

In Agrarökosystemen hängt z.B. die Pilzflora in Böden von dem Bodentyp und dem früheren natürlichen Bewuchs ab und die aktuelle Kulturpflanze weist einen untergeordneten Einfluss auf. In der Rhizosphäre von Pflanzen kann häufig eine deutliche pflanzenspezifische Selektion von assoziierten Bakterien und Pilzen nachgewiesen werden (Rhizosphäreneffekt). Zudem kann eine Beeinflussung der mikrobiellen Gemeinschaft durch ackerbauliche Praktiken (Bodenbearbeitung, Düngung) sowie durch Maßnahmen des Pflanzenschutzes erfolgen. Die Zusammensetzung der Mikroorganismengemeinschaft im Boden kann wiederum Eigenschaften des Bodens (z.B. Suppressivität) beeinflussen. Somit lassen detaillierte Kenntnisse der Diversität Rückschlüsse auf die Eignung von Böden für den Anbau unterschiedlicher Kulturpflanzen zu. Die Bedeutung der Biodiversität von Bodenorganismen ist in Kap. 7 genauer ausgeführt.

Insbesondere seit dem Einsatz molekularbiologischer Techniken haben umfangreiche Untersuchungen der mikrobiellen Zusammensetzung unterschiedlicher Habitate die Kenntnisse über deren Diversität stark vergrößert. Erstmals konnten nicht kultivierbare Mikroorganismen detektiert werden. Trotzdem ist davon auszugehen, dass ein z.T. erheblicher Anteil des Artenspektrums (z.B. Bakterien > 99%, Pilze ~ 20%) noch unbekannt ist. Molekularbiologische Techniken ermöglichen zudem eine exaktere Artzuordnung und -abgrenzung, was eine Erhöhung der Artenzahl und somit der Diversität zur Folge haben dürfte.

Ausblick

Die Charakterisierung von Mikroorganismen umfasst neben den molekularbiologischen Methoden klassische mikrobiologische, mikroskopische und serologische Techniken, einschließlich der Erfassung des Wirtspflanzen- und Sekundärmetabolitenspektrums. Als Referenz für diese Techniken sowie für die Entwicklung neuer Diagnoseverfahren, Pflanzenschutzstrategien und für die Resistenzzüchtung ist das Vorhandensein lebender Referenzorganismen eine unverzichtbare Grundlage. Sammlungen von Mikroorganismen, die für die Ernährung, Land- und Forstwirtschaft und Fischerei bedeutend sind, existieren in den einschlägigen Anstalten und Instituten der BMELV-Ressortforschung. Ziel des BMELV ist die zukünftige Einbindung dieser Stammsammlungen in ein zu entwickelndes bundesweites Netzwerk.

Relevante Projekte

029, 030, 054, 079

6 Biodiversität und Ökosystemfunktion

Hans-Joachim Weigel, Stefan Schrader (FAL)

Hintergrund

Die land-, forst- und fischereiwirtschaftliche Nutzung der Lebewesen erfolgt im Rahmen von Nutzungssystemen, die in unterschiedlicher Art und Intensität in die umgebenden Ökosysteme eingebettet sind. Die genutzten Lebewesen stehen dabei mit anderen Lebewesen in Ver-

bindung und erbringen ihre Leistungen mit Hilfe vielfältiger Funktionen der jeweiligen Ökosysteme. Unter Ökosystemfunktionen kann man eine Vielzahl von Prozessen verstehen, die sich im Zusammenhang mit dem Transport, der Umwandlung und der Speicherung von Stoffen, Energie und von Information aus den Interaktionen zwischen Organismen und den abiotischen Ökosystemteilen ergeben. Ökosystemfunktionen sind nicht zwangsläufig für den Menschen bedeutsam. Werden sie aber konkret auf die Bedürfnisse des Menschen hin verstanden und interpretiert, bezeichnet man sie als Ökosystem-Service-Leistungen bzw. Umweltdienstleistungen („ecosystem services“). Dazu zählen Ökosystemleistungen, ohne die der Mensch nicht existieren könnte, wie die Steuerung des Klimas und des Gashaushaltes der Erde, die Aufrechterhaltung der Nährstoffkreisläufe, die Produktion von Biomasse, die Regulation des Wasserhaushaltes und die Versorgung mit Wasser, die Bodenbildung und Erosionskontrolle.

Funktionelle Biodiversität beschreibt in diesem Zusammenhang die biologische Rolle von Genotypen einer Art, Arten, einzelnen Populationen oder Artengruppen in einem Ökosystem bzw. die ökologischen Prozesse, die von Genotypen, Arten, Populationen und Lebensgemeinschaften gesteuert und gewährleistet werden. Damit hängt die Frage zusammen, welche Wichtigkeit die Vielfalt von Organismen für die Funktion von Ökosystemen hat bzw. welcher Zusammenhang zwischen Biodiversität und dem Funktionieren von Ökosystemen besteht und wie Ökosystemfunktionen mit Stabilitätseigenschaften (z.B. Resilienz, Konstanz, Persistenz) zusammenhängen. Die Frage ist bisher noch nicht abschließend bzw. im Sinne einer umfassenden Theorie beantwortet worden. Heute ist lediglich bekannt, dass Artenreichtum nicht unbedingt ökologische Stabilität garantiert und dass artenarme Systeme nicht unbedingt instabil sein müssen.

Es existieren allerdings Hypothesen, die im Zusammenhang mit Untersuchungen zum Problem Artenverluste und Ökosystemfunktion formuliert wurden. Beispiele hierfür sind:

- Verschiedene Arten haben eine ähnliche Funktion bezüglich eines bestimmten Prozesses. Die Erhaltung der Funktionsfähigkeit eines Ökosystems erfordert daher eine „Mindest-Biodiversität“ z.B. an Schlüsselarten. Darüber hinaus sind die meisten zusätzlichen, anderen Arten in ihrer Funktion redundant und damit entbehrlich (Redundanz-Hypothese).
- Mit jedem Verlust einer Art wird ein bestimmter Ökosystemprozess beeinträchtigt; bei Unterschreitung eines unteren Schwellenwertes einer Artenzahl wird das gesamte System instabil (sog. Nietenhypothese).
- Es wird von einer mehr oder weniger linearen Beziehung zwischen Ökosystemprozess und Artenzahl ausgegangen; mit zunehmendem Artenverlust verringert sich die Fähigkeit eines Ökosystems, Störung zu kompensieren und die Produktivität aufrecht zu erhalten (sog. Stabilitäts-Diversitäts-Hypothese).
- Der Zusammenhang zwischen Biodiversität und Ökosystemfunktion ist unvorhersagbar bzw. bei Wegfall einer Art ist die Reaktion des Systems unvorhersagbar, d.h. erratisch (sog. Idiosynkratische Hypothese).

Für jede dieser Hypothesen gibt es Hinweise aus Experimenten, Beobachtungen und Modellen, es bleibt aber offen, inwieweit sich an bestimmten Systemen beobachtete Zusammenhänge verallgemeinern lassen. Aus grundlegender ökologischer Sicht kann jedoch festgehalten werden, dass

- eine Reihe von Ökosystemprozessen zweifellos durch die Artenanzahl beeinflusst werden,
- sich die am häufigsten auftretenden Arten einer Lebensgemeinschaft am stärksten auf bestimmte Ökosystemprozesse (z.B. Produktivität) auswirken und dass damit auch deren Verlust am stärksten auf die Prozesse einwirkt,
- bestimmte funktionelle Eigenschaften von Arten sich stärker auf Ökosystemfunktionen auswirken als andere; der Verlust dieser Arten hat daher ebenfalls große Auswirkungen für die Ökosystemfunktion,
- durch bestimmte Arten, die selbst kaum Einfluss auf Ökosystemfunktionen haben, indirekte Effekte bewirkt werden, sofern sie das Vorkommen anderer Arten beeinflussen.

Unter dem Aspekt der nachhaltigen Nutzung von Ökosystemen durch den Menschen gewinnen die Funktionen von Biodiversität auf den verschiedenen biologischen Organisationsstufen in Bezug auf das Verhalten gegenüber Störungen bzw. Eingriffen an Bedeutung. Hier spielt z.B. eine Rolle,

- welche Risiken mit dem Verlust genetischer Vielfalt innerhalb einer Art zur Anpassung an Störungen (Klimaänderung; Schädlinge; Stoffeinträge) verbunden sind,
- welche Auswirkungen das Hinzufügen oder die Wegnahme einzelner Arten auf die Ökosystemprozesse haben,
- inwieweit die starke Vereinfachung von Ökosystemen hin zu Monokulturen zu Lasten der Stabilität gehen,
- welche Änderungen die Fragmentierung naturnaher Ökosysteme nach sich zieht,
- welche Konsequenzen eine niedrige Ökosystemvielfalt in der Landschaft für die o.g. Ökosystemleistungen hat.

Im Hinblick auf Agrarökosysteme bedarf der Zusammenhang zwischen biologischer Vielfalt (Agrobiodiversität) und Ökosystemfunktionen einer gesonderten Betrachtung. Wegen der starken Einengung der Funktion von Agrobiodiversität auf ihre Bedeutung für die Produktivität ist eine Trennung in „geplante Biodiversität“ und „assoziierte Biodiversität“ vorgeschlagen worden. Als geplante Biodiversität werden alle Komponenten bezeichnet, die bewusst in das System eingeführt werden, um Produkte zu erzeugen, aber auch, um ökologische Effekte (z.B. Erosionsschutz, Pathogenunterdrückung, Stickstoffakkumulation, Bodenlockerung) zu erzielen. Anbausysteme mit hoher geplanter Biodiversität sollen u.a. eine höhere ökologische Stabilität aufweisen.

Assoziierte Biodiversität meint alle anderen Arten, die das jeweilige System besiedeln (z.B. alle Bodenorganismen). Die assoziierten Arten in Nutzökosystemen haben eine fundamentale Bedeutung für das Funktionieren dieser Systeme und für die Steuerung der darin ablaufenden Prozesse. Die genaue Kenntnis der Leistungspotentiale assoziierter Arten, ihrer Gefährdung sowie ihrer Interaktionen untereinander und mit der Umwelt sind unabdingbare Voraussetzung, um auf zukünftige Entwicklungen der Bodennutzung, der Fischerei, des Klimawandels, der Dynamik und Auswirkung invasiver gebietsfremder Arten, der grünen Gentechnik und des Verbraucherverhaltens mit nachhaltigen Konzepten und innovativen Technologien reagieren zu können.

Ausblick

Schutz, Förderung und Nutzbarmachung der biologischen Vielfalt in aquatischen und terrestrischen Ökosystemen bedürfen interdisziplinärer Forschung, da Ursachen und komplexe Zusammenhänge der Dynamik biologischer Vielfalt im Kontext menschlichen Handelns nach wie vor ungeklärt sind. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund des bereits erfolgten, aktuell erlebten und in naher Zukunft drohenden Verlustes an biologischer Vielfalt. Ökosystemare Zusammenhänge sind zu erkennen und aufzuklären, darauf basierend nachhaltige Konzepte zu entwickeln sowie schließlich ökologische und sozioökonomische Belange (s.a. Kap. 9) nachhaltig zu integrieren.

Die Ressortforschung des BMELV steht zusammen mit anderen wissenschaftlichen Institutionen in Deutschland in der Verantwortung, Struktur und Funktionsspektrum der Agrobiodiversität im Spannungsfeld zwischen Nutzinteressen und Schutzbedürfnissen interdisziplinär zu untersuchen sowie Vorschläge zu entwickeln, um zukünftigen Nutzungserfordernissen nachhaltig gerecht zu werden.

Zur Deckung des Entscheidungshilfebedarfes im Rahmen der Politikberatung bedarf es der Vorlaufforschung insbesondere zu folgenden Themenfeldern:

- Wirkung nutzungsbedingter und klimabedingter Störungen auf Struktur und Funktion der Agrobiodiversität sowie Anpassungsmöglichkeiten der Organismen in Raum und Zeit; dazu zählen auch die Leistungs- und Regenerationsfähigkeit von Arten und ihrer Lebensräume.
- Quantifizierung und Bewertung ökosystemarer Dienstleistungen insbesondere der assoziierten Biodiversität im Boden (Bodentiere und Bodenmikroorganismen) vor dem gesetzlichen Hintergrund des Bodenschutzes und der guten fachlichen Praxis sowie klimatischer Veränderungen.
- Prognose-Konzepte hinsichtlich der dynamischen Entwicklung der Landnutzung, Binnen- und Meeresfischerei sowie der Aquakultur unter dem Aspekt sich wandelnder Klimabedingungen und Verbraucherbedürfnisse; daraus Ableitung von Strategien zur Förderung und zum nachhaltigen Management der Agrobiodiversität.

- 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),