

# Mykorrhizapilze als Nichtzielorganismen für Pflanzenschutzmittel

**Karin Hage-Ahmed & Siegrid Steinkellner**

**Institut für Pflanzenschutz  
Department für Nutzpflanzenwissenschaften  
Universität für Bodenkultur Wien**

# Arbuskuläre Mykorrhiza

- Austausch von Nährstoffen (Pflanze  $\xrightarrow{\text{Kohlenhydrate}}$  Pilz)  
 $\xleftarrow{\text{P, N, Mikroelem.}}$
- Wachstumsförderung
- verbesserte Wasserversorgung
- erhöhte Trocken-, Salz-, Schwermetalltoleranz
- Verbesserung der Bodenstruktur
- Schutz vor Pflanzenkrankheiten

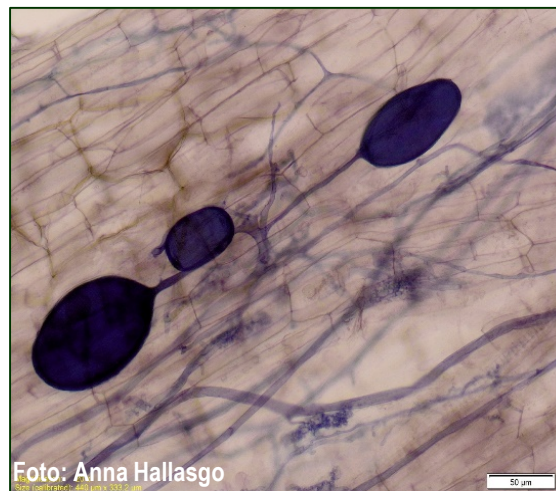
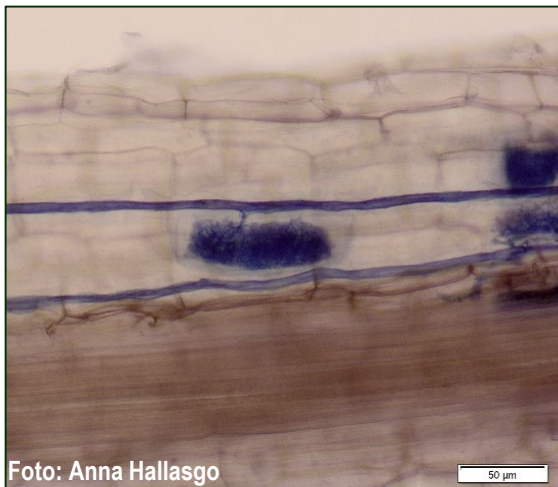


<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/fo33/arbsmall.jpg>

# Lebensweise arbuskulärer Mykorrhiza



- Obligat biotrophe Lebensweise
- Strukturen in der Pflanze:
  - Hyphen, Arbuskeln und Vesikel



# Einflussfaktoren auf AMP im Feld



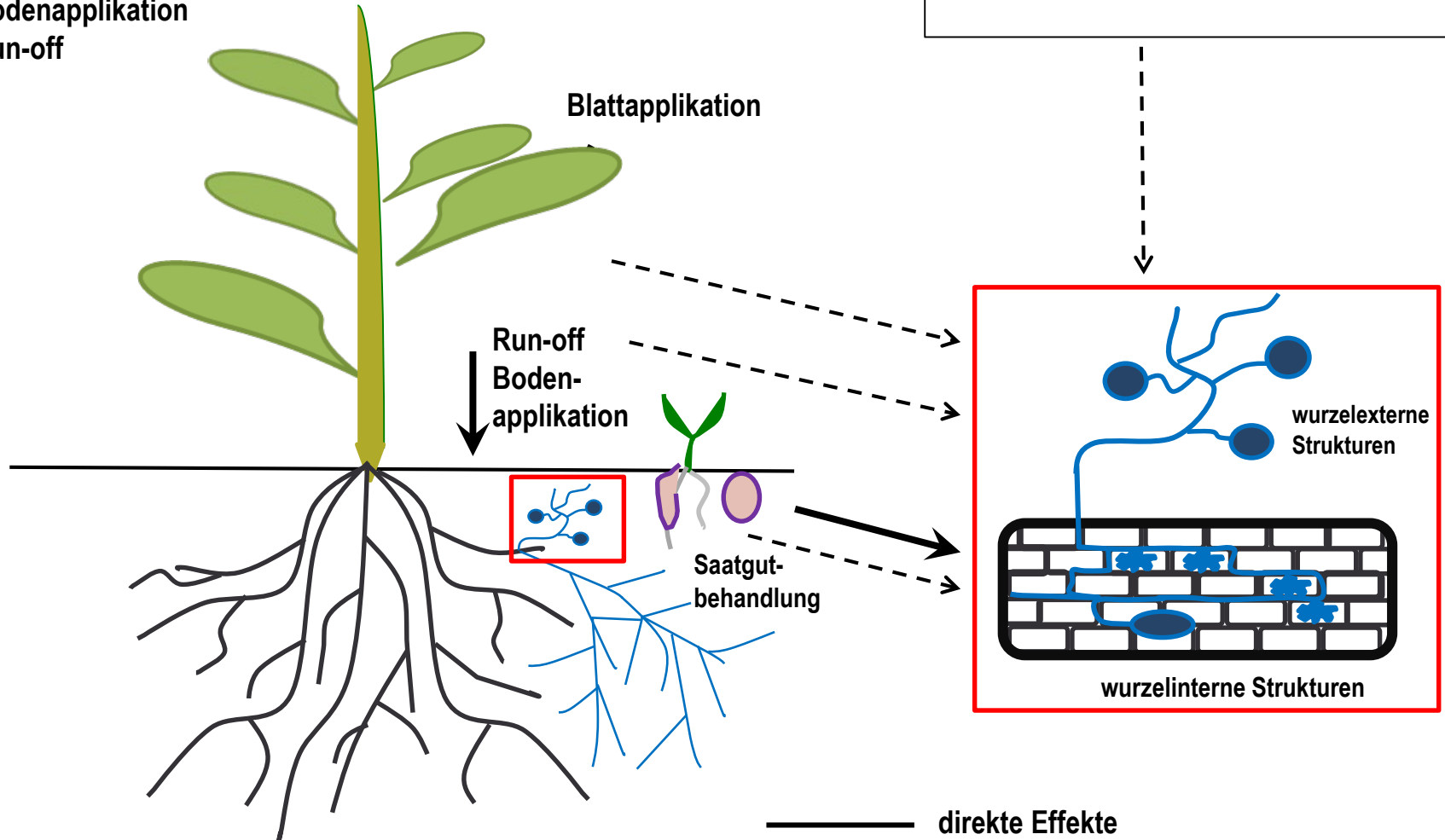
- Bodenbearbeitung (Einfluss auf Hyphennetzwerke)
- Fruchtfolge
- Düngung
- Zwischenfruchtanbau
- Pflanzenschutzmitteleinsatz

# Expositionsmöglichkeiten

- Blattapplikation
- Saatgutbehandlung
- Bodenapplikation
- Run-off

## Effekte von PSM auf die Kulturpflanze

- phytotoxisch
- neutral
- wachstumsfördernd



———— direkte Effekte  
- - - - indirekte Effekte über die Wirtspflanze

# Überlegungen zu Testsystemen



- Obligat biotrophe Lebensweise
  
- Testsysteme
  - *In vitro*-Systeme
  - Rhizoboxen
  - Topfversuche
  - Freilandversuche (Charakterisierung der Artenzusammensetzung)

# Effekte von Fungiziden auf AMP

Wirkstoff	<i>in vitro</i>	Topfversuch		Freilandversuch		Saatgut
		Blatt	Boden	Blatt	Boden	
Azoxystrobin (S)	- 0	-	-			
Captan (NS)			- +			- 0
Chlorothalonil (NS)		0	- 0	0		
Copper oxychloride (NS)		0	- 0			
Etridiazole (NS)		-	-			
Fenhexamid (NS)	- 0	0	-			
Fenpropimorph (S)	- 0		- 0			
Flutolanil (S)	- 0					
Fosetyl-AI (S)		0 +	-	- 0		
Iprodione (NS)		- 0	-	- 0		
Kresoxim-methyl (S)		-	-			
Mancozeb (NS)		-	-			
Mepanipyrim (NS)		-	-			
Metalaxyl (S)		-	- 0		- +	- 0
Pencycuron (NS)	- 0					
Propamocarb (S)		0	0			
Propiconazole (S)	- 0	-	- 0			
Thiram (NS)			- 0 +			0

## Effekte:

- negativ  
0 neutral  
+ positiv

Datenquelle - Review:  
Hage-Ahmed, K., Rosner, K.,  
Steinkellner, S.: Arbuscular  
mycorrhizal fungi and their  
response to pesticides. Pest  
Manag Sci 2019; 75: 583–590  
und weitere bei den Autoren  
erhältliche Quellen

# Effekte von Insektiziden



Wirkstoff	IRAC-code	Konzentration (empf. Aufwandm.= rar)	Versuch	AMF	Wirtspflanze	Effekte auf AMF negativ (-), neutral (o), positiv (+)			Art der Effekte auf AMF	Referenzen
Oxamyl	1A	5 mg a.i. 1 <sup>-1</sup> (=rar)	Topf	<i>F. mosseae</i> , <i>Glomus sp.</i>	<i>Cynara cardunculus</i>	-	o		negative Effekte nur bei einzelnen Gattungen	Marin et al.
Bifenthrin	3A	0, 10, 12, 15, 25 ppm a.i (=rar)	Topf	<i>Glomus sp.</i>	<i>Zea mays</i>		o		keine Effekte auf Kolonisierung	Corkidi et al.
Deltamethrin (+ Fungizide)	3A	7.5 g ha <sup>-1</sup>	Topf	AMF	<i>Medicago truncatula</i>		o		Änderung der Artenzusammensetzung	Rivera-Becerril et al.
Cypermethrin	3A	5, 10, 20, 50 ppm	Topf	AMF	<i>Archais hypogea</i>	-	o	+	Veränderung der Kolonisation, weniger Vesikel bei höheren Konz.	Vijayalakshmi and Rao
Pyrethrum	3A	1.2 rar	Topf + Freiland	<i>Claroideoglossus etunicatum</i> , <i>Rhizophagus intraradices</i>	<i>Capsicum annuum</i>		o		keine Effekte auf Kolonisierung	Ipsilantis et al.
Dimethoate	1B	5, 10, 20, 50 ppm	Topf	AMF	<i>Archais hypogea</i>	-	o	+	Zu-/Abnahme der Kolonisation im Zeitverlauf	Vijayalakshmi and Rao
Dimethoate	1B	0.001 to 100 rar	Topf	AMF	<i>Pisum sativum</i>		o		keine direkten Effekte auf Kolonisierung	Schweiger and Jakobsen
Spinosad	5	8.1 rar	Topf + Freiland	<i>Claroideoglossus etunicatum</i> , <i>Rhizophagus intraradices</i>	<i>Capsicum annuum</i>		o	+	Zunahme der Kolonisation n. 90 d, kein Effekt auf AMF-Community	Ipsilantis et al.
Azadirachtin (pure, neem)	UN	0.5-50 000 ppm	in vitro	<i>Rhizophagus intraradices</i>	<i>Daucus carota</i> (Ri T-DNA transformiert)		o		IC50 zw. 1 and >300 ppm je nach Lösungsmittel	Wan and Rahe
Azadirachtin	UN	6.0 rar	Topf + Freiland	<i>C. etunicatum</i> , <i>R. intraradices</i> , <i>F. mosseae</i>	<i>Capsicum annuum</i>	-	o		negative Effekte bei einzelnen Gattungen	Ipsilantis et al.



# Effekte von Herbiziden

Wirkstoff	HRAC- code	Konzentration (empf. Aufwandm.= rar)	Versuch	Wirts- pflanze	Effekte auf AMF			Art der Effekte auf AMF	Referenzen
					negativ (-)	neutral (o)	positiv (+)		
Fluazifop	A	187.5 a.i. ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Phaseolus vulgaris</i>	-	o		Reduktion AMF nach 12d nur bei konv. Bodenbearbeitung, kein Effekt nach 51 d; kein Effekt bei No till	Santos et al.
Nicosulfuron	B	8.00 a.i kg ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Zea may and Urochloa</i>		o			De Freitas et al.
Flzasulfuron	B	200 g ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Vitis vinifera</i>				fehlende Kontrollvariante, aber geringere AMF-Kolonisation im Vergleich zur mechan. UKB;	Zaller et al.
Fomesafen	E	250 g a.i. ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Phaseolus vulgaris</i>	-	o		Reduktion AMF nach 12d nur bei konv. Bodenbearbeitung, kein Effekt nach 51 d; kein Effekt bei No till	Santos et al.
Oxyfluorfen	E	1, 1.5 kg ha <sup>-1</sup> , 3x yr <sup>-1</sup>	Freiland	Natural cover, <i>Quercus</i>	-			geringster Shannon Diversity Index	Alguacil et al.
Flumioxazin	E	440 ml ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Prunus persica</i>		o			Zhang et al.
Glyphosinate	G	3.75 l ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Vitis vinifera</i>				fehlende Kontrollvariante, aber geringere AMF-Kolonisation im Vergleich zur mechan. UKB;	Zaller et al.
Picloram	O	0.28 kg ha <sup>-1</sup> /0.14 kg ha <sup>-1</sup>	Freiland	grassland			+		Lutgen and Rillig
Fluazifop & Fomesafen	A; E	140 g a.i. ha <sup>-1</sup> & 175 g a.i. ha <sup>-1</sup>	Freiland	<i>Phaseolus vulgaris</i>	-	o		Reduktion AMF nach 12d nur bei konv. Bodenbearbeitung, kein Effekt nach 51 d; kein Effekt bei No till	Santos et al.
Clopyralid +2,4-D	O; O	0.1+1.12 kg ha <sup>-1</sup> 0.67+1.12 kg ha <sup>-1</sup>	Freiland	grassland			+		Lutgen and Rillig
Bentazon	C3	0.37; 0.75; 1.12, 1.50 kg a.i.	Freiland	<i>Glycine max., Xanthium</i>	-	o		gegenteilige Effekte bei Soja und Spitzklette; bessere Unkrautkontrolle bei AMP-Pflanzen	Bethlenfalvai et al.
Nicosulfuron	B	10x, 100x, 1000x rar (60 g)	Freiland/Topf	<i>Zea mays</i>	-	o		Reduktion der Kolonisation bei 100x and 1000x im Topf, keine Effekte im Freiland	Karpouzas et al.
Picloram	O	2.35l ha <sup>-1</sup> , 0.1% rar	Freiland/Topf /in vitro	sorghum as subsequent	-	o		negative Effekt bei fehlender Wirtspflanze, kein Effekt bei vorhandener Wirtspflanze kein Effekt in vitro	Lekberg et al.
Diclofop	A	0.39; 2.16, 4.14 (=rar), 41.4 mg	Topf	<i>Triticum vulgare</i> and/or <i>Lolium</i>		o	+	kein Effekt bei Weizen, höhere Wurzelkolonisation bei Ryegrass mit Weizen od Roggen	Rejon et al.
Chlorsulfuron	B	0.1; 5.0, 10.0 g ha <sup>-1</sup> (rar)	Topf	<i>Glycine max., Brassica</i>		o			Mujica et al.
Metribuzin	C1	0, 175 and 350 g, 525 a.i. ha <sup>-1</sup>	Topf	<i>Hordeum vulgare</i>	-			geringere Kolonisation bei höchster Konz.	Makarian et al.
Phenmedipham	C1	0.008; 0.08; 0.8; 8 mg/ml (pot);	Topf	<i>Medicago sativa, Triticum</i>		o			Ocampo and Barea
Bromoxynil	C3	3.0; 0.6; 0.75; 0.9; 0.13 a.i. (kg)	Topf	<i>Phaseolus vulgaris, Vigna</i>	-		+	Reduktion oder Zunahme der Sporenzahl je nach Termin	Abd-Alla et al.
Isoxaflutole	F2	1/8; 1/4; 1/2; 1 x rar	Topf	<i>Zea mays</i>		o			Stoklosa et al.
Mesotrione	F2	77, 108, 144 (=rar), 216g ha <sup>-1</sup>	Topf	<i>Manihot esculenta</i>		o	+	höhere Kolonisation bis zur empf. Aufwandmenge	Silveira
MCPA	O	1.2; 12; 120 ppm	Topf	<i>Pisum sativum</i>	-			geringer Kolonisation bei mittleren und höheren Aufwandmengen	Garcia Romera and Ocampo
Bifenox & mecoprop	E; O	50 and 100 % rar; 1.0 & 2.0 µg	in vitro/ Topf	<i>Triticum vulgare</i>		o	+	höhere Sporenkeimung bei empf. Aufwandmenge (100%); keine Effekt bei Weizen	Dodd and Jeffries
Mecoprop, loxynil, Clopyralid	O; C3, O	50 and 100 % rar; 1.25 & 2.5	in vitro/ Topf	<i>Triticum vulgare</i>		o	+	höhere Sporenkeimung bei empf. Aufwandmenge (100%); keine Effekt bei Weizen	Dodd and Jeffries
Chlorotolouron	C2	50 and 100 % rar; 1.75 & 3.5	in vitro/ Topf	<i>Triticum vulgare</i>		o	+	höhere Sporenkeimung bei empf. Aufwandmenge (100%); keine Effekt bei Weizen	Dodd and Jeffries

# Effekte von Glyphosat

	Wirtspflanze	Konzentration (empf. Aufwandm.= rar)	Effekte auf AMF			Art der Effekte auf AMF	Referenzen
			negativ (-), neutral (o), positiv (+)				
	<i>Arachis hypogaea</i>	1.1; 2.2 (rar); 3.3; 21.6 µg a.i. g <sup>-1</sup> Boden		0			Pasaribu et al.
	<i>Glycine max</i>	0-454 µM in culture media; equiv. 1.25-10 l ha <sup>-1</sup>		0			dos Santo Maly et al.
Irland	<i>Citrus sp.</i>	1344 g a.i. ha <sup>-1</sup>	-	0		geringere Sporenzahl, Effekte unterschiedlich je nach Zeitpunkt	Yang et al.
	<i>Elymus repens; Festuca pratensis</i>	5l ha <sup>-1</sup> (450 g/l a.i.), 1:40 in tap water	-	0		negative Effekte je nach Pflanze, Bodenbearbeitung oder Bewuchshistorie	Helander et al.
	<i>Lolium arondiaceum</i>	0.8 & 3l ha <sup>-1</sup> (384 & 1440 g a.i. ha <sup>-1</sup> ; = control, sublethal, rar)	-	0	+	kein Effekt auf Kolonisation, weniger Sporen; weniger Arbuskeln aber mehr Vesikel bei höchster Dosis	Druille et al.
	<i>Lotus tenuis, Paspalum dilatatum</i>	384 & 1440 g acid equiv. ha <sup>-1</sup> (control, sublethal, rar)	-	0		Artspezifische Reduktion - nur bei <i>F. caledonium</i> und <i>S. constrictum</i>	Druille et al.
	<i>Trifolium incarnatum</i>	0.1 rar (2.34 l/ha)	-			geringe Infektion durch Abdrift (Mesocosm)	Watrud et al.
	<i>Vitis vinifera</i>	0.62-0.8 kg a.i. ha <sup>-1</sup> ; (+Oxyfluorfen 0.46-1.1 kg a.i. ha <sup>-1</sup> ; (+Simazine 0.92 kg a.i. ha <sup>-1</sup> ))	-	0		geringere Kolonisation bei Voraufbehandlung; saisonale Änderung, kein Effekt auf Sporen/g Boden	Baumgartner et al., Baumgartner et al.
Tott	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.96 mg a.i. per kg Trockengewicht Boden (=rar)		0			Nivelle et al.
	<i>Paspalum dilatatum; Lotus tenuis</i>	0.8 & 3l ha <sup>-1</sup>	-	0		weniger Sporen bei Bodenbehandlung, kein Effekt bei Pflanzenbehandlung; Effekte abhängig von Pflanze und Dosis, kein	Druille et al.
	<i>Lolium multiflorum</i>	0,8 & 3l ha <sup>-1</sup> (0, 0.26. and 1x rar)	-	0		geringere Sporenvitalität, geringere AMF-Kolonisation nach 30 d, weniger Arbuskeln bei höchster Dosis, kein Effekt auf Vesikel	Druille et al.
	<i>Glycine max, Brassica campestris, Sorghum halepensis</i>	0.1; 5.0, 10.0 g ha <sup>-1</sup> (rar)		0			Mujica et al.
	<i>Pea nut</i>	1.08, 2.16 (=rar), 3.24 µg a.i g <sup>-1</sup> dry soil	-	0		kein Effekt auf Hyphenlänge, weniger Sporen nach 6 Wochen, kein Effekt auf Intensität der Infektion	Pasaribu et al.
	<i>Zea mays, Glycine max, Gossypium sp.</i> (tolerant)	1.1 kg a.i ha <sup>-1</sup>	-	0	+	kein Effekt bei GMO-Soja, geringere Kolonisation bei GMO-Mais und BW, kein Effekt auf Biomasse	Savin et al.
	<i>Triticum vulgare</i>	300l/ha, 3.6 g/l			+	höhere Kolonisation im Vergleich zu mechan. Bodenbearbeitung, kein Effekt auf Wachstum, höherer P Gehalt nach 21 und 28 d	Brito et al.
	<i>Capsicum annuum</i>	0.5; 1 (rar) (equivalent 4 l 36% a.i ha <sup>-1</sup> )				langsames Absterben mykorrhizierter Pflanzen	Beltrano et al.
	<i>Capsicum annuum</i>	0.1, 0.5 & 1.0 of rar	-	0		Reduktion der Mykorrhizierung, Vesikel, Arbuskel;	Ronco et al.
	<i>Trifolium repens</i>	177.48 ml m <sup>-2</sup> (5.4xrar=33 ml m <sup>-2</sup> ); (Gly + Pelargonsäure)	-	0		geringere Kolonisation in 0-5 cm; kein Effekt in 5-10 cm und 10-30 cm	Zaller et al.

# Resümee



- Wirkung von Pestiziden auf arbuskuläre Mykorrhizapilze:  
**neutral - positiv – negativ**
- artspezifische Reaktion
- Daten tw. widersprüchlich
- komplexe Interaktionen zahlreicher Einflussfaktoren

Wirkstoff, Wirkungs- weise	Dosierung	physikalisch- chemische Eigenschaft.	Boden- parameter	andere Bodenmikro- organismen
Formulierung	Menge am Zielort	Jahr	Zwischen- frucht	Düngung
Zielort	Applikations- art	Fruchtfolge	Boden- bearbeitung	u. a.



- Das Wissen über die Artenvielfalt arbuskulärer Mykorrhizapilze in Wurzeln von Kulturpflanzen, insbesondere unter Pestizidanwendung, ist limitiert.
- Die Kombination von (Langzeit-) Feldexperimenten mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen, Pflanzenschutzverfahren und molekularen Methoden wird ein besseres Verständnis der Einflußfaktoren auf die Artenvielfalt ermöglichen.
- Es braucht weitere fundierte Daten über die Auswirkungen der Kombination von AMP-fördernder Bodenbewirtschaftung und Pestizidanwendung auf die Pflanzengesundheit und -leistung, als Basis für mykorrhizaschonende Pestizidanwendungen.
- Der Erhalt und die Förderung mikrobieller „Bodenschätze“ wie Mykorrhizapilze sind ein wichtiger Beitrag für eine verantwortungsbewusste Landwirtschaft.