

**Potential of organic manures in rainfed lowland rice-based production
systems on sandy soils of Cambodia**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

der Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

von

Sophoarith Ro

aus

PHNOM PENH, CAMBODIA

ABSTRACT

Rainfed lowland rice is the dominant food crop in the low-input agricultural systems of Cambodia. The main production area is characterized by sandy soils with low contents in nitrogen, phosphorus and organic matter, as well as low cation exchange capacity. The use efficiency of applied nutrients is reportedly very low, and the outcome of nutrient application strategies is highly variable. This study assesses the potential of organic manures to replace mineral N fertilizers in rainfed lowland rice-based production systems on sandy soils of Cambodia. It comprised field experiments and surveys. Four field experiments were conducted between 2013 and 2014 and differed by district and soil type (shallow vs. deep). Treatments compared the recommended rates of applied mineral N, with farmyard manure and mungbean (*Vigna radiate*) used as a pre-rice leguminous green manure. Legume treatments were further varied including with or without P application to the green manure and different residue management strategies (all residues returned, only grain harvested, all residues removed). The survey investigated farmers' perceptions regarding potentials and constraints to leguminous green manure adoption (here mungbean). The analysis of all manure-amended plots (farmyard and green manure combined) showed that organic manure could replace approximately 50% of the mineral N recommended for sandy soils. In addition, the use of organic amendments entailed significant increases in residual soil C and N after only one cropping cycle, suggesting that soil fertility may be enhanced in the long-term. In the case of mungbean green manure, the N_2 fixation measured by the $\delta^{15}N$ natural abundance varied from 9 to 78 kg N ha⁻¹ (average of 36 kg N ha⁻¹). Highest N_2 fixation was associated with low rainfall intensity during legume establishment and the absence of soil flooding during the pre-rice period. Only on deep sandy soils, the addition of 10 kg P ha⁻¹ to mungbean was able to more than double the amount of N_2 fixation compared to the legume without P amendment. The incorporation of P-amended legume residues (total biomass or after grain harvest) produced in both soil types rice grain yields that were comparable those obtained with the recommended mineral N application rate. Similarly, farmyard manure applied at 60 kg N ha⁻¹ produced a rice yield comparable to mineral fertilizer N, however only in the deep soils. The study of farmers' perception and adoption of organic amendments highlights that the use of farmyard manure is widespread but that its efficiency to replace mineral N is highly soil-specific. However, the availability of farmyard manure will be increasingly constrained by declining cattle numbers. While the adoption of legume green manures is potentially high, their actual use is constrained by soil P availability and limited to sites without soil flooding during the pre-rice niche and to systems with sufficient labor availability of biomass incorporation. While organic amendments have the potential to replace mineral fertilizers, such options and use strategies are highly site- and system specific.

Keywords: rainfed lowland rice, green manure, farmyard manure, phosphorus, biological nitrogen fixation

Potenzial organischer Dünger in Reisanbausystemen auf sandigen Böden im Tiefland von Kambodscha

KURZFASSUNG

Regengespeister Nass-Reis ist das vorherrschende angebaute Nahrungsmittel in extensiven Agrarsystemen von Kambodscha. Die überwiegenden Teile des Anbaugebiets sind durch sandige Böden mit geringen Gehalten an Stickstoffgehalt, Phosphor, und organischer Substanz sowie niedriger Kationenaustauschkapazität geprägt. Auch die Nutzungseffizienz extern über mineralische oder organische Düngung zugeführter Nährstoffe ist in der Regel sehr gering und oft extrem variabel. Die vorliegende Studie untersucht das Potenzial der Anwendung organischer Dünger zu Nass-Reis im Regenfeldbau auf sandigen Böden in Kambodscha im Hinblick auf den Ersatz der kaum verfügbaren mineralischen N Dünger. Vier Feldexperimente wurden zwischen 2013 und 2014 durchgeführt. Sie unterschieden sich durch die Lage (Bezirk und Bodentyp – flachgründig vs. tiefgründig), die empfohlene Rate von mineralischem N und die Integrationen von Leguminosen in das Anbausystem (P-Anwendung zu Reis oder der Leguminose, Rückführung der Ernterückstände). Ferner wurde die Akzeptanz, Einschränkung und die Wahrnehmung von Bauern gegenüber Leguminosen als Gründünger im Vergleich zu Stallmist und Mineraldünger untersucht.

Die organische Düngung vermochte im Mittel etwa 50% der empfohlene Mineral-N-Düngergabe für sandige Böden zu ersetzen und gleichzeitig die Gehalte der Böden an organischem C und N bereits nach einem Anbauzyklus signifikant zu erhöhen, was eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bei längerfristigen Anwendung vermuten lässt. Im Falle von Gründünger (hier Mungbohne) variierte die N_2 -Bindung, die mit Hilfe der natürlichen Abundanz-Methode ($\delta^{15}N'$) gemessen wurde, zwischen 9 und 78 kg N ha⁻¹ (durchschnittlich 36 kg N ha⁻¹). Hohe Werte der N_2 -Bindung durch die Leguminosen waren mit geringem Niederschlag während der Vorfruchtperiode assoziiert, was darauf hinweist, dass die N_2 -Bindung von der Bodenhydrologie (hier temporärer Wasserüberstau) beeinflusst wird. Auf tiefgründigen Böden führte die Zugabe von 10 kg P ha⁻¹ zu Mungbohne zu einer Verdoppelung der N_2 -Bindung verglichen zum Anbau ohne P- Zufuhr. Die Einarbeitung von Ernterückständen der Mungbohne erzielte in beiden Bodentypen vergleichbare Reiserträge wie bei empfohlener mineralischer N-Zufuhr. Eine Stallmistgabe, äquivalent zu 60 kg N ha⁻¹, erzielte ebenfalls einen Reisertrag vergleichbar dem einer empfohlenen Mineral-N-Düngung auf tiefgründigen, jedoch nicht auf flachgründigen Böden.

Die Akzeptanzstudie vermochte zu zeigen, dass die Nutzung von Stallmist in der Region weit verbreitet ist und mineralischen Dünger in Abhängigkeit des Bodentyps effizient zu ersetzen vermag. Allerdings ist die Verfügbarkeit von Mist durch sinkende Viehbestände in der Region zunehmend limitiert. Die Akzeptanz von Leguminosen zur Gründüngung im Regenfeld-Reisanbau ist potentiell hoch, allerdings unter den Voraussetzungen, dass hinreichend verfügbares P vorhanden ist, dass die Flächen während der Zwischenfrucht- Anbauperiode nicht überflutet sind, und dass Arbeitskräfte für die Einarbeitung der Biomasse zur Verfügung stehen. Ich kann gefolgert werden, dass Lösungsansätze und Technologie-Optionen zur organischen Düngung Standort- und System-spezifisch erfolgen müssen.

Schlüsselwörter: Nass-Reis, Gründünger, Stallmist, Phosphor, biologische Stickstoffbindung