

Mykorrhiza-Symbiose

-

Ein nachhaltigeres und umweltfreundlicheres Anti-Trockenstress- Mittel für Pflanzen?

von

Esma Görkem, Leilah Ahmad, Gabriele La Verde, Marcello Sechi,
Lana Al-Ezzo, Bilal Kayed

Friedensburg-Oberschule
Integrierte Sekundarschule mit gymnasialer Oberstufe
Staatliche Europaschule (SESB) Deutsch – Spanisch
MINT-freundliche Schule
Goethestr. 8-9
10623 Berlin

Gliederung

1. Einleitung
2. Vorgehensweise. Materialien, Durchführung
3. Ergebnisse und Ergebnisdiskussion
4. Zusammenfassung

1. Einleitung

In unserem Projekt ging es primär darum, eine nachhaltige Variante zur Lösung des zunehmend beobachtbaren Trockenstresses für Pflanzen zu finden. Derzeit gibt es zwar durchaus verschiedenste konventionelle Methoden der Wasserversorgung für Pflanzen, diese aber unter anderem ziemlich preis- und energieaufwändig und meist auch nicht umweltfreundlich. Aus diesem Grunde haben wir uns dazu entschieden, eine umweltfreundlichere Variante zur Verbesserung der Bewässerung von Pflanzen zu testen. Hierbei kam uns eine komplett biologische Alternative in den Sinn, die Mykorrhiza-Symbiose. Die Mykorrhiza-Pilze sind zwar derzeit in der Anschaffung etwas preisaufwändiger, doch können diese sich nach Etablierung der Symbiose langfristig genutzt werden, ohne dass weitere Kosten entstehen. Die hauptsächliche Frage war, ob eine derartige Mykorrhiza-Symbiose, in unserem Falle mit der Ringelblume, überhaupt hervorgerufen werden kann. Wenn uns dies gelingt, wäre es höchstwahrscheinlich auch möglich, die Mykorrhiza-Symbiose auch auf andere Pflanzen zu übertragen. Man könnte es unter anderem auf Mais, Kartoffeln, Weizen, Reis, Sojabohnen, Hirse und Gerste übertragen. Sofort wird bemerkbar, dass diese Pflanzen zu unseren bedeutendsten Lebensmitteln gehören. Für den regionalen Anbau ist z.B. die Kartoffel und der Weizen von Bedeutung. Aus diesem Grunde könnte man dann die Mykorrhiza-Symbiose auch auf unsere Landwirtschaft übertragen. Viele Landwirt*innen in Deutschland mussten in den letzten Jahren, in denen die Folgen des Klimawandels zunehmend spürbarer wurden, stärker unter den Folgen der hohen Temperaturen und der daraus resultierende fehlende Menge an Regen und Grundwasser, leiden. Diese fatalen Folgen waren der Grund von Ernteausschlägen, die auch für die wirtschaftliche Gefährdung der Betriebe ausschlaggebend waren. Um diesen Problemen entgegenzuwirken, ohne zu große Mengen an Energie (z.B. für Grundwasserpumpen) oder das Wasser unserer geschützten Seen und Flüsse zu verbrauchen, haben wir uns dazu entschlossen, dieses Projekt zu starten. Dabei war das NatLab der Freien Universität, aber auch unser großes Interesse am Thema *nachhaltiger Anbau*, ausschlaggebende Punkte zur Auswahl des Themas. Die Anfangshypothese war hierbei, dass eine derartige Mykorrhiza-Symbiose mit der Ringelblume hervorgerufen werden kann.

Unsere zweite Hypothese war, dass Mykorrhiza-Symbiose bei der Ringelblume das Wachstum trotz Trockenstress befördern kann

Momentan wird die Mykorrhiza-Symbiose primär in der Gärtnerei genutzt, dabei ist auch unser langfristiges Ziel, es auf landwirtschaftlichen Pflanzen zu übertragen. Im folgenden Teil wird die Methodik, die Durchführung und die Ergebnisse noch weitestgehend thematisiert.

2. Vorgehensweise, Materialien und Methoden

Wir hatten vier verschiedene Gruppen: die Kontrollgruppe (K), die Trockenstressgruppe (T), die Mykorrhiza-Gruppe (M) und die Mykorrhiza-Trockenstressgruppe (MT).

Pro Behandlung gab es fünf Replikate, so dass man insgesamt 20 Töpfe hatte. Wir sind wie folgend vorgegangen und zwar wurde in allen Töpfen ein Vliesstück eingelegt. Dann wurden alle Töpfe mit 23 Erde gefüllt. In die Töpfe K1-5 und T1-5 wurden jeweils 8ml autoklaviertes Mykorrhiza-Inokulum gestreut. In die Töpfe M1-5 und MT1-5 wurden jeweils 8ml lebendes Mykorrhiza-Inokulum gestreut. Das Inokulum wurde in allen Töpfen mit Erde bedeckt, sodass man einen Gießrand von ca. 1-2cm blieb. Es wurden ebenfalls in allen Töpfen etwas Wasser gegossen. Mithilfe eines Pikierstabes wurde in jeden Topf mittig ein kleines Loch gebohrt. Mit einer Federstahlpinzette wurde in jedes Loch ein Keimling gesetzt, mit der Wurzel nach unten. Dann wurde die Erde um den Keimling herum angedrückt. Jeder Topf wurde bis zur Wassersättigung gegossen, d.h., es wurde etwas gegossen und gewartet bis das Wasser einsickert und nochmal gegossen, bis das Wasser in der Unterschale vorhanden war.

Das Projekt ging sieben Wochen lang. In den kommenden Wochen mussten die Pflanzen dreimal wöchentlich gegossen werden. In den ersten vier Wochen wurden alle Töpfe bis zum Topfrand gegossen.



Abb. 1: Unser Aufbau zu Beginn des Projekts.

In der fünften bis zur siebten Woche erhielten die K- und M-Proben jeweils 40ml und die T- und MT-Proben jeweils 20ml Wasser. Es wurde ebenfalls einmal pro Woche gemessen. Zum einen wurden die Anzahl der Blätter jeder Pflanze pro Topf gezählt, ohne die Keimblätter mitzuzählen und es wurde das längste Blatt jeder Pflanze in cm gemessen und in eine Messtabelle eingetragen.



Abb. 2: Unser Aufbau nach etwa einer Woche.

Die Keimlinge, welche wir benutzt haben, waren Ringelblumen. Es sind viele Probleme aufgetreten: zum einen das Setzen des Keimlings in die Erde. Nach der ersten Woche sind schon die ersten Pflanzen gestorben, da entweder zu viel Wasser gegossen wurde oder der Keimling nicht richtig in die Erde eingepflanzt wurde. Da wir noch Keimlinge übrig hatten, haben wir für die verstorbenen Pflanzen neue Keimlinge gepflanzt

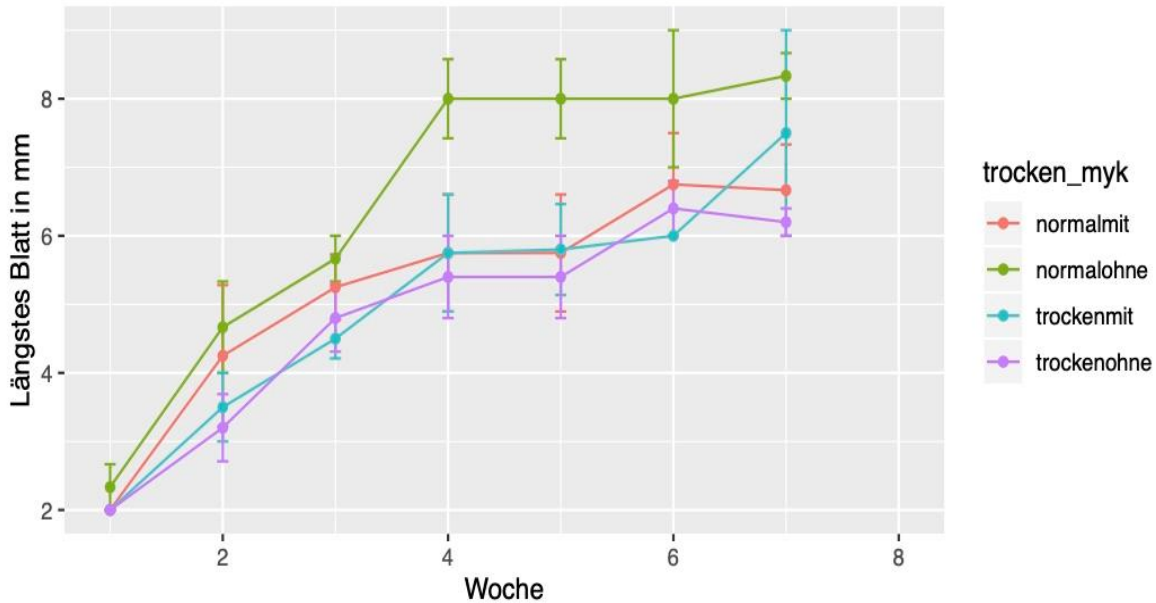
Dieses Projekt wurde vom NatLab, ein Schüler*innen-Forschungsunternehmen der FU, unterstützt, da wir die Mykorrhiza nicht selbst beschaffen konnten. Alle Materialien wurden vom NatLab zu Verfügung gestellt, sodass wir keine Kosten oder Ähnliches aufbringen mussten. Das Gießen und Messen haben Schüler des Biologie-Leistungskurs von Herrn Böker der Friedensburg-Oberschule übernommen.

Wir sind die sechs Schüler*innen dieses Kurses, die das Projekt gern so aufbereiten wollten, so dass wir das beim BUW einreichen können.

3. Ergebnisse und Ergebnisdiskussion

Unsere Messergebnisse sieht man in den folgenden zwei Abbildungen.

Länge des größten Blattes



Blattanzahl

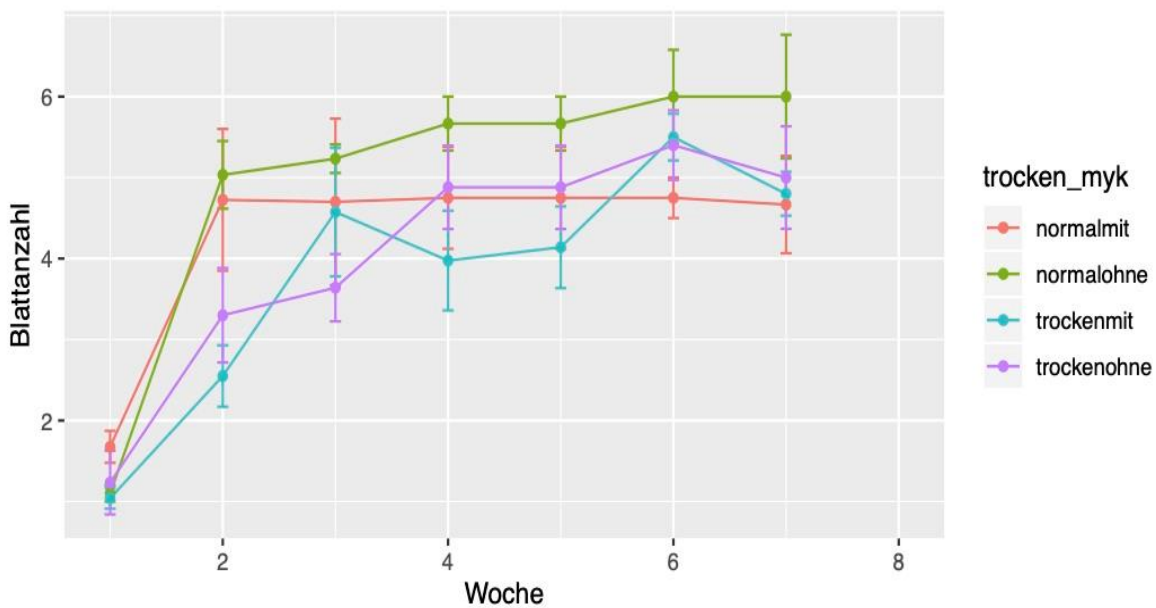


Abb. 3: Länge der längsten Blätter und Blattanzahl im Vergleich.

Leider haben sich unsere Hypothesen *erst* einmal nicht bewahrheitet (siehe aber auch unsere Abschlussdiskussion).

Hiernach sieht es so aus, dass die Pflanzen ohne Symbiose zwischen der Ringelblume und dem Mykorrhiza Pilz besser gewachsen sind.

Wir vermuten, dass wir die Pflanze zu früh geerntet haben und leider zu unregelmäßig und zu verschieden gegossen haben.

Die Trockenmasse unserer Pflanzen haben wir ebenfalls bestimmt. Eine Woche vor der Messung haben wir die Pflanzen abgeschnitten und mit Silikagel getrocknet.

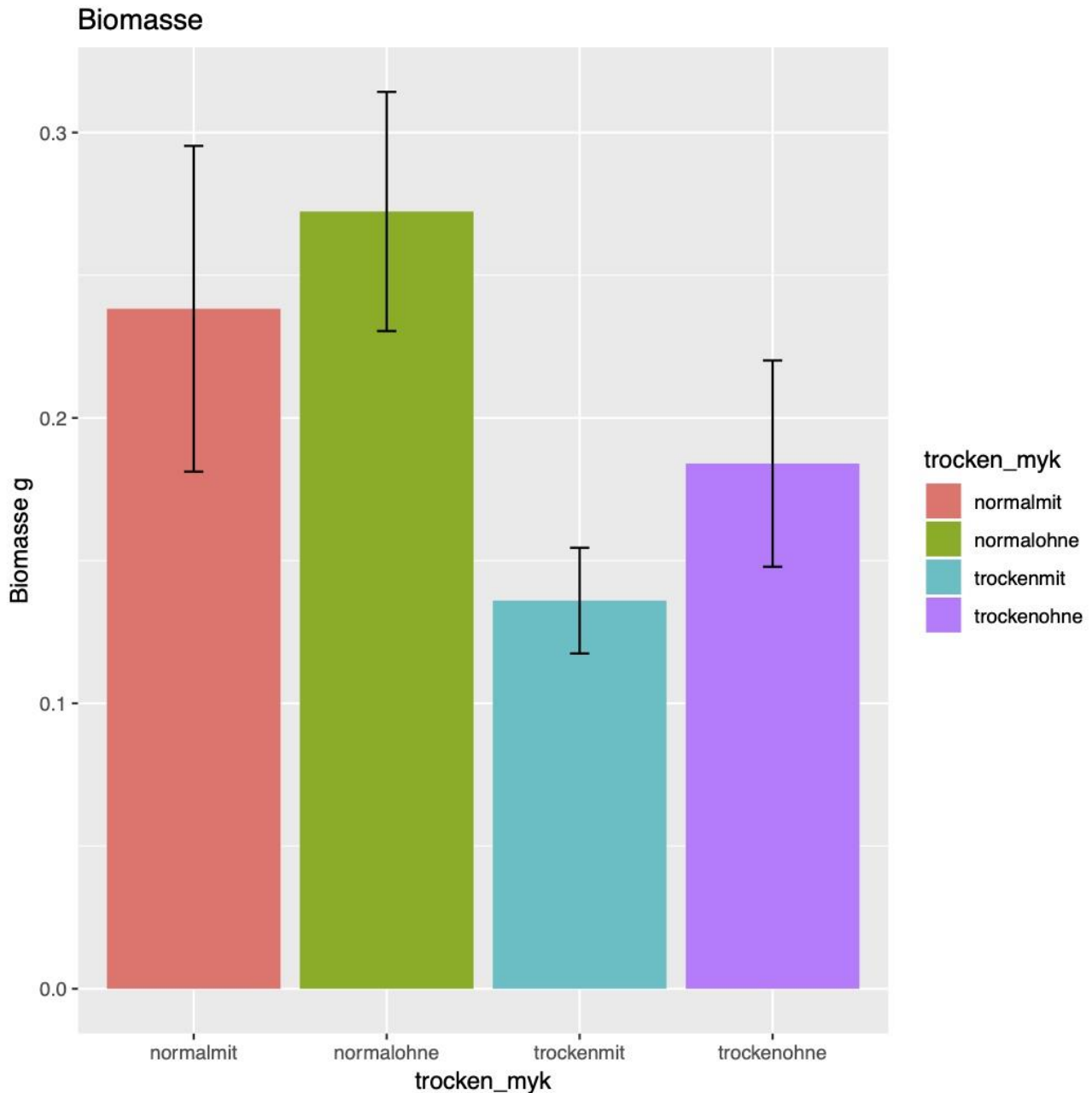


Abb. 4: Biomasse der oberirdischen Pflanzenteile nach einwöchiger Trocknung.

Leider haben sich unsere Hypothesen hier auch *erst* einmal nicht bewahrheitet (siehe aber auch unsere Abschlussdiskussion).

Danach sieht es so aus, dass die Pflanzen ohne Symbiose zwischen der Ringelblume und dem Mykorrhiza Pilz besser gewachsen sind.

Wir vermuten, dass wir die Pflanzen zu früh geerntet haben und die Symbiose zunächst einmal Kraft benötigt, bis sie sich voll entwickelt hat und dann erst der Pflanze Vorteile erbringt. Anfangs gibt ja die Pflanze dem Pilz auch erst einmal viel organische Substanzen, die der Pflanze zunächst für das Wachstum fehlen. Später überwiegen dann aber vermutlich die Vorteile.

Im NatLab haben wir auch die CO₂-Aufnahme gemessen (siehe untere Abb.).

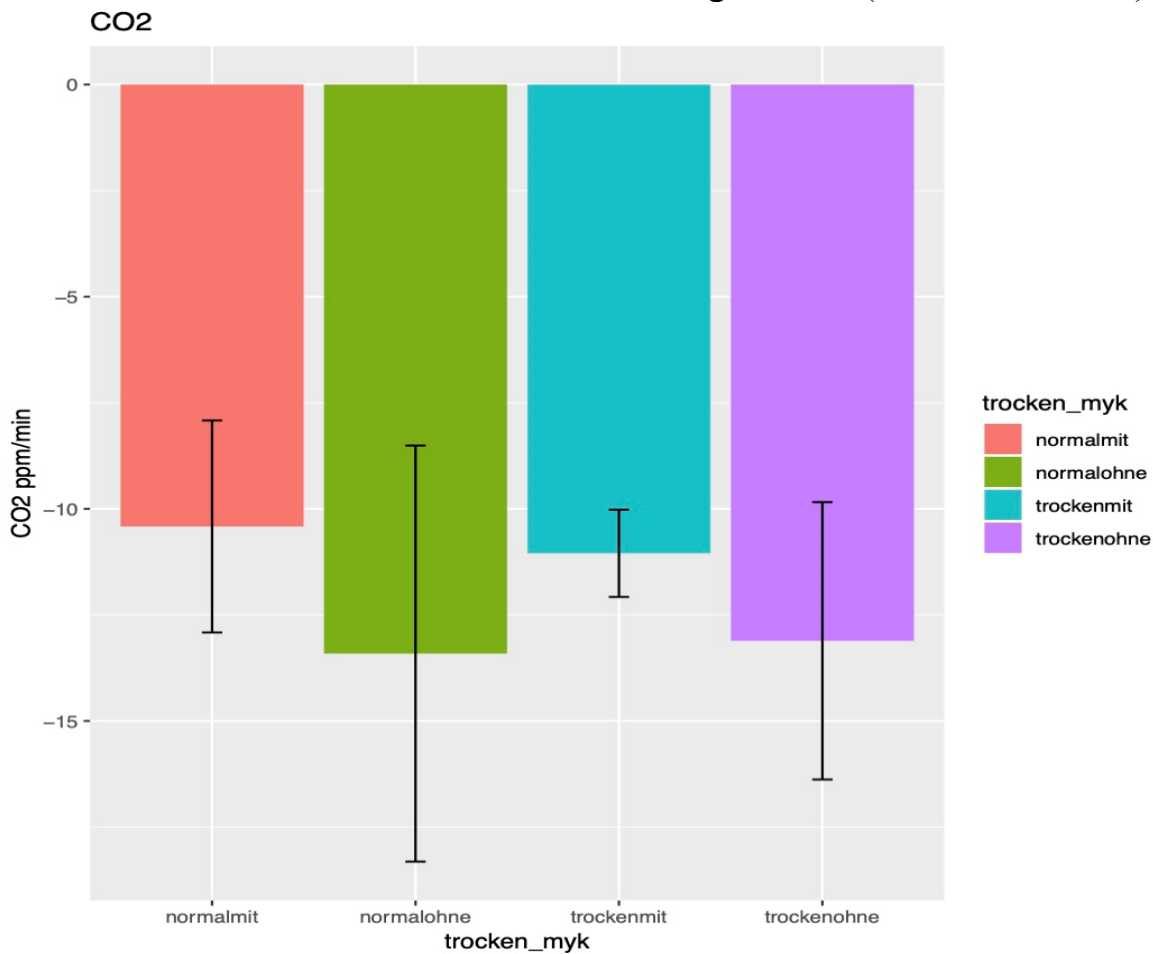


Abb. 5: CO₂-Aufnahme unserer Blätter.

Diese Methode hat sich als unbrauchbar herausgestellt, zu zeigen, welche Pflanzen am besten gewachsen sind, da die Blattgröße individuell variierte und wir somit in Abhängigkeit von den gewählten Blättern sehr differierende Ergebnisse erzielten.

Die Symbiose selbst konnten wir unter dem Mikroskop nachweisen. Blau eingefärbt sieht man die arbuskuläre Mykorrhiza:



Abb. 6: Übersicht: arbuskuläre Mykorrhiza an den Wurzeln unserer Pflanzen unter dem Mikroskop.

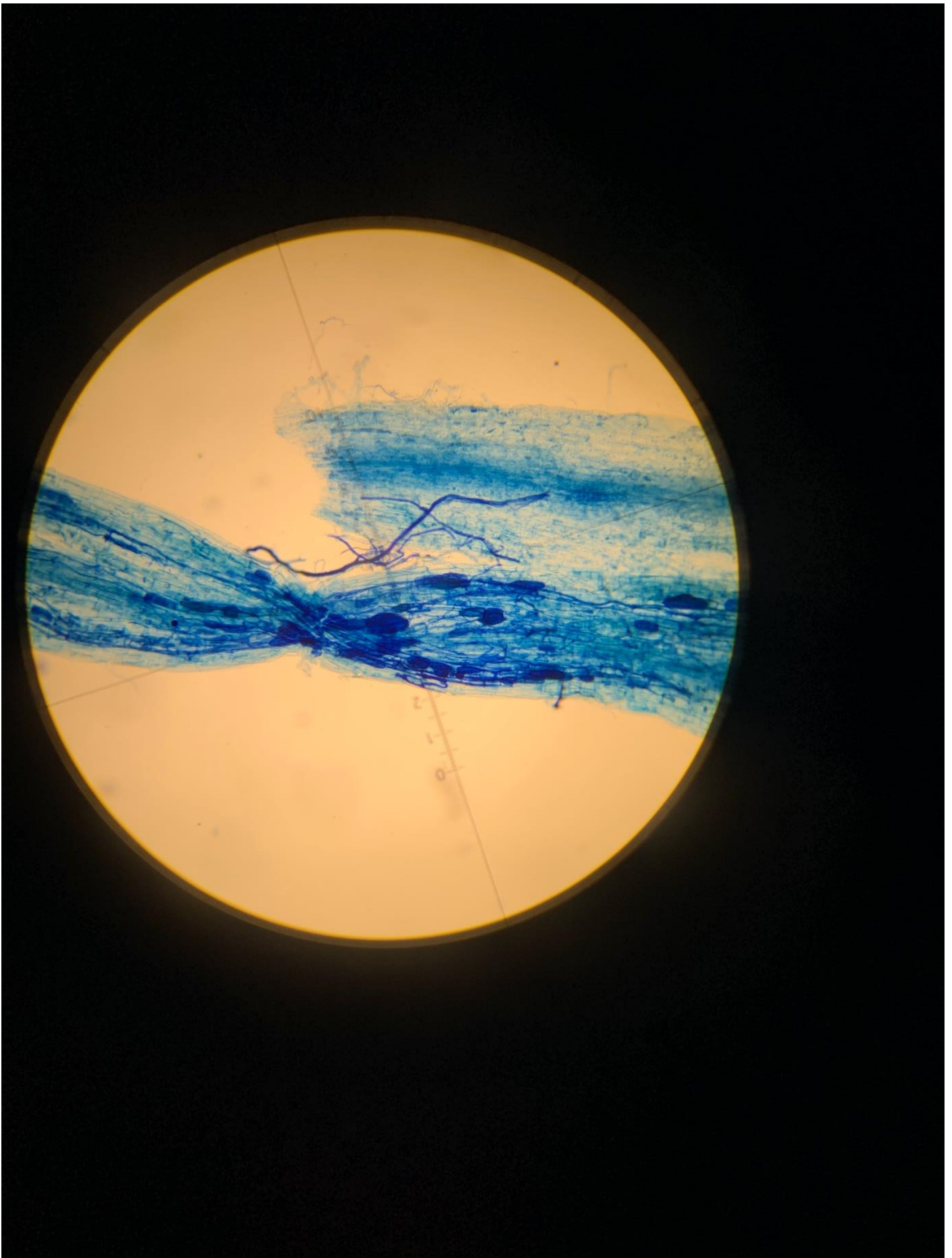


Abb. 7: Details: arbuskuläre Mykorrhiza an den Wurzeln unserer Pflanzen unter dem Mikroskop.

Ergebnisdiskussion

Die Pflanzen, die mit lebenden Mykorrhiza-Pilzen ausgestattet wurden, haben, wie schon zu anfangs prognostiziert, die höchste Blattanzahl und die größten Blätter. Bei den Pflanzen (mit Mykorrhiza), die unter Trockenstress gesetzt wurden, kam die Blattanzahl sogar sehr nah an die Blattanzahl der Pflanzen (mit Mykorrhiza) ohne Trockenstress, was ein erstaunliches, sowie überraschendes Ergebnis ist.

Die einzigen zwei Punkte, bei denen die Pflanzen mit abgetötetem Mykorrhiza-Pilz besser abschnitten, waren bei der Biomasse und der Messung, wie viel Fotosynthese ein Blatt von jeweils einer Pflanze betreibt. Dabei verarbeiten die Pflanzen ohne Mykorrhiza 3 ppm/min von CO₂ mehr als die mit Mykorrhiza.

Bei der Biomasse sind es ähnliche Resultate. Die Pflanzen, die mit K und T markiert sind, haben eine höhere Biomasse als die Pflanzen, die mit M und MT markiert sind.

Nun gibt es natürlich immer Dinge, die man an seinem Experiment verbessern kann.

Ein sehr einflussreicher Faktor, der den Start unseres Projektes etwas erschwert hat, ist das Sand-Erde Gemisch, welches wir von NatLab als anzuwendendes Material dazu bekommen haben, denn es war autoklavierte Erde, die wir benötigten, um klare Ergebnisse zu erzielen. Diese Erde war aber wohl ungünstig gewählt, denn sie wurde schon nach dem ersten Gießen sehr fest und hart, sodass die Sprösslinge nach ihrer Einpflanzung kaum Möglichkeit hatten, dass Wasser aufzunehmen. So mussten wir in den ersten Wochen den Boden vor dem Gießen immer mal wieder auf lockern, sodass die Pflanze auch wachsen konnte.

Ein weiterer Punkt, der anders angegangen hätte werden müssen, war das Gießen.

Wir haben zu Anfang nämlich von NatLab bestimmte Angaben zum Gießen bekommen, die wir im Laufe unseres Experiments gemäß deren Plan anwenden sollten. Nun war es aber so, dass wir in den ersten vier Wochen jede Pflanze mit 40ml Wasser dreimal die Woche gießen sollten. Nun war aber das Problem, dass wir sehr kleine Töpfchen hatten und der vorgegebene Gießrand bei 1 cm lag. So war es dann, dass wir die einzelnen Pflanzen in kleineren Zeitintervallen (aber immer noch eine am Stück) gegossen haben. Dabei mussten wir immer warten bis die harte Erde das Wasser durchsickern gelassen hat. Dies war, wie man sich vorstellen konnte, nicht wirklich optimal.

Das wären nun grob zusammengefasst die Dinge, die wir bei einem erneuten Versuch unseres Experimentes, ändern würden, um noch optimalere Ergebnisse zu erlangen.

Nachdem wir das Experiment nun sieben Wochen lang durchgeführt haben sind wir dennoch zu vielversprechenden Ergebnissen gekommen. Von den 20 Ringelblumen sind fünf leider in den ersten vier Wochen, also während der Wachstumsphase, verstorben.

Diese waren aber jeweils auf die Gruppen verteilt, sodass wir von jeder Gruppe immer noch aussagekräftige Ergebnisse erhalten haben.

Die Pflanzen, die mit lebender Mykorrhiza ausgestattet wurden, haben, wie schon zu anfangs prognostiziert, die höchste Blattanzahl und die größten Blätter. Bei den Pflanzen (mit Mykorrhiza), die unter Trockenstress gesetzt wurden, kam die Blattanzahl sogar sehr nah an die Blattanzahl der Pflanzen (mit Mykorrhiza) ohne Trockenstress, was ein erstaunliches, sowie überraschendes Ergebnis ist.

Die einzigen zwei Punkte, bei denen die Pflanzen mit abgetöteten Mykorrhiza-Pilzen besser abschnitten, waren bei der Biomasse und der Messung, wie viel Fotosynthese ein Blatt von jeweils einer Pflanze betreibt. Dabei verarbeiten die Pflanzen ohne Mykorrhiza 3 ppm/min von CO₂ mehr als die mit Mykorrhiza. Bei der Biomasse waren es ähnliche Resultate. Die Pflanzen, die mit K und T markiert sind, haben eine höhere Biomasse als die Pflanzen, die mit M und MT markiert sind. Sie haben eine jeweilige Differenz von 3g.

Dies liegt vermutlich daran, dass die Pflanzen, die im Top mit abgetöteten Mykorrhiza-Pilzen wuchsen, sich beim Wachstum auch an den Nährsalzen „bedienen“ können, die vom autoklavierten Pilz in die Umgebung gelangen.

Die Pflanzen, die eine Symbiose mit Mykorrhiza eingegangen sind, sind erstaunlicherweise insgesamt nicht so gut gewachsen, wie wir das erwartet haben und haben auch bei unseren „Tests“ immer leicht schlechter abgeschnitten als wir das erwartet haben.

Diese Pflanzen, die mit dem Mykorrhiza-Pilz eine Symbiose eingegangen sind, ziehen aber vermutlich durchaus einen Vorteil aus der Symbiose, aber sie wachsen in der Anfangszeit zunächst langsamer, da die Pflanzen dem Pilz immer auch organische Substanzen abgeben, die der Pflanze zunächst beim Wachsen fehlen. Erst nach einiger Anlaufzeit gewinnen dann die Vorteile der Symbiose die Oberhand und die Pflanze profitiert so sehr von der Symbiose, dass sie besser als eine ohne Symbiose wächst und auch besser mit Trockenstress umgehen kann, als Pflanzen, die keine Symbiose eingegangen sind.

Wir hätten also unser Experiment noch länger laufen lassen müssen, um dies zu belegen.

Wir haben vom NatLab alle Materialien ein weiteres Mal zur Verfügung gestellt bekommen und werden nun das Experiment ein weiteres Mal privat (in Zeiten der Corona-Krise – unsere Schule schließt in der kommenden Woche)

fortsetzen und könnten diese Ergebnisse bei einer Präsentation beim BUW dann gern vorstellen, wenn wir eingeladen werden.

Resümee:

Diese Ergebnisse unserer Experimente und die daraus resultierenden Ergebnisse zeigen viele Vorteile für einen nachhaltigeren Umgang mit Wasser in Zeiten zunehmender Trockenheit (in Folge des zunehmenden Klimawandels) in der Landwirtschaft, aber auch in Kleingärten auf.

Die Landwirte und Gärtner hätten durch das Einsetzen von Mykorrhiza weniger Ernteverluste aufgrund von Trockenphasen zu beklagen. Die Ernte könnte dank des Pilzes trotz alldem heranwachsen und unnötig viel Grund- oder Oberflächenwasser würde dabei auch nicht mehr benötigt.

Die klassische Wässerung der Felder in Trockenzeiten, die viele Landwirte und Gärtner derzeit noch betreiben, um einen Ernteverlust zu vermeiden, wäre nun nicht mehr nötig. So bleibt uns Menschen auch mehr Grund- und Oberflächenwasser, welches so oder so leider jährlich knapper wird.

Auch würde die Energie, die beim Pumpen von Wasser jeglicher Herkunft verbraucht werden muss, eingespart werden. Und da auch Energieverluste auch immer CO₂-Emission bedeuten, würden auch diese unnötigen CO₂-Emissionen in Zukunft vermieden, was wiederum fürs zukünftige Klima günstig wäre.

Auch unsere Flüsse, Bäche und Seen müssten fürs Wässern von Feldern nicht mehr angetastet werden und könnten so bleiben, was sie sein sollten: intakte Ökosystem für alle dort lebende Lebewesen.

Danksagung:

Wir danken der Arbeitsgruppe von Dr. Hempel aus dem NatLab der FU Berlin für die Unterstützung durch das Material und bei der Auswertung der Ergebnisse.