

数種治山用樹種(肥料木)の成長と 水耕培養液のpHとの関係

北 村 嘉 一⁽¹⁾・岩 川 幹 夫⁽²⁾
原 敏 夫⁽³⁾・植 村 誠 次⁽⁴⁾

ま え が き

植物の生育と培地の pH に関する実験は、農作物、園芸作物をはじめ一般主林木についてはこれまで多くの研究がみられており、また根粒植物については、マメ科の農作物あるいは、牧草でかなり報告されているが、林木では少なく、とくに非マメ科根粒植物については Bond, G.⁽²⁾⁽⁴⁾ などの研究がわずかにみられる程度にすぎない。一方治山施工地や瘠悪林地などでは、従来から生理的に、著しく他樹種と性質を異にする肥料木類、すなわちマメ科、あるいはハンノキ属などの根粒樹木が多く使用されており、これらの肥料木はいずれも根粒菌あるいは放射状菌などと共生して、窒素固定作用を行なう樹種に属しているため、肥料木の生育と pH の関係は、同時にそれらの根粒形成と pH との関係と密接不離な関連にあることは当然考慮されることである。

この実験は肥料木(根粒樹木)のうちオオバヤシャブシ、ヤマハンノキ、モクマオウ、アキグミ、モリシマ・アカシアを選び、生育に適する培地の pH 範囲を知るとともに、各樹種の特性を知り、肥料木植栽に際しての基礎資料を得ようとするものである。しかし、実際に土壌における生育と、水耕培養の場合ではかなりの差のあることは当然ではあるが、ここでは植物の生育に対する種々の因子を比較的適確に調整しうる水耕培養を主体とした方法により実施した。

またこの実験は、予備実験もかねて樹種別に3回(1956~1958年)にわたって実施したもので、培養液組成、pHの調整方法などについては、途中一部変更して、一貫しないうらみはあるが、一応おおよその傾向がみられたのでその結果を実施順に取りまとめて考察を試みることにした。

I 実 験 — 1

1. 実験の方法

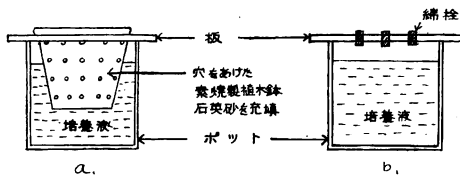
林木稚苗の水耕培養試験では、普通稚苗の根系部を水浸する方法が用いられているが、根粒を形成する肥料木では、水面上の根の上部に初期の根粒が形成される場合が多いことと、できれば根の一部が砂中において、適度の湿潤性を保持しうる砂耕を加味した方法が根粒の形成、ひいては植物の生育に適當であると考えられたので、第1図・aのごとき素焼製植木鉢を用いる方法を採用した。

(1) 防災部治山科治山第一研究室

(2) 防災部治山科治山第二研究室長

(3) 防災部治山科治山第二研究室

(4) 土壌調査部土壌肥料科土壌微生物研究室長・農学博士



第1図 培養ポット

第1表 培養液組成 — I

使用塩類	含有量	要素量
NH ₄ NO ₃	0.0571 g/l	N 40p.p.m
KH ₂ PO ₄	0.0383	P ₂ O ₅ 20
KCl	0.0423	K ₂ O 40
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.2445	CaO 40
Ca (NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	0.1684	MgO 40
FeCl ₃ · 6H ₂ O	6%0.282 cc/l	Fe ₂ O ₃ 5

(2N) で行ない、各区の培養液は毎日所定 pH に調整し、3 日目ごとに更新した。培養液には水道水を使用し、pH 値の測定は SZK 水素イオン濃度比色測定器を用いた。

根粒菌の接種は播種後約 3 週間を経過し、本葉が 1～2 枚のころに、別に苗畑で育苗中の各寄主植物の 2～3 年生苗に着生している新鮮な根粒をすりつぶし、殺菌水で希釈したものを適量、稚苗の根際近くそそぎ接種した。

実験は 4 月 20 日に播種、10 月 15 日に終了し、約 190 日間培養したが、pH の調整は 5 月 17 日から実施したので（それまでは水道水で培養）規定 pH による培養期間は約 150 日間である。

2. 実験の経過ならびに結果と考察

2.1 培養液 pH の変化

当初は前述のとおり素焼製植木鉢の石英砂上に播種して培養したが、培養液の pH 値は、酸性、アルカリ性とも中性に近く変化した、所定 pH 値に保持することは困難であった。そのため 8 月 13 日から各 pH 区の 1 ポットの素焼鉢を除き、ポットの上面に板を置き、これに穴をあけて綿栓で苗を保持する従来の水耕

第2表 24 時間後の pH 値

pH 区	ヤマハンノキ	オオバヤシャブシ	モクマオウ
3.0	3.0	—	3.0
4.0	3.8～4.0	3.6～4.0	3.8～4.0
4.5	3.9～4.5	3.9～4.5	4.0～4.5
5.0	4.2～5.0	4.4～5.0	4.7～5.0
5.5	4.2～6.0	4.4～6.0	4.6～6.2
6.0	5.6～6.0	5.8～6.0	5.8～6.2
6.5	6.2～6.6	6.2～6.5	6.4～6.6
7.0	6.4～7.5	6.4～7.0	6.6～7.0
8.0	6.4～8.0	6.6～8.0	6.8～8.0
9.0	7.0～9.0	7.4～9.0	7.2～9.0
10.0	—	—	9.4～10.0

培養液 pH は 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0 の 10 区とし、内容約 2 l (径 15 cm, 深さ 14 cm) の白色磁製ポットを 2 個あて使用した。各ポットは多数の穴をあけた素焼製植木鉢に石英砂を充てんして、これを板でポットの中に保持した（第 1 図・a 参照）。種子は直接この石英砂上に播種し、1 ポット 3 本を仕立てた。

樹種はオオバヤシャブシ (*Alnus Sieboldiana* MATSUMURA), ヤマハンノキ (*Alnus hirsuta* TURCZ. v. *sibirica* C. K. SCHN.), モクマオウ (*Casuarina* sp.) の 3 種を用いたが、モクマオウのみは pH 10 の区を追加した。培養液は組成—I (第 1 表) を使用した。pH の調整は HCl (1:3), および NaOH

培養方法 (第 1 図・b 参照) を採用した。なお素焼鉢で実験を継続した区は、その後も pH を所定の値に調整保持することが困難で、pH 値と生育の関係を十分認められなかったので試験の対象から除くこととした。

樹種別の培養液 pH の変化は第 2, 3 表のとおりで、第 2 表は 9, 10 月中に数回適宜測定したもので、培養液調整 24 時間後の測定値範囲

第3表 経過日数とpH値の変化

日数 pH区	ヤマハンノキ			オオバヤシャブシ			モクマオウ		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4.0	4.0	3.8	3.7	3.8	3.7	3.6	4.0	4.0	3.9
4.5	3.9	3.8	3.6	3.9	3.8	3.6	4.2	4.1	4.0
5.0	4.4	4.1	3.9	4.6	4.2	4.0	4.8	4.3	4.3
5.5	4.2	3.9	3.7	4.4	4.0	3.9	4.6	4.3	4.3
6.0	5.8	4.3	4.0	5.8	4.9	4.6	5.9	4.7	4.4
6.5	6.2	4.4	4.0	6.4	6.0	4.4	6.4	6.2	5.6
7.0	6.4	5.8	4.2	6.6	6.2	5.8	6.6	6.4	6.0
8.0	6.6	6.2	4.8	6.8	6.6	6.4	7.0	6.6	6.4
9.0	7.8	7.0	6.6	8.0	7.2	6.8	8.0	7.2	6.8
10.0	—	—	—	—	—	—	9.6	9.0	8.5

である。樹種間ではモクマオウが他の2樹種にくらべてpH値の変化はわずかに少ない傾向がうかがわれる。また各pH区の間では、3.0区あるいは10.0区のような極端な値は変化が最も少なく、次いで4.0区～7.0区も割合に少ないが、8.0区、9.0区で変化の値は大きいようである。全般的にはpH値の変化は減少の傾向がうかがわれた。第3表は10月中に培養液pHの調整を行わず、3日間にわたりpH値の変化を測定したものであるが、樹種間では第2表と同様にモクマオウの変化は少ない傾向がみえる。また2日目、3日目と時間の経過とともにpH値は大きく減少し、きわめて酸性側に变化する傾向が認められた。

2.2 生育期間の観察

オオバヤシャブシのpH 8.0, 9.0区では6月10日ころ(水耕に変更前)から葉全体がやや淡黄緑色を呈し、先端は褐色となって成長障害が見うけられた。またpH 7.0区も8月15日ころから葉は黄緑色を呈し、9月上旬ころにはpH 8.0, 9.0区とともにほとんど成長を停止した。とくによい生育を示したのはpH 6.0区であるが、生育状態とくに葉相の観察では、pH 4.0～6.0区の間は生育に適したpH範囲のようがうかがわれた。

ヤマハンノキは6月中旬ころから、pH 9.0区は葉が黄緑色となり、8月中旬ころにはpH 8.0, 7.0区も同様に黄緑色を呈して、9月上旬にはpH 7.0～9.0区はほとんどその成長が停止した。とくによい生育を示したのはpH 6.0区であるが、生育状態とくに葉相からはpH 4.5～6.5区の間は生育に適したpH範囲と推察された。

モクマオウは葉が退化してりん片状となっており、緑色を呈する部分は小枝であるが、9月上旬ころからpH 6.5～10.0区の間ではやや黄緑色を呈してきた。本樹種は上記2樹種ほどpH区間で生育状態の差はよく観察されなかったが、pH 4.0～6.0区の間でよい傾向がうかがわれた。しかし、pH 10.0区でも生存し、アルカリ性にも強いことを示した。

なお根系部の状態では、オオバヤシャブシ、ヤマハンノキ、モクマオウの順序で根の発生、更新が多く、モクマオウは更新されることがきわめて少なく、pH 10.0区では8月下旬ころからは新根の発生もみられなかった。また根の発生、伸長は全般を通じて酸性側がアルカリ性側より旺盛であった。

2.3 結果と考察

10月15日、実験終了時の成長量は第4～6表(写真1～3参照)のとおりである。この結果と生育期間

第 4 表 ヤマハンノキの成長量

pH 区	苗 長 cm	根 長 cm	乾 燥 重 量 g		
			地上部	根系部	合 計
3.0	18.7	13.0	0.61	0.30	0.91
4.0	22.7	21.0	1.88	0.50	2.38
4.5	25.8	25.8	2.20	0.61	2.81
5.0	22.7	18.2	1.87	0.38	2.25
5.5	29.2	19.3	1.89	0.39	2.28
6.0	32.7	20.0	2.52	0.51	3.03
6.5	25.7	17.0	1.99	0.43	2.42
7.0	20.0	15.2	1.36	0.38	1.74
8.0	20.3	13.7	1.39	0.40	1.79
9.0	10.5	12.8	0.59	0.20	0.79

第 5 表 オオバヤシャブシの成長量

pH 区	苗 長 cm	根 長 cm	乾 燥 重 量 g		
			地上部	根系部	合 計
3.0	11.8	13.8	0.34	0.17	0.51
4.0	22.2	24.0	1.94	0.45	2.39
4.5	20.5	22.5	1.60	0.40	2.00
5.0	24.2	26.2	1.47	0.35	1.82
5.5	22.0	26.5	1.58	0.29	1.87
6.0	27.8	19.5	2.55	0.44	2.99
6.5	19.0	24.0	1.55	0.31	1.86
7.0	21.3	17.0	1.68	0.38	2.06
8.0	15.3	13.5	1.28	0.25	1.53
9.0	6.0	6.3	0.15	0.05	0.20

第 6 表 モクマオウの成長量

pH 区	苗 長 cm	根 長 cm	乾 燥 重 量 g		
			地上部	根系部	合 計
3.0	20.5	18.5	0.13	0.07	0.20
4.0	29.0	21.2	0.49	0.13	0.62
4.5	30.8	23.0	0.57	0.14	0.71
5.0	26.0	28.5	0.38	0.10	0.48
5.5	31.3	26.8	0.45	0.12	0.57
6.0	28.8	28.7	0.61	0.21	0.82
6.5	20.8	21.8	0.18	0.06	0.24
7.0	23.7	20.5	0.37	0.12	0.49
8.0	22.7	19.2	0.27	0.07	0.34
9.0	23.5	13.8	0.20	0.06	0.26
10.0	18.2	9.2	0.07	0.03	0.10

の観察から、これら 3 樹種が水耕で良好な生育を期待しうる pH 区の範囲は、オオバヤシャブシは pH 4.0~7.0 区、ヤマハンノキは pH 4.0~6.5 区、モクマオウは pH 4.0~6.0 区と判断される。また最適と考えられる pH 区は 3 樹種とも pH 6.0 区であった。この実験では各樹種とも pH 5.0~5.5 区で成長量がやや低下しているが、資料も少なくその原因を検討することができなかった。

本実験では根粒の形成状態をその成長量とも関連して、検討すべきであったが、このような水耕の場合、根系部が全部水中にあれば、酸素が不足し、好氣的な根粒の性質から、その形成はきわめて少なく、しかも粒径が小さいので、根粒として十分な機能が働いたものとは考えられない。そのため根粒形成と成長量の関係も、この資料からは十分な検討をすることはできなかった。とくにモクマオウは全然根粒が形成されない状態で、当初砂耕から水耕に変更した際わずかに形成のみられたものもあったが、その後消失した。ヤマハンノキはきわめて小さい痕跡と思われるものが、pH 3.0~5.0 区でやや多くみられたが、その他の pH 区ではきわめて少なかった。

オオバヤシャブシは第 7 表に示すような根粒の形成をみたが、これも粒径が小さく、その生育に対する影響は少なかったものと考えられる。ただ pH 6.0 区は根粒の着

数に対してその重量がやや大きく、粒径の大きい充実したものとみなされ、またその成長量も大きいことから、多少根粒による影響があったことを裏書きするものではないかと考えられる。また稚苗の成長量と根粒の形成量の間には相関のあることがうかがわれた。

II 実 験 — 2

1. 実験の方法

実験—Iの結果からみれば、各 pH 区とも培養中に、水耕液の pH 値が大きく変化し、pH 値を 0.5 単位で細分することは、それほど意味がないものと思われたので、本実験では各 pH 区を 1.0 単位で区切り、pH 3.0~9.0 の間で 7 段階を設けた。

樹種はアキグミ (*Elaeagnus umbellata* THUNBERG), オオバヤシャブシ (*Alnus Sieboldiana* MATSUMURA) の 2 樹種を用い、

各 pH 区は樹種ごとに 1/5 万 ワグナーポットを 2 個あて用いた。ポットは 5 個の穴をあけた板でふたをし、各穴に供試苗を綿絛で固定して水耕培養により実施した(第 1 図・b 参照)。

アキグミは当初、実験—Iと同様に素焼鉢の石英砂上に 3 月 4 日に播種し、そのままの状態約 1 か月間水道水のみで培養し、4 月 6 日から培養液組成—II (第 8 表) により培養を開始した。5 月 10 日苗長 6~7 cm, 本葉 8~10 枚くらいになったところで、前記の水耕に移し、この際実験—Iに準じた根粒菌(根粒磨砕物)を直接根に接種した。各区の規定 pH の調整は 5 月 14 日から実施したが、その後培養液組成に原因すると思われる生育障害が全 pH 区にみられたので、6 月 29 日培養液組成—II による培養を中止し、実験—Iに使用した培養液組成—Iに変更した。

オオバヤシャブシは 4 月 11 日に土壌を入れた植木鉢に播種し、7 月 20 日本葉 5~6 枚、苗高 2~3 cm の稚苗を水耕に移し、水中に十分新根の発生と伸長をみて、8 月 6 日から pH の調整を開始した。培養液は組成—Iを使用し、根粒菌の接種はすでに植木鉢で養成中に実施し、その形成がみられていたので、ここでは行なわなかった。

pH の調整は実験—Iと同様に HCl (1:3), NaOH (2N) で行ない、pH は毎日測定して規定 pH に調整し、培養液は 3 日目ごとに更新した。また培養液には水道水を使用し、pH 値の測定は SZK 水素イオン濃度比色測定器を使用した。

実験はアキグミは 10 月 17 日、オオバヤシャブシは 11 月 15 日に終了したので、アキグミは 110 日間(培養液組成—Iに変更後)、オオバヤシャブシは 101 日間が規定 pH による培養期間となる。

2. 実験の経過ならびに結果と考察

2.1 培養液 pH の変化

第 7 表 オオバヤシャブシの根粒と成長量の関係

pH 区	根 粒 着生数	生 重 量		根粒重量 苗木重量
		根 粒	苗 木	
	個	g	g	%
3.0	7	0.05	2.42	2.1
4.0	13	0.08	11.99	0.7
4.5	15	0.13	10.44	1.2
5.0	11	0.05	9.97	0.5
5.5	24	0.07	8.79	0.8
6.0	11	0.12	13.81	0.9
6.5	15	0.08	9.23	0.9
7.0	12	0.07	11.02	0.6
8.0	7	0.04	6.60	0.6
9.0	1	—	0.83	—

第 8 表 培 養 液 組 成 — II

使 用 塩 類	含 有 量 g/l
KNO ₃	1.00
CaSO ₄ · 2H ₂ O	0.50
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.50
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0.25
Fe ₃ (PO ₄) ₂ · 8H ₂ O	0.25

第9表 培養液 pH 値 の 変化

pH 区	オオバヤシャブシ	ア キ グ ミ
3	3.15 ± 0.032	3.22 ± 0.028
4	3.93 ± 0.056	4.04 ± 0.058
5	4.72 ± 0.119	5.11 ± 0.121
6	5.91 ± 0.066	5.93 ± 0.155
7	6.68 ± 0.060	6.64 ± 0.055
8	7.27 ± 0.082	7.16 ± 0.060
9	8.26 ± 0.091	7.93 ± 0.135

のpHの平均値は規定 pH 値よりわずかに増加したが、pH 6.0～9.0区では大きく減少する傾向を示し、とくに pH 値の高くなるにしたがい減少の値は大きくなった。

オオバヤシャブシでは pH 3.0 区を除き、その他の pH 区でその平均値は規定 pH 値より減少した。また、ここでも pH 7.0～9.0 区でとくにその変化は大きかった。

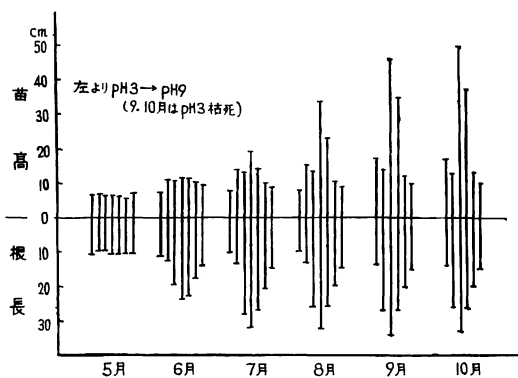
全般的に培養液の pH 値の変化は実験—1 と同様に、おおよそ減少する傾向にあり、とくにアルカリ性側でその値は大きかった。

2.2 生育期間の観察

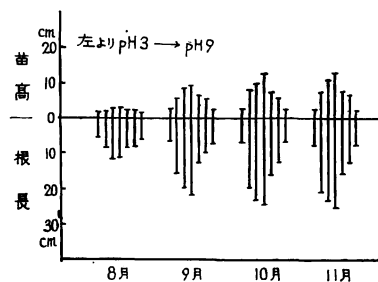
アキグミは4月6日より組成—IIにより培養を開始したが、前記のとおり6月上旬ころより全体が帯黄緑色となり生育障害がみられ、さらに中、下旬とその徴候がしだいに強くなり、下葉には枯れるものも現われてきたので、6月29日に培養液組成—IIによる培養を中止し、組成—Iに変更した。当時各 pH 区とも葉は黄緑色を呈し、とくに pH 3.0, 8.0, 9.0 区は下葉に枯れるものもあり、生育障害による衰弱の徴候が明らかに示された。しかし培養液組成を I に変更後は pH4.0～8.0 区は急速に回復の徴候がみえ、葉の帯黄色は消失したが、pH 3.0 区は回復の徴候はみえず、さらに生育は衰えて8月下旬には全部枯死した。また pH 6.0, 7.0 区は旺盛な生育を示したが、pH 4.0, 5.0, 8.0, 9.0 区は多少の枯死も含んでその生育は前2者の pH 区のものにくらべてはなはだしく不良であった。

この月別の苗長および根長の生育状態を示したのが第2図である。根は地上部の生育状態と同様 pH6.0 区が最も発生、伸長がよく、pH 7.0 区は発生の割合に伸長がやや不良のように見うけられた。また pH 4.0, 9.0 区では新根は発生しても伸長が不良で、とくに pH 4.0 区は主根が異状に肥大シコブ状を呈するもの

がみられた。pH 3.0 区は新根の発生は少なく、伸長はほとんどみられなかった。



第2図 アキグミの月別成長量



第3図 オオバヤシャブシの月別成長量

オオバヤシャブシの月別苗長および根長の生育状態を示したのが第3図で、苗長と根長はほぼ同様な成長の傾向を示している。8月下旬 pH 7.0~9.0 区では梢端に近い葉はやや帯黄色を呈し、とくに pH 9.0 区では葉の全面に赤褐色の小斑を生じ、また pH 8.0 区では葉縁に褐色の斑点を生じ、その後しだいに拡大して枯死した葉もみられた。根は pH 4.0~8.0区は発生もよく、水中への伸長も良好で、更新されるものも多かった。pH 3.0, 9.0 区では発生も少なく、水中への伸長はきわめて少なかった。また全区を通じて、水面近く(水面上にも)新根の発生が多くみられ、根粒の形成もこの部分にそのほとんどがみられた。肥料木では根および根粒の酸素要求がとくに多いことが原因と考えられるが、これは一般林木の水耕でもみられる傾向であり、通気することによりある程度是正されるものと思われる。

2.3 結果と考察

10月17日、実験を終了した時のアキグミの成長量は第10表(写真4参照)に示すとおりで、生育に対する最適 pH は 6.0区であって、ついで pH 7.0 区がよく、その他の pH 区はこの両 pH 区にくらべて生育はきわめて不良で、この実験では生育を期待しうる pH 区とはいえなかった。

これは当初の培養液組成—IIによる影響があったものと思われるが、培養液組成変更後は pH 6.0, 7.0 区がよい生育を示したことから、樹種の特性として生育に適する pH の範囲がやや狭いのではないかと考えられる。

オオバヤシャブシは11月15日に実験を終了したが、その成長状態は第11表(写真5参照)のとおりである。この実験ではオオバヤシャブシの最適 pH は 6.0 区であって、水耕培養によりその生育を期待しうる範囲は pH 4.0~7.0区で、この結果は実験—1の傾向とほぼ同様であった。

第 10 表 ア キ グ ミ の 成 長 量

pH 区	苗 長 cm	根 元 直 径 cm	根 先 cm	乾 燥 重 量 g		
				地 上 部	根 系 部	合 計
3	—	—	—	—	—	—
4	19.40	2.30	13.00	0.705	0.350	1.055
5	15.15	1.55	24.60	0.505	0.185	0.690
6	51.80	7.55	31.30	8.520	2.660	11.180
7	39.70	6.05	24.55	5.240	2.015	7.255
8	15.40	2.70	19.75	0.755	0.340	1.095
9	11.80	1.80	15.00	0.255	0.175	0.430

第 11 表 オ オ バ ヤ シ ャ ブ シ の 成 長 量

pH 区	苗 長 cm	根 元 直 径 cm	根 長 cm	乾 燥 重 量 g		
				地 上 部	根 系 部	合 計
3	3.95	1.85	6.90	0.165	0.060	0.225
4	8.80	4.40	20.85	1.235	0.525	1.760
5	12.05	4.90	22.60	1.915	0.860	2.775
6	14.30	5.18	24.90	2.240	0.860	3.100
7	9.40	4.85	14.55	1.515	0.640	2.155
8	7.50	4.40	12.25	1.050	0.400	1.450
9	3.50	2.00	6.50	0.105	0.045	0.150

第12表 オオバヤシャブシの根粒と成長量の関係

pH 区	生 重 量		根粒重量 苗木重量
	根 粒	苗 木	
3	0.020 g	0.845 g	2.4%
4	0.080	7.406	1.1
5	0.140	12.348	1.1
6	0.130	12.324	1.1
7	0.100	7.786	1.3
8	0.026	5.495	0.5
9	0.005	0.700	0.7

とおりで、pH 5.0 区がその最大値を示したが pH 6.0 区との差は僅少であった。各 pH 区の間では全般的にみて、稚苗の成長量とはほぼ同様の傾向がみられたが、わずかに酸性側で形成のよいことがうかがわれる。また根粒は水面近くに密集して形成され、水中にはきわめて少なかったが、前述したように根粒の酸素要求と関係が深いものと考えられ、通気を行なうことによりその形成は多くなるものと予想される。

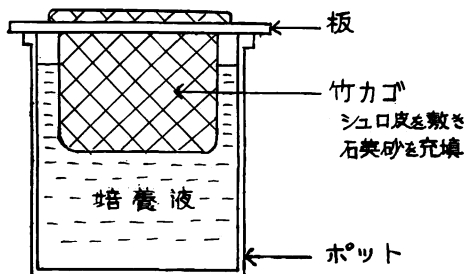
III 実 験 — 3

1. 実験の方法

実験—1, 2 は非マメ科の肥料木から樹種を選定したが、本実験ではマメ科肥料木からモリシマ・アカシア (*Acacia mollissima* Willd.) を選んだ。pH 区の範囲は実験—2 と同様に pH3.0~9.0 の間で7段階とし、このほかに各区に苗を培養しない無培養区を設けて、培養液自体の pH 値の変化もしらべた。

無培養区は内容 2 l の白色磁製ポットを各 pH 区 1 個とし、培養区は各区 1/5 万ワグナーポット 各 5 個をこれにあてた。

マメ科肥料木は一般に他の樹種にくらべて、播種当年から成長量が大きく、とくにモリシマ・アカシアではきわめて大きい。そのため実験—1, 2 のごとく綿栓で板に稚苗を保持することは困難になることが予想され、また根粒の形成などの点から、筆者らがすでに実施したところの砂耕を加味した水耕法²⁰⁾が最も適当であると考えられたので、この方法により実施した。すなわち径 15cm、高さ 10cm の竹製カゴをパラフィンで処理し、その中に石英砂が落下しない程度にシュロ皮を敷き、径 2~5 mm の石英砂をカゴの上面まで充填して苗木を保持した (第4図参照)。また苗木の成長量とポットの大きさの関係から 1 ポットに 1 本を仕立てた。



第4図 培養ポット

アキグミは根粒の形成はほとんど認められなかった。とくに生育のよかった pH 6.0, 7.0 区において小粒のものが、形成されたがこれも根粒としての効果を期待してよいかわからない。しかし、その他の区では全然根粒が形成されず根粒を形成した pH 6.0, 7.0 区と成長量に明らかに差がみられ、両者相互の関係は密接なことがうかがわれる。

オオバヤシャブシの根粒着生量は第12表の

4月20日、種子は 80℃ の温湯に 10 分間浸漬して発芽促進処理を行ない、後述の方法で根粒菌を接種してバットに入れた石英砂上に播種して恒温器 (20~23℃) 内で保温した。

4月22日、発根の認められたものをポットの石英砂上に移した。本葉が 2~3 枚になり、根がカゴの外部に伸長するのがみられるようになった 5月16日から培養を開始して、苗木 4~6 cm、本葉 4~6

枚となった6月19日より各 pH 区を設け規定 pH に培養液を調整した。

培養液の組成は、組成—I に準じたが、モリシマ・アカシアでは根粒菌の接種が適切ならば無窒素の培養液でもよい生育を示し²⁰⁾、また根粒植物では培養液の窒素量が10mg/l で根粒の形成がよいといわれているところから¹⁴⁾、組成—I を改変した組成—III(第13表)を使用した。

pH の調整は実験—1, 2 と同様にHCl (1:3), NaOH (2N) を使用し、培養液の pH は毎日測定し、2 日目ごとに更新した。

pH の測定は小久保式水素イオン濃度比色測定器を使用した。比色により判定困難なものについては、島津携帯用直読式ガラス電極pHメーター (GP—1) によって決定した。

培養液には水道水を使用した。使用した水道水は鉄さびによる混濁がはなはだしく、赤褐色を呈することが多いので、濾水器(日濾式精密濾過機)を通過し、除鉄された清浄なものを用いた。

根粒菌の接種は、土壤調査部土壤微生物研究室で分離培養した寒天培養のモリシマ・アカシアの根粒菌を、シャーレの中の殺菌水に移して均質に混じ、発根した種子を恒温器からポットへ移す際に、このシャーレの中の菌液に十分浸漬して接種した。

実験は4月20日に播種、6月19日より pH を調整し10月14日で実験を終了したので、規定 pH による培養期間は117 日間となる。

2. 実験の経過ならびに結果と考察

2.1 培養液 pH の変化

無培養区と培養区の生育期間中に測定した pH の平均値を示したものが第14表である。

この表から無培養区培養液の各 pH 区の平均値をみると、pH 3.0, 4.0 区では規定 pH とほぼ等しく、pH 5.0~7.0 区では増加し、pH 8.0 区は規定 pH に近く、pH 9.0 区ではやや大幅に減少した。また HCl あるいは NaOH で pH 値の調整をしないと時の培養液の pH は 6.7 で、使用した水道水の pH とほとんど変わらず、この変化の平均値は 7.36 であ

第13表 培養液組成—III

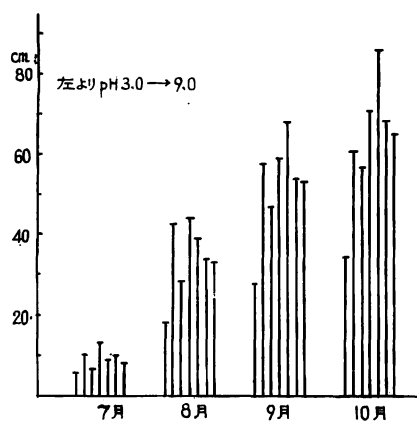
使用塩類	含有量 g/l	要素量 p.p.m
NH ₄ NO ₃	0.0286	N 10
KH ₂ PO ₄	0.0383	P ₂ O ₅ 20
KCl	0.0423	K ₂ O 40
Mg SO ₄ · 7H ₂ O	0.2445	MgO 40
Ca Cl ₂ · 2H ₂ O	0.1048	CaO 30
6%, FeC ₆ H ₅ O ₇ · 5H ₂ O	0.35cc/l	Fe ₂ O ₃ 5

第14表 培養液 pH の変化
(全生育期間の平均値)

区分 pH区	無培養区	培養区
3	3.03 ± 0.013	3.05 ± 0.026
4	4.01 ± 0.045	4.27 ± 0.124
5	5.41 ± 0.123	4.99 ± 0.133
6	6.56 ± 0.070	5.99 ± 0.060
7	7.50 ± 0.048	6.59 ± 0.035
8	7.99 ± 0.031	6.87 ± 0.038
9	8.57 ± 0.030	7.24 ± 0.062
無処理	7.36 ± 0.063	

第15表 酸およびアルカリの添加量と pH の関係
(培養液 pH 6.7)

添加量 cc/l	pH	
	2N NaOH	HCl
0.05	6.85	6.55
0.10	7.05	6.35
0.15	7.30	6.20
0.20	7.70	6.05
0.25	8.20	5.70
0.30	8.60	4.90
0.35	8.70	4.10
0.40	8.80	3.60
0.45	8.85	3.40
0.50	9.00	3.20
0.55	9.10	3.05
0.60	9.20	3.00
0.65	9.25	3.00



第 5 図 モリシマ・アカシアの月別成長量

って、この培養液は時間の経過にともない pH 価は増加する傾向にあるものとうかがわれた。

これに対して培養区の変化は、pH3.0 区は規定 pH にほぼ等しく、pH4.0 区はやや増加、pH 5.0, 6.0 区はその差が僅少であるが、pH 7.0~9.0 区は減少した。とくに pH 8.0, 9.0 区は規定 pH より大きく減少した。

第15表は本培養液の pH を調整するに要する HCl と NaOH の添加量の関係を示したものであるが、これより推察すれば pH 4.0, 5.0 区では僅少な添加量の誤差、あるいは pH に影響する他の因子の作用により容易にその価が変化するものと考えられる。

なおこの実験では、pH 8.0, 9.0 の培養区では、pH の値が大きく変化したため、生育に対する規定 pH の影響の意味が薄弱となった。

2.2 生育期間の観察

月別の苗長を示したのが第 5 図である。播種後 25 日目くらい（水道水のみで培養中）で根はカゴの外まで伸長し、根際には根粒の形成がみられた。6 月 19 日（播種後約 60 日）に規定 pH の調整を開始したが、7 月 10 日ころには、各 pH 区の間で根の伸長状態に差がみられ、pH 6.0, 7.0 区は発生本数も多く、伸長もよいが、pH 3.0, 9.0 区は発生が少なく、伸長も悪くなった。8 月中旬になると葉は、pH 3.0 区は濃緑色で小さく、pH 4.0 区は淡黄緑色、pH 5.0 区は淡緑色、pH 6.0, 7.0 区はやや濃緑色、pH 8.0 区はやや淡緑色、pH 9.0 区は黄緑色を呈し、この時期には pH 区による生育の相違がよくうかがわれた。とくに 8 月下旬ころからは pH 6.0, 7.0 区で肥大成長のよいことが観察された。9 月上旬 pH 4.0, 5.0 区は根に白濁した半透明の粘質物が付着してきたが、同時に下葉が黄褐色を呈し、落葉するものもあり、この状態は実験終了時までみられた。これは、このくらいの pH 価を好適とする微生物が繁殖したものと思われ、このため根の機能が妨げられて、養分吸収も悪く、生育に悪影響をおよぼしたのではないかと考えられた。またこの時期には pH 9.0 区で先端の 4~5 の複葉が黄褐色となり、落葉するものがみられた。9 月下旬、葉色は各 pH 区とも 8 月の観察とほぼ同様であるが、pH 4.0, 5.0 区では下葉の落葉がやや多く、とくに pH 4.0 区の成長がやや衰えたようにみうけられた。pH 3.0 区ではさきに pH 4.0, 5.0 区の根にみられた粘質物が付着した。

また pH 3.0~6.0 区では着生した根粒は黒色となって崩壊し、白色で小粒のものが新しく形成されるのが観察された。しかし、pH 7.0~9.0 区では根粒はやや褐色を呈して、更新されることはほとんどみられなかった。

モリシマ・アカシアの稚苗は斜向して伸長する傾向があるが、成長するにしたがい直立するのが一般の形態のようである。この実験ではやや生育の悪かった pH 4.0, 5.0 区が実験終了時までやや斜向し、匍匐に近いものもみられたが、pH 9.0 区は成長量そのものはかなり大きかったにもかかわらず、成長するにしたがい直立せずにかえて匍匐状となり、また複葉の先端も黄褐色を呈して、筆者らがさきに実験した²⁰⁾モリシマ・アカシアのカリ欠除区の生育に似た状態が観察された。

2.3 結果と考察

第 16 表 モリシマ・アカシアの成長量

pH 区	苗 長 cm	根元直径 mm	乾 燥 重 量 g				枝 条 数 本
			地 上 部	根 系 部	根 粒	合 計	
3	37.0	4.3	5.3	2.5	0.54	8.34	0
4	64.3	8.7	33.5	9.7	3.08	46.28	11
5	57.7	6.9	28.0	8.7	3.10	39.80	11
6	73.0	9.7	49.7	13.5	4.82	68.02	12
7	90.4	9.9	71.6	19.9	6.30	97.80	13
8	70.4	9.3	41.9	12.0	3.75	57.65	10
9	67.0	8.0	42.4	14.0	3.88	60.28	8

10月14日、実験を終了した時の結果の成長量を示したのが第16表(写真 6 参照)である。

この結果からみると、モリシマ・アカシアの水耕培養で最適の pH 区は 7.0 であって、ついで pH 6.0 区であった。また pH 4.0～9.0 区の間は、苗長あるいは重量からは一応生育を期待しうる pH とみられるが、pH 8.0、9.0 区は前述し

第17表 モリシマ・アカシアの根粒重量と苗木重量の関係

pH 区	根粒／苗木	根粒／地上部	根粒／根系部
3	6.5%	10.2%	21.6%
4	6.7	9.2	31.8
5	7.8	11.1	35.6
6	7.1	9.7	35.7
7	6.4	8.8	31.7
8	6.5	8.9	31.3
9	6.4	9.2	27.7

たとおり、培養液 pH の変化が大きく、規定 pH 値と実測 pH 値は大きく相違し、規定 pH 区の意義が薄弱であり、また苗の形態あるいは葉の状態などから好ましい pH とはいえない。

乾燥した状態での根粒の重量と、苗の総重量、地上部重量、根系部重量の関係を示したのが第17表である。総重量に対する根粒の重量は pH 5.0 区が比較的この値が大きいが、各 pH 区の根粒重量はおおよそ苗木重量の 6.5～7.0%前後で、pH 区の間で差は少なく、肥料木稚苗の成長と根粒の着生量は相互に密接な関係のあることが十分推察される。また地上部重量も総重量とほぼ近い関係が示されたが、根系部では各 pH 区の間でその比率に差がみられ、pH 5.0、6.0 区を頂点とし、pH 9.0 区あるいは pH 3.0 区へと減少する傾向が示された。全般的にはやや酸性側が大きく、アルカリ性側で小さい傾向がみられた。

筆者らがさきに行なった実験²⁰⁾では総重量に対する根粒重量は 4.1%であったが、この実験ではすべて 6.4%以上あり、前者にくらべてはるかに根粒の着生量が多かった。これは培養液の窒素量が前者は 40 mg/l であったのに対し、後者は 10mg/l であったことが、根粒の形成を促進したものと考えられ、肥料木とくにマメ科の根粒植物の水耕培養では、窒素量をやや減量した方がよい結果が期待できそうである。

IV 総 括

治山施工地で植栽される肥料木の生育に好適な pH を知って、適切な取扱い法の基礎的な資料をうるため、ヤマハシノキ、オオバヤシャブシ、アキグミ、モクマオウ、モリシマ・アカシアの 5 樹種を選び、水耕法によって培養し、生育状態および、根粒の形成状態などに対する培地 pH の影響について、培養試験を行なった。この実験—1～3 を通じて総括的に考察してみると次のようになる。

a. 培養液 pH の変化について

実験—1では筆者らがさきの実験²⁰⁾に使用した培養液組成—I（第1表参照）を使用し、実験—2では当初、培養液組成—II（第8表参照）を使用したが、生育障害がみられたので途中から組成—Iに変更した。また実験—3ではこの培養液を改変し窒素量を10mg/lとした培養液組成—III（第13表参照）を用いた。

なお実験—3では苗木を培養しない無培養区を設けてそのpH値の変化を測定した。この無培養区のpH値の変化の状態を平均値でみると（全期間毎日測定）、pH 3.0, 4.0, 8.0区はきわめて変化は少なく、pH 5.0, 6.0, 7.0区はやや増加の傾向を示し、pH 9.0区のみはやや大きく減少した。またこの培養液をHClあるいはNaOHで調整しない時のpHは6.7で、水道水のpHとほとんど変わりなく、この変化の平均値は7.36で明らかにpH値は増加することが認められた。

このような無培養区の変化に対して、培養区の変化は各樹種を通じて、pH 3.0~5.0区では少なく、pH 6.0~9.0区はすべて減少し、とくにモリシマ・アカシアのpH 8.0, 9.0区ではその値が大きかった。これは培養液窒素源の形態による吸収利用の結果と、根の呼吸作用によるCO₂の影響がおもな原因だと考えられる。とくにモリシマ・アカシアは生育が旺盛で成長量が大きいため、この両者による影響がきわめて大きかったものと推察される。

なおここで使用した培養液組成—IおよびIIIによる水耕培養では、生育の旺盛な根粒植物の場合、規定pHの保持、調整がとくにアルカリ性側で困難であって、培養液組成の検討を必要とするとともに、供試木の成長量と、その成立本数に応じて、培養液容量を増加することにより、ある程度pHの変化を減少し、この種の実験における精度を高めうるものと考えられる。しかし、培養液pHの変化についてはなお検討を要する問題ではあるが、培養液組成—I、IIIはこれら肥料木を水耕培養するのには、好適なものと判断された。

b. 肥料木の成長と根粒形成の好適pHについて

この実験の結果から、各樹種の生育に最適と思われるpHと、その好適範囲をみると、ヤマハシノキ 6.0 (4.0~6.5)、オオバヤシャブシ 6.0 (4.0~7.0)、モクマオウ 6.0 (4.0~6.0)、アキグミ 6.0 (6.0~7.0)、モリシマ・アカシア 6.5 (4.5~7.0)で、おおよそ非マメ科植物はpH 6.0、マメ科植物（モリシマ・アカシア）はpH 6.5が、水耕培養での最適pHといえるようである。

一方、一般に針葉樹は広葉樹にくらべて好適pHはやや低いといわれ、水耕培養液のpHは5.0前後が好適とされているものが多く、根粒植物とは多少相違があるものようである。従来根粒菌の生育限界のpHは、その宿主植物の生育限界のpHとほぼ平行する場合が多いとされている¹⁹⁾。マメ科植物の根粒菌の形成に好適なpHは、農作物、牧草あるいは林木など、それぞれの種類により、酸性あるいは、アルカリ性を好むものと多少の相違はあるが、おおよそpH 6.0~7.5¹⁹⁾⁸⁾の範囲に多く、また植村²¹⁾は非マメ科の根粒から分離された根粒内生菌とみなされる放射状菌の好適なpHは、第I型はpH 6.0~6.5、第II型はpH 6.5にあると報告し、一般のマメ科植物よりやや酸性側で好適のものようである。一方宿主植物について根粒形成が多く見られるのは、北村⁹⁾によればオオバヤシャブシではpH 5.5であったと報告されており、またBond, G.ら⁴⁾は欧州クロハシノキで根粒の形成はpH 5.4~7.0の範囲でよく、一度根粒の形成をみればpH 4.2~5.4でも、宿主植物の旺盛な生育がみられたとしている。またヤマモモ属のヤチヤナギ¹⁾ではpH 5.4で根粒の形成も多く、生育は旺盛であったとしている。以上のような点から、マメ科植物の場合は根粒菌の好適pHと宿主植物のそれはよく一致するものと思われるが、非マメ科ではなお今後の検討を要する問題と考えられる。しかし全般的にみて、根粒菌と宿主植物の生育に対する好適pHは

およそ一致するものとみても、さしつかえないものと考えられる。

実験—3のモリシマ・アカシアの水耕培養では、pH 3.0でも成長がみられ、pH 4.0ではかなり良好な生育ならびに根粒形成が期待されており、熱帯性マメ科植物のなかには、*Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides* (熱帯クズ)のごとく、pH 4.0~4.5のところでも、十分な成長と根粒形成が期待されている報告⁴⁾¹⁸⁾もみられている。

また ORCHARD および DARBY¹⁶⁾ は、ナタール地方のアカシア・モリシマが pH 4.8 の酸性土壌で、石灰を施肥することなしに、旺盛な成長を示していることを述べており、これらの観点から見ると、アカシア・モリシマは温暖帯産の一般マメ科植物の場合とは、培地の酸度に対する適合性が多少異なるもののようで、これについては今後の検討を要する問題と思われる。

なおモリシマ・アカシアの根粒の着生量は、合計重量の6.5~7.0%をしめてきわめて多かった。これは砂耕を加味した水耕法によると、根粒のよく形成される根際部分の部分が水面上で、酸素の供給と水分状態が根粒の形成と生育により環境にあったことと、培養液の窒素量を10mg/lに減量したことにより、その形成が促進されたことによるものと考えられた。

これに反して非マメ科の各樹種は実験—1, 2とも根粒形成は少なく、その効果が十分であったとは考えられない。非マメ科肥料木の生育がマメ科樹木にくらべて初期の成長および根粒形成の時期も比較的遅いという本来の特性以外に、非マメ科では接種に使用された根粒菌は、培養された良い菌株が得られず、苗木に着生している根粒を磨砕して使用したことも一因と思われる。また根系部のほとんど全部が水中に浸漬する水耕法では、酸素の供給も不足し、根粒の形成にその環境が不適当であったものと思われる。

上記 BOND, G ら⁴⁾の欧州クロハノキの実験では、通気することにより根粒の形成が増加し、植物の生育は著しく助長されており、その後の根から分離した根粒材料を対象とした試験結果³⁾でも根粒の酸素要求はかなり高い結果が得られている。本実験においても、根粒の形成は水面に近い根の部分に多く、水中深くにはほとんどみられなかったことから、根粒の形成は酸素量と関係の深いことがうかがわれる。

肥料木の生育におよぼす根粒形成の影響は、単に窒素関係の問題にとどまらず、生理的關係においてもきわめて重要な影響をおよぼすものと考えられる。根粒の形成がみられない苗は、たとえ培地が十分な窒素を含有していても、根粒を形成した苗の無窒素培地における成長にくらべて劣っていることは、すでに筆者らの過去の実例²⁰⁾でも見うけられており、肥料木の水耕培養試験においては、単に培地の組成、pHのいかん以外に、根粒菌の接種が最初に考慮されねばならない問題と考えられる。

c. 肥料木の植栽と土壌のpHについて

植物の生育に対する pH の影響は、水耕培養液の場合と、土壌の場合では相違のあることは考えられることであり、また土壌の場合には pH 以外の種々の条件の影響も強く、とくに置換性石灰の量による影響が強調されている⁷⁾。

pH と植物の生育関係については、植物生理学、植物生態学、土壌肥科学などの各分野で多くの研究がなされているが、多くの場合根の吸水関係を除いては pH が直接的に影響することは少なく、その多くは養分の形態に関連して、間接的に影響するものとされている^{18) 11) 8) 10) 15) 17)}。

本実験では pH 3.0, 9.0 区というような極端な pH の区でもその大部分は実験終了時まで生存した。しかしその生育状態は各 pH 区に応じて異なり、成長量にも著しい差を生じた。また pH 3.0, 9.0, 区でははなはだしく生育に障害を受けていることが観察され、ここでは pH による直接的影響も十分考えられ

る。生育に対する pH の影響は、直接あるいは間接のいずれにしろこの実験においては成長量を通じて明らかに示された。また生育状態からみた pH の影響としては、実験—3 のモリシマ・アカシアは、pH 9.0 区が前述したごとく幹が極端に匍匐状となり、複葉の先端が枯れるという症状を呈して、筆者らのさきの実験²⁰⁾におけるカリ欠除区の症状に類似した状態が観察された。全般を通じて根はアルカリ性側では伸長および重量成長が酸性側にくらべて劣っているようである。ただし、モリシマ・アカシアでは伸長の割合に重量が大であり、またアルカリ性に対してもやや抵抗性があるように見うけられた。しかしいずれにしても根の伸長状態は pH によって明らかに差があり、弱酸性あるいは酸性で良好であった。

植物の生育はさまざまな環境要因の総合された結果として差を生ずるが、樹種により各要因の影響も異なるのは当然である。肥料木は根粒菌と共生する特殊な栄養機構を有し、根粒の形成は宿主植物の満足な生育に対して不可欠の要因で、とくに稚苗時に早期に形成されることが必要である。それゆえ肥料木（根粒植物）では、pH の影響は宿主植物の生育とともに、根粒菌に対しても重要な意味をもつものと思われる。根粒菌と宿主植物の好適 pH はおおよそ一致するものと考えられるが、根粒の形成に対する影響は宿主植物よりさらに直接的であり¹²⁾、また治山施工地で植栽される肥料木は種類によって、その根粒菌を土壤中に欠き、植栽に際しては接種を必要とするようなところでは、pH はさらに大きな関心を払う必要がある。

治山施工地は栄養的要素を欠き、異常な pH のところもあって植物の生育にはきわめて不利である。またマメ科植物にとって pH はその培地の栄養が適当ならば、しからざる場合に比べて影響も少ないとされていることから¹²⁾、適切な施肥手段によりこれを補整する必要があることはもちろんである。さらに肥料木は根粒菌との共生により、窒素に対する栄養条件は有利であるが、根粒の形成にはリン酸をとくに多量に要求するなど、その栄養機構も特殊であり、培地土壌の pH の補整とともに、pH が肥料成分の形態に及ぼす影響を考慮した上、植栽に際しては適切な施肥計画を樹立することはきわめて重要なことと考えられる。

要 約

1. 治山施工地や瘠悪林地の造林樹種に使用される肥料木から、ヤマハンノキ、オオバヤシャブシ、モクマオウ、アキグミ、モリシマ・アカシアを選び、水耕あるいは砂耕を加味した水耕により、培養液の pH と生育の関係について実験した。培養液は最初の間は水道水を使用し、後培養液組成—I（第1表）、III（第13表）を用いた。

2. 培養液 pH 値の変化は、無培養区（無植栽区）では pH 9.0 区を除きやや増加する傾向を示したが、培養区では減少の傾向を示し、モリシマ・アカシアのように、成長の旺盛な樹種では、とくにアルカリ性側でその変化が大きかった。

3. 各樹種稚苗の生育に最適および好適な pH は、ヤマハンノキ pH 6.0 (4.0~6.5)、オオバヤシャブシ pH 6.0 (4.0~7.0)、モクマオウ pH 6.0 (4.0~6.0)、アキグミ pH 6.0 (6.0~7.0)、モリシマ・アカシア pH 6.5 (4.5~7.5) と判断された。

4. 一般林木稚苗の好適 pH に対して、肥料木（根粒樹木）の好適 pH はいくぶんその値が高いようであるが、これは根粒菌の形成に好適な pH とも関連のあるもののようである。しかし耐酸性については、これらの肥料木は一般主林木の稚苗に比べていずれもより強い傾向がみられた。

5. 根粒樹木の根および、根粒の酸素要求度はかなり高いので、水耕培養では通気することにより、根粒の形成および、宿主植物の生育を増大することが知られているが、砂耕を加味した培養方法では、通気を行なわないでも、培養液の水位を適当にすることにより、根粒の形成は十分得られるものと考えられる。

6. 培養液組成Ⅰはこれらの肥料木の水耕培養液として好適なものといえるが、窒素量をある程度減量した培養液組成Ⅲは、根粒の形成および、稚苗の生育により良好なものようである。

文 献

- 1) BOND, G. : The fixation of nitrogen associated with the root nodules of *Myrica gale* L., with special reference to its pH relation and ecological significance. Ann. Bot. N. S., 15, pp. 447~459, (1951)
- 2) BOND, G. : The development and significance of the root nodules of *Casuarina*. Ann. Bot. N. S., 21, pp. 373~380, (1957)
- 3) BOND, G. : The oxygen relation of nitrogen fixation in root nodules. Ztschr. All. Mikrobiol., 1, pp. 93~99, (1961)
- 4) FERGUSON, T. P., and BOND, G. : Observation on the formation and functions of the root nodules of *Alnus glutinosa* (L.) GAERTN. Ann. Bot., N. S., 17, pp. 176~178, (1953)
- 5) HAMILTON, R. A. and Pillay, K. S. : The manuring of *Centrosema pubescens*. J. Rubber Res. Inst. Malaya, II. Commun., 255, pp. 25~43, (1941)
- 6) 市村俊英：植物生態学[2], 古今書院, 101 pp. (1960)
- 7) 川島祿郎：土壌の反応並に其の石灰含有量と作物の生育について 第11報, 赤松とヒノキの実生, 日本土壌肥料学会雑誌, 11, (6), pp. 577~584, (1937)
- 8) 石沢修一：荳科植物の根瘤菌に関する研究 I—4, pHと生育, 日本土壌肥料学会雑誌, 24 (3) pp. 41~44, (1953)
- 9) 北村昌美：ヤシヤブシ水耕における根瘤形成の研究(予報), 日本林学会関西支部四国大会講演集 1, pp. 14~16, (1952)
- 10) 吉良竜夫：植物生態学[2], 古今書院, pp. 139~142, (1960)
- 11) 瀧澤理一郎：植物水分生理概要, 明文堂, pp. 23, (1953)
- 12) 小西亀太郎：緑肥と根瘤菌の研究, 朝倉書店, pp. 155~156, (1949)
- 13) LOUSTALOT, A. J. and TELFORD, E. A. : Physiological experiments with tropical Kudzu. J. Amer. Soc. Agron., 40, pp. 503~511, (1948)
- 14) MacCONNELL, J. T. and BOND, G. : A comparison of the effect of combined nitrogen on nodulation in non-legumes and legumes. Plant and soil, 4, pp. 378~388, (1957)
- 15) 松川篤治・吉井義次：八甲田山岳地帯の土壌酸度と植物群落, 生態学研究, 11, pp. 6~16, (1948)
- 16) ORCHARD, E. R. and DARBY, G. D. : Fertility changes under continued wattle culture with special reference to nitrogen fixation and base status of the soil. Proc. 6th. Int. Soil. Cong., Paris, 4, pp. 305~310, (1956)
- 17) ラッセル(藤原ほか共訳)：植物生育と土壌, 朝倉書店, pp. 565~574, (1956)
- 18) 坂村 徹：植物生理学(上), 裳華房, pp. 38~40, (1954)
- 19) 植村誠次：土壌微生物および肥料木と根瘤菌, 林業専門技術普及員講習資料, 林野庁研究普及課, pp. 135~137, (1954)
- 20) 植村誠次・岩川幹夫・北村嘉一・原敏男：肥料木の栄養生理に関する研究 I, 栄養条件を異にするモリシマ・アカシヤ, オオバヤシヤブシの水耕培養に関する二, 三の実験, 林業試験場研究報告, 99,

pp. 1~24, (1957)

- 21) 植村誠次：ハンノキ属の根瘤から分離された放射状菌に関する研究，農林水産技術会議研究成果第 7 号，pp. 9~35, (1961)

**Effects of pH Values on the Growth of Some Soil Improving Trees
(*Alnus*, *Casuarina* *Elaeagnus* and *Acacia*) in water Culture.**

Kaichi KITAMURA, Mikio IWAKAWA, Toshio HARA and Seiji UEMURA

(Résumé)

1. Among the Soil improving trees (nodule bearing trees) which are planted for erosion control, the authors have selected some trees such as *Alnus hirsuta*, *A. Sieboldiana*, *Casuarina equisetifolia*, *Elaeagnus umbellata*, *Acacia mollissima* and examined the correlation between pH values of culture solutions and their growth with the water culture or the mixed culture of water and sand culture.

For the first two months, the seed or seedlings of them were cultured in tap water, and then brought up in the culture solutions of the composition - I (cf. Table 1) or the composition - III (cf. Table 13). The seed or seedlings of then were inoculated with their nodule endophytes (crushed nodules or *Rhizobium*) respectively at their first stage.

2. The change of pH value of the non-culture solution (not unplanted section) in each pH series (pH 3.0~pH 9.0) showed rather increasing tendency except in the pH 9.0 value, but in the culture sections showed tendencies to decrease in every pH series of them, and in the case of *Acacia mollissima*, which showed the highest growth, the pH values of most culture solutions changed remarkably, especially in alkalic sides.

3. It seems that the optimum pH value and the favourable pH value for the seedling growth of each species were as follows:

Alnus hirsuta pH 6.0 (4.0~6.5), *A. Sieboldiana* pH 6.0 (4.0~7.0), *C. equisetifolia* pH 6.0 (4.0~6.0), *Elaeagnus umbellata* pH 6.0 (6.0~7.0), *Acacia mollissima* pH 6.5 (4.5~7.5).

4. The optimum pH values of these soil improving trees (nodule bearing tree) are somewhat higher compared with those of non-nodule bearing trees, and it is supposed that one of the causes of it may be attributed to the favourable pH value for the nodule formation of soil improving trees. But, these species seems to be more tolerant in acidity than ordinary trees.

5. It is well known that the grade of requirement for oxygen of the roots and root nodules of these soil improving trees is comparatively high; therefore in water culture, the host plants increases the number of root nodules and their growth when the culture solution is sufficiently aerated. But in the mixed culture of water and sand, it is presumed that root nodules of them may be obtained well by arranging the suitable water level without aeration.

6. In this experiment, the culture solution of composition - I (cf. Table 1) seems to be favourable for these soil improving trees, but the one of composition - III (cf. Table 13), which has more reduced nitrogen content than the former, is more suitable for then nodule formation and the growth of them.

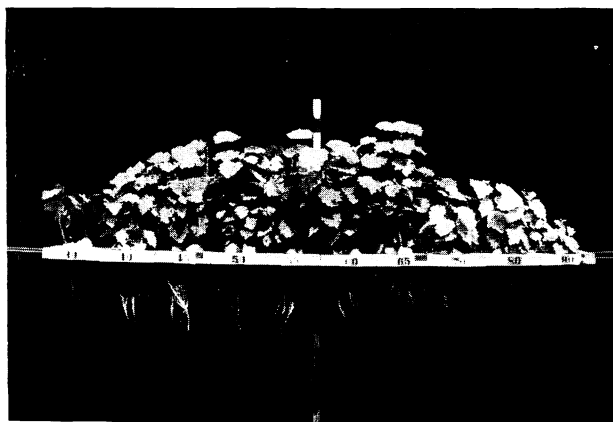


写真 1. 実験—1, ヤマハンノキ
向かって左より pH 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0

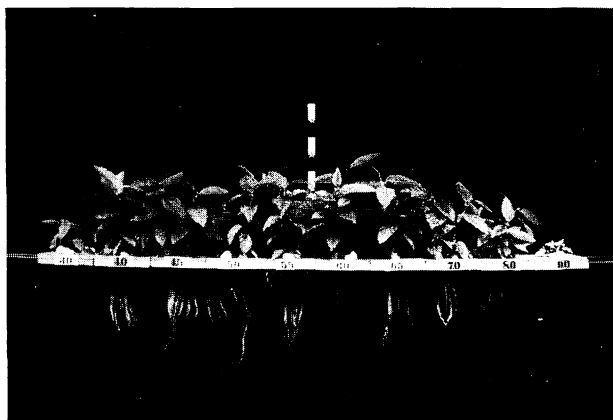


写真 2. 実験—1, オオバヤシャブシ
向かって左より pH 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0

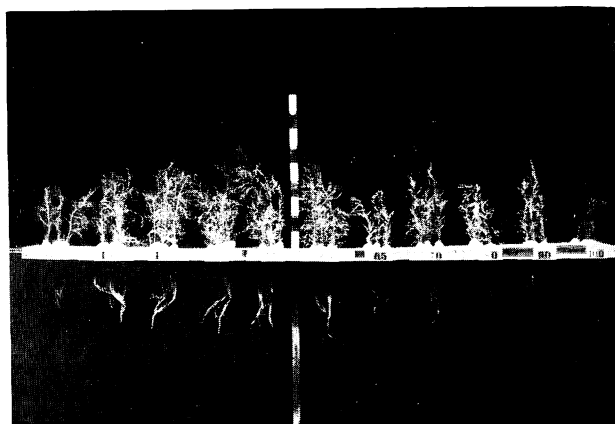


写真 3. 実験—1, モクマオウ
向かって左より pH 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0

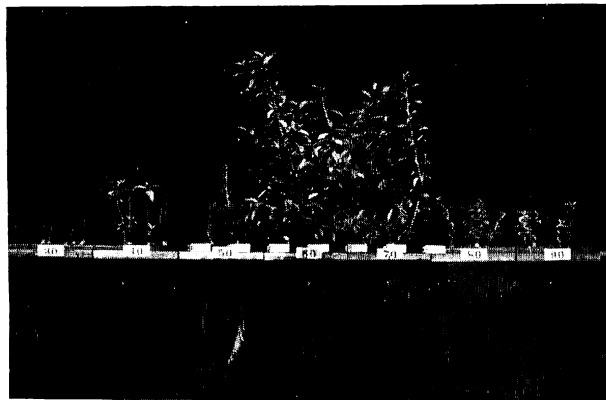


写真 4. 実験—2, アキグミ
向かって左より pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0



写真 5. 実験—2, オオバヤシャブシ
向かって左より pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0



写真 6. 実験—3, モリシマ・アカシア
向かって左より pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0