

葉の気孔は何個がベスト？

爲重 才覚

気孔は植物の表面にある小さな穴である。この穴を通して植物体内外のガス交換を行うことで、光合成に必要なCO₂の取り込みや水の蒸散が行われる。気孔は1対の孔辺細胞と呼ばれる細胞の間にある隙間であり、孔辺細胞が変形することで気孔が閉じたり開いたりする。学校では、“気孔は葉の裏側（専門用語で背軸側と呼ぶ）に存在する”という一般論が紹介されることもあるが、葉の表側（向軸側）、胚軸、茎、葯など、地上部のさまざまな部分にも見られる。また気孔は、茎や葉を持たないコケにも見られることから、陸上植物の進化の初期に獲得されたと考えられる。実際に約4億年前の植物化石にも気孔の存在が認められ、特に現生のツノゴケの気孔とよく似ている。このように一般的な構造である一方、気孔の単位面積あたりの数（密度）は植物種、組織の種類、生育環境によって、さまざまである。また気孔のサイズも植物種などによって異なる。

例えばだが、某牛丼チェーンでは穴あきおたまの穴の数とサイズが、具とつゆをバランスよく丼に乗せるために最適化されているという。店員が具とつゆの量を調節して盛り付けるとは言え、穴が多すぎるとはつゆが足りず、逆に穴が少なすぎるとはつゆだくになるということであろう。気孔も、開閉制御ができるとは言え、多すぎると水分が失われやすく、少なすぎるとCO₂がうまく取り込めないで、ちょうど良い密度があると考えられる。では、気孔の密度とサイズはどのように決まっているのだろうか？自然界に見られる気孔はベストな密度とサイズなのだろうか？

気孔の密度とサイズなどのパラメーターがガス交換効率（気孔コンダクタンス）にどのように影響するかを方程式で求めることは100年以上前からなされており、現在までにさまざまな物理学的・生理学的観点での研究がある。気孔のサイズは、種ごとのゲノムサイズによってある程度決まると言われるが、一方で気孔密度の調節が植物の生存や繁殖にどのように重要であるかは、化石情報からも読み取れる。植物化石の気孔密度とその地質年代の大気CO₂濃度との間には明確な負の相関が見られることから、CO₂濃度が低いほど外気を体内にしっかり取り込むための多くの気孔が必要であり、実際に環境によって適した気孔密度へと植物の体が適応してきたということが窺える。最近の200年程度でもCO₂濃度に応じて気孔密度が変化している例¹⁾も知られている。では、

気孔の数を人為的に変化させた植物と既存の植物を同じ環境で育てるとどうなるのだろうか？こうした生物実験的な研究は、気孔密度を変える手段がなければ不可能であるが、近年の植物科学の発展によって一部の植物種でそれが可能になってきた。そうした実験からは、水分の十分な環境では気孔密度が高いと光合成効率が高まること²⁾、水分の少ない環境では気孔密度が低い方がよく成長すること³⁾などが示されている。

こうした気孔密度の改変技術につながったのが、シロイヌナズナの研究から見つかった植物ホルモン様ペプチドの一群EPFL（EPIDERMAL PATTERNING FACTOR-LIKE）である。EPFLは分子としては複数のサブタイプがあり、それぞれ異なる遺伝子にコードされている。特に機能解析が進んでいるのはEPF1、EPF2、EPFL9/STOMAGENの3つで、これらの遺伝子欠損や過剰発現により、シロイヌナズナだけでなく、オオムギ⁴⁾やイネ⁵⁾の気孔密度も改変できることが示されている。他にも、投与によって気孔密度を改変できる有機化合物がシロイヌナズナを利用したケミカルスクリーニングによって近年同定されてきている⁶⁾。こうした化合物はその標的分子を探ることさらに気孔密度に関わる新規遺伝子を発見できるだけでなく、作物種に投与することですぐに気孔密度を改変できる可能性もある。

現代は、大気CO₂濃度上昇と地球温暖化という植物にとって重要な環境要因が激変しつつある時代であり、また植物工場という新しい栽培環境も発達してきている。気孔密度はこれらの新しい環境に適した品種を育成するうえで有効な形質として期待される。現在の知識と技術を活かせば実際に最適な気孔密度を予測し、デザイン通りの気孔密度を持つ品種を作れる時代になりつつある。基礎と応用の両面で、気孔の数の研究への期待が高まっている。

- 1) 日本植物生理学会 みんなのひろば 植物Q&A : https://jssp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=1580 (2019/03/13).
- 2) 田中 佑：第235回日本作物学会講演会要旨集, P. 486 (2013).
- 3) Doheny-Adams, T. et al.: *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, **367**, 547 (2012).
- 4) Hughes, J. et al.: *Plant Physiol.*, **174**, 776 (2017).
- 5) Lu, J. et al.: *J. Plant Physiol.*, **234-235**, 18 (2019).
- 6) Ziadi, A. et al.: *Chem. Commun.*, **53**, 9632 (2017).