

暖地におけるイネ科牧草の乾物生産及び  
飼料品質に対する植物生長調節剤及び  
施肥量処理の直接的影響と後作用

沈 益 新

1995



①

暖地におけるイネ科牧草の乾物生産及び  
飼料品質に対する植物生長調節剤及び  
施肥量処理の直接的影響と後作用

沈 益 新

1 9 9 5



## 目 次

緒 言	1
第 1 章 施肥量前歴を異にするオーチャードグラスの追肥および刈り取りに対する生長反応および飼料品質の変化	5
材料と方法	5
結果と考察	7
1. 地上部乾物収量	7
2. 葉面積指数および純同化率	9
3. 茎数および 1 茎当りの平均葉面積	14
4. 飼料品質と生長速度との関係	19
まとめ	26
第 2 章 オーチャードグラスの乾物生産および可消化乾物収量に及ぼす植物生長調節剤処理と施肥の直接的影響の季節的差異	27
材料と方法	27
結果と考察	28
1. 実験期間中の気温の変化	28
2. 草丈, 茎数および出穂状況	30
3. 1 茎当たりの葉面積と葉面積指数	35
4. 地上部乾物収量	35
5. 地上部各部の <i>in vitro</i> 乾物消化率と <i>in vitro</i> 可消化乾物収量	41
まとめ	48
第 3 章 オーチャードグラスの乾物生産に対する植物生長調節剤	



処理と施肥の後作用	4 9
材料と方法	4 9
結果と考察	5 0
1. 実験期間中の気象条件	5 0
2. 処理の直接的影響および後作用の特徴	5 0
3. 再生草の地上部乾物収量	5 3
4. 茎数および生殖茎率	5 5
5. 乾物生産に関する処理の後作用の発現機構	5 8
6. 再生草の <i>in vitro</i> 乾物消化率	6 1
まとめ	6 5
第4章 グリーンパニックの乾物生産に及ぼす植物生長	
調節剤処理と施肥の影響	6 7
材料と方法	6 7
結果と考察	6 8
1. 出穂	6 8
2. 茎葉の生長	7 1
3. 地上部乾物収量	7 4
4. 1 番草刈り取り時の刈り株の分けつ構成と刈り取り後 の新分けつの生長	7 7
まとめ	8 2
第5章 オーチャードグラスの夏枯れに及ぼす生長調節剤処理	
および施肥の影響	8 3
材料と方法	8 4
結果と考察	8 4
1. 実験期間中の気象条件	8 4



2. 草丈	8 5
3. 株当たりの地上部乾物重	8 5
4. 株当たりの茎数および葉面積	9 1
5. 株当たりの地上部乾物重と茎数および葉面積との関係	9 4
まとめ	9 9
第6章 キクユグラスとセタリアグラスの生長および耐冷性に 及ぼす植物生長調節剤処理の影響	1 0 0
材料と方法	1 0 0
結果と考察	1 0 2
1. 茎葉の生長	1 0 2
2. 植物体各部の乾物重	1 0 4
3. 生長関数	1 0 6
4. 低温時期の屋外とガラス室内での生長と光合成能力の 変化	1 0 9
まとめ	1 1 4
第7章 青刈用ソルガムの乾物生産性に及ぼす植物生長調節剤 処理の影響	1 1 6
材料と方法	1 1 7
結果と考察	1 1 9
1. 地上部の乾物重および草高	1 1 9
2. 茎数	1 2 2
3. 乾物収量	1 2 2
4. 台風による倒伏程度	1 2 2
5. 個体群の受光態勢	1 2 6
6. 生長関数	1 2 6



まとめ	1 3 2
第 8 章 総合考察	1 3 5
1. 乾物生産と飼料品質に及ぼす G A <sub>3</sub> 処理の直接的影響と その後作用	1 3 5
2. 植物生長抑制剤処理による乾物生産の抑制, 飼料品質の 改善およびその後の補償的生長	1 3 8
3. 乾物生産に及ぼす施肥量処理の影響とその後作用	1 4 0
4. 不良環境条件に対する抵抗性に及ぼす植物生長調節剤処 理と施肥の影響	1 4 1
要約	1 4 4
I. 乾物生産に及ぼす影響	1 4 4
II. 飼料品質に及ぼす影響	1 4 6
III. 生長障害に対する耐性に及ぼす影響	1 4 7
S u m m a r y	1 4 8
謝辞	1 5 1
引用文献	1 5 2



## 緒 言

草食家畜の生産には高品質飼料草の安定給与が必要である。したがって、牧草の生産には、総生産量が大きいとともに季節的変動が小さいことが望まれる。しかし、実際の生産現場における牧草の生産性及び飼料品質は季節によって大きく変動する。寒地型牧草では春から初夏の頃にかけて、また、暖地型牧草では盛夏の頃にそれぞれ、他の季節に比べて生産性がかなり高く、この頃の収量の一部は余剰となることが多い。一方、晩秋から早春にかけては、南九州のような暖地においても、気温が低いため、牧草の生産性が低く、収量は不足する。また、イネ科牧草の生産性の高い季節では、節間伸長、茎のリグニン化などによって牧草の飼料品質が大きく低下する<sup>66, 100)</sup>。このように、牧草の生産および飼料品質は季節的に変動するため、畜産経営には飼料草の貯蔵が必要である。しかし、飼料草の貯蔵には貯蔵施設、専用の機械などが必要であるとともに、貯蔵草の調製には多くの労力も必要とするので、畜産農家にとって大きな負担となっている。そのほかに、貯蔵草の調製や貯蔵過程での栄養分の損失も避けられない<sup>66)</sup>。そこで、牧草の生産および飼料品質の季節的変動を人為的に調節する技術、即ち、生産性が高くて余剰草が多くなりやすい時期では、牧草の生産を抑制し、生産性が低く飼料草が不足する時期では、牧草の生産を促進する技術が必要であり、その技術を確立することは、畜産農家の経営には勿論、低投入持続的畜産を進めることの一助ともなると考えられる。

これまで、牧草の生産および飼料品質の季節的変動を人為的に調節する研究は見当たらないが、牧草の生産および飼料品質に及ぼす施肥<sup>59, 67, 68, 86, 96, 110-112)</sup>や、刈り取り<sup>25, 87)</sup>、植物生長調節剤処理<sup>4, 5, 14, 15, 17, 21, 23, 33, 38, 62, 64, 69, 83, 90, 116)</sup>などの直接的影響については数多くの研究が行われている。従来の研究では各種の処理の直接的影響が検討されてきたが、直接的影響によ



ってもたらされた生長の変化がその後の生長、乾物生産などに及ぼす影響、即ち、それらの処理の後作用については未だ十分に検討されていない。牧草生産では同じ植物体を長期間にわたって利用するので、ある処理が牧草の生産および飼料品質の調節に望ましい直接的影響を与えても、その後の生産や飼料品質を不良とする後作用が生ずれば、牧草の生産及び飼料品質の調節技術とはならない。したがって、牧草の生産及び飼料品質の人為的調節技術を確立するには、各種の処理の直接的影響とともにその後作用も明らかにしなければならない。

牧草の生産性は肥料の増施にしたがって増大する<sup>59, 67, 68, 110-112</sup>) ため、生産性の低い時期では、肥料の増施が牧草の生産を促進する有効な手段とされている。イネ科牧草の場合は、施肥により茎数増加が促進され<sup>41, 59, 68, 86, 112</sup>)、葉面積指数 (L A I) および光合成能力が増大して<sup>68, 80, 96, 111-113, 115</sup>)、生産性が増大する。しかし、多量の施肥はエネルギーの過剰投入、生産コストの増大だけでなく、環境汚染の原因ともなる。また、永年生草地では多量の窒素施肥により根の生長が抑制され<sup>6, 85</sup>) て、再生障害を生じ<sup>85</sup>)、単位草地面積当たりの牧草の株数が減少する<sup>89, 107</sup>)。それに伴って、裸地面積が増え<sup>89</sup>)、草地の経済的維持年限が短くなる。牧草の生産を促進するには、施肥は確かに有効な手段であるが、経営、環境などを考えると、施肥だけに頼らず、他の方法も検討すべきであろう。牧草の生産性が高く、余剰草が多くなりやすい時期では、施肥量を節約することによって牧草の生産性を低減させ<sup>110</sup>)、余剰草の生産を避けることが可能である。しかし、その節約が生産性を一時的に抑制するばかりでなく、その後の生産性をも抑制するような影響を及ぼすのであれば、その節約は生産性を調節する有効な手段とはならない。

これまでに、いくつかの牧草について、低温<sup>32, 36</sup>)、乾燥<sup>26, 63, 74</sup>) 或いは生長調節剤処理<sup>14, 17, 21</sup>) により生長が抑制された後の好適条件下での生長は、生長抑制を受けていない場合よりも旺盛となって、いわゆる補償的生長があらわ



れる例が報告されている。このような生長抑制に対する補償的生長が施肥に対する生長反応においても生ずるか否かは未だ不明であるが、もし生ずるならば、施肥量の節約による牧草の生産抑制は、肥料の増施による牧草の生産促進とともに牧草の生産を調節する有効な手段となり得る。

他方、牧草の生産性向上または飼料品質改善を目的として、植物生長調節剤の利用に関する研究も行われている。植物生長促進剤ジベレリン ( $GA_3$ ) 処理は牧草の光合成能力を高め<sup>61, 82)</sup>、伸長生長を促進して<sup>82, 116)</sup>乾物生産を促進する<sup>13, 62, 116)</sup>。しかし、イネ科牧草では、伸長生長が促進されると、頂芽優勢が強化されて茎数の増加および根の生長が抑制される<sup>41, 69, 116)</sup>。そのため、 $GA_3$ 処理では生産性が向上しない例も多い<sup>69)</sup>。根の生長と地上部の乾物生産との間には正の相関関係が認められている<sup>16)</sup>が、 $GA_3$ 処理の影響による根の生長抑制と茎数の減少は、処理の影響を受けた1番草を刈り取った後の再生草の生産に不利となるか否かは未だ不明である。牧草の生産促進に $GA_3$ の利用性を検討するには、当面、確実に増収する処理法および処理の後作用を究明しなければならない。

イネ科牧草の場合、生産性の高い季節には節間伸長・出穂に伴い飼料品質が急速に低下する<sup>5)</sup>。そこで、生長を抑制するとともに飼料品質の改善をはかる植物生長抑制剤の利用が検討されている。植物生長抑制剤処理によってイネ科牧草の節間伸長が抑制され<sup>22, 38, 47)</sup>、乾物生産が減少する<sup>21, 38, 83, 90, 112)</sup>が、収量の葉/茎比が大きくなり<sup>38, 90)</sup>、粗繊維含有率または中性デタージェント繊維含有率の増大が抑制される<sup>5, 14, 15, 21, 83, 90)</sup>ため、消化率の低下が弱められる<sup>4, 5)</sup>。また、植物生長抑制剤処理の影響を受けた1番草を刈り取ると、再生草に補償的生長が現れる<sup>14, 17, 21)</sup>ことが報告されている。余剰草が多くなりやすい時期に植物生長抑制剤処理を行い、直接的影響によって乾物生産および生長の進みに伴う飼料品質の低下の両者を抑制し、その後の生産性の低い時期



に補償的生長によって乾物生産を促進するならば、植物生長抑制剤処理は牧草の生産および飼料品質の人為的調節法として期待される有効な手段であろう。しかし、これまでの研究では再生草に現れている補償的生長の機構が明らかでなく、補償的生長を利用して牧草の生産および飼料品質を調節する可能性については未だ検討されていない。従って、植物生長抑制剤を牧草の生産性および飼料品質の調節に利用するためには、生長抑制による補償的生長の機構を解明することが先ず必要であると考えられる。

以上のことから、南九州における牧草の生産および飼料品質の季節的変動を人為的に調節する技術の確立に資することを目的として、本研究は、牧草と飼料作物の生産性および飼料品質に及ぼす植物生長調節剤および施肥量処理の直接的影響とその後作用、ならびに、後作用を生ずる機構を検討することとした。



# 第 1 章 施肥量前歴を異にするオーチャードグラスの追肥および刈り取りに対する生長反応および飼料品質の変化

少肥の直接的影響による生産性の低減およびその後の生産性に及ぼす後作用を明らかにするため、本実験では、オーチャードグラスの生長が順調な期間における施肥の影響を、栄養生長段階での施肥の直接的影響と出穂期における後作用とに分けて検討した。

## 材料と方法

オーチャードグラス(*Dactylis glomerata* L.)の品種ナツミドリを供試し、圃場実験とポット実験を行った。

### 1. 圃場実験

圃場実験は宮崎大学農学部附属住吉牧場で行った。土壌は砂質土壌である。

1991年10月31日にペーパーポットに播種し、同年12月19日に4葉期の苗を1株1本立として15×15 cmの間隔で圃場に植え付けた。基肥として植え付け前に発酵牛糞（窒素含有率0.6%）300g/m<sup>2</sup>を施用した。

施肥処理区として、1992年1月5日に多肥区（以下、H区）、中肥区（M区）及び少肥区（L区）の3区を設けた。各処理区とも圃場面積22.5(7.5×3.0)m<sup>2</sup>を供用し、化成肥料（いずみ化成15号）により窒素、リン酸、加里ともに10.0g/m<sup>2</sup>（H区）、5.0g/m<sup>2</sup>（M区）、0g/m<sup>2</sup>（L区）を施用した。この施肥処理後から4月14日までを処理の直接的影響を検討する期間とみなし、この期間を以下、第1期と称する。次に、4月15日に各施肥処理区とも窒素、リン酸、加里の各5g/m<sup>2</sup>



を前記の化成肥料で追肥した。また、この追肥と同時に各施肥処理区の半数を刈り取り区として地面から3cmの高さで刈り取りを行い、残る半数は無刈り区として生長を継続させた。その後、5月25日までの期間を、第1期の処理の影響の後作用を検討する期間とみなし、以下、第2期と称する。

第1、2期を通じて約2週間間隔で各区とも4株ずつの3反復として計12株を採取し、茎数、葉面積及び地上部の乾物収量などを調査した。また、各調査時のサンプルを葉身、茎（稈、葉鞘、穂を含む）および枯死部に分けて70℃で、48時間乾燥して、Van Soest らの方法<sup>117)</sup>により中性デタージェント繊維の含有率を、ペプシン・セルラーゼ法<sup>18, 19)</sup>により *in vitro* 乾物消化率を調べた。

## 2. ポット実験

ポット実験は宮崎大学農学部構内で行った。1/5000aワグナーポットを用い、砂質土壌で土耕栽培した。1992年12月29日に第4-5葉期の栄養茎を1本ずつ植え付け、1993年1月21日に前記のH区、M区及びL区の3処理区に分けて各区とも24ポットを供用した。施肥処理として、化成肥料（N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15%:15%:15%）によりポット当たりH区：4.0g、M区：2.5g、L区：1.0gを施用した。この施肥後から4月14日までを第1期とした。4月15日に各区とも同化成肥料をポット当たり4.0g追肥し、同時に、各区の半数のポットを刈り取り区として刈り取り高さ3cmで刈り取った。残る半数のポットは無刈区として生長を継続させた。無刈区は5月21日までの期間、刈り取り区は6月3日までの期間を第2期とした。第1期及び第2期とも、各区4ポットの植物体を採取して、圃場実験の乾物生産に関する調査とほぼ同様の調査を行った他、節間伸長した分げつを除く10～15本の分げつにおける第1期と第2期との期間内に増加した展開葉数及び展開緑葉の平均1葉当りの葉面積の調査を加えた。



## 結果と考察

### 1. 地上部乾物収量

圃場実験の地上部乾物収量 (DMY) の推移を第 1.1 図に示した。図中の曲線は日数 (X) に対する DMY (Y) の回帰曲線であり、その回帰式は図の注に記載したとおりである。

第 1.1 図 A に示したように、第 1 期の DMY の区間差は 3 月上旬頃より明瞭となり、その後次第に拡大した。第 1 期の調査終了時の DMY は H 区が最も大きく、次いで M 区、L 区の順であり、H 区と L 区との差は 5% 水準で有意であった。

第 2 期はオーチャードグラスの生育に好適な季節<sup>57, 58)</sup>に相当するとともに追肥したことにより、DMY の増加は各区とも第 1 期よりも急となった。第 2 期の無刈り区の変化 (第 1.1 図 B) をみると、処理区間差は次第に縮小して、終期には処理 3 区の DMY はほぼ一致した。生長が最も速い 4 月 26 日から 5 月 11 日までの期間の DMY 増加速度は、L 区、M 区、H 区の値がそれぞれ 19.57, 15.84, 13.71  $\text{gm}^{-2} \text{日}^{-1}$  であり、いずれの区間差も 5% 水準で有意であった。

刈り取り区の DMY の変化 (第 1.1 図 C) は無刈り区とほぼ同様の傾向であった。終期の DMY は H 区の値が他の 2 区に比べて大きかったがその区間差は有意でなかった。また、第 2 期当初の刈株の DMY は、H 区が 91.2  $\text{g/m}^2$ 、M 区が 60.0  $\text{g/m}^2$ 、L 区が 45.6  $\text{g/m}^2$  であり、少肥区ほど小さかったが、この刈株の DMY に対する第 2 期終期の DMY の比は L 区の 11.41 が最も大きく、次いで M 区の 8.68 であり、H 区の 6.32 が最も小さかった。

ポット実験の DMY の変化 (図表省略) も圃場実験の場合と同じ傾向の変化であった。

以上のように、圃場実験及びポット実験ともに、施肥量が少ないほど第 1 期



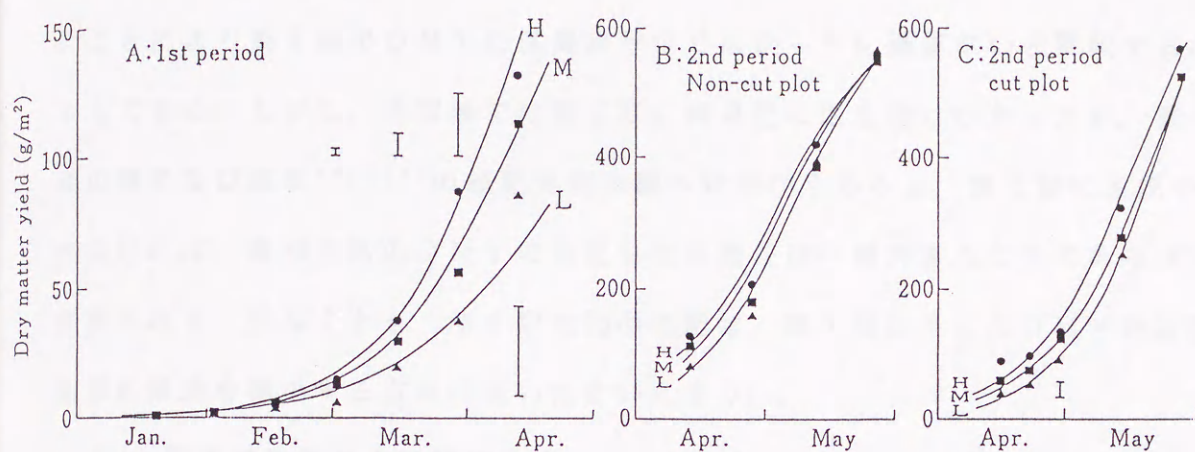


Fig.1.1. Changes in dry matter yield of aerial part in the field experiment.

Plants grown under different rates of fertilizer application in the 1st period for 101 days, were grown subsequently under an equal rate of additional fertilizer application with or without cutting in the 2nd period for 40 days. H plot(●), M plot(■) and L plot(▲) were applied a compound fertilizer, each of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O at the rate of 10, 5 and 0 g/m<sup>2</sup>, respectively, on Jan. 5 after the base fertilizer was applied at the rate of 1.8 g N/m<sup>2</sup>. The additional fertilization (5 g/m<sup>2</sup> each of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O) and cutting were carried out on Apr. 15. Bars show LSD<sub>0.05</sub> within the same sampling date.

A: H,  $Y = 313.73 / (1 + 912.125e^{-0.0647X})$ ,  $R^2 = 0.9772$ ;  
 M,  $Y = 213.59 / (1 + 792.891e^{-0.0659X})$ ,  $R^2 = 0.9558$ ;  
 L,  $Y = 154.58 / (1 + 415.149e^{-0.0558X})$ ,  $R^2 = 0.9231$ .

B: H,  $Y = 633.75 / (1 + 12.760e^{-0.0809X})$ ,  $R^2 = 0.9308$ ;  
 M,  $Y = 650.40 / (1 + 15.650e^{-0.0818X})$ ,  $R^2 = 0.7638$ ;  
 L,  $Y = 668.98 / (1 + 23.173e^{-0.0855X})$ ,  $R^2 = 0.9697$ .

C: H,  $Y = 856.12 / (1 + 43.002e^{-0.0777X})$ ,  $R^2 = 0.9409$ ;  
 M,  $Y = 912.54 / (1 + 60.444e^{-0.0771X})$ ,  $R^2 = 0.9683$ ;  
 L,  $Y = 895.33 / (1 + 107.213e^{-0.0883X})$ ,  $R^2 = 0.8671$ .

where Y is dry matter yield, X is days from Jan. 1 in A and from Apr. 1 in B and C.



のDMYは小さかったが、少肥区ほど第2期の乾物増加が促進されて、第1期の生長の遅れを取り戻すような、いわば、補償的生長があらわれた。この結果は、第1期に比べて第2期の方が乾物生産量は遙かに大きいので、第1期終期のDMYの区間差は第2期の乾物生産に影響せず、各区とも同量の追肥を受けたことにより第2期のDMYに区間差が生じなかったに過ぎないと解釈することもできる。しかし、本実験では第2期に無追肥の区を設けなかったが、第1期の趨勢及び既往<sup>59, 110)</sup>の施肥処理実験の結果からみると、第2期に追肥を行わなければ、無刈り区のDMYの施肥処理区間差は一層大きくなるであろうと推察される。少なくとも、第2期当初の追肥は、第1期に生じたDMYの施肥処理区間差を縮小する方向に働いたといえよう。

## 2. 葉面積指数および純同化率

圃場実験での葉面積指数(LAI)の変化を第1・2図に示した。図中の曲線は日数(X)に対するLAI(Y)の回帰曲線であり、その回帰式は図の注に記載したとおりである。

LAIの変化はDMYの場合と同様に、第1期では多肥区ほど大きい傾向があり、第2期では無刈り区及び刈り取り区ともに、施肥処理区間差は有意ではなかったが、当初は少肥区ほど小さく、終期には逆となった。第2期の終期には出穂に伴って葉が枯れ上がったため、各区ともLAIがやや減少した。

ポット実験の株当たりの葉面積(第1・1表)は、第1期の終期には多肥区ほど有意に大きかったが、第2期の終期には無刈り区及び刈り取り区とも各施肥処理区の値が近似し、区間差は有意でなかった。即ち、第2期の葉面積の拡大は少肥区ほど速かった。

圃場実験におけるLAIと地上部乾物重増加速度(CGR)及び純同化率(NAR)との関係を検討するため、第1図の曲線方程式の微分によりCGRを求め、さらに、 $CGR/LAI$ によりNARを算定して、LAIとCGR及



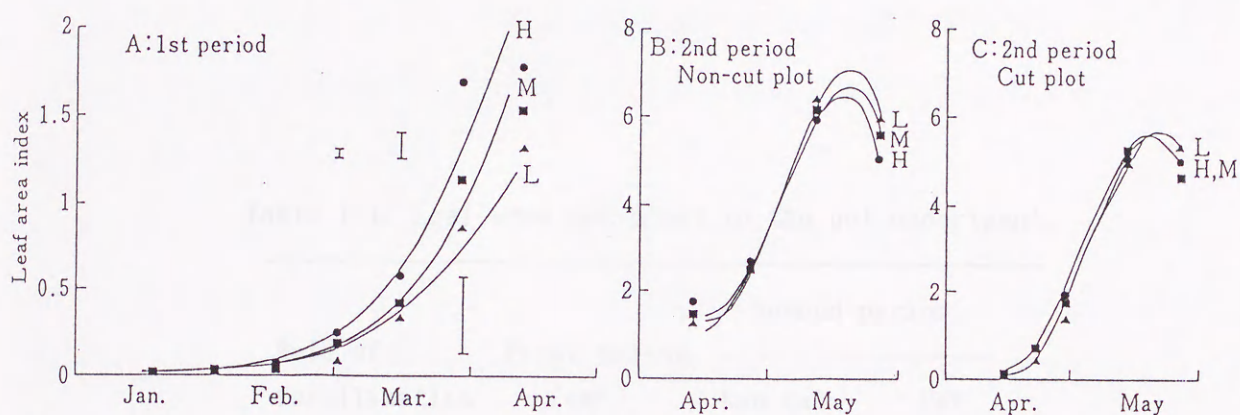


Fig.1.2. Changes in leaf area index in the field experiment.

A: H,  $Y=3.40/(1+1338.68e^{-0.0755X})$ ,  $R^2=0.9424$ ;

M,  $Y=4.00/(1+1776.49e^{-0.0710X})$ ,  $R^2=0.9788$ ;

L,  $Y=2.02/(1+927.73e^{-0.0705X})$ ,  $R^2=0.9443$ .

B: H,  $Y=7.25-0.815277X+0.034106X^2-0.000364X^3$ ,  $R^2=0.9680$ ;

M,  $Y=7.65-0.867432X+0.035399X^2-0.000369X^3$ ,  $R^2=0.9188$ ;

L,  $Y=6.05-0.728180X+0.031961X^2-0.000341X^3$ ,  $R^2=0.9771$ .

C: H,  $Y=5.09-0.678894X+0.027771X^2-0.000280X^3$ ,  $R^2=0.9781$ ;

M,  $Y=6.48-0.843231X+0.033590X^2-0.000342X^3$ ,  $R^2=0.9766$ ;

L,  $Y=7.62-0.920135X+0.033854X^2-0.000324X^3$ ,  $R^2=0.8936$ .

where Y is leaf area index, X is days from Jan. 1 in A and from Apr. 1 in B and C.

As for the symbols in the figure, refer to the note of figure 1.1.



Table 1.1. Leaf area per plant in the pot experiment.

Rate of fertilization	First period (cm <sup>2</sup> )	Second period	
		Non-cut (cm <sup>2</sup> )	Cut (cm <sup>2</sup> )
High rate	1301.0a	1671.0a	821.0a
Medium rate	874.2b	1623.7a	840.1a
Low rate	491.5c	1585.7a	835.5a

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .

As for the rate of fertilizer application, refer to the note of figure 1.1.



びNARとの関係を第1.3図に示した.

LAI-NAR関係は無刈り区の第1期と第2期とで相違し, また, 無刈り区と刈り取り区とにより相違したが, 曲線はいずれも下に凸の曲線であり, LAIの増大に伴うNARの低下は次第に小さくなった. これは, LAIの増大に伴って下葉の呼吸低減及び吸光係数の低下<sup>9)</sup>が生じたことによると推察される. そのため, LAI-CGR関係は比例型か飽和型に近い関係であった. 第2期の無刈り区が比例型でなかったのは葉齢の進んだ葉が次第に多くなったためと推察される.

第1期におけるLAIの増大に伴うNARの低下は, H区とM区とは同程度で, L区は他の2区より大きかった. 第1期のDMYにおけるH区とM区との区間差は主としてLAIの相違により, L区と他の2区とのDMYの差はLAIとNARとの両者の差によるものであった. このことは, 無機養分が不足すると先ずLAIの増大が抑制され, 不足がさらに強まるとNARが低下することを示唆する.

第2期には無刈り区及び刈り取り区とも, LAI-NAR関係の施肥処理区間差は第1期に比べて小さくなったが, 無刈り区におけるLAIの増大に伴うNARの低下は少肥区ほど小さい傾向があり, LAIが3以上のときのNARは, 少肥区ほど僅かながら大きい傾向があった. これは少肥区ほど第2期の葉面積の増加が急速であり, それに伴って, 全葉面積に占める若い葉の面積比率が次第に高くなり, 若い葉の光合成能力が高い<sup>42)</sup>ことも関与していると推察される.

刈り取り区では, 再生初期のLAIが小さいときのNARはH区の値が他の2区よりやや大きかった. オーチャードグラスの再生初期には刈り株に含まれる窒素の約50%が利用される<sup>95)</sup>ことから, 生長が刈株の窒素に依存するところが大きく, H区のNARが大きかったのは刈り株の窒素が他の2区より多かつ



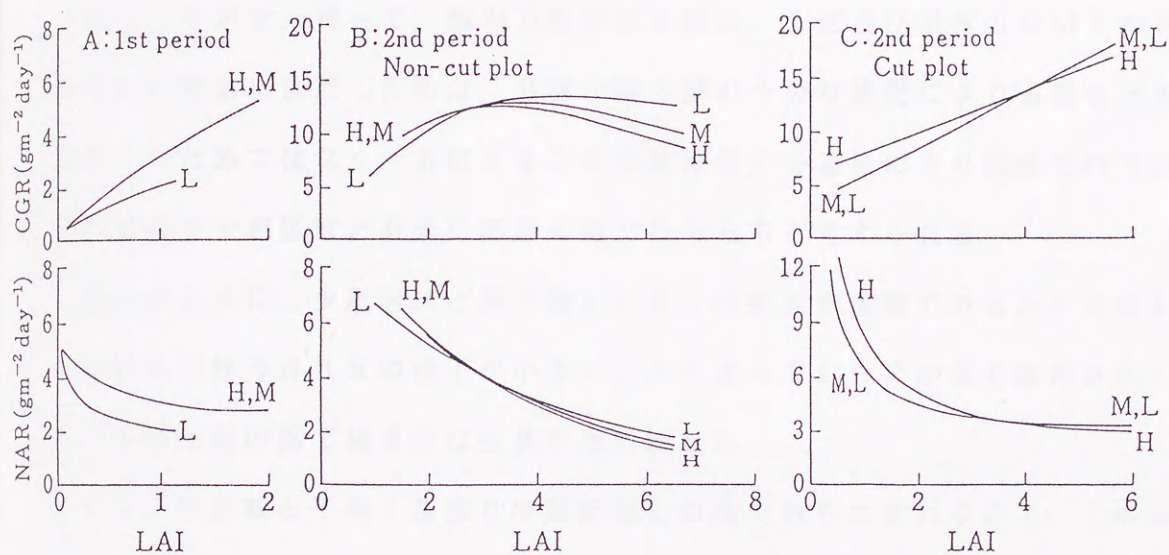


Fig.1.3. Relations of leaf area index (LAI) to net assimilation rate (NAR) and rate of increase in dry matter weight (CGR) of aerial part in the field experiment.

As for the symbols in the figure, refer to the note of figure 1.1.



たことによると推察される。しかし、追肥の吸収は少肥で育てた方が急速<sup>9.5)</sup>なので、H区のNARが高い期間は再生の初期のみであった。

第1期と第2期の無刈り区について、LAIが約2の時のNARを比較すると第2期の方がかなり大きかった。第1期と第2期の生長は継続していたのであるから、上記のNARの差は第2期当初の追肥によって葉の光合成能力が高まった<sup>11.5)</sup>ためであり、第1期の終期にはH区においても無機養分が不足していたことを示す。従って、無刈り区の第2期に、L区及びM区のDMYがH区のそれに次第に接近したのは、H区が第1期の十分な施肥により追肥を活用しなかったためではなく、各区とも不足の無機養分を追肥により補給されながら、その補給を少肥区ほど有効に活用したためであると考えられる。

以上のように、少肥区ほど第2期のLAIの拡大が急速であるとともにLAIの増大に伴うNARの低下が小さいことによってCGRが高く維持された結果、乾物生産の面で補償的な生長があらわれた。

LAIは茎数と平均1茎当りの葉面積との積であらわされるので、この両者に対する施肥の影響を次項で検討した。

### 3. 茎数および1茎当りの平均葉面積

圃場実験での茎数の変化を第1.4図に示した。

第1期では、L区とM区の茎数増加はH区と比べて、それぞれ2月15日、3月15日頃から遅くなり、終期の値はH区が最も大きく、ついでM区、L区の順であった。

第2期の茎数は無刈り区及び刈り取り区とも5月中旬まで急速に増加したが、その後はあまり増加しなかった。これは生殖生長茎数の増加に伴う分げつ間の養分競合などにより新しい分げつの増加が弱まった<sup>28.41)</sup>ためであると考えられる。無刈り区では、期間当初にL区、その後にM区の茎数がそれぞれ他の処理区より急速に増加して、終期には3処理区の茎数はほぼ一致した。終期にお



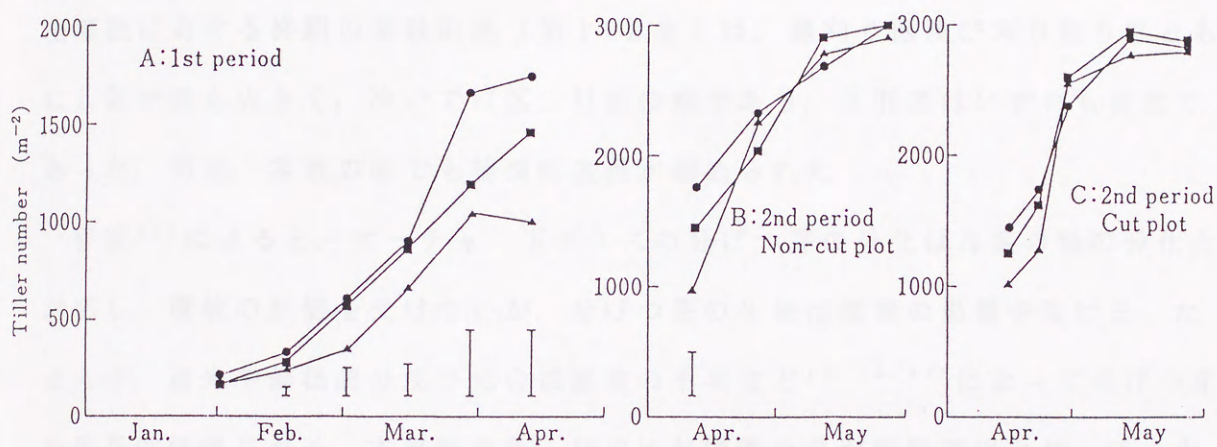


Fig.1.4. Changes in tiller number.

As for the symbols in the figure, refer to the note of figure 1.1.



ける全茎数に対する節間が伸長した分げつの茎数比率はH区，M区，L区がそれぞれ62.18%，55.56%，61.35%で，区間差はいずれも有意ではなかった．L区では，茎数が急速に増加するとともに個々の茎の生長も速かったことが窺える．

刈り取り区では，節間が伸長した茎は生長点を刈り取られて生長を停止するので，刈り取り区の茎数はこの茎を除外した値で示した．茎数増加は，再生当初は緩慢であったが，刈り取りの約1週間後から2週間目にかけて急となり，この期間の増加速度はL区が最も大きく，H区が最も小さかった．第2期当初の全茎数に対する終期の茎数の比（第1.2表）は，無刈り区及び刈り取り区ともにL区が最も大きく，次いでM区，H区の順であり，区間差はいずれも有意であった．即ち，茎数の面でも補償的生長が認められた．

伊東<sup>41)</sup>によると，オーチャードグラスの分げつ芽の分化は母茎の葉の分化と対応し，環境の影響を受けないが，分げつ芽の生長は環境の影響を受ける．たとえば，遮光や無機養分及び光合成産物の不足など<sup>11, 12, 92)</sup>によって分げつ芽の生長は抑制される．本実験の第1期では無機養分量が制限要因となって，少肥区ほど生長を抑制される分げつ芽が多いために，茎数が少なかったが，生長を抑制された分げつ芽は枯死することなく，第2期当初の追肥により生長を開始し，少肥区ほど第2期における茎数の増加が盛んであったと推察される．

1茎当たりの平均葉面積（Ls）は，第1.5図に示したように各区とも，一部の期間を除き，株の生育に伴って増加し，前述の茎数の増加とともに個々の茎の生長も盛んであったことが窺える．無刈り区の第2期当初のLsの増加が緩慢であったのは，新しい茎が急速に増加し，これらの茎は未だ葉数が少ないために，株全体の平均Lsを低める方向に働いたことによる．また，第2期終期のLsが無刈り区では減少し，刈り取り区では増加が停滞したのは，出穂による葉の生産の減少と下葉の枯れ上がりによるものであり，刈り取り区では茎の加齢が進んでいなかったためにLsが減少するには至らなかった．



Table 1.2. Ratio of tiller number at the end of the 2nd period to that at the end of the 1st period in the field experiment.

Rate of fertilization	Non-cut	Cut
High rate	1.71c	1.62c
Medium rate	2.01b	1.95b
Low rate	2.87a	2.83a

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



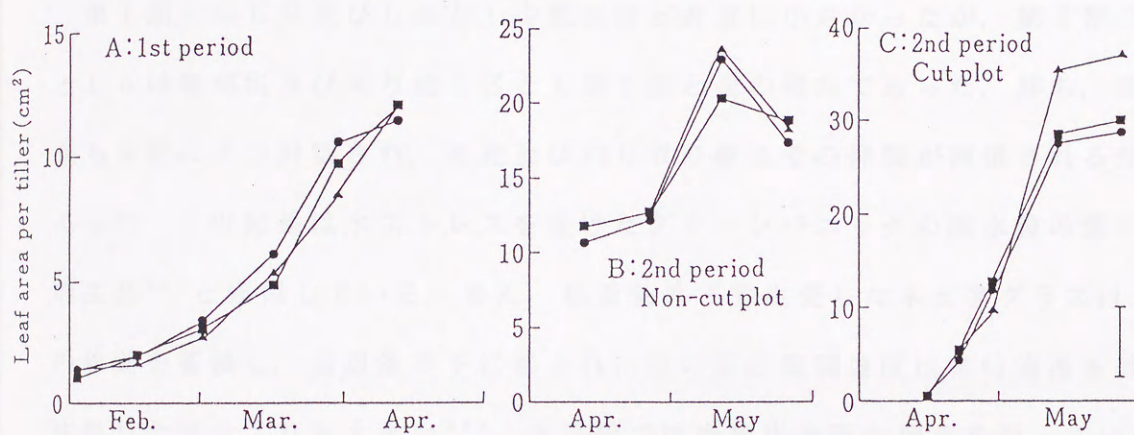


Fig.1.5. Changes in leaf area per tiller.

As for the symbols in the figure, refer to the note of figure 1.1.



施肥処理区の  $L_s$  を比較すると、第1期と第2期の無刈り区に不規則な点があったが、第2期の刈り取り区の終期を除き、処理区間に有意な差はなかった。第2期刈り取り区の終期には、 $L$  区の値が他の2区に比べて大きかった。この  $L_s$  の変化は主として展開葉数の増加速度及び平均1葉当たりの葉面積の変化によるので、ポット実験の結果を利用して両者の変化を検討した。

展開葉数の増加速度 ( $ER$ ) と展開緑葉1葉当たりの平均葉面積 ( $L_o$ ) を第1.3表に示した。

第1期では  $ER$  及び  $L_o$  とともに少肥区ほど有意に小さかったが、第2期の  $ER$  と  $L_o$  は無刈区及び刈り取り区とも第1期と逆の傾向であった。即ち、葉の生長も少肥により抑制され、追肥及び刈り取り後はその抑制が補償される傾向があった。この結果は水ストレスを受けたグリーンパニックの灌水後の葉の補償的生長<sup>63)</sup>と類似している。また、低温条件下で生長したネピアグラスは未抽出の幼葉を蓄積し、適温条件下に移された後の葉の展開速度は常時適温条件下で生長した場合よりも大きい<sup>36)</sup>。本実験では未抽出幼葉の調査を行っていないが、施肥に対する葉の生長反応にもネピアグラスの例と同様な現象があるかも知れない。

#### 4. 飼料品質と生長速度との関係

圃場実験の刈り取り時の地上部各部の中性デタージェント繊維 ( $NDF$ ) 含有率およびペプシン・セルラーゼ法によって測定した *in vitro* 乾物消化率 ( $IVDMD$ ) をそれぞれ第1.4表および第1.5表に示した。

$NDF$  含有率は、各生長時期の各部位とも処理区間差は小さく、有意でなかったが、各部位の生長時期間の差は比較的大きく、第1期に比べて第2期の方が、また、無刈り区に比べて刈り取り区の方が高かった。 $NDF$  の含有率の増大に及ぼす処理の影響は小さく、気温および生長段階の影響は大きいことが推察される。 $IVDMD$  も各部位とも処理区間差が小さく、生長時期間の差は比



Table 1.3. Leaf extension rate (ER) and leaf area per leaf (Lo) in the pot experiment.

Rate of fertilization	First period		Second period			
			Non-cut		Cut	
	ER (leaf/week)	Lo (cm <sup>2</sup> )	ER (leaf/week)	Lo (cm <sup>2</sup> )	ER (leaf/week)	Lo (cm <sup>2</sup> )
High rate	0.69a	18.00a	0.60c	15.78a	0.52b	13.39a
Medium rate	0.62b	14.52b	0.68b	16.96a	0.73a	14.26a
Low rate	0.55c	11.73c	0.78a	17.72a	0.84a	16.41a

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



Table 1.4. Neutral detergent fiber contents in leaf blade(LB), stem(including leaf sheath and ear, ST), dead material(D) and whole crop(WC) at the cutting.

Rate of fertilization	First period				Second period							
					Non-cut				Cut			
	LB	ST	D	WC								
					LB	ST	D	WC	LB	ST	D	WC
	DM%											
High rate	40.3	48.5	54.3	44.8	50.4	47.3	63.5	50.5	51.2	59.3	65.5	57.6
Medium rate	38.7	44.8	52.0	42.0	51.2	50.2	62.2	52.9	52.5	62.7	66.6	59.9
Low rate	40.5	46.6	50.7	43.5	51.7	48.6	66.5	52.4	53.2	65.0	63.2	60.7



Table 1.5. *In vitro* dry matter digestibility by pepsin-cellulase method in leaf blade(LB), stem(including leaf sheath and ear, ST), dead material(D) and whole crop(WC) at the cutting.

Rate of fertilization	First period				Second period							
					Non-cut				Cut			
	LB	ST	D	WC								
					LB	ST	D	WC	LB	ST	D	WC
	DM%											
High rate	79.7	79.2	45.9	77.5	71.3	79.9	38.9	71.4	70.7	66.1	38.3	63.4
Medium rate	81.2	82.9	42.5	80.4	70.2	75.4	36.6	68.0	70.0	64.0	42.7	63.0
Low rate	79.7	83.5	44.2	79.7	68.2	74.4	40.2	67.1	69.1	60.6	39.2	61.3



較的大きかった。第2期のI V D M Dは各部位とも第1期より低かった。I V D M DとN D F含有率との間に有意な負の相関が認められ( $r=-0.9883$ ,  $P<0.01$ ), 処理によるI V D M Dの変化が小さかったのはN D F含有率に対する処理の影響が小さいことによったと考えられる。

N D F含有率およびI V D M Dは、第1期では処理区間差に特定の傾向がみられなかったが、第2期では無刈り区と刈り取り区の各部位とも、僅かながら、少肥区ほどN D F含有率が高く、I V D M Dが低い傾向があった。また、同じ生長時期の無刈り区と刈り取り区とを比較すると、刈り取り区の方がN D F含有率は高く、I V D M Dは低かった。このことは、N D F含有率およびI V D M Dの変化が気温および生長段階と関係するほかに、生長速度とも関係することを示唆する。そこで、地上部の相対生長速度(R G R)とその期間中のN D F含有率の増大量との相関を検討した。その結果、第1期の相関は有意でなかったが、第2期の相関は有意であった。第2期については、無刈り区では追肥11日後(4月26日)から刈り取り(5月25日)まで、刈り取り区では追肥(再生)14日後(4月29日)から刈り取り(5月26日)までのR G Rとその期間中のN D F含有率の増大量との相関を求め、その結果を第1.6図に示した。第2期当初の追肥によって補償的生長があらわれる(前述)ために、無刈り区および刈り取り区とも、R G Rは少肥区ほど大きく、また、刈り取り区はN A Rが高いためにR G Rは無刈り区より大きかった。これに対応して株全体のN D F含有率の増大量も刈り取り区および少肥区の方が大きく、R G RとN D F含有率の増大量との間に有意な正の相関が認められた。即ち、同じ生長時期では、生長速度が速いほどN D F含有率が高くなりI V D M Dが低くなると推察される。

第1期のH区をL区と比較すると、H区の生長は促進されたが、N D F含有率は各部位ともL区と大差なかった(第1.4表)。この結果は、多肥処理により植物組織の細胞壁と細胞内容物が比例して増加することによって生長が促進



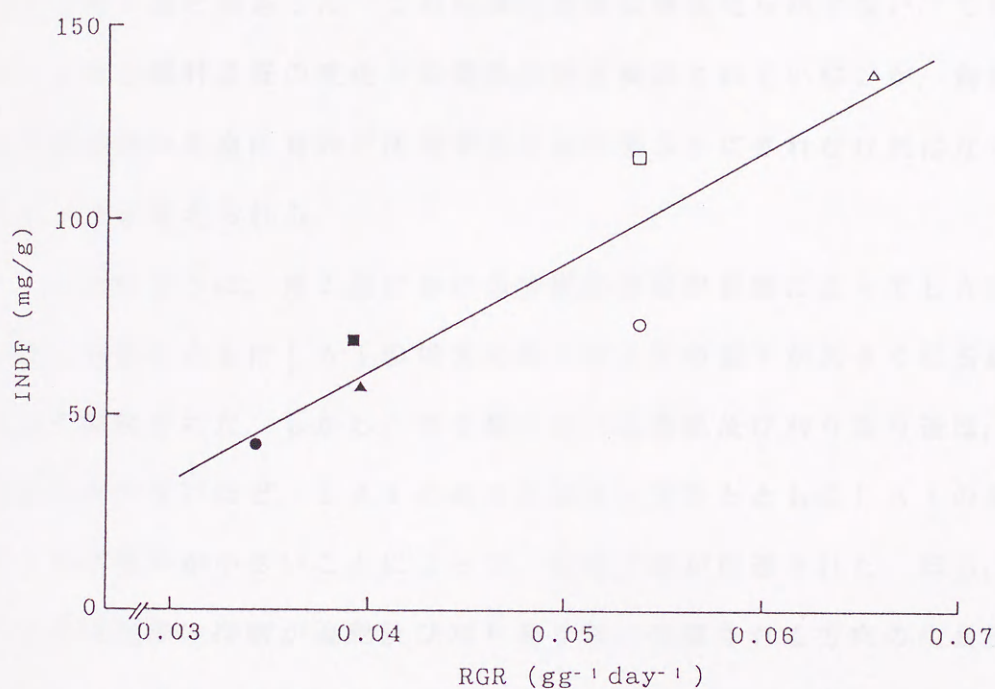


Fig.1.6. Relationship between relative growth rate (RGR) and increment of neutral detergent fiber (INDF) in dry matter of whole crop after applying additional fertilizer.

Closed and opened symbols show the data from the non-cut and cut plot, respectively. As for the symbols in the figure, refer to the note of figure 1.1.

$$\text{INDF} = -51.2 + 2810.4 \text{RGR}, r = 0.9132 (P < 0.05).$$



され、多肥処理による生長促進は I V D M D の低下を招かないことを示唆する。これに対して、第 2 期では少肥区ほど株全体の N D F 含有率が高くなっており、少肥による生長抑制に対する追肥後の補償的生長においては、生長量が大きいほど N D F 含有率の増大が促進されることを示し、生長量と N D F の変化との関係が第 1 期と相違した。この相違の理由は現在明らかでない。これまで、牧草の生長と飼料品質の変化との関係は殆ど検討されていないが、飼料生産技術を飼料成分の生産に有効に活用するために明らかにされなければならない問題点の一つと考えられる。

以上のように、第 1 期における少肥の直接的影響によって L A I の拡大が抑制されるとともに L A I の増大に伴う N A R の低下が大きくなる結果、乾物生産が抑制された。しかし、第 2 期における追肥及び刈り取り後は、第 1 期の施肥量が少ないほど、L A I の拡大が急速となるとともに L A I の増大に伴う N A R の低下が小さいことによって、乾物生産が促進された。即ち、少肥条件下の乾物生産の抑制が追肥及び刈り取り後に補償される方向の生長反応があらわれた。少肥による乾物生産の抑制は飼料品質に不利な影響を及ぼさないが、その後の補償的生長により I V D M D が若干低下すると推察された。

本実験の場合、第 1 期と第 2 期の合計収量は少肥区ほど小さく、第 1 期の少肥による乾物収量の減少が第 2 期に完全には補償されていなかった。しかし少なくとも、少肥による一時的な減収はその後の乾物生産を抑制する方向には働かなかった。従って、無駄な余剰草を生産する可能性が大きい時期に施肥量を節約して生産を抑制しても、適切な追肥が行われれば、その後の生産性が引き続き劣ることには必ずしもならないと推察される。南九州における寒地型牧草の生産には、多肥による生産の促進のみならず少肥による生産調節も経営面からみて有効な手段の一つであろう。



## ま と め

以上の結果をまとめてみると、追肥までの期間は、少肥区ほどL A Iの増大が強く抑制されて乾物生産が抑制されたが、追肥後では、刈り取り区および無刈り区ともに、追肥前の少肥による生長抑制に対する補償的生長が現れ、追肥前の少肥区ほど、L A Iの増大速度が大きく、L A Iの増大に伴うN A Rの低下が小さいことによって乾物生産が促進された。少肥によるD M Yの減少に対する追肥後の補償は完全ではなかったが、少肥によって乾物生産を一時的に抑制しても、適切な追肥を行えば、その後の乾物生産が引き続き抑制されることにはならないと推察された。I V D M Dは、施肥処理区間に追肥前後とも有意差が認められなかったが、追肥後の補償的生長により、追肥前の少肥区ほど若干低下する傾向があった。



## 第2章 オーチャードグラスの乾物生産 および可消化乾物収量に及ぼす 植物生長調節剤処理と施肥の直 接的影響の季節的差異

牧草の生長に及ぼす植物生長調節剤の直接的影響は牧草の種類や植物生長調節剤の施用量などによって相違することがよく知られているが、処理時期や牧草の生育段階によっても相違すると考えられる。植物生長調節剤処理が牧草の乾物生産と飼料品質に及ぼす影響は処理時期によってどのように相違するかを把握することは、植物生長調節剤の有効利用に重要であると考えられるが、この点については未だ明かでない。

以上により、オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) に対し、冬期と春期に生長促進剤、生長抑制剤および多肥の処理を行い、乾物生産および *in vitro* 可消化乾物収量に及ぼす処理の直接的影響の季節的な相違を検討した。

### 材料と方法

実験は宮崎大学構内の圃場で行い、オーチャードグラスの品種ナツミドリを供試した。実験は1992年10月から1993年5月まで（以下、1年目）と、1993年9月から1994年4月まで（2年目）と2ヶ年度の反復とした。1年目は10月21日に、2年目は9月29日に栄養茎を1株1本立とし、畦間、株間ともに15cmとして植え付けた。基肥として、植え付け前に発酵牛糞（窒素含有率0.6%）を1年目では300g/m<sup>2</sup>、2年目では750g/m<sup>2</sup>施用した。活着後、各年度とも化成肥料（いずみ化成15号）で窒素、リン酸、加里をそれぞれ10g/m<sup>2</sup>追肥した。

ジベレリン（GA<sub>3</sub>）処理区（以下、G区）、パクロブトラゾール（PP-3



33) 処理区 (P 区), 多肥処理区 (F 区) および対照区 (C 区) の 4 区を設け, 各年度とも冬期と春期との季節別の処理を行った。処理として, G 区には  $G A_3$  の 200ppm 水溶液を, P 区には P P - 3 3 3 の 860ppm 水溶液を, それぞれ,  $90 \text{ ml/m}^2$  散布し, F 区には, 窒素, 燐酸, 加里とも  $10 \text{ g/m}^2$  を増施した。冬期の処理は各年度とも 12 月 15 日に行ったが, 1 年目は無刈りの 1 番草, 2 年目は 11 月 15 日に刈り取った後の再生草を供試した。春期の処理は, 1 年目は冬期の実験区を用い, 3 月 8 日に刈り取った後の再生草に対して, 3 月 30 日に処理を行ったが, 2 年目は新設の実験区で無処理の 1 番草を 3 月 5 日に刈り取った後の再生草に対して, 3 月 24 日に処理を行った。すなわち, 1 年目の春期の材料は 12 月 15 日に冬期の処理を受けた株を刈り取った後に冬期と同じ処理を再び行い, 2 年目の春期の材料は 3 月 24 日の処理以前には処理を受けていない。刈り取りの高さはともに地上 3cm とした。

各年度とも冬期では約 3 週間間隔で, 春期では約 2 週間間隔で, 各処理区とも 6 株を採取し, 草丈, 茎数, 葉面積および地上部乾物収量などを調査した。冬期の実験は各年度とも 3 月 8 日の調査を最終回としたが, 春期の実験は, 1 年目は 5 月 11 日に, 2 年目は 4 月 24 日に調査を終了した。最終回のサンプルについては  $70^\circ\text{C}$  で, 48 時間乾燥し, ペプシン・セルラーゼ法<sup>18, 19)</sup>によって地上部各部の *in vitro* 乾物消化率を調べた。

## 結果と考察

### 1. 実験期間中の気温の変化

2 ヶ年度の実験期間中の旬別の平均気温の変化を第 2.1 図に示した。2 月末までの冬期の気温は, 1 年目の方が 2 年目よりかなり高かったが, 3 月以後の春期の気温は, 2 年目の方がやや高かった。



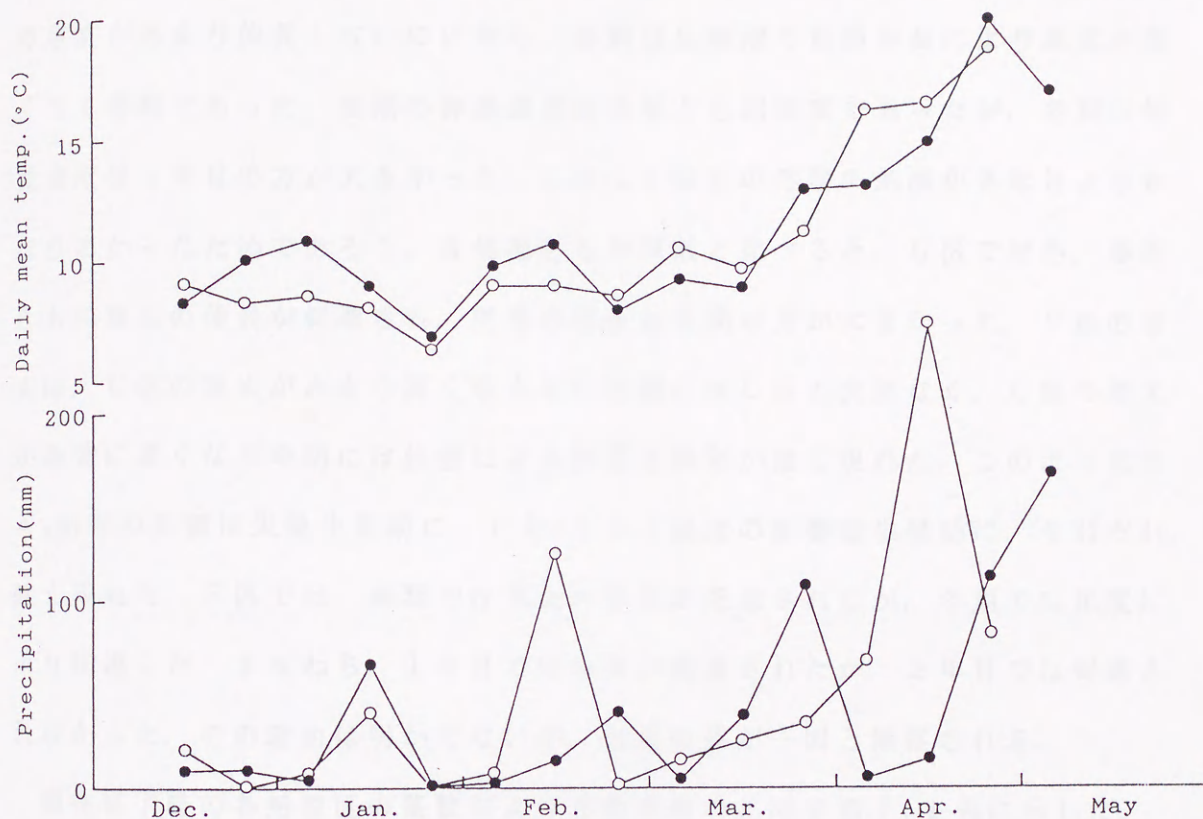


Fig.2.1. Daily mean temperature and precipitation during experimental period. Closed and opened symbols show the data in 1992-93 and in 1993-94, respectively. The daily mean temperature and precipitation are mean and total values for 10 days, respectively.



## 2. 草丈、茎数および出穂状況

処理後の草丈の変化を第2.2図に示した。

C区の草丈の伸長速度は、両年とも、冬期では小さく、春期では大きかった。即ち、冬期はオーチャードグラスの栄養生長期に相当し、短日、低温条件により草丈があまり伸長しないのに対し、春期は生殖期で節間伸長により草丈が高くなる時期であった。春期の伸長速度は両年とも同程度であったが、冬期の伸長速度は1年目の方が大きかった。これは1年目の冬期の気温が2年目よりかなり高かったためであろう。各処理区を対照区と比べると、G区では冬、春期ともに草丈の伸長が促進され、促進の程度は冬期の方が大きかった。P区の草丈は、C区の草丈があまり高くない時期にはC区と大差なく、C区の草丈が急速に高くなる時期には処理による伸長の抑制が強く現れた。このようにG A<sub>3</sub>処理の影響は栄養生長期に、P P-3 3 3処理の影響は生殖期に、それぞれ、強く現れた。F区では、春期では草丈の伸長が促進されたが、冬期では年度により相違した。すなわち、1年目では伸長が促進されたが、2年目では促進されなかった。その理由は明かでないが、気温の差が一因と推察される。

調査終了時の各処理区の茎数および出穂茎数の比率を第2.1表に示した。

茎数を見ると、G区の茎数は両年の両時期ともC区より有意に少なかった。P区の茎数は1年目では冬、春期ともC区より少なかったが、2年目ではC区と有意差がなかった。F区の茎数は、C区に比べて1年目の春期および2年目の冬期では有意に多かったが、その他の実験ではC区との差は有意ではなかった。1年目の春期には、冬期の処理区を用いて刈り取り後の再生草に処理を行ったため、処理時の茎数は各区ともC区と相違した。この差が調査終了時の茎数の差に関係するおそれがあったので、処理時の茎数に対する調査終了時の茎数の比率、即ち、処理してから調査終了時までの刈り株1茎当たりの茎数の増加率を計算した。その比率はC区の1.33に対してG区が1.02、P区が1.65、F



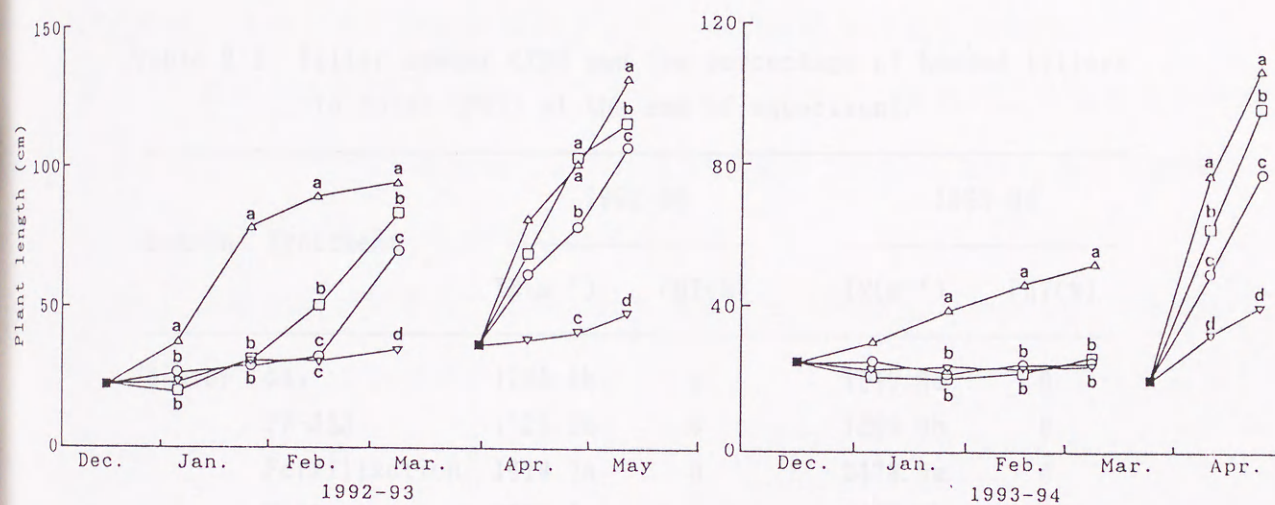


Fig.2.2. Changes in plant length.

Plant treated with GA<sub>3</sub>(90ml/m<sup>2</sup> of 200 ppm solution, Δ), PP-333(90ml/m<sup>2</sup> of 860 ppm solution, ▽), fertilization(addition of 10 g/m<sup>2</sup> each of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, □) and control(○). Closed symbol indicates the plant length at the treatment. The common letter within the same date indicates that the data do not differ significantly at P<0.05.



Table 2.1. Tiller number (TN) and the percentage of headed tillers to total (PHT) at the end of experiment.

Season	Treatment	1992-93		1993-94	
		TN(m <sup>-2</sup> )	PHT(%)	TN(m <sup>-2</sup> )	PHT(%)
Winter	GA <sub>3</sub>	1285.8b	0	1017.8c	0
	PP-333	1128.9b	0	1360.0b	0
	Fertilization	1614.7a	0	2478.9a	0
	Control	1652.0a	0	1457.8b	0
Spring	GA <sub>3</sub>	1311.1d	37.0a	1435.6b	12.1
	PP-333	1866.7c	10.5c	1924.4a	2.5
	Fertilization	2766.7a	23.0b	2102.2a	4.3
	Control	2194.7b	27.6b	2055.6a	8.5

Values followed by the common letter within a column in the same season do not differ significantly at P<0.05.



区が1.71であった。以上により、茎数の増加は、G区では抑制され、F区とP区では促進される傾向であったが、処理の影響が明瞭に現れたのはG区のみであり、他の2区では影響があるとしても比較的弱いとみなされる。また、調査終了時のC区の茎数に対するG区の茎数の比率は1年目では0.8、2年目では0.7であり、GA<sub>3</sub>処理による茎数増加の抑制は冬期と春期と同程度であった。PP-333処理により内生GA<sub>3</sub>の生合成が阻害され<sup>8.1)</sup>、草丈の伸長が抑制されたが、他のイネ科牧草の実験のように頂芽優勢を弱めて茎数増加を促進する<sup>2.2, 3.8)</sup>傾向は本実験では認められなかった。一般に、施肥により茎数増加が促進される<sup>5.9, 11.2)</sup>が、本実験ではその傾向が現れなかったのは気温や土壌水分などの環境要因の影響によるのかも知れない。

次に、出穂状況を見ると、冬期では各処理区とも出穂しなかったが、春期では処理後31～42日に各処理区とも出穂が始まった。その出穂茎の比率はG区が最も高く、P区が最も低い傾向であったが、F区はC区と有意差がなかった。すなわち、出穂はGA<sub>3</sub>処理によって促進され、PP-333処理によって抑制された。

2年目の実験について、冬、春期の最終調査時の節間伸長茎数の比率および節間伸長茎数に対する出穂茎数の比率を調べた。冬期では各処理区とも節間伸長茎がなかった。オーチャードグラスは日長12時間以下では節間が伸長しないことが佐藤と伊東<sup>8.8)</sup>の研究で明らかにされているが、冬期にGA<sub>3</sub>処理により葉身と葉鞘との伸長が大きく促進されたものの、節間が伸長しなかったことはオーチャードグラスの生育相の転換が日長に強く規制されることを示している。

春期の節間伸長茎数の比率および節間伸長茎数に対する出穂茎数の比率を第2.2表に示した。節間伸長茎数の比率はG区およびF区ではC区と有意差がなかったが、P区では有意に低かった。GA<sub>3</sub>および多肥処理より、節間伸長茎数の増加よりも個々の節間伸長茎の節間の長さの増大が促進されることによって



Table 2.2. The ratio of elongated tillers to total (Re) and the ratio of headed tillers to elongated tillers (Rh) at the end of experiment in spring, 1994.

Treatment	Re	Rh
	— % —	
GA <sub>3</sub>	47.2a	25.7
PP-333	14.0b	17.8
Fertilization	49.3a	8.7
Control	46.3a	18.4

Values followed by the common letter within a column in the same season do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



草丈が増大したこと、並びに P P - 3 3 3 処理により節間伸長茎数の増加も節間伸長茎の節間の長さの増大も抑制されることが推察された。節間伸長茎数に対する出穂茎数の比率は G 区が最も高く、F 区が最も低かったが、P 区は C 区と同程度であった。この結果は第 4 章のグリーンパニックの実験結果と一致した。すなわち、G A<sub>3</sub> 処理は節間伸長茎の出穂を促進し、P P - 3 3 3 処理は節間伸長を抑制するが、生育相が転換した茎の節間伸長と出穂を抑制しないことが窺われる。また、多肥処理は節間伸長と出穂に対しては大きな影響を及ぼさなかった。

### 3. 1 茎当たりの葉面積と葉面積指数

各処理区の 1 茎当たりの葉面積と葉面積指数 (L A I) の変化を第 2. 3 図に示した。

処理区を C 区と比較すると、G 区では、1 茎当たりの葉面積においては冬、春期とも増大が促進されたが、L A I の増大は冬期のみに促進され、春期では促進されなかった。G A<sub>3</sub> 処理による茎数増加の抑制は冬期と春期と同程度であったため、G A<sub>3</sub> 処理による 1 茎当たりの葉面積の増大に対する促進の効果は冬期が春期より大きいことが窺える。P 区の 1 茎当たりの葉面積は、冬期では C 区と有意差がみられなかったが、春期では増大が著しく抑制され、C 区との差が生育にともなって拡大した。P 区の L A I の増大もほぼ同様な傾向であった。F 区では、1 茎当たりの葉面積の増大は 1 年目の冬、春期および 2 年目の春期では促進されたが、2 年目の冬期ではその促進が認められなかった。それは 2 年目の冬期に F 区の分けつ生産が旺盛で、茎数が特に多かったためと考えられる。F 区では、茎数の増加、1 茎当たりの葉面積の増大、または、その両方とも促進されたために、L A I の増大が冬、春期とも C 区に比べて促進された。

### 4. 地上部乾物収量

地上部乾物収量 (D M Y) の変化を第 2. 4 図に示した。D M Y の増大は各処



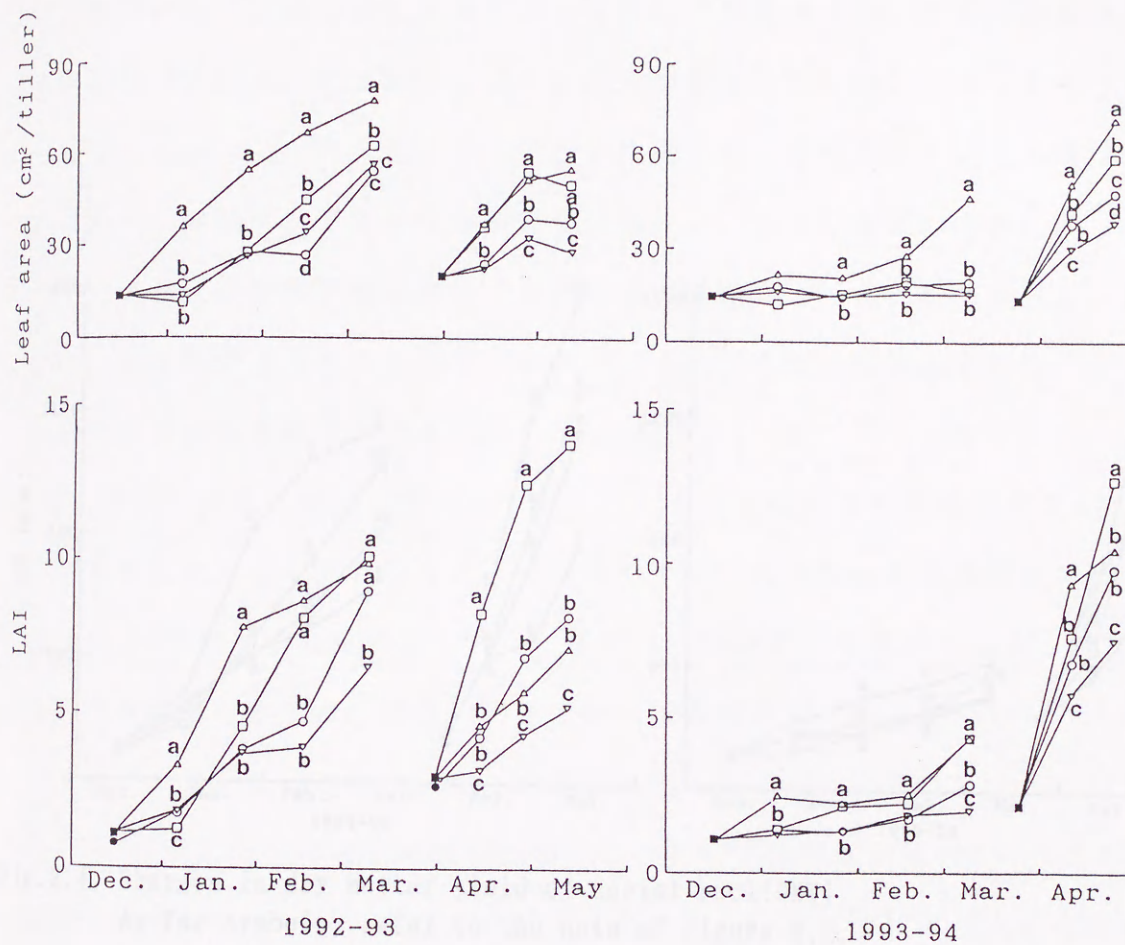


Fig.2.3. Changes in leaf area per tiller and in leaf area index(LAI).  
As for symbols, refer to the note of figure 2.2.



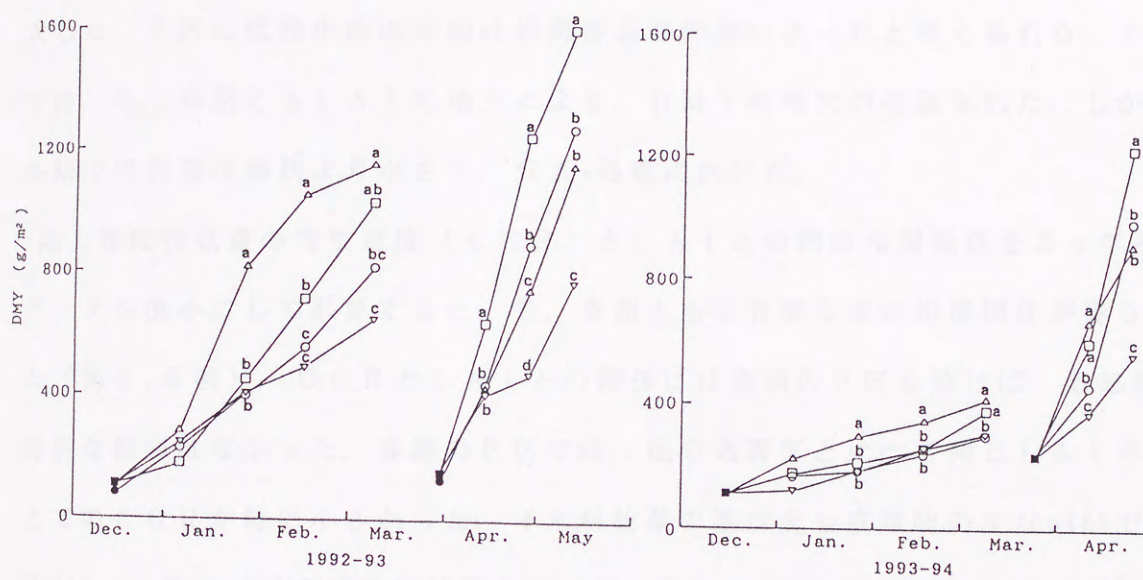


Fig.2.4. Changes in dry matter yield of aerial part(DMY).  
As for symbols, refer to the note of figure 2.2.



理区とも、春期は冬期より速かった。

処理区をC区と比較すると、G区のDMYの増大は、冬期では大きく促進されたが、春期では促進されなかった。春期はオーチャードグラスの生長が旺盛で、節間伸長・出穂が進む季節であり、G区では節間伸長と出穂が促進され、茎数増加が抑制された結果、LAIの増大が促進されないために、乾物生産が促進されなかったと考えられる。P区のDMYは、冬期ではC区と有意差がなかったが、春期では乾物生産が著しく抑制され、C区との差が生育に伴って拡大した。P区の乾物生産の抑制は節間伸長の抑制によったと考えられる。F区では、冬、春期ともLAIの増大により、DMYの増大が促進された。しかし、冬期での促進は春期より小さく、GA<sub>3</sub>処理に次いだ。

地上部乾物収量の増加速度(CGR)とLAIとの間の相関関係を2ヶ年度のデータを混みにして計算すると、冬、春期ともに有意な正の相関関係が得られた(第2.5図)。CGRとLAIとの関係には春期のP区を除けば、各処理の特異な傾向はなかった。春期のP区では、他の処理区と比べて同じLAIのもとでのCGRが特に小さかった。イネ科牧草の茎は光合成産物の主なsinkである<sup>61)</sup>。一般にsinkの活性は純同化率(NAR)に影響する要因の一つで<sup>46)</sup>、節間伸長時期にはsinkの活性が大きくなりNARは他の時期より大きくなる。このことから、春期のP区では同じLAIのもとでのCGRが小さいことは節間伸長の抑制によってNARが他の区と比べて大きくならなかったためと考えられる。また、春期にLAIが大きくなったF区とG区のCGRが急減した場合もあった。それは春期の後期に気温が高くなったための呼吸の増大と関係するかも知れない。しかし、全体的には、地上部の乾物収量の変異は主として処理後のLAIの変異に基づくものであった。

調査終了時の地上部の全乾物収量と各部位の乾物収量との関係を第2.6図に示した。各部位の乾物収量は全乾物収量にほぼ比例したが、各処理区の値の分



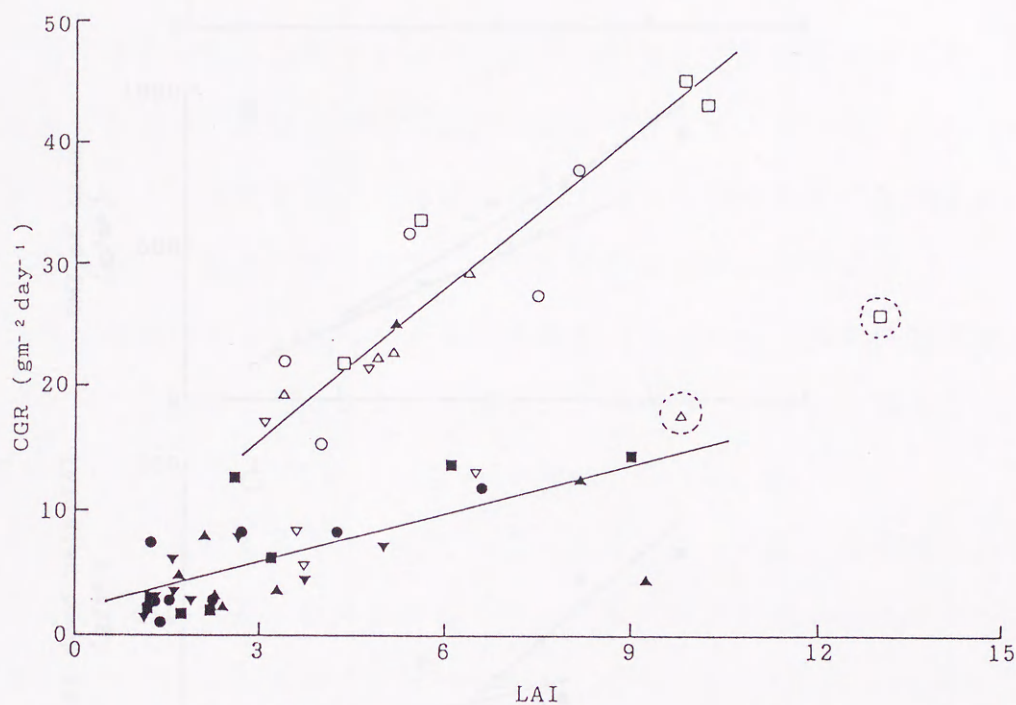


Fig.2.5. Relationship between crop growth rate(CGR) and leaf area index(LAI). Closed symbols show the data from winter treatment,  $CGR=2.08+1.3124 \text{ LAI}$ ,  $r=0.5939(P<0.01)$ . Opened symbols show the data from spring treatment,  $CGR=3.07+4.1718 \text{ LAI}$ ,  $r=0.8090(P<0.01)$ . The data enclosed by broken line were excluded from the regression. As for symbols, refer to the note of figure 2.2.



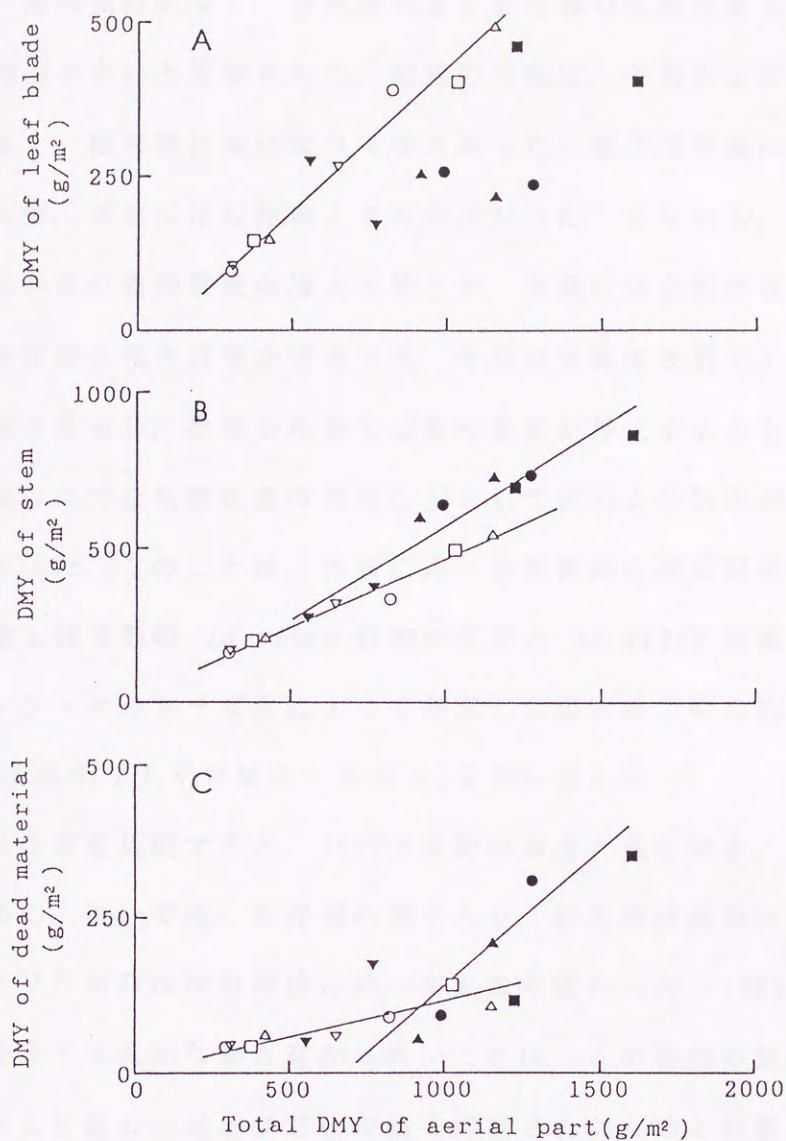


Fig.2.6. Relations of total dry matter yield (DMY) of aerial part to DMY of leaf blade, stem (including leaf sheath and ear) and dead material at the cutting.

Closed and opened symbols show the data from spring and winter treatment, respectively. As for symbols, refer to the note of figure 2.2.

A: Winter,  $Y = -32.154 + 0.457X$ ,  $r = 0.9874 (P < 0.01)$ ;  
Spring,  $Y = 113.579 + 0.162X$ ,  $r = 0.5409 (P > 0.05)$ .

B: Winter,  $Y = 22.237 + 0.441X$ ,  $r = 0.9916 (P < 0.01)$ ;  
Spring,  $Y = 5.341 + 0.570X$ ,  $r = 0.9490 (P < 0.01)$ .

C: Winter,  $Y = 9.907 + 0.102X$ ,  $r = 0.9357 (P < 0.01)$ ;  
Spring,  $Y = -121.11 + 0.2744X$ ,  $r = 0.789 (P < 0.05)$ .



布には一定の傾向がなく，全乾物収量と各部位の乾物収量との関係に及ぼす処理の影響は小さいと推察された．回帰の勾配は，冬期および春期ともに，茎が最も大きく，枯死部は茎に比べて小さかった．葉身は冬期には茎に次ぐ大きさであったが，春期には枯死部よりも小さかった．すなわち，冬期の全乾物収量の増大は各部の乾物収量の増大を伴うが，春期には全乾物収量の増大に伴う葉身の乾物収量の増大は僅かであった．冬期は栄養生長期であるのに対して春期は生殖期に相当し，出穂した茎では葉の生産が停止するとともに下葉の枯れ上がりが進むので全乾物収量の増加は主として茎および枯死部の乾物収量によることとなった．このことは，次項に述べる乾物消化率に関係する．

#### 5. 地上部各部の *in vitro* 乾物消化率と *in vitro* 可消化乾物収量

ペプシン・セルラーゼ法によって測定した調査終了時の地上部各部の *in vitro* 乾物消化率（IVDMD）を第2.3表に示した．

各部位の値を比較すると，1993年冬期の葉身と茎を除き，各処理区とも葉身が最も高く，次いで茎，枯死部の順であり，枯死部は細胞内容物が少ないことによりIVDMDは他の部位に比べてかなり低かった．1993年の冬期には茎の方が葉身よりも僅かながら高かった．これは，この期間の気温がとくに低かったことにより茎の生長及び老化が強く抑制されたためと推察される．次に，各時期の値を比較すると，各処理区の各部位とも春期よりも冬期の方が高く，葉身と茎との差も小さかった．この季節間差は，茎の節間伸長と気温の影響<sup>106)</sup>によると推察される．冬期には気温が低いことおよびそれに伴って茎の生長が緩慢で節間が伸長せず，茎のほとんどが葉鞘であったために，葉身と茎とのIVDMDの差が比較的小さかったのに対し，春期には気温が高いことおよび茎の節間伸長によりその部分の比率が高くなった結果，茎のIVDMDが大きく低下したために茎と葉身との差が大きくなった．

次に，処理区のIVDMDをC区と比較すると，葉身と茎の値は，C区との



Table 2.3. *In vitro* dry matter digestibility by pepsin-cellulase method in various aerial parts at the end of experiment.

Season	Treatment	1992-93				1993-94			
		LB	ST	D	WC	LB	ST	D	WC
		DM%							
Winter	GA <sub>3</sub>	73.0c	77.0b	44.8	72.2b	80.8b	75.3b	38.0	71.6c
	PP-333	81.2a	82.9a	45.6	78.2a	84.9a	82.5a	42.2	78.0a
	Fertilization	75.5b	76.8b	46.3	72.1b	83.1a	76.8b	42.1	75.4b
	Control	75.2b	75.4b	42.5	71.7b	84.5a	77.1b	40.2	74.5b
Spring	GA <sub>3</sub>	56.6b	41.0c	25.7	41.2d	65.3b	52.9c	43.2	55.8c
	PP-333	66.6a	66.5a	19.3	52.7a	75.3a	70.0a	36.4	69.3a
	Fertilization	64.0a	49.6b	26.1	48.1b	68.9b	60.4b	42.5	62.7b
	Control	58.8b	47.6b	27.1	44.7c	73.3a	60.9b	36.2	61.9b

LB: Leaf blade; ST: Stem (including leaf sheath and ear); D: Dead material;  
WC: Whole crop.

Values followed by the common letter within a column in the same season do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



差が有意な場合は全て、C区に比べてP区は高くG区は低い傾向があり、F区とC区との差は有意な例が少なく、両区の差は明瞭でなかった。枯死部については区間差の有意性を検討できなかったが、区間差に特定の傾向はなかった。このように葉身と茎のIVDMは、PP-333処理により高くなりGA<sub>3</sub>処理によって低くなる傾向があったが、茎のIVDMの変化は処理による生長の変化と関連するよう見受けられた。すなわち、G区の場合、冬期のIVDMはC区に比べて、葉身では有意に低く、茎では大差なかった。このことは、冬期のGA<sub>3</sub>処理により、葉の伸長は促進されたが節間の伸長は促進されなかったことと対応するよう見受けられる。春期には、GA<sub>3</sub>処理により茎の節間伸長が促進され、茎のIVDMはC区に比べて有意に低かった。P区の茎は、両季節とも伸長生長が抑制されるとともにIVDMは各調査時ともC区に比べて有意に高かった。また、冬期に比べて春期の方が、節間伸長が強く抑制されるとともにIVDMのC区との差も大きかった。このような植物体各部位のIVDMの変化により、株全体のIVDMはPP-333処理により高く、GA<sub>3</sub>処理により低くなる傾向があり、両処理の影響は冬期よりも春期の方が大きかった。多肥処理の影響については、F区の値はC区に比べて各調査時とも大きかったが、C区との差が有意であったのは1993年の春期のみであり、多肥処理は株全体のIVDMを高めるとしても、その影響は小さいと推察される。

以上のことから、処理によるIVDMの変化は季節および株の生長と関連するよう推察されるので、各部位の乾物重とIVDMとの相関を検討し、その結果を第2.7図に示した。同図にみられるように、冬期の枯死部を除く各部位および株全体ともに、生長の進み<sup>5.100</sup>、すなわち、この場合は乾物重の増加にともなってIVDMは低下する傾向があったが、両者の相関関係は部位により、また、季節により相違した。葉身では、冬期には相関が有意であったが春期には有意でなかった。冬期には低温のために葉の更新が少なく、葉の



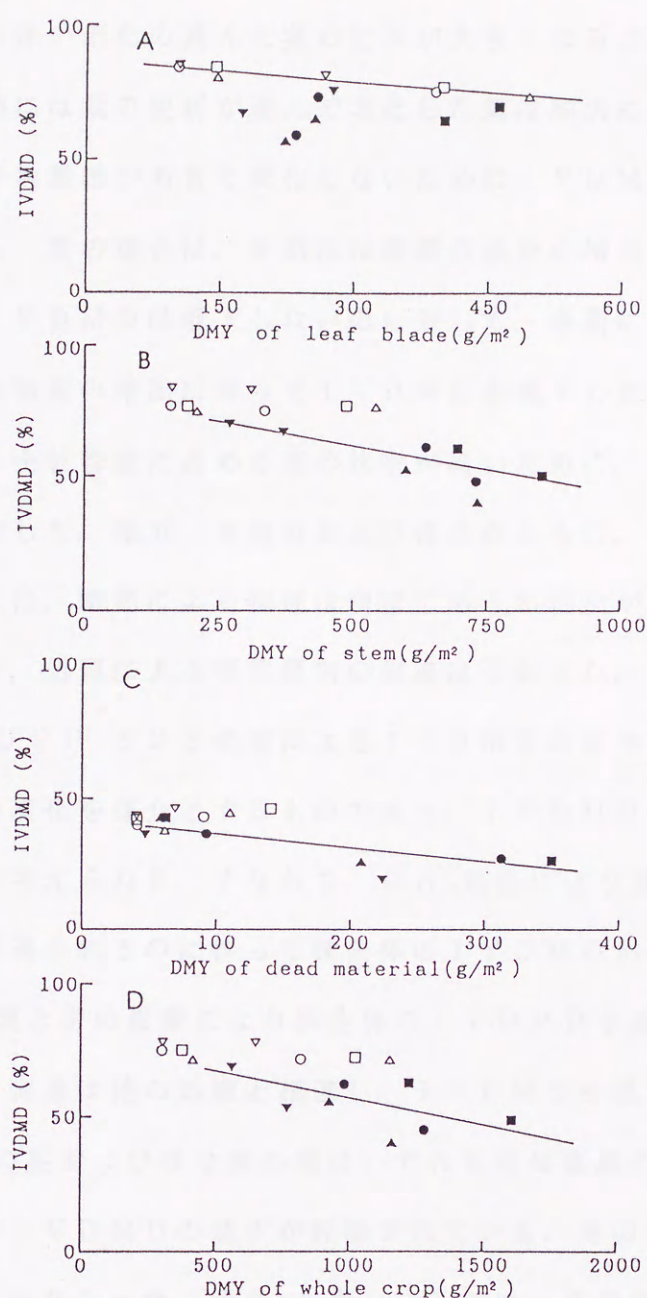


Fig.2.7. Relations of *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) in pepsin-cellulase method to dry matter yield of various plant parts.

Closed and opened symbols show the data from spring and winter treatment, respectively. As for the symbols, refer to the note of figure 2.2.

A: Winter,  $r = -0.967 (P < 0.01)$ ; Spring,  $r = -0.063 (P > 0.05)$ .

B: Winter,  $r = -0.244 (P > 0.05)$ ; Spring,  $r = -0.961 (P < 0.01)$ .

C: Winter,  $r = 0.605 (P > 0.05)$ ; Spring,  $r = -0.820 (P < 0.05)$ .

D: Winter,  $r = -0.533 (P > 0.05)$ ; Spring,  $r = -0.843 (P < 0.01)$ .



乾物重の増加に伴い老化の進んだ葉の比率が大きくなることにより I V D M D が低下し、春期には葉の更新が進んで老化した葉は順次に枯死することにより、株全体の葉の平均葉齢があまり変化しないために I V D M D の低下が小さかったと推察される。茎の場合は、冬期には節間の成分が増加しないために乾物重が増加しても I V D M D は低下しないのに対して、春期には節間の成分が増加するために、乾物重の増加に伴って I V D M D が低下したと推察される。株全体については、全乾物重に占める茎の比率が高いために、I V D M D の変化は茎の場合に類似した。他方、各部位および株全体ともに、乾物重と I V D M D との相関関係には、季節による相違は明瞭にあらわれたが、F 区の茎および株全体の値を除き、処理による特定傾向の相違はなかった。したがって、前述の G A<sub>3</sub> 処理および P P - 3 3 3 処理による I V D M D の変化は、季節および処理による乾物重の変化を媒介とするものであり、I V D M D に対する処理自体の影響は小さいと考えられる。すなわち、G A<sub>3</sub> 処理により茎の節間伸長および乾物重の増加が促進されるのに伴って株全体の I V D M D が低下し、P P - 3 3 3 処理は G A<sub>3</sub> 処理と逆の影響により株全体の I V D M D を高めた。多肥処理による乾物重増加の促進は他の処理と相違し、I V D M D を低下させなかった。第 2.7 図の F 区の茎および株全体の値はいずれも回帰直線の上部に分布し、乾物重の増加に伴う I V D M D の低下が抑制されている。その結果、F 区の I V D M D は C 区と大差なかった（第 2.3 表）。これは、多肥処理による N D F 含有率の変化が小さい（第 1 章）ためと考えられる。

調査終了時の地上部の *in vitro* 可消化乾物収量 (D D M Y) を第 2.4 表に示した。C 区と比較すると、G 区では、冬期には 1, 2 年目にそれぞれ 40.9, 33.1% も増収したが、春期には逆にそれぞれ 16.1, 16.8% の減収となった。P 区では、冬期の D D M Y は 1 年目では減収、2 年目では増収の傾向であったが、いずれも C 区との差が有意ではなかった。しかし、春期は乾物生産の減少のた



Table 2.4. *In vitro* digestible dry matter yield  
at the end of experiment.

Season	Treatment	1992-93	1993-94
		g/m <sup>2</sup>	
Winter	GA <sub>3</sub>	828.5a	297.1a
	PP-333	505.3b	237.6b
	Fertilization	739.9a	285.5a
	Control	587.8b	223.2b
Spring	GA <sub>3</sub>	478.8c	508.3c
	PP-333	403.6c	384.4d
	Fertilization	768.9a	765.5a
	Control	571.0b	610.6b

Values followed by the common letter within  
a column in the same season do not differ  
significantly at P<0.05.



め、DDMYは30%前後の減収であった。F区では冬、春期ともDDMYが25%以上の増収であったが、冬期のDDMYの増収効果はGA<sub>3</sub>処理より小さかった。

以上のように、GA<sub>3</sub>処理では、冬、春期とも伸長生長が促進されたが、頂芽優勢の増強<sup>41)</sup>によって茎数の増加が抑制された。冬期では、短日のため、節間は伸長しなかったが、葉の伸長が大きく促進され、1茎当たりの葉面積が増大したためにLAIが増大し、乾物生産が大きく促進された。それに加えて、IVDMの低下が僅かであったため、DDMYの収量は対照より増収するばかりか、多肥処理よりも多収であった。これに対して、春期では、節間伸長が始まり、GA<sub>3</sub>処理により節間伸長および出穂が促進されたが、1茎当たりの葉面積の増大が冬期より小さく、LAIが増大しなかったため、乾物生産が促進されなかった。そのうえ、IVDMの低下が大きくなったため、地上部DDMYは減収となった。PP-333処理では、内生GA<sub>3</sub>の生合成が阻害され<sup>81)</sup>て伸長生長が抑制されたために、IVDMが増大した。しかし、冬期では節間伸長しないので、伸長生長の抑制が小さく、乾物生産の抑制およびIVDMの増大は小さかった。春期では、処理により節間伸長が強く抑制され、IVDMが大きく向上したが、LAIの増大が強く抑制されたため、乾物生産が大きく減少した。その結果、DDMYが減収となった。多肥処理では、茎数の増加あるいは1茎当たりの葉面積の増大が促進され、冬、春期ともLAIが増大して乾物生産が促進されると同時にIVDMが僅かながら向上し、DDMYが高くなった。しかし、乾物生産の促進およびDDMYの増収は冬期より春期の方が大きかった。

このように、オーチャードグラスの乾物生産やDDMYに及ぼすGA<sub>3</sub>、PP-333および多肥処理の影響の冬、春期の相違は気温の差の他に節間伸長と関連する植物体の生育時期の相違によって生じたと考えられる。冬、春期に寒地型イネ科牧草を栽培するのが盛んである南九州では、GA<sub>3</sub>は冬期の増収に、ま



た、PP-333はスプリングフラッシュの調節と飼料品質の改善に有用な生長調節剤として利用できると推察される。

## ま と め

乾物生産およびDDMYに及ぼす植物生長調節剤処理の直接的影響は処理の時期によって相違した。GA<sub>3</sub>処理により、冬期に節間が伸長しない時期では、LAIの増大が大きく促進されて、乾物生産が促進された。処理によるIVDMの低下も小さかったため、DDMYが対照より増収した。しかし、春期の節間伸長期では、LAIの増大が促進されず、乾物生産も促進されなかった。そのうえ、処理によるIVDMの低下が大きく、DDMYは対照より減収となった。PP-333処理により、乾物生産および生長に伴うIVDMの低下がともに抑制された。冬期の節間が伸長しない時期では乾物生産の抑制が弱く、DDMYが対照と大差なかったのに対し、春期の節間伸長期では節間伸長および乾物生産の抑制が強く、IVDMは高くなったが、DDMYは対照より減収であった。多肥処理では、冬、春期ともLAIの増大が促進されて乾物生産が促進され、DDMYが対照より大きかった。



### 第3章 オーチャードグラスの乾物生産 に対する植物生長調節剤処理と 施肥の後作用

前章ではオーチャードグラスの生長と乾物生産，並びに，飼料品質に及ぼす植物生長調節剤および多肥処理の直接的影響を季節別に検討した．緒言で述べたように，牧草の生産を調節するに際しては処理の直接的影響を把握したうえで，処理によってもたらされた植物体の諸形質の変化がその後の生長および乾物生産に及ぼす影響，すなわち，処理の後作用について把握する必要がある．そこで本章では，前章に引き続いて，GA<sub>3</sub>，PP-333および多肥処理の直接的影響を受けた植物体を地上3cmで刈り取った後の再生草に対する後作用を検討した．

#### 材料と方法

前章のGA<sub>3</sub>処理区（以下，G区），PP-333処理区（P区），多肥区（F区）および対照区（C区）を用いて，1993年と1994年の春から夏までの期間における再生草の乾物生産に関する諸特性を調査した．1993年3月30日に処理した植物体を5月11日に刈り取ってその後の生長を調査する（以下，第Ⅰ実験という）とともに，1993年12月15日に処理した植物体を1994年3月11日に（第Ⅱ実験），1994年3月24日に処理した植物体を4月28日に（第Ⅲ実験），それぞれ，刈り取って再生草の生長を調査した．刈り取り高さはいずれも地上3cmとした．刈り取り後は，植物生長調節剤と施肥の処理は行わなかったが，各処理区とも窒素，磷酸，加里をそれぞれ10g/m<sup>2</sup>追肥した．上記の処理を行った植物体を以下，1番草と称する．



第Ⅰ実験では各処理とも残効の影響が認められなかったが、第Ⅱ実験および第Ⅲ実験では、PP-333処理区に残効の影響と思われる生長の変化があらわれた。そのため、各処理区の再生草（2番草）をそれぞれ4月15日および6月14日に、再度、前記の刈り取り高さで刈り取り、調査を3番草まで続けた。尚、第Ⅱ実験では3番草に対して前記と同量を追肥したが、第Ⅲ実験では高温・乾燥により、追肥すると株が枯死する恐れがあったため、追肥を行わなかった。

刈り取り直後に刈り株を各処理区6株ずつ採取して、生長点を刈り取られた分けつおよび生長点を保持する分けつ別に茎数を調査した。再生草については、刈り取り後から2～3週間間隔で各処理区6株ずつを採取して、草丈、茎数、葉面積および地上部乾物収量などを調査した。刈り取り時または調査終了時の材料についてペプシン・セルラーゼ法<sup>18, 19)</sup>で*in vitro*乾物消化率を調査した。

## 結果と考察

### 1. 実験期間中の気象条件

1993年と1994年の3月から7月までの旬別の平均気温と降水量を第3.1図に示した。両実験年を比較すると、1993年の方が平均気温はやや低く、降水量は多かった。各再生草の再生長期間中の降水量をみると、第Ⅱ実験の2番草の1994年3月中旬～4月上旬および第Ⅲ実験の2番草の1994年4月末～6月上旬、3番草の6月下旬～7月中旬の降水量が特に少なかった。

### 2. 処理の直接的影響および後作用の特徴

処理の直接的影響および後作用の特徴を把握するため、草丈および1茎重の変化を第3.1表に示した。なお、1番草の値は、前章の春期における最終調査時の値の年度間平均値であり、直接的影響による生長の変化とみなされる。

処理の直接的影響下での1番草の草丈および1茎重はともに、C区に比べて、



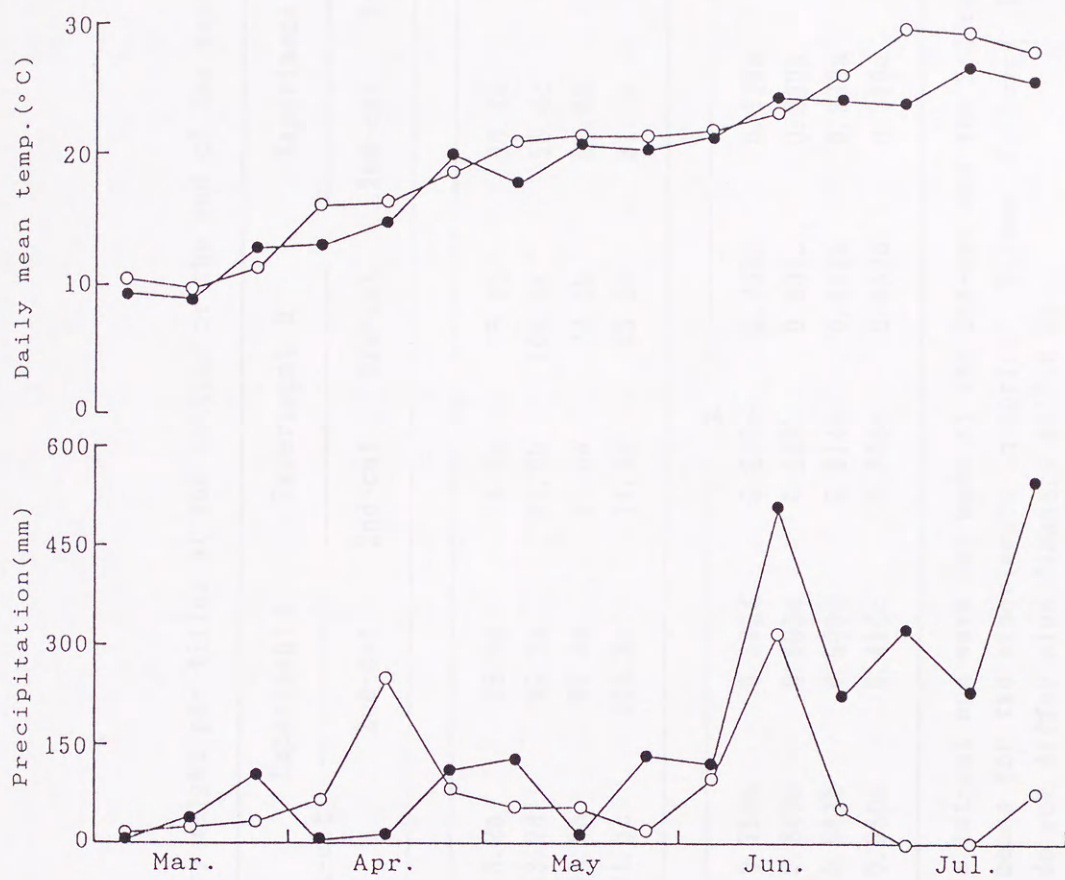


Fig.3.1. Daily mean temperature and precipitation during experimental period in 1993 (●) and 1994 (○).  
Daily mean temperature and precipitation are the mean and total values for 10 days, respectively.



Table 3.1. Plant length and dry weight per tiller at the cutting or the end of the experiment.

Character	Treatment	1st-cut	Experiment I	Experiment II		Experiment III	
			2nd-cut	2nd-cut	3rd-cut	2nd-cut	3rd-cut
			cm				
Plant length	GA <sub>3</sub>	118.2a	95.9a	74.7a	76.3b	90.4a	31.0a
	PP-333	43.2d	99.2a	27.9b	104.4a	56.4c	31.2a
	Fertilization	104.6b	99.8a	75.6a	79.1b	81.0b	31.7a
	Control	91.3c	101.3a	71.4a	78.8b	81.1b	29.2a
			g				
Dry weight per tiller	GA <sub>3</sub>	0.753a	0.342d	0.300a	0.308c	0.335a	0.281a
	PP-333	0.349d	0.688a	0.188b	0.501a	0.202b	0.291a
	Fertilization	0.587b	0.509b	0.314a	0.411b	0.339a	0.238b
	Control	0.530c	0.410c	0.323a	0.452a	0.320a	0.225b

The treatments were made at the 1st-cut and were not made at the 2nd-cut and the 3rd-cut. The values of the 1st-cut are the means for two experiments in spring. Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



G区およびF区は大きく、P区は小さかった。他方、第3.1表の2, 3番草の各処理区の値をC区と比較すると、G区では第Ⅲ実験の2番草の草丈がC区より高く、この点は1番草の場合と同様であったが、その他の材料の草丈はC区と大差なく、1茎重はC区と同程度か、もしくは小さかった。P区では、第Ⅱ, Ⅲ実験の2番草の草丈と1茎重におけるC区との差は1番草の場合と同様の傾向であったが、その他の材料では、草丈はC区に比べて小さい傾向はなく、1茎重は大きかった。F区では、草丈はC区と大差なく、第Ⅰ実験の2番草の1茎重は1番草と同じく、C区より大きかったが、その他の材料の1茎重はC区と大差なかった。以上のように、P区の第Ⅱ, Ⅲ実験の2番草におけるC区との差の傾向は処理の直接的影響を受けた1番草と同様であったが、P区のその他の材料、G区とF区における各材料のC区との差の傾向は、1番草とは相違した。即ち、P区の第Ⅰ, Ⅱ実験の2番草は1番草に対する処理の残効の影響を受けたが、P区のその他の材料およびG区とF区では処理の残効があったとしてもその影響は小さく、生長の変化は、主として、各処理の後作用によるものと判断された。

### 3. 再生草の地上部乾物収量

再生草の地上部乾物収量(DMY)の変化を第3.2図に示した。

第Ⅰ実験では、比較的速い時期に区間差が有意となったが、その他の実験では刈り取り時にのみ区間差が有意であり、後作用の場合は処理の影響が現れる時期が直接的影響の場合に比べて遅い傾向があった。

刈り取り時のDMYについて、各処理区の値をC区と比較すると、G区では、第Ⅱ実験の2番草がC区より小さかったが、その他ではC区との差は有意でなく、GA<sub>3</sub>処理の後作用によるDMY増加の促進はなかった。P区では、第Ⅱ, Ⅲ実験の2番草のDMYはC区より少なかったが、第Ⅰ実験の2番草および第Ⅱ, Ⅲ実験の3番草のDMYはC区より有意に大きかった。すなわち、P区の



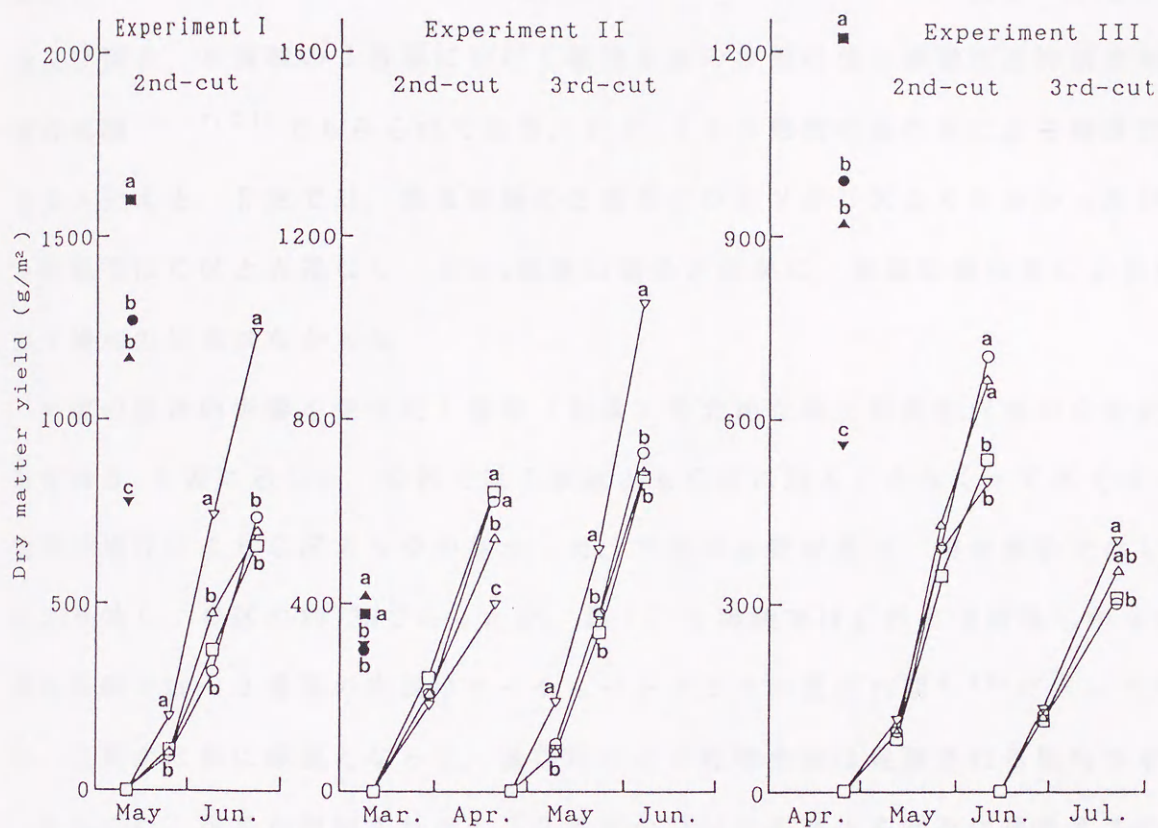


Fig.3.2. Changes in dry matter yield of aerial part during regrowth.

The prior treatment and cut of the 1st-cut were made respectively in the experiment I, II, III on Mar. 30 and May 11, 1993; Dec. 15, 1993 and Mar. 11, 1994; Mar. 25 and Apr. 28, 1994.  $\Delta$ ,  $\nabla$ ,  $\square$  and  $\circ$  show the prior treatment of GA<sub>3</sub>, PP-333, fertilizer and control, respectively. Closed symbols show the values of the 1st-cut at the cutting. The common letter within the same date indicates that the data do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



乾物生産は、第Ⅱ、Ⅲ実験の2番草では抑制され、第Ⅰ実験の2番草および第Ⅱ、Ⅲ実験の3番草では促進されたことが明らかである。このことから、P区の第Ⅱ、Ⅲ実験には処理の残効が現れたことが示される。第Ⅰ実験の2番草および第Ⅱ、Ⅲ実験の3番草における乾物生産の促進は他の植物生長抑制剤処理の実験<sup>14, 17, 21)</sup>でもみられており、PP-333処理の後作用による補償的生長と云える。F区では、第Ⅲ実験の2番草のDMYがC区より小さかったが、その他ではC区と大差なく、GA<sub>3</sub>処理の場合と同様に、処理の後作用によるDMY増加の促進はなかった。

処理の直接的影響を受けた1番草（前章）を含めた地上部乾物収量の合計収量を第3.2表に示した。G区では3実験ともC区に勝ることなく、F区では1番草の増収によりC区よりやや高かった。P区の合計収量は、第Ⅲ実験ではC区より低く、C区の約73%であったが、第Ⅰ、Ⅱ実験ではC区とほぼ等しかった。第Ⅲ実験では、3番草の生長はオーチャードグラスの夏枯れ期<sup>2, 48)</sup>に入ったため、生長が次第に緩慢となって、後作用により乾物生産は促進される傾向を示したものの、生長が抑制された1, 2番草のDMYの減少を完全に補償するには至らなかった。しかし、第Ⅰ実験および第Ⅱ実験では、P区の1番草または1, 2番草のDMYの減少は、それぞれ、その後の2番草または3番草における乾物生産の促進によってほぼ補償されており、植物生長抑制剤処理により合計収量を減少することなく、乾物生産の季節的変動を人為的に調整し得る可能性が示唆された。

前述のように、P区の第Ⅱ、Ⅲ実験の2番草には処理の残効が現れたので、他の区も含めて、この材料に関する値は以下の考察から除外した。

#### 4. 茎数および生殖茎率

茎数の変化を第3.3表に示した。第Ⅲ実験では各区の値が近似し、各区間差はいずれも有意でなかった。第Ⅰ、Ⅱ実験の各処理区の値をC区と比較すると、



Table 3.2. Dry matter yield of aerial part at the cutting or the end of the experiment.

Treatment	Experiment I			Experiment II				Experiment III			
	1st-cut	2nd-cut	total	1st-cut	2nd-cut	3rd-cut	total	1st-cut	2nd-cut	3rd-cut	total
				g/m <sup>2</sup>							
GA <sub>3</sub>	1155.1b	692.5b	1847.6	415.6a	541.8b	689.3b	1646.7	915.7b	667.6a	354.2ab	1937.5
PP-333	765.8c	1230.1a	1995.9	306.2b	397.8c	1048.9a	1752.9	554.8c	496.9b	400.4a	1452.1
Fertilization	1604.4a	657.9b	2262.3	378.3a	641.8a	670.2b	1690.3	1222.5a	537.3b	312.4b	2072.2
Control	1273.3b	730.8b	2004.1	299.6b	624.4ab	724.0b	1648.0	986.1b	705.3a	307.1b	1998.5

The treatments were made at the 1st-cut and were not made at the 2nd- and 3rd-cut. Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at P<0.05.



Table 3.3. Tiller numbers at the end of the experiment.

Prior treatment (1st-cut)	Experiment I	Experiment II	Experiment III
	2nd-cut	3rd-cut	3rd-cut
	<hr/> m <sup>-2</sup> <hr/>		
GA <sub>3</sub>	2026.7a	2241.3a	1244.4a
PP-333	1788.1b	2093.3a	1377.8a
Fertilization	1293.3c	1629.8b	1311.1a
Control	1780.8b	1605.8b	1363.1a

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



G区およびP区は多く、F区は少ない傾向があった。

出穂茎および未出穂の節間伸長茎を生殖茎とみなして、全茎数に対する生殖茎数の比率（生殖茎率）を第3.4表に示した。ただし、第I実験では、未出穂の節間伸長茎数を調査しなかったので生殖茎率は出穂茎数の比率である。また、第III実験の3番草は、真夏の高温と強い乾燥のために再生長が遅く、調査終了時までに各処理区とも生殖茎はなかった。処理区の生殖茎率をC区と比較すると、G区とF区は、低い傾向があり、P区はかなり高かった。

以上の1茎重（第3.1表）、茎数（第3.3表）、生殖茎率（第3.4表）、乾物収量（第3.2図）の結果から、P処理の後作用による乾物収量がC区に比べて大きかったのは、主として、生殖茎率が高いことに伴って1茎重が大きくなったことによる。G区では、C区に比べて1茎重は小さかったが茎数が多かったために、また、F区では1茎重および茎数がC区と大差なかったことにより、それぞれ、乾物収量はC区と大差なかった。

#### 5. 乾物生産に関する処理の後作用の発現機構

本実験では刈り取り後の再生草における後作用を対象としているので、後作用の発現機構を刈り株の分けつ構成と再生草の生長の面から以下に検討した。なお、前述の理由によりP区の第II、III実験の2番草に関する値は以下の考察から除外した。

各区の刈り株の分けつについて生長点が刈り残された分けつの数（生長点残存茎数）およびそれらの全分けつ数に対する比率（生長点残存茎率）を第3.5表に示した。

処理区をC区と比較すると、G区では、生長点残存茎率および茎数ともにC区に比べてやや小さい傾向があった。G区の2番草の生長点残存茎数が少ないのは、1番草の茎数増加が抑制され刈り取り時の茎数が少なかった（前章）ためである。P区では、刈り取り当時の茎数が多いとともに分けつの伸長が抑制



Table 3.4. Percentage of number of reproductive tillers at the end of the experiment.

Prior treatment (1st-cut)	Experiment I 2nd-cut	Experiment II 3rd-cut	Experiment III 3rd-cut
	%		
GA <sub>3</sub>	0.73b	4.89c	0.00
PP-333	26.01a	33.45a	0.00
Fertilization	4.79b	6.47c	0.00
Control	2.83b	15.87b	0.00

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



Table 3.5. Number of tillers with growth apex in stubble at the beginning of regrowth of the 2nd-cut or 3rd-cut.

Prior treatment (1st-cut)	Experiment I	Experiment II		Experiment III	
	2nd-cut	2nd-cut	3rd-cut	2nd-cut	3rd-cut
	$m^{-2}$				
GA <sub>3</sub>	567.6c (43.3)	888.9c (87.3)	1198.7b (66.4)	644.4d (45.0)	1756.9b (88.2)
PP-333	1130.7a (60.6)	1155.6b (84.7)	1986.7a (93.8)	1480.9a (76.8)	2013.8a (82.0)
Fertilization	755.6b (27.3)	2011.1a (81.1)	1165.3b (57.0)	959.1c (45.6)	1417.3c (89.1)
Control	729.8b (33.3)	1185.3b (81.3)	1138.2b (58.9)	1248.9b (60.7)	1895.6b (85.9)

Values in parentheses show the percentage of number of tillers with growth apex to total tiller numbers of stubble. Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



されて、生長点が刈り取り高さ以下に位置する分げつが多いことにより、生長点残存茎率および茎数がC区より多い傾向があった。F区では、生長点残存茎率および茎数ともにC区よりもやや小さかった。

2番草または3番草の刈り取り時の茎数と再生当初の生長点残存茎数との差、即ち、再生長期間中に生産された新しい分げつの数（新分げつ数）を第3.6表に示した。ただし、第Ⅲ実験の3番草の再生は高温・乾燥により、生長点残存分げつの一部は再生後の4～5日間に枯死したため、新分げつ数を調査終了時の茎数と再生2週間後の茎数との差で推定した。処理区の新分げつ数をC区と比較すると、G区では、第Ⅲ実験の3番草の他はC区より有意に多い傾向があり、新分げつの生産が盛んであった。これは、GA<sub>3</sub>処理の直接的影響により母茎の頂芽優勢によって生長が抑制された<sup>41)</sup>分げつ芽が、母茎が刈り取られることにより、抑制から解除されて生長したためと考えられる。このG区での旺盛な新分げつの生産はGA<sub>3</sub>処理の後作用とみなされる。P区の新分げつ数はC区より少ない傾向があり、後作用により新分げつの生産が抑制された。これは、生長点残存茎数が多く、それらの分げつが栄養分を優先的に獲得して新分げつの生産を抑制したと考えられる。P区の生長点残存分げつの生育が盛んであったことは、1茎重（第3.1表）および生殖茎率（第3.4表）が大きいことにも示される。F区の新分げつ数はC区に比べて少ない傾向があった。

以上のように、C区に比べて、G区の乾物生産がC区と大差なかったのは、旺盛な新分げつ生産のためであり、P区の乾物生産の促進は主として生長点残存茎数が多かったためである。F区では、生長点残存茎数、新分げつ生産ともC区と大差なく、乾物生産もC区と大差なかった。

#### 6. 再生草の *in vitro* 乾物消化率

再生草の刈り取り時または調査終了時の地上部各部の *in vitro* 乾物消化率（IVDMD）を第3.7表に示した。ただし、第Ⅲ実験の3番草はIVDMD



Table 3.6. Number of new tillers produced during regrowth period.

Prior treatment (1st-cut)	Experiment I	Experiment II		Experiment III	
	2nd-cut	2nd-cut	3rd-cut	2nd-cut	3rd-cut
	<hr/> m <sup>-2</sup> <hr/>				
GA <sub>3</sub>	1459.1a	916.9a	1042.6a	1348.0a	125.7b
PP-333	657.4c	963.1a	106.6c	974.7b	0.0c
Fertilization	537.7c	33.3c	464.5b	624.5c	347.5a
Control	1051.0b	748.0b	467.6b	956.9b	425.3a

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



Table 3.7. *In vitro* dry matter digestibility by pepsin-cellulase method in leaf blade(LB), stem(including leaf sheath and ear, ST) and dead material(D) at the cutting.

Prior treatment (1st-cut)	Experiment I			Experiment II		
	2nd-cut			3rd-cut		
	LB	ST	D	LB	ST	D
GA <sub>3</sub>	62.6a	64.3a	37.0	68.1a	67.9a	39.6
PP-333	63.9a	52.4b	34.6	65.0a	47.0c	35.2
Fertilization	59.4a	62.0a	36.0	63.3a	67.5a	40.4
Control	60.4a	59.5a	37.0	64.4a	59.7b	37.2

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



を調査しなかった。

処理区の I V D M D を C 区と比較すると、G 区と F 区は第 II 実験の 3 番草の茎（葉鞘と穂を含む）を除けば、地上部各部とも C 区と有意差がなかった。第 II 実験の 3 番草では G 区と F 区は生殖茎率が C 区より低かった（第 3.4 表）ため、I V D M D が C 区より高くなった。P 区では、I V D M D は葉身では C 区と大差なかったが、茎では C 区より小さくなった。それは P 区の生長点残存茎数が多く、生殖茎率が高くなった（第 3.4 表）ためと考えられる。

以上に記述した処理の直接的影響と後作用との関係を纏めると以下のとおりである。

G A<sub>3</sub> 処理では、一般に、イネ科牧草の節間伸長が促進され、頂芽優勢が強化されることによって分けつ生産が抑制され<sup>41, 62)</sup>て茎数が少なくなり、刈り株の茎数も少なくなるので、再生草の乾物生産に不利な後作用をもたらすかと考えられる。しかし本実験の結果からは、G A<sub>3</sub> 処理の直接的影響によって茎数が少なくなり、刈り株の茎数または生長点残存茎数が少なくても、再生草では新分けつ生産が盛んなので、乾物生産に不利な後作用をもたらす恐れがないと考えられる。

P P - 3 3 3 処理は、節間伸長を抑制することによって、イネ科牧草の乾物生産性が最も高く、飼料品質が最も低下しやすい節間伸長時期の乾物生産および飼料品質の低下を抑制し（前章）、刈り株に生長点残存茎数を多くしてその後の再生草で補償的生長を行うことにより乾物生産を促進する。即ち、P P - 3 3 3 処理がイネ科牧草の乾物生産と飼料品質の季節的変動を人為的に調節する技術の一つとなり得る可能性が認められた。しかし、P P - 3 3 3 は土壌に残存して後作に残効を示すことがあるので、実用化には残効の対処法について検討する必要があると考えられる。Hampton と Hebblethwaite<sup>22)</sup>によると、ペレニアルライグラスに対して 4.0 Kg/ha の P P - 3 3 3 を施用した場合は後作の馬鈴薯お



よび甜菜の生長に残効が現れたが、ペレニアルライグラスに対して2.0Kg/haのPP-333を施用して3ヶ月後に刈り取った場合は再生草の乾物生産に残効が現れなかった。残効が現れるか否かはPP-333の施用量と関係しているようであるが、本実験では、PP-333の施用量は774g/haに相当し、前記の例に比べ施用量がかなり少なかったにもかかわらず、第Ⅱ、Ⅲ実験の2番草では1番草の処理の残効が現れた。しかし、同じ2番草であっても、第Ⅰ実験では残効は認められなかった。実験期間中の降水量をみると、第Ⅰ実験の2番草の再生長期間中の降水量は平年より多かったが、第Ⅱ、Ⅲ実験の2番草の再生長期間中の降水量は少なく、乾燥気味であった。このことから、PP-333処理の残効が現れるか否かは土壌に残存しているPP-333の量の他に、土壌や気象条件と関係していると推察される。今後、土壌中に残るPP-333を減少させる方法を検討する必要がある。

多肥処理では、再生草の乾物生産を促進する要因が刈り株に形成されないの  
で、再生草の乾物生産およびIVDMDとも無処理の再生草と大差なかった。

## ま と め

植物生長調節剤処理の後作用として、処理の直接的影響を受けた1番草が刈り取られると、再生過程で補償的生長が現れた。G区では、処理の直接的影響により、頂芽優勢が強められて茎数増加が抑制された結果、分げつ芽が株基部に蓄積した。母茎(1番草)が刈り取られると、それらの分げつ芽が生長して再生草の茎数増加が促進された。P区では、処理の直接的影響または処理の残効の影響により伸長生長が抑制され、生長点が刈り取り高さ以下に位置する分げつが多くなったため、刈り取り後の刈り株に生長点を持つ分げつが多く、再生過程でそれらの分げつが急速に生長することによって再生草の乾物生産が促



進された。F区では、刈り株に再生草の生長を促進する要因を形成せず、再生草の生長と乾物生産はC区と大差なかった。

再生草のIVDMDは、G区とF区ではC区と大差がなかったが、P区では補償的生長が現れるとき、生育の進んだ分げつが多いために茎部のIVDMDはC区より低くなった。



## 第4章 グリーンパニックスの乾物生産に 及ぼす植物生長調節剤処理と施肥の影響

グリーンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichoglume* Eyles) は南九州における夏作牧草として栽培利用されているが、乾物生産に関する研究は少なく、乾物生産に対する生長調節剤処理の影響についてはほとんど不明である。そこで、本章では、グリーンパニックにおけるGA<sub>3</sub>とPP-333処理および多肥の直接的影響、ならびに、処理による乾物生産の促進あるいは抑制が刈り取り後の再生長に及ぼす後作用を検討した。

### 材料と方法

グリーンパニックの品種ペトリーを供試した。宮崎大学農学部内の圃場に、1993年4月21日に播種し、5月28日に6葉期の分けつを15×15cmの間隔で植え付けた。植付け前に消石灰0.9kg/m<sup>2</sup>と厩肥（羊糞）8.6kg/m<sup>2</sup>を施用し、7月8日に化成肥料で窒素、リン酸、加里をそれぞれ5g/m<sup>2</sup>追肥した。

この追肥と同時に、GA<sub>3</sub>処理区（以下、G区）、PP-333処理区（P区）、多肥処理区（F区）および対照区（C区）の4区に分け、G区にはGA<sub>3</sub>の200ppm水溶液を、P区にはPP-333の860ppm水溶液をそれぞれ90mL/m<sup>2</sup>散布し、F区には、窒素、リン酸、加里をそれぞれ10g/m<sup>2</sup>増施した。

処理した1番草を8月3日に刈り取り、2番草は各区とも無処理として育て、9月14日に刈り取った。刈り取り高さはいずれも3cmとした。なお、1番草刈り取り直後に各処理区とも窒素、リン酸、加里をそれぞれ15g/m<sup>2</sup>追肥した。

1番草では処理日から、2番草では1番草刈り取り後から、それぞれ約2週間



間隔で、各処理区から6株ずつを採取して、草丈、茎数および地上部乾物収量などを調査した。また、1番草刈り取り時に各処理区6株の刈り株を採取して、乾物重、生長点を保持する分げつの数および1茎当たりの分げつ芽数などを調査した。なお、茎数は完全展開葉が1葉以上の分げつについて算定し、草丈は株内の最長茎の値で、出穂茎がある時はその茎長とした。また、分げつ芽については長さが約1mm以上で第1葉が展開していない分げつを算定した。

本実験年は天候不順であり、第4.1図に示したように、実験期間中の6月上旬から8月上旬にかけての期間は、平年に比べて日射量および気温が低く降水量は多かった。グリーンパニックは耐湿性が低いとされており、湿害を受けると下葉が急速に枯れ上がるが、本実験ではその徴候はみられなかった。

## 結果と考察

### 1. 出穂

出穂状況の指標として、全茎数に対する出穂茎数の比率（出穂茎率）及び出穂茎を含む節間が伸長した分げつの数の比率（節間伸長茎率）の変化を第4.1表に示した。なお、1、2番草とも、刈り取り時以前の調査時には出穂茎はなかった。また、2番草の節間伸長茎率は調査しなかった。なお、暖地型イネ科牧草では、一部の分げつは栄養生長期にも節間が伸長するので、節間伸長茎の大部分は生殖茎であるが、すべてが生殖茎とは限らない。

1番草の出穂茎率および節間伸長茎率はともにG区が高く、P区が最も低かった。F区とC区とは大差なかった。また、G区では節間伸長茎はすべて出穂していたが、その他の3区における節間伸長茎に対する出穂茎の比は21~46%で、P区が最も高かった。

これらのことから、GA<sub>3</sub>処理は生育相の転換および転換後の穂の生長をとも



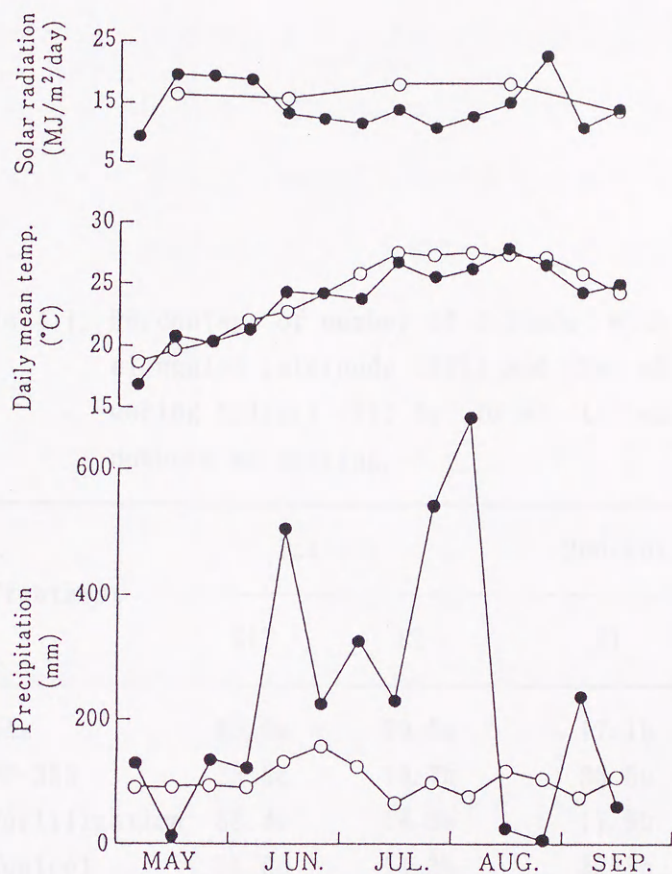


Fig.4.1. Daily solar radiation, daily mean temperature and precipitation. Closed and opened symbols are the data of the experimental period and the normal year, respectively. Precipitation and daily mean temperature are the total and mean values for 10 days, respectively; daily solar radiation is the mean value for 10 days in the experimental period and a monthly mean in the normal year.



Table 4.1. Percentage of number of tillers with elongated internode (EIT) and that of earing tillers (ET) to total tiller numbers at cutting.

Treatment	1st-cut		2nd-cut
	EIT	ET	ET
GA <sub>3</sub>	90.0a	90.0a	17.1b
PP-333	23.3c	10.7b	33.6a
Fertilization	68.4b	14.8b	17.9b
Control	51.0b	14.3b	22.7b

The percentages of EIT include the percentages of ET. Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



に促進し、PP-333処理は生育相の転換を抑制するが、生育相が転換した分げつにおける穂の生長を抑制する効果は小さいことが示唆された。他方、節間伸長茎率および出穂茎率はともにF区とC区とで大差なかったことから、多肥処理は生育相の転換および穂の生長のいずれにも影響しないと推察された。

2番草の出穂茎率はP区でとくに高かった。これは、1番草の節間伸長茎率が低いことから窺われるように、刈り取り時に生長点を刈り残された分げつが多いためと考えられ、これらの分げつの生長によって出穂茎率が高くなったと推察される。

## 2. 茎葉の生長

草丈、株当たりの茎数および平均1茎重を第4.2図に示した。

まず、草丈（第4.2図A）をみると、GA<sub>3</sub>処理により1、2番草ともに草丈の伸長が促進された。PP-333処理では、1番草では伸長が強く抑制されて処理後の2週間はほとんど伸長しなかった。1番草刈り取り時の草丈がC区と大差なかったのはいずれも出穂茎の茎長を調査したためであり、生育相が転換した分げつの伸長に対するPP-333処理の影響は弱い<sup>118)</sup>と推察される。しかし、生長抑制剤の効果は少なくとも4~6週間持続する<sup>23)</sup>といわれ、刈り取り時に節間が伸長していない分げつの茎長は依然としてP区が最も小さかったことから、栄養生長茎にはPP-333処理の影響が残存していたと推察される。しかし、2番草ではP区の草丈が最も高かった。F区では2番草の草丈がC区より一時的にやや低くなったが、処理の影響は小さかった。

1番草の茎数（第4.2図B）の増加は、GA<sub>3</sub>処理では強く抑制され、多肥処理では一時的に促進された後に停滞した。これらの茎数の抑制や停滞は、節間伸長茎率が高く（第4.1表）、養分がこれらの生長の進んだ分げつに優先的に配分されて、分げつ芽の生長が抑制された<sup>11, 28, 41)</sup>ためと推察される。これに対して、C区とP区の茎数は刈り取り時まで増加した。これは養分に関する



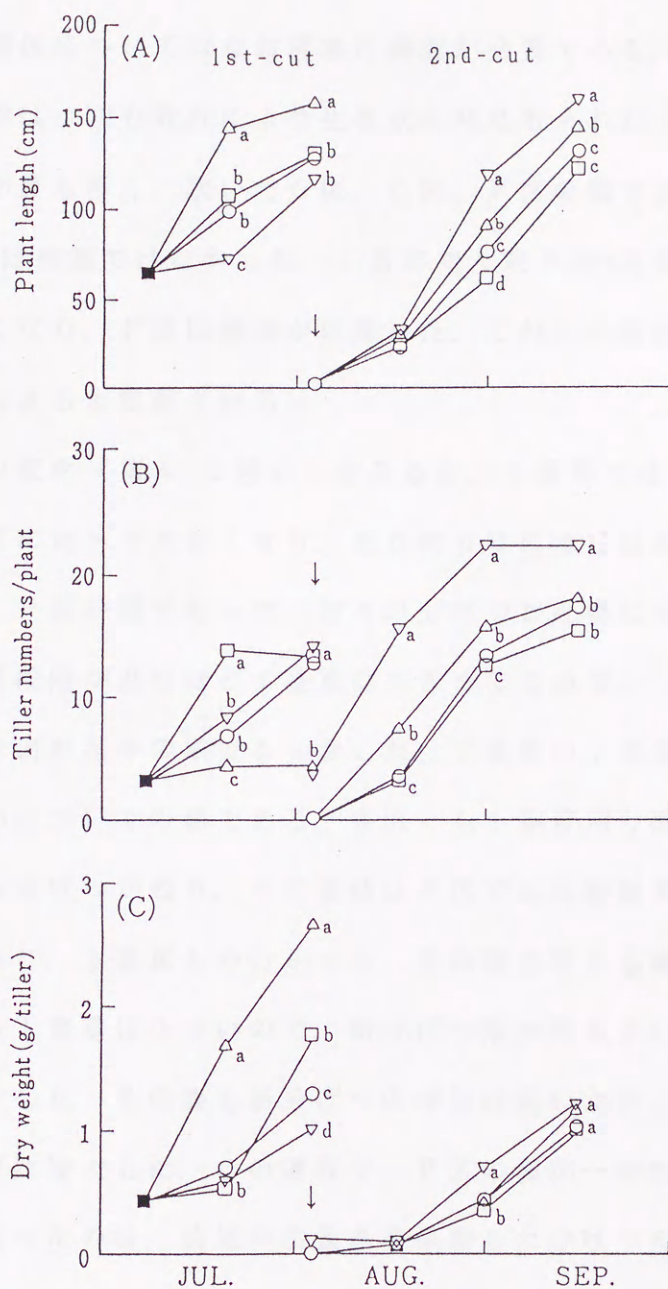


Fig. 4.2. Changes in shoot characters.

The 1st-cut was treated with GA<sub>3</sub> (Δ), PP-333 (▽), high fertilizer rate (□) and control (○); the 2nd-cut was not treated. ■ indicates the data at treatment; ↓ indicates the date of cutting. Tiller number per plant and dry matter per tiller in the 2nd-cut do not include stubble tillers without the growth apex. The common letter within same date indicates that the data do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



競合が他の2区に比べて弱かったことを示唆するが、分げつの生育相の転換と分げつ生産との関係についてはなお詳細な調査が必要である。

2番草の茎数は、刈り取りにより生長点を刈り取られた分げつを除外した値である。P区が最も多く、次いでG区、C区、F区の順であったが、P区を除く3区の区間差は有意ではなかった。1番草刈り取り後4週間目から各区とも増加速度が小さくなり、P区は増加が停滞した。これらの変化も一部の分げつの生育相の転換によると推察される。

平均1茎重の変化（第4.2図C）をみると、1番草では処理後2週間目にG区の値が他の区に比べて大きくなり、刈り取り時にはG区が最も大きく、次いでF区、C区、P区の順であった。個々の分げつが旺盛に生育している時期には分げつの生育段階が進むほど1茎重は大きくなるので、1番草刈り取り時の1茎重の順位は出穂茎率の順位と一致した。2番草の1茎重は、生長点を保持している分げつについての値である。各区とも1番草刈り取り時の刈り株に生長点を保持する分げつが残り、その茎数はP区では比較的多かったが、他の区は極く僅かであり、1茎重も小さかった。その後各区とも新しい分げつが生長し、生長当初の1茎重は小さいので、新分げつ数が最も多いP区（第4.2図B）の値はやや減少した。その後も新分げつの増加は続いたが、個々の分げつの生長により1茎重は増大した。この過程で、P区の値が一時的に他の区に比べて有意に大きくなったのは、前述の生長点を保持した分げつの生育相の転換によると推察される。しかし、他の区においても一部の分げつが相次いで生殖期に移行することにより1茎重の増加が急となって、2番草刈り取り時の区間差は有意ではなかった。この時期の出穂茎率（第4.1表）はP区の値が他の区に比べて有意に大きかったが、各区間差は1番草の場合に比べて小さいことおよび再生草のために個々の分げつが小さいことにより、1茎重の区間差が小さかったと推察される。



### 3. 地上部乾物収量

株当たり地上部乾物収量の変化を第4.3図に示した。

1番草では、処理後2週間目にF区とG区がほぼ一致して他の2区より大きかった。これは、F区では茎数の増加、G区では1茎重の増大のためであった。しかし、刈り取り時にはF区が最も大きく、次いでC区、P区の順となり、G区は最も小さかった。GA<sub>3</sub>処理は、イネ科牧草の栄養生長期では収量を高める効果があり、節間伸長・出穂期ではその効果がないことが示された。

2番草では、1番草刈り取り後4週間目から区間差が明瞭となり、その時の区間順位は刈り取り時まで継続してP区が最も大きく、次いでG区、C区、F区の順であった。この順位は1番草刈り取り時の順位とは一致しなかった。すなわち、C区に比べて、P区とG区の1番草の収量は小さかったが2番草の収量は大きかった。F区の1番草の収量はC区より大きく、2番草の収量はC区に比べてやや小さかった。

以上のように、処理に対する生長反応が1番草と2番草とで相違したことから、処理の影響は1番草の生長に対する直接的影響と2番草の生長に及ぼす後作用の影響とに分けられる。PP-333処理やGA<sub>3</sub>処理は直接的影響により収量を低下させたが、後作用により刈り取り後の再生量を多くする傾向があり、多肥処理では後作用は明瞭でなかったが他の2処理と逆の傾向であった。

1番草と2番草との株当たりの合計収量はG区、P区、F区およびC区がそれぞれ33.16, 40.34, 36.76および34.25 gとなり、P区はC区より大きく、G区とF区はC区と大差なかった。すなわち、植物生長抑制剤処理によって合計収量を引き下げることなく、1番草の収量を抑えて2番草の収量を高め得る可能性がうかがわれた。

処理の後作用を解析するため、刈り取り時における株当たりの茎数および平均1茎重と収量との相関関係を第4.2表に示した。



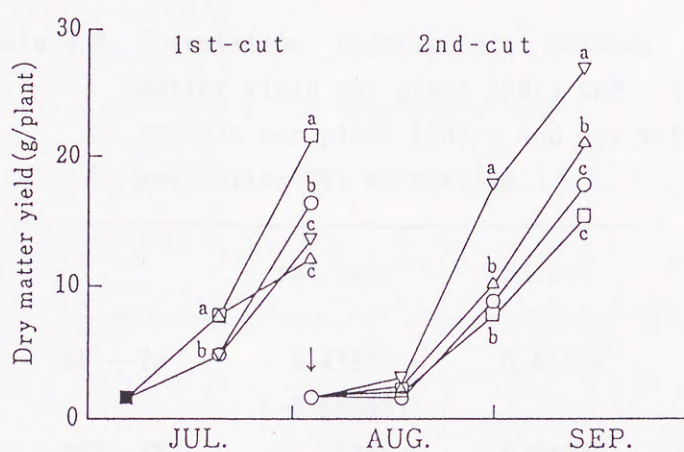


Fig.4.3. Changes in dry matter yield of the aerial part.  
As for the symbols, refer to the note of Fig. 4.2.



Table 4.2. Correlation coefficients between dry matter yield per plant (DMY) and tiller numbers per plant (TN), and dry weight per tiller (TW) at cutting.

	1st-cut	2nd-cut
DMY—TN	0.439NS (-0.080NS)	0.657**
DMY—TW	-0.181NS (0.848**)	0.287NS

NS and \*\* indicate that coefficients were not significant and significant at  $P < 0.01$ , respectively. Coefficients in parentheses excluded the data of GA<sub>3</sub> treatment from the calculation.



1 番草では、全処理区の値を一括した場合には有意な相関関係は得られなかったが、これは G 区の変化が特異なためであり、G 区を除くと平均 1 茎重と収量との間に有意な正の相関関係が得られた。暖地型イネ科牧草は一般に、茎数があまり多くない時期に出穂が始まるので、本実験の場合も、収量は平均 1 茎重との間に高い相関関係を示したと考えられる。2 番草の収量は茎数との間には正の有意な相関関係があったが、平均 1 茎重との相関は有意でなかった。したがって、2 番草における処理の後作用は茎数の変化を媒介としたと推察される。

そこで 2 番草刈り取り時の茎数の変動要因を探索したところ、この茎数は 1 番草刈り取り後 2 週間目の茎数との間に正の有意な相関関係 ( $r = 0.965$ ,  $P < 0.05$ ) があり、後者の変化は刈り株の状態によるところが大きいと考えられた。

#### 4. 1 番草刈り取り時の刈り株の分けつ構成と刈り取り後の新分けつの生長

1 番草刈り取り時における刈り株の乾物重、生長点を刈り取られた分けつを含めた刈り株の全茎数、生長点を刈り残された茎数および分けつ芽数を第 4.3 表に示した。

乾物重は処理区に比べて C 区の値が小さかったが区間差は有意ではなかった。刈り取りの際に、母茎の刈り取り高さ以上の節に着生していた分けつが刈り取られたために刈り株の全茎数は 1 番草の刈り取り直前の茎数より減少したが、P 区が最も多く、G 区が最も少なかった。また、生長点を刈り残された分けつ数は P 区のみがとくに多く、他の区では僅かであった。これは刈り取りの高さが比較的低いために G 区、F 区および C 区では節間伸長茎に着生していた栄養生長茎のほとんどが刈り取られたが、P 区では節間伸長が抑制されたため、生長点が刈り取り高さ以下に位置する栄養生長茎の数が多かったためである。

刈り株 1 茎当たりの分けつ芽数は G 区においてとくに多かった。G 区の 4.1 個の分けつ芽のうち、他の 3 区の平均分けつ芽数 2.5 個との差の 1.6 個が分けつに生



Table 4.3. Dry weight (DW), number of total stubble shoots (TN) and growth apex holding shoots (AS) per plant and number of tiller buds per shoot (TBS) and per plant (TBP) in the stubble just after the 1st cutting.

Treatment	DW (g/plant)	TN (No./plant)	AS (No./plant)	TBS (No./shoot)	TBP (No./plant)
GA <sub>3</sub>	1.61a	3.7c	0.0b	4.1a	15.3
PP-333	1.60a	12.1a	4.0a	2.5b	30.7
Fertilization	1.74a	8.9b	0.2b	2.3b	20.6
Control	1.29a	9.0b	0.2b	2.6b	23.3

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



長していたとすれば、G区的全茎数は $9.6(3.7+3.7 \times 1.6)$ となり、F区およびC区的全茎数とほぼ一致する。したがって、1番草でG区の茎数が少なかったのは分げつ芽の生長が抑制されたためと推察される。株当りの分げつ芽数は刈り株的全茎数と1茎当たりの分げつ芽数の積で求めたが、C区とF区とは大差なく、これらに比べてG区は少なく、P区は多かった。

1番草刈り取り後の2週間の間に生長した新分げつ数および刈り取り時の刈り株の全分げつ芽数（第4.3表）に対する新分げつ数の比率（分げつ芽生長率）を第4.4表に示した。

新分げつ数はP区が最も多く、次いでG区の順であり、いずれもC区に比べて有意に多かった。F区はC区と大差なかった。G区では、刈り株の全分げつ芽数は最も少なかった（第4.3表）が、処理による分げつ芽の生長抑制が刈り取りによって解除され、刈り取り後の分げつ芽生長率が高くなったために新分げつ数がC区に比べて多くなったと推察される。P区では、刈り株の茎数の約 $1/3$ が生長点を刈り残されていたので、この分げつと生長点を刈り取られた分げつとに分けて分げつ芽生長率を調査した。その結果、生長点を刈り残された分げつからの分げつ芽生長率は73.2%、生長点を刈り取られた分げつからは14.8%であり、後者の値はF区やC区の値に近い。したがってP区では、刈り株の全分げつ芽数が多かったうえに生長点を刈り残された分げつからの分げつ芽生長率が高かったために、新分げつが多くなったと推察される。

以上のようにG区とP区の2番草における補償的生長は、1番草における処理の直接的影響による株基部の性状の変化によるものであり、両区とも、1番草刈り取り時の刈り株の分げつ構成がその後の再生長を促進する態勢になっていた。すなわち、G区では処理の直接的影響によって分げつ芽の生長が抑制されて、茎数が少なかったために乾物生産が抑制された。しかし、この直接的影響によって1番草の刈り株に多くの分げつ芽が残り、刈り取り後はこれらの分



Table 4.4. New tiller numbers per plant (TN) at 2 weeks after the 1st cutting and the ratio (R) of those to tiller buds at the cutting.

Treatment	TN (No./plant)	R (%)
GA <sub>3</sub>	6.5b	42.48
PP-333	10.3a	33.55
Fertilization	3.8c	18.45
Control	4.0c	17.17

Values followed by the common letter within a column do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



げつ芽の生長によって茎数が多くなり、乾物生産が促進された。P区では、処理によって個々の分けつの生長が抑制されたために乾物生産が抑制されたが、刈り取り時に生長点を刈り残された分けつが多くなり、刈り取り後はこれらの分けつの急速な分けつ生産によって2番草の乾物生産が促進された。F区では、処理によって乾物生産が促進されたが、刈り株の性状はC区と大差なく、2番草の乾物生産を促進する要因を持った分けつ構成ではなかったため、2番草の乾物生産が促進される傾向はなかった。

前記のように、2番草に対しては生長調節剤処理を行っていないが、PP-333は土壌に残存して後作に残効の影響を及ぼすことが知られ、オーチャードグラスを供試した実験（第3章）でも、1番草に対する処理の残効により2番草の生長が抑制されたので、本実験の2番草の生長に残効の影響がないとは断定できない。しかし、本実験でのPP-333の施用量は少ないし、実験期間中に降水量もかなり多かったため、2番草は土壌からのPP-333の吸収がかなり少ないことが考えられる。また、P区とG区の地上部乾物収量をC区と比較した場合、1番草の収量は処理区の方が少なく、2番草の収量は処理区の方が多かった。すなわち、1番草と2番草とで処理の影響が逆の傾向であった。さらに、2番草の地上部乾物収量と茎数との間に正の相関関係があるとともに、2番草の茎数増加と1番草の刈り株の分けつ構成との間に密接な関係が認められた。これらのことから、2番草に対して残効があったとしてもその影響は処理の後作用に比べて弱かったと推察される。

また、本実験では、根の調査を行っていないが、第6章ではGA<sub>3</sub>およびCC<sub>3</sub>処理とも根の生長を抑制することが示されている。しかし、田中ら<sup>9)</sup>はジベレリンの生合成阻害剤であるイナベンフィドで処理したイネの根量は対照より大きいと報告している。もしPP-333処理により、イネ科牧草の根量が大きくなるとすれば、そのことは刈り取り後の再生に有利かも知れない。この点に



については今後の検討が必要であると考える。

## ま と め

1 番草では、植物生長調節剤処理の直接的影響により、G 区では茎数増加が抑制され、P 区では分げつの伸長生長が抑制されて、両区ともに乾物収量は C 区より少なかった。しかし、2 番草では、両区とも茎数増加が急速となって、乾物収量は C 区より多くなった。この 2 番草の茎数増加は G 区では、1 番草の茎数増加の抑制により株基部に保存された多数の分げつ芽が刈り取り後に生長したことにに基づき、P 区では、1 番草における分げつの伸長抑制により、刈り株に生長点を刈り残された分げつが多く、刈り取り後はその分げつが多くの新分げつを生産したことに起因した。F 区では処理の直接的影響により、1 茎重の増大が促進されて 1 番草の乾物収量は C 区より大きくなったが、刈り株に 2 番草の茎数増加を促進する要因を形成せず、2 番草の乾物収量は C 区にやや劣った。

以上の結果から、PP-333 処理および GA<sub>3</sub> 処理は乾物生産を一時的に抑制するとともにその後の乾物生産を促進する効果を持ち、年間の乾物生産量を引き下げることなく生産性の時期的な変動を調節するための技術の一つとなり得る可能性がうかがわれた。



## 第5章 オーチャードグラスの夏枯れに 及ぼす生長調節剤処理および施 肥の影響

南九州のような低暖地における寒地型牧草の生産に関する大きな問題点の一つは「夏枯れ」である。夏枯れは単に夏期の生産性の低下をもたらすのみならず、株の枯死による個体密度の減少によって草地の荒廃を促進し、草地の経済的維持年限を短くする<sup>55)</sup>ので、それを軽減する措置があれば、夏期の生産を改善するとともにその後の生産も促進されると考えられる。

寒地型牧草の夏枯れについては、これまで数多くの研究が行われており<sup>29)</sup>、高温<sup>48)</sup>、干ばつ<sup>49)</sup>、病虫害<sup>49, 75)</sup>、梅雨による土壌の過湿<sup>55)</sup>および根の機能の衰退<sup>84)</sup>、養分吸収の不均衡<sup>56)</sup>などが原因であると指摘されているものの、夏枯れを軽減する有効な対策は未だ確立していない。夏枯れを誘発する気象条件などの人為的調節、または、大規模な土壌改良は不可能であるから、夏枯れを軽減する対策としては、寒地型牧草の高温、乾燥などの不良環境条件に対する耐性を強めることに限られていると考えられる。

牧草の不良環境条件に対する耐性、特に、耐凍性については、刈り取り<sup>76)</sup>や施肥<sup>54, 65, 86)</sup>などの影響に関する検討は多いが、植物生長調節剤処理の影響は未だ十分に検討されていない。BlacklowとMcGuire<sup>7)</sup>によれば、GA<sub>3</sub>処理はトールフェスクの茎の水溶性炭水化物含有率を高め、耐冬性を強める。また、トウモロコシを供試した実験結果<sup>10, 105)</sup>によると、植物生長抑制剤mefluidide処理した苗は耐冷性が強くなる。植物の耐凍性と耐暑性、耐乾性との間に密接な関係がある<sup>87)</sup>ことから、植物生長調節剤処理が寒地型牧草の不良環境条件に対する耐性を向上させ、夏枯れを軽減する可能性があると考えられる。

そこで、本実験では、夏枯れを起こしやすいオーチャードグラス<sup>55)</sup>を供試し



て梅雨期における植物生長調節剤処理および施肥の夏枯れに及ぼす影響を検討した。

## 材料と方法

オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) の品種ナツミドリを供試し、宮崎大学構内の圃場において実験を行った。1992年5月9日に畦間および株間ともに15cmとして、4, 5葉期の栄養茎を1株1本立として植え付けた。植え付け前に、基肥として厩堆肥を5.7kg/m<sup>2</sup>、消石灰を290g/m<sup>2</sup>施用した。6月10日にGA<sub>3</sub>処理区(以下、G区)、PP-333処理区(P区)、多肥区(F区)および対照区(C区)の4処理区に分け、G区ではGA<sub>3</sub>の200ppm水溶液を、P区ではPP-333の860ppm水溶液をそれぞれ90 ml/m<sup>2</sup>散布し、多肥区では、いずみ化成15号で窒素、リン酸、加里をそれぞれ10g/m<sup>2</sup>増施した。各処理区の面積は12.15 (4.05×3.00) m<sup>2</sup>であった。処理3週間後の7月1日に各処理区を2分し、無刈り区と刈り取り区を設けた。刈り取り区では刈り取り高さ3cmで刈り取りを行い、無刈り区では生長をそのまま継続させた。

処理直前の6月10日および処理後の7月1日、7月11日、7月25日、8月17日、9月13日、10月4日に各処理区の無刈り区及び刈り取り区とも6株ずつを採取して草丈、茎数、葉面積及び地上各部の乾物重を調査した。9月中旬から越夏した株が生長を回復しつつあることが認められ、また、10月に入って平均気温が20℃前後に低下したことから10月4日の調査を最終調査とした。

## 結果と考察

### 1. 実験期間中の気象条件



実験期間中および平年の旬別日平均気温と降水量を第5.1図に示した。実験期間中の日平均気温は、7月上旬までは平年に比べやや低かったが、7月10日の梅雨明けから9月中旬にかけては平年と大差がなく、真夏日が続いた。実験期間中の降水量は、梅雨明け前では平年より多く、梅雨明けから9月中旬までは平年よりかなり少なかった。

## 2. 草丈

各処理区の草丈の変化を無刈り区と刈り取り区に分けて第5.2図に示した。

草丈は、処理当時には測定しなかったが、処理3週間後（7月1日）には、G区が最も大きく、次いでF区、C区、P区の順であり（第5.2図A）、第2章の実験結果（第2.2図）と一致した処理の直接的影響が認められた。

7月1日以降の草丈の変化をみると、無刈り区（第5.2図A）では、7月25日までは各処理区とも変化が小さく、7月1日以前の処理区間差が維持されたが、7月25日から8月17日にかけては、各処理区とも草丈が急激に減少し、処理区間差も消失した。これは出穂茎の枯死によったと推察される。8月17日から10月上旬にかけては草丈は僅かながら増加の傾向となったが、処理区間差は有意でなかった。

刈り取り区の草丈（第5.2図B）は、F区を除けば、他の3処理区とも刈り取ってから9月13日まで、徐々に増加したが、9月13日から10月4日にかけての増加は小さかった。草丈の増加はP区が最も速く、次いでG区、C区の順であった。すなわち、再生草は夏の高温・乾燥条件下でも生長を続け、P区の生長は他の区より速かった。F区では、草丈はC区と有意差が認められなかったが、再生が不良であり、7月25日以降は生存株がほとんどなくなったため、調査を中止した。

## 3. 株当たりの地上部乾物重

無刈り区及び刈り取り区の株当たりの地上部乾物重の変化はそれぞれ第5.3



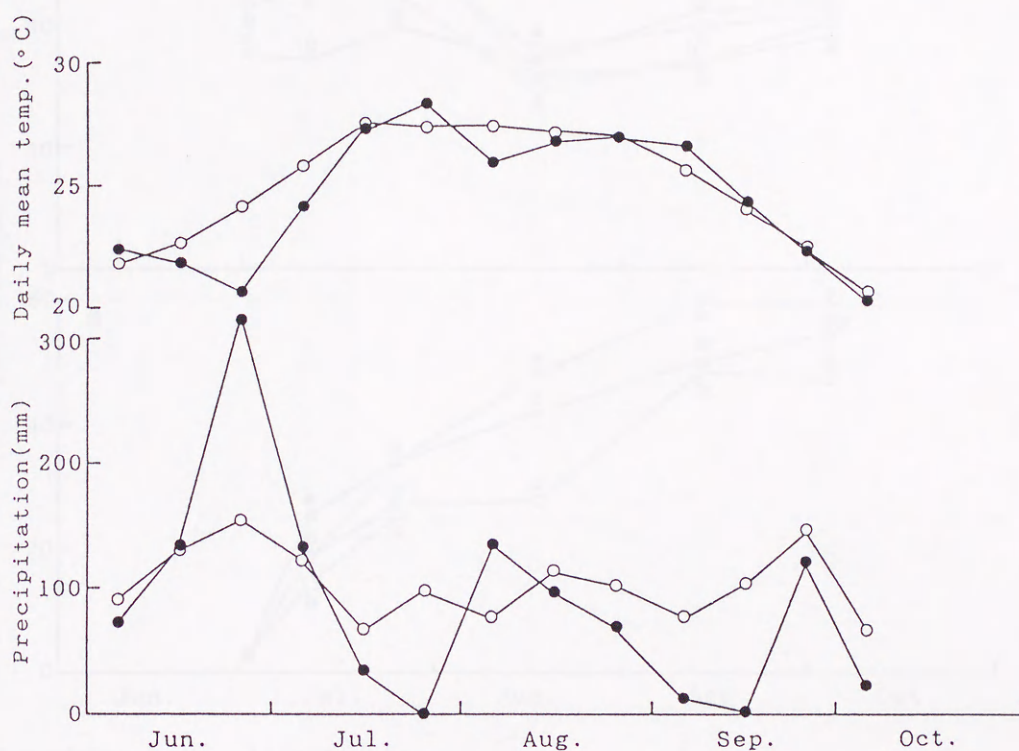


Fig.5.1. Daily mean temperature and precipitation.  
 Closed and opened symbols show the data during experimental period and normal year, respectively. Daily mean temperature and precipitation are the mean and total values for 10 days, respectively.



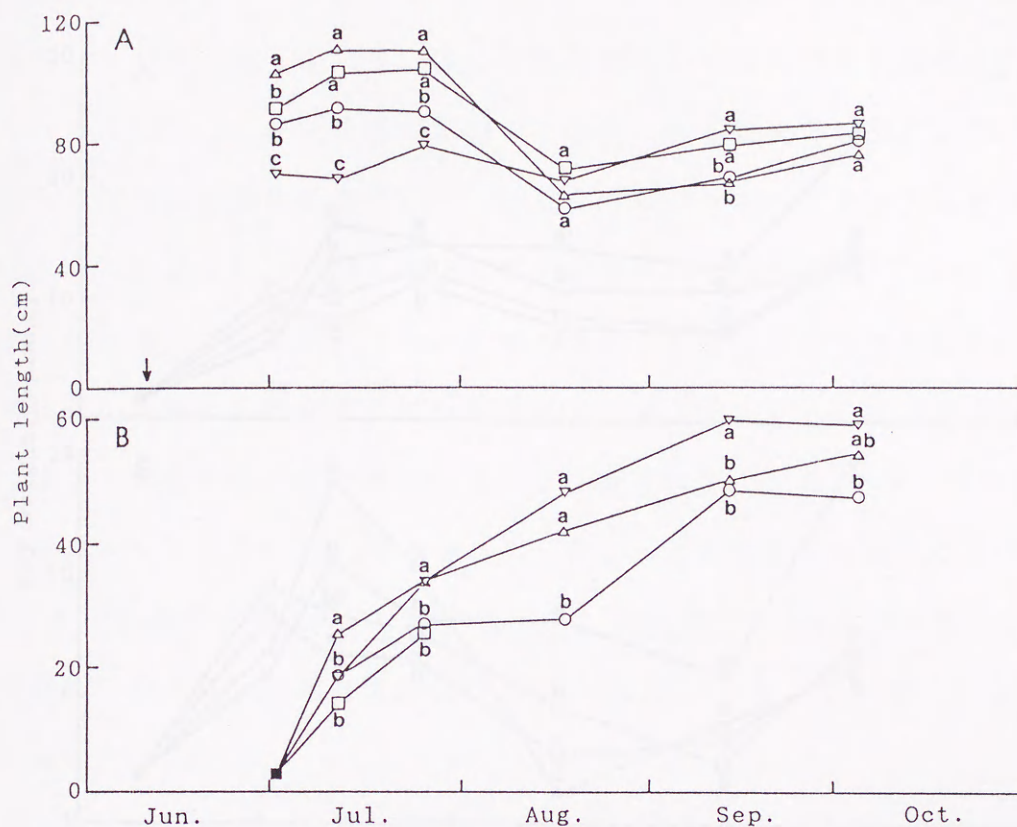


Fig.5.2. Changes in plant length.

Plants treated with GA<sub>3</sub>(Δ), PP-333(▽), fertilization(□) and control(○) at June 10. Figure A and B show the change of plant without cut after the treatment and with cut at 3 weeks after the treatment, respectively. ↓ indicates the date of the treatment. ■ indicates cutting height. The common letter within the same day show that the data do not differ significantly at P<0.05.



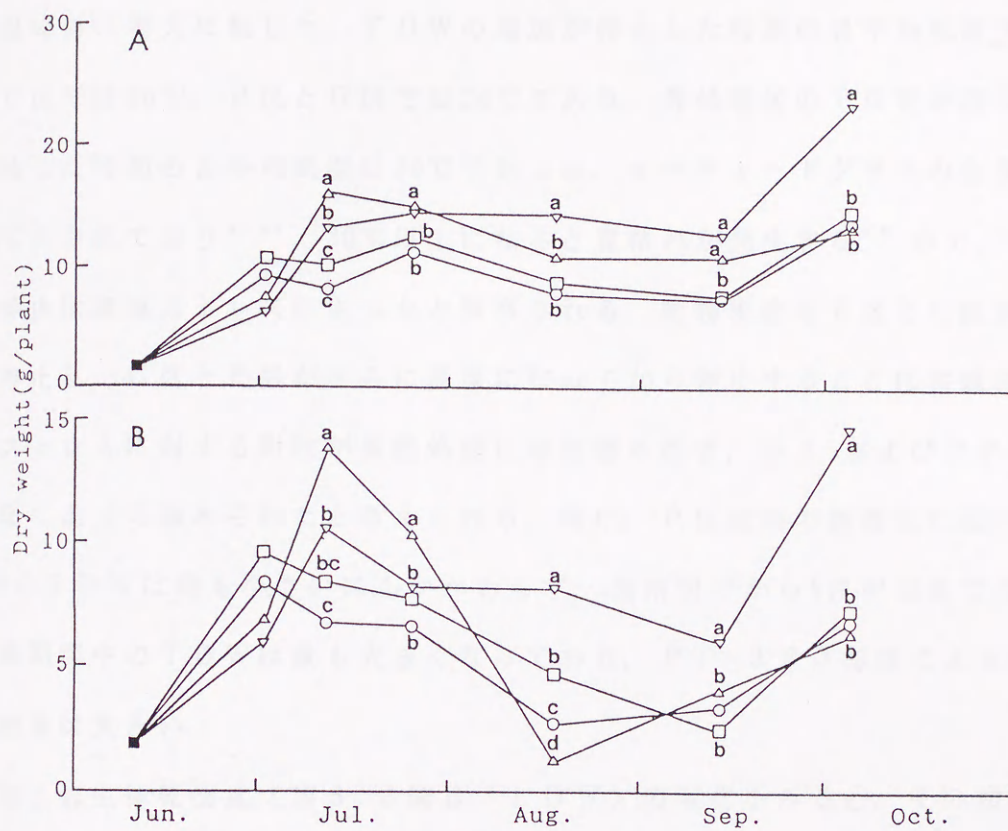


Fig.5.3. Changes in dry weight of the aeral part of non-cut plant.  
Figure A and B show the total dry weight and dry weight of living part, respectively. As for the symbols, refer to the note of Fig. 5.2.



図および第5.4図のとおりである。

無刈り区をみると、地上部全乾物重（第5.3図A，TDW）は、F区とC区では処理後から7月1日までの期間、G区とP区では処理後から7月11日までの期間には増大したが、その後は各処理区とも9月13日にかけてやや減少し、9月13日以降再び増大に転じた。TDWの増加が停止した時期の日平均気温は、F区とC区では20℃、P区とG区では24℃であり、各処理区のTDWが再び増加を開始した時期の日平均気温は20℃であった。オーチャードグラスの生長適温は16℃とされており<sup>2, 3)</sup>、20℃以上になると夏枯れが発生する<sup>4, 8)</sup>ので、乾物生産の停止は高温ストレスによったと推察される。乾物生産はF区とC区が同時期に停止し、G区とP区がさらに高温になってから停止することは供試材料の高温ストレスに対する耐性が多肥処理には影響されず、GA<sub>3</sub>およびPP-333処理によって強められたと考えられる。特に、P区は他の処理区に比べて、7月1日のTDWは最も小さいにもかかわらず、梅雨明けから9月中旬までの高温・乾燥期間中のTDWは最も大きくなっており、PP-333処理による耐性強化の効果は大きい。

地上部生体乾物重（第5.3図B，LDW）の変化をみると、その傾向はTDWの変化とほぼ一致した。F区とC区は7月1日から、G区とP区は7月11日から9月中旬にかけて、茎葉の枯死によりLDWが減少し、9月中旬以降は増大した。以下、7月1日または7月11日から9月中旬までの期間を「夏枯れ期間」とみなした。各処理区について、夏枯れ開始期のLDWに対する9月中旬のLDWの比率を計算すると、G区、P区、F区、C区がそれぞれ0.2968, 0.5678, 0.2532, 0.4013であり、夏枯れ期間中の茎葉の枯死はP区が最も少なく、G区とF区とはC区よりも大きかった。また、9月中旬以降のLDWの増大はP区が他の処理区より速いことが、夏枯れ期間中での枯死が少ないことと関連していると考えられる。



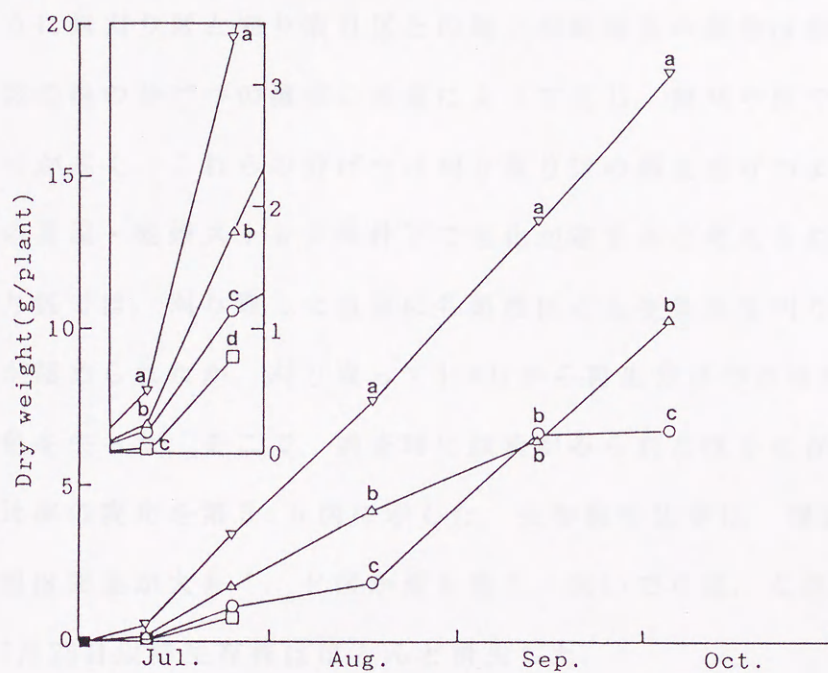


Fig.5.4. Changes in dry weight of the aeral part of aftermath.  
 ■ indicates the data at cutting. As for the symbols,  
 refer to the note of Fig. 5.2.



刈り取り区の TDW (第 5.4 図) は, 調査時の生存株の値であり, F 区を除く他の 3 処理区は調査終了時まで増加を続けた. その増加速度は P 区が最も大きく, 次いで G 区, C 区の順であった. 刈り取り区の生存株では無刈り区に夏枯れを生じている期間中でも TDW の増加が続き, P 区と G 区の増加は C 区より速かった. F 区では, 再生初期しか調査できなかったが, 7月25日の TDW は C 区に比べ有意に小さく, 再生は C 区に劣った.

このように無刈り区と刈り取り区との地上部乾物重の変動は相違した. この相違は両区の株の分けつの構成の相違によって生じ, 無刈り区では, 梅雨明け前の分けつが多く, これらの分けつは刈り取り区の再生分けつより生育段階が進み, 夏の高温・乾燥ストレス条件下で老化が速まると考えられる.

刈り取り区では, 刈り取った直後に各処理区とも生長点を刈り残された分けつの再生が認められたが, 刈り取って3-4日から再生分けつの枯死が進み, 一部の株は緑色を失った. そこで, 調査時に緑葉がみられた株を生存株とし, その生存株の比率の変化を第 5.5 図に示した. 生存株の比率は, 調査終了時まで減少し, 処理区間差が大きく, P 区が最も高く, 次いで G 区, C 区の順であった. F 区では7月25日以降生存株はほとんど消失した.

#### 4. 株当たりの茎数および葉面積

株当たりの茎数の変化を第 5.6 図に示した.

無刈り区の茎数の変化 (第 5.6 図 A) は LDW の変化と同様な傾向であった. 処理してから7月1日までは各処理区とも茎数が増加した. 茎数の増加に及ぼす処理の影響は第 2 章の実験結果と同様で, 多肥処理が茎数増加を促進し, GA<sub>3</sub> 処理は茎数増加を抑制した. しかし, 7月1日から7月11日にかけては, F 区と C 区では茎数が減少し始めたのに対し P 区と G 区では引き続き茎数が増加した. このことも P 区と G 区の植物体は高温ストレスに対する耐性が他の 2 区の植物体より強かったことを示す. 夏枯れ期間中には各処理区とも茎数が減少した.



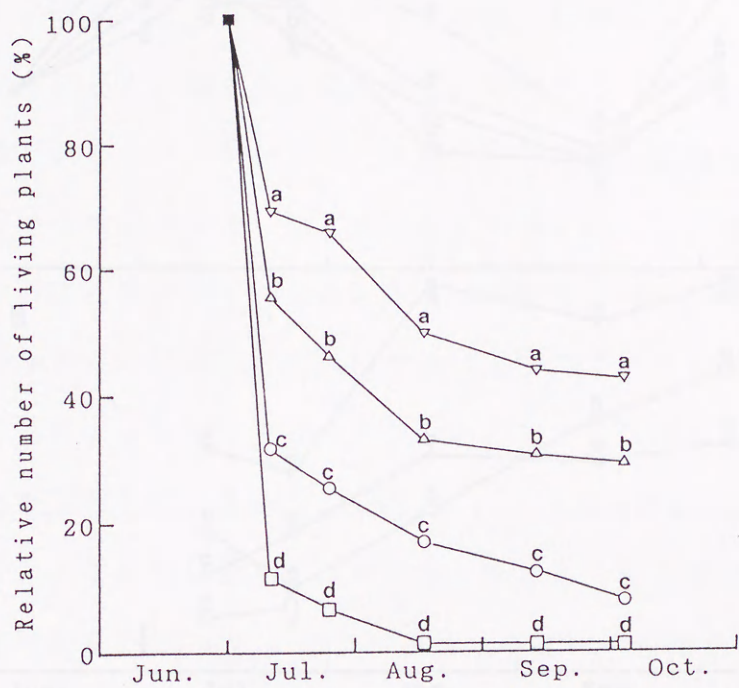


Fig. 5.5. Changes in relative number of living plants after the cutting.

■ indicates the data at cutting. As for the symbols, refer to the note of Fig. 5.2.



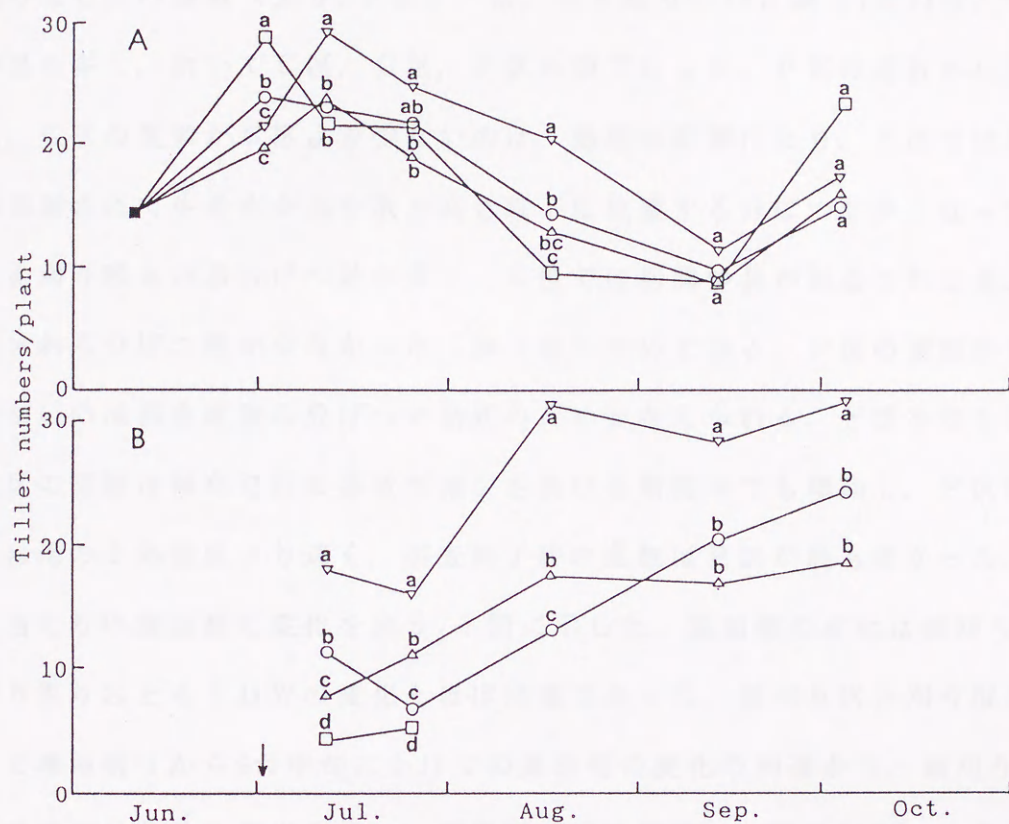


Fig.5.6. Changes in tiller numbers.

Figure A and B show plant without cut after the treatment and with cut at 3 weeks after the treatment, respectively. ■ indicates the numbers at the treatment. ↓ indicates the date of cutting. As for the symbols, refer to the note of Fig. 5.2.



この茎数の減少は出穂茎のほかに独立生長に達していないと思われる弱小分げつの枯死によった。夏枯れ期間中の茎数はP区が最も多く、他の3処理区には大差がなかった。

刈り取り区の茎数（第5.6図B）は、刈り取りの10日後（7月11日）ではP区が最も多く、次いでC区、G区、F区の順であった。P区の茎数がC区より多く、G区の茎数がC区より少ないのは、処理の影響により、P区では節間伸長が抑制されて生長点が刈り取り高さ以下に位置する分げつが多くなって、生長点を刈り残される分げつ数が多く、G区では節間伸長が促進され生長点を刈り残される分げつ数が少なかった（第3章）ためである。F区の茎数がC区より少ないのは再生直後の分げつの枯死のためと考えられる。F区を除く他の3処理区の茎数は無刈り区の茎数が減少を続ける期間中でも増加し、P区の茎数増加は他の2処理区より速く、調査終了時の茎数はP区が最も多かった。

株当たりの葉面積の変化を第5.7図に示した。葉面積の変化は無刈り区および刈り取り区ともTDWの変化とほぼ同様であった。無刈り区と刈り取り区における梅雨明けから9月中旬にかけての葉面積の変化の相違から、無刈り区の葉面積の減少は茎数の減少の他に、梅雨明け前に展開した葉の枯死によるところも大きかったと考えられる。夏枯れ期間中の無刈り区の葉面積の減少はG区が最も急激で、P区が最も緩慢であった。これは、GA<sub>3</sub>処理は葉の成熟を促進して夏の高温・乾燥条件下での葉の老化を助長し、PP-333処理は葉の老化を抑制したことによったと考えられる。

#### 5. 株当たりの地上部乾物重と茎数および葉面積との関係

各処理区のデータを混みで、株当たりの地上部乾物重（無刈り区ではLDW）と茎数および葉面積との相関を計算し、相関係数を第5.1表に示した。無刈り区では、LDWと茎数および葉面積との間に、刈り取り区では、TDWと茎数および葉面積との間に、それぞれ有意な正の相関関係が認められた。また、茎



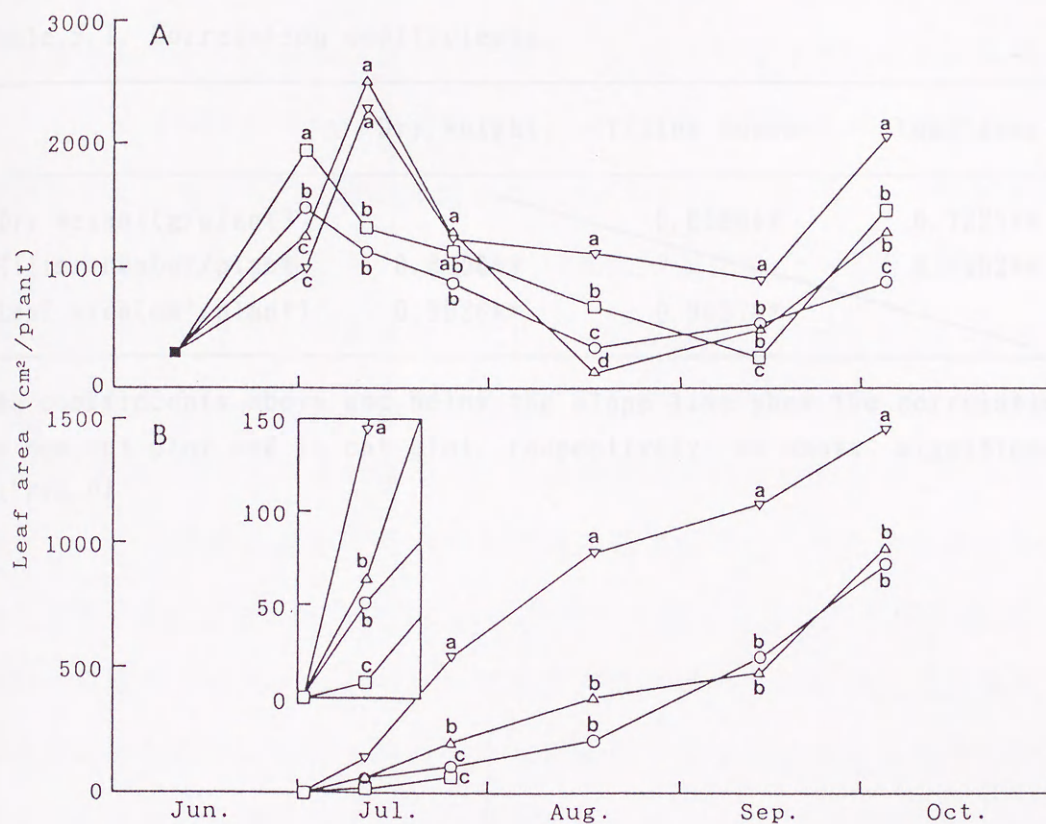


Fig.5.7. Changes in leaf area.

Figure A and B show plant without cut after the treatment and with cut at 3 weeks after the treatment, respectively. ■ indicates the data at the treatment. As for the symbols, refer to the note of Fig. 5.2.



Table 5.1. Correlation coefficients.

	Dry weight	Tiller number	Leaf area
Dry weight(g/plant)		0.6590**	0.7825**
Tiller number/plant	0.8406**		0.5492**
Leaf area(cm <sup>2</sup> /plant)	0.9626**	0.9037**	

The coefficients above and below the slope line show the correlations in non-cut plot and in cut plot, respectively. \*\* shows significance at  $P < 0.01$ .

Table 5.2. Path coefficients of tiller number and leaf area to dry weight.

	Non-cut plot	Cut plot
Tiller number/plant → Dry weight(g/plant)	0.3282	-0.1599
Leaf area(cm <sup>2</sup> /plant) → Dry weight(g/plant)	0.6023	1.1071



数と葉面積との間にも、無刈り区および刈り取り区とも有意な正の相関がみられた。地上部乾物重の変動に対する茎数と葉面積との寄与度を明らかにするために経路分析を行ない、その結果を第5.2表に示した。第5.2表により、地上部乾物重の変動に及ぼす葉面積の影響は無刈り区および刈り取り区とも茎数より遙かに大きく、茎数は葉面積と関与して地上部乾物重の変動に影響を与えており、葉面積は通常の生長時期には勿論、夏枯れ期の生体の維持にも重要な役割を果たしていることが示唆された。

以上のように、P区では、生長は一時的に抑制された（第5.3図）が、植物体の高温ストレスに対する耐性が強められ、夏枯れは軽減された。従来、低温期前の生長抑制は越冬性を高める<sup>33, 76, 86)</sup>ことが知られている。芝草を用いた研究<sup>50)</sup>ではPP-333処理により生長が抑制されるとともに、乾燥およびさび病に対する耐性が強められる結果が得られている。これらの結果を参照すると、本実験のPP-333処理による植物体の高温ストレス耐性の向上は生長の抑制と関連すると考えられる。P区の刈り取り後の生存株の生長が他の処理区より速かったことはP区の高温ストレスに対する耐性が強かったほかに、刈り株に生長点を刈り残された分げつ数が多く、PP-333処理の後作用によって生長が促進された（第3章）ことが一因であると考えられる。初秋において、P区の刈り取り区では生存株数が多いとともに株当たりの葉面積が大きいいため、また、無刈り区では株当たりの葉面積が大きいために、それぞれ秋の乾物生産が促進されたと推察される。以上のことから、PP-333処理はオーチャードグラスの夏枯れを軽減し、秋の乾物生産を促進する手段として利用できると考えられる。

G区では、C区とF区の生長が停止した後にも暫くは生長が続き、刈り取り区では生存株の比率（第5.5図）および生存株の生長（第5.4図）ともにC区に勝った。このことから、高温ストレス条件下でのオーチャードグラスの



生長はGA<sub>3</sub>処理により促進されたと考えられる。しかし、梅雨明け後の葉の急激な枯死および無刈り区のLDMの変化からは、GA<sub>3</sub>処理により夏枯れが助長されたとみなされる。暖地型イネ科牧草の耐寒性に関する研究では、夜温がやや低い(10℃)場合はGA<sub>3</sub>処理がアミラーゼの活性を増大し<sup>43, 44)</sup> 光合成産物の転流を促進して、光合成能力を増大する<sup>45)</sup> が、降霜障害はGA<sub>3</sub>処理により助長される(第6章)という結果が得られている。以上のことは、牧草の耐性に及ぼすGA<sub>3</sub>処理の影響がストレスの強弱によって相違することを示唆している。また、本実験では、無刈り区と刈り取り区とでGA<sub>3</sub>処理の影響が相違した。この点については、今後、詳しい検討が必要である。

夏枯れの要因の一つは窒素と他の養分の吸収不均衡である<sup>56)</sup> とされているが、本実験では、厩堆肥と石灰を基肥とし、施肥処理に窒素、磷酸、加里を等量施用したにもかかわらず、夏枯れが多肥処理により助長された。坂本の研究<sup>86)</sup> によると、肥料増施がオーチャードグラスの耐凍性に及ぼす影響は肥料施用から積雪までの期間と関係する。肥料増施によって、生長が促進され植物体内の非構造炭水化物(NSC)が消費されるため、積雪までに十分な生長期間がなければ、耐凍性が弱められるが、積雪までに十分な生長期間があればNSCの蓄積されて耐凍性が強められる。夏枯れに及ぼす多肥処理の影響も施肥から日平均気温が20℃に上昇するまでの期間の長さによって相違かも知れないが、本実験の結果からは、南九州では6月以降の施肥はオーチャードグラスの夏枯れを助長する危険性があると考えられる。

牧草の不良環境に対する耐性の強弱は、従来、植物体内のNSC含有率<sup>33, 50, 52, 54, 65, 76, 91, 97, 98, 104, 113)</sup> およびアブシジン酸(ABA)<sup>10, 105)</sup> またはABA/GA<sub>3</sub>の比率<sup>20)</sup> と密接に関係していると考えている。本実験では処理によるそれらの物質の変化を測定しなかったが、再生草の分けつ生産および分けつの乾物重増加の速度は刈り株のNSC含有率と密接な関係があり<sup>6, 108)</sup>,



刈り取り区での生存株の茎数増加速度（第5・6図B）はP区が最も速く、次いでG区，C区，F区の順であることから，刈り取りまで（梅雨明けまで）の植物体内のNSC含有率がPP-333およびGA<sub>3</sub>処理により高まり，多肥処理により低下すると考えられる。また，植物生長調節剤処理は植物体内のホルモンバランスに影響を与えることも推察される。したがって，植物生長調節剤処理および施肥がオーチャードグラスの夏枯れに及ぼす影響は，植物体のNSC含有率および植物の内生ホルモン間の関係に影響した結果であると考えられる。この点については今後検討する必要がある。

なお，本実験年度では，梅雨明けから9月中旬にかけての降水量は平年と比べかなり少なかった。夏枯れには高温と乾燥とが相加的に影響する<sup>8,7)</sup>ので，本実験での夏枯れが例年より強かったかも知れないが，夏枯れに及ぼす処理の影響は明らかであり，本実験の結果は寒地型牧草地の管理に参考となると考えられる。

## ま と め

梅雨明けから9月中旬にかけての無刈り区の株当たりの茎数，葉面積および生存部乾物重の減少程度および梅雨明け直前に刈り取りを行った刈り取り区の再生状況からみて，オーチャードグラスの夏枯れは，PP-333処理により軽減され，GA<sub>3</sub>処理および多肥処理により助長された。



## 第6章 キクユグラスとセタリアグラス の生長および耐冷性に及ぼす植 物生長調節剤処理の影響

南九州では、夏季の高温期に寒地型牧草が夏枯れを生じるため、暖地型牧草が導入され、栽培利用されている。この地域での暖地型イネ科牧草の乾物生産性<sup>25, 34-40, 67, 68, 96)</sup>および越冬性<sup>33, 39, 53, 54, 76)</sup>に関する研究は多いが、生産性の向上および越冬性の改善に関する植物生長調節剤の利用については未だ検討されていない。

以上のことから、暖地型イネ科牧草における植物生長調節剤処理による乾物生産の促進および越冬性の改善に関する基礎的資料を得る目的で、匍匐型のキクユグラス (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) および株型のセタリアグラス (*Setaria anceps* Stapf et Massey) を供試して、生長促進剤 GA<sub>3</sub> および生長抑制剤クロルメコート (商品名: サイコセル, CCC) 処理が両草種の生長と耐冷性に及ぼす影響を検討した。

### 材料と方法

キクユグラスの品種 Whitet およびセタリアグラスの品種 Nandi を供試し、1/5000aワグナーポットに、キクユグラスでは3~4節の切断茎を、セタリアグラスでは約4~5葉期の栄養茎を植え付け、砂質土壌で土耕栽培した。材料が活着した後にいずみ15号化成肥料 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15%:15%:15%) をポット当たり3g施用した。

**実験 I** 生産期間中の比較的低温期における処理の影響を検討した。

実験材料は1988年11月18日に1株1本立とし、ポット当たり4株として、無加温



のガラス室で育てた。ガラス室内の平均気温および最低気温は屋外よりそれぞれ3~4℃および1~2℃高かった。1989年2月2日に2草種とも生長の揃ったポットを選び、GA<sub>3</sub>処理区（以下、G区）、CCC処理区（CCC区）および対照区（C区）の3処理区を設けた。2月2, 4, 6日にG区ではGA<sub>3</sub>の10<sup>-3</sup> M水溶液、CCC区ではCCCの10<sup>-3</sup> M水溶液、C区では蒸留水を散布した。1回の散布量はポット当たり35~40mlとした。各処理区とも処理後1週間毎に20茎について新葉の展開速度を調査し、2月16日と3月8日に各処理区3ポットずつを採取して、処理後伸長した節間、葉鞘、葉身の長さ、株当たりの茎数、葉面積および各部の乾物重を調査した。

**実験Ⅱ** 2草種の生長季節である夏期における処理の影響を検討する目的で、前記と同様の苗を1989年6月5日にポット当たり3本ずつ植え付け、屋外の自然条件下で育てた。7月10日に実験Ⅰと同様にG区、CCC区およびC区の3処理区に分けて処理を行った。GA<sub>3</sub>およびCCCの処理濃度、1回の散布量は実験Ⅰと同様であったが、散布の回数は7月10, 12日の2回のみとした。8月2日に各区3ポットずつを採取して株当たりの茎数、葉面積および各部の乾物重を調査した。

**実験Ⅲ** GA<sub>3</sub>およびCCC処理が2草種の耐冷性に及ぼす影響を調べるため、実験Ⅰの材料の一部を処理後12日目の2月18日にガラス室から出して、3月11日まで屋外の自然条件下で育てた。さらに屋外での低温障害からの回復の程度を調べるため、一部の材料を3月12日に再びガラス室に戻して3月29日まで育てた。屋外での生長期間を終了し、ガラス室に戻す直前の3月10日および実験終了時の3月29日に2草種各処理区とも3ポットずつを採取して、株当たりの葉面積および全乾物重を調査した。このほか、2草種各処理区とも2ポットを選定し、2月18日から3月29日までの期間に晴天で光合成能力を測定し、屋外で生長開始期の光合成能力を100%とした株当たりの相対的光合成能力の変化を調査した。



## 結果と考察

### 1. 茎葉の生長

実験Ⅰおよび実験Ⅱにおける処理後の新葉の展開速度および調査終了時の節間と葉との長さ、株当たりの茎数、葉面積などを第6.1表にまとめた。

処理後伸長した節間の長さはC区と比べ2草種ともG区が大きく、CCC区が小さかった。すなわち、節間伸長は2草種ともGA<sub>3</sub>処理により促進され、CCC処理により抑制された。それにより、草丈はG区が高く、CCC区が低くなった。調査終了時の株当たりの茎数は処理区の間には有意差が認められなかったが、キクユグラスの冬季実験を除けば、G区が少ない傾向であった。GA<sub>3</sub>処理では寒地型イネ科牧草を供試した実験結果（第2章）と同様に節間伸長の促進により茎数増加がある程度抑制されたが、CCC処理では節間伸長の抑制と茎数の増加とが関連していないことが窺われた。

処理後の新葉の生長をみると、2草種とも、新葉の展開速度は処理区とC区とで大差なかったが、葉身と葉鞘との伸長を合わせた新葉の伸長速度はC区と比べG区では大きく、CCC区ではやや小さかった。そのため、処理後抽出した葉の葉身および葉鞘はC区に比べ2草種ともG区が長く、CCC区が短くなった。このことから、GA<sub>3</sub>処理およびCCC処理は生長点での葉の分化には影響がなく、分化した葉の伸長のみに影響を与えると推察された。

処理区の株当たりの葉面積をC区と比較すると、2草種、2季節とも有意差が認められなかったが、G区ではセタリアグラスが2季節とも小さい傾向であり、CCC区では冬期に2草種とも小さい傾向であった。セタリアグラスのG区における株当たりの葉面積の減少は茎数が少ないため、冬季の2草種のCCC区における株当たりの葉面積の減少は葉身の短縮によったと考えられる。

以上のように、茎葉の生長に及ぼすGA<sub>3</sub>処理およびCCC処理の影響は草種



Table 6.1. Changes in some characters of stem and leaf as affected by the treatment.

Season	Character	Kikuyugrass			Setariagrass		
		GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.	GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.
Winter	Internode length (cm)	6.5a	1.2c	1.8b	7.8a	2.3c	3.4b
	Plant length(cm)	52.9a	23.6c	31.2b	95.3a	55.3b	59.6b
	Tiller no./plant	20.5a	23.8a	19.1a	5.4a	9.9a	12.9a
	Leaf extension rate(leaf/week)	1.4a	1.4a	1.5a	0.9a	1.0a	0.9a
	Leaf elongation rate(cm/week)	12.8a	5.3b	6.2b	23.6a	13.0b	14.3b
	Leaf blade length(cm)	14.4a	11.7b	13.7b	33.8a	16.9c	20.0b
	Leaf sheath length(cm)	4.6a	2.4b	2.8b	18.0a	8.3b	8.9b
	Leaf area (dm <sup>2</sup> /plant)	3.3a	2.4a	3.0a	3.6a	3.3a	4.4a
	Tiller no./plant	7.6a	11.5a	11.4a	6.2a	7.2a	7.4a
	Leaf area (dm <sup>2</sup> /plant)	1.8a	2.4a	1.8a	3.7a	5.9a	5.6a

Values followed by the common letter within the same character in a grass do not differ significantly at P<0.05.



によって若干相違するが、主として節間と葉との伸長生長に現れ、分げつ生産と葉面積拡大に与えた影響は節間および葉の伸長生長の変化によってもたらされたと考えられる。

## 2. 植物体各部の乾物重

実験Ⅰと実験Ⅱとの調査終了時における植物体各部の乾物重および全乾物重に対する各部の乾物重の比率 ( $R_p$ ) を第6.2表に示した。

処理区の各部乾物重をC区と比較すると、G区では、2草種、2季節とも根の乾物重は減少し、茎(葉鞘を含む)の乾物重は増大する傾向があり、根の生長は抑制され、茎の生長は促進されたと推察される。生葉の乾物重には有意差がみられなかったが、セタリアグラスでは2季節とも減少する傾向があった。CCC区では、セタリアグラスはC区と比べ根、茎および生葉の乾物重が2季節ともに減少する傾向を示したが、キクユグラスは冬期のみその傾向がみられた。夏期のキクユグラスのCCC区ではC区と比べ根の乾物重は小さく、茎および生葉の乾物重はやや大きい傾向であったが、C区との差はいずれも有意でなかった。CCC処理では、根の生長は常に抑制されるが、地上部の生長は草種または処理季節によって抑制が相違した。

処理区の  $R_p$  は、G区ではC区と比べ茎は大きく、根および生葉は小さかったが、CCC区では根、茎および生葉のいずれもC区と大差なかった。処理による  $R_p$  の変化は草種間および季節間とも同様な傾向であった。GA<sub>3</sub>処理ではトールフェスク<sup>69)</sup>、イネ<sup>46)</sup>およびソルガム<sup>116)</sup>を供試した実験でも茎や葉鞘への乾物分配が多くなり、根と葉への乾物分配が減少する結果が得られている。したがって、G区の根の生長抑制は光合成産物が茎の生長に優先的に利用されて、根の生長に供給される栄養分が減少したためと考えられる。また、CCC区の根の生長抑制は光合成産物の分配と関係なく、地上部の生長抑制による光合成能力の低下と関連すると考えられる。



Table 6.2. Dry matter weight of various plant part.

Season	Plant part	Kikuyugrass			Setariagrass		
		GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.	GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.
g/plant							
Winter	Root	1.31b (14.7b)	1.49b (28.5a)	1.92a (26.0a)	0.88b (18.3b)	0.77b (22.5a)	1.34a (24.0a)
	Stem	5.34a (61.7a)	2.37c (44.3b)	3.45b (48.1b)	2.11a (45.0a)	1.33b (39.1b)	2.11a (37.7b)
	Leaf blade	1.76a (20.0a)	1.17b (22.0a)	1.60a (21.7a)	1.71a (36.4a)	1.29b (38.1a)	2.08a (37.5a)
	Dead leaf	0.32a ( 3.6a)	0.27a ( 5.0a)	0.31a ( 4.1a)	0.01a ( 0.7a)	0.01a ( 0.4a)	0.05a ( 0.8a)
	Total of aerial parts	7.51a	3.81c	5.45b	3.83a	2.63b	4.24a
	Root	1.27a (15.3b)	1.31a (18.7b)	1.59a (26.1a)	1.97a (14.0a)	2.18a (18.1a)	2.58a (18.2a)
	Stem	5.35a (64.5a)	4.02b (57.3b)	3.05b (50.2c)	9.60a (68.6a)	6.44c (54.7b)	7.95b (56.4b)
	Leaf blade	0.78a ( 9.4b)	0.95a (13.8a)	0.83a (13.6a)	1.91a (13.6b)	2.44a (20.4a)	2.65a (18.8a)
	Dead leaf	0.89a (10.8a)	0.72a (10.1a)	0.61a (10.1a)	0.52a ( 3.7a)	0.77a ( 6.5a)	0.92a ( 6.5a)
	Total of aerial parts	7.02a	5.69ab	4.49b	12.03a	9.65b	11.52a

Stem included leaf sheath. Values in parenthesis are percentage of dry matter weight of the part to total. Values followed by the common letter within the same plant part and grass do not differ significantly at  $P < 0.05$ .



処理区の地上部乾物重をみると、G区ではキクユグラスは2季節ともC区より有意に増大したが、セタリアグラスは2季節ともC区と大差がなく、処理後直ちに節間伸長・出穂期に移行するオーチャードグラスの春期処理の結果（第2章）と一致している。CCC区ではセタリアグラスは2季節とも、キクユグラスは冬季のみにC区より有意に減少した。夏期のキクユグラスのCCC区では、地上部乾物重はC区と有意差がなかった。地上部乾物生産に及ぼすGA<sub>3</sub>およびCCC処理の影響は草種および生長季節によって相違することが示唆された。

### 3. 生長関数

実験Iおよび実験IIにおける2草種の処理後の地上部乾物重の増加速度（CGR）、地上部乾物重の相対増加速度（RGR）および葉面積当たりの純同化率（NAR）を第6.3表に示した。

処理区をC区と比較すると、G区では、キクユグラスのCGR、RGRおよびNARは2季節ともC区より有意に大きかったが、セタリアグラスは夏期のNARのほかはCGR、RGR、NARのいずれもC区と有意差がなかった。CCC区では、セタリアグラスのCGR、RGRおよびNARは2季節ともC区より有意に小さかったが、キクユグラスは冬季のみにCGR、RGR、NARともC区より小さく、夏期ではいずれもC区と有意差がなかった。

草種別にCGR、RGR、NARの間の相関係数を求めたところ、CGRとNARとの間およびRGRとNARとの間に2草種とも有意な正の相関が認められた（第6.4表）。したがって、各処理区における乾物生産性の変化は主として処理後のNARの変化によって生じたと考えられる。すなわち、G区では、キクユグラスは2季節とも伸長生長が促進されるとともにNARが増大したため乾物生産性が高くなり、セタリアグラスは伸長生長が促進されたものの、冬期にはNARが増大せず、夏期には葉面積が減少したために乾物生産性が高く



Table 6.3. Growth parameters.

Season	Growth parameter	Kikuyugrass			Setariagrass		
		GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.	GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.
Winter	CGR	4.88a	2.00c	3.28b	2.76a	1.84b	3.08a
	RGR	0.35a	0.22c	0.29b	0.50a	0.43b	0.52a
	NAR	0.47a	0.23c	0.33b	0.48a	0.33b	0.57a
Spring	CGR	5.58a	4.35ab	3.27b	9.36a	7.20b	8.91a
	RGR	0.62a	0.55ab	0.48b	0.58a	0.52b	0.57a
	NAR	1.16a	0.78b	0.69b	0.93a	0.55c	0.71b

CGR: Crop growth rate(g pot<sup>-1</sup> week<sup>-1</sup>);RGR: Relative growth rate(g g<sup>-1</sup> week<sup>-1</sup>);  
 NAR: Net assimilation rate(g dm<sup>-2</sup> leaf week<sup>-1</sup>).



Table 6.4. Correlation coefficients.

	CGR	RGR	NAR
CGR		0.7355*	0.7672*
RGR	0.8682*		0.9727**
NAR	0.8570*	0.9357**	

The coefficients above and below the slop line show the correlations in kikuyugrass and in setariagrass, respectively. \* and \*\* show the significance at  $P<0.05$  and  $P<0.01$ , respectively.



ならなかったと考えられる。CCC区では、セタリアグラスは2季節とも伸長生長が抑制されるとともにNARが低下したため乾物生産性が低下し、キクユグラスは、冬期には伸長生長の抑制に伴ってNARが低下し、夏期にはNARが低下しなかったために乾物生産性が冬期と相違したと考えられる。

以上のようにGA<sub>3</sub>およびCCC処理によるNARの変化は草種および生長季節によって相違するが、その相違は供試した2草種の草型の相違と関連しているように見受けられる。GA<sub>3</sub>処理によるキクユグラスのNARの増大は、もともと匍匐型で、節間が短い<sup>30)</sup>ために葉が地面の近くに密集するが、GA<sub>3</sub>処理により分げつが直立し草丈が高くなって、受光態勢が改善されるに伴って光合成速度が高くなった<sup>61)</sup>ためと考えられる。これに対して、セタリアグラスは株型で、葉の配置が分散し相互遮蔽が少なく、GA<sub>3</sub>処理による受光態勢の変化は光合成に与える影響が小さかったと推察される。CCC処理区におけるキクユグラスのNARの変化の冬、夏期の相違は日射量の差によるところが大きく、すなわち、CCC処理によって節間が短縮され、葉の相互遮蔽が増大し、冬期では光合成が弱まるが、夏期では葉面積が小さいうえに、日射が強いため、節間短縮による葉の相互遮蔽の増大はNARの低下をもたらさなかった可能性が考えられる。CCC処理による2草種のNARの低下には、葉の受光態勢の変化が一因となっているが、そのほかには未だいくつかの原因があると考えられる。イネ科牧草は出穂前は茎（稈および葉鞘）が光合成産物の主要なsinkであり<sup>61)</sup>、sinkの大きさの変化がNARの増減の要因の一つである<sup>46)</sup>。このことから、CCC処理によって茎の伸長が抑制され、sinkが小さくなることがCCC区のNARの低下をもたらす他の一因であると推察される。

#### 4. 低温時期の屋外とガラス室内での生長と光合成能力の変化

実験Ⅲでは、処理した材料の一部を屋外で3月10日まで、20日間生長させた後、ガラス室内に戻して19日間生長させた。ガラス室に戻す直前（3月10日）および



実験終了時（3月29日）における2草種各処理区の株当たりの葉面積と全乾物重を第6.1図に示した。

屋外での生長期間中では、2草種各処理区とも、株または分けつの枯死がみられなかったが、3月9、10日の降霜により一部の葉が枯死し、葉面積が大きく減少した（第6.1図上段）。特に、セタリアグラスのG区では葉面積は約1/4に減少した。3月10日の株当たりの全乾物重（第6.1図下段）は、キクユグラスではCCC区が最も大きく、次いでC区、G区の順で、セタリアグラスではC区が他の2区より大きく、G区とCCC区がほぼ同程度であった。同時期にガラス室で生長した材料の乾物重（第6.2表）と比較すると、屋外の方が2草種各処理区とも小さかったばかりでなく、処理による乾物重の変化の傾向も2草種ともガラス室内に生長した材料と相違した。株当たりの相対的光合成能力の変化（第6.2図）をみると、屋外での生長期間中、2草種各処理区とも低下し、その低下は2草種とも、C区に比べCCC区は小さく、G区は大きい傾向があり、セタリアグラスのG区の低下は最も大きかった。これらのことから、2草種各処理区とも低温障害を受けており、C区に比べその障害がG区では2草種とも大きく、キクユグラスのCCC区では小さかったと推察される。

材料をガラス室に戻した後は、株当たりの葉面積（第6.1図上段）および光合成能力（第6.2図）が各処理区とも増大し、その増大は2草種とも、C区と比べG区は小さく、CCC区は大きい傾向があり、セタリアグラスのCCC区の増大は最も大きかった。ガラス室内での生長期間の後半の2草種各処理区の光合成能力（第6.5表）をみると、キクユグラスでは、株当たりおよび葉面積当たりの光合成能力はいずれもCCC区が最も大きく、G区が最も小さかった。セタリアグラスでは、株当たりの光合成能力はキクユグラスと同様な傾向であったが、葉面積当たりの光合成能力はCCC区が最も大きく、次いでG区、C区の順であった。セタリアグラスの場合、株当りの能力はG区が最も小さいの



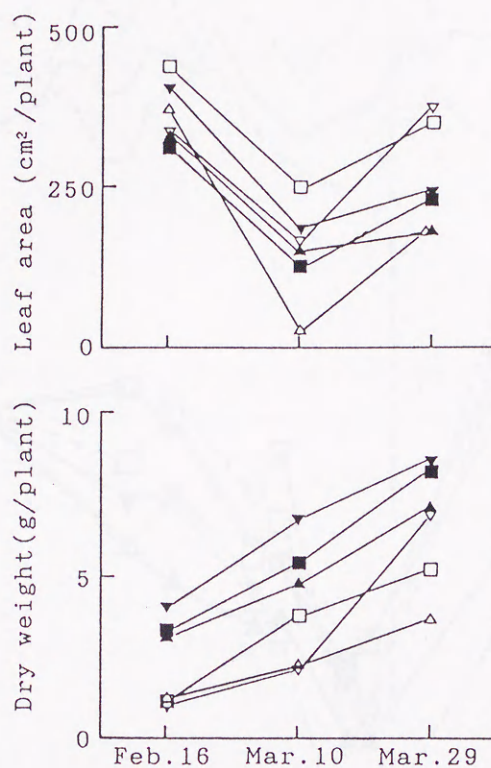


Fig.6.1. Changes in leaf area and dry weight.  
 Plant treated with GA<sub>3</sub>(△, ▲), CCC(▽, ▼) and control(□, ■) for 3 times on February 2, 4, 6. Treated plants grown in glasshouse to February 17, and under natural condition of outdoor from February 18 to March 11, and in glasshouse again from March 12 to March 29. Closed and opened symbols show the data of kikuyugrass and setariagrass, respectively.



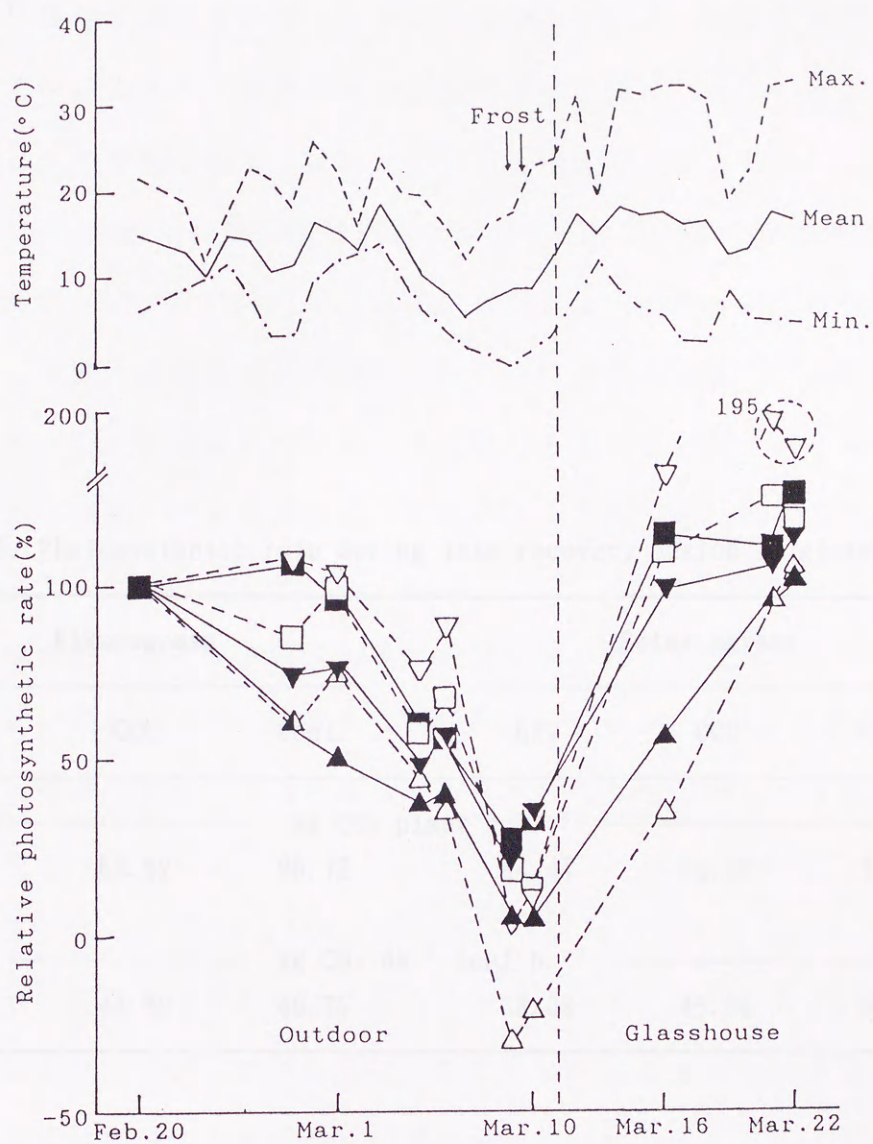


Fig.6.2. Changes in temperature and relative photosynthetic rate per plant.  
As for the symbols and the growth condition, refer to the note of figure 6.1.



Table 6.5. Photosynthetic rate during late recovery period in glasshouse.

Kikuyugrass			Setariagrass		
GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.	GA <sub>3</sub>	CCC	Cont.
<hr/>			<hr/>		
mg CO <sub>2</sub> plant <sup>-1</sup> h. <sup>-1</sup>			<hr/>		
54.09	67.32	86.72	44.47	84.30	71.29
<hr/>			<hr/>		
mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> leaf h. <sup>-1</sup>			<hr/>		
23.83	43.39	40.75	38.08	45.98	26.24



に対して、葉面積当りの能力では G 区は C 区よりも大きかった。この相違は、株当たりの葉面積が小さいこと、その葉面積の中にガラス室に戻してから展開した葉の比率が大きく、新葉の光合成能力は他の葉に比べて一般に高いことによって生じたと考えられる。株当たりの全乾物重の増大（第 6.1 図下段）については、G A<sub>3</sub> 処理の生長促進効果および C C C 処理の生長抑制効果はともにみられず、セタリアグラスの C C C 区の増大が特に大きかった。実験終了時における株当たりの全乾物重は 2 草種とも C C C 区は最も大きく、G 区は最も小さい傾向であった。以上のことから、低温障害を受けた材料はガラス室内に戻してから生長を回復し、その回復は、C 区と比べ C C C 区は速く、G 区は緩慢であったと考えられる。

株の光合成能力と乾物生長に与えた自然低温の障害の程度および障害からの回復の程度の両面からみた 2 草種の耐冷性は、G A<sub>3</sub> 処理により低下し、C C C 処理により高まったが、その程度はセタリアグラスの方がキクユグラスより大きい傾向があった。

以上のように、G A<sub>3</sub> および C C C 処理がキクユグラスとセタリアグラスの生長および耐冷性に及ぼす影響は草種によって相違するが、G A<sub>3</sub> 処理が暖地型牧草の匍匐型草種の乾物生産の促進に、C C C 処理は暖地型牧草の耐冷性を高め越冬性の改善に利用できる可能性が示唆された。

## ま と め

茎葉の伸長生長は両草種とも G A<sub>3</sub> 処理により促進され、C C C 処理により抑制された。G 区の乾物生産は、キクユグラスでは N A R の増大によって促進されたが、セタリアグラスでは促進されなかった。C C C 区の乾物生産は両草種とも N A R の低下によって抑制された。光合成能力の低温下での低減程度と低



温障害からの回復程度との両面でみた両草種の耐冷性はG A<sub>3</sub>処理により弱まり、  
C C C 処理により強まった。



## 第7章 青刈用ソルガムの乾物生産性に 及ぼす植物生長調節剤処理の影響

従来、グレインソルガムの乾物生産性に関しては、生態的特性の解析<sup>7,8)</sup>や、稈長<sup>2,7)</sup>あるいは環境条件<sup>3,1,70,103)</sup>と収量との関係などが検討されてきた。また、青刈飼料としてソルガムを多回刈した場合の生産性については、刈り取り高さや頻度<sup>70)</sup>あるいは窒素施用量と播種量<sup>119)</sup>などの栽培方法と収量との関係などが古くから検討され、生産性の向上に関する知見がいくつか得られている。青刈用ソルガムの生産性を向上させるためには、従来のように、生態的条件や栽培方法などと生産性との関連を明らかにすることはなお必要であるが、そのほかに植物生長調節剤を利用して群落の構造を変え、それに伴う生産性の変化を解明することも、生産性の向上を目指す一つの手段であろう。すでに、ソルガムの再生に内生植物ホルモンが重要な役割を果たしている<sup>71,72)</sup>ことが明らかにされてきたが、これらの研究は、多回刈の生産性を検討しているとは言い難い。

他方、台風が毎年九州に上陸しており、その都度、ソルガムやトウモロコシなどの倒伏に伴う生産および利用面での被害をもたらしている。したがって、ソルガムの耐倒伏性の増強は南九州においては特に重要である。植物生長抑制剤は作物の節間を短縮させて倒伏を軽減する効果を持つ<sup>22,52,81)</sup>ことが明らかにされているから、前述した生産構造の変更は耐倒伏性の変化をもたらす可能性も推察される。

本実験では、青刈り用ソルガムの生産態勢を変更させるため、GA<sub>3</sub>、 $\alpha$ -ナフチル酢酸 (NAA) およびクロルメコート (CCC) の3種の植物生長調節剤処理を行い、その処理が多回刈における乾物生産性と耐倒伏性に及ぼす影響を



検討した。

## 材料と方法

### 1. 材料の養成方法

ソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) の品種パイニオ956を供試し、宮崎大学農学部附属農場住吉牧場（以下住吉）および本学内圃場（以下木花）において実験を行った。播種は住吉では1989年4月26日、木花では同4月27日に行い、畦間50cm、株間25cm（栽植密度8本/m<sup>2</sup>）にて数粒を点播し、定着後1本立とした。試験区面積は住吉が200m<sup>2</sup>、木花が80m<sup>2</sup>である。基肥として播種の1週間前に、住吉では発酵鶏糞を220g/m<sup>2</sup>、木花では堆肥を180g/m<sup>2</sup>施用し、播種の3週間後にいずみ化成15号により、窒素、リン酸、加里とも15g/m<sup>2</sup>を追肥した。住吉では、さらに、播種の約50日後にいずみ15号で三成分とも7.5g/m<sup>2</sup>を追肥した。

台風11号のため、7月27日に両圃場とも倒伏したので、住吉では8月1日、木花では7月31日に地上5cmで刈り取った。刈り取りの3週間後にいずみ15号により三成分とも15g/m<sup>2</sup>を施用した。さらに、台風22号のために9月19日に再び倒伏したので、住吉では9月22日、木花では9月19日に地上5cmで刈り取った。刈り取りの3週間後に住吉のみいずみ15号で三成分とも7.5g/m<sup>2</sup>を施用した。

木花のN A A区では9月19日の台風22号の際の倒伏率が低かったので、N A A区を2分し、2番草の刈り取りを行わず降霜日まで生育させた区（N A A 2回刈区）を設けた。

11月20日の初霜以降、葉身が次第に黄化したので、住吉では11月26日、木花では11月27日に地上部を収穫して調査を終了した。

したがって、本実験材料の生育期間は大きく3分され、播種から台風11号により倒伏するまでが1番草、1番草の刈り取り後から台風22号により倒伏する



までが2番草，2番草の刈り取り後から降霜により葉色が黄化・褐変するまでが3番草となった。

## 2. 生長調節剤の散布方法

植物生長調節剤処理は，1番草と2番草に対して，草高が100cm前後で直線的な乾物増加期に達したと判断される時期に行い，3番草に対しては処理を行わず，1，2番草に対する処理の後作用を検討した。

生長調節剤としては，稈の伸長促進を目的としたGA<sub>3</sub>処理（GA区），頂芽優勢を強めて主茎の乾物生長を強めることを目的としたNAA処理（NAA区）および稈の伸長抑制と刈り取り後の再生速度を強めることを目的としたCCC処理（CCC区）を行った。試験区として，住吉では対照区，CCC区およびGA区，木花では対照区およびNAA区を設けた。

1番草に対しては，処理を2回行い，1回目は住吉では6月22日，木花では7月3日で，処理濃度をCCC，GA<sub>3</sub>，NAAとも $10^{-3}$ Mとして，茎葉全体に噴霧した。2回目は1回目の3-4日後に行い，散布濃度はCCCのみ $10^{-2}$ Mに高めた。2番草に対しても，処理を2回行い，1回目は住吉では9月4日，木花では9月3日で，2回目はその2-3日後に行った。処理濃度は2回とも，GA<sub>3</sub>，CCCでは $10^{-2}$ M，NAAでは $10^{-3}$ Mとした。3番草に対しては処理を行わなかった。散布量は，住吉では約15ml/m<sup>2</sup>，木花では約12.5ml/m<sup>2</sup>とし，展着剤は加えなかった。

なお，木花では，NAAの溶剤としてアセトンを用いたため，対照区にもアセトンを20ml/lを噴霧した。住吉での対照区には蒸留水を散布した。

## 3. 生育調査

生育調査は1番草では処理時から約2週間間隔で，2番草では1番草刈り取り後2週間間隔で，3番草では2番草刈り取りの約1ヶ月後から2週間間隔で行った。各区の反復数は住吉の地上部および根では6個体，木花では地上部のみの4個体であり，それぞれ葉面積と器官別乾物重などを調査した。根については畦長50



cm・幅75cm・深さ25cmの範囲の3株を2反復して、掘取調査を行った。

1, 2 番草では植物生長調節剤の処理後に1回ずつ、個体群内に地際の相対照度を畦間の中間と株間の中間の各5点、計10点について、正午前後に群落相対照度計で測定した。

## 結果と考察

### 1. 地上部の乾物重および草高

7月27日に台風11号が、9月19日に台風22号が宮崎を通過し、その都度、材料の一部または全てが倒伏した。また、11月20日には初霜が観察された。

地上部乾物重および草高の変化を第1図に示した。同図にみられるように、区間差は有意な場合は少なかったが、以下のような傾向がみられた。すなわち、草高には処理の影響が速やかに現れ、住吉（第7.1図A）でみると1, 2 番草ともにGA処理により草高が高くなり、CCC処理により草高の増大が抑制された。木花（第7.1図B）では1 番草の草高を調査していなかったが、2 番草ではNAA処理により草高の増大が抑制された。3 番草の草高は、住吉ではCCC区が最も高く、次いで対照区、GA区の順となり、木花ではNAA区の方が対照区よりも高くなった。即ち、3 番草における処理の後作用は1, 2 番草における処理の直接的影響とは傾向が逆であった。

乾物重の増加をみると、住吉の1, 2 番草ではGA処理により促進され、CCC処理により抑制されたのに対して、3 番草ではCCC処理により促進され、GA処理により抑制された。木花では1, 2, 3 番草ともNAA処理により乾物増加が促進された。

葉身重と稈（葉鞘を含む）重の比は、第7.2図にみられるように、地上部乾物重の増加に伴って低下し、両者の関係には処理による特異な変化が認められ



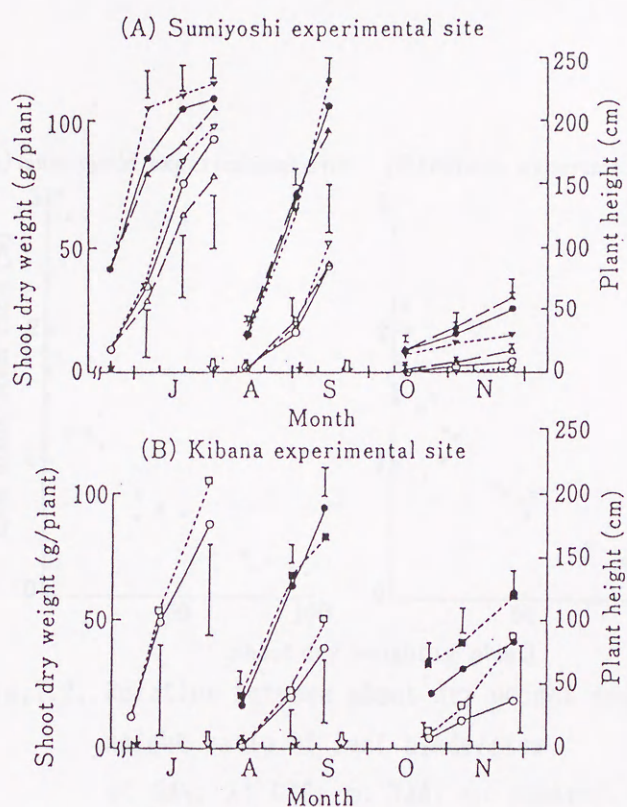


Fig.7.1. Changes in shoot dry weight and plant height.

Dry weight:  $\nabla$ ,  $GA_3$ ;  $\Delta$ , CCC;  $\square$ , NAA;  $\circ$ , control.

Plant height:  $\blacktriangledown$ ,  $GA_3$ ;  $\blacktriangle$ , CCC;  $\blacksquare$ , NAA;  $\bullet$ , control.

$\downarrow$ : date of treatment.  $\diamond$ : date of harvest. I: LSD(5%).



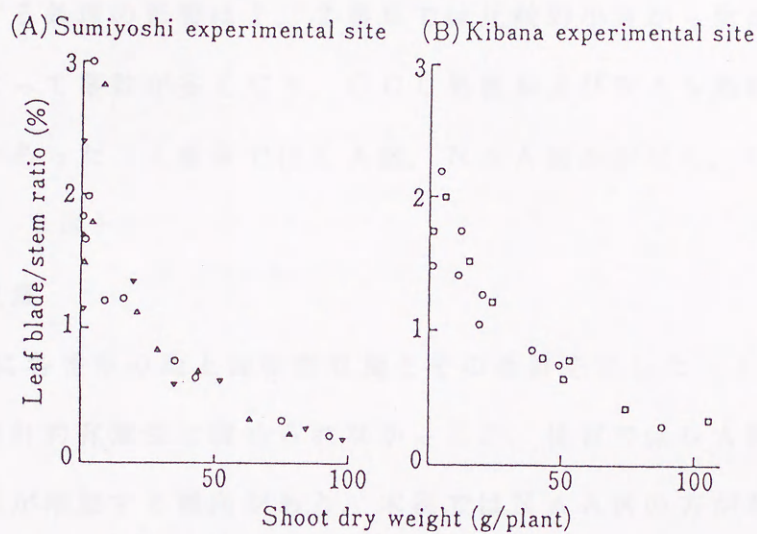


Fig.7.2. Relation between shoot dry weight and dry weight ratio of leaf blade/stem.

▽: GA<sub>3</sub>; △: CCC; □: NAA; ○: control.



なかった。

地上部乾物重と根重との比（ $T/R$ 比）は住吉でのみ調査したが、1番草の平均で、CCC区：6.46，対照区：6.80，GA区：7.63であり，2番草の平均で，CCC区：1.77，対照区：1.81，GA区：1.96であった。すなわち， $T/R$ 比はGA処理により増大し，CCC処理により低下する傾向がみられた。

## 2. 茎数

茎数に対する処理の影響は1，2番草では比較的小さかったが，2番草では，GA処理によって茎数が多くなり，CCC処理およびNAA処理によって少なくなる傾向があった。3番草ではGA区，NAA区が少なく，CCC区が多くなった（第7.3図）。

## 3. 乾物収量

第7.1表に各番草の地上部乾物収量とその合計を示した。1，2番草に対する処理には統計的有意性は認められなかったが，住吉ではGA処理により1，2番草の収量が増加する傾向があり，木花ではNAA区の方が対照区に比べ各番草とも多収の傾向であった。その結果，GA区，NAA区では年間収量が対照区に比べ大きくなった。CCC区は，3番草の収量が大きかったが，1番草の収量が少なかったため，年間収量が対照区よりやや劣った。木花のNAA2回刈区の年間収量は $2252\text{g}/\text{m}^2$ であり，倒伏のために刈り取りを行わざるを得なかった対照区の収量の約1.9倍であった。

## 4. 台風による倒伏程度

台風11号の通過（宮崎市における最大瞬間風速 $37.7\text{m}$ ）により1番草は両試験区とも全て倒伏した。倒伏時における1茎当たりの冠根数は，木花で対照区10.5，NAA区14.1であり，有意な区間差はみられなかった。しかし，台風22号（宮崎市における最大瞬間風速 $32.7\text{m}$ ）による2番草の倒伏程度には処理区間差がみられたので，茎の諸形質とともに，第7.2表にまとめて示した。



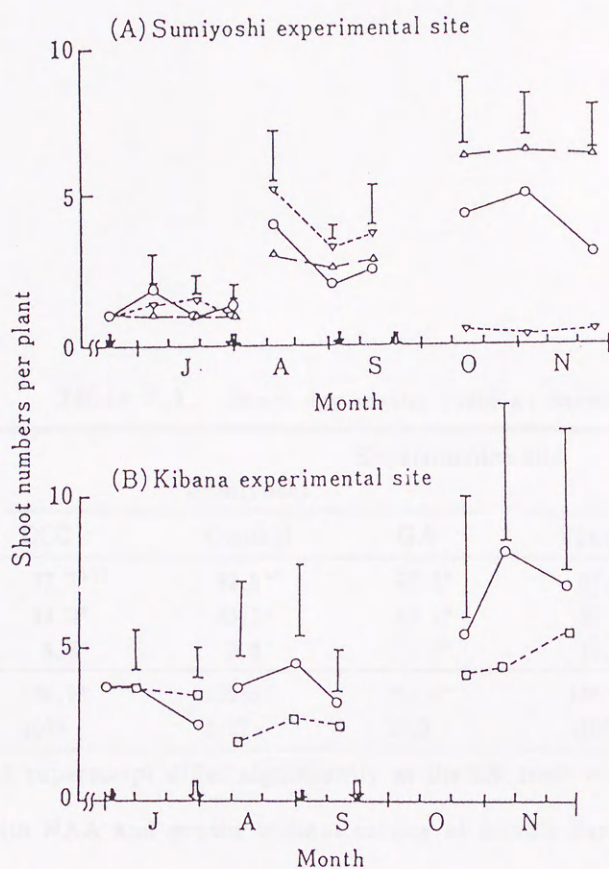


Fig.7.3. Changes in shoot numbers.

▽: GA<sub>3</sub>; △: CCC; □: NAA; ○: control.  
 ↓: date of treatment. ⇓: date of harvest.  
 I: LSD(5%).



Table 7.1. Shoot dry matter yield at harvest.

		Experimental site					
		Sumiyoshi			Kibana		
Dry matter weight		CCC	Control	GA	Control	NAA	NAA *2)
First crop	(g/plant)	77.7 <sup>b1)</sup>	92.8 <sup>ab</sup>	97.8 <sup>a</sup>	87.9 <sup>a</sup>	105.0 <sup>a</sup>	105.0
Second crop	(g/plant)	44.0 <sup>a</sup>	43.1 <sup>a</sup>	52.1 <sup>a</sup>	39.2 <sup>a</sup>	49.8 <sup>a</sup>	176.5
Third crop	(g/plant)	8.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	1.5 <sup>c</sup>	18.6 <sup>b</sup>	43.2 <sup>a</sup>	—
Annual yield	(g/plant)	129.9 <sup>b</sup>	139.6 <sup>b</sup>	151.5 <sup>a</sup>	145.7 <sup>c</sup>	198.0 <sup>b</sup>	281.5 <sup>a</sup>
	(kg/10 a)	1039	1117	1212	1165	1584	2252

<sup>1)</sup> Means with the different superscript differ significantly at the 5% level within the same experimental site and the same crop.

<sup>2)</sup> NAA\*: Plot sprayed with NAA and grown without cutting at middle September.



Table 7.2. Lodging by typhoon No. 22 and some parameters of stems.

	Experimental site				
	Sumiyoshi			Kibana	
	CCC	Control	GA	Control	NAA
Lodging percentage <sup>1)</sup>	11.1 <sup>b 2)</sup>	9.7 <sup>b</sup>	98.7 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	25.0 <sup>b</sup>
Stem length (cm)	155 <sup>b</sup>	155 <sup>b</sup>	179 <sup>a</sup>	175 <sup>a</sup>	120 <sup>b</sup>
Node numbers	9.3 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>
Mean internode length (cm)	16.7 <sup>b</sup>	17.8 <sup>b</sup>	20.5 <sup>a</sup>	20.6 <sup>a</sup>	14.0 <sup>b</sup>
Crown root numbers per shoot	19.2 <sup>a</sup>	18.8 <sup>a</sup>	16.6 <sup>a</sup>	10.3 <sup>b</sup>	38.5 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Lodging percentages are shown in breaking percentage (broken shoot numbers/total shoot numbers, %) at Sumiyoshi and in lodging percentage (lodged shoot numbers/total shoot numbers, %) at Kibana.

<sup>2)</sup> Means with the different superscript differ significantly at the 5% level within the same experimental site.



住吉では3処理区とも台風により茎は傾斜したが、茎の折損率には処理区間差がみられ、GA区の折損率が明らかに高かった。茎の諸形質をみると、平均節間長がGA処理により長くなっており、そのために折損しやすくなったと推察された。1茎当たりの冠根数には各処理の影響はみられなかった。

木花では倒伏率に明らかな処理区間差がみられ、対照区は100%倒伏したのに対し、NAA区の倒伏率は25%であった。茎の諸形質をみると、NAA処理により節数は変わらず平均節間長が短くなった。また、1茎当たりの冠根数は、2番草のNAA処理により顕著に増加した。このような節間の短縮と冠根数の増加により、NAA区の耐倒伏性が強まったと推察された。

#### 5. 個体群の受光態勢

生産構造に及ぼす植物生長調節剤処理の影響を第7.3表に示した。葉面積指数(LAI)はGA, CCC, NAA処理区とも対照区よりわずかに増加したが、処理区間差は有意ではなかった。地際の相対照度は1番草ではいずれの処理区も対照区より有意に高くなったが、2番草では処理区間差が小さかった。したがって、吸光係数Kは1番草ではいずれの処理区でも対照区に比べてかなり小さくなり、2番草でもやや小さくなった。また、NAA処理により茎が傾斜し、地表面の垂線からの傾斜角度はNAA区では $18.8^{\circ}$ であり、対照区の約2.7倍であった。2番草でもNAA処理により同様に茎の傾斜が観察された。この傾斜により葉の配置が疎散型となって、Kが小さくなったと推察された。

#### 6. 生長関数

第7.4表に生長関数についてその実数と、対照区に対する各処理区の値の比を示した。ただし、1, 2番草については、処理後から刈り取り時までの期間の調査結果をもとに算定した値であり、処理の直接的影響を示す値であるが、3番草については、前述のように、処理を行っていなかったのもので、2番草の処理の後作用を示すものである。



Table 7.3. Light-intercepting characteristics at the first and second crop.

		Experimental site				
		Sumiyoshi			Kibana	
		CCC	Control	GA	Control	NAA
First crop <sup>1)</sup>	Bending angle of stem (°)				6.89 <sup>b3)</sup>	18.80 <sup>a</sup>
	Leaf area index	2.49 <sup>a</sup>	2.19 <sup>a</sup>	2.63 <sup>a</sup>	4.40 <sup>a</sup>	4.62 <sup>a</sup>
	Relative illuminance at soil surface	17.1 <sup>b</sup>	15.9 <sup>c</sup>	18.7 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	22.3 <sup>a</sup>
	Light extinction coefficient	0.709	0.840	0.638	0.498	0.325
Second crop <sup>2)</sup>	Leaf area index	3.08 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>	2.84 <sup>a</sup>	2.88 <sup>a</sup>	3.03 <sup>a</sup>
	Relative illuminance at soil surface	7.6 <sup>b</sup>	10.1 <sup>ab</sup>	11.0 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>
	Light extinction coefficient	0.837	0.951	0.777	0.577	0.548

<sup>1)</sup> The data for the first crop were obtained on July 20 at Sumiyoshi and on July 8 for bending angles and on July 12 for other parameters at Kibana.

<sup>2)</sup> The data for the second crop were obtained on September 15 at Sumiyoshi and on September 4 at Kibana.

<sup>3)</sup> Means with the different superscript differ significantly at the 5% level within the same experimental site and the same crop.



Table 7.4. Growth Parameters.

## (A) Sumiyoshi experimental site

Crop No.	CCC				Control				GA			
	CGR <sup>1)</sup>	LAI <sup>2)</sup>	NAR <sup>3)</sup>	NAR/S <sup>4)</sup>	CGR	LAI	NAR	NAR/S	CGR	LAI	NAR	NAR/S
1	15.87 (82) <sup>6)</sup>	1.79 (94)	8.82 (88)	0.527 (88)	19.27 (100)	1.91 (100)	10.06 (100)	0.601 (100)	19.54 (101)	1.86 (97)	10.62 (106)	0.649 (108)
2	14.16 (90)	2.43 (128)	5.82 (70)	0.510 (70)	15.79 (100)	1.90 (100)	8.30 (100)	0.728 (100)	20.18 (128)	2.31 (122)	8.73 (105)	0.765 (105)
3	1.41 <sup>a 7)</sup> (216)	0.37 (198)	4.48 (101)	0.372 (107)	0.65 <sup>ab</sup> (100)	0.19 (100)	4.42 (100)	0.349 (100)	0.23 <sup>b</sup> (35)	0.06 (33)	2.70 (61)	0.250 (72)
1+2 <sup>5)</sup>	15.45 (84)	1.95 (102)	8.07 (84)	0.523 (83)	18.40 (100)	1.91 (100)	9.62 (100)	0.633 (100)	19.70 (107)	1.97 (104)	10.15 (106)	0.678 (107)

## (B) Kibana experimental site

Crop No.	Control				NAA			
	CGR	LAI	NAR	NAR/S	CGR	LAI	NAR	NAR/S
1	23.80 (100)	3.40 (100)	6.96 (100)	0.449 (100)	28.74 (121)	3.77 (111)	7.74 (111)	0.494 (111)
2	11.90 (100)	3.19 (100)	3.44 (100)	0.315 (100)	16.58 (139)	3.26 (102)	5.00 (145)	0.458 (145)
3	3.62 (100)	1.17 (100)	2.80 (100)	0.241 (100)	8.45 (130)	1.69 (144)	4.34 (155)	0.395 (164)
1+2	19.80 (100)	3.33 (100)	5.78 (100)	0.404 (100)	24.69 (125)	3.60 (108)	6.82 (118)	0.482 (119)

<sup>1)</sup> CGR : Crop growth rate (g/m<sup>2</sup>/day).<sup>2)</sup> LAI : Leaf area index.<sup>3)</sup> NAR : Net assimilation rate (g/m<sup>2</sup> leaf/day).<sup>4)</sup> NAR/S : Net assimilation rate per total solar radiation (g/m<sup>2</sup> leaf/day/(MJ/m<sup>2</sup>)).<sup>5)</sup> 1+2 : Combined with the results of the first crop and the second crop.<sup>6)</sup> Values in parenthesis are the percentages to the control.<sup>7)</sup> Means with the different superscript differ significantly at the 5% level within the same experimental site and the same crop.



住吉についてみると（第7.4表A），1番草では，CGRはGA区と対照区がほぼ同程度で，CCC区は他の区に劣った．CCC区のCGRが低いのはNARが低いことによる面が大きく，NARは，GA区が最も高く，次いで対照区，CCC区の順であった．この順序は草高（第7.1図）の順序と一致した．2番草では，CGRはGA区が最も高く，次いで対照区，CCC区の順であった．これは，GA区，CCC区ともに対照区に比べてLAIが大きくなったのに対して，NARは対照区と比べてGA区では1番草の場合とほぼ同程度に大きくなり，CCC区はかなり小さくなったためである．このように2番草のNARは，GA区が最も高く，次いで対照区，CCC区の順序であり，NARに対する処理の影響は，1番草の場合と一致した．この一致は両者とも処理の直接的影響によると推察される．これに対して，3番草のCGRはCCC区で最も高く，次いで対照区，GA区の順であった．この区間差は主としてLAIの差によっているが，NARもCGRと同様な区間順位となった．したがって，3番草における後作用は，1，2番草における処理の直接的影響とは逆であった．なお，各区とも3番草の全天日射量当りの純同化率（ $NAR/S$ ）が1，2番草に比べてかなり低いのは，低温のためと考えられ，GA区における1，2番草と3番草との差は特に大きかった．

木花についてみると（第7.4表B），1，2，3番草のいずれにおいても，対照区に比べてNAA区のCGRが大きかった．これはNAA処理により，LAIの増加にもかかわらず，NARが大きく増大したことによっていた．また，住吉の場合と同様に，3番草の $NAR/S$ は両区とも，1，2番草に比べて低かった．

以上のように，1，2番草では，GA及びNAA処理の直接的影響によって主としてNARが増大し，この結果CGRが増加すること，3番草では，CCとNAA処理の後作用によってLAIが増大し，NAA処理ではさらにNA



Rも増大することによって、それぞれ、CGRが大きくなることが示された。

本実験では、NAA処理濃度は $10^{-3}$ Mまたは $10^{-2}$ Mであり、茎切片での実験によると、茎切片の伸長を抑制するような過剰な濃度である<sup>109)</sup>ことが報告されている。本実験のNAA処理により2番草の草高が低くなったのは、節間の伸長に対して阻害的な濃度であったことを示している。また、NAA処理により茎の傾斜が引き起こされたのは茎部の上偏生長によると考えられ、茎が傾斜したことにより冠根の伸長開始を促し、1茎当たりの冠根数を増加させた（対照区の約3.7倍）と考えられる。このことと節間伸長の抑制が台風22号の通過の際にみられた耐倒伏性を増強した一因と考えられるが、NAA処理により耐倒伏性が強化された点は今後さらに詳しく検討する必要がある。

T/R比はCCC処理で低下し、GA<sub>3</sub>処理で増加したことは降雨量が少ない場合の耐干性の強弱をもたらすと予想される。

乾物生長に及ぼす植物生長調節剤処理の影響をみると、GA<sub>3</sub>処理では草高が高くなることにより吸光係数(K)は小さくなった。したがって本実験の場合、1, 2番草でGA区のNAR/Sが他の区に比べて高かったことの一因は草高が高くなったことにあるかも知れない。Kが小さいことの生産上の有利性は、一般に、LAIが大きいときに発揮されるものであり、本実験のように、LAIが3以下のときには、Kが小さいことは、全葉群の受光量が少ないことによって、生産上不利になる場合もある。しかし、草高が高くなって、葉の垂直方向の間隔が開くことにともなうKの低下は、散光の受光量が多くなることによると考えられるから、GA<sub>3</sub>処理による個体群の生産態勢の変更が、NAR/Sの増大をもたらした一因とみなされる。栽植密度を変えた場合にも、疎植ほど個体群内の相対照度が高く維持されて下層葉の同化能力も高いとされており、また稈長の異なる同質遺伝子系統を供試した結果<sup>27)</sup>によると、長稈系統では稈長を高くすることにより葉面積の増大に伴う個体群内の受光能率の低下が軽減



されて、乾物生産効率が高まり、多収となる。しかし、G A<sub>3</sub>処理では耐倒伏性が弱まるほか、処理の後作用として、低温期に再生した3番草の茎数が少ないなど、不良環境に対する耐性が劣ることが示された。

次にC C C処理では、刈り取り後の腋芽の伸長を促すことにより茎数およびL A Iが増加し、しかも、Kの値は対照区に比べて低いことが認められた。ソルガム属36品種を供試した報告<sup>73)</sup>では、刈り取り後49日目の再生重は刈り取り後3日目の再生腋芽率との相関が比較的高いことが認められている。生育初期の乾物生産は主に葉面積に支配される<sup>101)</sup>ので、3番草のように低温により葉面積の拡大のしにくい環境条件下では、処理の後作用として、葉数が多いことともなって葉面積の拡大が促進されることは個体群の乾物生長にとって有利な態勢と考えられる。

従来、刈り取り後の再生に対して、刈り株の貯蔵養分などのいくつかの要因が関与するとされている。本実験の場合、2番草を地表約5cmで刈り取った刈り株の乾物重は、住吉では対照区2.2g、C C C区3.4g、G A区3.1gであり、木花では対照区2.4g、N A A区4.2gであって、再生茎数との相関は認められなかった( $r=-0.047$ )。ソルガム属36品種を供試した結果<sup>73)</sup>でも刈り取り時の刈り株重と再生茎数との相関はみられなかった。一方、ソルガム茎片における腋芽伸長にサイトカイニンが関与していることが明らかにされている<sup>71)</sup>。したがってC C C処理により、刈り株中の貯蔵養分の量よりも植物ホルモンの制御によって刈り株に存在する腋芽の伸長を促進させたと推察された。

最後にN A A処理では2、3番草ともに茎数増加が抑制され、頂芽優勢を強めることが認められた。このため乾物生長の面からみると、初期生長には対照区とほとんど差が認められなかった。しかし処理により茎が傾斜するため、個体群構造としては開張型になり、日射量が多い時間帯では、L A Iの増加にもかかわらず個体群内の相対照度の低下が抑えられ、Kの値が対照区よりもかな



り小さくなった。このことは、L A I が大きくなることに伴うN A R の低下を軽減するうえで有利であると考えられる。

N A A 処理により3番草の生育後期の乾物生長が気温の低下にもかかわらず高く維持されたのは、N A R の低下が抑制されたことによっていた。このことを個体内全茎長の構成からみると、11月27日では対照区に比べN A A 区では茎長の頻度分布が上方に偏っていた(第7.4図)。したがって茎長の茎間変異係数は、N A A 区:37.6%, 対照区:40.9%で、ほとんど差がないのに対して、平均茎長はN A A 区:88.6cm, 対照区:51.9cmで、N A A 区が5%水準で有意に大きかった。以上のことはN A A 区では、直線的な乾物増加期に入った少数の茎によって個体群が構成されていたため、L A I の増加にもかかわらずN A R が低下しなかったと考えられた。ソルガムの乾物生産は低温限界の19℃付近では適温の17-20%に激減すること<sup>70)</sup>, ソルガムに10℃の低温を与えると葉身の細胞膜構造が破壊され光合成活性が急激に低下すること<sup>103)</sup>から、ソルガムの年間収量を増加させるには比較的低温下でも光合成活性の低下が小さい品種が要求される。トウモロコシで早晚性の差を検討した結果<sup>60)</sup>によると、早生種ほど低温下で光合成速度が低下しにくいことが認められた。9月21日に2番草の刈り取りを行ったN A A 区の3番草の乾物収量は34.5g/m<sup>2</sup>になり、イタリアンライグラスの極早生品種「ミナミアオバ」を9月24日に早播して11月21日に刈り取った場合の収量200g/m<sup>2</sup><sup>79)</sup>を上回ることが認められた。以上のようにN A A 処理では低温下での乾物生長を高く維持し、耐倒伏性を増やすなど不良環境への耐性を強めることが示された。

## ま と め

処理の直接的影響を受けた1, 2番草の乾物生産は、G A 区では草高の増大



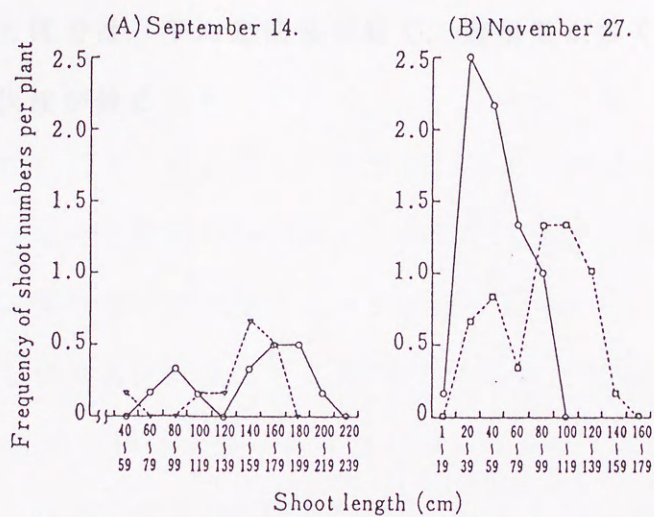


Fig.7.4. Frequency of number of shoots classified on shoot length at harvest on September 14 and November 27 at Kibana experimental site.

□: NAA; ○: control.



により、N A A 区では茎の傾斜によって吸光係数が低下し、N A R が増大したため、ともに促進される傾向があったが、C C C 区では抑制される傾向であった。これに対して、無処理の3番草の乾物生産はG A 区では茎数が少ないために対照より劣ったが、C C C 区では低温下でも茎数が増加して葉面積の拡大が促進されたために乾物生産が促進された。3番草のN A A 区では、L A I の増大が促進されるとともに、頂芽優勢により少数の大きな分げつで個体群が構成され、低温下でのN A R が比較的高く維持されたことによって乾物生産が促進された。N A A 区では、平均節間長が短く、冠根数が多くなったことにより台風の際の耐倒伏性が強まった。



## 第 8 章 総 合 考 察

イネ科牧草と飼料作物との乾物生産および飼料品質に関する従来の研究では、施肥や植物生長調節剤処理などの直接的影響が検討されている<sup>5, 7, 14, 15, 21, 38, 59, 61, 62, 64, 67, 68, 82, 83, 90, 93, 96, 110, 112, 113, 115, 116</sup>) が、処理の後作用については未だ十分に検討されていない。本研究では、暖地におけるイネ科牧草と飼料作物の乾物生産と飼料品質との季節的変動を人為的に調節する技術の確立のための基礎的資料を得る目的で、寒地型イネ科牧草のオーチャードグラス、暖地型イネ科牧草のキクユグラス、セタリアグラス、グリーンパニックおよび飼料作物のソルガムを供試し、乾物生産および飼料品質に及ぼす植物生長調節剤と施肥量処理の直接的影響およびそれらの処理の後作用、ならびに、直接的影響とその後作用との関連について検討した。

### 1. 乾物生産と飼料品質に及ぼす G A<sub>3</sub> 処理の直接的影響とその後作用

G A<sub>3</sub> 処理の直接的影響により、供試材料の伸長生長および乾物の茎への分配が促進された。この結果は従来の研究<sup>46, 61, 62, 82, 116</sup>) と同様である。しかし、地上部全体の乾物生産は草種または処理時期によって相違した。すなわち、乾物生産は、キクユグラスおよび冬期に処理したオーチャードグラスでは有意に促進されたが、セタリアグラス、ソルガムおよび春期に処理したオーチャードグラスでは対照と大差なく、グリーンパニックでは減少した。また、オーチャードグラスの地上部の *in vitro* 乾物消化率 (I V D M D) に及ぼす処理の直接的影響は冬期と春期とで相違した。

G A<sub>3</sub> 処理前後の材料の生育状況と処理後の L A I または株当たりの葉面積の変化をみると、冬期に処理したオーチャードグラスは早春の実験終了時まで節間伸長せず、葉の伸長が促進されて L A I が対照より有意に大きくなった。これに対して、ソルガムおよびグリーンパニックは処理時に既に節間伸長を開始



しており、キクユグラス、セタリアグラスおよび春期に処理したオーチャードグラスは処理後直ちに節間伸長を行なうが処理後のL A Iまたは株当たりの葉面積の増大は対照と比べいずれも促進されなかった。乾物生産速度とL A Iとの間には、一般に正の相関関係があり<sup>9, 36, 37, 67, 68, 112</sup>、本研究でのオーチャードグラスの実験結果においてもその関係が認められた（第1, 2章）。したがって、冬期に処理したオーチャードグラスの乾物生産が促進されたのは主として対照と比べL A Iの増大が促進されたためであり、キクユグラスを除く他の供試材料の乾物生産が促進されなかったのはL A Iまたは株当たりの葉面積の処理による増大がなかったためである。

オーチャードグラスとグリーンパニックのL A Iを1茎当たりの葉面積と茎数とに分けて処理の直接的影響による変化をみると、処理後の1茎当たりの葉面積は両草種とも増大したが、茎数は対照と比べ両草種とも少なかった。このことから、処理による茎数増加の抑制はL A Iまたは株当たりの葉面積の増大を制限する要因であったと推察される。イネ科牧草では、節間伸長期に入ると、養分が節間伸長茎に優先的に利用されるため新分けつの生産が少ない<sup>11, 28, 41</sup>。節間伸長期およびその直前にG A<sub>3</sub>処理を行うと、節間伸長が促進され、既存茎の頂芽優勢が強化されて新分けつの生産の抑制が一層強められ、茎数増加が対照より少なくなると考えられる。

また、イネ科牧草の節間伸長が促進されると、乾物重の葉／茎比率が小さくなり、茎の比率の増大によるI V D M Dの低下<sup>100</sup>が助長される。

他方、G A<sub>3</sub>処理によって節間伸長が促進されて草丈が高くなると、葉の配置が疎散型となり、植物体の受光態勢が改善されて光合成に有利になることが予想される。ソルガムの稈長の異なる同質遺伝子系統を供試した実験の中では、長稈系統は短稈系統より、個体群内の受光状況が改善されて、葉面積の増大に伴うN A Rの低下が小さいと報告されており<sup>27</sup>、本研究のソルガムの実験でも



対照と比べGA<sub>3</sub>処理区の吸光係数が小さくなり、NARが対照より大きい傾向であった。匍匐型で、節間が短く葉が地面の近くに密集する<sup>30)</sup>キクユグラスでは、GA<sub>3</sub>処理により乾物生産が促進されたのは処理によって茎の直立傾向が強まり、葉の受光態勢が改善されることによって光合成が増大した<sup>61)</sup>ためであるかも知れない。これに対して、節間伸長期の株型の他の供試草種では、葉の相互遮蔽が比較的少なく、GA<sub>3</sub>処理による受光態勢があまり改善されなかったと考えられる。従来の研究結果<sup>1, 8, 24, 43, 61, 62, 69, 75, 94)</sup>の中でもGA<sub>3</sub>処理は、匍匐型牧草では乾物生産が促進されるが、株型牧草では乾物生産が促進されない例が多い。

GA<sub>3</sub>処理の直接的影響により、供試した牧草の根の乾物重および刈り株の全茎数が減少したが、処理した1番草を刈り取った後の再生草には乾物生産に不利な後作用がみられなかった。オーチャードグラスとグリーンパニックで調査した結果(第3, 4章)によると、再生草の乾物収量は前者が対照と大差なく、後者が対照より大きかった。これは、両草種とも刈り取り後に新分けつの生産が盛んであったことによる。オーチャードグラスにおける分けつの規則性についての研究結果<sup>41)</sup>によると、分けつ芽は、母茎の同伸関係の葉と同時に分化され、分化の段階ではGA<sub>3</sub>処理に影響されないが、生長は母茎からの養分供給の不足によって抑制される。GA<sub>3</sub>処理後26日目に刈り取ったグリーンパニックの刈り株の1茎当たりの分けつ芽数は対照および他の処理区より1.6個多かった。分けつ芽の生長はGA<sub>3</sub>処理の直接的影響によって強く抑制されたことが明らかである(第4章)。したがって、GA<sub>3</sub>処理した1番草を刈り取った後の盛んな新分けつ生産は処理の直接的影響により生長を抑制された分けつ芽が、母茎が刈り取られることによって一斉に生長した結果であると考えられる。

以上のことから、乾物生産および飼料品質に及ぼすGA<sub>3</sub>処理の直接的影響は草種または処理時期によって相違することは牧草の草型および処理前後の節間



伸長の状況によったと推察される。GA<sub>3</sub>処理は、匍匐型牧草のほかに、寒地型イネ科牧草では、節間伸長をおこさない時期には乾物生産が促進され、増収の効果が期待されるが、節間伸長を行う時期には乾物生産の促進が期待できないと考えられる。特に暖地型イネ科牧草では、生長期間中に常時、一部の分げつが節間伸長を行うため、GA<sub>3</sub>処理による乾物生産の促進が期待されないばかりではなく、飼料品質が低下する可能性もある。しかし、GA<sub>3</sub>処理では、処理した1番草を刈り取った後の新分げつ生産を促進する後作用があるため、刈り株の茎数が少なくても、再生草の乾物生産は劣ることにはならない。

## 2. 植物生長抑制剤処理による乾物生産の抑制、飼料品質の改善およびその後の補償的生長

本研究に供用したPP-333およびCCCはともにジベレリンの生合成を阻害する植物生長抑制剤であり<sup>20, 81)</sup>、処理の直接的影響により、供試した牧草および飼料作物はともに茎の伸長が抑制され、乾物生産が減少した。しかし、PP-333処理によってオーチャードグラスの生長に伴うIVDMの低下が抑制され、刈り取り時のIVDMが対照と比べ高くなった。この結果はこれまでのイネ科牧草に対する植物生長抑制剤処理の研究結果<sup>5, 14, 15, 17, 21)</sup>と一致している。さらに、処理時期を異にしたオーチャードグラスの実験(第2章)で、PP-333処理による乾物生産の抑制とIVDMの向上の程度は、春期の節間伸長時期では大きく、冬期の節間伸長をおこさない時期では小さかったことが明らかとなった。イネ科牧草では、節間伸長が開始すると、乾物生産が旺盛で余剰草を生産しやすくなり、IVDMが生育段階、特に節間伸長の進行にしたがって低下する<sup>100)</sup>。PP-333処理による節間伸長の抑制と乾物生産の抑制および飼料品質の改善との量的関係は未だ明かでないが、植物生長抑制剤処理による乾物生産の抑制と飼料品質の改善が節間伸長の抑制と関係する。生長期間の大部分にわたって節間伸長を行い、IVDMの低い暖地型イネ科



牧草に対して、P P - 3 3 3 などの植物生長抑制剤処理による飼料品質の改善が期待されると考えられる。

オーチャードグラスおよびグリーンパニックの両草種についてP P - 3 3 3 処理による生長抑制の後作用を調査したところ、両草種とも、処理によって乾物生産が抑制された1番草を刈り取った後、再生の過程に乾物生産を促進する補償的生長が認められた。この結果は、これまでの植物生長抑制剤処理による生長抑制に対する補償的生長に関する報告<sup>14, 17, 21)</sup>と一致した。

乾燥、低温による生長抑制の後の補償的生長<sup>32, 36, 63, 74)</sup>は、不良条件下でも葉身基部の細胞分裂が行われるが、それらの細胞は拡大せず、好適条件下で一斉に拡大して新しい葉が急速に展開することによる<sup>36, 51, 63)</sup>ことが明らかされているが、植物生長抑制剤処理による生長抑制に対する再生草の補償的生長の機構については未だ検討されていない。本研究では、生長抑制を受けた1番草とその後の再生草の生長との接点となる1番草の刈り株の分けつ構成および再生草の生長過程における生長点を刈り残された分けつの生長とそれらの分けつからの新分けつの生産について調査した。P P - 3 3 3 処理では対照区および他の処理区に比べオーチャードグラスおよびグリーンパニックとも、刈り株の全分けつ数に対する生長点を刈り残された分けつ数の比率が高かった。オーチャードグラスでは生長点を刈り残された分けつ数が多いために再生草の1茎当たりの乾物重が大きくなり、グリーンパニックではそれらの分けつが多くの新分けつを生産したことによって、再生草の乾物生産を促進した(第3, 4章)。すなわち、植物生長抑制剤処理による生長抑制とその後の再生草の補償的生長との関連は両草種とも刈り株に生長点を刈り残された分けつ数が多かったことによる。以上のことから、植物生長抑制剤処理による生長抑制を受けたイネ科牧草の刈り取り後の再生草における補償的生長の機構は、処理により節間伸長が抑制されるため、生長点が刈り取り高さ以下に位置する分けつの数が多くな



り、刈り株に生長点を保っている分げつ数が多いことによると考えられる。この機構は、乾燥、低温による生長抑制の後の補償的生長の機構とは相違する。

植物生長抑制剤処理による生長抑制の後の再生草の補償的生長は直接的影響により節間伸長が抑制されたためであるので、節間が伸長しない時期では、植物生長抑制剤処理は生長抑制の効果も小さく、補償的生長も期待されない。補償的生長を利用し、イネ科牧草の乾物生産を調整する際には、植物生長抑制剤処理を節間伸長の直前またはその初期に処理するのが効果的と考えられる。

他方、PP-333は土壌に残留して後作の生長を抑制する残効があり得るので、実用に向けては、今後、残効に対する対策、すなわち、残効が現れない措置または残効を解除する措置を研究する必要がある。

### 3. 乾物生産に及ぼす施肥量処理の影響とその後作用

従来、肥料増施はイネ科牧草の乾物生産を促進し、多収の最も有効な手段とされてきた。肥料増施に対する牧草の収量、飼料品質の反応については多くの研究で検討されているが、経営コストの削減、環境汚染を起こさない持続的畜産業に対応する施肥量の節約、または、少量の肥料の戦略的利用については未だ研究されていない。本研究ではオーチャードグラスについて、施肥によって生長が促進されたものと施肥量の節約によって生長が抑制されたものとの追肥後の生長を比較した。施肥量の節約によって茎数とLAIの増加が抑制され、乾物生産性が低くなったが、追肥後に茎数とLAIの増加が促進され、補償的生長が認められた。その補償的生長は、追肥後の分げつ生産および生長点を刈り残された分げつの新葉の展開速度が速く、新しく展開した葉の個葉面積が大ききことによって生じ、上述のPP-333処理による生長抑制を受けた1番草の刈り取り後の再生草の補償的生長と比べては弱かったが、施肥量の節約によって生長が一時的に抑制されてもその後に適切に追肥すれば生長、乾物生産が引き続き抑制されることはなく、イネ科牧草の生産に施肥量の節約も生産を調



節する有効な手段の一つになり得る可能性が示唆された。

さらに、オーチャードグラスとグリーンパニックについて、肥料増施によって乾物生産が促進された1番草を刈り取った後の再生草における多肥の後作用を調査した。多肥処理区では、両草種とも1番草の乾物生産が促進されたが、刈り株には再生草の乾物生産を促進する分げつ構成が形成されず、再生草の生長も対照よりやや劣ったために、再生草の乾物生産は対照に勝ることがなかった。したがって、肥料増施による乾物生産の促進は刈り取り後の再生草に有利な後作用をもたらさないと考えられる。本研究では、処理した1番草を刈り取った直後に追肥を行ったが、もし追肥を施用しなければ、土壌に残留した肥料の影響<sup>8,6)</sup>、または、刈り株内の養分の再利用<sup>9,5)</sup>などによって多肥処理区の再生草の乾物生産が対照に勝るかも知れない。しかし、追肥を行うと、追肥の利用は少肥処理区の植物が多い<sup>9,5)</sup>ため、再生草の乾物生産は多肥処理区が対照区に勝ることにはならないと考えられる。

#### 4. 不良環境条件に対する抵抗性に及ぼす植物生長調節剤処理と施肥の影響

本研究では、南九州における飼料作物の倒伏に伴う生産上および利用上の被害の軽減、寒地型牧草の夏枯れの軽減および暖地型牧草の越冬性の向上に着目して、植物生長調節剤処理および施肥の効果を検討した。

台風によるソルゴーの倒伏程度は、GA<sub>3</sub>処理では大きくなり、NAA処理では小さくなった。イネ科作物の耐倒伏性は草丈や茎基部の節間の強度などに関連している<sup>2,2), 8,1)</sup>ことから、GA<sub>3</sub>処理による倒伏の助長は節間伸長が促進され草丈が高くなったためであり、NAA処理による倒伏の軽減は草丈が低くなるとともに茎基部の冠根の生長が大きく促進されたためと考えられる。また、生長抑制剤処理によって節間伸長を抑制して耐倒伏性を改善することを期待したが、本実験では、CCC処理によるソルゴーの節間伸長の抑制が認められたものの、台風通過による倒伏が対照と同程度であり、ソルゴーの耐倒伏性に及ぼ



すCCC処理の影響は明かでなかった。しかし、一部の作物<sup>52, 81)</sup>および牧草<sup>22, 114)</sup>においては、CCC, PP-333などの生長抑制剤処理により倒伏が軽減され、種子収量が向上する例が報告されている。南九州では毎年台風のほかに豪雨などによる夏作の飼料作物および牧草の倒伏被害が多いため、耐倒伏性の向上が望まれており、NAAおよび植物生長抑制剤処理の効果を今後詳しく検討する必要がある。

オーチャードグラスの夏枯れおよびキクユグラスとセタリアグラスの低温障害は、GA<sub>3</sub>処理によって助長され、PP-333およびCCC処理によって軽減された。また、オーチャードグラスの夏枯れは多肥処理によって助長された。一般に、GA<sub>3</sub>処理によりABA/GA<sub>3</sub>の比率が小さくなる<sup>20)</sup>ために、また、多肥処理により生長が促進されてNSC含有率が低下する<sup>6, 98, 113)</sup>ために、牧草の耐凍性が弱くなる<sup>20, 76, 91, 97, 98, 113)</sup>。これに対して植物生長抑制剤処理は、通常、植物体のABA含有率およびNSC含有率を増大させ、牧草の不良環境条件に対する耐性を強める<sup>10, 20, 50, 52, 104, 105)</sup>。オーチャードグラスの夏枯れおよびキクユグラスとセタリアグラスとの低温障害に及ぼす植物生長調節剤および多肥処理の影響は上記の牧草の耐凍性の変化に関する研究結果と一致しており、植物の耐凍性と耐暑性、耐乾性との間に密接な関係がある<sup>87)</sup>ことから、植物生長調節剤および多肥処理は供試材料の植物体内のNSC含有率とホルモンバランスとに影響して、夏枯れまたは低温障害に影響をもたらしたと推察される。寒地型牧草には越夏前、暖地型牧草には越冬前に施肥せず、植物生長抑制剤処理を行えばそれぞれの越夏性および越冬性を改善することが可能であると考えられる。

以上のように、南九州のような暖地におけるイネ科牧草および飼料作物の乾物生産と飼料品質とを植物生長調節剤および施肥量によって人為的に調節する



ことが可能であることが示唆された。特に生長抑制剤処理による生長抑制の後の補償的生長を利用したイネ科牧草の乾物生産の季節的変動の人為的調節の可能性が窺われた。今後、実証的な実験により最も有効な処理法などを調査して実際に草地あるいは圃場への適用性を検討したい。

本研究は、南九州の気象条件、畜産および粗飼料生産の実情に立脚して行われたが、中国長江以南の地方においても、気象条件、牧草生産などの事情は南九州と相似する点が多く、本研究の結果はその地方にも応用できると考えられる。



## 要 約

暖地におけるイネ科牧草と飼料作物の乾物生産と飼料品質の季節的変動を人為的に調節する技術の確立のための基礎的資料を得る目的で、オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.)、キクユグラス (*Pennisetum clandestinum* Hochst.)、セタリアグラス (*Setaria anceps* Stapf et Massey)、グリーンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichoglume* Eyles) およびソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) を供試して、乾物生産と飼料品質に及ぼす植物生長調節剤ジベレリン ( $GA_3$ )、パクロブトラゾール (PP-333)、クロルメコール (CCC)、または、 $\alpha$ -ナフチル酢酸 (NAA) 処理および施肥量処理の影響を直接的影響とその後作用、ならびに、その両者の関連について検討した。

### 1. 乾物生産に及ぼす影響

#### 1. 生長促進剤処理の影響

$GA_3$ 処理の直接的影響の一般的傾向として、茎数増加の抑制、伸長生長と乾物生産の促進および乾物消化率の低下が認められた。しかし処理の影響は草種および生育相によって相違した。オーチャードグラス ( $GA_3$ , 有効成分180.0 g/ha) の場合、栄養生長期の冬期の処理では、節間伸長は促進されなかったが、葉の生長が促進されて LAI が大きくなることにより乾物生産が促進された。しかし、生殖期の春期の処理では、節間伸長は促進されたが、LAI の拡大は促進されなかったために乾物生産も促進されなかった。また、 $GA_3$ 処理による乾物消化率の低下は冬期に比べて春期の方が大きかった。セタリアグラス ( $GA_3$ , 有効成分36.4 mg/pot) とグリーンパニック ( $GA_3$ , 有効成分180.0g/ha) は生産期間の大部分にわたって生殖生長分けつと栄養生長分けつが混在し、オーチャードグラスの春期処理の場合と同様の機構により、 $GA_3$ 処理による乾物



生産の促進はなかった。このように、 $GA_3$ 処理の直接的影響によるイネ科牧草の乾物生産の促進は生殖生長期より栄養生長期の方が強くあらわれた。一方、匍匐型のキクユグラス ( $GA_3$ , 有効成分 36.4 mg/pot) では、 $GA_3$ 処理によって茎の直立傾向が強まり、葉の受光態勢が改善され、ソルガムでは、 $GA_3$ 処理 (有効成分 103.9 g/ha) によって草丈が高くなることにより、 $NAA$ 処理 (有効成分 46.6 g/ha) によって葉の配置が疎散型となることにより、個体群の受光状況が改善されるために、 $NAR$ が大きくなって乾物生産が促進される傾向があらわれた。

$GA_3$ 処理の後作用として、処理の直接的影響により生長を抑制された分げつ芽は母茎が刈り取られることにより再生過程で一斉に生長することによって再生草の分げつ生産が促進された。処理の直接的影響によりオーチャードグラスとグリーンパニックの刈り株の全茎数が減少したが、この後作用により再生草の乾物生産は前者では対照と大差なく、後者では促進された。

## 2. 生長抑制剤処理の影響

$PP-333$  (有効成分 774.0 g/ha) および  $CCC$  (有効成分 16.6 mg/pot) 処理の直接的影響により、伸長生長、乾物生産および生育に伴う乾物消化率の低下はともに抑制される傾向であった。オーチャードグラスの実験によると、その抑制の程度は冬期の節間伸長をおこさない時期より、春期の節間伸長期の方が大きかった。

$PP-333$  処理の後作用として、オーチャードグラスおよびグリーンパニックとも生長抑制を受けた植物体を刈り取った後の再生過程に補償的生長があらわれ、再生草の乾物生産が促進された。その乾物生産の促進は、処理によって節間伸長が抑制されることにより生長点が刈り取り高さ以下に位置する分げつの数が多くなり、刈り株に生長点を保っている分げつ数が多いためであった。この補償的生長を利用してイネ科牧草の年間乾物収量を引き下げずに乾物生産



の季節的変動を調整し得る可能性が認められた。

### 3. 施肥量処理の影響

多肥（窒素 11.8 g/m<sup>2</sup>施用）に比べて少肥（窒素 1.8 g/m<sup>2</sup>施用）条件によりオーチャードグラスの茎数とL A Iの増加が抑制され、乾物生産性が低くなったが、その後の追肥により茎数とL A Iの増加が促進され、少肥による乾物生産の抑制は補償される傾向があった。即ち、施肥量の節約によって生長が一時的に抑制されてもその後に適切に追肥すれば生長、乾物生産が引き続き抑制されることはないと推察された。

他方、多肥処理（窒素、リン酸、加里とも10g/m<sup>2</sup>増施）により、オーチャードグラスおよびグリーンパニックとも乾物生産は促進されたが、刈り株には再生草の乾物生産を促進する分けつ構成が形成されないため、再生草の乾物生産は対照に勝ることがなかった。多肥処理による乾物生産の促進は刈り取り後の再生草に有利な後作用をもたらさないと推察された。

## II. 飼料品質に及ぼす影響

飼料品質については、オーチャードグラスにおける中性デタージェント繊維（N D F）含有率および *in vitro* 乾物消化率（I V D M D）の変化を検討した。N D F含有率とI V D M Dの間には負の相関関係が認められ、その相関関係には処理による特定傾向の変動はなかった。I V D M Dは、G A<sub>3</sub>処理（有効成分180.0 g/ha）により低下し、P P-3 3 3処理（774.0 g/ha）により高まる傾向があったが、多肥処理（窒素、リン酸、加里とも10g/m<sup>2</sup>増施）による変動は小さかった。他方、地上部の乾物重とI V D M Dとの間に有意な負の相関関係があり、その相関関係は季節により相違したが、処理による特定傾向の変動はなかった。従って、処理によるI V D M Dの変化は主として乾物収量の変化を媒介とし、I V D M Dに対する処理自体の影響は小さいと推察された。すなわち、処理の直接的影響あるいは後作用により乾物収量が大きくなるとI V D



MDは低くなり、乾物収量が小さくなるとIVDMは高まるという関係があると判断された。

### Ⅲ. 生長障害に対する耐性に及ぼす影響

#### 1. 飼料作物の耐倒伏性に及ぼす影響

台風によるソルガムの倒伏については、GA<sub>3</sub>処理（有効成分103.9 g/ha）では、節間伸長が促進されて草丈が高くなったために倒伏が強まり、NAA処理（有効成分46.6 g/ha）では、草丈が低くなるとともに茎基部の冠根の生長が大きく促進されたために倒伏は弱くなった。

#### 2. 夏枯れおよび低温障害に及ぼす影響

オーチャードグラスの夏枯れおよびキクユグラスとセタリアグラスの低温障害は、GA<sub>3</sub>処理によって助長され、PP-333およびCCC処理によって軽減された。また、オーチャードグラスの夏枯れは多肥処理によって助長された。

以上の結果から、植物生長調節剤処理および施肥量の調節は南九州のような暖地におけるイネ科牧草の乾物生産と飼料品質の季節的変動を人為的に調節する技術として利用できると考えられた。



THE DIRECT- AND AFTER-EFFECTS OF PLANT GROWTH REGULATORS AND  
FERTILIZATION RATES ON DRY MATTER PRODUCTION AND FORAGE QUALITY  
OF GRASSES IN WARM REGION

Summary

In order to evaluate the utility of the plant growth regulators and the fertilization regulation for modifying seasonal distribution of forage production and forage quality, the direct- and after-effects of treatment of gibberellic acid ( $GA_3$ ), Paclobutrazol (PP-333), cycocel (CCC),  $\alpha$ -naphthyl acetate (NAA) and different fertilization rates on dry matter production and digestibility in orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.), green panic (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichoglume* Eyles), kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), setariagrass (*Setaria anceps* Stapf et Massey) and sorghum (*sorghum bicolor* Moench) were investigated in field and pot trials. The results are summarized as follows.

A. Effects of the treatments on dry matter production

1.  $GA_3$  and NAA

$GA_3$  application promoted elongation growth of stem and leaf and retarded tiller production. The direct effect of  $GA_3$  application on dry matter production differed among the species and growth stages.  $GA_3$  application enhanced dry matter production in orchardgrass ( $GA_3$ , a.i. 180.0 g/ha) before elongation stage by increasing leaf area index (LAI) and in kikuyugrass ( $GA_3$ , a.i. 36.4 mg/pot) by improving light reception of leaves, but did not increase dry matter production in orchardgrass and other grasses during the elongation stage because LAI was not increased. Application of  $GA_3$  (a.i. 103.9



g/ha) and NAA (a.i. 46.6 g/ha) increased dry matter production in sorghum by improving light reception of leaves, through the enhancement of stem elongation in GA<sub>3</sub> plot and the favourable modification of leaf arrangement in NAA plot.

As the after-effect of GA<sub>3</sub> application (a.i. 180.0 g/ha), tiller production of aftermath in orchardgrass and green panic were enhanced by growth of many tiller buds, the growth of which had been suppressed by the direct effect before cutting.

## 2. PP-333 and CCC

PP-333 (a.i. 774.0 g/ha) and CCC application repressed elongation growth and dry matter production. The repression was slight in the vegetative stage and severe in the elongation stage in orchardgrass.

As the after-effect of PP-333 application (a.i. 774.0 g/ha), the decrease in dry matter production in orchardgrass and green panic under the direct effect were compensated by enhancement of dry matter production of aftermath with rapid growth of many tillers. The apices were maintained in the stubble at the cutting, due to the inhibition of internode elongation by the direct effect before cutting. It may be possible that the distribution of dry matter production is modified by PP-333 without decrease in total dry matter yield in grasses.

## 3. Fertilization rate

Dry matter productivity was reduced by lowering the fertilization rate in orchardgrass, but recovered rapidly after applying additional fertilizer, and the dry matter production was not inferior to that of fertilizer stimulated plants. On the other hand, high rate of fertilization enhanced dry matter production under direct effect, but no favorable after-effects on dry matter production of aftermath because the stubble had no



advantageous characteristics for stimulating the growth of aftermath.

#### B. Effects of the treatments on forage quality

The changes in neutral detergent fiber (NDF) content and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) among the treatments were investigated respectively by Van Soest's method and pepsin-cellulase method in orchardgrass. NDF content increased following growth and it resulted in decrease of IVDMD. IVDMD lowered by GA<sub>3</sub> application (a.i. 180.0 g/ha) and improved by PP-333 application (a.i. 774.0 g/ha), but was not significantly affected by treatment of fertilization rates. On the other hand, IVDMD decreased with increasing dry matter yield. The degree of decrease in IVDMD following growth differed in growth seasons, but was not affected directly by the treatments. It was suggested that the GA<sub>3</sub> and PP-333 effects on IVDMD were mediated by promotion and repression of growth, respectively.

#### C. Effects of the treatments on resistance to stress conditions

Summer depression of orchardgrass was aggravated by GA<sub>3</sub> application (a.i. 180.0 g/ha) and high rate of fertilization (100 kg/ha each of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O) and lightened by PP-333 application (a.i. 774.0 g/ha). Cold resistance of kikuyugrass and setariagrass was weakened by GA<sub>3</sub> application (a.i. 36.4 mg/pot) and hardened by CCC application (a.i. 16.6 mg/pot). Lodging resistance of sorghum under typhoon was increased by NAA application (a.i. 46.6 g/ha).

According to the above results, plant growth regulators and fertilization regulation were considered to be effective means to modify the seasonal changes in production and quality of forage grasses in warm region.



## 謝 辞

本研究の遂行および本論文の作成にあたり，終始御親心で御指導と御鞭撻を賜りました宮崎大学農学部草地畜産講座飼料作物研究室の伊藤浩司教授に衷心より感謝を申し上げます。本研究の実施に際し，御指導と御協力を賜りました同講座草類利用研究室の田中重行教授，元佐賀大学農学部作物研究室の田中典幸教授に深く感謝を申し上げます。また，本研究の実施にあたり，適切な御助言と御協力を賜りました宮崎大学農学部草地畜産講座飼料作物研究室の沼口寛次助教授，石井康之助手，ならびに研究室の皆様に深謝致します。更に，本研究を行うにあたり，圃場を提供して頂きました同講座草地造成研究室の上野昌彦教授，平田昌彦助教授，および宮崎大学農学部附属農場住吉牧場の福山喜一助手に厚くお礼を申し上げます。最後に，日本に滞在中，御支援と御激励を賜りました宮崎大学農学部の諸先生方および王 槐三教授をはじめとする母校の中国南京農業大学の諸先生方に厚くお礼を申し上げます。



## 引用文献

1. Abd-El-Latif, L. I. 1986. The influence of different rate of phosphorus fertilization and gibberellic acid on yield of berseem(Trifolium alexandrinum L.). Herb. Abstr. 57:399.
2. 県 和一 1975. 九州地域におけるオーチャードグラス草地の気象生産力特性. 日草九支報 9:1-8.
3. 県 和一・窪田文武・鎌田悦男 1977. 牧草の乾物生産 第14報 気象生産力からみたオーチャードグラス草地の地域生産特性. 日草誌 23:217-225.
4. Allen, V. G., J. P. Fontenot and W. H. McClure 1983. Yield and quality of forage and performance of steers grazing orchardgrass treated with mefluidide. Herb. Abstr. 53:551.
5. Armstrong, R. D., R. J. Simpson, G. R. Pearce and I. Radojevic 1992. Digestibility of senescing annual ryegrass following application of glyphosate. Aust. J. Agric. Res. 43:871-885.
6. Auda, H., R. E. Blaser and R. H. Brown 1966. Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factor. Crop Sci. 6:139-143.
7. Blacklow, W. M. and W. S. McGuire 1971. Influence of gibberellic acid on the winter growth of varieties of tall fescue (Festuca arundinacea Schreb.). Crop Sci. 11:19-22.
8. Borden, P. and R. W. Campbell 1985. Use of chemical growth regulators to increase growth of 'Meyer' zoysiagrass. Herb. Abstr. 56:319.



9. Brown, R. H. and R. E. Blaser 1968. Leaf area index in pasture growth. Herb. Abstr. 38:1-9.
10. Chen, C. L., P. H. Li and M. L. Brenner 1986. Relationship between mefluidide treatment and abscisic acid metabolism in chilled corn leaves. Plant Physiol. 81:699-701.
11. Clifford, P. E. 1977. Tiller bud suppression in reproductive plants of Lolium multiflorum Lam. cv. Westerwoldicum. Ann. Bot. 41:605-615.
12. Davies, A. and H. Thomas 1983. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. Ann. Bot. 51:591-597.
13. Dhasmana, R. and A. K. Agrawal 1991. Effect of foliar spray of GA, IAA and 2,4-D on production dynamics of clover grass (Trifolium alexandrinum L.). Res. and Devel. Rep. 8:39-46.
14. Fales, S. L. and R. J. Hoover 1990. Manipulating seasonal growth distribution and nutritive quality of timothy and orchardgrass using the growth regulator imazethapyr. Can. J. Plant Sci. 70:501-508.
15. Fales, S. L., R. R. Hill and R. J. Hoover 1990. Chemical regulation of growth and forage quality of cool-season grasses with the imazethapyr. Agron. J. 82:9-17.
16. Gaborcik, N. 1989. Characteristics of the root system of some varieties of tall fescue (Festuca arundinacea) and their relationship to dry matter production. Herb. Abstr. 59:264.
17. Gerrish, J. R. and C. T. Dougherty 1983. Tall fescue sward res-



- ponse to mefluidide and nitrogen. Agron. J. 75:895-898.
18. Goto, I. and D. J. Minson 1977. Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay. Anim. Feed Sci. Technol. 2:247-253.
19. 五斗一郎 1978. 牧草消化率の人工測定法. 日草九支報 8(2):25-28.
20. Gusta, L. V., B. J. O'Connor and M. J. Reaney 1992. The effect of growth regulators on the winter survival of winter wheat. In Pharis, R. P. and S. B. Rood eds., Plant Growth Substances 1988. Springer-Verlag, Berlin. 531-536.
21. Haggar, R. J., S. P. Isaac and C. J. Standell 1989. Modifying growth patterns in nine grasses with mefluidide. Grass and Forage Sci. 44:85-90.
22. Hamoton, J. G. and P. D. Hebblethwaite 1985. The effect of the growth regulator paclobutrazol (PP333) on the growth, development and yield of Lolium perenne grown for seed. Grass and Forage Sci. 40:93-101.
23. Hanson, K. V. and B. E. Branham 1987. Effects of four growth regulators on photosynthate partition in 'Majestic' kentucky bluegrass. Crop Sci. 27:1257-1260.
24. Heide, O. M., M. G. Bush and L. T. Evans 1985. Interaction of photoperiod and gibberellin on growth and photosynthesis of high-latitude Poa pratensis. Physiol. Plant. 65:135-145.
25. Hirata, M. 1993. Response of bahiagrass(Paspalum notatum Flugge) sward to cutting height 2. Yield and *in vitro* digestibility of herbage. J. Japan. Grassl. Sci. 39:183-195.



26. Horst, G. L. and C. J. Nelson 1979. Compensatory growth of tall fescue following drought. Agron. J. 71:559-563.
27. 星野次汪・氏原和人・四方俊一 1978. グレインソルガムの稈長の差異が乾物生産および収量に及ぼす影響. 日作紀 47:541-546.
28. 猪ノ坂正之 1966. 南九州におけるDallisgrassの生育について. 宮大農研報 12:89-95.
29. 猪ノ坂正之 1969. 草地学・地帯別にみた研究の動向と問題点—低暖地帯一般—. 日草誌 15:325-327.
30. 猪ノ坂正之 1984. イネ科牧草（暖地型）. 西村修一ら 著, 飼料作物学. 文永堂出版, 東京. 53-73.
31. 犬山 茂 1978. グレインソルガムの栽植密度差が早ばつ期の水分ポテンシャル, 拡散抵抗ならびに穀実収量に及ぼす影響. 日作紀 47:596-601.
32. 石井康之・伊藤浩司・沼口寛次 1992. ネピアグラス(*Pennisetum purpureum* Schumach)における分けつ次数別の純同化率の変化に及ぼす気温の影響. 日草誌 37:449-457.
33. Ito, K., H. Numaguchi and M. Inosaka 1985. Relation of non-structural carbohydrate concentration in autumn to wintering ability of several tropical grasses in southern Kyushu. Proc. of the XV IGC, Kyoto. 363-365.
34. 伊藤浩司・稲永 忍 1988. 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および生長パラメーターの比較. 日作紀 57:90-96.
35. 伊藤浩司・村田吉男・稲永 忍・大久保忠且・武田友四郎・沼口寛次・宮城悦生・星野正生 1988. ネピアグラスの乾物生産に関する研究. 第2報 東京以南の6地域における乾物生産力. 日作紀 57:424-430.



36. 伊藤浩司・稲永 忍 1988. ネピアグラスの乾物生産性に関する研究. 第4報 葉の生長と乾物生産に及ぼす温度の直接的影響と後作用. 日作紀 57:699-707.
37. 伊藤浩司・高木喜代文・三角 守・沼口寛次 1989. 栽植密度を異にするネピアグラス(Pennisetum purpureum Schumach)の葉面積指数と個体群生長速度との関係. 日草誌 34:257-263.
38. 伊藤浩司・石井康之・三角 守・岩切弘明 1990. ネピアグラスの乾物生産に関する研究 第6報 植物生長抑制剤パクロブトラゾール処理が地上部の生長と乾物収量に及ぼす影響. 日作紀 59:469-474.
39. 伊藤浩司・池上由美・石井康之 1991. 南九州におけるダリスグラス(Paspalum dilatatum Poir)の中秋から初冬にかけての剪葉と春の再生との関係. 日草誌 37:55-63.
40. 伊藤浩司・石井康之・田中重行 1991. ネピアグラスの乾物生産性に及ぼす刈り取り高さの影響. 日作九支報 58:55-58.
41. 伊東睦泰 1984. オーチャードグラスにおける分けつ発生の規則性とその攪乱に関する研究. 新大農紀要 21:1-97.
42. Jewiss, O. R. and J. Woledge 1967. The effect of age on the rate of apparent photosynthesis in leaves of tall fescue (Festuca arundinacea Schreb). Ann. Bot. 31:661-671.
43. Karbassi, P., L. A. Garrard and S. H. West 1971. Reversal of low temperature effects on a tropical plant by gibberellic acid. Crop Sci. 11:755-757.
44. Karbassi, P., S. H. West and L. A. Garrard 1972. Amylolytic activity in leaves of a tropical and a temperate grass. Crop Sci. 12:58-60.



45. Karnok, K. J. and J. B. Beard 1985. The effects of chilling temperature on the chloroplast ultrastructure of Cynodon dactylon as affected by gibberellic acid. Herb. Abstr. 57:189.
46. Katayama, K. and S. Akita 1989. Effect of exogenously applied gibberellic acid on initial growth of rice cultivars. Japan. Jour. Crop Sci. 58:217-224.
47. Kaufmann, J. E. 1992. Practical considerations in using growth regulators on turfgrass. In Pharis, R. P. and S. B. Rood eds., Plant Growth Substances 1988. Springer-Verlag, Berlin. 585-594.
48. 川鍋祐夫 1957. 多年生牧草類の“夏がれ”と栽培限界. 畜産の研究 11: 132-138.
49. 川鍋祐夫・吉原 潔・岡田忠篤・上野昌彦・日高雅子 1973. 牧草の夏枯れ防止に関する研究—灌がい, 病虫害防除剤施用の効果について. 草地試研報 4:30-50.
50. Kim, J. S. and B. H. Kwack 1991. The effects of paclobutrazol on growth, chlorophyll content and tolerance of drought and rust in Korean lawngrass (Zoysia japonica Steud.). Plant Growth Regulator Abstr. 18:174.
51. Kleinendorst, A. 1975. An explosion of leaf growth after stress conditions. Neth. J. Agric. Sci. 23:139-144.
52. Knapp, J. S., C. L. Harms and J. J. Volenec 1987. Growth regulator effects on wheat culm nonstructural and structural carbohydrates and lignin. Crop Sci. 27:1201-1205.
53. 小林民憲・西村修一 1978. 数種暖地型イネ科牧草の耐冬性と貯蔵炭水化物に及ぼす秋の刈り取り時期の影響およびその草種間差異. 日草誌 24:



27-32.

54. 小林民憲・西村修一 1982. 秋季刈取り後の施肥が暖地型イネ科牧草組織中の無機成分と炭水化物および越冬生存に及ぼす影響. 日草誌 28:59-64.
55. 小関純一・高橋達児 1975. 牧草の夏枯れ発生機作に関する研究 I. 牧草の夏期生育に及ぼす梅雨の影響. 日草誌 21:308-316.
56. 小関純一 1977. 牧草の夏枯れ発生機作に関する研究 II. 牧草の夏枯れに及ぼす養分吸収の影響. 日草誌 23:226-234.
57. 窪田文武・県 和一・鎌田悦男 1973. 牧草の乾物生産 第11報 オーチャードグラスの乾物生産におよぼす気温と日射量の影響. 日草誌 19:292-301.
58. 窪田文武・県 和一・鎌田悦男 1973. 牧草の乾物生産. 第12報 わが国各地域のオーチャードグラスの季節生産性におよぼす気温と日射量の影響. 日草誌 19:302-312.
59. 楠谷彰人・李 柱三・後藤寛治 1979. オーチャードグラスの生産性に関する研究. V. 窒素施用量が乾物生産に及ぼす影響. 日草誌 25:16-25.
60. Lee, S. S. and G. O. Estes 1982. Corn physiology in short season and low temperature environment. Agron. J. 74:325-331.
61. Lester, D. C., O. G. Carter 1972. The effect of gibberellic acid on apparent photosynthesis and dark respiration of simulated swarms of Pennisetum clandestinum Hochst. Aust. J. Agric. Res. 23:205-213.
62. 李 天華 1992. 植物生長調節剤對 C 4 型牧草生長特性以及生産性能的影响. 南京農業大学修士論文. 1-48.
63. Ludlow, M. M. and T. T. Ng 1977. Leaf elongation rate in Panicum maximum var. trichoglume following removal of water stress. Aust.



- J. Plant Physiol. 4:263-272.
64. Maddaloni, J. and J. O. Scheneiter 1991. Effect of a growth regulator (mefluidide) on the yield and nutritive value of forage in tall fescue (Festuca arundinacea Schreb.). Herb. Abstr. 62:169.
65. Mathias, E. L., O. L. Bennett and P. E. Lundberg 1973. Effect of rates of nitrogen on yield, nitrogen use, and winter survival of midland bermudagrass (Cynodon dactylon (L.) Pers.) in Appalachia. Agron. J. 65:67-68.
66. 三秋 尚 1984. 飼料作物の利用. 西村修一ら 著, 飼料作物学. 文永堂出版, 東京. 238-277.
67. 宮城悦生 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.
68. 宮城悦生 1982. 暖地型牧草の生産性および飼料価値に関する研究 1. 窒素施用がグリーンパニック(Panicum maximum var. trichoglume)の生産におよぼす影響. 琉大農学報 29:193-198.
69. Morgan, D. G. 1968. A quantitative study of the effects of gibberellic acid on the growth of Festuca arundinacea. Aust. J. Agric. Res. 19:221 -225.
70. 野口義之 1974. ソルゴーの栽培. 日草九支報 5:10-19.
71. 野島 博・大泉久一・高橋康夫・中澤まどか 1983. ソルガム茎片の側芽伸長に及ぼす外与サイトカイニンの影響. 千葉大園学報 32:93-98.
72. Nojima H., H. Oizumi and Y. Takasaki 1985. Effect of cytokinin on lateral bud development in Sorghum bicolor M.. Proc. XV IGC. 372-373.



73. 野島 博・高橋秀直・後藤寛治 1987. ソルガム属 (*Sorghum*) の再生における品種間差—再生に及ぼす再生茎数の影響—. 日草誌 33:206-212.
74. Norris, I. B. and H. Thomas 1982. Recovery of ryegrass species from drought. J. Agri. Sci. Camb. 98:623-628.
75. Norris, I. B. 1988. Gibberellin, daylength and temperature effects on floral and vegetative development in white clover. Ann. Appl. Biol. 112:359-366.
76. 沼口寛次 1983. 暖地型イネ科牧草の越冬と低温障害に関する研究—とくに Dallisgrassの越冬前後の生育—. 宮大農研報 30:167-242.
77. 越智茂登一・室賀利正・斉藤幸雄・木島浩三・川鍋祐夫 1975. 牧草夏枯れ防止に関する研究—四国における灌がい, 病虫害防除剤施用の効果について. 草地試研報 6:40-57.
78. 越智茂登一・館野宏司・花井雄次・犬山 茂 1975. グレインソルガムの生態的特性の解析に関する研究. 中国農試報 A 24:125-162.
79. 小田俊介 1989. 暖地向きイタリアンライグラス極早生新品種の「ミナミアオバ」. 日草九支報 19:13-16.
80. 尾形昭逸・久保 孝・藤田耕之輔・河野憲治 1983.  $C_3 \cdot C_4$ 植物の炭素・窒素代謝の相互関係に関する研究 1. 光合成, リブローズ二リン酸カルボキシラーゼおよびオスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼ活性に及ぼす窒素栄養の影響. 日草誌 29:1-8.
81. 大塩裕陸 1989. イネの倒伏軽減剤. 化学と生物 27:283-284.
82. Poskuta, J. W., C. J. Nelson, J. H. Coutts and T. L. Vasey 1984. Effect of gibberellic acid on photosynthesis and leaf characteristics of tall fescue. Current Topics in Plant Biochem. and Physiol. 3:174.



83. Reynolds, J. H., W. A. Krueger, C. L. Walker and J. C. Walker 1993. Plant growth regulator effects on growth and forage quality of tall fescue. Agron. J. 85:545-548.
84. 酒井 博・川鍋祐夫・藤原勝見 1969. オーチャードグラス草地の乾物生産と生産過程 1. 季節間の生産量の比較. 日草誌 15:198-205.
85. 酒井 博・川鍋祐夫・佐藤徳雄・藤原勝見・五十嵐昇 1972. オーチャードグラス草地の乾物生産過程 第4報 多窒素の影響. 日草誌 18:34-40.
86. 坂本宣崇 1984. 高緯度積雪地帯におけるオーチャードグラスの周年管理に関する栄養生理的研究. 北海道農試報 48:1-58.
87. 佐藤 庚 1984. 飼料作物の栽培と生理・生態 5. 環境と生長. 西村修一ら 著, 飼料作物学. 文永堂出版, 東京. 152-169.
88. 佐藤 庚・伊東睦泰 1969. 日長と温度の組合せに対するオーチャードグラスの生育反応. 日作紀 38:43-52.
89. 佐藤徳雄・酒井 博・藤原勝見・川鍋祐夫 1972. オーチャードグラス草地の株の状態と収量に及ぼす窒素施用量の影響. 日草誌 18:1-7.
90. Sheaffer, C. C. and G. C. Marten 1986. Effect of mefluidide on cool-season perennial grass forage yield and quality. Agron. J. 78:75-79.
91. 新発田修治・嶋田 徹 1986. 土壌凍結地帯におけるオーチャードグラスの越冬性と体内成分の関係 I. 貯蔵性炭水化物含有率, 耐凍性および雪腐病抵抗性の品種間変異. 日草誌 32:102-108.
92. Simon, J. C. and G. Lemaire 1987. Tillering and leaf area index in grasses in vegetative phase. Grass and Forage Sci. 42:373-380.
93. Smurygin, M. A., T. A. Trofimov and T. S. Brazhnikova 1985. In-



- creasing Lucerne yield with growth retardants. Plant Growth Regulator Abstr. 13:168.
94. Stapleton, J. and M. B. Jones 1987. Effect of vernalization on the subsequent rates of leaf extension and photosynthesis of perennial ryegrass(*Lolium perenne* L.). Grass and Forage Sci. 42:27-31.
95. 菅原和夫・伊沢 健 1991. オーチャードグラス再生初期の貯蔵窒素の利用性. 日草誌 37:268-273.
96. 杉本安寛・仁木巖雄 1975. 施肥に対する牧草の反応に関する研究 I. 数種暖地型牧草の施肥窒素に対する反応の差異について. 日草誌 21:194-198.
97. 田村良文 1986. 飼料用麦類における非構造的炭水化物の蓄積と耐雪性 II. 非構造的炭水化物蓄積の草種・品種間差とその耐雪性との関係. 日草誌 32:7-12.
98. Tamura, Y., S. Aota and Y. Watanabe 1986. Accumulation of non-structural carbohydrate and snow endurance in winter annual forage crops. III. Influence of fertilizer nitrogen on accumulation of non-structural carbohydrate and snow damage. J. Japan. Grassl. Sci. 32:243-250.
99. 田中典幸・原田二郎・有馬 進・栄 誠三郎 1992. 水稻根群の発育に及ぼすイナベンフィドの影響. 日作紀 61:56-61.
100. 田中重行・伊藤浩司・宮城悦生・稲永 忍 1989. 栽培地域を異にしたネピアグラスの乾物収量と可消化乾物収量. 日作紀 58:562-568.
101. 館野宏司・小島睦男 1973. グレインソルガムの乾物生産からみた多収条件の解析. 日作紀 42:555-559.
102. 館野宏司・小島睦男 1976. 登熟期の気温および土壤水分条件がグレイン



ソルガムの収量に及ぼす影響. 日作紀 45:63-68.

103. Tayloy, A. O. and A. S. Craig 1971. Plants under climatic stress. II. Low temperature, high light effects on chloroplast ultrastructure. Plant Physiol. 47:719-725.
104. Tret'yakov, N. N. and V. V. Tropman 1983. Possibility of applying CCC to red clover to increasing its cold resistance. Herb. Abstr. 55:14.
105. Tsen, M. J. and P. H. Li 1984. Mefluidide protection of severely chilled crop plants. Plant Physiol. 75:249-250.
106. 土屋友充・志賀 茂・国分洋一 1983. 牧草の簡易栄養価推定法—気温を指標としたオーチャードグラス1番草の栄養価推定法. 日草誌 29(別): 207-208.
107. Uliszewski, J. and S. Pronczuk 1985. Effect of nitrogen application on yields of Dactylis glomerata L. and Festuca arundinacea Schreb. during long-term cultivation. Herb. Abstr. 55:161.
108. Ward, C. Y. and R. E. Blaser 1961. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. Crop Sci. 1:366-370.
109. Wareing, P. F. and I. D. J. Phillips 1983. 植物の生長と分化(上)(古谷雅樹監訳). 学会出版センター, 東京. 164.
110. 渡辺 潔・高橋佳孝 1979. オーチャードグラスの再生に及ぼす追肥量の影響. I. 再生に伴う生育状態の推移. 日草誌 25:195-202.
111. Watanaba, K, Y. Sato, H. Shirakawa and S. Abe 1985. Growth analysis in the regrowth of Italian ryegrass as affected by fertilization level. Proc. of the XV IGC, Kyoto. 439.
112. Wilman, D. and P. T. Wright 1983. Some effects of applied nitro-



- gen on the growth and chemical composition of temperate grasses.  
Herb. Abst. 53:387-393.
113. Wilson, J. R. 1975. Influence of temperature and nitrogen on growth, photosynthesis and accumulation of non-structural carbohydrate in a tropical grass, Panicum maximum var. trichoglume.  
Neth. J. Agric. Sci. 23:4-61.
114. Wiltshire, J. J. J., P. D. Hebblethwaite, R. E. Esslemont and D. A. McGilloway 1989. The use of growth regulator RSW4011 in seed crop of Lolium perenne L. Grass and Forage Sci. 44:139-150.
115. Woledge J. and P. J. Pearse 1985. The effect of nitrogenous fertilizer on the photosynthesis of leaves of a ryegrass sward.  
Grass and Forage Sci. 40:305-309.
116. Wright, S. A., W. R. Jordan, P. W. Morgan and F. R. Miller 1983. Genetic and hormonal control of shoot and root growth of sorghum.  
Agron. J. 75:682-686.
117. 作物分析法委員会 1975. 栽培植物分析測定法. 養賢堂, 東京. 494-500.
118. 農林水産省熊本種畜牧場 1990. ギニアグラス(ナツカゼ)の草丈及び採種に関する生長調整剤の効果. 農林水産省熊本種畜牧場 平成元年度 飼料作物種子関係調査成績. 37-41.
119. 農林省中国農業試験場 1970. 青刈ソルガムの多収限界と地域性に関する研究. 中国地域共同研究成果集録 4:1-140.



