

# 栗樹の生育に及ぼす菌根の影響に関する研究\*

## 目 次

- I 緒 言
- II 栗樹における菌根成生の状態
- III 栗樹に菌根を成生する蕈類の種類
- IV 菌根の成生時期と土壤状態との関係について
- V 菌根の成生と栗樹の発育との関係
- VI 栗樹の根群の活動と菌根の形成及び土壤深度との関係
- VII 菌根の着生と有機質との関係
- VIII 菌根の生成と土壤反応との関係
- IX 菌根の生成と湿度との関係
- X 菌根の生成と肥料成分との関係
- XI 摘 要
- XII 結 論
- XIII 文 献

## I 緒 言

栗の根に形成する菌根は外菌根(Ectotrophic mycorrhiza)であることはすでに三村氏(17) 増井氏(7,11) 松原(12)によつて発表されているが、増井氏はこの中に菌根の形成するものとして *Scleroderma aurantium* と *Cortinarius sp.* の2種を挙げ *Cortinarins sp.* は栗の外は「はんのき」にも菌根を形成することを報告されている。

次に外菌根の生理関係については、種々の説が行われており、Frank(2)は最初にこれについて見解を述べたのであるが、氏は外菌根は菌類から水分や無機養分を摂取するのみでなく、直接有機物質よりも養分を得るものであるとし、結局外菌根は、菌類と植物の根との共生体であると述べている。

Stahl(20)は腐植土中において、多数の微生物と樹木の根との間で、養分摂取の競争の行われる際に、菌根植物は菌糸の助によって、養分の摂取が行われるとし、その後 Müller(18), Rexhausen(17)も略々同様の説をなし、本邦にては三村博士は窒素固定作用のあることを報告されている。

その後も Gohn(3)は菌糸は根の保護作用をなすことを記載し、Melin(16)も赤菌根のこの種の共生作用

を認めている。

然るに共生説に反対して寄生説を称える学者も少くない。

すなわち Woronin(23)は寄生現象の一端であるとし、Weyland(24), McDougall(13)の諸氏もこれと同様の説を述べている。増井氏(8,9,10,11.)は赤松における実験で、その発芽の際に菌根は有害であつて発育を阻害する由を述べている。

なお増井氏は樹木の菌根形成には facultative mycorrhiza-formers と Obligate mycorrhiza-formers との2様があつて、前者は共生生物であるが、後者は寄生的であると述べて、更に菌根を次の3種に分類している。

- A. Ectotrophic mycorrhiza
- B. Heterotrophic mycorrhiza
- C. Ecto-endotrophic mycorrhiza

著者は栗の菌根について、園芸学の立場から栗樹と菌根との間に如何なる関係の存在するものであるかを究明しようとして、この実験を行つことにした。

## II 栗の菌根の成生の状態

栗の根部に成生する菌根の有無を調査するに、ほとんど何れの土地に生育する栗樹にも認められ、本邦で栗樹の生育する地方で、菌根の成生しない所はない状態であつて、栗樹の生育と菌根の成生とは離ることのできないものである。

著者は昭和12年11月12年生の栗樹の根部を発掘して、菌根の成生状況を調査して次の結果を得た。

この土地は第三紀新層の粘質土であつて、耕土は約60畳で、心土は完全な赤粘土で約80畳あり更に其の下は砂利の混合した粘土でその70畳と合計210畳の深さに垂直的に掘下げて、根の垂直的発達と菌根の成生との関係を調べたのに深さ30畳の処から相当の根系が発達し、30畳乃至50畳の間が最も大きな根系を生じ、80畳乃至130畳の間が中根の発生数最も多數であった。130畳以下は土層も前述の通り、根の発達分岐も減少し細根のみとなり其の数も漸次減少し漸く210畳の点までに達している。

これ等の根部に成生した菌根の成生の状態を見るに、地表下60畳迄は各所に多数の菌根の成生を見得るが夫れ以下は急に減少し、根系の成生は多くはないが60畳から210畳の最下部迄の間はもほとんど断続的に成生してい

\*本研究報告者は松原茂樹である。

るのを見た。

次に根の水平に成長した場合と菌根の成生を調査したところ、樹幹の基部から根の伸長した先端迄はほとんど同様に着生し、細根の多い場所に特に多い傾向がある。

以上の如く栗樹の生育と菌根の生育とはほとんど不可分の関係にあるが如く、いずれの地方にあつてもいずれの土地にあつてもその程度には多少の差異はあるも、必ず根部には着生していると言つてよい。

しかしてその着生状態を見るに、栗樹の細根の部分に着生し次第に其の細根の周囲を被包して、遂に菌根を形成するもので、細根の発生が多い場合は菌根の発達も亦良好である。(Pl. I Fig. 1, 2)

この様に菌根と栗樹の生育とは密接なる関係があると共に、菌根の発達が多い土地では、栗樹の生育もまた良好であるのはほとんど例外がない。

### III 栗樹に菌根を成生する種類

栗樹に着生する菌類の種類については、増井氏(9-11)は松類の菌根を研究して約9種の菌類を挙げ、栗についてでは *Scleroderma aurantium* (ニセショウロ) を記載されている。

著者は永年菌根を成生する菌類について踏査した結果宮崎・大分・京都・岐阜・静岡等の各地から次の5種の菌根を形成する菌類があることを知つた。

1. ウラムラサキ *Clitocybe laccata* Fries var *amethystina* Bolton
2. キツネタケ *Clitocybe tortilis* Fries
3. ニセショウロ *Scleroderma aurantium* Pers
4. オオキツネタケ *Clitocybe laccata* Fries
5. シラウオタケ *Clavaria mucida* Peas

以上の内「ニセショウロ」及「シラウオタケ」は最も普通に発生し、分布も広くかつ多く発生するのを見た。

これ等の菌類に関する概略を記すると次の様である。

#### 1. *Scleroderma aurantium* Pers 「ニセショウロ」

本種は広く各地に発生し著者も、兵庫・京都・大分・岐阜・静岡・宮崎の各地方で採集しつつ菌根を形成しているのを見た。菌類の発生時期は早いのは7月から始まり秋11月上旬迄存在する。

蕈の形状は球状又は瓶状で黄褐色又は淡黄色を呈し、高さ2.2mm径3.2mm乃至3.7mmである。表面に亀裂を生じ、成熟すれば内部紫褐色となり、乾燥して綿の如き状態を呈する。内部には多数の黒紫色の胞子を藏し、表面は網目様の凹凸があり、球形であつて、12μ、夏から秋に栗樹下に発生する。

本種は広く何れの土地にも発生するが、土壤の肥沃な

場所に発生することが多い傾向がある。従つて栗樹の栽培園に発生することが最も多い。(Pl. II Fig 1-2)

#### 2. *Clitocybe laccata* Fries 「オオキツネタケ」

本種は夏から秋にかけて生じ、其の数は多くはないが各地に発生する。蕈柄は高さは4.8mm乃至5.3mm、蕈傘はまだ扁平であつて径2mm乃至4mmで甚だ不整形をなす。中央部は著しく凹む、表面には微細な纖毛があり、蕈褶は鱗状暗紅白色で比較的粗である。胞子は白色で周囲に細い刺状の突起を有し形状は円形で径は8mm乃至9mmである。(Pl. II Fig. 3, 4)

本種はむしろ自然状態の栗樹に発生することが多く、栽培園には発生することは稀である。

#### 3. *Clitocybe laccata* Fries var. *amethystina* Bolton 「ウラムラサキ」

本種の蕈は8月から9月の間に樹下に群生して生ずるものであつて、非常に広い範囲の樹木に菌根を形成する様である。本種は熟園よりもむしろ耕作されない土地によく発生する。著者は宮崎・大分・京都・静岡の各地でこれを発見した。

蕈は柄の高さ2.8mm乃至3.4mmで細くて弱い、蕈傘は半球形で径1.2mm乃至1.3mm、色は淡緑黃色、始めは平滑で光沢があるが、次第になくなる。

蕈褶は小さく紫赤色で二段をなす、胞子は完全な円形で径は8mm乃至9mmである。本種は多くの場合群生して発生する傾向がある。(Pl. II Fig. 5, 6)

#### 4. *Clitocybe tortilis* Fries 「キツネタケ」

本種は9、10月の候、栗林の中に生ずる、著者は静岡・大分・京都で本種の発生を多數見た。蕈柄は4mm乃至4.5mm、蕈傘は径2mm乃至3mm、始めは丸山形で表面は平滑、次第に中央稍々凹入する。色は淡紅褐色で、次第に開くに従い平滑となるが充分開ききらない。蕈褶は二段となり、色は青色を呈する。胞子は白色球状で径は8mm乃至10mmである。(Pl. II Fig. 7, 8)

#### 5. *Clavaria mucida* Pers. 「シラウオタケ」

本種の蕈は8月下旬から11月迄の間、殊に9・10月の頃、栗樹を始め設斗科の植物の樹下に多數群生する。宮崎・京都・静岡で栗樹への着生を発見した。

形状は小形、常に純白色で単生するものと分岐するものとがあり、不規則に彎曲して乾燥したシラウオの形に似た所がある、胞子は白色橢円形で表面は平滑で径5.5mm乃至7.5mmである。(Pl. II Fig. 9, 10)

以上の各種の菌根の成生する状況を調査する為に、色々の蕈傘を採取しこれを予め素焼鉢に播種した栗樹の中に切断播種して覆土した。

此の培養した栗樹は、果実を良く消毒して播種したも

ので、土壤及素焼鉢は共に摂氏120度の蒸気殺菌を行つたものである。

かくして鉢は硝子室内に置き他の土壤と絶縁して培養したものである。

以上のものを一ヶ年培養し鉢を水洗しながら丁寧に栗樹を掘り上げて、根部に成生した菌根を調査して次の結果を得た。

第1表 菌の種類と菌根成生の程度

栗 播 種 昭和10年3月

胞子播種 昭和10年9月～10月

掘取調査 昭和11年11月

種名	1	2	3	4	5
1. <i>Scleroderma aurantium</i>	+++	+++	+++	+++	+++
	+++	+++		+++	+++
2. <i>Clitocybe laccata</i>	+++	+	+++	+++	+++
	+++		++		+++
3. <i>Clitocybe lactata</i> var. <i>amethystina</i>	+	+	+	+	+
4. <i>Clitocybe tortilis</i>	++	++	+++	+++	+++
5. <i>Clavaria mucida</i>	+	++	+	+	++
6. Control	-	-	-	-	-

以上の結果に依れば *Scleroderma aurantium* は最も多くの菌根を生成し、これに次いで *Clitocybe laccata* であったが、菌の性質と土壤、環境等との関係も少くはないから、これのみで菌根成生の多少を判定することは困難である。

増井氏<sup>(11)</sup>の松における実験の如く、栗でも少くとも数種の菌が別々か又は同一箇所に混生して存在するものと考えられると共に、各地の自然状態における菌草の発生現状を見るに、稀に何れかの種類が混生する場合もあるけれども、多くは同一種の群生であることから考えると、菌の種類と環境とには相当な関連があるものと思われる。したがつて菌根の成生程度は僅かの実験だけでは決定は困難であろう。(Pl. III 1-5)

#### IV 菌根の成生時期と土壤状態との関係について

菌根の着生時期を確め新根の発育状態を調査する為、次の方法によつて実験を行つた。

実験方法 直径12厘長さ60厘の素焼の土管を圃場に埋め、*Scleroderma aurantium* の菌根を混入した粘質壤土及砂土を填充して、栗の種子を播種し、其の成長を待

つて毎月2回(1日、15日)掘取つて、根部に菌根の成生した状況を検べた。

この実験は昭和9～10年の両年度に亘つて調査した。

実験成績 昭和9年度にあつては砂土及粘質壤土共に6月1日及6月15日には根長30厘以上に及ぶも未だ菌根の形成を認め得なかつたが、7月1日に至つて着生したものを見めた、以後急激に其の数を増し8月15日には形成が最も旺盛でありその後次第に減少するのを見めた。

昭和10年度にあつては7月15日に幾分形成したのを認め、8月15日には前年同様最高に達し、其の後漸次衰えたのは9年度と同様の結果であつた。

次に着生の状況を土質別に調べた結果は次の通りである。

1. 粘質壤土、この土壤にあつては第2.3表の示すが如く、年度に依つて形成の程度には相違があるけれども其の傾向は大体一致している。即ち着生の初期にあつては、地表面に近い上層部に着生が多くて、次第に地下部に及び10乃至30厘の間に多く、以下漸次減少し40厘以下となれば急激に減少する。

第2表 粘質壤土菌根着生について(昭和9年度)

月日	個体番号	地下の深さ cm					
		0～10	11～20	21～30	31～40	41～50	51～60
7. 1	1	++	+	+	-		
	2	++++	+++	++	+		
	3	+++	+++	+++	+		
7. 15	1	++	++	++	++	+++	++
	2	++	++	++	++		
	3	++	++	++	++		
8. 1	1	++++	+++	+++	+++	+++	+
	2	+++	+++	++	+++		
8. 15	1	++++	+++	+++	+++	+++	++
	2	+++	+++	++	+++	+++	+
	3	+++	+++	++	++	++	+
9. 1	1	++++	+++	+++	+++	+++	+
	2	+++	+++	++	++	+	+
	3	+++	+++	++	++	+	+
9. 15	1	++++	+++	++	+++	++	+
	2	+++	++	++	+	+	-

第3表 粘質壤土菌根着生部位について(昭和10年度)

月日	個体番号	地下の深さ cm					
		0～10	11～20	21～30	31～40	41～50	51～60
7. 1	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
7. 15	1	+	+	-	-		
	2	+	-	-	-		
	3	-	-	-	-		

8. 1	1 2	- ++	- +	+	+	+	- -	- -
8. 15	1 2	+	+	+	-	-	-	-
9. 15	1 2	++ ++	++ +	+	+	-	-	-
10. 15	1 2	++ ++	+++ +++	+++ ++	++ ++	+		++
11. 15	1 2	+++ ++	+++ +	+++ ++	++ +	++ ++	++ ++	++ ++

2. 砂土 砂土にあつては最初地表面に近い上層部に形成の多いことは、粘質壤土の場合と同様であつて、次第に下層部に及び10乃至30cmの深さの所に最も多いた向はあるが、粘質壤土の如く明瞭な区別はなく、9年8月には70cmの深さ迄殆んど同様に形成される。10年の調査では多少の相違はあるが11月には70cmの深さ迄一様に形成されることは粘質壤土の場合と同様である。これは恐らく深層に迄空気の透通が良好であるから、成生に好適である為と思われる。結果は次表の如くである。

第4表 砂土菌根着生部位について(昭和9年度)

月 日	個体番号	地下の深さ cm							
		0~ 10	11~ 20	21~ 30	31~ 40	41~ 50	51~ 60	61~ 70	71~ 80
7. 1	1	+	+	-	-				
	2	-	-	-	-				
	3	+	+	-					
7. 15	1	+	+	+	-	-			
	2	+	+	-	-	-			
8. 1	1	+++	++	+	-	-	-		
	2	++	+	-	-				
8. 15	1	++	++	++	++	++	+	+	
	2	++	++	++	++	++	++	+	
	3	++	++	++	++	++	+	+	
9. 1	1	++	++	++	++	++	++	+	
	2	++	++	++	++	++	+	+	
9. 15	1	+	+	+	+	+	+	-	
	2	+	+	+	+	+	+	-	

第5表 砂土菌根区着生部位について(昭和10年度)

月 日	個体番号	地下の深さ cm							
		0~ 10	11~ 20	21~ 30	31~ 40	41~ 50	51~ 60	61~ 70	71~ 80
7. 1	1 2	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
7. 15	1 2	+	+	+	-	-	-	-	
8. 1	1 2	++	++	++	-	-	-	-	
9. 15	1 2	+++	++	+	+	+	+	+	
10. 15	1 2	++	++	++	++	+			
11. 15	1 2	+	+	+	+	++	++	++	

次に菌根を形成したもの内、その一部又は全部が時期を経過するに従つて消失するに至るものであつて、従つて着生の程度は時期に依つて多少の変化のあるものである。

前同様に栽培せるものを昭和10年度には12月に掘取つて調査し、次の結果を得た。

第6表 根の深さと菌根の着生状況(昭和10年度)

根長 cm	着生 数	地下の深さ cm							
		0~ 10	11~ 20	21~ 30	31~ 40	41~ 50	51~ 60	61~ 70	71~ 80
粘質壤土	1	53.0	+++	+	+	+	+	++	++
	2	76.0	+++	++	++	+	+	+	+
	3	54.0	++	++	+	+	+	+	+
	4	63.0	++	+	++	++	+	+	+
	5	58.0	+	++	+	+	+	-	
	6	64.0	++	++	+	+	+	+	+
	7	64.0	++	+	+	+	+	+	+
	8	62.0	+	+	+	+	+	+	+
	9	62.0	++	++	+	+	+	+	+
	10	63.0	+	+	+	-	+	+	
砂土	1	85.0	++	-	+	+	+	+	++
	2	70.0	++	+	+	++	++	++	++
	3	65.0	+	+	+	+	+	+	+
	4	63.0	++	+	++	+	+	+	+
	5	64.0	++	+	+	+	+	++	++
	6	58.0	++	++	+	+	++	++	
	7	60.0	+	+	-	+	+	+	
	8	45.0	+	+	+	+	+	+	
	9	66.0	++	++	+	+	++	++	+
	10	60.0	++	+	+	+	+	++	

上表に依れば粘質壤土は何れも、大体において表層土に菌根の形成が多く、下層土に至るに従つて減少することは前述した所と同一の傾向にあるに拘らず、砂土にあつては上、下層共に殆んど差異なく、却つて下層土に多く形成して居る。

以上の結果から推察すると栗樹における菌根は適度な湿度と空気とが存在する好条件の下において一層多数に形成せらるるものと思われる。

次に以上の材料を採取し、パラフィン法により、15乃至20μの切片を作り、サフラニン液の染色を行い検鏡して次の結果を得た。

5月15日、菌糸が幾分根の表皮細胞に蔓延せんとするものがあるけれども、極めて少く漸く活動の初期にいつたものと思われる。

6月15日、すでに菌糸は根の外皮上に菌糸層(Fungous

*mantle*) を形成して居り一部は細胞内に菌糸の侵入を行わんとするものも見受けることができる。(Pl. IV Fig. 1)

7月15日 *Fungous mantle* の形成甚だしく且根の表皮細胞を溶解して内部組織に侵入しているものを認める事ができた。(Pl. IV Fig. 2)

その後は漸次 *Mantle* を増加すると共に次第に細根の被苞を増し、完全な菌根が形成されるようになる。(Pl. IV Fig. 3)

更に其の内部解剖の状態を検するに、苞被した菌糸は次第に根の組織内に侵入するに至り *Cork* 層の組織特に菌糸が犯すようで、此の状態は増井氏(11)の松に於ける菌根の場合と同様のようである。(Pl. IV Fig. 4-5)

更に進んで菌糸は組織内に侵入し、時には各組織間の連絡を遮断し遂に中心部迄に達するに至る。(Pl. IV Fig. 6-7)

これら組織内に侵入した菌糸は組織内で菌糸群を形成するに至るので、栗の菌根は *Ecto-endotrophic mycorrhiza* に属すべきものであると考えることができる。

## V 菌根の成生と栗樹の発育との関係

菌根の成生と栗樹の発育に関しては既に述べた如くその成生の結果については種類によつて一定しない。

栗に就ては三村博士(17)及び著者(12)の実験発表があり、何れもその結果は共生的現象を呈して、菌根の着生することによつて栗樹の発育を良好ならしめるような結果を示して居る。

著者は更にこれ等の現象を確実ならしめる目的で、この実験を繰返し行うこととした。

**実験方法** 供用土壤を蒸気殺菌釜で約3時間、摂氏120度の温度で殺菌消毒し、次に供用の *Wagner pot* (大きさ口径25.5厘、高さ31.0厘) を稀塩酸で消毒して、これに消毒した土壤を入れ、硝子網室内に設置した台の上に置いて、地面と絶縁した。

かくして一鉢に銀寄種の比較的同等のもの2個宛を播種栽培し、これを有菌区、無菌区の2区とし、各区10鉢宛とした。

有菌区としては、栗樹の相当発育した6月中旬に菌根を挿入した。

次に生育中2回に分けて、一鉢に対して油粕80瓦、過磷酸石灰12瓦、硫酸加里5瓦づつを施した。かくして栽培したものを12月上旬に掘取つて調査した。

**実験結果** 実験成績は第7表の1~6に示しているがその結果については以下各項目別に検討する。

第7表 其ノ1 (昭和9年度菌根区)

	幹長 cm	幹径 mm	枝数	根長 mm	総重量 gr	根群 態	菌根着 生數	乾茎重 量 g	乾根重 量 g	R/T
I	130.0	1.2	11	58.5	162.0	B	C	33.0	38.0	1.15
	2144.0	1.5	6	61.0	200.0	B	C	37.5	44.0	1.17
II	139.0	1.5	13	85.0	238.0	A	A	40.0	71.5	1.79
	2111.5	1.2	10	72.5	93.0	B	B	19.5	28.5	1.46
III	124.5	1.2	21	73.0	150.0	B	B	33.0	38.5	1.17
	2154.0	1.3	4	69.0	190.0	A	B	38.5	52.0	1.35
IV	105.0	1.0	9	76.0	80.0	A	B	16.5	22.5	1.36
	298.0	1.1	15	60.0	96.0	A	B	22.5	24.0	1.07
V	135.0	1.1	14	80.0	120.0	B	D	25.5	31.5	1.24
	2114.0	1.4	9	59.0	235.0	A	D	37.0	69.0	1.86
VI	135.0	1.4	9	100.0	215.0	B	B	38.0	37.5	0.99
	2134.0	1.2	6	74.0	130.0	A	C	29.5	22.0	1.08
VII	107.5	1.3	9	64.0	120.0	A	A	24.5	28.0	1.14
	2148.0	1.3	11	85.0	155.0	B	B	34.5	31.0	0.90
VIII	147.0	1.2	9	83.0	165.0	A	A	37.0	40.0	1.08
	2132.5	1.0	11	54.0	105.0	C	B	22.0	20.5	0.93
IX	108.0	1.2	11	50.0	130.0	B	C	27.0	36.5	1.35
	2135.0	1.3	16	71.0	175.0	A	A	35.0	45.0	1.29
X	104.0	1.3	13	60.0	145.0	A	A	26.5	40.0	1.51
	2106.0	1.1	8	91.5	125.0	A	B	21.0	35.0	1.67
合計	2612.0	24.8	215.0	1426.5	3029.0			698.0	755.0	26.56
平均	125.6	1.24	10.8	71.3	151.5			29.9	37.8	1.28

第7表 其ノ2 (昭和9年度無菌区)

	幹長 cm	幹径 mm	枝数	根長 mm	総重量 gr	根群 態	菌根着 生數	乾茎重 量 g	乾根重 量 g	R/T
I	61.0	0.9	4	86.0	88.0	D	0	12.0	31.0	2.58
	2139.0	1.3	14	118.0	275.0	C	0	44.5	86.0	1.71
II	93.5	1.0	7	45.0	67.0	C	0	14.5	15.0	1.03
	2141.5	1.3	11	55.0	158.0	B	0	37.5	35.0	0.93
III	124.5	1.2	13	60.5	140.0	C	0	28.0	32.5	1.16
	2101.0	1.2	20	80.0	135.0	B	0	32.0	31.0	0.97
IV	153.0	1.2	13	85.0	145.0	C	0	34.5	28.5	0.97
	2115.0	1.2	12	55.0	175.0	B	0	29.5	45.5	1.54
V	123.5	1.2	18	55.0	134.0	B	0	27.0	28.0	1.04
	2117.5	1.0	13	61.0	105.0	C	0	21.0	24.5	1.17
VI	119.5	1.3	14	85.0	155.0	B	0	31.5	39.5	1.25
	2149.0	1.4	15	73.0	180.0	C	0	37.0	39.0	1.05
VII	141.5	1.2	13	94.0	130.0	B	0	28.0	32.0	1.14
	2148.0	1.2	14	85.0	160.0	B	0	38.0	36.0	0.95
VIII	127.5	1.1	10	119.5	140.0	C	0	29.0	36.0	1.24
	2128.0	1.2	11	72.0	140.0	C	0	28.5	40.0	1.40
IX	113.0	1.2	9	77.0	146.0	C	0	27.5	36.0	1.31
	2119.0	1.4	10	80.0	165.0	C	0	34.0	47.0	1.38

## 栗樹の生育に及ぼす菌根の影響に関する研究

X	121.0	1.3	16	105.0	185.0	A	0	33.5	40.5	1.21
2	131.0	1.0	7	108.0	80.0	B	0	19.5	19.0	0.97
合計	2467.5	23.8	244.0	1601.0	2903.0			587.0	722.0	25.00
平均	123.4	1.19	12.2	80.5	145.2			29.4	36.1	1.25

第7表 其ノ3 (昭和10年度菌根区)

	幹長	幹径	枝数	根長	生幹重	生根重	菌群態	菌根着生數	乾幹重量	R/T	
I	163.0	0.9	4	74.0	19.0	21.0	C	D	10.0	7.2	0.72
2	256.5	0.8	4	53.0	13.0	12.0	C	D	7.5	6.0	0.80
II	184.0	0.9	4	39.5	16.0	16.0	A	C	10.0	6.0	0.60
2	297.0	1.1	4	42.0	20.0	28.0	A	C	12.0	10.0	0.83
III	171.0	0.9	7	44.0	13.0	18.0	B	D	8.0	7.0	0.88
2	287.0	1.2	13	38.0	26.0	31.0	B	D	16.2	12.1	0.75
IV	106.0	1.0	7	46.0	26.0	23.0	B	C	11.5	13.3	1.16
2	282.5	1.0	8	61.0	21.0	27.0	A	C	15.2	10.8	0.71
V	192.0	1.1	5	74.0	25.0	21.0	B	D	14.0	9.7	0.62
2	289.0	1.1	9	56.0	24.0	21.0	B	D	13.7	9.6	0.83
VI	188.4	1.0	10	44.0	21.0	17.0	C	D	11.6	9.6	0.83
2	282.0	1.2	6	47.0	27.0	38.0	A	C	16.3	13.3	0.82
VII	179.5	1.1	8	54.0	22.0	18.0	C	D	13.3	7.5	0.56
2	283.5	0.9	9	54.0	17.0	10.0	C	D	9.7	4.8	0.49
VIII	183.5	1.1	13	53.5	23.0	23.0	A	C	13.5	8.0	0.59
2	299.5	1.0	7	46.0	20.0	30.0	A	C	12.6	13.2	1.05
IX	186.0	1.1	6	38.0	29.0	24.0	C	C	16.9	11.1	0.66
2	272.0	0.9	10	28.0	17.0	12.0	C	D	7.3	4.7	0.64
X	176.5	0.9	9	45.0	15.0	18.0	A	C	13.0	12.0	0.92
2	274.3	0.9	8	53.5	16.0	22.0	A	C	13.6	13.2	0.97
合計	1652.2	20.1	151.0	990.5	410.0	430.0			245.0	180.1	
平均	82.6	1.01	7.55	49.53	20.50	21.50			12.30	9.5	0.77

第7表 其ノ4 (昭和10年度無菌区)

	幹長	幹径	枝数	根長	生幹重	生根重	菌群態	菌根着生數	乾幹重量	R/T	
I	179.0	1.0	8	41.5	20.0	20.0	C	0	14.0	9.3	0.66
2	274.0	0.9	7	41.0	12.0	10.0	B	0	9.2	4.5	0.49
II	195.0	1.0	7	38.5	21.0	14.0	C	0	8.4	5.6	0.67
2	263.0	1.1	10	53.6	15.0	15.0	C	0	6.0	6.0	1.00
III	180.0	1.0	7	48.0	16.0	20.0	A	0	9.8	9.0	0.92
2	270.5	1.0	9	48.0	15.0	14.0	C	0	9.5	6.0	0.63
IV	193.0	0.9	14	49.0	24.0	17.0	C	0	8.5	7.0	0.82
2	250.0	0.6	8	71.5	25.0	17.0	C	0	8.5	8.0	0.94
V	194.0	0.8	3	57.0	14.0	10.0	C	0	7.2	4.1	0.57
2	261.0	0.7	7	63.5	7.0	7.0	C	0	5.0	3.2	0.62
VI	192.0	1.0	22	58.0	20.0	16.0	B	0	12.0	6.4	0.52
2	280.2	1.0	10	46.5	22.0	20.0	B	0	12.0	7.4	0.62

VII	156.0	0.5	11	33.0	5.0	4.0	C	0	3.0	1.2	0.40
2	242.0	0.4	7	35.0	4.0	4.0	C	0	2.8	2.0	0.71
VIII	174.0	0.7	8	45.5	10.0	5.0	C	0	6.3	3.0	0.48
2	272.0	0.8	5	48.0	11.0	9.0	C	0	7.2	4.5	0.63
IX	190.0	0.8	3	49.0	11.0	10.0	C	0	4.4	4.0	0.91
2	264.5	0.7	10	42.0	10.0	8.0	C	0	4.0	3.2	0.80
X	190.0	0.8	6	63.5	16.0	17.0	B	0	6.4	6.8	1.06
2	265.0	0.7	6	47.0	9.0	6.0	B	0	3.6	1.4	0.39
合計	1435.2	16.4	168	879.1	287.0	243.0			147.8	102.6	
平均	74.3	0.82	8.4	48.96	14.86	12.16			7.39	5.13	0.69

第7表 其ノ5 (昭和11年度菌根区)

	幹長	幹径	枝数	根長	根群態	菌根着生數	乾幹重量	乾根重量	R/T
I	91.8	1.0	6	65.0	A	A	12.0	gr 9.5	0.79
2	56.0	0.8	6	48.0	C	C	4.4	6.2	1.41
II	78.0	0.9	8	55.0	B	C	10.0	8.6	0.86
2	77.0	1.2	7	45.0	B	C	10.9	9.0	0.83
III	86.0	0.9	13	48.0	B	C	10.5	10.0	0.95
2	81.3	0.9	4	80.0	B	B	9.2	8.3	0.90
IV	86.5	0.9	10	45.0	B	D	9.4	6.3	0.67
2	50.0	0.7	3	30.0	D	D	—	—	—
V	60.0	1.0	2	60.0	C	B	8.4	10.4	1.24
2	65.0	0.8	2	38.0	B	A	8.4	9.0	1.07
VI	87.0	0.9	6	67.0	A	A	12.4	12.4	1.00
2	65.2	0.8	5	49.0	D	A	6.5	5.5	0.85
VII	70.3	1.2	0	75.0	C	C	8.8	8.6	0.98
2	40.0	0.7	5	60.0	C	C	7.5	7.7	1.03
VIII	71.5	0.9	6	46.0	B	B	6.5	6.1	0.94
2	74.5	0.8	3	55.0	B	A	—	—	—
IX	64.5	1.2	4	53.0	C	D	12.7	10.0	0.79
2	72.0	1.2	13	58.0	C	C	9.5	7.2	0.76
X	69.6	0.8	15	38.0	C	D	9.0	6.7	0.74
2	59.6	0.7	3	50.0	C	D	—	—	—
合計	1405.8	18.3	121.0	1566.0			156.1	141.5	
平均	70.29	0.92	6.05	54.75			9.18	8.32	0.79

第7表 其ノ6 (昭和11年度無菌区)

	幹長	幹径	枝数	根長	根群態	菌根着生數	乾幹重量	乾根重量	R/T
I	78.0	0.9	5	58.0	B	0	gr 8.1	8.2	1.01
2	81.7	0.9	7	38.0	C	0	7.6	7.0	0.92
II	89.7	1.1	8	32.0	D	0	12.2	10.9	0.89
2	71.2	0.8	18	37.0	D	0	9.0	5.9	0.66
III	79.1	0.9	8	35.0	C	0	9.6	5.9	0.61
2	77.0	1.2	12	29.0	B	0	15.1	11.2	0.74

IV 2	74.0 71.4	1.1 0.9	8 10	51.5 46.0	D D	0 0	9.2 9.2	9.0 7.0	1.00 0.76
V 2	81.7 82.7	1.0 0.9	5 3	67.0 61.1	D D	0 0	12.4 10.2	13.0 9.3	1.05 0.91
VI 2	68.0 69.0	0.8 0.9	5 11	42.0 38.0	D C	0 0	— 10.0	— 7.0	— 0.70
VII 2	66.2 72.0	0.8 1.2	6 8	40.0 47.0	B B	0 0	7.1 10.3	9.1 10.4	1.28 1.01
VIII 2	84.0 57.0	1.1 0.8	5 7	45.0 47.0	B D	0 0	11.3 5.9	7.6 6.2	0.67 1.05

IX 2	77.8 58.6	0.8 0.9	6 5	57.0 42.0	D C	0 0	9.1 6.0	7.5 5.9	0.82 0.98
X 2	71.8 76.8	0.9 0.8	3 3	50.3 41.3	C C	0 0	7.8 8.3	7.8 7.9	1.00 0.95
合計	1487.7	18.7	143	906.2			178.2	156.8	
平均	74.39	0.94	7.15	45.21			9.38	8.25	0.85

第7表 其ノ7(I) 3ヶ年平均(自昭和9年度)  
(至昭和11年度)

区名	年度	供試 樹数	幹長 cm	幹径 cm	枝数	根長 cm	総重量 gr	根群状態	菌根着生数	乾幹 径重 gr	乾根重 gr	R/T
有菌区	9	20	2613.5	24.8	215.0	1426.5	3029.0	11A8B1C	5A9B4C2D	598.0	765.0	1.28
	10	20	1652.2	20.1	151.0	990.5	840.0	8A5B7C	10C10D	245.9	188.9	0.77
	11	20	1405.8	18.2	121.0	1065.0		2A8B8C2D	6A3B6C5D	156.1	141.5	0.91
合計		60	5671.5	63.1	487.0	3482.0	3869.0	21A21B16C2D	11A12B20C17D	1000.0	1095.4	2.96
平均		20	1890.5	21.03	162.33	1100.67	1031.50	7A7B5.3C0.7D	3.7A4B6.7C5.7D	333.33	365.13	0.987
無菌区	9	20	2472.0	23.8	244.0	1601.0	2903.0	1A8B10C1D		587.0	722.0	1.23
	10	20	1485.2	16.4	168.0	979.1	530.0	1A5B14C		147.8	102.6	0.69
	11	20	1487.7	18.5	143.0	906.2		5B6C9D		178.2	156.8	0.88
合計		60	5444.9	58.7	555.0	3486.3	2433.0	2A18B30C10D		913.0	981.4	2.80
平均		20	1814.7	19.57	185.0	1162.10	1216.50	0.7A6B10C3.3D		304.33	327.13	0.933

第7表 其ノ7(II) 3ヶ年平均(自昭和9年度)  
(至昭和11年度)

区名	年度	供試 樹数	幹長	幹径	枝数	根長	総重量	根群状態	菌根着生数	乾幹 径重	乾根重	R/T
有菌区	9	20	130.7	1.2	10.8	71.3	151.5	11A8B	5A9B4C2D	29.9	38.3	1.3
	10	20	82.6	1.0	7.6	49.5	42.0	8A5B7C	10C10D	12.3	9.4	0.8
	11	20	70.3	0.9	6.1	53.3	—	2A8B5C0.7D	6A3B6C5D	7.8	7.1	0.9
平均		20	94.5	1.0	8.2	58.0	97.8	7A7B5C0.7D	3.7A4B6.7C5.7D	16.6	27.4	1.0
無菌区	9	20	123.6	1.2	12.2	80.1	145.2	1A8B10C10D	0	29.4	36.1	1.2
	10	20	74.3	0.8	8.4	49.0	26.5	1A5B14C	0	7.4	5.1	0.7
	11	20	74.4	0.9	7.2	30.2	—	5B6C9D	0	8.9	7.8	0.9
平均		20	90.8	1.0	9.3	53.1	85.9	0.7A6B10C8D	0	15.2	16.3	0.9

1) 幹長 3ヶ年を通じて最短は40厘米、最長は154厘米

る。

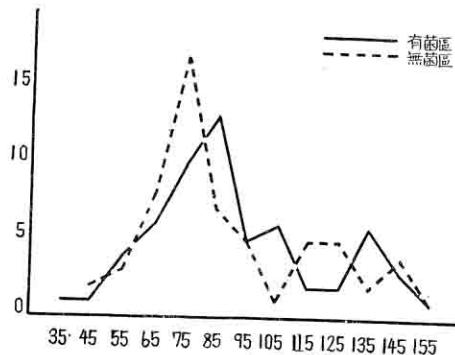
であるから 10 倍づつの変異表を作ると次の様にな

第8表 幹長の変異表

区	年次	長さ														計	平均
		31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	101~110	111~120	121~130	131~140	141~150	151~160			
有 菌 区	9							1	5	2	6	3	1	20	125.6		
	10			1	1	5	9	3	1					20	82.6		
	11	1	1	3	5	5	4	1						20	70.3		
	計	1	1	4	6	10	13	5	6	2	6	3	1	60	92.8		
無 菌 区	9				1			1	1	5	5	2	4	1	20	123.4	
	10		2	1	4	7	2	4						20	74.3		
	11		2	3	10	5								20	74.4		
	計		2	3	8	17	7	5	1	5	5	2	4	1	60	90.7	

以上4ヶ年の合計で変異表を作ると Pl. V の通りとなる。

Pl. V



これによつて見ると有菌、無菌の間に著しい相違があることは断定できないが、幾分幹が長い傾向を示していると認め得られる。なお年次毎に見ると9年には両区共生育が宜しく、10, 11両年は両区の間に判然とした差別が認め得られる。

2) 幹径、幹長と同様に変異表を作ると次の通りである。

第9表 幹径の変異表

年次	径	直径														計	平均
		0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5				
有 菌 区	9							2	3	6	5	2	2	20	1.2		
	10					1	7	4	6	2				20	1.0		
	11				3	5	6	2	0	4				20	0.99		
	計				3	6	13	8	9	12	5	2	2	60	1.03		
無 菌 区	9						1	3	1	9	4	2		20	1.2		
	10	1	1	1	4	4	2	6	1					20	0.8		
	11					6	8	1	3	2				20	0.9		
	計	1	1	1	4	10	11	10	5	11	4	2		60	0.97		

その差は著しくはないが、大体において幹長の場合と同様であることが認められ、かつ10年の結果は又両区の

間に判然とした差のある事を示して居る。

3) 枝数 変異表を作ると次の通りである。

第10表 枝 数 の 変 異 表

年次	枝数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	計	平均
		有	9				1	2		1	5	1	4		2	1	1	1					1		20	10.8
菌 区	10					4	1	2	2	3	3	2		3										1	20	7.6
	11	1		2	3	2	2	4	1	1	1		2		1								1	20	6.1	
	計	1		2	3	7	3	8	3	5	8	4	4		7	1	2	1					1	60	8.2	
	無	9				1		2		1	2	2	1	4	3	1	1		1		1		1	20	12.2	
菌 区	10				2		1	2	5	3	3	1		1									1	20	8.4	
	11				3		5	2	2	4	1	1	1	1				1				1	20	7.2		
	計				5	1	6	4	9	7	2	6	4	2	4	4	1	1	2		1	1	1	60	9.3	

この表を通覧すると全体に変異に大なる幅があるが、各年の平均数においても亦変異の状態においても、枝数

は無菌区の方が多いことがうかがわれる。

#### 4) 根長 変異表は次の通りである。

第11表 根 長 の 変 異 表

年次	根長	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	101~110	111~120	計	平均
		有	9			1	5	3	6	3	2	20	71.3
菌 区	10		1	3	7	6	1	2				20	49.5
	11	1	2	6	7	2	2					20	54.8
	計	2	5	14	18	6	10	3	2			60	58.5
	無	9			1	3	2	5	4	1	2	20	80.1
菌 区	10			3	11	3	2	1				20	
	11	1	6	8	3	2					20		45.3
	計	1	9	20	9	6	6	4	1	2	2	60	

各年の平均数を比較すれば9年には無菌区が長いが、11年には有菌区が長く総平均では殆んど同一である。又変異の有様を見ても判然とした区別は認められない。

5) 幹根総重量 9年の結果を見ると最低67瓦から最高275瓦で変異の幅が甚だ広いから、20瓦づつの間隔で変異表を作ると次の通りとなる。

区	重量	61~80	81~100	101~120	121~140	141~160	161~180	181~200	201~220	221~240	241~260	261~280	計	平均
		有	9	2	3	3	3	3	2			20	151.5	
菌 区	無	9	2	1	1	6	5	3	1			1	20	145.2
	計													

10年には幹と根とを別に計量したが、それを合計して10瓦づつの間隔で纏めると次の通りである。

の結果は次の通りである。但しAは発育良好な区でB以下順次に不良となる。

区	重量	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	計	平均
		有	9	3	7	7	2	1	20	21.0
菌 区	無	9	2	5	5	3			20	13.3
	計									

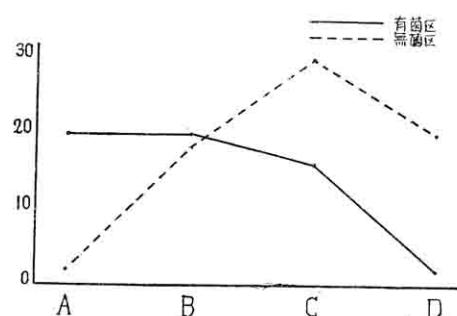
以上の成績に依ると有菌区の方が重い結果を示し、その程度は10年には相当明瞭に現われて居る。

6) 根群態 根群の発育状態は数字で示すことができないから、大体に4階級に分類して数えて見たので、そ

階級	年次	A	B	C	D	計	平均
		有	9	11	8	1	20
菌 区	10	9	8	5	7	21	10.5
	11	2	2	8	8	21	10.5
	計	9	11	8	16	56	10.8
	無	9	1	8	10	20	10
菌 区	10	1	5	14	14	30	10
	11	2	5	6	9	20	10
	計	2	18	18	30	90	10

この結果によれば各年共に有菌区の方が、根群の発達は良好であることを示しておるが、各年の合計を曲線図とすれば Pl.VI のようとなる。

Pl. VI



7) 菌根の着生数 第7表に表されて居るよう有菌区では各年共に菌根が着生したが、無菌区では全く着生しなかつた。有菌区でもこの場合に全数を計算する手数を略して、程度により4階級としAを最も多い区とした結果は次の通りである。

年次	階級	年次			
		A	B	C	D
9	5				
10	9				
11	4				
計	10	6	10	6	5

即ち有菌区では年に依り着生程度に相違があり、同一年の各個体間に着生程度の差異はあるけれども、全く着生しない樹は一本もない。

8) 乾根重 5瓦づつの間隔で、変異表を作ると次の通りとなる。

第13表 乾根重の変異表

年次	階級	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	計	平均
		9	10	11	12	2	4	4	6		20	29.9
有菌区	10		6		2						20	12.3
	11	1	11	5							17	9.2
	計	1	17	17	4	4	4	6			57	17.1
	9				2	1	1	7	5	3	20	29.4
無菌区	10	6	11	3							20	7.4
	11		15	4							19	9.7
	計	6	26	9	1	1	7	5	3	1	59	15.4

この結果は有菌区の方が幾分重いことを示している、殊に10年の成績はこれを明かに説明しているものと考えられる。

9) 乾根重 9年の成績では変異の幅が著しく大きいから10瓦づつの間隔で変異表を作ると次の通りとなる。

年次	階級								計	平均
	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90		
有菌区	6	9	2	1	1	1		20	37.8	
無菌区	2	3	11	3			1	20	36.1	

10年、11年の成績は変異の幅が少いから5瓦づつの間隔で表を作ると、次の通りである。

第14表 乾根重の変異表

年次	階級	1~5	6~10	11~15	計	平均
		10	11	12		
有菌区	10	2	11	7	20	9.5
	11		16	1	17	8.3
	計	2	27	8	37	8.1

年次	階級	10	10	10	計	平均
		11	11	11		
無菌区	10	10	16	3	20	5.1
11			16	3	19	8.3
計	10	26	3	39	6.7	

この場合においても亦有菌区が重く、無菌区が軽いことを示し、殊に10年の成績が判然として居る。ここで考えることは以上の乾根重の中には菌根の重さが加わつて居ることである。それがどの程度が判らないけれども、菌根が生成された場合に根の組織も増加して居ると考えて差支えない。

10) R/T率 根の重さについては前述の通りであるが更に幹に対する根の発育程度を比較して見るに斯かる比率を計算して見たのである。その結果は次の通りである。

第15表 R/T 率 比較 表

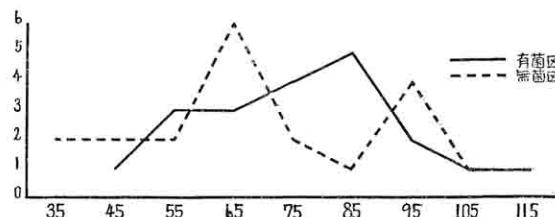
階級	年次	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	101~110	111~120	121~130	131~140	141~150	151~160	161~170	171~180	260	計	平均
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180			
有菌区	9							2	3	7	2	3		1	2		20	1.28	
	10		1	3	3	4	5	2	1	1							20	0.77	
	11				1	4	4	4	2		1		1				17	0.79	
	計		1	3	4	8	9	8	6	8	3	3	1	1	2		57	0.95	
無菌区	9							5	3	3	3	3		1		1	20	1.25	
	10	2	2	2	6	2	1	4	1								20	0.69	
	11				4	2	2	6	4		1						19	0.85	
	計	2	2	2	10	4	3	15	8	3	4	3		1		1	59	0.93	

この結果によると、9, 10両年は有菌区の方が比率は多いが、11年には少なく総平均では僅かに有菌区の方が多いくなっている。かかる程度では果して有菌区の方が幹に対して根の発育が宜しいと断定する訳には行かぬが、幾分其の傾向はあるものと見做し得ようかと思う。他の調査項目にも共通する様に、10年の成績が両区の差を明らかに示して居るから、それを曲線図に表わすと Pl. VII の通りになる。

以上で調査した各項目に付いて検討して見たのであるが、更に付け加えて置きたいことがある。

11) 根群態と乾根重 根群態を4階級に区分したのであるが、それを数的に表わして見たいのである。その為に根群態の A.B.C.D と区別した樹の乾根重をまとめると次の通りになる。

Pl. VII



第16表 根群態と乾根重

区分	年次	乾根重												計	平均	総平均
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
A	9	71.5	52.0	22.5	24.0	69.0	22.0	28.0	40.0	45.0	40.0	35.0	449.0	37.4		
	10	6.0	10.0	10.8	13.3	8.0	13.2	12.0	13.2					86.5	10.8	26.5
	11	9.5	12.4										21.9	11.0		
B	9	38.0	44.0	25.5	38.5	31.5	37.5	31.0	36.5					285.5	34.7	
	10	7.2	12.1	13.3	9.7	9.6								51.9	8.7	19.7
	11	8.6	9.0	10.0	8.3	6.3	9.0	6.1					57.3	8.2		
C	9	20.5												20.5	20.5	
	10	7.2	6.0	9.6	7.5	4.8	11.1	4.9					50.9	7.3	8.6	
	11	6.2	10.4	8.6	7.7	10.0	7.2	6.7					56.8	8.1		
D	9															
	10															
	11	5.5											5.5	5.5	5.5	

これによつて見ると年により重さに相違のあるのは当然であるが、同一年内ではAからDにいたるに従つて順次に軽くなつてゐる。なお同一区内の合計を樹の数で割つた総平均を出して見ると 26.5, 19.7, 8.6, 5.5となつて各々の間隔は等しくはないが上述の事柄を明かに示して居る。

この場合に注意されることはA, B, C 各区を詳細に比較すると、同一年内でもB区にはA区より重い樹があ

り、たとえば9年のB区には 44.0, 38.0 等があるのに對しA区には 22.5, 24.0 などがある。又10年のB区には 7.2 があるのにC区には 11.1 がある。これは分類の不正確でなかつたとはいえないが、細根の発達が良くて太い根の少い樹が上級の区に編入されて居た為ではないかと思われる。

12) 菌根着生数と乾根重 この両者の間にどんな関係があるかを見る為に、次の通りに纏めて見た。

第17表 菌根着生数と乾根重との関係

区分	年次	乾根重										計	平均	総平均
		9	10	11	9	10	11	9	10	11	9			
A	9	71.5	28.0	40.0	45.0	40.0						224.5	44.9	25.0
	10	—	—	—	—	—						—	—	
	11	9.5	9.0	12.4	5.5	7.7	6.1					50.2	8.4	
B	9	28.5	38.5	52.0	22.5	24.0	37.5	31.0	20.5	35.0		289.5	44.9	28.0
	10	—	—									—	—	
	11	8.3	10.4									18.7	9.4	
C	9	38.0	44.0	22.0	36.5							140.5	35.1	15.1
	10	6.0	10.0	13.3	10.8	13.3	8.0	13.2	11.1	12.0	13.2	110.9	11.1	
	11	6.2	8.6	9.0	10.0	8.6	7.2					49.6	8.3	
D	9	31.5	69.0									100.5	35.1	13.5
	10	7.2	6.0	7.0	12.1	9.7	9.6	9.6	7.5	4.8	4.7	68.5	6.9	
	11	6.3	10.0	6.7								23.0	7.7	

各年の平均数を見ると9年にはD区が最も重く、A区が之に次ぎD, Cの順になつてゐる、D区の斯く重いのは1個体が69.0瓦というように著しく重いのに基いて居り、其の原因はどこにあるかこれだけの実験では、何ともいえない。10年には菌根着生数が少いが、C区はD区より遙かに重い。11年にはB区が最も重く、A区が之に次ぎ、C, Dの順となつてゐる。

A,B,C,D各区の総平均に於ては、11年の結果と同様

に乾根重はB,A,C,Dの順序となる、従つて菌根の着生数と乾根重との間に、規則正しい正の関係があるとはいえないが、然し或る程度に関連のあるものであることは認められる。

13) 根群態と菌根着生数、前述の様に根群態と乾根重菌根着生数と乾根重との間に関連があるものとすれば、更に根群体と菌根着生数との間にも関連があつてよい筈となるのであるが、調査の結果は次の通りとなる。

9年

菌根着生数		A	B	C	D
根	群				
A		5	4	1	1
B			4	3	1
C			1		
D					

10年

菌根着生数		A	B	C	D
根	群				
A				8	
B				1	4
C				1	6
D					

11年

菌根着生数		A	B	C	D
根	群				
A		2			
B		2	2	3	1
C		1	1	3	3
D		1			1

9年の結果は根群の發育が良い樹には、菌根の着生が多い事を示して居り、10年、11年の結果も強ち否定でき

ないが、やや不明瞭である。

かかる場合の相関程度を求める方法として、各年の結

果を合計して更に全体を4区に分けると、次の通りとなる。

19	23
4	14

これによつて係数を求めるとき、81.8%となり相関の程度は、極僅少に過ぎないことになる。

### 結論

以上の結果に付き総括的に考察するに當つて、最初に注意すべき点を挙げると、1) 9年には樹の発育が全体に良好であり10, 11両年は共に9年よりは劣るが、殆ん

ど同様の発育をしている。かかる差異は実験の方法如何よりも天候その他自然状態の影きようが主な原因であつたと考えられる。2) 10年の成績が試験の目的を表わしている様に思われる。果してそうだとすれば、栽培管理が良く行われたと共に環境も亦好都合の状態に在つたのであろう。

全体の結果を通覧する為に次に、各年の平均数を表示する。

第18表 有菌区、無菌区の発育量の比較

区	年次	幹長	幹径	枝数	根長	乾根重	根群	菌根数	乾幹重	幹根重	R/T
有 菌 区	9	125.6	1.2	10.8	71.3	151.5	良	多	29.9	37.8	1.28
	10	82.6	1.0	7.6	49.5				12.3	9.5	0.77
	11	70.3	0.9	6.1	54.8				9.2	8.3	0.79
	平均	92.8	1.03	8.2	58.5				17.1	8.9	0.79
無 菌 区	9	122.4	1.2	12.2	80.1		不良	無	29.4	36.1	1.25
	10	74.3	0.8	8.4	49.0				7.4	5.1	0.67
	11	74.4	0.9	7.2	45.3				9.4	8.3	0.85
	平均	90.7	0.97	9.3	58.1				15.4	6.7	0.93

これによつて見ると先づ3ヶ年の平均では、枝数だけを除き他の項目では、程度の差はあるが、何れも有菌区の方が優つて居ることを示す。又各年について比較しても、無菌区の優つているのは、9年と根長と11年の幹長、乾根重、R/Tとだけである。従つて総括して見れば、枝の発生数を除き他は何れも有菌区の発育が良好であると結論され得ることになる。無菌の場合に枝数の多い事は、果してこれが事実を表わして居るものとしてもここには其の解説をさける。

なお乾根重が有菌区で重いことは、根の発育の良い事を示し、又 R/T が有菌区で多いことは、有菌区では地上部に対し地下部の発育が盛んであることを示すのであつて、更に換言するならば、菌の存在は地下部の発育を助け、従つて其の影響が地上部にも及ぶものであると考えられるのである。

この事柄は根群の発育状態と乾根重とに或程度の相関が認められ、又乾根重と菌根数との間にも僅少ではあるが相互関係が認められる事と、あわせて考えるべきであろう。

以上の考察から菌根の着生は、栗樹の発達を阻害する

ような害作用を与えるものでなく、却つて着生に依つて樹の生育を助長させるものであり、これから推して栗樹と菌とは共生的の存在であると考えられる。ただ遺憾であるのは共生の事実を植物栄養学の立場から化学的の証明が行われていないことである。

## VI 栗樹の根群の活動と菌根の形成 及び土壤深度との関係

栗樹の根群の活動状況の調査は遠藤氏が一部に就て行つた以外にはない、著者はこれに就いて調査を行い、更に進んで成樹に於ける菌根の形成時期及び土壤の深さとの関係を調査する目的を以つて、次の方法に依つて試験を行つた。(昭和13, 14年の両年度)

1. 材料。樹令約10年生の極めて発育良好な銀寄種を用いた。

2. 試験に対しては深さ90厘、幅120厘、厚さ60厘の木製のRoot boxを用い、その側面の硝子面に表われる新根の発育及び菌根の形成に就いて調査を行つた。

調査は毎週一回測定を行つた。

第19表ノ1 根群の伸長(昭和13年度)

地下の深さ 調査月日	1~30cm				合計 平均	30~60cm				合計 平均	60~90cm				合計 平均	
	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>		
6月 26日	5	8	7	2	22	2	7	8	7	24	0	8	3	7	18	
調査根数	59.0	202.0	132.0	32.0	425.0	54.0	84.0	160.0	69.0	367.0	145.0	64.0	80.0	289		
総伸長	11.8	22.44	18.86	16.0	19.31	27.0	12.0	20.0	9.86	15.29	18.13	21.33	11.57	10.60		
平 均																
7.月 2日	3	22	18	6	49	8	13	32	17	70	10	14	19	23	66	
	32.0	304.0	173.5	99.5	609.0	149.5	183.0	325.5	134.5	792.5	167.0	184.0	214.5	416.5	982.0	
	10.66	13.81	9.64	16.58	12.42	18.68	14.07	10.17	7.91	11.32	167.0	13.14	11.29	18.10	14.87	
7. 8	0	12	5	11	28	33	13	15	0	61	22	13	18	9	62	
	120.0	59.0	182.0	361.0	459.5	176.0	107.5			743.0	293.5	150.0	274.5	310.0	1028.0	
	10.00	11.80	16.54	12.89	13.92	13.53	7.16			12.18	13.34	11.52	15.25	34.44	16.58	
7. 16	0	1	0	1	2	3	2	3	1	9	29	2	4	9	4.4	
	6.0			41.00	47.0	42.5	61.0	41.5	36.0	181.0	616.5	52.0	145.0	254.0	1067.5	
	6.0			41.00	23.50	14.16	30.50	13.83	36.0	20.11	21.25	26.00	36.25	28.22	24.26	
7. 23	0	0	2	2	4	2	1	0	0	3	6	2	5	4	17	
			34.5	60.0	94.5	20.5	22.0			42.5	202.5	20.0	171.0	144.0	537.5	
			17.25	30.00	23.62	10.25	22.00			14.13	33.75	10.0	34.20	36.00	31.61	
8. 7	0	1	0	4	5	8	1	4	2	15	10	0	4	0	14	
	20.0			130.0	150.0	96.0	44.0	53.0	16.5	209.5	130.5		76.0		206.5	
	20.0			32.5	30.00	12.0	44.0	13.25	8.25	13.96	13.05		19.00		14.75	
8. 12	1	1	0	1	3	6	1	2	0	9	8	0	0	1	9	
	1.9	11.5			4.5	35.0	41.0	3.5	15.5		60.0	76.0		10.5	86.5	
	19.00	11.50			4.5	11.66	6.99	3.5	7.75		6.66	9.50		10.50	9.61	
8. 19	0	2	0	2	4	6	1	1	1	9	3	0	2	0	5	
	25.0			44.0	69.0	66.0	4.5	4.5	3.0	78.0	66.0		24.0		90.0	
	12.50			22.00	17.25	11.00	4.50	4.50	3.00	8.66	22.00		12.00		18.00	
8. 28	0	1	0	2	3	3	0	0	0	3	3	0	1	2	6	
	11.0			80.0	91.0	19.0				19.0	17.0		22.0	27.5	66.5	
	11.0			40.00	30.33	6.33				6.33	5.66		22.00	13.75	11.08	
9. 5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
						7.0				7.0						
						7.00				7.00						

8.	6	0	1	4	2	7	1	1	3	0	5	0	0	3	4	7
		26.0	89.0	41.0	156.0	29.0	53.0	54.0		136.0			89.0	115.0	204.0	
		26.0	22.25	20.5	22.3	29.0	53.0	18.0		27.2			29.6	28.7	29.1	
8.	12	0	1	1	0	2	1	1	2	0	4	1	0	4	0	5
		21.0	26.0		47.0	10.0	46.0	29.0		85.0	15.0		289.0		304.0	
		21.0	26.0		23.5	10.0	46.0	14.5		21.25	15.0		72.25		60.8	
8.	19	0	3	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
		96.0	53.0		149.0								38.0	29.0	67.0	
		32.0	17.6		24.8								38.0	29.0	33.5	
8.	26	0	3	4	0	7	0	0	2	0	2	1	0	2	1	4
		110.0	87.0		197.0			22.0		22.0	18.0		50.0	28.0	96.0	
		36.6	21.7		28.1			11.0		11.0	18.0		25.0	28.0	24.0	
9.	2	0	3	5	2	10	0	3	2	0	5	1	0	0	3	4
		86.0	190.0	24.0	300.0			86.0	40.0		126.0	23.0		122.0	145.0	
		28.6	38.0	12.0	30.0			28.6	20.0		25.2	23.0		40.6	36.25	
9.	9	0	3	4	0	7	0	3	0	0	3	3	0	0	3	3
		23.0	102.0		125.0			51.0			51.0			123.0	123.0	
		7.6	25.5		17.8			17.0			17.0			41.0	41.0	
9.	16	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					50.0	50.0										
					12.5											
9.	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
														17.0	17.0	
						0				0				17.0	17.0	
根数合計						138					110					190
根長合計						3826					2250					5473
根長平均						27.7					20.5					28.8

第19表ノ2 根群の伸長(昭和14年度)

	1 ~ 30cm				合計 平均	30 ~ 60cm				合計 平均	60 ~ 90cm				合計 平均
	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	
5月22日調査根数	1	0	0	9	10	3	3	0	0	6	5	0	8	5	18
総伸長	22.0			178.0	200.0	45.0	37.0			82.0	121.0		186.0	52.0	359.0
平均	22.00			19.70	20.00	15.00	12.30			13.60	24.20		23.20	10.40	19.90

6.	3	8	4	2	6	20	3	7	8	1	19	15	1	9	5	30
		134.0	90.0	51.0	162.0	437.0	120.0	156.0	144.0	8.0	428.0	338.0	40.0	284.0	63.0	725.0
		16.75	22.50	25.50	27.00	21.85	40.00	22.20	18.00	8.00	22.50	22.50	40.00	32.60	12.60	24.10
6.	10	1	2	1	3	7	2	7	2	0	11	11	1	7	3	22
		2.0	22.0	11.0	22.0	57.0	75.0	96.0	12.0		183.0	192.0	35.0	179.0	59.0	465.0
		2.00	11.00	11.0	7.30	8.10	37.50	13.70	6.00		16.60	17.40	35.00	25.50	19.60	21.10
6.	17	0	1	1	1	3	2	5	4	1	12	4	1	10	4	19
		11.0	54.0	28.0	93.0	84.0	184.0	39.0	17.0	324.0	75.0	43.0	309.0	244.0	671.0	
		11.00	54.00	28.00	31.00	42.00	36.80	9.70	17.00	27.00	18.75	43.00	30.90	61.00	35.30	
6.	24	0	0	1	1	2	1	3	3	3	10	1	1	9	4	15
		7.0	15.0	22.0	15.0	32.0	28.0	32.0	107.0	7.0	37.0	185.0	208.0	437.0		
		7.0	15.00	11.00	15.00	10.60	9.30	10.60	10.70	7.00	37.00	20.50	52.00	29.10		
6.	30	1	0	6	2	9	0	2	6	2	10	8	2	5	4	19
		15.0		252.0	18.0	28.50		72.0	72.0	40.0	184.0	166.0	40.0	88.0	116.0	410.0
		15.0		42.0	9.0	31.6		36.0	12.0	20.0	18.4	20.75	20.00	17.6	29.0	21.5
7.	8	0	4	7	2	13	0	2	2	2	6	1	3	5	4	13
		174.0	248.0	61.0	483.0		39.0	14.0		100.0	24.0	65.0	131.0	116.0	336.0	
		43.5	35.4	30.5	37.1		19.5	7.0	23.5	16.6	24.0	21.6	26.2	29.0	25.8	
7.	15	2	1	9	5	17	1	1	5	2	9	0	0	3	4	7
		44.0	89.0	467.0	138.0	738.0	14.0	40.0	105.0	35.0	194.0			197.0	200.0	397.0
		22.0	89.0	51.8	27.6	43.4	14.0	40.0	21.0	17.5	21.5			65.7	50.0	56.7
7.	22	0	3	4	3	10	2	0	2	1	5	0	0	7	4	11
		102.0	218.0	69.0	389.0	48.0		81.0	47.0	176.0				248.0	151.0	399.0
		34.0	54.5	23.0	38.9	24.0		40.5	47.0	35.2				35.4	37.7	36.2
7.	29	0	0	2	2	4	1	1	1	0	3	1	0	7	5	13
		64.0	34.0	98.0	15.0	53.0	54.0		136.0					188.0	124.0	318.0
		32.0	17.0	24.5	15.0	28.0	9.0		17.3	6.0				26.8	24.8	24.4
8.	6	0	1	4	2	7	1	1	3	0	5	0	0	3	4	7
		26.0	89.0	41.0	156.0	29.0	53.0	54.0		136.0				89.0	115.0	204.0
		26.0	22.25	20.5	22.3	29.0	53.0	18.0		27.2				29.6	28.7	29.1
8.	12	0	1	1	0	2	1	1	2	0	4	1	0	4	0	5
		21.0			47.0	10.0	46.0	29.0		85.0	15.0			289.0		304.0
		21.0			23.5	10.0	46.0	14.5		21.25	15.0			72.25		60.8

8. 19	0	3 96.0 32.0	3 53.0 17.6	0	6 149.0 24.8	0	0	0	0	0	0	1 38.0 38.0	1 29.0 29.0	2 67.0 33.0
8. 26	0	3 110.0 36.6	4 87.0 21.7	0	7 197.0 28.1	0	0	2 22.0 11.0	0	2 22.0 11.0	1 18.0 18.0	0 50.0 25.0	2 28.0 28.0	4 96.0 24.0
9. 2	0	3 86.0 28.6	5 190.0 38.0	2 24.0 12.0	10 300.0 30.0	0	3 86.0 28.6	2 40.0 20.0	0	5 126.0 25.2	1 23.0 23.0	0 0	3 122.0 40.6	4 145.0 36.25
9. 9	0	3 23.0 7.6	4 102.0 25.5	0 125.0 17.8		0	3 51.0 17.0	0 51.0 17.0	0	3 51.0 17.0	0 0	0 0	3 123.0 41.0	-3 123.0 41.0
9. 16	0	0 50.0 12.5	4 50.0 12.5	0 50.0 12.5		0	0 0 0	0 0 0	0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
9. 23	0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0	0 0 0	0 0 0	0	0 0 0	0 0 0	1 17.0 17.0	1 17.0 17.0	
根数合計					138					11.0				190
根長合計					3826					2250				5473
根長平均					27.7					20.5				28.8

第19表ノ3

	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	合計 平均	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	合計 平均	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	合計 平均
10. 3 調査根数 総伸長 平均	0	0	0	1 69.0 69.0	1 69.0 69.00	2 34.5 17.25	0 11.5 5.75	2 46.0 11.50	0 33.5 16.75	4 47.5 11.87	2 79.0 26.33	0 47.5 11.87	4 79.0 26.33	3 160.0 17.77	9
10. 8	0	0	0	0	0	1 3.5 3.50	0	0	0	1 3.5 3.50	1 3.0 3.00	0 21.0 21.00	1 21.5 10.75	2 45.5 11.37	
10. 16	0	0	0	0	0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 2.0 2.00	2 44.0 22.00	3 46.0 15.33		

10. 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
													47.5	47.5	
													47.50	47.50	
10. 30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2
									11.0	11.0				17.5	17.5
									11.00	11.00				8.75	8.75
11. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	1	1	3
									6.0	6.0	11.0		10.0	11.5	32.5
									3.00	3.00	11.00		10.00	11.50	10.83
11. 12	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	1
								3.5	10.0	13.5			18.0		18.0
								3.50	10.00	6.75			18.00		18.00
11. 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
根数合計					121						214				264
根長合計					1950.5						2579.5				4720.5
平均根数					16.1						12.1				18.6

## 実験成績

1. 根群活動期 第19表から先づ深さに応ずる根の数を纏めて見ると次の通りである。

第20表 土壤の深土と根数との関係

深 度	0~30	31~60	61~90	0~30	31~60	61~90
根 数	121	214	264	138	110	190
%	20.2	35.7	44.1	31.5	25.1	43.4
根長平均	16.1	12.1	18.6	27.7	20.5	28.8

13年には根の伸長は6月下旬に始まり、10月に及んでいたが、14年には5月下旬から始まり9月下旬には早くも停止している、13年の6月に伸び始めたことは、同年には根が切断された直後であったためと思われる。

次に両年を通じて根の数は61~91種の所が最も多くて何れも40%以上である。根の長さの平均を見ると61~90種の所が最も長く、次は0~30種区で中間の31~60種区では最も短い。

根の伸び方については調査したままの数字では比較に不便であるから、調査した期日の間の一ヶ月平均伸長量を計算してみた、即ち例えば13年の0~30種区で7月2日の調べでは平均が19.31種で、前の調査期日である6月26日から6日目に当る、従つて19.31を6で割つて2.1種が得られる。かくして次の第21表が得られた。但しこの表では日時を両調査期日の中間に置くことにした、19.5とあるは19日と20日の間の意味である。

第21表 1 日 の 平 均 伸 長 量

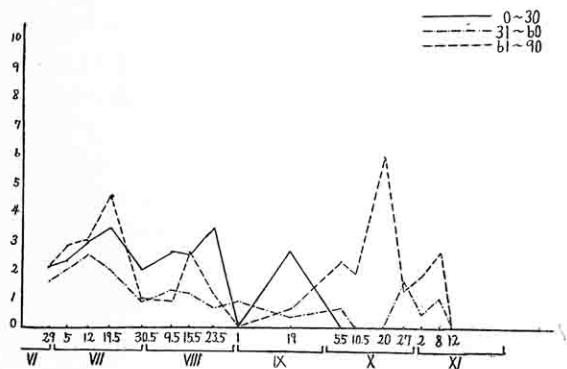
13年	VI月	VII	IX	X	XI	平 均
調査期日の 中間期日	29日	5, 12, 12.5, 30.5, 9.5	15.5, 23.5	1, 19, 5.5, 10.5, 20, 27	2, 8, 12	
0~30	2.1	2.3, 2.9, 3.4, 2.0, 2.6	2.5, 3.4	0, 2.6, 0, 0, 0, 0	0, 0, 0	2.4
31~60	1.6	2.0, 2.5, 2.0, 0.9, 1.3	1.2, 0.7	0.9, 0.4, 0.7, 0, 0, 1.6	0.5, 1.0, 0	1.1
61~90	2.1	2.8, 3.0, 4.5, 1.0, 0.9	2.6, 1.2	0, 0.7, 2.3, 1.9, 5.9, 1.3	1.8, 2.6, 0	2.2
計	5.8	7.1, 8.4, 9.9, 3.9, 5.8	6.3, 5.3	0.9, 3.7, 3.0, 1.9, 5.9, 2.9	2.3, 3.6, 0	
平 均	1.9	2.4, 2.8, 3.3, 1.3, 1.9	2.1, 1.8	0.3, 1.2, 1.0, 0.6, 2.0, 1.0	0.8, 1.2, 0	

14年	V月	VI	VII	VIII	IX	平均
調査期日の中間期日	28日	6.5, 13.5, 20.5, 27	4, 11.5, 18.5, 25.5	2, 9, 15.5, 22.5, 29.5	5.5, 12.5, 19.5	
0～30	1.8	1.2, 4.4, 1.6, 5.3	4.6, 6.2, 5.6, 5.5	3.2, 3.9, 3.5, 4.0, 4.3	2.5, 1.8, 0	3.7
31～60	1.9	2.4, 3.9, 1.5, 3.1	2.9, 3.1, 5.0, 2.5	3.9, 3.5, 0, 1.6, 3.6	2.4, 0, 0	2.8
61～90	2.0	3.0, 5.0, 4.2, 3.6	3.2, 8.1, 5.2, 3.5	4.2, 10.1, 4.8, 3.4, 5.2	5.9, 0, 2.4	4.3
計	5.7	6.8, 13.3, 7.2, 12.0	10.7, 17.4, 15.8, 11.5	11.3, 17.5, 8.3, 9.0, 13.1	10.8, 1.8, 2.4	
平均	1.9	2.3, 4.4, 2.4, 4.0	3.6, 5.8, 5.3, 3.8	3.8, 5.8, 2.8, 3.0, 4.4	3.6, 0.6, 0.8	

この結果を変異曲線で表わすと Pl. VIII, IX の通りと

なる。

Pl. XIII



この図で認め得られる主な点を挙げて見ると、次のようにある。

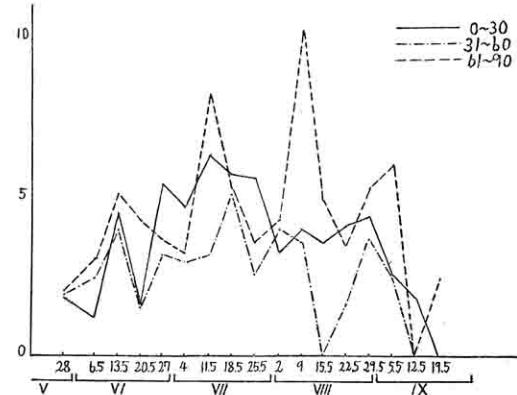
1) 根の伸長始めは正確に調べてないから、断言はできないが、13年6月26日に最初に調べた所では0～30cmから始めて平均4.8, 3.8, 2.7cmづつ伸びている所から考えると、残り上層部が下層部より幾分早目に活動を始めて居るものと推察されるが、その程度は大きなものもあるまい。

2) 深さによる根の1日平均伸長は0～30cmが大体に多くて、次位は61～90cm区に在るようであり、最も著しいのは両年共に31～60cm区の伸長が鈍いことで、この区の根は数の少いこととともに何等の意味の存在する事と考えられる。

3) 浅い所では両年を通じて伸長も早く留まり、これと反対に深い所では時期が遅れてから根の伸び方も宜しく、長い間伸長を続ける。しかし栗の根は他の果樹類に比較して、生長の始めは遅く然も終期は早いから生长期間は甚だ短い。

4) 各区を通じ根の伸長には時期により消長のあることであり、13年には7月中旬が最も良く伸び、下旬には著しく減退し、8月には幾分促進され、下旬には甚だ衰えて居る。14年には6月中旬が良く伸びて下旬に一旦降り、7月中旬に再び盛んとなり、下旬には再び降つて居

Pl. IX



る。それ以後にも時により消長はあるけれど、判然とはして居ない。その理由としては特殊の根に限つて著しい伸び方をして居るものがあり、其の為に平均数に影響が及んでいる結果もあると思われる。例えば13年の0～30cm区の9月19日の根と、14年の61～90cm区の9月5～6日の根とは何れも1本だけに過ぎないが非常に長く伸びているが如きである。

従つてこの根の伸長には或る周期があるが、これはおそらく根の伸長後根毛に菌根の形成するときは伸長がにぶり菌根の形成後再び伸長を行うものと推定出来る。

以上に述べた事は各区を平均した曲線図を見てその大綱を知り得られよう。

5) この図でなお説明を要するのは19年6月26日と、14年5月22日とに始めて根の伸長を計つたのであるが、この時には伸長を始めた後であつた。従つて本当に伸び始めたのは何時であつたかが明示されていない、恐らく10～14日位以前から伸び始めていたのであるまいから、だから曲線は最初の調査期日以前は何方に結びつけるべきかが判らないから、方向をただ想像して考えて疑問符をつけて置いた。

2. 土壌の深さと菌根形成との関係 菌根は栗樹の細根形成と密接な関係を有つて居り、細根発生の開始後間もなく菌根も形成される。従つて菌根の発生は細根の最

高発生期よりやや遅れて形成されるようである。

菌根の形成と土壤深度との関係を見るために 0~30, 31~60, 61~90 深さの 3 区に分けて Root box に依つて調査した結果は、第22表1 及 2 の通りである。

これによつて浅い所では菌根の発生が早くまり、深い所ではなお続いて発生するが、根の伸長よりも早く停止する。即ち14年には7月にはすでに止まり、13年には10月末までに及んで居る。しかし13年には根の調査の條下で述べたように根を切断した為に、永い間根が生長を続けたためと思われる。

この表に基いて菌根表を纏めて見ると、次のようになる。

深さ	0 ~ 30	31 ~ 60	61 ~ 90	計
13 年	20	43	108	171
%	11.7	25.2	63.1	
14 年	2	30	73	105
%	1.9	28.6	69.5	

両年の結果を比較すると絶対数には相当差があるけれども、浅い所には少く深くなるに従つて菌根の数が多くなることを示して居る。然も61~90 深さ区では両年共に過半数を占めて居る。この場合に根の数の調査を欠いて居るが、深度と根の数々の関係について調べた前述の結果を見ると61~90 深さでは根の数は浅い所よりも多いけれども、その程度はこれ程に著しをはない。

菌根の表面積はフキルムに写しブランニメーターによりて測定し定めた。

面積の合計を纏めると次の通りとなる。

深さ cm	0~30cm	31 ~ 60	61 ~ 90	計
13 年	13.27	10.96	93.49	117.72
%	11.8	9.3	78.9	
14 年	2.00	6.91	29.93	38.24
%	5.2	18.1	76.7	

第22表ノ 1 菌根の着生時期とその面積(昭和13年度)

	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	合計 平均	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	合計 平均	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	合計 平均
6月 26日 着生 面 平 均			4 4.23 1.06	2 1.96 0.98	6 6.19 1.03			2 0.76 0.38	3 1.48 0.49	5 2.24 0.45		1 1.02 1.02	6 8.82 1.47	7 9.84 1.41	
7. 2			2 0.81 0.41	1 0.84 0.84	3 1.65 0.55			2 0.47 0.24	5 1.20 0.24	2 0.21 0.11		9 1.88 0.21	1 0.15 0.15	6 2.14 0.36	7 2.29 0.33

7月 8日 着生面積均			1 0.24 0.24		1 0.24 0.24		3 0.42 0.14	2 0.29 0.15	2 0.54 0.27	7 1.25 0.18			3 2.20 0.73	4 2.26 0.57	7 4.46 0.64
7. 16			3 1.78 0.59		3 1.78 0.59		3 0.61 0.20	1 0.18 0.18	2 1.27 0.64	6 2.06 0.34	1 0.28 0.28		1 1.26 1.26	6 4.12 0.69	8 5.66 0.71
7. 32			3 2.14 0.71	1 0.44 0.44	4 2.58 0.65			1 0.10 0.10	1 0.59 0.59	2 0.69 0.35			4 4.04 1.01	5 4.78 0.96	9 8.82 0.98
8. 7			2 0.52 0.26	1 0.31 0.31	3 0.83 0.28		1 0.07 0.07	2 0.22 0.11	3 1.15 0.38	6 1.44 0.24			2 0.38 0.19	7 11.82 1.69	9 12.20 1.36
8. 12									2 0.19 0.10	2 0.19 0.10	1 0.44 0.44		1 0.97 0.97	9 10.58 1.17	11 11.99 1.09
8. 19								1 0.10 0.10		1 0.10 0.10	3 0.84 0.28			5 13.04 2.61	8 13.88 1.74
8. 28									1 0.16 0.16	1 0.16 0.16				9 6.78 0.75	9 6.78 0.75
9. 5									1 0.43 0.43	1 0.43 0.43				9 6.66 0.74	9 6.66 0.74
9. 12														3 3.04 1.01	3 3.04 1.01
9. 20														3 1.22 0.41	3 1.22 0.41
9. 27														2 0.64 0.32	2 1.16 0.58
10. 3							1 0.12 0.12	1 0.29 0.29		2 0.41 0.41	1 0.34 0.34		1 0.15 0.15	5 1.92 0.38	7 2.41 0.34
10. 8								1 0.11 0.11		1 0.11 0.11				3 1.16 0.39	3 1.16 0.39
10. 16														4 1.28 0.32	4 1.28 0.32

第22表ノ2 菌根の着生時期とその面積(昭和14年度)

	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	合計 平均	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	合計 平均	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	合計 平均
5月 6日 着生数 面 積 平 均						17 2.27 0.13			17 2.27 0.13	6 3.53 0.59				19 3.99 0.21	25 7.52 0.80
5. 13						1 0.20 0.20			1 0.20 0.20	1 0.23 0.23			3 1.68 0.56	4 1.91 0.79	
5. 22													2 0.36 0.18	2 0.36 0.18	
6. 3						1 0.19 0.19		1 0.70 0.70	2 0.45 0.45	1 0.20 0.20	3 1.63 0.54	8 1.27 0.16	6 2.16 0.36	18 5.26 1.26	
6. 10			1 0.36 0.36		1 0.36 0.36	1 0.27 0.27	2 0.48 0.24	1 1.85 1.85	2 0.45 0.23	6 3.05 0.51		5 2.06 0.41	5 1.68 0.34	15 5.62 0.99	
6. 17			1 1.64 1.64		1 1.64 1.64				2 0.53 0.27	2 0.53 0.27		3 1.65 0.55	3 5.16 1.72	6 6.81 2.27	
6. 24							2 0.41 0.21			2 0.41 0.21					
6. 30											1 0.42 0.42		2 1.43 0.72	3 1.85 1.14	

## VII 菌根の着生と有機質との関係

土壤中に於ける有機質の有無と菌根の発育との関係に就ては、著者(12)の既に発表した所であるが、更にこれ等の点を正確ならしめる為にこの実験を行つた。

実験方法 この実験は昭和18年から昭和10年迄3ヶ年間連續して施行した。

1. 土壤の種類を次の如く4区とした。

A. 塙土 第3紀新層の埴土

B. 塙土に有機質加用(腐敗せる潤葉樹株に栗樹の落葉を一鉢に3鉢加えた)。

C. 砂土(海岸の細砂)。

D. 砂土に有機質加用(腐敗せる潤葉樹株に栗樹の落葉を一鉢に3鉢加えた)。

2. 実験方法 実験にはコンクリート製の角鉢で径42mm、深さ35mmの鉢を用い、これに栗の果実(銀寄)を3

月下旬一鉢に3粒宛播種して、其の発育を調査した。

施肥としては一鉢に対し、硫安60瓦、過磷酸石灰12瓦硫酸加里5瓦を施用した。この内硫安は3回に分施し、其の他は1回に施用した。

菌根は栗樹の相当生育した時期即ち6月下旬に、各区に対して根部に接する様挿入した。

実験成績 この実験中絶えず周到なる管理を行い、12月上旬にいたつて掘取つて調査した。

a. 塙土と埴土有機質加用土壤との比較

実験の結果は第23表及び第24表に示してある。但し菌根着生状態を比較するにあたつては、第24表では便宜の為23表の+を1点として計算して示すことにした。これに依ると埴土の場合は根の伸長は良好であるが、細根は少く菌根の成生も僅かしかない。然るにこれに有機質を加用したものでは、細根の発生は良好で且つ菌根の成生量は点数に表はして3ヶ年平均3.7に対し5.0で加用区

の方が遙かに増大される。

第23表1ノA (昭和8年度)

	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生幹重	乾幹重	生根重	乾根重	枝ノ分岐	根ノ状態	菌根着生状態	
A	I	3	239.2	3.0	138.9		37.0		37.0	3	多	-	
		3	217.0	2.6	159.0		26.0		54.0	7	中	++	
		8	237.4	3.1	178.0		49.0		147.0	6	多	+++	
		3	204.1	3.0	155.9		30.0		56.0	2	中	++++	
総 計			897.7	117.0	631.8		142.0		294.0	13.0			
平均			74.81	0.97	52.65		12.12		24.50	1.08	稍多	2.3	
B	I	3	189.3	2.5	209.2		36.0		75.0	10.0	多	+++++	
		3	208.6	2.9	192.2		37.0		92.0	8	多	++++	
		8	220.9	23.5	213.5		40.0		78.0	9	中	+++	
		3	251.5	2.9	145.9		56.0		99.0	1	多	++	
総 計			870.3	10.65	760.8		169.0		344.0	28.0			
平均			72.53	0.89	63.40		14.08		28.67	2.33	多	4.0	

第23表1ノB (昭和8年度)

	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生乾重	乾幹重	生根重	乾根重	枝ノ分岐	根ノ状態	菌根着生状態	
C	I	3	159.0	2.4	210.0		24.0		54.0	1.0	稍多	+++	
		3	254.0	3.10	184.5		43.0		78.0	8.0	稍多	++	
		8	147.0	2.2	121.0		14.0		17.0	10.0	少	-	
		3	560.0	7.7	515.5		81.0		149.0	19.0			
総 計			62.22	0.86	57.28		9.0		16.56	2.11	中	2.3	
D	I	3	206.0	2.9	172.5		24.0		60.0	0	稍多	+++	
		3	236.3	3.4	181.0		26.0		78.0	6	多	+	
		8	123.3	2.4	140.0		13.0		26.0	9	稍多	++	
		3	137.5	2.1	161.5		16.0		32.0	12	稍多	-	
総 計			703.1	12.8	655.0		79.0		196.0	27			
平均			58.59	1.07	54.58		6.58		16.33	2.25	稍多	1.8	

第23表2ノA (昭和9年度)

	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生幹重	乾幹重	生根重	乾根重	枝ノ分岐	根ノ状態	菌根着生状態	
A	I	3	233.5	2.70	236.0		39.0		92.0	10.0	稍多	++	
		3	175.0	2.55	199.0		27.0		56.0	12.0	中	++	
		9	280.5	3.2	345.0		83.0		116.0	16.0	少	+	
		3	160.0	2.2	197.0		28.0		54.0	9.0	稍少	++	
総 計			839.0	10.65	977.0		177.0		318.0	47.0			
平均			70.75	0.89	81.91		13.79		26.5	3.91	中	2.8	
B	I	3	201.2	2.25	182.0		28.0		59.0	13.0	中	++	
		3	206.0	2.55	223.0		41.0		84.0	19.0	中	++++	
		9	178.5	2.4	184.0		29.0		62.0	12.0	稍多	++++	
		3	202.0	2.6	207.0		35.0		76.0	16.0	稍多	++++	
		3	787.7	9.80	796.0		133.0		281.0	60.0			
		平均	65.64	0.82	66.33		11.08		23.43	5.0	中	4.8	

第23表2ノB (昭和9年度)

	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生幹重	乾幹重	生根重	乾根重	枝ノ分岐	根ノ状態	菌生根状態
C	I	3	120.0	1.55	204.0		10.0		35.0	10.0	多	+
	II	3	167.5	1.5	213.0		14.0		37.0	9.0	多	+
	III	9	137.0	1.80	231.0		15.0		44.0	5.0	多	-
	IV		167.0	2.00	230.0		27.0		44.0	5.0	中	-
	総計		591.5	6.85	878.0		66.0		160.0	29.0		
	平均		49.29	0.57	73.17		5.50		13.33	2.42	多	0.5
D	I	3	170.5	2.15	181.0		19.0		40.0	16.0	多	++++
	II	3	172.0	2.25	221.0		25.0		57.0	16.0	多	++++
	III	9	135.0	2.05	142.0		20.0		45.0	20.0	多	+++
	IV		156.5	2.15	193.5		22.0		49.0	18.0	多	+++
	総計		634.0	8.6	737.5		86.0		191.0	70.0		
	平均		52.87	0.72	61.46		7.17		15.91	5.83	多	3.8

第23表3ノA (昭和10年度)

	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生幹重	乾幹重	生根重	乾根重	枝ノ分岐	根ノ状態	菌生根状態
A	I	4	206.9	4.0	206.9	44.0	32.5	110.0	54.6	15.0		++++++
	II	10	234.3	3.6	269.5	38.0	21.4	125.0	66.80	18.0		++++
	III		441.2	7.6	476.4	82.0	53.8	235.0	121.3	33.0		
	IV		55.15	0.95	59.55	10.28	6.74	29.38	15.16	4.13		6.0
B	I	4	294.1	4.0	261.2	72.0	41.3	154.0	78.3	21.0		++++++
	II	4	294.1	3.0	170.5	62.0	33.9	81.0	64.0	32.0		++++++
	III	10	310.3	4.3	227.0	78.0	44.5	134.0	63.0	20.0		+++++
	IV		280.5	3.7	214.0	50.0	32.0	133.0	57.1	15.0		++++++
	総計		1169.0	15.0	872.7	262.0	151.7	502.0	262.4	88.0		
	平均		77.93	1.00	58.18	17.47	10.11	33.47	17.49	5.87		6.8

第23表3ノB (昭和10年度)

	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生幹重	乾幹重	生根重	乾根重	枝ノ分岐	根ノ状態	菌生根状態
C	I	4	201.5	3.3	254.5	21.0	11.4	71.0	36.3	18		+
	II	4	174.4	2.9	162.5	14.0	8.7	49.0	22.3	7		+
	III	10	265.0	3.7	224.5	47.0	24.2	81.0	37.6	22		++
	IV		261.0	3.6	267.0	33.0	20.5	91.0	47.1	10		++
	総計		901.9	13.5	908.5	115.0	64.8	342.0	143.3	57.0		
	平均		56.36	0.84	57.22	7.19	4.05	21.38	8.96	3.56		1.5
D	I	4	237.5	3.6	214.0	45.0	18.8	97.0	40.7	32.0		+++
	II	4	256.6	3.8	230.0	47.0	23.5	137.0	61.4	36.0		+++
	III	10	220.0	3.8	223.2	45.0	19.0	127.0	66.3	59.0		++
	IV		273.6	4.2	199.0	47.0	29.2	124.0	63.1	49.0		++
	総計		987.8	15.4	366.2	184.0	90.5	485.0	231.5	181.0		
	平均		61.74	0.96	54.14	11.50	5.66	30.31	14.46	11.31		3.5

第24表 土質と有機質と菌根生成との関係

区名	年度	個体数	幹長	幹径	根長	生幹色	乾幹色	生根色	乾根色	枝ノ分岐	細根の状態	菌根着生状態
A 塙土	8	12	74.81	0.97	52.65		12.12		24.50	1.08	稍多	2.3
	9	12	70.75	0.89	81.91		13.75		26.50	3.91	中	2.8
	10	6	55.15	0.95	59.55	10.28	6.74	29.38	15.16	4.13		6.0
	合計		200.71	2.81	194.11		32.61		66.16	9.12		
	平均		66.90	0.94	64.70		10.87		22.05	3.04		3.7
B 塙土+有機質	8	12	72.53	0.89	63.40		14.08		28.67	2.33	多	4.0
	9	12	65.64	0.82	66.33		11.08		23.43	5.00	中	4.8
	10	12	77.93	1.00	68.18	17.47	10.11	33.47	17.49	5.87		6.8
	合計		216.10	2.71	187.91		35.27		69.59	13.20		
	平均		72.03	0.90	62.64		11.76		23.20	4.40		5.0
C 砂土	8	9	62.22	0.86	57.28		9.00		16.56	2.11	中	2.3
	9	12	49.29	0.57	73.17		5.50		13.33	2.42	多	0.5
	10	12	56.36	0.84	57.22	7.19	4.05	21.38	8.96	3.06		1.5
	合計		167.87	2.27	187.67		18.55		38.85	8.09		
	平均		55.96	0.76	62.56		6.18		12.95	2.70		1.4
D 砂土+有機質	8	12	58.59	1.07	54.58		6.50		16.33	2.25	稍多	1.8
	9	12	52.82	0.72	61.46		7.17		15.91	5.83	多	3.8
	10	12	61.74	0.96	54.16	11.50	5.66	30.31	14.46	11.31		3.5
	合計		173.15	2.75	170.20		19.41		46.70	19.39		
	平均		57.72	0.92	56.73		6.47		15.57	6.46		3.0

さらにこの両区の地上部及び地下部の発育量を比較するに、乾長、生幹重、乾幹重、乾根重共に有機質区が優り幹径及び根長は劣つて居るが其の差は著しくない、地下部にあつても根の分岐数は多い。

従つて有機質を加用したものは、栗樹の発育が良好となると共に、菌根の発育も盛んであることが認められ得る。

#### b. 砂土と砂土有機質加用土壤との比較。

第23表に依ると砂土では埴土の場合と同様に根の伸長は良好であるが、これに有機質を加用したものでは細根の発達が良好で菌根の成長も亦多い。

その地上部及び地下部の発育を比較するに、連年大体に於て有機質区が良好であることを認むことができ、乾根量及乾幹量も共に有機質色が良好である。

c. 塔土と砂土とに於ける栗樹の発育と菌根の成長に就て。

埴土と砂土とに就て栗樹の生育状況を比較するに、何れの点に於ても埴土は砂土に優り、殊に細根の成生多く従つて菌根の形成も亦多数である。

これに依つて埴土は砂土よりも、菌根の成生に好適している事を認める事ができる。

以上実験の結果を総合するに、何れの場合も樹の発育が良好で細根の発生もまた良好な場合には、菌根の成生も多いことを見れば、樹の発育と菌根の着生との間に正の相互関係が存在するものと考えられる。

だから栗樹に対しては有機質を加用し、菌根の成生を助長することによつて、発育を良好ならしめることができるであろう。

### VIII 菌根の成生と土壤反応との関係

菌根の成生と土壤の反応との関係については、充分な研究はないが、栗樹の生育と土壤の反応との関係については、すでに早くから着眼せられ、本邦でも田中(21)植木(22)の諸氏の実験成績があり、植木氏は5乃至6度が好適であるとし、田中氏は3乃至4度の状態で良好な発育をなすことを報告されている。

本実験では主として土壤の反応と菌根の成生及び栗樹の生育の関係を究明しようとしたものである。

実験方法 実験には総て Wagner pot を使用して、網室内で行い、栗の品種は総て銀寄種の実生を行い、各鉢2個宛2月下旬に下種し栽培した。土壤は畑土即ち第三紀埴土を用いた、施用量は次の如くである。

硫安80瓦、過磷酸石灰12瓦、硫酸加里5瓦、この中硫安は3回に分施し、過磷酸石灰及び硫酸加里は1回に施用した。

水素イオン濃度はpH、3.5、3.7、4.0、5.0、5.5、6.0、6.6、7.0、7.5及び8.0の10区とし各区2鉢宛を使用した。

酸度濃化には硫黄華を用い、アルカリ濃化には石灰を

用いた。

菌根は6月上旬、各区共に相当多数の菌根の成長した栗樹の根を挿入して、其の繁殖を計った。

実験成績 この実験中は周到な管理を行い、11月15日掘取り、測定の上幹部と根部を硝子室内で乾燥し、15年1月20日秤量測定を行つた。其の結果は第25表に示すが如くである。

第25表ノ1 土壌の反応と菌核の生成の関係

pH		幹長 cm	幹茎	生幹重	乾幹重	枝数	根生	生根重	乾根重	細根	菌根
3.5	1	38.0	6.0	10.0	7.0	5	45.0	11.5	8.0	中	1
	2	19.5	3.5	5.5	3.5	0	40.0	10.0	7.5	中	1
	3	50.0	7.0	18.0	9.0	6	35.0	22.0	15.5	中	3
	4	33.5	5.0	8.0	7.0	3	35.0	10.5	8.0	少	1
	合 計	141.0	21.5	41.5	26.5	14.0	155.0	54.0	39.0		6
	平 均	31.3	5.4	10.4	6.6	3.5	38.8	13.5	9.8	中	1.5
3.7	1	49.5	8.0	19.0	12.0	4	45.0	28.5	16.0	中	3
	2	38.0	6.0	12.5	10.5	7	24.5	29.0	18.5	中	4
	3	49.5	8.0	20.5	18.0	0	43.0	40.5	21.0	中	4
	4	49.5	7.0	13.0	10.0	0	44.0	18.0	10.0	少	3
	合 計	186.5	29.0	65.0	50.5	11	174.5	116.0	65.5		14
	平 均	46.6	7.2	16.3	12.8	2.8	43.6	29.0	16.4	中	3.5
4.0	1	55.0	7.0	22.0	17.0	3	65.0	38.5	21.0	多	5
	2	63.5	6.5	15.0	11.0	0	50.0	27.5	18.0	中	4
	3	57.5	6.0	14.5	12.5	4	14.0	20.5	16.0	中	5
	4	35.5	5.5	13.5	10.0	4	33.0	19.5	15.5	中	5
	合 計	211.5	25.0	65.0	50.5	11.0	192.0	106.0	70.5		19
	平 均	52.9	6.3	16.8	12.5	2.8	48.0	26.5	17.6	中	4.8
5.0	1	50.5	6.0	8.0	6.5	0	34.0	19.5	8.0	中	3
	2	78.5	7.0	25.0	20.5	2	47.0	24.0	18.5	多	5
	3	57.5	6.5	15.5	12.0	1	57.0	22.5	17.5	少	2
	4	73.5	7.0	21.0	16.0	0	45.0	36.5	26.0	中	4
	合 計	260.0	26.5	69.5	55.0	3	183.0	102.5	70.0		14
	平 均	65.0	6.6	19.3	13.8	0.8	45.8	25.6	17.5	中	3.5
5.5	1	49.5	4.5	7.5	6.0	0	41.0	15.0	10.0	中	3
	2	52.0	5.0	20.0	15.5	5	53.5	35.0	25.0	多	5
	3	8.10	7.0	26.0	19.5	1	48.0	36.0	25.0	多	6
	合 計	182.5	16.5	53.5	41.0	6	142.5	86.0	60.0		14
	平 均	60.1	5.5	17.8	13.7	2.0	47.5	28.7	20.0	多	4.7
	1	67.5	8.0	22.5	17.0	1	55.0	37.5	26.0	中	6
6.0	2	52.5	6.0	11.0	8.5	0	43.5	17.0	12.0	少	3
	合 計	120.0	14.0	33.5	25.5	1	98.5	54.5	38.0		9
	平 均	60.0	7.0	16.8	12.8	0.5	49.3	27.3	19.0	中	4.5

6.6	1	83.0	7.0	21.0	16.0	0	55.0	27.0	20.0	少	2
	2	53.0	6.5	15.0	12.0	2	42.0	28.0	21.0	少	2
	3	58.0	5.0	13.0	10.0	0	43.0	22.0	15.0	中	4
	4	58.0	7.0	23.0	17.5	2	42.0	43.0	28.0	中	4
	合 計	256.0	25.5	72.0	55.5	4	182.0	120.0	84.0		12.0
	平 均	64.0	6.4	18.0	13.9	1.0	45.5	30.0	21.0	中	3.0
7.0	1	62.0	6.5	19.5	16.0	1	52.0	27.0	19.0	中	6
	2	39.5	5.0	11.0	9.5	2	60.0	21.0	16.0	中	6
	3	56.0	7.0	22.0	18.0	5	50.0	38.0	28.0	多	6
	4	72.0	7.0	17.0	13.0	2	50.0	27.0	24.0	多	6
	合 計	231.5	25.5	69.5	56.5	10.0	212.0	113.0	87.0		24
	平 均	57.9	6.4	17.4	14.1	2.5	53.0	28.3	21.8	多	6.0
7.5	1	49.0	6.0	13.0	11.0	7	47.0	25.0	17.0	中	5
	2	40.0	6.0	8.5	7.0	3	22.0	37.0	15.0	多	6
	3	60.0	7.0	16.0	13.0	1	53.0	32.0	23.0	中	6
	4	45.0	6.0	12.0	9.0	4	43.0	22.0	16.0	中	5
	合 計	194.0	25.0	49.5	40.0	15.0	165.0	116.0	71.0		22
	平 均	48.5	6.3	10.4	10.0	3.8	41.3	29.0	17.8	中	5.5
8.0	1	59.0	7.0	13.0	11.0	1	30.0	21.0	16.0	少	3
	2	38.0	6.0	5.0	4.0	0	22.0	6.0	5.0	少	1
	合 計	97.0	13.0	18.0	15.0	1	52.0	27.0	21.0		4
	平 均	48.5	6.5	9.0	7.5	0.5	26.0	13.5	10.5	少	2.0

第25表ノ2 以上の平均を纏めた表

pH	幹 長	幹 径	生 幹 重	乾 幹 重	枝 数	根 長	生 根 重	乾 根 重	細 根	菌 根 数
3.5	31.3	5.4	10.4	6.6	3.5	38.8	13.5	9.8	中	1.5
3.7	46.6	7.2	16.3	12.8	2.8	43.6	29.0	16.4	中	3.5
4.0	52.9	6.3	16.8	12.5	2.8	48.0	26.5	17.6	中	4.8
5.0	65.0	6.6	19.3	13.8	0.8	45.8	25.6	17.5	中	3.5
5.5	60.1	5.5	17.8	13.7	2.0	47.5	28.7	20.0	多	4.7
6.0	60.0	7.0	16.8	12.8	0.5	49.3	27.3	19.0	中	4.5
6.6	64.0	6.4	18.0	13.9	1.0	45.5	30.0	21.0	中	3.0
7.0	57.9	6.4	17.4	14.1	2.5	53.0	28.3	21.8	多	6.0
7.5	48.5	6.3	10.4	10.0	3.8	41.3	29.0	17.8	中	5.5
8.0	48.5	6.5	9.0	7.5	0.5	26.0	13.5	10.5	少	2.0

即ち幹長の生育は pH 5乃至7の間においてその生育は良く、その両翼は共に劣るも就中3.5は悪い。

枝幹の乾燥重量は、大体幹長の生育と一致した傾向をして居るが、多少の凹凸はありながら僅かながら漸進的にpH 7迄は重量を増して居るが、それ以上は急激に下降して居る、乾根重も略ぼ同様で pH 4から7迄が多い。

次に根の発達を見るに根長は、pH 4以上は漸次良好にして7は最高点に達し、以下漸減して居る。細長の發

達は pH 5 から7迄の間が多いものと認められる。

菌根数は最高が pH 7 に在り 7.5 これに次ぎ、第3位は4に在るから広い範囲に亘るようではあるが、7附近が最も発育に宜しいのではあるまいか。

乾幹重、根長、乾根重の最高は何れも pH 7 に在ることは、これ等の発達と菌根の発生数とに密接の関係を表しているものと考えて差支ないものと思われる。

以上の結果を総合するに栗樹の生育に対する土壤反応は pH 4乃至7が適度でことに菌根の発育には 7 附近が

適して居るのであろう。

ただ注目すべきは、菌根が比較的成長極度の両翼に於て成生多きは、恐らく菌根の根を保護する作用あるが為であつて、從来田中、植木氏等の酸度高き土地に適応するもこの理由により、比較的 pH 低き土地にもその保護作用に依りて適当に発育すると云い得るとともに、比較的アルカリ性強き土地にまた発育を可能ならしむものと云うことができ、菌の性質上酸性度強き土地に抵抗力強き為酸性植物と称さるるに至つたものと思われる。

## IX 菌根の成生と湿度との関係

菌根の成生と湿度との関係について調査する目的を以つて、直径30厘、高さ30厘の素焼鉢を使用して、各鉢一本宛の栗を栽植して、次の方法に依つて実験を行つた。

実験方法 25厘四方、深さ 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 厘のトタン水槽を作成し、この中に前記栗を栽植せる素焼鉢を入れて、別の貯水タンクからゴム管を通じて絶へずトタン水槽に水の充つる様に装置した、この鉢内には実験の初めに菌根を加へて繁殖を促した。

実験は硝子室内で行い、昭和13年6月5日から開始し11月18日に掘取つて調査した。

鉢内の含有湿度量は次の如くであつた。

	水 深	湿度(含水量)
第一区	10厘	34.0%
第二区	8	30.4
第三区	6	23.4
第四区	4	20.2
第五区	2	19.5
第六区	1	17.0
第七区	標準	12.0 地上灌水 每日 2回

実験結果 実験材料を13年11月18日に掘取つて菌根の成生と根部の状態を調査して、第26表の結果を得た。

第26表 菌根の着生と湿度との関係

区名	番号	水深	含水量	菌根着生量	根の状態
I	1	10 cm	34.0 %	+	大部分根は、黒色に変ず細根は多数存す
	2	10	34.0	+	
II	1	8	30.4	-	下半分は黒変す
	2	8	30.4	+	
III	1	6	23.5	+	下半黒色なるも良好なる根群を有す
	2	6	23.5	+	
IV	1	4	20.0	+	細根相当よく群生す長根なし
	2	4	20.0	+	

V	1	2	19.5	+	根群多数発生す 長根多数有す
VI	1	2	17.0	+++++	根群の状態良好 標準と異ならず
VII	1	標準	12.0	+++	
	2			+++	

以上の結果を見ると標準区に相当多くの菌根が発生しているのは当然であるが、第6区には更に多く発生して居る。この結果は1ヶ年の成績だけで断定できないが、土壤の湿度は17%前後が最も菌根の発生に適合しているのであるまいかと考えられる。そして湿度が漸次増しても或る程度には繁殖し34%の多きに至つても繁殖することを示している。このことは菌根の発生には水湿の多いことよりも、少い方が都合であると認められる。實際山野に自生する栗樹を見るに乾燥地にあるものに菌根の多く着生している事実からしても、水湿は余り多くないことが必要であると認められる。この場合栗樹の生育も亦菌根の発生の多い状態のものほど生育がよかつた。

## X 菌根の成生と肥料成分との関係

菌根の成長と肥料成分との関係を明かにすることは、菌根の性質を究明する上において重要であるから、次の設計に依つて試験を施行した。

### 実験方法

1. 直径56厘、深さ54厘の円形コンクリート円管の鉢を用いた。

2. 肥料成分区は、次の5区とした。

A区 無肥料区			
B区 硝素単用区	硫安	400瓦	
C区 磷酸単用区	過磷酸石灰	600瓦	
D区 加里単用区	硫酸加里	200瓦	
E区 三要素区	硫安 400瓦	過磷酸石灰 600瓦	硫酸加里 200瓦

以上各区共に4鉢宛を用い、施肥は硫安のみ3回に分けて施用した。他は基肥とした。

3. 土壤は第三紀埴土の約10年間放置した畑土を用いた。

4. 栗の種子は銀寄種の完全なる標準大のものを選び3月下旬に播種して、1鉢1本宛生長せしめた。

かくして2年間培養して後、昭和13年12月18日掘取つて測定した。

5. 実験成績 実験の結果は第27表の如くである。

第27表 施肥量と菌根の着生との関係（昭和13年12月18日）

区名	番号	幹 径 mm	幹 長 em	幹 重 gr	根 長 em	根 重 gr	菌 根 数	細根状況
A	1	8.5	96	35	66	73	+	中
	2	6.0	62	17	76	31	++	中
	3	—	—	—	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	—	—	—
	合 計	14.5	158.0	52.0	142.0	104.0		
B	平均	7.25	79.00	26.00	71.0	52.00	++	中
	1	15.0	115.0	120.0	86.0	125.0	++	多
	2	17.5	123.5	155.0	83.0	171.0	+++++	多
	3	13.0	67	51.0	82.0	139.0	++	中
	4	10.0	68	40.0	89.0	68.0	++	中
C	合 計	55.5	373.5	366.0	340.0	503.0		
	平 均	13.88	93.38	91.50	85.0	125.75	+++	稍多
	1	9.0	59	25	90	49	+	中
	2	9.0	82	26	67	32	++	少
	3	8.0	84	61	95	190	++++++	多
D	4	10.5	72.5	52	116	118	++	中
	合 計	36.5	297.5	164	368	389		
	平 均	9.13	74.38	41.00	92	97.25	+++	中
	1	10.0	58.5	24	92	46	+	少
	2	14.0	84.5	85	110	195	++	稍多
E	3	14.5	77.5	94	83	241	+++++	中
	4	14.5	89.0	94	95	248	++++	稍多
	合 計	53.0	309.5	297	380	730		
	平 均	13.25	77.38	74.25	95	182.50	+++++	稍多
	1	10.5	71.0	45	84	110	+++	中
E	2	14.5	92.5	81	148	175	++++++	多
	3	14.0	91.0	82	95	186	++++++	多
	4	15.0	101.0	114	100	196	++++++	多
	合 計	54.0	355.5	322	427	667		
	平 均	13.5	88.88	80.5	106.75	166.75	++++++	多

上表から比較の便の為に平均数を纏めて次に示す。ただし菌根数は便宜上+を1点として計算した。

第28表 肥料成分と生長量との関係

幹径	幹長	幹重	根長	根重	菌根数	細根
A 7.25	97.0	26.0	71.0	52.0	1.5	中
B 13.88	93.4	91.5	85.0	125.0	3.0	稍多
C 9.13	74.4	41.0	92.0	92.3	3.0	中
D 13.3	77.4	74.3	95.0	182.5	3.7	稍多
E 13.5	88.9	80.5	106.8	166.8	7.8	多

これに依れば三要素区は根重、根長及び菌根数は第1位を占め、総体的に植物体各部が最も発育の良いことを示している、しかしここで最も注意される事は、窒素単用

区では地上部の発育が主位を占めることと、加里単用区では却つて地下部の発育が良好であることである。従つて地下部の発育と共に菌根の形成には加里が極めて重要なことが認められる。

三要素区の地下部発育が最も良好で然も菌根数は第2位にあり、加里単用区の2倍以上又無肥料区の5倍に達して居ることは、菌根の形成と地下部の発育とは相関連することを示し、この事柄は菌根の形成は樹木の発育に何らの障碍を与えるものではなく、かえつて有利であるものと考えることが出来、従つて菌は栗樹と共生して居るとの考えを裏付けしているものと思う。

## XI 摘 要

以上論述せるところを摘録すれば、次のようである。

1. 栗樹の菌根は本邦で栗樹の生育する場所では、何れの土地でも必ず形成して居る、しかもこれ等の菌根は細根の多い部分に多く形成せられ、地下60cm以上のところに多く、90cm以下次第に深くなるに従つて減少する傾向にある。

2. 栗樹の菌根を形成する、草薙の種類については著者は5種類を認めて居るが、これ等の草薙は場所、環境によつて成生状況が異り、種類によつて菌根の形成に程度の相違があるが、最も多いのはニセショウロであるがさらに数種が混生して菌根を成生する事のあるは、同一個所に数種の草薙の発生することによつて、推測し得られる。

3. 菌根形成の時期と土壤との関係を見るために、細砂土と粘質壤土を壇充した。直径12cm、長さ60cmの土管を土中に埋めて、これに栗実を播種して、生育中における菌根形成を調査せるに砂土、粘質壤土共に7月1日に至つて始めて着生を見、8月15日に最高に達しその後は寧ろ減少する。

土質の相違に就いては著しくはないが、粘土では地表面の近くに着生が多く、砂土では、相当下層土迄着生する傾向がある。

4. 栗樹の根部に菌糸の着生する状況を鏡検するに、5月15日すでに僅かではあるが其の徵候が認められる、その後次第に発達して6月15日には菌糸層が形成せられその後漸次菌糸層を増すとともに、菌糸が組織内に入ることを認めることができる。

5. 栗樹の根に菌根を発生せしめた有菌区と発生せしめない無菌区との幹長、幹径、枝数、根長、乾重、乾根重、R/T等調査した結果を総括して見れば、枝数を除いて、他は何れも有菌区が優つている。菌根数は細根数と大体平行する、そしてネマトウダや病原菌が沢山に根に発生した場合のように菌根が過度に着生して植生に有害と認められるような場合の観察されたことはない。すなわち菌根は或る程度以上には数多く着生することはない、それは丁度豆科植物に根瘤菌が着生する状態にしている。

6. 根が伸長を始めるのは5月からであると思われる13年には6月から発根したことになつてゐるが、これは発根前に根を切断した為にRoot boxの面に新根の現われるのが遅れた為である。根の伸長始めは深さによる相違は明かには認められないが、深所の方が遅く迄伸長を

続けるが、栗樹では根の伸長期間は他の樹木よりも短い。伸長期間を通じて1日平均伸長を計算して見ると、時期に依り消長がある。この調査では両年の消長は時期が一致していないが（恐らく13年には根を切断した為）消長のあることに疑はない。すなわち根の伸長には周期のあるものと考えられるが、ただしその時期を決定する為にはなお試験を必要とするであろう。

7. 土壤の深さと菌根の形成との関係は、第一においては浅い所から深くなるに従つて漸次に増加し、61~90cm区では全体の過半数を占める。第二に菌根の総面積を長ると大体に於て深さと共に面積を増して、その割合は61~90cm区では数よりも更に多くなつてゐるし、また菌根1個平均の大いさを見ると31~60cm区では明らかに最も小さい。0~30cm区では相当に大きいが、これは少數である為と思われる。両年を通じて総体的に見れば61~90cm区が大きいと見做して差支ない、従つて深層でも数も多く大きさも大きいと認められる。

8. 塗土及細砂土とこれに有機質を混合するものとの間に於ける菌根の成生と、栗樹の発育を比較するに、塗土は砂土より樹の生育も宜しく、菌根の成長も多い。

有機質加用区は何れも樹の生育、菌根の成生共に優つてゐる。

9. 土壤の反応と栗樹の生育並に菌根との関係を見るに、pH 4附近では地上部、地下部共に生育に支障はないようであり、それからアルカリ性になるにしたがつて良好となり、pH 7で最高に達し、それ以上は再び生育が減退する。

菌根の成生もまたこの根の生長と併行するも、注意すべきは、菌根がpHの両端に比較的多いのは、根の保護作用を行うものと考えられる。

これ等の事実よりして從来となえらるるがように、栗は必ずしも耐酸植物と称するに当らない。

10. 土壤の含湿度を異にして、菌根の成生状況を調査した結果に依れば、栗樹の生育する範囲内においては、湿度は高くてても菌根の成生が行われることを確めたが、最もよいのは水分含有率が17%であるから、普通の土壤かそれより稍湿度の多いものである。

11. 肥料成分と菌根の成生との間には、直接の関係は認められない、すなわち無肥料でも3要素の1種単用でも菌根は発生する。しかし樹の生育が良好で細根の多い時は、菌根も亦多いから結局肥料成分の完全な場合には菌根の成生も亦多いこととなる。したがつて菌根の形成は樹木の発育に何等妨げとなるものではなく却つて有利であるものと考えられる。

## XII 結 論

1. 栗樹の菌根は本邦の野外においては、場所の如何を問わず必ず着生して居り、菌の種類は5種が認められ、単生又は混生するが最も多いのはニセショウロである。

2. 栗樹の根の伸長は発生始の5月から終止期の11月迄の間で1日平均伸長度には時に依り消長がある。そして全伸長期間は他の果樹よりも短い。

3. 菌根は新しい細根ができるから間もなく形成を始め、根の生長が止る以前に形成を止める。そして細根の数が多ければ菌根の数も多く、土壤の深さから見れば61~90厘米程度が最も多く形も大きい。土壤の種類に依り形成に多少はあるが有機質の多い土壤には多く形成される。これと同様に土壤に含む肥料要素が揃つて多い場合にも樹木の生育が宜しいと共に形成が多い。土壤の湿度については水分含有率が17%前後が最もよい。

4. 土壤の酸度と菌根の形成をとを見るに、pH 4附近では形成にさしつかえはないが、最も多いのはpH 7附近である。

5. 有菌区と無菌区とで栗樹の発育程度を比較するに何れも有菌区が優つて居り同時に菌根数は細根数と大体に平行する。そして多い場合でも或る程度以上にはその数が増加せず、また植生に有害と認められるような場合が観察されない。

6. 以上述べたように菌根数は細根の発生数、引いては樹木の生育に伴い菌根の着生は栗樹の生育を阻害することなく、却つて生育を助長するものであり、栗樹と菌とは共生的存在であると推論したい。

## XIII 文 獻

- Asai, T.;—Über Das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Jap. Journ. Bot. Vol. 7, 1935.
- Frank, B.;—Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische pilze. Ber Deutsch. Bot. Gesellschaft. Bd. 3, 1885.
- Gohn, E.;—Die peritrophe Mykorrhiza Ber. Deutsch. Bot. Ges. 52, 1934.
- Hamada, M.;—Studien über die Mykorrhiza von *Galeola septentrionalis* Reichf. f. Ein neuer Fall der Mykorrhiza-Bildung durch intraradicale Rhizomorpha. Jap. J. Bot. 1, 1939.
- Hamada, M.;—Physiologisch-Morphologische

- Studien über *Armillaria mellea* (Vahl.)-Quol. Mit besonderer Rücksicht auf die Oxalsäurebildung. Ein Nachtrag zur Mykorrhiza von *Goleola septentrionalis* Reich. Japa. Jour. Bot. 10; 1939.
- Henry, L.K.;—Mycorrhizas of trees and shrubs. Bot. Gazt. 94, 1933.
- Masui, K.; A Study of the mycorrhiza of *Abies firma* S. et Z. with special reference to its mycorrhiza fungas, *Cantharellus floccosus*, Schw. Mem. Coll. Science, Kyoto Imp. Univ. Ser. B, Vol. 2, No. I, Art 2. 1920.
- Masui, K.;—On the renewed growth of the mycorrhizal root. Mem. Coll. Science, Kyoto Imp. Univ. Ser. B. Vol. 2, No. 4, Art 3. 1926.
- Masui, K.;—The compound mycorrhiza of *Quercus pausidentata* Fr. Mem. Coll. Science. Kyoto Imp. Univ. Ser. B. Vol. 2, No. 4, Art 9, 1926.
- Masui, K.;—A study of the ectrophic mycorrhiza of alnus. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B. Vol. 2, No. 4, Art. 10, 1926.
- Masui, K.;—A study of the ectrophic mycorrhizas of woody plants. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B. Vol. 3, No. 2 Art 2, 1927.
- Matsubara, S.;—A study of the mycorrhizas of chest-nut tree. Proc. of Hort. No. 21, 1926.
- Mc Dougall, W. B.;—On the mycorrhizas of forest trees. Am. Jour. Bot. Vol. 1, 1914.
- Melin, E.;—Experimentelle Untersuchungen über die Birken und Espen-Mykorrhizen und ihre pilzesymbionten. Svensk Bot. Tidskrift. Bd. 17, 1923.
- Melin, E.;—Untersuchungen über die Bedeutung der Baummycorrhiza. Jena. 1925.
- Melin, E.;—Experimentelle Untersuchungen über konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* und *Picea Abies*. Mykol. Unteruch. u. Ber. von R. Falck, 2, Cassel 1923.
- 三村鐘三郎—林木と菌根との関係に就て、農商務省林業試験場報告第15号、大正6年。
- Müller, P. E.; — Bemerkungen über die

- Mykorrhiza der Buche. Bot. Centralbl. Bd. 26, 1886.
19. Rexhausen, L. V.;—Über die Bedeutung der ektorophen Mykorrhiza für die höheren pflanzen. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. 14, 1920.
  20. Stahl, E.;—Der Sinn der Mykorrhizengbildung. Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. 34, 1900.
  21. 田中諭一郎—栗に関する一、二の知見、園芸の研究, 第33号, 昭和12年12月。
  22. 植木秀幹—平壤栗に就て、林窓5号, 大正15年。
  23. Woronin, M.;—Über die Pilzwurzel(Mykorrhiza) von B. Frank. Ber d. D. Bot. Ges. Bd. 8, 1885.
  24. Weyland, H.;—Zur Ernährungspnisiologie mykotroper Pflanzen. Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. 51, 1912.

The Mycorrhiza of the Japanese chestnut, with reference to the effect  
on the growth of the chestnut plant

Shigeki MATSUBARA

SUMMARY

The presence of certain Mycorrhiza fungi associated with the root of the Japanese Kuri chestnut, *Castanea crenata* SIEB et ZUCC., has been reported in several publications, without particular comments on the ecological significance to the host plant. In the course of pomological studies of the Japanese chestnut, the fact attracted an attention of the author and compelled him to undertake a series of experiments to decide whether it is beneficial, unbeneficial, or indifferent. The study was carried on while the author was in the Miyazaki College of Agriculture and Forestry, and some additional observations were conducted in other places, chiefly for the purpose of confirmation of the results obtained. The following is the summary of the major experimental results obtained through repeated trials.

1. The mycorrhiza is always observed where the chestnut trees are planted or are grown wild.
2. The identification of fungi producing mycorrhiza on the chestnut root proved to comprise five species, among which the "Nise-shōrō" fungus, *Scleroderma vulgare* FRIES, is the commonest. It was used chiefly for this experiment on that account.
3. The growth of the mycorrhiza takes place soon after the host plant develops new fine roots, and stops before it ceases its growth.
4. The difference in the prevalence of the mycorrhiza depends upon the depth and the structure of the affected soil.

The optimum depth for the mycorrhiza infection lies between 61 and 90 cm. from the surface, and its growth is favored by the rich amount of humus, while the soil moisture is most desirable when it is less in amount.

5. The soil reaction most favorable for the development of the Chestnut mycorrhiza, is pH=7, and a small deviation from it does not matter without checking its growth. In a single case, however, it developed well in a strongly acid soil showing pH=4.
6. From a cultural test of the chestnut plants with and without the mycorrhiza, the former showed a far better growth than the latter. It was also proved that the mycorrhiza fungus gives no injurious effect to the growth of the host plant.

From these results, so far as the experiment goes, it became obvious that the mycorrhiza fungus of the Japanese chestnut plant gives a favorable effect to the growth of the host plant. It is concluded, therefore, that there is an existence of symbiosis between the chestnut plant and its associating mycorrhiza fungus.

Pl. I. 栗樹の根部に菌根の成長せる状態。



Fig. 1. 栗樹の細根に菌根の成生せる場合の  
状態及其の成生状況

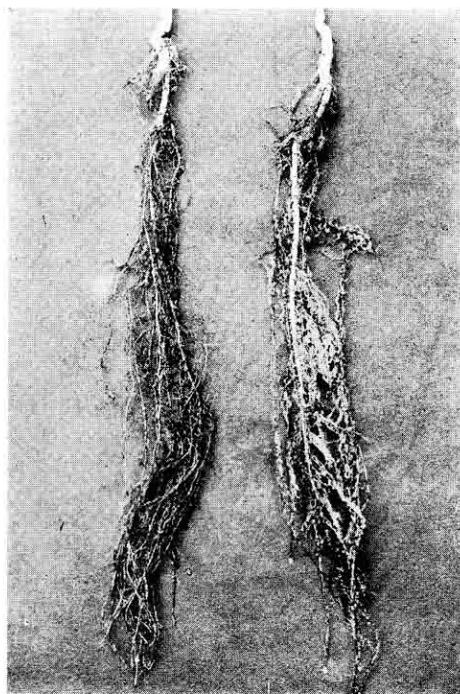


Fig. 2. 菌栗の成生せるものと(右), しない  
ものと(左)の比較

Pl. II. 栗樹の根に菌根を形成せる菌蕈の種類

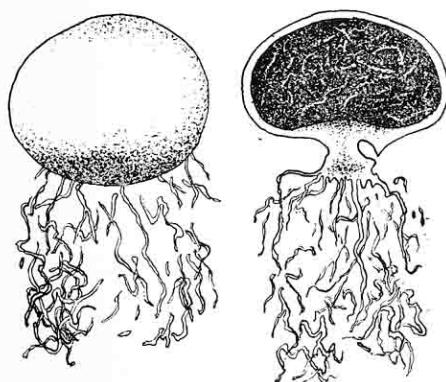


Fig. 1. 2. *Scleroderma anrantium* (ニセショウロ) とその発生状態

Pl. II. 栗樹の根部に菌根の成生せる状態（続）

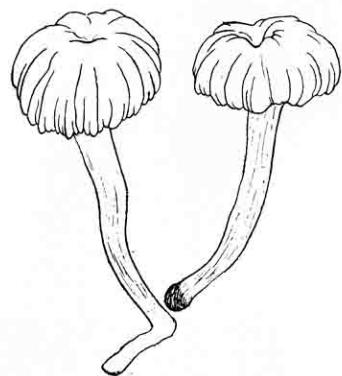


Fig. 3. 4. *Clitocybe laccata* Fries (オオキツネタケ) とその発生状態

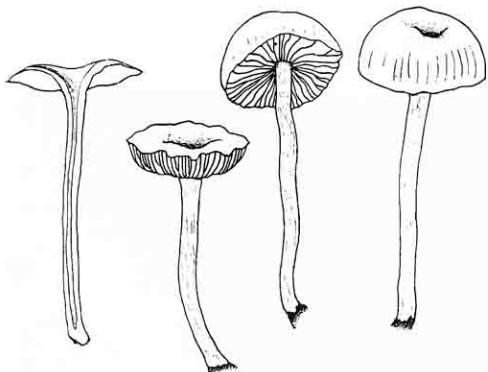


Fig. 5. 6. *Clitocybe laccata* antheriuama var. *amethystina* Bolton  
(ウラムラサキ) とその発生状態

Pl. II. 栗樹の根部に菌根の成生せる状態（続）

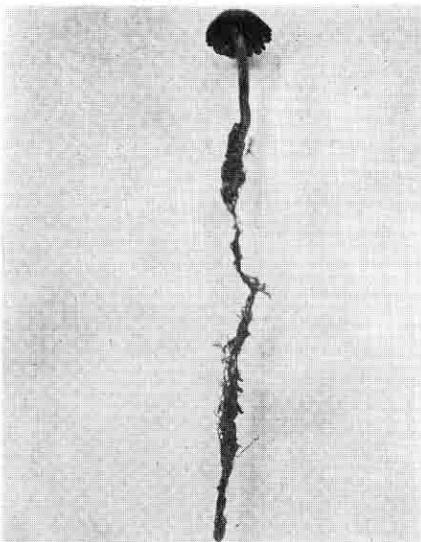


Fig. 7, 8. *Clitocybe totilis* Fries (キツネタケ) とその発生状態

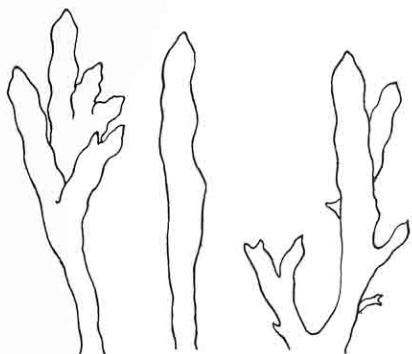


Fig. 9, 10. *Clavaria mucida* Pers. (シラウオタケ) とその発生状態

Pl. III. 菌類の種類と菌根の成生の比較

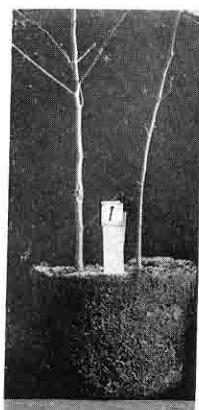
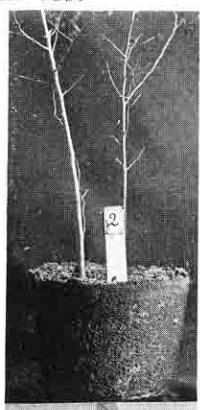
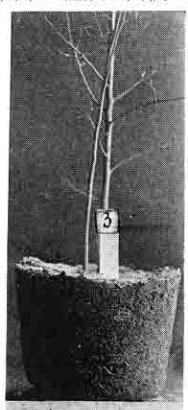
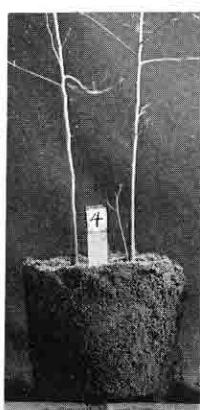


Fig. 1. *Scleroderna anrantium*. Fig. 2. *Clitocybe laccata*. Fig. 3. *C. laccata* var *amethystina*. Fig. 4. *Clitocybe totilis*. Fig. 5. *Clavaria mucida*. 以上による菌根成生状態の比較、埴土に培養せる栗樹の根に菌根の成生せる状態。

Pl. IV. 菌根を形成せる栗樹の根部の解剖せるもの

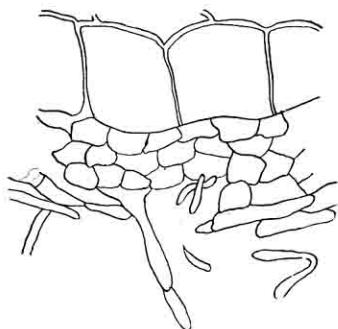


Fig. 1. 6月15日に於ける状態にして、根の外皮上に菌糸層を形成せるもの。

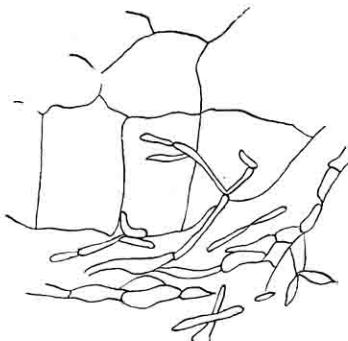


Fig. 2. 7月15日菌根を形成せる菌糸が栗樹の根の細胞内に侵入せる状態。

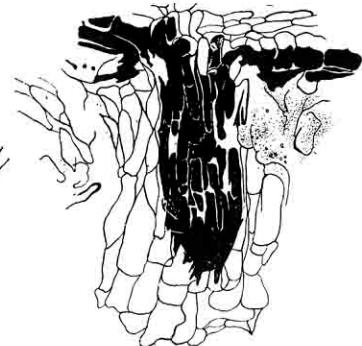


Fig. 3. 完全に細根を被苞して菌根を形成せる状態。

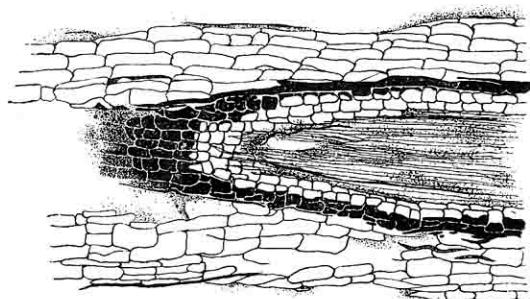


Fig. 4. 5. 菌根を形成せるものを縦断(4)及び(5)横断せるものにして、何れも菌糸の根の組織内殊に Cork 層に侵入せる状態

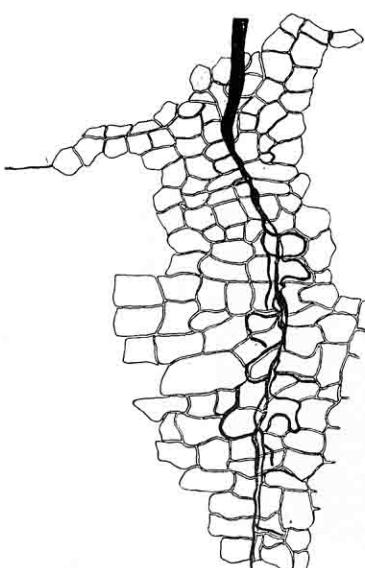
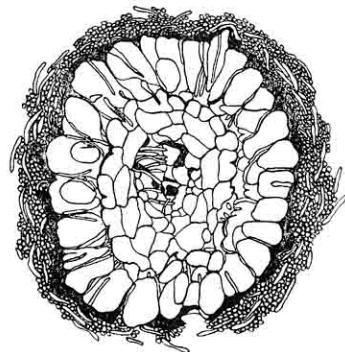


Fig. 6. 細根を被苞せる菌糸層

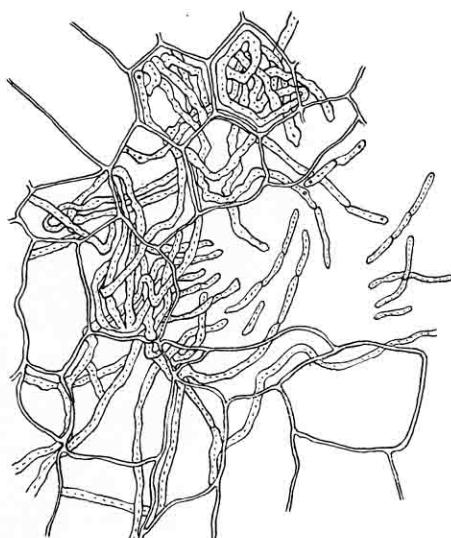


Fig. 7. 完全に菌根を形成せる細根の内部に菌糸が侵入し、各組織間の連絡を遮断せる状態