

Likawent Yeheyis Engedaw

Potential of Lupins (*Lupinus spp. L.*)
for Human Use and Livestock Feed in Ethiopia



Verlag Dr. Köster
Berlin

**Potential of Lupins (*Lupinus spp. L.*) for Human Use and Livestock Feed in
Ethiopia**

D i s s e r t a t i o n

Zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum agriculturalarum
(Dr. rer. agr.)

ingereicht an der
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin

von Likawent Yeheyis Engedaw
(Msc, Animal Sciences and Aquaculture, Wageningen University, The Netherlands)
Geb. 19.05.1973 in Gojjam, Ethiopia

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin: Prof. Dr. Jan-Hendrik Olbertz

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät: Prof. Dr. Dr. h. c. Frank Ellmer

Vorsitzender der Promotionskommission: Prof. Dr. Wolfgang Bokelmann

Gutachter: 1. Prof. Dr. Kurt-Johannes Peters
 2. Prof. Dr. Helmut Herzog
 3. PD. Dr. Claudia Kijora
 4. Prof. Dr. Roland Hoffmann-Bahnsen

Tag der Wissenschaftlichen Aussprache: 31.01.2012

Summary

In the mixed crop-livestock farming system of Ethiopia the multiple function of the livestock sub-sector is constrained by shortage of feed. Livestock feeding system is mainly based on feed resource from natural pasture and crop residues. Both feed resources have relatively lower feeding value due to their low nutrient balance especially deficient in crude protein content. As a result protein is the limiting nutrient in livestock production in the area. In the mixed crop-livestock farming system of Ethiopia the use of commercial concentrate mix to supplement the deficient nutrients in livestock feeding is limited due to higher price and availability problem for the smallholder farmers. Thus multipurpose legumes could be one option to be used as home grown cheap supplement feeds to minimize the burden of feed shortage in the area.

Lupin is a traditional multipurpose crop in the North-western part of Ethiopia but the use of the crop as human food and livestock feed is limited due to its bitter taste (high alkaloid content). On the other hand in different parts of the world sweet annual lupins (*Lupinus spp. L.*) are important crops in livestock feed and human food. However, information about the current uses, potentials and limitation of the local white lupin are not available. In addition there was no work done on evaluation of the adaptability, productivity and feeding value of sweet lupins under different Ethiopian lupin growing environments. Thus, this study was initiated to assess the potential and limitation of the local lupin, to evaluate the yield potential and feeding value of different species of annual sweet lupins, and to develop a feeding system using lupin seed as supplement feed in sheep diet. The specific objectives were:-

1. To generate general information about the current uses, potentials and limitation of the local lupin species in North-western part of Ethiopia
2. To evaluate the effect of the tradition lupin processing method on chemical composition of the local white lupin in North-western part of Ethiopia
3. To evaluate the adaptation, herbage and seed yield performance of the three sweet lupin species grown under Ethiopian condition
4. To evaluate the nutritive value and anti-nutritive components of sweet lupin grown under Ethiopian condition using different laboratory feed evaluation techniques and

5. To develop a feeding system based on sweet lupin seed as a substitute for concentrate mix in the diets of growing Ethiopian (Washera) sheep

To meet the above specific objectives a series of experiments were conducted in an orderly manner. The activities conducted in their order are survey work about the local lupin, survey and laboratory work to evaluate the traditional lupin processing method, field evaluation of sweet lupins, laboratory evaluation of sweet lupins and finally animal evaluation study.

During the first survey work using multi-stage and purposive sampling methods Mecha and Sekela lupin growing districts were selected purposively based on status of lupin growing experience to represent the mid and high-altitude areas, respectively. For the survey data collection, two participatory rural appraisal techniques (PRA) were employed; group discussion with key informants and individual farmer interview using semi-structured questionnaire. Farmers for individual interviewing were selected purposively from each district based on their lupin growing experience. A sample size of 112 farmers, 61 from Mecha and 51 from Sekela were selected and interviewed. Data about lupin production, utilization, its potentials and limitations was collected from individual farmer interview using semi-structured questionnaire. Group discussion with 20 key informants from each study district was used to generate information about the current agricultural production system, the major constraints in crop and livestock production, and available resources for crop and livestock production in the study districts. In addition, farmers' indigenous knowledge about the production and utilization of lupin was assessed during the group discussions.

To evaluate the effect of the traditional lupin processing method on chemical composition of the end product three types of lupin seed samples (raw (Ra), roasted (Ro) and finished (Fi)) were collected from *Mecha* and *Sekela* districts. The different types of lupin samples for each district were collected in six replications from six different farmers who were sitting in the market to sale their products. Farmer selection in the market during sample collection was random for all types of lupin seed samples. Ra samples are lupin seeds without any processing treatments. Ro lupin samples are roasted lupin seeds using fire. To get six replications of Ro lupin seed samples, raw lupin seeds were collected from different farmers on the market and roasted according

to the traditional farmers practice. Lupin seeds were roasted with firewood until a black mark was seen at the centre of the seeds. Fi lupin samples are processed and ready lupin samples for human consumption as snack. The Fi lupin samples are sold and consumed wet. Thus, the samples were air dried immediately after sampling to get rid of the moisture for safe storage. To avoid any foreign material and keep the purity of the samples impurities from all lupin seed samples were cleaned by hand.

In the adaptation trial the experiment was conducted in four locations, namely, Merawi, Finoteselam, Kossober-1 and Kossober-2 in north-western Ethiopia. Merawi and Finoteselam testing sites were assumed to represent the mid-altitude (relatively warm) traditional lupin growing area. Kossober-1 and Kossober-2 testing sites were assumed to represent the high-altitude (relatively cold) traditional lupin growing area. The experiment was conducted from June 2009 to January 2010. For the experiment a total of sixteen annual lupin cultivars of three species were used. The cultivars used were white lupin cultivars (Local Landrace, Fortuna, Feodora, L-1082, L-1057, AU-Alpha, AU-Homer), blue lupin cultivars (Bora, Boregine, Borlu, Boruta, Haags Blaue, Probor, Sanabor, Vitabor) and yellow lupin cultivar (Bornal). Except white Local Landrace and AU-Homer, the remaining 14 cultivars were sweet cultivars. The white Local Landrace was included as a local check and seed was purchased from local markets of the respective testing sites. The sixteen cultivars were arranged and planted in a randomized complete block design (RCBD) with three replicates at all four testing sites. The plot size was 1.2*4 m. Spacing was 7cm between plants and 30 cm between rows. In all testing sites planting was done at the beginning of the main rainy season from July 2-15, 2009. Planting was done by hand on a well prepared seed bed and fertilizer was not applied. Weeding was done manually twice, at seedling and just before flowering stages.

For the evaluation of the nutritive value and anti-nutritive component of sweet lupins the adaptation trial set of experiment was used. Forage and seed samples of the sixteen lupin cultivars from all four locations were collected. The collected forage and seed samples were analysed under laboratory condition for proximate composition parameters; dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF), ash and the fiber fraction parameters; neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL). The analysis was done using the Near-infrared

Reflectance Spectroscopy (NIRS) method. Alkaloid analysis was done for selected forage and seed samples. In addition amino acid profile of seeds of selected sweet and bitter cultivars were evaluated.

In the fifth phase of the study a feeding trial on sheep which lasted for 69 days was conducted to evaluate the potential of sweet blue lupin seed cultivar Sanabor as a substitute for concentrate mix. This cultivar was selected because of its higher seed yield (4.75 t/ha) (Chapter 5) and at the same time had lower seed alkaloid content (178 mg/kg DM) (Chapter 6) in the highland testing sites. Thirty yearling male intact Washera sheep with initial body weight of 21 ± 1.38 kg (mean \pm SD) were used for the experiment. During the experiment the experimental animals were penned individually and blocked in to six blocks of five animals based on their initial weight. Natural pasture hay was used as basal diet and was provided *ad libitum*. The five experimental supplement feeds were 453 g concentrate (T1), 342 g concentrate + 74 g lupin seed (T2), 228 g concentrate + 147 g lupin seed (T3), 116 g concentrate + 219 g lupin seed (T4) and 290 g lupin seed (T5) in dry matter basis to supplement around 100 g crude protein per day per animal. These supplement feeds were offered once at 12:00 h. Water and salt lick were provided *ad libitum*. Data collection was started after one week adaptation period. Feed leftover from each animal was collected and weighed every morning from 7:00 – 8:00 h. Daily feed intake was calculated as a difference of daily offer and daily left over from each animal. Body weight measurements were taken every fortnight after overnight fasting and daily body weight gain was determined as a difference between final and initial body weight divided over the feeding days.

The collected data for the different phases of the study was analysed using the appropriate software. The survey data was analysed using SPSS. According to the nature of the data the quantitative data was subjected to analysis of variance using different general linear or mixed models as implemented in SAS. For correlation test among parameters Pearson's correlation test was used. Mean separation was done using Tukey's significant difference test.

The survey result showed that there were significant differences ($P < 0.05$) between the two study districts (*Mecha* and *Sekela*) for the variables like total land holding, frequency of ploughing during lupin planting, days to maturity, lupin productivity, and

number of days of soaking lupin in running water. However, there were no significant differences ($P > 0.05$) between the two study districts for the variables like land allocated for lupin cultivation, lupin seed rate, lupin soaking at home, lupin consumption per family per week and proportion of lupin used for household consumption. The use of the crop as livestock feed was negligible due to its high alkaloid content. It was concluded that the local white lupin in Ethiopia is a valuable multipurpose crop which is being cultivated in the midst of very serious shortage of cropland. Its ability to maintain soil fertility and serve as a source of food in seasons of food scarcity makes it an important crop. However, its bitter taste due to its high alkaloid content remains to be a big challenge and any lupin improvement strategy has to focus on minimizing the alkaloid content of the crop.

Thousand seed weight for Ra and Ro samples within study district was similar ($P > 0.05$) but it was lower ($P < 0.01$) for Fi samples compared to Ra and Ro samples. The CF content of Fi lupin seed sample from *Mecha* was lower ($P < 0.01$) than Ra and Ro samples. However, the different lupin samples from *Sekela* had similar CF content ($P > 0.05$). The CP and EE contents for Fi samples within study district were higher ($P < 0.01$) than Ra and Ro samples. Roasting had no effect in CP content of lupin samples. The CA content for Ra and Ro lupin samples within study district was higher ($P < 0.01$) than Fi lupin samples of the respective study districts. Content of quinolizidine alkaloids of Fi lupin samples was lower than Ra and Ro samples. There was also an interaction effect between location and lupin sample type. The traditional processing method of lupin seeds in Ethiopia had a positive contribution by improving the crude protein and crude fat content, and by lowering the alkaloid content of the finished product.

Among the four locations the Local Landrace from Finoteselam gave the highest forage yield (5.8 t/ha) and white Feodora from Kossober-1 gave no harvestable forage yield. Except with yellow entry at Kossober-1, the Local Landrace either had similar ($P \geq 0.0513$) or significantly higher ($P \leq 0.0316$) forage yield than white, yellow and blue entries at the other three locations. Compared to blue and white group yellow lupin had higher ($P \leq 0.0316$) forage yield at Kossober-1 but had similar ($P \geq 0.3635$) forage yield at the other three locations. At all locations the Local Landrace, all blue cultivars and yellow Bernal gave reasonable seed yield. However, the seed yield performance of all other white cultivars across all locations was poor. Compared to white group and yellow

cultivar, blue cultivars had significantly higher ($P \leq 0.0350$) seed yield across all locations. In terms of seed yield at Finoteselam the local cultivar out yielded ($P \leq 0.0008$) all the sweet lupin groups. At all locations white species had higher thousand seed weight than blue and yellow species. White lupin cultivars including the Local Landrace were affected by *Fusarium* wilt. According to the results of this study there is a high potential to cultivate sweet annual lupins in the traditional lupin growing areas of Ethiopia. Sweet blue lupin cultivars can better adapt in both mid and high-altitude lupin growing areas of Ethiopia.

In the chemical composition study location x cultivar interaction was a significant source of variation for all traits ($P < 0.0001$) evaluated. In all locations the blue entries had either similar ($P \geq 0.0584$) or higher ($P \leq 0.0235$) forage crude protein content than the Local Landrace, white group and yellow entry. Similarly in all locations the blue entries either had similar ($P \geq 0.7018$) or lower ($P \leq 0.0002$) forage crude fiber content than the Local Landrace, white group and yellow entry. As a group, compared to the Local Landrace, white and blue entries the sole yellow entry had significantly higher ($P \leq 0.0148$) seed crude protein content in all locations except at Kossober-2 where it had similar ($P = 0.8460$) crude protein content with white entries. The Local Landrace had the highest forage and seed alkaloid content. However, the sweet blue Vitabor and Sanabor entries had the lowest forage and seed alkaloid contents, respectively. According to the results of this study there were variations in chemical composition among entries with in and across locations. The relatively good nutrient balance and higher crude protein content of sweet lupins grown in Ethiopia shows the possibility to use sweet lupin forage and seeds as cheap home grown protein source for livestock in the country.

There was significant difference ($P < 0.05$) in total dry matter, crude protein, ash and organic matter intakes among treatments. Total dry matter intake and organic matter intake had positive correlation with all the nutrient intake parameters and daily body weight change ($P < 0.01$). The only fibre fraction NDF intake and digestible organic matter intake had also positive correlation ($P < 0.05$) with daily weight gain. Among all parameters evaluated the ash intake had higher positive correlation ($P < 0.01$) with all the nutrient intake parameters and daily weight gain. The average daily body weight gain for T1, T2, T3, T4 and T5 was 91, 79, 79, 87 and 74 g/day, respectively. However,

there was no significant difference ($P > 0.05$) in daily body weight change among treatments. It was concluded that blue lupin seed has a potential to substitute the commercial concentrate supplement feed in Ethiopia. However, as this experiment is the first of its kind in Ethiopia which was done under experimental station further on-farm evaluations under farmers' condition has to be done.

Zusammenfassung

Der optimale Ertrag aus der Tierproduktion in gemischten Ackerbau-Tierhaltungssystemen Äthiopiens ist durch die Futterknappheit stark eingeschränkt. Die Futtergrundlage bilden natürliche Weiden und Getreidenebenprodukte. Beide Futterquellen haben aufgrund ihrer Nährstoffzusammensetzung einen geringen Futterwert und ein großes Proteinfizit. Die Nutzung von kommerziellen Konzentratfuttermitteln zur Verbesserung des Nährstoffangebotes ist in den kleinbäuerlichen Betrieben wegen des hohen Preises nur begrenzt möglich. Im eigenen Betrieb angebaute Leguminosen könnten eine Option darstellen, die Futterknappheit zu verringern und das Proteinfizit auszugleichen.

Lupinen sind im nordwestlichen Teil Äthiopiens traditionelle Mehrnutzungspflanzen, sowohl für die menschliche Ernährung als auch als Futtermittel. Durch ihren bitteren Geschmack, welcher in einem hohen Alkaloidgehalt begründet ist, ist ihre Nutzung jedoch begrenzt. Weltweit werden daher Süßlupinen (*Lupinus* spp. L.) mit geringem Alkaloidgehalt angebaut, welche sowohl als Nahrungs- als auch als Futtermittel dienen.

Exakte Untersuchungen über die Nutzung, das Potenzial und die Limitation der lokalen weißen Lupine und zur Adaptationsfähigkeit, Produktivität und zum Futterwert von Süßlupinen, die unter den klimatischen Bedingungen Äthiopiens produziert wurden, liegen nicht vor. Die vorliegende Dissertation hat zum Ziel diese Fragen zu klären.

Die spezifischen Ziele sind:

1. Allgemeine Information über den gegenwärtigen Gebrauch, die Potenziale und die Beschränkung der lokalen Lupinenarten im nordwestlichen Teil Äthiopiens zu erlangen;
2. Die Wirkung der traditionellen Behandlungsmethoden auf die chemische Zusammensetzung der lokalen weißen Lupine zu analysieren;
3. Die Anpassungsfähigkeit, Grünfutter- und Samenerträge von drei Süßlupinenarten unter den klimatischen Bedingungen im Nordwesten Äthiopiens zu ermitteln;
4. Den Nährstoffgehalt und die antinutritiven Komponenten der Lupinen unter Verwendung verschiedener Labormethoden zu ermitteln und
5. Ein Fütterungssystem auf Basis der Süßlupine als Supplement für äthiopische Washera-Schafe zu formulieren.

Dazu wurden in logischer Abfolge folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Befragungen von Farmern zur Nutzung der lokalen Lupinen
- Erhebungen zu traditionellen Behandlungsmethoden und Laboruntersuchungen zur Auswirkung dieser auf die Reduzierung der antinutritiven Substanzen
- Ertragsbestimmungen verschiedener Süßlupinen
- unterschiedliche Laboruntersuchungen zur Charakterisierung dieser Süßlupinen
- und letztlich Fütterungsversuche mit Schafen

Für die erste Feldforschung wurden unter Nutzung der mehrstufigen gesteuerten Auswahl die beiden Standorte Mecha und Sekela ausgewählt. Ausschlaggebend für die Auswahl waren die Erfahrungen mit Lupinenanbau und der Vergleich unterschiedlicher Höhenlagen, welche charakteristisch für die Nutzung der lokalen Lupine sind (1500 und 2400m.a.s.l.). Für die Datenerhebung wurden zwei Participatory Rural Appraisal Techniken (PRA) eingesetzt. Insgesamt wurden 112 Bauern (61 aus Mecha und 51 aus Sekala) in die Analyse einbezogen. Angaben über die Produktion, Nutzungspotenziale und Begrenzungen wurden anhand semistrukturierter Interviews mit den einzelnen Bauern aufgenommen. Gruppendiskussionen mit 20 Key Informanten aus jeder Region wurden genutzt, um Informationen über die bestehenden Produktionssysteme, die wichtigsten Probleme des Ackerbaus und der Tierproduktion zu erfahren und Kenntnisse über die verfügbaren Ressourcen für diese zu generieren. Zusätzlich wurden spezifische Kenntnisse der Bauern über die Produktion und Nutzung von Lupinen während der Gruppendiskussionen erfasst.

Um die Wirkung der traditionellen Behandlungsmethoden auf die chemische Zusammensetzung der Lupinensamen untersuchen zu können, wurden drei Produkte von Lupinen auf den Märkten in Mecha und Sekala von jeweils 6 zufällig ausgewählten Bauern erworben. Es handelte sich um unbehandelte (RA), geröstete (RO) und fertig bearbeitete (FI) Lupinen. Um jeweils 6 Wiederholungen für RO zu erhalten, wurden Lupinensamen von unterschiedlichen Bauern auf dem Markt gekauft und danach nach traditionellen Methoden über Feuerholz geröstet, bis sich ein schwarzes Zeichen in der Mitte des Samens bildete. Bei FI handelt es sich um Lupinensamen, die für die menschliche Ernährung als Snack verarbeitet wurden und feucht verkauft und verzehrt werden. Zur sicheren Lagerung wurden diese Proben sofort getrocknet. Alle

Samenproben wurden handverlesen, um Verunreinigungen durch fremde Materialien zu vermeiden.

Für das Experiment zur Bestimmung der Adaptationsfähigkeit wurden die 4 Orte Merawi, Finoteselam, Kossober-1 und Kossober-2 im Nordwesten Äthiopiens ausgewählt, welche traditionelle Lupinenanbauorte sind. Merawi und Finoteselam liegen in mittlerer Höhenlage mit relativ warmem Klima und Kossober-1 und Kossober-2 repräsentieren relativ kalte Hochlandstandorte. Das Experiment wurde von Juni 2009 bis Januar 2010 durchgeführt. Insgesamt wurden 16 einjährige Lupinensorten von 3 verschiedenen Arten getestet. Es handelte sich um die weißen Lupinen (lokale Spezies, Fortuna, Feodora, L-1082, L-1057, AU-Alpha, AU-Homer), die blauen Lupinen (Bora, Boregine, Borlu, Boruta, Haags Blaue, Probor, Sanabor, Vitabor) und die gelbe Lupine Bornal. Bis auf die lokale weiße Lupine (Referenzprobe) und die Sorte AU-Homer waren alle anderen Sorten Süßlupinen.

Die 16 Sorten wurden unter Nutzung eines randomisierten, kompletten Blockdesigns mit 3 Wiederholungen für jede Sorte an allen 4 Standorten gepflanzt. Jede Fläche war 1,2 x 4 m groß mit einem Abstand zwischen den einzelnen Pflanzen von 7 cm und einem Reihenabstand von 30 cm. Pflanzbeginn war die Hauptregenzeit vom 02. bis 15. Juli 2009. Das Pflanzen erfolgte von Hand auf einem gut vorbereiteten Saatbett. Es wurde nicht gedüngt. Das Jäten wurde manuell zweimal, zur Aussaat und kurz vor dem Blühen, durchgeführt.

Alle gewonnenen Proben der ersten Untersuchung wurden für die Ermittlung der Nährstoffzusammensetzung und des Gehaltes an antinutritiven Substanzen genutzt. Dabei wurden sowohl das Grünfutter als auch die Samen analysiert. Analytierte Parameter der Futtermittelzusammensetzung waren: Trockensubstanz (DM), Rohprotein (CP), Äther-Extrakt (EE), Rohfaser (CF), Asche und die Faseranteile; Neutrale Detergenzien Faser (NDF), Säure Detergenz Faser (ADF) und Säure Detergenz Lignin (ADL). 2/3 der Proben wurden mittels Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie (NIRS) gemessen, nachdem das Gerät mit den Ergebnissen der nasschemischen Untersuchung kalibriert worden war. Alkaloidkonzentrationen und das Aminosäurespektrum wurden an ausgewählten Proben ermittelt.

Für den Fütterungsversuch mit Schafen wurde die blaue Stüßlupine Sanabor mit dem höchsten Ertrag (4,75t/ha) und einem sehr geringen Alkaloidgehalt (178mg/kg TS) ausgewählt. Die Lupine wurde als Substitut für eine Konzentratmischung eingesetzt. Dreißig einjährige, männliche, gesunde Washera-Schafe mit einem durchschnittlichen Anfangsgewicht von 21 ± 1.38 kg wurden für das 69-tägige Experiment in Einzelhaltung verwendet. Als Grundfutter wurde Heu ad libitum verabreicht. Die Tiere wurden entsprechend ihres Anfangsgewichtes in fünf Gruppen aufgeteilt, welche folgende Supplemente erhielten: 453g Konzentrat (T1), 342g Konzentrat + 74 g Lupinensamen (T2) 228g Konzentrat + 147 g Lupinensamen (T3), 116g Konzentrat + 219 g Lupinensamen (T4) und 290 g Lupinensamen (T5) auf TS-Basis, sodass etwa 100 g Rohprotein pro Tier und Tag verabreicht wurden. Diese Konzentratmischung wurde einmal täglich um 12:00 h angeboten. Wasser und Salz standen ad libitum zur Verfügung. Nach einer Woche Adaptation wurden der tägliche Futterverzehr und alle 14 Tage die Lebendmasse ermittelt.

Die Analyse der Befragungsdaten erfolgte mit SPSS. Die quantitativen Daten wurden einer Varianzanalyse mittels SAS unterzogen unter Verwendung verschiedener allgemeiner linearer oder gemischter Modelle. Für die Korrelationsanalyse wurde die Pearson-Korrelation verwendet. Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Tukey Test.

Ergebnisse

Zwischen den beiden Untersuchungsgebieten bestanden signifikante Unterschiede ($P < 0.05$) hinsichtlich genutzter Landfläche, Frequenz des Pflügens in der Lupinenaussaatperiode, Wuchsdauer bis zur Reife, Lupinertrag und Waschdauer mit fließendem Wasser (Fi Produkte). Es gab keine Unterschiede in der Nutzungsfläche für den Lupinenanbau, in der Samenmenge pro angebaute Fläche, im Lupinenkonsum pro Haushalt und Woche und im Anteil an Lupinen für den Eigenverbrauch. Die Nutzung der Lupinen als Futtermittel ist wegen des hohen Alkaloidgehaltes vernachlässigbar. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die lokale weiße Lupine ein wertvolles Mehrnutzungsprodukt ist, welches trotz geringer Landverfügbarkeit angebaut wird. Sie bewahrt zudem die Bodenfruchtbarkeit und dient zu Zeiten der Nahrungsknappheit als wertvolle Proteinquelle. Jedoch stellt der bittere Geschmack (hoher Alkaloidgehalt) eine große Herausforderung dar und einfachere Strategien zur Senkung des Alkaloidgehaltes müssen entwickelt werden.

Das 1000-Samengewicht für Ro und Ra in beiden Studienregionen war ähnlich und höher ($p < 0.01$) als für die Fi Produkte. Die Veränderungen des Rohfasergehaltes in FI waren nicht konsistent; in Mecha war er verringert ($p < 0.01$) in Sekela ähnlich Ro und Ra. Der Rohprotein und Ätherextrakt in Fi war gegenüber Ra und Ro innerhalb einer Region erhöht ($p < 0.01$) und der Rohaschegehalt erniedrigt ($p < 0.01$). Die Quinolizidin Alkaloide in den Fi Proben waren niedriger als in Ra und Ro. Es existierten Korrelationen zwischen der Region und der Lupinensorte. Aus diesen Ergebnissen folgt, dass die traditionelle Behandlungsmethode (Fi) in Äthiopien für die Lupinensamen einen positiven Einfluss auf den Rohproteingehalt und Fettgehalt bei erniedrigten Alkaloidkonzentrationen hat.

Den höchsten Grünfütterertrag mit 5,8t/ha erbrachte die lokale Lupine in Finoteselam, dagegen konnte von der weißen Lupine Feodora in Kossobor -1 kein Grünfütter geerntet werden. Außer für die gelbe Lupine in Kossobor-1 war die lokale Lupinensorte allen anderen Sorten im Grünfütterertrag an den verschiedenen Standorten überlegen. An allen Standorten erbrachten die lokale Lupine, alle blauen Sorten und die gelbe Borneal akzeptable Samenerträge, dagegen war die Samenausbeute bei den weißen Lupinensorten immer gering. Dabei waren die blauen Sorten den weißen und der gelben Lupine signifikant ($p \leq 0.0350$) überlegen. Den maximalen Samenertrag erbrachte die lokale Lupine in Finoteselam und war signifikant überlegen ($p \leq 0.0008$), gegenüber allen Süßlupinen. Das 1000-Samengewicht war am höchsten bei der lokalen Sorte. Alle Weißen Lupinenarten, auch die lokale, waren durch Fusarieneinfluss gewelkt. Aus diesen Untersuchungen kann geschlussfolgert werden, dass es ein großes Potenzial zum Anbau von Süßlupinen an den traditionellen Lupinenstandorten in Äthiopien gibt. Dabei zeigten sich die blauen Süßlupinensorten als am besten adaptiert, sowohl in der mittleren als auch der großen Höhenlage. Die Wechselwirkung zwischen Standort und Sorte zeigte sich hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung für alle Parameter als Variationsquelle ($p < 0.0001$).

Das Grünfütter der blauen Lupinensorten hatte entweder ähnliche ($p \geq 0.0584$) oder höhere ($p \leq 0.0235$) Proteingehalte und ähnliche ($p \geq 0.7018$) oder niedrigere ($p \leq 0.0002$) Fasergehalte als die lokale, die weißen und die gelbe getestete Sorte. Verglichen zur lokalen Lupine hatten alle eingeführten Sorten signifikant ($P \leq 0.0148$) höhere Proteingehalte in den Samen außer am Standort Kossobor-2. Den höchsten

Alkaloidgehalt im Grünfütter hatte erwartungsgemäß die lokale Sorte, während er bei den Sorten Vitabor and Sanabor (blaue Lupine) am niedrigsten war. Es ergibt sich die Schlussfolgerung, dass es Variationen in der Nährstoffzusammensetzung zwischen den Sorten und den Standorten gibt. Die relativ günstige Nährstoffzusammensetzung, besonders der erhöhte Rohproteingehalt und geringere Alkaloidgehalt der Süßlupinen, welche in Äthiopien angebaut wurden, zeigen, dass sowohl das Grünfütter als auch die Samen der Süßlupinen eine preiswerte selbst produzierte Proteinquelle darstellen können.

Aus dem Fütterungsversuch ergaben sich folgende Ergebnisse. Zwischen den Fütterungsgruppen bestanden signifikante Unterschiede ($P < 0.05$) in der Futteraufnahme (TS-, CP, Asche und OM). Es ergab sich eine positive Korrelation zwischen der TS- und OM-Aufnahme mit allen Parametern der Nährstoffaufnahme und der Lebendmassezunahme ($P < 0.01$). Nur die Faserfraktion NDF-Aufnahme und die Aufnahme an verdaulicher organischer Substanz war positiv korreliert mit der Lebendmassezunahme ($P < 0.05$). Unter allen erfassten Parametern der Futteraufnahme hatte die Rohascheaufnahme die größte positive Korrelation ($P < 0.01$) zu allen Parametern der Nährstoffaufnahme und der täglichen Zunahme. Die durchschnittliche tägliche Lebendmassezunahme für die Gruppen T1 bis T5 betrug 91, 79, 79, 87 and 74 g/Tag und zeigte keine signifikanten Unterschiede. Daraus wurde geschlussfolgert, dass in Äthiopien blaue Lupinensamen das Potenzial haben kommerzielle Konzentrate zu ersetzen. Da die Ergebnisse des Fütterungsversuches auf einer Versuchsstation gewonnen wurden, sollten weitere Untersuchungen unter Praxisbedingungen und Einbeziehung der Bauern erfolgen.