

Development of Methods for the Combined Evaluation of Tropical Multipurpose Shrub and Tree Legumes for Feed Value and Soil Enhancement

Karen Tscherning



MARGRAF PUBLISHERS

8. Summary

Tropical multipurpose shrub and tree (MPT) legumes play an important role in mixed farming systems. They contribute to livestock production directly as protein-rich forage and feed supplement, and indirectly as, e.g., shade trees and living fences. MPT used as planted fallows, green manures and mulches are a source of nitrogen (N) in many parts of the tropics where N fertilizer is not economically feasible. MPT contribute to soil improvement through their capacity to fix atmospheric N, increase organic matter content and enhance soil structure.

Despite their multiple uses, research on MPT quality has been carried out independently within individual disciplines and little information exchange on methodological aspects between soil scientists and animal nutritionists has occurred in the past. To take full advantage of both, the livestock production and soil enhancement related potential of MPT, the application of time and resource saving interdisciplinary research methods is necessary.

Aerobic decomposition in the soil and anaerobic degradation in the rumen are both microbial processes requiring enzymes to obtain breakdown. They are mainly determined by plant-derived quality factors like N, condensed tannins (CT) and fibre concentrations. The aerobic decomposition of plant material is a slow process and thus methods used to estimate degradation rates are time and resource consuming. It is hypothesised that aerobic decomposition in the soil and anaerobic degradation in the rumen are sufficiently similar to explore the potential of utilising anaerobic degradation to predict aerobic decomposition of MPT foliage, making screening more rapid and less resource demanding.

Aerobic litterbag and leaching tube experiments were performed to measure decomposition and N release in the soil. Anaerobic *in-vitro* dry matter digestibility (IVDMD), indigestible acid detergent fibre (IADF) and gas production experiments as well as apparent N degradation assays were carried out to measure *in-vitro* digestion in the rumen. The following MPT legumes with contrasting quality were used: *Indigofera zollingeriana* (high N, no CT, low fibre concentrations), *Cratylia argentea* (intermediate N, low CT, high fibre concentrations), *Calliandra houstoniana* (low N,

high CT, high fibre concentrations), *Leucaena leucocephala* (intermediate N, high CT, high fibre concentrations) and two accessions of *Calliandra calothyrsus* with intermediate N, high CT and high fibre concentrations.

The effects of five post harvest treatments and pruning mixtures in different proportions on aerobic decomposition and N release, and on anaerobic *in-vitro* digestion and apparent N degradation were determined. Furthermore, the influence of the tannin binding agent polyethylene glycol (PEG) on aerobic decomposition and N release in the soil, and on anaerobic degradation and apparent N degradation in the rumen was tested. Correlation analyses were carried out between anaerobic *in-vitro* degradation in rumen liquor and aerobic decomposition in the soil.

The main findings from these studies were:

Aerobic decomposition was not affected by post harvest treatments; anaerobic gas production and IVDMD, however, were affected. CT monomer composition was affected by post harvest treatments. Anaerobic IVDMD and/or gas production were highly and significantly correlated with aerobic decomposition.

Aerobic N release, anaerobic gas production and apparent N degradation followed the same trend: With increasing amounts of high quality *I. zollingeriana* in mixture with low quality *C. houstoniana*, aerobic N release, anaerobic gas production and apparent N degradation increased. However, in contrast to the observed trend, aerobic N release and apparent anaerobic N degradation showed different response to some legume mixtures as a consequence of binding reactions between soluble CT from *C. houstoniana* with tannin binding proteins or carbohydrates of *I. zollingeriana*. Mixing tannin-free MPT foliage with tannin containing MPT foliage proved to be a successful method to alter aerobic N release and anaerobic apparent N degradation. High correlations were found between aerobic N release and anaerobic apparent N degradation.

The addition of PEG to legume foliage increased anaerobic IVDMD and gas production in tannin containing species. Furthermore, PEG increased IVDMD and gas production in the tannin-free species *I. zollingeriana*. PEG showed contrasting effects on aerobic decomposition and N loss during decomposition in tannin containing and tannin-free

species. Aerobic decomposition was highly correlated with anaerobic IVDMD and/or gas production. PEG showed the expected effect on anaerobic apparent N degradation: While apparent N degradation in the treatment with PEG was significantly higher than in the PEG-free treatment in tannin containing species, no difference in apparently degraded N was found in tannin-free species. PEG showed no effect on aerobic N release in tannin containing and tannin-free species. In the PEG-free treatment, high and significant correlations were found between aerobic N release and anaerobic apparent N degradation. PEG resulted to be an unsuitable substance to measure tannin effects on aerobic decomposition and N release.

Overall, results show that anaerobic IVDMD, gas production and apparent N degradation of the tested species are highly and significantly correlated with aerobic decomposition and N release in the soil. Hence, anaerobic standard *in-vitro* techniques from animal nutrition are time and resource saving alternatives to predict aerobic decomposition and N release in the soil. Based on these findings, the application of a single standardised method to analyse anaerobic digestibility and predict aerobic decomposition of MPT foliage is suggested.

10. Zusammenfassung (German)

Baum- und Strauchleguminosen (*engl.* MPT) sind vielseitig nutzbar und ein wichtiger Bestandteil in gemischten Ackerbau- und Viehhaltungsbetrieben in den Tropen. Durch die Produktion von proteinreichem Futter oder Futterzusatz tragen sie zur Tierernährung bei und dienen ergänzend als z.B. Schattenbäume und Lebendzäune. In vielen Gegenden der Tropen, in denen N-Dünger nicht erschwinglich ist, bewähren sich MPT durch ihren Einsatz in verbesserten Brachen als Gründünger und Mulch. Ihre Befähigung Luftstickstoff zu binden und die organische Substanz im Boden zu erhöhen steigert die Bodenfruchtbarkeit. Weiterhin nehmen MPT positiven Einfluss auf die Bodenstruktur.

Obwohl MPT vielseitig genutzt werden, ist wissenschaftliche Forschung in den einzelnen Disziplinen weitgehend unabhängig durchgeführt worden. Der Austausch von Information über methodische Aspekte zwischen Bodenkundlern und Tierernährern war bisher gering. Um das hohe Potential der MPT sowohl zur Rinderproduktion als auch zur Bodenverbesserung nutzen zu können, ist die Anwendung von Zeit und Ressourcen sparenden, interdisziplinären Methoden jedoch notwendig.

Aerobe Zersetzung im Boden und anaerobe Verdaulichkeit im Pansen sind beides mikrobielle Vorgänge, die auf enzymatischem Abbau beruhen. Diese Prozesse werden überwiegend von den Inhaltsstoffen des abzubauenen Pflanzenmaterials, wie Stickstoff (N), kondensierte Tannine (CT) und Faser, bestimmt. Während die anaerobe Verdauung im Wiederkäuer-Pansen bis zu 72 Stunden dauern kann, ist die aerobe Zersetzung im Boden ein langsamer Prozess. Folglich sind Methoden zur Messung der Zersetzungsrate im Boden Zeit und Ressourcen aufwendig. Es wird angenommen, dass die aerobe Zersetzung im Boden und der anaerobe Abbau im Pansen hinreichend ähnlich sind, um Untersuchungen durchzuführen, die zeigen könnten, dass der anaerobe Abbau zur Vorhersage für die aerobe Zersetzung dienen kann und damit MPT *screening* schneller und kostengünstiger durchgeführt werden kann.

Netzbeutel- („*litterbag*“) und Laborinkubationsversuche mit Glasröhren („*leaching tubes*“), wurden zur Bestimmung der aeroben Zersetzung und N-Auswaschung von Pflanzenmaterial im Boden durchgeführt. Anaerobe *in-vitro* Verdaulichkeit (IVDMD), unverdauliche Säure- Detergenzien-Faser, Gasproduktion und scheinbare N-Verdaulichkeit wurden gemessen, um den Abbau im Pansen zu bestimmen. Folgende Leguminosen mit kontrastierender Qualität wurden eingesetzt: *Indigofera zollingeriana* (hoher N-, kein CT-, geringer Fasergehalt), *Cratylia argentea* (mittlerer N-, geringer CT-, hoher Fasergehalt), *Calliandra houstoniana* (niedriger N-, hoher CT-, hoher Fasergehalt), *Leucaena leucocephala* (niedriger N, hoher CT, hoher Fasergehalt) und zwei Sorten von *Calliandra calothyrsus* mit mittlerem N-, hohem CT-, und hohem Fasergehalt.

Die Wirkung von Nacherntebehandlungen und MPT-Mischungen in verschiedenen Proportionen sowohl auf die aerobe Zersetzung und N-Auswaschung im Boden als auch auf die anaerobe IVDMD und scheinbare N-Verdaulichkeit im Pansen wurde bei mehreren MPT unterschiedlicher Qualität untersucht. Weiterhin wurde die Wirkung von Tannin bindendem Polyethylenglycol (PEG) in vier MPT auf aerobe Zersetzung und N-Auswaschung im Boden und anaerobe IVDMD und N-Verdaulichkeit im Pansen getestet.

Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen waren:

Die aerobe Zersetzung im Boden wurde nicht durch Nacherntebehandlungen beeinflusst, wohingegen die anaerobe Gasproduktion und IVDMD durch diese Behandlungen beeinflusst wurden. Die anaerobe IVDMD korrelierte stark und hoch signifikant mit der aeroben Zersetzung im Boden. Die Monomer-Zusammensetzung der CT in den MPT wurde durch Nacherntebehandlungen verändert.

Mit Zunahme von *I. zollingeriana* (hoher Futterwert) in der Mischung mit *C. houstoniana* (niedriger Futterwert) nahmen sowohl die aerobe N-Auswaschung als auch die anaerobe Gasproduktion und die scheinbare N-Verdaulichkeit zu. Aufgrund von Reaktionen zwischen löslichen CT aus *C. houstoniana* mit Tannin bindenden Proteinen oder Kohlenhydraten aus *I. zollingeriana* war der Einfluss der einzelnen Mischungen auf die aerobe N-Auswaschung und die anaerobe scheinbare N-Verdaulichkeit

unterschiedlich. Das Mischen von tannin-freiem MPT-Mulch mit tannin-haltigem MPT-Mulch kann als eine erfolgreiche Maßnahme zur Beeinflussung von aerober N Auswaschung und anaerober scheinbarer N-Verdaulichkeit angesehen werden. Die aerobe N-Auswaschung korrelierte stark und hoch signifikant mit der anaeroben scheinbaren N-Verdaulichkeit.

Der Zusatz von PEG führte zu einer Erhöhung der anaeroben IVDMD und Gasproduktion in den getesteten tannin-haltigen Arten. Zusätzlich bewirkte PEG die Erhöhung der Gasproduktion in der getesteten tannin-freien Art *Indigofera zollingeriana*. PEG zeigte gegensätzliche Wirkungen auf die aerobe Zersetzung von tannin-haltigen und tannin-freien Arten. Die aerobe Zersetzung korrelierte stark mit der anaeroben IVDMD und/oder Gasproduktion. PEG zeigte die erwartete Wirkung auf die anaerobe scheinbare N-Verdaulichkeit: Während die anaerobe scheinbare N-Verdaulichkeit der tannin-haltigen Arten durch die PEG Zugabe signifikant höher war als ohne PEG, wurden bei der tannin-freien Art in dieser Hinsicht keine Unterschiede festgestellt. PEG zeigte keine Wirkung auf die aerobe N-Auswaschung. Die aerobe N-Auswaschung korrelierte stark und hoch signifikant mit der anaeroben scheinbaren N-Verdaulichkeit in den PEG-freien Behandlungen. PEG eignete sich nicht dafür, den Einfluss von CT auf die aerobe Zersetzung oder N-Auswaschung zu untersuchen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die anaerobe IVDMD der getesteten Arten und/oder ihre Gasproduktion und/oder N-Verdaulichkeit im Pansen stark und signifikant mit der aeroben Zersetzung und/oder der N-Auswaschung im Boden korreliert. Folglich können anaerobe Standardmethoden aus der Tierernährung als Zeit und Ressourcen sparende Alternativen eingesetzt werden, um aerobe Zersetzung und N-Auswaschung vorherzusagen. Basierend auf diesen Ergebnissen wird die Anwendung einer einzigen, standardisierten Methode zur Analyse anaerober Verdaulichkeit im Pansen und zur Voraussage aerober Zersetzung von MPT im Boden empfohlen.