

Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems

草地生態系における生産力と持続性は生物多様性に影響される

David Tilman, David Wedin & Johannes Knops Nature Vol. 379, 718-720 1996.

Abstract

生態系の機能と持続性は生物学的多様性によって決まっているかもしれない。多様性が大きいほど安定であるという Elton の仮説は多くの注目を集めてきた。しかし植物群落が多様であるほど生産力が大きい、またそのことから推測される、多様であるほど養分のロスが少なく、より持続的な土壌をもつという Darwin の説は Elton の仮説と比べてあまり研究されていない。ここでは種の多様性が直接コントロールされた反復数の多いフィールド実験の結果を使い、草地の 147 のプロットにおける生態系の生産力が、植物の多様性と共に大きく（有意に）増加したことを示す。さらには主な栄養制限物質や土壌の無機態窒素が、種が多様になるほどより完全に利用され、その結果生態系からの窒素の流出が少なくなった。同様に隣接する自然の草地においても、植物の種数が増えるほど生産力と土壌窒素の利用は増加した。これらの結果は「多様性－生産性仮説」および「多様性－持続可能性仮説」を支持する。我々の結果は生態系の機能や持続性が種数の減少によって脅かされることを実証するものである。

第 1 段落 (The diversity-productivity...)

「多様性－生産性仮説」は植物の資源利用が種によって異なるため、多様度の大きい植物群落の方が限られた資源をより完全に利用でき、そのため大きな生産性を持つ、という仮定に基づく。また多様な生態系ほど栄養物質を多く取り込み、あるいは固定化するため、生態系からの養分の溶脱は植物の多様性増加に伴って減少するはずだ、という関連した仮説がある。それらを合わせると「多様性－持続可能性仮説」すなわち、土壌栄養循環の持続性、したがって土壌の肥沃度の持続可能性は生物多様性に依存する、という仮説が導かれる。しかし生物多様性と生態系の機能の関係についてはまだ議論の余地がある。なぜなら現存するフィールドデータは生物多様度を直接実験的にコントロールしておらず、また反復数も十分でないからである。多様度を直接コントロールすることによってのみ、他の相関のあるファクターではなく、多様度によって応答（変化）があったのだとすることができる。さらに言えば、プロットの種構成は特定の種の性質によるバイアスを避けるため、ランダムに決定しなければならない。

第 2 段落 (Here we report...)

我々は今回植物種数を実験的にコントロールしたフィールド実験の結果を報告する。147 のプロットは窒素制限土壌にあり、1, 2, 4, 6, 8, 12 または 24 種の植物を植えた。植物は北アメリカプレーリーに生育する 24 種から適切な数を個別に無作為抽出して割り当てた。多様度が生産力、栄養物摂取、そして栄養物流亡に与える影響は 2 年の成長期間に渡って観測した。また成熟した不攪乱生態系におけるこれらの変数の関係を調べるため、自然草地でもサンプルを行った。

第 3 段落 (Treatments created...)

処理によって実験的に生物多様度に勾配をつけた。種の多様度を表すシャノン多様度指数 (H') と有効種多様度 (e^H) はすべて、プロットに播いた種の数と有意に相関があった (Fig. 1a)。最大現存量の 2 つの指標は（植物生産性の推定）は種の多様度処理と正の相関があった（全植被率 Fig. 1b, 光透過度による生体量の推定）。2 つの指標は、観測されたプロットの種多様度や有効種多様度に同じように依存した。従って 2 年の生態系構築期間において、植物の多様性の増加は生産力の増大をもたらした。

第4段落 (Rooting-zone...)

根圏の可溶性 NO_3^- は種多様度の減少関数となった (Fig.1c)。溶存 NH_4^+ も同じような傾向だった。このことから種多様度の高いプロットほど主要な制限要素である土壌無機態窒素をより完全に利用できることが示唆される。根圏の下では土壌の NO_3^- 濃度は多様度が低い方が高かった (Fig.1d)。このことは植生の多様度が低いほど溶脱流出が多いことを示唆する。土壌中での移動性が低いことに一致して、 NH_4^+ では多様性に対するそのような依存はなかった。

第5段落 (In summary...)

要約すれば、この実験によりこの発展途上の草地生態系において、植物生産性と資源の利用がともに植生の多様度が高いときに有意に大きくなったことが示された。種の多様度が高いときの栄養物質利用の増大は、土壌窒素の溶脱流出を少なくする結果につながると考えられる。そしてそれはこの生態系における栄養物循環と土壌の肥沃性の持続性に貢献するはずだ。

第6段落 (Native, undisturbed...)

自然の不攪乱草地も同様の関係を示した。植物の種が豊富なほど全被植率は有意に増加した (Fig. 2a)。最も種が豊富なプロットでは全被植率は約 80% であり我々の実験の 60% と比較すると高かったのも、実験の被植率はさらに増加し続けることが示唆される。しかし土壌の肥沃度（つまり、土壌全窒素レベル）は実験フィールドより自然草地の方が高かったのも、これが被植率の差の原因かもしれない。根圏の可溶性土壌 NO_3^- と NH_4^+ はどちらも自然草地で植物種の多様度と負の相関関係があった (Fig.2b)。実験と同様に (Fig.1c) 自然植生でも種の多様度が少ない場合には土壌中 NO_3^- の分散は大きくなった。したがって我々の2年間のフィールド実験で観測された（種多様度と生産性などの）関係は自然生態系でも存在し、生態系の形成段階において観測された生物多様性の効果は成熟した生態系においても維持されることが示唆された。

第7段落 (Compensatory competitive...)

我々の実験で現れたこれらの関係は、補償的競争が一因になって生じるのかもしれない。多様度の高いプロットにおいて、5種の植物は種に混ぜた割合から予想されるよりも明らかに多く存在した。このことは存在するときにはこれらの植物は成長が芳しくない種の分を補っている可能性を示唆している。多重回帰によると多様度実験における全被植率は根圏の土壌中 NO_3^- に対して負の依存関係があり、根のバイオマスに対しては正の依存関係があった (Table 1)。しかしながら依然として被植率は種の多様度に大きく依存した (Table 1) ことから、種の多様度に関連する別の要素もまた（原因に）含まれることを示唆する。別の多重回帰分析によると根圏においても (Table 2) その下のゾーンでも土壌中 NO_3^- は被植率や表層の根のバイオマスに依存しなかったが、種の多様性にはやはり依存した。本実験や他の生態系における生態系機能の生物多様度依存性に対して、種間の形態的・生理学的差異がどのように影響を与えているかを決定するには、さらなる研究が必要である。

第8段落 (It is known that...)

土壌の肥沃度と生産力が多様度に対して影響を持つことは知られている。我々の結果はその逆もまた真であることを示す。すなわち、我々の実験では開始時には土壌は均一であったが、植物の多様度は生産性、栄養の利用、そして栄養分の保持に大きな影響を与えた。草地生態系の成立や機能は種の多様性に依存し、多様度が高い生態系のほうが低い生態系よりも生産性が高く、栄養物の流出が少ない。これによって以前の結果をフィールドに適用させると、それは地球上における現在の急速な種の消失と地域生態系の多様性を減少させる管理操作は、生態系の生産性力と栄養循環の持続性を脅かす、ことの直接証拠となる。観測上の、実験室の、またこのフィールド実験の明確な結果は、生物多様性が生態系の生産力と持続可能性、安定性に影響を与えるという仮説を支持する。

段落ごとのまとめ

第 1 段落 Introduction

植物が多様なほど生産性が大きいという「多様性－生産性仮説」と、多様なほど持続性が高いという「多様性－持続可能性仮説」が提唱されている。しかし生物の多様度を直接コントロールした研究はなく、これらの仮説は十分実証されていない。

第 2 段落 実験条件，調査項目

生物多様度が生産力，栄養物摂取，栄養物流亡に与える影響を 2 年間調べた。
不攪乱自然生態系でもこれらの関係を調べた。

第 3 段落 実験結果－多様度と生産性

プロットの生産力は種多様度と伴に増大した。

第 4 段落 実験結果－多様度と栄養物の溶脱流出

植生の多様度が低いほど溶脱流出が多いことが示唆された。

第 5 段落 多様度コントロール実験のまとめ

実験結果は「多様性－生産性仮説」，「多様性－持続性仮説」を共に支持するものとなった。

第 6 段落 自然草地の結果

多様度コントロール実験と同じ傾向が自然の成熟した生態系でも観察された。

第 7 段落 未解明な要因

全被植率は多様性に関連する（根のバイオマスや土壌中 NO_3^- 以外の）別の要因にも規定されている。
種間の形態的・生理学的差異がどのように生物多様度に影響を与え、ひいては生態系機能に影響を与えるのかを決定するにはさらなる研究が必要。

第 8 段落 考察と結論

急速な種の減少と地域生態系の多様性を減少させる操作は、生態系の生産性や持続性を脅かす。

侵略の生態学 / チャールズ・S・エルトン著 ; 川那部浩哉 [ほか] 訳

出版者 東京 : 思索社

出版年 1988.6

別書名 The ecology of invasion by animals and plants

著者標目 *Elton, Charles S. (Charles Sutherland), 1900-

川那部, 浩哉(1932-) <カワナベ, ヒロヤ>

コード類 書誌 ID=20312521 NCID=BN03011053

Peak standing crop is the greatest amount of plant biomass above ground present during a given year.