

Der Einfluss organischer Düngung im Langzeitdüngungsversuch auf das Ausmaß der Wurzelinfektion mit Arbuskulärer Mykorrhiza sowie die Entwicklung des wurzelexternen Myzels bei Kartoffel (*Solanum tuberosum*)

Effect of organic fertilisation on the root colonisation by arbuscular mycorrhizal fungi within a long-term fertilisation trial and the development of the extraradical mycelium of potato (*Solanum tuberosum*)

D. Scharfy^{1,2}, J. Raupp¹, E. Neumann², V. Römheld²

Key words: fertilisation, farmyard manure, AMF-abundance, hyphal compartments

Schlüsselwörter: Düngung, Stallmist, AMF-Vorkommen, Hyphenkompartimente

Abstract:

In the present study, AMF root colonisation of potato plants was compared between organically and minerally fertilised field plots, which did not significantly differ in the total amount of plant available P. The AMF root colonisation was increased in response to organic fertilisation. This indicates that organic fertilisation can enhance AMF development independently from the soil P fertilisation level. Furthermore, soil grown mycelium was trapped in fungal compartments. This technique allowed the extraction and quantification of coarse and finely branched soil grown hyphae after harvest. The soil in the fungal compartments was either fertilised with low or with high amounts of mineral P. In organically fertilised field plots, the amounts of finely branched hyphae in fungal compartments filled with soil of a high P fertilisation level were much higher compared to compartments filled with low P soil. It is discussed, whether AMF isolates from organically managed field sites have a better ability to forage for locally restricted, P rich soil patches compared to AMF isolates from minerally fertilised fields.

Einleitung und Zielsetzung:

Hyphen von arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMF), die sich von der Wurzel der Wirtspflanze ausgehend in den Boden ausbreiten, haben die Fähigkeit, Nährstoffe wie Phosphat (P), Zink oder Kupfer aus dem Boden aufzunehmen, sie zur Wirtspflanze zu transportieren und dort an deren Wurzel abzugeben (GEORGE, 2000, LI *et al.*, 1991b). Der Beitrag der AMF zur Nährstoffaufnahme kann insbesondere auf Böden mit einer geringen Nährstoffverfügbarkeit beträchtlich sein (DODD *et al.*, 1990; NEUMANN und GEORGE, 2004). Für die vorliegende Studie wurde darum eine Technik entwickelt, die die Extraktion und Quantifizierung von bodenbürtigem, pilzlichem Myzel im Feld erlaubt.

In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass die Besiedelung von Kulturpflanzen mit AMF auf ökologisch bewirtschafteten Flächen häufig sehr viel höher ist als auf konventionell bewirtschafteten Äckern (DOUDS *et al.*, 1995, SATTELMACHER *et al.*, 1991). In den meisten Studien wiesen konventionell bewirtschaftete Böden allerdings eine sehr viel höhere P-Löslichkeit auf. Die geringere Mykorrhizierung konnte darum oft mit dem negativen Effekt hoher P-Löslichkeit auf die AMF - Entwicklung erklärt werden, die seit langem bekannt ist (NAGAHASHI und DOUDS, 1996). Ziel der vorliegenden Studie war es darum, die Auswirkung der Düngerart (organisch versus

¹ Institut für Biologisch-Dynamische Forschung (IBDF) e.V., Brandschneise 5, 64295 Darmstadt, raupp@ibdf.de.

² Institut für Pflanzenernährung der Universität Hohenheim (330), 70593 Stuttgart, d.scharfy@gmx.de, enemann@uni-hohenheim.de.

mineralisch) auf die Entwicklung der AMF unabhängig von der Menge an pflanzenverfügbarem P im Boden zu untersuchen. Dazu wurden Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum*, Sorte Quarta) aus einem Langzeitversuch am Institut für Biologisch-Dynamische Forschung (IBDF) e.V. beprobt. Mineralisch und mit Rottemist gedüngte Parzellen dieses Versuchs wiesen nur geringe Unterschiede in der Menge an pflanzenverfügbarem P im Boden auf.

Methoden:

Der Langzeitversuch wurde 1980 auf einer sandigen Braunerde (pH = 6.6) angelegt. Der Versuch beinhaltet die Düngungsarten mineralisch (MIN), organisch mit Rottemist (RM) und organisch mit Rottemist und allen biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD), jeweils in einer niedrigen (N), mittleren (M) und hohen (H) Stufe und ist mit 4 Wiederholungen angelegt. Die pro Jahr zugeführten Mengen an N, P und K sind Tab.1 zu entnehmen. Weitere Einzelheiten zu dem Versuch siehe unter www.ibdf.de/v1.

Tabelle 1.: Mit der Düngung zugeführte Mengen an N, P und K pro Jahr.

	MIN			RM			RMBD		
	N	M	H	N	M	H	N	M	H
N (kg ha ⁻¹)	50.0	100.0	150.0	50.0	100.0	150.0	50.0	100.0	150.0
P (kg ha ⁻¹)	26.2	40.2	52.4	13.1	26.2	39.3	14.4	28.4	42.8
K (kg ha ⁻¹)	124.5	166.0	207.5	63.1	126.2	189.2	68.1	135.3	203.4

Um das im Boden gebildete wurzelexterne Myzel zu quantifizieren, wurden Hyphenkompartimente konstruiert, die beim Pflanzen der Kartoffelknollen am 19.04.2004 in den Boden eingesetzt wurden. Eine Platzierung in Wurzelnähe stellte die Erreichbarkeit für die AMF-Hyphen sicher. Die Kompartimente bestanden aus 50 ml PE-Flaschen, in die zwei Fenster geschnitten wurden. Vor diese Fenster wurde eine Membran geklebt, deren Maschenweite von 30 µm lediglich Pilzhypen, nicht aber Pflanzenwurzeln ein Hindurchwachsen erlaubte. Die Kompartimente wurden mit einer autoklavierten Mischung aus 40 µm nass gesiebt Boden (mineralischer, schluffreicher Unterboden mit einem pH von 7.3) und Glasperlen (2mm gross) gefüllt. Der Boden wurde entweder mit 50 mg P/kg Trockenboden (-P Komp) oder mit 150 mg P/kg Trockenboden (+P Komp) gedüngt. Zwei zufällig ausgewählte Kartoffelpflanzen von jeder Parzelle der Düngungsstufe H wurden mit jeweils einem -P Komp und einem +P Komp versehen. Am 07.07.2004, im Stadium der Fruchtentwicklung (EC 70), wurden die Hyphenkompartimente wieder aus dem Boden geholt. Die Länge grober Hyphen wurde mit einer modifizierten Agarfilm-Technik (LI *et al.*, 1991a) bestimmt. Die Länge einzelner Hyphen in ‚Hyphenclustern‘ konnte nicht mit der Agarfilm-Technik bestimmt werden. Stattdessen wurde die Fläche der Hyphencluster auf dem Agarfilm mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogrammes Axiovision, Carl Zeiss GmbH, Deutschland, gemessen. Mit dem Herausnehmen der Hyphenkompartimente wurden auch die Pflanzen geerntet, unter denen die Kompartimente vergraben waren. Die mit AMF infizierte Wurzellänge der geernteten Pflanzen wurde nach dem Einfärben pilzlicher Strukturen mit Trypanblau bestimmt (KOSKE & GEMMA, 1989, TENNANT, 1975). Das Vorkommen von Hyphen, Arbuskeln oder Vesikeln zählte als infizierte Wurzeleinheit. Die Mittelwerte der Düngermengen innerhalb der gleichen Düngungsart wurden

mit einer One Way ANOVA verglichen (Kleinbuchstaben in Abb. 1). Die Mittelwerte der Düngungsarten innerhalb der gleichen Aufwandmenge wurden ebenfalls mit einer One Way ANOVA (Großbuchstaben in Abb.1; Student Newman Keuls Test) verglichen. Werte mit ungleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$).

Ergebnisse und Diskussion:

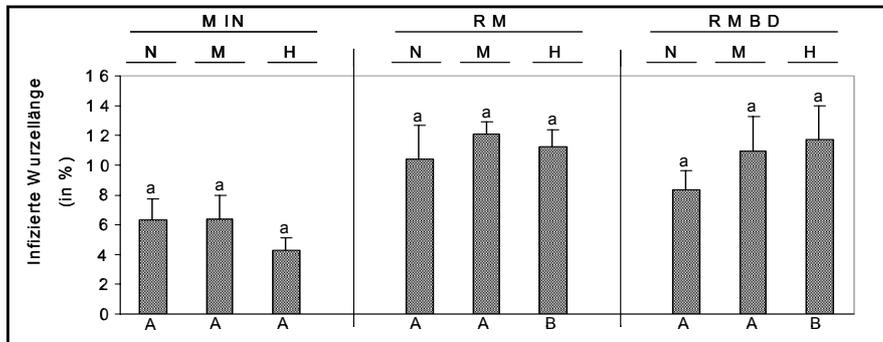


Abb.1: Die mit AMF infizierte Wurzellänge in Prozent (Mittelwerte \pm Standardfehler).

Wurzeln von Pflanzen der Düngungsstufe H wiesen bei Rottemistdüngung signifikant höhere AMF-Infektionsraten auf als bei mineralischer Düngung (Abb. 1). Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass organische Düngung unabhängig von der Menge pflanzenverfügbarer Nährstoffe im Boden einen positiven Einfluss auf die Mykorrhizierung von Kulturpflanzen haben kann.

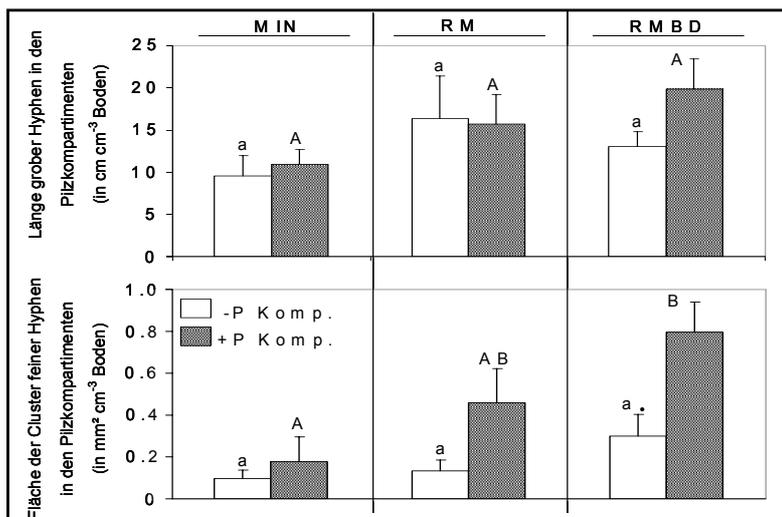


Abb.2: Oben: Die Längendichten grober Hyphen in den Pilzkompartmenten mit hoher (+P Komp.) und niedriger (-P Komp.) P-Düngung in cm cm⁻³.

Unten: Die Fläche der Büschel feiner Hyphen in den Pilzkompartmenten in mm² cm⁻³.

Jeweils Mittelwerte \pm Standardfehler.

Die Werte für die -P Komp. (kleine Buchstaben in Abb.2) und die Werte für die +P Komp. (Großbuchstaben in Abb.2) wurden untereinander mit einer One Way ANOVA (Student Newman Keuls Test) verglichen. Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0.05$). Werte für -P Komp., die mit einem schwarzen Punkt markiert sind, unterscheiden sich signifikant (t-test, $p < 0.05$) von denen der +P Komp. innerhalb der gleichen Variante (Abkürzungen der Behandlungen siehe Tab.1).

Die Länge grober Hyphen, die in die Pilzkompimente gewachsen waren, unterschied sich nur wenig in Abhängigkeit von der Düngerart (Abb.2). Auch war die Länge grober Hyphen in den -P Komp und den +P Komp nicht signifikant unterschiedlich. Im Gegensatz dazu wiesen die Flächen der Hyphencluster deutliche Unterschiede zwischen den Behandlungen auf. Pilzkompimente aus organisch gedüngten Parzellen enthielten offenbar eine größere Menge fein verzweigter Hyphen als Pilzkompimente aus mineralisch gedüngten Parzellen. Bei den organisch gedüngten Behandlungen

enthielten die +P Komp weitaus mehr fein verzweigte Hyphen als die -P Komp. Man nimmt an, dass fein verzweigten AMF-Hyphen im Wesentlichen die Aufgabe der P-Aufnahme zukommt, während grobe AMF-Hyphen vor allem der Ausbreitung der Infektion dienen (FRIESE und ALLEN, 1991).

Schlussfolgerungen:

Die stärkere Wurzelbesiedelung der mistgedüngten Kartoffeln im Vergleich zur Mineraldüngung, kann aufgrund des vergleichbaren P-Versorgungsgrades als AMF-fördernde Wirkung der organischen Düngung interpretiert werden. In den hochgedüngten Hyphenkompartimenten der RM- und RMBD-Varianten war die Menge an feinem wurzelexternem Myzel größer im Vergleich zu den Kompartimenten mit niedriger P-Düngung. Dies könnte eine Anpassung an die heterogenere Verteilung der Nährstoffe in einem mit Rottemist gedüngten Boden sein.

Literatur:

Dodd, J C, Arias I, Koomen I, Hayman D S (1990) The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid- infertile soils of a savanna ecosystem. The effect of pre-cropping and inoculation with VAM-fungi on plant growth and nutrition in the field. *Plant and Soil* 122, 229-240

Douds Jr. D D, Galvez L, Janke R R, Wagoner P (1995) Effect of tillage and farming system upon populations and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52, 111-118

Friese C, Allen M F (1991) The spread of VA mycorrhizal fungal hyphae in the soil: Inoculum types and external hyphal architecture. *Mycologia* 83, 409-418

George E (2000) Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to plant mineral nutrition. In: Kapulnik Y, Douds jr D D (eds.). *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. Pp. 307-343

Koske R E and Gemma J N (1989) A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycol. Res.* 92, 486-505.

Li X-L, Marschner H, George E (1991b) Acquisition of phosphorus and copper by VA-mycorrhizal hyphae and root-to-shoot transport in white clover. *Plant and Soil* 136, 49-57

Nagahashi G, Douds D D (1996) Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of the VAM fungus *Gigaspora margarita* directly and indirectly through its effect on root exudation. *Mycorrhiza* 6, 403-408

Neumann E, George E (2004) Colonisation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) enhanced phosphorus uptake from dry soil in *Sorghum bicolor* (L.). *Plant and Soil* 261, 245-255

Sattelmacher B, Reinhard S, Pomikalko A (1991) Differences in mycorrhizal colonization of rye (*Secale cereale* L.) grown in conventional or organic (Biological-dynamic) farming systems. *Journal of Agronomy and Crop Science* 167, 350-355.

Tennant D (1975) A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63, 995-1001