

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

INSTITUT FÜR BODENKUNDE UND STANDORTSLEHRE

PROF. DR. J.C.G. OTTOW

EINFLUSS DER MINERALSTOFFERNAHRUNG (N,P,K) AUF DIE  
N<sub>2</sub>-BINDUNG DER STENGELKNÖLLCHENBILDENDEN LEGUMINOSE  
*AESCHYNOMENE AFRASPERA*  
UND DEREN POTENTIELLE NUTZUNG ALS GRÜNDÜNGER VOR NASSREIS

DIPLOMARBEIT

VON

MATHIAS BECKER

HOHENHEIM, JANUAR 1986

GEFÖRDERT AUS MITTELN DES « VERMÄCHTNIS EISELEN »

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahre 1984 erkannte ALAZARD, daß die in West-Afrika verbreitete schnellwüchsige krautartige Leguminose Aeschynomene afraspera in der Lage ist stickstoffbindende Knöllchen (Rhizobium spp.) sowohl an den Wurzeln als auch an den Stengeln zu bilden. Diese Wildpflanze kann offenbar in kurzer Zeit relativ hohe Stickstoffmengen an hydromorphen Standorten akkumulieren, was sie für eine Nutzung als Gründüngung vor Naß-Reis (Oryza sativa L.), vor allem im Rahmen der low-input Landwirtschaft sehr interessant erscheinen läßt. Vor einem Einsatz in der Praxis müssen allerdings neben den ökoklimatischen Bedingungen der Pflanze insbesondere auch die Ansprüche an die Versorgung mit Nährstoffen (P,K) und an den pH-Wert des Bodens bekannt sein. Bedingt durch die besondere Position der Knöllchen am Stengel, stellt sich die Frage, wie die Knöllchenentwicklung und Stickstoffbindung auf die Versorgung mit Hauptnährstoffen (N, P, K) reagiert. Weiter bleibt festzustellen, ob, bzw. in welchem Ausmaß sich eine künstliche Beimpfung der Stengel mit Rhizobium spp. Isolaten auf Grünmasse und Stickstoffertrag auswirkt und in welchem Alter die biologische N-Bindung des Bestandes ihr Maximum erreicht. Schließlich ist von entscheidender Bedeutung, wie schnell die N-Mineralisation einer Gründüngung mit A. afraspera abläuft und somit der Hauptfrucht Reis zur Verfügung kommt. Die Versuche zur Beantwortung der gestellten Fragen wurden am Laboratoire de Microbiologie des sols, ORSTOM Bel-Air, Dakar/Senegal durchgeführt.

Für die Modellversuche (Klimakammer) wurden die Jungpflanzen von A. afraspera steril in Mineralsalzlösung angezogen. Im Alter von 30 Tagen wurde der Stengel mit dem Rhizobium sp. Isolat Nr. ORS 322 durch Auftragen mit einem Pinsel bzw. durch Aufsprühen einer verdünnten Bakteriensuspension beimpft. Nach einer Wachstumsperiode von 50 Tagen wurden das Frischgewicht (FG), die potentielle Stickstoffbindung (ARA in  $C_2H_4/h$ ) und der Stickstoffgehalt ( $N_t$ ) in der Trockenmasse der Versuchspflanzen, sowie Anzahl und Gewicht der Knöllchen bestimmt.

Der Einfluß steigender N-Mengen (0,3,6,9,12 bzw. 15 mM  $NO_3^-/l$  als  $Ca(NO_3)_2$ ) auf die Bildung und N-Fixierungsaktivität der Stengelknöllchen wurde zunächst in Nährlösungsversuchen unter sterilen Bedingungen in der Klimakammer untersucht. Wurde der Stickstoff in einem Pflanzen-

alter von 45 Tagen zu einem System mit bereits voll entwickelten Knöllchen zugegeben, so zeigte die potentielle Stickstoffbindung der Stengelknöllchen bei einer Konzentration von 6 mM N/l noch keine meßbare Beeinträchtigung, während die ARA der Wurzelknöllchen schon bei 3 mM N/l auf etwa 50% vermindert wurde. Erfolgte die Anzucht der Pflanzen ab dem 23. Tag auf N-haltigem Milieu, so wurde im Bereich der Wurzeln nicht nur die ARA stark vermindert, sondern auch die Anzahl der gebildeten Wurzelknöllchen deutlich reduziert. Im Gegensatz dazu wurde die Anzahl der Stengelknöllchen auch bei 15 mM  $\text{NO}_3^-$ /l nicht beeinträchtigt. Die ARA zeigte erst ab 6 mM N eine signifikante Abnahme. In einem Kastenversuch auf nährstoffarmen lehmigem Sand unter Freilandbedingungen wirkten sich steigende Harnstoffgaben (0, 50, 100 bzw. 200 kg N/ha) ähnlich auf die Stengelknöllchenbildung der ARA aus. 100 kg N/ha verminderten die Anzahl und die ARA der Wurzel-, nicht aber der Stengelknöllchen. Bedingt durch eine Förderung des Gesamtpflanzenwachstums bei einer geringen bis mittleren N-Gabe, wurde die Anzahl der gebildeten Stengelknöllchen sogar deutlich erhöht. Erst bei 200 kg N/ha wurde auch die Anzahl der Knöllchen am Stengel reduziert und deren potentielle Stickstoffbindung vermindert.

In einem zweiten Kastenversuch auf nährstoffarmen Dünen sand unter Freilandbedingungen wurde der Einfluß einer verbesserten P- und K-Versorgung auf den Biomasseertrag und die Stickstoffbindung von *A. afraspera* untersucht (0 bzw. 100 mg P/kg Boden als  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  und 0, 100 bzw. 200 mg K/kg Boden als KCl). Auffallend war die starke Auswirkung von Phosphat. Bei P-Mangel unterblieb die Bildung der Stengelknöllchen fast völlig und die Biomasseproduktion war gering. Zufuhr von 100 mg P/kg Boden führten zu einer Erhöhung von FG und ARA etwa um den Faktor 10. Eine K-Gehaltssteigerung von 0 auf 200 mg K/kg Boden führte in etwa zu einer Verdoppelung von FG und ARA/Pflanze.

Das Ausmaß der Ertragsverbesserung von *A. afraspera* durch eine künstliche Beimpfung der Stengel wurde in einem Gefäßversuch auf lehmigem Sand unter Freilandbedingungen ermittelt. Im vorliegenden Versuch führte eine Stengelbeimpfung zu einer über 600%igen Erhöhung der Pflanzen-Masse bei einer gleichzeitigen Erhöhung des Gesamt-N-Gehalts in der Trockenmasse von über 30%. Daraus folgt, daß die Stengelknöllchen zu fast 90% zur N-Versorgung von *A. afraspera* beitragen und nur etwa 10% des N-Be-

darfs aus dem Boden oder aus dem von Wurzelknöllchen assimilierten Stickstoff gedeckt wurde.

Die Aktivität der Stengelknöllchen (ARA) wurde in Abhängigkeit vom Knöllchenalter in einem Kastenversuch auf lehmigem Sand unter Freilandbedingungen untersucht, wobei ab dem Zeitpunkt der Beimpfung in Abständen von 1 Woche je eine Serie Versuchspflanzen geerntet wurden. Die potentielle Stickstoffbindung stieg mit zunehmender Knöllchenreife an, erreichte 3 Wochen nach der Beimpfung ihr Maximum und fiel dann sehr schnell wieder ab. Einen Bestand von A. afraspera länger als 3-4 Wochen nach der Stengelbeimpfung stehen zu lassen, bedeutet infolgedessen rasche Verminderung der Stickstoffakkumulation.

Der Einfluß von A. afraspera als Gründüngung auf den Ertrag von Naß-Reis (Oryza sativa L., var. Moroberekan) wurde in einem Freilandversuch auf  $1\text{m}^2$  Mikroparzellen ebenfalls auf dem relativ nährstoffarmen lehmigen Sand untersucht. Dabei wurde der Effekt von 3 Behandlungen auf den Reisertrag verglichen: (1) A. afraspera im Alter von 50 Tagen in 10 cm lange Stücke geschnitten und in Mengen von 7.5 kg Frischmasse pro Mikroparzelle eingearbeitet, (2) 100 kg N/ha als Harnstoff in 2 Gaben, (3) Kontrolle. In den Parzellen mit einer Harnstoffdüngung von 100 kg N/ha wurde der Kornertrag um  $129\text{ g/m}^2$  (27%) gegenüber der Kontrolle erhöht, während mit der Gründüngung  $398\text{ g}$  (83%) mehr Reis pro  $\text{m}^2$  geerntet werden konnte. Außerdem lag der N-Gehalt in der Trockensubstanz deutlich über dem der beiden anderen Behandlungen.

Es sollte betont werden, daß die Ergebnisse nur für die gestellten Versuchsbedingungen und Standortseigenschaften Gültigkeit haben. Eine Verallgemeinerung in diesem Stadium ist nicht möglich.

Zusammenfassend können folgende Schlußfolgerungen aus den erhaltenen Ergebnissen gezogen werden:

1. Ein Anbau von A. afraspera auf besseren, N-reichen Böden kann aufgrund der relativen Unempfindlichkeit der Stengelknöllchen gegenüber Mineral-N nicht nur den Ertrag, sondern auch die Stickstoffakkumulation erhöhen.
2. Beim Anbau von A. afraspera wäre es empfehlenswert, die P und K Grunddüngung für die nachfolgende Getreidefrucht bereits zur Gründüngung zu verabreichen.

3. Das hohe Ertragspotential und die überdurchschnittlich hohe N-Bindung von A. afraspera sind abhängig von einer künstlichen Stengelbeimpfung. Eine solche Maßnahme ist somit unerlässlich für eine effiziente Entwicklung und Nutzung der Pflanze.
4. Aufgrund des Aktivitätsmaximums der Stengelknöllchen in einem Alter von etwa 3 Wochen unter den gestellten Bedingungen, empfiehlt sich dieser Zeitpunkt als vorläufige Richtzahl für eine optimale Nutzung als Gründüngung.
5. Abschließend bleibt festzustellen, daß der eventuelle Anbau von A. afraspera als Gründüngung vor Naß-Reis im Rahmen der low-input Landwirtschaft eine vielversprechende Alternative zum teuren Mineralstickstoff darstellt. Weitere Untersuchungen an verschiedenen Standorten sind erforderlich.

## RÉSUMÉ

Ce n'est qu'en 1984 que D. ALAZARD a reconnu qu'Aeschynomene afraspera, une légumineuse tropicale à croissance rapide, est capable de former des nodules fixateurs d'azote sur les racines ainsi que sur les tiges. De ce fait résulte la capacité d'accumuler en peu de temps des grandes quantités d'azote, ce qui rend cette plante intéressante pour une utilisation éventuelle comme engrais vert dans le cadre de l'agriculture des pays du tiers monde (low-input). En pratique, il ne suffit pas de respecter les conditions éco-climatiques nécessaires à la plante, il faut connaître entre autre ses demandes en éléments nutritifs. Du fait de la présence de nodules sur les tiges, la question se pose de savoir comment ces nodules vont réagir, dans leur développement et pour la fixation d'azote, à un apport en macroéléments (NPK), et à quel degré, le rendement en masse organique et en azote est amélioré par une inoculation artificielle des tiges, à quel âge des nodules la fixation d'une plante est maximale et quel est l'effet d'une incorporation d'A. afraspera comme engrais vert sur le rendement du riz.

Les plantules utilisées pour les expériences étaient stériles. A l'âge de 30 jours avait lieu l'inoculation des tiges avec une suspension diluée de la souche de Rhizobium spp. Nr. ORS 322 isolée à partir d'un nodule de tige, et appliquée à l'aide d'un vaporisateur. A l'âge de 50 jours ont été déterminés le poids frais, l'ARA ( $\mu\text{M C}_2\text{H}_4/\text{h}$ ) et la teneur en azote dans la matière sèche, ainsi que le nombre et le poids des nodules.

L'influence de concentrations croissantes d'azote dans le milieu nutritif (0,3,6,12 et 15 mM de  $\text{NO}_3^-$  sous forme de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) sur la fixation biologique d'azote a été étudiée sous conditions stériles dans la chambre de croissance.

Si on rajoutait l'azote dans le milieu hydroponique à un âge de plante de 45 jours (nodules pleinement développés) les nodules de tiges ne montraient pas de baisse de l'ARA jusqu'à une concentration de 6 mM, par contre l'ARA des nodules de racines avait diminué de 50% par rapport à l'activité initiale avec une concentration de 3 mM N/l (tab. 8). Si les plantes ont été élevées sur milieu azoté, il n'y avait pas seulement

une baisse de l'ARA des nodules des racines à basse concentration d'azote mais aussi une diminution du nombre des nodules. Par contre le nombre des nodules de tiges n'a pas été affecté par l'azote combiné même à une concentration de 15 mM N/l (tab. 9). L'influence d'apports croissants d'urée au champ (0, 50, 100 et 200 kg N/ha) sur le rendement en masse organique et sur la fixation d'azote donnait des résultats semblables à ceux obtenus en milieu hydroponique: 100 kg N/ha diminuaient le nombre et l'ARA des nodules des racines, par contre au niveau des tiges cet apport azoté augmentait le nombre des nodules par une stimulation de la croissance végétale. Ce n'était qu'à partir de 200 kg N/ha qu'étaient diminués le nombre ainsi que l'ARA des nodules de tiges (tab. 10 et 11).

L'influence de l'amélioration de la nutrition en P et K a été examinée aux champs sur un sable de dune très pauvre en éléments nutritifs. (0 et 100 mg P/kg de sol, donné sous forme de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  et 0, 100 et 200 mg K/kg de sol sous forme de KCl). L'importance du phosphate est remarquable. Sans P la formation des nodules de tiges était réprimée et le rendement en matière organique restait faible. Un apport de 100 mg P/kg de sol augmentait le poids frais et l'ARA par plante de 10 fois. Une augmentation en potassium de 0 à 200 mg/kg doublait le poids frais et l'ARA par plante (tab. 12).

L'influence d'une inoculation artificielle des tiges d'Aeschynomene afraspera a été étudiée au champ sur un sol sableux. Une inoculation des tiges entraînait une augmentation de la masse végétale de l'ordre de 600% avec en même temps une augmentation de la teneur en azote dans la matière sèche de 30%. Il en résulte que les nodules de tiges fournissent presque 90% de l'azote pour A. afraspera et que la plante couvre seulement 10% de ses besoins en azote avec l'azote du sol ou celui fixé dans les nodules de racines.

L'activité des nodules de tiges en fonction de leur âge a été étudiée lors d'une expérience au champ sur du sol sableux. A partir de l'inoculation a été récolté un lot de plantes tous les 7 jours. L'ARA augmentait avec la maturation des nodules, atteignait un maximum 3 semaines après l'inoculation et diminuait rapidement. En conséquence, on accepte une rapide dégression de l'accumulation d'azote, si on repousse la récolte d'A. afraspera à plus que 3 semaines après l'inoculation (tab. 13).

Les effets d'une incorporation d'A. afraspera sur le rendement du riz ont été étudiés dans des microparcelles de 1 m<sup>2</sup> sur sol sableux. On comparait 3 traitements: (1) 7,5 kg de masse végétale fraîche d'A. afraspera âgée de 50 jours, coupée en morceaux de 10 cm et incorporée au sol 20 jours avant le repiquage du riz. (2) 100 kg d'azote sous forme d'urée donnés en 2 fois. (3) Contrôle.

Dans les parcelles avec un apport de 100 kg N/ha, le rendement en graines de riz a été augmenté de 129 g/m<sup>2</sup>, soit 27% par rapport au contrôle. Avec A. afraspera comme engrais vert le rendement a été augmenté de 398 g/m<sup>2</sup>, soit 83% avec en plus une augmentation de la teneur en azote dans la matière sèche.

Des résultats obtenus on peut tirer les conclusions suivantes:

1. Grâce à l'insensibilité relative des nodules de tiges envers l'azote combiné, une culture d'A. afraspera sur des sols plus riches en azote n'augmente pas seulement le rendement en matière végétale mais aussi la quantité d'azote fixé.
2. Il est conseillé de donner toute la quantité d'engrais de fond (P, K) prévu pour le riz déjà à la semence de l'engrais vert.
3. Le rendement en matière végétale et la quantité exceptionnelle d'azote fixé sont liés à une inoculation artificielle des tiges. Une telle intervention est indispensable pour le succès de cette culture en milieu paysan.
4. Comme l'activité des nodules est maximale 3 semaines après l'inoculation, il faut considérer cette date comme optimale pour la récolte (incorporation) de l'engrais vert.
5. Pour terminer il reste à noter que l'utilisation d'A. Afraspera comme engrais vert présente une alternative prometteuse par rapport à l'engrais azoté coûteux pour l'agriculture des pays pauvres.