

桑栽培と土壌の物理性

早坂 猛

(蚕糸試験場中部支場)

I はじめに

桑栽培をささえる土台としての土壌について、土壌学という角度から研究が発展するようになったのは、比較的新らしいことである。戦前にそのような研究が無かったということだけでなく、桑園土壌についての研究業績の主体が、質・量ともに、戦後のものによっているという意味においてである。

桑園土壌の研究の中で特におこなわれているものの一つが、土壌の物理性に関する分野である。勿論、他の作物分野におけると同様、桑栽培についても、土壌改良の必要は早くから着目されていた。そして、土壌改良という考え方の中に、物理性という角度から見た改良ということも、その一部として含まれていたにちがいない。しかし、実際に現れたことは、土壌の管理手段と桑の収量ということが直線的に結びついて評価される場合が多かった。特に収量以前の段階において、土壌の物理性という尺度を用いて多面的に解析し、評価しようとする手続は手薄であった。このようなことから、桑栽培と土壌の物理性という立場に立つて問題を拾うということになると、すべてその緒に着いたばかりで、行く処問題ならざるはなし、というのが実情と思う。

すでに明らかにされた桑根生理や、桑園土壌の物理性に関する研究の中から、出来るだけ多くのものを紹介し、また、今後に残されている問題点をあげて御参考に供したい。

II 桑の根と土壌

1) 土壌空気：土壌空気と桑の生育については、その根系について数多くの研究業績を残された高木氏の研究¹⁾をまずあげることができる。氏によると、ポット栽培した桑について、積極的に通気をおこなえば収量を増し、逆に土壌表面を特殊パラフィンで封じ、通気を断つと、収量を著しく減じたということである。

大島氏²⁾は更に土壌空気についての研究を発展させた。すなわち、氏は桑実生をポット栽培したものに、O₂濃度それぞれ1、2、3、5、10、20%の空気を土壌中に送る試験を実施した。その結果、地下部の生育、特に新根の発生と生長に必要な土壌空気中のO₂濃度の最低限度は2%であり、さらに地上部が正常な発育をとげるためには、少くとも5%以上のO₂濃度を必要とすることを見出した。また、別に桑の発根に関し、必要な条件を検討した結果、土壌空気中のCO₂濃度が30%を越えると、他の条件が整っていたとしても発根しないことを明らかにした。

土壌空気の問題には、地下水との関係も考慮に入れなければならない。藤井氏ら³⁾は、ポット栽培の桑について、根系と地下水の関係を試験したが、水を毎日更新した区においても、水中にまで根を張ることはなかったと報告した。

また、高木氏は著書⁴⁾の中で地下水位の高低と根圏について、興味ある成績を示している(第1表)。

第1表 地下水位と根の分布

調査者	桑品種	樹令	地下水位	全根系 獲得面積	垂直分布 の深さ
高木	改良風返	10年	1.2.4 ^m	1.1.3.0 ^{m²}	2.9.4 ^m
高木	改良風返	10	1.6	3.6.7	0.8.0
後藤	島の内	10	0.5	2.3.3	0.6.3

これらの研究の結果では、桑という作物が深根性であるという点も考え合わせて、土壌の透水・通気が良好で、下層土まで好氣的であることが生育を良くするために必要な条件と考えられる。

2) 土壌水分：最近、桑の水分生理の研究が各方面で進められている。その中で根に関するものとして、河野氏らの研究⁵⁾がある。氏は、根組織片を浸透圧の異なる N_3H_2 、 PO_4 溶液に一定時間浸漬し、その重量の増減と溶液の浸透価から根の吸水圧を推定し9~12気圧としている。これはPF換算4.0~4.1に相当し、他の植物における永久萎凋点PF 4.2にくらべてやや小さい。

また、大山氏ら⁶⁾は、圃場含水量22~23%、萎凋点水分9%の砂壤土を用いて、ガラス・ポットに植えた桑苗の生長と土壌水分との関係を観察した。その結果、有効水分の30%が失なわれれば根の生長が急におとろえ、さらに、その50%以上が失なわれると、地上部と根の生長は殆んど停止すると報告している。

これらの研究から、桑の根が吸収できる水の限度は、およそPF 4.1である。しかし、実際に桑が生育するために土壌中から吸収利用できる水は、理論上の有効水分〔圃場含水量(PF 2.7)一萎凋点水分(PF 3.9)〕そのものではなく、その約半分と考えるべきであることが明らかにされたわけである。これは、有効水分についての最近の概念と一致している。

3) 土性・土壌構造：土性と桑の生産性との関連については、早くから注目されていた。

高木氏の著書⁴⁾の中に川瀬氏らの成績が引用されているが、壤土>砂土>礫土の順に収量が劣るということである。

また、森下氏⁷⁾は深さ120cmの無底ポットを用い、下層土の礫含量と桑収量の関係について試験をおこなった。この場合、深さ40cmまで壤土、40cm以下は礫含量を異にする壤土を用いているが、下層土の礫含量が増すと収量が低くなると報告した。

藤井氏ら⁵⁾はポットを用い、壤土と粘土の連続した人工的土壌断面をつくり、桑栽培をおこなったが、壤土の下に粘土がある場合、粘土中の根の発育が非常に劣ることを観察した。

森氏も、根圏土壌についての論文⁸⁾の中で、山形県下の桑園土壌2点を例に引いて、土壌三相中の固相の割合が大きくなると、根系の発達が悪くすることを示した。さらに、根系の発達と通気性との関連から、通気性を決定するのは孔隙量よりも、むしろ孔隙の状態であるが、これらについては、あまり研究が進んでいない点を指摘した。

また、小山氏ら⁹⁾は多収穫桑園と低収穫桑園各2例の調査をおこない、それらの理化学性を比較した結果、多収穫桑園は耕土深く、孔隙に富み、耐水性団粒が多く、根系の分布が大であったと報告した。

以上の諸研究から、埴質の土壌は根系の分布をきまたげるので、耕土層の下に埴土層があるような圃

場は生産性が劣るものと予想される。また反対に、砂礫質に過ぎても収量はあがらないと考えられる。これらの点について、土壌の物理性の面からさらに解析を進めるとすれば、森氏の指摘のごとく、透水、通気性および保水力を規定する孔隙の質と量についての吟味が、一つの重要なポイントであろうと思われる。

Ⅲ 今後の問題点

1) 立ちおくれの問題点：

i) 灌漑： 早ばつのひどい年に灌漑をおこなつて桑の増収を見たという試験例は、すでにいくつか出されている。しかし、土壌物理の面からの考察はなされていない。

このことについて、土壌物理の面から考察を進めるとすれば、土性や母材の差による要水量の査定、灌漑による土壌構造の劣化の有無、また、若し構造の劣化が起るとすれば、その程度と防止法などの問題を今後取上げなければならないと思われる。

ii) 土壌侵蝕の防止： 峰島氏¹⁰⁾ は土壌侵蝕防止について、畦の方向と収量との関係を、種々の面から検討している。

また、石田氏¹¹⁾ は桑園と普通畑との土壌侵蝕の差、および侵蝕防止法を検討している。しかし、これらの報告で扱われていることは、管理方法と土壌の流亡および収量との関係についてであり、土壌の物理面での考察を欠いている。たとえば、石田氏は厩肥の施用が侵蝕防止に有効であり、敷草はさらに顕著な効果を示したとしているが、いかなる機作で侵蝕が防がれるに至ったかという過程について、土壌物理の面から成績を示す必要があったと思う。敷草による雨滴の衝撃緩和、透水性の改良、孔隙の質・量における変化あるいは水中における土壌粒子の分散性の問題などが侵蝕防止効果を裏付ける成績として検討されるべきであろう。しかし、これらはいずれも今後の課題として残されている。昨今のすう勢として、桑園が平地から山地へ追い上げられつつあるので、この意味からも、研究の重要性は増している。

2) 土壌の管理と改良： 桑園土壌の管理・改良を目的として、敷草・草生で畦間土壌表面を被覆するという試みは全国的に検討されてきた。この場合、単に土壌を改良するというにとどまらず、被覆物により雑草の発生を抑え、かつ耕耘の手間を省くという、管理面での利得が大きな魅力となっている。これらの方法を収量との関連で評価した成績は多く出されているが、土壌改良の効果にまで立ち入って検討した報告は比較的少ない。

伊藤氏ら¹²⁾ は、敷わら・緑肥作用・草生が土壌の理化学性におよぼす効果を検討したが、敷わら区では大孔隙を増し、中程度(0.50~0.25mm)の団粒が多かったことを認め、また草生区はこれに次ぐ効果があったとしている。

小山氏ら¹³⁾ は草生法が土壌団粒の生成に効果があることおよび酸性土壌では、団粒の発達がおそいことを報告した。

一方、矢木氏ら¹⁴⁾ は、草生法が植栽土の透水性を改良したと報告した。

収量についての評価を含めて、これらの土壌管理の報告に関しては、敷わら・敷草法が草生法にまさる効果を持っているように考えられる。しかし、敷わら・敷草においては、その資材の確保・搬入に難点がある。こうした点を考慮に入れた場合、これらの優劣を論ずるには、未検討の分野が多く残されて

いるように思う。土壌物理面に限っただけでも、保水力、透水性、孔隙の質と量、水中における土壌粒子の分散性等、管理効果や生産性に関する諸条件にどのような影響をおよぼすか比較検討し、判断の材料となる成績をつみ上げなければならないと思う。

また、最近の動向として、桑園への機械力導入が見られるようになってきた。桑園においては、畦間・株間が永年固定したまま管理されるため、畦間が機械の重圧を受けることになる。したがって、そのことによる土壌構造の変化と復元性の調査、あるいは構造破壊の防止対策についても、今後研究されねばならぬ問題である。

3) 地力の評価： 桑園土壌の生産性評価の指標として、従来研究されてきた方法の主体は、化学分析によるものであって、物理的測定による方法は手薄であった。

このような点を考慮して、今後、地力を評価する指標の中に土壌の物理性に関するものを積極的に加えてゆく努力が必要と思う。

手近かな例を引くならば、化学分析値は乾土100g当りの数字で表示されているが、この方法では物理性を反映することはできない。この場合、基準を原土100mlにおくならば、固相のつまり工合や礫含量の差異などの物理的特性を含めた、圃場の実態に即した化学成分含量の評価が可能となるであろう。

この点について検討をすゝめるため、圃場誤差の問題を調べたが、結果は第2表のとおりであった。これは火山灰土壌2例について、供試圃場（桑園の4隅と中央の5地点）から、畦間中央の表土（深さ5~10cm）を採取し、原土100ml中の細土量を調査した結果である。

第2表 同一圃場における原土100ml中の細土量

地名	地質・母材	原土100ml中の細土量 (g)					平均
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
北佐久郡 軽井沢町	火山灰	53.6	42.8	53.0	52.1	58.7	52.0
同 御代田町	火山灰	72.4	84.5	72.6	86.8	87.8	80.8

この誤差は土壌の堆積状態や、礫の不規則な混入によつて引起されたものと思われる。著者としては、この、やや大きすぎる圃場誤差をどう取扱うべきか、結論は今後の研究にまきたいと思う。

次に、同一土壌の化学分析値を、原土100ml基準で示した場合と、乾土100g当りの数字で示した場合の比較例を第3表として御参考に供する。この表では長野県内の土壌から、地質・母材を異にするもの3例を選んで比較をおこなった。

表中、 $H^+ + Ca^{++} + Mg^{++}$ の項は、これら土壌の塩基置換容量の測定をおこなっていないので、その近似値として提出したものである。火山灰土壌をKClで浸出した場合、 H^+ の置換に問題があるとは考えるが、大略の見当をつけるには差支えないと思う。なお、 H^+ の算出は $3y_1$ としておこなつた。

この結果から、非火山灰土壌については、容積基準・重量基準による数字の差があまり表れないが、火山灰土壌は2つの表示法による数字の差が、圃場誤差をはるかに越える程大きい。このことから、なお、容積基準による表示法について検討を重ねる価値があるように思われる。

第3表 土壤中成分の重量基準と容量基準による比較

原土 100ml当り
() 内は乾土100g当り

地名	地質母材	層位	y ₁	N-KCl可溶		C %	N %	N-KCl可溶 H ⁺ +Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ m.e	透水性
				Cao%	Mgo%				
北安曇郡美麻村	第三紀層	I層	23 (22)	0.397 (0.385)	0.094 (0.091)	1.64 (1.59)	0.22 (0.21)	19.5 (18.1)	5.6
		II層	4.7 (3.9)	0.533 (0.438)	0.198 (0.163)	0.51 (0.42)	0.09 (0.08)	29.6 (24.3)	0.5
		III層	4.7 (3.9)	0.460 (0.381)	0.221 (0.188)	0.43 (0.36)	0.06 (0.05)	28.8 (23.8)	1.5
埴科郡松代町	沖積層	I層	0.3 (0.4)	0.369 (0.416)	0.057 (0.064)	1.58 (1.78)	0.16 (0.19)	16.1 (18.2)	-
		II層	0.3 (0.3)	0.337 (0.370)	0.088 (0.097)	1.19 (1.31)	0.13 (0.15)	16.5 (18.1)	-
		III層	0.1 (0.2)	0.327 (0.364)	0.092 (0.102)	1.11 (1.24)	0.11 (0.12)	16.3 (18.0)	-
北佐久郡軽井沢町	火山灰	I層	0.3 (0.7)	0.090 (0.186)	0.009 (0.018)	2.41 (4.98)	0.17 (0.36)	3.8 (7.7)	23.2
		II層	0.3 (0.7)	0.083 (0.196)	0.009 (0.021)	3.40 (8.03)	0.23 (0.55)	3.5 (8.2)	13.5
		III層	0.1 (0.2)	0.057 (0.108)	0.009 (0.017)	1.93 (3.65)	0.17 (0.31)	2.6 (4.8)	5.8

注 透水性の測定は大起理化製の装置を用いた。

但し、Q：流量 (cm³)，l：試験の厚さ (cm)
 計算は $K = \frac{Ql}{Aht}$ A：試料の断面積 (cm²)，h：水位差 (cm)
 t：時間 (sec)

によった。

地力の評価に関して、さらに著者が興味を持っている一つの問題は、透水性と養分流亡との関係についてである。常識的にそれらは互に矛盾すると考えられる。その例として、第3表の最後の項に透水性の測定結果をあげておいた。この項とH⁺+Ca⁺⁺+Mg⁺⁺m.eの項とから、火山灰土壌は透水性は良好であるが、塩基置換容量が非常に小さいと考えられる。

桑園土壌の大半が火山灰土壌・沖積層土壌によって占められている実態から、桑栽培に対して物理的には好適であるが、養分の保持力は弱いという土壌が広く分布するものと想定される。そこで透水性と養分保持力との矛盾を埋め合わせるための管理手段について、土壌の水分特性や孔隙の解析など、物理的尺度で実証してゆくことは興味もあり、また、重要な仕事と思う。

4) 紋羽病と土壌環境： 紋羽病は、土壌中に生棲する白または紫紋羽病菌によって、作物の根が

侵され、枯死するに至る病気である。桑の場合、白・紫紋羽病の両方発生するが、これらの病気について、桑の分野における環境調査の仕事に先鞭をつけ、その基礎をつくったのは、岡部光波氏¹⁵⁾である。

氏は環境調査の中で、土壌の物理性に関する項目として、土壌の三相分布を測定している。その結果、沖積地帯では比較的水分の多い土壌に白紋羽病が発生し、また、火山灰土壌では、いわゆる軽鬆土で、土壌水分の欠乏が予想される桑園に紫紋羽病が多かったと報じている。

この病気の研究については、その後農林水産技術会議の主宰する協同研究のテーマとして取上げられるに至り、著者も土壌の面からこの研究に協力している。この問題はまた、土壌微生物と土壌環境という新しい分野に連なるものとして興味深い。

著者が紫紋羽発生桑園について、その物理性を測定した結果は、第4表a, bに示すごとくであった。

第4表 a 紫紋羽病発生地の層位別透水性

()内は層位の深さ(cm)

単位 $\times 10^{-3} \text{ cm/sec.}$

地名	地母	質材	病勢	透水性			
				I 層	II 層	III 層	IV 層
東筑摩郡本郷村	第三紀層		激甚	9.1 (0~8)	17.2 (~38)	5.8 (38~)	—
南安曇郡堀金村	沖積層		※ 緩慢	3.9 (0~16)	3.6 (~39)	3.3 (39~)	—
小県郡青木村	第三紀層 火山灰	混	※ 緩慢	19.4 (0~17)	16.6 (~53)	11.5 (53~)	—
北佐久郡御代田町	火山灰		緩慢	8.9 (0~26)	14.7 (~60)	10.2 (~91)	5.1 (91~)
北佐久郡軽井沢町	火山灰		激甚	23.2 (0~28)	13.5 (~80)	5.8 (~100)	17.5 (100~)

※ 白・紫紋羽病混合発生

第4表 b 紫紋羽病発生地の層位別粗孔隙 (PF 0~1.5)

()内は層位の深さ(cm)

単位 Vol %

地名	粗孔隙			
	I 層	II 層	III 層	IV 層
東筑摩郡本郷村	31.7 (0~8)	31.8 (~38)	30.6 (38~)	—
南安曇郡堀金村	19.0 (0~16)	22.4 (~38)	25.7 (39~)	—
小県郡青木村	33.4 (0~17)	22.8 (~53)	30.0 (53~)	—
北佐久郡御代田町	33.4 (0~26)	30.6 (~60)	25.2 (~91)	28.1 (91~)
同 軽井沢町	39.1 (0~28)	33.8 (~80)	28.7 (~100)	35.9 (100~)

今のところ、紫紋羽病と土壌の物理性との関係では、下層土まで透水性が良好であるということが、紫紋羽病発生地に共通した特徴としてあげられるにすぎない。しかも、このことは病勢の強弱とは無関係らしく思われる。

白紋羽病については、土壌の物理性と罹病形態との関係¹⁶⁾について、若干の成績が得られている。その中から最も代表的な成績2例を要約して、第5表 a, b, c に掲げる。

なお透水性の成績では、第3, 4, 5表中の軽井沢、佐久のものが重複しているが、考察の便宜上、そのように取扱ったことを御諒承いただきたい。

第5表 a 土壌の深さと根の白紋羽病罹病との関係

単位 号

地名	地質 母材	根 重量	1層(0~20cm)			2層(20~40cm)			3層(40~60cm)				
			生	根	枯死根	合計	生	根	枯死根	合計	生	根	枯死根
佐久市 岩村田	火山灰 沖積	1068	54	433	487	66	390	456	0	125	125		
北安曇郡 美麻村	第三紀層	1761	1066	29	1095	629	37	666	—	—	—		

第5表 b 層別粗孔隙量 (PF 0~1.5)

() 内は層位の深さ (cm)

単位 Vol %

地名	粗 孔 隙 量				
	I 層	II 層	III 層	IV 層	V 層
佐久市 岩村田	31.7 (0~16)	32.4 (~32)	32.2 (~51)	33.4 (~96)	43.1 (96~)
北安曇郡 美麻村	36.6 (0~11)	17.1 (~30)	17.1 (30~)	—	—

第5表 c 層別透水性

() 内は層位の深さ (cm)

単位 $\times 10^{-3}$ cm/sec

地名	透 水 性				
	I 層	II 層	III 層	IV 層	V 層
佐久市 岩村田	9.9 (0~16)	13.5 (~32)	10.6 (~51)	6.0 (~96)	64.2 (96~)
北安曇郡 美麻村	5.6 (0~11)	0.5 (~30)	1.5 (30~)	—	—

5表 a, は桑株の罹病形態を示したもので、一つは、病原菌が上層・下層の根系をほぼ一様に侵している深根型(佐久市)、他の一つは、主として上層の根系が侵され、病原菌の下層における分布が著しく少ない浅根型(美麻村)の二つの型が見られる。

この罹病形態と土壌の孔隙量および透水性の関係を示したのが、5表b, cである。

深根型圃場では、上層と下層における粗孔隙量 (PF 0~1.5) の差異はみとめられない。ところが浅根型の圃場では、上層に比較して下層の粗孔隙量は著しく少ない。また、深根型の圃場では、上層と下層における透水性の差異は僅少であるが、浅根型ではその差が大きく、下層で著しく低下している。それ故、上記2型の発生と、土壌の通気性との間には密接な関係がみられる。

このような土壌微生物の分布と、土壌の物理性との関係については、今後も広範囲に研究しなければならない問題であろう。

また、さらにすすんでは、薬剤による本病の防除効果と土壌の物理性との関係を究明することも将来に残された問題であろう。

IV む す び

われわれの扱う土壌は、桑という、ただ一種の作物を栽培する土壌に限定されている。したがって、桑の生理や、生産性と切りはなして土壌を研究したのでは意味をなさない。著者が取扱った問題も、すべてそこから出発しており、また、他方では、著者の力不足、経験不足も相伴って、土壌物理の問題点について特徴的なものを捉え、深く掘り下げることができなかった。その点、土壌物理を専攻されている方々から見れば、甚だ物足りないものに終わったことと思う。

最後に、こうした勉強の機会を与えて下さった方々、また原稿の御校閲をいただいた方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 高木一三：日本蚕糸学雑誌 (以下日蚕雑と略す) (18) 6~14 (1949)
- 2) 大島利通：岩手県蚕試報告 第2号 28~53 (1957)
- 3) 藤井音松ほか2名：日蚕雑 (9) 312 (1938)
- 4) 高木一三：栽桑学 243~263 日本学術振興会刊
- 5) 河野 清ほか1名：日蚕雑 (26) 207 (1957) 講演要旨
- 6) 大山勝夫ほか1名：日蚕雑 (29) 240 (1960) 講演要旨
- 7) 森下勇治：愛知県蚕試 昭和30年度試験成績概要 38~40
- 8) 森 信行：蚕糸界報 63 (744) 10~15 (1954)
- 9) 小山総夫ほか1名：日蚕雑 (27) 152 (1958) 講演要旨
- 10) 峰島義平：蚕糸界報 63 (739) 16~19 (1954)
- 11) 石田 靖：蚕糸界報 63 (744) 23~30 (1954)
- 12) 伊東正夫ほか2名：日蚕雑 (26) 209 (1957) 講演要旨
- 13) 小山総夫ほか1名：愛知県蚕試 昭和31年度試験成績概要 20~25
- 14) 矢木 博ほか2名：日蚕雑 (32) 159 (1963) 講演要旨
- 15) 岡部光波：群馬県蚕試報告
(30) 1~10, 11~19 (1954)
(31) 1~18, 19~28, 29~36, 37~48 (1956)
群馬要報 (39) 54~57 (1958)
(42) 23~26 (1959)
- 16) 糸井節美ほか4名：蚕糸試験場報告投稿中。