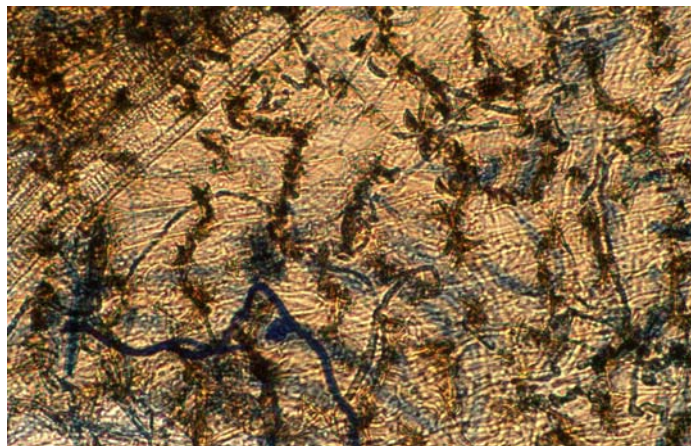


Abschlussbericht

Abuskuläre Mycorrhiza (AM) in der Grünlandwirtschaft und im Landschaftsbau

Abuskuläre Mycorrhiza (AM) in grassland
farming and restoration

Projektleiter: *Dr. Bernhard KRAUTZER*
Berichtverfasser: *Dr. Wilhelm GRAISS*
Lehr- und Forschungszentrum Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein



ifz
raumberg
gumpenstein

Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft
www.raumberg-gumpenstein.at



lebensministerium.at

Abschlußbericht Abuskuläre Mycorrhiza (AM) in der Grünlandwirtschaft und im Landschaftsbau

AM in grassland farming and restoration

Projektleiter: Dr. Bernhard Krautzer

Einleitung

Im Rahmen des MaB-Projektes („Landschaft und Landwirtschaft im Wandel – Das Grünland im Berggebiet Österreichs“) wurden im mittleren Ennstal zahlreiche Vegetationsuntersuchungen auf Wiesen, Mähweiden, Kulturweiden und Hutweiden durchgeführt. Dazu erfolgten Bodenuntersuchungen und Futteranalysen. Dabei zeigte sich, dass in den Böden des Untersuchungsgebietes meist relativ niedrige lactatlösliche P-Gehalte vorhanden sind; die Futteranalysen weisen hingegen keine besonders niedrigen P-Gehalte auf. Im Untersuchungsgebiet sind Karbonat-gepufferte Böden weitverbreitet. Hyperphosphat ist für Biobetriebe einer der wenigen erlaubten mineralischen P-Dünger. Dieser dürfte sich auf den oben genannten Böden nur schwer auflösen. Die Effizienz einer Düngung mit Hyperphosphat und – als Alternative – mit Superphosphat sowie deren Einfluss auf die VAM wäre zu überprüfen. Aufgrund dieser Befunde stellt sich die Frage, ob und in welchem Maße eine VAM-Kolonisation der Wurzeln an der P-Versorgung der Pflanzen beteiligt sein könnte.

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein werden seit vielen Jahren Fragen der Düngung und optimalen Nährstoffversorgung von Grünland in Form von Langzeitversuchen bearbeitet. Im Zusammenhang mit der Qualität und Quantität von VAM könnten derartige Dauerversuche mit exakt definierten Nährstoffzufuhren grundlegende Ergebnisse und Aussagen ermöglichen.

Im Rahmen des EU-Projektes FAIR CT98-4024 „Seed Propagation of Indigenous Species and their Use for Restoration of Eroded Alpine Areas“ (Koordinator Dr. Bernhard Krautzer) wurde auf 7 Standorten auf unterschiedlichem Ausgangsmaterial und in unterschiedlichen Höhenlagen im gesamten Alpenbogen auch der Effekt inokulierter VAM unter Verzicht auf begleitende Düngung im Vergleich zu den derzeit üblichen Begrünungsmethoden erhoben. Die Ergebnisse der ersten zwei Untersuchungsjahre zeigen ein überraschend gutes Abschneiden dieser Varianten, besonders in Kombination mit der Verwendung standortgerechter Saatgutmischungen. Eine quantitative und qualitative Analyse der VAM-Kolonisation der Wurzeln der unterschiedlichen Varianten auf vorerst einem Versuchsstandort soll Aufschluss über den tatsächlichen Effekt inokulierter VAM geben.

Material und Methoden

Einer dieser Standorte befindet sich in der Gemeinde Rohrmoos bei Schladming, auf einer Schipiste der Hochwurzten, in 1830 m Seehöhe. An diesem Standort wurden unter anderem auch Untersuchungen der Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilze durchgeführt. Dazu wurden im Jahr 2002 Wurzelproben unterschiedlicher Arten auf den Versuchsflächen entnommen. Die Untersuchung der Wurzel auf Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) sowie die Auswertung der Ergebnisse erfolgte durch Dr. Michael Pfeffer an der Forstwirtschaftlichen Bundesversuchsanstalt. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse wird diskutiert.

Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) ist fähig den Bodenphosphor sehr effizient aufzuschließen und der Wirtspflanze zur Verfügung zu stellen. Im Gegentausch bekommt der Pilz Kohlenhydrate als C-Quelle von der Pflanze. Damit stehen die Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilze auch nicht in Konkurrenz zu den saprophytischen Pilzen im Boden. Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) – Pilze bilden daher eine wichtige separate funktionelle Gruppe innerhalb der Bodenpilze.

Die Standardmethode um die Biomasse von Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilzen in Wurzeln und Boden zu quantifizieren ist die Mikroskopie. Eine Alternative besteht, wenn biochemische Marker zur Biomasse Bestimmung verwendet werden. Geeignete Marker sind Lipide. Man unterscheidet zwischen den Phospholipiden der Zellmembranen und den Neutrallipiden als Energiespeichersubstanz in eukaryontischen Zellen. Beide dieser Lipidklassen enthalten Fettsäuren die als spezifische Markersubstanzen herangezogen werden können.

Für Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilze sind die Fettsäuren 16:1w5 und mehrfach ungesättigte 20 – C Fettsäuren (20:4, 20:5) charakteristisch. Für die Abschätzung der Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) pilzlichen Biomasse eignet sich vor allem die 16:1w5 aus der Fraktion der Phospholipide. Im Gegensatz zur 16:1w5 aus der Neutrallipidfraktion hängt ihre Mycelkonzentration weniger stark von den Wachstumsbedingungen ab und ist stärker mit der Hyphenlänge korreliert.

Darüber hinaus kann aus dem Verhältnis Neutrallipid Fettsäure 16:1w5 (NLFA 16:1w5) zu Phospholipid Fettsäure 16:1w5 (PLFA 16:1w5), der Zustand der Energieversorgung der Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilze abgeschätzt werden. Je besser die Pilze mit Kohlenstoffverbindungen der Pflanze versorgt werden, desto größer ist das Verhältnis.

Bei der Untersuchung der Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) wurde in dieser Arbeit die Bestimmung von Phospholipid- und Neutrallipidmarkerfettsäuren (PLFA's) durchgeführt. Dabei könne in Wurzeln und Boden Phospholipidfettsäuremuster bestimmt werden. PLFA's sind wichtige Membranbestandteile bei allen Organismen, 16:1w5 Fettsäuren sind besonders charakteristisch für die Zellmembranen von AM-Pilzen. Die Lipide werden verestert und per GC/MS quantifiziert.

Versuchsplan der Anlage Hochwurzeln

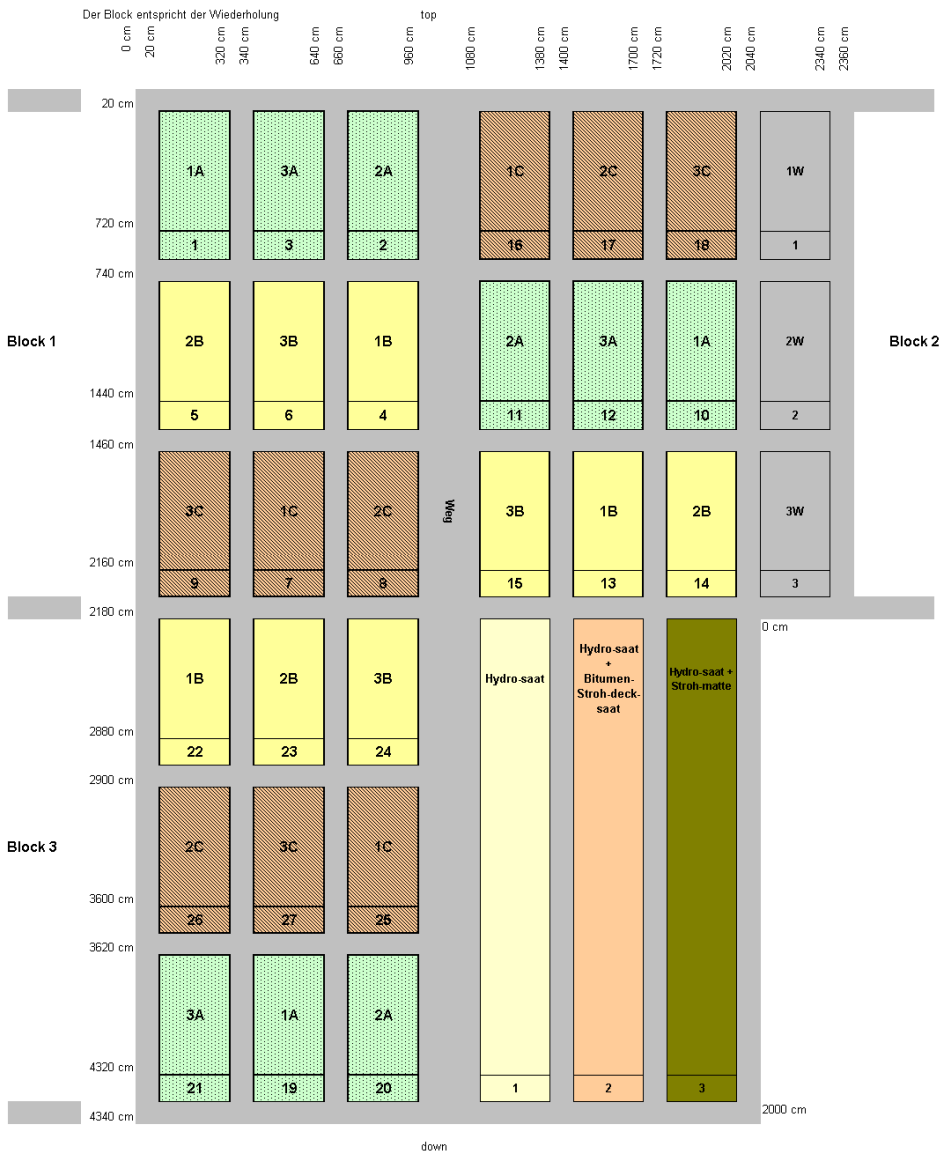


Abbildung 1: Parzellenanordnung am Versuchsstandort Hochwurzeln

Aus *Abbildung 1* ist die Anordnung der Parzellen am Standort Hochwurzeln zu ersehen. Auf einer nordnordöstlich geneigten Fläche von etwa 20 m Breite und 40 m Länge mit einer Hangneigung von 26° wurden im Jahr 1999 27 Parzellen angelegt. Die einzelnen Parzellen sind jeweils 3 m breit und 7 m lang und durch etwa 20 cm schmale „Wege“ voneinander getrennt. In der Mitte der Versuchsfläche verläuft in Längsrichtung ein breiterer Weg. Die Bezeichnung der Parzellen erfolgt durch eine Ziffer von 1 bis 3 und einen Buchstaben von A bis C, wobei die Ziffer jeweils für eine Saatmischung (*Tabelle 1*) und der Buchstabe für eine Saattechnik (*Tabelle 2*) stehen. Die Parzellen wurden jeweils in 3 Wiederholungen angelegt, die Zahlen in Klammer bezeichnen die fortlaufende Parzellennummer.

Die Ziffern 1 bis 3 bzw. die Buchstaben A bis C bedeuten:

1...Standardmischung

2...Weidemischung

3...Begrünungsmischung

A...Hydrosaat

B...Hydrosaat + Mykorrhiza

C...Handsaat + Strohmatte

Tabelle 1: Zusammensetzung der Saatgutmischungen 1 bis 4 am Standort Hochwurzten

Mischungsnummer

1

2

Mischungsbezeichnung

Standard-, Handelsmischung

standortgerechte Weidemischung

Art	1 Standardmischung	2 standortgerechte Weidemischung
Achillea millefolium	0,7	1
Agrostis capillaris	4,6	4
Anthyllis vulneraria		5
Campanula barbata		0,22
Crepis aurea		0,5
Festuca nigrescens		35
Festuca ovina	2,5	
Festuca rubra	31	
Leontodon hispidus		1
Lolium perenne	15,7	3
Lotus corniculatus	5	3
Melandrium rubrum		0,03
Phleum alpinum		10
Phleum pratense	19,9	
Poa alpina		15
Poa pratensis	10,6	
Poa supina		5
Poa violacea		5
Silene vulgaris		0,25
Trifolium badium		5
Trifolium hybridum	2,4	
Trifolium nivale		7
Triolium repens	4,2	
Vicia sativa	3,4	

Tabelle 2: Zusammensetzung der verwendeten Techniken A bis F am Standort Hochwurz

Techniknummer	Technikname
A	normale Hydrosaat mit Mineraldünger
B	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza

		normale Hydrosaat mit Mineraldünger	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza
Material	Einheit	A	B
Zellulose	g/m ²	80	
Curasol (Kleber)	g/m ²	15	
Reifekompost	g/m ²		80
Mineraldünger (15:15:15)	g/m ²	20	
Mineraldünger (Recuform)	g/m ²	5	
organischer Nährstoffträger (ONSM, provide verde)	g/m ²		65
organischer Kleber (OSFA)	g/m ²		3,5
Saatgut	g/m ²	15	15
Mycorrhiza Inoculum	ml/m ²		65

Auf insgesamt 12 dieser Parzellen wurden am 05. Juni und 28. August 2002 Wurzelproben von *Festuca nigrescens* und *Achillea millefolium* entnommen, und zwar auf den 3 Wiederholungen der Parzellen 1A (Standardmischung, Hydrosaat), 2A (Weidemischung, Hydrosaat), 1B (Standardmischung, verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza) sowie 2B (Weidemischung, verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza). Die verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza wird in der Auswertung als „mit Inokulum“ und die normale Hydrosaat „ohne Inokulum“ bezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Vegetationsentwicklung

Ein wesentliches Kriterium für die Beurteilung des Begrünungserfolges lag im Erreichen einer Bodendeckung von als 70 - 80 % (je nach Hangneigung und Seehöhe), welche nach gängigen wissenschaftlichen Untersuchungen die Untergrenze für ausreichenden Erosionsschutz in Hanglagen darstellt.

Abbildung 2 zeigt den Zustand der Vegetation im Mittel des Deckungsprozents mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaart und verbesserte Hydrosaart mit Anwendung von Mykorrhiza auf dem Standort Hochwurzen am 18. Juli 2002. Es kann eine deutliche Differenzierung zwischen den beiden verwendeten Techniken sowohl bei der Standardmischung als auch bei der Weidemischung beobachtet werden. Die reine Hydrosaart zeigt eine dichtere Vegetation als die Hydrosaart mit der Anwendung von Mykorrhiza. Der Unterschied liegt bei der Standardmischung bei 5 Deckungsprozent und bei der Weidemischung bei 8 Deckungsprozent.

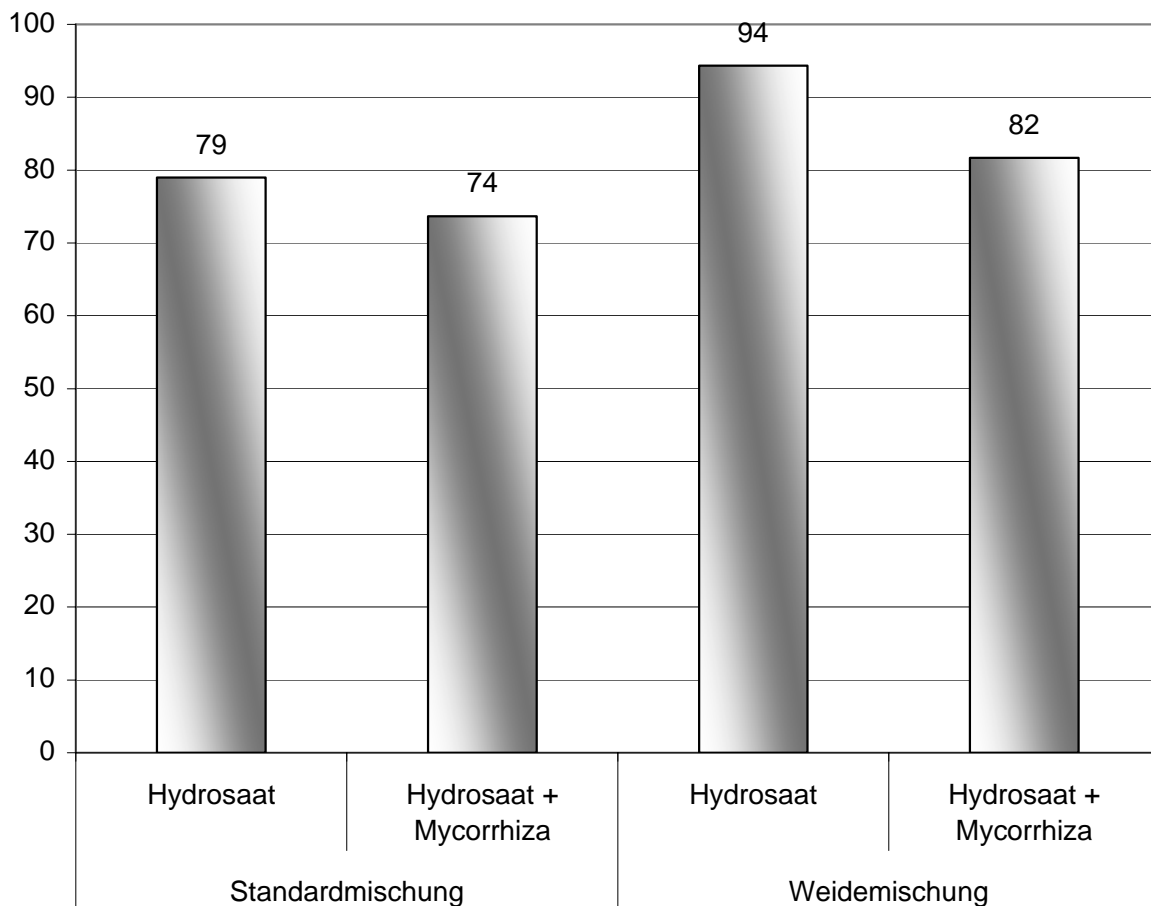


Abbildung 2: Mittelwerte des Gesamtdeckungsgrad in % der Parzellen mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaart und verbesserte Hydrosaart mit Anwendung von Mykorrhiza, Hochwurzen, 18. Juli 2002

Abbildung 3 zeigt den Zustand der Vegetation in Deckungsprozent auf den einzelnen Parzellen mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza auf dem Standort Hochwurzten am 18. Juli 2002. Der Anteil der Gräser liegt bei der Standardmischung im Durchschnitt niedriger als bei der Weidemischung, dagegen zeigt der Anteil an Leguminosen bei der Weidemischung meist höhere Werte. Der Anteil der Kräuter liegt bei beiden Mischungen zwischen 4 und 11 Deckungsprozent.

Parzellennummer	Mischung	Technik	Wiederholung	Gräser in %	Kräuter in %	Leguminosae in %	Gesamtdeckung in %
1	Standardmischung	Hydrosaat	1	34,27	5,63	40,1	80
2	Weidemischung	Hydrosaat	1	55,06	6,64	33,3	95
4	Standardmischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	1	29,36	6,54	42,1	78
5	Weidemischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	1	37,35	4,44	38,21	80
10	Standardmischung	Hydrosaat	2	33,86	4,84	31,3	70
11	Weidemischung	Hydrosaat	2	47,15	9,65	36,2	93
13	Standardmischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	2	43,29	3,41	26,3	73
14	Weidemischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	2	49,45	4,34	31,21	85
19	Standardmischung	Hydrosaat	3	49,07	11,42	26,51	87
20	Weidemischung	Hydrosaat	3	45,06	5,64	44,3	95
22	Standardmischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	3	27,63	7,37	35	70
23	Weidemischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	3	49,21	4,39	26,4	80

Abbildung 3: Einzelwerte der Artengruppendeckung in % bei der Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza Hochwurzten, 18. Juli 2002

Oberirdischer Biomasseertrag

Abbildung 4 zeigt den Vergleich des Mittelwerts des Biomasseertrags in kg/ha zwischen Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza auf dem Standort Hochwurzten am 18. Juli 2002. Es kann eine deutliche Differenzierung zwischen den beiden verwendeten Techniken sowohl bei der Standardmischung als auch bei der Weidemischung beobachtet werden. Die reine Hydrosaat zeigt höhere Biomasseerträge als die Hydrosaat mit der Anwendung von Mykorrhiza. Der Unterschied liegt bei der Standardmischung bei geringen 150 kg/ha und bei der Weidemischung über 1500 kg/ha.

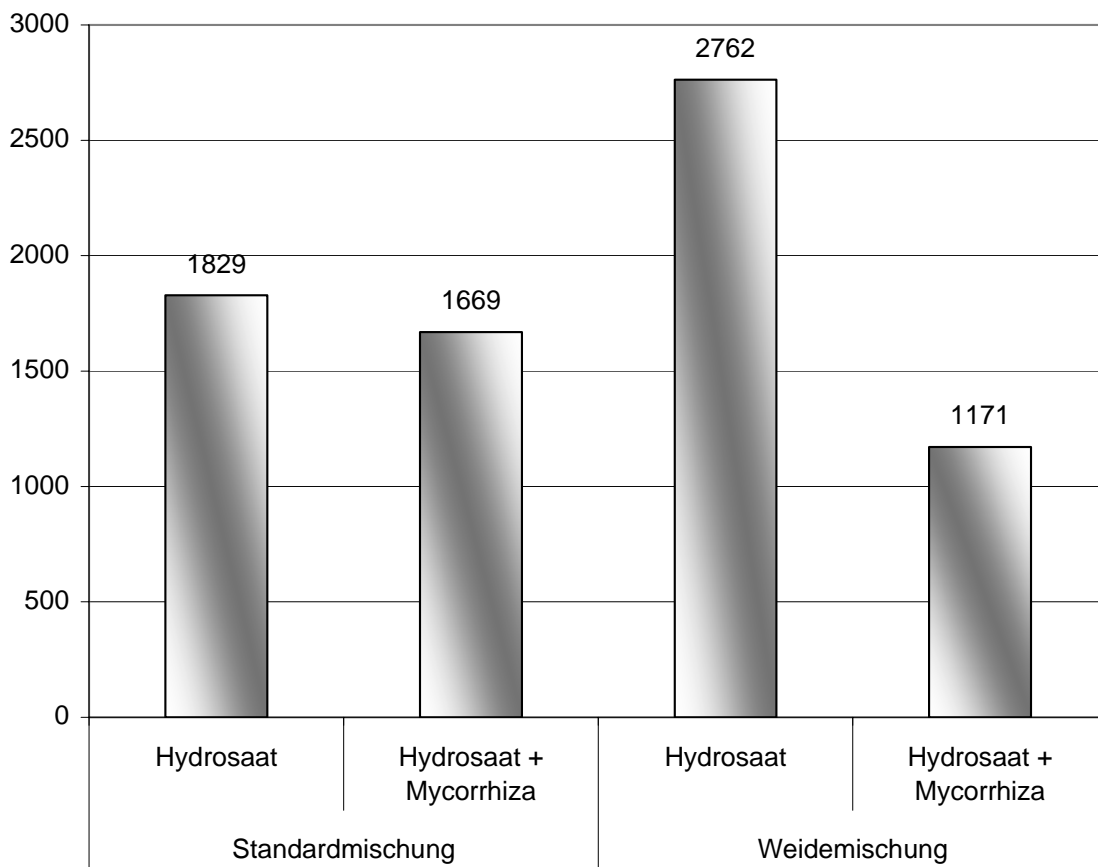


Abbildung 4: Mittelwerte des Biomasseertrages in kg/ha der Parzellen mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza Hochwurzten, 18. Juli 2002

Abbildung 5 zeigt den Biomasseertrag in kg/ha auf den einzelnen Parzellen mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza auf dem Standort Hochwurzten am 18. Juli 2002. Den höchsten Wert zeigt die Weidemischung mit reiner Hydrosaat bei der Wiederholung 2 mit 3750 kg/ha, den niedrigsten Wert die Weidemischung mit verbesserter Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza, auch bei der Wiederholung 2, mit einen Wert von 570 kg/ha.

Parzellennummer	Mischung	Technik	Wiederholung	Trockenbiomasse in kg/ha
1	Standardmischung	Hydrosaat	1	2112,0
2	Weidemischung	Hydrosaat	1	2821,5
4	Standardmischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	1	2733,0
5	Weidemischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	1	1948,3
10	Standardmischung	Hydrosaat	2	1334,8
11	Weidemischung	Hydrosaat	2	3750,0
13	Standardmischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	2	822,8
14	Weidemischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	2	570,5
19	Standardmischung	Hydrosaat	3	2041,0
20	Weidemischung	Hydrosaat	3	1715,2
22	Standardmischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	3	1452,1
23	Weidemischung	Hydrosaat + Mycorrhiza	3	994,1

Abbildung 5: Einzelwerte der Biomasseerträge in kg/ha bei der Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza, Hochwurzten, 18. Juli 2002

Unterirdischer Biomasseertrag

Abbildung 6 zeigt den Vergleich des Mittelwerts der Wurzelbiomasse in kg/ha von 0-5 cm und von 5-10cm Bodentiefe zwischen Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza auf dem Standort Hochwurzen am 18. Juli 2002. Es kann eine deutliche Differenzierung zwischen den beiden verwendeten Techniken sowohl bei der Standardmischung als auch bei der Weidemischung bei der Untersuchung der Wurzelbiomasse von 0-10cm Bodentiefe beobachtet werden. Die reine Hydrosaat zeigt höhere Wurzelbiomasseerträge als die Hydrosaat mit der Anwendung von Mykorrhiza. Der Unterschied liegt bei der Standardmischung bei ca. 350 kg/ha und bei der Weidemischung bei ca. 450 kg/ha.

Bei der Standardmischung ist kein Unterschied zwischen den Techniken mit und ohne Mykorrhiza bei der Tiefe von 0-5 cm ersichtlich. Die Weidemischung dagegen zeigt in dieser Bodentiefe doppelte so hohe Biomasseerträge bei der Technik ohne die Verwendung von Mykorrhiza.

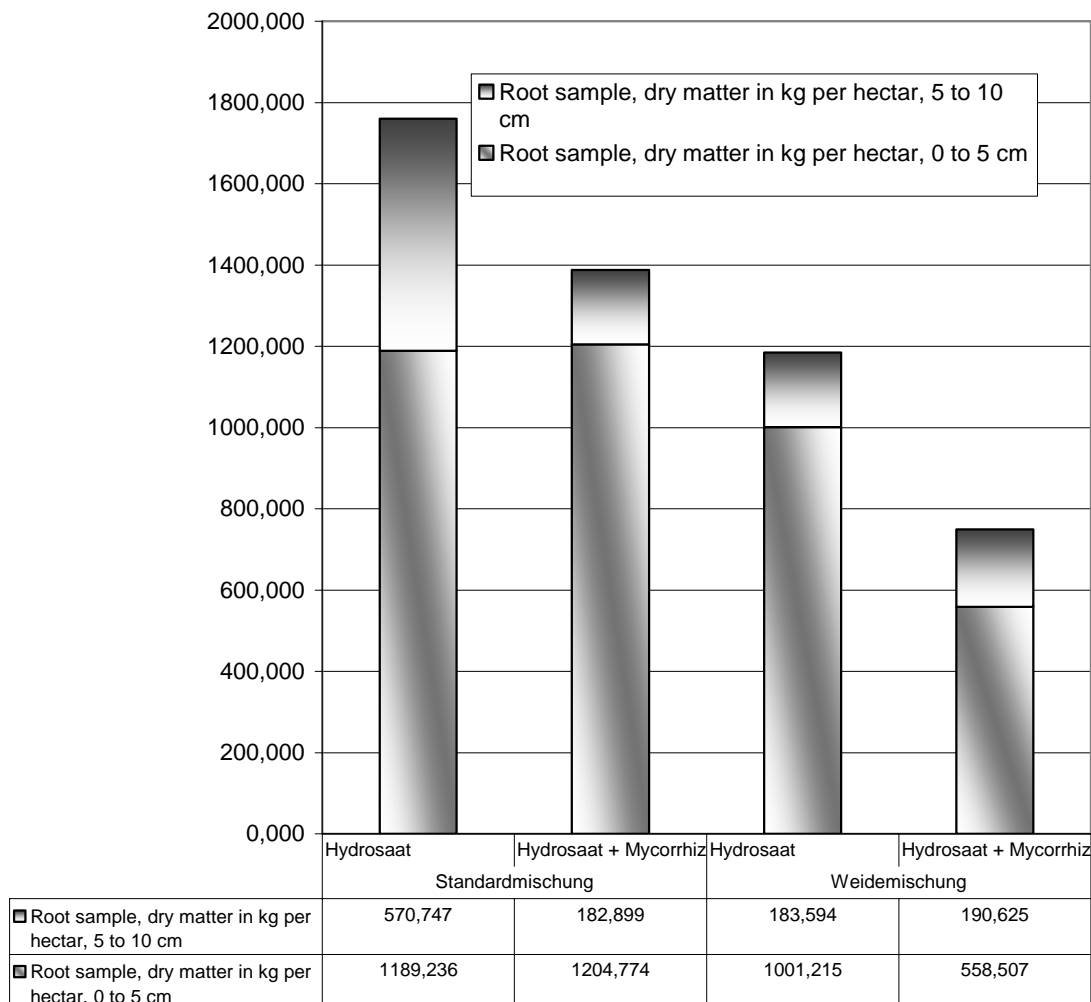


Abbildung 6: Mittelwerte der Wurzelbiomasse in kg/ha von 0-5 cm und von 5-10cm Bodentiefe der Parzellen mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza, Hochwurzen, 18. Juli 2002

Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilze

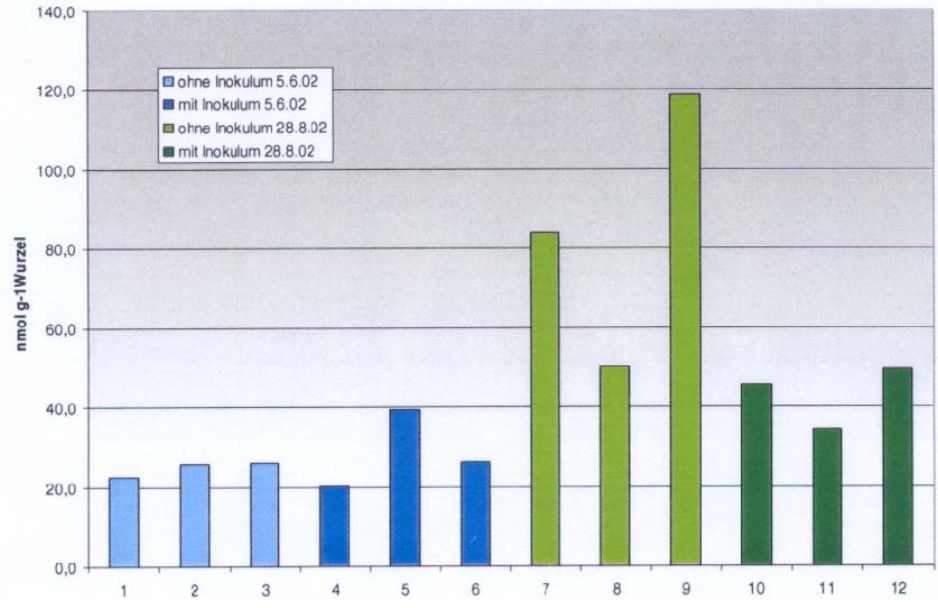
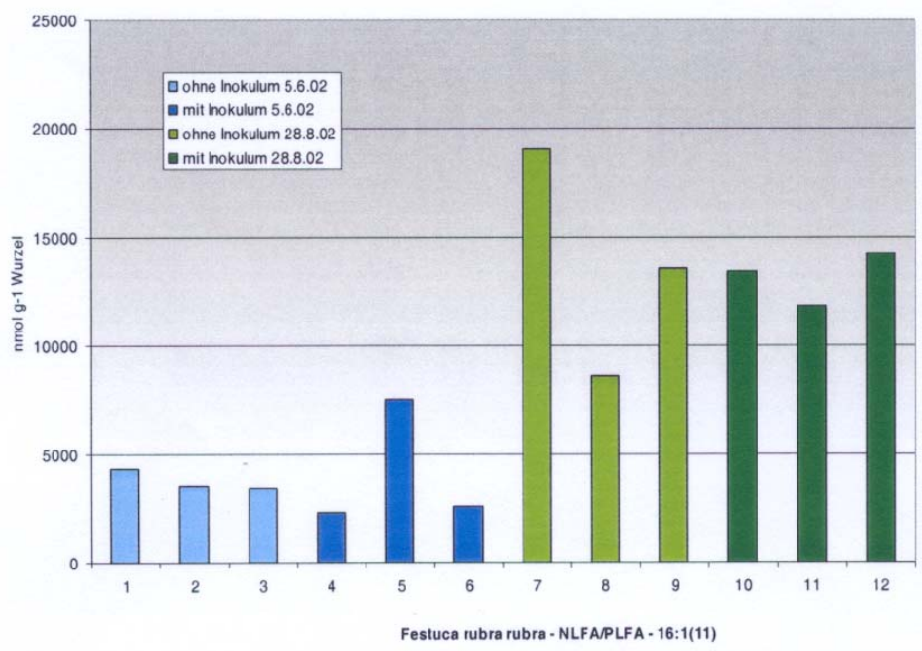
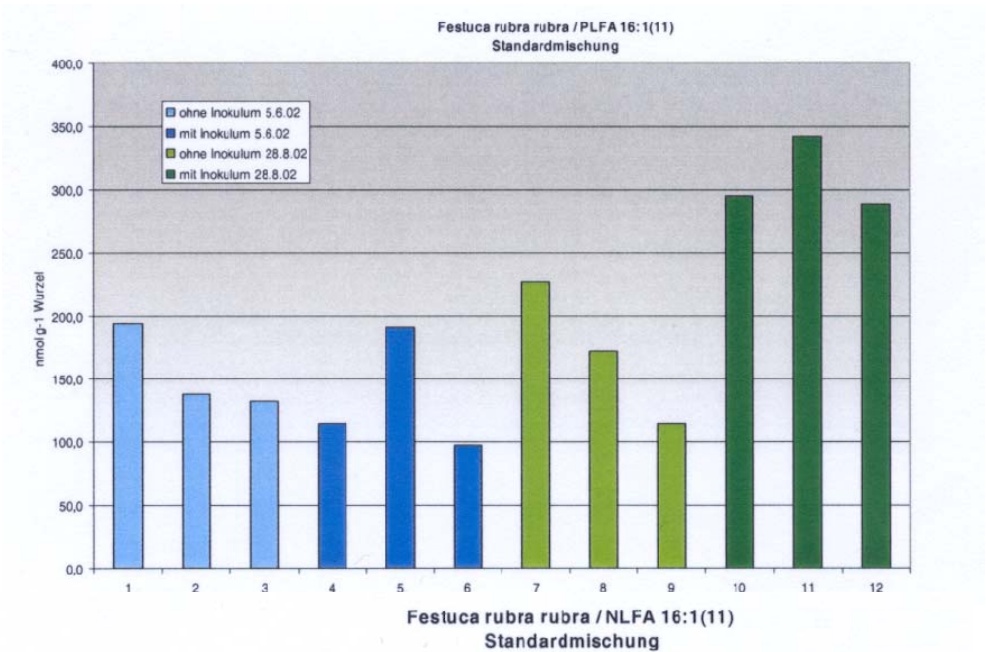
Aus den Ergebnissen der Untersuchung der Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) Pilzen bei den unterschiedlichen Arten in Bezug auf die Mischungen kann man Trends erkennen: Sowohl bei der Schafgarbe (*Achillea millefolium*) als auch bei den Gräsern (*Festuca nigrescens* und *Festuca rubra*) zeigt die Standardmischung eine stärkere Mycorrhizierung sowohl ohne, als auch mit Inokulum als die Weidemischung.

In Abhängigkeit der Pflanzenart sind auch Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung der AM-Biomasse zu erkennen. Beim Gras ist die Mycorrhizierung der Wurzeln zum Sommertermin höher, bei der Schafgarbe niedriger, unabhängig von der Saatgutmischung und der Technik mit oder ohne Inokulierung.

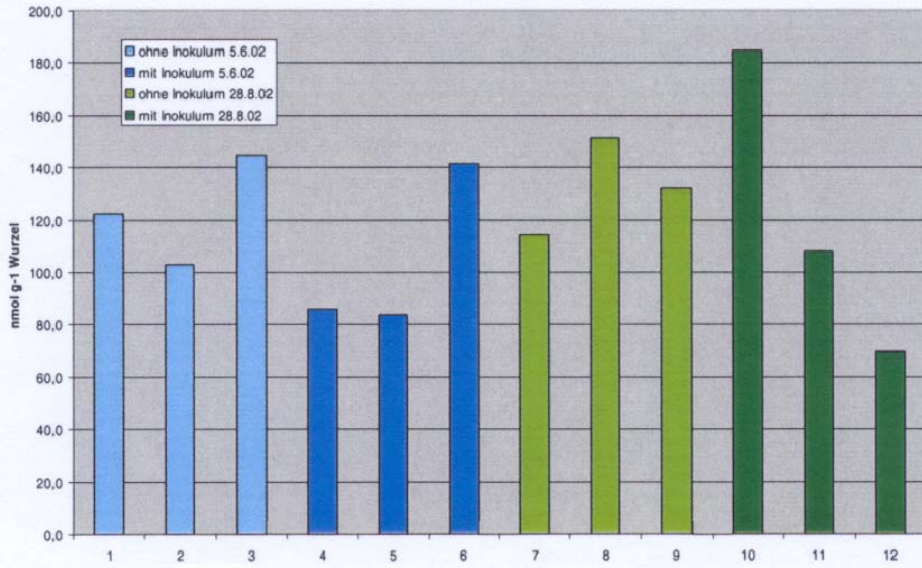
Vor allem bei der Schafgarbe ist tendenziell eine Steigerung der 16:1w5 Fettsäure bei dem mit AM – Inokulum behandeltem Saatgut zu erkennen. Die Graswurzeln zeigen im Gegensatz zu den Wurzeln der Schafgarbe, mit Ausnahme der Standardmischung zum Sommertermin, tendenziell niedrigere AM – Biomassen bei den inokulierten Varianten. Da die deutlich höhere PLFA 16:1w5 Konzentration nicht mit einer Erhöhung der NLFA 16:1w5 einhergeht, scheint es sich in diesem Fall um eine hohe Hintergrundkonzentration an 16:1w5 zu handeln. Betrachtet man den C-Energiestatus, also die Versorgung der Pilze mit C-Verbindungen durch die Pflanze fällt auf, dass zum Sommertermin der Energiestatus der AM-Pilze unabhängig von der Inokulierung und der Saatgutmischung im Sommer deutlich höher liegt als zum Frühjahrstermin. Auffallend ist die deutliche Zunahme des NLFA/PLFA Verhältnisses im Sommer gegenüber dem Frühjahr bei den nicht inokulierten Pflanzen. Dies hängt vielleicht mit der Dynamik der Grasentwicklung zusammen. Nur die Schafgarbe zeigt auch noch einen leichte tendenzielle Erhöhung des NLFA/PLFA Verhältnisses des inokulierten Saatgutes.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Inokulierung bei der Schafgarbe offensichtlich die Mycorrhizierung zu allen Jahreszeiten und bei allen Saatgutmischungen leicht erhöht hat. Beim Gras kann zum Sommertermin ein deutlicher Schub der Mycorrhizierung, allerdings unabhängig von der Inokulierung, beobachtet werden.

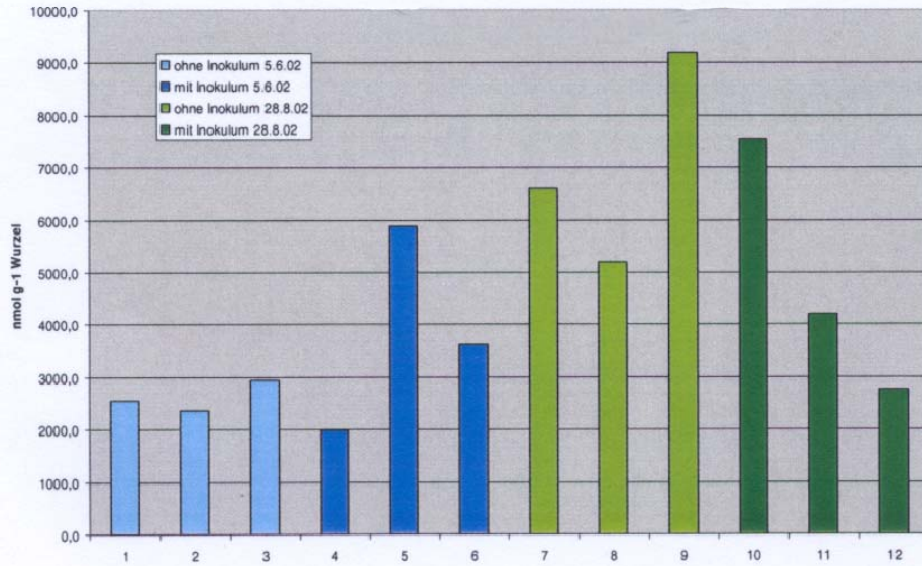
Abbildung 7 bis 10: Mittelwerte der Arten (*Festuca rubra*, *Festuca nigrescens* und *Achillea millefolium*) auf den Parzellen mit Standardmischung und Weidemischung mit Hydrosaat (ohne Inokulum) und verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza (mit Inokulum), Hochwurzeln, 05. Juni 2002 und 28. August 2002



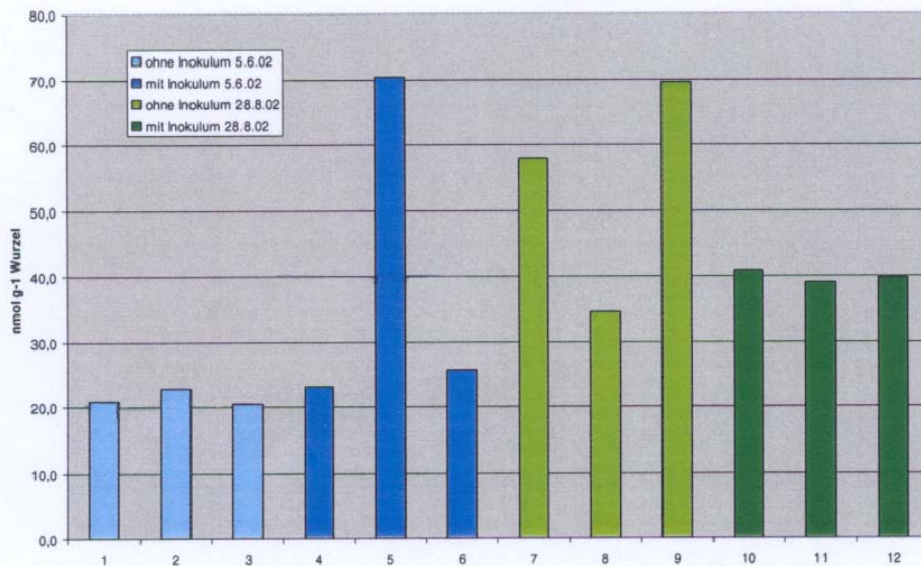
Festuca nigrescens / PLFA 16:1(11)
Weidemischung



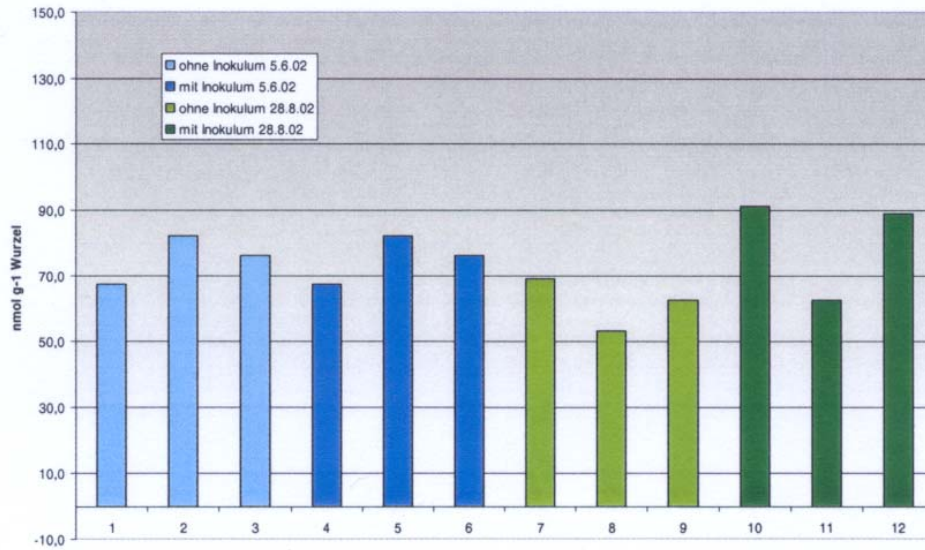
Festuca nigrescens / NLFA 16:1(11)
Weidemischung



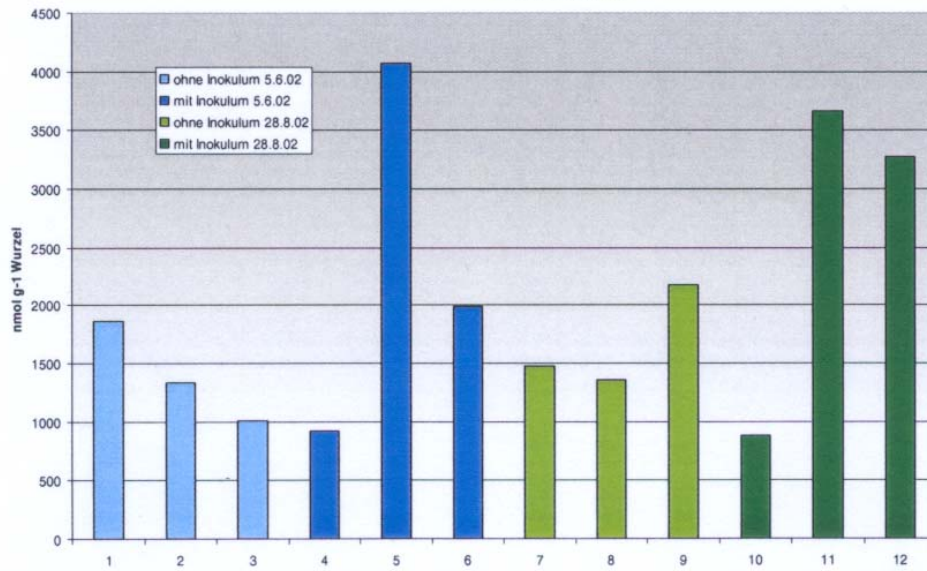
Festuca nigrescens - NLFA/PLFA 16:1(11)
Weidemischung



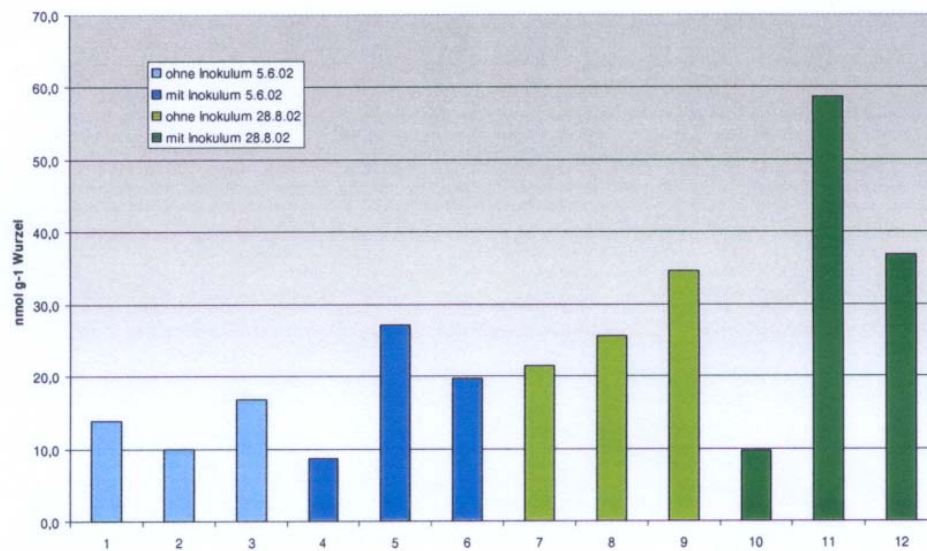
Achillea millefolium / PLFA 16:1(11)
Standardmischung



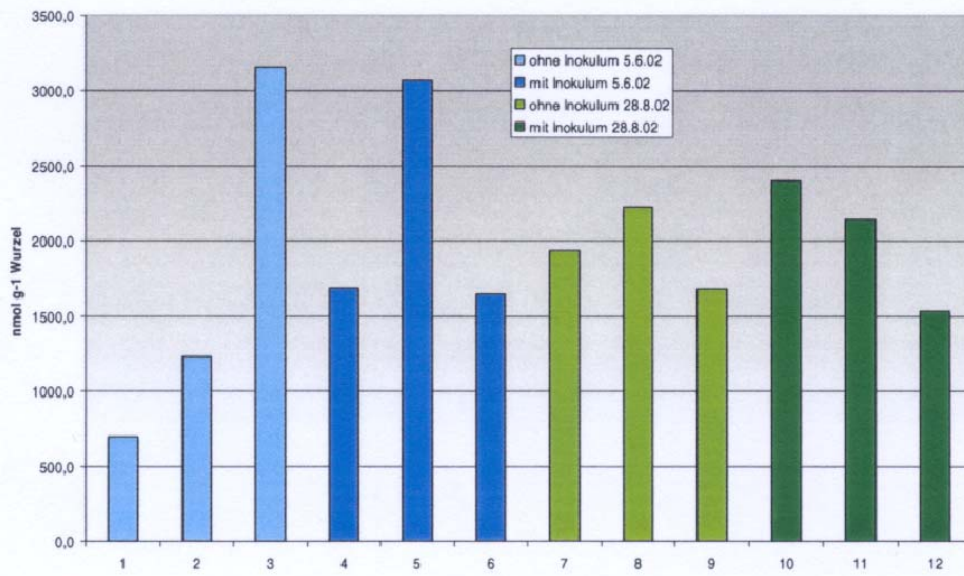
Achillea millefolium / NLFA 16:1(11)
Standardmischung



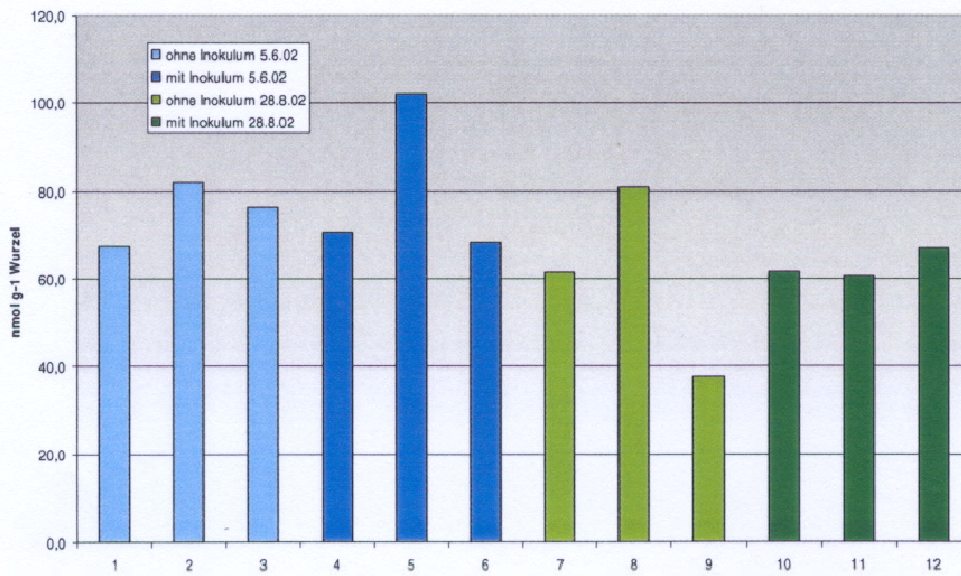
Achillea millefolium - NLFA/PLFA 16:1(11)
Standardmischung



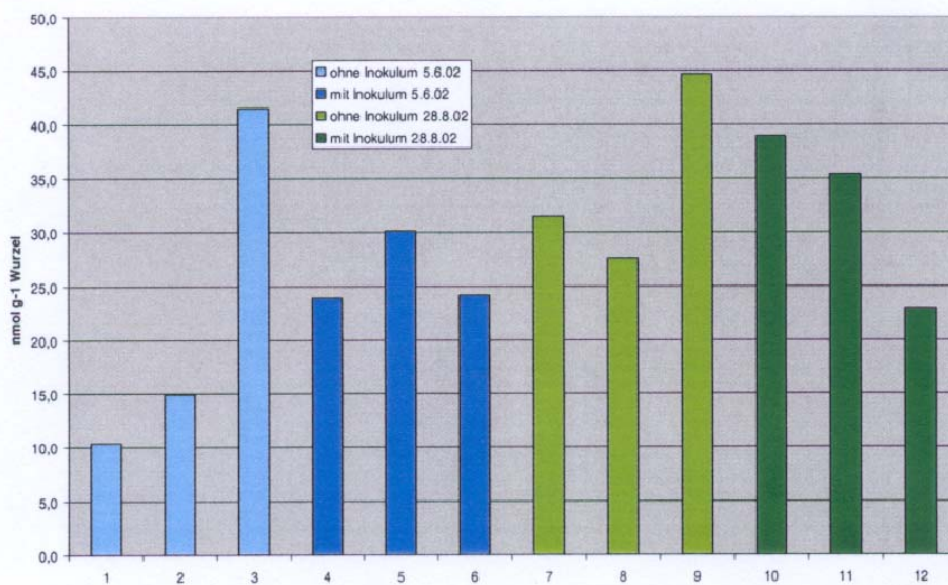
Achillea millefolium / NLFA 16:1(11)
Weidemischung



Achillea millefolium / PLFA 16:1(11)
Weidemischung



Achillea millefolium - NLFA/PLFA 16:1(11)



Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl der Deckungsgrad, der oberirdische als auch unterirdische Biomasseertrag bei den Variante mit der Verwendung von Mycorrhiza schlechter entwickelt hat, als bei der Variante mit reiner Hydrosaat unabhängig von der verwendeten Saatgutmischung.

Das Versetzen der Ansaat mit Arbuskulärer Mycorrhiza (AM) hat bei der Schafgarbe offensichtlich den Grad der Mycorrhizierung bei den Untersuchungsterminen unabhängig von der Saatgutmischung leicht erhöht. Bei den Gräsern kann zum Sommertermin eine deutlichen Zunahme der Mycorrhizierung, allerdings unabhängig von der Inokulierung, beobachtet werden.

Es konnte bei der Bestimmung von Phospholipid- und Neutrallipidmarkerfettsäuren kein positiver Effekt der Mycorrhizierung bzw. der Technik verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mycorrhiza auf dem Standort Hochwurzten festgestellt werden.

Aus Sicht des Erosionsschutzschutzes ist die Verwendung von Mycorrhiza zur Ansaat bei der Begrünung von Hochlagen nicht von Vorteil.

Summary

The result show that cover as well as above-ground and below-ground biomass developed worse in the variants with mycorrhiza in comparison to the variants with only hydroseeding, independent from the seed mixture.

The addition of arbuscular mycorrhiza raised the level of mycorrhization of Millefoil (*Achillea millefolium* agg.) during all periods of assessments, whereas with grasses, the level was raised remarkably only during summer assessments, but independent if an inoculation was done or not.

In combination with the measurement of phospholipids and neutral lipid acids, no positive effect of mycorrhization or enhanced hydroseeding with mycorrhization, respectively, could be found at the site Hochwurzten.

From an erosion protection viewpoint, the use of mycorrhiza during setup/seeding in the sphere of restoration efforts in high zones brings no advantages.

Weiterführende Literatur

Bohner, A. und B. Krautzer, 2003: Arbuskuläre Mycorrhiza (AM) in der Grünlandwirtschaft und im Landschaftsbau (AM in grassland farming and landscape restoration), Zwischenbericht Projektnummer 2317, BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning

Göbl, F. und H. Ladurner, 2000: Mykorrhizen und Pilze der Hochlagenaufforstung Haggen, FBVA der Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien Nr. 173, 99 S.

Greipsson, S. and H. El-Mayas, 2000: Arbuscular Mycorrhizae of *Leymus arenarius* on Coastal Sands and Reclamation Sites in Iceland and Response to Inoculation, *Restoration Ecology* Vol. 8, No.2, 144-150

Krautzer, B., G. Parente, G. Spatz, C. Partl, G. Peratoner, S. Venerus, W. Graiss, A. Bohner, M. Lamesso, A. Wild, J. Meyer, 2002: ALPEROS Final Report, ALPEROS Final Report, 78 S. 24/1/587

Krautzer, B., G. Peratoner, W. Graiss und M. Greimel, 2005: Hochlagenbegrünung mit standortgerechtem Saatgut, Ergebnisse des EU-Forschungsprojektes ALPEROS, Internationales Seminar "Ingenieurbiologie in der Wildbachverbauung und im Erosionsschutz", 23.-27. Mai 2005, Bozen, 16 S.

Meyer, J.: Anwendung Vesikulärer-Arbuskulärer Mykorrhiza Pilze zur Renaturierung von Böden auf Extremstandorten (alpine Zonen), Dr. Jürges, Objektbegrünungen, 23 S.

Püschel, D., J. Rydlova and M. Vosatka, 2007: Mycorrhiza influences plant community structure in succession on spoil banks, *Basic and Applied Ecology* 8, 510-520

Tallaksen, J.: Use of mycorrhizal inoculum as a soil amendment during prairie restoration, <http://www.hort.agri.umn.edu/h5015/97papers/tallaksen.html>, 1-11