

Effects of ensiling conditions on the nutritional quality of forage legumes and their impacts on rumen fermentation and nutrient utilization by cattle



Dissertation to obtain the doctoral degree of Agricultural Sciences

(Dr. sc. agr.)

Faculty of Agricultural Sciences

University of Hohenheim

Institute of Agricultural Sciences in the Tropics (Hans-Ruthenberg Institute)

Animal Nutrition and Rangeland Management in the Tropics and Subtropics

submitted by

Temitope Alex, ALOBA

born in Lagos, Nigeria

2022

Summary

Silage produced from forage legumes can contribute to the limiting protein supply of ruminants' diets in the tropics, and reduced dependence on imported and high-carbon footprint feeds. However, the successes recorded with temperate forage legume silage feeding in ruminants have not been achieved in the tropics. Thus, the effects of silage feeding on ruminants' performance cannot be isolated from the processes that occur during ensiling. Since controllable and uncontrollable factors govern silage quality, it is imperative to understand the processes that occur during ensiling tropical forage legumes under different conditions to widen knowledge. Therefore, the aim was to determine the effect of ensiling conditions on forage legume nutritional quality, their ruminal and post-ruminal fate, and their potential impact on nutrient utilization by cattle in the tropics.

A silage study was conducted to evaluate the effects of ensiling length and storage temperature on the nutritive value and fibre-bound protein of three tropical forage legumes ensiled alone or combined with sorghum. The three forage legumes included soybean (*Glycine max*), lablab (*Lablab purpureus*) and jack bean (*Cannavalia ensiformis*). Silages from each legume were made individually or combined with sorghum (*Sorghum bicolor*) and stored outdoors or indoors for 30, 75, and 180 days. The results showed that the proportion of soluble nutrients preserved in most silage until 75 d of ensiling declined considerably, thereby increasing dry matter (DM) and crude protein (CP) losses, fibre concentration and reducing digestibility afterwards. Besides, storage temperature affected the fermentation and fibre-bound protein characteristics with higher variation in legume silages' fibre-bound protein than the sorghum-legume silages.

Silages of sorghum and soybean were selected from the first study to compose low and high CP diets with additional ingredients, and the effects of ensiling length, storage temperature, and its interaction with CP levels on *in vitro* rumen fermentation and post-ruminal digestibility were assessed. Dietary treatments were incubated in duplicate for 8 and 24 h in three runs using the ANKOM RF technique to study rumen fermentation. Post-ruminal digestibility was determined using the pepsin and pancreatic solubility procedure. The results showed that gas production (GP) and ammonia-nitrogen in the rumen inoculum increased quadratically with the ensiling length, with the highest GP and ammonia-nitrogen at 75 d of ensiling, irrespective of incubation times. The GP was higher in diets with low than high CP concentrations, while it was the opposite for ammonia-nitrogen. An interaction between ensiling length and storage temperature effect was found for the apparent CP intestinal digestibility. Overall, ensiling beyond 75 d reduces CP digestibility to the extent that it cannot be recovered by supplying additional CP.

In the third study, the effects of CP levels on nutrient intake, digestibility, nitrogen metabolism and performance of growing steers fed corn or corn-soybean silage were investigated. Sixteen growing steers were fed with rations based on corn or corn-soybean silage at high or low CP levels in a 4 × 3 incomplete Latin square design comprising 17 d periods, each with 12 d of adaptation to dietary treatments and 5 d of sampling. While the effect of silages and CP levels were not found for nutrient intake, the apparent total tract digestibility of nutrients was reduced for low than high CP in both silages, with greater differences between the CP levels in corn than corn-soybean silage. The average daily gain and feed efficiency were greater in low than high CP of corn silage, but no differences between CP levels were found in corn-soybean silage. In general, corn silage with low CP concentration but with a high

metabolizable energy supply supposedly improved nitrogen use efficiency with a higher yield of microbial protein and average daily gain than other diets.

Conclusively, the results of the current thesis showed that ensiling forage legumes individually or in combination with cereal crops beyond 75 d at high temperatures of the tropics leads to a decline in the nutritional quality of legume silage and CP intestinal digestibility even with additional CP sources. Furthermore, prolonged ensiling of combined legume and cereal crops reduces nutrient availability for cattle performance.

Zusammenfassung

Silage aus Futterleguminosen kann dazu beitragen, die eingeschränkte Eiweißversorgung von Wiederkäuern in den Tropen zu verbessern und die Abhängigkeit von importierten Futtermitteln mit hohem Kohlenstoffausstoß zu verringern. Die Erfolge, die bei der Silagefütterung von Wiederkäuern mit Futterleguminosen in den gemäßigten Breiten erzielt wurden, wurden in den Tropen jedoch nicht erreicht. Daher können die Auswirkungen der Silagefütterung auf die Leistung der Wiederkäuer nicht von den Prozessen isoliert werden, die während der Silierung ablaufen. Da kontrollierbare und unkontrollierbare Faktoren die Silagequalität beeinflussen, ist es unerlässlich, die Prozesse zu verstehen, die während der Silierung tropischer Futterleguminosen unter verschiedenen Bedingungen ablaufen, um unser Wissen zu erweitern. Ziel war es daher, die Auswirkungen der Silierbedingungen auf die Nährstoffqualität von Futterleguminosen zu ermitteln, was mit ihnen im Pansen und danach passiert sowie ihre möglichen Auswirkungen auf die Nährstoffverwertung durch Rinder in den Tropen.

In einer Silierstudie wurden die Auswirkungen der Silierdauer und der Lagertemperatur auf den Nährwert und das fasergebundene Protein von drei tropischen Futterleguminosen untersucht, die allein oder in Kombination mit Sorghum siliert wurden. Bei den drei Futterleguminosen handelt es sich um Sojabohne (*Glycine max*), Helmbohne (*Lablab purpureus*) und Jackbohne (*Cannavalia ensiformis*). Es wurden Silagen der einzelnen Leguminosen und in Kombination mit Sorghum (*Sorghum bicolor*) hergestellt und 30, 75 und 180 Tage lang im Freien oder in einem Raum gelagert. Die Ergebnisse zeigten, dass der Anteil der löslichen Nährstoffe in den meisten Silagen bis 75 Tage nach der Silierung erhalten blieb, danach jedoch beträchtlich abnahm, wodurch die Verluste an Trockensubstanz (TS) und Rohprotein (XP) sowie die Faserkonzentration zunahmen und die Verdaulichkeit verringert wurde. Außerdem wirkte sich die Lagertemperatur auf die Fermentation und die Eigenschaften der fasergebundenen Proteine aus, wobei das fasergebundene Protein der Leguminosen-Silagen stärker variierte als das der Sorghum-Leguminosen-Silagen.

Silagen aus Sorghum und Sojabohnen wurden aus der ersten Studie ausgewählt, um Futtermittel mit niedrigem und hohem XP-Gehalt und zusätzlichen Bestandteilen zusammenzustellen, und die Auswirkungen der Silierdauer, der Lagertemperatur und ihrer Wechselwirkung mit dem XP-Gehalt auf die In-vitro-Pansenfermentation und die postruminale Verdaulichkeit wurden bewertet. Die Futterbehandlungen wurden in zweifacher Ausführung in drei Wiederholungen für 8 und 24 Stunden mit der ANKOM RF-Technik zur Untersuchung der Pansenfermentation inkubiert. Die postruminale Verdaulichkeit wurde mit Hilfe des Pepsin- und Pankreaslöslichkeitsverfahrens bestimmt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Gasproduktion (GP) und der Ammoniakstickstoffkonzentration im Panseninokulum quadratisch mit der Silierdauer zunahmen, mit der

höchste GP und dem höchsten Ammoniakstickstoff Konzentration bei 75 Tagen Silierdauer unabhängig von der Inkubationszeit. Die GP war bei Futtermitteln mit niedrigem XP-Gehalt höher als mit hohem XP-Gehalt, während es sich beim Ammoniakstickstoff umgekehrt verhielt. Für die scheinbare XP-Verdaulichkeit im Darm wurde eine Wechselwirkung zwischen der Silierdauer und dem Effekt der Lagertemperatur festgestellt. Insgesamt verringert die Silierung nach 75 Tagen die CP-Verdaulichkeit in einem Maße, das nicht durch zusätzliche CP-Zufuhr ausgeglichen werden kann.

In der dritten Studie wurden die Auswirkungen des XP-Gehalts auf die Nährstoffaufnahme, die Verdaulichkeit, den Stickstoffmetabolismus und die Leistung von heranwachsenden Ochsen untersucht, die mit Mais- oder Mais-Sojabohnen-Silage gefüttert wurden, untersucht. Sechzehn heranwachsende Ochsen wurden 17 Tage mit Rationen auf der Basis von Mais- oder Mais-Sojabohnen-Silage mit hohem oder niedrigem XP-Gehalt gefüttert (12 Tage zur Anpassung an die Ration und 5 Tage zur Probennahme), wobei ein 4×3 unvollständiges lateinisches Quadrat-Design verwendet wurde. Während bei der Nährstoffaufnahme keine Auswirkungen der unterscheidlichen Silagen und des XP-Gehalts festgestellt wurden, war die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe bei beiden Silagen mit niedrigem XP-Gehalt geringer als mit hohem XP-Gehalt, wobei die Unterschiede zwischen den XP-Gehalten bei der Mais-Silage größer war als bei der Mais-Sojabohnen-Silage. Die durchschnittliche Tageszunahme und die Futtereffizienz waren bei der Maissilage mit niedrigem XP höher als bei der Maissilage mit hohem XxP, während zwischen den verschiedenen XP-Gehalten der Mais-Sojabohnen-Silage keine Unterschiede festgestellt wurden. Generell gilt, dass Maissilagen mit niedrigem XP-Gehalt, aber hoher metabolisierbarer Energiezufuhr voraussichtlich zu einem höheren Ertrag an mikrobiellem Protein sowie einer höheren

durchschnittlichen Tageszunahme führen und dadurch im Vergleich zu anderen Futtermitteln die Stickstoffverwertung verbessern.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass die Silierung von Futterleguminosen einzeln oder in Kombination mit Getreidepflanzen über 75 Tage hinaus bei hohen Temperaturen in den Tropen zu einer Verschlechterung der Nährstoffqualität der Leguminosensilage und der intestinalen Verdaulichkeit von XP führt, selbst wenn zusätzliche XP-Quellen verwendet werden. Darüber hinaus verringert eine längere Silierung von Leguminosen in Kombination mit Getreide die Verfügbarkeit von Nährstoffen und dadurch die Leistungsfähigkeit der Kühe.