

Einfluss des Zwischenfruchtanbaus und der Verunkrautung auf die Epidemiologie und Pathogenität von *Plasmodiophora brassicae*

Influence of cover crops and weeds on the epidemiology and pathogenicity of Plasmodiophora brassicae

Nazanin Zamani-Noor*, Sinja Brand, Hans-Peter Söchting

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11-12, 38104 Braunschweig

*Korrespondierende Autorin, nazanin.zamani-noor@julius-kuehn.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.014



Zusammenfassung

Seit einigen Jahren wird in Deutschland eine stetige Zunahme der Kohlhernie in Rapsbeständen beobachtet. Der Erreger der Krankheit, *Plasmodiophora brassicae*, dringt dabei in die Wurzelhaare und Wurzelrinden der Pflanze ein. Im weiteren Verlauf der Krankheit kommt es zu Gewebewucherungen und es bilden sich die typischen Wurzelgallen.

Der bodenbürtige Pilz bildet Dauersporen, die bis zu 20 Jahre im Boden überlebensfähig sind. Enggestellte Fruchtfolgen mit Kreuzblütlern bieten gute Voraussetzungen für Infektionen. Eine direkte Bekämpfung der Krankheit ist nicht möglich, so dass vorbeugenden Maßnahmen im Vordergrund stehen.

Dazu gehören die Auswahl nicht Kohlhernie-anfälliger Zwischenfrüchte und die rechtzeitige Bekämpfung von diversen Unkräutern, die als Wirtspflanzen in Frage kommen können. In einem Gewächshausversuch am Julius Kühn-Institut in Braunschweig wurden Unkräuter und Zwischenfrüchte aus unterschiedlichen Pflanzenfamilien hinsichtlich ihrer Anfälligkeit gegenüber der Kohlhernie untersucht. Dazu wurden die Pflanzen im Keimblattstadium in Hochbeete pikiert und mit einer Sporensuspension von *P. brassicae* - Typ P1 inokuliert. Eine visuelle Bonitur der Wurzeln hinsichtlich der für die Krankheit typischen Gallen erfolgte 35 Tage nach der Inokulation.

Stichwörter: Befallsstärke-Index, *Brassica napus*, Kohlhernie, *Plasmodiophora brassicae*, Raps, Unkräuter, Zwischenfrüchte

Abstract

Club-root disease has increased significantly in oilseed rape cultivations in recent years in Germany. The pathogen of the disease, *Plasmodiophora brassicae*, penetrates the root hairs and root bark of the plant. In the course of the disease, the tissue proliferates and the typical root gall forms.

The soil-borne fungus forms permanent resting spores that can survive for up to 20 years. Short crop rotations with cruciferous plants provide good conditions for propagation of the pathogen. A direct control of the disease is not possible; therefore club-root prevention strategies are essential for minimizing disease losses.

This includes the selection of crops that are not susceptible to club-root and the timely control of various weeds that could be host plants. In a greenhouse experiment at the Julius Kühn-Institut in Braunschweig, weeds and cover crops from different plant families were evaluated with regard to their susceptibility to the club-root. The seedling plants were pricked into raised beds and inoculated with a spore suspension of *P. brassicae* - type P1. Thirty five days after inoculation, a visual disease assessment of the roots was made with regard to the typical disease symptoms.

Keywords: *Brassica napus*, clubroot, cover crops, disease severity index, oilseed rape, *Plasmodiophora brassicae*, weeds

Einleitung

Der bodenbürtige Erreger *Plasmodiophora brassicae* hat sowohl in Deutschland als auch weltweit zunehmend an Bedeutung gewonnen (DIXON, 2009; HWANG et al., 2012; ZAMANI-NOOR, 2017). Die Krankheit führt zu Welke, Kümmerwuchs und zum Absterben der befallenen Pflanzen. Beim Raps äußert sich der Befall mit deutlichen Ertragseinbußen, geringerem Ölgehalt und geringerer Winterhärte.

Der Erreger der Kohlhernie befällt Kreuzblütler wie Raps, Kohl-Arten, Senf, Rübsen oder Rettich aber auch Unkräuter wie Acker-Hellerkraut oder Gemeines Hirtentäschelkraut werden als Zwischenwirt

in der Literatur beschrieben (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1999). Diese Arten begünstigen die Vermehrung von *P. brassicae*, so dass es auf den betroffenen Flächen zu einem starken Kohlhernie-Befall an Winterraps kommen kann. Der Pilz lebt im Boden und bildet Dauersporen, die bis zu 20 Jahre überleben können. Daher ist eine frühzeitige und effektive Beseitigung von kreuzblütigen Unkräutern in allen Fruchtfolgegliedern aus phytosanitären Gesichtspunkten notwendig (ZAMANI-NOOR und RODEMANN, 2018).

Zwischenfrüchte und Untersaat nehmen bedingt durch neue Greening-Anforderungen im Rahmen der Umsetzung der EU-Agrarpolitik ständig an Bedeutung zu. Der Anbau von Zwischenfrüchten ist die am häufigsten angemeldete Maßnahme, um ökologische Vorrangflächen zu schaffen. Allerdings können durch den vermehrten Zwischenfruchtanbau, wenn dieser nicht an die betriebsübliche Fruchtfolge angepasst wird, Probleme entstehen, da bestimmte Krankheiten und Schädlinge noch mehr gefördert werden. So sollten in Rapsfruchtfolgen grundsätzlich keine weiteren kreuzblütigen Arten mehr angebaut werden, um bodenbürtige Krankheiten wie Kohlhernie nicht zu fördern.

Um mehr Informationen und ein besseres Verständnis für den Erreger *P. brassicae* sowie die zahlreichen Wirtspflanzen zu erlangen, wurde eine entsprechende Untersuchung mit einer Auswahl verschiedenen Pflanzenarten aus diversen Pflanzenfamilien am Julius Kühn-Institut (JKI) in Braunschweig durchgeführt.

Material und Methoden

In dem Gewächshausversuch wurden in vier Pflanzbeeten jeweils 15 Pflanzenarten in zweifacher Wiederholung hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber der Kohlhernie untersucht. Die Pflanzenarten gliederten sich in vier Gruppen:

1. Kreuzblütige Unkrautarten
2. Monokotyle Pflanzen-Arten (Ungräser und Getreide)
3. Zwischenfrüchte (einschließlich kreuzblütige Arten)
4. Sonstige Unkräuter (aus verschiedenen Pflanzenfamilien)

Eine komplette Übersicht der Arten findet sich in den Tabellen 1 bis 4. Bei den monokotylen Arten wurden Unkräuter sowie auch Kulturarten untersucht, um ein möglichst breites Spektrum abzudecken. Daher sind auch in der vierten Gruppe „Sonstige Unkräuter“ möglichst viele verschiedene Pflanzenfamilien untersucht worden. Die Nomenklatur der deutschen sowie der wissenschaftlichen Pflanzennamen erfolgte über die EPPO Global Database und über die Webseite <http://www.floraweb.de/>.

Tab. 1 Übersicht der Pflanzen der Gruppe 1 „Kreuzblütige Unkrautarten“.

Tab. 1 Overview of plants of category 1 „Cross-flowered weed species“.

Unkrautart	Wissenschaftlicher Name	EPPO-Code	Familie
Echtes Barbarakraut	<i>Barbarea vulgaris</i>	BARVU	Brassicaceae
Schwarzer Senf	<i>Brassica nigra</i>	BRNSI	Brassicaceae
Rübsen	<i>Brassica rapa</i>	BRSRA	Brassicaceae
Orientalische Zuckerschote	<i>Bunias orientalis</i>	BUNOR	Brassicaceae
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	CAPBP	Brassicaceae
Gewöhnliche Besenrauke	<i>Descurainia sophia</i>	DESSO	Brassicaceae
Französische Hundsrauke	<i>Erucastrum gallicum</i>	ERWGA	Brassicaceae
Hederich	<i>Raphanus raphanistrum</i>	RAPRA	Brassicaceae
Schnabelsenf	<i>Coincya monensis</i>	RYNCH	Brassicaceae
Weißer Senf	<i>Sinapis alba</i>	SINAL	Brassicaceae
Acker-Senf	<i>Sinapis arvensis</i>	SINAR	Brassicaceae
Hohe Rauke	<i>Sisymbrium altissimum</i>	SSYL	Brassicaceae
Loesel-Rauke	<i>Sisymbrium loeselii</i>	SSYLO	Brassicaceae
Wege-Rauke	<i>Sisymbrium officinale</i>	SYSOF	Brassicaceae
Acker-Hellerkraut	<i>Thlaspi arvense</i>	THLAR	Brassicaceae

Tab. 2 Übersicht der Pflanzen der Gruppe 2 „Monokotyle Arten“.

Tab. 2 Overview of plants of category 2 „Monocotyledonous species“.

Unkrautart	Wissenschaftlicher Name	EPPO-Code	Familie
Acker-Fuchsschwanz	<i>Alopecurus myosuroides</i>	ALOMY	Poaceae
Gemeiner Windhalm	<i>Apera spica-venti</i>	APESV	Poaceae
Flug-Hafer	<i>Avena fatua</i>	AVEFA	Poaceae
Saat-Hafer	<i>Avena sativa</i>	AVESA	Poaceae
Sand-Hafer	<i>Avena strigosa</i>	AVESG	Poaceae
Tauber Hafer	<i>Avena sterilis</i>	AVEST	Poaceae
Blutrote Fingerhirse	<i>Digitaria sanguinalis</i>	DIGSA	Poaceae
Gewöhnliche Hühnerhirse	<i>Echinochloa crus-galli</i>	ECHCG	Poaceae
Wintergerste	<i>Hordeum vulgare</i>	HORVW	Poaceae
Vielblütiges Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>	LOLMU	Poaceae
Einjähriges Rispengras	<i>Poa annua</i>	POAAN	Poaceae
Winterroggen	<i>Secale cereale</i>	SECCW	Poaceae
Grüne Borstenhirse	<i>Setaria viridis</i>	SETVI	Poaceae
Winterweizen	<i>Triticum aestivum</i>	TRZAW	Poaceae

Tab. 3 Übersicht der Pflanzen der Gruppe 3 „Zwischenfrüchte“.

Tab. 3 Overview of plants of category 3 „Catch crops“.

Unkrautart	Wissenschaftlicher Name	EPPO-Code	Familie
Abessinisches Ramtillkraut	<i>Guizotia abyssinica</i>	GUIAB	Asteraceae
Gewöhnliche Sonnenblume	<i>Helianthus annuus</i>	HELAN	Asteraceae
Rainfarn-Phacelia	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	PHCTA	Boraginaceae
Saat-Leindotter	<i>Camelina sativa</i>	CMASA	Brassicaceae
Garten-Rettich	<i>Raphanus sativus</i>	RAPSR	Brassicaceae
Garten-Erbse	<i>Pisum sativum</i>	PIBSA	Fabaceae
Schweden-Klee	<i>Trifolium hybridum</i>	TRFHY	Fabaceae
Persischer Klee	<i>Trifolium resupinatum</i>	TRFRS	Fabaceae
Sparriger Klee	<i>Trifolium squarrosum</i>	TRFSR	Fabaceae
Zottel-Wicke	<i>Vicia villosa</i>	VICVI	Fabaceae
Saat-Lein	<i>Linum usitatissimum</i>	LIUUT	Linaceae
Sudangras	<i>Sorghum sudanense</i>	SORSU	Poaceae

Tab. 4 Übersicht der Pflanzen der Gruppe 4 „Sonstige Unkräuter“.

Tab. 4 Overview of plants in category 4 „Other weeds“.

Unkrautart	Wissenschaftlicher Name	EPPO-Code	Familie
Korn-Flockenblume	<i>Centaurea cyanus</i>	CENCY	Asteraceae
Raue Gänsedistel	<i>Sonchus asper</i>	SONAS	Asteraceae
Einjähriges Binkelkraut	<i>Mercurialis annua</i>	MERAN	Euphorbiaceae
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	TRFRE	Fabaceae
Zottel-Wicke	<i>Vicia villosa</i>	VICVI	Fabaceae
Stängelumfassende Taubnessel	<i>Lamium amplexicaule</i>	LAMAM	Lamiaceae
Saat-Mohn	<i>Papaver dubium</i>	PAPDU	Papaveraceae
Klatsch-Mohn	<i>Papaver rhoeas</i>	PAPRH	Papaveraceae
Persischer Ehrenpreis	<i>Veronica persica</i>	VERPE	Scrophulariaceae
Gemeiner Windenknöterich	<i>Fallopia convolvulus</i>	POLCO	Polygonaceae
Floh-Knöterich	<i>Persicaria maculosa</i>	POLPE	Polygonaceae
Krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	RUMCR	Polygonaceae
Gewöhnlicher Ackerfrauenmantel	<i>Aphanes arvensis</i>	APHAR	Rosaceae
Weißer Stechapfel	<i>Datura stramonium</i>	DATST	Solanaceae
Feld-Stiefmütterchen	<i>Viola arvensis</i>	VIOAR	Violaceae

Die Versuchspflanzen wurden in kleinen Plastikschalen in Einheitserde gesät und im Gewächshaus vorgezogen (je nach Art ca. 1-3 Wochen vor dem Pikieren). Im Zweiblattstadium erfolgte das Pikieren in zweifacher Wiederholung in die Pflanzbeete. Je Wiederholung wurden 10 Pflanzen im Abstand von 8 cm in einer Reihe gepflanzt. Neben dem oben aufgeführten Artenspektrum wurde

als Kontroll- und Vergleichspflanze die Kohlhernie-anfällige Winterrapsorte „Visby“ in jedes Pflanzbeet direkt eingesät (7 Tage vor dem Pikieren). Die Pflanzen wurden unter Gewächshausbedingungen bei 20/16 °C mit 16/8 Tag/Nacht-Rhythmus und einer 70 %igen relativen Luftfeuchtigkeit gehalten.

Drei Tage nach dem Pikieren wurden die Versuchspflanzen mit einer Sporensuspension (107 Sporen/mL-1) des Erregers *P. brassicae*-P1 (Herkunft Schleswig-Holstein – Hoisdorf) an zwei Stellen in der Nähe der Wurzelzone der Pflanze in ca. 2 cm Tiefe inokuliert. Die Kontrollpflanzen wurden mit der gleichen Menge Wasser ohne Sporenhalt scheininokuliert. Unmittelbar vor der Inokulation wurden die Pflanzen intensiv bewässert, um ein Auswaschen der Erregersporen aus dem Wurzelbereich zu vermeiden. Weiterhin wurden sie 72 Stunden nach der Inokulation nicht bewässert und bei einer Temperatur von 24 °C, die eine Infektion begünstigt, weiter inkubiert.

Die Ernte der Pflanzen erfolgte 35 Tage nach der Inokulation (dpi). Dabei wurden die Pflanzen hinsichtlich der Ausbildung von Wurzelgallen untersucht. Bei der Bonitur wurde der Infektionsgrad anhand einer 0 - 3 Skala visuell bestimmt (0 = gesund, 1 = kleine Gallen an den Seitenwurzeln, 2 = mittelgroße Gallen an den Seitenwurzeln und/oder an der Hauptwurzel und 3 = Hauptwurzel besteht aus einer großen Galle (ZAMANI-NOOR, 2017).

Aus diesem Infektionsgrad wurde mit Hilfe der folgenden Formeln die Befallshäufigkeit (disease incidence (DI)) und der Befallsstärke-Index (disease severity index (DSI)) ermittelt. Dies ist ein prozentualer Index, der den Infektionsgrad abbildet.

$$DI (\%) = \frac{\sum(n_1 + n_2 + n_3)}{N} \cdot 100$$

$$DSI (\%) = \frac{\sum(n_0 \cdot 0 + n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 2 + n_3 \cdot 3)}{N \cdot 3} \cdot 100$$

Die Zahlen 0, 1, 2, und 3 geben den unterschiedlichen Infektionsgrad an. N ist die Gesamtzahl der untersuchten Pflanzen, und n₀, n₁, n₂ und n₃ sind die jeweilige Anzahl der Pflanzen mit dem entsprechenden Infektionsgrad.

Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß zeigten fast alle kreuzblütigen Unkräuter und Zwischenfrüchte die für die Krankheit typischen Symptome. Bei allen anderen Arten konnten visuell keine Krankheitsmerkmale festgestellt werden. Unter den kreuzblütigen Unkrautarten selbst waren allerdings erhebliche Unterschiede bezüglich Befallshäufigkeit und der Symptomausprägung festzustellen (Abb. 1).

Die Pflanzengruppe „Kreuzblütige Unkräuter“ ist, bis auf zwei Ausnahmen in der Gruppe „Zwischenfrüchte“, die einzige Pflanzengruppe in der Krankheitssymptome bonitiert wurden. Aus der Gruppe „Kreuzblütige Unkräuter“ zeigten die Arten Echtes Barbarakraut (*Barbarea vulgaris*, BARVU), Hederich (*Raphanus raphanistrum*, RAPRA) und Orientalische Zackschote (*Bunias orientalis*, BUNOR) keine Symptome. Sehr geringe Symptome (DI ≤ 30 %) wurden bei den Arten Französische Hundsrauke (*Erucastrum gallicum*, ERWGA) (15,0 % DI und 10,0 % DSI) und Garten-Rettich (*Raphanus sativus*, RAPSr) (20,0 % DI und 18,3 % DSI), letzterer aus der Gruppe „Zwischenfrüchte“, bonitiert. Mäßige Symptome (30 % ≥ DI ≤ 70 %) wurden bei den Arten Schwarzer Senf (*Brassica nigra*, BRsNI) (45,0 % DI und 31,6 % DSI), Gewöhnliche Besenrauke (*Descurainia sophia*, DESSO) (65,0 % DI und 41,6 % DSI) und Acker-Hellerkraut (*Thlaspi arvense*, THLAR) (65,0 % DI und 58,3 % DSI) aufgenommen. Aus der Gruppe „Zwischenfrüchte“ zeigte die Art Saat-Leindotter (*Camelina sativa*, CMASA) (60,0 % DI und 60,0 % DSI) mäßige Symptome. Die Arten Schnabelsenf (*Coincya monensis*, RYNCH) (85,0 % DI und 58,3 % DSI), Loesel-Rauke (*Sisymbrium loeselii*, SSYLO) (85,0 % DI und 81,3 % DSI) und Gewöhnliches Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*, CAPBP) (95,0 % DI und 83,3 % DSI) zeigten

starke Symptome (DI ≥ 70 %). Eine Befallshäufigkeit von 100 % zeigten die Arten Weg-Rauke (*Sisymbrium officinale*, SYsOF) (43,3 % DSI), Hohe Rauke (*Sisymbrium altissimum*, SSYAL) (93,3 % DSI),

und Weißer Senf (*Sinapis alba*, SINAL) (95,0 % DSI). Die beiden Arten Rübsen (*Brassica rapa*, BRSRA) und Acker-Senf (*Sinapis arvensis*, SINAR) wiesen sowohl eine 100 %ige Befallshäufigkeit als auch einen 100 %igen Befallsstärke-Index auf. Die Kontrollpflanze Winterraps „Visby“ (*Brassica napus*, BRSNW) zeigte eine Befallshäufigkeit (DI) von 100 % und einen Befallsstärke-Index (DSI) von 93,3 % auf. Die unterschiedliche Intensität des Befalls der kreuzblütigen Pflanzen kann auf eine natürliche oder bei den Nutzpflanzen auf eine züchterisch eingebrachte Resistenz zurückgeführt werden.

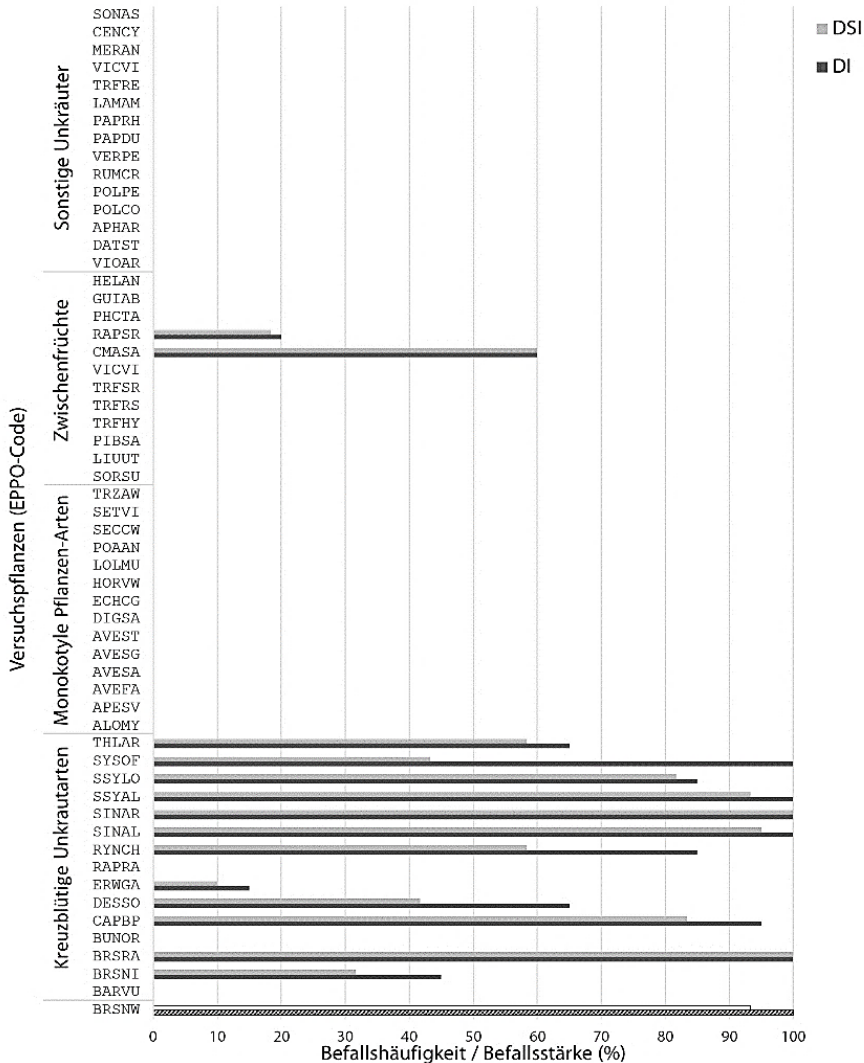


Abb. 1 Befallshäufigkeit (disease incidence (DI)) und Befallsstärke-Index (disease severity index (DSI)) der Versuchspflanzen, die mit dem *Plasmiodiophora brassicae*-Pathotyp1 inokuliert wurden. Die Werte der Kontrollpflanze Winterraps „Visby“ (*Brassica napus*) wurden schraffiert (DI) bzw. weiß (DSI) hervorgehoben.

Fig. 1 Disease incidence (DI) and disease severity index (DSI) of the experimental plants inoculated with the *Plasmiodiophora brassicae*- pathotype 1. The values of the control plant winter oilseed rape „Visby“ (*Brassica napus*) were hatched (DI) or set off in white (DSI).

Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass die Auswahl der Zwischenfruchtart bzw. der Mischungszusammensetzungen beim Greening sehr wichtig ist, um negative Effekte bei den

Kulturpflanzen zu vermeiden. Beim Anbau von Raps in der Fruchtfolge sollte gut überlegt werden, ob überhaupt noch kreuzblütige Arten verwendet werden.

Laut entsprechender Literaturangaben (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1999) gehören zum Wirtspflanzenkreis von *Plasmodiophora brassicae* auch Nichtkruziferen (*Papaver*, *Lolium*, *Agrostis*, *Dactylis*), bei denen es zu primären Infektionen an den Wurzelhaaren kommt. Es werden Sporangien, aber keine Gallen erzeugt. Daher soll in weiteren Versuchen neben der visuellen Bonitur zusätzlich eine Überprüfung der Proben mit Hilfe von PCR zum Nachweis von pilzlicher DNA im Pflanzengewebe erfolgen. Es wird erwartet, dass die kreuzblütigen Arten, die die deutlichsten Symptome zeigten, auch auf molekularer Ebene den stärksten Befall aufweisen. Mit molekularen Diagnoseverfahren könnte auch ein Befall nachgewiesen werden, ohne dass visuell nachweisbare Symptomen gegeben sind.

Literatur

- DIXON, G. R., 2009: The occurrence and impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. *Plant Growth Regul.* **28**, 194–202.
- HOFFMANN, G.M., H. SCHMUTTERER, 1999: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Stuttgart, Eugen-Ulmer-Verlag, 444-448.
- HWANG, S.F., H.U AHMED, Q. ZHOU, A. RASHID, S.E. STRELKOV, B.D. GOSSEN, G. PENG, G.D. TURNBULL., 2012: Assessment of the impact of resistant and susceptible canola on *Plasmodiophora brassicae* inoculum potential. *Plant Pathol.* **61**, 945–52.
- ZAMANI-NOOR, N., 2017: Variation in pathotypes and virulence of *Plasmodiophora brassicae* populations in Germany. *Plant Pathol.* **66**, 316–24.
- ZAMANI-NOOR, N., B. RODEMANN, 2018: Reducing the build-up of *Plasmodiophora brassicae* inoculum by early management of oilseed rape volunteers. *Plant Pathol.* **67**, 426-32.