

桑の根の生長に関する生理学的研究

技 師 大 嶋 利 通

目 次

I 緒 言	28	III 土壤通気と根の生長との関係	38
II 根の生長に及ぼす植物生長ホルモンの影響	29	1 土壤中の酸素濃度と根の発育	38
1 根の生長に及ぼすナフタリン醋酸、ヘテロキシンの影響	29	2 土壤中の炭酸瓦斯濃度と根の発育	41
2 地上部を剪除した根の生長に及ぼすナフタリン醋酸の影響	30	V 土壤水分と根の発育	43
3 根の生長に及ぼす地上部の各器官の影響	32	1 発芽前の桑の根の発育に及ぼす過湿の影響	43
4 枝幹の齡別と旧根からの発根との関係	34	2 葉が繁茂している桑の根の発育に及ぼす湛水、排水、乾燥、灌水の影響	45
III 発根に及ぼす温度の影響	35	VI 光と根の発育	46
1 気温並に地温が同じ場合	35	1 発芽前の桑の根の発育に及ぼす光の影響	46
2 気温を25°Cとし地温を異にした場合	36	2 葉が繁茂している桑の根の発育に及ぼす光の影響	46
3 地温を25°Cとし気温を異にした場合	38	VII 考 察	47
		VIII 摘 要	50

I 緒 言

桑は永年性作物であり、桑の枝幹や根にはそれぞれ貯蔵養分が蓄積されていて発芽や発根に使用されていることが田口(52)、小山(24)、潮田(57)等によつて明らかにされている。著者は貯蔵養分を多量に保持している桑の根から発根生長する現象について土壤中の酸素濃度、炭酸瓦斯濃度、土壤水分の多少が発根生長にいかん影響するか、また内的要因として考えられる植物生長ホルモンと発根生長との関係を生理学的に明らかにする目的で実験を行つたのでその結果をここに報告する。

従来桑の発根についての研究は枝条の再生現象として浜田(12)、飯島(16)、山下(59)等の報告がある。また浜田、村上(28)は秋植の桑苗の発根時期について、池田(18)は桑苗の冬芽の発芽と発根に及ぼす温度の影響について研究し発芽作用には地温の影響が大きいことを報告している。

桑苗の温度に対する抵抗力については岡部(32)、鈴木(51)、土壤通気と桑の発育との関係については高木(52)の報告があるにすぎない。もつとも桑以外の植物について発根生長に関する生理学的研究は非常に多い。森田、石原(27)は各種果樹の幼樹の土壤酸素濃度に対する致死酸素濃度を調査し、森(25)は果樹の水耕法を研究し梨では通気が最も不良な状態の時に新根の発生が全くなく根群は次第に枯死し通気が少々良くなると少数の新根の発生がみられ、通気が更に良くなると太い新根が発生するようになり、枝の伸長も良好になると報じている。

Boynnton(6) は、苹果について土壤空氣の酸素及び炭酸ガス含量をある範圍にいろいろ保たしめて發育状態を觀察し土壤空氣中の酸素が少いもの程發育が劣り、根の發育は酸素含量15%以下では不良となり5%以下では全然新根が

発生しない。また根が生存するだけならば酸素含量0.1~0.3%でも相当期間生存すると報じている。このほか果樹の発育に及ぼす土壌空気の影響についてはCannon(3)、De-Villiers(3)、Childs(3)の報告がある。また蔬菜については位田(17)、野口、竹井(31)、稻については竹井(55)、林木種苗については大政(33)等の報告がある。

森田、米山(3)は果樹幼樹の大略の適湿について、小林(20)は各種果樹の根について耐水性を調査しブドウの根の特殊呼吸について報じている。

根に対する生長素の作用については多くの研究がある。そのうち木本類については挿木による根の再生現象についての報告が多い。草本類についてはトマト等の根端培養が行われている。坂村(44)によると生長素は根に対しても生長促進作用があり、根が自ら生長素を形成しないで他から受けるという説と、根において形成されるという説があるとのべている。川田、八巻(60)によると秋、冬落葉する植物は根の生長素を枝に蓄積するとのべている。また根における根の形成は、莖における根の形成と同じ要因によつて支配されるものであるとしている。Went(60)はアカリフアをもちいて十分にホルモンを与えると数多くの根が形成されるが対照は分根しないか、わずか1~2本しか発根しないことを明らかにしている。また挿穂では芽が生長素供給の役目をしているとのべている。しかし特に貯蔵養分を多量に蓄積している桑の根のごときものもちいた、根から根が形成される機構の研究は少いようである。

本研究を遂行するに当つて御指導を賜つた東京大学農学部浅見博士、杉山博士、蚕糸試験場浜田技官、御便宜と御鞭撻を賜つた蚕糸試験場長横山博士、青木博士、潮田技官、並に蚕糸試験場松本支場長酒井技官、実験に直接御協力を願つた岡部融、川上恒寿、白木利一、大沢清春、木下玉平の諸氏に対し衷心から感謝の意を表します。

Ⅱ 根の生長に及ぼす植物生長ホルモンの影響

前の項で圃場、ポットに栽植した桑を用いて株直しの時期、方法、採葉法を異にした場合の根の発育様相を調査した成績から、根の発育には地上部の存在が重要な役割をしていることを明らかにした。しかし地上部の存在が何故必要かは論じなかつたのでこゝに項を改めて論ずることにした。

1. 根の生長に及ぼすナフタリン酢酸の影響

発芽前の桑の根には貯蔵養分が相当にあることが明らかにされているのに、根だけを切離して発根可能な状態に保護した際に発根しない、このことは根の生長には必要な貯蔵養分を根の生長に利用させる生理的作用が行われなためであろうと考えられる。又この生理作用は特に植物生長ホルモンの活性化の強弱と関係するものではないかと考えられるので、植物生長ホルモンが根の生長に効果があるかどうかを調べた。

(1) 桑苗の根の生長に及ぼすナフタリン酢酸の影響

A 実験方法

この実験は1955年11月に実施したものであるが、供試苗は魯桑実生苗で、支根を全部剪除し予め濡れた川砂を充しておいた5万分の1のポットに次のような試験区を設けてそれぞれ処置したものを1区10本宛植付け、25°Cの恒温室に保護した。

無処理区 …… 支根を剪除したものをそのまま植付けたもの

処理A区 …… 支根を剪除し根の下部をナフタリン酢酸0.01%の水溶液に1時間浸漬してからポットに植付けたもの

処理B区 …… A区に準じてナフタリン酢酸0.005%の水溶液に1時間浸漬してから植付けたもの

根の調査は処理後20日目にポットを解体して行つた。主根から1次的に出たものを1次根、1次根から出たものを

2次根、2次根から出たものを3次根と区別し、その根数と根長を調査した。

B 実験成績

ナフタリン酢酸の水溶液に根の下部を1時間浸漬したものは無処理のものより発根数も根長も優れていた。

(第1表)

才 | 表 ナフタリン酢酸の水溶液に桑実生の根部を浸漬した場合の発根状況

区 別	発 根 数 (本)				総 根 長 (cm)				供試苗数 (本)	発根苗数 (本)
	1次根	2次根	3次根	計	1次根	2次根	3次根	計		
無 処 理	6.4	104.0	19.0	129.4	43.9	98.5	5.6	139.0	5	5
ナフタリン酢酸0.01%	44.2	180.2	11.2	235.6	249.5	151.4	1.9	402.8	5	4
〃 0.005%	25.2	148.4	5.2	178.8	120.5	112.7	0.7	233.9	5	5

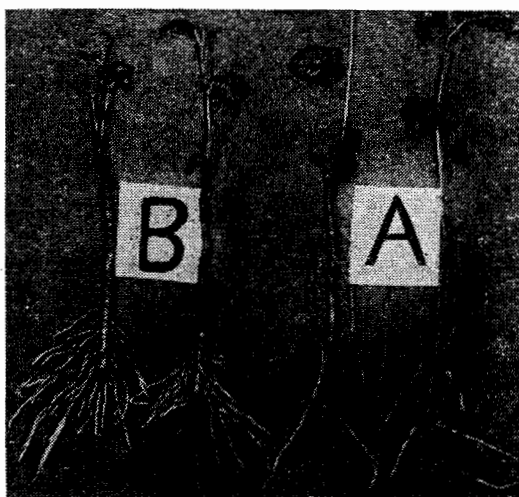
各区とも供試苗は全部発根していた。総発根数ではナフタリン酢酸0.01%が最も多く、ナフタリン酢酸0.005%区がこれにつき無処理区が最も少い。1次根を比較するとナフタリン酢酸0.01%区は最も多く、ナフタリン酢酸0.005%区これにつき、無処理区は最も少い。2次根は1次根と同様な成績を示し、3次根は無処理区最も多く、ナフタリン酢酸0.01%これにつき、ナフタリン酢酸0.005%区が最も少い。

総根長では処理A区の402.8cmが最も長く、処理B区の233.9cmがこれにつき無処理区の139.0cmが最も短い。1次根長は処理A区249.5cmが最も長く、処理B区の120.5cmがこれにつき無処理の43.9cmが最も短い。2次根長は処理A区の151.4cmが最も長く処理B区の112.7cmがこれにつき、無処理の98.5cmが最も短い。3次根長は無処理の5.6cmが最も長く、処理A区の1.9cmがこれにつき、処理B区の0.7cmが最も短い

発根にはナフタリン酢酸の効果が大きいことが明らかである。

(第1図)

才 1 図



A、対 照

B、根にRootoneを添加したもの。

2. 地上部を剪除した根の生長に及ぼすナフタリン酢酸の影響

根の生長ホルモンが地上部に存在するなら、ナフタリン酢酸が地上部の存在と同じように発根に影響するかどうかを確かめる必要があると思われる。

(1) 第1実験

A 実験方法

この実験は1954年11月26日から20日間行つたものである。供試材料としては、1年生の魯桑実生苗と樹齡36年目の根刈仕立の十文字の根で直径1cmのものを用い、次の5区について実験した。

第1区 …… 実生苗の主根の長さを15cmとし支根を全部剪除したもの10本を予め濡れた川砂を充したポットに植付け25°Cの室に保護した。

第2区 …… 実生苗の根のみを用い主根の長さを15cmとし、支根を全部剪除したもの、上部をナフタリン酢酸0.01%溶液に1時間浸漬し、対照と同様にポットに植付け25°Cの室に保護した。

第3区 …… 実生苗の根のみを用い主根の長さを 15cm とし支根を全部剪除したものをそのまま、2区同様にポットに植付け25°Cの室に保護した。

第4区 …… 十文字の支根のない根のみを用い長さ 15cm としたものの上部を第2区と同様にナフタリン酢酸で処理し、実験室内に放置した。

第5区 …… 十文字の根のみを用いて第3区と同様に実験室内に放置した。

実験終了日にポットを解体し根の調査を(1)に準じて行つた。

B 実験成績

魯桑実生苗の根のみを用いてナフタリン酢酸の0.01%溶液に浸漬した後に植付けたものは普通の苗木(地上部のあるもの)と同様に良く発根していた。しかし根だけのものは殆んど発根していないか、発根したものでも根の生長が極めて僅かであった。

実生苗を使用したものについて発根した個体数を比較すると第1区、第2区はいずれも10株であるが、第3区は2株にすぎない。

1次、2次、3次を含めた総根数は第1区が最も多く、第2区がこれにつき、第3区が最も少ない。

1次、2次、3次を含めた総根長では第1区が最も長く、第2区がこれにつき、第3区が最も短い。

十文字の根のみについての成績ではナフタリン酢酸に1時間浸漬したものは発根してきたが、処理をしなかつたものは供試株の何れも発根しなかつた。第4区については供試したもの全部が発根し、発根数は平均 1.6本 で根長は 3.85cmである。(第2表)

才2表 桑の根のみを用いた場合の発根に及ぼすナフタリン酢酸の影響

区 別	発 根 数 (本)				総 根 長 (cm)				供試苗数 (本)	発根苗数 (本)
	1次根	2次根	3次根	計	1次根	2次根	3次根	計		
第 1 区	23.0	41.0	0	64.0	64.3	17.3	0	81.6	10	10
第 2 区	25.2	74.8	5.2	105.2	94.7	41.1	0.6	136.4	10	10
第 3 区	0.6	0	0	0.6	0.5	0	0	0.5	10	6
第 4 区	2.0	1.2	0	3.2	7.4	0.3	0	7.7	10	10
第 5 区	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0

(2) 第2実験

A 実験方法

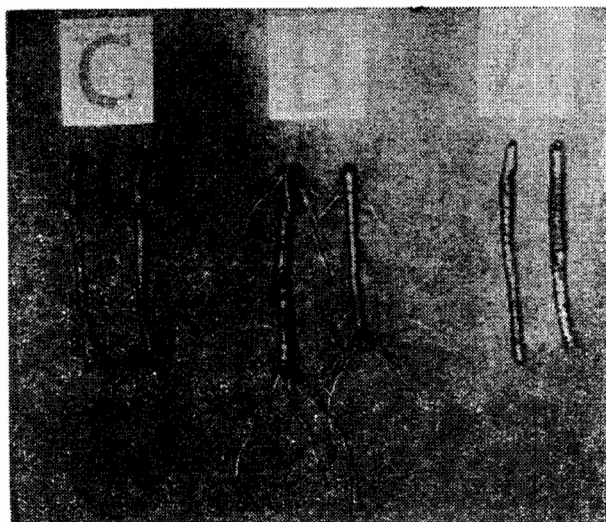
この実験は1955年2月に行つたものである。供試材料、其他は第1実験のものと同じであるが、試験区は次のようにした。

第1区(A) 主根部の長さ 15cm とし、直にポットに植付けたもの

第2区(B) 主根の長さ 15cm とし、上部切口にナフタリン酢酸0.01%のラノリン軟膏をつけ、ポットに植付けたもの

第3区(C) 主根の長さ 15cm とし、下部にナフタリン酢酸0.01%のラノリン軟膏をつけ、ポットに植付けたもの

才2図 ナフタリン酢酸添加と桑の発根



A、無処理 B、上部切口に添加 C、下部に添加

B 実験成績

魯桑実生苗の根のみを用いてナフタリン醋酸0.01%のラノリン軟膏をつけると発根が良く、新根の生長もまた良好である。しかし植物生長ホルモンの添加位置によつて根の発育が特に異なるようである。即ち切口の上部のものは下部より新根の生長が著しく優つていた。(第3表) (第2図)

才3表 植物生長ホルモンの添加位置と新根の発育

区 別	供 試 株 数	発 根 株 数	1 株 当 り 発 根 数	1 株 当 り 新 根 長
第 1 区 (A)	10本	2本	2.0本	1.47 cm
第 2 区 (B)	10	10	23.8	55.37
第 3 区 (C)	10	10	15.8	16.55

3. 根の生長に及ぼす地上部の各部分(器官)の影響

根から根が再生されるためには、地上部の存在が必要であり、その地上部にはホルモンが存在し発根に重要な役割をしているとすれば、そのホルモンを保有している器官(部分)は何のであるかを確認する必要がある。そこで次の実験を行った。

A 桑苗における枝條の長短、冬芽の有無と発根との関係

a 実験方法

この実験は1952年3月1日から3月20日に亘つて行つたものである。供試材料は枝垂桑の1年生実生苗で主根の長さを15cmとし支根を全部剪除し、地上部は次の区の通り処理して、濡れた川砂を入れた5万分の1ポットに各区10株宛植付け、25°Cの恒温室に保護した。実験開始後20日目に解体して根長を測定した。

- 全 条 残 区 …… 全枝條を有するもの
- ½ 残 条 区 …… 枝條の長さを½としたもの
- 2 cm 残 条 区 …… 青首の部分2cmだけ残したもの
- 搔 芽 全 条 残 区 …… 全枝條を残し冬芽を全部搔芽したもの
- 搔 芽 ½ 残 条 区 …… 枝條の長さを½とし冬芽を全部搔芽したもの
- 搔 芽 2 cm 残 条 区 …… 青首の部分2cmだけ残し冬芽を全部搔芽したもの
- 根 の み 区 …… 桑苗の青首以上を剪除したもの

b 実験成績

冬芽を残した3区は新梢が伸長したが、搔芽区は新梢が全く発育していなかつた。枝條の長短と新根長を比較すると、全条残区の26.5cmが最も長く、½残条区22.8cmが、これにつぎ、2cm残条区の19.9cmが最も短い。

搔芽したものは新根の生長が搔芽しないものより特に劣つたが、搔芽した3区間の比較では搔芽全条残区の15.7cmが最も長く、搔芽½残条区の9.0cmがこれにつぎ、2cm残条区の2.1cmが最も短かつた。要するに同程度の残条では新梢の伸びたものの方が生長が良かつた。附着した枝條の長いものの方が短いものより根の生長が良いという成績になつた。(第4表)

才4表

試 験 区	供 試 苗 数	発 根 苗 数	旧 条 長	旧 根 長	新根の総長	新 梢 長
	本	本	cm	cm	cm	cm
全 条 残 区	10	10	24.1	15.0	26.5	13.2
½ 残 条 区	10	10	11.3	15.0	22.8	15.7
2cm 残 条 区	10	10	2.0	15.0	19.9	21.9
播 芽	全条残区	10	25.2	15.0	15.7	0
	½残条区	10	12.2	15.0	9.0	0
	2cm残条区	10	2.0	15.0	2.1	0
根 の み 区	10	1	0	15.0	0.2	0

B 古條、新梢、葉と旧根から更生される新根量との関係

新梢が出たものゝ方が根の生長が良好であるなら、古条、新梢、葉と区別し、その各部分が根から出た新根の生長に如何に影響するかを追求する必要があると思われたので、次の実験を行つた。

a 実験方法

この実験は1954年1月8日から2月3日にわたつて行つたものである。供試材料は枝垂桑の1年生実生苗の根だけを用いた。主根の長さ150cmとして支根を全部剪除し、次の処理をして、濡れた川砂を充した2万分の1ポットに10株宛植付け、25°Cの恒温室に保護した。

対照区A 無処理区 …… 実生苗の根のみをそのまま用いたもの

対照区B ラノリン添加区 …… 根の上部切口にラノリンのみを添加したもの

古条の皮部添加区 …… 上部に植付け2年目の一の瀬の一年枝条の皮部をとり、よくすりつぶしてラノリンと混ぜ、根の上部切口に添加したもの

新梢皮部添加区 …… 植付2年目の一の瀬の新梢の皮部をとり、よくすりつぶしてラノリンと混ぜ根の上部切口に添加したもの

桑葉添加区 …… 植付2年目の一の瀬の新梢の葉をとり、よくすりつぶしてラノリンと混ぜ根の上部切口に添加したもの

処理後20日に解体して根の調査を(2)に準じて行つた。

b 実験成績

発根した株数の最も多いものは、古条、新梢の皮部を添加したもので、供試株全株が発根していた。桑葉添加区及びラノリン添加区の6株がこれにつき、対照区の4株が最も少い。

総発根数で最も多いのは新梢の皮部添加区の5.8本が最も多く、古条の皮部添加区の3.2本がこれに次ぎ、桑葉添加区、ラノリン添加区、無処理区の0.6本が最も少い。

才5表

区 別	発 根 数 (本)				総 根 長 (cm)				供 試 苗 数 (本)	発 根 数 (本)
	1次根	2次根	3次根	計	1次根	2次根	3次根	計		
対照区A 無処理区	0.6	0	0	0.6	0.5	0	0	0.5	10	6
ク B ラノリン添加区	0.6	0	0	0.6	0.4	0	0	0.4	10	4
古条の皮部添加区	2.2	1.0	0	3.2	3.7	0.1	0	3.8	10	10
新梢の皮部添加区	2.4	3.4	0	5.8	8.7	0.7	0	9.4	10	10
桑葉添加区	0.6	0	0	0.6	0.4	0	0	0.4	10	6

総根長では新梢の皮部添加区の9.4cmが最も長く、古条の皮部添加区の3.8cm、桑葉添加区、ラノリン添加区の0.4cmの順に少く、対照の0.2cmが最も短い。(第5表)

C 桑葉の老若と旧根から再生された新根量との関係

上記の実験の結果によると桑葉を磨砕したものは、根から根が再生されるに余り役立たないように見られるが、老若によつてホルモンの活性率が異なるかも知れないと思われるから、着葉部位別による試験を1955年6月15日に行つた

a 実験方法

供試材料の根は魯桑実生苗を3月に掘取り、室温5°Cの恒温室に保護しておいたものである。供試した葉は夏秋蚕用桑園として栽培されている一の瀬を使用した。

採葉当日は新梢の長さ120cm、一枝条の平均着葉数は15枚であつた。

根に葉を添加した方法は前項Bと同様に葉を磨砕してラノリンと混合し、それを根の上部切口に添加して、各区10株宛ポットに植付けた。実験着手後25日目にポットを解体して新根の調査を行つた。なほ試験区は次の様に設けた。

第1区(対照A)……………枝条をつけた苗。

第2区(対照B)……………根のみを用いてラノリンとヘテロキシンを20:1に混ぜたものを上部切口に添加した。

第3区(対照C)……………根のみを用いた。

第4区(第1葉目)……………供試苗の根のみを用い、ラノリンと葉をすりつぶし、各々等量混ぜたものを根の上部切口に添加した。

第5区(第6葉目)……………梢端より6葉目の葉を4区と同様に処理した。

第6区(第11葉目)……………梢端より11葉目の葉を4区と同様に処理した。

b 実験成績

発根数は対照区の1区、2区とも多いが、3区から6区までは全く発根しない。3区から6区までは1株も発根するものはなかつた。(第6表)

才6表

項目 区別	発根数(本)				総根長(cm)				供試 苗数 (本)	発根 苗数 (本)
	1次根	2次根	3次根	計	1次根	2次根	3次根	計		
第1区(対照A)枝条育	7.2	28.4	2.6	37.2	32.0	27.3	0.2	59.5	10	10
第2区(対照B)ラノリン ヘテロキシ	11.3	41.5	0	52.8	44.3	26.9	0	71.2	10	10
第3区(対照C)根のみ	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
第4区(1葉目の葉)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
第5区(6葉目の葉)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
第6区(11葉目の葉)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0

4. 枝幹の齡別と旧根からの発根との関係

普通に栽培されている桑は、根刈、中刈、高刈、喬木等の仕立別によつて主幹の長さが異なる外、第1枝幹、第2枝幹等のある場合には、これ等が経過する年数によつて、先端の1年生枝条とは齡別に大きな開きが生ずるものである。従つて根から根が再生されるに必要なホルモンの働きが、枝条の齡別によつてどのように異なるかを追求することにした。

a 実験方法

この実験は1954年6月30日から行つたものであるが、供試材料としての接穂は魯桑実生の5年生の桑樹から最も太

い幹の部分と先端の1年生とその下の2年生枝条をとつた。この接穂を魯桑実生の根に接ぎ、25°Cの恒温室に保護した。接木後25日目に掘出して発根状態を比較調査した。

b 実験成績

接木の活着した株数は各区とも100%であつた。発根数は2年生枝条の41.2本が最も多く、1年生枝条の32.2本がこれに次ぎ、4年生枝条の3.4本が最も少かつた。

新根長では1年生枝条の40.7cmが最も長く、2年生枝条の33.9cmがこれにつぎ、4年生枝条の1.9cmが最も短い。(第7表)

才7表

区 別	供 試 苗 数	活 着 数	発 根 数			新 根 数		
			1 次 根	2 次 根	計	1 次 根	2 次 根	計
	本	本	本	本	本	cm	cm	cm
1 年 枝	10	10	5.6	26.6	32.2	16.1	24.6	40.7
2 年 枝	10	10	4.4	36.8	41.2	13.1	20.8	33.9
4 年 枝	10	10	2.8	0.6	3.4	1.8	0.1	1.9

Ⅲ 發根に及ぼす温度の影響

さき(40)に松本地方に於ける春季の根の生長開始期は、10°C以上の地温が数日続く5月上旬である事、根の生長停止期は地温が10°C附近に降下する11月中旬であることを報告した。またⅢにおいてのべたように、根の生長開始期や停止期が温度と密接な関係があることが知られるけれども、これまでの成績では不充分と考え、更に発芽前の桑苗を用いて発根に及ぼす温度の影響につき実験した。

1. 気温並びに地温が同じ場合

気温と地温を同じにして発芽前の桑苗の発根開始に必要な最低限界温度、発根並に新根の生長に最も適当な温度、更に発根し得られる最高限界温度等を追求するため次の実験を行つた。

(1) 実験方法

供試材料は発根前の魯桑実生苗で、実験着手の際に支根を全部剪除し、あらかじめ濡れた砂を充しておいた5万分の1のポットに10本宛植付けたものである。

試験区は5、10、15、20、25、30、35、40、45°Cとし、これ等の温度を保つために、それぞれの目的温度の恒温室を使用した。

試験は1953年12月6日から1954年2月21日にわたつて2回行い、その都度、実験に着手してから20日目に手押しポンプで砂を洗い落としポットから苗を取り出し、発根数、新根長を各株毎に調査し発根状態を観察した。

(2) 実験成績

実験 A 1953年12月6日の第一実験では、10°C以下では各株共発根するものがなかつた。15°Cのものは全株発根し、発根数は1株平均1.5本、総新根長は0.2cmに達した。20°Cの新根数は11.1本、総新根長は2.8cm、25°Cの新根数は18.0本、総新根長は9.2cm、30°Cの新根数は38.0本、総新根長は27.7cmに達した。35°C以上は都合で実験できなかつた。

実験 B 1954年2月1日から開始した第2実験の結果も、第1実験と全く同じ傾向を示した。すなわち発根開始期と思われるのは10~15°Cであり、発根並に生長の最も盛んな時は30°C、最高温度は45~50°Cであることがわかつ

た。(第8表)

才8表 温度を異にした場合の桑苗の根発状態

気 温	実 験 A		実 験 B	
	新 根 数 本	総 新 根 長 cm	新 根 数 本	総 新 根 長 cm
5°C	0	0	0	0
10	0	0	0	0
15	1.5	0.2	2.0	0.3
20	11.1	2.8	15.0	6.1
25	18.0	9.2	25.0	19.2
30	38.0	27.7	83.0	63.4
35	欠調	欠調	43.0	36.5
40	欠調	欠調	0.2	0.4
45	欠調	欠調	0	0

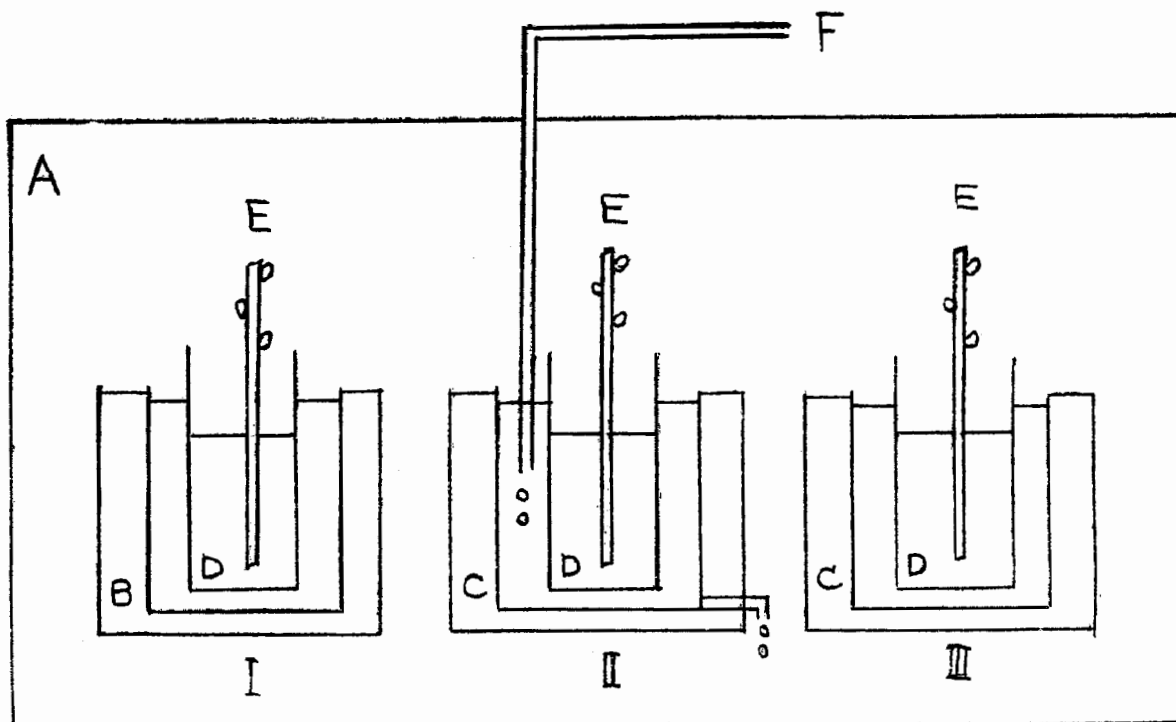
2. 気温を 25°C とし地温を異にした場合

1において気温、地温とも 10°C 以下では発根しない成績を示したが、地温が 10°C 以下でも気温が 25°C と高くなつた場合に発根するかどうか、気温 25°C の場合の最適温度、最高の限界温度はどうなるかを追求するため次の実験を行った。

(1) 実験方法

恒温室を使用して気温を 25°C とし、地温は 5、10、15、20、25、30、35、40、45°C に保つため、次のような処置をした。(第3図)

才3図 気温を 25°C とし地温を異にした方法の略図



- I 気温25°C 地温35°Cの装置
- A 恒温室25°C
- B 恒温水槽35°C
- D ガラスポット
- E 桑 苗
- II 気温25°C 地温10°Cの装置
- C 水槽10°C 0°C
- F 恒温室内水槽 10°C
- III 気温25°C 地温0°Cの装置

3. 地温を 25°C とし気温を異にした場合

地温を発根可能な 25°C とし、気温を異にした場合にいかなる温度の範囲内で発根するかを確かめるために、次の実験を行った。

(1) 実験方法

この実験は 1953年 3月 5日から始め、3月 25日に終了した。供試苗は魯葉実生で、支根を全部剪除したものである。

試験区は気温 0、5、15、25、30、35、40、45、50°C とし各区恒温室を使用した。気温 20°C 以下の区の地温は、電機恒温水槽（第 4 図）を用い、気温 25°C の区は桑苗を植付けた瓶をそのまま入れた。気温 30°C 以上の区は目的の各温度に保つた恒温室内に水槽を設け、この水槽には別の 25°C の恒温室に貯えた水槽からゴム管で常に流水して、水槽内の水温が 25°C を保つように調節した。この 25°C の水槽内にそれぞれ桑苗を植付けた瓶を入れて実験した。実験の苗木の処理、その他の調査方法は前記 2 に準じた。

(2) 実験成績

この実験の結果、地温が発根可能な 25°C の場合は、気温が 5°C、45°C でも発根することが明らかにされた。

まず供試株 10 株に対し発根した数をみると、0°C では全然発根しないし、5°C では 10 株、15°C では 8 株、25°C では 10 株、30°C では 10 株、35°C では 10 株、45°C では 10 株であり、50°C では苗が全部枯死した。

発根は気温 5°C、45°C の場合には、2 次根まで、15~35°C の範囲では 3 次根まで発生していた。

発根総数は 5°C で 3.8 本、15°C は 28.3 本、30°C は 42.1 本、35°C は 48.0 本、45°C は 19.0 本である。

総発根長は 5°C で 3.0 cm、15°C は 22.9 cm、25°C は 59.54 cm、30°C は 70.0 cm、35°C は 56.6 cm、45°C は 10.7 cm である。（第 10 表）

才 10 表 地温を 25°C とし気温を異にした場合の新根の生長状況

気温 °C	地温 °C	発根 苗数 本	発 根 数				根 の 重 量		総 発 根 長			
			1 次 根	2 次 根	3 次 根	計	生 量 瓦	乾 物 量 瓦	1 次 根	2 次 根	3 次 根	計
0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	25	10	2.6	4.2	0	6.8	微量	微量	1.80	1.20	0	3.00
15	25	10	4.4	21.3	2.6	28.3	0.740	0.042	12.00	10.90	0	22.90
25	25	10	7.2	28.4	3.2	38.2	1.220	0.061	32.00	27.28	0.26	59.54
30	25	10	9.5	29.4	2.0	42.1	1.180	0.064	36.80	30.40	3.80	70.00
35	25	10	9.0	57.0	2.0	48.0	1.130	0.052	28.30	28.30	0.20	56.60
45	25	10	7.0	12.0	0	19.0	0.280	0.016	7.80	2.90	0	10.70
50	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IV 土壤通氣と根の生長との関係

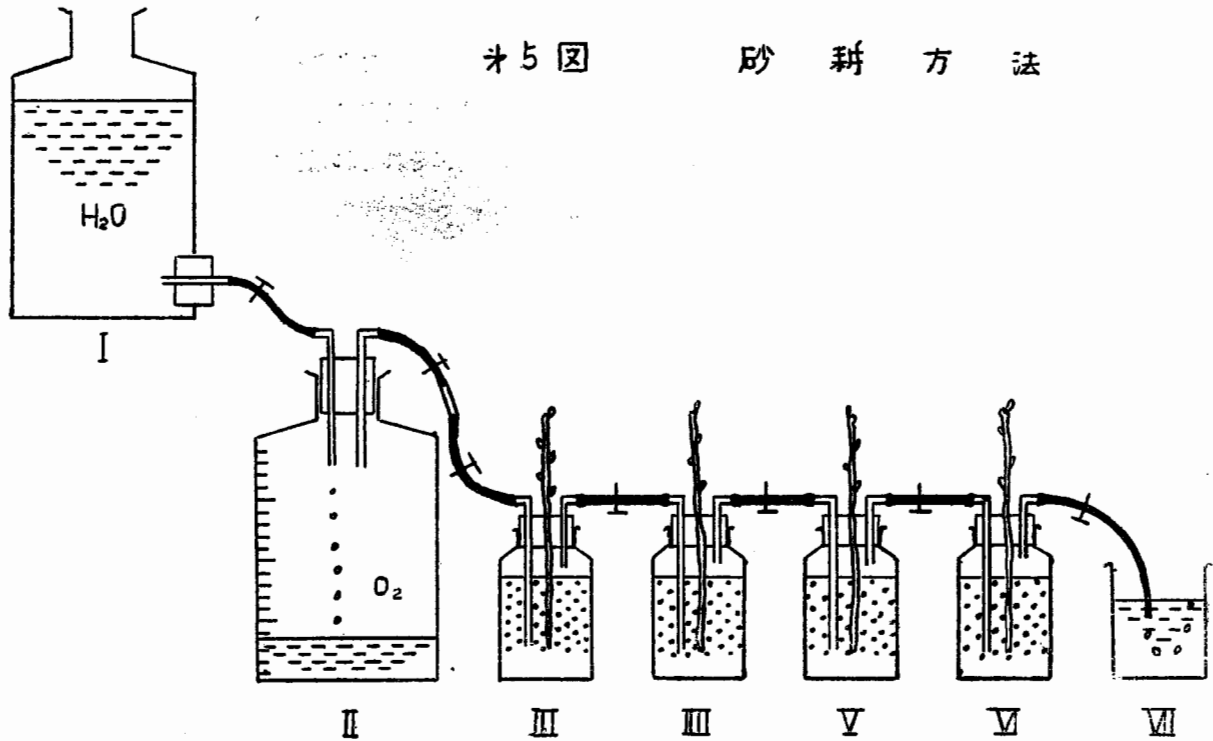
1. 土壤中の酸素濃度と根の発育

(1) 第 1 実験

A 実験方法

材料は枝垂桑の自然交配による 1 年生実生苗で、掘取つたあと 5°C の室に保護しておき、5月 10日実験に供した。

苗木の全重量 6.0~7.5g、青首の直径 3.5~4.0mm のものを選び、根部の長さ 15cm に切り、側根は全部切り取り直根だけとし、第5図に示すようにガラス瓶（容量500cc）に植付け、密封した。植付け後直ちに枝条の長さが 5 cm 残るように切り、切口はパラフィンで封じた。瓶は植付前日湿つた川砂 425g を入れ、5月25日に酸素濃度を窒素瓦斯で 2%、5%、10%、20%に調節したものを、各区とも 1日に5立宛送つた。なお目的の濃度を送る前に瓶全部を真空に近くしておき、直に目的濃度の酸素を送つた。更に水を入れた瓶と目的酸素濃度の瓶とをゴム管で連結し、水を適下して酸素を実生苗を植付けた瓶に送り、最後はビーカー内の水中に排出させた。（第5図）



実験着手後2日目毎に目的濃度の酸素を補充した。また毎日桑実生の発芽発育状況を観察し、実験最終日の6月12日に解体して新梢長、発根数、根長を測定した。実験中2回排孔から瓦斯を取つて酸素濃度を Orsat の瓦斯分析器を用いて測定した結果によるとはゞ目的の濃度を得た。（第11表）

B 実験成績

この実験によると春の発芽には土壌中の酸素濃度の影響はあまりないと思われる。実験最終日に於ける新梢の発育をみると、酸素濃度の低い場合は成長が劣り着葉数が少なくなつてゐる。20%を対照とすると酸素濃度は5%以上でなければ普通の発育を示さないようである。（第12~13表）

才11表 排気中の酸素濃度

区 別	6月6日	6月8日
酸素濃度 2%	2.6	2.4
全 5%	5.4	5.0
全 10%	10.2	10.2
全 20%	20.6	20.3

才12表 発 芽 発 育 調 査

試 験 区	脱 苞 期	燕 口 期	第 1 開 葉 期	第 2 開 葉 期	第 3 開 葉 期	第 4 開 葉 期	第 5 開 葉 期	第 6 開 葉 期
	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日	月 日
酸素濃度 2%	5.26	5.27	5.30	6.1	6.1	6.4	6.6	6.9
全 5%	5.26	5.27	5.28	6.1	6.1	6.3	6.4	6.6
全 10%	5.25	5.28	5.29	6.1	6.1	6.3	6.5	6.7
全 20%	5.26	5.28	5.30	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7

才13表 新 梢 調 査 (1株平均)

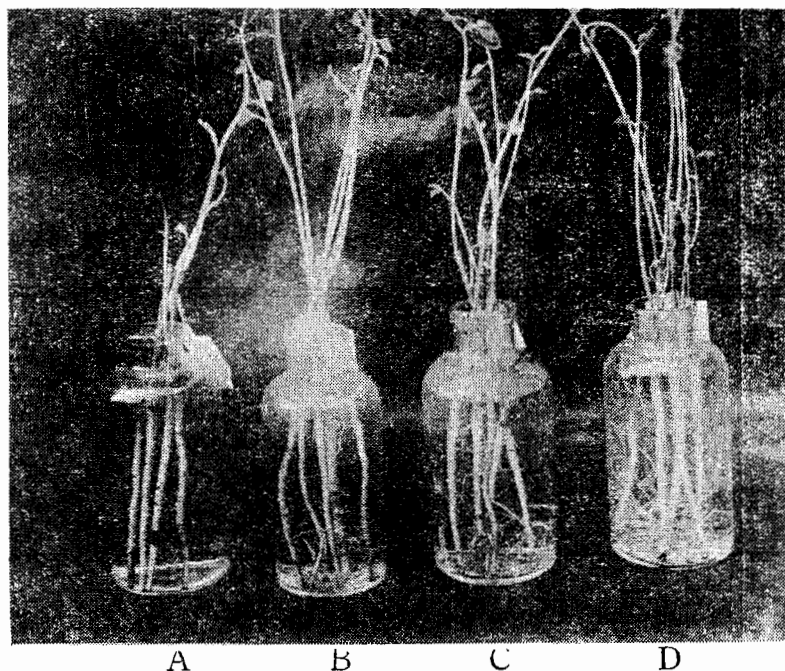
試 験 区	調 査 株 数	総 条 長		枝 条 数		着 葉 数	
		実 数	指 数	実 数	指 数	実 数	指 数
酸素濃度 2%	4	10.9	44	1.8	100	7.5	74
〃 5%	5	25.8	104	1.6	90	9.4	93
〃 10%	5	24.9	101	2.2	122	11.6	109
〃 20%	5	24.7	100	1.8	100	10.6	100

土壌の酸素濃度が低い場合は、地下部の新根の発生並に發育に著しい悪影響を及ぼすものである。1株平均の発根数20%を100とした指数によつてみると、10%では128、5%では76、2%では18である。又総根長に於ては10%では108、5%では80、2%では4である。

(第14表) (第6図)

- A 酸素 2%
- B 酸素 5%
- C 酸素 10%
- D 酸素 20%

才6図



才14表 根 の 発 育 調 査

区 別	調 査 株 数	1株平均発根数	同 指 数	1株平均総根長	同 指 数
酸素濃度 2%	4	3.5	18	2.85	4
〃 5%	5	15.0	76	60.50	80
〃 10%	5	25.4	128	80.94	108
〃 20%	5	19.8	100	75.28	100

(2) 第2実験

A 実験方法

供試材料は第1実験と同じものを6月10日に仮植し、発芽伸長したものを6月18日に掘りあげ、青首部に健全な冬芽が残っているもののみを選び、目的濃度の酸素を通ずるまでは第1実験に準じた。試験区は土壌酸素濃度を0%、1%、3%、20%とし6月20日から目的濃度の酸素を通じた。調査は第1実験に準じて行い、7月14日解体調査を行った。

B 実験成績

土壌の酸素濃度が低いと発芽の脱苞期、燕口期が僅かに遅れる傾向が認められた。芽の成長が進むにつれて著しく

遅れ0%では第3開葉期で発育が停止し、1%、3%では第4開葉期で発育が停止した。これによると無酸素は桑の発芽発育に著しい悪影響を及ぼしたと思われる。(第15表)

才15表 発芽発育調査

区別	脱苞期	燕口期	第1開葉期	第2開葉期	第3開葉期	第4開葉期	第5開葉期	第6開葉期
酸素濃度 0%	6.27	7.2	7.5	7.8	7.11	開葉停止	—	—
〃 1%	6.25	6.28	6.30	7.1	7.4	7.8	開葉停止	—
〃 3%	6.24	6.27	6.30	7.1	7.4	7.8	〃	—
〃 20%	6.24	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30	7.2	7.5

7月14日解体時の地上部の発育状況を条数、総条長、着葉数について調査した結果によると、発条数に於ては大差がないが総条長、着葉数に於ては酸素濃度の低い場合は著しく劣つた。総条長について対照区20%を100とすれば、3%では40、1%では27、0%では20である。着葉数では3%で70、1%が52、0%が44である。(第16表)

才16表 新梢調査 (1株平均)

区別	調査株数	条数		総条長		着葉数	
		実数	指数	実数	指数	実数	指数
酸素濃度 0%	5	1.4	83	4.0	20	4.4	44
〃 1%	4	1.7	100	5.6	27	5.2	52
〃 3%	4	2.2	130	8.1	40	7.0	70
〃 20%	4	1.7	100	20.4	100	10.0	100

土壤の酸素濃度が3%以下では地下部の発育が著しく劣つて、1%以下では全然新根の発生が見られなかつた。特に1%以下では地下部の下方が腐敗しているのが認められた。発根数について対照の20%を100とすれば3%は22、1%以下では0である。総根長についてみると3%では16、1%以下では0である。(第17表)

才17表 根の発育調査

区別	調査株数	1株平均発根数	同指数	1株平均総根長	同指数
酸素濃度 0%	5	0	0	0	0
〃 1%	4	0	0	0	0
〃 3%	4	22	22	3.9	16
〃 20%	4	102	100	24.6	100

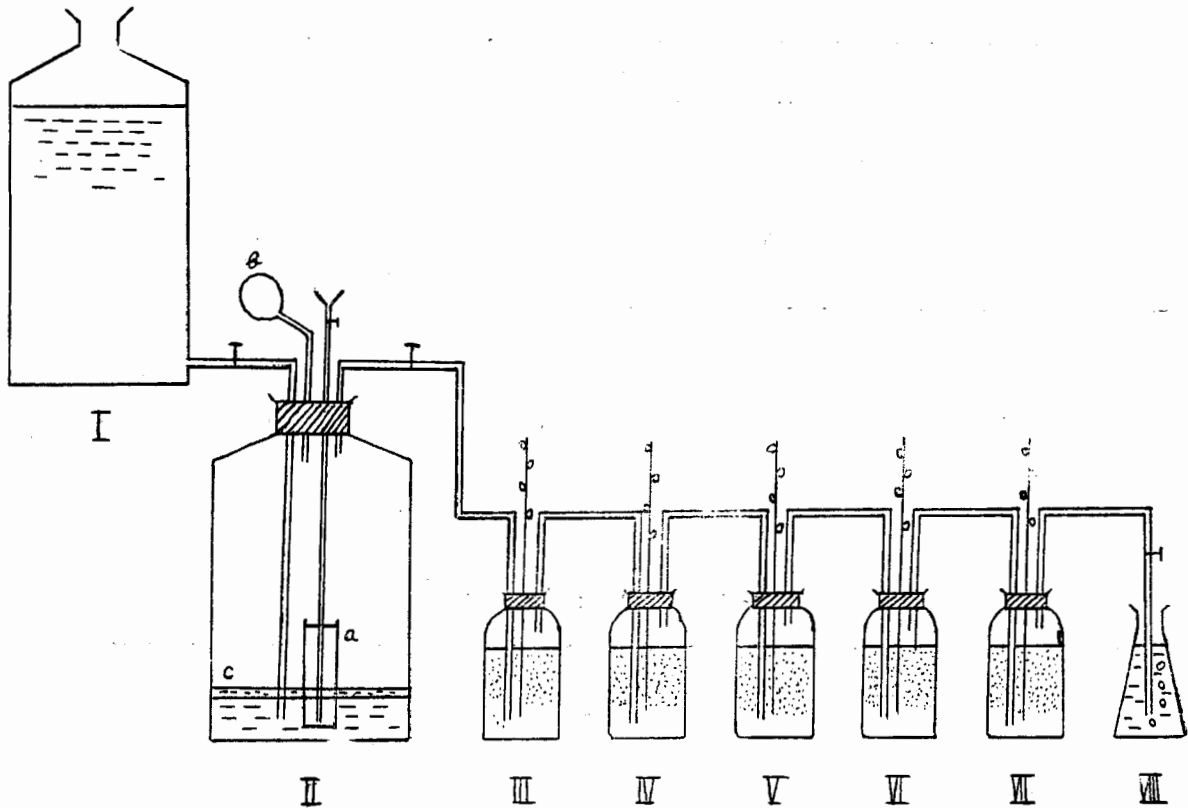
2. 土壤中の炭酸瓦斯濃度と根の発育

桑の根の呼吸作用は通気不良その他の影響によつて土壤中に酸素が少なくなり炭酸瓦斯が増加することが考えられる。そこで人工的に土壤中の炭酸瓦斯濃度を調節し、桑実生苗の新根の生長に及ぼす影響を実験した。

(1) 実験方法

実験には第7図に示すような青木(1)と全く同じ装置を用いた。Iに水を容れてその流下によつてII内の瓦斯はIII、IV、V、VI、VIIを経てVIIIに送られる。a管内に炭酸曹達の一定量を入れ、これにdから1:10塩酸を注加し、II内の炭酸瓦斯濃度を一定にした。またIIの下方cには予め流動パラフィンを浮遊させておきその下から水を送つた。III、

才7図 土壤中の炭酸瓦斯濃度と根の発育調査装置



Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ内には予め濡れた川砂を入れ、側根を全部剪除した枝垂桑の2年生実生苗を植付けて密封した。各区とも5株の苗を用いて、それぞれガラス管とゴム管で連結した。Ⅷは空気の送流を防ぐ目的で流動パラフィンを入れた。

このような装置で1953年5月1日から20日目に解体して、発根した根の数及び長さを調査し、成績は5株の平均を示した。尚実験期間中の室温は最高23°C、最低13°Cである。このようにして作った炭酸瓦斯の濃度を Orsat の瓦斯分析器で実際に検した結果、理論数とほとんど同じであつた。また目的濃度の炭酸瓦斯は各区とも1日間に5l宛使用し、3日目毎に炭酸瓦斯を更新し実験を続けた。根の調査方法は1に準じた。

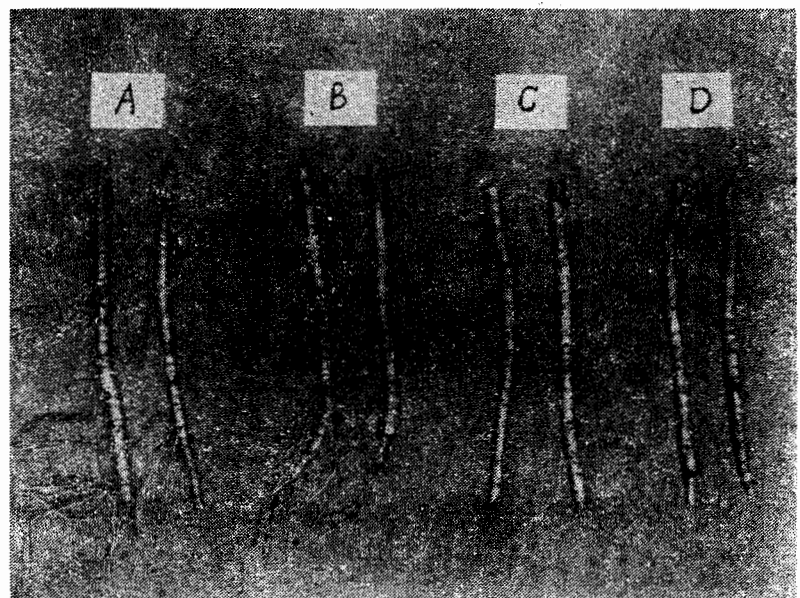
(2) 実験成績

発根した株数は供試株数10株中無処理区、5%区は全株、15%区は9株、30%区は1株であつた。

発根数を1株平均についてみると、1次根は5%区の13.4本が最も多く、次いで無処理区の12.2本、15%区の6.4本の順に少く、30%区の1.1本が最も少い。2次根数は無処理区の83.8本が最も多く5%区の60.8本、15%区の9.4本の順に少く、30%区は全く発根しなかつた。総発根数は無処理区の96.0本が最も多く、5%の74.2本、15%区の15.8本の順に少く、30%の1.1本が最も少い。

(第18表) (第8図)

才8図 土壤中の炭酸瓦斯濃度と発根



A … 無処理 B … 5% C … 15% D … 30%

才18表 土壤中の炭酸瓦斯濃度と発根数

区 別	1 株 当 総 根 数			1 次 根 数			2 次 根 数		
	最 多	最 少	平 均	最 多	最 少	平 均	最 多	最 少	平 均
無 処 理	270	6	96.0	21	2	12.2	249	0	83.8
CO ₂ 5%	167	21	74.2	23	8	13.4	144	13	60.8
CO ₂ 15%	49	0	15.8	18	0	6.4	31	0	9.4
CO ₂ 30%	11	0	2.8	11	0	2.8	0	0	0

次に新根の長さを1株平均で比較すると、1次根では5%区の43.08cmが最も長く、無処理区の42.50cm、15%区の11.14cmの順に短く、30%区の0.94cmが最も短い。2次根は無処理区の75.56cmが最も長く、次いで5%区の38.28cm、15%区の3.32cmが最も短く、30%区はなかつた。総根長は無処理区の118.06cmが最も長く、次いで5%区の81.36cm、15%区の14.46cmの順に短く、30%区の0.94cmが最も短い。(第19表)

才19表 土壤中の炭酸瓦斯濃度と新根長

区 別	1 株 当 総 根 長			1 次 根 長			2 次 根 長		
	最 長	最 短	平 均	最 長	最 短	平 均	最 長	最 短	平 均
無 処 理	343.5	2.1	118.06	89.6	2.1	42.50	253.9	0	75.56
CO ₂ 5%	209.4	19.3	81.36	104.2	11.6	43.08	105.2	7.7	38.28
CO ₂ 15%	42.9	0	14.46	35.0	0	11.14	8.7	0	3.32
CO ₂ 30%	4.2	0	0.94	4.2	0	0.94	0	0	0

地上部の發育を比較すると、発条数では無処理区の1.2本が多く、5%、15%、30%区はそれぞれ0.8本で少い。平均枝条長は無処理区の6.3cmが最も長く、次いで5%区の4.5cm、15%区の3.7cmの順に短く、30%区の1.7cmが最も短い。1枝条の平均着葉数は無処理区の4.2枚が最も多く、次いで5%区の3.8枚、30%区の2.4枚の順に少く、15%区の2.2枚が最も少い。(第20表)

才20表 土壤中の炭酸瓦斯濃度と地上部の發育との関係

区 別	着 葉 数	枝 条 数	枝 条 長
無 処 理	4.2 枚	1.2 枚	6.3 cm
CO ₂ 5%	3.8	0.8	4.5
CO ₂ 15%	2.2	0.8	3.7
CO ₂ 30%	2.4	0.8	1.7

V 土 壤 水 分 と 根 の 発 育

発芽前の地上部の繁茂している桑を用いて過湿土壌にした場合に根の生長が出来るかどうかを実験した。

1. 発芽前の桑の根の發育に及ぼす過湿の影響

(1) 実験方法

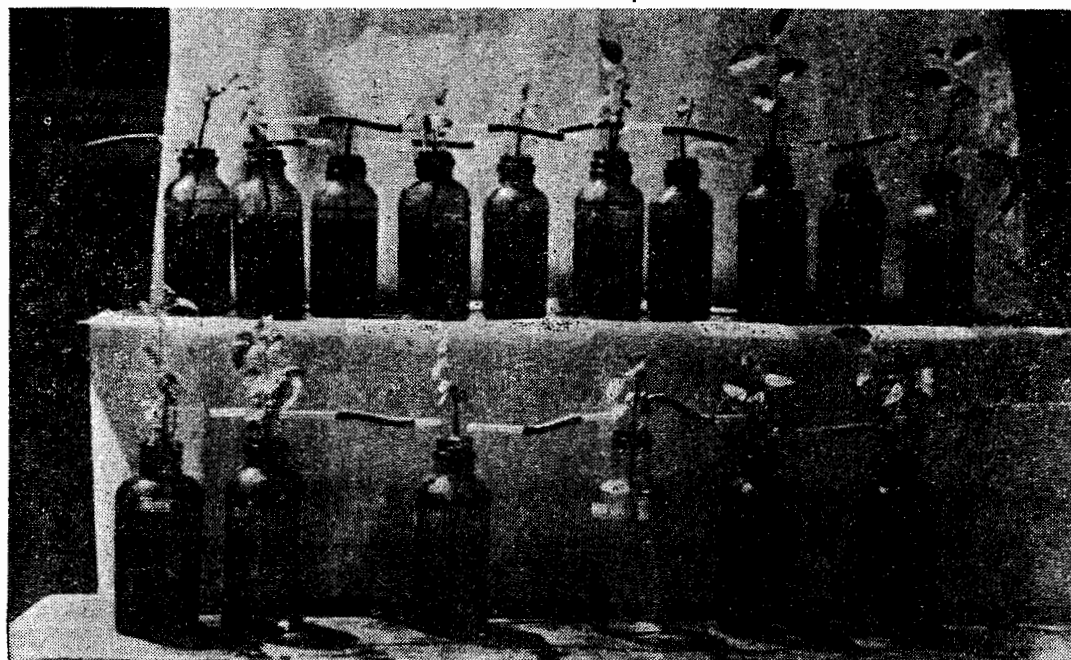
第1実験は1951年4月に枝垂桑の実生苗の支根を全部剪除したものを、容量500ccの広口瓶に予め濡れた川砂を入

れたものに1本宛植付け、ただちに灌水させたものと、しないもの、2区を設けて行つた。各区10本の苗木を使用し、処理後20日目に解体して根数、根長を調査した。

第2実験は1953年4月に実験したものである。その方法は側根を全部剪除して第1実験に準じて広口瓶に植付け、瓶の口を密閉したものと（無通気区）、密閉した栓に2本のガラス管を通して一方の管を水流ポンプに繋ぎ通気をしたものとの（通気区）2区を設けた。各区とも10本の苗木を使用し処理後20日目に解体し新根数、根長を調査した。新根は旧根から直接出たものを1次根、1次根から出たものを2次根、2次根から出たものを3次根とした。

(第9図)

才9図 灌水通気方法



上段は
砂耕灌水通気区

下段は
水耕通気区

(2) 実験成績

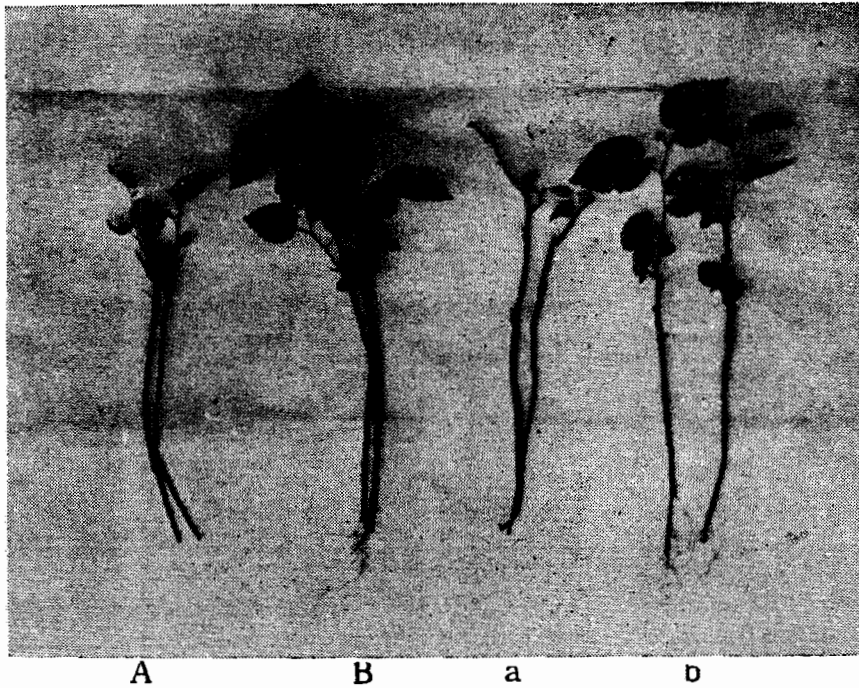
第1実験で発根した株数を調べてみると灌水しない区も灌水区も全部が発根した。1株平均の発根数は灌水しない区17.3本、灌水区5.8本であり、1株平均の新根長は灌水しない区60.22cm、灌水区5.82cmである。発条数は灌水しない区2.4本、灌水区2.2本であり、平均枝条長は灌水しない区35.5cm、灌水区25.5cm、又1枝条平均着葉数は灌水しない区12.7枚、灌水区12.0枚である。(第21表)

才21表 湛水土壌の桑樹の発育に及ぼす通気の影響 (1951)

区 別	枝 条 数 本	枝 条 長 cm	着 葉 数 枚	発 根 数 本	新 根 長 cm
灌水したもの	2.2	25.5	12.0	5.8	5.82
灌水しないもの	2.4	35.5	12.7	17.3	60.22

第2実験の成績によつて1株当りの発根数をみると無通気区15.4本に対し通気区91.6本であり、遙かに通気したものは新根数が多い。1次根数、2次根数、3次根数とも何れも通気区が多いが、特に2次根数が多い。1株当りの新根長は無通気区11.76cmに対し通気区は84.41cmで通気区が長い。1次根長、2次根長、3次根長とも通気区が長い、特に1次根長、2次根長は通気区が遙かに長い成績を示した。(第10図) (第22表)

才10図 湛水通気による発根状況



A 砂耕湛水区
 B 砂耕湛水通気区
 a 水耕区
 b 水耕通気区

才22表 湛水土壌の桑の発根並に新根の生長に及ぼす通気の影響

区 別	発 根 数				新 根 長			
	1次根 本	2次根 本	3次根 本	計 本	1次根 cm	2次根 cm	3次根 cm	計 cm
無 通 気 区	2.8	12.4	0.2	15.4	7.64	4.10	0.02	11.76
通 気 区	9.4	76.0	6.2	91.6	38.12	45.11	1.18	84.41

2. 葉が繁茂している桑の根の発育に及ぼす湛水、排水、乾燥、灌水の影響

(1) 実験方法

この実験は1951年4月一の瀬の代出苗をガラス製ポット（内径20cm、深さ45cm）に植付け栽培してきたもの、うちから発育のそろつたものを選び、次の試験区を設けて行つたものである。

標準区 毎日適当に灌水するもの。

湛水区 8月10日に湛水し、8月19日夕刻に排水し以後毎日灌水したもの。

乾燥区 8月10日から灌水を中止し、8月17日夕刻より再び灌水したもの。

根の調査はⅢ(1)のポットの場合と同じ方法によつた。

(2) 実験成績

実験開始までは各区とも根の発育が良かったが湛水区は湛水すると翌日から成長が停止した。この湛水区のものを排水すると、排水後3日目から新根の生長が認められた。乾燥区は流水を中止してから次第に根の生長が悪くなり、4日目には完全に生長が停止した。これを4日目の夕刻に灌水した結果は、灌水後3日目から根の生長が再び始まり4日目には相当に回復した。（第23～24表）

才23表 枝条、伸長度

調査月日	区 別		
	標 準	湛 水	乾 燥
	cm	cm	cm
8月12日 ~ 8月13日	1.2	1.5	1.7
〳 13日 ~ 〳 14日	1.4	1.0	0.7
〳 14日 ~ 〳 15日	0.8	0.2	0.5
〳 15日 ~ 〳 16日	1.5	0	0.2
〳 16日 ~ 〳 17日	0.8	0	0
〳 17日 ~ 〳 18日	0.3	0	0
〳 18日 ~ 〳 19日	0.5	0	0
〳 19日 ~ 〳 20日	0.6	0	0
〳 20日 ~ 〳 21日	0.3	0	0
〳 21日 ~ 〳 22日	0.5	0	0

才24表 根の伸長度

調査月日	区 別		
	標 準	湛 水	乾 燥
	cm	cm	cm
8月12日 ~ 8月13日	56	87	56
〳 13日 ~ 〳 14日	52	0	23
〳 14日 ~ 〳 15日	50	0	6
〳 15日 ~ 〳 16日	42	0	2
〳 16日 ~ 〳 17日	59	0	0
〳 17日 ~ 〳 18日	45	0	0
〳 18日 ~ 〳 19日	53	0	19
〳 19日 ~ 〳 20日	58	0	54
〳 20日 ~ 〳 21日	66	0	68
〳 21日 ~ 〳 22日	70	0	0

Ⅵ 光と根の發育

こゝでは春の発芽直前のものと、葉が繁茂しているものについて、遮光が根の發育にどの様に影響するかを実験した。

1. 発芽前の桑の根の發育に及ぼす光の影響

(1) 実験方法

この実験は1953年4月に枝垂桑の実生苗を用いて支根を全部剪除し、あらかじめ湿つた川砂をみたしたガラス製ポット（内径20cm、深さ30cm）に10本宛植付けた。それらの桑を含めたポット全体を、黒色の紙で覆つたもの（暗黒区）と覆わないもの（標準区）とに分けた。処理後20日目に解体して発根数と新根長をⅡの1に準じて調査した。なお実験中の室温は最高 30°C、最低 18.5°C である。

(2) 実験成績

両試験区とも供試株全部が発根した。1株平均発根数のうち、1次根は暗黒区が11.0本、標準区が8.0本、2次根では標準区が115.0本、暗黒区が97.0本である。総根数では標準区が123.0本、暗黒区が108.0本となつていた。

1株平均根長の1次根についてみると、暗黒区が35.0cm、標準区が29.2cm、2次根では標準区が154.0cm、暗黒区が131.1cm、総根長では標準区が183.2cm、暗黒区が166.1cmである。なお実験中毎日午前10時に覆をとつて発根の有無を観察したが、両区とも処理後11日目に発根していた。枝条長では暗黒区14.0cm標準区4.3cmとなり、着葉数では暗黒区5.6枚、標準区5.2枚である。(才25表)

2. 葉が繁茂している桑の根の發育に及ぼす光の影響

(1) 実験方法

この実験は1952年4月に一の瀬の代出苗をガラス製ポット（内径25cm、深さ45cm）に植付けたものゝうちから發育のそろつたものをえらんで、8月に遮光したもの（遮光区）、しないもの（対照区）とを設けて行つたものである。

遮光の方法は2重のヨシズ張りを作つて、その中にガラスポットを8月31日に入れたものである。また遮光をしたものは9月27日に外え出し標準と同様に管理した。根の生長の調査方法はⅢ、3に準じて毎日午前10時に新根長を測

定した。

(2) 実験成績

根の生長は遮光すると日増に生長が衰え、実験着手後、23日目には全く生長が停止した。また遮光によつて根の生長が停止したものに光をあてると処理後16日目に新根の生長が始まつた。枝条長の生長は遮光すると標準より生長度が増加し、再び光を与えると生長が衰えてきた。

才25表 明暗と発根との関係

試 験 区	発 根 数			総 根 数			枝 条 長	着 葉 数
	1 次 根	2 次 根	計	1 次 根	2 次 根	計		
標 準 区	8	115	123	29.2	154.0	183.2	4.3	5.2
暗 黒 区	11	97	108	35.0	131.1	166.1	14.0	5.6

Ⅶ 考 察

実験材料の取り方、特に実生苗を供試した点、貯蔵養分の活性に伴う生化学的検討が行われなかつた点等いまだ不十分ではあるが、桑の根から発根し生長する現象についてその外部的要因と内部的要因について二、三明らかにすることができたと思われるので本実験の主要な事項をその栽培学的意義と関連して考察する。

1 発根に地上部存在の必要性

本実験の結果によると、桑の根から新しい根が発生し、生長するためには地上部の存在が必要であることが明らかである。この現象は地上部と地下部の極性、相互作用によるものと考えられる。またこの現象は坂村(45)ののべている内部的要因を考えるべきであろう。そして地上部の存在によつてある物質が根に降下するものであろうと想像される。この点については大島、岡部(38)の報告の通りである。根のみの場合には殆んど発根しないが、根には田口(51)小山(24)等の報告によると貯蔵物質があることは明らかである。従つて根だけでも新根の生長をある程度まで補うことができる養分を持つているものと考えられる。生長には栄養が伴う(坂村(45))こともあるが、この点は根だけでも保有することは確かである。従つて根だけの場合殆んど発根しないとすれば、発根に必要な他の作用が欠けているためではなからうかと考えられる。この点についてはおそらく根の生長 Hormone の作用と酵素の作用が考えられるが温度の項でものべるように適温をあてても根だけは発根しないとすれば植物生長 Hormone の作用と解釈すべきであろう。

2 桑の根の発根並に生長と温度

大島はさきに(39)桑の根には浜田(10)(13)がいうような冬芽の休眠期という時期がなく、25°C に保温するといつても発根するものであることを明らかにした。しかし発根に必要な地温の限界温度や適温については究明しなかつた。その後の研究により最低限界温度は10~15°C、最高限界温度は40~45°C でありまた適温は30°C 前後であることを解明した。これを果樹における場合、すなわち浅見(3)、森田、西田(3)の桃の根の伸長停止温度が5°C であり伸長の適温は24°C であること、また Girton(8) のオレンジの根の生長に必要な最低温度は12°C、最適温度は26°C 最高温度は37°C であること、あるいはまた大塚(41)が苹果の根の伸長停止期は地温が7°C である時であると報告していることと比較すれば桑はかなり高温を必要とすることが明らかである。

しかしながら自然状態では気温と地温は常に平行的でないから発根並に生長には気温と地温の関連性を明らかにし

なければならない。これについてはすでに池田(18)の発表があり、桑の根はそれ自身の活動可能な限界内においては地上部と連絡なく独立して活動を開始するよう気温は根に直接関係がないとしている。しかし発根に及ぼす気温の影響についての細かな点については説明がない。本実験の成績によると気温が 5°C 以上ならば適当地温をあたえると発根し生長することが明らかである。しかし気温が $1\sim 0^{\circ}\text{C}$ 以下になると発根機能が減少しほとんど生長できなくなることも明らかである。従つて自然状態では冬季間の低温時には根の生長はほとんど停止するものと考えられる。気温を適温の 25°C に保つても、地温が $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 以下では発根しないこと。従つて発根の最低限界温度は気温よりも地温の方が高いことを明らかにすることが出来た。また発芽には気温が適温ならば地温は $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ でも差支えない(37)しかしながら気温が(本実験の範囲で) 5°C では地温を $34\sim 35^{\circ}\text{C}$ に保つても発芽しなかつた。従つてある限界温度内では地上部の発芽と発根とは互に独立して発芽、発根するものであろうと考えることができる。杉山(49)は発芽と気温との関係につき長期にわたるときは 5°C で発芽すると報じているが、本実験期間では短期間なので発芽しなかつたものであると考えられる。

3 発根と光の関係

光は生長に対していちじるしい影響を及ぼす要因であるが、根の生長のためには根に直接あたる光を必要としない。たゞ特殊な種子は発芽現象すなわち休眠状態から活動状態に移ることに對して光が刺戟になることがあると坂村(45)のはべている。従つて桑の根のごとく貯蔵養分をもつて冬眠しているものは光が発根に何らかの影響するのではないかと思われる。しかし冬眠期の桑苗をもちいて光を全く遮つた場合に、根から発根しある時期まで根の生長がみられた。従つて発芽前の発根機能に對する光の影響はないように考えられる。

4 土壌中の酸素濃度と発根との関係

桑の根から新根が発生し生長するためには土壌条件が影響することは明らかである。すでに土壌中の酸素の多少と根の発育との関係については、梨について森(25)、桃実生については森田、石原(27)、苹果については Boynton(6)等の報告がある。本実験においては酸素が5%以下になると根の発育が阻害され、1%以下では発根することができないことを明らかにした。実際自然状態において酸素の少なくなる場合が考えられる。これは高木(52)が土壌表面を攪拌するかしないかによつて通気が良好になつたり不良になるために桑の発育が阻害されるとのべたことと一致する。従つて土壌通気を良好にするために耕耘をしなければならないことになるがこの点については栽培学的意義の項でのべることにする。土壌中の酸素濃度が極く低くなると根の発育が行われぬがこのことは地上部にも影響するものである。すなわち酸素が欠乏しても地上部の発芽はある程度行われるが、これはたゞ根の貯蔵養分が芽の発芽に使用されるからであつて、貯蔵養分がなくなると地上部の生長が停止するものと考えて差支えないものと思われる。このことは温度の項でのべたごとく、土壌中の酸素濃度のいかにかわらずある時期までは発芽が独立的に行われるためと考えられる。

5 土壌中の炭酸瓦斯濃度と発根との関係

土壌中における根が生活を維持し活動するために呼吸作用を営むとすれば、酸素を必要とすることは明らかでこの点については上に述べた通りである。しかし酸素が消費されるとすれば必然的に土壌中の炭酸瓦斯濃度は増加するものと考えられる。従つて土壌中の炭酸瓦斯濃度と発根との関係を明らかにすることができたのは興味ある点である。本実験の成績によると、炭酸瓦斯濃度が増加すると発根並びに生長を不良にすることが明らかであり、これはすでに苹果について Boynton(6)、桃について森田、石原(27)等が報告したところと一致している。また炭酸瓦斯が増加することによつて酸素の欠乏が考えられるから発根不良の原因が酸素不足ではないかと思われるので、実験中2回 Orsatの分析器をもちいて酸素濃度を検した結果2回とも炭酸瓦斯5%のものは酸素19.6%、15%のものは18%、30%のものは15%を示した。従つて発根不良は炭酸瓦斯の増加による影響とみて差支えないと思われる。

6 土壤水分の過多と発根並に根の生長との関係

発芽前の桑苗を過湿状態にしておくと発根並びに根の生長が極めて悪い。土壤水分が過多の場合に土壤中の空気がほとんどなくなるから単に灌水したものは根の呼吸が充分に行われなくなり、発根生長が悪くなるものと考えられる。従つて灌水しても通気が充分ならば発根生長が極めて良好になる。このことは山崎(61)の、畑作物の湿害は土壤水分そのものよりも土壤の通気不良に原因すると報じていることと一致するものである。

7 遮光が葉を有する桑の根の生長に及ぼす影響

すでにのべたように発芽前に桑の根の生長がおこることについては光の影響がないことは明らかであるが、根の生長がある程度進んで地上部の展開が行われてくると桑は光合成を営むから光を必要とすると考えられる。実験の成績において地上部が展開したものを遮光すると根の生長がいちじるしく阻害されてやがて伸長が停止し、また遮光して根の生長が停止したものに光を当てると再び根の生長がみられた。この際地上部と根の生長との関連においては相互作用がみられた。すなわち遮光すると根の生長が減退し、枝条の生長が反対に盛んになつた。また光を当てると根の生長が盛んになつて枝条の伸長度が減退したのである。従つて発根の現象には光は必要でないが、生長がある程度進むと光が影響するのであろうと考えられる。

8 植物生長 Hormone 類似物質 (Rooton) と発根

ナフタリン醋酸、ヘテロキシシン (植物生長 Hormone 類似物質) が桑の発根を促進することはこの実験で明らかである。従つて上述のように桑の根の発根が地上部から植物生長 Hormone が降下するためのものとするならば、この Rooton を根の上極につけた場合根だけでも発根することが考えられる。この点も実験成績で明らかにされた。この結果から考えると Rooton は根に降下し根に存在している貯蔵養分を発根や生長に必要なある物質に変化させるものと考えられる。しかしこのある物質についての生化学的研究はいまだに行つていないので不詳である。要するに地上部にある植物生長 Hormone が根に降下して、根に存在する貯蔵養分を活性化するためと考えられる。なお Bonner(5) は植物体に植物生長 Hormone を添加すると酸素吸収が増大すると述べている。本実験においても前にのべたように無酸素の場合発根しないこと、根だけでも Hormone を添加すると発根が旺盛になることはおそらく呼吸の増大と Hormone による貯蔵養分の活性化が盛んになるためであらう。

9 本研究の栽培学的意義

一般に行われている桑の栽培法のうち、特に採葉法については根刈仕立が最も広く行われている。この採葉方法は春刈または夏刈をする際地上部を地際から伐切するもので、伐切後新梢が伸びるまでは地上部は極くわずかに存在するにすぎない。従つて地上部の存在が少いことは根の生長に関係のある植物生長 Hormone の存在が少いことを意味するものである。すでに大島(40)は夏刈桑園の普通根刈桑園において枝条伐切後間もなく根の生理が停止し根端の腐朽することを述べた。しかしながら地上部を残す採葉法としての株上夏切法、古条全芽育成法においては根の生長が停止する期間がないことものべた。また佐々木(46)、簗野(15)によると株上夏切法や古条全芽育成法は普通根刈仕立のものより収量が多くなることを報じている。潮田(57)はこの増収については枝条の貯蔵養分の影響が一要因となつていと解明している。しかし田口(52)、小山(24)の報告によると、夏季の枝条の貯蔵養分はかなり少くなつていたので貯蔵養分の利用だけで増収するものとは考えられない。更に発芽の早いことと地上部展開の早いことも考えられるが、このことは根の展開の早いことによつて更に地上部展開の早さを増すとも考えられる。従つてこれ等の採葉法は地上部を残して根の生長を促進し停止させない植物生長 Hormone の利用を応用した採葉法を考えて差支えないと思う。この点を考慮に入れ採葉法を研究することが考えられるので、この研究の成果は今後の採葉法の改善に重要な意義があると思われる。

Ⅷ 摘 要

本報は桑樹の根から新しい根が発生し生長する現象と、その外部的要因としての温度特に気温と地温、光、土壌中の酸素及び炭酸瓦斯濃度、土壌の過湿等との関連を論じ、また内部要因として発根には地上部の存在が必要であることを解明し、更にこのことは地上部に発根生長に必要な植物生長 Hormone が存在し、この植物生長 Hormone が根部に降下し根に保有している貯蔵養分を活性化するためと推論した。

供試材料は主として枝垂桑の実生苗である。温度に関する実験は 1951年から 1953年にわたり恒温室において行つた。そのさい地下部を恒温槽内に入れ、発根に及ぼす気温と地温との影響を調査した。光、土壌中の酸素並に炭酸瓦斯、土壌水分、発根との関係については実験室内において1951年から1953年に実施した。光と根の生長に関する実験は、1952年一瀬の代出苗を供試しガラス製ポット（内径20cm、深さ50cm）に壤土をみたしたものに植付けて行われた。また発根に及ぼす枝条の影響、植物生長 Hormone と発根との関係については1952年から1953年にわたつて実験室内で実験を行い植物生長 Hormone 類似物質としてナフタリン醋酸、ヘテロキシンを使用した。

1 桑の根から新根が発生し生長する最低及び最高限界温度はそれぞれ 10~15°C 及び 40~45°C であり、またその適温は30~35°Cであることを明らかにした。

2 気温と地温と関係が発根に及ぼす影響については、低い気温は発根生長に悪い影響をあたえることが明らかで 0°C 以下では特に発根生長が悪かつた。根の発根生長には適当な気温が必要であることが明らかであり、その限界は 5°C 前後である。

3 冬眠状態の発芽前の桑樹では光は発根に対してほとんど影響しない。すなわち発根生長にはある限界までは光の影響がないことが明らかである。たゞし地上部が伸長し同化作用が活潑化してくると、遮光によつて根の伸長が停止することが知られた。

4 土壌中の酸素濃度と発根との関係については酸素濃度が少くなると発根並に生長が不良になることが明らかでその限界濃度は1%以下である。普通の発根生長が営まれるためには土壌中の酸素濃度は5~10%以上であることが必要である。

5 土壌中の炭酸瓦斯濃度と発根並に生長との関係は炭酸瓦斯濃度が多くなると不良になることが明らかでその限界濃度は約30%以上である。

6 土壌水分の多少と発根生長との関係は、土壌水分が欠乏してくると枯死するが、冬眠中の苗木を土壌水分の多い、いわゆる湛水状態におくと、ある限度まで発根し生長する。その限度は水中酸素のなくなる時期までと思われる。

7 発根並に成長には地上部の存在が重要であり、地上部の存在が多い程良く発根するものであり、種々の外部要因が整備されても根だけでは発根し生長しない。

8 根が発根し生長するには植物生長 Hormone が必要であり、桑の根だけをもちいたものでは外部的要因を良好な状態にしても発根生長が充分に行われなかつた。特に 0°C 以下の気温の際は地温を 25°C にしても発根しなかつた気温は少くも 5°C 以上が必要である。根だけを使用して上極に Hormone を塗ると根の全面から旺盛に発根し、下極に塗つたものは塗布局部からの発根は良好であるが、生長が不良であり、無処理では全然発根しなかつたことから植物生長 Hormone 類似物質が根の貯蔵養分を活性化するものであることが想像される。

9 本報の栽培学的意義

桑の根の発根と温度との関係の試験結果によつて、根には冬芽のごとく休眠期がないがある程度まで、すなわち 0°C 以下に気温が低下すると発根が極度に不良になつた。また根の発育成長は 10~15°C 以上であることが明らかにされたので春肥の施肥時期を考慮しなければならないだろう。また土壌中の酸素濃度、炭酸瓦斯濃度と発根との関係

についてみると、発根生長には酸素の限界濃度が1～2%以下であること、炭酸瓦斯濃度は30%以上であることが判明した。従つて土壤通気の良いことが発根生長を良好にするものであつて今後の耕耘の問題を究明する上に参考になることは確かである。

更に根から発根し生長するためには地上部の存在が必要であること、その要因としては地上部から植物生長 Hormone が根に降下し根の貯蔵養分を活性化するものであること等の事実は桑の採葉法において残条式の採葉形式（佐々木(46)、旗野(15)）が収量の多いことの要因の解明に役立つものと思われるから今後の採葉法改善の上になら有意義となるものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 青木 清 (1937) 稻熱病菌及び稻胡麻葉枯病菌の分生孢子発芽に関する生理学的研究 植物病害研究 3 (147~176)
- 2) 青木 茂一 (1953) 土壤通気と植物の諸問題 農及園 28 (5・6)
- 3) 浅見 与七 (1900) 果樹栽培汎論 養賢堂
- 4) Batjer. L. D. (1940) The effect of root temperature on growth and Nitrogen Intake of Apple Trees. Proc. Amer. Soc. Hort Sci 37 (1939)
- 5) Bonner. J. (1936) Jour Gen Physiol. 20
- 6) Boynton D (1940) Soil atomosphere and the production of new rootlets by apple tree root system. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 37 : 19~26
- 7) 遠藤 保太郎 (1928) 桑の生長と土壤の含水量、 蚕糸 16 (237)
- 8) Girton. R. E (1927) The growth seedlings as influenced by environment factors. Univ. Cal Agr. Sci. V : 3
- 9) Halma. F. F (1926) Factors governing the initiation of sprout growth in citrus shoots. Hilgardia I : 14
- 10) 浜田 成義 (1931) 桑樹冬芽の休眠について 日本蚕糸学雑誌 2 (2) : 173~177
- 11) 浜田 成義 (1933) 日照の長短が桑樹の發育に及ぼす影響 日本蚕糸学雑誌 4 (4)
- 12) 浜田 成義 (1942) 桑樹発根の組織学的研究 日本蚕糸学雑誌 13 (6)
- 13) 浜田 成義 (1952) 桑樹冬芽の休眠及び発芽に関する展望 纖維学報 1 (2) : 33~37
- 14) 橋田 久三郎 (1936) 過量炭酸氣中に生育せる桑樹の發育並にその理化学的性質について 日本蚕糸学雑誌 7 (4) 301~311
- 15) 旗野 陸郎
武田 穰 (1953) 夏秋蚕専用桑園に適する古条全芽採葉法に関する試験 長野県蚕業試験場報告 10 (1)
- 16) 飯島 肇 (1937) 桑曲取苗木の発根に就いて 日本蚕糸学雑誌 8 (1)
- 17) 位田藤 久太郎 (1952) 蔬菜園の土壤空氣組成 農及園 27 (9) : 989~991
- 18) 池田 正五郎 (1932) 桑樹の発芽に対する温度の影響 蚕糸学雑誌 5 (1)

- 19) 池田 正五郎 (1934) 桑樹の發育に関する研究 (第2報) 土壤水分の發育に及ぼす影響 蚕糸学雑誌 7 (3)
- 20) 小林 章 (1951) 果樹根群の耐水性に関する研究第2報
- 21) 小林 章 (1952) 果樹自発休眠の問題 農及園 27 (10) : 1089~1090
- 22) Kojima. H (1937) Cytologia. Fiji. Jub. Vol 1
- 23) 苅谷 永一 (1948) 桑根の伸長に関する2.3の観察 日本蚕糸学雑誌 17 (3.4)
- 24) 小山 総夫 (1951) 桑樹の貯蔵養分に関する研究 蚕糸局技術改良課、技術資料 33
- 25) 森 英男 (1946) 土壤通気の良い否と果樹の生育 果実日本 1 (1) : 15~16
- 26) 盛永 俊太郎 (1950) 作物と温度と光 農及園 25 (2) : 167~168
- 27) 森田 義彦
石原 正義 (1948) 桃実生の生育に及ぼす土壤空気中の酸素及炭酸瓦斯濃度の影響 園芸学雑誌 17 (3.4) : 187~194
- 28) 村上 美佐男 (1948) 桑苗の秋植春植と新根発現の時期について 蚕業評論 31 (3) : 12~14
- 29) 並河 功 (1938) 挿木の発根に関する諸条件 植及動 6 (1) : 189~195
- 30) 野口 弥吉 (1946) 栽培原論 養賢堂
- 31) 野口 弥吉
竹井 邦彦 (1945) 根菜の發育と土壤中の水分、空気の関係 農及園 20 (3)
- 32) 岡部 康之 (1937) 温湯浸漬が桑苗の成育に及ぼす影響 日本蚕糸学雑誌 8 (3) : 239~244
- 33) 大政 正隆 (1950) 材木種苗の水耕法に於ける通気の影響 林試月報 6 (B)
- 34) 大沢 一衛 (1916) 桑の細胞学的並に実験的研究 蚕業試験所報告 1 : 215~300
- 35) 大嶋 利通 (1952) 桑苗生の生育に及ぼす土壤空気中の酸素濃度の影響 (要旨) 日本蚕糸学雑誌 21 (2.3)
- 36) 大嶋 利通 (1952) 土壤水分の多少が桑樹の同化作用並に地上地下部の伸長度に及ぼす影響 (要旨) 日本蚕糸学雑誌 21 (2.3)
- 37) 大嶋 利通 (1952) 桑の発芽発根と温度に関する2、3の実験 日本蚕糸学雑誌 21 (2.3)
- 38) 大嶋 利通 (1953) 桑実生苗の発根並に根の生長機能について(要旨) 日本蚕糸学雑誌 22 (3)
- 39) 大嶋 利通 (1954) 桑の根の組織培養に関する研究 (1) (要旨) 日本蚕糸学会中部支部講演要旨Ⅶ
- 40) 大嶋 利通 (1954) 採葉法を異にした桑の根の季節的發育 日本蚕糸学会第24回講演要旨
- 41) 大塚 義雄 (1931) 苹果の根の休眠並に生長に関する研究 南滿鉄農事試験場研究報告第5号
- 42) 小沢 昇 (1942) 桑の根の生態 蚕糸界報 51 (606) : 47~53
- 43) 斎藤 泰治 (1949) 苹果の季節的發育相 園芸学雑誌 18 (1.2)
- 44) 住木 諭介 (1951) 植物ホルモン 河出書房
- 45) 坂村 徹 (1950) 植物生理学 裳華房
- 46) 佐々木 定水 (1950) 株上夏切法と株上樹勢更新法 技術資料 17
- 47) 佐藤 敬三 (1941) 栗接木の活着に及ぼす温度と光線との影響について 日本林学会誌 23 (3) : 1~4
- 48) 佐藤 公一 (1947) 果樹園の地温について 果実日本 2 (9)
- 49) 杉山 多四郎 (1953) 桑の挿木利用交雑に関する研究 蚕糸試験場報告 14 (4) : 157~197
- 50) 鈴木 広吉 (1921) 桑樹發育に及ぼす土壤中水分の影響 佐久良会雑誌 10 : (5)

- 51) 鈴木 広吉 (1921) 桑苗の温湯に対する抵抗力 佐久良会雑誌 9
- 52) 田口 亮平 (1939) 桑樹枝条並に根に於ける水分及び貯蔵物質含有量の季節的变化について 九州大学農学部学芸雑誌 8(4) : 350~373
- 53) 高木 一三 (1949) 土壌内通気が桑樹の生育に及ぼす影響 日本蚕糸学雑誌 18(1)
- 54) 高木 一三 (1950) 桑樹の生理とその栽培 蚕糸新叢書
- 55) 高木 一三 (1952) 栽桑学 學術振興会
- 56) 竹井 邦彦 (1941) 稻発芽種子の幼根に於ける酸素要求量について 農及園 20(3)
- 57) 潮田 常三 (1949) 桑園施肥の根本問題 農学 3(1)
- 58) 吉原 千代司 (1949) 果樹の断根による新根発生について 駒場農研報 (1)
- 59) 山下 卯三郎 (1931) 桑樹の1年生枝条の節に於ける発根部位の形態学的解剖学的所見並に生理学的要約の下に於ける発根機能について 蚕糸界報 13(1)
- 60) 八卷 敏雄
川田 信一郎 (1953) 植物ホルモン 養賢堂
- 61) 山崎 伝 (1952) 畑作物の湿害に関する土壌学的並に植物生理学的研究 農業技術研究所報告 B 第1号