

赤松及黒松の外菌根に関する二三の観察

清水, 禮三
九州帝國大學農學部造林學教室

<https://doi.org/10.15017/20801>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 4 (2), pp.108-118, 1930-10. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：



赤松及黒松の外菌根に關する二三の觀察

清 水 禮 三

(昭和五年八月二十五日受領)

I. 緒 言

林木の地上部に關しては幾多の研究行はれ、既に闡明せられし事多く貴重なる文獻存すれども、地下部即根に關しては、余の寡聞なる未だ之が研究報告に接するこゝ少きなり。菌根に關しても殆ど凡ての森林樹木のこれを有するに拘らず (7,10) 其研究業績に乏し。而して外菌根に就ては増井博士 (3) 及 McDougall (4,5) は寄生説を有すれども Melin (6), Pessin (9) 等は共生説を支持し、猶兩説併存する状態なり。

赤松及黒松は荒廢山地或は海岸砂丘の如き、外圍條件の甚だ不良なる立地にもよく生育し得る事周知の事實にして、之が原因に就ては勿論種々の複雑なる生理的性質存するならんも、松の外菌根に就ても亦何等かの因果關係存するに非ざるやと想像さるゝ所にして、之が知見開發の一助として、種々外圍條件を異にする二三立地に就て松の外菌根の變化を觀察せり。

本研究は九州帝國大學農學部在學中昭和 4 年 7 月より同 5 年 3 月に亘り、九大造林學教室に於て恩師 土井教授指導の下に行ひたるものにして、研究の遂行中終始御懇篤なる御指導を忝ふしたる同教授、並に種々有益なる御援助と御助言を賜りたる植物病理學教室吉井助教授、及造林學教室森川氏に對し茲に謹んで拜謝するものなり。

II. 研究材料及研究法

研究材料は福岡市近郊に於て採集せるものにして、掘り起したる根は菌套 (Fungus mantle) 及根毛を損せざる様土壤の附着せる儘直ちに水中に入れ、毛筆にて洗滌して土砂を落し、而して根全體の外部的觀察をなすと共に一年生の根の先端部分を截斷し、Formalin acetic alcohol にて殺生固定せり。

而してパラフィンに埋藏後、5 μ 乃至 10 μ の Microtomic section を造り、次の染色法によりて染色したる後、氷久プレパライトをなし檢鏡せり。

1. Safranin, Gentian-Violet, Orange (1)

2. Delafield's Haematoxylin, Eosin (2)

III. 腐植殆ど無き殺菌砂土に發

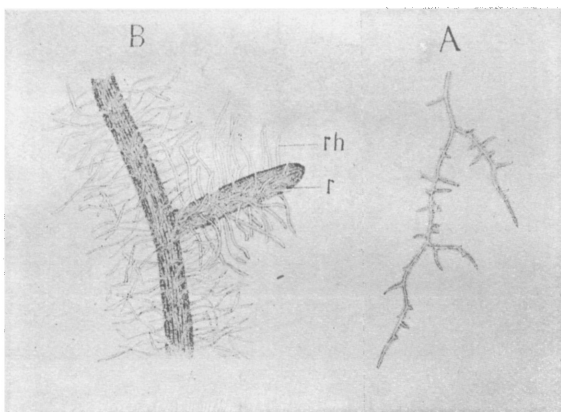
芽生長せしめたる稚苗の根

九大農學部構内に天然に生育せる約 30 年生の黒松母樹に昭和 3 年秋結實せる種子を、同 4 年 7 月 0.1 % 昇汞水にて消毒して培養基に播種し、無菌的に發芽せしめたる稚苗より同大のものを選び、500 cc. の ERLLENMEYER-flask に 200 cc. の砂と 30 cc. の水を入れて綿栓後消毒せる殺菌砂土に移植せり。

此フラスコ内の砂は工學部構内運動場裏、黒松林地の地下約 30 cm. より採集せるものにして、空氣及水分の供給に於て充分なるも腐植には殆ど缺乏す。該フラスコは溫室に移して苗木を育て高さ約 7 cm. になりたる後、同年 12 月之を觀察檢鏡せり。

主根は甚だ細く且幾多の細き側根を分岐し、其全長約 20 cm. 内外なり。古き部分は暗褐色にして先端に至るに従ひ淡褐色となり、最も先端には約 1.5 cm. 内外の白色部分を有す（第 1 圖, A, B 参照）。

第 1 圖。腐植乏しき殺菌砂土に發芽生長せしめたる稚苗の根



A : 主根及側根の甚だ細く瘠せ居る状態

B : A の一部分を擴大し根毛の密生せる状態を示す

r : 側根； rh : 根毛。

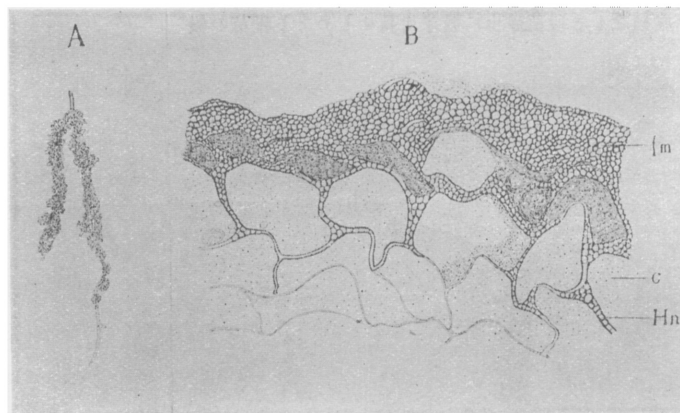
部分以外のものは萎凋せり。殺菌砂土に生育せるものなるを以て糸状菌の着生せるものなく、空氣及水分に潤澤なるも有機質養分に缺乏せる結果、前記の如く根は多數分岐し且甚だ細くして肥大せざるなり(第1圖, A 参照)。

而して根の横斷面に於ては、基部に近き暗褐色の部分にはコルク層を認め、又中心柱(Central cilinder)よく發達せるも、先端の白色部分に於ては根毛密生し木質部細胞の漸く肥大せるを認むるものにして、一般に殺菌砂土に發芽生長せしめたる稚苗の根に於ては皮層(Cortex)の發達著しからざるものの如し。

IV. 甚だ乾燥瘠惡なる砂地の根

昭和5年2月福岡縣糟屋郡席内村字古賀に於て、日光直射し甚だ乾燥せる砂丘地に點在せる黒松5年生の根を採取せり。松は矮性にして針葉は黄綠色を呈し、明かに水分の不足せるを示す。MÖLLER(8)の認めたる如く空氣の流通よく腐植に乏しき爲、菌根(Mycorrhiza)の發達最も著しく通常根(Root)は殆ど其姿を認むる能はず、而して其直徑は0.5 mm内外なり(第2圖, A 参照)。

第2圖。 甚だ乾燥瘠惡なる砂地の根



A: 全形

B: 菌根の横斷面

C: 皮層; fm: 菌套; Hn: Hartig's network.

而して菌根を檢鏡すれば、菌套の厚さは 15μ 乃至 45μ にして甚だ厚く、菌絲の直徑は 1.5μ 乃至 6.0μ なり。菌套の厚さこ皮層内菌絲の蔓延狀況こは密接なる關係を有するものにして、菌套の厚さを増すこ共に皮層内細胞間隙に蔓延せる菌絲を増加し、殊に本立地の

如き空氣の流通宜しきも、腐植と水分の甚だ缺乏せる立地に於ては、Hartig's network (3) は通例一列の菌絲によりて形成せらるゝに拘らず、二列三列に並びて細胞間隙を走るものあるを観るなり (第 2 圖, B 参照)。又土壤内の腐植、水分及空氣の多少は菌套の有無と厚薄を生じ、之が爲め必然的に生ずる菌の刺戟の強弱により、單に叉狀に分岐するに止まる單一菌根 (Single mycorrhiza, 第 4 圖, a 参照) と之等の聚合し叢生せる聚合菌根 (Compound mycorrhiza, 第 4 圖, b 参照) を生ずるものなるが、本立地に於ては水分及腐植に乏しきため、菌套甚だ厚きを以て、單一菌根及聚合菌根の兩者を併有すれども殆ど大部分聚合菌根よりなる。尙本立地に於て通常根の全く姿を消すに至れるは菌根形成菌着生の盛なるがためにして、又菌根を圍繞せる菌糸束 (Bundle of hyphae, 第 4 圖, C 参照) 及ケムシ狀菌絲 (Hairy caterpillar-like fungus filament, 第 4 圖, C 参照) はよく發達し、之等の菌絲は一方には菌根と密接に連絡を保ちつゝ、他方固く砂粒に密着し、毛筆を以て砂粒を洗滌し去るこゝ甚だ困難なる状態に存す (第 2 圖, A 参照)。

V. 適潤なる砂地の根

九大農學部造林學教室裏の海岸黒松林内の砂地に生育せる黒松 3 年生の根を昭和 4 年 11 月採取檢鏡せり。海岸砂地なれども老松相當に鬱閉し、且其松葉堆積して可成の水分を含有せる箇所にして、本立地の特徴は土壤中の空氣の流通良く、可なりの水分を有すれども、數年前までは松の落葉常に採集されたるを以て、土壤中の腐植の含量は前節の立地程には缺乏し居らざるも可なり尠し。從て菌根の外に通常根 (Root, 第 4 圖, A 参照) も存し兩者共に其直徑は 0.5 mm. 内外にして、菌根は單一狀のものとの聚合上のものと相半す。

而して菌根の横斷面を檢鏡すれば、皮層細胞の菌套の爲に壓縮され扁平なるものと左程扁平ならざるものとあり。菌套の厚さは 9μ 乃至 45μ にして非常に發達し全材料中第二位を占む。而して皮層細胞の餘り扁平ならざる場合には其細胞間隙を蔓延する菌絲は甚だ多し。菌套を形成する菌絲中には其直徑 8μ に及ぶものあれども細胞間隙を迷走するものには太きもの無し。本立地は適潤なるも稍々腐植に乏しき爲か根の直徑も太からず。之に反し菌套の形成は厚し。尙本立地に於ても、菌絲束及ケムシ狀菌絲の砂粒に固着すると共に菌根とも密接なる連絡を保てるは認め得たる所にして、此現象たるや主として砂地に於て強く現はるゝものの如し (第 2 圖, A 参照)。

VI. 適潤肥沃なる壤土地の根

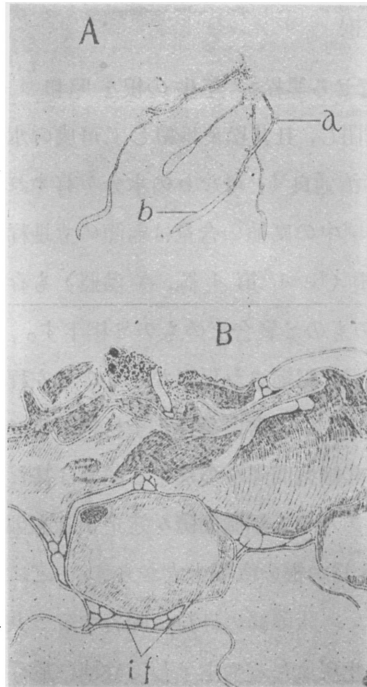
九大農學部附屬原町農場内苗圃に於て、昭和 4 年 11 月黒松 3 年生の根を採集し直ちに殺生

固定せり。本苗圃は四方開放せる平坦地にして土性壤土、床替に際しては油粕の施用せるあり、水分及腐植に富み空氣の流通も亦可良にして、立地因子は各採集地中最も良好と認めらる。

されば根の發育は一般に良好にして、其直徑も太く 2.25 mm. に及ぶものあり、且先端の白色部は長くして 11 月の既に生長終止期なるにも拘らず白色部の長さ 1 cm. 以上のもの少からず。第 III 節に述べたるが如き主根の細長く瘠せたるもの、或は側根の分岐多きものを見ざるは床替の影響を受けし事は勿論なれども、肥沃地に生ずる根の一般的形態なり（第 3 圖、A 参照）。先端の白色部を弱度の顯微鏡下にて覗へば、其表面を薄く菌絲蔓延し根毛を缺くを認むるなり。

而して此白色部より稍々隔りたる淡褐色を呈する部分の横斷面に於ても亦菌絲を所々に少許宛發見するも菌套を形成するものなし（第 3 圖、B 参照）。又皮層内細胞間隙を蔓延する菌絲も極めて少く（第 3 圖、B 参照）、Hartig's network も殆ど形成せられず。然れども菌絲の直徑は 3μ 乃至 8μ にして、各所より採集したる研究材料中最も太し。

第 3 圖。適潤肥沃なる壤土地の菌根



A: 全形

B: 菌套を形成するに至らざる菌根の横斷面

a, 先端の白色部; b, 僅に形成せる單一菌根; if, 細胞間隙を僅に走れる菌絲; C, B 横斷面を造れる場所。

MÖLLER (8) は苗木の菌根形成は砂培養の場合に旺盛にして、腐植培養に於て其形成の少き事を實驗せり。本立地に於ても空氣の流通充分なるに拘らず菌根の發達せざるは、土壤中に腐植多き爲菌根形成菌は主として土壤中の腐植に蔓延したる結果にして、瘠惡なる立地に至るに従ひ生根に着生するものを増加し、菌套を厚く形成するものの如し。而して MELIN (6) は菌根形成の差異を土壤の種類に歸せしめ居る點に於ては MÖLLER と等しきも、其見解に於ては全然立場を異にし、菌根形成は腐植地に大にして砂土に於て少しと結論せり。増井博士(3)は死物寄生をよくなし得る糸狀菌、例へば *Boletus bovinus*, *Scleroderma vulgare* (?) の如きは土壤の影響を受くるも、*Cantharellus floccosus* の如き主として生根に寄生する糸狀菌は、寧ろ根に含む養分の量によるものなりとせられたり。著者の研究に於ては糸狀

菌の結實體を得ざりし爲、其種類を決定し能はざりしも、本立地に於ては菌根非常に發達せず單一菌根を僅に有するに過ぎざるは、本立地の土壤中には腐植豊富なるによるものにして MÖLLER の認めし所と同一傾向を示し、菌根形成菌は主として土壤中の腐植に寄生せるものと信ず。尙増井博士 (3) は赤楊、樅、歐洲赤松の殺菌土に發芽生長せしめたる通常根、及糸狀菌を接種せる菌根に就き顯微化學的に精密なる比較研究行はれ、植物の營養物質たるアミノ酸、グリコーゲン、砂糖、硝酸鹽、アムモニウム等が菌根形成するに従ひ減少するを指示し、菌の根に對する寄生的現象の一とされたり。

而して第 IV 節に於ける如く菌根の非常に發達し、通常根を殆んど認め得ざる場合には、單一菌根は甚だ少く聚合菌根大部分を占め、第 V 節に於ける如く菌根の可なりに發達せる場合には單一菌根と聚合菌根と相半し、通常根も存す。而して本節の如く菌根非常に發達せず、殆ど通常根より成る場合には全然聚合菌根を認むる能はず、僅に單一菌根の着生するものなるを知るべし。

VII. 適潤なる粘質壤土地の根

九大農學部附屬槽屋演習林第 20 林班ろ小班の一部に於て、昭和 2 年 杉、檜、赤松を植栽せる箇所あり。此造林地の西南向、傾斜急なる山腹にして土壤深度及濕度共に中庸なる粘質壤土地に於て、昭和 4 年 12 月 4 年生赤松の根を採集せり。

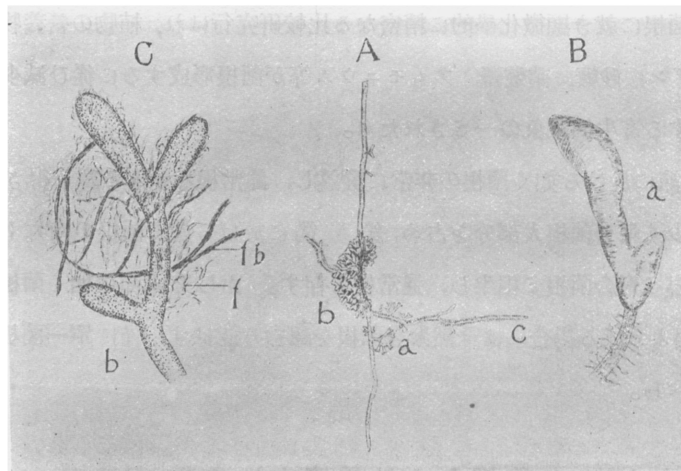
本立地の根は第 V 節に述べし場合と同様に二様の型を有し、一は菌根にして短く、他は長く抽出せる通常根なり (第 4 圖, c 参照), 而して前者の菌根は更に單に叉狀に分岐せる單一菌根 (第 4 圖, a 参照) と其單一菌根の聚合叢生せる聚合菌根 (第 4 圖, b 参照) との二型に分つ事を得べし。而して叉狀をなし單獨に存在する菌根には分岐四回に及ぶものあり。

通常根を弱度の顯微鏡下に覗へば、先端には少許の白色部分を有し菌絲の僅に縦走せるを見る。其直徑の大なるものは 1.1 mm. に及び、第 VI 節苗圃地の根に次ぐ。

之等の菌根の横斷面を觀察すれば菌套の厚さは 1.5μ 乃至 22.5μ にして薄きものに屬す。菌絲の直徑は 1.5μ 乃至 4.5μ なり。而して第 VI 節に於て述べし苗圃地の如き肥沃なる立地に於ては、通常根の發育は良好にして菌根發達せず、僅少の叉狀菌根を有するに過ぎざるも (第 3 圖, A 参照), 本立地に於て菌套を形成すると共に單一菌根及聚合菌根を生じたるは、増井博士 (3), MÜLLER により指示せられたる如く、明かに菌根形成菌が

根に多數着生して刺戟せるによるものにして、菌套形成の厚き場合には通常根を減ずるゝ共に聚合菌根を増加する傾向あるも亦此理由によるものゝ思考せらる。

第 4 圖。 適潤なる粘質壤土地の根



A: 全形

B: 単一菌根 (a) の擴大

C: 聚合菌根 (b) の擴大

a, 単一菌根; b, 聚合菌根; c, 通常根; f, ケムシ狀菌絲; fb, 菌絲束。

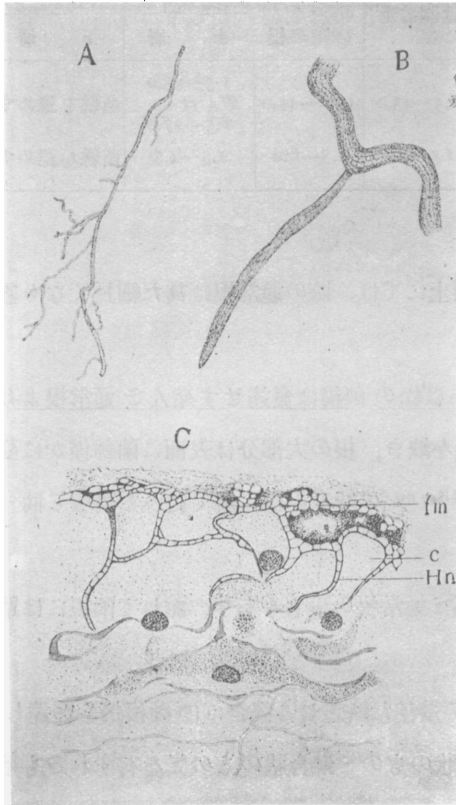
本立地は壤土質にして空氣の流通相當に宜しく、土壤濕度適當にして又深けれども、比較的腐植少きを以て斯く糸狀菌が多く松の根に着生し菌根を形成したるものならんも、第 IV 節に於て述べたるが如き極端なる瘠惡地には遙かに及ばざるなり。

VIII. 乾燥瘠惡なる粘土地の根

農學部附屬槽屋演習林第 21 林班い小班の東北向緩傾斜の中腹に於て、頁岩の露出せる箇所あり。土性粘土質の上に甚だ乾燥せるため緊密にして矮性の松點在するに過ぎず、落葉並に腐植層も殆んど無し。昭和 4 年 11 月黒松 4 年生の根を採取す。

各所より採取せる研究材料中根の發育最も不良にして、地表近き根と深層の根との間には形態上大差あるを認めたり。即本立地は土壤中の水分及腐植非常に缺乏せるのみならず、土壤甚だ緊密なるため深層程空氣の流通不良なるの結果、深層の根はすべて赤褐色を呈し、甚だ細くじくざくに彎曲し、先端に白色部を存せず根毛の發達も惡し (第 5 圖, A 参照)。

第 5 圖。乾燥瘠悪なる粘土地の根



- A: 深層の根の細長くしてじくざくに伸び菌根を有せざる状態
 B: A の一部拡大
 C: 地表近く存する菌根の横断面
 c, 皮層; fm, 菌套; Hn, Hartig's network.

菌套としては厚き方なり。菌絲の直径は 1.5μ 乃至 4.5μ にして皮層に入れる菌絲は一列並列にして Hartig's network を形成す (第 5 圖, C 参照)。

即土地甚瘠悪なる場合は之迄の諸例に徴して菌根非常に發達し殆ど聚合菌根となり、菌套も亦厚くならざるべからざるに、本立地の如く乾燥せる粘土地にして非常に緊密なる爲に空氣の流通悪き場合には其表層附近にては菌根を生じ菌套厚きも、深層に至れば菌根形成せられず通常根の形態も腐植少殺菌土に於けると同様になるを知るべし。

而して通常根の直径は 0.2 mm. 乃至 0.5 mm. に過ぎずして、下層の根の甚だ細き事、菌根殆んど發達せず菌套の形成無き事、並に根の分岐の状況等 (第 5 圖, A, B 参照) は第 III 節に述べし殺菌砂土に發芽生長せしめたる稚苗の根に酷似す、之れ本立地は腐植少きを以て菌根發達せざるべからざるに菌根の甚だ貧弱なるは、全く土壤粘土質にて甚だ乾燥し緊密なるため殆ど空氣の流通せざるに依るものにして、土壤を殺菌したるに同一結果になりたるものご思考す。

然し地表に近き部分の根に於ては空氣の流通稍々可良なるため、單一菌根 (第 4 圖, a 参照)、聚合菌根 (第 4 圖, b 参照) 及短かき通常根 (第 4 圖, c 参照) を認め得たり。

而して表層に近き所に存する菌根の横斷面を檢鏡すれば、菌套の厚さは 1.5μ 乃至 27μ にして稀に 45μ に達するものありて

IX. 總 括

種々土壤因子を異にする二三立地に就て松の菌根を觀察せる結果は次の如し。

立地の種類	腐植乏しき殺菌砂土に生長せしめたる根	適潤肥沃なる壤土地の根	適潤なる粘質壤土地の根	腐植少き適潤砂地の根	甚だ乾燥瘠悪なる砂地の根	乾燥瘠悪なる粘土地の根	
						上 層	下 層
菌 套 (μ)	菌套形成なし	菌絲僅かに存在す	1.5—22.5	1.5—45.0	15.0—45.0	1.5—45.0 多くは 1.5—27.0	菌絲を認めず
菌絲の直徑 (μ)	菌絲なし	3.0—8.0	1.5—4.5	1.5—8.0	1.5—6.0	1.5—4.5	菌絲を認めず

即ち

1. 土壤中の水分充分なるも腐植の量少き殺菌土にては、松の通常根は甚だ細長くなり盛に分岐し根毛を増加す。

2. 土壤中の水分適當にして腐植の量豊富ならば松の菌根は發達せず殆んど通常根よりなり、僅少の單一菌根を形成するも全然聚合菌根を缺き、根の大部分は表面に菌絲僅かに蔓延するに過ぎずして菌套を形成するに至らず、MÖLLER の歐洲赤松に就て行へる實驗も同一傾向を示したり。

3. 土壤中の腐植稍少なれば菌根發達し菌根も通常根の兩者を有す、而して菌根には單一菌根も聚合菌根も略々相半す。

4. 土壤中の空氣の流通宜しきも水分及腐植の量甚だ缺乏せる場合には菌根最も發達し、殆んど通常根の姿を認むる能はず、菌根には單一狀のものも聚合狀のものもを有すれども殆ど大部分聚合菌根より成り、菌套は實に厚く 15μ 乃至 45μ にして、根の皮層内細胞間隙に蔓延せる菌絲も非常に多く、HARTIG'S network は通例一列の菌絲よりなるものなるに 2 乃至 3 列に達す。之又 MÖLLER の歐洲赤松に就て行へる實驗も同一傾向を示したり。

5. 土壤中の水分及腐植の量甚だ缺乏し、(4) の如く菌根發達すべき筈の立地にては、其土壤粘土地の如く甚だ緊密にして空氣の流通宜しからざれば、菌根全く形成されず殺菌土(1) に於けると同様になり、通常根も腐植少き故(1) の如く盛に分岐し根毛を増加する筈なるも甚だ分岐少く、根毛も非常に少し。

6. 菌根發達し菌套の形成厚ければ通常根を減じて聚合菌根を増加し、菌根發達せずして菌套薄ければ通常根多くなり、單一菌根を増加し聚合菌根の姿を認めざるに至る、之菌根形成菌着生の多少に基く刺戟の大小に依るものなるべし。

(昭和五年四月、九州帝國大學農學部造林學教室に於て)

文 献

1. CHAMBERLAIN, C. J.; Method in plant histology. 1920.
2. DURAND, J.; The differential staining of intercellular mycelium. Phytopathology. Vol. I, 1911.
3. MASUI, K.; A study of the ectotrophic mycorrhizas of woody plant. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Uni., Vol. III, 1927.
4. McDOUGALL, W. B.; On the ectotrophic mycorrhizas of forest trees. Am. Jour. Bot. Vol. I, 1914.
5. McDOUGALL, W. B.; Mycorrhizas from North Carolina and Tennessee. Am. Jour. Bot. Vol. XV, 1928.
6. MELIN, E.; Untersuchungen über die Bedeutung der Baummycorrhiza. Jena. 1925.
7. MIMURA, S. (三村鐘三郎); 林木と菌根との關係 (II). 林業試験報告. 15, 1917.
8. MÖLLER, A.; Der Waldbau. Band I, Berlin, 1928.
9. PESSIN, L. A.; On the mycorrhiza of southern Pinus. Ecology. Vol. IX, 1928.
10. WAKSMAN, S. A.; Principles of soil microbiology. 1927.

SOME OBSERVATIONS ON THE ECTOTROPHIC MYCORRHIZAS
OF PINUS DENSIFLORA AND P. THUNBERGII

(Résumé)

Reizo SHIMIZU

We recognize it everywhere in Japan that *Pinus densiflora* and *P. Thunbergii* generally grow in such unfavourable habitats as coast dune or waste mountain-land. However, there is no fixed theory about its cause. We can conjecture that many special physiological characters will affect, but beside the ectotrophic mycorrhizas may have some causality on the pine growing. I observed, therefore, the external appearances and microtomic sections of ectotrophic mycorrhizas that were collected from various habitats, hoping to clear the difference among these mycorrhizas.

The results are the following:

(1) When the water content is enough and the humus is poor in the soil, the roots of the pine grow long and slender, then the roots branch off into many numbers and increase the root-hairs.

(2) When the water content is moderate and the humus is rich in the soil, the pine has many roots and few mycorrhizas which consist of single mycorrhizas, not compound mycorrhizas. On the surface of many roots, fungus filaments spread a little and they don't form the fungus mantles. The more poorer humus in the soil, the more the single and compound mycorrhizas increase. In case of the humus and water content in the soil being very poor but aeration being sufficient, ectotrophic mycorrhizas develop well and almost all of them become the compound mycorrhizas and a root can not be discovered. In this case the fungus mantles are very thick, being 15-45 μ in thickness. Hartig's network which is formed by two or three rows of fungus filaments develops well among cortical cells, in spite of the fact that it is formed generally by fungus filaments of one row. This resulted with the same tendency as the experiment of Möller's study on *Pinus silvestris*.

(3) In spite of the fact that ectotrophic mycorrhiza must develop under such conditions as given under (2), because of water content and humus being very poor in the soil, when the soil is very compact and the aeration is unfavourable as in clay land, the ectotrophic mycorrhiza can not be formed and it becomes like the root of the seedling that was cultured in sterilized soil. It must branch off into many numbers and increase root-hairs in the ordinary course as under (1), but it few branches off and has very few root-hairs.

(4) When the ectotrophic mycorrhizas develop well and the fungus mantles are very thick, the root is not found and the compound mycorrhizas increase. In the opposite case, roots increase and single mycorrhizas also are formed, but a compound mycorrhiza is not found. This may be due to the difference of stimulation which depending upon the quantity of Mycorrhiza-Producing fungi as Dr. Masui indicated.