

氏名	るばんざ くりすびなす でびっと かるげんど RUBANZA, CHRISPINUS DAVID KARUGENDO
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	甲第362号
学位授与年月日	平成17年 3月15日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Studies on Utilisation of Browse Tree Fodder Supplements to Ruminants Fed on Low Quality Roughages in North-Western Tanzania (タンザニア北西部における低品質な反芻家畜粗飼料への在来マメ科飼料樹葉部の補給効果)
学位論文審査委員	(主査) 一戸 俊義 (副査) 小澤 忍 菱沼 貢 細井 栄嗣 藤原 勉

## 学位論文の内容の要旨

Browse fodders represent cheap source of crude protein (CP) supplement to ruminants in the tropical region, although, their utilisation could be limited by feed anti-nutritive factors (ANFs) such as phenolics and tannins. Five studies were conducted to screen fodder nutritive potential of browse leaves of six species of *Acacia* (*A. angustissima*, *A. drepanolobium*, *A. nilotica*, *A. polyacantha*, *A. senegal*, *A. tortilis*); and other four key species of *Dichrostachys cinerea*, *Flagea villosa*, *Harrisonia abyssinica* and *Piliostigma thorningii* indigenous to north western Tanzania rangelands, compared to *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, in some aspects.

The fodders were evaluated for chemical composition including minerals (study one). In study two, the feeds were screened for contents of polyphenolics (total extractable phenolics (TEP), tannins (TET) and condensed tannins (CT)); and extractable and bound CT fractions Proanthocyanidins (PA) flavonoids compositions were determined using high performance liquid chromatography. Feed degradability potential was assessed *in vitro* using gas production technique (study three). Adverse effect of phenolic and tannin ANFs on organic matter (OM) digestibility (OMD) was assessed *in vitro* study using polyethylene glycol (PEG) tannin bioassay, (study four). In study five effect of *A. nilotica* (NLM), *A. polyacantha* (PLM)

and *L. leucocephala* leaf meal (LLM) supplementation with native hay basal diet on growth performance of small East African male goats (16.5±0.68 kg) was investigated. Animals were allocated to one of four treatment (T<sub>1</sub>, fed basal forages without supplementation; T<sub>2</sub>, fed basal forage supplemented with NLM; T<sub>3</sub>, fed basal forage supplemented with PLM; T<sub>4</sub>, fed basal forage supplemented with LLM).

These feeds merit for their utilisation as protein supplements to ruminants fed on low quality roughages due to their high contents of CP (109-229 g/kg DM) and minerals, and their lower contents of fibre than mature tropical grasses. These browses had high levels (g/kg DM) of macro minerals: calcium (6.6-31.5), phosphorus (3.5-5.2), magnesium (1.4-3.8) and sulphur (1.7-2.8); and low to moderate levels (mg/kg DM) of micro minerals: copper (4.5-23.8), molybdenum (52.1-173.6), iron (146-432), manganese (41.0-177.9), zinc (10.9-22.2) and cobalt (0.05-0.65). Browse fodder nutritive potential could be limited by their detected high levels (g/kg DM) of TEP (99-281) and TET (84-256), due to their adverse effects on lowered feed digestibility and nutrients utilisation in ruminants. Higher proportion of CT was bound to protein (22.2-50.5 g/kg DM) than fibre-bound (13.0-28.6) and free bound (14.5-22.9 g/kg DM) CT fractions. The feeds contained variable and detectable levels of delphinidins, cyanidins and pelargonidins PA flavonoids. Structural elucidation revealed presence of flavan-3-ol and flavan-3,4-diols flavonoids which suggest variable stereochemistry of the PA molecule, and variable tannin activity and tannin reactivity. Higher levels of tannins greater than 30-50 g/kg DM, a beneficial level of tannin in the diet, could limit utilisation of browse fodder supplements in ruminants.

The feeds showed variable OM fermentation and degradability potential among species. *Acacia nilotica* had notably high degradability although was lower than *G. sepium*, which showed the highest digestibility. *Acacia angustissima*, *A. polyacantha* and *D. cinerea* had the lowest digestibility potential, in part due to their high contents and nature of tannin activity. *In vitro* supplementation of browse species' leaves with PEG resulted to increased gas production, OMD and metabolisable energy, mainly due to deactivation of tannin anti-nutritive activity with PEG, and the subsequent release of feed nutrients bound by tannins. Supplementation of the goats with browse foliages resulted to higher weight gains than control group, T<sub>1</sub>, ( $P < 0.05$ ), which lost weight (-71 g/d). Goats supplemented with *L. leucocephala* (T<sub>4</sub>) had higher ( $P < 0.05$ ) weight gains (157 g/d) than those fed on *A. nilotica* (T<sub>2</sub>, 114 g/d), and *A. polyacantha*, (T<sub>3</sub>, 47 g/d). Improved weight gains could be due to improved protein intake from browse leaves. Low weight gains of animals fed on T<sub>3</sub> could be associated with the nature of tannin anti-nutritive activity, and probably high lignin content of *A. polyacantha*. Supplementation of goats with *L. leucocephala* and *A. nilotica* dried leaves improved weight gains while *A. polyacantha* could only minimise weight losses during the

dry season.

Therefore, browse fodders represent potential protein supplements to ruminants fed on low quality roughages in the tropics. There is a need to elucidate adverse effects of tannin *in vivo*. Further work is also needed to assess palatability of browse foliages and their effects on production (growth, milk and meat) and quality of dairy and meat.

## 論文審査の結果の要旨

熱帯性気候域に多くみられるマメ科飼料樹は常緑樹であり、その葉部はタンパク質含量が高い。一般に熱帯地方では、低品質な粗飼料を主体に反芻家畜は飼養されており、マメ科飼料樹葉部は安価なタンパク質補給源となり得る。しかし、マメ科飼料樹葉部に多く含まれるタンニンなどの多価フェノール類は反芻家畜の栄養素消化阻害因子となるため、飼料への栄養素補給効果が低減することが想定される。本研究では、タンザニア北西部在来のアカシア属6品種 (*A. angustissima*, *A. drepanolobium*, *A. nilotica*, *A. polyacantha*, *A. senegal*, *A. tortilis*) の葉部、マメ科野草4品種 (*Dichrostachys cinerea*, *Flagea villosa*, *Harrisonia abyssinica*, *Piliostigma thorningii*) およびマメ科飼料樹2品種 (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*) の葉部を試料に用い、試験1~5において反芻家畜に対する飼料価値を査定した。得られた試験結果は以下の様に要約される。

試験1. 調査した在来のアカシア属は野草種に比べて粗タンパク質含量が高く(109–229 g/kg DM)、一方、繊維成分含量が低く、低品質な粗飼料給与下において補給飼料源としての利用価値を有することが明らかとなった。アカシア属のマクロミネラル含量は、Ca, 6.6–31.5; P, 3.5–5.2; Mg, 1.4–3.8; S, 1.7–2.8 (g/kg DM)であり、反芻家畜飼料のミネラル成分含量についての推奨範囲より高い含有レベルであった。ミクロミネラル含量は、Cu, 4.5–23.8; Mo, 52.1–173.6; Fe, 146–432; Mn, 41.0–177.9; Zn, 10.9–22.2; Co, 0.05–0.65 (mg/kg DM)であり、Moは過剰で、FeおよびMnは推奨範囲内、CuおよびZnは低レベル(欠乏症発症レベル)の含有量であることが示された。

試験2. 多価フェノール類(可溶性フェノール(TEP)、タンニン(TET)、縮合性タンニン(CT))、CTの分布状態およびフラボノイド(プロアントシアニジン類(PA))含量を測定し、アカシア属葉部およびマメ科野草の栄養素消化阻害因子含量を査定した。アカシア葉部およびマメ科野草のTEP含量は99–281(g/kg DM)、TET含量は84–256(g/kg DM)と高い値を示し、タンパク質と結合したCT(22.2–50.5 g/kg DM)は繊維結合CT(13.0–28.6 g/kg DM)および遊離CT(14.5–22.9 g/kg DM)に比べて高く、負の相加性により反芻家畜の消化率を低下させることが示唆された。供試したアカシア葉部から、デルフィニジン、シアニジン、ペラルゴニジンが検出され、その含量は品種間で異なった。また、フラバン-3-オール、フラバン-3,4-ジオールの存在が確認され、OH基数および配位位置が異なる化学的に多様な形態のPAが存在し、CTの活性に影響を及ぼすこと

が示唆された。CT含量が30-50 g/kg DM 程度であれば、下部消化管への非分解性タンパク質の供給量増加、タンパク質および有機物の反芻胃内分解同期化、有害物質の吸着作用など正の相加性が期待されるが、それ以上のCT含量では、栄養素消化に際して阻害作用が生ずることが示された。

試験3. *In vitro* ガステスト法により有機物の消化特性について測定した。*Acacia nilotica* はアカシア属のなかで最も高い有機物消化率を示したが、対照とした *Gliricidia sepium* より低かった。CT含量が高い *Acacia angustissima*、*Acacia polyacantha*、*Dichrostachys cinerea* の有機物消化パラメータは、他の調査試料に比べて低かった。

試験4. ポリエチレングリコール(PEG)をタンニン吸着剤として用いて *in vitro* ガステスト を行い、タンニンの有機物消化阻害作用を査定した。すべてのマメ科飼料樹葉部において、PEG添加により有機物消化率、代謝エネルギー含量が有意に増加した。供試試料のタンニンと結合したタンパク質および繊維成分が、反芻胃内消化率を低減させることが示された。

試験5. 試験1~4で査定した試料のうち、*Acacia nilotica* (NLM)、*Acacia polyacantha* (PLM)、*Leucaena leucocephala* (LLM)の各葉部を補給飼料に選定し、タンザニアにおいて24頭のヤギ(16.5±0.68 kg)を用いた育成試験を行い、低品質イネ科乾草へのマメ科飼料樹葉部の補給が育成成績に及ぼす効果を検討した。イネ科乾草単体給与区(自由摂取、T1)を対照とし、期待乾物摂取量(3% BW)の20%相当量のマメ科樹葉を補給したNLM補給区(T2)、PLM補給区(T3)、LLM補給区(T4)の4処理区を設けた。T1、T2、T3、T4区での増体成績はそれぞれ、-71, 114, 47, 157 g/dであり、補給区においてT1区に比べて有意に日増体量が増加した。T3区の増体量が低かったのはPLMのタンニンおよびリグニン含量が高かったため、栄養素消化率が低下したことに起因したと考えられた。

以上のように、乾季においても利用可能なアカシア属の葉部は、縮合性タンニン含量が低いレベルの場合、低品質な粗飼料への良好なタンパクおよびミネラル成分の補給源となり、小型反芻家畜の肥育用飼料として利用可能であることが示された。本研究は、熱帯地方において、マメ科飼料樹葉部を用いた飼養システムを確立するための研究進展に貢献するものと期待され、博士(農学)の学位論文として十分な価値を有するものと、審査員一同判定した。