

# 多回刈り条件下における数種寒地型イネ科牧草の生産構造 及び地下部器官重

誌名	草地試験場研究報告
ISSN	03850196
著者	菅野, 勉 福山, 正隆 佐藤, 節郎
巻/号	49号
掲載ページ	p. 1-16
発行年月	1994年2月

## 多回刈り条件下における数種寒地型イネ科牧草の生産構造及び地下部器官重

菅野 勉・福山正隆・佐藤節郎<sup>1)</sup>

草地計画部 草地機能研究室

<sup>1)</sup>現 九州農業試験場 草地部

(平成5年8月12日受理)

### 要 旨

菅野 勉・福山正隆・佐藤節郎(1994):多回刈り条件下における数種寒地型イネ科牧草の生産構造及び地下部器官重, 草地試研報 49: 1~16.

寒地型イネ科牧草8草種の各単播草地を多回刈り(模擬放牧)下で4年間利用し, 収量性, 永続性を比較するとともに, 利用3年目の春, 夏, 秋の生産構造及び地下部器官重を明らかにした。各季節, 各草種の生産構造は, いくつかの例外を除けば, 葉面積指数が小さく, かつその多くが下層に位置しており, 垂直分布がいわゆる三角形型となる場合が多かった。また, 吸光係数が小さく, 葉身は立ち型であり, 群落内の日射の透過が良好であった。葉面積指数, 吸光係数, 葉面積重及び茎数と再生速度(日平均乾物生産速度)との関係を検討した結果, いずれの季節においても有意な相関関係は得られなかった。しかし, 一茎重の変異が大きかった8月には一茎重と再生速度との間に有意な正の相関係数が認められた。地下部器官のうち, 茎基部重は, トールフェスク, オーチャードグラスで大きく, 根重はペレニアルライグラス, ケンタッキーブルーグラス, トールフェスクで大きかった。また, ペレニアルライグラスやケンタッキーブルーグラスでは, 根重に占める褐色根の割合が大きかったことからルートマットが形成されやすい草種であると考えられた。プレーリーグラス, ハイブリッドライグラスの両草種では出穂期間が長く, 年間の乾物収量が最も大きかったが, こうした長期間にわたる生殖生長は地下部器官の生育を阻害し, 両草種の永続性を低下させていると考えられた。

キーワード: 永続性, オーチャードグラス, 再生速度, トールフェスク, フェストロリウム, プレーリーグラス, ペレニアルライグラス, ケンタッキーブルーグラス

### 緒 言

近年, 落合ら(1989, 1991)は, 草地試験場内のペレニアルライグラス主体草地やオーチャードグラス主体草地において, 草地と家畜の管理労力や草地への施肥量を増加させることにより, 育成牛の土地面積当り増体量や個体の日増体量を飛躍的に増加させることに成功している。また, 三田村(1989, 1991)は, 北海道農業試験場内のチモシー主体草地において, 集約放牧を行うことによりアパディーンアンガス種の肥育素牛や雌育成牛で高い増体量を達成している。また, 井村(1993)は, ほふく茎型牧草(レッドトップ)を利用した2シーズン放牧肥育を提唱し, ホルスタイン去勢牛での効率的な牛肉生産を論じている。今後これらの高位生産集約放牧が, 乳用育成牛や肥育素牛の育成, あるいは搾乳牛(落合ら

1993)に適用されることが期待されている。

これらの集約放牧では, 小区画ごとの短期輪換放牧を行うことや, 春の余剰草を収穫・貯蔵し, 夏から秋の放牧草が不足する時期に家畜に給与するなど, 主要な技術的ポイントがいくつかあげられるが, 最も重要な点は, 草地を高頻度で利用することである。こうした利用は, 牧草が若く消化率が高いうちに放牧牛に採食されるという家畜生産上の優れた点をもつ反面, 草地に生育する牧草にとっては, 物質生産の場となる葉群が頻繁に除去されるという過酷な環境でもある。しかし, これまでの集約放牧に関する研究は, 先に述べたように, 家畜の増体量や牧草の消化性に関する研究が多く, 牧草が短草利用という環境にどのように適応しているのかを明らかにした研究は, 生産構造(県ら 1972, Parsons and Penning 1988)や根系(福山ら 1990)に関する少数の報告

があるのみである。

そこで、本研究では、多回刈りによる模擬放牧条件下で、寒地型イネ科牧草8草種の各単播草地を4か年短草利用し、その収量性、永続性を比較するとともに、利用3年目の生産構造及び地下部器官重の草種間差及び季節変化を明らかにした。

### 材料及び方法

試験地は草地試験場内(栃木県西那須野町、標高約320 m、東経139°58′、北緯36°55′)の平坦地に設けた精密圃場で、土壌は細粒褐色低地土(倉島ら 1993)である。試験期間中の草地試験場内の気象条件を図1に示した。

#### 1. 草地の造成・管理

供試した8つの草種とそれらの品種名を表1に示した。16m<sup>2</sup>(4m×4m)の試験区を各草種2反復で造成し

た。造成前に、土壌改良資材として、石灰200kg/10a、熔成磷肥100kg/10a、基肥としてN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oをそれぞれ8kg/10a施した後、1987年9月29日に各草種につき播種量3kg/10aで散播した。1988年4月から1991年9月までの生育期間中に、レシプロカルモアーにより高さ5cmで、合計27回刈取った(表2)。各刈取りは、各草種の草高がおおよそ30cmに達すると予想された時期に行い、利用初年目の1988年には、各草種の試験区を、7~8回刈取った。1989年~1990年には、越冬中に生じた枯葉を除去するために早春の掃除刈りを行った後、年間7回の刈取りを行った。1991年には4月から9月まで、5回の刈取りを行って試験を終了した。

施肥は、1988年にはN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>Oの各成分20kg/10aを8回に等量分施し、1989年~1990年にはN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>Oの各成分17.5kg/10aを7回に等量分施した。1991年には、4月から8月までの間に、各成分10kg/10aを

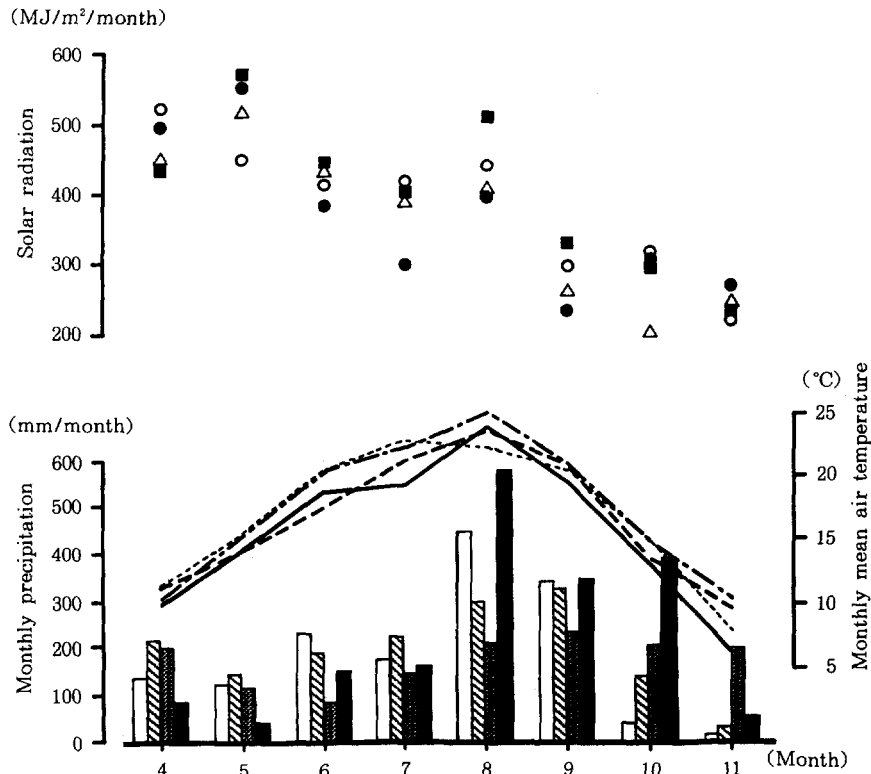


Fig. 1. Climatic conditions at experimental site during 1988-1991.

Solar radiation ● '88 ○ '89 △ '90 ■ '91

Monthly mean air temperature — '88 - - '89 ··· '90 - · - '91

Monthly precipitation □ '88 ▨ '89 ▩ '90 ■ '91

Table 1. Species and cultivars examined.

Species	Cultivars
Orchardgrass ( <i>Dactylis glomerata</i> L.)	Akimidori
Tall fescue ( <i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)	Yamanami
<i>Lolium</i> × <i>Festuca</i> hybrid ( <i>Lolium multiflorum</i> Lam. × <i>Festuca elatior</i> L.)	Tandem
Hybrid ryegrass ( <i>Lolium hybridum</i> )	Tetrelite
Perennial ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> L.)	Friend
Kentucky bluegrass ( <i>Poa pratensis</i> L.)	Troy
Redtop ( <i>Agrostis alba</i> L.)	—
Prairie grass ( <i>Bromus willdenowii</i> KUNTH)	Grasslands Matua

Table 2. Dates at the harvest.

Year	Harvesting time								
	0 <sup>a</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8
1988	—	May 9	May24- June4 <sup>b</sup>	June16-21	June30-July6	July26	Aug. 19 (24) <sup>c</sup>	Sep. 22 (34)	Oct. 28 (36)
1989	Apr. 10	May15 (35)	June 6 (23)	July 4 (27)	July 31 (27)	Sep. 4 (35)	Oct. 4 (30)	Nov. 10 (37)	
1990	Mar. 27	Apr. 25 (29)	<u>May15</u> (20)	June13 (29)	July12 (29)	<u>Aug. 20</u> (39)	Sep. 27 (38)	<u>Nov. 15</u> (49)	
1991	—	Apr. 22	May21 (29)	July 2 (42)	Aug. 8 (37)	Sep. 18 (41)			

Note: a) Trimming

b) Different among species

c) Number of days during regrowth period

\* Production structures were examined on the harvesting dates underlined.

4回に等量分施した。

プレーリーグラス草地では1988年～1990年の秋ごとに、2～4 kg/10 aの種子を追播(表面播種)した。ハイブリッドライグラス草地でも1988年および1989年に追播を行ったが、1990年の秋には種子の入手が間に合わず、調査を中止した。ペレニアルライグラス草地、フェストロリウム草地では1990年の秋に4 kg/10 aの種子を追播した。

## 2. 乾物収量及び月別の再生速度の調査

各刈取り前に、各区の中心部の平均的な1～2地点(50 cm × 50 cm)において、地上5 cm以上の牧草を手刈りし、生鮮重を計量後、通風乾燥(70℃・48時間)し、乾物収量を求めた。

さらに、各草種の月別の再生速度を以下のようにして求めた。各刈取り時の乾物収量を再生日数で割った値を、各再生期間の再生速度とし、この値を各月日に当てはめて月ごとの平均値を求め、これを月別の再生速度とした。

## 3. 群落構造の調査

1990年5月15日、8月20日、11月15日に、層別刈取

り法により、各草種の生産構造を調査した。調査は、2反復の試験区のうち、一方の試験区において行った。各草種の試験区において平均的な1地点を選び、底面が50 cm × 50 cmの群落について、草冠から地上10 cmまでは高さ10 cmごとに、地上10 cmから地際までは、5 cmごとに層別に刈り取った。刈り取ったサンプルを階層別に葉身、茎、葉鞘、枯死部に分別し、葉身については葉面積を測定した。調査直前に、福山ら(1981)の開発した多点式相対照度計を用い、各刈取り高さの相対照度を群落内15カ所で測定した。各季節の調査時の前回刈取りからの再生期間は、5月が20日、8月が39日、11月が49日であった。なお、ハイブリッドライグラスは前述の理由により、11月の調査の対象から外した。

さらに、調査と同時に各区の任意の2点において25 cm × 25 cmのコドラートを用いて茎数、50 cm × 50 cmのコドラートを用いて個体数を測定した。

## 4. 地下部の調査

1990年の4月25日、8月20日及び12月3日に各草種の試験区の平均的な2地点で、特製の円形採土器を用いて地下20 cmまでの土壌を採取した。採土器は、直径

11.3 cm (底面積 100 cm<sup>2</sup>) で、0-2.5, 2.5-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm の各層別に区分できるものである。採取した土壌サンプルを各層別に区分した後、2 mm 目のふるいで水洗した。得られた地下部器官を茎基部、地下茎、根に分別、通風乾燥し、1 m<sup>2</sup> あたりの乾物重に換算した。

## 結 果

### 1. 供試草種の乾物収量

表 3 に供試草種の実験期間中の乾物収量を示した。各草種とも、利用初年目 (1988 年) には低く、トールフェスク、フェストロリウム、ケンタッキーブルーグラス、レッドトップは利用 2 年目 (1989 年) に最高の値を示した。また、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、ハイブリッドライグラス、プレーリーグラスは利用 3 年目 (1990 年) に最高の乾物収量を示した。

草種間で比較すると、各年次とも、プレーリーグラスが最高の年間収量を示した。ハイブリッドライグラスは、初年目にはトールフェスクやフェストロリウムよりもやや低かったが、2 年目及び 3 年目には、プレーリーグラスに次いで高く、3 年目の平均収量 (1,232 g/m<sup>2</sup>) でも、プレーリーグラス (1,391 g/m<sup>2</sup>) に次いだ。ペレニアルライグラス、フェストロリウムおよびトールフェスクの 3 年目の平均収量は 1,126 ~ 1,148 g/m<sup>2</sup> であり、ケンタッキーブルーグラス、レッドトップ及びオーチャードグラスは 1,023 ~ 1,072 g/m<sup>2</sup> と低かった。

### 2. 月別の再生速度

図 2 に各草種の月別の再生速度を、1988 年から 1991 年の 4 年間の平均値で示した。オーチャードグラス、トールフェスク、フェストロリウム、ハイブリッドライグラス、プレーリーグラスの再生速度は、4 月に最高値を、10 月~11 月に最低値を示した。ペレニアルライグラスは 5 月に、レッドトップは 6 月に、それぞれ再生速度

のピークを示した。ケンタッキーブルーグラスは、4 月から 7 月まで約 6 g/m<sup>2</sup>/日と、ほぼ一定の再生速度を示した後、8 月以降低下した。全草種の中で最高の月別再生速度を示したのはプレーリーグラスであり、4 月に 9.8 g/m<sup>2</sup>/日の値を示した。プレーリーグラスが他草種を上回る傾向は 8 月まで続いた。オーチャードグラスは、4 月に 8.6 g/m<sup>2</sup>/日と、プレーリーグラスに次ぐ再生速度を示したが、秋に低く、10 月~11 月には 1.9 g/m<sup>2</sup>/日とハイブリッドライグラス (1.5~1.6 g/m<sup>2</sup>/日) に次ぐ低い値であった。

10 月及び 11 月の再生速度が高いのは、ペレニアルライグラス、フェストロリウムで、それぞれ 3.3~3.4 g/m<sup>2</sup>/日、および 2.7~3.0 g/m<sup>2</sup>/日の値を示した。これら両草種の再生速度は、9 月にもやや増加する傾向を示しているが、これは、後に述べるように利用 3 年目及び利用 4 年目の夏期に発生した雑草の影響と考えられた。

### 3. 雑草率

雑草の発生は、利用 3 年目と 4 年目の草地で顕著であったため、両年の主な刈取り時における乾物中の雑草の割合の推移を図 3 中に示した。

雑草率の推移を各草種間で比較すると、2 年とも雑草の発生が少なかったのはオーチャードグラスとトールフェスクの草地であり、例えば利用 3 年目 (1990 年) には、5 回目刈取り時 (8 月 20 日) に雑草率が増加したが、6 回目 (9 月 27 日) には急速に低下した。これに対し、フェストロリウム、ハイブリッドライグラス、およびペレニアルライグラス草地では、利用 3 年目の 5 回目刈取り時に牧草生草部の減少と雑草の発生が顕著となり、この傾向が 6 回目まで続き、追播後の 7 回目刈取り時 (11 月 15 日) によく牧草生草部の割合が回復した。またケンタッキーブルーグラスとレッドトップの草地では、利用 3 年目の 5 回目刈取り時と 6 回目刈取り時に同程度の雑草が混入していた。一方、プレーリーグラス草地で

Table 3. Dry matter yield of examined species.

Species	Annual dry matter yield (gDM/m <sup>2</sup> )				Average 1	Average 2
	1988	1989	1990	1991	'88~'90	'88~'91
Orchardgrass	821	1,193	1,202	975	1,072	1,048
Tall fescue	1,061	1,248	1,135	1,009	1,148	1,113
<i>Lolium</i> × <i>Festuca</i> hybrid	1,014	1,228	1,169	947	1,137	1,090
Hybrid ryegrass	1,012	1,325	1,360	—	1,232	—
Perennial ryegrass	997	1,137	1,243	896	1,126	1,068
Kentucky bluegrass	817	1,291	960	801	1,023	967
Redtop	948	1,191	967	1,027	1,035	1,033
Prairie grass	1,151	1,430	1,591	1,180	1,391	1,338
Average	977	1,255	1,203	976	1,145	1,094

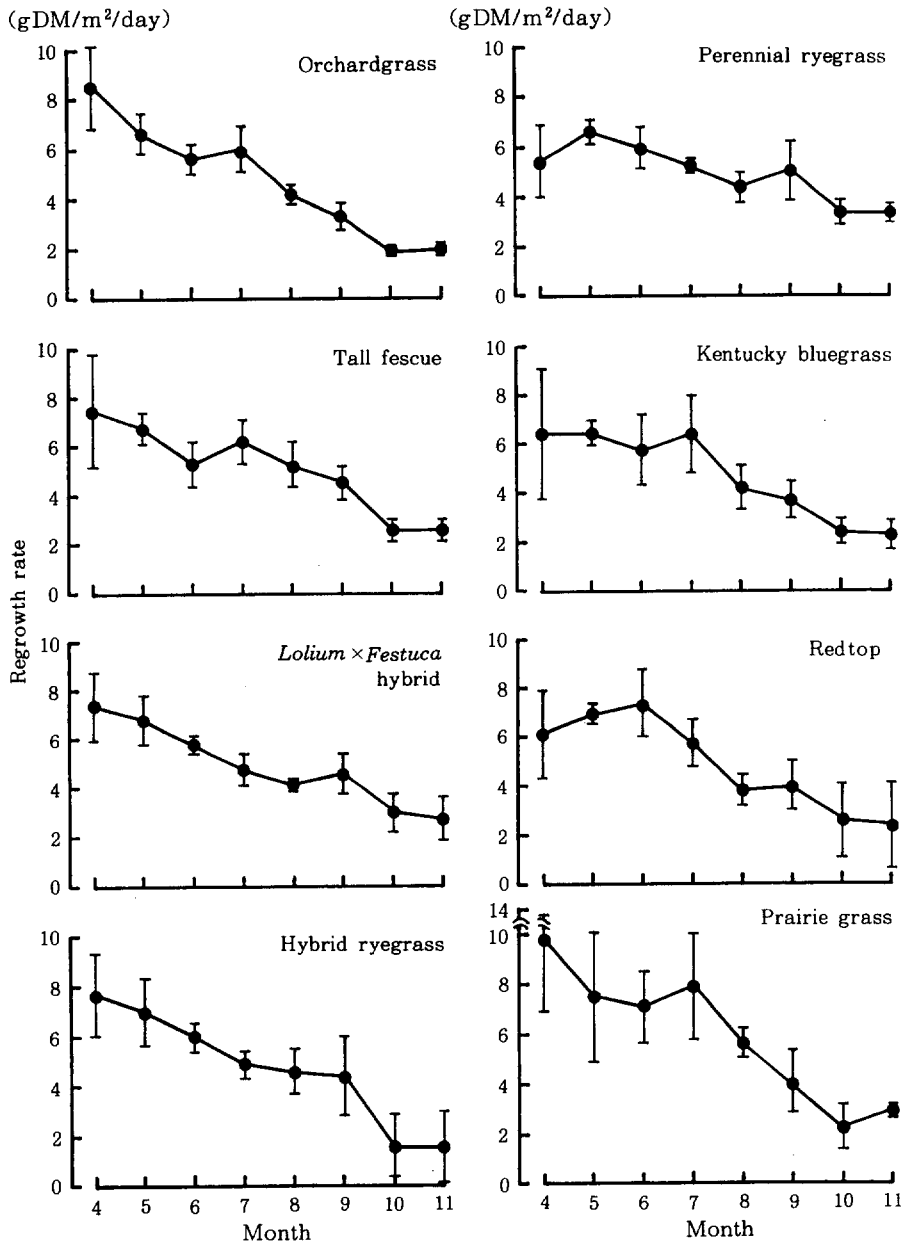


Fig. 2. Monthly mean regrowth rates of examined species.

‡ : Mean  $\pm$  s. d.

は5回目刈取り時における雑草率は低いですが、6回目に急激に増加し、雑草の発生時期が他の草種よりも遅い傾向が認められた。

#### 4. 生産構造図の季節変化

図4に1990年の5月、8月、11月の各草地の生産構造を示した。各刈取りは全草種の草高が30 cmに達すると

予想される時期に行ったが、各調査時の各草種の再生速度の違いから、刈取り時の草高に草種間差が生じた。特にプレーリーグラスは8月まで出穂が続き、8月の調査ではこの草種の草高が60 cmに達していた。

楠谷ら(1977)は、寒地型イネ科牧草7草種14品種の出穂期における生産構造を、葉身乾物重の垂直分布から

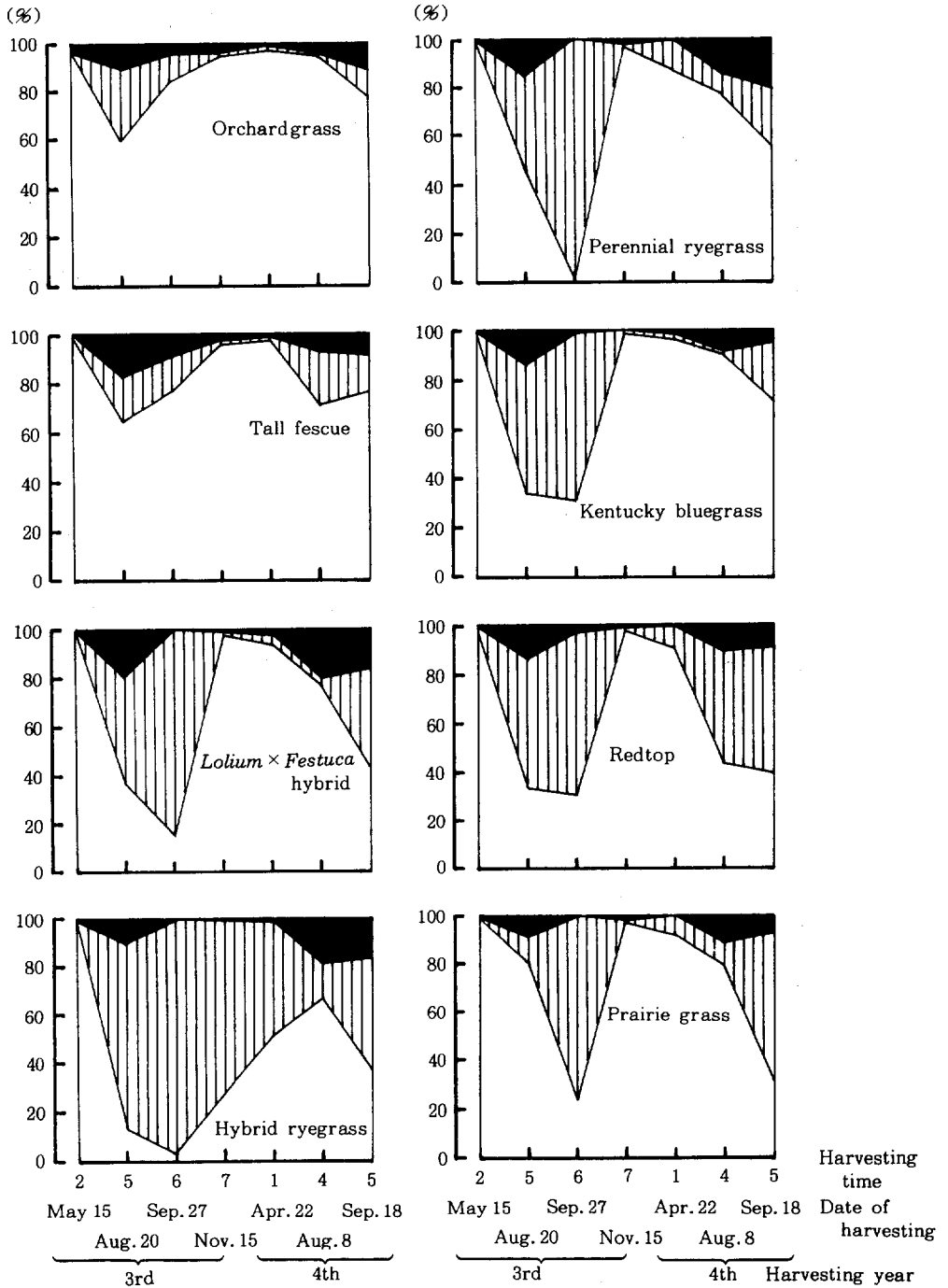


Fig. 3. Ratio of dry matter of cultivated species, weeds and dead plant parts.

□ Cultivated species    ▨ Weeds    ■ Dead plant parts

次の4つのタイプに分類している。すなわち(1)上層部に葉量の主体があり、下層になるに従って漸減する逆三角形型、(2)下層部に主体があり上層になるに従って漸減する三角形型、(3)中層部に最大葉層があり、上・下層になるに従い漸減する楕円形型、及び(4)各層に比較的均等に分布する長方形型である。図4では地表から10cm以下を5cmごとに分けて表示しており、地表10cm以下の層を1つの層とすると、葉身乾物重は三角形型に分布する場合が多かった。しかし、5月のオーチャードグラス、

ハイブリッドライグラスや、8月のオーチャードグラス、ハイブリッドライグラス、レッドトップは釣鐘型であり、楠谷らの長方形型に類似していた。また8月のプレーリーグラスは楕円形型であった。これらの三角形型以外の生産構造を示す草種には、地際の葉身乾物重が少ないという特徴が共通して見られた。地際の相対照度は、草種の平均で見ると5月が24.3%、8月が16.7%、11月が17.7%であり、20%前後の相対照度で推移した。基部乾物重は、ほとんど地上10cm以下の層に分

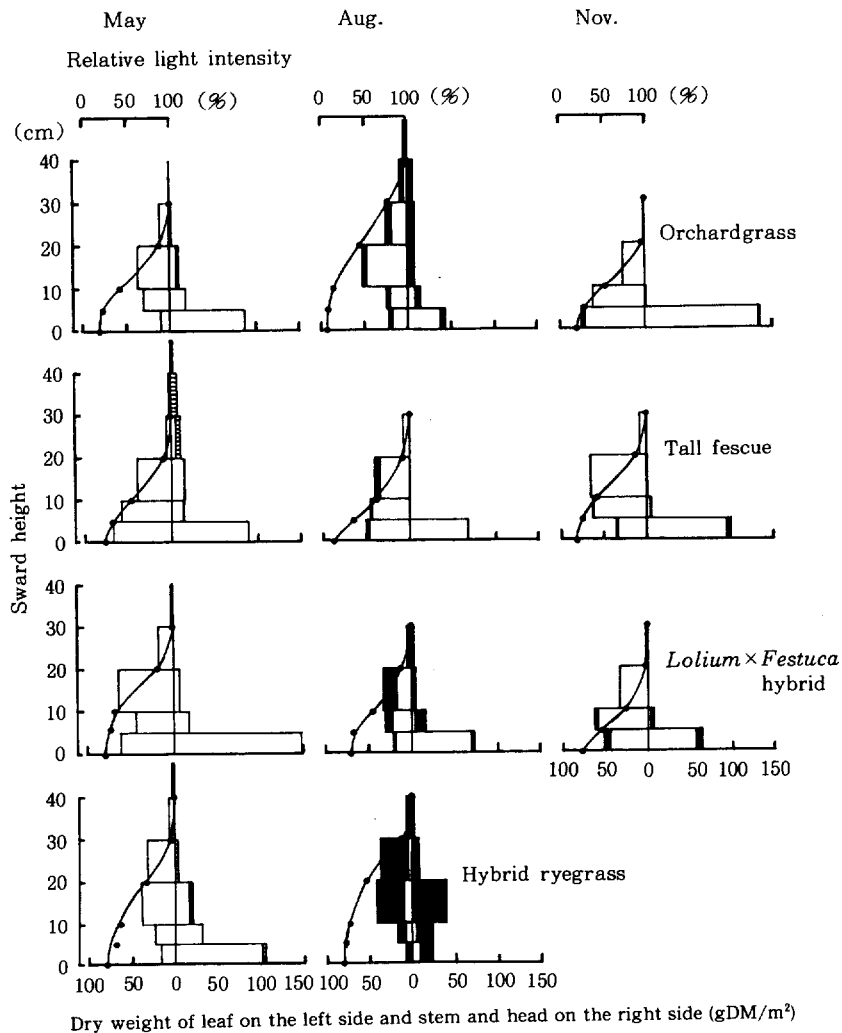


Fig. 4. Production structures of examined species.

- Leaf or stem of cultivated species
- ▨ Head of cultivated species
- Weeds



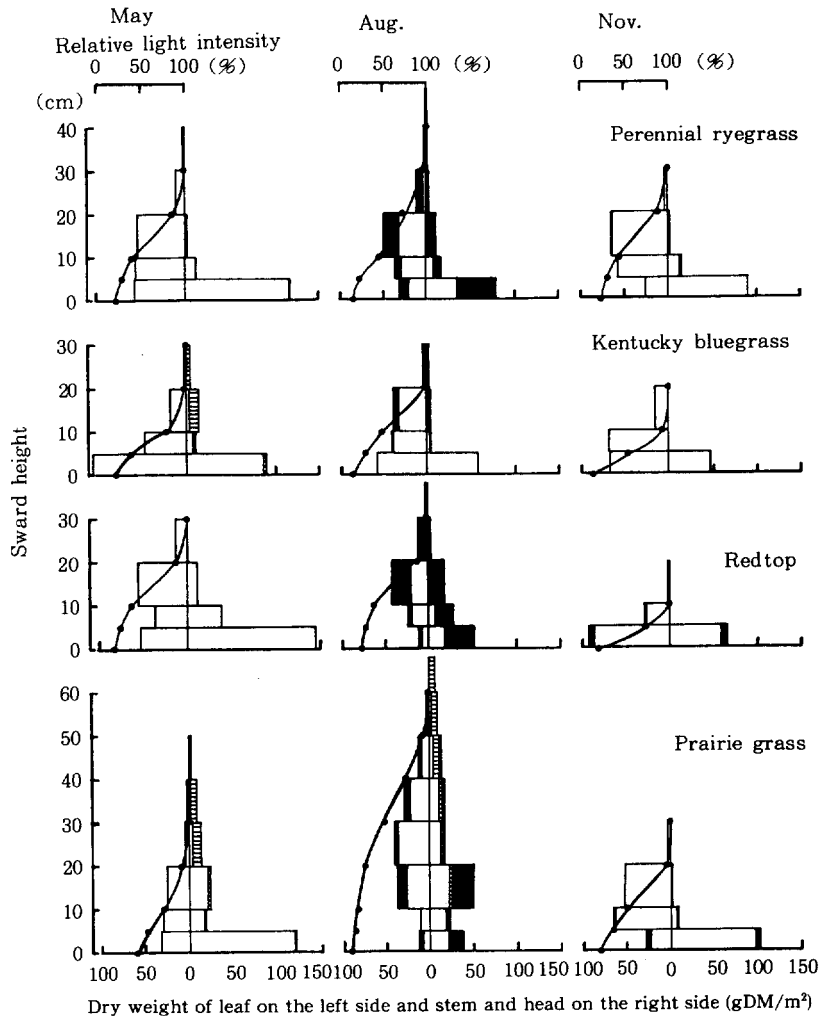


Fig. 4. (つづき)

布していたが、5月および8月のプレーリーグラスにおいては、出穂茎の伸長に伴い、茎部乾物重も上層まで分布する傾向が認められた。また、各草種において、地上10 cm以下の層の茎部乾物重は、5月から8月にかけて減少する傾向が認められた。

表4に生産構造に関する諸形質の値を示した。葉面積指数(LAI)は、オーチャードグラス、プレーリーグラスでは、5月から8月にかけてやや増加したものの、全草種の平均値で見ると、5月から8月にかけて大きく減少する傾向が認められた。吸光係数(extinction coefficient, 以下K)は、いずれの草種においても5月から8月にかけて増加し、葉身角度が水平に近づく傾向が認め

られた。8月から11月にかけては、レッドトップを除いてKが減少し、葉身が再び立ち型となる傾向が認められた。葉面積重(specific leaf weight, 以下SLW)は、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラスでは8月に最大となったが、その他の草種では、11月に最大となった。

茎数は各草種とも5月に多い傾向を示したが、なかでもケンタッキーブルーグラスは19,000本/m<sup>2</sup>と供試草種中の最高値を示した。一茎重は5月から11月まで増加する草種が多かったが、プレーリーグラスは8月に最高値を示した。乾物収量は、プレーリーグラスを除いて5月から8月に減少した。プレーリーグラスの8月の乾

**Table 4.** Characteristics of production structure of examined species in May, August and November.

	Leaf area index			Extinction coefficient			Specific leaf weight (mgDM/cm <sup>2</sup> )		
	May	Aug.	Nov.	May	Aug.	Nov.	May	Aug.	Nov.
Orchard grass	3.55	3.60	3.95	0.198	0.333	0.173	2.47	3.04	4.05
Tall fescue	4.61	2.23	4.01	0.148	0.359	0.176	3.67	5.80	4.42
<i>Lolium</i> × <i>Festuca</i> hybrid	9.20	3.05	3.95	0.080	0.179	0.164	2.02	1.84	3.58
Hybrid ryegrass	8.02	5.11	—	0.078	0.137	—	1.45	0.49	—
Perennial ryegrass	6.01	2.53	2.34	0.115	0.325	0.255	2.94	3.36	6.46
Kentucky bluegrass	6.91	2.33	4.04	0.101	0.364	0.210	2.43	5.70	3.74
Red top	7.86	4.04	3.48	0.105	0.167	0.218	1.92	1.09	3.47
Prairie grass	3.78	4.80	5.56	0.105	0.211	0.112	2.34	2.43	2.63
Average	6.42	3.46	3.90	0.116	0.259	0.187	2.41	2.97	4.05

	Number of tillers (tiller/m <sup>2</sup> )			Dry weight of stem (mgDM/cm <sup>2</sup> )			Dry matter yield (gDM/cm <sup>2</sup> )		
	May	Aug.	Nov.	May	Aug.	Nov.	May	Aug.	Nov.
Orchard grass	3,208	1,408	2,272	63.9	111.5	127.6	109	98	87
Tall fescue	5,312	2,200	960	58.5	89.5	278.1	156	84	138
<i>Festuca</i> × <i>Lolium</i> hybrid	5,328	1,424	2,128 (400) <sup>a)</sup>	67.4	89.2	90.7	149	39	93
Hybrid ryegrass	1,776	800	—	153.7	42.5	—	154	25	—
Perennial ryegrass	7,024	2,296	3,760(2,763)	43.6	54.9	66.8	132	70	138
Kentucky bluegrass	19,000	7,000	3,240	14.9	27.4	60.5	92	76	84
Red top	10,777	3,528	3,344	31.6	20.7	52.0	141	47	27
Prairie grass	4,104	952	1,592 (376)	68.5	248.9	153.9	130	234	127
Average	7,066	2,451	2,471	62.8 (61.6) <sup>b)</sup>	85.6 (80.3)	118.5 (62.2)	133	84	99

Note : a) Number of tillers of seedlings  
 b) Coefficient of variability

**Table 5.** Simple correlation coefficients between regrowth rate and characteristics of production structure.

	Independent variables				
	Leaf area index	Extinction coefficient	Specific leaf weight	Number of tillers	Dry weight of tiller
May	0.321	-0.330	-0.042	-0.613	0.544
August	0.203	0.200	0.223	-0.163	0.899**
November	0.076	-0.198	0.414	-0.425	0.575
Total	0.656**	-0.523*	-0.225	0.341	0.059

Note : \*Significant at 5% level, \*\*Significant at 1% level

物収量は、234 g/m<sup>2</sup>であり、他草種に比較して極めて高い値であった。

**5. 生産構造に関する諸形質と再生速度との関係**

生産構造に関する形質として LAI, K, SLW, 茎数、一茎重を取り上げ、これらの形質と再生速度との関係を検討した(表5)。ここでの、再生速度とは、生産構造調査時の地上5 cm以上の乾物収量を、その再生日数で除して求めたものである。まず、葉群構造に関する形質である LAI, K, SLW と再生速度との関係を見ると、いずれの季節においても有意な相関係数が得られなかった。

しかしながら各季節の測定値を合わせて検討すると、再生速度は LAI と正の、K と負の相関関係にあることが示され、葉面積が大きく、葉が立ち型である群落において再生速度が高いことが示唆された。

また、LAI, K, 及び SLW の相互関係を表6に示したが、LAI と SLW 及び K との間には有意な負の相関係数が得られ、LAI の大きな群落は葉が薄く(SLW が小さく)、かつ葉身が立ち型である(K が小さい)傾向が認められた。

次に、牧草の収量構成要素である茎数及び一茎重と再

**Table 6.** Simple correlation coefficients between leaf area index, specific leaf weight, and extinction coefficient.

	LAI-SLW	LAI-K	SLW-K
May	-0.583	-0.767*	0.540
August	-0.808*	-0.783*	0.917**
November	-0.864*	-0.933**	0.765*
Total	-0.583**	-0.777**	0.648**

Note: \*Significant at 5% level, \*\*Significant at 1% level

LAI: Leaf area index, SLW: Specific leaf weight, K: Extinction coefficient

生速度の関係を検討すると(表5), 8月には一茎重と再生速度との間には, 0.899と1%水準で有意な正の相関係数が得られた。

#### 6. 刈株の諸形質と再生速度との関係

供試草地は, 生産構造の調査後, 直ちにモアーにより地上5cmの高さで刈取ったが, 刈取り後に残された刈株の残存LAI及び残存茎部乾物重は, 生産構造の地際(地表から地上5cm)のLAI及び茎部乾物重で表すことができる。そこで, 刈株の形質として残存LAI, 残存茎部乾物重, 及び茎数を取り上げ, それらと次回の刈取りまでの再生速度との関係を検討した(表7)。

残存LAIと再生速度との間では, 5月には有意な相関関係が認められなかったが, 8月には, 残存LAIの大きかったオーチャードグラス, トールフェスク, ケンタッキーブルーグラスの再生速度が大きく, 0.767と5%水準で有意な単相関係数が得られた。また, 年間を通してみた場合, 残存LAIと再生速度との間に1%水準で有意な単相関係数が得られた。

茎部乾物重と再生速度との間には, 5月, 8月ともに有意な単相関係数が得られなかったが, 両季節の測定値を合わせた場合, 0.842と1%水準で有意な単相関係数が得られた。

茎数と再生速度との間には, 両調査時とも, また年間を通して有意な相関係数が得られなかった。

一方, 再生量(乾物重)そのものを目的変数, 残存LAI, 茎部乾物重, 茎数を説明変数として5月及び8月のデータを合わせて検討したところ, 再生速度を目的変数にした場合と同様の相関係数が得られた。

#### 7. 地下部器官重

地下部重の3回の測定値の平均は, トールフェスク(694 g/m<sup>2</sup>), ケンタッキーブルーグラス(633 g/m<sup>2</sup>), ペレニアルライグラス(611 g/m<sup>2</sup>)が高く, プレーリーグ

**Table 7.** Simple correlation coefficients between regrowth rate and residual leaf area index, dry weight of residual stem and number of stems.

	Independent variables		
	Residual leaf area index,	Dry weight of residual stem	Number of stems
May	-0.295	0.184	-0.267
August	0.767*	0.483	0.406
May + August	0.702** (0.677**) <sup>a)</sup>	0.842 (0.819**)	0.431

Note: \*Significant at 5% level, \*\*Significant at 1% level

a) Simple correlation coefficient when dependent variable was dry weight of aftermath

ラスが231 g/m<sup>2</sup>と低かった(表8)。茎基部重はオーチャードグラス(平均で290 g/m<sup>2</sup>), トールフェスク(317 g/m<sup>2</sup>)が大きく, 根重はペレニアルライグラス(463 g/m<sup>2</sup>), ケンタッキーブルーグラス(367 g/m<sup>2</sup>)が大きかった。

図5に, 12月の調査時の各草種の地下部器官重の層別分布を示した。プレーリーグラスを除けば, いずれの草種も, 地下茎及び根の多くが0-2.5cmの地下表層に分布していた。白色根と褐色根を合わせた生存根のうち, 0-2.5cmに分布する生存根の割合はペレニアルライグラス(80%), フェストロリウム(72%)及びケンタッキーブルーグラス(72%)において高かった。さらに, 0-2.5cmに分布する生存根のうちケンタッキーブルーグラスでは99%, ペレニアルライグラスでは75%, フェストロリウムでは62%が褐色根であった。このように, ケンタッキーブルーグラス, フェストロリウム, ペレニアルライグラスでは, 0-2.5cmに分布する生存根の割合が大きいが, 生存根中の褐色根の割合が大きい傾向が認められた。

## 考 察

### 1. 短草利用下の生産構造の特徴

寒地型イネ科牧草の生産構造については, 佐藤(1973)が, オーチャードグラス, トールフェスク, チモシー, リードカナリーグラスの出穂期における生産構造の比較を行っているが, その報告では, オーチャードグラス, トールフェスクのLAIは, それぞれ7.5及び6.1であった。また, 楠谷ら(1977)は, オーチャードグラス, トールフェスク, ペレニアルライグラスを含む7草種(各草種2品種)の出穂2週間前及び出穂期の生産構造の比較を行っているが, それによると, 出穂2週間前と出穂期の平均LAIはオーチャードグラスが7.66~

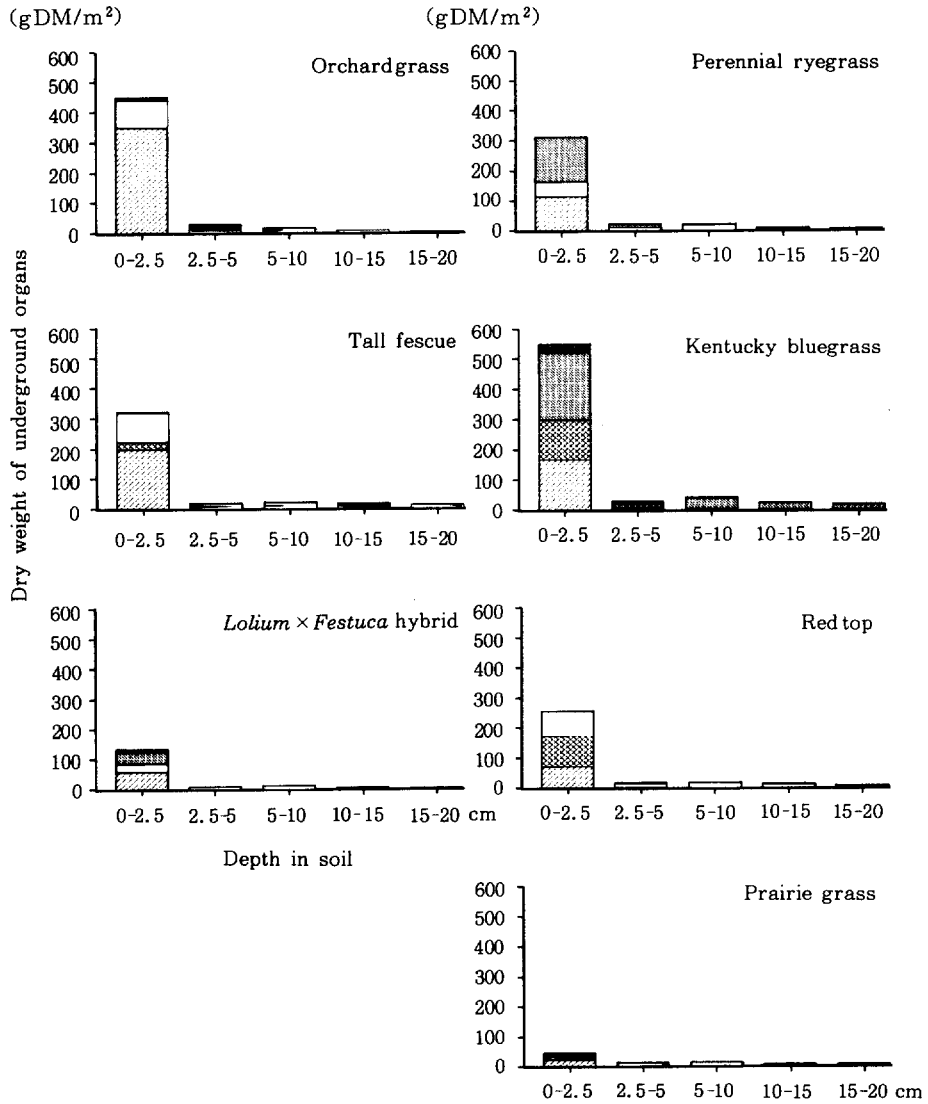


Fig. 5. Vertical distribution of underground organs.

▨ Crown   ▩ Rhizome   □ White roots   ▨ Brown colored roots   ■ Dead roots

8.47, トールフェスクが8.19~10.65, ベレニアルライグラスが6.17~7.17であった。これに対し、本調査における5月のLAIは、オーチャードグラスが3.55, トールフェスクが4.61, ベレニアルライグラスが6.01であり、いずれの草種も佐藤や楠谷らの報告に比較して低い値であった。

葉身部乾物重やLAIの垂直分布をみると、佐藤や楠谷らの報告では、最大葉層や最大葉面積層は、地上10

cm以上の層であるのに対して、本調査の場合、僅かの例外を除いて、最大葉面積層は地際、すなわち地上10cm以下の層であった。

また、楠谷らの報告では、供試群落の吸光係数(K)は、オーチャードグラスが0.27~0.31, トールフェスクが0.50~0.51, ベレニアルライグラスが0.72~0.81であったが、本調査のKは、5月が0.078~0.198(草種平均0.116), 8月が0.137~0.364(平均0.259), 11月が

Table 8. Dry weight of underground organs of examined species in April, August and December.

Species	Month	Dry weight (gDM/m <sup>2</sup> )			
		Stubble	Rhizome	Root	Total
Orchardgrass	Apr.	400		315	715
	Aug.	120		136	256
	Dec.	349		154	503
	Ave.	290		202	491
Tall fescue	Apr.	470	25	510	1,005
	Aug.	285	16	392	693
	Dec.	196	24	164	384
	Ave.	317	22	355	694
<i>Festuca</i> × <i>Lolium</i> hybrid	Apr.	175		355	530
	Aug.	211		415	626
	Dec.	60		98	158
	Ave.	149		289	438
Hybrid ryegrass	Apr.	70		385	455
	Aug.	61		228	289
	Dec.	—		—	—
	Ave.	66		307	372
Perennial ryegrass	Apr.	215		575	790
	Aug.	111		566	677
	Dec.	116		249	365
	Ave.	147		463	611
Kentucky bluegrass	Apr.	195	105	425	725
	Aug.	45	154	316	515
	Dec.	165	134	360	659
	Ave.	135	131	367	633
Red top	Apr.	170	45	195	410
	Aug.	115	196	266	577
	Dec.	71	105	127	303
	Ave.	119	115	196	430
Prairie grass	Apr.	95		220	315
	Aug.	68		234	302
	Dec.	24		52	76
	Ave.	62		169	231
Average among species	Apr.	224	58	373	618
	Aug.	127	122	319	492
	Dec.	123	88	151	350

0.112~0.255 (平均 0.187) と、いずれの草種も K が低く、葉身が立ち型であることを示している。

このように短草利用下における生産構造は、LAI が小さく、地際の葉面積が多いことや、葉身が立ち型である (K が小さい) などの特徴を有していた。また、このような特徴ゆえに、地際の相対照度は、全草種の平均でみると 5 月が 24.3%、8 月が 16.7%、11 月が 17.7% と高い値となり、群落内の日射の透過が極めて良好であった。

一般に牧草群落は、投射された光の 95% を吸収するときに乾物生産速度 (CGR) が最大値 (CGR<sub>max</sub>) を示すことが明らかにされている (Brougham 1958)。また、前田・米谷 (1978) によれば、牧草の生長にともなう乾物現存量の増加はロジスチック式に適合し、乾物現存量を生育日数で除した平均生産力が最大となる時期は、生育開始から CGR<sub>max</sub> に到達するまでの日数 (CGR<sub>max</sub> 到達日数) の約 1.4 倍にあたる時期であることを明らかにし

ている。このため、短期的に見た場合、草地の乾物生産量を最大にするには、刈取り後、地際の相対照度が5%に低下するまでの日数を  $CGR_{max}$  到達日数とし、その日数の1.4倍の再生期間を経た後に刈取りや放牧を行うことが効率的であるといえる。

また、県ら(1972)は、牧草4草種、在来野草3草種の年間の刈取り回数と乾物生産速度、葉面積、吸光係数などとの関係を検討しているが、その報告中でも、それぞれの草種について年間の乾物生産速度を最大にする最適刈取り回数が存在し、それよりも刈取り回数が増えると、LAIが小さくなり、純同化率(NAR)は高まるもののCGRは低下することを明らかにしている。このような観点からすれば、本調査の供試草地は、LAIが小さく、地際の相対照度がまだ高い時点で利用されており、群落に投下される日射エネルギーを有効に利用しているとは言い難い。

しかし、牧草はその再生期間が長くなるにつれて枯死部が増加し(Parsons and Penning 1988)、消化率が低下することが知られている。渡辺(1987)は、オーチャードグラスの再生に伴う消化率の推移を明らかにしているが、それによると、消化率の低下は刈取り後4週以後に顕著となるため、高品質の牧草が要求される放牧利用の場合には、2~3週間隔での頻繁な利用が必要であると述べている。牧草の消化率が家畜の生産性に及ぼす影響は大きく、雑賀(1987)の試算によれば、年間を通じて1%消化率が高まることは収量に換算すれば年間合計で1割以上の増収効果があると推定される。このように、草地の短草利用とは、乾物生産における日射エネルギーの吸収率を犠牲にしながらも、高い消化率を追求する草地管理といえよう。

## 2. 生産構造と再生速度との関係

楠谷ら(1979)は、オーチャードグラス10品種の出穂期における葉群構造と乾物生産量との関係を検討しているが、それによると、生育初期にLAIが大きいほど乾物重が大きい傾向が認められた。また、LAIの大きな群落はSLWが小さかったことから、群落繁茂度の小さな生育初期には、葉を薄く広げ、葉面積を大きくした方が乾物生産上有利であると推察している。

本調査では、年間を通してみた場合、LAI、Kと再生速度との間には、有意な相関係数が得られ、LAIが大きく、Kが小さい(葉が立ち型で受光態勢が良い)ほど、再生速度が大きいことが示された(表5)。

しかしながら、各季節ごとに検討した場合、LAIと再生速度との間には、いずれの季節においても有意な相関係数が得られず、再生速度の草種間差をLAIから説明

することはできなかった。これは、気温・日射量と光合成速度の関係や、同化養分の地上・地下への分配率といった生理的特性が、草種間では大きく異なるため、それぞれの草種の群落においてはLAIが再生速度の一つの律速因子になっているとしても、単純にLAIの差から生産速度の差を説明することができないためであろう。

次に、牧草の収量構成要素である茎数及び一茎重と再生速度の関係を検討すると、茎数と再生速度との間にはいずれの季節も有意な相関係数が得られなかったが、一茎重と再生速度との間には、8月に0.899と1%水準で有意な正の相関係数が得られた。牧草の茎数、一茎重と収量との関係を論じた報告は多いが、佐藤ら(1967)及び石田ら(1975)によると、分けつが発生揃いがよく、一茎重の変異が小さい場合には収量と茎数との関係が強いが、一茎重が大きく変異し、大小分けつが混在する場合には茎数よりも一茎重との相関が高まるという。本調査における一茎重の変動係数は5月が62%、8月が80%、11月が62%であり、8月は一茎重の変異が最も大きくなったために、再生速度に及ぼす影響が大きくなったものと推察できる。

さらに、刈株の構造と再生速度との関係を検討すると、8月には残存LAIと再生速度との間に有意な正の相関係数が得られたものの、茎数や地際の茎部乾物重といった刈株の非同化部の特性と再生速度との間には明瞭な関係が認められなかった(表7)。牧草の貯蔵養分の蓄積には刈株だけではなく、地下部器官も重要な役割を果たすことが知られている(Baker 1957)。そこで、地際の刈株重量に地下部器官重を加えた刈取り後の非同化部総量と再生速度との関係を検討したが、両者の間に得られた相関係数は、5月が-0.353、8月が-0.613と、どちらも有意ではなかった。

Yamamoto and Mino(1985)は、寒地型イネ科牧草の刈取り後の再生の早さには、貯蔵物質(フレイン)の分解速度が関与していることを指摘している。また、再生の程度(再生率)は、貯蔵養分の消費量よりも、消費された貯蔵養分のうち、いかに多くのものが新葉の形成に利用されるかという分配の問題(前野ら 1970a)や、貯蔵物質を利用する活性の高い再生原基がどれだけ存在するかといった問題(前野ら 1970b)によって決定されるという。これらのことから推察すると、本調査において刈株の構造と再生速度との関係が明瞭でなかったのは、再生速度が、貯蔵養分の分解、利用といった内的要因によって決定されていたためと考えられる。

## 3. 地下部器官重と永続性

牧草の根系は、養分、水分を吸収する器官であるとともに、同化物質の貯蔵器官であり、その発達、草地の生産のうえで重要である。地下部器官の発達には、地上部の剪葉の頻度(前田 1960, 上野ら 1961)や、強度(高橋ら 1980)など様々な要因が影響を及ぼすが、福山ら(1990)はケンタッキーブルーグラス、レッドトップ、シバ、クリーピングレッドフェスクについて、年間2回程度から8回程度までの刈取り頻度3水準、施肥量3水準で4年間栽培し、各草種の単播草地の地下部器官重は刈取り頻度よりも草種や施肥量に大きく影響されることを報告している。そこで、ここでは、地下部器官重の草種間差、特に地下部器官の草種間差と地上部の生育について検討したい。

供試草種のなかで、最も高い乾物生産性を示したプレーリーグラス、ハイブリッドライグラスは、それぞれ、元来多年生及び短年生とされているものの、本調査では、両草種とも夏期の個体数の減少が著しく、短草利用下では越年生としての特性を示すと考えられた。供試草種の地下部器官を比較すると、プレーリーグラス及びハイブリッドライグラスは、ともに地下茎がなく、また茎基部が小さい傾向が認められた。この結果、両草種の地下部器官重は最も少なく、このことが永続性が低い原因と考えられた。

ところで、プレーリーグラスは、供試草種の中で最も出穂期が長い草種であり、4月下旬から8月まで出穂を続けた(図4)。また、ハイブリッドライグラスも出穂期が長く、例えば1989年には4月下旬から7月31日の刈取り時まで出穂が認められた。杉山(1987)によれば、生殖生長と地下部の生育は、限られた同化産物について競合しあう“トレードオフ”の関係にあり、周年出穂のように生殖生長の程度が高い場合には、地下部の生育が阻害され、永続性が低下するという。このことが出穂期が長く地上部の乾物収量の大きいプレーリーグラス、及びハイブリッドライグラスにおいて永続性が劣っている要因であると考えられる。

また、本調査では、ベレニアルライグラスとフェストロリウムの両草種において、個体数が顕著に減少し、追播が必要になったのは、それぞれ利用3年目の夏であり、両草種の永続性は同程度と考えられた。しかし、金塚ら(1989)によれば、フェストロリウムはベレニアルライグラスに較べて永続性が劣るという。本調査において両草種を比較すると、フェストロリウムはベレニアルライグラスに較べて常に地下部器官重が低い値で推移しており、この差が金塚らが指摘した両草種の永続性の差に影響を及ぼしているのかもしれない。

一方、根系が地表付近へ集積するとルートマットを形成し、草地土壌の理化学性を悪化させ、牧草の生育を抑制することが知られている。本調査では、地下部器官を層別に採取したが、深さ0~2.5cmの地表近くに分布する根や地下茎の乾物重は、ベレニアルライグラスやケンタッキーブルーグラスで高く、また、これら2草種の生存根の多くが褐色根であったことからルートマットが形成されやすい草種であると考えられた。とくに、地下茎を持たないベレニアルライグラスでは、根の生理活性低下は、草地の生産性にとって致命的であると考えられる。酒井・広田(1990)によれば、ベレニアルライグラスの根はオーチャードグラスやトールフェスクに比較して腐朽速度が速いとされているが、この草種は年間を通して根量が多い(表8)ことから、草地におけるルートマットの形成には充分な注意を払わなくてはならないと考えられる。

ベレニアルライグラスは、その高い嗜好性及び消化性から、今後、我が国でも栽培が広がることが期待されているが、反面、過繁茂により個体密度が低下し易い草種であり、密度維持には放牧による短草利用が不可欠であることが明らかにされている(佐藤 1993)。Baker(1957)は、ベレニアルライグラス草地では剪葉頻度が増加しても、単位面積当りの個体密度や茎数密度が増加するため、単位面積当りの根量が減少しないことを報告している。このことは、ベレニアルライグラスは、短草利用を行っても根系の発達が阻害される心配がないことを意味するが、反面、ルートマットが生成しやすいということでもある。例えば、上野ら(1961)は、オーチャードグラスにおいて刈取り回数が多くなるほど表層に根系が集積し、生理機能の劣る根が増加することを指摘している。このように、ベレニアルライグラスは、密度維持に短草利用が不可欠であるが、高密度草地では、根系の生理機能の低下とルートマットが生成されやすいという問題が予測される。今後、我が国の集約放牧技術の展開のためには、ベレニアルライグラス草地におけるこの相反する特性をいかにうまく制御できるかが一つの課題となろう。

## 謝 辞

本論文を取りまとめるに当たり、校閲を頂いた草地試験場草地計画部長前野休明博士ならびに環境部長但見明俊博士に深謝致します。また、試験の遂行にあたり協力を頂いた草地試験場業務科諸氏に厚くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 泉和一・窪田文武・鎌田悦男 (1972): 牧草の乾物生産. 第3報 牧草の乾物生産と最適刈取回数におよぼす吸光係数の影響. 日草誌 17: 235-242.
- Baker, H.K. (1957): Studies on the root development of herbage plants. III. The influence of cutting treatment on the root, staminal and herbage production of a perennial ryegrass sward. J. Brit. Grassld. Soc. 12: 197-208.
- Brougham R.W. (1956): Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Aust. J. Agric. Res. 7: 377-387.
- 福山正隆・嶋村匡俊・牛山正昭・及川棟雄 (1981): 携帯用可視線日射計の試作と牧草現存量推定への応用. 草地試研報 21: 79-87.
- 福山正隆・嶋村匡俊・牛山正昭・及川棟雄 (1990): 数種短草型草種の地下部器官の比較. 日草誌 36: 39-46.
- 石田良作 (1975): 人工草地の植生構造. 第5報 施肥量と刈取り回数を異にした数種イネ科牧草の面積当り茎数の推移および茎数と茎重と収量の関係について. 日草誌 21: 47-51.
- 井村 毅 (1993): 放牧による肉用牛生産方式の効率向上に関する実証的研究. 四国農業試験場報告 56: 1-111.
- 金塚秀夫・多田文典 (1989) 新草種の放牧適性. 大分県畜産試験場試験成績報告書 18: 80-83.
- 倉島健次・太田 健・草場 敬・天野洋司・山本克巳・木村武・近藤 熙・斉藤元也 (1993): 草地試験場内土壌の分類とその特性. 草地試験場資料 3: 1-47.
- 楠谷彰人・中世古公男・後藤寛治 (1977): イネ科牧草の群落構造と乾物生産特性. 日作紀 46: 205-211.
- 楠谷彰人・杉山修一・後藤寛治 (1979): オーチャードグラスの生産性に関する研究. IV. 草地状態における乾物生産特性の品種間差異. 日草誌 25: 7-15.
- 前野休明・江原 薫 (1970): 牧草の再生に関する生理・生態学的研究. 第12報 刈株の諸形質と再生との関係についての考察. 日草誌 16: 149-155.
- 前野休明・江原 薫 (1970): 牧草の再生に関する生理・生態学的研究. 第13報 貯蔵物質の利用効率と再生力との関係について. 日草誌 16: 156-161.
- 前田 敏 (1961) 牧草の刈取の生理生態学的研究 II. 冬作イタリアンライグラスの刈取頻度による地上部再生と株・根の消耗. 日作紀 30: 31-34.
- 前田 敏・米谷 正 (1978) 牧草の刈取適期 II. 各季節におけるイタリアンライグラス個体群の CGR と平均生産力との推移. 日草誌 24: 10-16.
- 三田村 強・宮下昭光・池田哲也 (1989): チモシー・アルファルファ混播草地とチモシー・バーズフットトレフォイル混播草地における利用1年目の家畜及び草地の生産性について. 日草誌 35 (別): 147-148.
- 三田村 強 (1991): 放牧による育成肥育一秋子, 1シーズン放牧を取り入れた肥育システム確立に関する研究紹介を中心として. 北農 57: 161-164.
- 落合一彦・塩谷 繁・小林春雄・梅村恭子・原島徳一・佐藤健次・梨木 守・菊田智子 (1989): 超集約放牧 (スーパー放牧) による家畜生産性の飛躍的向上. 関東草飼研誌 13 (2): 22-27.
- 落合一彦・塩谷 繁・梅村恭子・原島徳一・佐藤健次・西田智子 (1991): スーパー放牧による黒毛和種育成牛の ha 当り 1000 kg 増体の実現. 日草誌 37 (別): 32-322.
- Parsons, A.J. and P.D. Penning (1988): The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. Grass and Forage Sci. 43: 15-27.
- 雑賀 優 (1987): オーチャードグラスの消化率. 後藤寛治編. 草地の生産生態. 文永堂. 東京. 82-103.
- 酒井 隆・広田秀憲 (1990): 数種イネ科牧草の経年変化にともなう根群集積について. 日草誌 36: 247-253.
- 佐藤健次 (1993): 温暖地におけるベレニアルライグラス主体放牧草地の利用と維持管理. 牧草と園芸 41 (6): 1-5.
- 佐藤 庚・西村 格・伊東睦泰 (1967): 草地の密度維持に関する生態生理学的研究. 第5報 単一クローンで作ったオーチャードグラス草地における栽植密度, 窒素施用量, 刈取り回数に分げつの消長及び収量に及ぼす影響. 日草誌 13: 128-140.
- 佐藤 庚 (1973): 寒地型イネ科4草種の出穂期における生産構造の比較. 日草誌 19: 208-214.
- 杉山修一 (1987): 牧草の集団分化. 後藤寛治編. 草地の生産生態. 文永堂. 東京. 347-384.
- 高橋繁男・大久保忠旦・秋山 侃 (1980): 放牧草地の地下部現存量の季節変化. 草地試研報 16: 24-30.
- 上野昌彦・吉原 潔・川鍋祐夫 (1961): オーチャードグラス草地の根系発達に及ぼす刈取りの影響. 農技研報 G20: 177-189.
- Yamamoto, S., and Y. Mino (1985): Phlein degradation in stem bases of temperate grasses after defoliation. Proceedings of the XV IGC: 369-371.
- 渡辺 潔 (1987): オーチャードグラスの乾物生産性. 後藤寛治編. 草地の生産生態. 文永堂. 東京. 176-192.



## Canopy Structure and Underground Organs of Some Temperate Grasses Undergoing Frequent Defoliation

Tsutomu KANNO, Masataka FUKUYAMA and Setsuro SATO\*

*Department of Grassland Planning, National Grassland Research Institute,  
Nishinasuno, Tochigi 329-27, Japan*

*\*Present address : Kyushu National Agricultural Experiment Station,  
Nishigoshi, Kumamoto 861-11, Japan*

Received August 12, 1993

### ABSTRACT

Kanno, T., M. Fukuyama and S. Sato (1994) : Canopy Structure and Underground Organs of Some Temperate Grasses Undergoing Frequent Defoliation. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 49 : 1-16.

An experiment was conducted to analyse the adaptability of eight temperate grasses to short rotational grazing. Swards consisting of orchardgrass (cv. Akimidori), tall fescue (cv. Yamanami), *Lolium* × *Festuca* hybrid (cv. Tandem), hybrid ryegrass (cv. Tetrelite), perennial ryegrass (cv. Friend), Kentucky bluegrass (cv. Troy), redtop and prairie grass (cv. Grasslands Matua) were cut 7-8 times annually (simulated grazing) for four years. The canopy structure and the underground organs were examined in spring, summer and autumn in the third harvest year. Then the relationship between the structure of the canopy and root system, dry matter production and persistence were analysed.

In many cases, the vertical distribution of the leaf dry weight and leaf area assumed triangular pattern (Kusutani *et al.* 1977), and the base of the canopy showed a larger leaf dry weight and leaf area than the upper parts. The low extinction coefficient (K) indicated that the leaf angle was large in all the canopies examined. At the same time, the high relative light intensity on the ground surface (17-24% on the average in each season) suggested that the efficiency of solar energy utilization was low under frequent defoliation.

There was no significant correlation between the growth rate and leaf area index, K, specific leaf weight and tiller number per area regardless of the season. In the summer, however, there was a positive significant correlation between the growth rate and tiller weight, due to the large variations in the weight among the species.

Comparison of the underground organs among the species, showed that the dry matter of the crown was larger in tall fescue and orchardgrass, while the dry matter of the roots was larger in perennial ryegrass, Kentucky bluegrass and tall fescue. The amount of roots distributed in the 0-2.5 cm soil surface layer was larger in perennial ryegrass and Kentucky bluegrass which also showed a large proportion of brown colored roots to the roots alive, suggesting that the two grasses were liable to form a root-mat.

It was considered that the long heading period from late April until late August and late July of prairie grass and hybrid ryegrass, respectively accounted for their higher dry matter yield. However, it was also suggested that the high level of reproductive growth reduced the growth of the underground organs, resulting in a low persistence of the two grasses.

**Key words :** *Lolium* × *Festuca* hybrid, Kentucky bluegrass, orchardgrass, perennial ryegrass, persistence, prairie grass, regrowth rate, tall fescue,