

BIOFUMIGATION ZUR BEKÄMPFUNG DER *VERTICILLIUM*-WELKE DER ERDBEERE

VINCENT MICHEL, Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Forschungszentrum Conthey, CH-1964 Conthey, Schweiz; e-mail: vincent.michel@acw.admin.ch

Einleitung

Die *Verticillium*-Welke der Erdbeere wird durch die beiden bodenbürtigen pilzlichen Krankheitserreger *Verticillium dahliae* und *V. albo-atrum* verursacht. Diese Pilze überleben im Boden oder Pflanzenresten in Form spezieller Dauerformen (Mikrosklerotien, melanisiertes Myzel) über mehrere Jahre. Diese Dauerformen keimen aus sobald sich Wurzeln der Erdbeere oder anderer Wirtspflanzen (Tab. 1; Pegg & Brady, 2002) in ihrer Nähe befinden, und dringen durch das Wurzelgewebe in die Leitgefäße der Pflanzen ein. Diese werden von den Pilzen besiedelt, welche sich über Sporen in der restlichen Pflanze verbreiten. Dadurch werden mit der Zeit die Leitgefäße verstopft, was vor allem in Momenten von hohem Wasserbedarf (Sommer) und intensivem Stoffwechsel (Fruchtbildung) zu Problemen führt. Bei starkem Befallsdruck kann die *Verticillium*-Welke gar zum Absterben der Wirtspflanze führen, speziell wenn es sich dabei um Sorten mit einem geringen Resistenzlevel handelt (so z. B. Erdbeere, Sorte Elsanta).

Tabelle 1: Für *Verticillium*-Welke anfällige Arten (Liste ist nicht vollständig, es gibt über 200 Wirtspflanzenarten), hoch anfällige Arten sind unterstrichen. Kreuzblütler (*kursiv*) werden von *Verticillium longisporum*, einer mit *V. dahliae* nahe verwandten Art, befallen.

Beeren	Gemüse	Ackerfrüchte	Futterpflanzen	Blumen	Bäume
<u>Erdbeeren</u>	<u>Tomate</u>	<u>Kartoffel</u> ,	<u>Luzerne</u>	<u>Dalien</u>	<u>Ahorn</u>
Himbeere	<u>Peperoni</u>	<u>Tabak</u>	Kleearten	Astern	Kirsche
Brombeere	<u>Aubergine</u>	<u>Sonnenblume</u>		Nelke	Zwetschge
	Gurke	<i>Raps</i>		Chrysanthemen	Aprikose
	Rhabarbar			Geranien	Eiche
	Salat			Stiefmütterchen	Kastanien
	<i>Kohl-</i>			Begonien	Haselnuss
	<i>Arten</i>				
	<i>Sellerie</i>				
	<i>Radis</i>				

Die Biofumigation ist eine biologische Methode zur Verringerung von Krankheitserregern und Schädlingen im Boden. Sie stützt sich auf die Verwendung von Pflanzen mit einem hohen Gehalt an Glukosinolaten (GSL), hauptsächlich Kreuzblütler. Während dem Abbau der Pflanzen werden die Glukosinolate in Isothio- und Thiocyanate (ITC) umgewandelt. Diese Substanzen sind flüchtig und für gewisse Bodenorganismen giftig. Je nach Pflanzenart und Sorte ist die Zusammensetzung der Glukosinolate, welche eine Gruppe von mehreren Molekülen umfasst, verschieden. Diese Zusammensetzung bestimmt, welche Isothio- und Thiocyanate beim Abbau der Pflanzen entstehen (Kirkegaard et al., 2004).

Die verschiedenen Glukosinolat-Moleküle sind ausschlaggebend für die erzeugte Wirkung des freigesetzten Gases, da die Giftigkeit der unterschiedlichen Isothio- und Thiocyanate verschieden ist. Nebst der potentiellen Giftigkeit des Gases spielt die Empfindlichkeit des Zielorganismus (pilzlicher oder bakterieller Krankheitserreger, Insekt, Nematode, Unkrautsamen) eine entscheidende Rolle für die Wirksamkeit der Biofumigation. Um eine optimale Wirkung zu erreichen, müssen dementsprechend Pflanzen mit möglichst hohen Gehalten an bestimmten Glukosinolaten (so z. B. Sinigrin, enthalten in Braunem Senf) für die Biofumigation verwendet werden.

Die Eignung der Biofumigation zur Bekämpfung der *Verticillium*-Welke wurde in einer Reihe von Topfversuchen am Forschungszentrum Agroscope ACW Conthey untersucht. Es wurde der Einfluss verschiedener Kreuzblütlerarten/-sorten und des Bodentyps untersucht. Die Wirksamkeit wurde dabei anhand der Verringerung der Anzahl Mikrosklerotien, der Dauerform von *V. dahliae*, gemessen.

Material und Methoden

Im Frühling 2006 wurden zwei Sorten von Braunem Senf (= Sareptasenf, *Brassica juncea*) und eine Rapssorte (*Brassica napus*) in mit Torfsubstrat gefüllten Töpfe ausgesät. Bei den beiden Senfsorten handelte es sich um die speziell für die Biofumigation gezüchtete Sorten ISCI-20 (hoher Glukosinolatgehalt) und ISCI-99 (sehr hoher Glukosinolatgehalt) (Patalano, 2004, www.blufomula.com). Bei der Rapssorte Talent handelt es sich um eine glukosinolatarme 00-Sorte. Die oberirdischen Pflanzenteile wurden im Stadium Beginn Blüte abgeschnitten, fein zerhackt und sofort mit einem mit *V. dahliae* natürlich verseuchten lehmigen Boden gemischt. Dabei wurden 0,65 L Boden mit 70 g Pflanzenmaterial vermischt

und danach in 1-L Plastiktöpfe gefüllt. Die Töpfe wurden danach ausgiebig bewässert und während einer Woche in einem dunklen Raum bei 20-22°C inkubiert. Danach wurde der Boden über sechs Woche luftgetrocknet bevor die Anzahl lebender Mikrosklerotien pro g trockenem Boden bestimmt wurde. Jedes Verfahren wurde viermal wiederholt und der Versuch wurde einmal im Frühling und einmal im Herbst 2006 durchgeführt. Zur Bestimmung der Anzahl lebender Mikrosklerotien, wurden 100 mg trockener Boden auf dem selektiven Nährboden NP-10 (Kabir *et al.*, 2004) ausgebracht. Nach zwei Wochen Inkubation bei 24°C wurde die Anzahl Mikrosklerotien unter der Binokularlupe ausgezählt.

In zwei weiteren Topfversuchen wurde der Einfluss des Bodentyps, sandig (Sand/Schluff/Ton: 81/14/5%) bzw. lehmig (Sand/Schluff/Ton: 48/44/8%), auf die Wirksamkeit der Biofumigation mit den Braunen Senfsorten ISCI-99 (sehr hoher Glukosinolatgehalt) und Arid (sehr tiefer Glukosinolatgehalt) untersucht. Zudem wurde auch die Wirkung einer Nicht-Kreuzblütlerart, nämlich Roggen (*Secale cereale*) sowie von Biofumigationspellets geprüft. Diese Pellets, welche unter dem Namen Biofence vermarktet werden (www.plantsolutionsltd.com/biofence.htm), sind aus den Körnern einer Senfart hergestellt. Der Versuch wurde ebenfalls einmal wiederholt und die Versuchsdurchführung war analog zur ersten Versuchsreihe, mit Ausnahme der Einarbeitungsmenge von Roggen (50 g pro Topf) und Biofence Pellets (1,6 g pro Topf).

Ergebnisse und Diskussion

Die Verwendung von Braunem Senf, speziell von der sehr gehaltsreichen Sorte ISCI-99, bewirkte eine starke Abnahme der Anzahl Mikrosklerotien in einem lehmigen Boden (Abb. 1). Der glukosinolatarme Raps bewirkte ebenfalls eine Abnahme, wenn auch von geringerem Ausmaß. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass nicht nur die Bildung der toxischen Isothio- und Thiocyanate eine Rolle bei der Verringerung der Mikrosklerotien spielte. Andere Faktoren, wie das Einbringen großer Mengen leicht zersetzbarer organischer Substanz in den Boden, könnten sich ebenfalls auf das Überleben der *V. dahliae* Mikrosklerotien ausgewirkt haben.

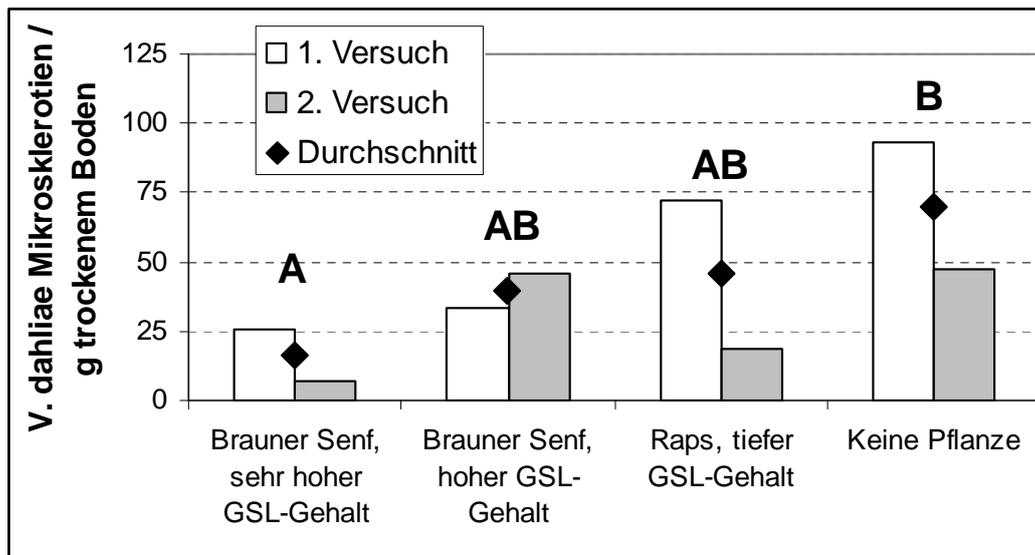


Abb. 1: Wirkung von braunem Senf und Raps auf das Überleben von *Verticillium dahliae* in einem lehmigen Boden eine Woche nach dem Einarbeiten der Pflanzen. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (Tukey-Test, 5%).

Die Wirkung der durch den Braunen Senf erreichte Biofumigation war bodenspezifisch (Abb. 2). Im lehmigen Boden wurde wiederum die beste Wirkung durch die Braune Senfsorte ISCI-99 (sehr hoher Glukosinolatgehalt) erreicht, die Pflanze mit der geringsten Wirkung war der glukosinolatfreie Roggen. Genau umgekehrt verhielt sich die Wirkungsweise der drei Gründünger im sandigen Boden, wo der Roggen die stärkste Abnahme lebender Mikrosklerotien bewirkte. Eine geringere Wirkung des Braunen Senfs in einem sandigen im Vergleich zu einem lehmigen Boden könnte möglicherweise in der größeren Durchlässigkeit des Sandbodens liegen. In solch einer Bodenart verflüchtigen sich die gasförmigen Isothio- und Thiocyanate möglicherweise zu schnell um eine für das Abtöten der Mikrosklerotien notwendige Konzentration zu erreichen. Aus dem Einsatz von Metam-Sodium, einem chemischen Bodenentseuchungsmittel, welches Methyl-Isothiocyanat freisetzt, ist bekannt, dass *V. dahliae* relativ resistent gegen diese Art von giftigen Molekülen ist (Klose et al., 2008). Die gute Wirkung von Roggen, einer glukosinolatfreien Pflanze, kann möglicherweise auf die Freisetzung anderer, für Bodenorganismen giftige Substanzen zurückzuführen sein (Stapleton et al., 2009). Eine vom Boden abhängige, unterschiedliche Wirkung von verschiedenen Gründüngern gegen *Verticillium longisporum* wurde erst kürzlich in Belgien festgestellt (Debode et al., 2005). Je nach Boden waren entweder die Kreuzblütler (Broccoli, Blumenkohl oder Brauner Senf) oder die Grasarten (Weidelgras oder Mais) wirksamer in der Reduktion von *V. longisporum*.

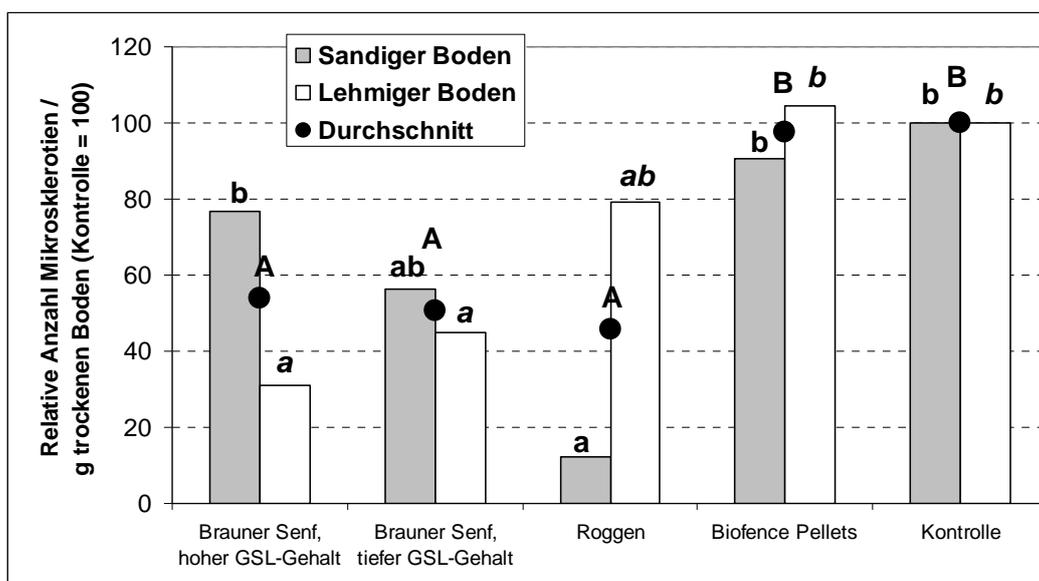


Abb. 2: Wirkung von Braunem Senf, mit hohem und tiefen Glukosinolat (GSL)-Gehalt, Roggen und Biofumigation Pellets (Biofence) auf das Überleben von *Verticillium dahliae* in einem sandigen und einem lehmigen Boden eine Woche nach dem Einarbeiten der Pflanzen/Pellets. Der Versuch wurde zweimal durchgeführt. Verfahren mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant unterschiedlich: kleine Buchstaben betreffen den sandigen Boden, kleine *kursive* Buchstaben den lehmigen Boden, große Buchstaben den Durchschnitt beider Böden (Tukey-Test, 5%).

Im Gegensatz zu den Pflanzen wiesen die Biofence Pellets in beiden Böden keine Wirkung gegen *V. dahliae* Mikrosklerotien auf. Diese Pellets enthalten sowohl Glukosinolate wie auch Myrosinase, das Enzym, welches die Umwandlung der Glukosinolate in Isothio- und Thiocyanate bewirkt. Die Menge an organischer Substanz, welche durch die Zugabe von Biofence Pellets in den Boden eingetragen wird (2500 kg/ha), ist relativ klein. Somit wirkten die Pellets wahrscheinlich ausschließlich über das Freisetzen von Isothio- und Thiocyanaten, was sich bei den relativ resistenten *V. dahliae* Mikrosklerotien als ungenügend erwies.

Schlussfolgerung

Der Einsatz der Biofumigation zur Bekämpfung von *Verticillium dahliae* ist nur eingeschränkt sinnvoll. Zwei Faktoren beschränken den Einsatz dieser im Prinzip sehr vielversprechenden Methode: die im Schnitt zu geringe Wirksamkeit und die vom Bodentyp abhängige Wirkung. Um die Wirkung zu verbessern müssen verschiedenste Faktoren der Biofumigation optimiert werden (Tab. 2). Die Wirksamkeit der Biofumigation ist

wahrscheinlich besser gegen bodenbürtige Krankheitserreger, die gegen äußere Einflüsse weniger resistent sind als *V. dahliae*. Der Anbau und das Einarbeiten eines Senfgründüngers weist aber auch andere Vorteile auf, wie z. B. eine Verbesserung der Bodenstruktur, eine Verringerung der Nitratauswaschung und die Unterdrückung gewisser Unkräuter.

Am Agroscope ACW Forschungszentrum Conthey sind verschiedene Versuche mit der Biofumigation zur Bekämpfung bodenbürtiger Krankheiten im Gange. So z. B. Feld- und Gewächshausversuche zur Bekämpfung der *Verticillium*-Welke der Erdbeere, des Himbeerwurzelsterbens (verursacht durch *Phytophthora fragariae* var. *rubi*), der schwarzen Wurzelfäule der Johannisbeere (verursacht durch *Thielaviopsis basicola*) und der Korkwurzelkrankheit der Tomate (verursacht durch *Pyrenochaeta lycopersici*).

Tabelle 2: Faktoren, welche die Wirksamkeit der Biofumigation beeinflussen und durch weitere Forschungs- und Züchtungsarbeiten optimiert werden können (Liste nicht vollständig).

Faktor	Optimierung (Forschung = F, Züchtung = Z)
Glukosinolatmenge/ha	Biomasse (Z, F), GSL-Gehalt (Z, F), GSL-Zusammensetzung (Z), Anbauperiode (Z),
Freisetzung der ITC	Myrosinasegehalt (Z), Aufarbeitung vor Einarbeiten (F), Einarbeitungsgeschwindigkeit (F), Einarbeitungsmenge (F)
Wirksamkeit im Boden	Einarbeitungstiefe (F), Einarbeitungsart (ev. Einschlämmen) (F), Abdecken mit Plastik (F), Wirksamkeitsverlust (F), Empfindlichkeit der Zielorganismen (F)
Andere Faktoren	Empfindlichkeit von Nicht-Zielorganismen (Regenwürmern) (F), Verbreitung von bodenbürtigen Krankheiten (Kohlhernie) (Z, F)

Literatur

- Debode J., Clewes E., De Backer G., Höfte M. (2005). Lignin is involved in the reduction of *Verticillium dahliae* var. *longisporum* inoculum in soil by crop residue incorporation. *Soil Biology Biochemistry* 37: 301-309.
- Kabir Z., Bhat R. G., Subbarao K. V. (2004). Comparison of media for recovery of *Verticillium dahliae* from soil. *Plant Disease* 88: 49-55.
- Kirkegaard J., Matthiessen J. (2004). Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3: 233-239.

- Klose, S., Ajwa, H. A., Browne, G. T., Subbarao, K. V., Martin, F. N., Fennimore, S. A., Westerdahl, B. B. (2008). Dose response of weed seeds, plant-parasitic nematodes, and pathogens to twelve rates of metam sodium in a California soil. *Plant Disease* 92: 1537-1546.
- Patalano G. (2004). New practical perspectives for vegetable biocidal molecules in Italian agriculture: Bluformula brand for commercialisation of biocidal green manure and meal formulations. *Agroindustria* 3: 409-412.
- Pegg G. F., Brady B. L. (2002). *Verticillium* wilts. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Stapleton J. J., Summers. C. G., Mitchell J. P., Prather T. S. (2009). Deleterious activity of cultivated grasses (Poaceae) and residues on soilborne fungal, nematode and weed pests. *Phytoparasitica*, DOI 10.1007/s12600-009-0070-3d. (Springerlink.com).