

## ラテンアメリカの持続的農業のための土壌肥培管理技術の事例(18)

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者	富田, 健太郎
巻/号	87巻9号
掲載ページ	p. 917-923
発行年月	2012年9月

## ラテンアメリカの持続的農業のための土壌肥培管理技術の事例〔18〕

## ーラテンアメリカ国際土壌学会での他者による事例紹介 (2)

## およびパナマの乾季ポロト栽培における鶏糞堆肥とリン酸施肥の効果ー

富田 健太郎\*

〔キーワード〕: Capim-Tanzânia, 鶏糞堆肥, PERLKA, 陸稲, ポロト, リン酸施肥, チーク

## 1. はじめに

前報では、メキシコ、プエルトリコおよびペルーにおける発表内容を紹介した。本稿ではブラジル、グアテマラ、コロンビア、エル・サルバドル、ホンジュラス、ニカラグアおよびコスタリカを対象としており、さらに、筆者がパナマのコクレ・ジャノス平原地帯において取り組んできた乾季作としての小規模ポロト栽培の事例をここに含めることとした。事実、わが国ではラテンアメリカ諸国の中で、中米諸国はあまり知られていないように思う。

まず、ラテンアメリカという広大な地域の中には、地域・地勢、民族および経済の多様性があるのは当然である。その中でも、中米諸国はコスタリカを除いて、メキシコ、コロンビアやブラジルなどの国と比較すると、より貧しい国に当たる。更なる厳しい現地の経常経費負担能力、大幅な資機材の不足を考えた場合、その中で地域別における適正技術の模索と確立というのは困難な部分もある。そういうことから、現地大学や試験研究機関がどのような仕事を実施してきたのか？そこから、可能とされる適正技術を模索・把握することも技術協力に携わる人間には必要ではないかと考えている。

本大会でも見られたように、各国において多くの事例が存在するが、本稿をもってこの他者による事例発表ならびにコスタリカにおいて開催されたラテンアメリカ土壌学会に関する報告も終わりとする。またの機会に、貴重な事例を紹介したいと思う。

## 2. 窒素およびカリ施肥水準が Capim-Tanzânia (*Panicum maximum*) の乾物生産、品質および家畜のローテーションに及ぼす影響

発表者は、Alberto C. de Campos Bernardi および

Joaquim Bartolomeu Rassini であり、所属機関はブラジル、サンパウロ州にあるブラジル農牧研究公社 (EMBRAPA) の畜産研究所である。ブラジルは途上国ではないが、広大なセラード地帯をはじめ、赤色酸性土壌地帯で多くの研究成果を有している。それゆえ、この国の仕事は、他の中南米諸国の赤色酸性土壌地帯における適正技術の模索につながる可能性も高いとして、可能な限り、その動向を探っている。

通常、牧畜生産における短期ローテーションを目指すため、単位面積当たりのバイオマス高生産を得るには、土壌の酸度矯正の他、牧草の生産性を高めるための適量の施肥が必要である。そこで、牧草 Capim-Tanzânia (*Panicum maximum*) の乾物生産および品質において、窒素とカリの施肥量の効果を検討したものである。窒素 3 水準×カリ 4 水準という比較試験 (3 連) であり、窒素処理区として初年度は尿素を用いて 100, 500 および 1000kg N/ha, 次年度ならびに三年目は硝酸アンモニウムを用いて 100, 400 および 800kg N/ha とし、他方、カリについては、窒素とカリの比が 1:0, 1:0.5, 1:1 および 1:1.25 となるよう設定し、これらの施肥は、Capim-Tanzânia の畝にそって帯状施肥としている。

窒素施肥水準に関する研究は多数存在するが、本研究において、窒素施肥水準が高いほど生産性も高いという結果が得られ、また、N:K<sub>2</sub>O=1:1.25 が良好であったという。

その他、In vitro による消化性の試験では、N と K<sub>2</sub>O の水準間には二次曲線、FDA (酸性デタージェント繊維: acid detergent fiber, ADF のことで FDA はポルトガル語表示) では 2 年目において N と K<sub>2</sub>O 水準の増大に応じて、減少するという一次直線 (負の相関) が得られた。一方、FDN (中性デタージェント繊維: neutral detergent fiber, NDF のことで FDN はポルトガル語表示) の値に関しては、処理区間に

\* (株) 宏大 (Kentaro Tomita)

よる違いは得られなかった。

Capim-Tanzânia (*Panicum maximum*) 地上部における N および K 吸収量は、N と  $K_2O$  施肥量と顕著な相関関係にあったが、Ca および Mg 吸収量に関しては、窒素とカリ水準に相関関係が得られなかったとして結論付けている。

ブラジルのサンパウロ州をはじめ、中西部のセラード地帯も酸性土壌が広範に分布し、アルミニウム障害が懸念されている。それゆえ、石灰による酸度矯正、さらにカリ欠乏土壌であれば、これの施肥も重要である。

筆者がブラジルにおける事例を参考にする背景は、コロンビアとベネズエラにはジャノス東方平原、パナマやパラグアイをはじめ、他国においても未開かつ広大な草原地帯が分布している。これらの土地の有効利用を図ることは、イネ科牧草類の大半が  $C_4$  植物であるということも考慮して、これらを効率的に播種・増殖させることは土地の有効利用ならびに環境修復にも役立つものと考えており、他の中南米諸国における技術協力の参考的事例として活用できるとしている。

### 3. グアテマラの土壌における PERLKA の施肥が作物の生産性に及ぼす影響

発表者は Leonel Carrillo および David Linares であり、PERLKA というドイツ製の複数成分含有粒状肥料における肥効を評価したものである。この肥料は暗灰色でジシアンジアミドの形態を有しており、保障成分としては  $NH_4^+-N$  として 20.3%、CaO として 54.9% および Mg として 1.05% 含有しており、湿潤状態の土壌では緩やかに溶解していく。

このジシアンジアミドは、硝化細菌 *Nitrosomonas* および *Nitrobacter* の活性を強く抑制する (Schmid 2006)。PERLKA は土壌にカルシウムを提供するので、養分の有効度や微生物活性を高める。この他の重要な事項 (利点) として、土壌中に肥料の副成分を残さないことである (Heng 2006)。

PERLKA の施肥量は 50 および 100g/m<sup>2</sup> とし、供試作物として、ブロッコリー、キャベツおよびトマト (土壌や種子に病原が存在する状態) 播種前に施肥し、タマネギとタバコはリン酸やカリを追肥した形でそれぞれ栽培しているが、ブロッコリーとキャベツにおいては、開花前、茎、葉および根の生育状

態は良好であった。同様に、トマトに関しては、黒い斑点を有する病害が認められたが、茎の病害に対する耐性が顕著に現れたと報告している。タマネギに関しても、葉、球根および根の生育は確実に増大し、タバコの葉や根の生育も良好であったという。

肥料 PERLKA は、N-P-K のような多量要素の有効性および同化に大きな影響を与え、これの施肥は作物の生産性を高める。事実、発表者らは、供試された全ての野菜類において、高いバイオマス量が得られたことと、土壌にカルシウムが供給されると、細胞壁の増大が認められるので、それによる根の発達が病害耐性を大きくしたものと結論付けている。

この PERLKA とは商品名であり、主成分は石灰窒素である。石灰窒素はシアナミド ( $CN_2$ ) 態窒素とも称される。この形態の窒素は、土壌に施用した後、加水分解によって尿素態窒素に変わり、さらにアンモニア態窒素へと変化する。また、シアナミドは水分などが多いと重合して、硝酸化成抑制力の強いジシアンジアミドに変わりやすく、畑では分解が遅くなるという特性を有している。

中南米諸国では、石灰窒素が入手しにくい環境にあるが、今後、このような資材が入手可能であるならば、土壌消毒剤としても活用でき、また副産物を残さないことも利点であるので、大いに奨励したい資材である。ただし、現地の生産者らに対しては、青酸化合物の一種なので、扱い方に対する注意や教育が必要である。

### 4. イネおよび土壌中の養分動態における土壌水分の効果

発表者は Luis Armando Castilla Lozano であり、所属機関はコロンビアイネ国立連合協会 (FEDEARROZ : Federación Nacional de Arroceros de Colombia) である。同国では前記したジャノス東方平原において、陸稲作ならびに水稲作が実施されている。陸稲環境下では、大部分が天水依存で実施されているが、この研究の目的は、イネの養分吸収量を改善させるため、施肥の効果および植物栄養状態も含めて、土壌の水保有量を評価することである。

試験処理区として、土壌の水分処理 (圃場容水量およびその 50%) および施肥処理区 (100, 50 および 0%) であり、堆肥、緑肥作物とり込み、微生物資材導入 (菌根菌) を設けて、イネについて調査し

ている。そして、圃場容水量下の土壌では、施肥 100 および 50% 処理区では植物地上部の統計的有意差は認められなかったが、圃場容水量の 50% 処理区での地上部のバイオマス量に大きな差が認められた。つまり、土壌中の水分含有量の減少は、地上部のバイオマス量にも大きな影響を及ぼし、減少させてしまうということである。このような低水分含有量土壌に対して、菌根菌接種、緑肥としてのマングビーンとり込み、および堆肥の施肥は、草丈、分けつおよび養分吸収量が増大したと報告している。

土壌の水分含有率が低い場合、窒素の施用量を増大させると、イネ植物は良好に応答した。ところが、リン酸施肥については反対の結果が得られたとして報告している。また、カリ吸収量についても、土壌の水分状態ならびに施肥に対する違いが認められなかったという。この結果に対して、栽培土壌中にはリンやカリウムが豊富に含有していたことと、事実、豊富に水を含有している土壌では、これらの施肥は必要ないとして結論付けていた。

他方、有機物に関しては、土壌水が維持された場合、二番目の層に流される傾向にあったという。リン酸施肥は圃場容水量下の土壌では低有効性であり、土壌表層 0-10cm にその濃度を高めるというだけで、イネの良好な生育のためにはまず水を必要とする。また、カリウムは土壌の水分含有率に関係なく、土壌表層 0-10cm に施肥することによって、土壌中の濃度を高めるだけという結果であった。

結論としては、イネ栽培における施肥量を減少させるためには、栽培期間中、土壌の水分状態を高める必要があると言える。

水分状態が陸稲生産にとっては大きな致命傷であり、かつて、パナマのアルティソル地帯におけるイネわらマルチ導入による試験からもそのことを実証した(写真 1)。土壌の水分を如何に効率的に保持することが重要であるか、同写真(前方左側が無マルチ、その後方と前方右側がマルチ処理区)を見ても分かる。

##### 5. エル・サルバドール、ホンジュラスおよびニカラグアの太平洋側盆地の農業用土壌における交換酸度、pH および塩基効果容量との関係の決定

発表者は Dania Olvia Escobar, Gloria Arévalo Valderrama, Hilda Flores Escoto および Carlos Guaggel



写真 1 パナマのアルティソル地帯における一陸稲栽培試験(イネわらマルチの導入) 撮影: 富田 (1994)

当時、小農を対象にイネわらマルチによるスクールからのアルティソル土壌の資源保全も含めた改良を実施したが、天水依存環境下では水分保持能力も向上し、マルチ区の陸稲の生育は良好であった。

Rivas であり、所属機関はパンアメリカン Zamorano 農業大学校(ホンジュラス校)の土壌研究室である。

ここで紹介する仕事は、ホンジュラスの中南部、ニカラグア北部およびエル・サルバドール北西部において、中米太平洋側の地帯の土壌 100 サンプルを対象にして、土壌の交換酸度と pH, 粘土含有率%, 粒径組成および有機物含有率との関連性について研究している内容である。

通常、土壌の化学分析の結果から土壌肥沃性の解釈は、塩基飽和度の値でもって説明されることがベースとなっている。交換性塩基類の合計による塩基飽和度の測定に採用されている抽出液は Mehlich No. 3 (0.2N HOAc+0.25N NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>+0.015N NH<sub>4</sub>F+0.013N HNO<sub>3</sub>+0.01M EDTA) であり、さらに、交換酸度 (Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>) を知ることも重要である。

分析方法は、pH は蒸留水と土壌の比を 1:1, pH<sub>KCl</sub> は 1M KCl を用いた交換抽出、粒径組成は Boyoucos 法、有機物は Walkley-Black 法、交換酸度は 1M KCl による方法に準じて実施しており (Bremmer y Mulyaney 1982), その後、相関法を通じて、すべての土壌サンプルを用いて、交換性 Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup>, CIC (塩基交換容量のことで、スペイン語で Capacidad de Intercambio Catiónico: CIC=K<sup>+</sup>+Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup> intercambiables と称する) および CICe (有効塩基交換容量のことで、スペイン語で Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva: CICe=K<sup>+</sup>+Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+Al<sup>3+</sup> intercambiables と称する) と関連さ

せながら、 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  と  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  との関係を成立させるための公式を計算したというものである。

そして、採用土壌サンプルの火山性母材の分類としては、火成碎屑火山岩（流紋岩と安山岩）、凝灰岩、火山灰および第四期沖積物である。

この決定された公式から交換酸度 ( $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$ ) が計算され、比較検討した結果については、すべての土壌サンプルにおける交換酸度と  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  との関係式は  $(\text{Al}^{3+} + \text{H}^+) = (72.2120) - (30.5863 \times \text{pH}_{\text{KCl}}) + (3.23248 \times \text{pH}_{\text{KCl}}^2)$  ( $R^2=0.67$ ) であり、この他、交換性  $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$  は土壌 pH 値に大きく依存するということも分かり、 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  の範囲が 4~4.5 にある場合は  $3\text{cmol}_e/\text{kg}$  であり、4.5~5.0 の場合は  $1.3\text{cmol}_e/\text{kg}$  であり、5.0~5.5 の場合は  $0.5\text{cmol}_e/\text{kg}$  であり、5.5~6.0 の場合は  $0.1\text{cmol}_e/\text{kg}$  であり、pH が 6 以上となると  $0\text{cmol}_e/\text{kg}$  という結果であったとして報告している。

また、交換酸度に関しては母材の影響が認められ、また、交換酸度と粘土含有率、さらに交換酸度と有機物の関係について確立させることは不可能であった ( $R^2=0.02$  および  $0.13$ )。さらに、火山灰土壌および火山性凝灰岩土壌それぞれにおいて、 $\text{pH}_{\text{KCl}}$  と交換酸度との関係は良好であったが ( $R^2=0.81$  および  $0.60$ )、流紋岩および安山岩由来の土壌では、有機物による酸度の影響により良好な関係は得られなかったとして結論付けている。

いずれにせよ、土壌の理化学的特性の分析結果を用いて、地域や土壌の粘土含有率別での解析結果を報告している事例は多数あるが、地域別での肥培管理の在り方と模索のためには重要な知見となっている。

## 6. チークの緩行的生育衰退症と土壌特性との関係

発表者は Rodolfo Rodríguez, Gloria Meléndez および Rafael Mata であり、所属機関はコスタリカ大学農業研究センターである。ここで紹介する研究は、土壌特性とチークの緩行的生育衰退症 (Síndrome de Decaimiento Lento de la Teca : SDLT) との関係についての内容である。研究対象地域は、チーク (*Tectona grandis* L. F.) 植林地であるコスタリカの北 Huetar 地区であり、SDLT が存在する地帯とそうでない地帯となっている。

SDLT が存在しない地帯では、米国の包括分類法

で Typic Hapludults が 60% であり、Typic Rhodudults が 20% であり、Aquic Hapludults が 20% であったが、SDLT が存在する地帯では、Typic Hapludults が 40% であり、Typic Rhodudults が 20% であり、Aquic Hapludults が 40% という結果であった。

研究の結果、排水性が極端に悪い湿潤状態の土壌では、SDLT が存在することが明らかとなっている。さらに、土壌の包括分類法、起伏、排水性および粒径組成のカテゴリーによる評価、ならびにこれらの土壌において、土壌の物理および化学的特性の分析、さらに表層 Ap における相関分析も実施されており、化学性の対象項目は、カルシウム、カリウム、鉄、酸度、酸度飽和度、CICe (有効交換塩基容量)、CIC (交換塩基容量) および有機物である。そして、SDLT が存在しない地帯では、カルシウム、カリウム、塩基類および CIC が高かったのに対して、SDLT が存在する地帯は、交換酸度および酸度飽和度が高いという結果であった。

他方、物理性の対象項目は、仮比重、透水性、水保有量およびシルト含有率であり、SDLT が存在する地帯では、低透水性、粒子が非常に細かいということであり、このような地帯では、土壌の湿潤状態を長期間維持し、排水性に問題があるということである。そして、発表者らは、二次回帰式による解析を実施した結果、透水性と水保有量  $33\text{kPa}$  との間には有意水準  $p < 0.15$  が認められた。この式に準じて、SDLT が出現する樹種の割合は 67% ということになり、SDLT が出現する可能性を知る材料として使用可能であると結論付けている。

本研究結果と同様、チークは塩基飽和度の高い土壌を好むことは知られており、筆者もパナマのアルティソル地帯において同樹種の植林試験に関与したことがある。この樹種は、石灰の適量散布によって、非石灰区に比べて、樹の旺盛な生育が確認できた (写真 2)。それと降水量も重要な要因であるが、先の研究結果と併せて、排水良好な地帯を好むとして、このような地帯を選択し、植樹することが肝要である。

## 7. パナマのコクレ・ジャノス平原地帯における乾季作としてのポロト栽培成果

### (1) はじめに

今まで、学会における他者の事例であったが、以



写真 2 パナマのアルティソル地帯での植林の成果

撮影：富田 (2001)

劣悪な強酸性土壌アルティソルにおけるチークの植林試験光景である。この場所は比較的低下交換性 AI 地帯だったが、石灰散布を実施することである程度生育を向上させることができた。この地帯の年降水量は 2200~2500mm であった。

前、前報でパナマのココレ・ジャノス平原地帯における雨季作陸稲栽培試験の成果を報告してきたが、この場を借りて、乾季ポロト (*Phaseolus vulgaris* L.) の試験結果を報告する。この試験の目的は、乾季における地下水または河川域に近く水をポンピングできる生産者における、土地の有効利用を目的としたもので、短期栽培が可能なポロトを試みた次第である。ちなみに、マメ科植物の活用は、高価な化学窒素の使用を避けることができるというのも目的の内である。

この研究は、パナマ青年海外協力隊 (Japan Overseas Cooperation Volunteers : JOCV) 時代からの友人の一人であったパナマ農牧研究所 (IDIAP : Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá) の植物病理学者 故 Ing. Agr. Kilmer Vonchong, Ph.D.<sup>注1)</sup> が経営する養鶏場から得られる鶏糞堆肥の効果をj知ることを目的としており、同博士が筆者に試験することを強く依頼し、2007年11月下旬~2008年2月にかけて実施した。

注1) 同博士は、筆者が2008年5月~6月にかけて一時帰国中に、糖尿病のため惜しくも死去された。

## (2) 実験方法および材料

試験区画は 5m×20m という面積の中で、20m の長さを四等分し、小区画 5m×5m を 4 つ設けた後、

さらに、5m×5m の小区画面積をさらに二等分して、2.5m×5m を 8 つ設けた。つまり、リン酸 4 水準 (0, 50, 100 および 200kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) × 鶏糞堆肥 2 水準 (0 および 2t/ha) という 8 処理区を設けた。

ポロトの播種は畝間隔を 50cm とし、植物体間隔は 30cm とし、穴をあけて 2 個の種子を播種した。有効区画は、2.5m×5m という 8 等分した区画の中で 1m×1m とし、ランダムに二連の形で子実を収穫した<sup>注2)</sup>。

乾季は雨不足を考慮し、同ジャノス平原地帯の低養分土壌という条件を考慮かつリン酸施肥の効果を把握するため、他の成分に関しては、一定の施肥は必要である。そこで、50kg K<sub>2</sub>O/ha (塩加由来 30kg K<sub>2</sub>O/ha + 硫酸苦土カリ 20kg K<sub>2</sub>O/ha) で、S および Mg として同時にそれぞれ 20kg および 18kg/ha 施肥される)、液肥の状態に種子に塗した形でモリブデン酸アンモニウムの形態で 200g Mo/ha 施肥した。

注2) 小区画とした試験実施の背景は、リン酸肥料として重過リン酸石灰を採用したが、本誌前報においても記したように、重過リン酸石灰が市販不能という厳しい環境下の中で、一時帰国後に計画していた 2008 年度の陸稲や水稲栽培試験を考慮して、この既存肥料資源を有効利用しなければならなかったからである。

## (3) 結果および考察

### (3-1) 鶏糞堆肥の化学組成および 2t/ha 当たりの各成分の施肥量

表 1 に鶏糞堆肥の化学組成の結果を示す。分析は IDIAP の Divisa 土壌研究室に依頼した。この鶏糞堆肥の特徴は、養鶏における飼料の栄養性によるとこ

表 1 鶏糞堆肥の化学組成

N (%)	1.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	1.71
K <sub>2</sub> O (%)	2.86
CaO (%)	7.11
MgO (%)	0.70
有機物 (%)	28.8
Mn (mg/kg)	300
Fe (mg/kg)	0
Zn (mg/kg)	160
Cu (mg/kg)	110

表2 鶏糞堆肥 2t/ha 当たりの各成分の施肥量 (単位: kg/ha)

N	23.8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34.2
K <sub>2</sub> O	57.2
CaO	142.2
MgO	14.0
有機物	576.6

ろであり, Caの含有率が非常に高いことが分かる。また, 故同博士によると, 全炭素も分析しており, 16.8%であったという。つまり, C/N比は約14.1 (= 16.8 ÷ 1.19) となる。

表2に鶏糞堆肥 2t/ha 当たりの施肥に対する各成分の施肥量を示す。石灰の施肥量が 142kg/ha であり, ポロトに対しては, カルシウム供給量は充分であると考えた。

### (3-2) ポロトの子実収量結果

写真3がポロト栽培光景(2007年12月22日)であり, 図1にポロト子実収量の動態結果を示す。分散分析の結果からも, 鶏糞堆肥ならびにリン酸に対して1%による有意差が認められた。この図からも, 鶏糞堆肥の施肥の効果は顕著であったが, リン酸施肥なしでは, 鶏糞堆肥由来他の養分が豊富に供給されても, ポロトの増収が望めないことが本小試験からも明らかとなった。

### (3-3) 乾季作としての可能性

さて, 乾季作としての可能性であるが, この地域の土壌条件については, すでに前報でも紹介した。他のブラジルやパラグアイのような物理学的特性



写真3 乾季作ポロト栽培光景  
撮影: 富田 (2007)

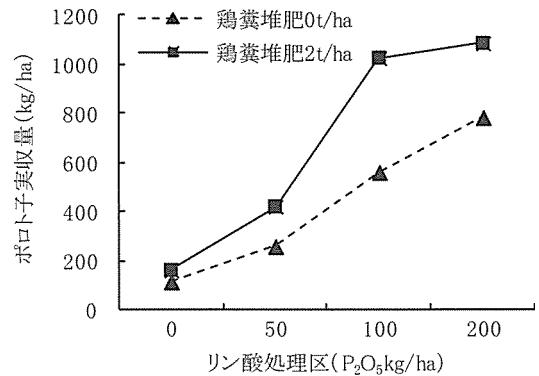


図1 鶏糞堆肥処理区別のリン酸施肥量に応じたポロト子実収量の動態

が良好な赤土と違って, 乾季作を実施することは難しい。それゆえ, 土を柔らかくするためにも, 大量の灌漑水が必要であった。それゆえ, この試験の目的の項目でも記したように, 地下水汲み上げまたは河川域に近い圃場でポンプによる汲み上げが可能な生産者にとっては, 栽培が可能であると考えている。

他方, 写真1で紹介したように, 小規模水準での栽培であれば, 前作に収穫した陸稲の残渣をマルチ資材として活用して, 節水技術に努めることも一案である。いずれにせよ, 一乾季における土地利用戦略ならびにリン酸や鶏糞堆肥施肥の効果を検討した小試験結果である。

### 引用図書および文献

- Acosta, M, Silvera, G y Ruiz, J. 1985. Guía para el producción de Poroto. IDIAP, Panamá. pp.20.
- Campos, B. A. y Bartolomeu, R. J. 2009. Produção de matéria seca, qualidade e estado nutricional e estimativa da lotação animal de pastagem de Capim-Tanzânia adubado com nitrogênio e potássio (XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: 16-20 de noviembre, 2009-Costa Rica M16.).
- Carrillo, L. y Linares, D. 2009. Eficacia del fertilizante Perlka en el incremento de la biomasa de los cultivos tratados con aplicaciones al suelo, en Guatemala (XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: 16-20 de noviembre, 2009-Costa Rica M18.).
- Castilla, L. L. A. 2009. Efecto de la humedad en la dinámica de nutrientes en el suelo y la planta de arroz (XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: 16-20 de noviembre, 2009-Costa Rica M30.).
- 伊達 昇・塩崎尚郎編著 1997. 肥料便覧 [第5版] 農山漁村文化協会. pp.10-11.
- Escobar, D. O., Arévalo, V. G., Flores, E. H. y Guggel, R. C. R. 2009. Determinación de la relación entre acidez

- intercambiable y pH y su aporte a la CIC, en suelos agrícolas de la cuenca del pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua (XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: 16-20 de noviembre, 2009-Costa Rica M29.).
- 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. pp.209-210.
- Heng, A. 2006. Control fenológico, S. L. Perlka, Cianamida Cálcica Granulada, Fertilizante con actividad fungicida, nematicida, insecticida y herbicida para la recuperación de suelos fatigados. Sevilla. España.
- Rodríguez, R., Meléndez, G. y Mata, R. 2009. Propiedades edáficas y su relación con el síndrome de decaimiento lento de la (XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: 16-20 de noviembre, 2009-Costa Rica M46.).
- Ronald J. L. 2007. Manejo de plagas y enfermedades en cultivos bajo invernadero en finca Tres Volcanes, Propiedad De Paul Ecke De Guatemala, S. A. San Miguel Dueñas, Sacatepéquez (Tesis). Guatemala.
- Richards, L. 1973. Suelos salinos y sódicos. 6 ed, Editorial LIMUSA S. A., México.
- Sabbe, W. E. 1980. Handbook on reference methods for soil testing. University of Georgia. Atlanta, Georgia, USA. pp.130.
- Schmid, J. 2006. Ficha de seguridad Perlka. Degussa, Trostberg, Germany.
- 富田健太郎 2005. パナマのアルティソル地帯における植林の実際 [その3] ー続: 植林奮闘記ー. 農業および園芸 80 (9) : 983-989. 養賢堂.
- 富田健太郎 2012. ラテンアメリカの持続的農業のための土壌肥培管理技術の事例 [16] ーパナマのココレ・ジャノス平地帯における持続的稲作生産を目指して (7) ー. 農業および園芸 87 (7) : 715-723. 養賢堂.