

根の種類（2）

山内 章（名古屋大学農学部）

3. Lateral root

Lateral root（側根）は branch root（分枝根）と同義である。植物種によつては細根（fine root）、feeder root（?）などの用語が用いられたりするが、それらが側根を指しているのかどうかについては注意を要する。多くの形態学の教科書では側根が一般的である。これは植物軸に対して側方に発生する器官（側生分枝、側芽など）を念頭に置いているからであると思われる。

側根は、tap root、basal root、および不定根の内鞘起源である点で、先に述べた、根以外の部分から発生する不定根とは区別される。周知のとおり、側根上にはさらに高次の側根が発生するが、著者らの研究室ではtap root、basal root、不定根から発生した側根を第1次側根（first order lateral root）、第1次側根から発生した側根を第2次側根（second order lateral root）などと呼んでいる。前出のRussell（1977）も同じ使い方をしている。これらに対し、各々2次根、3次根、などの用語も広く使われているが、側根が他の根と性質が異なることを考えると、分枝次元を明記した、側根あるいは分枝根という用語の方が適切であると著者は考える。ただし、木本植物種の中には、外見上分枝次元の高低が見極めにくいうるものがあり、この表示方法が適用できない場合もある（Fitter, 1982）。また、分枝次元の異なる側根間に機能的な差異があるかどうかについては現在不明である。この側根の発生・生長については森田（1992a）が詳しく説明を加えているので、そちらを参照されたい。

前報（山内、1992）でも指摘したように、側根は量的（長さ、表面積）にいって、根系の圧倒的な部分を占め、きわめて重要な根であるにもかかわらず、研究の蓄積はそれほど多くない。

一見すると、側根はどれも似たように見えるが、実はいろいろな型の側根が存在することが知られている（Zobel, 1986）。ここでは著者らの研究室が以前から注目してきた2種類の側根について述べることにする。

まず、それに関連して、MuCullly（1987）はトウモロコシの側根の直径には、1個体の根系の中でもきわめて大きな変異が存在し、小さな直径の側根では維管束系が著しく単純化していることを報告した。イネについて見ると、側根には2つの型があることがすでに知られていた。川田と芝山（1965）による太い分枝根と細い分枝根、河野ら（1972）によるT型側根（現在ではL型側根）とS型側根がそれに相当する。それぞれ前者は、長く、太く、さらにその上に高次の側根を発生するもので、後者は細く、短く、それ以上高次の側根を分枝しない側根である。これら2つの型の側根は各分枝次元の側根において見られる。

イネでは、高次の側根の有無にかかわらず、この2つの型の側根は肉眼ではつきりと識別できる。さらに前者は”種子根”や不定根などと基本的に同じ内部構造をとっているが、後者はそれらとは形態学的に異なり、維管束も単純化している。しかもこの2つの型の側根の存在は、実はかなり以前から知られていた (Breda de Haan, 1911; JulianoとAldama, 1937)。また、著者らは他のイネ科作物の根系にもこの2つの側根が見られることを報告した (Yamauchiら, 1987b)。

一般に太い根は長く、細い根は短い (Cahn, 1989; HackettとRose, 1972)。当り前のようにだが、このことはたいへん重要である。イネについてみると、著者ら (1987a) が1ヶ月令の根系の中で、成熟したと思われる不定根上に発生したすべての第1次側根を調べた結果、S型側根の直径は平均で約 $80\mu\text{m}$ で、L型側根ではその約2倍であった。長さでは、前者で約8mmであったのに対し後者では約30mmであった。S型側根では1cm以上伸長するものはきわめて少なかったのに対し、L型側根は長さの変異が大きく、長いものは30cm以上伸長するものも見られた。これらの絶対値は、種によって若干異なるが、両者の相対的な関係はどの種においても類似していた (Yamauchiら, 1987a)。このようにそれらの差異は、同じ1本の側根として取り扱うのをほとんど無意味と思わせるほど歴然としている。また加藤 (1992) は、これら2つの側根の遺伝様式を検討し、それらの発生が別々の遺伝子群によって制御されている可能性を指摘した。

Varneyら (1991) はトウモロコシの側根において、直径、長さ、維管束構造の間に密接な関係が存在することを見いだしたが、その差異は連続的なものとして捉えているようである。著者らはその変異は不連続で、質的に異なる2つの型の側根集団が存在すると考えているが、実験的証拠を提出するに至っておらず、現在検討を進めているところである。Zobel (1991a) は、この細い側根は養水分吸収機能において根毛に劣るとしているが、1ヶ月令の根系において、S型側根はイネでは数で94%、長さで75%、表面積で54%、トウモロコシでも同様に、93%、60%、55%を占めること (Yamauchiら, 1987a)、またS型側根上にも根毛の発生が見られること (川田と鄭, 1976) を考えると、Zobelの意見には大きな疑問を抱かざるをえない。

このように、1個体の根系の側根中に2つの型が存在するという現象は、初めに述べた異形根性の1種と考えられる。異形根間では機能面においても差異があることが一般的なので、2つの型の側根間の機能的な役割分担についても現在検討中である。

4. まとめ

以上見てきたように、1個体の根系においても様々な型（種類）の根が存在する。これらの根は、形態学的にはもちろん、その発生を制御する遺伝的要因において、さらにはそれに伴って機能的にも異なることがじゅうぶん予想され

る。したがって、著者は個人的には用語の統一の可能性についてはかなり悲観的ではあるが、少なくともZobelが主張するように、根に関する論文を書くに当たっては、どの根を対象にしているかが明確になるようなじゅうぶんな配慮が必要であると考える。

1個体の根系は、その構造や機能について研究しようとするとき、様々な根の種類に注意を払いつつ解析を進めることは、ほとんど絶望的であると思わせるほど複雑である。しかし、そこを克服しない限り、根の研究の飛躍的発展はありえないものと確信する。本小論では独断を恐れず、根の種類に関する問題点を指摘した。読者各位の御批判を頂きたいと同時に、ここに提示した問題点について根の研究会でも議論されることを期待する。

【引用文献】

- Breda de Haan, J. van. 1911. De Rijstplant Eene anatomische beschrijving der rijstplant. 原島重彦 訳. 稲 稲体解剖記載 (1943) 一杉書店, 東京. 37-55.
- Cahn, M. D., R. W. Zobel and D. R. Bouldin. 1989. Plant and Soil. 119: 271-279.
- Esau, K. 1962. Plant anatomy, Wiley, New York. 473.
- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plant (2nd ed.), Wiley, New York. 1-550.
- Fahn, A. 1990. Plant anatomy, Pergamon, Oxford, 270-307.
- Fitter, A. H. 1982. Plant Cell Environ. 5:313-322.
- Galamay, O. T. et al. 1991. Jpn. J. Crop Sci. 60:184-190.
- Galamay, O. T. et al. 1992a. Jpn. J. Crop Sci. 61:494-502.
- Galamay, O. T. et al. 1992b. Jpn. J. Crop Sci. 61:511-517.
- Grazca, P., and B. Pozar. 1974. In Structure and function of primary root tissues (ed.) J. Kolek, Veda, Brastilava. 101-112.
- 原 裏. 1977. 植物の形態. 菩華房, 東京. 141-155.
- Hackett, C. and D. A. Rose. 1972. Aust. J. Biol. Sci. 25:681-690.
- 星川清親. 1988. 新編食用作物. 養賢堂, 東京. 1-697.
- Juliano, J. B. and M. J. Aldama. 1937. Philippine Agriculturist. 26:1-27.
- 加藤友康. 1992. 名古屋大学修士論文.
- Kauch, W. 1967. Planta. 73:328-332.
- 川田信一郎・鄭 元一. 1976. 日作紀. 45:436-442.
- 川田信一郎・芝山秀次郎. 1965. 日作紀. 33:423-431.

- 川田信一郎ら. 1963. 日作紀. 32:163-180.
- 河野恭広ら. 1972. 日作紀. 41:192-204.
- Krassovsky, I. 1926. Soil Sci. 21:307-325.
- 熊沢正夫. 1980. 植物器官学. 裳華房, 東京. 1-408.
- MucCully, M. E. 1987. In Root development and function (eds.) P. J. Gregory, J. V. Lake and D. A. Rose. Cambridge University Press, Cambridge. 53-70.
- 森田茂紀. 1992. 根の研究. 1:83-84.
- 森田茂紀. 1992. 日作紀(別1). 61:234-235.
- 中元朋実. 1992. 日作紀(別1). 61:236-237.
- Peterson, C. A. 1989. In Structural and functional aspects of transport in roots (eds.) B. C. Loughman, O. Gasparikova, and J. Lolek. Kluwer Academic Publisher, London. 35-40.
- Russell, R. S. 1977. Plant root systems. McGraw-Hill, Maidenhead. 1-298.
- 田中典幸. 1974. 日作紀. 291-316.
- 田中典幸. 1981. 作物の根系と土壤. 農文協, 東京. 1-390. (Russell, R. S. 1977. Plant root systems(前出)の訳本).
- 田中典幸. 1987. 環境ストレス下における作物体諸器官の相互関係とその制御(昭和61年度科学硏究費補助金(総合研究A)研究成果報告書(研究課題番号59360002)). 130-139.
- Varney, G. T. et al. 1991. Ann. Bot. 67:357-364.
- Weaver, J. E. and E. Zink. 1945. Plant Physiol. 20:359-379.
- Yamauchi, A. et al. 1987a. Jpn. J. Crop Sci. 56:608-617.
- Yamauchi, A. et al. 1987b. Jpn. J. Crop Sci. 56:618-631.
- 山内 章. 1992. 根の研究. 1(2):10-13.
- Zobel, R. W. 1986. HortSci. 21:956-959.
- Zobel, R. W. 1991a. In The rhizosphere and plant growth (eds.) D. L. Keiser and P. B. Cregan. Kluwer Academic Publisher, Netherland. 61-71.
- Zobel, R. W. 1991b. In Plant root (eds.) Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi. Marcel Dekker Inc., New York. 25-38.

Root type

Akira YAMAUCHI