

琉球大学学術リポジトリ

熱帯・亜熱帯地域の草地における高位生産型放牧システムの開発と窒素動態に関する研究

メタデータ	言語: 出版者: 川本康博 公開日: 2009-08-04 キーワード (Ja): 窒素動態, ジャイアントスターグラス, 草地, 放牧システム, パンゴラグラス, 放牧 キーワード (En): Nitrogen dynamics, Pasture, Giant stargrass, Grazing system 作成者: 川本, 康博, Kawamoto, Yasuhiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/11708

熱帯・亜熱帯地域の草地における高位生産型放牧
システムの開発と窒素動態に関する研究

課題番号 **14560227**

平成14年度～平成15年度科学研究費補助金
(基盤研究C) 研究成果報告書

平成16年5月

研究代表者: 川本 康博

(琉球大学 農学部 生物生産学科)

はしがき

研究組織

研究代表者： 川本 康博 （ 琉球大学 農学部）

交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	1,800	0	1,800
平成15年度	1,400	0	1,400
総計	3,200	0	3,200

研究発表

(1) 学会発表等：なし

(2) 口頭発表（発表者名、テーマ名、学会等名、年月日）

1) 波平知之，川本康博，仲田正

南西諸島の冬季におけるジャイアントスターグラス単播草地とイタリアンライグラス追播草地の窒素施肥量について，日本草地学会第57回大会，平成14年9月21日

2) 波平知之，ブリーノ スマジャイ，水町 進，川本康博，仲田正

南西諸島の夏季におけるジャイアントスターグラス草地の窒素施肥と暖地型マメ科牧草の追播効果について，日本草地学会第58回大会，平成15年3月26日

3) 川本康博，波平知之，水町 進，玉城 政信，仲田正

異なる放牧強度が南西諸島におけるジャイアントスターグラス放牧草地の生産性と¹⁵N標識窒素の動態に及ぼす影響について，日本草地学会第58回大会，平成15年3月26日

(3) 出版物：なし

研究成果による工業所有権の出願・取得状況：なし

目 次

第 1 章 緒 論	2
第 2 章 ジャイアントスターグラス草地における窒素施肥量の検討	5
第 1 節 異なる窒素施肥量がジャイアントスターグラス草地 の生産性ならびに栄養価に及ぼす影響	5
第 2 節 冬季におけるジャイアントスターグラス草地と イタリアンライグラス追播草地の生産性および窒素肥料効率	17
第 3 章 ジャイアントスターグラス放牧草地における 施肥窒素由来の窒素動態	26
第 4 章 ジャイアントスターグラス放牧草地の牧養力評価	35
第 1 節 異なる放牧強度と放牧方法がジャイアントスターグラス 放牧草地の夏季牧養力に及ぼす影響	35
第 2 節 ジャイアントスターグラス放牧草地における イタリアンライグラスの追播に伴う牧養力の評価	47
第 5 章 要 約	57
第 6 章 英文サマリー	60
第 7 章 引用文献	62

第1章 緒論

1-1. 我が国熱帯・亜熱帯地域の草地

我が国熱帯・亜熱帯の主たる地域は南西諸島と考えられる。一般的にトカラ列島から八重山諸島まで指しているが、本研究はその中で最も南部に位置する石垣島を含めた八重山諸島並びに南西諸島の中央部に位置する沖縄本島で行われた。八重山地域の石垣島は、沖縄本島的那覇市から南西 410km の位置にあり、周年温暖な気候に恵まれ、肉用牛生産を行う上で重要な粗飼料生産に好適な気象条件にある。20℃を下回る最低気温は主に1月から2月に集中し、30℃近くの最高気温は7月から8月の間に当たるが、1年の大半の平均気温が20℃を越えるため、暖地型牧草の生育環境としては好適な条件にある。

昭和50年代から実施されてきた粗飼料生産の基盤整備事業等により、現在までに本県の草地面積は採草地と放牧地を合わせて約5,000haに達し、栽培されている主な牧草はローズグラスが最も多く(44.3%)、次いで、ギニアグラス(20.2%)、ジャイアントスターグラス(15.4%)、パンゴラグラス(13.8%)およびネピアグラス(2.2%)の順となっている。また、本県の全草地面積の73%の3,600haは八重山地域が占め、利用形態別にみると草地面積3,600haのうち採草地1,706ha、採草放牧兼用地151ha、放牧地1,706haとなっている(沖縄県農林水産部畜産課,2003)。このような背景から、八重山地域では豊富な粗飼料生産資源に立脚した肉用牛生産が可能であり、気象条件、面積的な土地条件、家畜飼養形態が主に

繁殖経営であること等から、放牧飼育に関する諸条件が整っていると考えられ、周年放牧を中心とした肉用牛生産のさらなる展開の可能性を秘めていることを伺い知ることができる。

1-2. 放牧草地利用上の問題点と可能性

一般に、放牧は低い生産費で省力的に行えること、未利用地や耕作放棄地における利活用(岩波, 1997; 伊藤, 1998)、さらには、家畜福祉の面からも今後一層期待されている(遠谷・花田, 1992)。

沖縄県内で最も放牧飼育が行われている八重山地域の放牧草地の利用については、家畜を広大な野草地に年間を通じて連続放牧させる慣行的な粗放牧から、草地をいくつかに区切って移動させる輪換放牧など地域によって放牧方法は異なる。しかし、一部の農家を除いて、施肥管理、放牧頭数、放牧日数等の放牧地管理は経験的な判断によって実施される傾向にあり、連続放牧や草地生産を無視した不適正な放牧強度のため効率的な草地利用が行われず草地荒廃をもたらす場合もある(国吉, 1998; 川本ら, 2003)。また、我が国で利用されている放牧技術(広瀬ら, 1968; 田先ら, 1972; 佐藤ら, 1986; 仮屋ら, 1990; 池田ら, 1999)の多くは西南暖地以北の地域で開発され、利用草種や家畜飼養体系にも違いがあることから当地域での利用には適さない技術もあり完全な普及には至っていない。そのため、採草地のような適切な施肥管理による集約的な放牧技術は未だに確立されていない。

本研究では、暖地型イネ科牧草であるジャイアントスターグラスを基

軸にし、その生育特性を考慮した適切で効率的な草地管理法を明らかにし、周年放牧草地を形成すると共に牧養力を向上させるための実証試験を通じての窒素循環を明らかにすることで、高位生産型の家畜生産システムの構築を試みた。

1-3. 研究の構成

本研究では、最初に、南西諸島の主たる放牧草地の基幹草種であり、高い生産性を有するジャイアントスターグラスの乾物収量と栄養収量を維持する草地への適正な窒素施肥量を明らかにするため、乾物収量、栄養価、栄養収量および窒素施肥効率の面から検討した。さらには、年間を通じた同草種の草地生産性の平準化を図るために、生産性が低下する冬季において、寒地型イネ科牧草イタリアンライグラスを追播し、その追播効果を最大限に高める適正な窒素施肥量について検討した。また、ジャイアントスターグラス放牧草地への施肥窒素の動態を明らかにするため、 ^{15}N 標識窒素を用いたトレーサー試験によって検討した。最後に、これまで明らかにしてきたジャイアントスターグラスの高い生産能力を最大限にしかも持続的に活用できる草地管理方法を放牧試験によって実証し、本地域における放牧草地の年間牧養力を向上させる技術を明らかにした。

第2章 ジャイアントスターグラス草地における窒素施肥量の検討

第1節 異なる窒素施肥量がジャイアントスターグラス草地

の生産性ならびに栄養価に及ぼす影響

本節ではジャイアントスターグラス草地の生産性、栄養価ならびに窒素吸収効率の側面から夏季における適正で効率的な窒素施肥量について、放牧地利用を考慮した圃場試験で検討した

材料および方法

試験は琉球大学農学部附属農場内の造成2年目のジャイアントスターグラス (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, 以下Gs)草地で行った。2002年6月24日に掃除刈りを行い、硫酸を用いて要素量でアール当たり0kg (0N), 0.5kg (0.5N), 1.0kg (1.0N)および2.0kg (2.0N)の4段階の窒素施肥量を施した。同時に基肥として P_2O_5 および K_2O をそれぞれ0.5kg/a施与した。同年8月5日, 9月9日, 10月15日および11月18日の合計4回の刈取り調査を行った。窒素施肥は刈取り後毎回行った。1区面積はそれぞれ3m×3mの3反復の乱塊法で配置した。調査方法は1m×1mのコドラート内を地際から10cmの高さで刈取り, 採取した試料を70°Cで48時間通風乾燥し, 乾物重を求めた後, 1mmの篩を通るように粉碎し, 窒素含有率および*in vitro*乾物消化率の分析に供した。窒素含有率はケルダール法により, *in vitro*乾物消化率はペプシン・セルラーゼ法 (Goto and Minson, 1977) に準拠しそれぞれ測定した。調査項目は

乾物収量，窒素含有率，乾物消化率，窒素収量，可消化乾物収量および窒素吸収効率である。窒素吸収効率は施肥区の窒素収量から 0N の窒素収量を差し引き，窒素施肥量を除して算出した。

結 果

試験期間中の窒素施肥量の違いによる刈取りごとの乾物収量を表 2-1 に示した。乾物収量は窒素施肥量の増加に伴い増加する傾向にあり，0N は各刈取り日とも他の処理区に比べて有意 ($p < 0.01$) に低い値を示した。平均乾物収量は 1.0N までは顕著な増加傾向を示した。0N を除く窒素施肥区の平均乾物収量には有意差は認められなかった。

各刈取り時における日平均の乾物生産速度 (Crop growth rate, 以下 CGR) の推移を図 2-1 に，窒素施肥量の増加に伴う CGR の推移を図 2-2 にそれぞれ示した。CGR は各処理区とも 8 月 5 日で最も高く，日数の経過に伴い低下し，11 月 11 日で最も低かった。また，窒素施肥量の増加に伴う CGR の推移は，0N から 1.0N まで増加し，1.0N から 2.0N までは横ばいで推移した。0N の CGR は 1.0N および 2.0N と比べて有意 ($p < 0.01$) に低い値となった。

合計乾物収量を図 2-3 に示した。合計乾物収量は平均乾物収量と同様に $0N < 0.5N < 2.0N < 1.0N$ の順となった。その値は 0N, 0.5N, 2.0N および 1.0N それぞれ 51.6, 101.7, 137.8 および 134.2kg/a となった。1.0N と 2.0N は 0N と 0.5N に比べて有意 ($p < 0.05$) に高かった。

窒素施肥量の増加に伴う窒素含有率および乾物消化率の推移を図 2-4 に，窒素収量および可消化乾物収量の推移を図 2-5 にそれぞれ示した。

窒素含有率は窒素施肥量の増加に伴い高くなる傾向を示し、0N, 0.5N, 1.0N および 2.0N それぞれ 1.6, 2.1, 2.4 および 2.7%となった。1.0N と 2.0N は 0N に比べて有意 ($p < 0.01$) に高い値となった。乾物消化率は窒素含有率と同様に 0N よりも施肥を行った区で高い傾向を示した。なお、施肥区間には有意差は認められなかった。窒素収量は窒素施肥量の増加に伴い 2~4 倍に増収した。その値は、0N, 0.5N, 1.0N および 2.0N それぞれ 0.2, 0.4, 0.7 および 0.8 kg/a となりそれぞれの施肥区は 0N に比べて有意 ($p < 0.01$) に高い値となった。可消化乾物収量についても窒素収量と同様の傾向を示し、その値は 0N, 0.5N, 1.0N および 2.0N それぞれ 5.9, 11.8, 17.5 および 17.7 kg/a となり窒素施肥量の増加によって増収した。施肥区は 0N に比べて有意 ($p < 0.05$) に高くなった。

家畜が採食する収穫部、すなわち、それぞれの地上部における窒素吸収効率を算出し表 2-2 に示した。地上部の窒素吸収効率は、11月18日を除いて 2.0N で有意 ($p < 0.05$) に低い値を示した。期間内の平均値を比較すると、 $2.0N < 0.5N < 1.0N$ の順となり、2.0N は他の施肥区より有意 ($p < 0.01$) に低い値となったが、1.0N と 0.5N の間に有意差は認められなかった。

考 察

Gs 草地の夏季における適正な窒素施肥量を把握するため、4段階の窒素施肥量を投与する施肥試験を行った。その結果、乾物収量は窒素施肥量の増加の影響が著しく、いずれの刈取り日ともに無施肥区の乾物収量に比べて各施肥区とも 2~4 倍の増収がみられた。このことは窒素施肥

による CGR の増大に反映され、その増収効果は気温が高い時期において顕著であると思われる。杉本・仁木(1977)によると、暖地型イネ科牧草幼植物の乾物重増大に及ぼす窒素多肥の影響は葉面積拡大に起因するものが大きいことが指摘されている。本試験においても窒素施肥量の増加は Gs の葉面積指数(LAI)の増大をもたらし、CGR すなわち乾物収量の増加につながったが、2.0N では減少傾向を示した。合計乾物収量についても同様で、1.0N で最大値を示した。北村(1986c)の報告では Gs は刈取りごとの 10 kgN/10a の施肥で最大合計乾物収量を示したが、それ以上では乾物収量や合計乾物収量が低下している。Johnson *et al.* (2001) の試験でも、Gs の乾物収量は刈取りごとの施肥量を 1.18 kgN/a まで増加させた場合に増加を続けるが、それ以上の 1.57 kgN/a の施肥では減少したと報告している。本試験においても 1.0N までの窒素施肥の増加によって乾物収量は顕著に増加するものの、2.0N では低下傾向を示したことから、Gs は低窒素あるいは高窒素のいずれの条件でも生育は良好であるが、2.0N の比較的高窒素施用は生産性の面から効率的ではないと考えられる。言い換えれば、放牧地での Gs の利用を考えた場合に、生産性の向上には窒素施肥が必要であるが、放牧草地に還元される糞尿量を考慮すると、その施肥量は 1.0N 以下と考える。

一方、Gs 草地を質的に見た場合、窒素施肥量の増加に伴い窒素含有率や乾物消化率の向上が認められ、Johnson *et al.* (2001)の結果とも一致した。窒素収量についても同様で、無施肥に比べて 2~4 倍の増収が認められ、また、可消化乾物収量の増加も認められた。ネピアグラスを

用いた宮城の報告(1981)でも、窒素施肥量の増加は牧草の生長とともに粗タンパク質含有率を向上させ窒素収量の増大が認められるものの、リグニン含量も増加するため低い消化率を示し、可消化乾物収量は高窒素施肥ほど低下することを指摘している。しかし、本試験においては、窒素施肥の増加は窒素含有率と乾物消化率の向上をもたらし、窒素収量や可消化乾物収量も増収が認められた。このことはGsの生育特性に大きく起因しているものと考えられ、Gsは刈取り後3週目までLAIの増加とともにCGRも増加し、純同化率(NAR)については2週目までは急激に低下するもののその後一定となる(嘉陽ら,2001)。すなわち、Gs草地における窒素施肥量の増加は、栄養価が高い葉部(Fleischer *et al.*,1984)の増加による葉面積の拡大によってGsの生長を促進し、特に、1.0Nと2.0Nで顕著だったために、窒素含有率や乾物消化率の向上につながったものと考えられる。本試験結果では、栄養価(窒素含有率、乾物消化率)と栄養収量(窒素収量、可消化乾物収量)のいずれについても1.0Nと2.0Nに有意差が認められなかった。ただし、1.0Nよりも低い施肥条件、すなわち5 kg/10a (0.5N)以下のGs草地における窒素施肥は他の草種に比べて低い乾物消化率を示す報告(北村,1986c)があることから、Gs草地においては乾物生産量と栄養価の改善を考慮した場合、0.5N-1.0Nの範囲の窒素施肥量が効率的な適正量と考えられた。放牧草地での家畜生産を行う場合、放牧草地の生産性を高めるほかに、草地の栄養状態も高く維持しなければならない。窒素施肥が生産性のみならず栄養価と栄養収量の向上をもたらしたことは、Gs草地での周年放牧利用に立脚し

た家畜生産を行う上で重要な管理であることが明らかとなった。

次に、家畜が採食可能な茎葉部における窒素吸収効率から Gs 草地の施肥量について検討した。暖地型牧草における施肥窒素の植物への吸収量は 40-50%の範囲内にあるとされ(Henzell, 1963), 本試験においても地上部における窒素吸収効率は 0.5N と 1.0N では約 50%だった。しかし, 2.0N では半分の約 25%となり, 1.0N 以上の窒素肥料の増施, すなわち 2.0N の施肥量は乾物収量の減少とともに肥料効率をも低下させることが明らかになった。また, 2.0N は窒素収量が最大値を示したものの, 0.5N や 1.0N と比較して投入する窒素量を 4 倍あるいは 2 倍に増加しているにも関わらず, 窒素収量はそれぞれ約 2 倍あるいは 1.1 倍となった。一般に, 過剰の窒素施用は植物体が利用できない窒素量を土壌中での集積, 溶脱あるいは流亡等で失われることも多く(杉本ら, 1987), 特に, 傾斜の多い放牧地では, 降雨による流亡が大きい。また, 本試験では調査しなかったが, 過剰の窒素施肥は植物体に吸収されるが同化されない硝酸態窒素の集積につながる(Look and Mackenzie, 1970; 前田ら, 1980)ことも知られている。

以上のように, 夏季において Gs 草地の刈取り間隔あるいは休牧期間を 30-40 日と考えた場合, 採草地での窒素施肥量は刈取りごとに 1.0 kgN/a (1.0N) が望ましいと考えられたが, 放牧地では乾物生産量, 栄養価, 立地条件, 草地管理費ならびに放牧家畜糞尿の還元等も考慮して, 退牧後の窒素施肥量として 0.5 kgN/a (0.5N) 程度が望ましいことが示唆された。

表2-1. 窒素施肥量の違いにおける刈取り日ごとの乾物収量

窒素施肥量 (kgN/a)	乾物収量 (kg/a)				平均±標準偏差
	8月5日	9月9日	10月15日	11月17日	
0	24.5 ^{c*}	13.8 ^c	9.2 ^c	4.8 ^c	12.4±8.0 ^b
0.5	46.8 ^b	21.0 ^b	25.0 ^b	8.4 ^b	24.0±15.1 ^a
1.0	64.6 ^a	26.2 ^a	31.6 ^a	15.5 ^a	34.4±19.8 ^a
2.0	66.9 ^a	26.2 ^a	25.2 ^b	15.9 ^a	33.6±20.8 ^a

* : 同列の異なる小文字を付した平均値間に有意差あり(p<0.05).

表2-2. 異なる窒素施肥量における各刈取り時の地上部の窒素吸収効率

窒素施肥量 (kgN/a)	窒素吸収効率(%) ¹⁾				平均±標準偏差
	8月5日	9月9日	10月15日	11月18日	
0.5	50.1 ^{a2)}	42.9 ^{ab}	79.5 ^a	24.5	50.0±23.0 ^a
1.0	51.4 ^a	47.0 ^a	65.3 ^a	36.5	50.3±14.4 ^a
2.0	43.2 ^{b*}	26.3 ^b	26.9 ^b	28.5	24.9±17.1 ^b

1) 窒素吸収効率(%)=(施肥区窒素収量-無施肥区窒素収量)×100/ 窒素投入量

2) * : 同列の異なる小文字を付した平均間に有意差あり(p<0.05).

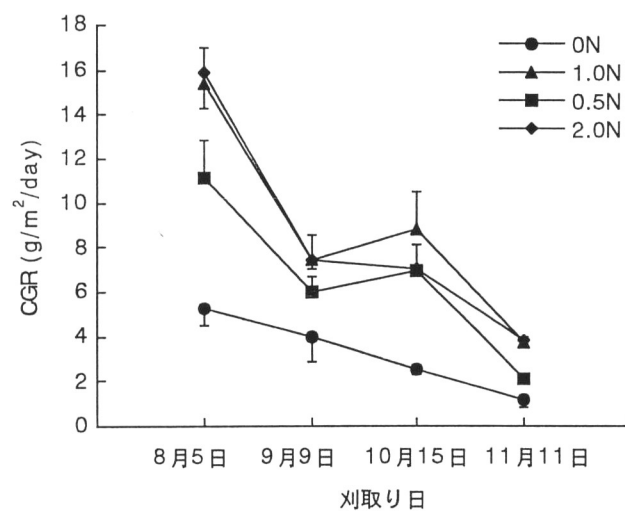


図2-1. 各刈取り時における日平均の乾物生産速度(CGR)の推移

平均値±標準偏差

0N : 0kgN/a, 0.5N : 0.5kgN/a, 1.0N : 1.0kgN/a, 2.0N : 2.0kgN/a

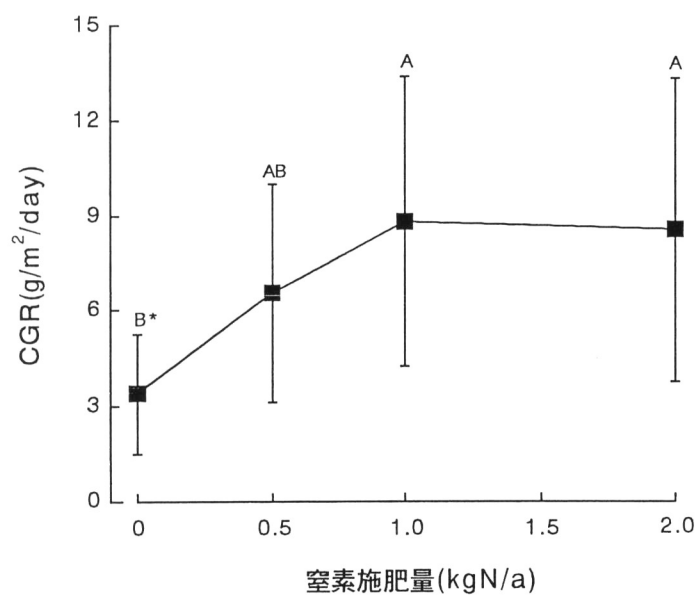


図2-2. 窒素施肥量の増加に伴う平均の乾物生産速度(CGR)の推移

* : 縦線は標準偏差を示し、異なる大文字を付した平均値間に有意差あり(p<0.01).

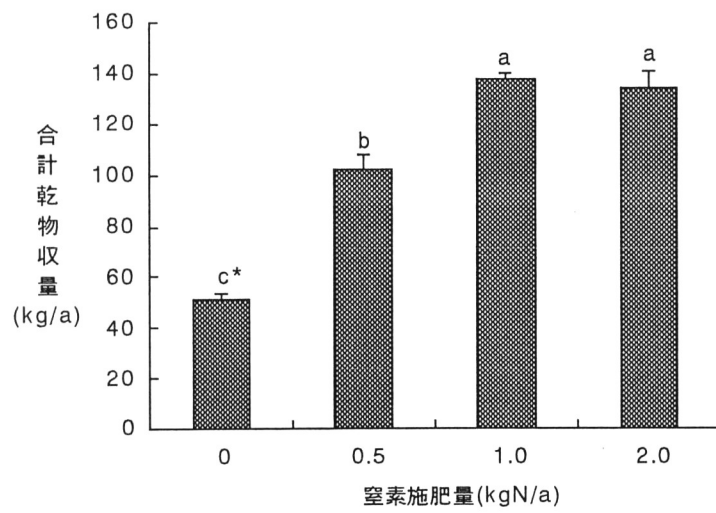


図2-3. 異なる窒素施肥条件下における合計乾物収量

* : 縦線は標準偏差を示し, 異なる小文字を付した平均値間に有意差あり(p<0.05).

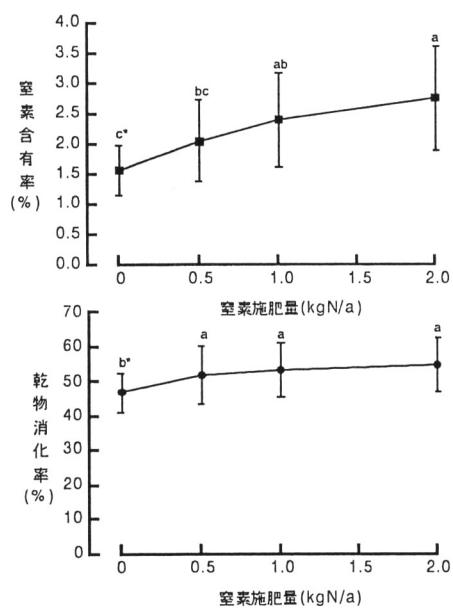


図2-4. 窒素施肥量の増加に伴う窒素含有率と乾物消化率の推移

* : 縦線は標準偏差を示し、異なる小文字を付した平均値間に有意差あり ($p < 0.05$).

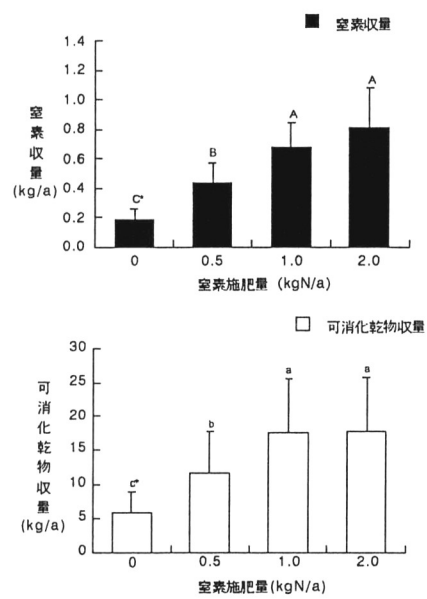


図2-5. 窒素施肥量の増加に伴う窒素収量と可消化乾物収量の推移

* : 縦棒は標準偏差を示し、異なる小文字($p < 0.05$)および大文字($p < 0.01$)を付した平均値間に有意差あり。

第2節 冬季におけるジャイアントスターグラス草地と イタリアンライグラス追播草地の生産性および窒素肥料効率

本節では、異なる窒素施肥量が冬季におけるジャイアントスターグラスの乾物収量と栄養収量に及ぼす影響について検討し、窒素施肥効率から本草地の冬季における効率的な窒素施肥量について明らかにする。また、冬季補完草種としてイタリアンライグラスを追播し、その効果を最大限に高める追播草地の窒素施肥量についても併せて検討した。

材料および方法

試験は2001年12月1日から2002年4月22日までの期間、琉球大学農学部附属農場で行った。供試草種は暖地型イネ科牧草としてジャイアントスターグラス(*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, 以下Gs)を、寒地型イネ科牧草としてイタリアンライグラス(*Lolium multiflorum* Lam. 品種マンモスB, 以下Ir)をそれぞれ用いた。2001年6月上旬に別の圃場で栽培されたGsの栄養株を9m²当たり16株植え付け、数回の掃除刈りを行い安定したGs単播区を形成した。その後、2001年12月1日にGs単播区を一斉に掃除刈りし試験を開始した。試験区の1区面積は3m×3mとし、Gs単播区およびIr追播区を主区として、4水準の窒素施肥量を副区として3反復の分割区法で配置した。Ir追播区は、条間60cm、条長300cmについて条幅10cm、深度5cmの条筋をつけた後、Irの種子を1区当たり30g播種した。追播後ならびに刈取り後の窒素施肥量は、Gs単播区およびIr追播区それぞれについて硫安を用い、要素量で0kgN/a

(0N), 0.5kgN/a (0.5N), 1.0kgN/a (1.0N)および 2.0kgN/a (2.0N)の 4 段階に設定した。同時に基肥として P₂O₅ および K₂O をそれぞれ 0.5kg/a 施用した。刈取り調査は 2002 年 1 月 19 日, 3 月 6 日および 4 月 22 日の計 3 回行った。1m×1m のコドラート内を地際から 10cm の高さで刈取り, 採取した試料は, 70℃で 48 時間通風乾燥し, 乾物重を求めた後, 1mm の篩を通るように粉碎し, 窒素含有率および *in vitro* 乾物消化率の分析に供した。窒素含有率はケルダール法により求め, *in vitro* 乾物消化率はペプシン・セルラーゼ法(Goto and Minson, 1977)に準拠し測定した。調査項目は乾物収量, 窒素含有率, 乾物消化率, 窒素収量, 可消化乾物収量および窒素肥料効率(N_e)である。N_e は単位施肥窒素量当たりの増収量(0N との収量差)とし, 松中ら(1991)の方法を用いて施肥窒素の利用率(N_{ab})と吸収窒素の増収効果(N_{dm})の積により以下の様に算出した。

$$N_e = N_{ab} \times N_{dm}$$

$$N_{ab} = (N_t - N_0) / N_f$$

$$N_{dm} = (Y - Y_0) / (N_t - N_0)$$

N_t : 窒素施肥区の合計窒素収量

N₀ : 0N 区の合計窒素収量

N_f : 試験期間の合計窒素施肥量

Y : 窒素施肥区の合計乾物収量

Y₀ : 0N 区の合計乾物収量

結 果

試験期間の平均気温は 18.8℃で、1月の 15.6℃を最低温度として以後次第に上昇し、最終刈取り時期の4月には 22.4℃となった。

Gs 単播区と Ir 追播区の各刈取り日時の乾物収量を表 2-3 に示した。刈取り日ごとの Gs 単播区の乾物収量は窒素施肥量の増加とともに高くなる傾向を示した。試験期間の平均乾物収量は、両区とも 0N < 0.5N < 1.0N < 2.0N の順に高くなる傾向を示した。

試験期間の合計乾物収量を図 2-7 に示した。合計乾物収量は両区とも窒素施肥量の増加に伴って有意に ($p < 0.05$) 増加し、その値は 2.0N で最大を示した。草地別で比較すると、0N および 0.5N では Ir 追播区で高い傾向を、1.0N および 2.0N では Gs 単播区で有意に ($p < 0.05$) 高い値を示した。

図 2-8 に各窒素施肥処理の Gs 単播区と Ir 追播区における日平均の生育段階に伴う日乾物生産速度 (Crop growth rate, 以下 CGR) の推移を示した。各窒素施肥量で比較すると、CGR の値は両区とも 0N で最も低く推移した。Ir 追播区の CGR は刈取り回次の進行に伴い上昇した。Gs 単播区の CGR は 0.5N と 1.0N では 1月 19日～3月 6日までほぼ横ばいで推移し、0N ではやや低下し、その後 4月 22日には上昇した。

Gs 単播区と Ir 追播区における窒素含有率、乾物消化率、窒素収量および可消化乾物収量を表 2-4 に示した。窒素含有率は窒素施肥量の増加に伴って上昇した。草地間で比較すると、Gs 単播区より Ir 追播区で高い傾向を示したが、統計的な有意差は認められなかった。乾物消化率

についても同様の傾向を示した。

窒素収量および可消化乾物収量についても窒素施肥量の増加に伴い高くなる傾向を示した。窒素収量は低窒素施肥(0N および 0.5N)では Ir 追播区, 高窒素施肥(1.0N および 2.0N)では Gs 単播区でそれぞれ高かった。各窒素施肥処理で比較すると, 両区に有意差は認められなかった。可消化乾物収量は両区とも $0N < 0.5N < 1.0N < 2.0N$ の順で高い傾向にあり, いずれの窒素施肥でも Gs 単播区より Ir 追播区で高い値を示した。

試験期間の Gs 単播区と Ir 追播区の N_e , N_{ab} および N_{dm} を表 2-5 に示した。Gs 単播区の N_e 値は, 0.5N が他の施肥区に比べて高い傾向を示し, Ir 追播区の 0.5N の N_e 値では, 有意($p < 0.05$)に高い値を示した。2.0N ではいずれの区とも有意($p < 0.05$)に低い値を示した。

N_{ab} は Gs 単播区では 1.0N, Ir 追播区では 0.5N でそれぞれ高い傾向を示したものの, 施肥窒素量の違いにおける有意差は認められなかった。

N_{dm} は両区ともに窒素施肥量の増加に伴い有意($p < 0.05$)に低くなった。

考 察

沖縄県の主要な放牧草地である Gs 草地の冬季における窒素施肥量を明らかにする目的で, 各刈取り時における4段階の窒素施肥を行った。併せて, 冬季の Gs 草地の生産性を改善するため, 寒地型牧草 Ir を追播し, 追播草地の乾物収量や栄養収量の両面からその効果を最大限に高める効率的な窒素施肥量についても検討した。

Gs 単播区および Ir 追播区の平均乾物収量ならびに合計乾物収量は窒素施肥量を増加させるに伴い高くなるものの, 窒素施肥効率は逆に低下

する傾向が認められ、2.0Nと比較すると0.5Nで有意($p < 0.05$)に高い値であった。一方、各窒素施肥処理におけるGs単播区とIr追播区を質的に比較すると、各窒素施肥処理を通じて、Ir追播区は栄養価の高いIr (Minson, 1990)の追播によって高い窒素含有率と乾物消化率を示し、特に、0.5Nでは窒素収量と可消化乾物収量のどちらともGs単播区より優れていた。Ir追播効果は乾物収量について評価した場合、0-0.5kgN/aの低窒素施肥で高く、栄養価ならびに栄養収量で評価した場合、1.0-2.0kgN/aの高窒素施肥で増収効果が認められた。しかし、乾物収量、栄養収量および窒素施肥効率のすべての項目を通じて評価すると、0.5NにおいてIr追播が最も効果的であり、特に低温期において顕著であることが示唆された。このことはGs単播区よりIrを追播した方が冬季の草地生産を高めるのに有効であることを示しており、Hoveland *et al.* (1978a, b)の報告と一致した。同時に追播草の収量性が高い時期に合わせて計画的に放牧あるいは刈取り利用するのも草地の有効利用の観点から重要であると思われた(名田ら, 1983, 1985;菅野, 1995)。また、4月においてGs単播区よりIr追播区で低い乾物収量を示したのは、Irの伸長によるLAIの拡大がGsを遮光し、その生育を抑えたものと考えられた。しかし、本県では暖地型牧草と混播した寒地型牧草は6月にはすべて枯死するとされ(庄子ら, 1988;川本ら, 1999)、本試験においても5月以降、追播草が枯死したためその後におけるGs草地の再生に悪影響を及ぼさないものと考えられた。

Gs草地への採草利用を目的とした窒素施肥量について北村の報告

(1986c)では、最大乾物収量を示す施用量をもって適正な施肥量とし、本実験と同様の刈取り間隔で追肥する刈取り後の窒素量は 1.0-1.5kgN/a の範囲内が最適であると提唱している。しかし、本試験で明らかにしたように、冬季における乾物収量に限定した場合、窒素施肥量の増加によって生産性を高めたものの、1.0N と 2.0N の窒素施肥効率は 0.5N と比べ低い値となり、窒素利用率の停滞とともに窒素施肥効率が低下した。このことは、冬季では窒素多肥が必ずしも暖地型牧草地の効率的な生産性の向上につながらないことを示すものである。冬季における窒素施肥量の増加は G_s の窒素利用率の向上に結びつかないものと考えられた。

本実験の G_s 単播区での CGR がいずれの施肥区においても 1 月 19 日から 3 月 6 日までは低い値で推移したものの 4 月 22 日には急激に上昇したことから、 G_s は生育気温が 12 月から 3 月までの 20°C 以下では生育が停滞し、20°C 以上で旺盛な生育を開始する特性を持つことも示唆された。

以上のように、低温期の G_s 草地の生産性の向上には、窒素施肥量を増加して冬季の生産性を高めようとするのではなく、イタリアンライグラス等の寒地型牧草を追播し刈取り間隔を約 1 ヶ月以上とし、低窒素施肥 (0.5kgN/a) で草地管理を行うことが、草地としての乾物収量、栄養価ならびに栄養収量を高め、冬季における草地生産性ならびに家畜生産性の向上には効果的であることが示唆された。

表2-4. Gs単播区とlr追播区における窒素施肥量の違いによる窒素含有率，乾物消化率，窒素収量および可消化乾物収量

草地	窒素施肥量 (kgN/a)				平均±標準偏差
	0	0.5	1.0	2.0	
窒素含有率 (%)					
Gs単播区	1.7 ^c	2.0 ^b	2.8 ^b	3.4 ^{a*}	2.5±0.8
lr追播区	1.7 ^c	2.2 ^{bc}	2.9 ^{ab}	3.4 ^a	2.6±0.7
乾物消化率 (%)					
Gs単播区	50.6 ^b	53.1 ^a	59.4 ^a	65.1 ^a	57.0±6.5
lr追播区	57.0	65.0	68.5	69.9	65.1±5.8
窒素収量 (kg/a)					
Gs単播区	0.1 ^b	0.3 ^a	0.8 ^a	1.1 ^a	0.6±0.5
lr追播区	0.1 ^b	0.4 ^{ab}	0.7 ^{ab}	1.0 ^a	0.6±0.4
可消化乾物収量 (kg/a)					
Gs単播区	2.5 ^b	9.1 ^a	16.1 ^a	21.4 ^a	12.3±8.2
lr追播区	4.6	15.2	22.7	26.7	17.2±9.7

* : 各項目について，2草地区の小文字を付した平均値間に有意差あり(p<0.05).

表2-5. 窒素施肥効率，施肥窒素の利用率および吸収窒素の増収効率

	窒素施肥量 (kg/a)	窒素施肥効率(Ne) (kg/ 施肥Nkg)	施肥窒素の利用率(Nab) (吸収Nkg/ 施肥Nkg)	吸収窒素の増収効率(Ndm) (kg/ 吸収Nkg)
Gs単播区	0.5N	28.44±4.86 ^{b*}	0.49±0.10	58.00±4.48 ^b
	1.0N	24.71±1.43 ^b	0.69±0.23	39.56±16.91 ^{ab}
	2.0N	14.87±1.05 ^a	0.53±0.06	28.52±4.38 ^a
lr追播区	0.5N	26.55±5.24 ^b	0.57±0.10	46.13±1.57 ^c
	1.0N	17.75±2.08 ^a	0.54±0.12	33.33±3.90 ^b
	2.0N	11.61±1.76 ^a	0.44±0.04	26.15±2.19 ^a

* ; 同列間の異なる小文字間に有意差あり(p<0.05).

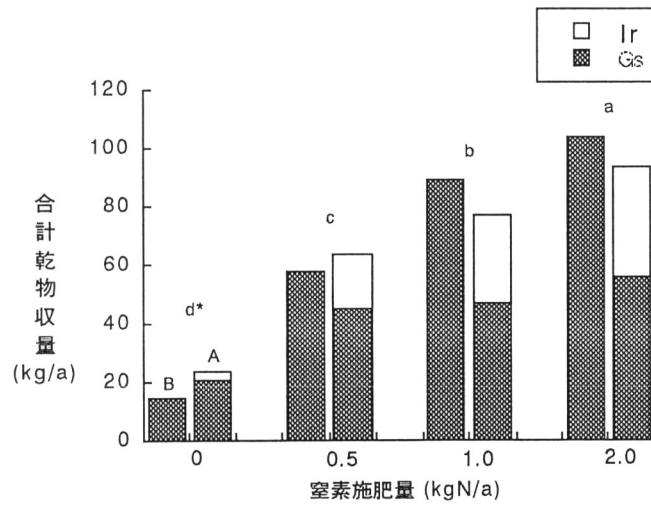


図2-6. 窒素施肥量の違いにおけるGs単播区とIr追播区の合計乾物収量

* : 異なる草種及び窒素施肥量に付した小文字間と大文字間にそれぞれ有意差あり ($p < 0.05$).

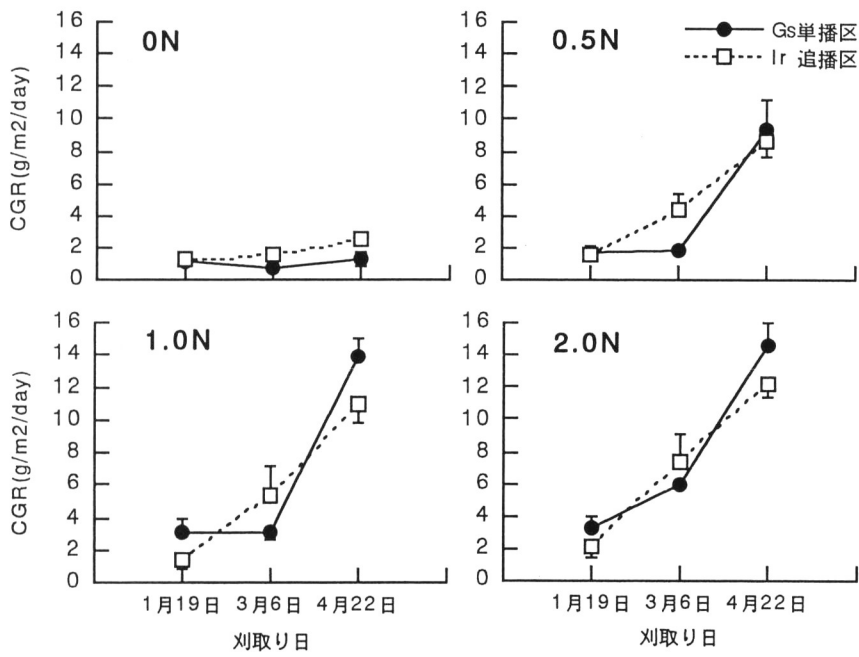


図2-8. 各窒素施肥水準のGs単播区とIr追播区における生育段階に伴う乾物生産速度(CGR)の推移