



## Arbuskuläre Mykorrhizapilze im Rebberg

Die Begrünung im Rebberg beschäftigt insbesondere wegen der mit dem Klimawandel einhergehenden Trockenperioden (und neuerdings der Herbizid-Diskussion) zunehmend auch bei uns die Winzer. In der Weinbaupraxis reichen die Begrünungsvarianten von gänzlich bewuchsfreien Gassen bis zur permanenten Bodenbedeckung. Welche Auswirkungen haben häufige bzw. keine Bodenbearbeitung auf das Vorkommen nützlicher Bodenpilze, die mit den Reben eine Symbiose eingehen?

FRITZ OEHL, AGROSCOPE, WÄDENSWIL  
BRUNO KOCH, WEINGUT KASTANIENBERG, HAINFELD (D)  
[fritz.oehl@agroscope.admin.ch](mailto:fritz.oehl@agroscope.admin.ch)

Arbuskuläre Mykorrhizapilze oder kurz AM-Pilze sind bodenbürtige Pilze, die mit Pflanzenwurzeln eine symbiotische Beziehung eingehen. Auch die meisten verholzenden Pflanzen (darunter die Reben) vergesellschaften sich mit AM-Pilzen. AM-Pilze zählen zur Gruppe der Bodenorganismen mit vermutetem positiven Einfluss auf Wachstum und Gesundheit der Rebe sowie auf Bodenstabilität und Verminderung der Bodenerosion (Petgen et al. 1997; Scandellari 2017). Man geht weiter davon aus, dass AM-Pilze auch die Erntemenge und Weinqualität günstig beeinflussen, besonders in trockenen Jahren oder in Regionen, in denen

Wasser periodisch knapp wird und Trockenheit die Rebenentwicklung behindert.

### Bedeutung von «Beikräutern» und Bodenbearbeitung

AM-Pilze sind ohne pflanzlichen Partner nicht (über-) lebensfähig. Die meisten Pflanzen im Rebberg sind jedoch AM-Wirte. Den Rebberg «sauber» (d.h. unkrautfrei) zu halten heisst also, die Entwicklung und Reproduktion der Mykorrhizapilze zu behindern. Sie können dann nur noch an den Rebwurzeln leben und von da aus den Boden mit ihren feinen Fäden/Hyphen durchziehen (Abb. 1).

In diesem Kontext stellt sich die Frage nach dem Einfluss der Bodenbearbeitung, die im positiven Sinn

den Wettbewerb um Wasser und Nährstoffe (Wurzelkonkurrenz) ausschaltet, andererseits aber eben die günstigen Effekte der Besiedlung mit AM-Pilzen beinträchtigt.

Permanente Begrünung («No-Till», Abb. links; till = pflügen, bearbeiten) ist in europäischen Weinbaugebieten mit hohen Jahresniederschlägen und Steillagen verbreitet, um die Bodenerosion oder auch Bodenverdichtung zu vermeiden. In trockeneren Gebieten werden die Böden in der Vegetationsperiode aber oft periodisch bearbeitet oder gar möglichst krautfrei gehalten. In trockenen Regionen bzw. Jahren werden spontan auflaufende Gräser und Kräuter, ja selbst Gründüngungspflanzen eher als Unkräuter eingestuft, die mit den Reben um Wasser und Nährstoffe konkurrieren. Das Management der natürlichen oder bewusst etablierten Beikraut-Flora erlangt speziell wegen des Klimawandels (Rupp 1996, Koch und Oehl 2018) zunehmend an Bedeutung.

### Stossrichtung der Versuche

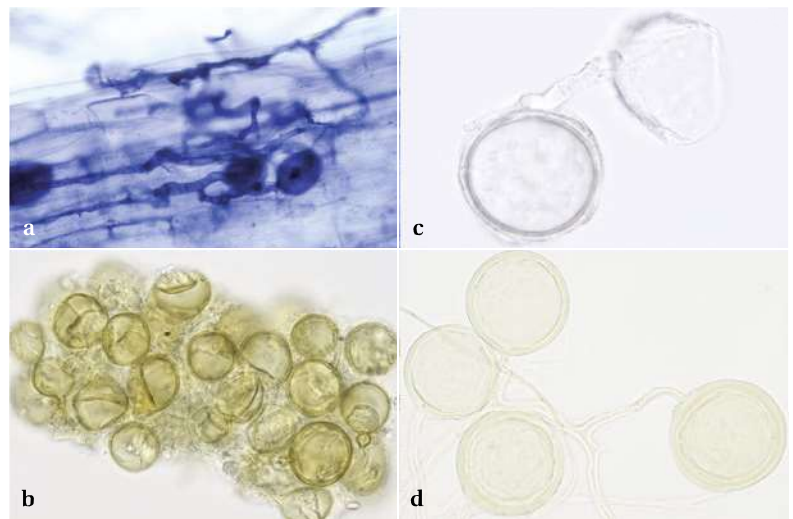
Unser Ziel war, Unterschiede bezüglich AM-Pilzen in zwei 39-jährigen, benachbarten und identisch mit Pinot gris bestockten Parzellen in der Pfalz (D) zu bestimmen. Die Bewirtschaftung unterschied sich im Wesentlichen nur in der Bodenbearbeitung und Düngung. Die Pfalz ist eine der trockensten und wärmsten Regionen Mitteleuropas mit einem atlantischen, kontinentalen wie auch mediterranen Aspekt, was sich in Kastanienwäldern auf Braunerden am Rand des Pfälzer Walds, Braunen Rheintal-Schwarzerden im nördlichen Teil und einer wachsenden Zahl mediterraner Pflanzen- und Tierarten manifestiert. Die Ergebnisse sollen helfen, via Anbausystemen die Fruchtbarkeit der Böden, die Verfügbarkeit von Wasser- und Nährstoffen sowie die mikrobielle Vielfalt zu verbessern.

### Geografische und klimatische Voraussetzungen

Die zwei Rebberge liegen im Südosten der Gemeinde Hainfeld (49°15'16"N; 8°06'24"O). Die mittlere Jahrestemperatur ist dort in den letzten 40 Jahren von 10.5 auf 12.2 °C gestiegen, während sich die Niederschlagsmengen (um 670 mm p.a.) kaum verändert haben (Koch und Oehl 2018). In über einem Viertel der Jahre blieb aber die Regenmenge deutlich unter 600 mm oder sogar unter 500 mm pro Jahr.

Der 89-jährige Bruno Koch (Abb. 2) erkannte schon früh die Bedeutung von Bodenbewirtschaftung und Düngung für den Rebbau und stellte auf dem Weingut Kastanienberg Vergleichsversuche an, die er nun gemeinsam mit seinem Neffen Fritz Oehl bezüglich AM-Besiedlung auswerten konnte.

Die Reben wurden im Juni 1975 gepflanzt mit 2 m Reihen- und 1.20 m Stockabstand. Im einen Rebberg wird seit 1977 nur periodisch gemulcht («No-Till»), im anderen der Spontanaufwuchs immer wieder durch Grubber oder Fräse unterdrückt («Till», Abb. 3). Im ersten Rebberg wurden Mineraldünger, im anderen organische Dünger eingesetzt; in den letzten zehn



**Abb. 1:**  
**a:** Angefärbte vesikulär-arbuskuläre Mykorrhizastrukturen einer *Dominikia-aurea*-Kultur (Vesikel etwa 40 µm im Durchmesser).  
**b:** Sporokarp von *Dominikia bernensis* (Einzelsporengrösse 30–40 µm).  
**c:** Sporenbildung bei *Palaeospora spainiae* (Sporengrösse 75 µm) seitlich an einem endständigen Hyphensack.  
**d:** Sporen von *Oehlia diaphana* aus einer Reinkultur von Agroscope (Sporengrösse 80–90 µm).



**Abb. 2:** Bruno Koch erkannte schon früh die Bedeutung von Bodenbewirtschaftung und Düngung für den Rebbau.



**Abb. 3:** Der Spontanaufwuchs in der Junganlage wird immer wieder durch Grubber oder Fräse unterdrückt («Till»).

Abb. 4a

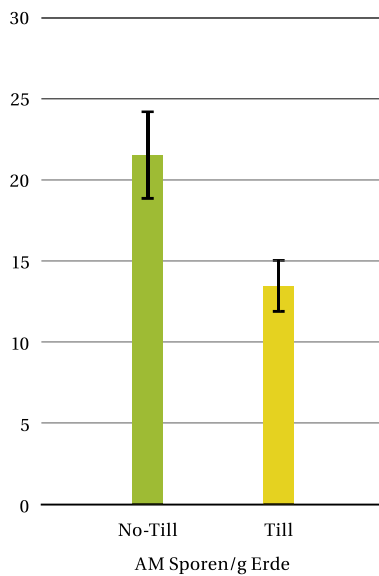


Abb. 4b

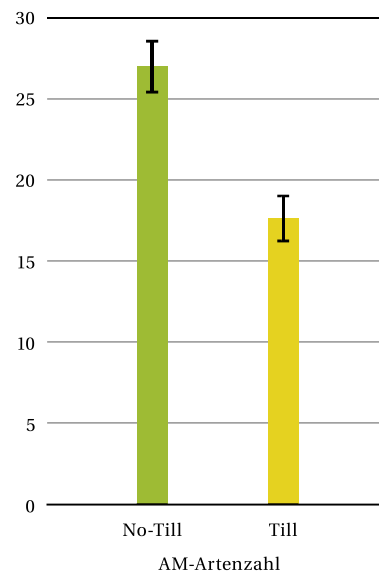


Abb. 4c

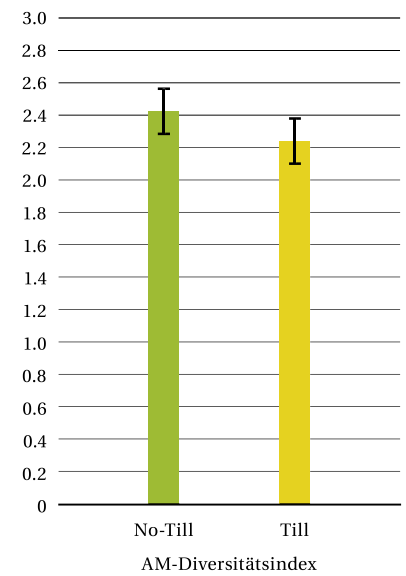


Abb. 4: Vorkommen von AM-Pilzen bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung: Vergleich von Sporen- und Artenzahl sowie des AM-Shannon Diversitätsindex bei begrüntem («No-Till») und nicht begrüntem («Till») Boden; inkl. Standardabweichung.

Jahren in Form von Pferdemist. Beide Rebberge erhielten ähnliche Düngermengen gemäss den regionalen Empfehlungen (seit dem Jahr 2000 ca. 50–60 kg N, 10 kg P, 60–80 kg K, 15 kg Mg pro ha). Auch der Pflanzenschutz wurde weitgehend entsprechend den regionalen Empfehlungen durchgeführt.

### Bodenproben und Analysen

Im März 2014 wurden pro Rebberg in der Mitte jeder Gasse Bodenproben in fünf Wiederholungen zu 5×20 m<sup>2</sup> in etwa 1 m Abstand zu den nächsten Rebstöcken genommen (6 Einstiche à 6 cm Durchmesser; 0–10 cm tief = ca. 1.2 kg Boden/Wdh.). AM-Pilzsporen wurden mittels Nasssiebung und Dichtegradient-Zentrifugation abgetrennt (Oehl et al. 2005). In Petrischalen wurden sie bei 32-facher Vergrößerung unter dem Binokular gezählt, zwischen Objektträgern und Deckgläsern fixiert und im Lichtmikroskop bei 400-facher Vergrößerung morphologisch bestimmt (Oehl et al. 2011).

Beide Rebberge (Bodentyp Parabraunerde) zeigten trotz unterschiedlicher Bearbeitung und Düngung ähnliche chemische Analysewerte (Tab. 1) mit relativ guten Humuswerten (4.2 bis 4.5%) und leicht saurem bis neutralem pH (6.6 bis 6.8). Die verfügbaren Nährstoffpegel wurden als hoch bis sehr hoch eingestuft und spiegeln die hohen Düngungsempfehlungen vor allem vor 1990. Die P, K und Mg-Werte suggerieren, dass man in den nächsten Jahren die Düngung weiter zurückfahren oder (P und Mg) zeitweilig ganz aussetzen könnte. Die hohen Kupfer-Werte sind ein Resultat der Massnahmen gegen den Falschen Mehltau in den letzten 100 Jahren.

### AM-Pilz-Populationen

Im «No-Till»-Ansatz waren die AM-Pilzsporenzahlen/g Boden ca. 60% höher (22 Sporen) als im «Till»-Verfahren (14 Sporen, Abb. 4a). Die Sporenzahlen im «No-Till» sind sehr ähnlich denjenigen in Wiesen am Oberrhein zwischen Basel und Mainz oder im Schweizer Mittelland (15 bis 40 Sporen). Die Sporenzahlen im «Till»-Rebberg waren leicht höher als in Schweizer Ackerböden (Bio oder IP). Ein Grund dafür könnte sein, dass man in Rebbergen mit Grubber, Pflug oder Fräse eine flachere Bodenbearbeitung wählt (5 bis 15 cm) als im Ackerland (meist 15 bis 20 cm, in der EU oft 25 bis 35 cm; Oehl et al. 2005). Das Hyphengeflecht der Pilze dürfte wegen der geringen Bodenbearbeitungstiefe in den Reben trotz intensivem Fräseinsatz weniger strapaziert werden.

Tab. 1: Chemische Analyse von zwei 39-jährigen «Pinot gris»-Rebbergböden unter «No-Till»-Bewirtschaftung bzw. periodischer Bodenbearbeitung («Till»).

Bodenparameter	«No-Till»	Grubber und Fräse	Nährstoffklassen nach deutschen Richtlinien
pH (1n KCl)	6.6	6.8	
Humus (%)	4.5	4.2	
Ca (g/kg)	4.6	3.5	C – mittel
P (DL-Methode; mg/kg)	203	257	E – sehr hoch
K (DL-Methode; mg/kg)	515	562	E – sehr hoch
Mg (DL-Methode; mg/kg)	315	246	E – sehr hoch
Cu	43	43	E – sehr hoch
Zn	112	35	D – hoch

Tab. 2: AM-Pilzsporenzahlen in 39-jährigen Pinot gris Rebbergen unter «No-Till»-Bedingungen bzw. bei periodischer Bodenbearbeitung mit Reberg-Grubber oder Fräse («Till»).  
p-Werte < 0.05 zeigen statistisch signifikante Unterschiede nach Student t-test.

AM-Pilzarten	Sporenzahlen pro 100 g Erde		p-Werte
	«No-Till»	«Till»	
<b>In beiden Rebbergen in ähnlichen Sporenzahlen</b>			
<i>Claroideoglopus luteum</i>	18	18	0.500
<i>Rhizoglopus fasciculatum</i>	10	10	0.500
<i>Glomus spinosum</i>	2	2	0.500
<i>Rhizoglopus invermaium</i>	30	22	0.333
<i>Funneliformis mosseae</i>	46	35	0.263
<i>Claroideoglopus claroideum</i>	15	10	0.118
<b>Häufiger im «Till»-Rebberg</b>			
<i>Oehlia diaphana</i>	21	112	0.005
<i>Archaeospora trappei</i>	38	58	0.092
<b>Häufiger im «No-Till»-Rebberg</b>			
<i>Septoglopus constrictum</i>	82	12	0.002
<i>Diversispora epigaea</i>	10	3	0.004
<i>Paraglopus occultum</i>	14	2	0.005
<i>Palaeospora spainiae</i>	6	2	0.008
<i>Rhizoglopus irregulare</i>	30	14	0.009
<i>Dominikia compressa</i>	39	8	0.011
<i>Glomus badium</i>	13	1	0.017
<i>Funneliformis fragilistratus</i>	13	5	0.017
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	399	140	0.021
<i>Diversispora celata</i>	10	1	0.021
<i>Dominikia aurea</i>	91	3	0.026
<i>Funneliformis geosporus</i>	131	73	0.029
<i>Dominikia bernensis</i>	139	36	0.045
<i>Sclerocystis sp.</i>	33	9	0.054
<i>Paraglopus turpe</i>	7	3	0.071
<i>Rhizoglopus intraradices</i>	10	6	0.089
<b>Nur im «No-Till»-Rebberg</b>			
<i>Glomus macrocarpum</i>	45	—	
<i>Rhizoglopus aggregatum</i>	15	—	
<i>Glomus microcarpum</i>	6	—	
<i>Acaulospora longula</i>	3	—	
<i>Claroideoglopus etunicatum</i>	3	—	
<i>Ambispora gerdemannii</i>	2	—	
<i>Glomus heterosporum</i>	2	—	
<i>Cetraspora armeniaca</i>	1	—	
<i>Acaulospora laevis</i>	1	—	
<i>Glomus sp. BR11</i>	1	—	

### «Till»/«No-Till»: Nährstoffgehalte

Der Artenreichtum der AM-Pilze war ca. 40% höher im «No-Till»- (34 Arten) als im «Till»-Ansatz (24 Arten, Abb. 4b; Tab. 2). Der Diversitätsindex lag im «No-Till» (2.45) ebenfalls höher als im «Till» (2.26; Abb. 4c). Die Vielfalt der AM-Pilze ist insofern bemerkenswert, als sie trotz der hohen Boden-Nährstoffgehalte nicht hinter den Werten aus artenreichen extensiven Wiesen mit deutlich geringeren Nährstoffgehalten zurückliegen (26 bis 39 Arten; Index 2.29 bis 2.54). Bisher herrschte die Meinung vor, dass hohe Nährstoffverfügbarkeit eine hohe Mykorrhizierung und AM-Artenvielfalt verhindert. Die Ergebnisse deuten aber an, dass viele, wenn nicht alle in Wiesen vorkommende AM-Pilze auch in begrünten Rebbergen mit hohen Nährstoffgehalten vorhanden sind. Das steht im Gegensatz zum Acker- und Gemüsebau, in denen durch

den Fruchtwechsel und die periodische Bearbeitung Pilzarten verloren gehen. Die mehrjährige Rebe scheint mit ihrem weiten Wurzelsystem zum Erhalt der AM-Vielfalt in ihrem Umfeld beizutragen.

### ... und Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung hatte im Vergleich mit der Düngung und den Nährstoffgehalten einen grösseren Einfluss: Nur sechs Pilzsporensorten wurden in ähnlicher Zahl in beiden Rebbergen gefunden (Tab. 2). Zwei Arten waren im «Till», 16 andere im «No-Till» häufiger. Die übrigen zehn Arten tauchten nur im «No-Till» auf. Diese Beobachtungen passen zumeist gut zu früheren Ergebnissen aus anderen Landwirtschaftssystemen der Schweiz und angrenzenden Ländern (z.B. Säle et al. 2015).

Wir fanden geringe Artenzahlen von *Acaulospora* und *Ambispora*. *Gigaspora*, *Pacispora*, *Racocetra* und *Scutellospora*-Arten fehlten ganz. Dies dürfte doch mit den hohen Nährstoffgehalten der beiden Böden zusammenhängen (Oehl et al. 2010). Diese Taxa sind aber auch die am ausgeprägtesten saisonalen aller AM-Pilzgattungen. *Acaulospora*, *Ambispora* und *Pacispora*-Arten sind frühjahrsaktiv, während die Rebe ja erst relativ spät mit dem Hauptwachstum einsetzt (Ende April bis Ende Mai). *Gigaspora*, *Racocetra* und *Scutellospora*-Arten sind wärmeliebend und bilden ihre Sporen oft erst in den Herbstmonaten. Ihre Verbreitung kann sich aber auch sehr kleinräumig ändern wie entlang des Rheingrabens in der Pfalz, wo der geologische und geochemische Ursprung der Böden und ihre pH-Werte wie auch die natürlichen Nährstoffgehalte manchmal sogar innerhalb von Rebparzellen wechseln und eine weitaus reichere AM-Pilzgemeinschaft zulassen als unsere beiden homogenen Versuchsflächen.

### Was können wir erwarten?

Die AM-Forschung hat in den letzten Jahrzehnten grosse Bedeutung erlangt, da diese Pilze – wie beispielsweise auch Regenwürmer – zu den Schlüsselorganismen fruchtbarer Böden zählen. Allerdings sind die meisten AM-Arten noch gar nicht beschrieben. Auch über den Grad ihrer Nützlichkeit kann man zu meist nur spekulieren, insbesondere wenn der Fokus auf gesundem Erntegut und Weinqualitäten von Reben in unterschiedlichem Terroir liegt. Die bisherigen Erkenntnisse lassen jedoch plausibel erscheinen, dass AM-Pilze mit ihren Hyphen über eine verbesserte Wasser- und Nährstoffaufnahme aus feinen Bodenporen das Pflanzenwachstum bei Trockenheit unterstützen. Der Bodenbearbeitung und Begrünung kommt auch aus diesem Grund grosse Bedeutung zu.

In der Pfalz werden zurzeit eine Reihe von Begrünungsansätzen getestet, die von der Dauerbegrünung über gezielte Ansaaten bis zur periodischen Bodenbearbeitung reichen. Mykorrhizapilze zu schüt-

zen scheint dabei eine relativ einfache Begleitaufgabe, da Gräser, Leguminosen und die meisten Kräuter (ausser Kreuzblütler, Nelken- und Amarant-/Gänsefussgewächse) AM-Wirtspflanzen sind. ■

### Mykorrhiza «*Oehlia*»

Den Agroscope News vom 30. Mai 2018 entnehmen wir unter der Rubrik «Erfolge bei Agroscope», dass Fritz Oehl, der Erstautor dieses Artikels und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Ökotoxikologie in Wädenswil, die Ehre zuteil wurde, dass die Mykorrhiza-Pilzgattung *Oehlia* (Abb. 1d) nach ihm benannt wird.

### Literatur

- Koch B. and Oehl F.: Climate change favors grapevine production in temperate zones. *Agricultural Sciences* 9, 247–263, 2018.
- Oehl F., Laczko E., Bogenrieder A., Stahr K., Boesch R., van der Heijden M. and Sieverding E.: Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biol. Biochem.* 42, 724–738, 2010.
- Oehl F., Sieverding E., Ineichen K., Ris E.-A., Boller T. and Wiemken A.: Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. *New Phytol.* 165, 273–283, 2005.
- Oehl F., Sieverding E., Palenzuela J., Ineichen K. and Silva G.A.: Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA Fungus* 2, 191–199, 2011.
- Petgen M., Schropp A., Marschner H. and Roemheld V.: Investigations on the occurrence of arbuscular mycorrhizae in some grapevine nurseries and the practical management of field inoculation with arbuscular mycorrhizae. *Mitteilungen Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.* 32–46, 1997.
- Rupp D.: Green cover management to optimize the nitrogen supply of grapevines. *Acta Hort.* 427, 57–62, 1996.
- Säle V., Aguilera P., Laczko E., Mäder P., Berner A., Zihlmann U., van der Heijden M. and Oehl F.: Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.* 84, 38–52, 2015.
- Scandellari F.: Arbuscular mycorrhizal contribution to nitrogen uptake of grapevines. *Vitis* 56, 147–154, 2017.

### Champignons mycorhiziens arbusculaires dans le vignoble

Les champignons mycorhiziens arbusculaires (MA) sont des champignons du sol qui vivent en symbiose avec les vignes et de nombreux végétaux dont ils stimulent la croissance. On sait peu de leur présence et de leur diversité dans les différentes stratégies de végétalisation. Une couverture végétale permanente, ou au contraire un travail fréquent du sol, ont une influence sur le bilan hydrique et nutritif des vignes, le compactage du sol, l'érosion, les organismes du sol, et probablement aussi la qualité de la récolte et du vin. Le travail présenté ici avait pour objet de déterminer la présence et la diversité des champignons MA dans deux parcelles de Pinot gris du Palatinat qui avaient été travaillées et fertilisées

### R É S U M É

par des méthodes très différentes depuis longtemps. Dans un vignoble, on avait pratiqué un paillage périodique avec apport d'engrais minéral. Dans l'autre, la croissance spontanée de végétaux avait été réprimée à l'aide d'un cultivateur ou d'une fraiseuse, puis on avait épandu l'engrais de ferme. Dans le vignoble enherbé («No-Till»), 34 espèces de MA ont été recensées, ce qui correspond à la population MA d'une prairie riche en espèces. Seulement 24 espèces ont été dénombrées dans le sol régulièrement travaillé. A l'évidence, le travail du sol a donc eu un effet négatif notable sur la diversité des champignons mycorhiziens.