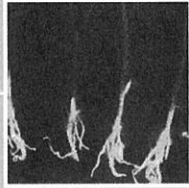
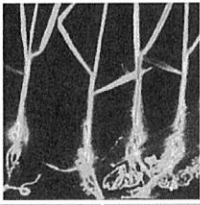


# 管理に活かす 芝草の植物生理学

## 第III回

芝草はタンパク質を  
どのようにして造るか？  
—タンパク質の重要性と窒素同化—



アクション植物科学研究所  
所長 宇城 正和 (農学博士)

「タンパク質が足りないよ〜」というテレビのコマーシャルソングに聞き覚えがあれば、あなたは50年以上生きてこられた方です。タンパク質が人間やペットの健康だけでなく、芝草の健全な生育にとっても重要であることはいうまでもありません。タンパク質は英語でプロテイン protein、ギリシア語の proteios から来ており、「最も重要な、最初の、根本の」などの意味があります。

では、なぜ、重要なのか？ 先月号では光合成による炭水化物が「生命の基本物質」であることをお伝えしましたが、今月号では、芝草にとって「生命の制御物質」であるタンパク質の重要性を考え、「タンパク質が足りない」状態に陥らないためには芝草の管理をどのようにすべきかを考えます。

### 1 タンパク質の重要性

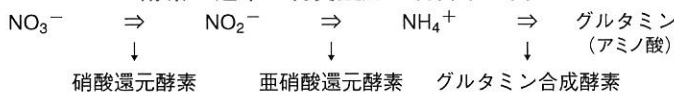
動物にとって、タンパク質は筋肉を造る重要な物質であることは、誰もが知っています。芝草の場合、タンパク質が芝草の構造体になることはありませんが、生命を維持する上で必要不可欠なタンパク質

があります。それは、酵素、受容体タンパク質、病原関連タンパク質、そして熱ショックタンパク質などです。

●芝草における重要なタンパク質  
①酵素 酵素は生体触媒ともよばれ、生体内の化学反応を促進する物質ですが、この酵素本体はタンパク質でできています。芝草体内で働いている酵素は千種類以上と言われますが、それぞれが異なる

化学反応を触媒しています。芝草を含めたあらゆる生物の体内では、酵素が作用する事によって非常に速やかに、目的とする物質を造り出せます。逆に酵素が無いと、こういった化学反応に支障が生じ、生命現象は全く止まってしまいます。それぞれの酵素は遺伝子の発現によって造られますが、タンパク質を造る素材、すなわちアミノ酸がないと合成できません。

#### 酵素が芝草の物質生産を制御する例



②受容体タンパク質⇨受容体とは、外部からのシグナル(信号物質、あるいは刺激)を細胞内のシグナルに変換し、情報を伝える重要な働きをする装置です。細胞膜や細胞質・核の中にある受容体はタンパク質で構成されていますが、解明されていないものも含めて非常に多くの種類があります。ここでは数例をあげておきます。

A. 植物ホルモン受容体・植物ホルモンと結合して細胞群に生長促進などの指令を与えます。

B. アクアポリン・水の輸送を促進する受容体タンパク質。芝草が根から吸い上げた水を維管束まで運ぶ際、細胞内を経由して水が輸送されるとき等に働きます。

C. イオンチャンネル型受容体・電気を帯びたイオン(カルシウム、カリウムなど)の細胞内への出入りを制御します。

③病原関連タンパク質(PRRタンパク質、pathogenesis related)⇨植物が菌やウイルスなどに感染し、感染細胞の膨圧が失われて細胞が死滅する(過敏反応)際に合成されるタンパク質をいいます。このPRRタンパク質は病原体を死滅させたり、増殖を抑える働きがあ

ります。例えば、病原体の細胞壁を溶かす酵素であったりします。芝草の生体防御を考えるうえで、非常に重要なタンパク質です。

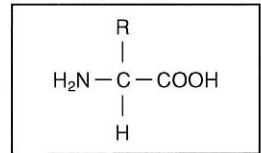
④熱(ヒート)ショック・タンパク質(HSPs、heat shock proteins)⇨ストレス障害の原因は、細胞内のタンパク質が障害を受ける事にあると言われます。HSPはタンパク質の障害を修復し、ストレスを軽減するのでストレスホルモンとも呼ばれています。HSPは、人間を含めたあらゆる動植物の細胞の中にあります。

## 2 タンパク質の構造



タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合により繋がり、特定の立体構造を形成した物質です。タンパク質の合成に必要なアミノ酸は20種類だけです。アミノ酸の一つ一つは鎖の輪1個分に相当しますが、平均的な大きさのタンパク質の場合、アミノ酸が300個ほど繋がります。従って、アミノ酸が十分に造られないと、目的とするタンパク質がうまく合成されません。

### ●アミノ酸の基本構造



タンパク質を構成するアミノ酸はアミノ基(-NH<sub>2</sub>)、カルボキシル基(-COOH)、炭素(C)、水素(H)、そして「側鎖」(R)からできています。「側鎖」の部分が20種類あるので、アミノ酸の種類も20種類あるわけです。

C、H、Oは光合成による炭水化物から供給されますが、アミノ酸の合成には窒素Nが必要です。この窒素Nはどうしても体外から吸収しなければなりません。

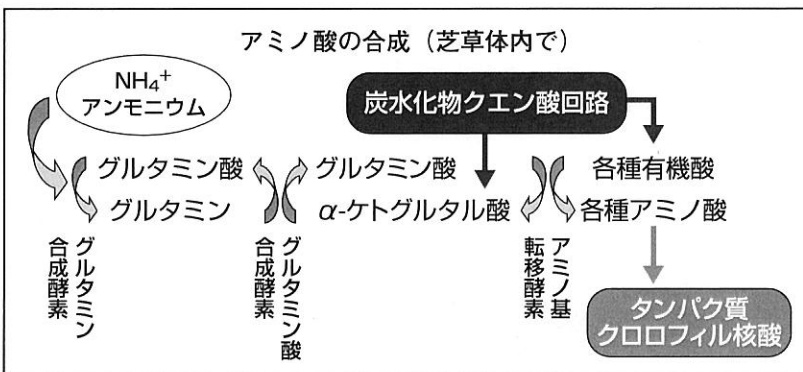
## 3 アミノ酸、タンパク質の造られる過程

### 窒素同化

アミノ酸の合成は、アンモニウムイオン(無機窒素化合物)をもとに、最初にグルタミンというアミノ酸を合成することから始まります。さらにグルタミン酸、各種アミノ酸を合成していきます。この過程において注意すべきは、光合成で出来た炭水化物を呼吸反応(クエン酸回路等)で分解してできる各種有機酸が必要だとい

とです。この有機酸に、アミノ基(-NH<sub>2</sub>)を結合させて各種のアミノ酸を合成します。

以上のように、無機窒素化合物をもとにアミノ酸を合成し、さらにアミノ酸を多数結合させてタンパク質を合成する過程を「窒素同化」とよびます。

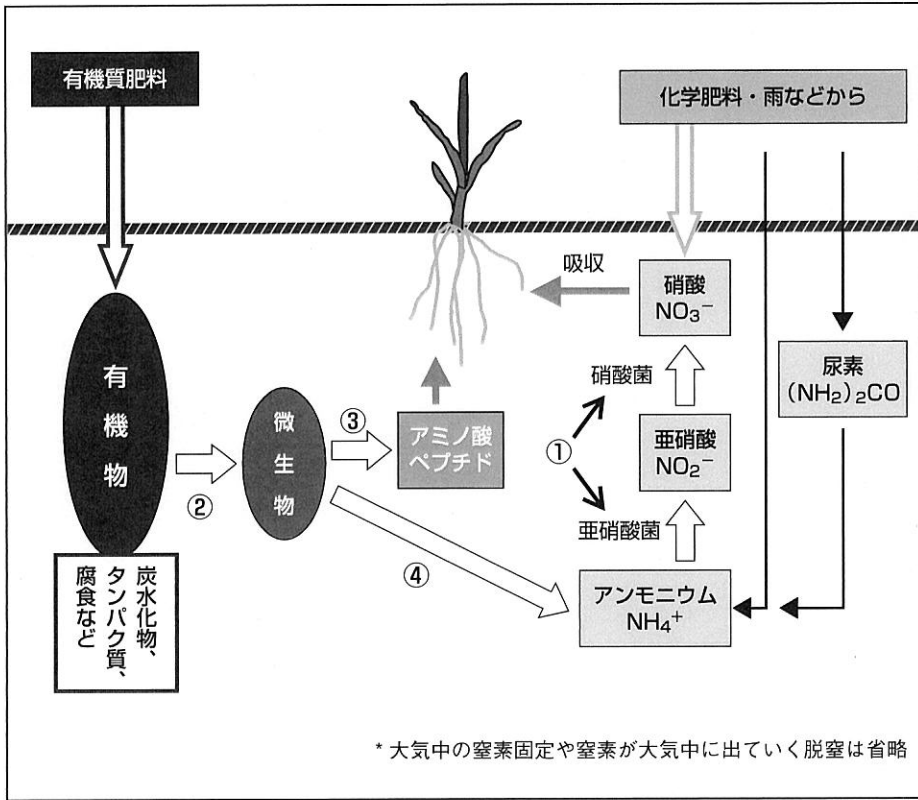


# 4 窒素の吸収と吸収後の変化

化学肥料や有機質肥料の窒素が

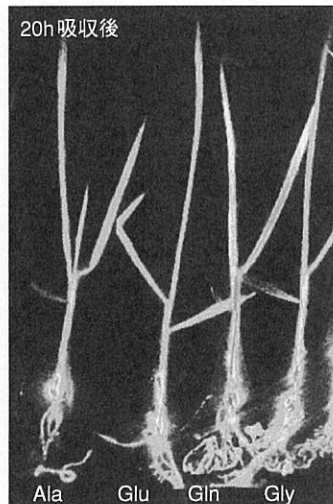
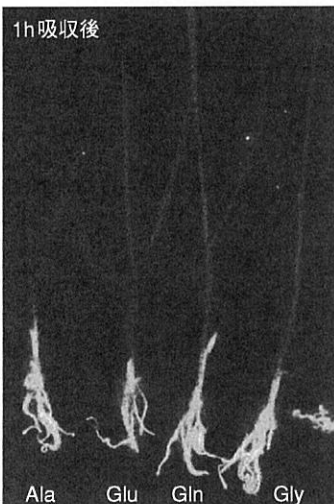


土壌の中でどのように変化し吸収されるのか、その流れを見てみましょう。  
化学肥料で与えられたアンモニウムイオンは硝化細菌によって酸



化されて、亜硝酸イオンから硝酸イオンへと変化し、吸収されます(①)。好硝酸性植物である芝草は、アンモニウムイオンより硝酸イオンを良く吸収しますので、硝化細菌の働きは重要です。  
一方、有機質肥料のタンパク質は、微生物の働きで、アミノ酸からアンモニウムイオンまで分解されます(②→④)。その後は、硝化細菌の作用で、同じように硝酸イオンへと変化し吸収されます。  
芝草体内に吸収された硝酸イオンは、その後、どうなるのでしょうか？ 体内の硝酸イオンは、今度は逆に酸素がはずされ(還元)、アンモニウムイオンになります(前述1, ①の酵素反応の例を参照)。  
このアンモニウムイオンが基となり、各種アミノ酸が合成されていきます。

## アミノ酸の吸収 アミノ酸間の比較 イネ幼植物



根の取り込みには1時間から  
地上部までの移行には20時間かかる (二瓶2009)

# 5 芝草はアミノ酸を直接吸収できるのか？



微生物による有機物の分解過程で、アミノ酸のまま留まる場合があります(前図②→③)。実は、芝草はこういったアミノ酸も直接吸収します。

多くの植物でアミノ酸の利用、吸収が報告されています。最近、

窒素分が不足すると窒素欠乏症として、茎葉の淡黄色化や、生長・分げつ・根数・根重の低下、さらに病害の多発が起ります。これらの原因がタンパク質合成の低下に起因することを理解して頂けたでしょうか。

## 6 芝草管理と窒素施肥

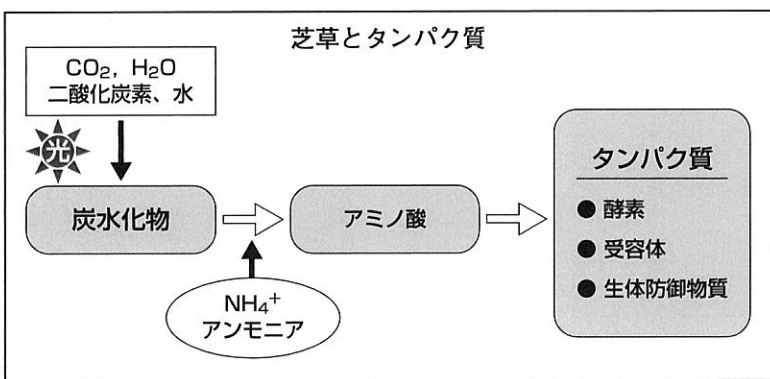
放射性同位体 ( $^{14}\text{C}$ ) や安定同位体 ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) を用いて、アミノ酸が直接根から吸収されるという動かね証拠が得られました (二瓶 2009)。写真画像で、アラニン (Ala)、グルタミン酸 (Glu)、グルタミン (Gln)、グリシン (Gly) が吸収されていることが分ります。アミノ酸の合成には窒素に加え、C、H、Oが必要ですが、色々な理由で光合成による炭水化物の生産が減少すると、アミノ酸の合成も減少してしまうことが容易に推測できます。この時には、芝草がアミノ酸を直接吸収できることを利用し、アミノ酸を施肥すれば、落ち込むタンパク合成を補うことが可能となります。ひいては、芝草の活力を高められると予想できます。

特にグリーンの芝のタンパク質合成の状況は、光合成による炭水化物の生成量と、窒素施肥の種類と量、土壌の有機残渣、また、土壌微生物の活性等によって変化します。そしてこれらは、日照量、降水量、灌水量、気温、地温や土壌内の物理的・化学的・生物学的条件の影響を受けています。

芝草が健全に生育している時は、タンパク質合成に影響を与える。これらの諸条件が適正で、窒素同化が良好に流れていることになり、夏はヒートストレス、さらに不適切な施肥等によりアミノ酸合成が低下すると、思うようにタンパク質、核酸、クロロフィル等の合成ができなくなります。グリーンの生態系は非常に複雑で緊密な関係で成り立っているため、一つの要素が適性範囲からはずれると、全体が崩れやすい宿命にあるといえるでしょう。このような危うさにあるグリーンの生態系の芝草に、適宜アミノ酸を供給すると、タンパク質をはじめとする必須物質の合成が促進され、芝草は活力を取り戻します。吸収効率を考慮すると、根部への施肥のみならず葉面から

## まとめ

- ① タンパク質は「生命の制御物質」ともいえる必須の物質である。  
② タンパク質は20種類のアミノ酸



のアミノ酸施肥は、即効性が大きいあることは言うまでもありません。

- からできている。  
③ アミノ酸は炭水化物とアンモニウムイオンから造られる。  
④ 核酸やクロロフィルなどもアミノ酸を基に合成される。  
⑤ 芝草は無機窒素化合物 (硝酸態等) だけではなく、有機窒素化合物 (アミノ酸) も積極的に吸収する。  
⑥ 窒素同化に至る窒素の円滑な流れが妨げられるような時 (グリーン生態系の崩れ) には、有機栄養素 (アミノ酸、炭水化物) の施肥が非常に有効となる。

### 引用文献

1) 伊藤要子 (2005) .. HSP が病気を必ず治す、ビジネス社、pp213  
2) 岩波生物学辞典第4版 (1996)  
3) 二瓶直登 (2009) .. 農業技術体系土壌肥料編第2巻作物栄養Ⅲ、44の10-17。福島県農業総合センター作物園芸部の二瓶先生のご好意により提供していただいた画像 (カラー画像は <http://scienceportal.jp/highlight/2008/080425.html>)  
4) 眞木芳助 (2001) .. 芝草管理用語辞典、一季出版  
5) Fry, J. and B. Huang (2004): Applied turfgrass science and physiology, John Wiley & Sons