

Ertrag und Wurzelkolonisation mit arbuskulären Mykorrhiza-Pilzen von organisch oder mineralisch gedüngtem Weizen auf trockenem, sandigen Boden

Raupp, J.¹, Oltmanns, M.¹, Jarosch, A.-M.¹ und Neumann, E.²

Keywords: mineral fertilizer, cattle manure, drought, nitrogen, mycorrhiza

Abstract

We investigated wheat yield and arbuscular mycorrhiza (AM) fungal root colonization and spore formation in response to fertilization, either with high or low amounts of mineral fertilizer or cattle manure since 27 years. At low rates there was no difference in yield between minerally and organically fertilized plants. High rates of mineral fertilizers reduced yields. Reasons can be that either the high nitrogen availability was less effectively used for grain development of minerally fertilized plants, or the mineral fertilization rendered the plants more sensitive towards drought stress. The extent of AM fungal root colonization appeared to depend on the plant P nutritional status rather than the type of fertilizer applied. The lower fertilization showed higher rates of AM root colonization. The number of AM spores, however, was higher in organically compared with minerally fertilized soil, indicating that organic fertilization increased reproduction of these beneficial microbes under dry soil conditions.

Einleitung und Zielsetzung

Die Mobilität von Mineralstoffen in der Bodenlösung nimmt gewöhnlich mit zunehmender Bodentrockenheit ab (Gahoonia et al.1994). Zudem ist in trockenen Böden die mikrobielle Aktivität und somit die Freisetzung von Mineralstoffen aus organischer Substanz stark verzögert. Daher kann es bei organisch gedüngten Pflanzen in trockenen Böden zu einer unzureichenden Nährstoffversorgung kommen. Nützliche Bodenorganismen wie arbuskuläre Mykorrhiza-Pilze (AMP) können das Pflanzenwachstum bei Bodentrockenheit verbessern (Augé 2001). Über die Effekte verschiedener Düngemittel auf die Etablierung der AMP-Symbiose unter trockenen Bodenbedingungen ist aber erst wenig bekannt. Unser Ziel war daher, die Effekte von Stallmist und Mineraldünger in verschiedenen Aufwandmengen auf die Entwicklung von Sommerweizen sowie auf die Wurzelkolonisation mit AMP und deren Sporenbildung in einem Langzeitversuch auf trockenem, sandigem Boden zu untersuchen.

Methoden

Die Untersuchungen fanden an einem Langzeit-Versuch in Darmstadt, Deutschland (49° 50' N, 8° 34' E; 100m ü.NN; sandige Braunerde) statt. Die Parzellen wurden seit 1980 entweder mit Rottemist und den biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD) oder mit Mineraldünger (Kalkammonsalpeter, Superphosphat, Kalimagnesia) (MIN) gedüngt. Bemessen nach dem Gesamt-Stickstoffgehalt wurden von beiden Düngerarten zwei verschiedene Mengen appliziert (Tabelle 2). Jede Variante gab es in vier Wiederholungen als Streifenanlage. In 2007 wurde Sommerweizen (*Triticum aestivum* L., var. Passat) angebaut; die Vorfrucht war Alexandrinerklee (*Trifolium*

¹ Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Brandschneise 5, 64295 Darmstadt

² Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Theodor-Echtermeyerweg 1, 14979 Großbeeren

alexandrinum L., var. Alex). Der Frühling 2007 war extrem trocken (Tabelle 1). Im Mai und Juni wurden insgesamt 23 mm bewässert. Die Kornproben wurden nach den üblichen Standards auf einen Mindestdurchmesser von 2,2 mm gesiebt. Weitere Details des Experiments beschreiben Raupp und Oltmanns (2006).

Am 10.07.2007 (der Weizen befand sich im Stadium BBCH 75) wurden aus zwei Tiefen (0-5 cm und 5-10 cm) Bodenproben für die Untersuchungen der AM-Sporendichte und der Wurzelkolonisation mit AMP entnommen. Nach Anfärbung der Wurzeln mit Trypan-Blau und Milchsäure (Koske & Gemma 1989), erfolgte die Erfassung der infizierten Wurzellänge mit einer modifizierten Gridline-Intersection-Method (Tennant 1975). Nach der Methode von Ianson und Allen (1986) wurden die Pilzsporen aus je 80g luftgetrocknetem Boden isoliert und nach Fixierung (Thomas et al. 1965) unter einem Stereoskop gezählt.

**Tabelle 1:
Lufttemperatur (°C)
und Niederschläge
(mm) im Jahr 2007.**

Monat	°C	mm
März	7,3	55,8
April	13,5	1,0
Mai	15,5	154,5
Juni	18,7	86,3
Juli	18,3	91,0

Analytische Daten wurden auf Normalverteilung geprüft. Anschließend wurde eine Varianzanalyse mit dem Split-Block-Modell von Federer (1975), Beispiel 7.3 gerechnet. Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0.05$).

Tabelle 2: Ausgebrachte Mengen (kg ha⁻¹) an Stickstoff, Phosphor und Kalium (N/P/K) mit Mist (RMBD) oder Mineraldünger (MIN) in zwei Stufen.

Applikationszeitpunkt			niedrig	hoch
			N/P/K	N/P/K
RMBD	Rottemist	vor Aussaat	60/16/115	100/26/191
	Jauche	Bestockung	-	40/<1/ 56
MIN	1.Applikation	vor Aussaat	60/22/62	100/44/104
	2.Applikation	Bestockung	-	40/ 0/ 0

Ergebnisse und Diskussion

Düngungseffekte auf den Weizenertrag und den Mineralstoffgehalt im Weizenstroh

In 2007 war der Ertrag mit 31-33 dt ha⁻¹ (Abbildung 1) etwa 7 dt ha⁻¹ unter dem langjährigen Mittel dieser Kultur in diesem Versuch. Dies ist wahrscheinlich auf den geringen Niederschlag im März und April (Tabelle 1) zurückzuführen. Aus technischen Gründen konnte zu dieser Zeit noch keine Beregnung stattfinden. Bei der Variante mit hoher Mineraldüngung wurden sehr viele Kümmerkörner gebildet (Daten nicht gezeigt). Daher war hier der Kornertrag signifikant geringer als bei allen anderen Varianten.

Die schlechte Kornausbildung bei der hohen Mineraldüngerstufe zeigte sich auch beim Tausendkorngewicht. Mit 34 g anstelle von 38-41 g war es in dieser Variante am geringsten ($p < 0,05$).

Die Stickstoffkonzentration im Weizenstroh war in beiden Düngerstufen bei MIN signifikant höher als in RMBD (Tabelle 3).

Die Phosphor- und Kaliumgehalte im Stroh stiegen bei beiden Düngerarten mit erhöhter Applikationsmenge an. Die N-Gehalte zeigen die leichtere N- Verfügbarkeit bei Mineraldüngung. Die intensive N-Aufnahme war allerdings ineffizient für die Ertragsbildung der Pflanzen. Bei zunächst hoher N-Verfügbarkeit haben die mineralisch gedüngten Pflanzen in frühen Wachstumsstadien viele Kornanlagen gebildet.

In späteren Wachstumsphasen konnten sich dann die Körner allerdings wegen Mangel an Nährstoffen und vielleicht auch an Wasser nicht richtig entwickeln.

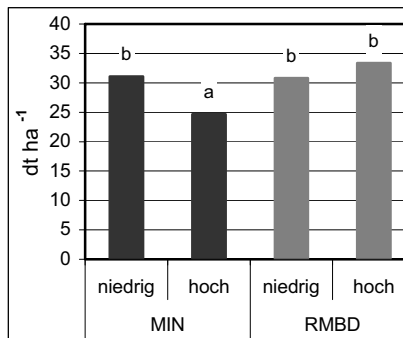


Abbildung 1: Korntrag von Weizen (dt ha⁻¹) bei Mineraldüngung (MIN) und Rottemisdüngung mit den biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD), jeweils in zwei Stufen

Auswirkungen des Düngungsmittels auf die Wurzelkolonisation mit AM Pilzen und die Sporenproduktion

Die mit AMP infizierte Wurzellänge nahm mit zunehmender Düngermenge ab; die Düngerart hatte lediglich einen geringen Einfluss (Tabelle 4). Tabelle 3 zeigt, dass der P-Gehalt der Pflanzen unabhängig von der Düngerart mit steigender Düngermenge zunimmt. Dies unterstützt die frühere Annahme, dass der pflanzliche P-Status ein entscheidender Faktor für die externe Wurzelinfektion mit AMP ist. Die Anzahl der gefundenen AMP-Sporen im Boden (Tabelle 5) sind im Vergleich zu anderen Untersuchungen, in denen die Anzahl meist unter 100 Sporen pro g trockenem Boden lag (Dandan & Zhiwei 2007, Mathimaran et al. 2005) recht hoch. Möglicherweise stammten nicht alle gefundenen

Tabelle 3: Gehalte an Stickstoff, Phosphor und Kalium im Stroh (% TM) bei Stallmisdüngung (RMBD) und Mineraldüngung (MIN)

		RMBD	MIN	Mittel
N (%TM)	Niedrig	0,40 a	0,56b	0,48
	Hoch	0,53 b	0,91c	0,72
	Mittel	0,47	0,73	
P (%TM)	Niedrig	0,10	0,11	0,11a
	Hoch	0,12	0,14	0,13b
	Mittel	0,11	0,12	
K (%TM)	Niedrig	0,66	0,94	0,80a
	Hoch	1,11	1,38	1,25b
	Mittel	0,89	1,16	

Tabelle 4: Länge der mit AMP kolonisierten Wurzeln in Prozent der Gesamtwurzellänge in verschiedenen Bodentiefen

Bodentiefe	RMBD		MIN	
	niedrig	hoch	Niedrig	hoch
0-5 cm	54,2	37,3	58,7	31,5
5-10cm	64,7	40,2	67,2	32,5
Mittel	59,4 c	38,8 b	63,0 c	32,0a

Beprobungstermin.

Tabelle 5: Anzahl der AM-Pilzsporen pro g trockenem Boden

Bodentiefe	RMBD		MIN		Mittel
	niedrig	hoch	niedrig	hoch	
0-5 cm	203	223	133	157	179y
	213 c		145	ab	
5-10 cm	154	166	121	137	145x
	160 b		129 a-		

geschieht hauptsächlich durch Sporulation. Daher kann durch unsere Ergebnisse angenommen werden, dass (1) bezüglich des Reproduktionserfolgs die Fitness der AMP in organisch gedüngtem Boden höher war als im mineralisch gedüngten und dass (2) im Vergleich zu mineralischer Düngung organische Düngung das AM-Infektionspotential steigert.

Sporen von den Weizen-Mykorrhizapilzen, sondern zum Teil noch von den AMP der mykotrophen Vorfrüchte. Bei den meisten Endomykorrhizapilzarten erfolgt die Sporulation nach erfolgreicher Wurzelbesiedlung kontinuierlich, erreicht aber am Ende der Vegetationsperiode einen Höhepunkt. Es ist aus diesem Grund wahrscheinlich, dass die Sporenzahlen am Ende der Anbauperiode noch höher waren als zum

Die Anzahl der Sporen bei Mistdüngung war signifikant höher als bei mineralischer Düngung. Der organische Dünger scheint die Sporulation der AMP stimuliert zu haben. Aus früheren Studien wurde beschrieben, dass organische Substanzen wie Huminsäuren oder Chitin die AM- Sporulation stimulieren (Gryndler et al. 2003, 2004), was auch in unserem Versuch eine Rolle gespielt haben könnte. Die Reproduktion von AM-Pilzen

Schlussfolgerungen

Unsere Ergebnisse lassen vermuten, dass bei verminderter Wasserzufuhr und Einsatz von hohen Düngermengen mit organischem Dünger höhere Erträge erzielt werden können als unter Verwendung von Mineraldünger. Da die Anzahl der AM-Sporen im organisch gedüngten Boden höher war, kann man erwarten, dass die Fitness und Reproduktion der AMP als nützliche Bodenorganismen in trockenen und sandigen Böden durch Stallmist gefördert wird.

Literatur

- Augé R.M. (2001): Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.
- Dandan Z. & Zhiwei Z. (2007): Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. *Applied Soil Ecology* 37:118-128.
- Federer W.T. (1975): The misunderstood split plot. In: Gupta R.P.(Hrsg.): *Applied Statistics*. North-Holland Publishing Comp, S. 9-39.
- Gahoonia T.S., Raza S., Nielsen N.E. (1994): Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. *Plant & Soil* 159:213-218.
- Gryndler M., Hřšelová H., Sudová R., Gryndlerov, H., Řezáčová V., Merhautová V. (2004): Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum* BEG 23 is stimulated by humic substances. *Mycorrhiza* 15:483-488.
- Gryndler M., Jansa J., Hřšelová H., Chvátalová I. & Vosátka M. (2003): Chitin stimulates development and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology* 22:283-287.
- Ianson D.C., Allen M.F. (1986): The effect of soil texture on extraction of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores from arid soils. *Mycologia* 78:164-168.
- Koske R.E., Gemma J.N. (1989): A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research* 92:486-505.