果樹の生育に及ぼす土壌の物理的組成の研究*

II 土壌空気と植生との關係(第3報)

梨・柿及び苹樹實生の生育に及ぼす土壌空気中の酸素濃度の影響

森 田 義 彦・米 山 寛 一

(農林省農業技術研究所園藝部)

Y. MORITA and K. YONEYAMA: Studies on physical properties of soils in relation to fruit tree growth. II. Soil atmosphere and tree growth. (3)
Growth of pear, persimmon and apple seedlings as influenced by various concentrations of oxygen in the soil atmosphere

1. 緒 言

本實驗は桃實生に就いて行つた第1報⁽¹⁾と同様淺見博士御指導の下に梨、柿、苹樹實生の生育に及ぼす土壌空気中の酸素濃度の影響を實驗的に明にせんとして行われたものである。

2. 材料及び方法

昭和23年5月8日豫め鉢に取つて置いた梨、柿實生の幼樹を約10l入の陶器製のポットに定植活着を待たせた。6月7日前年の實驗⁽¹⁾と同様の裝置にて土壌空気を外氣と遮断した。但し一部酸素濃度15~20%を期待するポットは始めより上、下の灌水及び排水のピンチコックを閉ぢずに開放して置いた。6月14日以後數日毎に土壌空気中の炭酸ガス及び酸素の濃度をORSATの裝置にて測定、同時に樹高及び副梢の長さを測定し、時に地上部の觀察を行つた。9月2日掘上げて地上部、地下部の重量を測定、同時に根の觀察を行い記録した。梨、柿實生各15計30鉢を用い上、下兩管のピンチコックの締方の程度により3鉢ずつ酸素濃度0~2、2~5、5~10、10~15、15~20%の5區に保つ様に調節せんとしたが、中には此範圍より非常に逸脱するものもあつたので此等を成績より除いた。尙梨1樹及び柿3樹は生育途中にて枯死した。灌水は上部の管より瓦斯測定後各樹約500ccを與えた。土壌空氣採集は下部の管より吸引した。

昭和24年度に於ては苹樹紅玉實生に就て全く同様の施設と方法で實驗を行つた。5月25日密封、5月30日より測定を開始し、7月28日掘上げて調査し寫眞を撮つた。

3. 實驗成績及び考察

(1) 土壌空気中の酸素濃度の變化

以下兩年の成績をまとめて述べる。土壌空気中の酸素濃度の測定結果は第1表の如くである。

前記の如く酸素濃度を5區に分つ様に上、下2管の開閉に努めたのであるが、常時開放した15~20%區即ち梨No.12,13樹、柿No.6,7,8樹及苹樹No.8,12樹を除いて

は終始所定の酸素濃度を保ち得なかつた。然し乍極端に廣い範圍を上下したもの、梨No.4樹の如く主根が螺旋狀に捲いて細根がポット上層のみに分布したものや柿No.6樹の如く異常の個體を除けば概ね所定の濃度にあるか又所定の範圍に近いものを得るので、區分して各區より凡そ2樹づつを拾い出せば次の如くである。(尙ポット番號は定植後任意抽出によつて區を豫定したのであるから何等の意味を有しない。)此等の個體の成績をもとして

酸素濃度	0~5%	5~10%	10~15%	15~20%
梨	No. 5, 10	No. 2, 9	No. 1, 7	No. 12, 13
柿	No. 10, 4	No. 4, 9	No. 11, 13	No. 7, 8
苹 樹	No. 1	No. 4, 10	No. 3, 7	No. 2, 8

其土壌空気中の酸素濃度の影響を考察する事とする。

(2) 土壌中の酸素濃度と地上部の生育關係
ポット蓋より樹高を測定し、これに全副梢の長さの合計を加へ全生長量とし個體毎に地上部の生育を第1~3圖に示した。

前年に行つた桃實生の實驗⁽¹⁾に於ては5%以下の酸素濃度では伸長生長の著しい減退及び葉の黃化を見たのであるが、梨にては酸素2%迄の區のNo.10樹にても其程の減少を示さず開放區のNo.13に比して79%の伸長を示し、酸素2~5%區のNo.5に於て反つて61%の生育を示したのである。何れにしても桃の場合の比數19~40%に比較して可成大であるのであつて、No.10樹の如く酸素調節開始時よりNo.5樹より伸長が比較的大であつたにしても實際根の分布はポット下層の礫中に多かつたのであり、此位置より吸引した土壌空氣のO₂%はポット土壌内の他の部分より高い事はあつても低い事はないであろうから、實際梨は桃に比し新梢の伸長を極度に低下せしめる土壌空気中の酸素濃度は低く1%或はそれ以下と考えられる。然し乍開放區と比較すれば酸素5%以下では伸長が稍阻害されるのであつて、大略酸素6~7%以上にて概ね正常に生育する様である。

* 農林省農業技術研究所園藝部業績

第1表 ポット下部土壤中の酸素濃度(%)

ポット 番號 月 日	梨 (昭和 23 年)								柿 (昭和 23 年)								華樹(昭和 24 年)							
	10	5	9	2	1	7	13	12	10	14	4	9	11	13	8	7	月 日	1	10	4	3	7	2	8
6月 14日	4.4	11.5	15.3	11.8	14.7	12.6	17.4	10.4	3.6	10.2	8.6	18.2	5.4	10.4	19.0	17.8	5月 30日	6.6	8.1	3.2	14.7	11.5	17.1	20.2
21日	0.0	11.6	11.1	13.3	14.3	14.4	13.3	14.0	6.6	1.3	1.6	12.9	14.4	17.0	17.3	10.2	6月 5日	4.0	9.8	8.4	14.0	12.4	16.6	20.0
28日	1.3	13.7	13.8	10.8	7.2	16.7	16.4	17.3	6.0	11.2	7.8	15.3	18.9	20.2	19.7	18.6	11日	0.6	6.2	10.5	13.9	12.5	16.3	20.7
7月 5日	0.4	7.1	4.8	7.5	13.6	13.5	20.0	19.9	4.6	3.2	5.8	5.2	8.1	10.6	15.0	13.2	18日	1.6	3.2	9.1	12.9	13.3	17.2	20.5
12日	2.2	4.1	2.4	7.4	15.6	15.8	19.5	19.8	5.9	5.6	8.5	7.8	8.5	13.8	20.9	20.3	25日	1.4	4.6	7.8	12.1	13.1	16.3	20.3
20日	2.2	1.2	7.9	15.7	10.7	18.4	18.9	18.2	2.6	1.3	6.6	1.3	12.2	13.2	12.2	19.7	7月 5日	1.4	3.5	6.6	5.2	13.5	16.6	18.8
27日	1.9	3.6	5.4	15.7	2.2	1.2	19.9	20.6	0.5	1.1	1.0	2.7	4.2	10.2	10.6	20.2	12日	2.8	8.0	7.2	10.4	15.4	17.9	18.2
8月 2日	0.4	2.3	2.4	7.6	7.5	2.8	20.7	21.0	1.0	4.1	2.6	1.2	7.7	9.4	13.2	13.2	19日	4.6	12.4	9.3	12.8	17.2	18.0	20.0
10日	0.6	0.8	4.7	6.5	5.6	10.0	20.0	20.2	3.4	0.7	2.2	2.0	8.2	7.4	20.4	19.3	28日	7.6	13.6	15.8	16.6	18.4	20.0	20.4
17日	1.3	1.2	6.2	6.0	19.4	15.0	19.9	19.9	3.2	4.9	6.6	5.1	11.9	10.4	19.0	20.0								
23日	1.2	1.0	6.5	12.9	11.0	10.5	20.7	20.6	3.0	7.4	4.7	4.0	12.4	9.6	19.8	20.2								
9月 1日	1.4	1.5	10.5	7.6	10.7	13.3	19.6	20.6	2.3	1.5	5.2	7.2	14.3	7.4	18.5	20.3								
平 均	1.4	4.7	7.6	10.2	11.0	11.9	18.9	19.3	3.6	4.4	5.1	6.9	10.5	12.4	17.9	18.6	平 均	3.4	8.2	8.7	12.5	14.1	17.3	19.9
全期間中の O ₂ 含 量變化の 範圍	0.0	0.8	2.4	6.0	2.2	1.2	13.3	14.0	0.5	0.7	1.0	1.2	4.2	7.4	12.2	10.2	全期間中の O ₂ 含 量變化の 範圍	0.6	3.2	3.2	5.2	11.5	10.3	18.2
	4.4	11.6	15.3	15.7	19.4	16.7	20.7	21.0	6.6	11.2	8.6	18.2	18.9	20.2	20.9	20.3		7.6	18.6	15.8	16.6	18.4	20.0	20.4

柿に於ては材料を重量等によつて比較的均一のものを選んだとしても根の勢及び新根の生長等が時期的にも比較的不整一であつて個體による差が可成大きく影響する

のであるが、其個々のものに就いて吟味するに梨と同じく酸素5%以下でも伸長は左程減退する事がない。例えば最も O₂% の低かつた No.10 樹に於ても8月に入り

第1圖 土壤中のO₂%と梨地上部の生長との関係 第2圖 土壤中のO₂%と柿地上部の生長との関係

第3圖 土壌中の $O_2\%$ と苹果地上部の生長との關係

No. 13 樹を除いて、酸素5%以下の No. 10, 14 樹の伸長は開放区 No. 8 樹に比し夫々 48%, 63% の地上部の伸長を示したのに過ぎないのであつて、梨と同じく正常の生育をなす爲には酸素 7~8% を要するものと考えられる。

苹果に於ては本実験の酸素濃度の範囲に於ては、酸素濃度と地上部の伸長量とは明な關係はない様であり、最

も濃度の低かつた No. 1 樹の伸長も比較的良く、寧ろ個體變異の方が顯著であつた。然し觀察によれば No. 1, 4 樹等は稍充實を缺いて居た。それ故正常な生育をなすには苹果にても梨、柿と同程度の酸素を必要とする如く、各果樹とも其生長曲線(第 1~3 圖)を見るに酸素 5% 以下の區ではそれより高濃度の區の生長曲線に比し曲線の上昇が幾分緩である様に認められる。そして酸素 5% 以下では梨、柿何れの場合にも葉色が稍黄化し、苹果ではやゝ小葉化した。然し桃の様に顯著のものでなかつた。

(3) 土壌中の酸素と地下部の生育との關係

第2表に示す如く開放區梨 No. 13 樹、柿 No. 8 樹、苹果 No. 8 樹を 1.00 とし地上部、地下部重量を各樹に就て比數を以て示せば酸素 5% 以下にては苹果を除き何れも地下部の重量の比數が小となつて居る、梨の T/R 率を見るに No. 10, 5 樹では其値が夫々 5.58, 4.08 となり、柿では No. 10 の T/R 率が 2.90 となつて居て、土壌中の酸素濃度の減少により特に地下部の生長が抑制せられる事を知るのである。苹果も比數を以て地上部、地下部を比較すると地上部に比し地下部の生育が悪い。何れにせよ此等の果樹が桃の場合と著しく異なる點は桃に於ては酸素が 5~7% 以下となると新根の發生は殆ど見られず、従つてポット底部への根群の擴大はなく、主幹に近く暗褐色の根が僅に見られたのに過ぎないが、今回の梨、柿、苹果の實驗では最も酸素の少い梨 No. 10 樹、柿 No. 10 樹、苹果 No. 1 樹に於ても根の下層への伸長も見られたのである。又此等の樹に對する觀察によれば、梨に於ては先端が白色の新根は若干少く、主根の皮目も稍存して

第2表 地上部、地下部の生育と土壌中 $O_2\%$ との關係

梨 (昭和 23 年)									柿 (昭和 23 年)								苹 樹(昭和 24 年)							
ポ ッ ト 番 號	10	5	9	2	1	7	13	12	10	14	4	9	11	13	8	7	1	10	4	3	7	2	8	
全 重 量	5月8日	1.9	1.5	1.0	1.4	1.3	1.1	0.7	0.7	1.4	1.2	1.2	1.5	1.6	1.7	1.5	1.7	—	—	—	—	—	—	
	9月2日	51.3	26.4	73.7	67.8	77.6	83.1	83.2	79.5	23.4	33.5	61.7	20.8	97.8	63.9	85.2	94.6	49.6	42.6	42.0	46.9	45.7	47.5	
地 上 部 重 量		43.5	21.2	47.3	46.5	52.9	56.8	53.5	51.0	17.4	25.0	32.8	8.8	46.6	25.6	42.5	50.0	32.5	28.5	27.7	34.6	32.4	34.3	
同 比*		0.81	0.40	0.88	0.87	0.99	1.06	1.06	0.95	0.41	0.59	0.77	0.21	1.10	0.60	1.00	1.18	1.24	1.08	1.05	1.32	1.23	1.30	
地 下 部 重 量		7.8	5.2	26.4	21.3	24.7	26.3	29.7	28.5	6.0	8.5	28.9	12.0	51.2	38.3	42.7	44.6	17.1	14.1	14.3	12.3	13.3	13.2	
同 比*		0.26	0.18	0.80	0.72	0.83	0.89	1.00	0.96	0.14	0.20	0.68	0.28	1.20	0.90	1.06	1.04	1.11	0.92	0.93	0.80	0.86	0.86	
細 根 重 量		3.4	2.6	17.4	14.2	15.3	14.3	13.9	13.1	4.3	4.5	16.6	10.0	38.5	26.7	24.2	31.7	—	—	—	—	—	—	
同 比*		0.24	0.19	1.25	1.02	1.10	1.03	1.00	0.94	0.18	0.19	0.69	0.41	1.59	1.10	1.00	1.31	—	—	—	—	—	—	
T/R 率		5.58	4.08	1.79	2.18	2.14	2.16	1.80	1.79	2.90	2.94	1.13	0.73	0.91	0.87	1.00	1.12	1.90	2.02	1.94	2.81	2.44	2.60	
葉 色		淡	淡	中	中	中	中	中	淡	淡	濃	中	中	中	中	濃	差を認めず							
根 色**		中	中	淡	中	中	淡	中	濃	中	中	淡	中	中	中	濃	濃	淡	中	中	中	中	中	
根の伸長(白色根)		少	少	多	中	中	中	中	多	中	多	中	少	中	少	中	少	中	中	中	中	多	多	
主 根 の 皮 目		少	中	無	無	無	無	無	多	中	多	少	中	多	中	中	多	多	中	少	中	少	少	

* 梨 13, 柿 8, 苹果 8 を 1.00 とし地上部、地下部、細根重の比數を示す

** 根色は梨は白色→暗赤褐色、柿は暗褐→黒、苹果は淡褐→褐

根の異常が稍見られたのであるが桃と異り尙多くの旺盛なる新根を生成したのであり、柿に就ても皮目生成の異常現象はあつたが豊富な白色の新根が廣く土壤中に生育して居り、苹樹に於ても皮目多く地表面(ポット蓋との間

第4圖 土壤中の $O_2\%$ と苹樹實生の生育との關係向つて左より No. 1, 10, 3, 2, 8 (標準) 樹 (第3圖と比較の際は副梢の長さを考慮)

の暗黒の空間)に白色の新根が飛出して居たが細根が枯死する様な事はなかつた。此等の觀察によれば梨、柿、苹樹の新根の生成を許さない酸素濃度は1%以下と考えられ、梨、柿、苹樹が比較的土壤水分が多く、土壤中の含空氣孔隙量の比較的少い土地に良く生育し得る所以と考える。

以上の総合的な觀察によれば量的にも質的にも正常な根の生育の爲には梨、柿、苹樹とも約7~8%以上の酸素濃度が必要である。DEVILLIERS⁽³⁾、BOYNTON⁽¹⁾、CHILDS氏⁽²⁾等の苹樹に就ての實驗を綜合すれば、苹樹は酸素濃度2%では地下部が20.6%區の16%に過ぎず、酸素1.5%以下に減少すれば纖維根は死し、太根は暗色であると報じて居るが、本實驗の器材及び方法を以てしては梨、柿及び苹樹等の果樹の種類間の土壤酸素缺乏に對する抵抗性を區別する事は困難である。然し此等の果樹は桃に比して低濃度の酸素に於ても新根の生成は見られるのである。

4. 摘 要

1. 本實驗は梨、柿、苹樹等の栽培品種の種子の實生を用い、前回の桃に就いて行つた方法により土壤中の酸素濃度の多少の區を設け、實生幼樹の生育が土壤酸素に如何に影響されるかを研究した。

2. 地上部の生育は梨、柿、苹樹とも約7~8%以上の酸素濃度があれば正常な生育が見られ開放區(約15~20%)と大差がない。酸素5%以下になると葉色が稍黄

化或は小葉化したが桃程顯著でない。

3. 地下部の生育も酸素5%以下となれば(苹樹の1樹の例外はあつたが)、抑制せられたが桃の場合と異り酸素約1%以上あれば新根の生長、根群の擴大が行われ桃の如く纖維根の死滅等は見られない。尙梨、柿、苹樹等は比較的酸素の低濃度によく耐えるのであつて、本實驗の方法では此等の果樹の種類間の差或は致死濃度を求め得なかつたのであるが梨、柿及び苹樹等は實用上大體同一程度のもと考えて差支えない様に思われる。

5. 引用文獻

- (1) BOYNTON, D.: Soil atmosphere and the production of rootlets by apple tree root system. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37: 19-26, 1940.
- (2) CHILDS, W. H.: Photosynthesis, transpiration, and growth of apple trees as influenced by various concentrations of oxygen and carbon dioxide in the soil atmosphere. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38: 179-180, 1941.
- (3) DEVILLIERS, J. I.: Some responses of McIntosh apple seedling growing with the root in various concentrations of oxygen. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36: 86, 1939.
- (4) 森田義彦・石原正義: 果樹の生育に及ぼす土壤の物理的組成の研究 II 土壤空氣と植生との關係 (第1報). 園藝學會雜誌 17(3, 4): 188-194, 1948.

Studies on Physical Properties of Soils in Relation to Fruit Tree Growth

II Soil Atmosphere and Tree Growth(3). Growth of Pear, Persimmon and Apple Seedlings as Influenced by Various Concentrations of Oxygen in the Soil Atmosphere

Y. MORITA and K. YONEYAMA

Summary

1. A study was made with the same method of previous study, of various oxygen concentrations in the soil atmosphere affecting the growth of pear, persimmon and apple seedlings.
2. Normal top growth was made in the about 7% oxygen level and practically there was no difference from check plots about 15-20% oxygen level. When the oxygen level decreased below 5%, the leaf color somewhat turned yellowish or dwarfish but not so remarkable as peach seedlings.
3. Below 5% oxygen, root development was also checked. Under the oxygen concentration 1% or more, the root development was made by these three kinds of trees used in contrast with the death of fibrous roots of peach seedlings in such low oxygen level in previous study. Although further experiments must be done with another method of experiment before the relative difference among the pear, persimmon and apple seedlings for lethal low oxygen level can be found with certainty, there would be not so much difference between them practically.