

ネピアグラスの乾物生産に関する研究

第1報 東京と宮崎とにおける乾物生産力及び生長 パラメーターの比較*

伊 藤 浩 司・稲 永 忍**

(宮崎大学農学部, **東京大学農学部附属農場)

昭和62年5月25日受理

要 旨: ネピアグラス (品種メルケロン) について, 東京及び宮崎における植え付け当年の乾物生産力及び生長パラメーターを比較する目的で実験を行なった。東京では1985年5月20日, 宮崎では1984年及び1986年の5月1日に苗を植え付け, 多肥条件下で圃場栽培した材料につき, 初霜直前の時期まで, 生長解析を行なった。栽培終期は, 東京では11月上旬, 宮崎では11月中旬であった。植物体全乾物重の栽培終期における値は, 東京では39.3 t/ha, 宮崎の1984年度では51.8 t/ha, 1986年度では40.1 t/haであり, 必ずしも常に宮崎の方が高いという傾向はなく, いずれも南九州以北の耕地における各種作物の生産力の最高位値に匹敵する。6月下旬以前及び9月上旬以後の期間は, 宮崎に比べて東京の方が, 気温及び日射量が低く生産速度も低い。また, 秋の気温低下に伴って生産が殆ど停止する時期は, 東京の方が早い。しかし, 7月上旬から8月下旬にかけては, 両地域の気温はほぼ等しく, 日射量は東京の方が低いにも拘らず, 宮崎の両年度に比べて東京の方が, 葉面積指数の増大速度が高いとともに吸光係数が小さく, 純同化率は高い。そのため, 葉面積指数の増大に伴う個体群生長速度の増加勾配及び最高値はともに東京の方が高くなる。このことは, 東京における, 生産可能期間が短く栽培期間中の気温及び日射量が概して低いことに伴う生産力の低下を, 補償することとなる。

キーワード: 乾物生産力, 吸光係数, 個体群生長速度, 純同化率, ネピアグラス, 葉面積指数。

Studies on Dry Matter Production of Napiergrass I. Comparison of dry matter productivities and growth parameters between Tokyo and Miyazaki: Koji ITO and Shinobu INANAGA* (*Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Kumano, Miyazaki 889-21, Japan.* **Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Tokyo University, Tanashi, Tokyo 188, Japan*)

Abstract: Dry matter productivities and growth parameters of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach, cv. Merkeron) were compared between the plants grown from seedlings with high fertilizer inputs at Tokyo and at Miyazaki. The dry matter yields of whole plants at the end of growing season were 39.3 t/ha at Tokyo and 51.8 t/ha in 1984 and 40.1 t/ha in 1986 at Miyazaki. In comparison with Miyazaki, Tokyo had disadvantages for production such as shorter duration of productive period and lower levels of temperature as well as solar radiation, except for temperature level in summer, which was similar at the two sites. In summer, however, the rate of increase in leaf area index (LAI) at Tokyo was higher with a lower extinction coefficient and a higher net assimilation rate. This resulted in a steeper increase in crop growth rate (CGR) owing to the increase in LAI and a higher maximum CGR at Tokyo than at Miyazaki, and diminished the aforementioned disadvantages involved in the production at Tokyo.

Key words: CGR, Dry matter productivity, Extinction coefficient, LAI, Napiergrass, NAR.

ネピアグラス (Napiergrass, *Pennisetum purpureum* Schumach) は, 乾物生産力の高い牧草として知られ, 植え付け後1年以上を経過した植物体について, 年間に数回の刈り取りを行なった場合, 刈り取り部の年間乾物収量は, 熱帯における多肥条件下では41.7 t/ha から85.2 t/ha^{4,7,27)}に達し, 我が国での多収例としては, 那覇市で70.2 t/ha¹⁹⁾, 石垣市で67.2 t/ha¹³⁾の値が得られている。

現在, 熱帯及び亜熱帯地域で広く栽培され¹⁾, 我

が国では, 南西諸島における主要な牧草の1つである。しかし, 南九州以北の地域では, 鹿児島県及び熊本県の沿海部の一部で栽培されるに過ぎない。

南九州以北におけるネピアグラスの生産性については, これまでに, 鹿児島⁹⁾, 香川¹⁷⁾, 岐阜³⁰⁾の各県で他の飼料作物にまさる生草収量が得られている。また, 讀井²⁴⁾の紹介によると, 大津市で得られた生草収量は鹿児島市に比べ多い。従って, 少なくとも東京以南の地域ではかなり高い生産性を期待出来ることが示唆³⁰⁾される。これらの地域において, ネピアグラスが現在のトウモロコシやソルゴーと同

* 本研究費の一部は文部省科学研究費による。

等或いはそれ以上の乾物生産力を発揮できるのであれば、家畜の粗飼料生産、あるいは、将来のバイオマスエネルギー資源のための草種の選択の巾が大きくなる。

ネピアグラスは、宮崎の低地でも地下部は越冬するが地上部は降霜により枯死するので、南九州以北では夏作の牧草となる。この場合、生産可能期間の長さや温度などの環境条件が、熱帯や亜熱帯での栽培に比べ、生産上不利なことは当然予想されるが、南九州以北における栽培要因が、 C_4 -型植物のネピアグラスの乾物生産力及び乾物生産機構にどの程度の影響を与えるかについては明らかでない。

以上のことから、本実験では、気象条件の異なる東京と宮崎とにおいて、ネピアグラスを多肥条件下で栽培し、乾物生産力及び生長パラメーターの地域差を検討することとした。

材料と方法

実験実施の都合により、地域により実験年度が異なったが、各年度とも、材料の栽培や調査方法はほぼ同様とした。

ネピアグラスの品種メルケロンを供試し、東京大学農学部付属田無農場（東京都田無市）で1985年度、宮崎大学農学部付属住吉牧場（宮崎市住吉）で1984年度及び1986年度に、それぞれ、生長解析実験を行なった。

材料の栽培：各実験年度の前年の晩秋にビニールハウス内に埋め込んだ稈から萌芽し、7—8葉期に達した分げつを苗として植え付けた。植え付けは、東京では5月20日、宮崎では両年度とも5月1日に行なった。植え付けに際して、東京では、苗の葉を切除することなく約10 cmの深さに植え付け、宮崎では、葉を1/3程度に切除して約5 cmの深さに植え付けた。栽植条件は、株間、畦間ともに50 cmとし、1株1本植えとした。植え付け後から活着が確認されるまでの期間は十分に灌水し、除草も行なった。しかしその後は、施肥以外の圃場管理は一切行なわなかった。施肥については、基肥として、10 a 当たり換算、乾燥鶏糞を150 kg、N及び P_2O_5 を各15 kg、 K_2O を10 kg施用し、追肥として、6月下旬及び9月中旬にNのみ、8月上旬に3要素を基肥と同量施用した。

調査：植え付け後から各地域の初霜直前の時期迄の期間にわたり、20日乃至30日間隔で、次のような調査を行なった。

各調査時に、個体群周辺部の2列以上を除く中央部の8—10株につき、葉身、稈（茎及び葉鞘）、枯死部、根の各乾物重及び生葉の面積を調査した。根の調査は、各株を中心とする縦50 cm×横50 cm×深さ30 cmの範囲を調査対象とした。なお、30 cm以上の深さに達している根は少なく、上記の調査により根重を著しく過小評価することにはならないと判断された。また、枯死部は長期にわたり稈に付着していたので、逸失部分は少ないとみなされる。

この他、各調査時の3日前から当日にかけて、好天の日を選んでその日の12時前後に、相対照度計（三紳工業製）により地際の相対照度を測定した。この測定に際しては、必要に応じて枯死部を予め除去しておき、前記の調査対象株の周辺で、畦間の中心線につき、株間の中点を起点とした25 cm間隔にて、10—15点を測定した。気温、日射量及び降水量の調査は、両実験地の観測によった。

結果と考察

1. 実験期間中の気温、日射量及び材料の生育の概況

実験期間中の日平均気温及び日射量の月平均値の変化を第1図に示した。

宮崎の気温は、各月とも両年度に大差ない。7月と8月には両地域の値がほぼ一致して最も高くなり、約27°Cを示す。この頃の最高気温の期間平均値は約32°Cで、ネピアグラス個葉の光合成適温の36.7°C¹⁵⁾に達しない。その他の期間は、東京の方が低く、6月の地域差はとくに大きい。亀谷¹⁴⁾によると、日平均気温が20°C以下になるとネピアグラスの生育は強く抑制される。その気温以上の期間を、各実験年度の日別日平均気温から推定すると、東京では6月上旬から9月下旬まで、宮崎では5月上旬から10月上旬までとなり、宮崎の方が約1ヶ月長い。

日射量については、宮崎では、6月と7月を除き両年度に大差ない。両地域を比較すると、5月と11月を除き、宮崎の方が高いが、7月と8月は地域差が比較的小さい。両地域とも8月から9月にかけて、強く低下する。

降水量については、両地域とも、長期にわたる過湿或いは強い乾燥には遭遇しなかったので図を省略した。

両地域、各年度ともに、実験期間中に台風が1乃至2回接近したが、その被害は殆どなく、また、病

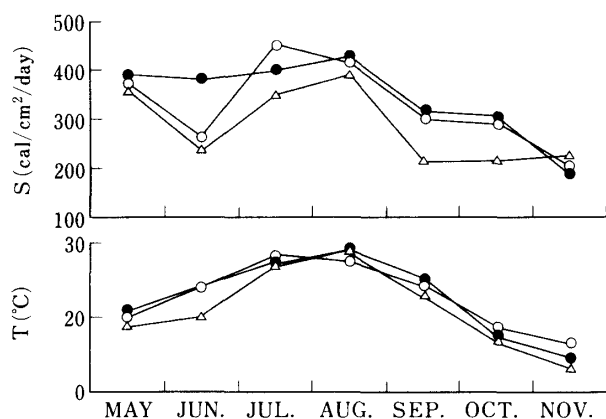


Fig. 1. Changes in monthly means of daily mean temperature (T) and daily solar radiation (S).

○ : Miyazaki-1984, ● : Miyazaki-1986,
△ : Tokyo-1985.

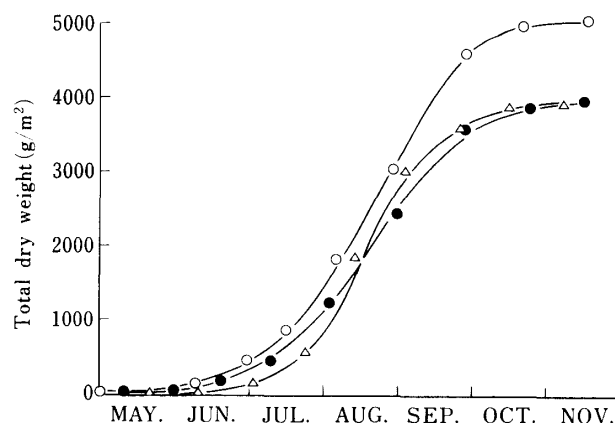


Fig. 2. Changes in total dry weights.
Symbols as in Fig. 1.

虫害の発生も皆無で、材料はほぼ順調に生育し、10月上旬には、草高が約4mに達した。東京では11月上旬の初霜の頃に至るまで穂孕みに至らなかったが、宮崎では両年度とも、10月中旬になると一部の分けつに穂孕みが認められ、12月中旬には大部分の分けつが出穂した。なお、宮崎の材料の生育は、例年に比べて、1984年度はとくに良好であった。

2. 乾物重の変化

第2図に、植物体全乾物重 (TDW) の経時的変化を示した。

宮崎に比べ東京の方が、植え付けが遅く、6月下旬迄の気温及び日射量ともに低いため、この時期のTDWは東京の方が低い。しかし、7月から8月にかけては、気温は両地域に大差なく日射量は東京の方がやや低いにも拘らず、TDWの増加は、宮崎の両年度に比べ東京の方が急である。9月上旬以後は再び、東京の方が、気温及び日射量ともに低く、TDWの増加は緩慢となり、増加が殆ど停止する時期も、東京の方が早い。最終TDWの値は、東京では39.3 t/ha、宮崎の1984年度では51.8 t/ha、1986年度では40.1 t/haである。宮崎では年度間変動が大きい、東京に比べて必ずしも常に優るという傾向はなく、いずれも、岐阜におけるニューソルゴーの40.3 t/ha²²⁾及び北海道におけるトウモロコシ地上部の約35 t/ha¹⁴⁾とともに南九州以北の耕地における年間純生産量の最高位値²²⁾に相当する。宮崎における1984年度の生産力がとくに高いのは、後述のように、主として葉面積指数の増大が盛んな

ことによるが、その理由は明かでない。

このように、東京と宮崎のいずれにおいても、ネピアグラスは高い生産力を発揮する。しかし、生育が進むに伴い稈の下部が次第に硬くなり、その部分は家畜の粗飼料としての利用性が低い。この点については、乾物収量と家畜に対する栄養収量との関係として、別報で検討する。

次に、TDWに対する植物体各部分の乾物重の比率を第3図に示した。前述のように、東京と宮崎とで植え付け方法が相違し、その相違に基づくと思われる変化が、6月頃までの葉身及び根の乾物重比率にあらわれていたので、第3図には7月以後について図示した。

宮崎における比率は、各部分とも、年度間差が小さい。両地域とも、7月以後、葉身の比率は低下を続け、これと対照的に、稈及び枯死部の比率は増大する。とくに、稈の比率は、7月上旬の約40%から9月下旬の約65%にまで増大し、その増大は東京の方がやや急である。9月下旬には両地域の値がほぼ一致し、その後の変化はともに小さい。このような稈の比率の変化は、同化産物の受容体として、稈が大きな役割を果たし、その機能は東京の方が強いことを示唆する。枯死部の比率は、全調査期間を通じて東京の方が低い。図を省略したが、枯死部の乾物重も同様であり、前述のように、東京の方が穂孕みに至る時期が遅いこととも関連して、下葉の枯死の進みは東京の方が遅い。根の比率は7月下旬までは東京の方がやや高いが、その後は両地域の値がほぼ一致し、いずれも10%以下の低い値で経過する。トウモロコシおよびモロコシの根の比率は、生育初期の30—40%から種子完熟期の10%程度に次

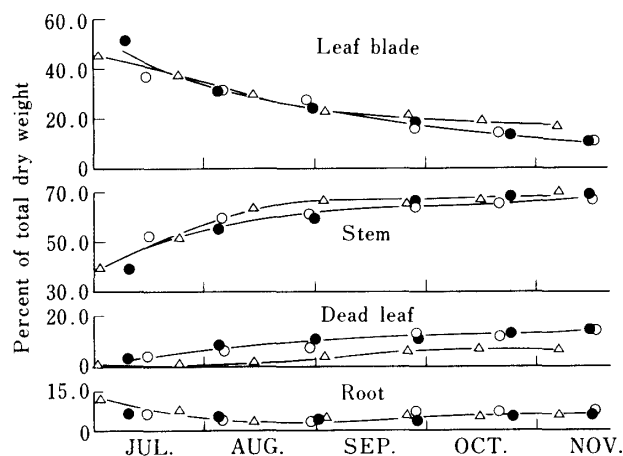


Fig. 3. Changes in ratios of dry matter weight of each plant part to total dry weight. Symbols as in Fig. 1.

第に低下する¹⁰⁾。匍匐型で耐乾性がとくに高いバヒアグラスでは年間を通じて35—50%である⁵⁾。これらの草種に比べてネピアグラスの根の比率が低いこと及びその自生地の間年降雨量は1,000 mm以上¹⁾で、他の多くのC₄-型牧草の自生地と比べて多いことは、ネピアグラスが高い生産力を発揮するためには多量の水分を必要とすることを示唆する。

3. 葉面積指数の変化

第4図にみられるように、宮崎における葉面積指数(LAI)は全栽培期間にわたり、1984年度の方が大きい。両年度の差は、植え付けの約1ヵ月後から既に明瞭となっていることから、苗の素質の相違によると推察されるが、詳細は不明である。両地域のLAIを比較すると、6月下旬の頃は東京の方が小さいが、7月上旬から9月上旬にかけての増大は、TDW(第2図)の場合と同様に、東京の方が急である。東京におけるLAI及びTDWのこのような変化は、土壤乾燥処理により生長を抑制されていたトールフェスクが灌水されると、乾燥処理を受けていなかった植物体に比べ、生産速度が高くなる⁶⁾ことに類似する。

東京では9月下旬に、宮崎では同じく中旬頃に、それぞれ、LAIが最大となる。最大値は東京では14.3、宮崎の1984年度では13.5、1986年度では12.0であり、東京の方がやや大きい傾向がある。9月以後も出葉は続くが、新しい葉の抽出展開速度及び面積は次第に小さくなり、下葉の枯死の進みによるLAIの減少を補い得なくなる。出葉速度については調査していないが、前述のように下葉の枯死の進みは東京の方が遅く、7月以後のLAIの増大及

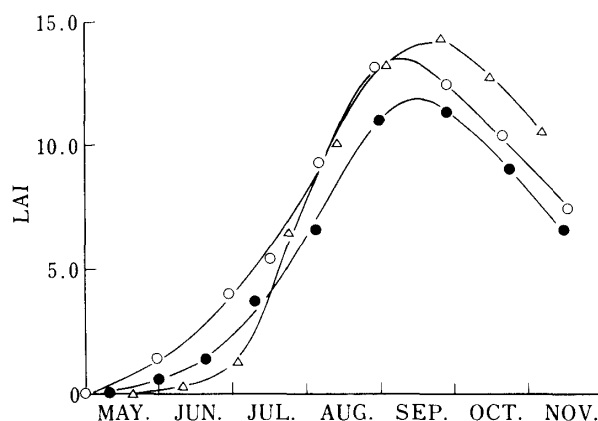


Fig. 4. Changes in leaf area indices (LAI). Symbols as in Fig. 1.

び維持ともに東京の方がまさる。

4. 葉面積指数と吸光係数、純同化率及び個体群生長速度との関係

LAIと吸光係数(K)との関係について、連続する各2回の調査時の平均値を用いて第5図に示した。宮崎の1986年度にはKを調査していない。

LAIが約4以下の範囲におけるKは、LAIの増大に伴って東京では減少し、宮崎では増大するが、Kの値は東京の方が大きい。この相違は、植え付け方法の相違によると考えられる。即ち、前述のように、東京では苗の葉を切除せずにやや深植えとした。葉が切除されていないと、植え付け当初の葉は下垂し易いためKが大きい。しかし、深植えにより、植え付け後出現する分げつの対地傾斜角度が大きいので、茎数の増加に伴ってKは減少する。宮崎の場合は、苗の葉を1/3程度に切除してやや浅植えとしたため、葉及び分げつの傾斜角度並びにKの変化は東京の場合と逆になる。しかし、いずれの場合も、株相互の接触が強まるに伴い、葉及び分げつの傾斜角度は大きくなり、Kは減少する。

従って、LAIが約5から約8の範囲では、両地域とも、LAIの増大に伴ってKは減少し、東京の方がKの値は小さい。LAIが約8を越すと、Kの減少傾向は、東京では消失するが宮崎では続く。那覇におけるネピアグラス²¹⁾では、LAIが7から12にかけて、Kは0.5から0.3に減少しており、宮崎の場合と同様な傾向の変化を示す。このようなKの変化の地域差は、LAIの変化(第4図)の差異と関連することのないように見受けられるが、これらの差異の理由は現在明らかでない。

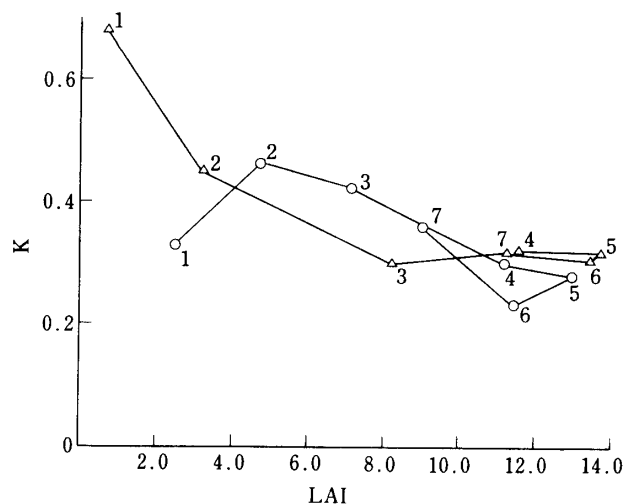


Fig. 5. Relations between leaf area indices (LAI) and extinction coefficients (K).
○ : Miyazaki-1984, △ : Tokyo-1985.
Numerals indicate the serial numbers of the investigations.

C₃-型植物に比べ C₄-型植物は、個葉光合成の光飽和点が高いので、個体群の生産速度に及ぼす K の影響は小さいと考えられるが、LAI の増大に伴い K が減少する場合は、一定の場合に比べ、純同化率の低下が次第に弱められることになる³⁾。

LAI と純同化率 (NAR) との関係を第 6 図 A に示した。また、同図 B, C には第 5 図と同様な期間平均値を用いて、LAI と日平均気温及び日射量との関係をそれぞれ示した。

各材料とも、NAR は約 7.5 g/m²、日以下の値であり、他の多くの植物について得られている値⁸⁾に比べ、とくに高い値ではない。

LAI が約 8 以下の範囲における NAR の値は、宮崎では年度間に大差なく、LAI の値によらずほぼ一定であるのに対し、東京では LAI の増大に伴い次第に増加し、宮崎に比べ高くなる。NAR のこのような変化は、主として、LAI の増大と気温、日射量の上昇及び K の減少とが平行して進むことによるのであり、LAI が約 5 以上では東京の方が、K の値が小さい (第 5 図) ことにより気温及び日射量の上昇の影響が強くあらわれると考えられる。しかし、前述のように、東京の方が 7 月及び 8 月における稈への乾物分配率が高いことも、NAR が高いことに関連するかもしれない。他方、土壤肥沃度も NAR に影響する要因であるが、ネピアグラス²⁰⁾を含めていくつかの C₄-型牧草²⁶⁾では、NAR に及ぼす施肥量の影響は小さいとされ、さらに、本実験の

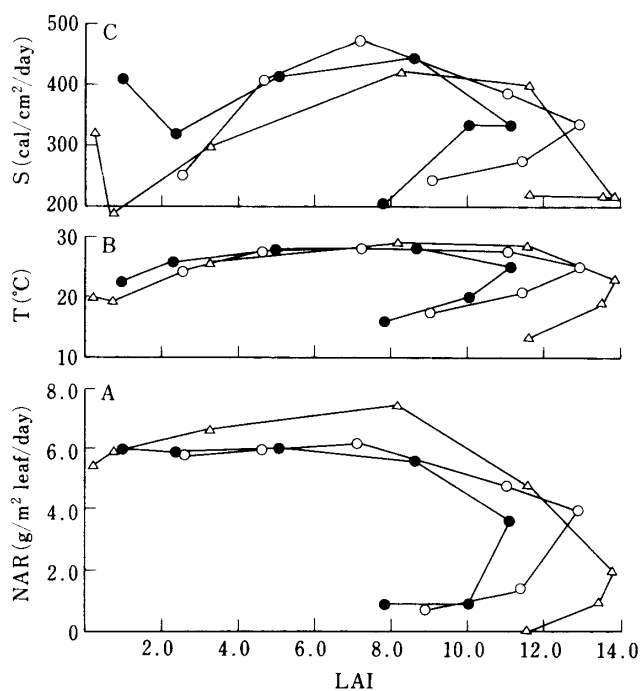


Fig. 6. Relations between leaf area indices (LAI) and net assimilation rates (NAR), daily mean temperatures (T) and daily solar radiations (S).
A : Relation between LAI and NAR,
B : Relation between LAI and T,
C : Relation between LAI and S.
Symbols as in Fig. 1.

場合は両地域とも多肥条件としている。従って、土壤肥沃度の影響は殆どないとみなされる。

LAI が約 8 を越すと、両地域とも、NAR は低下する。この低下は、多くの場合、気温及び日射量の低下に伴うが、東京では、LAI が約 8 から約 12 にかけて、気温及び日射量は殆ど低下しないにも拘らず NAR は低下する。これは、主として、K が一定であることによると考えられる。

LAI が減少する過程では、NAR の変化は主として気温の変化と関連し、日射量及び LAI の変化との関連は弱い。宮崎では、日平均気温が約 20°C に低下すると NAR は著しく低くなる。東京では、約 23°C の頃から既に NAR はかなり低く、約 15°C になると 0 に近い。

最後に、LAI と個体群生長速度 (CGR) との関係を第 7 図に示した。

前述の LAI と NAR との関係から、両地域とも、LAI が約 8 以下の範囲では、CGR は LAI にほぼ比例して増加し、その増加勾配は、宮崎では両年度に大差なく、東京に比べ小さい。

東京及び宮崎の1986年度の場合は、LAIが約8のときCGRは最高値を示す。宮崎の1984年度のCGRは、LAIが約8から12にかけて日射量が低下するに伴い増加勾配が低下するが、LAIが約12のとき最高値に達する。CGRの最高値は、宮崎に比べ東京の方が高いが、いずれも、耕地における各種作物のCGRの最高値についてこれまでに得られている値²²⁾の中でも最も高い部類に入る。

CGRが最高値に達した後のLAIの増大及びそれに続く減少に伴うCGRの低下は、東京におけるLAIが約8から12の範囲を除き、いずれも気温及び日射量の低下に伴うNARの低下によるところが大きい。しかし、東京におけるLAIが約8から12にかけては、気温及び日射量は低下しないにも拘らず、NARの低下が強いためCGRが低下しており、LAIが約8のときが最適LAI (optLAI) とみなされる。那覇における刈り取り部の収量についてもoptLAIが認められており、その値は栽植密度により異なるが、本実験と同じ密度では9.7である¹⁹⁾。これに対し、宮崎の場合は、気温及び日射量の変化によりCGRの最高値があらわれているので、optLAIの有無は明らかでない。

従来、いくつかの植物^{2,12,16,18,25,28,29)}について、optLAIが存在しないこと、或いは、LAIの広い範囲にわたってoptLAIが生ずることを示す例が報告されており、LAIの増大に伴い、Kが低下する場合や呼吸の光適応²³⁾により呼吸能率が低下する場合は、optLAIが不明瞭となる³⁾。ネピアグラスにおけるLAIと呼吸速度との関係は現在明らかでないが、東京におけるLAIが約8以上の場合のようにKが一定であること、那覇のように気温の日較差が小さく夜温が高いことはいずれも、optLAIを生じ易い要因である。

しかし、第7図にみられたように、東京の場合、optLAIを越えてLAIが増大することに伴うCGRの低下は比較的小さく、また、気温及び日射量が高いことにより生産性を高く維持し得る期間は短いので、optLAIの存在は生産上の実質的な不利とはならない。宮崎では、LAIがoptLAIに達する以前に、気温及び日射量の低下によりCGRが低下する。1986年度に比べ1984年度の場合はLAIの増大が急で、CGRが最高値に達するときのLAIが大きく、CGRの最高値も高い。従って、両地域とも、全栽培期間中の生産力はLAIの増大速度に強く依存することになる。

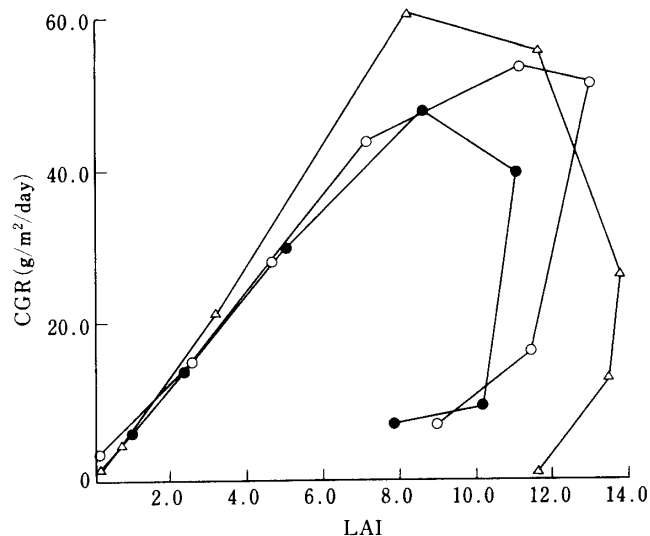


Fig. 7. Relations between leaf area indices (LAI) and crop growth rates (CGR). Symbols as in Fig. 1.

両地域とも、日平均気温が約20°C以下におけるCGRは極めて低い。このことは、前述の亀谷の指摘とも符合する。従って、秋になって、日平均気温が20°C以下に低下する時期が実用的な栽培終期と推定される。

以上のように、宮崎に比べ東京では、生産可能期間が短いこと、並びに、栽培期間中の気温及び日射量が概して低いことが、生産上の不利となっている。しかし、7月から8月にかけてのLAIの増大及び生長パラメーターはともに、東京の方が生産上有利な態勢であり、それによって、東京における生産上の不利は補償されることになる。

謝辞：本研究は文部省科学研究費「エネルギー特別研究」の一環として行なわれた。この特別研究を実施する過程で、村田吉男 東京農業大学教授、山本武彦 福山大学教授、武田友四郎 九州大学名誉教授及び玖村敦彦 東京大学名誉教授から、終始、懇切な助言を戴いた。ここに記して深謝の意を表します。

引用文献

1. Bogdan, A.V. 1965. Tropical Pasture and Fodder Plants (Grasses and Legumes). Longman, London. 233-241.
2. Brougham, R.W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Aust. J. Agric. Res. 7: 377-387.
3. Brown, R. H. and R.E. Braser 1968. Leaf area index in pasture growth. Herb. Abst. 38: 1-9.

4. Cooper, J.P. 1970. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. *Herb. Abst.* 40 : 1—15.
5. Hirata, M., Y. Sugimoto and M. Ueno 1986. Energy and matter flows in bahiagrass pasture. I. Seasonal changes in dry matter weight and structure of sward. *J. Japan. Grassl. Sci.* 31 : 377—386.
6. Horst, G.L. and C.J. Nelson 1979. Compensatory growth of tall fescue following drought. *Agron. J.* 71 : 559—563.
7. Hoshino, M., S. Ono and N. Sirikiratayanond 1979. Dry matter production of tropical grasses and legumes and its seasonal change in Thailand. *J. Japan. Grassl. Sci.* 24 : 310—317.
8. 穂積和夫・篠崎吉郎 1960. イギリス系の生長解析. 吉良竜夫編, 生態学大系 第11巻上 植物生態学 [2]. 古今書院, 東京. 237—257.
9. 井出迫金一 1961. 有望な南方型牧草の栽培について. *日草誌* 7 : 146—150.
10. Jones, C.A. 1985. *C₄ Grasses and Cereals*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 118—121.
11. 亀谷長邦 1971. ネピアグラスの月別収量調査. 畜試報 (琉球政府) 11 : 38—42.
12. King, R.W. and L.T. Evans 1967. Photosynthesis in artificial communities of wheat, lucerne, and subterranean clover plants. *Aust. J. Biol. Sci.* 20 : 623—635.
13. 北村征生・阿部二朗・堀端俊造 1982. 南西諸島におけるイネ科飼料作物の栽培と利用. 1. ローズグラス, ギニアグラスおよびネピアグラスの乾物収量におよぼす刈取間隔および生育季節の影響. *日草誌* 28 : 33—40.
14. 窪田文武・植田精一 1981. 飼料用トウモロコシの栽培環境と生産性. III. 高密度栽培によるトウモロコシの生産力向上. *日草誌* 27 : 182—189.
15. Ludlow, M.M. and G.L. Wilson 1971. Photosynthesis of tropical pasture plants. I. Illuminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf-vapour pressure difference. *Aust. J. Biol. Sci.* 24 : 449—470.
16. Ludwig, L.J., T. Saeki and L.T. Evans 1965. Photosynthesis in artificial communities of cotton plants in relation to leaf area. 1. Experiments with progressive defoliation of mature plants. *Aust. J. Biol. Sci.* 18 : 1103—1118.
17. 松岡匡一・野田博 1966. Napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) の特性について. *熱帯農業* 9 : 211—215.
18. McCree, K.J., and J.H. Troughton 1966. Non-existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. *Pl. Physiol.* 41 : 1615—1622.
19. 宮城悦生 1980. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の生産におよぼす栽植密度の影響. *琉大農学報* 27 : 293—301.
20. ——— 1981. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の生産性および飼料価値に関する研究. 1. 窒素施用が生産におよぼす影響. *日草誌* 27 : 216—226.
21. ——— 1983. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の生産構造におよぼす刈取間隔の影響. *琉大農学報* 30 : 529—532.
22. 村田吉男 1980. 光合成と生産. 宮地重遠・村田吉男編, 光合成と物質生産. 理工学社, 東京. 475—510.
23. 及川武久 1979. 光合成産物の分配と生長. 岩城英夫編, 植物生態学講座 3. 群落の機能と生産. 朝倉書店, 東京. 150—162.
24. 讃井芳胤 1961. ネピアグラスの栽培利用法. *農及園* 36 : 663—666.
25. Shibles, R.M. and C.R. Weber 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Sci.* 5 : 575—577.
26. 杉本安寛・仁木巖雄 1977. 施肥窒素に対する牧草の反応に関する研究. II. 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* 32 : 114—119.
27. Vicente-Chandler, J., S. Silva and J. Figarella 1959. The effect of nitrogen fertilization and frequency of cutting on the yield and composition of three tropical grasses. *Agron. J.* 51 : 202—206.
28. Wilfong, R.T., R.H. Brown and R.E. Blaser 1967. Relationship between leaf area index and apparent photosynthesis in alfalfa (*Medicago sativa* L.) and ladino clover (*Trifolium repens* L.). *Crop Sci.* 7 : 27—30.
29. Williams, W.A., R.S. Loomis and C.R. Lepley 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. 2. Components of growth, net assimilation rate, and leaf area index. *Crop Sci.* 5 : 215—219.
30. 安江多輔・沢野定憲・加藤善二・堀内孝次 1976. ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) の1年生作物としての栽培利用について. *日草誌* 22 : 78—85.