

芝草の気孔や大きさを
知ることにはなぜ重要か？
- 「芝草研究」の論文から -

ア ク シ ョ ン 植 物 科 学 研 究 所

宇 城 正 和 (農 学 博 士)

娘の中学校の教科書を見ると、ハウセンカを使った実験結果があり、植物の気孔は葉の裏側にあると書いてあった。たいていの人は葉の気孔は表ではなく裏にあると学校で習ったのではないだろうか。実際、アメリカの芝草研究者の中にも気孔が葉の表にはほとんどないと書く人もいるぐらいだ。

本当はどうなのか？気孔の数が葉の表と裏で違うことが気になりだしたのは、僕が葉面吸収散布資材を扱う会社で所属していて、それらの資材が葉の気孔や気孔を取り巻く孔辺細胞のあたりから非常に多く吸収されるという研究報告を目にしたからであった。葉面に散布する場合、上から散布されるので、もし気孔が葉の裏（下側）にしかないとすれば、上部からの散布は葉面吸収の立場からは非常に不利になる。もっとも、芝葉は太陽の動きによって地面とのなす角度を変えていくようなので、必ずしも葉の裏側が常に下になっていくわけではないが、それにしても気孔の数がどうなっているのかを知ることが、葉面吸収施肥の立場から重要なテーマである。米国の専門書を読むと寒地型芝草の気孔数は葉表で $68 \sim 203$ 個 / mm^2 、葉裏で $0 \sim 100$ 個 / mm^2 、暖地型芝草では葉表で $96 \sim 468$ 個 / mm^2 、葉裏で $84 \sim 348$ 個 / mm^2 とあった。芝草の場合、気孔の数は教科書の記載とはまったく逆で、葉裏より葉表の方が多そうだ。本当にそうなのか？日本のゴルフ場グリーンで標準的な寒地型芝草ペンクロスの気孔数とそのサイズを調べてみた。

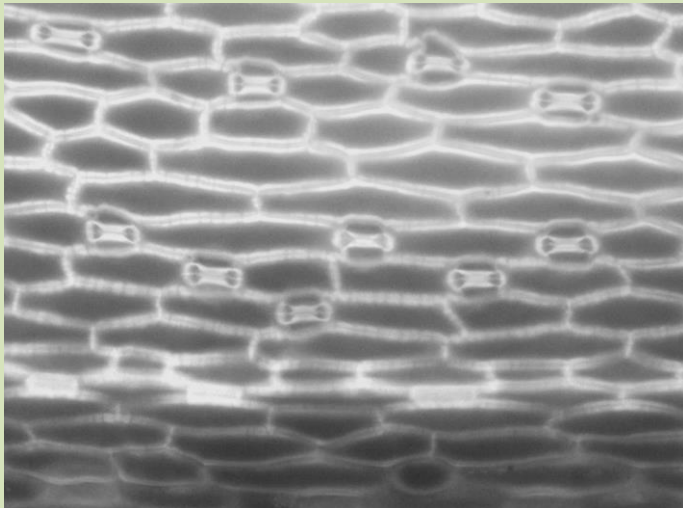
1. 気孔の数を調べる

ハウセンカやアサガオなどの広い葉の気孔を調べるのなら簡単である。セメダインのような合成樹脂を葉に塗って乾いてからはがし、それを顕微鏡で観察すればよい。ところが芝の場合、1ミリ前後の細かい葉なので作業がやりにくい。僕は最初からこの従来法を使わ

ずに、ライカの蛍光顕微鏡を使って、紫外線を上から当て物質から出る蛍光（自家蛍光）を観察する方法でやってみた。芝草の世界では類を見ない試みである。

自家蛍光で観察した芝草の葉は驚くほど美しかった。葉の表面のセルロースやリグニンなどは青白く、あるいは黄色みを帯びて光り、葉緑素（クロロフィル）は紫外線によって赤く発色する。

測定してみると、播種後1年、あるいは2年間、5mm以下で刈り込みを続けた芝や3cm以上伸ばした芝でも、気孔数は葉裏より葉表の方が多かった。葉表は170～194個/mm²で葉裏の78～116個/mm²より約1.7～2.5倍多い。やはり、日本の寒地型ペンクロスでも気孔は表の方が圧倒的に多かった。統計的に調べても、その差が偶然である確率は1%より低いことがわかる。



（閉じた状態の気孔、ライカ蛍光顕微鏡400倍）

2. 気孔のサイズを調べる

顕微鏡下で物の長さを計る場合、昔はマイクロメーターを接眼レンズに入れて測定した。現在ではPCの画像解析ソフトを使って簡単に測定できる。気孔が閉じているときの長軸方向の平均値は葉表で10.3～12.9ミクロン（ μm ）、葉裏で10.2～13.8ミクロンであった。気孔の大きさはほとんど差がないように見えたが、葉表では播種後1年のものが12.9ミクロンでもっとも大きかった。気孔の閉じているときの長さはだいたい10～14ミクロンと考えてよさそうだ。気孔が開いた場合、完全な円になると仮定すると、円周は20～28ミクロ

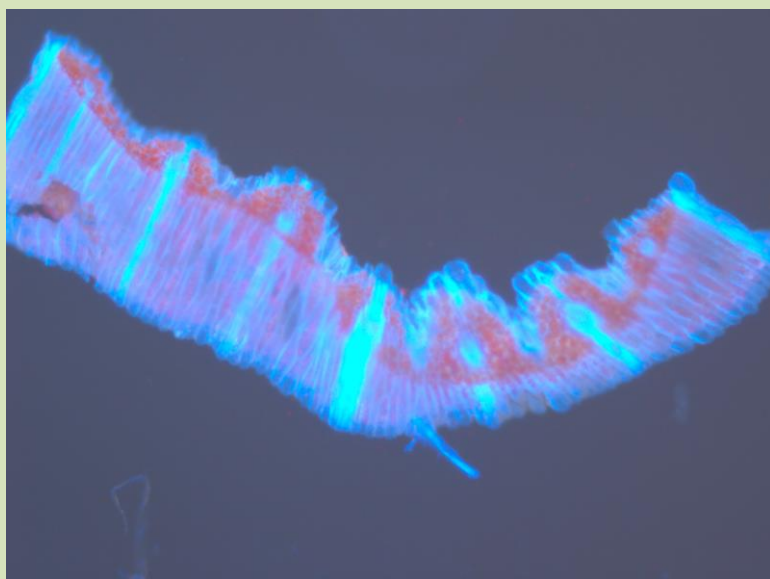
ンになるので、気孔の直径は 6～9 ミクロンと概算できる。しかし、ペンクロスの気孔の形は円ではない。横 4 縦 1 の長方形に近いので、そのすきまは 2～3 ミクロンぐらいになる。かなり狭いが細菌類や細かい菌糸なら侵入できるすきまである。いずれにしてもこのすきまを閉じたり開いたりして、二酸化炭素や酸素、さらには蒸散の量まで調節している。植物は蒸散によって根から水・養分を吸収するための最大の駆動力を得ている。気孔の開閉で蒸散の量を調整し、同時に気化熱によって芝葉の温度調節まで行っているのだから驚かざるを得ない。

3. 気孔コンダクタンスとは？

芝葉が気孔から二酸化炭素や水蒸気を 1 秒間にどれだけ通過させられるかを表した数値が気孔コンダクタンスである。気孔の数と気孔や孔辺細胞の大きさなどを数式に当てはめると最大気孔コンダクタンスが出てくる。これはまったく物理的な数値である。簡単には、芝葉一平米に換算した場合のすべての気孔が二酸化炭素を吸収することのできる最大量と考えてもらったらよい。気孔での水蒸気の通しやすさは二酸化炭素の 1.6 倍なので、ここでは二酸化炭素のみについてとりあげる。気孔が二酸化炭素を吸収できる最大量は播種後 1 年の若いペンクロス（刈り高 5 mm 以下）で最も大きく、葉表で約 0.62 ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、以下、単位省略)、葉裏で約 0.31 であった。播種後 2 年経過したもの（刈り高は同じ）では、葉表約 0.42、葉裏で約 0.20 であった。播種後 2 年以上で草丈 30 mm 以上のものでは、葉表 0.53、葉裏で 0.27 であった。播種後 1 年の若いペンクロスは二酸化炭素を吸収できる量が、播種後 2 年のものより葉表、葉裏とも約 1.5 倍大きく、このことは若い芝の方が光合成が活発に行われていることを予想させる。散布した葉面吸収資材も若い芝の方がより速やかに吸収される可能性が高い。

さらに驚くべきことに、どの試験区でも葉表の方が葉裏より二酸化炭素を吸収できる量が 2 倍大きかった。なぜ、葉表の方が葉裏より 2 倍量二酸化炭素を多く通しやすいのだろうか。ペンクロスの葉の横断面を観察す

る と



（ペンクロスの葉の横断面。葉表のみ波状になっている。強く光る青白い筋は葉脈。ライカ蛍光顕微鏡 200 倍）

葉表が波状に隆起している。表面積が葉裏に比べて大きくなっている。気孔の数も多くなり、気孔コンダクタンスも高くなるわけである。葉表で太陽の光を十分に吸収して、光合成に必要な二酸化炭素も葉表に近い細胞たちにたくさん供給する。たまたまの構造になっているのではないか？ペンクロスのような寒地型芝は光の弱い季節でも効率良く光合成を行えるような戦略をとっているのだらう。

僕には芝草が海の植物プランクトンのように思えない。森林に比べ現存している量は非常に少ないが、光合成を行う能力が高く、二酸化炭素を削減する働きが大きいからである。芝草の構造や気孔の配置はそんなことを僕に教えてくれる。

気孔コンダクタンスはあくまで二酸化炭素や水蒸気の通しやすさを、気孔の数やサイズなどから計算したものだった。しかし、一方でこの数値は葉面に散布した資材を葉が吸収できる能力の指標にもなるのではないだろうか。

今回のような芝草の基礎研究は葉面吸収施肥に対して、若干の補足的な情報を与えているように思われる。と同時に、芝草が現代の地球環境にとって二酸化炭素削減の大きな切り札になり得ることを植物構造学的な

立場からも裏付けてくれたらと期待するのである。