

グリーンパニックにおけるジベレリン処理と施肥による 晩秋の乾物生産性と越冬性の改善

沈 益新**・石井康之*・福山喜一***・伊藤浩司*

Improvement of Herbage Production in Late Autumn and Overwintering Ability by Gibberellin Application and Fertilization in Green Panic

Yixin SHEN**, Yasuyuki ISHII*, Kiichi FUKUYAMA*** and Koji ITO*

(平成10年5月11日 受理)

Abstract

Green panic (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichoglume* Eyles) is one of the popular forage grasses cultivated in southern Kyushu, Japan. However, the forage productivity in autumn and overwintering ability of green panic in that area were low, due to its sensitivity to frost and low temperature. For confirming the possibility of improving the tolerance to these stress conditions in green panic by gibberellin (GA₃) and compound fertilizer application, GA₃ treatment with 200 ppm solution at the rate of 80 ml/m² and additional fertilization treatment at the rate of 10 g/m² each of N, P₂O₅ and K₂O were applied to the field-grown plants on October 27, 1992. Dry matter productivity of plants in late autumn was increased by both treatments, owing to the increase in net assimilation rate and plant leaf area. And the overwintering ability was improved through enhancing leaves to be tolerant to the low temperature and to be insensitive to lethality before winter, and through protecting tiller death during winter by both treatments. The results suggested that both GA₃ spray and additional fertilization may be used as a promising cultivation means to improve herbage productivity in late autumn and overwintering ability of green panic sward in southern Kyushu, Japan.

Key words: Fertilization, GA₃ treatment, Green panic, Late autumn productivity.

グリーンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var. *trichoglume* Eyles) は、暖地型牧草の中では生産性および品質がともによいため、南九州の粗飼料生産に夏作牧草としてよく利用されている¹⁾。しかし、グリー

ンパニックは低温感受性が高いため、秋季の気温低下に伴い光合成能力および生産性が大きく低下し^{2,3)}、越冬性も低いので²⁾、夏季以降の粗飼料生産の利用が大きく妨げられている。グリーンパニックの秋季生産

* 草地畜産学講座 (Grassland and Animal production Division).

** 元草地畜産学講座、現南京農業大学動物科技学院、中国 (Nanjing Agricultural University, China).

***附属農場住吉牧場 (Sumiyoshi Ranch, Experimental Farm).

性および越冬性を改善することにより、良質な多年生草地に基づく粗飼料生産が図られると思考されるが、それらに関する研究はほとんど行われていない。

ジベレリン処理は光合成産物の葉内の葉緑体からの転流を促すことにより、低温による暖地型イネ科草における光合成の抑制を解除する^{6, 12, 13)}とともに、低温の季節における寒地型および暖地型牧草の生長と乾物生産を促進する効果があるといわれる^{1, 9, 11)}。また、適切な時期および施用量による施肥は、イネ科草の葉面展開と光合成能力を増大させ、生産性を高めることがよく知られている¹⁴⁾。そこで本研究では、これらの処理によるグリーンパニックにおける晩秋の乾物生産性並びに越冬性を改善できる可能性を見出すためを行った。

材料と方法

実験はグリーンパニックの品種ペトリーを用いて宮崎大学構内の圃場で行った。1992年8月1日に苗床に播種し、9月12日に第5～6葉期の苗を1株1本立てとして、15×15cmの間隔で圃場に植え付けた。植え付け直前に基肥として発酵牛糞（N含有率0.6%）を750g/m²、消石灰を330g/m²施用し、植え付け2週間後に化成肥料でN, P₂O₅, K₂Oをそれぞれの成分量で10g/m²追肥した。

追肥の約1ヶ月後で平年の初霜の約1ヶ月前にあたる10月27日に、ジベレリン処理区（G区）、多肥処理区（F区）および対照区（C区）を設け、G区ではGA₃の200ppm水溶液を80ml/m²散布し、F区では化成肥料により、N, P₂O₅, K₂Oをいずれも成分量で10g/m²追肥した。C区は無処理とした。各処理区の圃場面積は、12.6m²（4.2m×3.0m）とした。処理から12月1日までに約2週間間隔で、それ以降は約3～4週間間隔で各処理区から6株ずつを採取して、生茎数、葉面積、地上部の部位別乾物重などについて調査を行った。調査時に褐色の茎葉部分を枯死部としたが、生茎数の算出については茎基部まで完全には枯死していない分げつを生茎として計上した。平年では4月中旬の日平均気温は16℃以上となり、暖地型牧草の再生率が決定するため、実験は1993年4月13日の調査で終了した。

結果と考察

1. 実験期間中の気温

実験期間中の旬別日平均気温（図1）は、11月まで

は平年と大差なく低下し、11月22日に平年より1日早く初霜となった。越冬期間における降霜回数は41回であり、終霜は4月10日で平年より17日遅かった。12月から2月中旬にかけて、気温は平年よりかなり高く、一方、2月下旬以降はやや低く推移した。実験期間中の気温条件下では、暖地型牧草の晩秋における生長と乾物生産は平年と大差がなく、越冬に関しては平年より暖地型牧草にとって有利であったと推察される。

2. 葉面積と生茎数

各処理時から実験終了時までの1株当たりの葉面積と生茎数の変化を図2に示した。

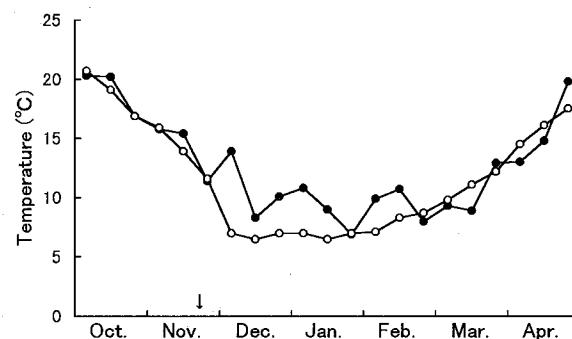


Fig. 1. Changes in daily mean temperature. Closed and opened symbols show mean values for 10 days during the experimental period (1992-93) and a normal year, respectively. An arrow indicates the date of the first frost.

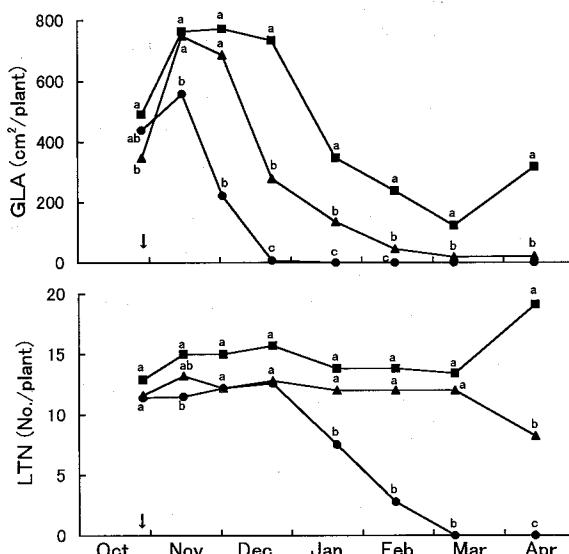


Fig. 2. Changes in green leaf area (GLA) and living tiller number (LTN) per plant. The symbols of ▲, ■ and ● show GA₃ spray, additional fertilization and control, respectively. Symbols with a common letter within the same investigated day do not differ significantly at $P < 0.05$. An arrow indicates the date of treatments.

1株当たりの葉面積は各処理区とも11月中旬まで増大し、その増大はC区に比べG区とF区では促進され、11月中旬にはC区と他の2区との差は有意に大きくなつた。11月中旬以降は日平均気温が15°C以下となり、暖地型牧草の生育適温以下になるとともに、11月22日の初霜のため、C区では葉身が急速に枯死し、1株当たりの葉面積が急減した。しかし、G区とF区では葉身が大量に枯死することによる葉面積の急減はC区に比べ遅れ、それぞれ12月初めと12月下旬から始まった。また、C区では12月下旬までに生葉がほとんどみられなくなったのに対し、G区では12月下旬においても1株当たり280cm²の緑葉面積（最大値の約37%）を保ち、翌年3月上旬までも僅かながら生葉が保たれた。F区では3月上旬においても1株当たり120cm²を超す緑葉面積（最大値の約16%）を維持し、4月上旬には新葉の展開に伴う葉面積の増加が認められ、再生が早いことが示された。GA₃および施肥処理は晩秋におけるグリーンパニックの葉の生長を促進し、葉の降霜ならびに低温に対する耐性をある程度向上させたことが示唆された。晩秋の施肥処理によって、グリーンパニックの葉の低温耐性が向上したことは小林・西村⁸⁾の報告と一致している。

1株当たりの生茎数は、12月下旬まではF区でやや多い傾向であったが、処理区間に有意な差はみられなかった。12月下旬以降ではC区で枯死分げつの増加により生茎数が急速に減少したのに対し、他の2処理区では降霜害により草冠の上部から枯死が徐々に進んだものの、草冠の基部の生茎の数は3月上旬までほとんど変わらなかった。その結果、春先の3月上旬までに、C区では全ての分げつが枯死したのに対し、G区とF区では基部が生存している分げつ数は株当たりそれぞれ12.0本と13.4本認められ、越冬期間における減少はわずかであった。さらに、F区では4月に入ると新分げつの発生が開始したために生茎数が増加し、その変化は葉面積の変化でみられた傾向と一致し、再生が早いことが示された。

実験年度は日平均気温の推移（図1）からみて暖冬であったにもかかわらず、C区の植物体は葉身が完全に枯れた後に茎の枯死が急速に進んで株自体の越冬が全くできなかつた。これに対し、G区とF区では霜害により葉と茎に損傷が認められたが、越冬期間中にもある程度の緑葉が保たれ、生茎数の減少が少なく、ほとんどの株が越冬した。パニカム属牧草においては越冬前に緑葉が多い草種ほど越冬に有利となることか

ら²⁾、G区とF区の株の越冬が良好であったのは処理により越冬前の初霜以前に緑葉数が増加し、越冬期間中にもある程度の緑葉が草冠内に保たれたためであると推察される。これらのことから、晩秋の初霜の約1ヶ月前におけるGA₃散布および施肥処理はグリーンパニックの越冬性を改善する効果があると推察された。

3. 地上部乾物重

各処理区の1株当たりの地上部乾物重の変化を図3に示した。

地上部乾物重は各処理区とも12月初めまで増加し、その後は茎葉の枯死および脱落によりいずれの区も徐々に減少した。その後、F区では翌年4月には再生の開始に伴って地上部乾物重が再び増大に転じた。実験期間中の日平均気温と対応させてみると、日平均気温は、12月上旬までは10°C以上であったが、それから翌年3月中旬にかけては10°C前後またはそれ以下で推移し、3月下旬以降再び10°C以上になった。したがって、グリーンパニックの生長と乾物生産は、晩秋においては日平均気温が10°C前後に低下するまで続けられ、翌春には日平均気温が10°Cを超すと始まるとして推察される。

12月初めまでの地上部乾物重の増加速度は、G区が最も高く、次いでF区で、C区は最も緩慢であった。12月初めにおける地上部乾物重はG区>F区>C区の順で、いずれの区間の差も有意であった。グリーンパニックの晩秋における乾物生産がGA₃散布と施肥処

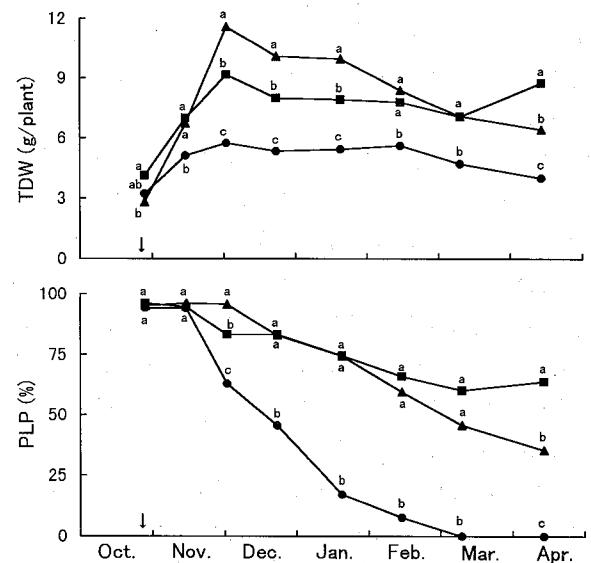


Fig. 3. Changes in total dry weight (TDW) and dry weight percentage of living parts (PLP) above the ground.

The symbols of ▲, ■ and ● show GA₃ spray, additional fertilization and control, respectively. An arrow indicates the date of treatments.

Table 1. Overwintering ability in some plant characters by the percentage of the value in early March to that at the maximum in the preceding autumn.

Plant character	Treatment		
	GA ₃ spray	Additional fertilization	Control
Green leaf area	2.4	16.2	0.0
Living tiller number	90.9	89.3	0.0
Total dry weight	61.2	77.0	81.8
Dry weight percentage of living parts	47.5	63.6	0.0

理により促進され、また、その乾物生産の促進効果はGA₃散布が施肥処理に比べて大きかった。

地上部乾物重における生体部乾物重の比率(PLP)の変化をみると、11月中旬までは各処理区間に大差がなかったが、それ以降は、C区では降霜に伴う枯死が進んだため、PLPが急速に低下したのに対し、G区とF区ではその低下が緩慢で、C区との間に明瞭な区間差がみられた。C区では翌年の3月上旬までに地上部が全て枯死し、PLPが0になったのに対し、G区とF区では実験終了までそれぞれ最大時の地上部乾物重に対して、20%と73%の生体部乾物重を維持していた。両処理間では、越冬期間中の生体部乾物重の減少はG区がF区より多かった。これらの結果から、GA₃および施肥処理はグリーンパニックの晩秋における乾物生産を促進するばかりでなく、低温と降霜による植物体の枯死を軽減する効果があると推察され、その効果の程度は施肥処理がGA₃散布処理よりも大きいと考えられた。

越冬性に及ぼすGA₃および施肥処理の効果を検討するため、植物体各形質の晩秋における最大値に対する3月初旬の値の比率を、表1にまとめて示した。越冬性は、緑葉面積でみると最も区間差が大きく、生芽数でみると最も区間差が小さかった。これらのことから、PLPで見た越冬性に対する両処理の効果は、緑葉面積に対する影響を通じていることが推察された。

4. 晩秋における生長関数

晩秋の乾物生産に対するGA₃散布と施肥処理の促進効果を解析するために、処理時から12月初めまでの期間を二分して生長関数を求めた(図4)。なお、ここでの生長解析は、地上部乾物重に対して行った。

各処理区の地上部乾物生産速度(CGR)を比較すると、両期間ともにG区とF区はC区に優り、G区が最も大きかった。実験期間中の日平均気温は、11月中旬

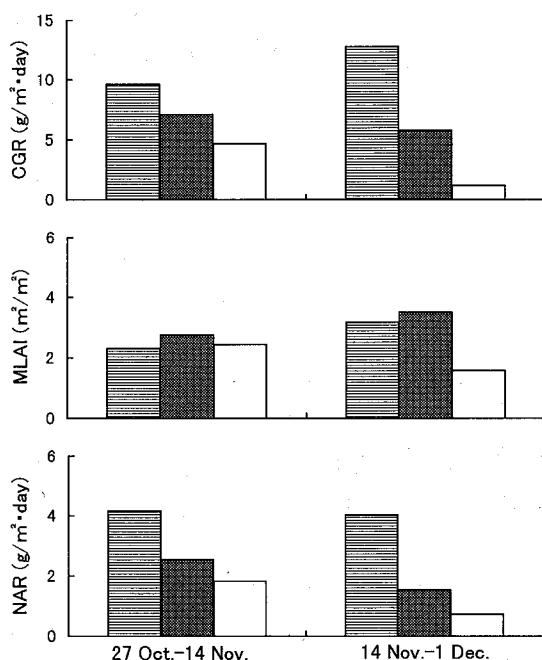


Fig. 4. Comparison of crop growth rate (CGR), mean leaf area index (MLAI) and net assimilation rate (NAR) among the treatments in late autumn. Hatched, solid black and white bars show GA₃ spray, additional fertilization and control, respectively.

までの前期では15°C以上であったが、11月下旬には10~15°Cに低下した。温度の低下に伴うCGRの低下はC区で最も大きくなったのに対し、G区ではこの期間にCGRの低下はみられなかった。

平均葉面積指数(MLAI)をみると、処理から11月中旬まででは処理区間に大差がなく、11月中旬から12月の初めにかけてG区とF区がC区より大きくなつた。11月中旬から12月の初めにかけての区間差が、それ以前に比べて拡大したのは、GA₃散布と施肥処理により1株当たりの葉面積が11月中旬に有意に大きくなつたことと、11月中下旬における低温と降霜に伴いC区の葉が多量に枯死したのに対し、G区とF区では葉の

枯死が少なく、1株当たりの葉面積の減少が少なかつた（図2）ためである。純同化率（NAR）は処理時から12月初めまで一貫してG区が最も大きく、次いでF区の順で、C区が最も小さくなつた。11月中旬までとそれ以降のNARを比較すると、F区とC区では後期には温度の低下に伴いNARが低下したが、G区ではその低下傾向はみられなかつた。夜温が10℃以下に低下すると、暖地型イネ科牧草の葉緑体中にデンプンが分解・転流されずに蓄積し、それによって翌朝の葉の光合成能力が低下するフィードバック阻害が起こるが^{4,5)}、GA₃処理により、葉中の葉緑体からのデンプンの転流が促進されるため、この阻害現象が解消され、葉の光合成能力が維持されると報告されている⁶⁾。これらのことから、G区のNARが日平均気温10~15℃の条件下でも気温の低下につれて低下せず、ほぼ一定であったのは、GA₃処理により気温の低下にもかかわらず葉の光合成能力が維持されたことを反映していると推察される。

このように、両処理による晩秋におけるCGRの増大はMLAIとNARの増大がともに関係しているとみなされたが、相関分析の結果によると、CGRはNARとの間にのみ有意な正の相関関係が認められた ($r=0.940$, $P<0.01$)。すなわち、両処理によるグリーンパニックの晩秋における乾物生産の促進は主にNARの増大によるものと考えられ、晩秋におけるGA₃処理は施肥処理よりもNARの増大効果が大きかつたために、乾物生産に対する促進効果も大きくなると考えられた。GA₃処理により、NARの増大を通じた乾物生産の促進効果が発揮されたのは、セタリアおよびキクユグラスに対するGA₃処理と同様の機構によっていた⁹⁾。

上述の結果から、グリーンパニックの晩秋における乾物生産性並びに越冬性がGA₃散布および施肥処理により改善されることが明らかとなつた。GA₃処理によるイネ科草の乾物生産性の向上は草種および処理時期によってその効果が相違し^{9,11,12,13)}、グリーンパニックの通常の生長季節における処理は分けつ生産の抑制効果が大きいため乾物生産に不利であるが¹⁰⁾、晩秋の低温条件下での処理は主としてNARを大きく増大させるため乾物生産を促進することが示された。本実験のGA₃散布量は16mg/m²であり、ハワイにおけるパンゴラグラスに対するGA散布処理により、収量の促進効果がGA散布量10mg/m²時において最大であったこ

と¹³⁾とほぼ一致していた。また、追肥処理では同様の機構に加え、緑葉面積の維持により乾物生産を促進した。本実験の日平均気温の変化は、初霜の11月下旬までは平年と大差なく、南九州では初霜の約1カ月前におけるGA₃散布または追肥処理が、グリーンパニックの晩秋における乾物生産性を向上させる栽培手段の一つとして利用しうると考えられる。

対照に比べGA₃散布と施肥の両処理によって、晩秋における乾物生産性が向上し、そのことによって、グリーンパニックの越冬性が改善されたことから、両処理は南九州におけるグリーンパニックの越冬性を改善する栽培管理法として有望であると考えられる。両処理による越冬性の改善効果は暖冬であると考えられた実験年ではその有効性が示唆されたが、平年あるいはさらに厳冬の年においてもグリーンパニックの越冬性を確保できる程度に改善効果が強いか否かについては、なお繰り返して実験し、検証をする必要があると考えられる。

要 約

GA₃散布および施肥処理によりグリーンパニックの晩秋における乾物生産並びに越冬性を改善する可能性について検討した。対照に比べ、10月下旬のGA₃処理(200ppm水溶液を80ml/m²散布)および施肥処理(N, P₂O₅, K₂Oを各10g/m²追肥)により、葉面積の増大が促進され、NARが向上したため晩秋における乾物生産が促進された。また、処理により、草冠が発達したため、越冬前における葉の枯死が遅延し、越冬期間中にもある程度の緑葉が維持されたことにより、分けつと株の枯死が少くなり、越冬性が改善された。これらの結果から、GA₃散布および施肥処理は南九州におけるグリーンパニックの晩秋の乾物生産性と越冬性を改善する栽培法の一つとして利用しうる可能性が示唆された。

キーワード：グリーンパニック、ジベレリン処理、施肥、晩秋の乾物生産。

引用文献

- 1) BLACKLOW, W. M. and MCGUIRE, W. S.: Influence of gibberellic acid on the winter growth of varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Crop Sci.* 11, 19-22 (1971)
- 2) CAI, Q. S.: Growth characteristics from summer to early winter and their relations to overwintering ability in *Panicum* grasses in southern Kyushu. Ph.D. Thesis, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University. pp. 1-150 (1998)
- 3) 福山喜一・伊藤浩司:セタリア (*Setaria sphacelata* (Schumach.) Stapf et C. E. Hubb.) とギニアグラス (*Panicum maximum* Jacq.) における株の出穂特性と乾物生産速度との関係. *Grassl. Sci.* 43, 51-55 (1997)
- 4) HILLIARD, J. H. and WEST, S. H.: Starch accumulation associated with growth reduction at low temperatures in a tropical plant. *Science* 168, 494-496 (1970)
- 5) HILLIARD, J. H.: *Eragrostis curvula*: Influence of low temperatures on starch accumulation, amylolytic activity and growth. *Crop Sci.* 15, 293-294 (1975)
- 6) KARBASSI, P., GARRARD, L. A. and WEST, S. H.: Reversal of low temperature effects on a tropical plant by gibberellic acid. *Crop Sci.* 11, 755-757 (1971)
- 7) 黒江秀雄: 暖地型牧草利用の実態と問題点—九州南部地域—. 日草九支報 19(1), 23-28 (1989)
- 8) 小林民憲・西村修一: 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 (1982)
- 9) 沈 益新・石井康之・沼口寛次・伊藤浩司: 赤黴素和矮壮素對東非狼尾草和非洲狗尾草生長的影響. 南京農大学報 15, 77-82 (1992)
- 10) 沈 益新・伊藤浩司・石井康之・田中重行・田中典幸: グリーンパニック (*Panicum maximum* Jacq. var *trichoglume* Eyles) の乾物生産に及ぼす植物生長調節剤処理と施肥の影響. 日作紀 63, 582-588 (1992)
- 11) SHEN, Y., ITO, K., ISHII, Y. and TANAKA, S.: Seasonal difference in the effects of plant growth regulators and fertilization on dry matter production of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Proc. 2nd Asian Crop Sci. Conf.* pp. 484-485 (1996)
- 12) WHITNEY, A. S., GREEN, R. E. and YOUNG, O. R.: Effects of gibberellic acid and sublethal levels of four herbicides on the cool-season regrowth of two tropical forage grasses. *Agron. J.* 65, 473-476 (1973)
- 13) WHITNEY, A. S.: Effects of gibberellic acid on the cool season regrowth of two tropical forage grasses. *Agron. J.* 68, 365-370 (1976)
- 14) WILMAN, D. and WRIGHT, P. T.: Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herb. Abstr.* 53, 387-393 (1983)