

Protozoen als Indikatoren der Humusform

von

FOISSNER, W. I.

Abstract

Field and experimental evidences show that protozoa, especially testate amoebae, can be used to differentiate humus types with contrasting pH, e.g., mull, moder and mor. Even small differences are indicated, suggesting that protozoa can substantially contribute to characterize soil organic matter in more detail. Unfortunately, research stagnated during the past 20 years, possibly due to the lack of taxonomic expertise and the dominance of new chemical methods which, however, failed to solve all problems. Further progress may be expected from a more intensive cooperation of soil chemists and soil biologists.

Einleitung

Protozoen besiedeln in großer Arten- und Individuenzahl praktisch alle terrestrischen Biotope. Innerhalb der Bodentiergemeinschaft sind sie, neben den Regenwürmern, die wichtigste Gruppe, da sie für rund zwei Drittel der tierischen Respiration verantwortlich sind. Dementsprechend bedeutsam sind sie im Energiefluß und als Bioindikatoren für verschiedenste natürliche und anthropogene Einflüsse (FOISSNER 1987, 1997). Als Indikatoren für die Humusform wurden Protozoen, und zwar die Schalenamöben (Testaceen), erstmals von MÜLLER (1878, 1884) verwendet. Es dauerte ein Jahrhundert, bis MÜLLER's Resultate bestätigt wurden, und zwar vor allem von BONNET (1964), SCHÖNBORN (1973) und FOISSNER (1985). Leider ist die Forschung seit diesen grundlegenden Studien erneut stagniert, vermutlich wegen der allgemein abnehmenden taxonomischen Kenntnisse und der Dominanz neuer chemischer Methoden, die aber die in sie gesetzten Erwartungen nur teilweise erfüllen konnten (z.B. BEYER et al. 1997).

Im vorliegenden Beitrag werden der Stand der Kenntnisse und der Forschungsbedarf aufgezeigt. Nur am Rande sei erwähnt, daß sich Testaceen auch zur Unterscheidung aquatischer Humusformen (Dy und Gytja) hervorragend eignen (SCHÖNBORN et al. 1965, RUZICKA 1982).

Material und Methoden

Da es sich um ein Übersichtsreferat handelt, wird hinsichtlich der Methoden und Standorte auf die zitierte Originalliteratur verwiesen. Die Artenspektren und Abundanzen der Testaceen wurden in allen angeführten Studien durch Direktzählung in wässriger Bodensuspension ermittelt (genaue Methodenbeschreibung, siehe FOISSNER 1993).

Freilanduntersuchungen

Gesicherte Indikatorarten für die Humusform sind bei den Protozoen bisher nur von den Testaceen (Schalenamöben) bekannt, weshalb sich die vorliegende Übersicht auf diese beschränkt (Tab. 1).

* Universität Salzburg, Institut für Zoologie, Hellbrunnerstrasse 34, A-5020 Salzburg

Tabelle 1: Indikatorarten (Testaceen) für Mull, Moder und Rohhumus (aus FOISSNER 1987). VBUS = Verhältnis belebter:unbelebter Schalen.

Mull (VBUS: <1:2-5)	Moder und Rohhumus (VBUS: >1:2-5)
<i>Centropyxis plagiostoma</i>	<i>Trigonopyxis arcuata</i>
<i>Centropyxis constricta</i>	<i>Plagiopyxis labiata</i>
<i>Centropyxis elongata</i>	<i>Assulina</i> spp.
<i>Plagiopyxis minuta</i>	<i>Corythion</i> spp.
<i>Geopyxella sylvicola</i>	<i>Nebela</i> spp.
<i>Paraquadrula</i> spp.	

Neben der Artenzusammensetzung sind aber auch das Verhältnis belebter:unbelebter Schalen (abgestorbener Individuen; ein Maß für die Dekompositionsintensität), die Artenzahl und die Abundanzen der einzelnen Arten wichtige Indikatoren (Abb. 1, Tab. 1).

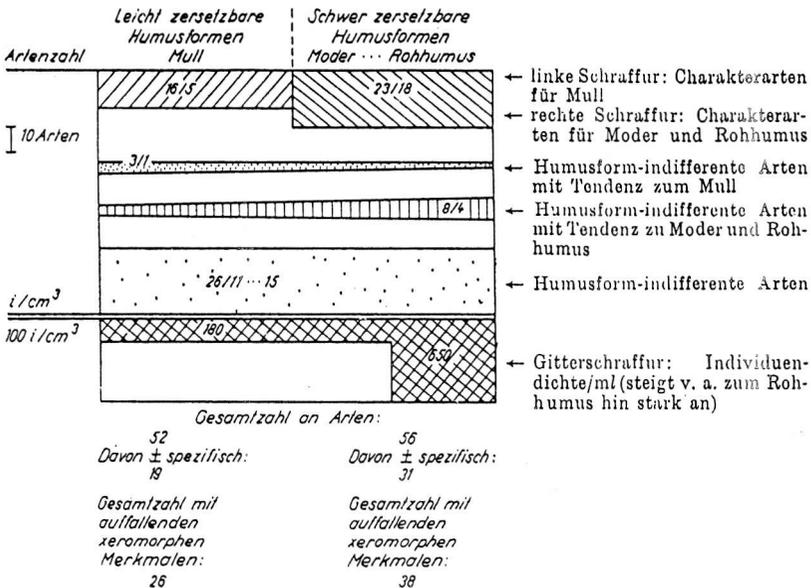


Abb. 1. Verteilungsschema für Artenzahl, Individuendichte und xeromorphe Merkmale der Testaceen in Mull, Moder und Rohhumus (aus SCHÖNBORN 1973). Die Zahlen vor den Schrägstrichen geben die Artenzahl, dahinter die Zahl der Arten mit auffallenden xeromorphen Merkmalen an.

Keine der angeführten Indikatorarten ist strikt auf eine bestimmte Humusform beschränkt, außerhalb der bevorzugten Humusform bleiben die Abundanzen aber immer gering. Mit den Parametern Artenspektrum, Dominanz und Verhältnis belebter:unbelebter Schalen können selbst geringe Unterschiede in der Humusform, die bei der Feldansprache und chemisch schwierig zu klassifizieren sind, erkannt werden, d.h. die Indikation der Humusform mit Testaceen ist nicht trivial (Tab. 2).

Tabelle 2: Dominanz (%) von Indikatorarten (Testaceen; vgl. Tab. 1) für Mull und Moder/Rohhumus in alpinen Pseudogleyen (aus FOISSNER 1987).

Standort	A	B	E	C	D
Humustyp	Mullähnlicher Moder		Moder		
C/N Verhältnis	9.9	10.4	10.2	10.2	13.9
<i>Plagiopyxis minuta</i>	0.4	0.0	5.6	0.0	0.0
<i>Centropyxis plagiostoma</i>	0.4	0.0	2.3	0.0	0.0
<i>Centropyxis elongata</i>	1.8	6.0	0.9	0.4	0.0
<i>Trigonopyxis arcuata</i>	0.0	0.0	0.0	1.1	1.6
<i>Nebela parvula</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
<i>Corythion</i> spp.	0.0	0.0	0.5	1.4	1.3
<i>Assulina</i> spp.	1.3	1.7	0.0	2.2	4.5

A: Stark beweidete Almwiese. B: Wenig beweidete Almwiese. C: Isolierter Erlenbestand. D: Erlenbestand mit Zwergsträuchern und aufkommender Fichte. E: Stark eutrophe alpine Weide (*Rumicetum alpini*).

Experimente

Die Freilanddaten passen hervorragend auf Ergebnisse, die im Rahmen von Walddüngeversuchen erarbeitet wurden (WANNER 1991, AESCHT & FOISSNER 1995). Eine Erhöhung der pH von etwa 3 auf 4 führt zu einer deutlichen Erhöhung der Individuenzahl der circumneutralen Arten und zu einem entsprechenden Absinken bei den säuretoleranten (Tab. 3).

Tabelle 3. Abundanz, Individuendominanz, Biomassedominanz und Frequenz wichtiger Testaceen-Arten in der Streuauflage (0 - 3 cm) ameliorierter Fichtenforste im Böhmerwald (aus AESCHT & FOISSNER 1995). BD = Biomassedominanz; F = Frequenz; ID = Median der Individuendominanz; Ind. = Individuen g⁻¹ Bodentrockenmasse; K, k = Kontrolle; M, m = Biomag-Variante (90% Magnesit plus 10% getrocknete Pilz-Biomasse, 2000 kg ha⁻¹); O, o = Bactosol-Biomag-Variante (3000 kg ha⁻¹ getrocknete bakterielle Biomasse plus 2000 kg ha⁻¹ Biomag); Großbuchstaben bezeichnen die Düngungsvarianten im alten Bestand (80 Jahre), Kleinbuchstaben jene im jungen (30 Jahre). Unterschiede zur Kontrolle: * = p < 0.1; * = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001.

pH		2.8	3.6	3.9	3.0	3.8	3.9
Reaktionstyp		K	M	O	k	m	o
Säuretolerante Arten	ID%	47.5	28.2	23.2	44.0	28.8	27.5
<i>Corythion dubium</i>	Ind.	8724	6726 *	4857 ***	13575	7798 **	8100 **
	ID%	40.0	25.4	20.1	40.6	27.4	26.6
	BD%	7.5	6.7	5.3	14.2	9.5	12.6
	F%	97.4	100.0	100.0	97.2	100.0	97.2
<i>Nebela</i> spp.	Ind.	1628	734 **	756 **	1134	387 **	280 **
	ID%	7.5	2.8	3.1	3.4	1.4	0.9
	BD%	26.6	16.3	17.3	28.4	11.7	10.4
	F%	86.8	57.9	50.0	80.6	44.4	41.7
Circumneutrale Arten	ID%	25.5	45.2	50.2	32.8	49.6	53.7
<i>Cryptodifflugia oviformis</i>	Ind.	935	3698 **	3097 *	2305	4587 *	4337 *
	ID%	4.3	14.0	12.8	6.9	16.1	14.2
	BD%	0.2	1.0	0.9	0.6	1.5	1.8
	F%	50.0	71.1	65.8	86.1	97.2	88.9
<i>Trinema</i> spp.	Ind.	4635	8263 **	9041 **	8663	9535	12035 **
	ID%	21.2	31.2	37.4	25.9	33.5	39.5
	BD%	7.0	16.7	18.6	17.8	25.7	42.6
	F%	92.1	100.0	97.4	100.0	100.0	100.0

Forschungsbedarf

Die vorliegenden Untersuchungen weisen Testaceen als empfindliche Indikatoren für die Humusform aus. Ob andere Gruppen der Protozoen (Nacktamöben, Flagellaten, Ciliaten) ein vergleichbares Potential besitzen, ist kaum untersucht. Auch bei den Testaceen ist nicht bekannt, ob sie primär auf die Wasserstoffionenkonzentration (pH) und/oder auf andere Faktoren des Humus reagieren. Nicht untersucht ist auch die Frage, ob sich Protozoen zur Charakterisierung von Humusformen ackerbaulich genutzter Böden eignen. Diese und andere Fragen werden zufriedenstellend nur dann zu beantworten sein, wenn sie Bodenbiologen, Bodenchemiker und Bodenkundler in einem gemeinsamen Projekt studieren.

Dank

Die Untersuchungen wurden durch den FWF (Projekte P 5226, P 5889), die Biochemie Kundl und das Forschungsinstitut Gastein finanziell unterstützt. Für technische Assistenz danke ich Frau Dr. Eva Herzog.

Literatur

- AESCHT, E. & FOISSNER, W. (1995). Auswirkungen organomineralischer Dünger auf Bodenorganismen des Böhmerwaldes in Oberösterreich. *Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur Wien*, 9: 107-146.
- BEYER, L., KLEM, D. & RUMPEL, C. (1997). Bodenökologische Aspekte der organischen Substanz und methodische Probleme ihrer Erfassung von Böden auf Rekultivierungsflächen. *Mitt. dt. bodenk. Ges.*, 83: 225-228.
- BONNET, L. (1964). Le peuplement thécamoebien des sols. *Revue Écol. Biol. Sol*, 1: 123-408.
- FOISSNER, W. (1985). Protozoologische Untersuchungen an Almböden im Gasteinertal (Zentralalpen, Österreich). III. Struktur und Dynamik der Testaceen- und Ciliatentaxozönose. *Veröff. Österr. MaB-Programms*, 9: 65-95.
- FOISSNER, W. (1987). Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the literature. *Progr. Protistol.*, 2: 69-212.
- FOISSNER, W. (1993). Mikrofauna. In: SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, K., MARGESIN, R., Hrsg., *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*, 2. Aufl., Springer, Berlin, pp. 289-311.
- FOISSNER, W. (1997). Protozoa as bioindicators in agroecosystems, with emphasis on farming practices, biocides, and biodiversity. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 62: 93-103.
- MÜLLER, P.F. (1878). Studier over skovjord som bidrag til skovdyrkingens teori. I. Om bogemuld og bogemor paa sand og ler. *Tidsskr. Skogbr.*, 3: 1-124.
- MÜLLER, P.F. (1884). Studier over skovjord som bidrag til skovdyrkingens teori. II. Om muld og mog mor i egeskove og paa heder. *Tidsskr. Skogbr.*, 4: 1-232.
- RUZICKA, E. (1982). Die subfossilen Testaceen des Krottensees (Salzburg, Österreich). *Limnologica (Berlin)*, 14: 49-88.
- SCHÖNBORN, W. (1973). Humusform und Testaceen-Besatz. *Pedobiologia*, 13: 353-360.
- SCHÖNBORN, W., FLÖSSNER, D. & PROFT, G. (1965). Die limnologische Charakterisierung des Profundals einiger norddeutscher Seen mit Hilfe von Testaceen-Gemeinschaften. *Limnologica (Berlin)*, 3: 371-380.
- WANNER, M. (1991). Zur Ökologie von Thekamöben (Protozoa: Rhizopoda) in süddeutschen Wäldern. *Arch. Protistenk.*, 140: 237-288.