

[連載講座]

ブドウ栽培の基礎知識 IV
 灌水の理論と技術

岡山大学農学部 岡本 五郎

1. 灌水の理論

1) ブドウが必要とする水分

植物が生長するには、根が土壌中の水分、窒素など各種の無機栄養を吸収しなければならない。吸収された水分は、体内での物質の移動や成分の生成、

葉での光合成や蒸散など、あらゆる生理代謝と成長反応になくなくてはならないものである。従って、水分の吸収が不足すると、たちまち生長は衰え、やがて植物は枯死する。

植物が乾物で1gの生長を遂げるのに要した水分の

第1表 各種果樹の要水量 (小林¹⁾より引用)

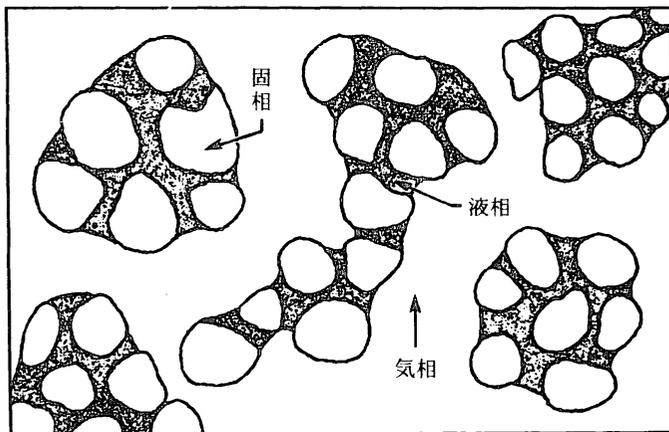
	I		II	
	測定期間	要水量 (mL)	測定期間	要水量 (mL)
リンゴ (祝)	4月11日～ 8月11日	295	4月11日～ 9月15日	415
日本ナシ (二十世紀)	4月11日～ 7月14日	219	"	401
モモ (大久保)	-	-	"	369
温州ミカン	-	-	"	292
ブドウ (デラウエア)	-	-	"	182
オリーブ	-	-	"	114

量を「要水量」という。この要水量は植物の種類によっても異なり、ブドウは少ない方である (第1表)¹⁾。

2) 土の中の水と根による吸収

土は、土の粒子と腐植 (堆肥などの有機物が微生物によって細かく分解されたもの)、および両者が結び付いた団粒などから成り立っており、それらの間には多くの隙間がある。多量の降雨や灌水の直後はその隙間

はすべて水で満たされているが、約1日後には重力水は流れ去り、毛管水は残る (第1図)。この時、その土壌が含むことのできる最大限の水が土壌中に含まれている状態であり、この水の量を「圃場容水量 (field capacity)」という。圃場容水量は、土壌の種類によって大きく異なる。例えば、マサ土のような腐植の乏しい土壌では乾燥土100gの中に13%程度しか水が含まれないが、ピートモスなどの有機物を多く含む土壌は約70%もの水分が含まれる (第2表)²⁾。毛管水は容易に植物の根に吸われ、植物の生長を支えているものであるから、その多少はその土壌の保水性を示すものとして重要である。



第1図 重力水が抜けた後の土壌の固相・液相・気相。

第2表 マサ土とピートモスを混合した培土と水分含量^{a)}
 (高橋, 1975)

マサ土 : ピートモス	圃場要水量 (A)	水分当量 ^{b)} (B)	有効水量 (A-B)
1 : 0	13.3	6.0	7.3
3 : 1	18.6	10.2	8.4
1 : 1	31.6	15.0	16.6
1 : 3	68.3	29.3	39.0

^{a)} 乾燥土壌 100 g 当たりの mL.

^{b)} 毛管水の切れる乾燥状態 (pF 2.7)、ここまでの水は根が比較的容易に吸収できる。

土壌中の毛管水が根で吸収されて少なくなってくると、後には土や団粒などの周囲を膜状に取り囲む水分だけが残る。この水は表面張力によって固体に強く吸着しており、根はよほどの力でないとこの吸着水を吸い取ることができない。つまり、土壌粒子と根が水を奪い合う状況となる。根が水を吸収する原動力は、葉による蒸散である。葉裏

の気孔から体内の水分は蒸気となって放出されるその水分量、夏の快晴時には100cm²のブドウの葉から1時間で1gにも及ぶ(第3表)³⁾。樹全体として多量の水が放出されるから、葉から葉柄→新梢の茎→枝→幹→太根→細根と続く導管は強い負圧となって、土壌粒子に付着する水を外側から奪い取るのである。吸水によって吸着水が薄くなるにつれて、残った水の土壌への吸着力は強くなり、ついには根が吸い取ることのできなくなり、葉は萎れ、やがて樹は枯れる。

3) 土壌水分条件の表わし方

土壌の水分含量の表示には、生土に含まれる水分の割合や一定の容積の土の中の乾土と水分の割合などが用いられる。これらは土を採取して、高温で乾燥してから求められる値である。しかし、実際の栽培で必要なことは、今、根の付近にまだ吸収できる土壌水分があるかどうか、または、それがどれだけあるか、である。このような「根に利用できる水の状況」を表す方法として、土壌の「水分張力(water tension)」が一般的に用いられる。これは、水分が土壌粒子に吸着されている強さ(張力)を示すもので、それが何センチメートルの水を引き上げる負圧に匹敵するか、あるいは、深さ何センチメートルの水を吸い上げる力でないとその水を吸い取ることができないか、その値の対数をpF値として示すものである。例えば、1mの深さの水を吸い上げる力でようやく吸うことのできる状態にある水は、1m = 100cm, log100 = log10² = 2.0、すなわちpF2.0の水分張力であると表現する。一般に、植物の根はpF2.7以上の張力で土壌粒子に吸着している水を吸い取ることにはかなり困難であり、pF3.0(深さ10mの水を吸い上げる力)がほぼ限界である。

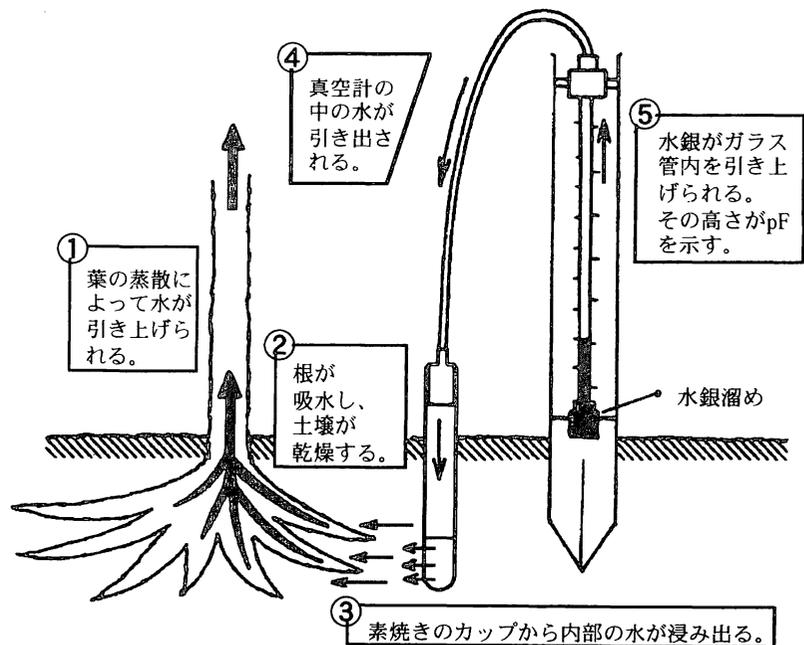
土壌の水分張力を簡単に示す道具として、テンシオメーターが市販されている。原理は、素焼きのカップを土壌中に埋めて水を満たし、それに接続し

た水を満たしたチューブと連結したガラス管の先端を水銀溜めに立てたものである(第2図)。土が乾いてくると素焼きのカップから水が吸い取られ、水は負圧となって水銀を引き上げる。水銀の高さは水柱の高さに換算され、その対数値が目盛りとなっているので、pF値が直読される。水銀を用いず水の負圧をそのままpF値で示す器具もある。いずれも非常に便利であるが、素焼きのカップのごく近傍の水分張力のみを示すものであって、その付近一帯の水分条件を示すものではない。根の分布によって、土

第3表 マスカット(1月下旬加温)の葉の蒸散量に及ぼす土壌水分^aの影響(中野ら, 1979)

少量かん水区			多量かん水区		
月/日	葉の位置	蒸散量 (mg/100cm ³ /hr)	月/日	葉の位置	蒸散量 (mg/100cm ³ /hr)
4/18	3	315.7	4/20	3	365.5
	6	388.8		6	544.9
	9	580.8		9	306.5
	平均	428.4		平均	405.6
6/26	3	1244.1	6/21	3	780.8
	6	657.0		6	986.4
	9	428.8		9	596.0
	平均	776.6		平均	787.7
9/21	3	121.1	9/17	3	439.5
	6	301.1		6	390.9
	9	167.6		9	207.9
	平均	196.6		平均	346.1

^a 少量かん水区の地表下30cmのpFは1.8~2.7、多量かん水区では1.6~1.9。



第2図 土壌水分の変化とテンシオメーターの反応:

壤水分条件は大きく異なるので、全体を把握するためにはかなり多くのテンシオメーターを設置する必要がある。

2. 灌水の具体論

1) 土壤水分条件とブドウ樹の反応

土壤水分条件によるブドウの生育や果粒の肥大・成熟、光合成速度の変化については多くの研究がある。一般的に、水分ストレスが強くなると、新梢や葉が小型になり、果粒の肥大は抑えられて成熟が早まる。カベルネ・フランについての発育ステージごとの水分ストレスの実験によると、幼果期の水分ストレスは果粒肥大を抑制し、ベレゾーン期の強い水分ストレスは成熟を抑制する(第4表)⁴⁾。

今井ら⁵⁾は、巨峰をpF1.5(常に土壤が湿っている状態)またはpF2.2で(かなり乾いてから)灌水して新梢や新根の生育、果実の発育を比較したところ、開花期まではpF2.2灌水にすると茎や葉の生育はある程度抑えられるが、新根の発育が優れること、結実期以降はpF1.5で灌水する方が果粒の肥大が優れること、ベレゾーンからは再びpF2.2灌水の方が果実の成熟が良いことを示した。一方、同氏らは、果粒の日変化の様相から灌水点を評価した実験によると、pF値が2.2以上になると、果粒は夜間は引き続き大きく肥大するが、日中の収縮が著しく大きくなって、実質的な肥大が停止することを明らかにした。葉の光合成速度もpF2.4以上で低下する傾向が認められた。これらのことから、果粒の肥大と成熟の双方が糖重要である生食ブドウの栽培では、幼果期はpF1.5程度で灌水するが、それ以外の時期はpF2.2程度の軽い水分ストレスを与えて栽培するのが良いと考えられる。一方、ワインブドウのように果粒の成熟がもっとも重要である場合には、pF2.4

第4表 ブドウ‘カベルネ・フラン’に対する水分ストレス処理が果実の発育に及ぼす影響(Hardieら, 1976)

ストレスの期間 (開花後日)	果粒重 (g)	糖度 (°Brix)	成熟日数 (日)	滴定酸 (g/L)	O. D. (/cm ²)
0~22	0.73	23.1	119	5.7	—
22~24	0.82**	23.0**	120**	5.9	0.40
38~52	0.90	23.4	126**	5.7	0.36
44~76	0.71**	20.2**	134**	6.6**	0.23**
76~108	0.93	21.8**	125**	5.5	0.35**
Cont.	1.01	23.7	105	5.8	0.41

** ; P < 0.01.

程度で灌水するのが適当であろう。ただし、pF2.7を越えるような乾燥では、光合成は低下して成熟が抑制されるばかりでなく、葉や根が枯れるなど、翌年の再生産に大きなマイナスを来す。過度のストレス状態にならないように注意が必要である。

2) 土壤水分状態の判断

一般に、土壤中の水分状態を判断することは困難である。降雨の状況と灌水の間隔、土の表面の乾き具合なども、参考にはなるが十分ではない。それは、ブドウ園の位置条件や土質、地表からの深さによって水分条件は大きく変わるし、ブドウ樹の水分消費量も根の密度や葉面積、温度や日照、風の条件などによって非常に大きく変わるからである。葉の萎れを見てから灌水の必要性を知っても、それは手遅れである。結局、テンシオメーターなどを設置し、日々のpF値の変化をみながら灌水の判断とすることが一つの客観的な方法である。ただし、先述のようにテンシオメーターはその園全体の水分条件を示すものではないから、数カ所に設置して平均的な値を示すものを参考にするなどの工夫が必要である。土壤の水分張力が一定のpF値に到達したら自動的に電気信号が入り、灌水が行われる自動灌水装置も市販されている。

3. 灌水の方法

1) かけ流し灌水 (fluid irrigation)、畝間灌水 (furrow irrigation)

河川や湖沼の水をふんだんに利用できる地帯では、これらの方法で灌水がなされてきた。樋門を開いて、あるいはポンプなどを用いて水を畑全体に流し込んで灌水する。ブドウを土盛りして列植えにしておけば、列の間(畝間)に水が流れ込むことになる。この方式は簡単であるが、問題が多い。まず、大量の水を消費すること、肥料の流亡が大きいこと、逆に用水に窒素やリンなどが含まれる場合は予定外の肥料供給になること、1時的に湛水状態になって根に障害を与えること、わき上がった細かい土の粒子が土壤の空隙を埋めて、通気性が不良になること、などである。水資源の効率化と有効利

用が重要となっており、過去の灌水方式となった。

2) ホース灌水

温室やビニールハウスなど、比較的小規模なブドウ園の灌水では、その施設内まで延長してきた水源の口からホースをつなぎ、人がそれを持って移動しながら灌水する。その場所の乾き程度に合わせて、灌水量を調節できるので精密な水分管理が可能ではあるが、労力と時間がかかることが最大の欠点である。また、ホースから流れ出す水の勢いで地面に穴が空いたり、土の跳ねがブドウの葉や果実に付着することになりやすく、土壌条件の悪化や病気の蔓延を招きやすい。

3) スプリンクラー灌水

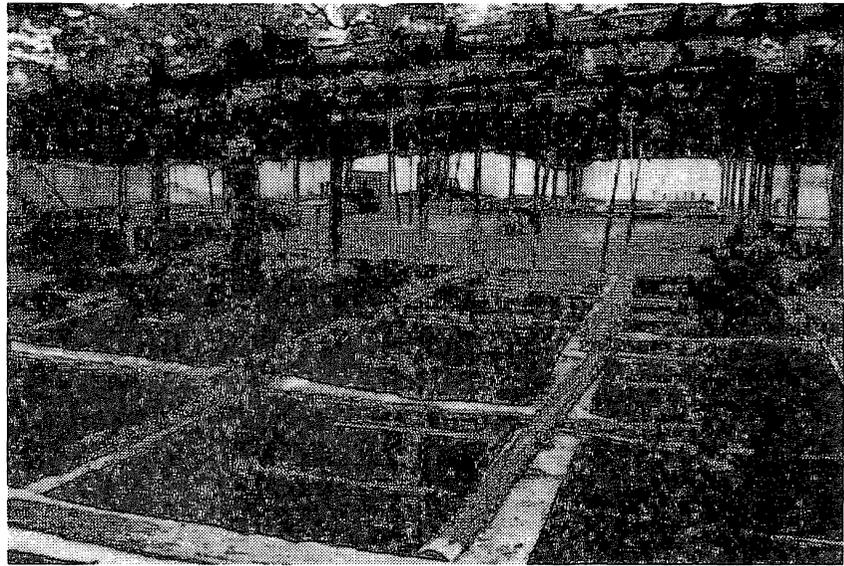
ポンプで水圧をかけて、かなり広範囲に水を散布するスプリンクラーは日本でも導入されている。しかし、ブドウは元来乾燥条件を好むものであって、樹冠を濡らすことは病害発生を助長しやすい。また、飛んでくる水の勢いで葉や花房、果房が傷むことも多い。樹冠の下で水を飛ばす方式も可能であるが、除草や耕起などの土壌管理の邪魔になり、破損も起きやすい。最近の根域制限栽培の場合、棚面に配管したパイプを樹の株元に降ろし、根域の範囲だけを小規模にカバーするように、細かい水滴を降らすスプリンクラー方式(第3図)は、極めて有効である。

4) 灌水チューブの利用

ビニールチューブに細かい孔をあけた灌水チューブが近年広く利用される。これにも水源の貯水槽と加圧ポンプが必要である。ポンプの能力にもよるが、1列で100m程度の灌水が一举にできる。水源にごみや夾雑物があると、目詰まりを起こすので、水質がきれいでない場合はフィルターを通す必要がある。

5) 点滴灌水 (trickle irrigation, drip irrigation)

種々の点滴灌水装置が開発されている。最小限の水を有効に活用でき、施肥した肥料の溶解、肥効促進なども確実にできる。乾燥地帯では点滴灌水の水が届く範囲のみに根群が発達するから、自動的に根域制限栽培にもなる。土壌水分状態をモニターする器具(テンシオメーターなど)をセンサーとして、



第3図 小面積に灌水する懸垂型スプリンクラー(岡本原図)

自動灌水が可能である。

引用文献

- 1) 小林 章(1975). 果樹環境論(養賢堂), p. 241.
- 2) 高橋元子(1975). ピート及び軽石を用いた鉢土におけるブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’の生育について, p.11. 岡山大学農学部卒業論文.
- 3) 中野幹夫・鈴木 実・島村和夫(1979). 果樹園装置化施設の大温室における土壌水分特性とマスカット樹の生育. 岡大農学報. 53:43-54.
- 4) Hardie, R. J. and J. A. Considine (1976). Response of grapes to water deficit stress in particular stages of development. *Am. J. Enol. Vitic.* 27:55-61.
- 5) 今井俊治・藤原多見夫・田中茂穂・岡本五郎(1991). 根域制限栽培のブドウ‘巨峰’の樹体生長と果実発育に及ぼす土壌水分の影響. *生物環境調節*29:133-140.