

[連載講座]

ブドウ栽培の基礎知識Ⅲ
施肥の理論と技術

岡山大学農学部 岡本 五郎

1. 施肥の理論

1) 植物の必須要素

植物が生長するには、光と炭酸ガス、酸素、水、窒素、各種のミネラルが必要である。葉は空中の炭酸ガスと土壌から吸った水を原料として、光エネルギーを利用して炭水化物を合成する（光合成）。一方、根は窒素を含む各種の無機養分を吸収し、根、枝、葉など植物体の各部分で、炭水化物と組み合わせて生長に必要な多種多様な栄養や体の構成物質を合成する。一般的に植物が正常に生育するために欠くことのできない元素を「必須要素 (essential elements)」と言う。窒素 (N)、リン (P)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、イオウ (S)、ホウ素 (B)、塩素 (Cl)、銅 (Cu)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、モリブデン (Mo)、亜鉛 (Zn) の13種類である。N、P、K、Ca、Mg、S は植物体中の濃度が比較的高く、また、多量に与える必要があるので「多量要素 (macro element)」と呼ばれ、B、Cl、Cu、Fe、Mn、Zn は量的に少ないので「微量元素 (micro element)」と呼ばれる（第1表）。それぞれの要素の役割についての詳しい説明はここでは省略するが、窒素はアミノ酸やタンパクの中心的な元素で、生長にもっとも重要な機能を果たす。他の多量要素は植物体の主要な構成要素や酵素活性の調節を、微量元素は主として補酵素としての役割を有する。

2) 栽培に施肥が必要であること

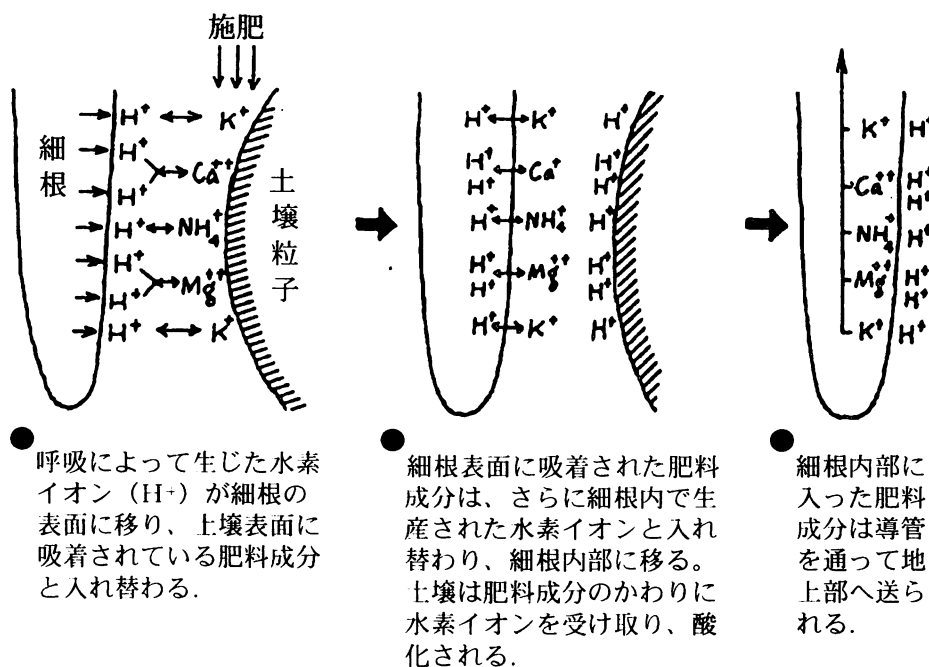
山野の植物には誰も施肥をしないが、それらは長年にわたって繁茂し続ける。これは、その植物自身及び周辺の植物のリター（落葉や落枝など）、動物や微生物などの遺体が土壌中の微生物によって分解され、各種のミネラルやアンモニア、硝酸となって植物の根に吸収、再利用されるからである。また、樹皮や地表に寄生する窒素固定菌によ

第1表 植物の必須元素の吸収形態と必要量の比較（高橋⁹⁾より引用）

必須元素	吸収される形態	乾物中の濃度
微量必須元素		
モリブデン(Mo)	MoO ₄ ²⁻	0.1 ppm
銅(Cu)	Cu ²⁺	6
亜鉛(Zn)	Zn ²⁺	20
ホウ素(B)	H ₃ BO ₃	20
マンガン(Mn)	Mn ²⁺	50
鉄(Fe)	Fe ²⁺	100
塩素(Cl)	Cl ⁻	100
多量必須元素		
イオウ(S)	SO ₄ ²⁻	1,000
リン(P)	H ₃ PO ₄ ⁻	2,000
マグネシウム(Mg)	Mg ²⁺	2,000
カルシウム(Ca)	Ca ²⁺	5,000
カリウム(K)	K ⁺	10,000
窒素(N)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	15,000

って空中窒素が同化され、植物の栄養源になる。膨大なリターが産出される森林は豊富な養分供給源である。水田では、そこから発する山水や河川を利用することによって、無施肥のままでもかなりの量の米が何千年も生産されてきた事実からも、植物栄養の循環が理解される。

一方、作物の栽培では、良質でできるだけ多くの収穫物を得るために、作物の生育を旺盛にさせ、栽植密度を高める努力がなされる。しかも、生長を遂げた枝葉や果実のほとんどが園外に持ち去られる。つまり、畑地は人間による収奪を受け続けるわけである。さらに、果樹栽培の場合は枝や幹、根も毎年肥大生長をして、翌年のための貯蔵養分を蓄えなければならない。したがって、上に述べた天然供給の無機養分の何倍もの養分が必要である。それを人が補うことが施肥 (fertilizer application) である。



第1図 根による肥料成分の吸収のしくみ。(岡本原因)

この吸着能力が非常に高くなり、土壌養分は安定的に保持される。したがって、堆肥の投入は施肥の効率と持続性を高めるために極めて大切なことである。

以上のように、多種多様な土壌微生物の存在と団粒構造の形成は、施肥の際に極めて重要な働きをもっており、その機能のお陰で1年間にわずかな数回の施肥によって植物は安定的に養分吸収を継続し、正常な生長を続けることができるのである。もしもこのような土壌微生物と団粒の機能が不足すれば、与えた肥料の多くは雨水によって流亡してしまう。水耕などのように土壌を使わない栽培では、上に述べたような土壌微生物の機能が期待できないから、必須要素を含んだ養液 (culture solution) を、連続的に流し続けることが必要である。

3) 土壌微生物、団粒の重要性

作物の栽培に施肥が必要であると同時に、忘れてならないのが土壌微生物の維持である。土壌中には多種多様な土壌微生物が生息しており、これが施肥された有機質肥料や腐植 (堆肥など) を餌として摂取し、盛んに自己増殖と世代交代を行う。植物の根は微生物の体に取り込まれた要素を吸収することはできないが、死滅した微生物からは無機化された養分が放出され、植物は利用できる。すなわち、土壌微生物は土壌中養分を一時的にプールする役割を果たしており、土壌中の無機要素の濃度は安定的に維持される。

一方、無機態となった養分は、イオン化して土壌粒子 (粘土) に吸着される。粘土の表面はマイナスに荷電しており、アンモニアやK、Ca、Mgなどのカチオンを吸着、保持する。作物の根は、呼吸によって作り出したH⁺イオンを放出してこれらの要素を受け取る (第1図)。粘土のイオン吸着能が小さいと、多くの無機化した肥料成分は雨水によって流亡してしまう。粘土に腐植 (堆肥などの有機物が微生物によって細くなったもの) が混和し、いわゆる「団粒構造」を形成した場合は、

2. 施肥の具体論

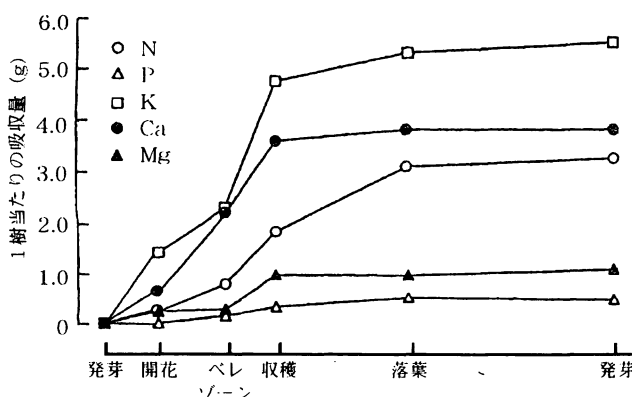
1) ブドウ樹の養分吸収量とその時期

実際の施肥に当たっては、どの肥料をどれだけ、いつ与えるかを決めなくてはならない。その根拠となるものは、ブドウ樹の年間養分吸収量の測定である。正常に栽培されているブドウ樹を各時期に解体し、各部の無機要素濃度を分析するとともに各部の成長量を計測して、1樹当たりあるいは10a当たりの無機要素の増加量を算出する。第2表はデラウエアについての調査例である。この他にも同様の調査はかなりあるが、生食用ブドウでは大体、窒素で8~12kg/10aの吸収量が得られている。筆者は、根域制限ベッドで密植 (列間2m、樹間0.5m) したワインブドウ 'ミュラー・ツルガウ' の養分吸収の時期的変化を調査した (第

第2表 デラウエアの10a当たり年間養分吸収量 (高橋 1987⁹⁾)

器官	N	P	K	Ca	Mg
果実	1,573	112	1,489	141	84
葉	4,604	858	2,910	4,230	509
茎	1,249	562	1,631	978	158
小計	7,426	1,532	6,030	5,349	778
母枝	100	18	85	113	14
側枝	86	13	64	125	77
垂主枝	42	5	3	58	6
主枝	117	18	104	158	18
幹	77	11	48	56	9
小計	422	65	304	510	124
地上部計	7,848	1,597	6,334	5,859	902
大根	13	25	53	99	12
中根	448	82	156	261	54
小根	523	90	137	259	30
細根	433	70	124	251	31
小計	1,417	267	470	870	127
新根	938	146	420	734	116
地下部計	2,355	413	890	1,604	243
総合計	10,203	2,010	7,224	7,463	1,145

注) デラウエア 13 園、16 樹 (平均樹齢 11.3 年) の平均値。平均 LAI は 3.63、収量 1.4t。



第2図 根域制限ベッド栽培の「ミュラー・ツルガウ」の5要素吸収パターン。(岡本ら 1995¹⁾)

2 図)。K と Ca は発芽期から収穫期まで、N は開花期から落葉期まで、Mg はベレゾーンから収穫期まで活発な吸収が認められた。この調査では、

10 a 当りに換算した各種の養分吸収量は、N : 3.4kg、P : 0.6kg、K : 5.6kg、Ca : 4.0kg、Mg : 1.2kgで、先に示した巨峰の場合よりもかなり少なかった。これはワインブドウの特徴と言うよりも、根域制限・密植栽培方式によるものであろう。液肥をベッドの外に漏出しない量で繰り返し与えるため、施肥のロスがほとんど無いこと、小木・密植方式のため、太い根が少なく、幹、主枝、新梢も短くて細い。すなわち、果実以外の成長量が少ないため、養分吸収量が少ないと考えられる。

2) 肥料成分の流亡、不可吸態化、拮抗作用

ブドウ樹の年間の養分吸収量は以上のように算出されるが、施肥の量がそれだけでよいことにはならない。土の与えた肥料分のいくらかは、雨やかん水のときに流れ去ってしまう。上に述べたように、団粒構造が発達していれば、カチオンはいったん土壌粒子に吸着されて、簡単に流れ去ることはない。しかし、長期的には雨水の浸透によって徐々に水素イオン (H⁺) と置換されていく。一方、硝酸のようなアニオンは土壌には吸着されないから、根が吸わなければ容易に流れ去っていく。

また、土壌中で肥料成分が化学変化を起こし、根が吸えない形になってしまう (不可吸態化) ものも少なくない。特に、リン酸は鉄やアルミニウムなどの金属元素と結合し、不可吸態化しやすい。Mn、Zn、Cu、Fe、Bなどの微量元素は、土壌のpHが中性以上になると不可吸態化する。石灰土地帯で葉全体が黄色くなったり、白っぽくなる場合が多いのは、鉄や亜鉛欠乏によるものである。

さらに、土壌中には適正な量の各種の養分が含まれていても、そのバランスが偏ると根は吸収できない場合もある。例えば、窒素とカリは強い拮抗関係にあり、ブドウ樹の生長を強めようとして窒素を過用すると、カリウムの吸収が抑えられて果実の発育が不良になる。また、夏以降、ブドウの葉が葉脈を残して黄色になって、いわゆる「虎葉」となる症状が見られる。典型的なマグネシウム欠乏であるが、土壌の酸性化が原因の場合も多いが、果実肥大を促すためにカリの多量施肥によ

る場合もある(第3表)。

3) 施肥量の決定

第3表 ブドウの砂耕液のK濃度と新梢生長、苦土欠乏症出現との関係(小林³⁾より引用)

K濃度 (ppm)	新梢伸長量 (cm)	新梢の長さに対する苦土欠乏症発現(%)	葉内のMg含量(%)
120	128	64	0.08
80	161	60	0.09
40	212	53	0.09
20	125	53	0.11
0	85	39	0.14

注) N: 80 ppm, P: 40 ppm

以上のようなブドウ樹の養分吸収量と、肥料の流亡、不可吸態化などによる施肥のロス、さらにすでに土壤中に含まれている養分の量(いわゆる地力)を総合して、施肥量が決定される。したがって、土壌分析値や樹の生育状況などを十分に参

考にすべきである。

通例的には、窒素やカリ、マグネシウムの施与量は必要量(樹の予定吸収量)の20~40%増しで、リン酸は不可吸態化を見越して2~4倍施肥する場合が多い(第4表)。カルシウムは土壌酸度の調節の意味が大きく、酸性の矯正に適切な量を与える(第5表)。微量元素は適切な堆肥の投入がなされていれば、それによって十分補給されている。欠乏の兆候があれば、土壌酸度の適正化を図るべきである。微量元素剤も市販されているが、与え過ぎると激しい過剰障害が発生しやすい。十分気を付けて施与量を決定する。

4) 堆肥に含まれる肥料成分

普通、果樹園にはよく腐熟した堆肥を毎年2t(10a当たり)程度投入することが薦められる。これは、土壌を柔らかくして通気や保水性、保肥性を高め、根の住みよい環境を維持するためである。

しかし、同時に堆肥には窒素成分や各種のミネラルも含まれているから、その分を計算に入れる必要がある(第6表)。しかし、一口に堆肥と言ってもその原料や腐熟の程度が実にさまざまであり、含まれる肥料成分も大きく異なる。例えば、鶏糞を主な原料とした堆肥は、新鮮重の0.1~0.2%の窒素を含むから、2tで2~4kgの窒素が施肥されたことになる。また、鶏糞はリン酸を非常に多く含むのが通例で、むしろ過剰投与

第4表 ブドウの標準施肥量の例(10a当たり成分kg)

地域	品種	土壌	N	P	K	備考
山梨県 ¹⁰⁾	デラウェア	火山灰	18	21	18	
	"	普通	18	15	18	
	赤・マスカット		19	18	19	粗大有機物2t
長野県 ⁴⁾	巨峰	非黒ボク	8	8	8	
	デラウェア	黒ボク	12	8	10	ヨウリン120~150kg
	"	非黒ボク	14	8	10	
岡山県 ⁶⁾	デラウェア		7	6	6	基肥(11~12月)
	"		+3	2	2	礼肥(8月下旬~9月上旬)
	マスカット・ベリー-A		10	9	9	基肥(10~12月)
	"		+4	3	3	礼肥(収穫後)
	ピオーネ		8	5	7	
	マスカット・オブ・アレキサンドリア		8	2	9	3tの堆肥施与による

第5表 中和石灰量(炭カルkg)の求め方¹⁰⁾

土壌のpH	目標とするpH		
	6.0	6.5	7.0
6.0	0	190(125)	430(375)
5.5	80(70)	270(195)	500(445)
5.0	130(105)	320(320)	550(480)
4.5	160(125)	350(250)	600(500)

注) 壤土~埴壤土の場合、()内は砂質壤土。

になりやすい。牛糞堆肥は塩素が過剰に含まれて、有害になることが多いし、ワラの堆肥はカリ含量が高く、カリ過剰になりやすい。一方、市販されている樹皮堆肥(パーク堆肥)は繊維やリグニンが多く、肥料成分は少ないのが普通である。むしろ未熟なものはC/N比が高く、そのまま土壌に混和すると、いわゆる窒素飢餓(窒素が微生物の体に取り込まれ、植物の根は窒素が吸えない状態

第6表 有機物、堆肥の成分 (%)

肥料・堆肥の種類	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
堆肥(新鮮物)		0.45	0.23	0.48
きゅう肥(新鮮物)		0.54	0.32	0.58
野草(風乾物)		1.19	0.39	1.26
イナワラ(風乾物)		0.57	0.23	1.05
落葉(新鮮物)		0.95	0.18	0.20
モミガラ(新鮮物)		0.64	0.19	0.49
ワラ灰	—	—	1.56	4.61
モミガラ灰	—	—	0.78	2.85
牛糞尿(乾燥堆積物)		0.8	0.8	1.0
鶏糞(乾物)		3.5	4.5	3.0
米ヌカ(新鮮物)		2.08	3.78	1.40
アカマツ鋸屑(新鮮物)		0.16	0.07	0.13
蒸製骨粉(新鮮物)		4.19	22.17	—
樹皮堆肥	55.8	0.64	0.41	1.01
オガクズ堆肥(A)	55.0	0.26	0.18	0.13
” (B)	—	0.63	0.39	0.32

注) 上から13項目は甲斐⁹⁾より抜粋、下の3項目は山梨県果樹園芸会¹⁰⁾より引用。

になること)がおきやすい。

3. 施肥の実際

1) 施肥の時期

施肥をいつするかは大きな問題である。元来、果樹の施肥は「元肥(もとごえ)中心」が常識であった。すなわち、11~2月に冬肥(寒肥)として堆肥や厩肥を施し、基本的にはそれで1年間を賄う。途中で葉色が薄くなったりすれば菜種粕などで追肥する、という考え方であった。しかし、これは、果樹の年間の養分吸収パターンと大きくずれていることは明らかである。要するに、果樹栽培は稲や野菜のように小まめな管理をしなくても、冬の農閑期に施肥をしておけば、何とかなるという感覚である。その後、12~2月の厳寒期には肥料成分の吸収が非常に不活発であること、秋に吸収した窒素の方が、体内でアミノ酸に合成される率が高く、春からの初期生育に役立ち、かつ「遅効き」が少ないことなどが明らかになって、10~11月の「秋肥」が奨励されるようになった。早めの元肥で年間の80~100%を施用する人も多

い。ただし、果実の発育に伴って多量に吸収される力は、半分程度を結実期以後に与えるのが普通である。いずれにしても、このような時期に多くの施肥をするには、土壌中に十分な腐植が存在し、豊富な土壌微生物が肥料成分をいったん抱きとめて、1年がかりで徐々に無機化して根に供給する、という前提条件が必要である。

最近では、よりの確な果樹の栄養管理を目指し、「必要な時期に必要な量を与える」という考え方が強まってきた。秋肥や元肥の割合を少なくし(年間施肥量の30~50%)、発芽期、結実後や収穫期後の追肥を多くする(それぞれ20~30%)栽培家が多い。もちろんこの技術は、十分な樹の観察眼と肥料の種類選択、的確なかん水が伴わなければならない。

カリフォルニアのワインブドウ地帯の施肥体系は、1980年代に大きく変わった。その一つの理由は点滴かん水の導入である。必要に応じたかん水によって、肥培管理が的確にできるようになった。カリフォルニア大の Christensen¹⁷⁾ 教授を中心として、多くの実験と調査が行われた結果、それまでの元肥中心から、結実後に年間の約50%、収穫期後に約30%、落葉期(または発芽期)に残りを施肥する方式が、収量、品質、樹の永続性の点で最も優れることが証明された。このように、施肥時期については世界的に従来の元肥中心から、より合理的な施肥方法へと移りつつある。

2) 肥料の種類

肥料は大別して化学肥料と有機質肥料(有機とは、有機体すなわち動植物に由来するものという意味。油粕、豆粕、魚粉、骨粉など)に分けられる。前者は有機物を含まない「無機肥料」であり、硫安(硫酸アンモニウム)、硝安(硝酸アンモニウム)、磷安(リン酸アンモニウム)、尿素、塩化カリ、苦土石灰など、多種類の化学合成肥料がある。これらは肥料分濃度が高く、水に溶けやすく、即効性である。逆に言うところと流亡も早く、持続性が乏しい。また、硫酸イオンや塩素イオンを高濃度に含むので、これらが残留して蓄積し、植物の根にいわゆる塩類障害を起こす。これらだけの

施肥では、土のpHが変動しやすく、腐植は消耗して、土壌の物理性が劣化し、微量要素欠乏も起きやすい。堆肥の投入によって腐植が豊富に含まれた園地で利用すべきである。

近年、無機成分をカプセル状にコーティングし、肥料成分が極めて徐々に溶け出てくる「コーティング肥料」が市販されるようになった。まだ、製品の種類が少ないが、将来的にはコーティング素材を調節することによって、多種多様な溶解速度の肥料が提供されるようになると期待される。

一方、有機質肥料は動植物の遺体や残渣であるから、そのままでは根はほとんど吸収できない。土壌微生物によってこれらが徐々に分解され、無機化したものから利用されるので、安定的に、長期間の肥効をもたらす。遅効性の肥料である。その分解速度は微生物の活動の活性に支配されるから、土壌の温度や湿度、あるいは微生物の密度によって肥効の程度が大きく異なる。しかし、肥料成分以外に多量の繊維やリグニン、タンパクなどを含むから、土壌のpHは安定し、土の膨軟性を維持し、団粒構造を豊富にする。秋肥や元肥には長持ちする有機質肥料を使用し、追肥には化学肥料を用いるのが一般的である。

3) 液肥の長所

液肥はすでに野菜や果菜の栽培に広く実用されている。無機質肥料を水で溶解し、要素の濃度とpHを調節して施与する。果樹の場合、根が深く、広範囲に拡がっている場合が多いが、このような状況では有効でない。根域制限栽培などで根群が一定の範囲にある場合は、非常に正確、適切な肥培管理が可能となる。ノズルかん水や点滴かん水のシステムを利用でき、自動化、無人化が容易である。始めに述べた樹の養分吸収パターンに合わせて施肥すれば、もっとも適切で、むだのない施肥ができる。将来的には発展が期待される。

引用文献、参考図書

- 1) Christensen, L. P. (1990). 畝間灌漑や点滴灌漑下で栽培されているブドウの窒素の吸収、貯蔵、利用に及ぼす施肥時期の影響. ASEV Jpn. Rep. 1(3):208-209 (大会での講演要旨).
- 2) 甲斐秀昭・橋元秀教 (1976). 土壌腐植と有機物, p.152.
- 3) 小林 章 (1958). 果樹の栄養生理(養賢堂), p:95-96.
- 4) 長野県経済事業農業協同組合連合会発行 (1996). 果樹指導指針, p.393-396.
- 5) 岡本五郎他(1995). 根域制限栽培した 'ミューラー・ツルガウ'樹の無機養分吸収量. ASEV Jpn. Rep. 6(1):3-11.
- 6) 岡山県発行(1997). 果樹栽培指針, p.67-68, 101, 126-127, 146-147.
- 7) Peacock, W. L. and L. P. Christensen(1988). Uptake, strage, and utilization of soil-applied nitrogen by Thompson Seedless as affected by time of application. Am. J. Enol. Vitic. 39(4):16-20.
- 8) 高橋英一(1982). 作物栄養の基礎知識(農山漁村文化協会), p.183.
- 9) 高橋国昭・小豆沢 斉(1987). デラウエアにおける器官別、組織別の無機成分含有率、含有量および吸収量について. 園学要旨(昭62秋):98-99.
- 10) 山梨県果樹園芸会発行(1986). ぶどうの促成栽培, p.229-236, 294-296.