

Bundes Umwelt Wettbewerb

**Experimentelle Untersuchung zur Bekämpfung von schädlichem
Mikroplastik in der Landwirtschaft mithilfe von Mykorrhiza**

Friedensburg Oberschule

in Zusammenarbeit mit dem NatLab der Freien Universität Berlin

Einleitung

Die globale Umweltverschmutzung nimmt jeden Tag neue Größen an. Um die 8 Millionen Tonnen an Plastikmüll landen jedes Jahr im Meer, darunter fallen Plastikflaschen, Plastiktüten und sonstige Kunststoffabfälle, die eine ziemlich lange Zeit zur Zersetzung benötigen. Dabei vor allem ein Problem ist der Ablauf der Zersetzung. Plastik bzw. Kunststoffe zersetzen sich mit der Zeit in komplexeren Mikroplastik. Dieser Mikroplastik macht es uns nicht nur noch schwerer, ihn von den größeren Plastikabfällen zu trennen, sondern ist meistens bereits in der Produktion mit diversen Zusatzstoffen zugesetzt worden. Häufig benutzte Zusatzstoffe kommen z.B aus der Gruppe der Phthalate, diese sind unter anderem Weichmacher und häufig in Diskussion aufgrund von gesundheits- und umweltschädlichen Inhaltsstoffen. Dieses schädliche Mikroplastik verteilt sich dann anschließend in allen möglichen Bereichen der Umwelt, wie auch zum Beispiel durch Reifenabrieb in der normalen Erde, was wiederum eine höhere Konzentration von Schwermetallen in der Erde auslöst und einen negativen Einfluss auf das Pflanzenwachstum, der Photosyntheseaktivität und der Mineralienversorgung hat. Unser Ziel war es nun, zum einen den negativen Einfluss vom Mikroplastik auf das Pflanzenwachstum zu analysieren und zum anderen dafür einen möglichen Ausgleich zu finden. So sind wir, Schüler und Lehrer der Friedensburg Oberschule, in Zusammenarbeit mit der Freien Universität Berlins auf folgenden Versuch gekommen:

Wir haben eine Experimentelle Untersuchung gestartet, ob mithilfe von den symbiotischen Effekten der Mykhorizza die Nachteile, die die Landwirtschaft aktuell durch Mikroplastik ertragen muss, minimiert werden können.

Dieses Projekt wurde gegen Januar gestartet und dazu folgender Versuch aufgebaut. Insgesamt wurden 20 Ringelblumen Keimlinge in folgende 4 Gruppen aufgeteilt:

Pflanzen 1-5 (K) als Kontrollpflanzen ohne zusätzliche Einwirkungen

Pflanzen 6-10 (P) mit zugemischtem Mikroplastik und toter Mykhorizza

Pflanzen 11-15 (M) mit 8ml zugegebener lebender Mykhorizza

Pflanzen 16-20 (MP) mit zugemischtem Mikroplastik und 8ml lebender Mykhorizza

Das zugemischte Mikroplastik wurde nicht speziell ausgewählt und mit unter die Erde vermischt. Die Mykhorizza wurde in flüssiger Form zur Erde hinzugegeben.

Zum Beginn haben wir außerdem bereits folgende Hypothesen aufgestellt:

1. Das Pflanzenwachstum verbessert sich durch die hinzugeg. Mykhorizza
2. Das Pflanzenwachstum verschlechtert sich durch das hinzugeg. Mikroplastik
3. Das Pflanzenwachstum verbessert und verschlechtert sich durch die Einflüsse von Mikroplastik und Mykhorizza in Kombination und schafft so einen Ausgleich



Wir haben unsere 20 Versuchspflanzen für insgesamt 7 Wochen, jeweils 3x die Woche mit jeweils 20ml Wasser pro Pflanze gegossen. Dabei führten wir wöchentliche Messungen mithilfe einer Tabelle durch, in welcher wir Blattanzahl und die Länge des größten Blattes gemessen hatten. Die Werte haben uns Woche für Woche stetig neue Ergebnisse gezeigt, welche wir später zur Auswertung des Pflanzenwachstums verwendet haben. Die Pflanzen wurden nach den 7 Wochen geerntet und getrocknet. Die Erde wurde ebenfalls gesondert von den getrockneten Pflanzen aufbewahrt und anschließend wurden alle gesammelten Ergebnisse ins Labor der Freien Universität in Berlin gefahren. Im Labor wurden anschließend alle Tests an insgesamt 4 Stationen durchgeführt und zusammengetragen. Darunter wurde/n die:

- Biomasse der getrockneten Pflanzen gewogen und ausgewertet
- CO₂ Resorption von separat identisch gezüchteten Pflanzen geprüft, um die Auswirkung der Photosynthese sichtbar zu machen
- Wurzeln gewaschen, gefärbt und mikroskopiert, um die Inokulation zu prüfen
- pH-Werte der Bodenwerte (Erde) gemessen und mit typischen Werten verglichen

Die Ergebnisse dieser Tests waren ziemlich klar und wurden gemeinsam anschließend zusammen in die Auswertung genommen. Kommen wir aber nun zu den genauen Ergebnissen der einzelnen Stationen.

Die CO₂ Aufnahme

Die Photosynthese ist ein biochemischer Vorgang, bei dem neue Stoffe durch die Absorption von Licht entstehen. Diesen Prozess führt die Pflanze durch, indem sie Licht aus ihrer Umgebung aufnimmt. Neben der Lichtquelle benötigt sie auch Wasser, das sie aus der Erde durch ihre Wurzelhaare aufnimmt, und Kohlendioxid, das durch den grünen Blattfarbstoff, das sogenannte Chlorophyll, aus der Luft gefiltert wird. Die Stoffe, die bei der Photosynthese entstehen, sind einmal Sauerstoff und Glucose. Dabei ist Sauerstoff jedoch nur ein Nebenprodukt und wird an die Umgebung abgegeben, aber es ein sehr wichtiger Baustein für alle Lebewesen auf der Welt, da der Sauerstoff für die Atmung gebraucht wird. Die Glucose hingegen dient der Pflanze als Energiequelle und als Synthese andere organischen Moleküle.

Die Gleichung der Photosynthese lautet:



hierbei werden sechs Moleküle Kohlendioxid und zwölf Moleküle Wasser durch den Prozess der Photosynthese in ein Molekül Glucose, sechs Moleküle Sauerstoff und sechs Moleküle Wasser umgewandelt.

„Mykorrhiza“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Pilzwurzel“. Sobald man Mykorrhiza mit einer Pflanze in den Boden bzw. der Erde packt, verbindet sich die Pilzwurzel mit der Feinwurzel der Pflanze und es ist ein Austausch der Pflanzen möglich, bei dem der Pilz dafür sorgt das die Pflanze ein besseres Wasser und Nährstoff Versorgung hat aber dafür etwas bekommt, dass er nicht selber herstellen kann und das wäre die Glucose.

Wir haben folgende Hypothesen zu den verschiedenen Pflanzen aufgestellt:

Ist die CO₂-Aufnahme durch das Mykorrhiza besser, da es der Pflanze eine bessere Wasser- und Nährstoffversorgung bietet?

Wird die CO₂-Aufnahme durch das Plastik in der Erde gestört/schlechter?

Gleicht sich die CO₂-Aufnahme aus, wenn man Plastik und Mykorrhiza in die Erde gibt?

Um diesen Hypothesen nachzugehen, benötigen wir folgende Materialien:

Separat aufgezogene und lebende Versuchspflanzen, um klare Ergebnisse zu erhalten.

Gasleitungen, um das aufgenommene CO₂ weiterzuleiten.

Eine Trockensäule, um den CO₂-Gehalt zu messen.

Eine Daten-Übertragung, um die gemessenen Daten klar am Computer abzulesen.

Zunächst müssen wir den CO₂-Gehalt der Pflanzen ermitteln. Dies geschieht, indem wir ein Blatt jeder Pflanze isoliert einklemmen und mit einer Lampe beleuchten. Dadurch können wir die CO₂-Aufnahme jeder Pflanze genau bestimmen. Anschließend wird das aufgenommene CO₂ mithilfe der Gasleitungen an die Trockensäule weitergeleitet und die Daten werden dann durch die Daten-Übertragung an den Computer übertragen.

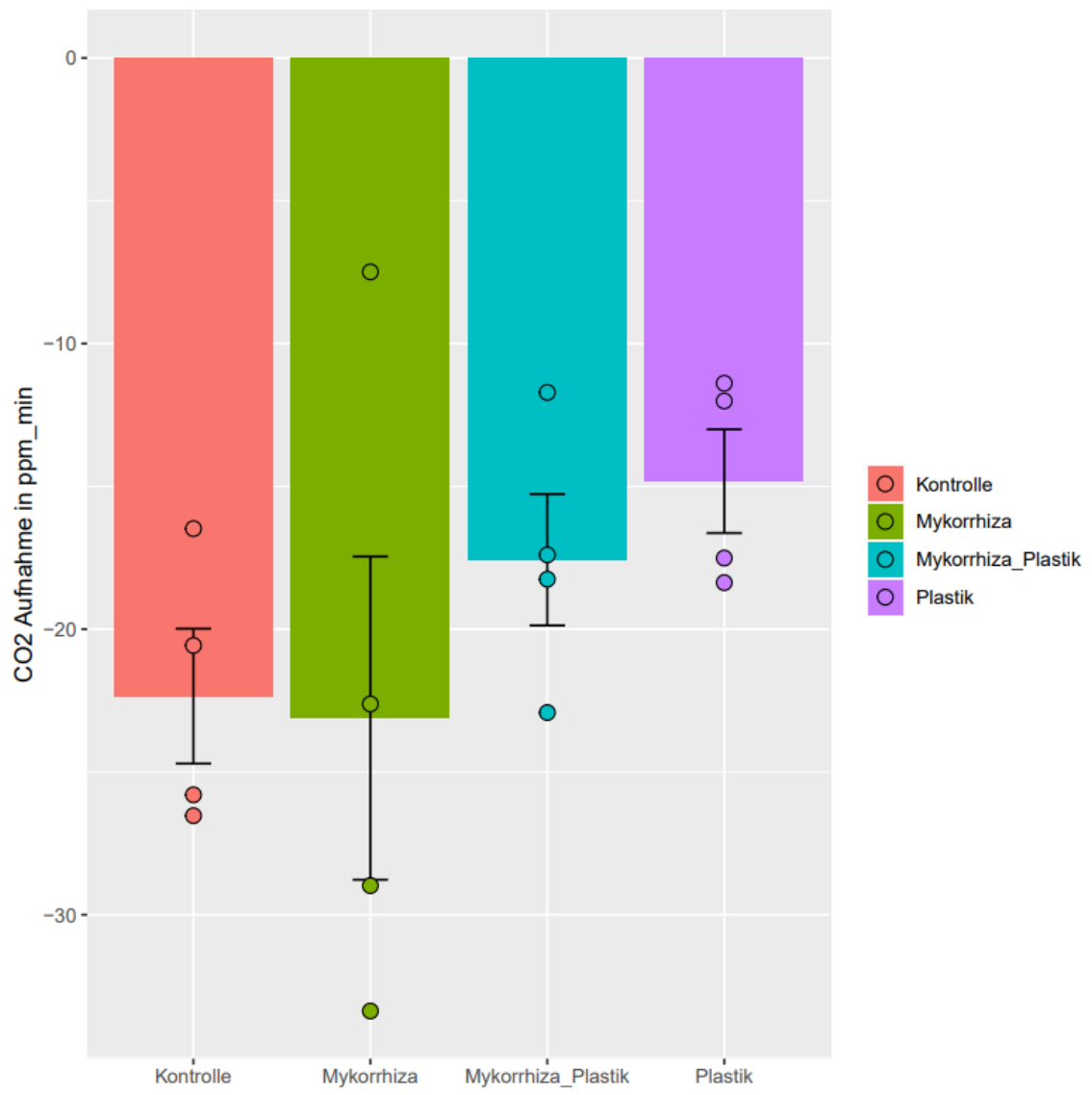
Wir haben mit diesen Materialien folgende Ergebnisse erzielt:

Die erste Pflanze war eine Kontrollpflanze, bei der wir einen Wert von -16,48 ppm erhalten haben, was einer normalen CO₂-Aufnahme entspricht.

Die zweite Pflanze war eine Pflanze mit Mykorrhiza. Bei dieser Pflanze haben wir einen Wert von -33,37 ppm gemessen, was auf eine erhöhte CO₂-Aufnahme hinweist.

Die dritte Pflanze war mit Plastik, bei der wir einen Wert von -17,51 ppm gemessen haben, der leicht über dem Wert der Kontrollpflanze liegt.

Die letzte Pflanze war mit Plastik und Mykorrhiza ausgestattet, und wir haben einen Wert von -18,25 ppm erzielt. Hier ist deutlich zu erkennen, dass sich Mykorrhiza und Plastik in der Erde ausgleichen und somit sehr nah an den Kontrollwert herankommen.



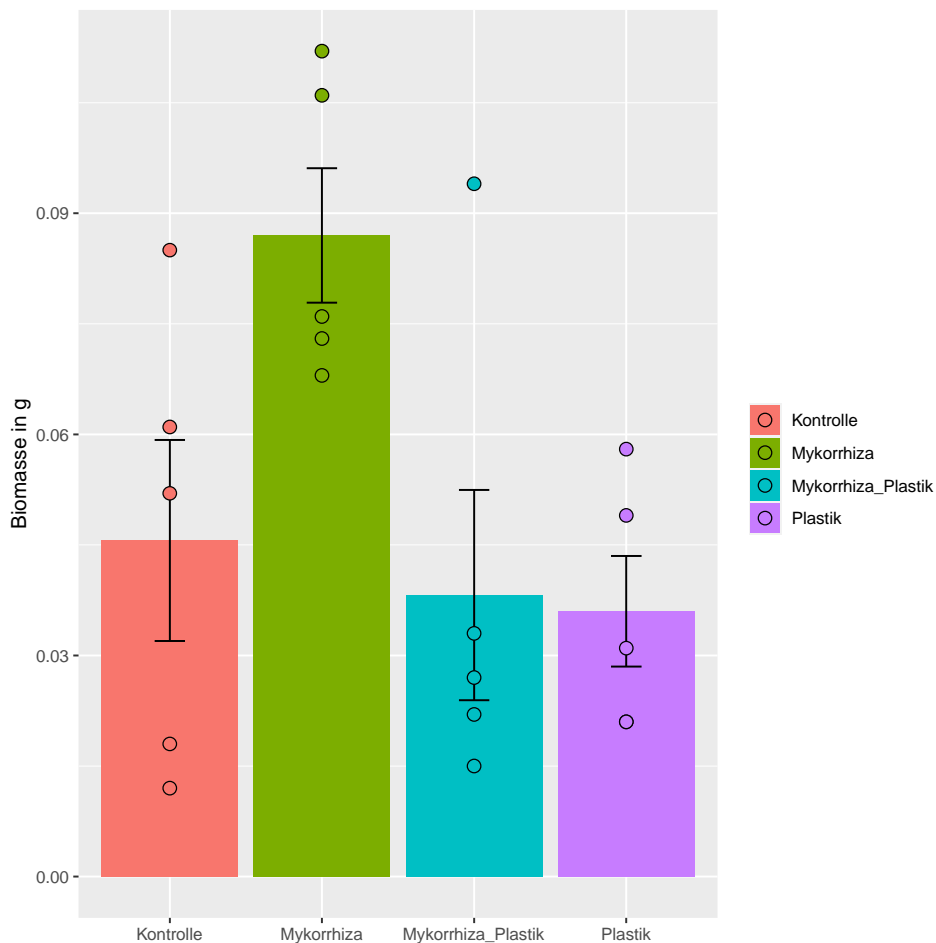
Hier sind unsere Ergebnisse grafisch dargestellt, und man kann deutlich erkennen, dass die Pflanze mit Mykorrhiza eine höhere Tendenz zur CO₂-Aufnahme aufweist und auch insgesamt am meisten CO₂ aufnimmt im Vergleich zu den anderen Pflanzen. Die zweitstärkste Pflanze bei der CO₂-Aufnahme ist die Kontroll-Pflanze. Die drittstärkste ist die Pflanze mit Mykorrhiza und Plastik. Obwohl sie durch das Plastik geschwächt ist und daher nicht ihre volle Kraft entfalten kann, wird dies dennoch durch das Mykorrhiza wieder ausgeglichen, weshalb die CO₂-Aufnahme nicht so stark beeinträchtigt ist. Die schwächste Pflanze ist diejenige, die nur Plastik in der Erde aufweist. Da das Plastik die Erde verschmutzt und die Wurzeln blockiert, gelangen kein Wasser und keine Nährstoffe mehr in die Pflanze, wodurch sie stark geschwächt ist.

Biomasse der Pflanzen

In diesem Experiment der Biomasse haben ging es darum, das Trockengewicht der Pflanzen nach den 7 Wochen zu bestimmen und zu vergleichen.

Unsere Hypothese war, dass sich das Pflanzenwachstum durch die Mykorrhiza und seiner vorher genannten Faktoren verbessert, ob das Pflanzenwachstum durch das Mikroplastik gestört wird und ob die Kombination aus Mykorrhiza und Mikroplastik das Pflanzenwachstum ausgleicht bzw. verbessert und gleichzeitig verschlechtert. Bevor wir zu dem Verlauf unseres Experimentes kommen, erläutern wir nochmal den Begriff "Biomasse". Die Biomasse ist nämlich ein Stoffgemisch, welches in Lebewesen gebunden und/oder von ihnen erzeugt wird. Der Umfang der Stoffgemische wird in ihren Massen angegeben. Biomasse entsteht außerdem durch Photosynthese von Pflanzen, durch verschiedene Einflüsse, die in folgenden Experimenten näher erklärt werden. In unserem Fall war die Biomasse also die getrocknete Pflanze, die von ihrer Sprossachse aufwärts abgeschnitten wurde.

Kommen wir nun aber zum Abwiegen der Biomasse. Wir haben dafür eine spezielle Wage benutzt, um die Biomasse genau ermitteln zu können. Diesen Prozess teilten wir dann auf vier Personen auf. Indem die erste Person die Biomasse in einen vorher abgewogenen Messbecher tat, sodass die zweite Person die Biomasse wog und die restlichen Personen die Werte festhielten. Dieser Vorgang wurde mit allen Biomassen wiederholt.



Kommen wir nun zur Auswertung. Die Grafik zeigt ein Diagramm, welches alle vier Versuche aufführt. Diese zeigen durch die kleinen Punkte die einzelnen Werte der Pflanzen an und somit einen Durchschnitt, der sich bei jeder Gruppe bildet.

Wie man in dem Diagramm sehen kann, verhalten sich die Pflanzen mit Mykorrhiza auf jedenfall anders. Diese haben im Gegensatz zu den anderen Pflanzen einen klaren Vorsprung, was die Biomassen anbelangt und das eben auch mehr als die Kontrollpflanzen. Was unsere erste Hypothese bestätigt. Mykorrhiza verbessert also das Pflanzenwachstum in Bezug auf die Biomasse.

Und verschlechtert sich das Pflanzenwachstum durch Mikroplastik? Ja, man kann deutlich erkennen, dass beide Pflanzengruppen mit dem Mikroplastik unter dem Durchschnitt der Kontrolle liegen und somit definitiv von Mikroplastik betroffen sind.

Kommen wir nun zur letzten Frage, ob die Kombination aus Mykorrhiza und Mikroplastik das Pflanzenwachstum verschlechtert oder verbessert. Im Diagramm kann man erkennen, dass die Kombination aus Mykorrhiza und Mikroplastik vom durchschnitt her leicht über den Pflanzen mit Mikroplastik lag. Trotzdem fällt auf, dass alle Pflanzen der Kombinationsgruppe sich anders verhalten haben, da man bei einer den Effekt der Mykorrhiza deutlich erkennen kann und bei anderen wiederum nicht. Das weist Unregelmäßigkeiten in unseren Ergebnissen auf. Würden wir aber vom Durchschnittswert ausgehen, könnten wir sagen, dass die Kombination aus Mykorrhiza und Mikroplastik wahrscheinlich besser für die Pflanze ist, als Pflanzen mit Mikroplastik und ohne lebende Mykorrhiza.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Mykorrhiza definitiv eine bessere Nährstoffversorgung antreibt und die Pflanze dadurch deutlich profitiert. Die Schadstoffe des Mikroplastiks schwächen zwar bei den meisten Pflanzen den Effekt der Mykorrhiza, durchsetzen kann sie sich aber trotzdem, wie wir gesehen haben. Mykorrhiza schadet dem Pflanzenwachstum auf jeden Fall nicht und kann daher immer dazugegeben werden. Es würde sich eignen, für diesen Versuch eine breitere Reihe an Pflanzen zu testen, um den Effekt genauer zu bestimmen.

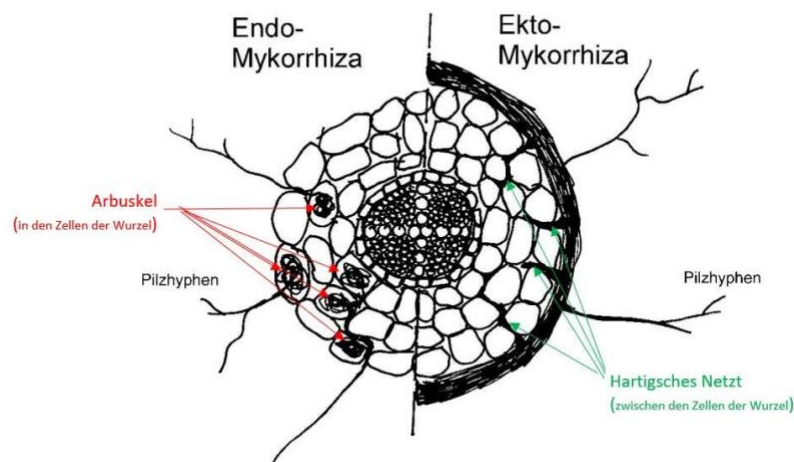
Mykorrhiza Färbung

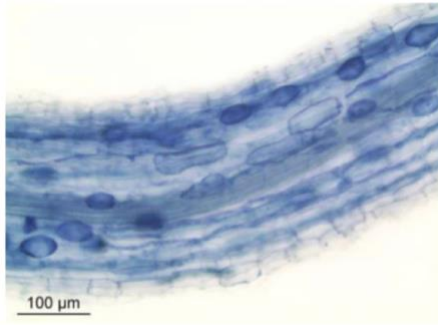
Der Vorgang der Mykorrhiza Färbung ist dazu da, den angesiedelten Mykorrhiza Pilz und seine unterschiedlichen Strukturen, später in der Wurzel unter einem Mikroskop nachzuweisen.

Es gibt unterschiedliche Arten von Mykorrhizen, hier unterscheiden wir aber in zwei dominierende Arten, die Arbuskuläre Mykorrhiza und die Endomykorrhiza. Die Arbuskuläre Mykorrhiza, auch als AM bezeichnet, ist eine häufiger auftretende Mykorrhiza Art. Hierbei handelt es sich auch um eine symbiotische Beziehung, der Pilz dringt durch die Wurzelzellen der Pflanze und es bilden sich verzweigte Strukturen.

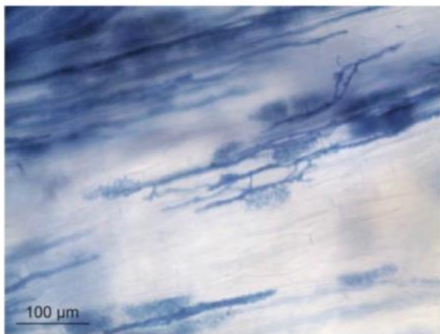
Wie schon erwähnt geht es bei der Färbung darum, die Mykorrhiza nachzuweisen. Dies wird ermittelt, indem man zunächst damit beginnt, die Wurzelproben vorzubereiten. Man entnimmt die Wurzeln vorsichtig aus der Erde und wäscht sie, wodurch überschüssiger Dreck entfernt wird. Nun kommt man auch direkt zum bedeutendsten teil, zum Färbungsprozess. Man kann die Mykorrhiza auf unterschiedliche Art und Weise färben. Beispielsweise kann man den Prozess der Trypanblau-Färbung verwenden, dies ist eine häufig verwendete Methode für die Färbung. Dabei werden die Wurzeln in Trypanblau-Lösung eingetaucht und für eine bestimmte Zeit inkubiert, das soll dafür sorgen, die Pilzstrukturen sichtbar zu machen. Nach der Inkubation werden die Wurzelproben gründlich gewaschen, das soll dafür sorgen überschüssiges Färbemittel zu entfernen.

Zum Abschluss werden die gefärbten Wurzelproben auf Objektträgern angebracht und unter einem Mikroskop untersucht. Die Mykorrhiza-Strukturen, ebenso wie symbiotischen Strukturen der Arbuskeln oder Vesikeln, können nun sehr gut erkannt werden.





Bei diesem Beispiel, welches wir von der FU gestellt bekommen haben, kann man zum einen sehr gut die Struktur der Mykorrhizen erkennen, genauso wie die einzelnen Vesikel.



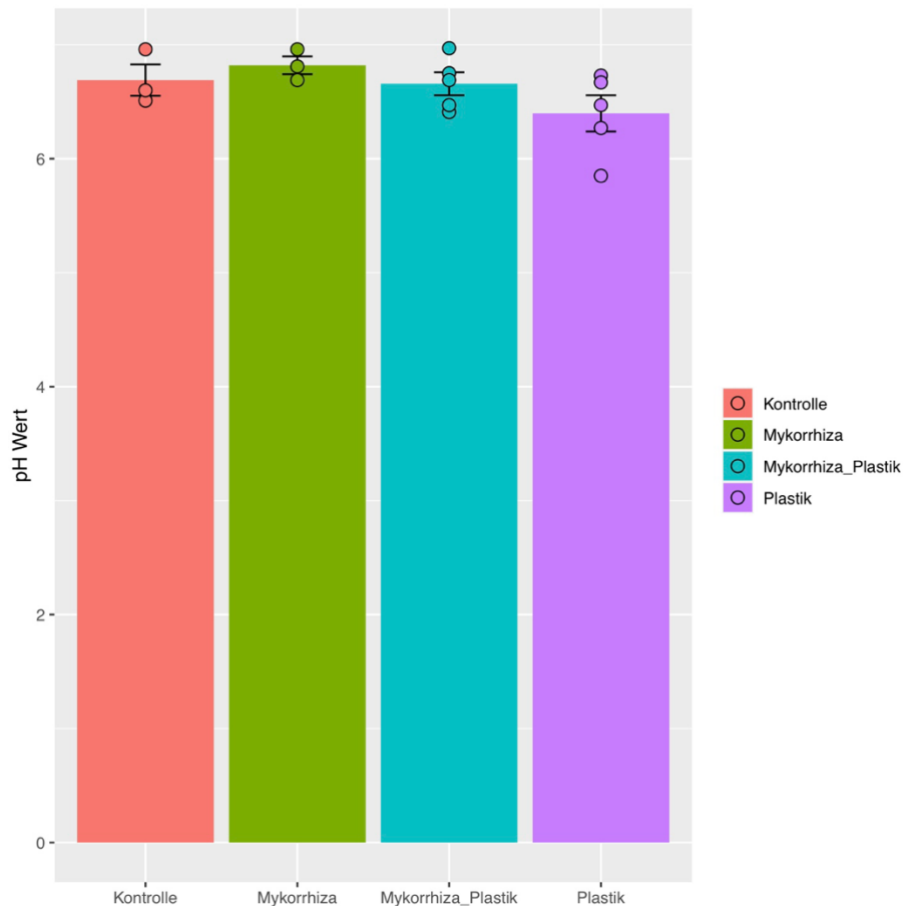
Hier kann man ebenso die Pilzstrukturen innerhalb der Wurzeln erkennen.

Dies würde daraufhin deuten das es sich hierbei um ein Präparat handelt, welches zur Gruppe der Endomykorrhiza gehört.

Allgemein kann man sagen, dass die Färbung von Mykorrhiza sehr präsent für wissenschaftliche Studien und Untersuchungen ist, da man dadurch die Struktur und die Interaktionen zwischen den Pflanzenwurzeln und den Mykorrhiza-Pilzen nachgehen kann. Es gibt wie schon erwähnt diverse Methoden, um Mykorrhiza-Wurzeln zu färben. Die Verwendung von Tinte, wie wir sie beispielsweise benutzt haben, wird oft als nicht spezifisch genug bezeichnet. Jedoch können wir in Anbetracht unserer Versuche rückblickend berichten, dass es mit der Tinte funktioniert hat. Der Vorgang des Färbens ermöglicht es der Forschung, bestimmte Strukturen zwischen den Pflanzenwurzeln und den Mykorrhiza-Pilzen bildhaft zu machen. Insgesamt ist also die Färbung von Mykorrhiza wichtig, um die symbiotischen Beziehungen und ihre Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum und die Ökosysteme zu erkennen.

. PH-Wert Messung – Lazar

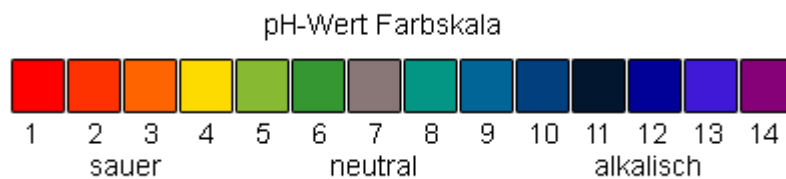
Der pH-Wert im Boden ist ein wichtiger Faktor, der die Aktivität des Bodenlebens und die Verfügbarkeit von Nährstoffen beeinflusst. Selbst wenn ausreichend Nährstoffe vorhanden sind, kann ihre Aufnahme bei einem ungünstigen pH-Wert negative Auswirkungen auf das Wachstum der Pflanze haben. Mit unserem Versuch wollen wir nachweisen, ob die Einflüsse von Mikroplastik auf den pH-Wert zu erkennen sind. Dabei ist unsere Hypothese, dass die Mykorrhiza das Mikroplastik im pH-Wert bessert, beziehungsweise auf den Wert der Kontrolle bringt.



Unsere pH-

Wert Messungen fanden wieder mit all unseren vier Versuchen statt. Die y-Achse in der Grafik zeigt dabei den gemessenen pH-Wert und die x-Achse die verschiedenen Versuche. Der Idealfall liegt bei einem pH-Wert von 6 bis 7. Die Ergebnisse aus der Grafik sprechen für sich. Die Probe mit Mykorrhiza hat den neutralsten pH-Wert mit einem Wert von 6,8. Als zweitbestes schneidet der Kontrolle versuch, mit einem pH-Wert von 6,7 ab. Schon hier wird die positive Auswirkung von Mykorrhiza deutlich, denn der pH-Wert ist neutraler beziehungsweise hat der Versuch mit Mykorrhiza einen näheren Wert an 7 als die Kontrolle, welche ohne Mykorrhiza wachsen musste. Als nächstes kommt der Versuch mit der Mykorrhiza und dem Mikroplastik zusammen. Die Probe erreichte einen pH-Wert von 6,6 und ist somit ganz knapp hinter der Kontrolle. Den schlechtesten Wert, hatte der Versuch mit Mikroplastik, dieser erreichte nur einen pH-Wert von 6,4 und lag damit aber noch immer im erwarteten Bereich.

Zusammengefasst lässt sich beim Vergleichen sagen, dass der Versuch mit der Mykorrhiza wieder den besten pH-Wert erreicht hat. Der Versuch mit Mykorrhiza und Mikroplastik zusammen, im Vergleich zu dem Versuch mit Mikroplastik, zeigt den positiven Einfluss von Mykorrhiza, denn durch die Mykorrhiza kommt der Versuch der Kontrolle beziehungsweise den optimalen Fall um einiges näher. Also könnte man schlussfolgern, dass die Mykorrhiza bereits vorhandenes Mikroplastik im Boden zum Größten Teil ausgleicht, somit ist unsere Hypothese teilweise bestätigt worden, denn das Mykorrhiza hat den pH-Wert vom Mikroplastik verbessert, jedoch nicht auf einen Stand oder Wert mit der Kontrolle gebracht.



Fazit

Da die zunehmende Menge an Mikroplastik im Boden eine ernsthafte Herausforderung für die Umwelt und die Landwirtschaft darstellt, ist es wichtig, Lösungen zu finden, um die Auswirkungen von Mikroplastik zu reduzieren und die bereits vorhandenen Belastungen zu minimieren. Unsere erfolgreiche Versuchsreihe zur Verwendung von Mykorrhiza zur Bekämpfung von Mikroplastik zeigt nicht nur positive Umweltauswirkungen, sondern hat auch vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Steigerung des Pflanzenwachstums und Ertrags gezeigt. Alle von uns durchgeführten Versuche bestätigen somit unsere aufgestellten Hypothesen. Die symbiotischen Beziehungen zwischen den Pflanzen und den Mykorrhiza-Pilzen förderten die Nährstoffaufnahme und verbesserten zugleich die Bodenstruktur. Diese positiven Effekte führten zu einer erhöhten Gesundheit der Pflanzen, einem verbesserten Wurzelsystem und letztendlich zu einem höheren Ernteertrag. In Kombination mit der Schwächung durch Mikroplastik bewirkten diese verbesserten Bedingungen einen fast vollständigen Ausgleich. Die Synergie zwischen Umweltschutz und landwirtschaftlicher Produktivitätssteigerung macht die Mykorrhiza-Anwendung zu einer vielversprechenden und ganzheitlichen Lösung für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Mikroplastik verschmutzt immer mehr ärmere Regionen mit stark belasteten Böden. Mykorrhiza also ein Ausgleich, um eine gewisse Fruchtbarkeit für Speisepflanzen wie z.B Reis oder Getreidepflanzen für Regionen mit Hungersnöten oder Agrarkrisen wiederherzustellen.

Credit:

Wir möchten nochmals dem Team des NatLabs der Freien Universität Berlins danken. Diese haben uns mit der Projektidee rechtgeleitet, ein Labor gestellt und uns den gesamten Ablauf begleitet. Unser Projekt basiert auf diesen gemeinsam erstellten Statistiken und Werten.

Wir danken ebenfalls unserer begleitenden Lehrkraft Michael Böker, welche den Kontakt zwischen Schülern und Studenten aufgebaut hat.

Teilnehmer:

Lia Shirin Garbrecht,

Isabelle Al-Abadi,

Ayah Kobeissi,

Arua Boukhamla,

Lazar Petar Stevanovic,

Paul Gesche (Bearbeiter)

Letzte Bearbeitung, 15.03.2024, 23:15