

Mykorrhiza im Weinbau – Resultate 2011/2012

von Claudio Niggli und Andrzej Klasa

[Artikel weiterempfehlen](#)

Ein optimiertes Zusammenspiel zwischen Weinreben und nützlichen Mikroorganismen ist eines der Ziele des Weinbaus mit hoher Biodiversität. Hierbei steht die Förderung der heimischen Mikroben durch Begrünung, Kompostgaben und Humusaufbau im Vordergrund. In jahrzehntelang intensiv bewirtschafteten Böden ist aber die biologische Aktivität teilweise so stark zurückgegangen, dass eine gezielte Beimpfung mit Bakterien, Pilzsporen oder Pilzfäden sinnvoll sein kann.

Die Partnerschaften zwischen Kulturpflanzen und Boden-Mikroorganismen sind ein Grundpfeiler der organischen Landwirtschaft. Ein nachhaltiger, klimapositiver Weinbau ist nur möglich, wenn die Versorgung der Reben mit Nährstoffen weitgehend autonomisiert und die Nährstoffkreisläufe im Rebberg geschlossen werden können. Symbiosen mit Mykorrhizen und Rhizobakterien können die Aufnahme von Phosphor, Stickstoff und auch anderen Nährelemente durch die Rebe verbessern. Zudem schützt eine dichte Besiedelung der Wurzeln mit diesen Pilzen die Pflanze vor Wurzelschädlingen. Sowohl unspezifische Endo- als auch spezifische Ektomykorrhiza-Symbiosen sind bei den Weinreben bekannt.

Um die Wirksamkeit von Impfpräparaten mit Mykorrhiza-Sporen oder -Myzel (Pilzfäden) zu untersuchen, sind im Jahr 2010 in den Weinbergen des Delinat-Instituts mehrere Versuche mit Mykorrhiza-Präparaten angelegt worden, vorwiegend mit Ektomykorrhiza-Präparaten, die von Mykoflor Link hergestellt worden sind (siehe Ithaka-Artikel: [Pilze als Partner](#)). Die effektive Umsetzung der damals in der Planung stehenden Versuche wurde teilweise noch angepasst. Ein vierter Versuch mit der Inokkulation einer bestehenden Jungpflanzung der alten Walliser Sorte Rêze ist noch dazu gekommen.

Die Versuche wurden 2011 erstmals ausgewertet. Im Folgenden soll nun ein Überblick über die Resultate aus den beiden Versuchsjahren 2011 und 2012 gegeben werden.

1. Zusammenfassung der Resultate

In den ersten zwei Jahren nach dem Einsatz von Mykorrhiza-Präparaten konnten aus weinbaulicher Perspektive sowohl positive als vereinzelt auch negative Tendenzen bei inokkulierten Reben beobachtet werden. Unter den statistisch abgesicherten Resultaten konnten bei den Mykorrhiza-Varianten keine weinbaulich negativen Effekte beobachtet werden. Statistisch signifikant höher war die Wuchskraft der inokkulierten Reben bei Altreben der Sorte Pinot Noir nach zwei Jahren. Bei der Anfälligkeit der Trauben gegenüber Echtem Mehltau wurde nach einem Jahr ein negativer Trend bei den inokkulierten Varianten beobachtet.

Bei der Analyse der Beeren zeichneten sich in manchen Varianten mit Ektomykorrhiza-Inokkulaten deutlich positive Trends ab: Es wurden im ersten Jahr mehr sekundäre Inhaltsstoffe gebildet und ein höheres Reduktionspotential gemessen. Dies in einem Ausmass, welches für die Weinqualität von entscheidender Bedeutung sein sollte. So konnte 2011 bei einer Variante ein erhöhter Polyphenolgehalt von 27 % in den Beeren festgestellt werden (14 % nach 2 Jahren). Der Anthocyangehalt lag nach einem Jahr sogar um knapp 43 % höher als bei der Kontrolle (39 % nach 2 Jahren). Anthocyane sind Traubenfarbstoffe und können unter den phenolischen Substanzen als besonders wirksame Antioxidantien angesehen werden. Die Tendenzen zu vermehrter Phenolbildung haben sich bei zwei Inokkulaten auch nach zwei Jahren erneut gezeigt, zwei andere zeigten aber einen deutlich verringerten Gehalt von Phenolen. Die Konzentration von Zucker und Extrakt (nichtflüchtige Stoffe) in den Beeren war bei allen inokkulierten Varianten erhöht. Die vier Isolat-Varianten unterscheiden sich bezüglich der Parameter in den Beeren sehr stark.

Bei Jungreben wurde bisher lediglich das Biomasse-Wachstum bestimmt, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen Kontrollgruppen und inokkulierter Variante beobachtet werden konnte. Die Varianz zwischen den Rebstöcken war bei Jungreben in den ersten Jahren enorm. Zudem scheint es wahrscheinlich, dass der Faktor

Bewässerung maßgeblich Einfluss auf den Erfolg der Inokkulation der Jungreben nahm. Bei sehr trockenen Bedingungen nach der Pflanzung scheint eine erfolgreiche Inokkulation kaum möglich.

Die Ausbildung des Pilzmyzels und Einstellung von symbiotischen Gleichgewichten und damit die Wirkung von Mykorrhiza-Präparaten sind Prozesse, die Zeit brauchen. Dies gilt besonders für Jungpflanzen. Untersuchungen von Wissenschaftlern der Universität Ermland-Masuren in Polen und anderen Mykorrhiza-Forschern geben zur Annahme Anlass, dass bei jungen, noch wenig entwickelten Pflanzen der Nutzen von Mykorrhiza-Symbiosen gering ist, da der Pilz aufgrund der geringen Photosyntheseleistung wenig Zucker zugeliefert bekommt. Es ist sogar oft zu beobachten, dass Jungpflanzen in der Entwicklung nach der Inokkulation zuerst gebremst werden. Erst später, wenn sich die Symbiose eingespielt hat, nimmt das Wachstum rasch zu und übertrifft dasjenige der Kontrollgruppen.

2. Methoden und Versuchsanlagen

Die Vorgehensweisen bei der Datenaufnahme an den Reben (Triebdurchmesser, Pflanzengesundheit, Traubenanalysen von Sammelproben) sind analog zu denjenigen der bisherigen Begrünungsversuche, die genaue Beschreibung finden Sie in [Artikel1](#), [Artikel2](#).

2010 wurden am Delinat-Institut 4 Freilandversuche mit Mykorrhiza-Inokkulaten umgesetzt. Die Beschriebe und Pläne des Setups finden sie auf dem Institutsserver: [Mykorrhizierung von Reben](#)



Abb.1: Inokkulation von Jungreben vor dem Pflanzen, mit Ektomykorrhiza (links) und Endomykorrhiza (rechts).

3. Resultate (Gekürzte Version)

Im Folgenden werden nur diejenigen Resultate in Form von Diagrammen gezeigt, welche statistisch signifikant waren oder deutliche Trends erkennen lassen. Die kompletten Resultate finden sie [hier](#).

3.1 Versuch 2: Inokkulation von Jungreben vor dem Pflanzen

Wuchskraft

2011: Es konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich Wuchskraft zwischen den mit Mykorrhiza beimpften Pflanzen und der Kontrolle gefunden werden (Abb.1). Die durchschnittliche Trieblänge liegt bei den beiden

inokkulierten Varianten zwar höher, die Standardabweichung ist bei beiden aber extrem hoch und mehr als doppelt so gross, als bei der Kontrolle. Eine statistische Auswertung erübrigt sich.

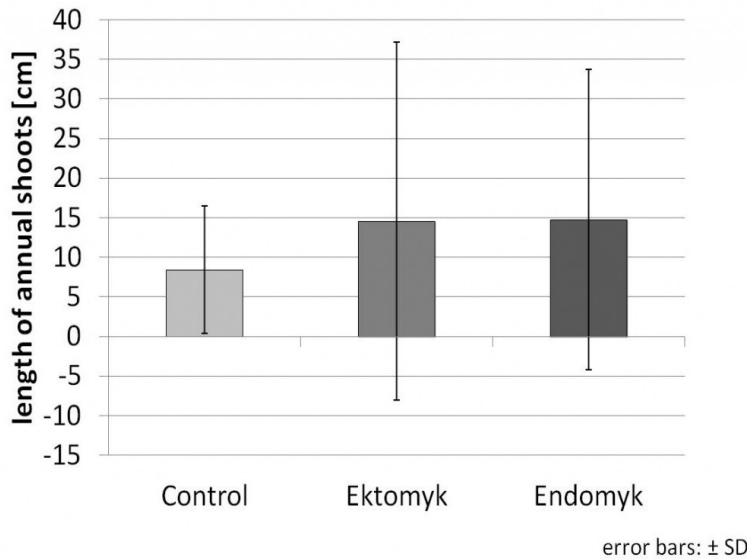


Abb.1 Mittlere Trieb­längen des ein­jähri­gen Zu­wach­ses.

3.2 Versuch 3 – Inokkulation von Jungreben nach dem Pflanzen

Weder 2011 noch 2012 konnten bei Jungreben der Sorte Rèze kein Einfluss auf das Wachstum bei der inokkulierten Variante festgestellt werden.

3.3 Versuch 4 – Inokkulation von Altreben

In Bezug auf den Blattstickstoffgehalt, die Wuchskraft und die Gescheinezahl konnte 2011 kein Unterschied zwischen Kontrollgruppe und inokkulierten Varianten festgestellt werden.

3.31 Wuchskraft 2012

Der Mittelwert der Triebdurchmesser aller mykorrhizierten Varianten lag nach zwei Jahren signifikant höher, als derjenige der Kontrolle. Zwischen den vier Inokkulaten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Abb.2).

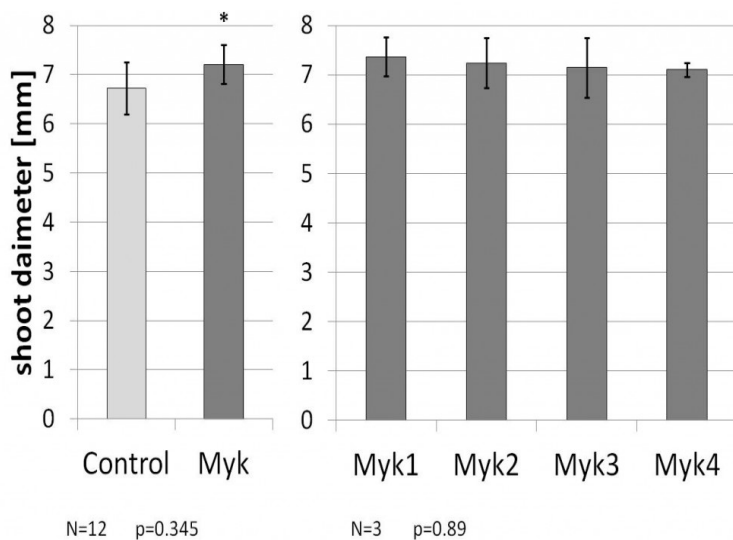


Abb.2 Mittlere Triebdurchmesser aller mykorrhizierten Varianten im Vergleich zur Kontrolle (links) und aufgeschlüsselt nach Mykorrhiza-Isolat (rechts).

3.32 Pflanzengesundheit 2011

Beim Traubenbefall mit dem echten Mehltau zeigten die mykorrhizierten Varianten 9 % mehr Trauben mit sehr starkem Befall und 9 % mehr Trauben mit starkem Befall (Abb.8). Für den Befall der Trauben mit falschem Mehltau zeigten die mykorrhizierten Varianten 7 % mehr Trauben mit starkem bis sehr starkem Befall. Eine statistische Auswertung war aufgrund der Datenlage nicht möglich (gepoolte Daten).

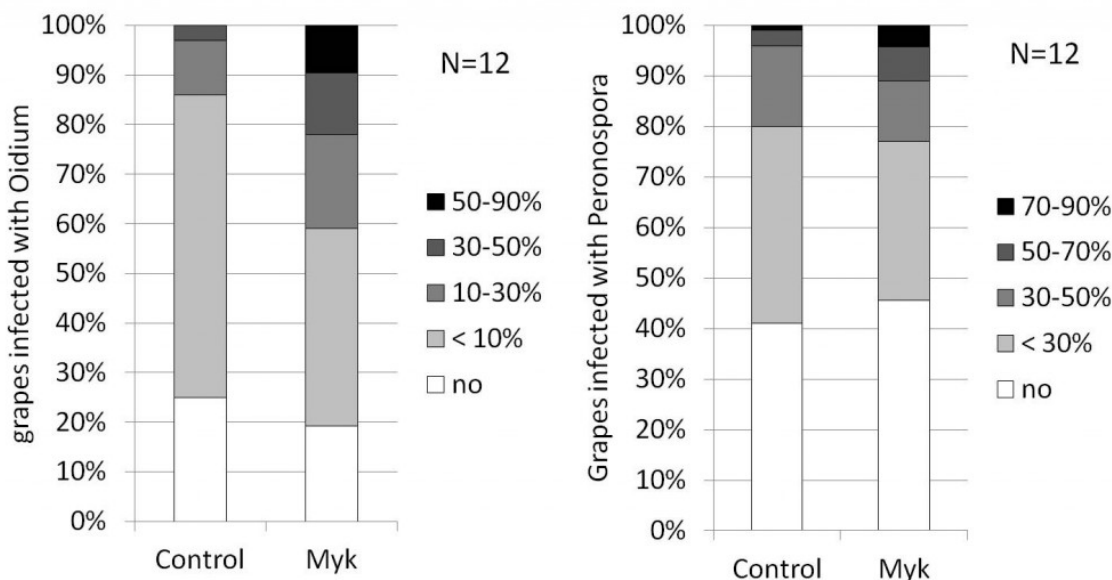


Abb.3 Anteil befallener Trauben für Echten Mehltau (links) und Falschen Mehltau (rechts), eingeteilt nach Befallsstufen.

Traubenqualität

Alle Analysen zu Traubeninhaltsstoffen sind an Sammelproben vorgenommen worden, weshalb statistische Tests

nicht möglich waren. Die Fehlerbalken beziehen sich immer auf den Messfehler, nicht auf die Standardabweichung.

3.33 Traubenqualität 2011

Der Gehalt an phenolischen Verbindungen in den Trauben war bei zwei von vier mykorrhizierten Varianten höher, bei Inokkulum 1 um 27%, bei Inokkulum 2 um 13% im Vergleich zur Kontrolle (Abb.1). Die Standardabweichungen beziehen sich auf die Messgenauigkeit.

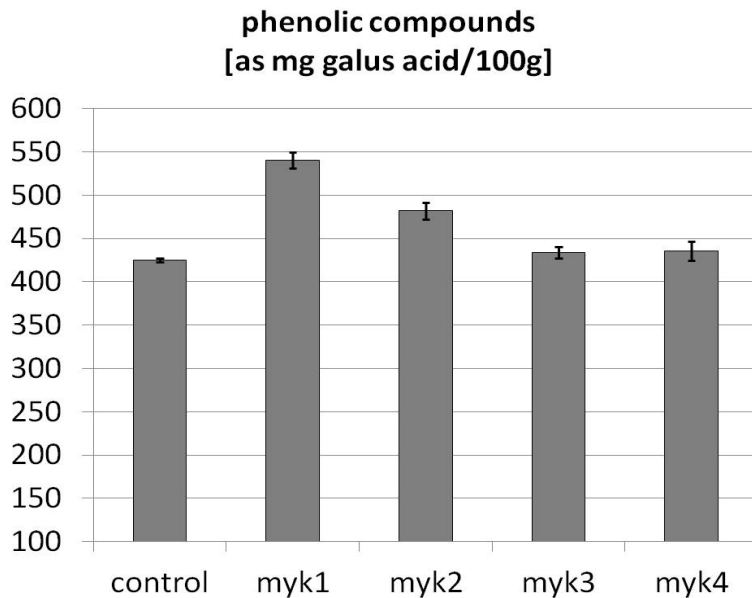


Abb.4 Durchschnittlicher Gehalt phenolischer Verbindungen in den Traubenbeeren.

Die Reduktionskapazität der Beeren war bei allen vier inokkulierten Varianten höher, als bei der Kontrolle. Bei Variante 2 war die Reduktionskapazität am höchsten, im Vergleich zur Kontrolle um 5 % höher. Der Anthocyangehalt der Trauben von Variante 1 liegt 42.7 % höher als bei der Kontrollgruppe. Nur bei Variante 4 konnte ein Anthocyangehalt gemessen werden, der unter demjenigen der Kontrolle liegt (Abb.5).

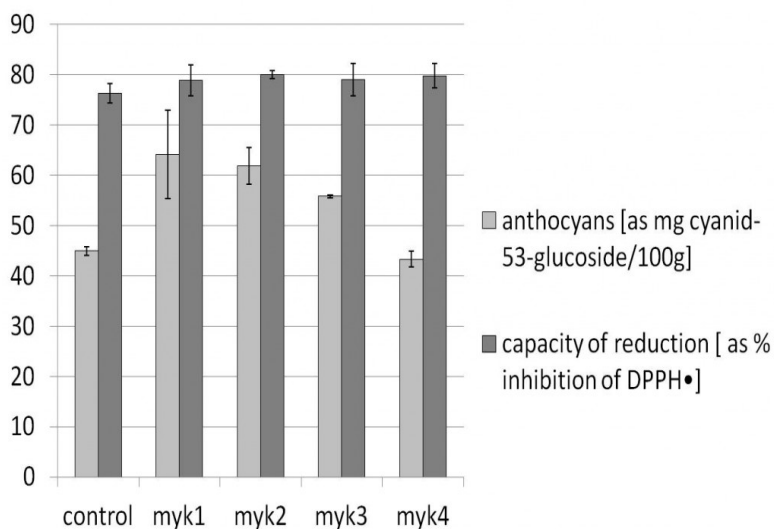


Abb.5 Mittlerer Anthocyangehalt und Reduktionskapazität in den Traubenbeeren.

3.34 Traubenqualität 2012

Der Gehalt phenolischer Verbindungen lagen 2012 für die Isolat-Varianten 1 (13 %) und 2 höher, bei 3 und 4 niedriger als bei der Kontrolle. Wie im Vorjahr wurden der höchste Gehalt bei Variante 1 gemessen (Abb.6).

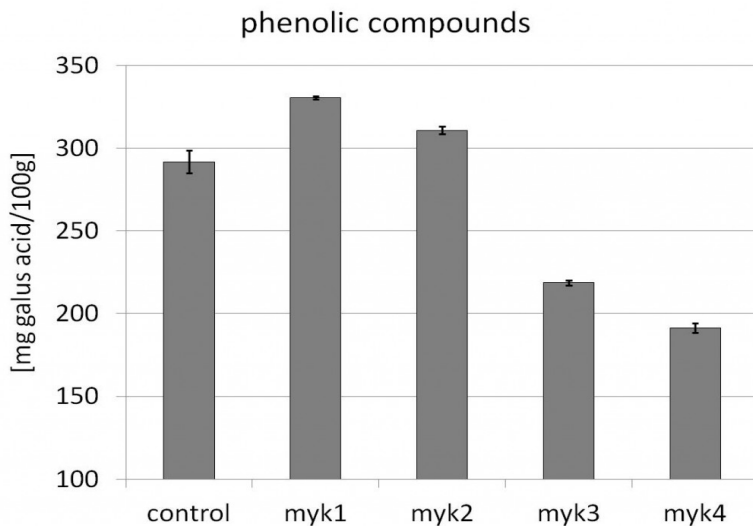


Abb.6 Mittlerer Gehalt phenolischer Verbindungen in den Traubenbeeren, ausgedrückt als Gallsäure pro 100 g Beeren.

Die Anthocyan-Gehalte waren bei den mit Isolat 1 und 2 beimpften Reben am höchsten. Die Mittelwerte für Variante 3 und 4 sind im Bereich der Standardabweichung der Kontrolle. Bei allen mykorrhizierten Varianten konnte eine erhöhte Reduktionskapazität gemessen werden, mit Ausnahme der mit Isolat 4 inokulierten Reben (abb.7).

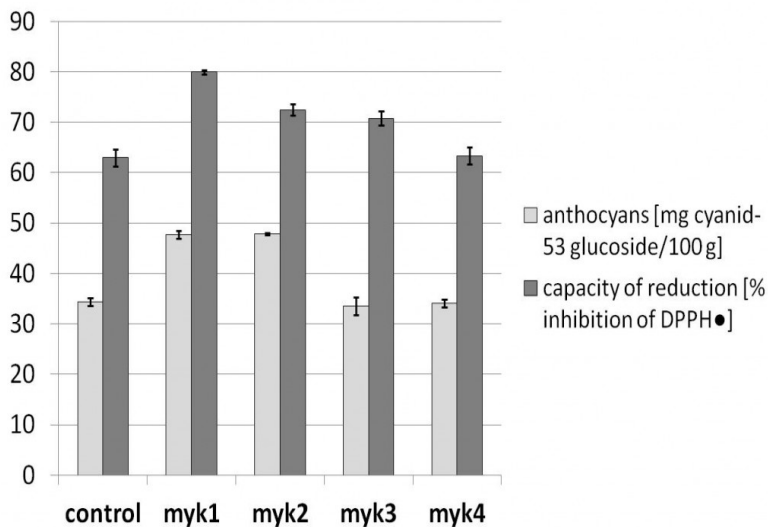


Abb.7 Mittlerer Anthocyan Gehalt und mittlere Reduktionskapazität in den Traubenbeeren.

Die Beeren aller inokulierten Varianten haben einen höheren Zucker- und Extraktgehalt aufgewiesen, als die Kontrollgruppe (Abb.8). Den höchsten Zuckergehalt wies Variante 2 auf (7.89 %), den höchsten Extraktgehalt Variante 3 (21.63 %).

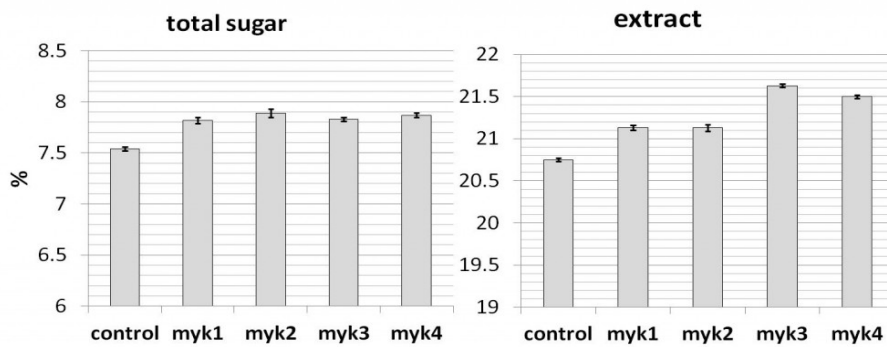


Abb.8 Mittlerer Zuckergehalt (links) und mittlerer Extraktgehalt (rechts) in den Traubenbeeren.

4. Diskussion

4.1 Versuch 2: Inokkulation von Jungreben vor dem Pflanzen

Nach einem Jahr konnte eine Tendenz zu erhöhter Wuchskraft bei den Mykorrhiza-Varianten beobachtet werden, gleichzeitig wiesen diese extreme und im Vergleich zur Kontrolle viel höhere Standardabweichungen auf. Dieser Varianzheterogenität könnten mehrere Ursachen zugrunde liegen:

1. Die Mykorrhizierung war nur bei wenigen Stöcken erfolgreich, hat bei diesen aber schon in einem frühen Stadium einen stark positiven Effekt gezeigt.
2. Die Mykorrhizierung hat bei den meisten Stöcken geklappt, aber hat sich nicht bei allen Individuen gleich ausgewirkt.
3. Eine Kombination aus 1. und 2.

Leider konnte aufgrund hoher Mortalität bei fehlender Bewässerung der Versuch 2012 nicht weiter geführt werden.

4.2 Versuch 3: Inokkulation von Jungreben nach dem Pflanzen

Die Inokkulation bestehender Jungreben hatte, wenn sie denn überhaupt erfolgreich war, in den ersten beiden Jahren keinen Einfluss auf das Biomassewachstum gezeigt. Eine "neutrale" Koexistenz scheint unwahrscheinlich, denn in biologischen engen Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Pilzen profitieren entweder beide Partner oder die Pflanze als Wirt wird geschädigt. Es ist also eher die Annahme naheliegend, dass die Inokkulation gar nicht oder nur sehr vereinzelt geklappt hat. Das Wurzelwerk der Jungpflanzen war vielleicht zu schwach ausgeprägt, als dass die "blind" injizierten Inokkulat-Dosen in den Boden im Unterstockbereich zufällig mit wachstumsaktiven Wurzeln in Kontakt gekommen wären. Selbst wenn die Inokkulation zufällig bei wenigen einzelnen Stöcken erfolgreich gewesen wäre, ist ohne Überlappung der Wurzeln zwischen Nachbarstöcken eine Ausbreitung der Pilze kaum möglich. Die beschränkte Übertragung bei jungen Dauerkulturen könnte man als Nachteil der verwandtschaftsspezifischen Ektomykorrhiza-Technologie anführen, dies auch im Gegensatz zu den relativ unspezifischen Endomykorrhizen, welche sich über Begrünungspflanzen im Weinberg ausbreiten können. Besser fundierte Schlussfolgerungen zum Erfolg der Inokkulation können erst aufgrund der Traubenanalysen im nächsten Jahr gemacht werden.

4.3 Versuch 4: Inokkulation von Altreben

Blattstickstoff

Da Mykorrhiza-Assoziationen sich primär positiv auf die direkte Phosphorverfügbarkeit für die Pflanze auswirken, ist ein unmittelbarer und signifikanter Einfluss auf den Stickstoffgehalt in den Rebblättern nicht zu erwarten. Der Blattstickstoff soll trotzdem 2013 erneut getestet werden, da in wissenschaftlichen Untersuchungen bei manchen Mykorrhizen auch N-Transfers zwischen Pilz und Pflanze beobachtet werden konnten. Bei stark ausgeprägten Symbiosen ist es auch denkbar, dass indirekte Effekte zu einer Erhöhung der N-Aufnahme führen können, z.B. durch die Gesundheit der Wurzeln oder die erhöhte Mineralisierungsrate. Zudem wurde 2012 eine signifikant höhere Wuchskraft bei den Mykorrhiza-Varianten festgestellt, was die Vermutung nahe legt, dass auch die Stickstoff-Versorgung der Reben verbessert worden ist.

Wuchskraft

Mykorrhizen können Vorteile für die Wirtspflanze in mehreren Bereichen bringen, doch meist kommen diese erst voll zum Tragen, wenn sich das symbiotische Gleichgewicht optimal eingestellt hat. Voraussetzung dazu sind eine ausgeglichene Leistungsfähigkeit der Partner, was bedingt, dass beispielsweise die Dimensionen des Myzelnetzwerks des Pilzes ungefähr dem besiedelbaren Wurzelraum und der photosynthetischen Leistung der Pflanze entsprechen. Dass die Wuchskraft bei inokulierten Altreben erst in der dritten Saison signifikant verbessert worden ist, bestätigt die Annahme, dass Ektomykorrhizen mehrere Jahre zur vollen Entfaltung benötigen. Die Fachleute von der Universität Ermland-Masuren weisen immer wieder darauf hin, dass in praktischen Versuchen bei erfolgreicher Inokkulation die Auswirkungen meist erst nach ein bis zwei Jahren nachgewiesen werden können (mündliche Mitteilung A. KLASA).

Gescheinezahl

Die Zahl der Hauptblütenanlagen wird bei der Weinrebe bereits im Vorjahr festgelegt, weshalb im ersten Jahr nach der Inokkulation keine Effekte zu erwarten sind. Mittelfristig könnte sich aber Mykorrhizierung in nährstofflimitierten Bedingungen auch positiv auf die Blütenausbildung auswirken, ist diese doch in besonderem Masse von der Phosphorversorgung abhängig. Deshalb soll die Gescheinezahl im Jahre 2013 ein weiteres Mal erhoben werden. Auffällig ist die besonders hohe Varianz im Vergleich der einzelnen Inokkulate, welche Hinweise auf eine hohe Heterogenität und/oder des Inokkulationserfolges in der Parzelle hinweist.

Pflanzengesundheit

Die nach einem Jahr festgestellten Tendenzen laufen den Erwartungen entgegen, haben Experimente andernorts doch gezeigt, dass Mykorrhizierung den Befall mit mikrobiellen Pathogenen massiv verringern kann. Der Trend zu höherer Anfälligkeit für Echten Mehltau bei den inokulierten Varianten in der ersten Saison scheint zu stark, als dass er nur dem Zufall zugeschrieben werden kann. Da aufgrund der Datenlage keine statistische Auswertung möglich ist, bleibt aber nur die Spekulation. Es gilt hier zu berücksichtigen, dass es sich bei der Datenerhebung zur Pflanzenpathologie um Schätzungen und nicht gänzlich objektivierbaren Zuordnungen zu Kategorien handelt. Dabei ist der Einfluss des Beobachters nicht zu unterschätzen, kann sich doch die Wahrnehmung und damit das Schätzverhalten selbst während einer Datenaufnahme bedeutend verändern. Es ist denkbar, dass die Mykorrhizierung (noch) keinen Einfluss auf das Abwehrsystem gegen Krankheiten genommen hat, die tendenziell erhöhte Wuchskraft aber bereits zu einer erhöhten Anfälligkeit führte. Auch hier sollen 2013 erneut umfassende Aufnahmen gemacht werden.

Traubenqualität

Die grossen Unterschiede beim Phenolgehalt in den verschiedenen Varianten bereits ein Jahr nach der Inokkulation sind bemerkenswert. Da Sammelproben analysiert worden sind, ist aber auch hier keine statistisch abgesicherte Aussage möglich. Ein Zusammenhang zwischen erhöhter Anfälligkeit für Echten Mehltau aufgrund der stärkeren Wuchskraft und verstärkter Bildung von phenolischen Substanzen als pflanzeneigene Fungizide wäre denkbar. Wir konnten jedoch auch feststellen, dass in Bezug auf die Wuchskraft die Unterschiede zwischen den Varianten im Jahr 2012 niedriger ausgefallen sind, als 2011; bei den Phenolgehalten sind die Unterschiede aber 2012 sogar noch grösser als im Vorjahr. Dies entkräftet die Hypothese zu einem einfachen Zusammenhang zwischen Wuchskraft,

Widerstandsfähigkeit und Phenolbildung. Wir müssen eher vermuten, dass Ektomykorrhiza gerade im Bereich der Fruchtqualität eine grosse Rolle spielt und die Wirkung verschiedener Isolate in dieser Hinsicht sehr unterschiedlich sein kann.

Zwischen Gescheinezahl (korreliert meist stark mit dem Ertrag) und Phenolgehalten lassen sich nach einem Jahr keine Zusammenhänge erkennen. Beispielsweise ist der Phenolgehalt nicht bei denjenigen Plots am höchsten, welche am wenigsten Trauben pro Stock ausgebildet hatten. Dies hätte auch erwartet werden können, da die Konzentration phenolischer Verbindungen meist mit sinkenden Erträgen zunimmt. Leider konnten im ersten Jahr die Zuckergehalte nicht gemessen werden, weil die Gärung bei Ankunft der Trauben im Labor bereits eingesetzt hatte.

Dass die Gesamtzuckerkonzentrationen in den Beeren trotz stärkeren Wachstums bei den inokkulierten Varianten höher ausgefallen ist, bestärkt die Vermutung, dass die Ektomykorrhiza-Inokkulation tatsächlich auch positive Auswirkungen auf die Traubenqualität hat. Denn üblicherweise führt – bei mässigem Nährstoffstress und vergleichbaren Umweltbedingungen – stärkeres Wachstum der Reben zu niedrigeren Zuckergehalten. Interessant ist auch die Beobachtung, dass Zuckergehalt und Gesamtextrakt bei den Isolat-Varianten 2 und 3 nicht korrelieren.

Die allgemeine Abnahme der Phenolgehalte 2012 im Vergleich zum Vorjahr ist laut Analyselabor darauf zurückzuführen, dass im 2011 die Proben wegen überlanger Transportwege bereits zu gären begonnen hatten. Deshalb ist ein Vergleich zwischen Varianten innerhalb desselben Jahres legitim, über die beiden Jahre aber nicht möglich.

5. Fazit

Das Inokkulieren mit Ektomykorrhiza ist ohne Bewässerung bei Altreben wirkungsvoller, als der Einsatz bei Jungreben. Erste Effekte können bei etablierten Reben bereits nach einem Jahr nach der Inokkulation eintreten. Die Mykorrhizierung scheint im Bereich der Traubenqualität den stärksten und unmittelbarsten Einfluss auf die Rebkultur zu haben. Die Produktion von sekundären Inhaltsstoffen wurde bei einigen der getesteten Isolaten stimuliert, was in Hinsicht auf die Weinqualität eine bedeutende Rolle spielen kann. Die Analyse von Wein aus Mikrovinifikation soll hier weitere Aufschlüsse liefern (Publikation Anfang 2013).

Die Qualität und die gezielte genetische Selektion der Inokkulate ist offenbar von grosser Bedeutung für den Erfolg der Mykorrhizierung. Aufgrund der bisherigen Resultate sollten die Datenaufnahmen nächstes Jahr wieder ausgeweitet und Versuche mit Mykorrhizierungs-Technik im DelinatWinzer-Netzwerk ausgeweitet werden. Nächstes Jahr soll ein Versuch umgesetzt werden, bei dem Endomykorrhiza-Präparate über ein Tropfbewässerungssystem appliziert werden. Zudem wird auch im Bereich der Sekundärkulturen im Weinberg die Ektomykorrhiza-Technik stärker in die Praxis einfliessen: auf Château Duvivier ist der Ausbau eines Trüffelhains geplant.

Tags: [Inokkulation](#), [Mykorrhiza](#), [Nährstoffaufnahme](#), [Pflanzenschutz](#), [Traubenqualität](#)

[Artikel weiterempfehlen](#)

Verwandte Beiträge

- [Pilze als Partner: Mykorrhiza im Weinbau](#)
- [Begrünung im Weinbau – Neueste Resultate](#)
- [Vom Sinn der Austriebsspritzung im Weinbau](#)
- [Monsanto-Gentechpflanzen für giftresistente Schädlinge](#)

Zitierweise: Journal für Terroirwein und Biodiversität, 2010, ISSN 1663-0521

Dieser Eintrag wurde veröffentlicht am Samstag, 27. Oktober 2012 um 07, Okt und wurde abgelegt unter [Weinbau und Oenologie](#).

[RSS-Feed für alle eingehenden Ithaka Kommentare abonnieren](#)