향을 보였다.

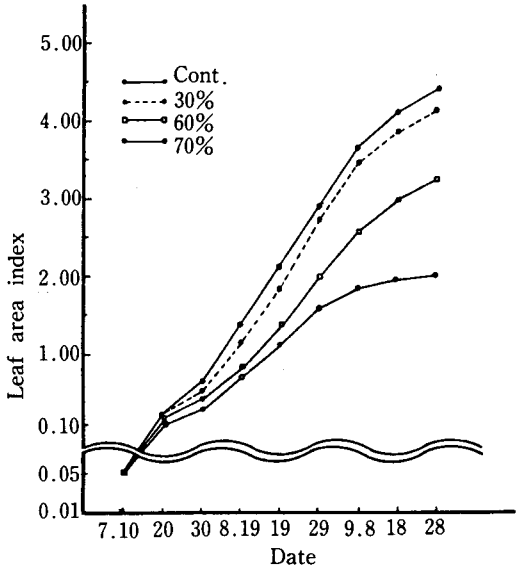

Fig. 4. The increase of leaf area index under various shade level in *Zoysia japonica*.

LAI도 같은 경향을 보이고 있으며 특히 생장초기에서는 동화물질을 생산하는 데 필요한 태양 energy를 흡수하기 위하여 광합성 기관의 면적과 그 비율을 증대시키는 생장이 활발하게 이루어졌음을 보여주고 있다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 본 실험 기간 중 차광구는 공히 Control구에 비하여 차광율이 높을수록 엽당 엽면적의 증가율은 생장경과에 따라 현저히 높게 나타났고 특히 이식후 60일경 이후부터 70%와 50% 차광구 사이에서 생장과정에 따라 현저한 차이를 보였다.

또한 Fig. 5에서 보는 바와 같이 초기생장 이후부터 被陰이 葉當 葉面積의 증가에 영향을 미치는 중요

Table 7. The leaf area index (LAI) under various shade level in *Zoysia japonica*.

Plot	Jul. 10	Jul. 20	Jul. 30	Aug. 9	Aug. 19	Aug. 29	Sep. 8	Sep. 18	Sep. 28
Cont.	0.05	0.24	0.62	1.37	2.10	2.91	3.67	4.14	4.43
30%	0.05	0.24	0.52	1.17	1.84	2.57	3.48	3.89	4.16
50%	0.05	0.20	0.45	0.84	1.14	2.05	2.60	3.02	3.29
70%	0.05	0.16	0.31	0.72	1.15	1.63	1.89	1.97	2.62

한 요인이 되고 있음을 알 수 있고 따라서 LAI증가는 엽당 엽면적보다 엽수에 좌우되고 있음을 알 수 있다. 본 시험기간 중에 있어서 차광구의 LAI 최대치는 Control구에서 이식후 90일경에 4.43m²/m²로 나타났다.

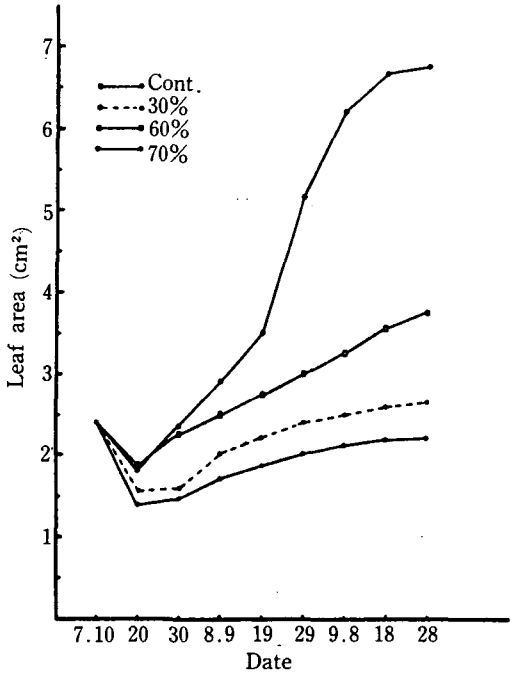

Fig. 5. The increase of leaf area per leaf under various shade level in *Zoysia japonica*.

Watson(1962)[25] 등은 식물의 물질생산을 좌우하는 요인은 식물 개개의 잎이 지니는 광합성의 대소보다 LAI를 중요시하였고 Donald(1961)[11]는 식물군락에 있어서 최대로 유기물이 집적되려면 최대의 엽면적이 중요 요인이 된다는 것을 주장하였다.

Misra(1981)[20] 등은 Indian grassland에 있어서 LAI와 엽록소의 계절적인 변화에 대한 연구에서 LAI는 생장초기부터 증대하여 9월에 현저히 증가하는 경향을 보고한 바 있고, Beard (1973)[5]는 Merion Kentucky bluegrass의 전일과 및 60% 차광시험에서 전일광이 전체엽길이 및 엽폭의 현저한 증가를 발표하여 엽면적의 증가를 밝힌 바 있으며 본 시험에서도 이와 같은 경향을 보였다.

Control구와 차광구의 ANOVA결과는 1% 수준

Table 10. Duncan's multiple range test for leaf area index(LAI) under various shade level in *Zoysia japonica*

Control	30%	50%	70%
2.170	1.991	1.546	1.167
A	AB	AB	ABC

Table 8. Analysis of variance for leaf area in each light treatment

	SL			
	DF	SS	MS	F
Model	3	622493.669	207497.890	4.07
Error	656	33481052.301	51038.189	

SL) Shade level
SL) $P(F>F0.01)=0.0071$

Table 9. Analysis of variance for leaf area index(LAI) under various shade level in *Zoysia japonica*.

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F value	Pr>F
Model	7	27.98640972	3.99805853	2.62	0.0191
Error	64	97.62397778	1.52537465		
Corrected Total	71	125.61038750			

에서 고도의 유의성을 나타냈다.

3. Rhizome

1) Rhizome 길이

각 시험구별 잔디 생장과정에 따른 rhizome의 길이를 Fig. 6에 나타내었다.

Rhizome의 길이는 Control구와 30% 차광구에서 50% 및 70% 차광구에 비하여 현저히 높게 나타

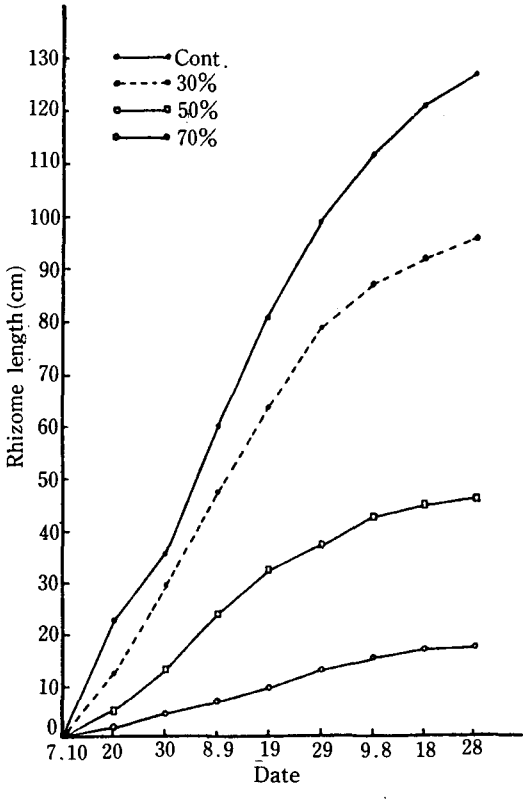

Fig. 6. The length of rhizome under various shade level in *Zoysia japonica*.

났고 매 측정시의 길이 차이도 이들 구에서 높은 경향을 보였다.

본 시험기간중 Control구와 30% 차광구와의 차이는 Control구에 비하여 50% 및 70% 차광구에서 생장경과에 따른 rhizome의 전체길이는 현저히 낮은 경향을 보이고 있어 Control구 및 30% 차광구에 비하여 극히 저조한 생장이 이루어졌음을 알 수 있고 특히 70% 차광구는 Control구에 비하여 7.35배의 낮은 길이 차이를 보였다.

Rhizome 길이의 증가상태는 Control구와 30% 차광구에서 60일 이후의 생장과정에서 현저한 차이를 나타내었고 50% 차광구 및 70% 차광구에서는 생장초기에서부터 Control구에 비하여 극히 저조한 rhizome 신장상태를 보여 주었다. 따라서 초기생장과정에서의 광환경이 잔디의 물질생산에 중요하게 영향을 미치는 요인이 되고 있으며 차광율이 높은 구에서는 rhizome 신장을 위한 동화물질의 전류도 극히 저조했음을 보여주고 있다. AVOVA 결과는 각 차광구에서 1% 수준으로 고도의 유의성을 보였다.

Gary (1967)[12]와 Langham (1941)[17]는 차광상태의 음지에서 자란 Meyer Zoysia grass과 Turfgrass의 rhizome와 stolon은 직립형으로 자라는 경향을 나타내며 rhizome 수와 분지수가 감소한다고 보고하였다.

본 시험에 있어서도 같은 경향을 나타내었음을 알 수 있다(Table 11).

3) Rhizome 마디수

Fig. 7에서 보는 바와 같이 70% 차광구를 제외한 각 구 공히 이식후 20일 경부터 마디수의 증가율이 현저히 높게 나타났고 이후의 생장과정에서는 비교적 낮아지는 경향을 보였으나 70% 차광구에서는 생장과정에 따른 마디수의 증가율이 본 실험기간 중을 통

Table 11. Analysis of variance for rhizome length in each light treatment

	SL			
	DF	SS	MS	F
Model	3	202467.292	67489.097	76.26
Error	326	288495.462	884.955	

SL) PP, SL
SL) Shade level

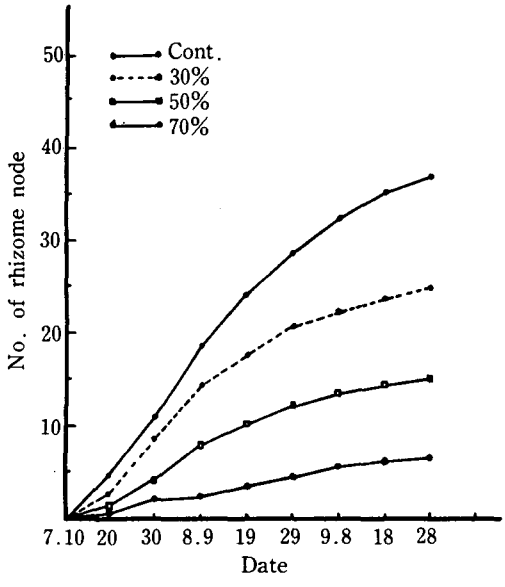

Fig. 7. The number of rhizome node under various shade level in *Zoysia japonica*

Table 12. Analysis of variance for number of rhizome node in each light treatment

	SL			
	DF	SS	MS	F
Model	3	14819.331	4939.777	65.17
Error	326	24711.775	75.803	

SL), PP), SL & PP) : P(>F0.01)=0.0001
SL : Shade level

하여 현저히 낮게 나타났다. 또한 이식초기부터 Control구와 각 차광구간에는 마디수의 차이가 나타났고 이식후 40일경 이후 생장이 경과됨에 따라 그 차이는 크게 나타났으며 특히 각 차광구와 Control구 간에는 그 차이가 더욱 현저한 결과를 보였다. 따라서 마디수 증가에도 차광이 크게 영향을 미침을 생각할 수 있다.

Rhizome 마디 발생의 ANOVA 결과는 Control구와 차광구에서 1% 수준으로 고도의 유의성을 나타냈다.

4. 엽록소(Chlorophyll) 함량

차광구 생장과정에 따른 엽록소 함량의 분석결과를 Table 13과 Fig. 8에 표시하였다.

각 차광구 공히 Control구에 비하여 이식후 18일과 36일 경과시의 분석결과는 현저히 낮은 치를 보였고 특히 18일 경과시의 70% 차광구는 Control구보다 2배의 차이를 보이고 있어 차광초기부터 엽록소 저하의 정도를 차광율이 많을수록 크게 나타났다. 엽록소의 함량이 이식후 36일까지 급격히 저하하는 것은 이식 기간까지는 자연상태에서 전일광으로 생장하다가 일시에 일조량을 저하시킴으로서 일어나는 반응의 결과로 사료된다.

이식후 36일이 경과했을 때의 엽록소 함량은 Control구가 현저히 높은 양을 나타내어 50% 및 70%차광구에 비하여 약 2.3배와 2.8배를 보이고 있어서 본 실험기간 중의 분석에서 가장 많은 차이를 나타내고 있다.

Control구의 엽록소 함량은 각 차광구에 비하여

Table 13. Effect of shade level on the ratio of chlorophyll a : b in the leaves of *Zoysis japonica*

Days after	Control		30%		50%		70%	
treatment	TC.	a : b	TC	a : b	TC	a : b	TC	a : b
0	2.23	2.23 : 1	2.23	2.31 : 1	2.23	2.31 : 1	2.23	2.31 : 1
18	2.10	1.94 : 1	1.84	1.8 : 1	1.81	1.7 : 1	1.07	1.7 : 1
36	1.73	1.90 : 1	1.03	1.8 : 1	0.76	1.8 : 1	0.63	1.7 : 1
54	1.58	1.92 : 1	0.92	1.8 : 1	0.78	1.7 : 1	0.65	1.7 : 1
72	1.43	1.95 : 1	0.91	1.8 : 1	0.73	1.8 : 1	0.58	1.7 : 1
90	1.31	1.93 : 1	0.01	1.7 : 1	0.81	1.8 : 1	0.67	1.7 : 1

TC : Total chlorophyll

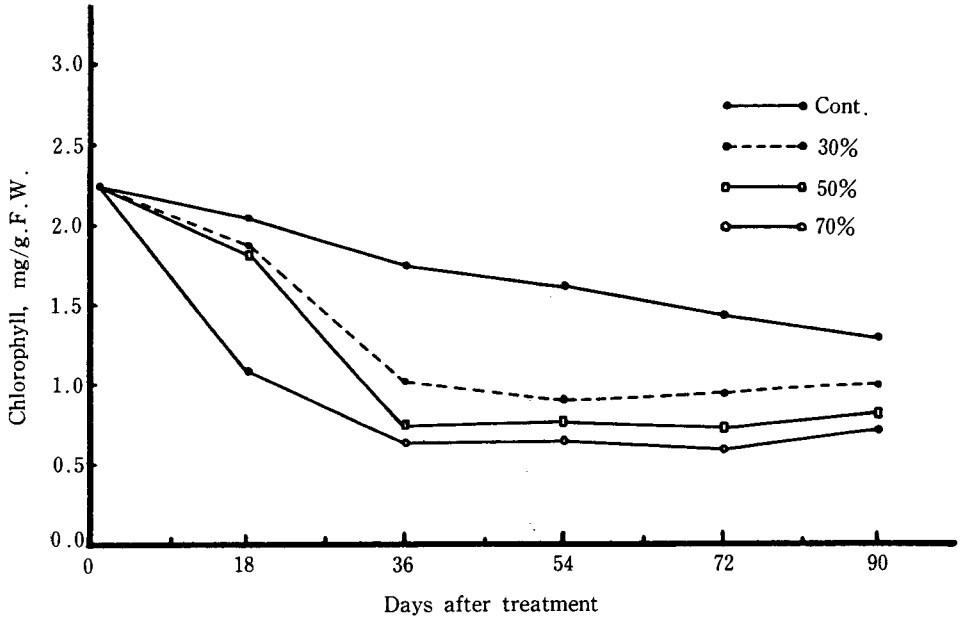

Fig. 8. Changes of chlorophyll content in the leaves of *Zoysia japonica* grown under various shade level.

실험기간 동안 계속하여 현저히 높은 함량을 유지하고 있으나 생장시기의 경과에 다라서 점점 저하하는 현상을 나타내었으며 이는 생장후기에 이를수록 엽록소 생성기작의 활동저하 현상으로 생각할 수 있다. 차광구는 이식후 54일에서 90일이 경과한 시기의 엽록소 함량변화는 근소한 차이였고 특히 이식후 90일 경과시 차이는 불과 0.34mg/g.FW으로서 최근 접근된 차이를 나타내었다. 이는 각 차광구의 잔디가 이미 적은 일조환경에 적응되어 건물 생산을 유지하는데 필요한 엽록소 합성능력이 증대되었음을 생각할 수 있다.

Table 24에서 보는 바와 같이 현존량은 각 차광구 공히 이식후 70일 경과시의 현존량보다 90일 경과시의 현존량이 높아지는 것을 보이고 있어 이 기간의 엽록소 함량이 변화도 같은 경향을 나타내었다.

Chlorophyll a와 b의 비율은 Control구에 비하여 차광구 공히 매 분석시마다 근소 차이를 보였으나 특히 70% 차광구에서는 Control구에 비하여 chorophyll b에 대한 a비율이 낮은 경향을 보였다. 본 실험기간중의 분석결과 최고치는 7월 10일의 Control구 2.23mg/m.FW이며 최저치는 72일경 70% 차광구에서 0.58mg/g.FW로 나타났다.

Fig. 16은 차광구에 따른 광합성 색소(photosynthetic pigments)의 함량을 recording spectrophotometer에 의해서 파장별 흡광도(spectrum)을 나타낸 것이다.

파장된 430nm와 660nm에서 최대흡광도(λ_{max})를 보여주는 peak가 있었고 410nm와 455nm에서도 뚜렷한 peak를 나타내었다.

차광구의 함량을 보면 각 구 공히 Control구에 비하여 차광율이 높을수록 광합성 색소의 함량이 현저히 적음을 보여주고 있다.

이는 Mackinney 법으로 chlorophyll을 측정한 Table 13과 일치하는 것이며 차광 조절은 식물체내의 광합성 색소의 함량을 감소시키고 이에 따라 탄수화물 및 유기화합물의 감소를 가져와 식물체내의 생장을 저하시키게 된다.

흡광 색소별 구분은 660nm는 chlorophyll a의 흡수파장이므로 이 peak는 chlorophyll a의 함량을 나타낸 것이고 430nm는 Chlorophyll의 a와 b

Table 14. Analysis of variance for chlorophyll content under various shade level in *Zoysis japonica*

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F Value	Pr>F
Model	3	4.03757917	1.34585972	7.32	0.00017
Error	20	3.67421667	0.18376083		
Corrected Total	23	7.71279583			

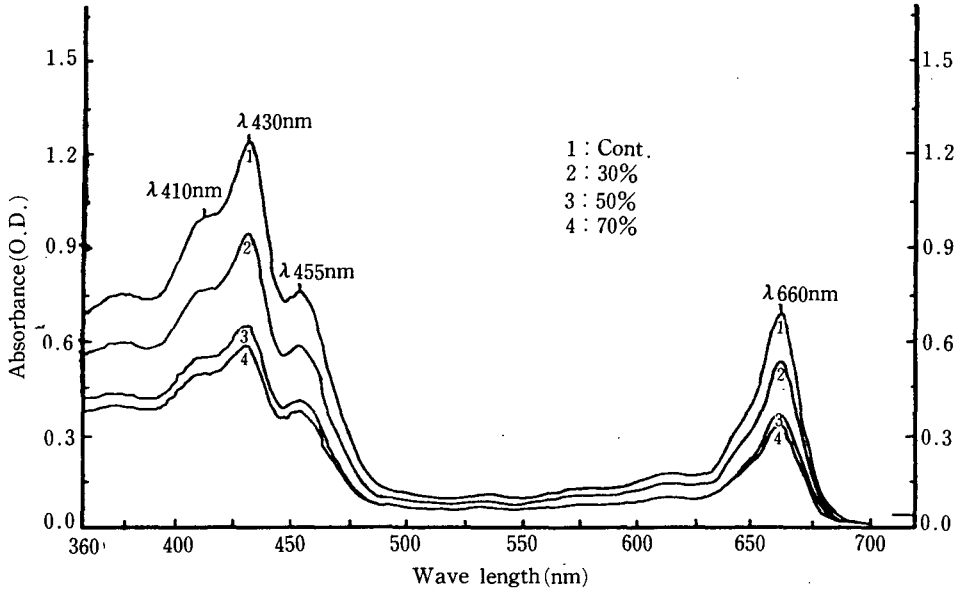

Fig. 9. Absorption spectra of photosynthetic pigments in the leaves of *Zoysia japonica* grown under various shade level.

의 함량이다. 그리고 410nm는 carotenoid의 흡수 파장이므로 여기에는 carotene, lutein, xanthophyll 등이 함유된 것으로 볼 수 있다.

Beard(1973)[5]는 Turfgrass에서 광차단은 엽록소의 소실로 인해서 엽과 줄기가 황백화하며 충분한 광을 다시 받을 때 회복이 된다고 하였으며 Berry (1975)[7]는 양치식물인 Atriplex patul에에서 고광도 및 저광도의 시험재배를 실시하여 고광도일 때 chlorophyll a, b의 함량이 현저히 증가되었음을 보고하였고 본 시험에서도 같은 경향을 나타내었다. 차광구의 total chlorophyll 함량에 대한 ANOVA 결과 각구 공히 1% 수준에서 고도의 유의성을 나타냈고 R^2은 0.523을 나타내었다.

5. 가용성 당함량

각 시험구별 잔디 생장과정에 따른 가용성 당함량의 분석결과 Table 15와 Fig. 10에 표시하였다.

본 실험기간중 Control구 및 차광구 공히 이식후 18일이 경과한 생장시기의 가용성 당함량이 낮게 나타났고 이식후 54일경의 함량은 현저히 높은 경향을 보였다.

이식후 18일 경에 Control구 및 각 차광구 공히 함량이 낮게 나타나는 것은 이식에 따른 근계의 손상에 대한 회복과 이식지 환경에 대한 적응과정에서의 물질대사 차이에 기인된 것으로 사료된다. 전분석기간을 통하여 Control구의 함량이 높은 치를 보였고 30%차광구는 Control구에 비하여 근소한 차로 낮아지는 반면 50% 및 70%의 차광구에서 매분석시

Table 15. The content of total soluble sugar under various shade level in *Zoysis japonica*.

Days after treatment	Cont.	30%	50%	70%
0	2.366	2.366	2.366	2.366
18	2.252	1.981	1.504	1.378
36	2.683	2.256	1.623	1.283
54	2.935	2.751	1.886	1.456
72	2.943	2.756	2.196	1.517
90	2.874	2.758	2.305	1.646

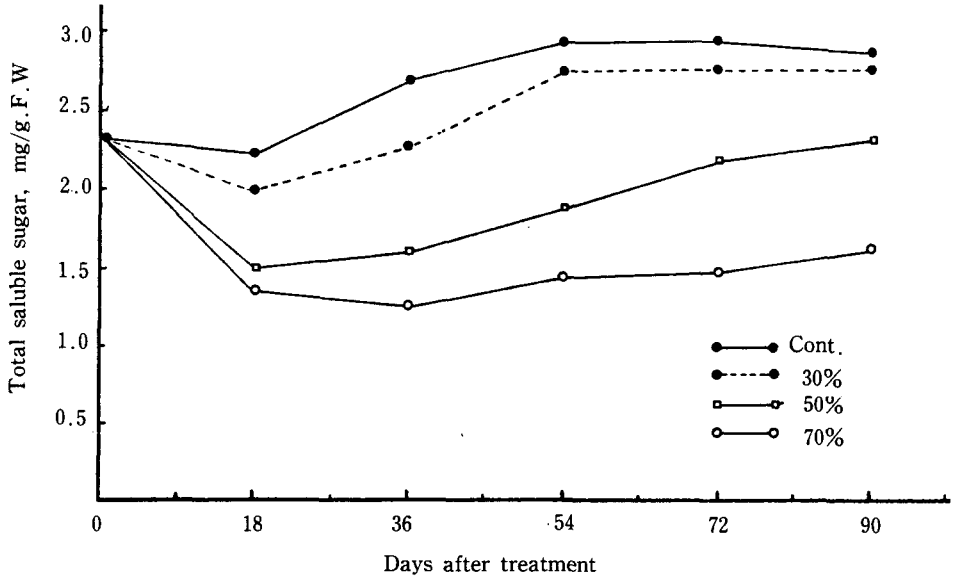

Fig. 10. Changes of total soluble sugar in the leaves of *Zoysia japonica* grown under various shade level.

마다 현저히 낮은 함량을 나타내고 있다. 따라서 잔디의 생장은 50% 이하의 광차단에서 가용성 당함량과 건물중의 생산이 현저히 낮게 나타나고 있어 물질생산성은 저하되었음을 생각할 수 있다.

최고치는 Control구에서 이식후 72일 경에 2.94 mg/g.FW를 나타내었고 최고치는 이식후 36일 경 1.28mg/g.FW로서 70% 차광구에서 나타났다.

이식후 90일경에는 Control구의 함량치는 이식후 72일경보다 근소한 낮은 치를 보였으나 각 차광구에서는 증가된 결과를 보이고 있어 이는 엽록소 함량 및 현존량의 변화와 같은 경향을 나타내었다.

Lukens(1967)[18]는 Kentucky bluegrass의 차광시험에서 차광의 정도는 당의 생산을 감소시킴으로서 병의 발생율이 높다고 하면서 25%의 차광에서 전일광으로 높일 때 탄수화물의 현저한 증가를 가져왔다고 보고하였으며, Auda(1966)[3]는 Orchardgrass 차광 시험에서 차광량이 증가할수록 탄수화물량이 저하함을 밝혔고 Langham(1941)[17]은 식물생장습성에 관한 광의 영향에서 음지에 자란 잔디는 분지가 감소하고 탄수화물량이 저하하므로 잔디밭 조성

Table 16. Analysis of variance for total soluble sugar under various shade level in *Zoysia japonica*.

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F value	Pr>F
Model	3	3.97984612	1.32661537	8.38	0.0008
Error	20	3.16564283	0.15828214		
Corrected Total	23	7.14548896			

Table 17. Effect of shade level on the content of glucose, fructose, and sucrose in the leaves of *Zoysia japonica*.

Plot	Fructose	Glucose	Sucrose	Total
		(%100 fresh weght)		
Control	0.343	0.258	0.495	1.096
30%	0.490	0.323	0.990	1.803
50%	0.549	0.323	0.919	1.791
70%	0.314	0.194	0.647	1.155

이 늦어진다고 하였다. 본 시험에서도 위와 같은 경향을 나타내었다.

Table 16에서 보는 바와 같이 가용성 전당함량에 대한 ANOVA 결과는 0.1% 수준에서 고도의 유의성을 보였고 R^2=0.557을 나타내었다.

한편 엽록소의 감소와 생장차이가 크게 나타난 이식후 36일이 경과한 차광구에 대한 잔디잎의 fructose, glucose 및 sucrose를 HPLC법에 의하여 측정한 결과는 Table 17과 같다.

차광구에서는 차광율이 높을수록 fructose, glucose 및 sucrose 함량이 낮게 나타났고 특히 70% 차광구에서 현저히 낮은 치를 보였다. 그러나 Control구에서 Total 당함량이 1.09%로 타구의 Total 당에 비해서 낮게 나타난 것은 차광후 36일이 경과한 상태에서 Control구는 계속하여 광합성 작용이 왕성한 상태로 유지되어 전일광 상태로서 신선한 엽내에 축적된 당의 함량이 낮았기 때문으로 생각되어진다.

Fig. 11에서 보는 바와 같이 이식후 36일이 경과한 차광구 조절의 잔디에 대한 HPLC법에 의한 당의 분석결과 fuctose, glucose 및 sucrose 이외에 retention time으로 12.40초 부근에서 다른 생산된 것이 있음을 나타내었고 4분 전후에도 peak가 나타났는데 이는 해당되는 당은 동정이 되지 못하여 앞으로 표준품에 의하여 당의 종류에 대한 정성이 요구된다.

잔디 잎에서는 여러 종류의 단당이 함유되어 있음을 알 수 있으며 광조건과는 어떤 관계가 있는지를 별도로 실험을 수행하여 밝혀져야 할 것이다.

6. 현존량(Standing crop)

Control구와 차광구의 생장경과에 따른 현존량을 Table 18에 종합하였다.

차광구에서는 각 구별 공히 이식후 20일경까지의 초기생장 과정에서 현존량의 증가율이 현저하게 높게 나타났고 생장이 경과됨에 따라 낮은 경향을 보였다.

각 구별 공히 이식후 60일 이후의 생장과정에서 현존량의 증율이 현저히 낮은 경향을 보였고 특히 70% 차광구에서는 낮은 현존량을 나타내었다.

각 plot 공히 엽수와 LAI가 높은 증가율을 보이는 생장시기에 현존량의 증가율도 높게 나타나고 있어 같은 경향을 나타냈다. Control구와 30%차광구는 생장경과에 다른 현존량이 類似한 경향을 나타내었으나 이식후 50일 경부터의 생장과정에서는 Control구가 70%의 차광구에 비하여 3~4매 정도 높은 현존량을 보이고 있다.

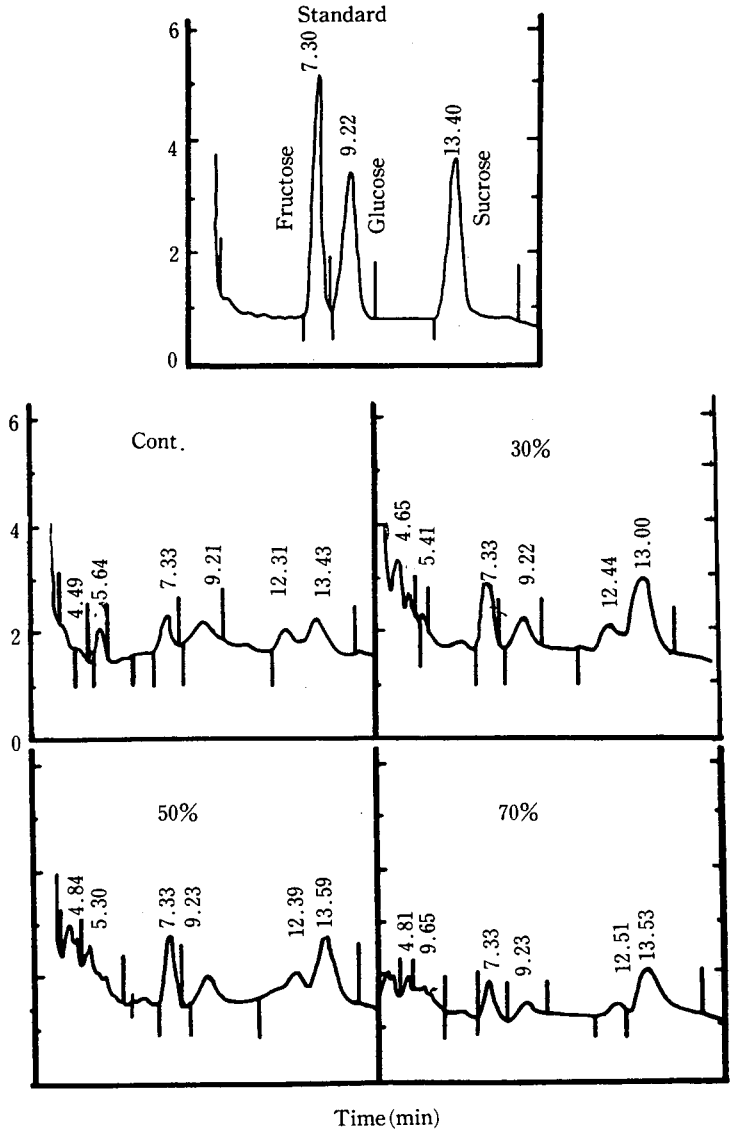

Fig. 11. HPLC analysis of reducing sugar in the leaves of *Zoysia japonica* grown under various shade level.

Fig. 12, 13에서 보는 바와 같인 전일광 상태인 Control구에서 본 실험기간 중 전생장 과정을 통하여 지하부위보다 지상부위의 乾物量 증가율이 높은 경향을 보였고 이식후 50일 경부터는 70%의 차광구에 비하여 3~4배의 현저히 높은 건물중을 나타내었다.

Control구, 30% 차광구의 지상부 건물중 증가율은 이식후 30일경부터 60일가지의 생장 과정에서 현저하게 높게 나타났으며 이후의 생장이 진행됨에 따라 비교적 완만하게 낮아지는 경향을 보였으나 50% 및 70% 차광구에서는 본 시험 기간중의 생장진행에 따른 건물량의 증가율이 극히 낮게 나타났다. 또한

Table 18. The standing crop under various shade levels in *Zoysia japonica*.

Sampling date	plot	No m^3	Dry weight. g/plant					Leaf area (cm^3)			
			Tot	UP*	Total	SD	SE	g/m^2	Mean	SD	SE
Jun. 30	Cont.	64	0.16	0.004	0.020	0.004	0.001	1.28	2.254	0.064	0.078
	30%	64	0.16	0.004	0.020	0.004	0.001	1.28	2.254	0.064	0.078
	50	64	0.16	0.004	0.020	0.004	0.001	1.28	2.254	0.064	0.078
	70	64	0.16	0.004	0.020	0.004	0.001	1.28	2.254	0.064	0.078
Jul. 10	Cont.	64	0.061	0.020	0.081	0.024	0.011	5.184	5.826	0.546	0.275
	30%	64	0.058	0.018	0.076	0.020	0.009	4.864	5.014	0.423	0.216
	50	64	0.051	0.017	0.068	0.019	0.006	4.352	4.126	0.375	0.183
	70	64	0.048	0.015	0.063	0.017	0.005	4.032	3.178	0.288	0.164
Jul. 20	Cont.	64	0.556	0.175	0.731	0.095	0.021	46.784	37.950	3.018	0.675
	30%	64	0.366	0.124	0.490	0.063	0.014	31.36	36.758	4.044	9.094
	50	64	0.226	0.106	0.332	0.054	0.012	21.248	31.123	2.213	0.495
	70	64	0.181	0.097	0.278	0.041	0.009	17.792	25.542	2.856	0.639
Jul. 30	Cont.	64	1.367	0.191	1.559	0.201	0.045	99.776	97.397	6.425	1.437
	30%	64	0.942	0.167	1.109	0.152	0.034	70.796	80.936	6.149	1.375
	50	64	0.583	0.122	0.705	0.061	0.014	45.12	70.094	4.613	1.031
	70	64	0.408	0.108	0.516	0.077	0.017	33.024	47.809	3.659	1.489
Aug. 9	Cont.	64	2.666	0.258	2.924	0.379	0.085	187.136	213.582	12.629	2.824
	30%	64	1.913	0.224	2.137	0.138	0.031	136.768	182.527	5.341	1.194
	50	64	1.148	0.187	1.335	0.144	0.025	85.44	130.980	4.030	0.901
	70	64	0.839	0.116	0.955	0.206	0.046	61.12	112.935	6.041	1.351

Sampling	plot	No	Dry weight. g/plant						Leaf area (cm^3)		
date		m^3	Tot	UP*	Total	SD	SE	g/m^2	Mean	SD	SE
Aug. 19	Cont.	64	3.865	0.340	4.205	0.440	0.098	269.12	327.652	30.334	6.783
	30%	64	2.874	0.307	3.181	0.167	0.037	203.584	287.880	22.470	5.024
	50	64	1.695	0.232	1.927	0.071	0.016	123.328	220.133	11.808	2.640
	70	64	1.283	0.144	1.427	0.140	0.031	91.328	179.687	8.967	2.005
Aug. 29	Cont.	64	5.336	0.451	5.787	0.540	0.121	370.368	454.317	26.363	5.895
	30%	64	3.875	0.387	4.262	0.353	0.079	272.768	429.881	18.980	4.244
	50	64	2.085	0.270	2.355	0.068	0.015	150.72	320.743	9.911	2.216
	70	64	1.565	0.180	1.745	0.083	0.019	111.68	254.687	28.164	6.298
Sep. 8	Cont.	64	6.587	0.552	7.139	0.366	0.082	456.896	573.798	21.014	4.699
	30%	64	4.588	0.472	5.059	0.353	0.079	323.776	543.529	14.722	3.292
	50	64	2.419	0.310	2.729	0.139	0.031	174.656	405.766	25.877	5.786
	70	64	1.850	0.220	2.070	0.061	0.041	132.48	295.312	25.672	5.740
Sep. 18	Cont.	64	7.507	0.631	8.138	0.370	0.083	520.832	646.191	22.953	5.132
	30%	64	5.301	0.541	5.842	0.275	0.062	373.888	607.520	13.636	3.049
	50	64	2.732	0.349	3.081	0.120	0.027	179.184	472.256	10.510	2.350
	70	64	2.018	0.263	2.281	0.130	0.029	145.984	307.812	14.476	3.237
Sep. 28	Cont.	64	7.906	0.693	8.599	0.341	0.076	550.336	691.462	24.524	5.484
	30%	64	5.817	0.589	6.406	0.719	0.161	409.984	649.956	16.740	3.745
	50	64	3.005	0.376	3.381	0.124	0.028	216.384	514.267	17.047	3.812
	70	64	2.205	0.293	2.498	0.184	0.041	159.872	315.625	15.403	3.444

UP : Underground part

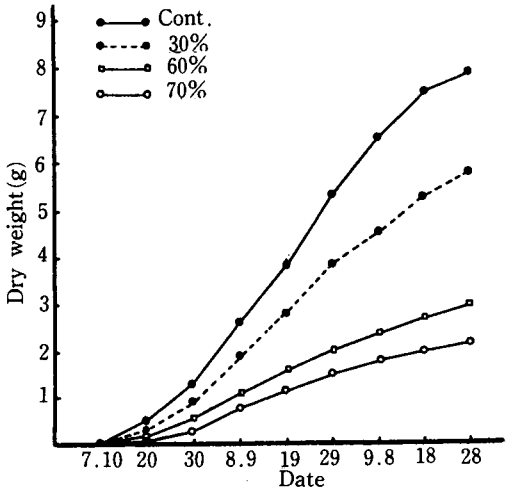

Fig. 12. The increase of dry weight of top part under various shade level in *Zoysia japonica*.

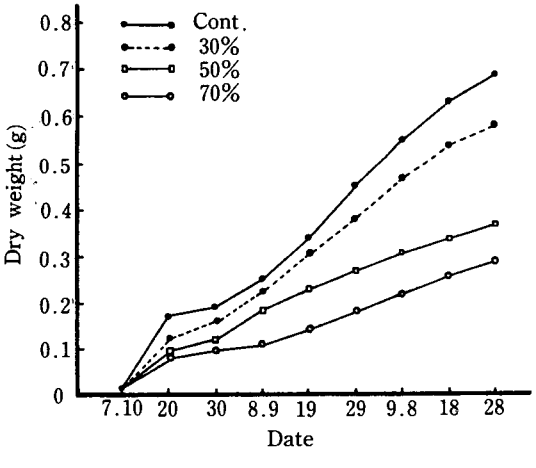

Fig. 13. The increase of dry weight of underground part under various shade level in *Zoysia japonica*.

50%, 70% 차광구에서는 Control 구에 비하여 이식 후 30일경 이후의 생장과정에서 생장이 진행됨에 따라 건물량의 차이가 현격히 크게 나타났다. 지하부의 건물량은 지상부에 비하여 생장이 진행됨에 따라 증가율이 완만했고 이식후 30일경 이후 생장과정에서 50%와 70% 차광구는 Control 구에 비하여 현저히 낮은 치를 보이고 있어 지상부와 같은 경향을 보였다.

Nakame와 Nakamura (1984)[23]는 Zoysis matrella를 장일조건하에서 15200 lux와 8400lux의 차광시험을 행하였을 때 15200lux가 근생장량이 현저히 증가되었음을 보고하였고 Juska (1963)[15]는 Bentgrass의 차광시험에서 음지에 자란 잔디는 섬세한 구조와 근량이 현저히 저하함을 밝혔으며 본 시험도 이와 같은 경향을 나타내었다.

Control 구와 차광구에서 1% 수준에서 고도의 유의성을 보였으며 엽면적과 지상부 중량, 엽면적과 전체 중량간의 상관은 각 구 공히 유의성 있는 정의 상관관계를 나타내었다.

Table 19. Analysisi of variance for total weight in each light treament

	SL		
DF	SS	MS	F
3	758.648	252.883	66.65
656	2489.084	3.794	

SL : Shade level

Table 20. Duncin's multiple range test for leaf area and total weight under various shade level in *Zoysis japonica*.

Control	30%	50%	70%
338.84	352.38	270.67	313.88
A	A	B	A
4.075	3.553	1.997	1.496
A	B	C	D

L : Leaf area W : Total weight

IV. 摘 要

잔디(*Zoysis japonica*)의 1차 생산성과 광조건과 상호작용을 평가하고 생리생태학적인 특성을 규명하기 위하여 차광을 조절한 상태에서 인공군락의 물질생장과 생산특징을 분석하였다. 그 결과의 요약을 다음과 같이 하였다.

Table 21. Correlation coeffficient for leaf area vs. top part weight, and leaf area vs. total weight under various shade level *Zoysis japonica*

	r			
	Control	30%	50%	70%
L : W_1	0.987**	0.982**	0.979**	0.968**
L : W_3	0.987**	0.985**	0.980**	0.971**

** : Significant at 1% level
L : Leaf area W_1 : Top part weight
W_3 : Total weight

1. Conrol구와 30% 차광구에서 생장경과에 따른 엽수와 전체엽장의 증가율이 이식후 초기생장 과정에서 현저히 높게 나타났고 생장이 진행됨에 따라 점차 낮아지는 경향을 나타냈다.
2. 각 시험구 공히 이식후 초기생장과정에서 엽면적비의 증가율이 현저히 높은 경향을 보이고 있어 광합성기관의 면적과 그 비율을 증대시키는 생장특성을 보였다. 특히 Control구와 30%차광구는 타구에 비하여 현저히 높은 엽면적치를 나타내었다.
3. Control구와 30% 차광구에서는 rhizome 길이 및 마디수가 현저히 높은 치를 보였고 생장경과에 따라 타구와는 현격한 차이를 나타내었다.
4. 엽록소 함량은 이식후 36일 이후의 생장경과에서 높은 치를 나타내었고 생장이 경과함에 따라 저하하는 경향을 보였으며 차광율이 높을수록 낮은 치를 나타내었다. Chlorophyll b에 대한 a의 비율은 차광율이 높을수록 낮게 나타났다.
5. 가용성 당함량은 Control구와 30% 차광구에서 이식후 초기 생장과정에서 낮았고 생장후기에는 높은 경향을 보였으나 70% 차광구에서는 전 생장과정에서 현저히 낮은 치를 나타냈다.
6. 각 구 공히 이식후 초기 생장과정에서 현존량의 증가율이 높게 나타났고, 경과시기에 따라서 차광율이 높을수록 현저히 낮은 현존량을 나타냈다.

V. REFERENCES

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. Alberda, T. 1965. The influence of temperature, light intensity, and nitrate concentration on dry matter production and chemical composition of *Lolium perenne* L. Netherlands J. Agricultural Science 13: 355-360.
3. Auda, H., R.E. Blaser, and R.H. Brown. 1966. Tillering and carbohydrates contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. Crop Science 6: 139-143.
4. Beard, J.B., 1965. Factors in the adaptation of turfgrass to shade. Agron. J. 57: 427-459.
5. Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and Culture. p. 181-208. Prentice Hall
6. Benedict, H.M. 1940. Effect of day length and temperature on the flowering and growth of four species of grass. J. Agricultural Research 61: 661-671.
7. Berry, J. A. 1975. Adaptation of photosynthetic progress to
8. Blackman, G.E., and W.G. Templeman. 1938. The interaction of light intensity and

nitrogen supply in the growth and metabolism of grass and clover (*Trifolium repens*). II. The influence of light intensity and nitrogen supply on the leaf production of frequently defoliated plants. Ann. Bot. N. S. 7 : 765-791.

9. Burton, G.W., and E.E. Deal. 1962. Shade studies on southern grasses. Golf Course Rep. 30 : 26-27.
10. 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.
11. Donald, C.M. 1961. Competition for light crops and pastures. Mechanism of biological competition Symp. Soc. Exp. Bot. 15 : 282-313.
12. Gary, J.E. 1967. The vegetative establishment of four major turfgrass and the response of stolonized Meyer zoysia grass (*Zoysia japonica* var. Meyer) to mowing height, nitrogen fertilization, and light intensity. M.S. Thesis. Mississippi.
13. 廣田秀憲, 塩澤克之, 1984. 遮光が芝草類の初期生育に及ぼす影響. 芝草研究. 13(1) : 23~28.
14. 本間啓, 賴哲三, 1968. 地被植物の耐・好陰性關すろ實驗的研究. 造園雜誌 13(3) : 2~9.
15. Juska, F.V. 1963. Shade tolerance of bentgrass. Golf Course Rep. 31 : 28-34.
16. Juska. F.V., A.A. Hanson, and A.W. Havin. 1969. Kentucky 31 tall fescue-a shade tolerant turfgrass. Weeds, Trees and Turf. 8 : 34-35.
17. Langham, D.G. 1941. The effect of light on growth habit of plants. American Journal of Botany. 28 : 951-956.
18. Ludens, Raymond J. 1967. Low-sugar disease melts out bluegrass. Frontiers of Plant Sci. 19 : 6-7.
19. McBee, G.G., and E.C. Holt. 1966. Shade tolerance studies on bermudagrass and turfgrasses. Agronomy Journal 58 : 523-525.
20. Misra, M.K., and B.N. Misra. 1981. Seasonal change in leaf area index and chlorophyll in an Indian grassland. J. of Ecology 69 : 797-805.
21. Mitchell, K.J. 1955. Growth of pasture species. II. Perennial reygrass (*Lolium perenne*), Cocksfoot (*Dactylis glomerata*) and plspalum (*Pasplum dilatatum*). New Zealand Journal of Science and Technology. Sec. A. 37(1) : 8-26.
22. 小尺知雄 : 芝の日射要求度に關すろ實驗的研究. (第1報) 其の1 : 光線の强弱が芝の生育に及法す影響, 其の2 : 光線の時間的制限が芝の生育に及ぼす影響, 造園雜誌 14(1) : 33-40.
23. Nakamae, H., and Nakamura. 1984. Effect of light intensity and nitrogen concentration on flowering of *Zoysia matrella* cv. Koraishiba under long day condition. Jap. Soc. turf. Sci. 13 : 19-22.
24. Pritchett. W.L., and L.B. Nelson. 1951. The effect of light intensity on the growth characteristics of alfalfa and bromegrass. Agron. J. 43 : 172-177.
25. Watson. D.J. and S.A.W. French. 1962. An attempt to increase yield by controlling leaf area index. Amer. Bot. N.S. 50 : 1-10.
26. Warren. B. 1962. Lawn establishment in shady area. In green grows your lawn. 4 th printing, Warrens Turf Nursery, Palos Park, Illinois. 10-11.
27. Wood, G.M. and A.J. Hurdzan. 1967. Evaluating turfgrasses for shade tolerance. Agronmy Abstracts p.55.