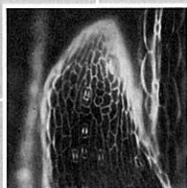
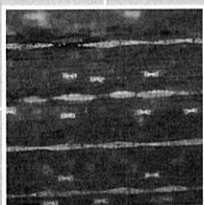


新連載

管理に活かす 芝草の植物生理学

第 I 回

葉面施肥を科学的に考える



アクション植物科学研究所
所長 宇城 正和（農学博士）

人と自然のコラボレーションにより、今やゴルフ場はCO₂の削減（縣2008）、生物多様性の保持（田中2009）、さらに芝草Ⅱ「心の植物」（米山2009）を通して現代人に心身の健康をもたらす特別な場として認識されるようになってきました。この類まれなるゴルフ場の芝草をどうしたら健康で活力のある状態に維持しているのか、そのための植物生理学を今月号からみなさまと一緒に学んでいきます。今後の予定は、以下のように考えています。

- 第1回…葉面施肥を科学的に考える
- 第2回…始めに光合成ありき！そして呼吸反応
- 第3回…芝草はタンパク質をどのようにしてつくるのか？
- 第4回…芝草の必須栄養素を再考する！
- 第5回…土の中は、ブラックボックス（わからない世界）なのか？
- 第6回…芝草はどのようにに生体防御をおこなっているのか？
- 第7回…酸素の重要性を知る
- 第8回…蒸散は何のために行うのか？
- 第9回…寒地型芝草（C3植物）

と暖地型芝草（C4植物）はまったく違う植物だ
第10回…土壌分析・葉身分析を徹底的に活用しよう
第11回…いわゆる植物ホルモンについて
第12回…遺伝子についても知る価値がある
今回は、まだ日本では十分に認知されていない「葉面施肥」について科学的な観点から考えてみたいと思います。

1 芝草の活性は絶えず変化している

ゴルフ場の芝草活性の変動に最も影響を与えるものは何でしょうか？ それは気候条件です。日照量、気温、降水量、湿度の変化、これらが芝草活性に大きな影響を与えます。気象庁の天気予報の的中率（降水の有無）は80%という世界最高水準にあります。これは、あくまでも翌日の天気についてであって、1週間後の精度はおよそ60%に下がってしまいます。つまり、芝草に最も影響を与える『気候』は変わりやすく予測しにくいために、芝草活性の変化も予

芝草の肥培管理においては、根から栄養素を吸収させる土壌施肥が基本となります。芝草は維管束の発達した陸上高等植物で、根から土壌中の養分を吸収しやすいように細胞体が分化しているからです。しかし、夏のヒートストレスにおける根上りや、土壌内の酸素不足などにより根の吸収能力が低下してくると、いくら土壌施肥により栄養素をバランス良く適正量与えても、芝草はそれらを吸収できません。一方で、与えた粒肥の土壌への溶出度が、様々な条件（先に述べた気象条件や土壌の微生物環境、化学的環境、物理的環境等）によって大きく変動し、実

2 土壌施肥が基本だけれど・・・



測しにくいわけですが。また、近年の地球温暖化による異常気象も予測をさらにむずかしいものになっています。ゴルフターの踏圧の影響もあります。このような状況下にある芝草の健全な活性を維持するには、どのようにすればよいのでしょうか？ 肥培管理の観点から考えてみます。

3 葉面施肥の歴史



農業においては、葉面施肥が文献に初めて登場するのは1844年で、グリスの報告しています。植物の葉の白化（萎黄現象）を直すために鉄剤が葉面散布されました。1951年からはラジオアイソトープ（放射性同位体）を使って、葉面散布された資材の吸収量、転流量が正確に測定されるようになり、葉面施肥が農作物の栽培で次第に広まっています。芝草に応用されるようになるのは、1960年代後半になってからで、液肥を葉面施肥することにより、芝生管理産業に革命が起こります。その後も産学による研究と開発が進められ、現在多くのゴルフ場を含めスポーツターフや家庭用芝草に葉面施肥が広く行われています。

4 葉面施肥は不自然なのだろうか？



最も先進的な方法として単なる液肥の散布ではなく、極少水量（30ml/m²）による葉面散布が行われるようになってきました。また、栄養素を合成の有機キレート剤EDTAなどではなく、合成でない有機キレート剤と結合させると、葉面からの吸収がよいことも明らかとなりました。

ところで、植物の葉面から栄養

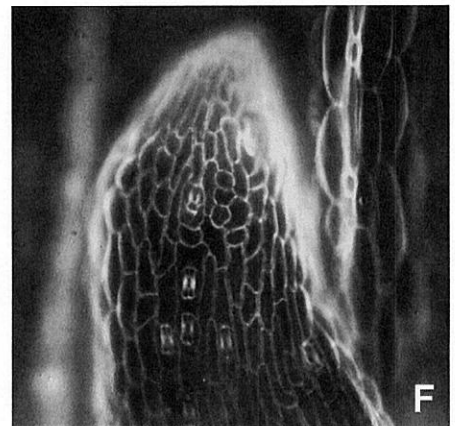
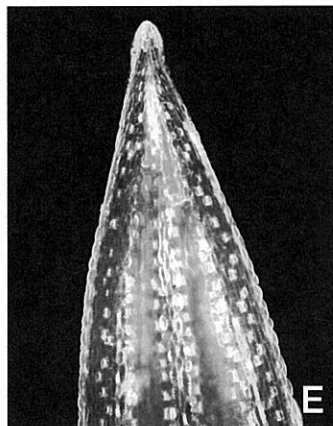
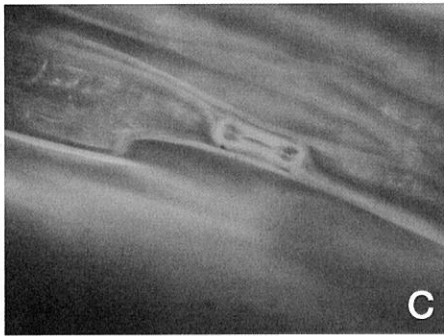
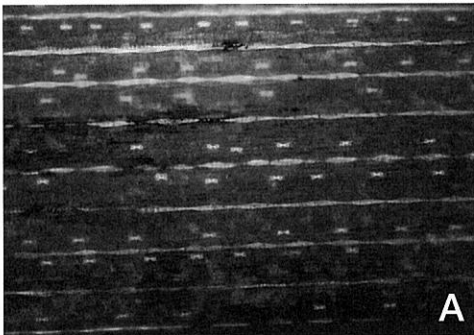
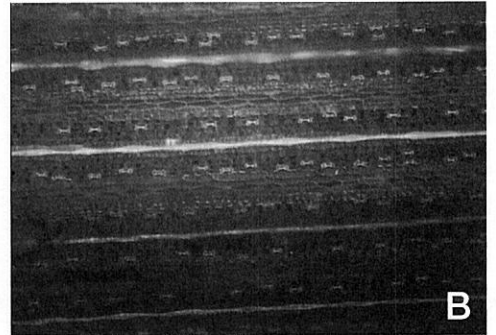
素を吸収させるということに対して、違和感を持たれる方も多いと思います。そこで植物の起源について復習してみましよう。光合成を行う原始植物、最初は単細胞の藻類（ランソウ）は27億年前に出現してきたとされています。植物の起源は水の中にあつたのです。その後、多細胞の藻類が生じますが、これらは、道管、篩管などの維管束がなく、葉状部の表皮から水に溶けている養分を吸収していました。4億2000万年前に陸に上がったとされる最初の植

年代	地質時代	植物の変遷
46億年前	先カンブリア時代	地球誕生
40億年前		生命誕生
27億年前		単細胞藻類ランソウによる酸素発生開始
10億年前		多細胞生物の登場 多細胞藻類は表皮から養分吸収
5億年前	古生代オルドビス紀	植物が陸上へ進出
4億2千万年前	古生代シルル紀	クックソニア（リニア状植物） 上陸した最初の陸上植物。根や葉、維管束はなく、茎だけで表皮から養分吸収 リニア（リニア類） 水を吸収するひげ根、茎外側にクチクラ層が形成。
3億6500万年前	古生代デボン紀	裸子植物（種子の誕生）
3億5500万年前～	古生代石炭紀	シダ植物の大森林
2億9千万年前	古生代ペルム紀	裸子植物の台頭、ソテツ類出現
1億2500万年前	中生代白亜紀	被子植物の出現
6500万年前～	新生代第3紀	被子植物の台頭
2500万年前	新生代第3紀	イネ科型草本の出現

物クックソニアには、根や葉はま
だなく、茎の表面から水や養分を
吸収していました。やがてクチク
ラ層を形成し乾燥に耐えられるよ
うな植物リニアが現れます。さら
に発達した根から養分を吸収する
ような構造を持った維管束植物シ
ダ類や裸子植物が登場してきます。
植物変遷の歴史からすると、植物
はもともと表皮から直接養分を吸
収しており、陸上での乾燥や外敵
からの保護のためにクチクラ層な
どを発達させてきたことがわかり
ます。このことを考えると葉面か
ら栄養素を吸収させる葉面施肥は
そんなに不自然なことのように
思えません。

5 葉面のどこから吸収 されるのだろうか？

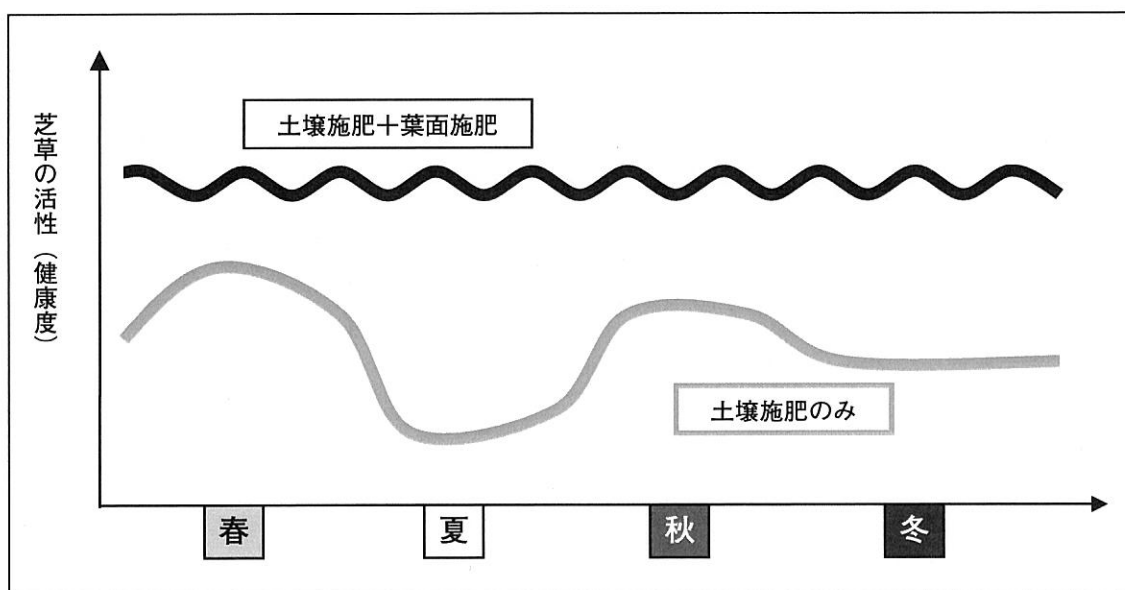
葉面散布された栄養素は葉のク
チクラや気孔、そして気孔周囲の
孔辺細胞あるいは表皮細胞の接触
面等の上部クチクラ層にある極微
小な穴（直径 $0.9 \sim 2.36 \mu\text{m}$ 、
ナノメートルnmは1mmの百万分の
一）を通して吸収されることが報
告されています。そして、この気
孔は葉表（軸茎の方を向いている



面、向軸面adaxialという）や葉裏
（軸茎と反対の面、背軸面abaxial）
に多数存在することが明らかにな

っています。寒地型芝草の葉表で
68 $\sim$ 203個/mm²、葉裏で0 $\sim$ 1
00個/mm²との報告もあります。

暖地型芝草ではこれらの密度より
さらに多くなります。ペンクロス
の葉表、葉裏を蛍光顕微鏡を用い
て観察すると、その自家蛍光によ
り多数の気孔が容易に観察されま
した（以下、宇城ら2009、図



A、葉表、100倍、図B、葉裏、1000倍)。図Cは同じクリーピングベントグラスのA—2の気孔を1000倍に拡大したものです。また、気孔は葉の中央部だけではなく、葉の基部(図D、A—4、1000倍)や先端(図E、サウスショア、1000倍)、さらには若芽(図F、プロビデンス、1000倍)にも観察されます。被子植物の双子葉植物の気孔が葉裏に存在し葉表にはないのと対照的に、単子葉類の芝草は葉の表裏にかなりの数の気孔が存在します。以上

のことから、芝草は根からだけではなく、葉のさまざまな部位の表裏からも水や水に溶けている栄養素を吸収する構造を備えていることがわかります。

6 土壌施肥と葉面施肥による肥培管理を

米国では、ほとんどのゴルフ場で土壌施肥と並行して葉面施肥が行われています。先に述べたように、土壌施肥だけでは養分の溶出量と根部からの吸収において不確定要素が多く、「細やかなコントロール」がむずかしいからです。土壌施肥を基本とし、葉面施肥を併用することにより、より良い安定した肥培管理を行うことができます。

まとめ

葉面施肥の特質

クレムゾン大学のリュウら(2008)は、葉面施肥が近年、急速に増加してきていることと理由、あるいは欲求について以下のようにまとめています。

①栄養素が葉面から吸収されると

いう新しい知見の数々や確認が得られていること。

②施肥後の反応が速いこと。

③年間のトータル施肥量の減少(リーチングが生じない)。

④芝草がストレス下にあるとき、粒肥による土壌施肥よりも葉面施肥の方が経済的に有利であること。

⑤表面流出や流亡による損失分を最少限に抑えることができる環境上の関心。

引用文献

- 1) 縣和一(2008)・・大気の浄化と温暖化防止に寄与するゴルフ場、芝草研究37(1)、18—26
- 2) 宇城正和・五郎部博史・新田浩・田中晋太郎・鈴木博(2009)、「共焦点レーザー顕微鏡および蛍光顕微鏡を用いた芝草葉部の観察」2009年度日本芝草学会春季大会
- 3) 田中淳夫(2009)・・ゴルフ場は自然がいっぱい、ちくま新書、106—115
- 4) 米山勝美(2009)・・芝草を想う、2009年度日本芝草学会春季大会シンポジウム講演
- 5) Liu, H., C.M. Baldwin, F.W. Totten, and L.B. McCarty (2008) : ISHS Acta Horticulturae 783. II International conference on turfgrass science and management