

植物栄養と食物栄養の間

京都大学農学部農芸化学科

植物栄養学講座教授 高橋 英 一

口頭で“植物栄養”という“食物栄養”とまちがえられることが多い。世の中の認識はそんなものかと歎く前に植物栄養を本業にしているわれわれも食物栄養にもっと関心をもつべきかも知れない。この題を編集部からいただいたときそう思った。

何故なら植物栄養上問題はなくても、食物栄養上問題になることがあるからである。それはまず放し飼いの家畜でみとめられた。家畜は草食動物だからである。牧畜の占める比率の大きい欧米には、“土は草を養い、草は家畜を養い、家畜は人を養う”という諺があることをみてもわかるように、この問題に気づきやすい素地があった。

たとえば、牛や羊の“海岸病”、“食わず病”などと呼ばれていた消耗性の疾患は、コバルト欠乏が原因であることがわかった。コバルトはビタミンB₁₂の構成元素で動物には必要であるが、とくに反すう動物は胃内細菌の関係で要求性が高い。しかし植物は、マメ科植物が共生的窒素固定をする場合のほかは（根粒中の根粒菌に必要）、B₁₂依存性を示さないのでコバルトがなくても生育に支障はない。そのため食物連鎖の上で問題がおこるのである。

コバルトとことなりモリブデンは植物、動物共通の微量必須元素になっている。とはいえその役割は同じではない。植物は硝酸態窒素をアンモニア態にかえて同化する際にモリブデンを応要とするが（硝酸還元酵素は含モリブデン酵素である）、無機態窒素を同化できない動物にはこのような必要性はない。

一般に必要な量が微量でよい元素ほど有害作用のあらわれる濃度が低いという傾向があるが、モリブデンに対する植物の反応は例外的である。植物のモリブデン必要量は微量必須元素中最小（乾物

中0.2ppm以下）であるにもかかわらず、過剰害がでる濃度は高い。植物のモリブデン含量は普通2ppm以下であるが、土壌中の可給態モリブデン含量が高いときは数+ppmになり、この程度では生育に異常をきたすことはない。

しかしこのような植物を知らずに食べた牛は、下痢や体毛の変色脱落などの異常を呈する。これはscouring rushなどと呼ばれているが、このような症状をひきおこす土壌（teart soil）は、世界中にかなり分布しているらしい。

scouring rushはモリブデンそのものの直接的害というよりは、銅の吸収利用を阻害するという間接的なもので、治療には硫酸銅の投与が有効である。家畜の消化管は銅の吸収が悪く、銅不足になりやすいので飼料に硫酸銅が添加されることがある。この点植物は動物と反対で、モリブデンより銅の過剰に鋭敏である傾向がある。硫酸銅投与の行なわれた豚の糞中には高濃度の銅が含まれていることがあり、このような豚糞の施用には注意が必要である。

セレンについては過剰と欠乏の両方の問題がある。前世紀の後半アメリカの西部開拓は太平洋岸に達したが、1890年代になってネブラスカやサウスダコタの開拓地で、牛や馬などの家畜にアルカリ病や暈倒病と呼ばれる奇病が発生し、大きな被害を与えた。その原因は1930年代になって牧草中のセレンであることが明らかになった。

アルカリ病は可給態セレンの多い土壌（アルカリ性の富セレンウム土壌）に生育している植物を家畜が食べつづけたときにおこる。それらの植物のセレン含量は10ppmくらいまでであるが（通常の土壌に生育する植物は0.2ppm程度）、家畜に慢性のセレン中毒をひきおこす。これに対して暈倒病は急性のセレン中毒で、セレン集積植物を食

べたときにおこる。これらの植物（マメ科のゲンゲ属の中に集積種が存在する）は数千ppmのセレンを含むが、タンパク質にとりこまれないタイプの含セレンアミノ酸にして液胞中に隔離するので害をうけない。しかしそれを食べた家畜は、タンパク質にとりこまれるタイプの含セレンアミノ酸にかえてしまうために中毒をおこすのである。

一方アメリカの大西洋、太平洋沿岸地域に家畜の筋肉白化症という病気があった。これはビタミンE欠乏症に似ているが、ビタミンE以外に少量のセレンの投与が有効であり、牧草中のセレン含量が0.05ppm以下のときにおこりやすいことがわかった。また中国の東北部（旧満州）に克山病という風土病（一種の心筋症）があったが、最近になって患者の血液や毛髪中のセレン含量が極めて低いことがわかり、セレン投与を行なったところ顕著な効果のあることがみとめられた。セレンは体内の過酸化物を除く作用のある酵素グルタチオンペロオキシダーゼの構成元素で、細胞膜のリン脂質の酸化を防ぐ役割をもっていることが明らかにされている。

このように土壤中のセレンの欠乏、過剰がそこに自生している植物を介して家畜や人間の健康をそこなうのは、動物と植物のセレンに対する反応にちがいがり、動物は植物にくらべてセレンの欠乏、過剰に敏感なところに原因がある。

チリ硝石は水溶性窒素肥料の先駆として19世紀前半に登場したが、その後あらわれた合成アンモニア系肥料とは一味ちがうものをもっていた。それは“不純物”として含まれるホウ素とヨウ素である¹⁾。

ヨーロッパの代表的な砂糖作物であるサトウダイコン²⁾はアカザ科の作物でホウ素要求性が大きく、可給態ホウ素の少ない土壌では生育が悪い。このような土壌ではチリ硝石の施用に伴って供給

されるホウ素の効果は大きかったであろう。北ヨーロッパに広く発生したサトウダイコンの心材腐朽病が、ホウ素欠乏によることがわかったのは1930年であったから、それまでのチリ硝石のサトウダイコンに対する効果がどのようなものであったかは想像に難くない。

もう一つのヨウ素は植物には必要でないが、人間や家畜にとっては必要である。ヨウ素欠乏に起因する甲状腺腫の患者は、1960年の推計では2億人にもおよび、その対策として食卓塩にヨウ化ナトリウムが添加されたりしている。しかし窒素肥料の全部をチリ硝石で与えると作物のヨウ素含量は数倍になることが報告されており、チリ硝石の施用が甲状腺腫の発生を軽減するのに貢献していた可能性がある。

同様なことはチリ硝石に窒素の1.5倍も含まれているナトリウムについてもいえる。作物のナトリウム含量はカリウムの数十分の一程度のものが多く、ナトリウムを必要としない。しかし家畜や人間はカリウムに近い量のナトリウムが必要である³⁾。肥料の高成分化は一般の作物が必要としないナトリウムを疎外してきたが、牧畜が大きなウエイトを占めるヨーロッパではこれを補うために“ナトリウム肥料”を草地や飼料畑へ施用する

第1表 西ドイツにおける飼料作物に対するNa施用基準の例*

土壤中の可給態 ^{**} Na ppm	Na施用量kg/ha	
	砂質土壌	壤質土壌
1~15	60	40
16~45	45	30
46~95	30	20
96~135	15	10

* Fink, A. : Fertilizers and Fertilization p217
Verlag chemie 1982 より

** CaCl₂ 置換態 Na

ことが推奨されているようである（第1表参照）。サトウダイコンは家畜の飼料としても用いられるが、ナトリウム含量が高く、ナトリウム肥料の施用効果が高い。サトウダイコンの属するアカザ科

3) 体重65kgの人の一日当たりの所要量は、カリウム2500mg、ナトリウム3900mgである。

- 1) 含量にはバラツキがあるが、0.1%程度のホウ素、0.05%程度のヨウ素が混在する。
- 2) 18世紀以前は野菜として葉や根が利用されていたが、18世紀ごろからドイツで飼料用として栽培されるようになり、さらに19世紀はじめナポレオンによって製糖用に利用されるようになった。

は塩生植物が多いが、作物化されたサトウダイコンにもこの科の特徴が残っている。チリ硝石がサトウダイコンに好んで施用されてきた背景にはこのような事情があったと思われる。

ところでわが国は酸性土壌が多いが、これは農産物を介してのカルシウムやマグネシウムの供給を低くしている可能性がある。ある栄養摂取調査の結果⁴⁾によると、カルシウムは学生、生徒などの若年層では乳類が主な摂取源になっているが、地方の自宅調理型の食生活のところでは乳類のほかに豆類、野菜類、魚介類から平均的に摂取している。一方マグネシウムの主な摂取源は穀類であり、ついで、野菜、魚介、肉、乳から摂取している。乳製品中のカルシウムは飼料作物に含まれているものから由来しているので、農産物のカルシウム、マグネシウム含量を高めることは摂取量の向上に貢献するところが多い。ちなみにこの調査結果ではカルシウムの摂取量はアメリカの標準所用量(700mg/日)の70~100%、マグネシウム摂取量はアメリカ(350mg/日)の45~85%であった。

わが国における施肥はこれまで作物の生産性を最高に発揮させるために、土壌に不足している養分を補うことを目的として行なわれてきた。しかし作物の栄養要求量は満たされていても、家畜や人間に対する作物の栄養価を考えた場合十分でないことがある。多量必須元素ではナトリウム、カルシウム、マグネシウムの不足があげられる。農業生産の目標はかつての収量一辺倒から品質へと移りつつあるが、現在品質としてとりあげられているのは形、色、味などという施肥技術と直結しにくいもの(品種依存性の高いもの)である。これに対して作物の栄養価、その中でもミネラルの含量やバランスが品質の指標になるときは技術的にとりくみやすくなるだろう。施肥位置や施肥時期などの施肥技術と、肥料成分や溶解度調節などの製造技術を組合せることによって、作物の収量をおとさずに、食物栄養学の観点からよりすぐれ

た牧草や野菜や穀物を生産することは可能であろう。

第2表 飼料作用のミネラル含量の目標値*
搾乳牛(20kgミルク)の場合

P 0.43%	Fe 60ppm	I 0.3ppm
Ca 0.70%	Mn 60ppm	Co 0.1ppm
Mg 0.18%	Zn 50ppm	Se 0.1ppm
Na 0.18%	Cu 10ppm	

* Finck, A. Fertilizers and Fertilization p333
Verlag Chemie 1982 より

因みに西ドイツでは飼料作物のミネラル含量のミネラル含量の目標値が示されている(第2表参照)。またわが国の府県レベルで行なわれた食品

第3表 精白米、ハクサイのNa, K, Ca, Mg含量にみられる地域差* 新鮮物 100g 中の mg

	水分%	Na mg	K mg	Ca mg	Mg mg	
精白米	平均値	14.2	1.48	85.9	4.48	29.6
	最大値	16.3	2.83	121	8.7	77.5
	最小値	11.6	0.56	46.5	1.12	13.7
ハクサイ	平均値	95.1	7.00	222	36.9	9.98
	最大値	97.3	13.6	292	58.5	15.1
	最小値	92.8	2.30	128	10.1	3.6

* 日本国民の栄養摂取量の地域差に関する

研究Ⅱ 地方衛生研究所全国協議会昭和59年中のミネラル含量の調査結果によると、第3表にみられるようにナトリウムは精白米で5倍、ハクサイで6倍、カルシウムは精白米で8倍、ハクサイで6倍、マグネシウムは精白米で6倍、ハクサイで4倍の地域差がある。これは土壌や施肥の影響を反映しており、施肥によってこれらの含量を大幅に増加できる可能性を示している。

土、作物、家畜および人間、これらそれぞれの場におけるミネラルの動態を把握し、それらを適切にコントロールする方法をみだし、それにみあった肥料をつくりだすこと、これは自分の土地で生産した食糧への依存性が少なくなったわが国では重視されていないが、今後はもっと真剣にとりくむべき課題である。それには植物栄養学と食物栄養学との間をもっと緊密にする努力が必要であろう。

4) 京都大学医学部衛生学教室による調査。日本人の無機質摂取量の調査について木村美恵子ほか、微量元素研究第1集71-82(1984)による。