ミニレビュー

 $^{14}\text{CO}_2$ トレーサによる植物個体での
構造と機能の関係の解析

大崎 満

植物の生育にとってもっとも重要な成分は炭素化合物と窒素化合物である。ある葉で光合成した産物は特定の位置の器官に主に転流することから、光合成産物について source-sink 単位が存在することが多くの植物で明らかにされている。たとえば、葉と収穫器官との関係では、イネ、コムギの止葉と穂¹⁾⁻³⁾、トウモロコシの雌穂葉と雌穂^{4), 5)}、有限伸育型のダイズの同化葉位節の莢実⁶⁾、サイトウのある葉とその葉の直下の茎およびその葉位の分枝または花房^{7), 8)}、トマトの葉とそれに隣接する果実^{9), 10)}の間に source-sink 単位が認められる。一方、栄養生長期においては同一葉序間で source-sink 単位を形成することが多い¹¹⁾⁻¹³⁾。窒素は根より吸収されて各器官へ分配される。したがって、炭素と窒素の関係を解明するためには根を含めた器官間の相互作用について解明する必要がある。一般に、作物体を構成する各種栄養器官(葉、茎、根)は器官相互の間に密接な量的関係を保ちながら生長する^{14), 15)}。

植物を構成する葉、分枝(分けつ)、根は節ごとにその原基が形成され、節間により区別されるこれら器官の集まりを phyton もしくは phytomer と呼び、植物の茎葉をこの phyton の連続体と考える phyton theory は古くから存在する^{16), 17)}。この phyton 概念によると節を挟んで上位節に下位根と分枝、下位節に上位根と葉が形成される。つまり、同一 phyton の下位根・分枝と上位根・葉は別の葉序に属することになる。Kurihara ら¹⁸⁾はバレイショは双子葉植物であるので単子葉植物のような明瞭な節は存在しないが、基本的には単子葉植物と同様な phytomer が存在することを指摘した。バレイショでは、地下部では葉原基は退化し、分枝はストロンに分化し、その先端が肥大して塊茎を形成し、地上部では根原基は退化し、葉と分枝が生長する。そこで $^{14}\text{CO}_2$ を特定の葉に同化しその分配を調べたところ、 ^{14}C 化合物は同

一葉序に属する側の枝、塊茎、上位根、下位根に主に分配されており¹⁹⁾、光合成産物の分配から見る限り phyton 概念には不都合がある。そこで、節を挟んで上下に存在する器官を一つの phyton と再定義すると各器官の生育・生理を考える上で理解しやすい。

光合成産物の分配はつぎの二つの原則に沿って行われると推定される。①phyton 内で旺盛に生育する器官が存在すると、その器官へ分配され、②phyton 内に旺盛に生育する器官が存在しないと、同一葉序の他の phyton へ分配される。たとえば、収穫器官がダイズ、トマトなどのように、phyton 内に存在する場合、phyton 内で source-sink 単位が形成され^{6), 9), 10)}、収穫器官がイネ、コムギなどのように頂芽に形成される場合は近傍の phyton と source-sink 単位を形成する¹⁾⁻³⁾。トウモロコシでは雌穂は分枝の形態変化したものと考えられるので、source-sink 単位は phyton 内に形成される^{4), 5)}。

さて、植物の生長にとって窒素栄養は重要であることから、根への光合成産物の分配は phyton 概念に基づくどのようなように理解されるであろうか。イネでは光合成産物は下位葉で同化した場合主に根に、上位葉で同化した場合主に穂に分配され、葉位間で分業が存在すると指摘されている¹⁾。このことは、幼穂形成期以降に節間が伸長するが、その節における phyton には根が形成されず根との関係が弱くなる。一方、幼穂形成期以前に形成された phyton には根が存在し、根に対する光合成産物の供給はこの phyton 内の葉に依存する。他方、バレイショでは葉と根はすべて異なる phyton に属するため、根に対する葉位(phyton)間の分業は認められず、同一葉序に属する phyton の葉から根に光合成産物が供給される¹⁹⁾。しかし、根と塊茎は同一 phyton に属するため、塊茎肥大後光合成産物は主に塊茎に分配されるようになり、根の機能が低下し窒素吸収能が低下する¹³⁾。

一般に、双子葉植物では地上部の phyton 内に根を持たないことから、各葉から光合成産物が供給されることになるが、phyton 内に強力な sink が形成されると、その phyton から根への光合成産物の分配が低下する^{20), 21)}。したがって、分けつの多いイネ科作物と双子葉作物とでは、地上部の生育と根の生育との関係が大

きく異なることになる²²⁾。

葉位間での光合成産物の分配は下位葉から上位の伸長中の葉へと起こり^{9), 11), 12), 20)-23)}, 窒素についても下位葉が枯死するにともない, 下位葉から上位葉に転流する²⁴⁾。したがって, 地上部では基本的に下位の葉から上位の葉へ光合成産物や窒素化合物の転流が起こる。一方, 群落内では相互遮蔽のために光合成ができない下位葉では上位葉で光合成した産物を呼吸基質として使用するという考えがある^{25), 26)}。しかし, 群落内で植物全体に¹⁴CO₂を同化した結果によると,¹⁴C残存割合は温帯の作物では生育とともにむしろ高まる傾向を示し^{27), 28)}, 草型による違いも認められない²⁷⁾。このことは, 群落内でも光合成産物は効率良く sink へ転流し, 下位葉ではそれまで葉を構成していた産物を分解して呼吸基質として利用していることを示している²⁹⁾。

熱帯イネ Peta の下位葉をアルミホイルで遮光して上位葉に¹⁴CO₂を同化すると, 遮光しない区に比べて同化葉からの転流が抑制され, とくに下位方向への¹⁴Cの分配が低下する³⁰⁾。したがって, 群落内では相互遮蔽により根への光合成産物の供給が減少し, 根の生理活性が低下しやすくなると推定される。根では養分の他に, サイトカニン等のホルモンを合成して茎葉に供給していることから, 根の機能維持は高い乾物生産能を得るために必要である。

以上のように phyton 概念を導入して光合成産物の同化・分配と養分の吸収・分配との関係を解析することにより, 植物の構造と機能の関係が一層明瞭になるものと期待される。

Key Words: carbon-14 carbon dioxide tracer, source-sink relationship, phyton, translocation, carbon-nitrogen interaction

文 献

- 1) 田中 明: 土肥誌, **29**, 327-333 (1958)
- 2) Stoy, V.: *Physiol. Plant.*, **16**, 851-866 (1963)
- 3) Lupton, F. G. H.: *Ann. Appl. Biol.*, **57**, 355-364 (1966)
- 4) 田中 明, 藤田耕之輔: 土肥誌, **42**, 152-156 (1971)
- 5) Palmer, A. F. E., Heichel, G. H. et al.: *Crop Sci.*, **13**, 371-376 (1973)
- 6) 由田宏一, 後藤寛治: 日作紀, **44**, 185-193 (1973)
- 7) 田中 明, 藤田耕之輔: 土肥誌, **46**, 157-166 (1975)
- 8) Lucas, E. O. and Milbourn, G. M.: *Ann. Appl. Biol.*, **83**, 285-290 (1976)
- 9) Khan, A. A. and Sagar, G. R.: *Ann. Bot. N. S.*, **30**, 727-743 (1966)
- 10) 田中 明, 藤田耕之輔: 土肥誌, **43**, 77-80 (1972)
- 11) Shiroya, M., Lister, G. R. et al.: *Can. J. Botany*, **39**, 855-864 (1961)
- 12) Jones, H., Martin, R. V. et al.: *Ann. Bot., N. S.*, **23**, 493-510 (1959)
- 13) 井上晴喜, 田中 明: 土肥誌, **55**, 43-49 (1984)
- 14) 片山 佃: “稲・麥の分蘖研究—稲・麥の分蘖秩序に関する研究—, 第3版”, 養賢堂, 東京 (1951)
- 15) 中元朋実, 山崎耕宇: 日作紀, **57**, 476-481 (1988)
- 16) Evans, M. W. and Grover, F. O.: *J. Agr. Res.*, **61**, 481-520 (1940)
- 17) 川田信一郎, 山崎耕宇, 他: 日作紀, **32**, 163-180 (1963)
- 18) Kurihara, H., Kuroda, T. et al.: *Jpn. J. Crop Sci.*, **47**, 691-698 (1978)
- 19) 大崎 満, 小柳 淳, 他: 土肥誌, **62**, 274-281 (1991)
- 20) Thaine, R., Ovenden, S. L. et al.: *Aust. J. Biol. Sci.*, **12**, 349-375 (1959)
- 21) Kokubun, M. and Asahi, Y.: *Jpn. J. Crop Sci.*, **53**, 455-462 (1984)
- 22) 信濃卓郎, 山田 智, 他: 日本土壤肥料学会講演要旨集, **38**, 103 (1992)
- 23) Russell, C. G. and Morris, D. A.: *Ann. Bot.*, **52**, 357-363 (1983)
- 24) 田中 明: 土肥誌, **26**, 413-418 (1956)
- 25) Tanaka, A.: *Proc. Symp. Rice Breeding*, 483-498, IRRI, Los Banos, Philippines (1972)
- 26) 黒岩澄雄: “物質生産の生態学”, 東京大学出版会, 東京 (1990)
- 27) 大崎 満, 田中 明: 土肥誌, **49**, 217-220 (1978)
- 28) Tanaka, A. and Osaki, M.: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **29**, 147-158 (1983)
- 29) 大崎 満, 田中 明: 土肥誌, **50**, 540-546 (1979)
- 30) 伊豫田 誠, 大崎 満, 他: 日本土壤肥料学会北海道支部秋季大会講演要旨集, p.1 (1992) (北海道大学農学部)