

パナマのコクレ・ジャノス平原地帯における合理的な肥培管理  
がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分  
吸収に及ぼす影響(16)

誌名	畜産の研究 = Animal-husbandry
ISSN	00093874
著者	富田, 健太郎
巻/号	66巻12号
掲載ページ	p. 1239-1247
発行年月	2012年12月

# パナマのコクレ・ジャノス平原地帯における合理的な 肥培管理がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の 生産性・養分吸収に及ぼす影響(その16)

富田 健太郎\*

## — 6回にわたったトータルマメ 科野草類の乾物収量結果とその 再生力の評価 —

### 1. はじめに

前報でも記した事項であるが、ラテンアメリカの大地の大半は広大な草原地帯であり、一般的に野草類による粗放な放牧が実践されている。この粗放放牧における一番の問題点は、過剰放牧によって牧草地の疲弊が進行し、やがて牧畜経営が不可能となってしまう。そうなると、天然林の伐採・焼却を含めて、新規牧草地を求めていく。このことが環境破壊を生み、新規開墾地も地力を失ってしまい、さらに新たな新天地を求めるという悪循環が繰り返される。これを食い止めることが、持続可能な生産システムの一つであり、既存の牧草地の肥沃度の維持・向上に努めることが肝要である。

前報では、イネ科牧草ブラキアリア (*Brachiaria humidicola*) における6回にわたった各処理区別の乾物収量ならびに養分吸収量結果を一気に報告した。処理区においては、窒素肥料源として化学窒素の他、牛糞堆肥、牛糞堆肥+化学窒素の他、マメ科野草類も共存させ、このことがブラキアリアやマメ科野草の生産性や再生力を評価することが本試験の目的である。

マメ科植物の特徴はご存じのとおり、根粒菌による空気中の窒素を固定し、これを栄養とし、またイネ科ブラキアリアよりもその含有率が高いことである。そのことが、以前に報告したマメ科改良牧草の一つであるアラキス (*Arachis pintoi*) との間混作による肥育牛の栄養改善策が挙げられよう。この間混作栽培試験においては、必要に応じて各種化学肥料を

適量施肥している。もちろん、この試験も回数毎に各種化学肥料を施肥していることはご存じのとおりである(念のため、試験処理区の説明は各報毎に記しておく)。そのことが、マメ科野草類の生育ならびに養分吸収量に及ぼす影響も調べ、イネ科牧草ブラキアリア類と併せて、持続可能な牧草生産システムが構築できるかどうかということである。

本稿では、トータルマメ科野草類の6回にわたった処理区別の乾物収量ならびに養分吸収量の結果を一気に報じていく。

### 2. 野外科学的方法に基づいた 試験実施方法

ラテンアメリカ諸国での作物、野菜類および牧草類の栽培試験方法は野外(フィールド)によるやり方で実施されるのが普通であり、ポットによる栽培試験で評価することを好まない傾向にあることも記した(このことは、通算約10年の海外経験から痛感している事項である)。それゆえ、菊池卓郎博士著の『農学の野外科学的方法—役に立つ研究とは何か—』を愛用しており、同博士の言葉を鉄則として取り組んできた。しかしながら、同博士の専攻は果樹園芸、とくに青森県のリンゴの剪定技術であり、筆者はそれに関する知識は全く有していない。事実、同博士が唱える野外科学的方法の各論的部分として、この剪定技術の事例が盛り込まれており、正直、筆者としては野外科学の概念というか全体像しかつかめていないのが現実である。それゆえ、筆者としては、同博士の唱える鉄則と食い違う部分というか、間違っただけ解釈している部分もあるものと思っている。しかしながら、基本原則としては、同書籍の中に記載されていた事項であるが、『農学の研究、とくに栽培試験での成果は一回のみの現象科学:津野幸人氏の考え(1975)』として捉えている。このことは、

\* (株) 宏 大 (Kentarō Tomita)

パラグアイ国立ピラール大学農牧および地域開発学部客員教授

牧草栽培試験においても該当する事項であると考  
えており、とくに、熱帯の環境下では多様な土壤条  
件、天水依存で粗放放牧が実践されていることを懸  
念して、地域や時期別における成果一つ一つが重要  
であり、何らかの形で参考的な知見を提供すること  
につながっていくものと期待している。

それに、広大なラテンアメリカでは地勢の多様  
性(気候や土壤条件等)が存在する。そして、公用  
旅券ならびに公用ビザ取得という有意的条件が  
得られたとしても、活動期間は最高2年であること  
も考慮して、地域別での一回のみの現象科学から  
適正技術を考えていかなければならないというの  
が本音である(試験実施の前に、雨季や乾季という  
気候条件や現地調査等の時間も必要である)。その  
ことは、基本事項として理解していただきたい部分  
である。

### 3. 試験処理区の説明

前報との重複であるが、以下、試験処理区につい  
ては常に説明しておく。

#### 1) 試験実施場所

本研究を実施してきた所はパナマの Coclé 県の  
Penonomé 市(同県県庁所在地)近郊にある農牧研究  
所(Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá :  
IDIAP)が所有する El Coco 支所の圃場である。この  
地帯は、前報でも記したように、コクレ・ジャノス  
平原と称され、広大な草原地帯が分布しており、大  
規模生産者は地下水汲み上げまたは河川域に近い  
所では、河川水汲み上げによる水田稲作も実施され  
ている。

#### 2) 試験処理区

El Coco 実験支所において、牧畜研究圃場に自生  
しているブラキアリアを全て刈り取った後、試験  
区画は 3m×5m を 1 区画とし、試験処理区は以下に  
示す 5 処理区×4 連=20 区画とした。

- 処理区 1 (T1) : 対照区(イネ科牧草+マメ科野草類のみ)  
処理区 2 (T2) : 化学肥料施用<sup>\*1</sup>+マメ科野草類  
処理区 3 (T3) : 化学肥料施用+尿素<sup>\*2</sup>+マメ科野草類  
処理区 4 (T4) : 化学肥料施用+牛糞堆肥<sup>\*3</sup>+マメ科野草類  
処理区 5 (T5) : 化学肥料施用+尿素+牛糞堆肥+マメ科  
野草類  
処理区 6 (T6) : 化学肥料施用

\*1: 採用化学肥料は重過リン酸石灰、塩加、石灰、硫酸  
苦土カリ (Sulphomag) であり、処理区 2 ならびに  
処理区 3 に関しては、それぞれの施用量は、33kg/ha、  
47.7kg/ha、15.3kg/ha および 25.7kg/ha である。他  
方、処理区 4 ならびに処理区 5 に関しては、牛糞堆  
肥を施用している関係上、重過リン酸石灰、塩加、  
硫酸苦土カリそれぞれの施用量は約半量の  
19.1kg/ha、24.3kg/ha および 12.3kg/ha である(石  
灰は 0kg/ha)。なお、施肥は一回の伐採毎に同一量  
施肥している(モリブデン酸アンモニウム 28g/全処  
理区/年散布した)。

\*2: 尿素の施肥量は処理区 3 で 69.3kg/ha、処理区 5 で  
28.7kg/ha である(牛糞堆肥を施用している関係  
上)。

\*3: 牛糞堆肥の施用量は、処理区 4 ならびに処理区 5 に  
おいて 2000kg/ha である。

#### 3) 供試牧草類および雑草類

ブラキアリア、マメ科野草類として、Desmodium  
(*Desmodium barbatum*)、Calopogonio (*Calopogonium  
mucunoides*)、Stylythantes sp. であり、この他、  
Alysicarpus、Centrocema および Asechinemene 等のマ  
メ科野草類も観察された時期があった。

なお、本稿で報じるトータルマメ科野草類は、と  
くに乾物収量に関しては、回数別において、これら  
観察されたマメ科野草類の合計値であり、養分吸収  
量については、6 回にわたって共通的に観察された  
先の Desmodium と Calopogonio の合計値としている。  
後報で、各論としてこれら二種別の乾物収量と養分  
吸収量について取り上げる。

#### 4) 伐採回数

本誌 65 巻 4 月号の第一回目伐採から記してきた  
が、ここでも記しておくこととする。とにかく、  
2 年間における伐採回数は全部で 6 回であり、初年  
度の試験開始は 2007 年 8 月 13 日である。ブラキア  
リアの栽培期間は約 50 日間であり、草丈が 5cm に  
到達した頃に伐採を実施した。なお、乾季の期間は  
試験を実施していない。

第一回目 : 2007 年 8 月 13 日~2007 年 10 月 2 日  
(サンプリング)

第二回目 : 2007 年 10 月 3 日~2007 年 12 月 7 日  
(サンプリング)

第三回目 : 2008 年 5 月 1 日~2008 年 7 月 4 日  
(サンプリング)

第四回目 : 2008 年 7 月 5 日~2008 年 9 月 18 日  
(サンプリング)

第五回目：2008年9月19日～2008年11月24日  
(サンプリング)

第六回目：2008年11月25日～2009年1月6日  
(サンプリング)

5) 供試土壌および牧草類の化学分析

前報と同様、土壌ならびに供試牧草類の化学分析は、Veraguas 県 Divisa 地区にある IDIAP 土壌研究室に依頼した。なお、分析方法は前報を参照されたい。

4. 6回にわたったトータルマメ科野草類の乾物収量結果

図1に6回にわたったトータルマメ科野草類の乾物収量の結果を示す。分散分析の結果から、前報において報告したイネ科ブラキアリアと同様、伐採回数ならびに処理区間において、顕著な有意差(1%)が認められた。処理区別における乾物収量の違いについては、6回にわたった総乾物収量値は T4 処理区が最高であり、続いて、T2 と T5 がほぼ同様な値であった。

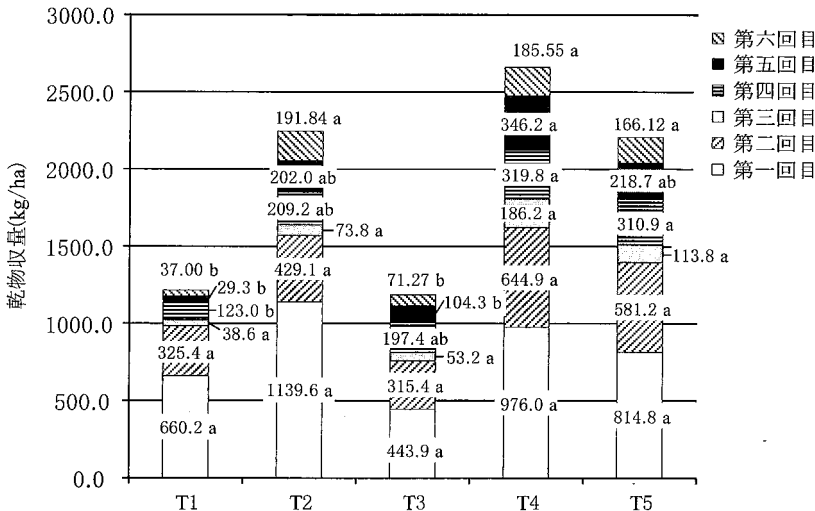


図1 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類の乾物収量結果

PS: 乾物収量においてのみ、各伐採回数毎において、処理区による Duncan Multiple Range Test (5%) による統計処理を実施した。同じアルファベットは有意差がないことを示す。

トータルマメ科野草類の大部分は *Desmodium* と *Calopogonio* であるが、回数ならびに処理区別において異なった野草類も観察された。それらも乾物収量値においてはトータル野草類として扱った。

まず、第一回目では *Stylosanthes*, 第二回目では *Stylosanthes*, *Alysicarpis*, *Centrocema* および *Asechinemene*, 第三回目では *Stylosanthes* および他の野草類(極僅かだったので他の野草類として処理した), 第五回目および第六回目では、第二回目と同様, *Stylosanthes*, *Alysicarpis*, *Centrocema* および *Asechinemene* が観察された。なお、詳細な事項は、後報において各論として取り上げる予定でいる。

また、回数毎において、Duncan Multiple Range Test (5%) による結果では、トータルマメ科野草類については処理区間に有意差が認められたり、認められなかったりと多様な結果を示した。これは、トータルマメ科野草類の大部分は *Desmodium* と *Calopogonio* であり、全処理区において回数ならびに処理区別にて観察されたが、その他として、いくつか自生している種も採取している。とくに、他の種に関しては、回数ならびに処理区別において別の種が認められたり、また、反復内においても同一種が存在したりしなかったりという状態であり、試験区内において、ばらつきが目立っても仕方のない事項であると考えている。

T4 は牛糞堆肥処理区であり、T5 は化学窒素+牛糞堆肥処理区である。反対に、T1 ならびに T3 処理区が最低値であった。T1 処理区は対照区であり、N 以外の化学肥料の施肥を実施していない。T3 は化学窒素施肥処理区であるが、前報のブラキアリア類の乾物収量値では、この T3 処理区が最高値であった。つまり、イネ科と違って、マメ科野草類は

根粒菌による空中窒素固定作用を有することも含めて、即効性の化学窒素の施肥はかえって収量を減退させる可能性があるということである。ところが、牛糞堆肥施肥区は良好な結果が得られているが、これは土壌中における微生物活性の増大も含めて、緩行的に分解(無機化)し、放出される窒素はかえってマメ科野草類にとっては有益なのかもしれない。

この他、初年度である第一回目の乾物収量が相対的に高く、次いで第二回目であり、次年度以降は低い収量結果であった。

詳細な報告は、次報以降、回数または処理区別に切り離して考えていくこととして、初年度と次年度における乾物収量の大きな

違いは、降水量やその分布の違いが大きく影響しているものと推察している。初年度は1900mmと平均値よりも高かったのに対して、次年度は1500mm程度であった。この値はコクレ・ジャノス平原地帯で観察されている平均降水量よりも若干高い値であったが、雨季開始当初の5月から6月、さらには8月までほとんど降水量が観察されず、9月以降に回復していったという状況である。それゆえ、この試験の他、陸稲栽培試験も危うい状態であり、JICAの現地業務費で購入したスプリンクラーの設備の他、その設備が行き届かなかった箇所には、パイプを通じて、地下水汲み上げによる灌水も実施したほどである。

さらに、繰り返し記した事項であるが、イネ科牧草ブラキアリアはC4植物であるのに対して、マメ科植物の大半はC3植物である。それゆえ、光合成効率や伐採後の回復力もブラキアリアよりも劣ることが推察される。それと同時に、ブラキアリアの旺盛な回復力が混在する中で、降水量不足が更なるマメ科野草の競合力低下に拍車をかけたのではないかと考えている部分もある。

### 5. 6回にわたったトータルマメ科野草類の養分吸収量

図2～図8において、6回にわたった各処理区別の養分(N, P, K, Ca, Mg, MnおよびFe)吸収量の結果を示す。この分析項目の中で、N～Mgまでは回数別に肥料として施肥されている成分である。反対に微量元素の施肥は実施していないが、このEl Coco地区の土壌は高FeならびにMnであり、イネによる過剰吸収が問題視されている(配属先スタッフからの私信)。また、筆者はブラジル、サンパウロ州のオキシソル土壌の肥培管理経験を有しているが、可溶性Feが問題視され(ブラジル側スタッフからの私信)、作物におけるこれらの吸収量も、他の微量元素よりも高かったということも理解している。それゆえ、FeとMnの吸収量も検討したということである。

図2のNの結果に関しては、処理区別ではT4処理区が最高値であり、続いてT5処理区であることが分かる。反対に、先の乾物収量値と同様、T3処理区が低い結果であった。

このことは、有機物施肥による土壌の微生物活性と併せて、根粒菌による活性増大がマメ科野草類の乾物収量ならびにN吸収量を高めたものと考えている。

図3にP吸収量の結果を示すが、乾物収量やN吸収量と同様、T4が最高値であり、続いてT5であった。このT4における乾物収量やN吸収量が高かった背景には、トータルマメ科野草類のP吸収量が大きく影響しているのではないかと考えている。その主な理由は、この試験ではT1処理区を除いて、

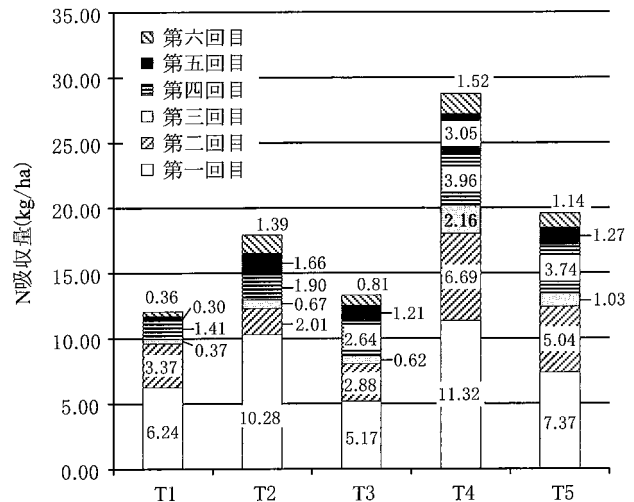


図2 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のN吸収量

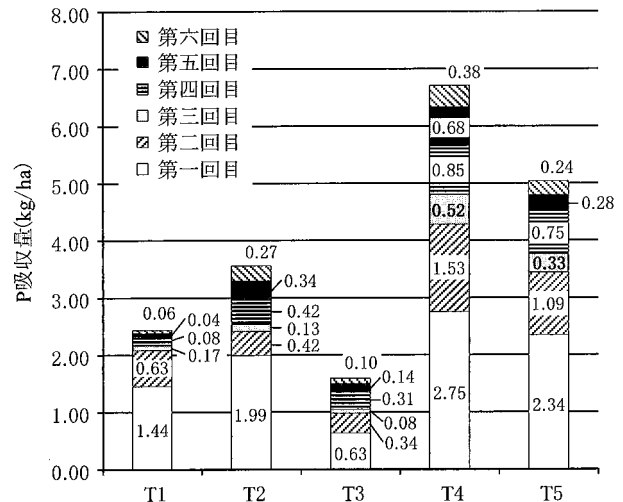


図3 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のP吸収量

全ての処理区における N 以外の化学肥料を施肥している。もちろん、リン酸も一定量施肥している。T4 および T5 処理区では牛糞堆肥も施肥している。つまり、牛糞堆肥とリン酸肥料の同時施肥は、牛糞堆肥分解途中に形成される各種有機酸のキレート効果による施肥リン酸の土壤コロイドへの固定軽減があったものと推察している次第である。

このことから、牛糞堆肥とリン酸同時施肥が P の固定軽減に大きく貢献し、その吸収量が高まる条件にあったことが、P のみならず、根粒菌の活性増大も含めて、乾物収量や N 吸収量が相対的に高まったものと想像している<sup>1)</sup>。

<sup>1)</sup>余談であるが、現在、パラグアイ国立ピラル大学農牧および地域開発学部における9名の学生卒論指導において、内1名については、リン酸施肥水準がササゲ類の着生根粒数と子実生産に及ぼす影響をテーマとし、その結果を取りまとめさせた。筆者が有する米国ノースカロライナ州立大学由来の他の文献からも、『リン酸の施肥がマメ科植物の着生根粒の活性に大きな影響を及ぼす』ことを突き止め、それを実証したということである。もちろん、圃場での仕事であり、基本的に再現性のない一回のみの現象科学の領域である。基本的にササゲはマメ科作物の一つなので、化学窒素の施肥は実施していない。貧栄養状態の土壤環境下でリン酸水準試験を実施した結果、リン酸無施肥区(対照区)と比較して、リン酸施肥処理区では、子実収量ならびに一植物個体あたりの着生根粒数が増大し、対照区と大差が得られたということである。

さらに、T4 に続いて T5 も高い吸収量が得られたが、これは化学窒素の付加が、トータルマメ科野草類には何らかの不都合性、つまり根粒菌の活性低下の原因になったのであろう。

とにかく、初年度の第二回目においては、T4 ならびに T5 処理区では、マメ科野草類のそれなりの回復力が認められたが、次年度では初年度ほどの効果が認められなかった。降水量の他、イネ科牧草ブラキアリアとの競合という二つの影響によるであろう。

図4のK吸収量においても、同様の傾向が認められた。牛糞堆肥の施肥は土壤肥料的な基礎知識に基づいて記すと、微生物による作用により腐植化していく。このココレ・ジャノスのインセプティソル土壤を構成している粘土鉱物は、主に1:1型のカオリナイトやハロサイトである(筆者のカウンターパートである Ing. MSc. Benjamín Name の私信)。それゆえ、相対的に保肥力も弱く、養分の流亡が顕著であり、一般的な理化学的分析値においても貧栄養状態であった。ところが、有機物の連用によって腐植がそれなりに増大し、さらに、腐植中には pH 依存性の陰荷電を有することからも、施肥された肥料養分の吸着保持にいくらか貢献したのではないかと推察している次第である。そのことが、K の吸着保持ならびにトータルマメ科野草類による吸収量を効率的に高めたのではないかと考えている。

このように考える背景の一つとして、前報で報じたブラキアリア類のK吸収量にはこのような傾向は認められず、単純に T3 処理区が高い吸収量であった。これは、旺盛なブラキアリアの生育によるK吸収量の増大と見ているが、ブラキアリアとの競合もあり、マメ科野草類のK吸収量は低いというように考えている。もちろん、ブラキアリアの T4 ならびに T5 処理区の K 吸収量も高いという結果であったが、トータルマメ科野草類の T4 ならびに T5 の K 吸収量は T3 よりも相対的に高いことが分かる。つまり、ブラキアリアによる旺盛な K 吸収が存在する中、腐植由来の荷電に吸着保持された分が、トータルマメ科野草類に吸収されたのではないかと推察している次第である(あくまでも憶測の域である)。

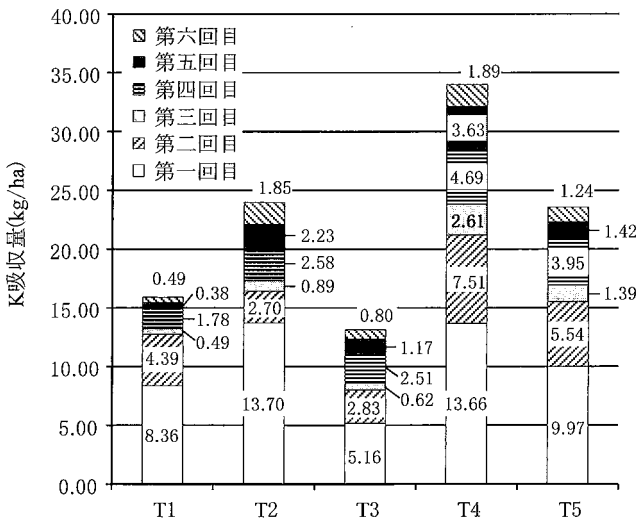


図4 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のK吸収量

図5のCaにおいても図4のKのケースと同様であり、T4処理区が最高値であり、反対にT3処理区が最低値であった。また、T2およびT5ではほぼ同様の吸収量であったが、T2が総合的視点からT5よりも若干高いという結果であった。

以前、本誌においてマメ科改良牧草であるアラキスの栄養特性について記した事項であるが、マメ科植物はイネ科よりも相対的にCaやMgの要求量が高く、アラキスにおいてもブラキアリアよりもCaとMgの吸収率や吸収量は圧倒的に高い値であった。つまり、このことはマメ科野草類にも該当し、T1を

除いてすべての処理区に化学肥料を施肥している。それゆえ、化学窒素や牛糞堆肥を施肥していないT2においても、マメ科野草類による施肥石灰の高吸収量が観察されたということなのであろう。

図6はMgの吸収量であるが、先の図5と同じような傾向が認められた。T4が最高値であり、T2とT5がほぼ同様な値で二番目に高いという結果であった。

しかしながら、先のCaの結果と併せて、初年度の一回目において高い吸収量が観察されており、次年度以降は高い結果が得られないという結果であった。その中でも、ブラキアリアによる旺盛な生育や吸収が存在する一方で、牛糞堆肥の施肥は、先の腐植化によるpH依存性陰荷電の増大という概念も併せて、施肥塩基類の吸着保持に貢献し、次年度以降も他の処理区と比較して、相対的に高い吸収量が認められた。

図7にMnの吸収量結果を示すが、こちらでは、T2が6回にわたった総吸収量が最高値という結果であった。Mnは肥料として施肥したものではなく、このコクレ・ジャノス平原地帯の土壌の特性の一つとして過剰に存在する微量元素の一つである。そのことが、水田状態としたとき、この元素の還元化が進行し、イネのMn過剰吸収が問題視されているとして、配属先スタッフから告げられていた。それゆえ、供試牧草類による吸収量も継続的に観察したということである。今回のT4、T5およびT2における吸収量の増大に関しては、考察しにくい部分もあるが、基本はトータルマメ科野草類の旺盛な生育、つまり乾物収量の増大に伴う吸収量の増大と見ている。それでは、T4やT5処理区がT2よりも若干低い吸収量であったことについては、前記した牛糞堆肥施肥に伴う土壌の腐植化、pH依存性陰荷電の増大によって、Mnも交換性陽イオンの一つなので、このイオンの吸着保持に貢献し、T2よりも吸収量を若干低く抑えることに貢献したのではないかと推察している。

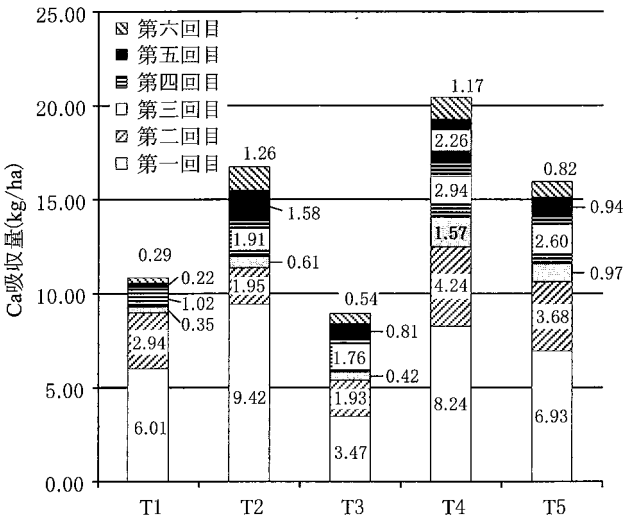


図5 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のCa吸収量

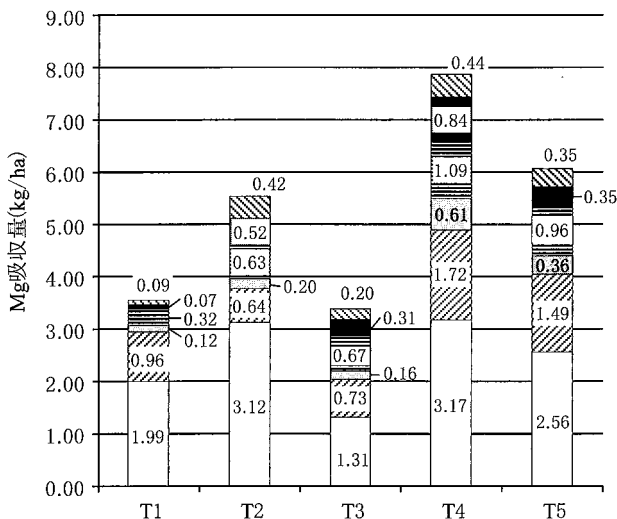


図6 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のMg吸収量

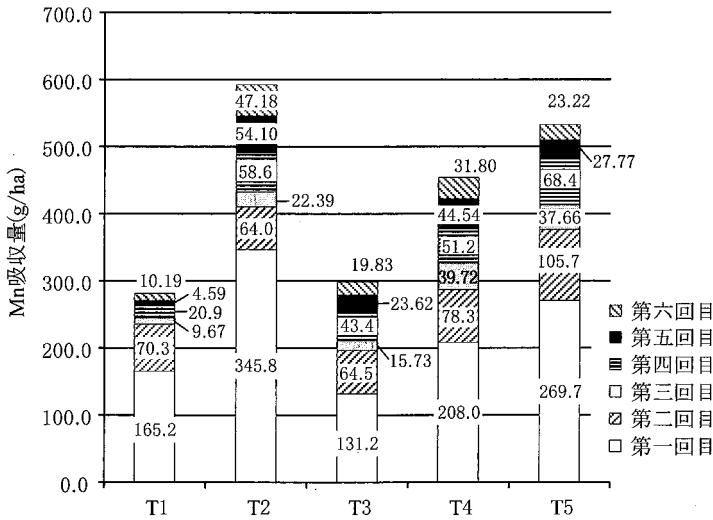


図7 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のMn吸収量

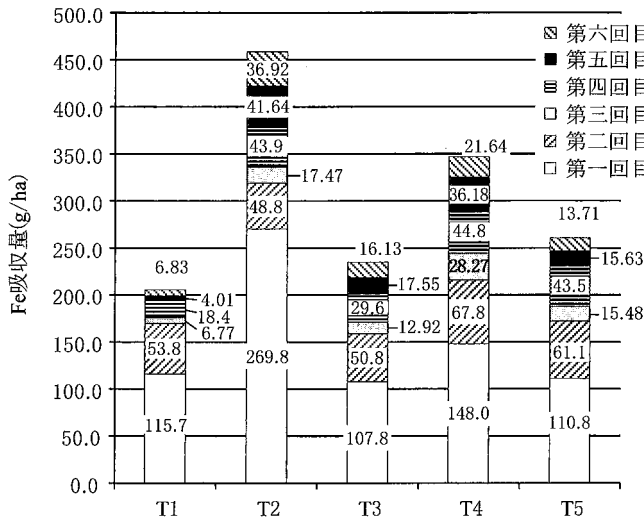


図8 6回にわたった各処理区におけるトータルマメ科野草類のFe吸収量

図8はFeの吸収量であるが、先のMnと同様、同ジャノス平原地帯では過剰に存在している元素であり、水田化にともなうFeの還元はイネにとってブロンジグ(生理病の一つ)を引き起こすとして懸念されており、同配属先スタッフからも聞いていた。この結果も、先のMnと類似の傾向が認められ、T2が最高値であり、続いてT4であった。これは、トータルマメ科野草類の旺盛な生育、6回にわたった高乾物収量値に伴う結果として考えている。T4においては、T2と比較して、有機物連用による腐植化とpH依存性陰荷電によるFeイオンの吸着保持

が考えられよう。また、T5ではT4よりもさらにFeの吸収量を抑えることができたという結果であるが、これはT4と比較して、牛糞堆肥の他、化学窒素も施肥されているので、そのことがトータルマメ科野草類の生育を抑制したとして、Feの吸収量も低かったとして見ている。

### 6. トータルマメ科野草類の結果要約および総合評価検討の必要性

本稿では、第6回までのトータルマメ科野草類の乾物収量ならびに養分吸収量結果を一気に報告してきた。あくまでも全体像としての報告であり、マメ科野草各論での検討も必要である。これは次報以降に回すこととする。

いずれにせよ、前報において報告したブラキアリアでは、初年度と次年度という降水量の違いが認められても、それなりの再生力が認められた。それに対して、マメ科野草類に関しては、初年度の第一回目が旺盛な生育を示したのに対して、第二回目では相対的に第一回目よりも低いという結果であり、さらに、次年度はそれよりも相対的に低い乾物収量結果であった。つまり、イネ科牧草ブラキアリアよりも再生力を

期待することができないという結果であった。この背景には、前記した降水量の影響が大きかったと考えている。また、次年度は、低降水量の他、イネ科牧草ブラキアリアとの競合も無視できない要因であるとして考えている。

処理区内では、牛糞堆肥の施肥によって、施肥リン酸を土壌コロイドに固定されることを軽減させるとして、牛糞堆肥処理区ではトータルマメ科野草類のP吸収量が他の処理区よりも高いという結果であった。そして、このことが、マメ科野草に共生する根粒菌の活性を高めたとして、乾物収量ならびに



N吸収量も高めたものと考えている。つまり、一つの相乗効果であるといえよう。

事実、リン酸は植物にとっては、光合成を行うに当たってのデンプンの合成に必要な不可欠な栄養素の一つである。それゆえ、リン酸の適量供給が光合成を促進させ、マメ科植物に着生する根粒菌の場合、空中窒素固定によって得られたアンモニアをマメ科植物に供給し、光合成で得られたデンプンをもって根粒菌の餌となっていると考えた場合、一つの共生関係が成立するわけであるし、リン酸施肥が根粒菌の活性にとって間接的に重要であるということも理解できることなのかもしれない(このことは、前記したパラグアイにおける学生卒論実験によっても確認することができた)。

また、牛糞堆肥の施肥はPの固定軽減の他、土壌の腐植となりうる材料であり、荷電特性の視点から、pH依存性陰荷電を増やす働きがある。この荷電は1:1型の粘土鉱物であるカオリナイトやハロイサイトが有する荷電特性と類似しているが、塩基交換容量が先の粘土鉱物よりもはるかに高いため、有機物による土壌改良効果が期待できる一面を有している。そのことが、施肥塩基類の吸着保持に貢献したものと考えており、結果的に、T4処理区のK、CaおよびMg吸収量を効率的に高めたものと推察している。

さらに、マメ科植物はイネ科よりも相対的にCaやMgの要求量かつ吸収量が高いのが一般的である。それゆえ、牛糞堆肥や化学窒素を施肥していないT2においても、Kも含めて、CaやMgの吸収量も高いという結果であった。

微量元素であるMnやFeは施肥養分ではなく、コクレ・ジャノス東方平原の土壌に限らず、熱帯の酸性土壌地帯には豊富に含有されている。通常、畑作条件下ではこれらの元素は酸化物の状態であるので、水溶性や可溶性でない限り、多量に溶け出すことはないが(ブラジルの赤色オキシソルでは可溶性Feが多く、作物の吸収量も他の微量元素よりも圧倒的に高い:ブラジル側研究者よりの私信)、水田状態にして水稻栽培を実施すると、これらの元素は還元化し、溶解しやすくなる。Feの還元化はこれと固定されたリン酸が溶解しやすくなるということと理解されているが、供試牧草類の再生力評価の中でも、これら二元素の吸収量の評価も実施した。結果的には、トータルマメ科野草類の

旺盛な生育、高乾物収量に伴って、これの吸収量が增大すると考えている。そのことがT2における高い吸収量結果として考えているが、T4の牛糞堆肥の施肥は腐植化に伴う荷電特性の影響により吸着保持され、T2よりも若干、吸収量を抑えることができたと推察している。他方、T5の場合、牛糞堆肥ならびに化学窒素の同時施肥であり、化学窒素の存在がトータルマメ科野草類には何らかの悪影響を及ぼし、それによる吸収量低下であると見ている。

とにかく、前報ならびに本稿では6回にわたったイネ科とトータルマメ科野草類個々の乾物収量および養分吸収量について報じてきたが、本研究の主目的はイネ科牧草+マメ科野草類の評価である。イネ科牧草は肥育牛にとって炭水化物源、マメ科牧草はタンパク源として重要であり、これらが既存の牧草地において良好な状態で間混作されていることが望ましいといえる。そのことが、肥育牛の放牧のローテーションを従来よりも減らすことができ、また、マメ科植物による牧草地の肥沃性回復も期待できる。このようなシステムが、既存の牧草地での持続可能な牧畜生産を実施できることにつながるということを強調したい。

しかしながら、先のイネ科ブラキアリアと同様、トータルマメ科野草類においても、天水依存ならびに土壌の劣悪性を考えた場合、その再生力には差があることが統計処理結果からも明らかとなった。降水量を人為的に変えることは不可能であるのは当然として、肥培管理に関しては、いかにして低コストまたは高収益となるよう考えていくかが重要である。

このことも前報でも記した事項であるが、この試験を開始した頃、石油の価格高騰に伴う化学肥料の高騰化(1994年当時尿素50kg入りがUS\$13~15であったのが、2007年にはUS\$30前後、2008年にはUS\$40にまで跳ね上がり、他の塩加等もほぼ同等の額であったことを覚えている)。化学肥料の場合、基肥は化成肥料、追肥は尿素というように、これらを効率的に使うことも肝要である。

この他、牛舎で飼育している生産現場では、牛糞堆肥という産物も生産される。本研究に採用した牛糞堆肥は、この現場から入手したものである。それゆえ、これらの有効利用も既存牧草地の肥沃性の維持・向上を図ることを考えた戦略の一つであるということである。

## 7. 次報では

次報では、6回にわたったイネ科ブラキアリア＋トータルマメ科野草類の乾物収量ならびに養分吸収量結果を中心に報告していく。とくに、同一処理区内におけるイネ科ブラキアリアとマメ科野草の存在比を知ることも重要であると考えている。この理由は、本誌前報において紹介したブラキアリア＋アラキスの間混作試験の成果から考えていることである。

## 引用図書および文献

1. Arosemena, E.; López, R. 1984. Efecto de la fuente y nivel de nitrógeno aplicado sobre el crecimiento, producción y calidad de *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria dictyoneura*. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programa de pastos Tropicales. p. 75
2. Arosemena, E. 1994. Proyecciones y avances de resultados de investigación en producción de pastos en suelos ácidos de la Región Central. Quinta Jornada Agropecuaria del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Región Central. 24 de Nov de 1994. p. 7-12
3. Arosemena, E. 2001. Efecto de la aplicación de tres niveles de Molibdato de Amonio en *Centrosema macrocarpum* en los Llanos de Penonomé. In IDIAP. Informes Técnicos Pecuarios: 1985-1994. pp. 5
4. Arosemena, E.; Fernández, F. 2000. Efecto de la fertilización nitrogenada en los rendimientos y calidad de forraje de varios pastos en un Inseptisol de Penonomé. In IDIAP. Informes Técnicos Pecuarios. pp. 5.
5. Fernandez, E. C. M. 1991. Ensayo de proveniencias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. En un Ultisol de la Amazonia Peruana, p275-281, Manejo de Suelos Tropicales en Latinoamérica. North Carolina State Univ., Raleigh, N. C. USA.
6. 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎. 1998. 土壌肥料用語事典, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 338.
7. Jaramillo, S. E. 1991. Pedones y campo y estaciones experimentales del IDIAP. Boletín Técnico No 38. Divisa, Panamá. pp. 67.
8. 菊池卓郎 2000. 農学の野外科学的方法. 「役に立つ」研究とは何か. 農山漁村文化協会, 東京, pp. 175.
9. Pezo, D. Y Ibrahim, M. 1999. Sistemas Silvopastoriles. Segunda edición. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal Módulo No2. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p 45.
10. Prasad, R. and J. E. Power. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture, Lewis Publishers, Boca Raton, New York, 27-32.
11. 富田健太郎 2011. パナマのココレ・ジャノス平原地帯における窒素肥料源の相異がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分吸収に及ぼす影響(その1)－補講編：農業関連の学生・ボランティアらに対する牧草類に関する基礎知識(その4)－, 畜産の研究 65(4). 養賢堂, 東京, p. 463-472.
12. 富田健太郎 2011. パナマのココレ・ジャノス平原地帯における窒素肥料源の相異がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分吸収に及ぼす影響(その2)－補講編：農業関連の学生・ボランティアらに対する牧草類に関する基礎知識(その5)－, 畜産の研究 65(5). 養賢堂, 東京, p. 570-580.
13. 富田健太郎 2011. パナマのココレ・ジャノス平原地帯における窒素肥料源の相異がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分吸収に及ぼす影響(その5)－補講編：農業関連の学生・ボランティアらに対する牧草類に関する基礎知識(その7)－, 畜産の研究 65(9). 養賢堂, 東京, p. 960-970.
14. 富田健太郎 2011. パナマのココレ・ジャノス平原地帯における窒素肥料源の相異がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分吸収に及ぼす影響(その6)－補講編：農業関連の学生・ボランティアらに対する牧草類に関する基礎知識(その8)－, 畜産の研究 65(11). 養賢堂, 東京, p1149-1158.
15. 富田健太郎 2012. パナマのココレ・ジャノス平原地帯における窒素肥料源の相異がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分吸収に及ぼす影響(その12), 畜産の研究 66(6). 養賢堂, 東京, p673-681.
16. 富田健太郎 2012. パナマのココレ・ジャノス平原地帯における合理的な肥培管理がイネ科牧草ブラキアリアおよびマメ科野草の生産性・養分吸収に及ぼす影響(その15), 畜産の研究 66(10). 養賢堂, 東京, p1041-1049.
17. Wilson, J. R. y Ludlow, M. M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. En : Shelton, H. M. y W. W. Stür (eds). Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings No32. Camberra, Australia. ACIAR. pp.10-24.