

Aus dem Institut für Pflanzenproduktion
in den Tropen und Subtropen
der Universität Hohenheim
Professor Dr. D.E. Leihner

**INVESTIGATIONS ON GROWTH, RESOURCE USE AND YIELD
OF UPLAND RICE (*Oryza sativa* (L.)) AND MUNGBEAN (*Vigna radiata* (L.)
Wilczek) AS INFLUENCED BY ALLEY CROPPING WITH PIGEONPEA
(*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) IN NORTHERN THAILAND**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Agrarwissenschaften

vorgelegt der

Fakultät III - Agrarwissenschaften I
(Pflanzenproduktion und Landschaftsökologie)

von

Surat Nuglor M.Sc. agr.
aus Phayao/Thailand
Oktober 1994

This thesis has received financial support from Eiselen Foundation, Ulm.



5. SUMMARY

Due to high and rapidly increasing population, shifting cultivation has expanded in Thailand. Cultivation on steep slopes in northern Thailand has led to large scale forest encroachment and destruction, serious soil erosion and degradation. Intensive agriculture with low inputs resulted in low soil fertility and low crop yields. Alley cropping is an alternative strategy for small farmers to improve soil fertility and stabilize crop yields.

A pigeonpea alley cropping study was established during 1990-1992 on an Orthic Acrisol at Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Chiang Mai University in northern Thailand. A split plot design was used in 1990 and a split-split plot design was used in 1991 and 1992. Alley cropping with and without pigeonpea were the main plots and three cropping rotations were the sub plots. The rotations consisted of upland rice-fallow-upland rice (CS 1), upland rice-mungbean-upland rice-mungbean-upland rice (CS 2) and mungbean-fallow-mungbean-fallow-upland rice (CS 3). A further division into sub sub-plots allowed for treatments with and without fertilizer application. Pigeonpea, cv. ICP 7035, was planted at 4 m hedgerows spacing, in June simultaneously with cash crops. Pruning was done only in CS 2 in November to a height of 75 cm above ground. All hedgerows were uprooted in May, before planting the following crop. Pruning materials were chopped into small pieces before incorporating them into the soil within the alleys. Upland rice, cv. R 258, and mungbean, cv. Kamphaengsaen 1, were planted at a density of 160,000 hills ha^{-1} and 200,000 plants ha^{-1} , respectively. Upland rice and mungbean received fertilizer only during the 1990-1991 cropping season. The second crop mungbean (CS 2) in 1991 and upland rice 1992 were not fertilized. Upland rice received a basal dressing of 23.4 kg ha^{-1} of N, P_2O_5 and K_2O applied as 15-15-15 compound fertilizer at planting and at the tillering stage, the second application of 26.25 kg N ha^{-1} was applied as ammonium sulphate (21-0-0) fertilizer by row banding. At planting of mungbean, the compound fertilizer 12-24-12 was applied to supply 18.75 kg N, 37.5 kg P_2O_5 and 18.75 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$.

The results revealed that pigeonpea produced an average annual biomass yield of 4.4 t ha^{-1} , 368 kg ha^{-1} seeds and 120 kg ha^{-1} of N. Higher pruning and seed yields were obtained from CS 1 and CS 3 with one single pruning. Soil pH was steady but total N and organic matter showed an increase as a consequence of alley prunings being incorporated. By contrast, the P and K content of the soil declined with alley cropping. Prunings from pigeonpea could probably minimize the decrease of P and K content when the soil was not adequately supplied with nutrients. Changes in soil fertility were more pronounced in CS 1 and CS 3 than in the CS 2 crop rotation.

Average yields of mungbean and upland rice were increased due to fertilizer application. There was no benefit from pigeonpea alley cropping. This was due to the decrease of land area planted to main crops, since hedgerows occupied 25 per cent of the total area. Alley cropping with fertilizer application resulted in a grain yield increase, however, fertilizer could not compensate for the area losses to hedgerows. Grain yield obtained in the alleys with fertilization was lower than without alleys regardless of fertilizer application. To substitute for the crop yield reduction, seed yield and N yield obtained from the hedgerows might be considered as an advantage from the alley cropping system. Mungbean and upland rice growth and yield were also directly influenced by pigeonpea hedgerows. Total dry matter (TDM), leaf area index (LAI) and grain yield were reduced. Yield reduction in mungbean-pigeonpea alley cropping ranged between 31-36%, while 19-30% yield decline was noted in upland rice-pigeonpea alleys due to the effect of the hedgerows.

Higher yield of the last crop of upland rice in 1992 was obtained when it was planted following CS 3 (mungbean-fallow) and CS 1 (upland rice-fallow) than when it followed CS 2 (upland rice-mungbean). Continuous cropping in CS 2 caused nutrient deficiency as more nutrients were removed by harvest products, resulting in low growth and reduced yield.

Row-wise sampling analysis for light transmission ratio (LTR), TDM and grain yield of mungbean and upland rice plots across the pigeonpea hedgerows were conducted during 1991 and 1992 cropping for mungbean at the growth stages of V3 (third node), R2 (beginning pod), R4 (full seed) and R6 (first harvesting) and for upland rice at the growth

stages of MT (maximum tillering), PI (panicle initiation), F (flowering) and R (ripening) respectively. In the center of the alleys, mungbean and upland rice canopies were well developed as indicated by low LTR values. Towards the hedgerows, mungbean and upland rice developed smaller leaf areas which intercepted less light than in the center. This resulted in more light being transmitted through the mungbean and upland rice canopies, i.e. larger LTR's. The LTR distribution across rows thus exhibited the shape of a parabola.

Correlations of LTR, TDM and grain yield of upland rice and mungbean were calculated. It was evident that LTR was negatively correlated with upland rice and mungbean TDM and grain yield in both the 1991 and 1992 crop seasons. Pigeonpea hedgerows suppressed growth of the companion crops by means of LAI reduction. A remarkable negative significant correlation between LTR-grain yield and TDM, particularly during the ripening period was observed. TDM and grain yield decreased when the crops and pigeonpea hedgerows competed for light. Shading of the hedgerows was a factor which affected growth and yield of companion crops.

Soil moisture content across pigeonpea alleys was determined at four growth stages of upland rice in 1992. It exhibited an inverted parabolic distribution across the alleys. The presence of strong competition for moisture between pigeonpea hedges and upland rice in the rows next to the hedges severely affected TDM and grain yield. Soil moisture content was positively correlated with TDM and grain yield in all growth stages of upland rice.

During PI growth stage in 1992, upland rice grown within pigeonpea hedgerows was analysed for its N, P and K concentration. A tendency of high concentration of N and K content was observed in the upland rice plants adjacent to the hedges, however, no significant correlation with upland rice TDM or grain yield was found.

The present study indicated that pigeonpea hedgerows compete for light and water with companion crops. Competition for nutrients is yet another aspect which should be further investigated. Pruning is necessary and recommended in mungbean or upland rice alley cropping with pigeonpea, particularly at the reproductive stage of the companion crops, to

minimize the above ground competition. Only a timely pruning might secure high crop yields under alley cropping conditions such as those described in this study.

Though pigeonpea has a potential to be used in alley cropping, there is need for further investigation to determine its applicability on the eroded land of northern Thailand. Long term effects of the alley cropping on soil improvement and yield stabilization also need to be further studied. In addition, other shrubs or tree species suitable for use in alley cropping need to be evaluated.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Brandrodungslandwirtschaft (shifting cultivation) weitet sich in Nord-Thailand aus. Ursachen sind die hohe Bevölkerungsdichte und das Bevölkerungswachstum. Die Folge sind verkürzte Brachezeiten, die Abholzung von Steilhängen und eine zunehmende Degradierung und Bodenzerstörung durch Erosion. Permanenter Ackerbau ohne ausreichende Düngung und Erosionskontrolle führt zu einem Rückgang der Bodenfruchtbarkeit und der Erträge. Als Alternativen stehen der Alleestreifenanbau (alley cropping) und das Einbeziehen von Leguminosen in die Fruchtfolge zur Verfügung.

"Alley cropping"-Versuche mit Straucherbse (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) wurden zwischen 1990-1992 auf dem Gelände der Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center, Fakultät für Agrarwissenschaften, Universität Chiang Mai in Nord-Thailand durchgeführt. Der Versuch wurde 1990 als "Split plot"- sowie 1991 und 1992 als "Split-split plot"-Anlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Hauptparzellen bestanden aus Behandlungen mit und ohne "alley cropping" mit Straucherbse, innerhalb dieser waren drei Fruchtfolgebehandlungen jeweils mit und ohne Mineraldüngung randomisiert angeordnet. Die drei Fruchtfolgebehandlungen waren Trockenreis-Brache-Trockenreis-Brache-Trockenreis (CS1), Trockenreis-Mungbohne-Trockenreis-Mungbohne-Trockenreis (CS2), und Mungbohne-Brache-Mungbohne-Brache-Trockenreis (CS3). Die Größe der Parzellen betrug 10 m x 10 m. Das Pflanzen der Straucherbsen (Sorte ICP 7035) erfolgte in drei Reihen pro Parzelle in 4 m voneinander entfernten Hecken im Juni gleichzeitig mit der Saat der Ackerkulturen. Die Reihen wurden von Osten nach Westen ausgerichtet. In der CS2-Behandlung wurden die Straucherbsen einmal in November auf eine Höhe von 75 cm zurückgeschnitten. Die oberirdische Biomasse aller Sträucher wurde im Mai vor Beginn des nächsten Fruchtfolgezyklus vollständig entfernt. Das Schneitelmaterial der Straucherbsen wurden zerkleinert, auf dem Boden verteilt und mit einer Fräse ca. 15-20 cm tief in den Boden zwischen den Straucherbsenreihen eingearbeitet. Trockenreis (Sorte R 258) wurde mit einer Bestandesdichte von 160.000 Pflanzen ha⁻¹ und Mungbohne (Sorte

Kamphaengsaen 1) von 200.000 Pflanzen ha⁻¹ ausgesät. In den Behandlungen mit Düngung wurde eine Startgabe von jeweils 23,4 kg N, P₂O₅ und K₂O pro ha zum Trockenreis gegeben. Zur Bestockung erfolgte eine weitere N-Gabe von 26,5 kg ha⁻¹. Die Mungbohnen erhielten zur Aussaat 18,75 kg N ha⁻¹, 37,5 kg P₂O₅ ha⁻¹ und 18,75 K₂O ha⁻¹. Die Mungbohnen der Fruchtfolge CS 2 wurden in 1991 nicht gedüngt. Das gleiche gilt in 1992 für die Trockenreiskultur.

Die Ergebnisse zeigen, daß Straucherbse eine mittlere Biomasseproduktion von 4,4 t ha⁻¹a⁻¹, einen Kornertrag von 368 kg ha⁻¹a⁻¹ und einen N-Ertrag von 120 kg ha⁻¹a⁻¹ erzielte. Ein Großteil der Biomasseproduktion stammte jeweils von einem einzigen Rückschnitt in CS1 und CS3. Bodenanalysen ergaben, daß das Einarbeiten des Schneitelmateriale die Bodenfruchtbarkeit verbesserte. Die Werte für den pH waren kaum verändert, die Gesamt-N Gehalte und die Gehalte an organischer Substanz waren gegenüber den Werten vor Versuchsbeginn leicht erhöht. Die P- und K-Gehalte im Boden sanken jedoch im Verlauf der drei Anbauperioden. Die Zufuhr von Straucherbsen-Schneitelmaterial ist allenfalls geeignet, die Abnahme der P- und K-Gehalte in mit diesen Nährstoffen schlecht versorgten Böden zu minimieren. Die stärkste Abnahme an Bodennährstoffen wurde in der Behandlung CS2 beobachtet, wohl als Folge des intensiven Ackerbaus mit zwei Kulturen pro Jahr.

Mineralische Düngung erhöhte den Durchschnittsertrag von Mungbohne und Trockenreis. Durch "alley cropping" konnte keine zusätzliche Ertragserrhöhung erzielt werden. Allerdings muß hierbei berücksichtigt werden, daß bei den "alley cropping" Behandlungen 25% weniger Fläche zur Verfügung steht, da diese für die Allee-Hecken benötigt wird. Höhere Erträge wurde in den gedüngten Behandlungen jeweils im Anbau ohne "alley cropping" erzielt. Wachstum und Ertrag von Mungbohne und Trockenreis wurden abgesehen vom Flächeneffekt auch direkt durch die Straucherbsen-Hecken beeinflusst. So konnte durch "alley cropping" mit Straucherbse eine Abnahme der Gesamttrockenmasse (TDM), der Blattflächenindices (LAI) und der Kornerträge beobachtet werden. Der Ertragsrückgang lag bei Mungbohne zwischen 31 und 36%, bei Trockenreis zwischen 19 und 30%.

Höhere Erträge des abschließenden Fruchtfolgegliedes Trockenreis wurden in den Fruchtfolgen CS3 (Mungbohne-Brache) und CS1 (Trockenreis-Brache) erzielt, sofern Mineraldünger angewendet wurde. Permanenter Anbau wie in Behandlung CS2 bewirkte Nährstoffmangel mit negativer Folge für Wachstum und Ertrag der Folgefrucht, da dem Boden über häufigere Ernten mehr Nährstoffe entzogen wurden.

In den Versuchsjahren 1991 und 1992 wurden bei Mungbohne in den Stadien V3 (3. Trifoliarblatt), R2 (Beginn des Hülsenlängenwachstums), R4 (Hülsendickenwachstum) und R6 (Reife) und bei Trockenreis in den Stadien MT (maximale Bestockung), PI (Rispeninitiation), F (Blüte) und R (Reife) reihenweise die Lichttransmissionsrate (LTR), die Trockenmasseproduktion und der Kornertrag bestimmt, um den Einfluß der Straucherbsen-Hecken auf diese Parameter zu ermitteln. Eine Analyse der TDM- und Kornertragsdaten zeigt einen konvexen Verlauf, wobei die höchsten Werte jeweils in der Mitte der Alleen erzielt wurden. Die LTR-Werte zeigten einen konkaven Verlauf.

Eine Korrelationsanalyse der LTR-, TDM- und Kornertragsdaten von Mungbohnen und Trockenreis ergab für die Versuchsjahre 1991 und 1992 eine negative Korrelation zwischen diesen Parametern. Interessanterweise nahm die Gesamttrockenmasse und der Kornertrag ab, sobald die Kulturpflanzen und die Straucherbsen-Hecken um Licht konkurrierten. Daraus kann abgeleitet werden, daß Beschattung die Entwicklung und den Ertrag der beiden untersuchten annualen Kulturpflanzen stark beeinflusste.

1992 wurden bei Trockenreis während der vier bereits oben genannten Wachstumsstadien Bodenwassergehalte in unterschiedlicher Entfernung von den Straucherbsen-Hecken bestimmt. Auch diese Werte zeigen einen konvexen Verlauf. Eine starke Konkurrenz um Bodenfeuchtigkeit zwischen Straucherbse und Trockenreis in Reihen nahe den Hecken konnte beobachtet werden. In allen Wachstumsabschnitten bestand eine positive Korrelation zwischen Bodenwassergehalt und Reis-Trockenmasseproduktion. Das gleiche gilt für den Kornertrag.

Im Versuchsjahr 1992 wurden während des Entwicklungsstadiums "Initiation der Rispe" (PI) die N-, P- und K- Gehalte von Trockenreis in den Behandlungen mit "alley cropping" bestimmt. Dabei konnte eine Tendenz zu höheren N- und K-Gehalten bei Pflanzen aus der unmittelbaren Nähe der Straucherbsen-Hecken festgestellt werden. Allerdings bestand keine signifikante Korrelation zu den Trockenmassegehalten und dem Kornertrag von Trockenreis.

Straucherbsen-Hecken konkurrierten vor allem um Licht und Wasser mit den Kulturpflanzen, jedoch sollte die Bedeutung der Konkurrenz um Nährstoffe nicht außer acht gelassen werden. Schneiteln der Allee-Hecken ist notwendig und empfehlenswert bei "alley cropping" von Straucherbsen mit Mungbohnen oder Trockenreis. Dies gilt vor allem für die generativen Phasen der Kulturpflanzen, um die oberirdische Konkurrenz zu minimieren und hohe Erträge im "Alley cropping" Anbau zu ermöglichen.

Um die Wirkung von "alley cropping" auf die Bodenfruchtbarkeit und die Ertragsstabilität besser einschätzen zu können, bedarf es jedoch weiterer Untersuchungen mit Langzeitcharakter. Ferner sollten andere Busch- und Baumarten mit Potential für "alley cropping"-Systeme getestet werden, um Arten mit Eignung für die Anbaubedingungen in Nord- Thailand zu finden.