

- Entwicklung innovativer Technologien zum Schutz der Agrobiodiversität und ihrer ökosystemaren Dienstleistungen sowie für nachhaltige Nutzungssysteme.

Relevante Projekte

014, 016, 021, 022, 023, 024, 027, 030, 031, 033, 035, 038, 040, 041, 043, 044, 045, 046, 047, 048, 049, 050, 056, 057, 058, 059, 073, 074, 075, 076, 077, 078, 079, 080, 081, 082, 083, 084, 088, 090, 091, 092, 093, 138, 141, 142, 143

7 Biodiversität von Bodenorganismen

Hans-Joachim Weigel, Stefan Schrader (FAL), Silke Ruppel (IGZ)

Hintergrund

Ein erheblicher Teil der biologischen Vielfalt aller Landökosysteme befindet sich im Boden und ist für das menschliche Auge mehr oder weniger verborgen (Abb. 3). Damit mag zusammenhängen, dass zur strukturellen und funktionellen Rolle der Vielfalt von Bodenorganismen noch viele offene Fragen bestehen.

Wir stehen mit beiden Füßen auf ca.	
10.000.000.000.000	Bakterien
10.000.000.000	Pilzen
10.000.000	Algen
10.000.000	Protozoen
500.000	Nematoden
5.000	Milben und Collembolen
2.000	Enchytraeiden
10	Asseln und Tausendfüßern
5	Regenwürmern
nach Hohberg & Xylander 2004	

Abbildung 3: Schätzung der Individuendichte der Hauptgruppen an Bodenorganismen am Beispiel Wiesenboden (nach Hohberg & Xylander 2004). Die Schätzung bezieht sich auf eine Fläche, die eine stehende Person mit ihren Füßen abdeckt. Nur ein Teil der Arten und ihre funktionelle Bedeutung sind bisher bekannt.

Bodenorganismen stellen einen wesentlichen Teil der assoziierten Biodiversität innerhalb der Agrobiodiversität (s. Kap. 6). Sie sind Teil des Gesamtsystems Boden und bestimmen in erheblichem Ausmaß Eigenschaften, Funktionen und Leistungen von Böden. Bodentiere und Bodenmikroorganismen leisten einen wesentlichen funktionellen Beitrag zur Bodenqualität und helfen maßgeblich die Bodengesundheit zu sichern. Zur Charakterisierung der biologischen Vielfalt in Böden sind taxonomische (z.B. auf der Art- oder Gemeinschaftsebene),

funktionelle (z.B. über Beiträge zu Bodenprozessen) oder ökologische (z.B. Stabilität gegenüber Stress oder trophische Strukturen) Klassifizierungen möglich. Bodenorganismen werden häufig anhand der Größenklassen (Körperdurchmesser) eingeteilt, zu denen sie gehören. Unterschieden werden neben den Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Pilze), Vertreter der Mikrofauna (z.B. Protozoen, Nematoden), der Mesofauna (z.B. Collembolen, Enchyträiden) und der Makrofauna (z.B. Ameisen, Regenwürmer). Daneben wird versucht, der enormen Vielfalt von Bodenorganismen durch Kategorisierung in funktionelle Gruppen (z.B. Primärproduzenten, „ecosystem engineers“, Zersetzer, Pflanzenparasiten und Pathogene, Symbionten) gerecht zu werden. Die Einteilung in funktionelle Gruppen basiert auf dem Gilden-Konzept, d.h. sie umfassen jeweils Arten, die gleiche Ressourcen auf ähnliche Weise nutzen. Teilweise ähneln sich die Vertreter einer funktionellen Gruppe in Morphologie und Physiologie.

Die verschiedenen Bodenorganismen stehen untereinander (Nahrungsnetze) und mit der oberirdischen Fauna und Flora in vielfältiger Wechselwirkung. Diese Interaktionen und die Wechselwirkungen mit ihrer abiotischen Umwelt bedingen ökologische Funktionen und Leistungen („ecosystem services“), die das jeweilige System Boden selbst prägen bzw. stabilisieren und die vom Menschen bei der agrar- und forstwirtschaftlichen Nutzung in Anspruch genommen werden bzw. werden können (vgl. Kap. 6). Zu den wichtigen ökologischen Leistungen zählen z.B.:

- die Regulation der biogeochemischen Kreisläufe wichtiger Elemente (C, N, S),
- die Speicherung und Bereitstellung von Nährstoffen für das Pflanzenwachstum und damit Beiträge zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Rohstoffen generell,
- die Bildung, Erhaltung und Erneuerung der Bodenstruktur („ecosystem engineering“) und der Bodenfruchtbarkeit,
- der Abbau von Abfällen bzw. Schadstoffen,
- die Beeinflussung des hydrologischen Kreislaufs durch Beeinflussung von Grundwassermenge und -qualität sowie durch Minderung von Trockenheits- und Überflutungseignissen,
- die Beteiligung an Bildung, Verbrauch und Regulation von atmosphärischen Spurengasen incl. der Beteiligung an der Sequestrierung von Kohlenstoff,
- Beiträge zur Regulation potentieller bodenbürtiger Pflanzenkrankheiten sowie
- die Funktion als Genpool bzw. genetisches Reservoir für weitere Nutzungsoptionen (z.B. in der Biotechnologie).

Trotz dieser elementaren Bedeutung für das Funktionieren von terrestrischen Ökosystemen (Kap. 6) und deren nachhaltiger Nutzung sind – insbesondere im Bereich der Mikroorganismen – nur Bruchteile der strukturellen und funktionellen biologischen Vielfalt im Boden bekannt. Kenntnislücken im Hinblick auf Artenzahlen und -abundanzen in Agrar- und Forstökosystemen bestehen auch nach wie vor im Bereich der Mikro- und Mesofauna. Die funktionelle

Bedeutung dieser Biodiversität wird ebenfalls noch nicht ausreichend verstanden, insbesondere, da die verschiedenen Bodenorganismenarten nicht separat agieren, sondern über Nahrungsnetze in Wechselwirkung stehen.

Einer besseren Beschreibung der Vielfalt von Bodenmikroorganismen stehen konzeptionelle und methodische Schwierigkeiten entgegen. Es bestehen z.B. nur geringe Korrelationen zwischen struktureller und funktioneller Diversität. Bestimmte Bodenfunktionen können z.B. von sehr unterschiedlichen Arten bzw. Gruppen von Arten wahrgenommen werden (funktionelle Redundanz). Demgegenüber ist im Hinblick auf alle Arten von Bodenorganismen und speziell im Bereich der Mikroorganismen die Identifikation und Analyse von funktionellen Gruppen, die sog. „Schlüsselpositionen“ in Ökosystemprozessen besetzen bzw. die Untersuchung des „Schlüsselartenkonzeptes“ (überproportionale Bedeutung einzelner Arten für spezielle Ökosystemfunktionen), eine offene Forschungsfrage. Dieses Verständnis der Vielfalt von Bodenorganismen ist notwendig, um daraus Konzepte für die nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen und forstlichen Ökosystemen bzw. Böden abzuleiten.

Bei den Bodenmikroorganismen ist nur ein geringer Anteil überhaupt kultivierbar (d.h. nicht alle Mikroorganismen wachsen auf den üblichen Nährböden) und damit einer strukturellen und funktionellen Analyse zugänglich. Die auf Kultivierungsabhängigen Techniken basierende Analyse der strukturellen Vielfalt mikrobieller Lebensgemeinschaften sagt jedoch generell wenig über die tatsächliche Vielfalt im Boden aus. Methodische Fortschritte in dieser Hinsicht sind durch die Entwicklung geeigneter molekularer Methoden erzielt worden, die es erlauben, z.B. ausgehend von der Analyse der im Boden vorhandenen DNA bzw. RNA, die bakterielle und pilzliche Vielfalt „wirklichkeitsnäher“ zu charakterisieren. Das Potential dieser Methoden zur Analyse der bodenmikrobiologischen Vielfalt muss noch weiter ausgenutzt werden.

Die Bedeutung der „Bodenbiodiversität“ für eine nachhaltige Entwicklung ist in zahlreichen internationalen Vertragswerken (z.B. UN Conference on Environment and Development - Convention on Biological Diversity (UNCED-CBD); United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)) und durch verschiedene Organisationen (z.B. Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); United Nations Environment Programme (UNEP)) festgeschrieben worden. Auch in Deutschland nehmen zahlreiche Gesetze und Verordnungen (u.a. Bundesnaturschutzgesetz, Düngemittelgesetz/Düngemittelverordnung, Klärschlammverordnung, Pflanzenschutzgesetz, Bundesbodenschutzgesetz) explizit Bezug auf die Erhaltung und den Schutz von Bodenorganismen. Hier werden jedoch im Gegensatz zu anderen Organismen (z.B. höhere Pflanzen) meist nur Anforderungen an den Schutz der Funktion von Bodenorganismen formuliert (z.B. Schutz der Lebensraumfunktion für Bodenorganismen im BBodSchG) und nicht der Artenschutz als solcher. Auch dies ist darin begründet, dass die Kenntnis über die einzelnen Bodenorganismenarten und deren Bedeutung nur lückenhaft ist. Die Entwicklung bodenbiologischer Güteklassen im Bodenschutz ist z.B. noch am Anfang.

Ausblick

Für die absehbare Zukunft kann angenommen werden, dass folgende Entwicklungen direkten oder indirekten Einfluss auf Agrar- und Waldökosysteme und damit auch auf die Vielfalt von Bodenorganismen haben werden:

- Veränderungen der Art und Intensität der Landnutzung bzw. des landwirtschaftlichen und forstlichen Flächen-Managements (Beispiele: großräumiger Anbau von Energiepflanzen; Extensivierung von Grünlandnutzungen; Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen; ökologische Landbewirtschaftung; weitere Verengung von Fruchtfolgen; Bodenverdichtung; Waldumbaumaßnahmen).
- Veränderungen des globalen und regionalen Klimas (Beispiele: Zunahme von Sommer-trockenheit; steigende Bodentemperaturen im Winter und im Sommer).
- Weiter anhaltende (diffus und chronisch wirkende) Schadstoffeinträge über den Luft- und Bodenpfad (Beispiele: N-Eutrophierung nährstoffarmer Forst- und Grünlandstandorte durch atmosphärische N-Einträge; Schwermetalleinträge in ackerbaulich genutzte Böden aus atmosphärischer Deposition und aus der Ausbringung von Reststoffen und Wirtschaftsdüngern).
- Das weitere Auftreten invasiver gebietsfremder Arten.

Diese Entwicklungen, die i.d.R. eher allmählich und über längere Zeiträume ablaufen, erfordern eine vorausschauende Bewertung, ob und inwieweit die Lebensgemeinschaften des Bodens anfällig gegenüber derartigen Einflussgrößen sind und damit die nachhaltig Nutzung der Böden gefährdet ist. Die Notwendigkeit zur Bewertung dieser Einflussgrößen als Grundlage für die Ableitung von Schutzmaßnahmen für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Böden erfordert, entsprechend langfristig ausgerichtete bodenbiologische Forschungsaktivitäten in den Forschungseinrichtungen des BMELV vorzuhalten. Gemessen an der fundamentalen Bedeutung biologischer Strukturen und Funktionen in landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Böden sind die zu diesem Aspekt der Biodiversität vorhandenen Forschungskapazitäten vergleichsweise bescheiden.

Relevante Projekte

027, 030, 031, 032, 035, 073, 074, 075, 076, 078, 079, 080, 084, 088, 113, 114

8 Erfassung und Monitoring von Biodiversität

Wolf-Ulrich Kriebitzsch (BFH), Lothar Frese (BAZ), Gerd Lutze (ZALF),
Hans-Stephan Jenke (BFAFi)

Hintergrund

Die Erfassung und das Monitoring von Biodiversität bedürfen einer umfangreichen wissenschaftlichen Bearbeitung. Diese Arbeiten sind zweifellos wesentlich anspruchsvoller als z.B.