

Bodenbiologie

Vielfalt der Nematoden

Einige Viruskrankheiten der Reben werden durch bodenlebende Nematoden übertragen. Im Wurzelraum gibt es aber noch eine Vielzahl weiterer, ganz unterschiedlicher Nematoden, die für die Funktionen des Bodens von großer Bedeutung sind. Diesen Aspekten widmet sich der folgende Artikel.

Viruskrankheiten sind im Weinbau sehr verbreitet. Häufig kommt es zu einer nachlassenden Wachstumsleistung. Hinzu kommen je nach Erkrankung mehr oder weniger eindeutige Symptome, etwa Panaschüren, Besenwuchs und eine Verrieselung der Trauben. Einige Viruskrankheiten werden durch bodenlebende Nematoden übertragen. Diese Fadenwürmer nehmen durch das Saugen an den Wurzeln eines kranken Rebstockes Viruspartikel auf und übertragen sie anschließend auf weitere Rebpflanzen. Neben diesen Virusvektoren lebt aber im Boden eine Vielzahl weiterer Nematoden, die ganz unterschiedliche Lebensweisen haben und für die Funktionalität des Bodens von großer Bedeutung sind.

Biologische Bodenqualität

In den letzten Jahren hat das Interesse am Boden und dessen Bedeutung für einen nachhaltigen, qualitativ hochwertigen Weinbau an Bedeutung gewonnen. Er dient der Rebe nicht nur als physischer Standort, sondern bestimmt durch das Zusammenspiel chemischer, physikalischer und biologischer Eigenschaften ganz erheblich die Qualität und Quantität des Endprodukts.

Ein besonderes Interesse sollte dabei der biologischen Bodenqualität gelten, da ein biologisch aktiver und biologisch vielfältiger Boden direkt zur Pflanzenernährung und Pflanzengesundheit beitragen kann. Während seine chemischen Eigenschaften wie Nährstoffgehalt und pH-Wert und physikalischen Parameter wie beispielsweise die Korngrößenverteilung eng mit dem Ausgangsgestein verbunden und daher weitgehend unveränderlich ge-

geben sind, sind seine biologischen Eigenschaften viel stärker vom Menschen beeinflussbar. Im Umkehrschluss können bodenbiologische Parameter viel über die Qualität des Bodens und dessen Bewirtschaftungshistorie aussagen.

Es steht heutzutage eine Vielfalt an messbaren bodenbiologischen Parametern zur Verfügung, die sowohl funktionelle Prozesse, wie die Mineralisierung, als auch die Vielfalt und Struktur des Bodenlebens als Indikator für die Stabilität und Resilienz des Bodenökosystems messen. Ein in den Niederlanden untersuchtes Praxisbeispiel entsprechender bodenbiologischer Parameter mit dazugehörigen Referenzwerten für verschiedenste Bodennutzungsformen ist in der Tabelle dargestellt.

Sowohl die Auswahl der Parameter in der holländischen Untersuchung als auch deren Referenzwerte basieren auf den Einschätzungen eines Expertengremiums und mehrjährigen Bodenbeprobungen. Leider befindet sich hierunter kein weinbaulich genutzter Referenzboden. Allerdings zeigt die Tabelle deutlich, dass es viele „nützlich-



Bild: Thoden

Nematoden tummeln sich um Pflanzenwurzeln.

che Helfer“ im Boden gibt. Auch Nematoden gehören dazu. Im nachfolgenden Text soll diese Gruppe näher beleuchtet werden.

Nematoden und ihre Rolle im Bodenökosystem

Nematoden, im Deutschen auch bekannt als Fadenwürmer, sind ein Stamm des Tierreiches, dem im Alltag nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Wenn überhaupt, dann spricht man im Weinbau bislang nur über Nematoden als Schaderreger. Fadenwürmer der Gattungen *Xiphinema*, *Longidorus* und *Paralongidorus* übertragen Viren, die Verursacher der Reisigkrankheit sind. Daneben spielen in mediterranen Regionen noch andere pflanzenparasitäre Nematoden eine Rolle im Ertragsanbau, wie

Beispiel für bodenbiologische Parameter*

Bodenbiologische Parameter	Referenzboden (n=6)	Mittelwert (Niederlande) (n=24)	5%–95%
bakterielle Biomasse (µg C/g trockener Boden)	51	66	7,5–162
bakterielle Aktivität (Thymin-Einbau; pmol/g.h)	151	122	59–219
bakterielle Diversität (Anzahl DNA-Banden)	61	64	60–71
potentielle C-Mineralisierung (mg C/kg.wk)	18	22	9–48
potentielle N-Mineralisierung (mg N/kg.wk)	2	2	0,5–3,7
pilzliche Biomasse (µg C/g trockener Boden)		–	–
Nematodenanzahl (Anzahl/100 g Boden)	1290	1270	660–2190
Nematodendiversität (Anzahl Taxa)	33	32	25–44
Enchyträenanzahl (Anzahl/m ²)	17 500	19200	1510–53 800
Enchyträendiversität (Anzahl Taxa)	6,3	6,0	4,0–8,0
Regenwürmer (Anzahl/m ²)	200	212	12–440
Regenwürmerdiversität (Anzahl Taxa)	4,2	4,4	1,3–7,9
Micro-Arthropoden (Anzahl/m ²)	11 070	6180	1610–16 200
Micro-Arthropodendiversität (Anzahl Taxa)	18	16	9,3–29

* Untersuchung aus den Niederlanden mit entsprechenden Richtwerten für ackerbaulich genutzte Böden auf Klei; aus Rutgers et al., 2007.

Wurzelgallen-Nematoden – Gattung *Meloidogyne* – oder Nematoden der Gattungen *Criconeema* oder *Paratylenchus*. Ähnlich verhält es sich im Ackerbau, wo vornehmlich parasitäre Nematoden eine wirtschaftliche Bedeutung haben.

Nicht alle sind Parasiten

Mit dieser rein auf parasitäre Fadenwürmer beschränkten Sichtweise tut man den Fadenwürmern aber Unrecht. In einem gewöhnlichen Boden, und dies gilt auch für den Weinberg, sind in aller Regel nur zehn bis 20 % der Nematoden pflanzenparasitär. Das haben wissenschaftliche Untersuchungen ergeben. Der bei weitem größere Anteil ernährt sich entweder von Bakterien, pilzlichem Myzel, Algen, Einzellern oder sogar räuberisch von anderen Nematoden. Man spricht daher auch von bakterienfressenden

(bakteriovoren), pilzfressenden (fungivoren), allesfressenden (omnivoren) sowie fleischfressenden (carnivoren) Nematoden und fasst diese nicht-parasitären Nematoden unter dem Begriff „freilebende Nematoden“ zusammen. Unterscheiden lassen sich diese verschiedenen Gruppen anhand des Aufbaus und der Ausstattung der Mundhöhle zur Nahrungsaufnahme – man spricht von „trophischen“ Merkmalen.

Anatomische Merkmale

Während pflanzenparasitäre Arten immer über einen spitz zulaufenden Mundstachel verfügen, fehlt dieser bei den meisten freilebenden Nematoden. Stattdessen findet man bei bakterienfressenden oder räuberischen Arten eine weite Mundhöhle, die bei letzteren mit zahnähnlichen Strukturen besetzt ist. Kennzeichen omnivo-

rer Nematoden ist ein gänsekielartig zugespitzter Mundstachel.

Im Bodenökosystem übernehmen diese verschiedenen freilebenden Fadenwurmgruppen wichtige Aufgaben. So liefern die bakteriovoren und fungivoren, die auch als sich von faulenden Stoffen ernährende (saprophage) Nematoden bezeichnet werden, einen wichtigen Beitrag beim Abbau und der Mineralisierung organischen Materials. Dies resultiert letztlich in der Freisetzung pflanzenverfügbarer Nährstoffe. Omnivore (allesfressende) und räuberische Nematoden können eine Rolle in der Populationsdynamik parasitärer Nematoden spielen und einen Beitrag zur Suppressivität des Bodens liefern.

Zeiger für Bodenbiologie

Diese Einbindung in verschiedene Stufen der Nahrungskette des Bodenökosystems ist ein Grund, weshalb Nematoden und deren Gemeinschaften ein guter Indikator für die biologische Bodenqualität sind. Daneben gibt es aber auch noch einige praktische Faktoren, die sie zu einer nützlichen Indikatorengruppe machen.

So kommen sie in jedem Boden ganzjährig in großer Anzahl und Diversität vor. In der Regel findet man 1000 bis 10 000 Individuen mit zehn bis 70 Arten in 100 Milliliter Boden. Fadenwürmer sind leicht zu extrahieren und zu identifizieren. Durch ihr durchlässiges Außenhäutchen stehen sie in direktem Kontakt zu jedem Stoff, der im kapillaren Bodenwasser gelöst ist, also auch

Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und anderen Substanzen. Zudem haben zahlreiche Studien gezeigt, dass verschiedene Nematodenarten unterschiedlich auf Verschmutzung und andere Störungen des Bodens wie Verdichtung oder Bearbeitung reagieren. Bezüglich ihrer ökologischen Indikatorfunktion haben Nematologen einen großartigen Wissensschatz bezüglich der Lebensstrategien verschiedener Arten aufgebaut. Somit können diese in der Regel auf einer Skala von eins bis fünf als r- oder K-Strategen eingruppiert werden. Erstere stehen dabei eher für ein gestresstes Bodenökosystem, während Fadenwürmer aus der Gruppe der K-Strategen vor allem in stabilen, ungestörten Bodenökosystemen vorkommen. Dabei zählen besonders die carnivoren und omnivoren Nematodenarten eher zu den K-Strategen, während viele bakteriovore Nematoden eher typische r-Strategen sind.

Hiesige Arten

Während es für kleine Gliederfüßler (Mikroarthropoden), zum Beispiel Insekten, im deutschsprachigen Raum Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsweisen auf deren Artenvielfalt und Häufigkeit im Weinberg gibt, fehlen derartige Untersuchungen für Nematoden.

Und das, obwohl im Rahmen der Rebenpflanzgutverordnung jährlich viele Bodenproben auf Nematoden untersucht werden. Auch das Staatliche Weinbauinstitut in Freiburg beteiligt sich an diesen amtlichen Untersuchungen. Allerdings



Die Kopfreionen verschiedener im Boden freilebender Nematoden. Von links: bakterienfressender, allesfressender, pilzfressender und fleischfressender Nematode.

Bilder: Thoden

FAZIT

Weitere Forschungsprojekte wären wünschenswert. Wie erwähnt, sind die bisher vorliegenden Daten nur „die Spitze des Eisberges“. Andere Extraktionsverfahren würden zu einer deutlich höheren Ausbeute an Nematoden führen. Die Unterschiede zwischen den Standorten würden erkennbarer. Ferner ist es nachträglich nicht möglich, die bereits gewonnenen Daten bestimmten einzelnen Bewirtschaftungsformen zuzuordnen und auf diese Weise verlässliche Aussagen über den Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsformen, beispielsweise konventionell oder biologisch, auf die Nematoden-Gemeinschaften zu machen. Dennoch zeigt sich deutlich, dass in Zukunft die wissenschaftliche Aufmerksamkeit mehr auf die nützlichen Nematoden gerichtet werden sollte und nicht allein auf die pflanzenparasitären Arten. □

beschränkte sich diese Analyse bisher auf virusübertragende Nematoden. Die dabei angewandten Extraktionsmethoden sind vornehmlich darauf ausgerichtet, 1,5 bis 12 mm lange Nematoden der pflanzenparasitären Gattungen *Xiphinema*, *Longidorus* und *Paralongidorus* aufzuspüren. Die freilebenden Nematoden wurden bisher kaum berücksichtigt. Ein Großteil ging schlicht beim Extrahieren verloren. Da in den Proben dennoch deutliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung und Anzahl freilebender Nematoden beobachtet wurden, wird am Staatlichen Weinbauinstitut seit 2016 neben der Anzahl der Virusüberträger auch eine grobe numerische Klassifizierung freilebender Arten vorgenommen, insbesondere der re-

lativ großen omnivoren und carnivoren Nematoden. Beachtet wurde dabei:

■ Neben den virusübertragenden Arten *Xiphinema diversicaudatum*, *Xiphinema index* und *Longidorus elongatus* und *Paralongidorus maximus*, die in weniger als fünf Prozent der 730 Proben auftraten, fanden sich weitere Arten pflanzenparasitärer Nematoden. Allen voran *Xiphinema vuittenezi* (Kaiserstuhl), *Mesocriconema* (in etwa 20 % aller Proben), *Helicotylenchus* und *Rotylenchus* (in rund 20 % aller Proben) sowie verschiedene Nematoden aus der Familie der *Dolichodoridae* wie *Tylenchorhynchus*. Daneben wurden vereinzelte Exemplare der Gattungen *Meloidogyne*, *Pratylenchus* und *Trichodorus* gefunden. ■ Die Anzahl omnivorer

und/oder carnivorer Nematoden pro Probe war in der Regel deutlich höher als die Anzahl der pflanzenparasitären Nematoden. In 400 Millilitern Boden lagen die Werte in aller Regel zwischen fünf und 50 Individuen. Manchmal konnten aber auch über 100 carnivore und/oder omnivore Fadenwürmer pro Probe gezählt werden. Insgesamt fanden sich in über 35 % aller Proben carnivore Nematoden. Omnivore Nematoden waren so gut wie in jeder Probe anwesend.

■ Die carnivoren Nematoden stammten hauptsächlich aus den Familien Mononchidae und Anatonchidae; die omnivoren Nematoden hauptsächlich aus den Familien Thornenematidae und Aporcelaimidae.

■ Regionale Unterschiede in der Anzahl omnivorer und carnivorer Nematoden waren erkennbar. So fanden sich in den Proben aus dem Württembergi-

schen Unterland (79 %), der Ortenau (51 %), dem Kraichgau (50 %), dem Markgräflerland (48 %) tendenziell mehr carnivore Nematoden als aus dem Kaiserstuhl (9 %) und dem Breisgau (8 %). Dies liegt vermutlich an der Korngrößenverteilung der Böden.

■ Neben den omnivoren und carnivoren Nematoden wurden in 7 % der Proben auch entomoparasitäre Nematoden (Mermithidae) angetroffen. Mit 12 % gab es die meisten dieser nützlichen Nematoden am Kaiserstuhl und im Markgräflerland, dann folgten das Württembergische Unterland mit 7 % und der Tuniberg mit 6 %. In der Ortenau, im Breisgau und im Kraichgau fanden sich keine Mermithidae. Es wäre interessant, diese Zählungsergebnisse einmal mit dem Auftreten von „bodenbürtigen“ Insekten, wie Maikäfern, zu korrelieren. □



AUTOREN

■ Dr. Tim Thoden (links), NemaThoden Consult, Tel. 0152/21 41 53 78, E-Mail: tcthoden@hotmail.com

■ Gertrud Wegner-Kiß, WBI Freiburg, Tel. 0761/4 01 65-1202, E-Mail: getrud.wegner.kiss@wbi.bwl.de

■ Dr. Michael Breuer, WBI Freiburg, Tel. 0761/4 01 65-1201, E-Mail: michael.breuer@wbi.bwl.de