

根系のアーキテクチャと機能

東京大学農学部 福嶋 陽

根系のアーキテクチャは植物体の支持や養水分の吸収などの根系の機能と密接に関連していると考えられる。例えば、乾燥地域では、浅く広範囲に根系を発達させている植物種が多く、このような根系のアーキテクチャは、降雨の際、多くの水分を吸収することに役立っており、その生育環境に見事に適応しているように見える。しかしながら、遺伝的要因および環境要因によって生ずる多様な根系のアーキテクチャの変異が、いかなる適応的意義もしくは機能的意義を持っているかは、実際のところ、ほとんど明らかにされていない。

根系の機能を考えるには、まず第一段階として、根系を何らかの方法で記述しなければならない。一般には、根系は種子もしくは茎部分から出現する根を1次根、1次根から側生する根を2次根というように発育の段階に沿って記述していく (Rose 1983)。しかしながら、同じ次元の根でも、部位や発達段階によって、役割が異なってくることになる。したがって、根系を機能的側面から考えた場合、同じ機能を備えた根系の構成要素を一つの単位として記述する方法が必要となる。そこで、Fitter (1991a,b) は、根系をリンク (根端と分岐点の間、もしくは分岐点と分岐点の間のこと) の集合と考えるトポロジカルな記述法を考案した。この記述法によると外路長 (根の基部から最外リンクへのリンクの数) の総和や高さ (最長の外路長) がトポロジーの重要なパラメーターとなる。これらのパラメーターを用いることによって、いかなる根系も魚骨型と二叉型の間に位置づけられることとなる。魚骨型は1次根が多数の2次根を発生する根系に相当し、二叉型は根系のいずれの部分もが均等に分枝を繰り返したものである (参考図)。

Fitterら (1991) は、トポロジー、リンクの長さ、根の直径、分枝の角度で決まる根系のアーキテクチャをシュミレートし、そのCOSTSとBENEFITSを計算した。ここでは、COSTSはある特定の根系を形成するために必要な根の組織体積、BENEFITSを資源獲得効率 (根系がどのように土壌空間に広がり、どれだけの土壌資源を得ることができるか) と考えている。その結果、各リンクが長い場合や、魚骨型のトポロジーをもつ根系はBENEFITS (資源獲得効率) が大きい、多くのCOSTS (根の組織体積) が必要となると推測された。一方、各リンクが短い場合や、二叉型のトポロジーをもつ根系はBENEFITSは小さいが、COSTSも少ないと推測された。直感的には、魚骨型の根系は高位の分枝根が少ないので、低位の分枝根によって既に占有された土壌空間に非効率的に高位の分枝根が伸長することが少なく、広範囲な土壌空間を占有することが出来るが、魚骨型の根系を形成するには、通導機能上の制約から直径が太い根、すなわち組織体積が大きい根が必要となり経済的でないと解釈できる。以上述べた結果から、次の2つの予測を導くことができる。

予測1: 同一の種 (品種) の根系のアーキテクチャが環境要因によってどの様にかわるか?

土壌が供給する養水分の不足が植物の生長を制限する要因になる場合、不足する養水分を補うため、リンクが長く、魚骨型の根系が形成されるだろう。反対に養水分が土壌中に

十分に存在する場合は、リンクが短く、二叉型の根系が形成されるだろう。

予測2：異なる種間の根系のアーキテクチャが遺伝的要因によってどの様にかわるか？

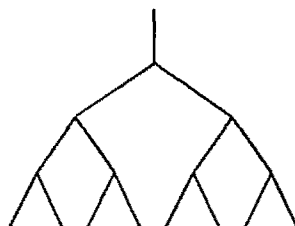
不良な土壌条件下で生活している植物は、できるだけ多くの養水分を得るため、そのような生育条件に適応したリンクが長く、魚骨型の根系を備えているだろう。反対に肥沃な土壌条件下で生活している植物はリンクが短い二叉型の根系を備えているだろう。

これらの予測を確かめるため、FitterとStrickland (1991) は単子葉草本13種と双子葉草本8種を用いて、根系のアーキテクチャの施肥条件による差異および種間差異を調査した。施肥条件を変えた場合、肥料が不足すると根系は魚骨型の根系に近くなる場合が多く、これは予測1とよく適合していた。予測2を確かめるには、種による生態的特性の違いを評価しなければならない。Grime and Hunt (1975) は不良な土壌条件下で生活している植物は肥沃な土壌に生育している近縁な植物に比べて、相対生長率が低いと報告している。そこで、相対生長率が低いことを不良な土壌条件下で生活している植物の生態的特性であると仮定して、相対生長率と根系のアーキテクチャの関係を調べたところ、少なくとも双子葉草本の場合は、相対生長率の低い植物は、リンクが長く、魚骨型の根系を備えている場合が多かった。

以上述べたように、Fitterは一連の研究の中で、生育環境に適応した理想的な根系のアーキテクチャをCOSTSとBENEFITSの立場から論じ、実験によって検証しようとしている。もちろん、Fitter自身も認めているように、根系のアーキテクチャは歴史的な（系統発生的な）制約を受けているので、適応的側面のみから理解することはできない。また、ここで述べたモデルは単純化されたものであり、複雑な要因によって支配される現実をどれだけ再現できているかは今後検討していく必要がある。



魚骨型



二叉型

参考図

引用文献

1. Fitter, A.H. 1991a. In: Plant Roots: Hidden Half Edited by Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi Marcel Dekker, New York. 3-25.
2. Fitter, A.H. 1991b. In: Plant Root Growth. Edited by Atkinson, D. Blackwell Scientific Publ., Oxford. 229-243
3. Fitter, A.H. et al. 1991. New phytol. 118: 375-382.
4. Fitter, A.H., and T.R. Strickland 1991. New phytol. 118: 383-389.
5. Grime, J.P., and R. Hunt 1975. J. Ecol. 63: 393-422.
6. Rose, D.A. 1983. Plant Soil 75 : 405-415.