

夏季の遮光が牧草の生長ならびに乾物生産に及ぼす影響

森田 脩・後藤 正和・江原 宏
三重大学生物資源学部

Growth and Dry Matter Production of Pasture Plants Grown under Reduced Light Conditions of Summer Season

Osamu MORITA, Masakazu GOTO and Hiroshi EHARA
Faculty of Bioresources, Mie University

Abstract

To determine dry matter production in pasture plants under reduced light intensity, the seedlings of three warm-season grasses, five temperate grasses and two temperate legumes were grown in pots under full sunlight and 35 and 60% shade, respectively, for 20 to 24 days. Conditions of 35 and 60% shading were brought about covering the plants with two and six layers of white cheese cloth, respectively. Morphological features and dry matter production were determined three times at 10 or 14 day-intervals.

1. On reducing light intensity, plant height and leaf blade length significantly increased and the number of leaves and stems per plant remarkably decreased in most species. Total leaf area per pot increased under shaded conditions significantly in the grass species, but only slightly in the legumes. Root length was not affected by shading in most pasture plants.
2. Total weight of dry matter of temperate grasses was not affected by shading, while that of warm-season grasses and legumes decreased with severe light reduction. Leaf dry weight of most grass species did not differ significantly for all shading conditions, but that of legumes decreased greatly by shading. Root dry weight decreased significantly by shading in most species.
3. RGR (relative growth rate) for most species remained constant though LAR (leaf area ratio) increased and NAR (net assimilation rate) decreased with shading. Increase in LAR was due primarily to increase in LWR (leaf weight ratio) for warm-season grasses and to increase in SLA (specific leaf area) for temperate grasses and legumes, respectively.
4. Based on dry matter production data, warm-season grasses and legumes adapt to light reduced by 30% or less in the summer season, and temperate grasses adapt to light reduced by as much as 60%.

Key words: Dry matter production, Growth analysis, Shading, Temperate grass and legum,
Warm-seasrn grass.

緒 言

関東から中国・四国地方にかけての低標高草地の中には、寒地型牧草では夏の高温乾燥によって夏枯れを起こし、また暖地型牧草では放牧利用期間が年間5カ月前後と短く、ともに草地生産上問題点を抱えている事例が多い。このような地域においては、樹木を残して草地を不耕起造成し、樹冠の庇陰によって寒地型牧草の夏枯れを防いで生産量の低下を軽減する草地の造成・利用が行われることがある²²⁾。草地の不耕起造成法は、山成りの状態で、簡易に処理した播種床に表面播種するため、地形の変更が少なく、機械造成法に比べ土壌流亡など周辺環境への影響を最小限にとどめるのに有効な方法でもある。樹木が散在する草地に導入される草種は、樹冠による庇陰度に従って暖地型牧草と寒地型牧草を選択・採用することが好ましいと考えられる。三重県内の標高50~70mの里山において、立木密度の異なるマツ林を暖地型および寒地型牧草によって不耕起法で林内草地に造成し、放牧下における牧草の生産性を比較した実験の結果¹⁷⁾によると、寒地型牧草は立木密度の高いところでは夏季にも放牧利用が可能であり、暖地型牧草は立木が疎らな草地でのみ生育が旺盛となり、樹冠の庇陰の程度によって生態型の異なる草種を選択することの有効性が示唆された。林内草地では、相対照度60~80%が牧草生産には好適であるとの報告があるが^{7,18)}、同じ庇陰度でも地域や季節によって牧草の受光量が異なることから、地域ごとに遮光程度と草種別の生産性の関係を把握することが導入草種選定にあたって重要であると思われる。遮光と牧草の生育の関係に関するこれまでの研究においては、林内への牧草導入や暖地型および寒地型牧草の連続栽培の確立の見地から、生産性、形態、生理および飼料成分などについて多くの知見が得られ、草種の比較も行われている^{2,5,6,8,10,15,16,18,19,24,25)}。しかし、異なる光強度下で多くの草種を用い、さらに、暖地型、寒地型牧草を含めて、同一条件で生育を比較した研究は極めて少ない¹⁰⁾。

そこで、本研究では、東海地方の低標高地帯における林内草地への導入草種選定の基礎資料を得る目的で、わが国で広く用いられている寒地型および暖地型牧草から代表的な10種を選び、夏季の遮光下における生長過程を形態と乾物生産の面から検討した。

材料および方法

供試した牧草草種は、寒地型牧草としてイネ科のペレニアルライグラス (PRG)、トールフェスク (TF)、オーチャードグラス (OG)、ケンタッキーブルーグラス (KBG)、レッドトップ (RT) の5草種、マメ科のアカクローバ (RC)、シロクローバ (WC) の2草種、そして暖地型牧草としてダリスグラス (DG)、パヒアグラス (BG)、バーミューダグラス (BMG) の3草種、計10草種である。黄色土5kgと化成肥料 (N: P₂O₅: K₂O=10:10:10) 6gを攪拌して充填した1/5000aワグネルポットに1985年5月28日に播種した。22日後、イネ科牧草は本葉第3~4葉、クローバ類は第3葉がそれぞれ抽出中の個体を1ポットに4個体ずつ移植し、1草種5ポット供試した。そして、自然条件下で20~22日間栽培した後、暖地型牧草は7月9日から20日間、寒地型牧草は7月10または11日から24日間遮光条件下においた。遮光処理は、ポットの上方約85cmに白色寒冷紗2枚を重ねた区 (S I区)、6枚重ねた区 (S II区)、そして無遮光の対照区とした。各区とも地上40cmの高さの日射をデジタル日射計 (英弘精機(株)製) で連続測定した。各遮光区の相対日射量は第1表に示したように、S I区が約65%、S II区が約38%であった。

牧草の乾物重と形質の調査は、暖地型牧草は遮光開始の7月9日、19日、29日に、寒地型牧草は7月10日 (または11日)、24日 (または25日)、8月3日 (または4日) にそれぞれ行った。ポットから採取して根洗いをした後に、草丈、葉身長、葉幅については個体別の平均値を、また、莖数、葉数については全個体の総和を、それぞれポット当たりの値として示した。葉面積は、葉数の1/2~1/10の葉身を各個体ごとに無作為に抽出し、プラニメックス (ニレコ(株)製) で面積を測定し、その葉身乾物重と各ポットの全葉身乾物重からポット当たりの葉面積を算出した。

前述の諸形質を調査した後、葉身、莖 (イネ科は葉鞘を含む、マメ科は葉柄)、根の3器官に分け70°Cで24時間以上乾燥させたのち、乾物量を測定した。乾物重と葉面積の値を用いて生長解析を行った。

なお、各試験区の地上約60cmの高さにおける最高・最低温度、午前10時の気温と相対湿度は第1表に示す通りであった。遮光開始後の各区の最高気温は36~37°C、

Table 1 Materials used, light levels applied, and some meteorological data during treatments

Pasture plant		Relative intensity of light* (%)	Intercepted radiation** (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Air temperature*** (°C)			Relative humidity (%)**
				Max.	Min.	Mean	
Dallis grass (DG)	Cont.	100.0	21.2	36.3	23.8	34.4	68.5
Bahia grass (BG)	S-I	65.3	13.8	36.9	24.1	33.3	65.5
Bermuda grass (BMG)	S-II	37.8	8.0	35.9	24.0	34.5	66.5
Perennial ryegrass (PRG)	Cont.	100.0	22.8	36.1	24.6	35.4	66.3
Tall fescue (TF)	S-I	65.6	14.9	37.4	25.1	34.7	62.6
Redtop (RT)	S-II	37.0	8.4	36.2	24.9	35.4	65.1
Orchardgrass (OG)	Cont.	100.0	22.5	36.1	24.7	35.4	66.6
Kentucky bluegrass (KBG)	S-I	65.7	14.8	37.5	25.2	34.8	63.2
Red clover (RC)	S-II	36.6	8.3	36.1	25.1	35.4	65.9
White clover (WC)							

* : Relative intensity of light during the 2nd to 3rd sampling.

** : Daily means during the 2nd to 3rd sampling.

***: Maximum, minimum and mean air temperatures between the 2nd and 3rd sampling.

最低気温は24~25°Cであり、対照区がやや低い傾向は認められたが、その差は僅かであった。

実験結果

形態的諸形質の調査および乾物重の測定は、遮光開始時と暖地型牧草は処理後10日と20日目、寒地型牧草では14日と24日目にそれぞれ3回行った。2回目と3回目の調査結果は各牧草ともほぼ同じであったので、2回目の結果を中心に述べる。

I. 遮光が形態に及ぼす影響

遮光処理後、暖地型牧草は10日目、寒地型牧草は14日目における各形質の調査結果を第2表に示した。ポットへの移植直後は雨天が続き、ポット土壌の表面が終日灌水した日も見られた。

無遮光対照区における各牧草の生育状態を、まず草丈でみると、BMGがほふく茎の伸長も良好で約73cmと最も大きく、DGでは40cmであったが、寒地型牧草はイネ科では18~28cm、クローバは19~20cmであった。ポット当たり茎数は暖地型3草種はいずれも50本以上、PRG、RTは100本を越え、分けつは旺盛であったが、TFとOGは37本と25本でやや劣った。

遮光区の生育状態と比較すると、イネ科ではほふく型のBMGを除き、遮光程度が強くなるに従い草丈は長くなり、処理区間に有意差が認められた。葉身長は、イネ科では、DG、BMG、PRG、TFの4草種は遮光程度が強くなるとともに長くなり、OG、RT、KBG、BGの4草種では、S II区で他区より伸長が著しかった。クローバの葉身の形には影響が見られなかったが、WCの葉柄は有意に長くなった。葉幅は、BMG、PRG、RTの3草種では遮光によって有意に増大したが、他の草種では影響は認められなかった。葉身長/葉幅比についてみると、イネ科ではRTを除き遮光が強まるにつれて有意に大きくなった。RTも遮光程度が増すほど大きくなる傾向が認められた。マメ科では、遮光程度による差は見られなかった。

茎数についてみると、暖地型牧草のDGとBMG、寒地型牧草のPRG、RT、WCの5草種は遮光程度の最も強い区で有意に減少したが、他の草種は減少程度が小さかった。葉数は、暖地型のDG、BMG、寒地型のPRG、RC、WCの5草種では遮光によって有意に減少したが、暖地型のBGは殆ど影響を受けず、他のイネ科4草種でも減少傾向は認められたが、有意ではなかった。葉数/茎数比は遮光が強まるにつれて大きくなる傾向があったが、RTは処理区間全てに有意差がなく、その他の草

Table 2 Comparison of pasture plants for the changes of plant height, tiller number and leaf morphological characters as affected by the shading treatments

Character	Treat.	DG	BG	BMG	PRG	TF	OG	KBG	RT	RC	WC
Plant height (cm)	Cont.	40.2 ^c	27.6 ^c	72.6 ^a	19.1 ^c	25.5 ^c	20.3 ^b	18.3 ^c	28.0 ^c	18.6 ^a	19.6 ^c
	S-I	55.1 ^b	32.6 ^b	71.6 ^a	28.4 ^b	33.9 ^b	26.0 ^b	22.9 ^b	35.0 ^b	20.3 ^a	22.9 ^b
	S-II	67.8 ^a	36.4 ^a	73.9 ^a	39.6 ^a	46.6 ^a	37.8 ^a	30.0 ^a	43.2 ^a	21.9 ^a	25.4 ^a
Leaf blade length (cm)	Cont.	28.0 ^c	20.9 ^b	3.0 ^c	15.7 ^c	20.1 ^c	15.9 ^b	15.2 ^b	17.6 ^b	3.9 ^a	2.7 ^a
	S-I	37.3 ^b	25.0 ^a	5.4 ^b	23.1 ^b	26.8 ^b	20.5 ^b	19.1 ^b	19.1 ^b	3.9 ^a	3.0 ^a
	S-II	44.2 ^a	28.0 ^a	10.7 ^a	32.1 ^a	37.2 ^a	30.0 ^a	24.1 ^a	21.9 ^a	3.9 ^a	2.8 ^a
Leaf blade width (mm)	Cont.	10.9 ^a	6.0 ^a	3.2 ^b	4.5 ^b	7.4 ^a	6.1 ^a	4.2 ^a	6.0 ^b	2.5 ^a	2.2 ^a
	S-I	10.8 ^a	6.2 ^a	3.4 ^a	5.1 ^a	7.6 ^a	6.4 ^a	4.2 ^a	6.2 ^{ab}	2.4 ^a	2.4 ^a
	S-II	11.2 ^a	6.0 ^a	3.7 ^a	5.4 ^a	7.5 ^a	6.4 ^a	3.9 ^a	6.8 ^a	2.6 ^a	2.2 ^a
Length/ width of leaf blade	Cont.	26.1 ^c	34.8 ^c	9.4 ^c	35.0 ^c	27.2 ^c	26.0 ^b	36.5 ^c	29.3 ^a	1.6 ^a	1.3 ^a
	S-I	34.6 ^b	40.5 ^b	15.8 ^b	45.9 ^b	35.3 ^b	32.0 ^b	44.9 ^b	30.8 ^a	1.6 ^a	1.2 ^a
	S-II	39.7 ^a	46.9 ^a	29.0 ^a	59.6 ^a	49.9 ^a	46.6 ^a	61.9 ^a	32.3 ^a	1.5 ^a	1.3 ^a
Tiller number	Cont.	58.8 ^a	51.8 ^a	119.4 ^a	99.8 ^a	37.2 ^a	25.2 ^a	33.2 ^a	123.8 ^a	87.6 ^a	143.4 ^a
	S-I	45.2 ^b	48.4 ^a	106.4 ^a	86.6 ^a	31.2 ^a	23.0 ^a	32.6 ^a	95.6 ^{ab}	80.0 ^a	91.8 ^b
	S-II	40.8 ^b	40.8 ^a	74.2 ^b	67.4 ^b	29.2 ^a	26.2 ^a	24.2 ^a	82.2 ^b	75.0 ^a	104.0 ^b
Leaf number	Cont.	223.6 ^a	310.0 ^a	857.0 ^a	307.8 ^a	116.8 ^a	96.4 ^a	96.0 ^a	411.6 ^a	95.6 ^a	138.6 ^a
	S-I	191.8 ^b	322.2 ^a	695.2 ^b	295.2 ^a	108.0 ^a	94.4 ^a	92.4 ^a	403.6 ^a	82.8 ^b	90.6 ^b
	S-II	175.2 ^b	313.6 ^a	635.2 ^b	253.0 ^b	109.0 ^a	118.4 ^a	71.8 ^a	388.6 ^a	79.0 ^b	100.0 ^b
Leaf number / tiller number	Cont.	3.81 ^b	6.06 ^b	7.18 ^b	3.11 ^b	3.81 ^a	3.18 ^b	3.36 ^c	2.87 ^a	—	—
	S-I	4.27 ^a	6.70 ^b	6.64 ^b	3.42 ^{ab}	4.07 ^a	3.44 ^{ab}	4.20 ^b	2.87 ^a	—	—
	S-II	4.29 ^a	7.67 ^a	8.70 ^a	3.77 ^a	4.47 ^a	3.78 ^a	4.76 ^a	3.08 ^a	—	—
Leaf area (cm ²)	Cont.	1559 ^b	926 ^b	635 ^b	731 ^b	448 ^b	321 ^a	200 ^a	1272 ^c	1052 ^a	894 ^a
	S-I	1764 ^b	1111 ^a	616 ^b	1069 ^a	497 ^{ab}	432 ^a	234 ^a	1536 ^b	911 ^a	847 ^a
	S-II	2179 ^a	1145 ^a	1028 ^a	1295 ^a	722 ^a	644 ^a	230 ^a	1844 ^a	923 ^a	874 ^a
Root length (cm)	Cont.	45 ^a	41 ^a	48 ^a	31 ^b	39 ^a	28 ^a	38 ^a	47 ^a	39 ^a	31 ^b
	S-I	44 ^a	44 ^a	48 ^a	46 ^a	46 ^a	38 ^a	41 ^a	54 ^a	41 ^a	32 ^b
	S-II	42 ^a	48 ^a	38 ^b	51 ^a	48 ^a	36 ^a	34 ^a	51 ^a	42 ^a	40 ^a

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

Abbreviations of plant names are the same as those in Table 1.

種では、対照区と S I 区の間には有意な差はなく、S II 区でのみ有意に大となった。

根長は、遮光程度が強くなっても処理区間に差がない草種が多かったが、寒地型の PRG と WC は対照区が S II 区に比べ明らかに長く、暖地型の BMG は対照区よりも S II 区が明らかに短かった。

ポット当たりの葉面積は、暖地型牧草 3 草種と寒地型の PRG、TF、RT の 3 草種では遮光により明らかに増

大し、KBG、RC、WC では対照区と同程度であった。葉数は遮光によって減少していたので、この結果は葉身 1 枚当たりの面積の拡大によるものであった。

遮光処理開始後 10 日目または 14 日目の遮光区の葉身の長さと幅について、対照区に対するそれぞれの比率を求め第 1 図に示した。BMG と PRG は葉身長、葉幅の両者とも著しく拡大し、DG も上記 2 草種に比べると拡大の程度は小さかった。OG と TF は主に葉身長が拡大し、

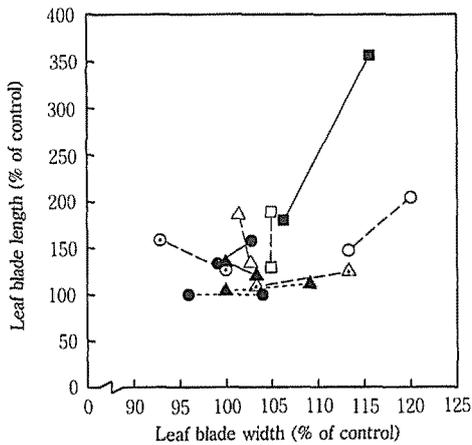


Fig. 1. Effect of shading on the relation between the width and length of leaf blades.

Leaf blade width in S-I and S-II was plotted against leaf blade length in S-I and S-II.

Both values are expressed in percent of control at the 2nd sampling.

●—, dallis grass; ▲—, bahia grass; ■—, barmuda grass; ○- -, perennial ryegrass; △- -, tall fescue; □- -, orchardgrass; ⊙- -, Kentucky bluegrass; ▲- -, redtop; ●- -, red clover; ▲- -, white clover.

WC, RT は葉幅が拡大した。そして、BG と KBG では、葉身長は増大したが、葉幅は減少した。

II. 遮光が乾物生産に及ぼす影響

遮光処理開始後10または14日目の各牧草の乾物重とその分配比を第3表に示した。対照区の全乾物重は、DG の17.5 g が最大で、KBG の1.8 g が最少であった。暖地型牧草では対照区と S I 区との間に差は認められなかったが、S II 区では明らかに減少した。これに対して、寒地型牧草ではクローバと RT は遮光により有意に減少したが、他の草種では減少しなかった。

乾物重を器官別にみると、葉重が全乾物重と同様に遮光により有意に減少したのはクローバの2草種のみで、BMG は S II 区で明らかに増大し、他の暖地型および寒地型牧草も遮光度の増大に伴って増加する傾向が認められた。莖重は、BG, BMG の暖地型牧草とクローバでは遮光によって有意に減少し、他の寒地型牧草でも僅かに減少する傾向が認められた。一方、根重は、TF, OG, KBG 以外の草種で遮光により有意に減少した。

遮光区では、根重の減少と主として葉重の増加によって、地上部重/地下部重比 (T/R 比) が大きくなった。OG と KBG は処理区間で差はなかったが、他の牧草では対照区と遮光度の強い S II 区との間で有意差が認められた。葉重が減少したクローバも根重の減少がより大きかったため、T/R 比は大となった。

非同化部重/同化部重比 (C/F 比) は、DG, BG, RT の3草種では、遮光程度が強まるほど、また、BMG など5草種では S II 区が対照区に比べて、それぞれ有意に小さくなった。しかし、KBG と WC は遮光によって C/F 比が低下する傾向は認められたものの、有意差はなかった。

次に、暖地型牧草では、処理開始後10日目と20日目、寒地型牧草は12日目と24日目の乾物量に基づいて行った生長解析の結果を第4表に示した。まず、対照区における相対生長率 (RGR, $g\ g^{-1}\ d^{-1}$) についてみると、暖地型牧草は0.07~0.12、寒地型牧草は0.04~0.08と、暖地型牧草がやや大きかった。さらに、純同化率 (NAR, $mg\ cm^{-2}\ d^{-1}$) は暖地型牧草の0.96~2.34に対し、寒地型牧草は0.47~0.94と、RGR と同様暖地型牧草が大であった。これに対して、葉面積比 (LAR, $cm^2\ g^{-1}$) は暖地型牧草、43~72に対し、寒地型牧草では80~119と寒地型牧草の方が大きかった。葉重比 (LWR, $g\ g^{-1}$) も暖地型牧草が0.10~0.22、寒地型牧草が0.27~0.43とやはり寒地型牧草の方が大きかった。そして、比葉面積 (SLA, $cm^2\ g^{-1}$) は暖地型牧草の331~433に対し、寒地型牧草は WC を除けば、205~290と、寒地型牧草の方が小さい傾向が認められた。これら生長解析の諸要素の遮光に伴う変化についてみると、RGR は、暖地型ではほとんど変化がなく、寒地型では遮光度が強くなると、KBG での減少を除くと他の草種は同程度かむしろ増加した。また、NAR は遮光によって減少したが、寒地型牧草の方が暖地型牧草より低下の程度は小さかった。LWR は暖地型牧草では遮光により増加したが、寒地型牧草ではその程度が小さく、増加しない草種も見られた。LAR は遮光度の増大に伴いいずれの草種も著しく増加し、SLA も強い遮光区ほど大きくなった。

ここで、遮光による RGR の変化が NAR と LAR のいずれの要素によるものかについて第2図を作成して検討した。暖地型牧草の NAR は、対照区では大きく、遮光によって急激に低下したが、BMG と BG で特に明白

Table 3 Changes in dry weight of plant parts of pasture plants, and their top/ root (T/R) ratio and non-photosynthetic system/photosynthetic system (C/F) ratio as affected by the shading treatments

Plant part	Treat.	DG	BG	BMG	PRG	TF	OG	KBG	RT	RC	WC
Whole plant weight (g)	Cont.	17.53 ^a	8.75 ^a	9.72 ^a	6.01 ^a	4.71 ^a	2.41 ^a	1.83 ^a	13.35 ^a	8.55 ^a	7.50 ^a
	S-I	15.90 ^{ab}	8.55 ^a	8.82 ^a	7.10 ^a	4.26 ^a	2.49 ^a	1.78 ^a	11.66 ^{ab}	6.72 ^b	6.11 ^b
	S-II	13.92 ^b	6.72 ^b	6.52 ^b	6.30 ^a	4.36 ^a	3.29 ^a	1.37 ^a	10.16 ^b	5.20 ^c	5.35 ^b
Leaf blade weight (g)	Cont.	4.92 ^a	2.60 ^a	1.36 ^b	2.63 ^a	1.89 ^a	1.02 ^a	0.85 ^a	4.24 ^a	3.27 ^a	2.21 ^a
	S-I	5.02 ^a	2.97 ^a	1.28 ^b	3.05 ^a	1.78 ^a	1.14 ^a	0.86 ^a	4.30 ^a	2.49 ^a	1.88 ^b
	S-II	5.21 ^a	2.58 ^a	1.86 ^a	3.23 ^a	2.16 ^a	1.56 ^a	0.71 ^a	4.21 ^a	2.17 ^b	1.72 ^b
Stem weight* (g)	Cont.	6.69 ^a	3.94 ^a	6.95 ^a	2.09 ^a	1.65 ^a	1.01 ^a	0.46 ^a	4.91 ^a	2.61 ^a	3.40 ^a
	S-I	6.03 ^a	3.66 ^a	6.24 ^a	2.04 ^a	1.45 ^a	0.97 ^a	0.48 ^a	4.23 ^a	2.36 ^a	2.94 ^{ab}
	S-II	5.72 ^a	2.79 ^b	3.99 ^b	1.68 ^a	1.40 ^a	1.27 ^a	0.35 ^a	3.98 ^a	1.84 ^b	2.75 ^b
Root weight (g)	Cont.	5.92 ^a	2.21 ^a	1.42 ^a	1.29 ^b	1.17 ^a	0.38 ^a	0.52 ^a	4.20 ^a	2.67 ^a	1.89 ^a
	S-I	4.94 ^b	1.92 ^a	1.30 ^a	2.01 ^a	1.03 ^a	0.38 ^a	0.44 ^a	3.13 ^b	1.87 ^b	1.29 ^b
	S-II	2.99 ^c	1.35 ^b	0.67 ^b	1.39 ^b	0.80 ^a	0.46 ^a	0.31 ^a	1.97 ^c	1.19 ^c	0.85 ^c
T/R ratio	Cont.	1.92 ^b	3.00 ^b	5.93 ^b	3.72 ^a	3.41 ^b	5.98 ^a	2.50 ^a	2.17 ^b	2.24 ^b	2.76 ^b
	S-I	2.26 ^b	3.48 ^{ab}	5.68 ^b	2.62 ^b	3.22 ^b	5.62 ^a	3.36 ^a	2.73 ^b	2.83 ^{ab}	3.09 ^b
	S-II	3.69 ^a	4.12 ^a	8.95 ^a	3.61 ^a	4.49 ^a	6.60 ^a	3.33 ^a	4.45 ^a	3.45 ^a	4.38 ^a
C/F ratio	Cont.	2.56 ^a	2.37 ^a	5.98 ^a	1.30 ^a	1.48 ^a	1.39 ^a	1.19 ^a	2.17 ^a	1.61 ^a	2.38 ^a
	S-I	2.18 ^b	1.89 ^b	5.85 ^a	1.34 ^a	1.41 ^a	1.21 ^b	1.11 ^a	1.72 ^b	1.69 ^a	2.25 ^a
	S-II	1.67 ^c	1.60 ^c	2.51 ^b	0.95 ^b	1.03 ^b	1.10 ^b	0.98 ^a	1.41 ^c	1.39 ^b	2.11 ^a

*: Leaf sheathes for grasses and petioles for legumes were included.

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

Abbreviations of plant names are the same as those in Table 1.

にみられたように、LARが増大したため、RGRは対照区と同程度に維持された。これに対し、寒地型イネ科牧草は、対照区のNARは小さいが、遮光による低下程度が小さく、そのうえLARは遮光により増大したので、遮光区のRGRは対照区と同程度か若干大となった。上記の特徴はPRGとRCで明瞭であった。

LARは、全ての牧草で遮光によって増大した。そこで、その構成要素であるLWRとSLAの関係を第3図によって検討した。その結果、暖地型牧草は、SLAよりLWRの増大が、寒地型牧草は対象的にLWRよりSLAの増大が、それぞれLAR増大の主な要因であることが明らかになった。

遮光によるSLAの増大がNARに及ぼす影響を知るため、両者の関係を第4図に示した。暖地型は、SLAが殆ど増大しないのに、NARは著しく低下した。一方、寒地型牧草は、PRG、TF、RCのように、SLAが増加

してもNARは殆ど変化しない草種と、KBG、RTのように、SLAの増大につれてNARが低下する草種と、2通りの反応がみられた。

考 察

7月の自然光の約35%遮光条件下におけるイネ科牧草の生長は、暖地型・寒地型ともに、草丈と葉身長は増大し、葉数は減少するという特徴を示した。全乾物重は対照区とほとんど変わらず、寒地型牧草のなかには対照区よりもむしろ大きい草種もみられた。およそ35%の遮光下では暖地型牧草の乾物重は無遮光より大きく、寒地型牧草にとっても最低気温約24℃は適温を越える条件であったが乾物生産は促進されることが明らかになった。しかし、クローバの全乾物重は減少がみられ、もう少し強い光条件が望ましいと考えられた。

Table 4 Response of RGR, LAR, NAR, LWR and SLA to the shading treatments in pasture plants

Growth parameter	Treat.	DG	BG	BMG	PRG	TF	OG	KBG	RT	RC	WC
RGR ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$)	Cont.	0.069	0.123	0.096	0.050	0.051	0.084	0.082	0.058	0.042	0.056
	S-I	0.089	0.125	0.090	0.059	0.068	0.096	0.082	0.069	0.070	0.070
	S-II	0.084	0.115	0.096	0.066	0.071	0.099	0.066	0.072	0.082	0.050
NAR ($mg\ cm^{-2}\ d^{-1}$)	Cont.	0.962	1.529	2.337	0.466	0.592	0.709	0.939	0.724	0.551	0.573
	S-I	1.079	1.296	1.648	0.455	0.661	0.693	0.836	0.606	0.545	0.634
	S-II	0.756	0.875	0.909	0.387	0.506	0.588	0.483	0.488	0.529	0.363
LAR ($cm^2\ g^{-1}$)	Cont.	72.1	81.0	42.8	106.3	85.5	118.5	87.1	80.3	101.0	98.2
	S-I	82.5	97.3	54.9	130.6	102.5	139.7	105.0	113.1	118.7	111.5
	S-II	111.4	133.4	105.8	171.9	139.6	171.7	136.4	147.5	148.5	139.1
LWR ($g\ g^{-1}$)	Cont.	0.220	0.245	0.099	0.410	0.387	0.409	0.425	0.288	0.359	0.269
	S-I	0.272	0.309	0.120	0.374	0.392	0.408	0.430	0.333	0.370	0.246
	S-II	0.333	0.372	0.206	0.466	0.447	0.459	0.452	0.349	0.366	0.270
SLA ($cm^2\ g^{-1}$)	Cont.	332.5	330.7	432.5	259.2	221.1	289.9	204.9	278.6	281.8	366.6
	S-I	302.9	315.3	455.7	355.2	261.6	345.9	245.9	341.1	314.2	464.2
	S-II	336.2	360.4	514.3	368.7	312.6	369.9	301.9	422.8	399.5	526.1

Abbreviations of plant names are the same as those Table 1.

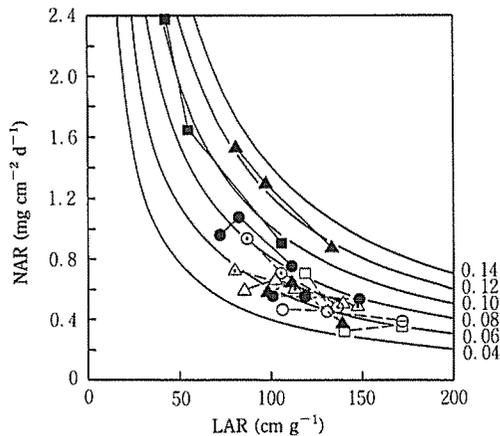


Fig. 2. Relationship between LAR and NAR, both of which are the composition of RGR.

Curved lines indicate RGR ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$).
Symbols are the same as those in Fig. 1.

一方、60%程度の遮光は、暖地型牧草にとっては明らかに強すぎ、日射量不足による乾物生産の低下をまねいていた。一方、寒地型牧草でもイネ科牧草のRTは日射量不足の影響を受けたが、他の草種では、この程度に遮光が強くなっても乾物生産が維持されることが判明した。

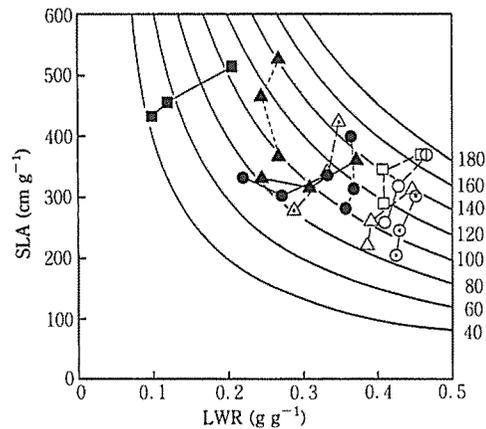


Fig. 3. Relationship between LWR and SLA, both of which are the composition of LAR.

Curved lines indicate LAR ($cm^2\ g^{-1}$).
Symbols are the same as those in Fig. 1.

しかし、寒地型牧草でも同化産物の地上部、特に葉身部への分配が促進され、その結果、地上部への乾物分配率が大きくなったが、刈り取り後の再生長に果たす根の役割の重要性を考慮すると、遮光程度はもう少し低い方が安全であると考えられる。

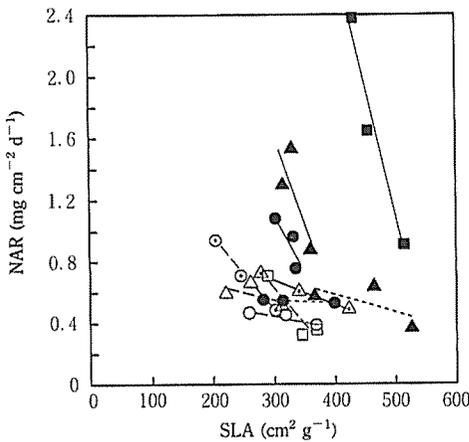


Fig. 4. Relationship between SLA and NAR.
Symbols are the same as those in Fig. 1.

次に、遮光が乾物生産にどのような影響をおよぼしているか生長解析法によって検討した結果について考察する。まず、遮光によるNARの低下程度は草種によって異なり、暖地型牧草の方が大きな影響を受けた点についてであるが、本実験の遮光期間中の1日当たり日射量は60%遮光区が約8 MJであり、対照区の曇天日の日射量に相当するものであった。NARは日射量と温度の影響を強く受けるとされており²³⁾、気温は遮光によって低下しなかったことから、NARは暖地型牧草が寒地型牧草に比べて受光量減少の影響を受ける度合いが大きいことによっていると考えられる。しかし、いずれの生態型の牧草においても、RGRはLARが大きくなるため遮光の影響をほとんど受けなかった。遮光によるLARの増大は牧草の種類によって異なり、暖地型牧草は葉への乾物分配率を高めることにより、また、寒地型牧草では葉を薄くすることによって、それぞれ遮光下での葉面積の拡大を図っていることが明らかになった。LARは、施肥によっても変動するので²¹⁾、暖地型牧草と寒地型牧草の間で葉面積を増大させる仕組みが異なることは、それぞれの適応特性を考慮した肥培管理法を案出する必要があることを示唆している。

LARは、一般にNARと負の関係にあるとされており、したがってLARの増大は必ずしも乾物生産の増加につながるとは限らない。しかし、イネ幼植物ではLWRとLARが大であってもSLAが小さいとNARは高く維持

されるとの指摘がある³⁾。そこで、牧草についてSLAとLARとの関係を調べた結果、遮光下では暖地型牧草はSLAの僅かな増加でNARが激減し、寒地型牧草はSLAが増加してもNARの低下は僅かであった。このことは暖地型牧草と寒地型牧草ではNARへのSLAの係わりかたが異なることを示している。

遮光によるSLAの増大と葉身の伸長促進は、これまで多くの研究^{5,6,9,10,16)}によって認められていることで一般的な現象であるといえる。また、葉身が薄くなる点については、葉肉細胞や柵状組織の細胞の数や体積が減少し、葉緑体、気孔密度、維管束数など光合成速度や同化産物の転流に関与する形態や機能にも差異を生じることが知られていること^{1,2,4,12,13,14,24)}から、したがって供試牧草についても遮光に伴う葉身の内部形態の変化を調査し、SLAやNARとの関係を明確にする必要がある。

以上のように、暖地型牧草と寒地型牧草では、遮光下での乾物生産に関与する諸要素の変化に差異がみられることは、草種の選定や栽培管理において、それぞれの特性を考慮する必要があることを示唆している。夏季が高温で強い日射量の得られる気象条件の地域では、樹木などによる庇陰程度が30%程度までの弱い林内草地では暖地型牧草がクローバ主体とし、それより庇陰度が大きい草地では寒地型イネ科牧草主体とすることが生産性を高める点で好ましいと考えられる。今後、春季および秋季における遮光下での牧草の乾物生産についても検討を進める予定である。

要 約

夏季に、多年性牧草10種（寒地型イネ科牧草5種、寒地型マメ科牧草2種、暖地型牧草3種）を無遮光と白色寒冷紗によって相対日射量約60%と35%の遮光条件下でポット栽培した。牧草の形質と乾物重について10~14日間隔で調査して、乾物生産におよぼす遮光の影響について検討した。

1) イネ科の牧草は、遮光によって草丈、葉身長が伸び、葉数、茎数が減少した。ポット当たりの葉面積はイネ科草種では増加したが、マメ科牧草では変わらなかった。大部分の草種の根長は遮光程度が変わっても変化がみられなかった。

- 2) 全乾物重は、寒地型イネ科牧草では、処理区間差は見られなかったが、暖地型牧草とマメ科牧草は、強遮光区で有意に減少した。葉重は、イネ科牧草では遮光によって変わらなかったが、マメ科牧草では減少した。また、根重はほとんどの草種で減少した。
- 3) ほとんどの草種の RGR は、遮光条件下においても無遮光と同程度に維持され。これは、各牧草とも LAR を増大させて対応していた。この LAR の増加は、暖地型牧草では LWR を増加させることによってもたらされたのに対し、寒地型牧草では SLA を増加させることによってもたらされた。
- 4) 乾物生産量から判断して、夏季には暖地型と寒地型マメ科牧草は30%程度までの遮光下で、また、寒地型イネ科牧草は60%以内の遮光条件にそれぞれ適応できると考えられる。

キーワード：寒地型牧草，乾物生産，遮光，生長解析，暖地型牧草。

引用文献

- 1) 長南信雄. 禾穀類の葉における同化組織に関する研究. 第4報 遮光処理による水稻の葉肉構造の変化. 日作紀, 36: 297-301 (1967).
- 2) COOPER, C. S. and M. QUALLS. Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. *Crop Sci.*, 7: 672-673 (1967).
- 3) 江原 宏, 土屋幹夫, 小合龍夫. イネの対肥料反応性に関する研究. 第1報 幼苗期における生長速度の品種間差. 日作紀, 59: 426-434 (1990).
- 4) 江原 宏, 土屋幹夫, 平井儀彦, 小合龍夫. 培養液濃度の違いによるイネ幼苗の葉身形態変化の品種間差異. 日作紀, 61: 10-15 (1992).
- 5) ERIKSEN, F. I. and A. S. WHITNEY. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species 1. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agron. J.*, 73: 427-433 (1981).
- 6) ERIKSEN, F. I. and A. S. WHITNEY. Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. *Agron. J.*, 74: 703-709 (1982).
- 7) 後藤正和, 菅原和夫, 林 兼六. アカマツ社令林地の牧草生産性. 日草誌, 27: 381-386 (1982).
- 8) 橋爪 健, 西村修一. 冬作牧草類と暖地型牧草との連続栽培に関する研究. II 数種暖地型牧草の初期生育に及ぼす遮光の影響. 日草誌, 22: 96-98 (1976).
- 9) 橋爪 健, 西村修一. 冬作牧草類と暖地型牧草との連続栽培に関する研究. II 遮光期間の違いが数種暖地型牧草の生育に及ぼす影響について. 日草誌, 22: 268-272 (1976).
- 10) 広田秀憲, 塩沢克之. 遮光が芝草類の初期生長に及ぼす影響. 芝草研究, 13: 23-28 (1984).
- 11) 広田秀憲, 森谷林春. 施肥量と遮光が牧草の初期生育に及ぼす影響. 新潟大農研報, 32: 125-134 (1980).
- 12) INADA Katsumi and Fumio NISHIYAMA. Growth responses of sun and shade plants in simulated vegetation shade and neutral shade. *Japan. J. Crop Sci.*, 56: 99-108 (1987).
- 13) 稲葉健吾. 遮光がコンニャク葉の形態に及ぼす影響. 日作紀, 53: 243-248 (1984).
- 14) 稲葉健吾, 長南信雄. 遮光がコンニャク葉の葉緑体構造に及ぼす影響. 日作紀, 53: 503-509 (1984).
- 15) 香川邦雄. 牧草の飼料成分組成並びに可消化養分吸収量に及ぼす庇陰の影響. 日草誌, 38: 423-432 (1993).
- 16) 三井計夫, 三井豊穂, 平野孝雄, 桜井茂作. 平地林, 里山の択伐作業に伴う下草改良に関する研究 第1報 主要草種の耐蔭性に就いて. 関東東山農試報告, 7: 175-190 (1955).
- 17) 森田 脩, 後藤正和, 野村弘司, 藪内英一, 大市章, 草深佳郎, 海野 豊, 猿丸勝晴. 林内草地の不耕起造成とその放牧利用について. 三重大農付属農場研報, 6: 53-62 (1984).
- 18) 佐藤勝信, 橋本 恵. 雑灌木林における不耕起草地に関する研究. 第4報 庇陰が草生および牧草成分に及ぼす影響. 福島畜試研報, 1: 65-75 (1974).
- 19) STRITZKE, J. F., L. I. CROY and W. E. McMURPHY. Effect of shade and fertility on $\text{NO}_3\text{-N}$ accumulation, carbohydrate content, and dry matter production of tall fescue. *Agron. J.*, 68: 387-389 (1976).
- 20) STRITZKE J. F. and W. E. McMURPHY. Shade and N effects on tall fescue production and quality. *Agron. J.*, 74: 5-8 (1982).
- 21) 杉本安寛, 仁木巖雄. 施肥窒素に対する牧草の反応に関する研究 III 数種暖地型牧草幼植物の RGR, NAR, LAR および RLGR におよぼす窒素施肥の影響. 日草誌, 23: 114-119 (1977).
- 22) 築比地五三郎. 山林への牧草導入と畜産経営(1). 畜産の研究, 14: 427-431 (1960).

- 23) VONG, N. Q. and Yoshio MURATA. Studies on the physiological characteristics of C_4 and C_3 crop species. II The effects of air temperature and solar radiation on the dry matter production of some crops. *Japan. J. Crop Sci.*, 47: 90-100 (1978).
- 24) WILKINSON, J. F. and J. B. BEARD. Anatomical responses of 'Merion' Kentucky bluegrass and 'Pen-lawn' red fescue at reduced light intensities. *Crop Sci.*, 15: 189-194 (1975).
- 25) WILSON, J. R. and C. C. WONG. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. *Aust. J. Agric. Res.*, 33: 937-949 (1982).