

¹⁾ Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem
²⁾ Freie Universität, Fachbereich Botanik, Berlin-Dahlem
³⁾ Humboldt-Universität zu Berlin, LGF, IGW, Fachgebiet Phytomedizin, Berlin-Dahlem

1. Einleitung

In Freiland- und Gefäßversuchen wurden die Schwermetallaufnahme und das Wuchsverhalten an dikotylen und monokotylen Pflanzen im Hinblick auf die Wirkung von arbuskulären Mykorrhizapilzen (AM) *Glomus intraradices*, des assoziativen Bakterienstammes *Pseudomonas fluorescens* (RA56) und der Kombination dieser beiden Mikroorganismen (AMB) untersucht.

2. Material und Methoden

Als Versuchspflanze wurde im Freilandversuch des Geländes der BBA Berlin-Dahlem Mais (*Zea mays* L.), Sorte Prinval eingesetzt. Im Gefäßversuch diente die Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.), Sorte Schnittgold als dikotyle Pflanze. Die Cadmium-Konzentrationen (Cd) im Feldversuch lagen zwischen 8 und 25 mg Cd/kg Trockensubstanz (TS) Boden und in den Gefäßen bei 0,5; 4,1 und 56 mg Cd/kg TS. Alle Böden sind als lehmige Sande einzustufen. Die statistische Auswertung erfolgte über die einfaktorielle Varianzanalyse, Tukey-Test = 5 %.

3. Ergebnisse und Diskussion

Der **Sonnenblumen**ertrag im Gefäßversuch unterschied sich auf dem Referenzboden durch die verschiedenen Behandlungen nicht voneinander. Auf dem mäßig belasteten Boden mit 4,1 mg Cd/kg TS wurden jedoch signifikante Mehrerträge durch die Mykorrhiza (AM) von 29 % und in der Dualbeimpfung (AMB) mit Bakterien von 33 % im Vergleich zur Kontrolle erzielt. Im hoch belastetem Boden mit 36 mg Cd/kg TS konnten die Erträge durch AM um 220 % und in der Dualbeimpfung um 348 % signifikant zur Kontrolle gesteigert werden (Abb. 1).

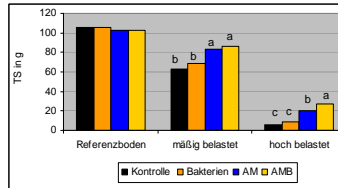


Abb. 1: Ertrag (TS) der Sonnenblume im Gefäßversuch auf drei verschieden stark belasteten Böden



Abb. 3: Sonnenblume mit AM und Bakterien im hoch belasteten Boden



Abb. 4: Sonnenblume der Kontrolle im hoch belasteten Boden

Die **Cd-Gehalte** in den Blättern der Sonnenblumen wurden im Referenzboden durch die Rhizosphärenmikroorganismen (RMO) im Vergleich zur Kontrolle in fast allen Blattetagen signifikant reduziert. Im Boden mit 4,1 mg Cd/kg TS zeigte sich ein ähnliches Bild. Im hoch belasteten Boden verhielt sich die Cd-Aufnahme durch AM jedoch konträr zu den ersten beiden Böden. Die AM erhöhte die Cd-Aufnahme in die Blätter um 29 % und die Dualbeimpfung um 66 % (Abb. 2).

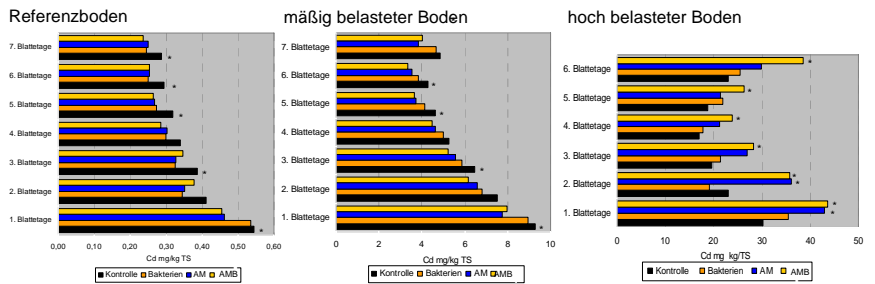


Abb. 2: Verteilung des Cd in den Blättern der Sonnenblumen in drei verschieden stark belasteten Böden

Trotz der hohen **Cd-Konzentrationen** wiesen die Pflanzen mit Pilz- und Bakterienbehandlung (Abb. 3) im Gegensatz zu den Kontrollpflanzen (Abb. 4) keine Schäden auf. Vermutet wird eine Schutzwirkung des Pilzes durch die Adsorption der Schwermetalle außerhalb der Mykorrhizapilze an Zellwandkomponenten und Bindung der Schwermetalle innerhalb der Pilzzellen aufgrund der hohen N- und S-Konzentrationen an Metallothionein ähnliche Peptide. Auch die Einlagerung des Cd in die Vakuolen stellt sich als mögliche Schutzwirkung dar. Durch die Zugabe der assoziativen Bakterien werden die Resistenzfaktoren der AM noch verstärkt.

Der **Maisertrag** wurde im Feldversuch durch AM und *P. fluorescens* singular und als Dualbeimpfung im Jahr 2000 bis zu 47 % signifikant gefördert. Im zweiten Versuchsjahr verhalf die Mykorrhiza zu einem Mehrertrag von umgerechnet 90 dt/ha. Diese Förderung war 2002 nicht zu verzeichnen (Abb. 5). Tendenziell konnte der Kolbenertrag in den ersten beiden Versuchsjahren durch AM, aber auch durch die Bakterien erhöht werden. Das Tausendkorngewicht (TKG) verringerte sich reziprok zum Kolbenertrag durch die RMO. Im dritten Versuchsjahr erhöhte sich das TKG signifikant zur Abnahme des Kolbenertrages. In der Literatur wird dieses Phänomen beschrieben, dass bei einer Erhöhung des Kolbenertrages gleichzeitig das TKG sinkt. In den drei Versuchsjahren stieg der Maisertrag der Kontrolle um 60 dt/ha. Der Grund ist eine Ausbreitung der Mykorrhiza auf der gesamten Fläche, so dass eine Förderung auch bei den Kontrollparzellen statt fand und die positiven Effekte der behandelten Parzellen überdeckt wurden.

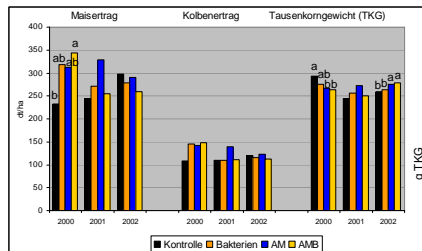


Abb. 5: Maiserträge im Feldversuch

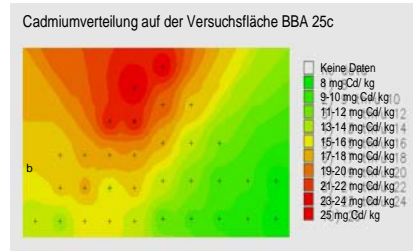


Abb. 6: Cadmium-Verteilung auf der Versuchsfläche der BBA Berlin-Dahlem

Durch die Variabilität der **Cd-Gesamtgehalte** auf der Versuchsfläche der BBA Berlin-Dahlem (Abb. 6) war der Vergleich der Aufnahmeraten zwischen den Varianten nur über den Quotienten der Cd-Gehalte in der Pflanze und den Cd-Gehalten im Boden in mg/kg TS. In den oberirdischen Pflanzenteilen des Maises zeichnete sich deutlich eine Abnahme und in die Wurzeln eine Zunahme des Cd-Transfers während der Versuchsjahre ab. Tendenziell verringerte sich durch die RMO der Cd-Transfer in den Spross (Abb. 7). Gleichzeitig wurden die Mykorrhiza-Infektionen an den Maiswurzeln signifikant erhöht. Dies zeigt sich deutlich in den negativen Korrelationen zwischen Mykorrhizierungsgrad und Transferfaktor (Abb. 8).

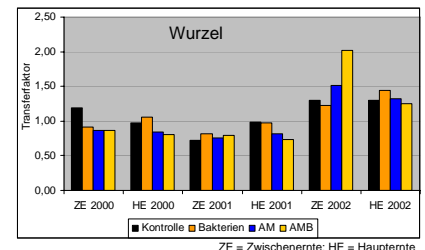
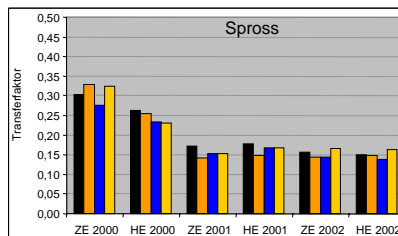


Abb. 7: Cadmium-Transfer im Mais (Spross und Wurzel) im Feldversuch der BBA Berlin-Dahlem

4. Zusammenfassung

Im Gefäßversuch konnten die Erträge der Sonnenblumen durch die RMO auf den belasteten Böden bis zu 348 % erhöht werden. Die Cd-Gehalte in den Blättern wurden im Referenzboden und im mäßig belasteten Boden durch die RMO reduziert und im hoch belasteten Boden bis zu 66 % erhöht ohne sichtbare Schäden.

Bei einer längerfristigen Anwendung der AM, unterstützt durch Pseudomonaden, können Erfolge in Bezug auf die Reduktion von Cd in das Erntegut von monokotylen Pflanzen mit gleichzeitigen Ertragserhöhungen erzielt werden.

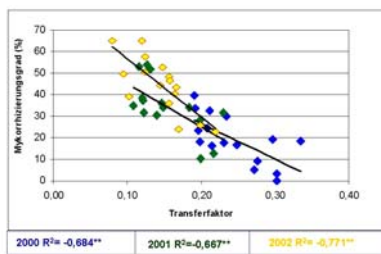


Abb. 8: Korrelation zwischen Cd-Transfer und Mykorrhizierungsgrad im Maisspross