

## 暖地型イネ科牧草7種の温度に対する生長反応

小林, 民憲  
九州大学農学部飼料学教室

西村, 修一  
九州大学農学部飼料学教室

田中, 重行  
九州大学農学部飼料学教室

<https://doi.org/10.15017/23251>

---

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 32 (2/3), pp.93-99, 1977-12. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：



## 暖地型イネ科牧草7種の温度に対する生長反応

小林民憲・西村修一・田中重行\*

九州大学農学部飼料学教室  
(1977年8月1日受理)

### Comparative Growth Responses of Seven Tropical and Subtropical Grasses to Various Controlled Temperatures

TAMINORI KOBAYASHI, SHUICHI NISHIMURA  
and SHIGEYUKI TANAKA

Forages Research Laboratory, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University 46-06, Fukuoka 812

本邦西南暖地においては、寒地型牧草の栽培上、夏枯れなどの問題が多いので、夏季の粗飼料源として暖地型牧草導入の必要性が強調されている(田中, 1971)。しかし導入の可能性が最も高いと考えられる九州の低地でも、冬季の月平均気温は10°C以下であり、実際、これらの牧草を導入利用しつつあるオーストラリア北部などに比較すると極めて低い。このような気象条件にある本邦に暖地型牧草を導入する場合、適草種の選定や栽培利用計画に際しては、一般諸特性に加えて、利用期間の長さや収量水準に関係をもつ越冬の能否や春秋の低温期の生育、すなわち低温感応特性を生理生態的な面から追求する必要がある。

すでに寒地型牧草については、その栽培地帯の気象条件から氷点下の温度との関係が注目され、多くの研究が進められている。一方熱帯・亜熱帯原産植物では生育適温以下の冷温(Chilling temperature)域でのいわゆる冷温障害(Chilling injury)の現象が古く18世紀から知られている(Levitt, 1972)が、暖地型牧草についての研究報告は数少なく、しかも「低温生長性」という概念もまだ確立されていない。

著者らが1971年にオーストラリアから導入した暖地型牧草15種の試作栽培を行った結果(小林ら, 1972)、春から初夏の初期生育の速さや、越冬後の生存株率に草種間差がみられ、低温感応特性が導入の一つの指標となることを確認した。

本報では、まず暖地型イネ科7草種について、各種

の温度に対する生育反応を明らかにし、さらに低温感応について若干の検討を行った。

### 材料と方法

実験は1971年の夏季と秋季に、九州大学・生物環境調節センターの自然光ファイトトロンを使用して行った。温度処理は昼夜恒温の15, 20, 25, 30°Cとし、夏季実験には33°Cを加えた。

供試草種は dallisgrass (以下 Dg と略す) *Paspalum dilatatum*, 市販種とオーストラリアから導入(Yates社提供)した下記の6草種を用いた。Buffel grass (Bg) *Cenchrus ciliaris* cv. Gayndah, Scrobic(Sb) *Paspalum commersonii* cv. Paltridge, Rodd's Bay Plicatum (Rp) *Paspalum plicatum* cv. Rodd's Bay, Nandi setaria (Ns) *Setaria sphaelata* cv. Nandi, Bambatsi makarikarigrass (Bp) *Panicum coloratum* var. makarikariense cv. Bambatsi, green panic (Gp) *Panicum maximum* var. trichoglume 秋季実験では Sb は発芽不良のために除いた。

供試草は小形ポット(内径11cm)を用い、夏季実験では、7月下旬直播し、1ポット9個体に間引きして、屋外で育苗した。また秋季実験では10月中旬直播し、ビニルフレーム内で育苗した。施肥は夏季実験では温度処理前にポット当たり硫酸0.2g、処理3週目に硫酸0.2g、塩加0.044gを水溶液として施した。秋季実験では処理1週目に硫酸0.3g、過石0.37

\* 現在 宮崎大学農学部

g, 塩加 0.12 g を与えた。

両実験の温度処理は、それぞれ幼苗が3~4葉期に達した8月中旬から6週間および、11月上旬から4週間行つた。

草丈、葉数、分けつ数の立毛調査を処理開始時から1週毎に行つたが、秋季実験では葉数調査と途中経過は省いた。また乾物重を地上部と地下部に分け、処理開始時と終了時に測定した。

夏季実験の処理終了時の試料について、全チッソはガンニング変法(倉田・林, 1971)、細胞壁成分(CWC)はVan Soest and Wine (1967)の方法で定量し、さらにクロロフィルは処理開始時、1週目および6週目の15、20°C区の最上位展開葉身についてアセトン・エタノール(4:1, v/v)で抽出し、Arnon法(Arnon, 1949; Brougham, 1960)によつて定量した。

## 結 果

草丈の推移をFig. 1に示した。夏季実験の30°Cで途中から伸長速度が低下している草種もあるが、両実験での草丈は25、30あるいは33°Cで最も高く、高温域での温度間差は著しくなかつた。夏季実験と秋季実験との4週目の草丈はBgとRp以外の草種ではほぼ一致した。Bp, Ns以外の草丈は20°Cでは高温での半分以下しか伸長せず、また15°Cではほとんど伸長がみられず、枯死個体が出現した。

夏季実験の6週間の出葉数はFig. 2で明らかなよ

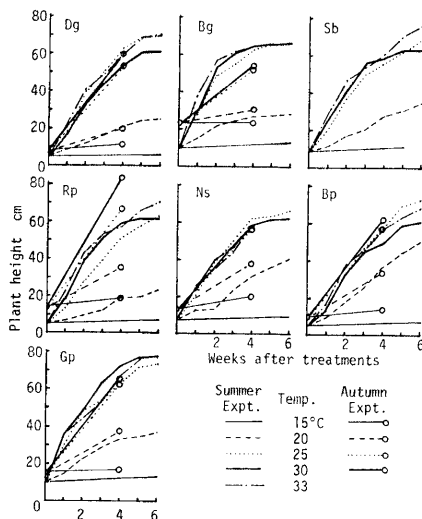


Fig. 1. Changes in plant height during the temperature treatments.

うに、Bpが30°Cで最も多かつたのを除いて、全草種33°Cで最も多かつた。25°C以上の高温域では出葉数の差は大きくないが、とくにNsは高温ほど多く出葉した。

20°Cでの出葉数はDgが最多で、Sbが最少であつた。15°Cでは6週間でも約2枚以下しか出葉せず、Sb, Rpは出葉を停止したのみならず、既存の葉も黄化、枯死し、また出葉した草種でもDg以外、抽出中から黄化するが観察された。

Fig. 3に処理期間中の分けつ増加数を示した。秋季実験では夏季実験より分けつ発生が多く、とくに15°Cでも障害枯死がみられず分けつを増加した。

分けつ増加数が最も多い温度はDg, Rp, Gpでは

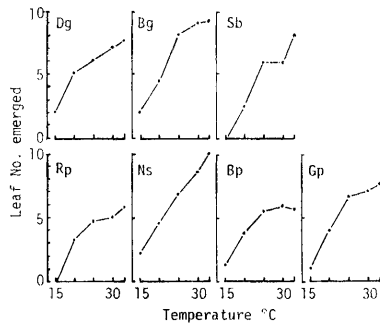


Fig. 2. Leaf numbers emerged (main tiller) during 6 weeks of treatments in the summer experiment.

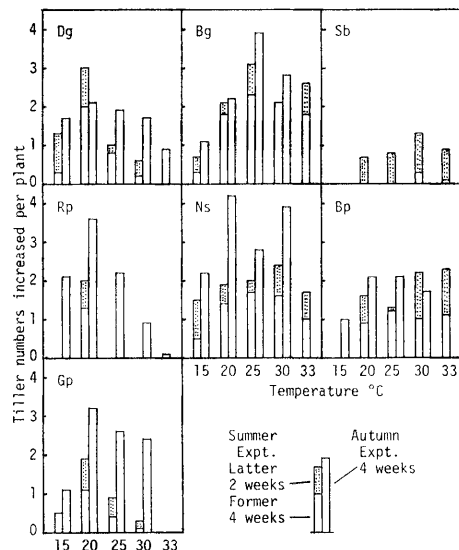


Fig. 3. Tiller numbers increased during the temperature treatments.

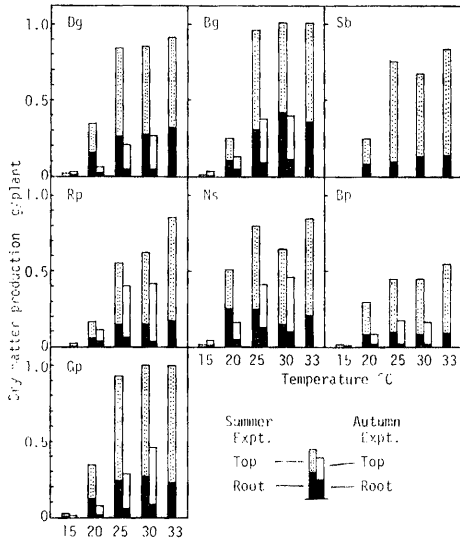


Fig. 4. Dry matter produced during the temperature treatments.

20°C, その他の草種では 25°C であった。高温では出葉数が多いけれども, 生殖生長の進行のために分けつ発生が抑制され (田島, 1975), その適温は草丈伸長や出葉の場合より低温となった。

処理終了時の乾物量から開始時の値を差引いた, 処理期間中の全乾物生産量を Fig. 4 に示した。乾物生産量は草丈と同様 25~33°C で高かったが, 多くの草種において, この高温域での温度間差はそれほど大きくなかった。

高温域での乾物生産量は夏季・秋季両実験共通して Gp では多く, Bp では少ない。また Bg, Dg は夏季実験では比較的多かったが, 秋季には極めて少なかった。20°C の低温では Ns, Bp を除いて, 高温域の半分以下の生産量であった。

根の乾物生産量は全乾物生産量と同様の傾向で, 25~33°C において大であったが, T/R 比はほぼ高温ほ

ど大で, 低温下では根の相対的生長が盛んで, 貯蔵期の生長を示した。

Table 1 に夏季実験 6 週目終了時の地上部の成分含有率を示した。25~33°C での全チッソ含有率は 20°C より低く, 逆に CWC 含有率は高くなった。高温域での両成分の温度間差には大きな差がみられないが, 草種別にみると, Bg, Sb, Gp の全チッソ含有率が他草種より低く, Bg, Gp の CWC 含有率が高い傾向を示した。

### 考 察

実験に使用したフェイトロンは自然光条件であり, 季節が異なると日照や日長が異なるため, 草種によって温度反応に若干の差異を生ずるものと推察される。従つて, 温度反応の基本的な考察にあつては, 夏季実験の成果に主体をおきながら, 両季実験で観察された差異についても考察を加え, 温度に対する反応の草種間差異を理解するように努めた。

#### 高温域での生育

7 草種の生育は 25°C 以上では必ずしも高温ほど高い結果とならず, とくに夏季実験の 30°C では 33, あるいは 25°C より低い値も散見された。すなわち, Sb では 30°C で出葉速度が低下したと, 他の温度に比して若干分けつが多いことから, 草丈伸長速度を低下し, 地上部乾重を小としたと思われる。Rp, Dg, Bp の草丈伸長速度の低下は, Rp で出葉速度の若干の低下がみられるものの, Dg, Bp では出葉, 分けつには異常が認められず, この温度のみ 6 週目には Dg, Gp で約 30% の個体に穂ばらみ, 出穂がみられたので, 栄養生長から生殖生長への転換が関係しているものと考えられる。また, 同じく, 30°C で全乾物生産量が少なかった Ns では出葉, 草丈伸長, 分けつでの異常はなく, 根の乾重が少ないことから, 根圏での何らかの異常があつたと思われる。

このような若干の変動がみられたが, 夏季, 秋季の

Table 1. Effect of 6 weeks of temperature treatments on total N and CWC contents of plant top in the summer experiment.

Species	Total-N % (DM basis)				CWC % (DM basis)			
	20°C	25°C	30°C	33°C	20°C	25°C	30°C	33°C
Dg	2.53	1.06	1.59	1.16	56.3	64.5	62.1	65.6
Bg	1.99	0.86	0.82	0.93	53.0	65.9	67.3	69.6
Sb	2.17	0.81	1.01	1.00	59.7	65.1	64.2	65.0
Rp	3.03	1.22	1.12	1.06	57.2	65.0	64.4	63.9
Ns	1.48	1.17	1.34	1.05	59.1	63.1	59.9	65.1
Bp	2.36	1.44	2.12	1.56	59.9	64.8	64.1	65.1
Gp	1.26	1.58	0.62	0.76	62.3	69.3	70.8	71.1

2つの実験から、生育適温は 30°C 前後で、適温域は 25°C 以上とされよう。

一般に、暖地型牧草の生育適温は 30~35°C とされている (Cooper and Tainton, 1968) が、本実験ではこれよりいくぶん低くなつた。これには昼夜恒温条件であり、高温域では日射量が不足きみであることや小ポットによる短期の実験であつたことなどが影響したと考えられる。

適温域での生育の草種間差は、実際の生産において草種選択上重要である。地上部の乾物生産量として夏季・秋季両実験の値を平均的にみると、 $Bg \geq Gp > Ns > Dg > Rp \gg Bp$  の順となり、圃場における単位期間当たりの収量 (小林ら, 1972) と同様の順位であつた。また弱光・短日であつた秋季実験では、Gp の順位が低下し Ns が上昇したが、Bg は共通して高く、Bp は低いという特徴を示した。

#### 分けつについて

各草種について温度処理期間中の乾物生産量と草丈伸長量あるいは出葉数との相関係数を算出すると、それぞれ  $r=0.93$  以上および  $0.88$  以上 ( $P>0.05$ ) の高い値を得た。すなわち、これらの形質はほぼ同様に温度の影響を受けるが、分けつ発生はこれらとは異なつて、寒地型草種と同様に生育適温より低い温度に適温があることが Fig. 3 で示された。

Table 2. Optimum temperature for the tillering rate calculated by means of weighted arithmetic mean.

Species	Summer Expt.		Autumn Expt.
	4 weeks	6 weeks	
Dg	23.9°C	22.4°C	22.4°C
Bg	26.6	26.3	24.2
Sb	30.8	27.8	
Rp	20.9	20.6	21.1
Ns	25.6	25.1	23.2
Bp	27.2	27.9	23.3
Gp	21.9	21.4	23.4

暖地型牧草は夏季高温時に刈取り利用されるので、高温下での分けつ発生能力は生産性の重要な1つの構成要素である。この図で草種を比較すると、Bg, Sb, Ns, Bp は高温域でも比較的分けつ発生が多いようである。細かく適温を決定する方法として、各温度を分けつ発生数で重みづけした加重平均温度を計算し、これを Table 2 に示した。

秋季実験では草種間差は大きくなかつたが、夏季実験での値をみると、上記4草種は分けつ適温が 25~30°C と高いことが確かめられた。そのうちでも Ns, Bg は分けつ開始が早く、1~2週目からみられたことと、この実験および圃場試験を通じて多分けつ性である (小林ら, 1972) ことから、実際利用上、高温下の刈取り再生に有利であると考えられる。

夏季実験に比して秋季実験で、全体に分けつ数が多くなつたのは、夏季実験の長日 (12.8時間) に対し、秋季では短日 (10.5時間) 条件であつたことに起因 (猪ノ坂, 1971) し、秋季実験では処理開始時にすでに半数の草種が分けつを開始していた。

#### 低温下での生育

20°C での生育抑制程度の草種間差異をみるために、処理期間中の最大生長量に対する 20°C 生長量の比をとつて Table 3 に示した。Ns, Bp は伸長比、乾物生産比ともに高く、低温生長性が高い草種といえる。伸長比が Dg, Bg より高かつた Gp は乾物生産比では低くなつて居るのは、草型の違いによるものと考えられる。このような低温下での生育の違いは実際の利用期間の点で重要であるが、Bp の場合、生産量の絶対値が他草種より低いことなどから、さらに低温生長性の表示にどのような形質を指標とするのが妥当であるかの問題も含めて、多面的に検討する必要がある。

#### 体内成分

Table 1 に示した全チッソと CWC の含有率には温度処理による間接的な影響、すなわち、乾物生産量の増大に伴う希釈効果や、生育ステージの進行に伴う

Table 3. Ratio of plant height and dry matter increased at 20°C to the maximum value.

Species	Plant height			Dry matter		
	Summer Expt.	Autumn Expt.	Average	Summer Expt.	Autumn Expt.	Average
Dg	31%	21%	26%	39%	25%	32%
Bg	32	28	30	23	33	28
Sb	40			30		
Rp	28	31	30	20	28	24
Ns	56	56	56	61	36	48
Bp	67	45	56	55	47	51
Gp	40	45	42	35	17	26

Table 4. Ratio of chlorophyll concentrations after 1 and 6 weeks of treatments to the initial value, and ratio of killed plants at 15°C.

Species	15°C		20°C		killed plant
	1 week	6 weeks	1 week	6 weeks	
Dg	84%	82%	101%	144%	0%
Bg	95	75	162	175	33
Sb	75	38	90	120	100
Rp	66	28	90	75	89
Ns	76	43	101	99	56
Bp	94	59	131	144	0
Gp	73	84	113	98	33

茎の割合の増大などが、関係していることを考慮に入れる必要がある。しかし、Rp では高温域に比して20°Cでの全チッソ含有率が著しく高く、Ns, Gpでは低い。これはチッソの吸収、同化に対する温度、とくに低温の影響に草種間の差異が存在することを示している。

#### 低温障害とクロロフィル濃度

前述のように夏季実験の15°Cで、多くの草種の葉身が黄化し、枯死した。15, 20°Cの最上位展開葉身について、処理開始1週目と6週目におけるクロロフィル濃度を測定し、処理開始時の値に対する比を求め、15°Cにおける枯死率とともにTable 4に示した。20°CではRpが減少を続けたほかは、かえって増加の傾向があり、15°Cでは全草種とも減少した。このことから暖地型牧草にとって15°Cは多くの場合、障害的な低温であり、20°Cは生長可能な低温であるといえよう。

森(1964)はトウモロコシ品種間の耐冷性検定法として、クロロフィルを指標にすることを提唱している。暖地型牧草にこの考えを適用すると、15°CにおいてSb, Rp, Nsは濃度の低下が著しく、枯死率と一致した傾向が認められ、これらは耐冷性が低いとされよう。しかし、この関係はすべての草種で成立せず圃場での越冬後の生存株率(小林ら, 1972)とも一致しないものが認められた。複雑な越冬機構の中での耐冷性の意義について、さらに検討を要する。

秋季実験の15°Cでは枯死個体がなく、葉身の黄化も認められなかった。これは主に、処理前の育苗温度が夏季実験より低温であり、短日条件とともにhardeningをもたらしただためであろう。また、クロロフィルの生合成に対して低温とともに強光が阻害要因として附加され(Gallopin and Jolliffe, 1973; McWilliam and Naylor, 1967)たため、夏季実験では障害が著しくなったとも考えられる。

草種間の耐冷性の検定法としての、低温によるクロロフィル濃度の低下率は、処理温度、期間、光条件とともに、前歴、生育ステージ、枯死経過の検討を加味すれば有効な手法となりうるであろう。

#### 要 約

夏季と秋季にファイトトロンを用い、昼夜恒温の15~33°Cで、導入暖地型イネ科牧草7草種について温度に対する一般的な生育反応と低温感応特性を検討した。

1. 草丈伸長は25°C以上の高温域で大きく、温度間差は大きくなかった。20°Cでは伸長抑制されたが、Ns, Bpはその程度が低かった。15°Cでは全草種ともほとんど伸長せず、夏季実験ではDg以外、葉身の黄化がみられた。出葉は30ないし30°Cで最大であった。
2. 分げつ発生は草丈伸長、出葉の場合より低温で盛んであったが、Bg, Sb, Ns, Bpは高温でも分げつ発生が多かった。
3. 乾物生産量は30°C前後で最大であり、草丈伸長、出葉との相関が高かった。20°Cでは乾物生産は抑制されたが、その程度はBp, Nsでは低かった。
4. 全チッソ含有率は高温域では20°Cより低く、逆にCWCは高かったが、高温域での温度間差は大きくなかった。乾物生産が大であったGp, Bgは全チッソ含有率が低く、CWCは高い傾向があった。これらの成分には、乾物の増大、生育ステージの進行が大きく関与しているが、チッソの吸収・同化に対する低温の影響にも草種間差異が存在すると思われる。
5. 15°Cでの葉身のクロロフィル濃度の低下率から、Sb, Rp, Nsは耐冷性が低いことを示したが、他草種の耐冷性の判定は困難であった。
6. 暖地型イネ科草種の生育適温は30°C前後であり、20°Cは生長可能な低温、15°Cは多くの草種にとって障害的な低温とされる。

7. 夏季, 秋季の両実験における, とくに低温での生育特性の相異は, 処理期間中の日長日射とともに, 処理前の温度・光条件の差異にも関係することが推察された。

## 文 献

- Arnon, D. I. 1949 Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, **24**: 1-15
- Brougham, R. W. 1960 The relationship between the critical leaf area, total chlorophyll content, and maximum growth-rate of some pasture and crop plants. *Ann. Bot., N. S.*, **24**: 463-474
- Cooper, J. P. and N. M. Tainton 1968 Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herb. Abstr.*, **38**: 167-176
- Gallopín, I. G. and P. A. Jolliffe 1973 Effects of low non-freezing temperatures on chlorophyll accumulation in corn and other grasses. *Crop Sci.*, **13**: 766-768
- 小林民憲・西村修一・田中重行 1972 オーストラリアからの導入暖地型牧草の試作成績. *日草九支報* **3**: 48-50
- 倉田陽平・林弥太郎 1971 粗蛋白質. 森本 宏監修: 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京, 286-292 頁
- Levitt, J. 1972 *Responses of plants to environmental stresses*, Academic Press, New York and London, pp. 27-42
- McWilliam, J. R. and A. W. Naylor 1967 Temperature and plant adaptation. I. Interaction of temperature and light in the synthesis of chlorophyll in corn. *Plant Physiol.*, **42**: 1711-1715
- 森 行雄 1964 トウモロコシ幼苗期の色素含有量と温度の関係. *農業技術*, **19**: 572-574
- 田島公一 1975 栄養生長と生殖生長—牧草の老化と関連して. *日草誌*, **21**: 58-65
- 田中重行 1971 暖地型牧草の導入. 江原 薫監修: 飼料作物・草地の研究. 養賢堂, 東京, 326-335 頁
- Van Soest, P. J. and R. H. Wine 1967 Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. A. O. A. C.*, **50**: 50-55

## Summary

Need for the introduction of the tropical and subtropical grasses into the southwestern low-land area of Japan has long been stressed. But the monthly mean temperature during winter in Kyushu district where these grasses are thought to be most promising is almostly lower than their native land. Hence, our problems are existing in the overwintering ability and/or the performance under low temperature conditions in spring and autumn.

In this paper, the growth responses to various constant air temperatures of 15 to 33°C under natural light condition and the chilling injury of seedlings of seven introduced tropical and subtropical grasses, dallisgrass (Dg), Buffel grass (Bg), Scrobie (Sb), Rodd's Bay plicatum (Rp), Nandi setaria (Ns), Bambatsi makarika-rigrass (Bp) and green panic (Gp) were discussed. Two experiments were conducted in phytotron of Biotron Institute, Kyushu University in summer and late autumn, 1971.

1. The maximum increase of plant height was obtained at the temperature treatment of 25, 30 or 33°C with respective grass species, but the values were not largely affected within this temperature range (Fig. 1). The reduction of plant height was apparent at 20°C, but the response was less in Ns and Bp (Fig. 1, Table 3). The grasses subjected to 15°C hardly increased in plant height, and in the summer experiment, all grasses except Dg had chlorotic leaves, indicating chilling injury. All the grasses emerged the maximum number of leaves at 30 or 33°C (Fig. 2).

2. The tiller formation of most grasses were accelerated at lower temperatures compared with plant height increase or leaf emergence, however, higher tillering rate was observed in Bg, Sb, Ns and Bp even under higher temperature (Fig. 3,

Table 2).

3. The maximum dry matter production of these grasses was recognized at about 30°C showing high correlation with the plant height increase and leaf emergence (Fig. 4). All grasses grown at 20°C were depressed in dry matter production, however, the response was relatively low in Ns and Bp (Fig. 4, Table 3).

4. Total-N content was lower and CWC content was higher under higher temperature treatments than under low temperature of 20°C and there was no remarkable difference within the higher temperature treatments. In Gp and Bg, high dry matter production species, total-N content was low and CWC was high. But these values may be affected more by the growth stage and dry matter accumulation than the direct effect of temperature (Table 1).

5. The rate of decrease in leaf chlorophyll concentration of Sb, Rp and Ns was low at 15°C, indicating the chilling resistance of these species. In cases of other grasses, however, ranking of hardiness was not possible according only to this rate (Table 4).

6. Optimum temperature for the growth of these tropical and subtropical grass species was shown to be about 30°C. Though at 20°C, sub-optimum, all the grasses were able to grow, but at 15°C, most grasses scarcely grew and were injured.

7. There were differences in growth responses to the temperatures, especially to the low temperature and in chilling injury between the experiments conducted in summer and in autumn. And the differences were assumed to be related closely to the pretreatment conditions of growth and to the day-length and the light intensity during the experimental periods.