

根の屈性反応

農業研究センター 小柳敦史

[重力屈性]

1. メカニズム

重力屈性(屈地性)のメカニズムの研究は、そのほとんどがトウモロコシの幼根を用いて行われてきた。実験では湿度の高い空気中に根を横にして置き、一定時間後に屈曲角度を測る。トウモロコシが材料としてよく使われるのは種子根が1本で、太くて扱い易いこと、根に光が当たった時にのみ重力屈性が発現する「光依存型重力屈性」を示す変異系統が得られているためであろう。この系統を用いると重力を受ける通常の実験室条件で、光により重力屈性が発現する場合と暗黒下で屈性が発現しない場合を比較することができる。また、不定根や分枝根は重力屈性が弱い場合が多いため、実験には種子根が用いられている。最近、イネ、ムギ、マメ類などで重力屈性が通常と異なる突然変異体が得られ研究材料とされている。また「植物のショウジョウバエ」といわれるほど遺伝的な実験に好適なシロイヌナズナがよく使われるようになった(岡田 1989)。

これまでに実験により明らかにされた重力屈性のメカニズムは以下の通りである。重力は根冠のコルメラ細胞にあるアミロプラスト(澱粉粒)が下方に沈むことにより知覚される。これを受けて植物ホルモンなどの情報伝達物質が根端で生じ、数ミリ離れた伸長域に指令が伝わる。その結果、下側に比べて上側の伸びが相対的に速くなることで根は下側に曲がる。この考え方は現在でも受け入れられているが、各段階で幾つかの新しい説が出されている。

まず知覚について、根冠が知覚の部位であることは確からしいが、アミロプラストの重要性については、なお懐疑的な研究者もいる。つぎに、根冠から伸長域にいたる情報の伝達については、莖の光屈性で有名なコロニー・ベント(Cholodny-Went)説が重力屈性にも適用されて、「オーキシンが重要な役割を担っている」とされてきた。しかし、機器分析では根の上側と下側でオーキシン濃度の差異を検出することができなかつたため、アブジン酸など他の植物ホルモンで屈曲現象を説明しようともされた。しかし、現在でもなお1種類の植物ホルモンでは重力屈性を説明することはできていない。一方、細胞内のCaやカルモジュリンが情報伝達に重要な役割を担っていることが分かってきた。カルモジュリンは動植物に広くみられるCa結合タンパクで、多くの酵素を活性化する機能をもっている。カルモジュリンはオーキシンの移動や細胞伸長作用と密接に関係しているため、重力屈性にも関与している可能性がある。また、ある未知の物質が情報伝達に深く関わっているという報告もある。

2. 根系形態との関係

重力屈性のメカニズムに関する生理的な研究では、重力屈性を示して真下に伸びる根と屈性を示さず真横に伸びる根を比較することが多い。しかし、実際には植物の根は土壌中を様々な角度で伸びて複雑な根系を形成する。根系の枠組みは種子根と不定根から成るため、不定根の重力屈性を調べることも重要である。Nakamoto et al. (1991) は多くの植物で不定根が傾斜重力屈性を示すことを確認し、根系構造の差異は不定根の傾斜重力屈性の差異と関係していることを示した。また品種間でも根系の形態は異なる(鯨 1987, 佐藤・上埜 1990)が、これも根の重力屈性の強さに関係している(上埜・佐藤 1990)。ただし、土壌中では1本の根が最初は横に伸びその後方向を下向きに変える場合も多く、重力屈性の研究と土壌中での根系の観察結果を結び付けるのは今のところ容易ではない。

根系の形態は栽培・環境条件により大きく変化する(鯨 1990, 山内ら 1991)が、これも重力屈性との関係が強い。水分条件ではLeopold and LaFavre (1989)が、光依存型の重力屈性を示すトウモロコシの根を用いて実験し、暗黒下でも乾燥刺激を受けると屈性を示すようになることを見いだした。またコムギでも同様の現象が観察されている(小柳 1992)。一方、地上部条件について、森田・山崎 (1991) は地上部からの炭水化物の転流量が根の重力屈性に影響を与えることを示した。以前から、密植などにより葉に十分な光が当たらない時には根系が浅くなることが知られていたが、イネの葉挿しによる実験系で、屈性に及ぼす光の影響を実験的に確認したのである。これらは土壌中の複雑な根系形態の理解につながる新しい情報である。

[水分屈性]

根が水のある方へ曲がって伸びるという水分屈性は古くから想定されていたが、実験的根拠が薄く、その存在が疑問視されていた。ところが最近、高橋（1992）は光依存型の重力屈性を示すトウモロコシなどを用いて、その存在をあざやかに証明した。相対湿度85%条件下のトウモロコシの幼根は、近くに置いた湿った物質の方向に曲がって伸びたのである。すなわち水分屈性は通常、重力屈性に隠れて発現しないが、重力屈性を抑えた条件では発現することが分かった。また、スペース・ラブなどによる無重力条件下での実験でも水分屈性の発現が確認されている。

[化学屈性、温度屈性、光屈性、電気屈性]

化学屈性：肥料濃度の高いところに根が多く分布する現象がよく観察される。しかし、化学物質に対する屈性や走性は菌類や花粉管などではよく調べられているが、根については実験例が少なく、ほとんど分かっていない。

温度屈性：最近、Fortin and Poff（1990）は温度勾配を付けた条件で実験し、トウモロコシの種子根が温度屈性を示し、高温側に曲がることを明らかにした。

光屈性：光屈性は茎で調べられることが多く、根では重力屈性に影響を与える要因として光を考える場合が多い。

電気屈性：Ishikawa and Evans（1990）は根が周囲の電気的な勾配の影響を受けて曲がる現象を見つけた。電気的な信号は重力屈性における情報伝達でも重要な役割を担っている可能性があるため、この現象は特に注目されている。

根の屈性反応は、一見、単純な現象に見えるが、実は非常に複雑な過程を介して起こる現象のようである。さらに、植物の種や品種、根の種類やエイジ、環境条件などによって発現のメカニズムが異なっているのかもしれない。近年、遺伝的な手法や生化学的手法で屈性の研究は大きく前進しているが、これを植物の根系の枠組みの形の説明に用いることができるようになるのはまだ先になりそうである。なお、屈性に関する最近の総説には、Moore and Evans 1986、宮寄・藤伊 1987、高橋・菅 1987、藤伊 1989、Hart 1990、菅 1990、片岡 1991 などがあり、本稿はこれらを参考にして作成した。

【引用文献】

- Fortin M.C.A. and K.L.Poff 1990. *Plant Physiol.* 94:367-369.
藤伊正 1989. I G Eシリーズ1, 植物の系統発生と重力反応, 東北大遺伝生態研. 3-8.
Hart J.W. 1990. *Plant Tropisms and Other Growth Movement.* Unwin Hyman, London. 208pp.
Ishikawa H. and M.L.Evans 1990. *Plant Physiol.* 94:913-918.
片岡博尚 1991. 現代植物生理学4, 環境応答. 新免輝男 編. 朝倉書店, 東京. 208pp.
鯨幸夫 1987. 日作紀 56 (別2) : 59-60.
鯨幸夫 1990. 農業及び園芸 65:1193-1195.
Leopold A.C. and A.K.LaFavre 1989. *Plant Physiol.* 89:875-878.
宮寄厚・藤伊正 1987. 植物の化学調節. 22:114-129.
Moore R. and M.L.Evans 1986. *Amer.J.Bot.* 73:547-587.
森田茂紀・山崎耕字 1991. 日作紀 60 (別1) : 236-237.
Nakamoto T. et al. 1991. *Jpn.J.Crop Sci.* 60:543-549.
岡田清孝 1989. 生物物理 29:1-4.
小柳敦史 1992. 平成3年度 総合農業研究成果情報, 農研センター (印刷中).
佐藤雅志・上埜喜八 1990. I G Eシリーズ8, イネの遺伝子発現と系統分化, 東北大遺伝生態研. 39-52.
菅洋 1990. 宇宙植物学の課題－植物の重力反応. 学会出版センター, 東京. 129pp.
高橋秀幸・菅洋 1987. 宇宙船の植物学. 学会出版センター, 東京. 142pp.
高橋秀幸 1992. 化学と生物 30(8):510-513.
上埜喜八・佐藤雅志 1990. 育雑 40 (別1) : 246-247.
山内章ら 1991. 日作紀 60 (別2) : 209-210.