

## グミの根瘤に就て

遠 藤 保 太 郎  
高 瀬 毅 一

## 目 次

1. 研 究 史
2. 根 瘤 の 形 態
3. 根瘤の組織と粘菌の所在
4. 根瘤粘菌の性状
  - (a) 鏡 檢 標 本
  - (b) 所 見
    - (イ) 粘菌の原形体
    - (ロ) 胞 子
5. 胞子の發芽試験
 

發芽とPHとの關係  
發生地の土壤のPH  
根瘤のPH  
胞子の發芽と各種の溶液
6. 世代の交番と核の行動
7. 分類上の所屬と命名
8. 根瘤の顯微鏡化學的検査
9. 根瘤中の酵素
10. 根瘤の含窒量
11. 要 約  
文 獻  
圖版の説明

## 1. 研 究 史

豈科植物の根には常にバクテリアの共生する根瘤なるものが有つて、空氣中の遊離窒素を攝取し、之を化合態のものとなす作用あることは一般周知の事柄であるが、其他の植物に於ても根瘤を有するものが尠からず發見されて居る。例へばヤマモモ科のヤチヤナギ (*Myrica Gale*, L.) シロコヤマモモ (*Myrica cerifera*, L.) カンバ科のハンノキ (*Alnus Japonica*, S.Z.; *Alnus incana*, Willd.; *Alnus glutinosa*, Gaertn.,) ヒナノウスツボ (玄參) 科の *Melampyrum*, ナツメ科の *Ceanothus*

americanus, L., ドクウツギ科のドクウツギ (*Coriaria Japonica*, A. Gray,) モクマノウ科のトキハギヨリウ (*Casuarina equisetifolia*, Forst.,) 松柏科のマキ (*Podocarpus chinensis*, Wall.;) イヌマキ (*Podocarpus macrophylla*, Don.,) グミ科のナツグミ (*Elaeagnus multiflora*, Thunb.;) *E. angustifolia*, L.; *E. argentea*, Pursh. 等である。

本題目のグミの根瘤に就ては、1886年に始めて Brunchörst 氏の *Elaeagnus angustifolia* を材料としたる研究あり、後 Schröter 氏は其根瘤菌を粘菌に屬する *Plasmodiophora* の一種に見做し *P. Elaeagni*, Schröt と命名した。

1908年に Zach 氏は同じく *E. Angustifolia* の根瘤中に菌絲の存在することを鏡檢し、粘菌に非ずして絲狀菌に屬すべきものとした。

1910年に Arzberger 氏は他のグミの木 *E. Argentea* にも根瘤の生ずることを認めた。

1912年 Spratt 氏はグミの根瘤中に桿狀及び球狀細菌を認め *Bacillus radicialis* と同様のものと説いた。

1917年柴田、田原兩氏は各種の根瘤植物に就て研究し、グミの根瘤はハンノキのそれと酷似せるもので、其微生物は放射菌 (*Actinomycetes*) 又は之に近きもので、根瘤の細胞内に繁殖し後吸収せられて寄主の養分となるものと發表された。

同年發行の Harshberger 氏著 “Mycology and Plant Pathology,” 中にはグミの根瘤菌を *Plasmodiophora eleagni*, Schröt. として掲げ、其所屬につき疑問の點ある故再檢を要すべしと附け加へてゐる。

以上の如くグミの根瘤菌に關しては學者によりて所見を異にし未だ確乎たる落着を見ないやうである。

筆者は偶々昭和三年(1928)五月二十七日に山崎壽氏より長野縣小縣郡神科村宇山口に於て採集されたグミの偉大なる根瘤を得て興味を感じ、爾來當校植物學教室在勤の今村良郷、茂山孝保、高瀬毅一の諸氏と共に實驗を試み、特に其根瘤菌に關しては從來の諸學者と見解を異にし粘菌に屬する *Tetramyxa* の一種なりとの考をいだくに至つた故、茲に報告いたす次第である。

## 2. 根 瘤 の 形 態

Schröter 氏は *Elaeagnus angustifolia* の根瘤についてハンノキのそれより遙に小さいと記してゐるが、予等の檢したナツグミ (*E. Multiflora*) では根の新古によつて根瘤の大きさに著しい差異があり、前記山口村でナツグミの大木から採集されたものは頗る巨大で、其最大なるものは略ぼ扁球形をなし、直徑11cm、高さ9cmあり、拳より大きい位である、而して之に恰も果實の柄の如く一方に附着せる根の太さは約1cmである。第二の大きさのもの(第一圖版B)は稍々扁楕圓形で長徑8cm短徑5cm高さ3.5cm位あり、太さ1cm許りの根の一側面に着生してゐる。

新しい若い根に附いて居る根瘤は概して小形であつて、昭和六年四月二十八日東京興農園から購入した埼玉縣安行村生産の夏グミの挿木苗三年生のもは100本全部根瘤を有し(第一圖版A)、挿穂の下端部及び根の三年、二年生の部分に於て複雑に分岐し塊狀をなせる大小不同の根瘤を見、又最近發生せる鬚根の部分にも結節狀をなして多少膨起せる箇所を認める。

根瘤の發育状態は、最初新稚なる根の一部に小點狀をなして現れ次第に發達して倒卵形となり、其長さ3mm位に及ぶや頂端部は通例二又、往々三又に分岐を始め、新に前同様の發育を繰返す。斯くして年を重ねる毎に分岐を増し、根瘤集塊は愈々増大し遂に拳大にも達するもので、それ迄に十數年乃至數十年を経過するものと見られる。(第一圖版B)

而して若き根瘤の發育しつつある頂端部は白色を呈すれども、次第に其表面に木栓層を生じて褐色を帯び、更に年月を経過すれば外部組織の壞頽によりて甚だ粗糲となる。

### 3. 根瘤の組織と粘菌の所在

根瘤の組織は大體に於いて栓皮、皮層及び中心柱の三部に分つ事を得るが、其他頂端部の生長點に

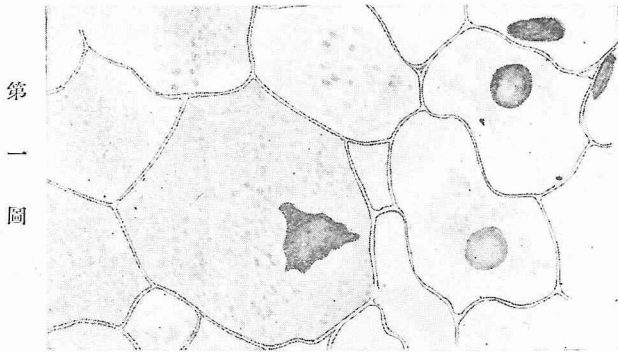


圖 解

根瘤の皮層組織に於ける巨大細胞中の多形核及び圓形膨大核

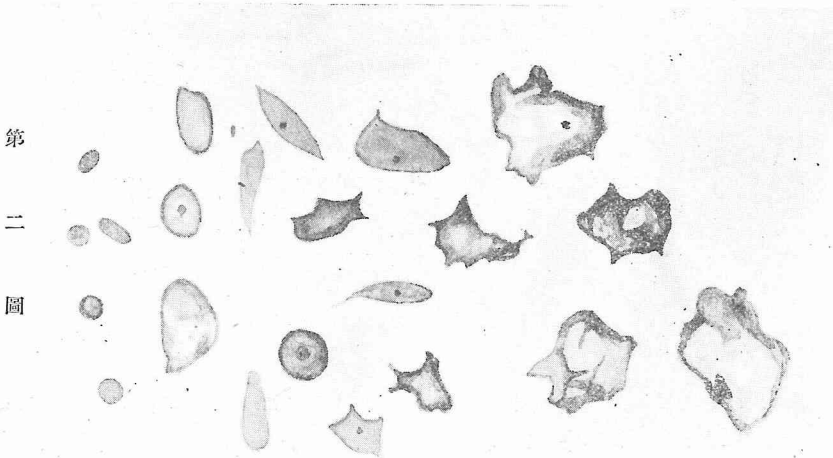


圖 解

根瘤細胞中の核の變化  
左端の小核は正常のもの他は膨大せる多形核

は分裂組織が存在する。

(イ)栓皮 根瘤の周邊に存し、數層の細胞より成り。其内面に位する木栓形成層から分裂して出來たもので、根の正常の部分に於けるものと殆ど同様である。而して栓皮の細胞中には一般に粘菌を含まないが、部分的には木栓形成層及び其附近の細胞が其の浸入を受けてゐるのを認める。(第二圖版A)

(ロ)皮層 此組織は根瘤の大部分を占めて居るもので、粘菌の住居する所も専ら此部分である。皮層細胞中粘菌を含めるものは著しく膨脹して巨大となる性あり、今其例を擧ぐれば、

番 號	粘菌を含める巨大細胞		普通皮層細胞	
	長 徑	短 徑	長 徑	短 徑
1	98 $\mu$	60 $\mu$	34 $\mu$	18 $\mu$
2	106	72	38	25

3	115	83	37	23
4	161	61	57	37
5	78	75	50	42
6	83	60	48	35
7	110	72	43	37
8	118	70	70	38
9	147	67	49	25
10	102	77	30	28
平均	112	70	46	31

即ち、長徑、短徑とも二倍以上の差があり、長短徑の相乗積では7840:1426の比となり更に体積に就て云へば大差を生ずる譯である。

細胞の膨大に伴ひ細胞核も亦膨大するもので、核は初め扁球形をなせる正常の外形を保ちつつ膨脹すれども、後には一端に鋭き突起を生じ或は兩端漸尖して紡錘状をなし、又多極的に突起を生じて所謂多形核 (Multiform nucleus) となる。而して巨大なる多形核は正常核に比較して十數倍乃至數十倍の容積にも達する。而して其内容も亦著しき變化あるものの如く、巨大核では實質は周圍にのみ存し内部は空虛となり液体を充す。仁は或程度迄膨大變形せる核中に於ても猶一二個認められるが、極端に膨大せる核中に於ては全く不明である。

兎に角、粘菌の發育する細胞内に在る細胞核は之が爲に破壊消滅せしめらるることなく却つて膨大することは、豈科植物の根瘤の場合と共通の事項で特に注意を拂ふに値する。

(ハ)中心柱(stele) 根瘤の中心部に位し、新稚なる根瘤では一條であるが、生長點の二又に分れかけた根瘤では中心柱も其先が二又に分れる。

普通の根に比較して根瘤は皮層部の肥厚顯著なるに反し中心柱は狭小である。而して維管束の發達も甚だ劣り太き導管を欠いてゐる。

粘菌の存在は皮層部に於ける如く顯著でないが、木質部及び韌皮部の柔細胞中に多少之を認めることが出来る。

(ニ)分裂組織(Meristem) 根瘤の成長點の所に存在し、層状をなし、小形の緻密なる細胞組織より成り、原形質に富む。此分裂組織より内方へは主として皮層の柔細胞及び中心柱が新成され、外方へは恰も根端に於ける根冠の如く木栓組織が形成される。

根瘤に於ける細胞分裂に際し核は決して間接分裂の諸相を現すこと無く、著者等が嘗て桑の粘菌根瘤に就て確めたる如く常に直接核分裂を行ふもので、成長點に於ける分裂組織の核の形態を精査する時は、先づ圓形より橢圓形に移り其の中程に縊れを生じて俵形となり、遂に兩分することを明に認め得られる。

成長點に於て、細胞中に粘菌を含むや否やは、該細胞が甚だ小形であり且つ原形質を充満せるがため、之と酷似せる粘菌体を明に識別すること頗る困難であるが、成長點の中心から若干隔れる分裂組織中には確實にアメーバ状をなせる粘菌が細胞核の附近に存在するのを觀察し得るから、之より推して成長點の細胞中にも粘菌を含むものと考へられる。

(ホ)根瘤の古き部分の組織 年月の経過と共に根瘤が次第に分岐して複雑なる形状となれる時、其組織は如何に變化するかと云ふに、皮層部以外は壞腐腐敗し去り、中心柱だけが殘存し寄主の根と連絡を繼續する、而して中心柱の周圍には別個の木栓形成層 (Phellogen) が現れて木栓層を作り内部を保護するものである。

従て多年月を経過せる大根瘤では、其末梢部の白味を帯びた新しい部分即ち一二年以内に成長した

部分にのみ、粘菌を含み内部の密に分岐せる褐色の部分は全く粘菌を含まず、唯在中の維管束によりて専ら養水の通導を営むわけである。

#### 4. 根瘤粘菌の性状

##### (a) 鏡檢標本

予等の供試材料は前記の山口村に於けるナツグミの古木に生じたる大根瘤及び東京興農園から取寄せたナツグミの苗木 100本の外、上田市中から得た若干のもので、苗木及び根瘤の着生せる根の一部を實驗室の附近に假植し置き必要に應じて掘取り供用した。

臨時鏡檢標本としては根瘤の徒手薄片を製し、水其他の試薬を用ひて觀察した。水を用ふる場合には根瘤の組織中に無色或は淡黄褐色を呈する粘菌の原形体を認め、又光輝ある球狀の胞子を觀察されるが、精細なる研究は勿論染色永久鏡檢標本によらなくてはならぬ。

プレパラートの作り方は、先づ根瘤の新鮮なる若い部分を切取り、更に分岐せる末梢部を個々切分け、水洗したる後固定液に投ずる。固定液としては1%クローム酸水溶液若しくは醋酸昇汞水溶液を用ひた。パラフィン埋藏及びマイクローム截斷は常法の如く行つたが、其質脆弱なるため屢々截斷上困難を感じた。

染色はフレンジ氏三色染法若しくはハイデンハイン氏鐵明礬ヘマトキシリン染法を施す。前法によれば粘菌の原形質は大概赤紫色、紫色或は帶紫鼠色を呈し、Chromatin は濃赤色となり甚だ顯著である。又後法によれば粘菌体の Chromatin 及び寄主細胞の核が黒紫色を呈し觀察に便である。

##### (b) 所見

予等の供用したる材料の範圍内に於ては、グミの根瘤中には常に粘菌を含み居り、決して他の絲狀菌、放射狀菌若しくは細菌等を其の起因者として認むるを得ない。

併し該粘菌は頗る多形を呈するもので其の發育に従ひ又部分的に性状を異にし且つ胞子を造る時期の前後に於て種々なる變化をなすもので、之を詳細に又核學的に闡明せしむることは随分困難であり將來更に攻究を要すべきものであるが、今予等の觀察を基礎として其の概要を述べやう。

##### (イ) 粘菌の原形体

グミの根瘤組織中に存在する粘菌の原形体には凡そ三種の分化を認めることが出来る。即ち營養原形体、黄褐原形体及び凝固原形体の三種で、何れも便宜上附けた名稱である。

最初の營養原形体は無色半透明で流動性を帶び、時としては其實質が多少網狀若しくは流紋狀を呈する。それがため動もすれば菌絲と誤認され易い。核の存在は染色法によるも不明である。(第二圖版ACDエ)

此種の原形体は根瘤の分裂組織に於ける若い細胞内に粘液アメーバ狀をなして存在し、又皮層の組織中に廣く分布して居り、細胞の内部のみならず、細胞間隙にも存在する。(同圖版CS) 尙屢々細胞膜の一部が破壊されて原形体が細胞から細胞へと蔓延せる形相を明に認め得るのである。従て原形体は寄主の細胞分裂に伴ひ娘細胞へ傳ると共に、Kunkel氏(1918)が十字科植物の根瘤粘菌に就て認めたる如く此粘菌に細胞侵入性あることを知る。

第二の黄褐原形体は上記の營養原形体から直接變化したものと見られるが、其色澤及び實質上の差異から顯微鏡下に於いて容易に識別される。而して常に普通の營養原形体と寄主の細胞を異にし主として根瘤の皮層部に散在するが、亦稀に中心柱及び木栓形成層附近にも分布して居る。

木栓形成層附近に存在する新成黄褐原形体を見るに、普通の營養原形体の内部へ黄褐色の顆粒狀をなして生じ(第二圖版BCキ)

又稍々大塊の原形体をなす時は其實質中に大小不同の空胞を充すを見る。(第二圖版Aキ)

皮膚組織中に於ても部分的には黄褐原形体が普通の營養原形体若くは凝固原形体と連続して移行的状態をなして居るのを認める。

而して黄褐原形体は小顆粒状をなして寄主の細胞内を充すこともあるが、又粗大なる不規則形の顆粒として細胞の内壁を繞りて附着し中程に大なる空隙を残す傾向がある。(第二圖版Bキ)

黄褐原形体の實質は緻密で普通の營養原形体と異り色素によりて容易に染まらないものである。又其中に核の存在することを證明することが出来ない。

斯の如く粘菌の原形体が部分的に黄褐質に變化する理由は、本來の性質に基くものか、或は寄主の細胞含有物に對する反應としてであるか疑問であるが原形体の變異現象として興味多きものである。

第三の凝固原形体は根瘤の皮膚組織中特に巨大細胞中に充滿して居る點から考へて、營養原形体が充分發育して成熟したものと認むべきであらう。其實質は一様の輪廓判然たらざる球形の顆粒より組成され、染色プレパラートでは Chromatin 及び核の形態を明に觀察することが出来る。即ち稍々成熟に近づいた凝固原形体では所々に散在して微小なる Chromatin 粒を見るが、更に進んだ時期には散在せる Chromatin の外に球形の直徑 2—3.5 $\mu$  ある成形核が現れる。其核内には矢張り濃く着色する Chromatin が若干含まれて居る。(第二圖版E)

尙核の周圍には個々原形質を繞らし、將來胞子を形成するに至るもので、畢竟凝固原形体は粘菌が其營養期から造胞期に移らんとする楷梯期に相當するものと認められる。

#### (ロ) 胞子

グミの根瘤粘菌は容易に胞子を生産する性質を有し、根瘤が相當の發育をなせば常に其の細胞中に夥多の胞子が見られる。予等の標本では三月二十五日採集の新稚なるものに凝固原形体が無數の核を含めるを見、五月二十六日及び六月二十一日採集の分に於て胞子及び其の發育順序を明瞭に窺ふことが出来た。

胞子は四個一團をなして所謂四分子 (Tetrad) 型をなすものが正常であり、それは各胞毎に少しく膨出し境界線の所は縊れて居るが、大体に於て球形で直徑5—8 $\mu$ あり、可なり厚い平滑なる被膜を以て覆はれ、胞内には顆粒を含まず、中心部に濃く着色する Chromatin が存在してゐる。(第二圖版H)

四分子型胞子の外同時に單胞のもの或は二個乃至三個の細胞より成立せるものを見られるが、之等は胞子の母細胞であるか、さなくば異常分裂をなした胞子である。尙根瘤の古い組織中には四分子型胞子が瓦解して單胞球形の胞子となれるを認める。その直徑約4—5 $\mu$ である。

寄主の組織中に於て胞子の存在する場所は、通例、凝固原形体に伴ふもので、其物から直接生産されることを明示して居る。而して胞子は寄主の細胞中に殆ど充滿する程多數含まれることも有るが、少くとも最初はその内壁に沿ふて形式される傾向が顯著である。(第二圖CDホ) 此點は他の粘菌の一種 Membranosorus Heterantherae, Ostf. and H.E. Pet. 等と類似せる所である。

### 5. 胞子の發芽試験

實驗方法 根瘤の新鮮なる部分を探り、之を乳鉢乳棒で細碎し少許の水を加へ、凹窩臺硝子を用ひて懸滴裝置となし、時間の経過に伴ふ發芽の状態を鏡檢する。

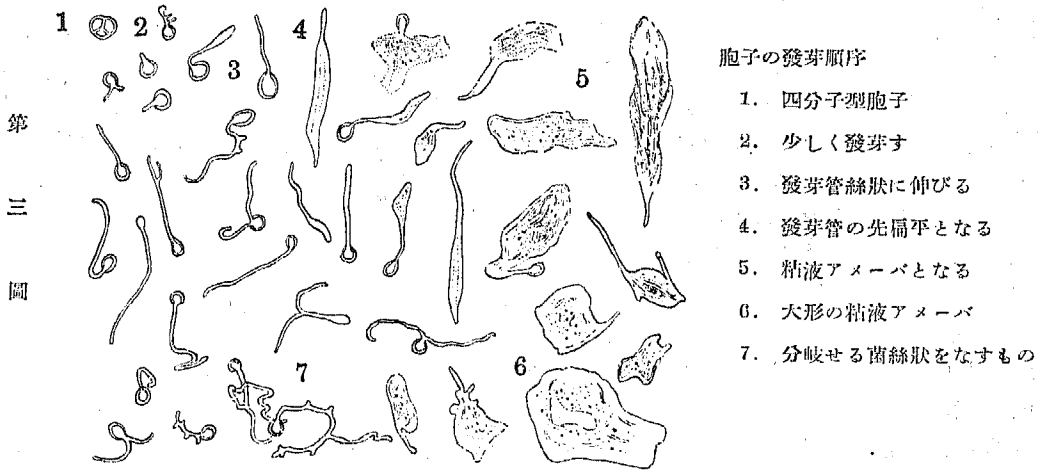
實驗成績 七月十四日着手當時鏡檢せるに四分子型胞子の外多數の單胞胞子を見る。而して前者には全く發芽せるもの無きも、後者には多少發芽管を生じたものあり、即ち根瘤内に於て既に發芽を萌し居ることを知る。發芽管は極めて細く胞子の一端から出で長さ3—5 $\mu$ 位で、稀には基部から二又に

分れたのがある。(圖3)

室温にて二日目20時間後には、發芽管伸びて17 $\mu$ に達したのがあり、發芽胞子數も増してゐる。

三日目48時間後には長く伸びた發芽管が屈曲したり、分岐したり、或は扁平となり多少粘液アメーバ状を呈するも運動性を認めない。

四日目72時間後には更に發育進み發芽管が菌糸状に長く伸び分岐するものあり、又粘液アメーバ状に發育したものは長さ50—60 $\mu$ 幅10 $\mu$ 内外の紡錘形其他不規則形をなし、其實質は無色で透明質が細い



胞子の發芽順序

1. 四分子型胞子
2. 少し發芽す
3. 發芽管絲狀に伸びる
4. 發芽管の先扁平となる
5. 粘液アメーバとなる
6. 大形の粘液アメーバ
7. 分岐せる菌絲狀をなすもの

第  
三  
圖

脈状をなして分布し其間隔の所は顆粒質である。(3圖5)

五日目以後更に發育進み、粘液アメーバの大形のものは長さ40 $\mu$ 幅28 $\mu$ に達し外邊部が透明質、内部が顆粒質で大なる空胞を含んで居る(同圖6)、又菌絲狀の發育をなしたものは長さ40—50 $\mu$ 幅1 $\mu$ 位で分岐し又所々に小突起を帯びて居る、但し節膜の如きは少しも認められない。(同圖)

上記の發芽試験によれば、胞子は夏季常温で水中に在て容易に發芽し、先づ細き絲狀の發芽管を伸ばし數日以内に其の先が扁平となつて粘液アメーバ状に發育するが、亦菌絲條に長く伸びて分岐するものもある。而して或種の粘菌に見られる様な活潑の運動性を有する游走子の如きは全く生じない。

發芽とPHとの關係

水道水に酸若くはアルカリを加へてPHを1乃至10の十區に分ち試験管を用ひて胞子の發芽試験をなしたる結果は次表の如くである。

	PH.1	PH.2	PH.3	PH.4	PH.5	PH.6	PH.7	PH.8	PH.9	PH.10
24 時間後	21.7	22.7	21.4	24.2	29.5	30.2	27.3	21.8	21.3	23.5
48 同	20.0	23.6	25.3	33.3	35.5	36.2	39.7	28.9	22.2	25.4
72 同	23.4	25.3	23.9	32.3	30.0	33.3	34.3	36.0	20.0	28.3
96 同	22.7	22.9	23.8	30.0	31.2	32.4	38.4	31.4	25.6	25.0
平均%	21.95	23.62	23.60	29.70	31.55	33.02	34.92	29.52	22.27	25.55

備 考 (1) 此試験は昭和六年十二月に行つたものである。

(2) 22°Cの恒温器中で行ふ。

(3) 根瘤を擦り潰した際直に調べた発芽歩合は22.3%であつた。即ち根瘤中に於て既にこれだけ発芽して居たものである。

上表によれば、PH3以下は何等発芽促進を示さない。PH4からPH8迄は発芽歩合が可なり多い。而してPH6、PH7の所が最大である。又PH9以上は殆ど効果が無い。即ち本菌の胞子は中性若くは微酸性の液中に於て最も能く発芽することを知る。

経過時間と発芽歩合との関係を見るに、24時間にして大休の差別を生じ48時間を経れば各區とも既に最大発芽数を示し、其の後は著しき變動を見ないのである。

發生地の土壤のPH

長野縣小縣郡神科村宇山口の夏グミの大木の大きな根瘤を發生した場所の土壤の反應は如何であるかに就て昭和六年五月に検査したる結果は次の如くである。

板野式によれば PH6.08

比色法によれば PH6.00

但し使用水のPH6.80であるから發生地の土壤は稍々酸性である。

尙此發生地は毎年薪を高く堆積した場所で其下へグミの根が擴つて居たものである。

根瘤のPH

グミの根瘤を擦りつぶし、之に二倍量の水を加へて其PHを測る。

板野式によれば根瘤のPHは 5.34

使用水のPHは 6.56 (但し比色法によればPH6.80)

即ち根瘤の組織は可なり強い酸性である。併しPH3以下が胞子の発芽を抑制する酸度であるから、根瘤の細胞液の反應は胞子の発芽上別に抑制作用を呈するもので無い。現に根瘤組織中に在り乍ら発芽せる胞子の多數を認むる事を得るのである。

胞子の発芽と各種の溶液

ブイオン、葡萄糖、バイエリンク氏液、木灰エキス、蔗糖、グミの根の煎汁、マンニツト培養基等を用ひて発芽に及ぼす効果を調査したる成績は次表の通りである。

	24時間後	48時間後	72時間後	平均 %
(イ) ブイオン	23.6%	21.3%	18.2%	21.03%
(ロ) 葡萄糖	29.0	27.8	30.9	29.23
(ハ) バイエリンク氏液	28.9	26.4	31.7	29.00
(ニ) 木灰エキス	27.1	26.8	27.6	27.17
(ホ) 蔗糖	33.3	30.4	35.1	32.92
(ヘ) グミの根の煎汁	20.0	16.5	14.0	16.83
(ト) マンニツト培養基	24.6	24.0	19.2	22.60

備考 (1) 此試験は昭和六年十二月に行つた。

(2) 試験に用ひた恒温器は22°C。

(3) 各溶液の處方は次の通り。

イ) 蒸溜水	1000	ペプトン	10
肉エキス	10	食鹽	5
ロ) 葡萄糖	1	水道水	100



ハ)	マンニツト	20	燐酸二加里	0.2
	水道水	1000		
ニ)	木灰15gを1立の水道水にて浸出せるものと			
	蔗糖	10	燐酸二加里	3
ホ)	蔗糖	3	水道水	100
ヘ)	グミの根50gを水道水1立にて浸出せるものと			
	蔗糖	20	食鹽	10
ト)	土壤1kgを1立水道水にて浸出せるものと			
	マンニツト	10	燐酸二加里	0.5

(4) 根瘤を擦り潰した時既に發芽せる胞子の歩合は22.1%であつた。

上表の發芽歩合を見るに蔗糖液が最も發芽促進の效果あるものの如く、之に次ぐは葡萄糖、バイエリンク氏液、木灰エキス等で、之に反しブイオン、グミの根の煎汁、マンニツト培養基等では全く効果を認められない。

又前項PHと發芽との關係に就て見たると同様に時間の経過による發芽歩合の増加は24乃至48時間内に大体決定し其後は著しい變動を見ない。而して發芽促進の最大なる蔗糖の場合にも24時間内に約10%の増加に過ぎず、其後大差を生じない。尙蔗糖を用ひた場合とPH6.7の水道水を適用したものとを比較するに、其効果に於て大差を認めないのである。

## 6. 世代の交番と核の行動

根瘤粘菌の生活環を考察するに、最初グミの根へ侵入するものは胞子から發生した粘液アメーバであらうが、之は游走子の如く活潑なる運動をなすもので無いから、恐らくグミの根の直ぐ附近に胞子が落ちて發芽し雨水其他他働的の力によつて新稚なる根端に接觸した様な場合に限つて侵入し得るものと認められる。

而して一旦寄主の細胞に入つて生活することになれば、其れの刺戟（或は遊離窒素の固定による養分の蓄積）によつて寄主の細胞が異常なる分裂機能を起し旺んに新細胞を形成して遂に肥大なる根瘤を作るに至る。

Nawaschin 氏は十字科植物の根瘤粘菌 *Plasmodiophora Brassicae*, Wor. に就て「粘液アメーバは一細胞より隣接細胞に移轉することなく一病竈の擴大するは最初より侵入を受けたる細胞の分裂するによるものにして病竈の數は即ち侵害を受けたるだけの數に同じ（出田氏の記載による）」と説いたが、グミの根瘤の場合にも其位置、形狀及び組織の有様から推して最初單に一個の粘液アメーバが侵入して、そこに一個の小根瘤を形成し、次第に複雑となつて大根瘤を作るものと思はれる。併し胞子から出たばかりの粘液アメーバは有性世代で染色体の數から云ふと單數即ちx個を含む Haploid の時代であると認められるから、粘液アメーバは寄主へ侵入する以前に於て他の粘液アメーバと一緒に癒合して2x個の染色体を含む Diploid となつて居るものと考へざるを得ない。果して其れが事實かどうか證明は困難であるが、他の粘菌類に於て一般に粘液アメーバが癒合して原形体 (*Plasmodium*) を作る習性があるからグミの根瘤粘菌でも左様想像するのが至當であらう。

而して根瘤細胞中にある粘菌は寄主の細胞分裂に伴ひ同時に分裂し娘細胞へ傳はり其内部に於て發育するは勿論、自働的に寄主の細胞膜を破つて他の細胞へ侵入し或は細胞間隔へ蔓延し得る能力あることは、Kunkel 氏が *Plasmodiophora Brassicae* に於て認めたと同様である。尙粘菌が根瘤中に於ける増殖法は單に營養的發育によるもので、根瘤組織中に在つて多數の粘液アメーバが互に癒合し

て原形体を成すものとは考へられない。従て Prowazek氏(1905)が *Plasmodiophora Brassicæ* に就て、又 Osborn氏(1911)が *Spongospora subterranea* に就て説いた様な根瘤内に於ける粘菌の核が二個宛癒合すると云ふ現象はグミの根瘤粘菌では肯定出来ないことである。

予等が染色プレパラートをもつて観察したところによれば、根瘤の分裂組織及び其附近の若い細胞中に存在する粘液アメーバには何等明なる核の存在を認められない。又組織中に蔓延する營養原形体並びに黄褐原形体にも矢張り固有の着色をなすところの成形核を観察し得ない。併し全然核質の存在しないものでは無く恐らく鏡検し難い物質として原形体内に分布し。例へば原生動物に屬する鞭毛虫の一種 *Tetramitus* の營養期に於て見らるる如く所謂散在核 (Distributed nucleus) の状態をなして居り、營養体が成熟して分裂を起さんとする時に至り、Chromatin granule として現はれ之が集合して成形核を生ずると同様の現象であらう。

實際グミの根瘤の粘菌では成熟期に近づいた凝固原形体中には無数の成形核が互に接近して生じ恰も蛙の卵塊の如き觀を呈する。而して各核内には濃く着色する染色体を明瞭に見られる。(第二圖版E)

尙斯の如き成形核の外、原形体中に散在する顆多の微小なる染色質粒を見るが、其れは恐らく Chromidia 或は Chromidiosomes と名づくべきもので、此ものは孢子の既に形成された後の残留原形体中にも前より稍々大なる粒子として散在する。(圖版F)

次に、凝固原形体中の成形核を個々點檢するに、一般間接分裂に稍々似たる諸相を窺ふことが出来る。即ち synapsis, diakinesis 等の諸期と見做すべき状態があり、又染色体の數は12個のものと6個のものがある。之により原形体中には元々12個の染色体を含める核が存在し、その減數分裂によつて6個の染色体を含める核が出来たと解釋される。

次に6個の染色体を含めるものは其の周圍に少許の原形質を繞らし子胞母細胞 (spore mother cell) となり、更に分裂を重ねて結局四分子 (Tetrad) を形成するのであるが、此場合核の有様を見るに、孢子母細胞では最早六個の染色体無く、中央部に一個の比較的大なる染色体を含むのみである。(第二圖版H)

其後、該染色体は長く伸びて桿狀となり、或はY字形、十字形を呈し、それが斷裂して四分子の各胞に一個宛入る。

即ち孢子母細胞から四分子の出来る際は直接核分裂によるものである。但し其方法は高等植物の直接核分裂とは趣を異にし、染色体の分裂が主で、正常形の核の分裂では無い。

兎に角、孢子母細胞は最初6個の染色体を含み Haploid に屬するものであるから、それから直接分裂によつて生じた四分子は Haploid なること當然である。

而して孢子の發芽によつて生ずる粘液アメーバも亦 Haploid であるから前に述べた通り之れがグミの根へ侵入する迄に他の粘液アメーバと癒合して Diploid となるべきものと思はれる。

他の粘菌類に就て Vonk氏は游走子、粘液アメーバ及び原形体を有性(x)世代とし、子嚢体 (Sporangium)及び孢子を無性(2x)世代と見做したが、Jahn氏は *Physarum didermoides* に就て眞の核の接合は子嚢体の生ずる初期に起ることなく粘液アメーバが合して原形体を作る時にあるを以て原形体は既に倍數(2x)の染色体を有するものにて無性世代に屬すべきことを報じて居る。

予等のグミの粘菌の場合は後説の如く原形体は12個(2x)の染色体を含めるもので無性世代に屬し、それより間接分裂によつて生ずる孢子母細胞は半數の染色体6個(x)を含み既に有性世代に入つたものである。

## 7. 分類上の所屬と命名

グミの根瘤中に存在する微生物が粘菌に屬するものなることは、既述の形態的標徴に照して確實である。

Schröter 氏始め多くの學者の分類によれば粘菌(變形菌、Myxomycetes)を次の三族となす。

- (1) *Acrasieae* 子嚢を形成せず、胞子は裸出して生じ、その發芽によりアメーバが出て多數集合し緩き原形体をつくる。一般に死物寄生をなす。
- (2) *Phytomyxinae* 他の粘菌と異り活物寄生をなし、寄主の細胞内に原形体を蔓延し胞子をつくる。
- (3) *Myxogasteres* 死物寄生にて、子嚢中に胞子を生ず。而して胞子より游走子出で後アメーバに變じ多數癒合して原形体となる。

此分類によればグミの根瘤粘菌は *Phytomyxinae* に入ること勿論である。

*Phytomyxinae* には *Plasmodiophora*, *Phytomyxa*, *Tetramyxa*, *Sorosphaera*, *Sorodiscus*, *Spongospora*, *Membranosorus*, *Liguiera* 等の諸屬があり、最後のものを除けば凡て根瘤を形成する性質がある。

而して *Plasmodiophora* は胞子圓く、寄主の細胞中にバラバラに生じ、組織の腐敗に伴ひ土中へ出る。*Phytomyxa* は胞子が桿状或は角ばれる不規則形をなす。*Tetramyxa* は胞子が四分子形をなす。*Sorosphaera* は胞子が多數集まつて中空の球状をなすもの。*Sorodiscus* はそれに似て橢圓形の集團をなすもの。*Spongospora* は胞子の集團が海綿状をなすもの。*Membranosorus* は寄主の細胞の内壁に洽ふて胞子の配列するもの、又 *Liguiera* は一定の胞子集塊をつくるものである。

之等諸屬中グミの根瘤粘菌に該當するものは *Plasmodiophora* か *Tetramyxa* であるが、胞子の四分子型をなす點から後者に屬せしめるが妥當であらう。

*Tetramyxa* につきては Goebel (1884) Maire 及び Tison (1911) 等の發表あり。*Ruppia rostrelata* と云ふ水草の莖葉及花梗に最初白色後褐色を呈する0.5—1mm大の疣瘤を生じ、その組織中に無數の無色平滑なる四分子型胞子を産する。甚だ稀有の種類で單に *T. parasitica* Goebel なる一種しか知られて居らぬ。尙胞子の發芽によつて游走子を生ずるかアメーバを出すかは未だ觀察されて居らぬが、若し游走子を生ずるものとすれば、グミの粘菌は必ずしも其と同屬のものであると認め難いけれども、他に該當する屬が無いから暫く同屬と見做して差支ないことを信ずる。依てグミの根瘤粘菌を *Tetramyxa* 屬の一新種として次の如く命名する。

*Tetramyxa Elaeagni*, Y.Yendo. sp.nov. 因みに Schröter 氏が他種のグミ *Elaeagnus angustifolia* の根瘤粘菌につきて *Plasmodiophora Elaeagni* と命名されたものと上記のものとは或は全く同屬同種ならんかとも思惟されるが的確なる證なきため疑問とする。

## 8. 根瘤の顯微鏡化學的検査

根瘤の組織は粘菌を宿すが爲に、他の活物寄生の如く養分の消失缺乏を見ることなく。却つて多量の養分を蓄積するもので、此點は豈科植物の根瘤と同様である。今顯微鏡化學的に檢したる二三の養分の存否及び組織中に於ける分布状態を示さう。

### (a) 澱粉

根瘤の徒手切片を製し沃度沃度加里を注いで鏡檢する。

澱粉は黒紫色の圓い大小の顆粒として皮層の組織中に多量に存す。他の木栓層、維管束及び生長點

附近の分裂組織内には之を見ない。而して皮層組織中に於ても粘菌の含まれて居る大細胞内には澱粉粘を存せず、其間に介在する小細胞中のみ澱粉粘を多く含んで居る。

尙粘菌体は沃度により黄褐色を呈する。

(b) 脂 油

Sudan III のアルコール溶液を以て染めて見る。脂油は木栓組織分裂組織、維管束等に存在せず。皮層の内部細胞に於て生息する粘菌の原形体中に多量に含まれてゐるが、全体として赤く着色するだけで、高率に廓大するも個々の脂油球を明視するを得ない。

(c) 砂 糖

Fehling氏溶液を用ひて鏡檢するに、還元糖の反應として生ずる酸化銅の微小なる褐色の複結晶は、根瘤の皮層組織中、殊に粘菌を含まざる小細胞中に多く存在するを見る。而して多くは散在するも往々可なり大なる集塊をなすものがあるから、之等の細胞中には相當多量の還元糖が含まれし事を知る。

粘菌体は淡紫色を呈し体内の顆粒が顯著となる。尙細胞中の澱粉粘は大に膨張せるを見る。

(d) 蛋 白 質

前記の Fehling 氏溶液の反應に於て粘菌体が淡紫色を呈することは其の物が蛋白質と同反應を現す原形質から成立せるためである。

Millon氏 試薬を用ひて鏡檢するに、殆ど根瘤の全組織が褐色を帯びるが、特に粘菌体の凝固原形体及び營養原形体は赤褐色を呈し明に蛋白質性反應を示すに對し、黄褐原形体は黒蔗色に變り、根瘤の皮層部内皮及び中心柱の或細胞中に存在し極めて顯著である。之によつて黄褐原形体は粘菌体の他の部分と異り特殊の成分を有することを知る。尙根瘤の外邊に發達せる木栓層も黄褐原形体と殆ど外觀上同様な黒蔗色を呈する。

(e) アスパラギン

根瘤の切片に無水アルコールを注いで見るに、何等アスパラギン固有の菱形結晶を生じない。

### 9. 根 瘤 中 の 酵 素

根瘤中には前節に見たる如く澱粉、脂油、蛋白質、砂糖等の物質を含んで居るから、之等に關係する酵素類の存在すべき事は當然推察されるが、今主なる酵素につき根瘤部と正常の根の皮及び本質部に於ける含有量の多少を比較すれば次の如くである。

酵素液としては根瘤或は根の皮と木質部を離したものを夫々よく水洗し細切して乳鉢中にて磨潰し一定量の水を加へて濾過したものをを用ひる。

(イ) アミラーゼ (澱粉分解酵素)

定量方法 0.5%馬鈴薯澱粉水溶液 (加温濾過したるもの) 10cc宛をとり、之に酵素液5cc宛を加へたる後ルゴール氏液を滴下して青藍色を呈せしめ、此色が次第に消えて無色に復する迄の時間を計り、その速度によつてアミラーゼの多少を比較する。

實驗成績

	根瘤	根	
		皮 部	木質部
第一回	5分	10分	56分
第二回	4	10	48

第三回	8	13	67
第四回	7	13	65
平均	7	11.5	59

備考 第一回第二回の室温14°C

第三回第四回の室温13°C

標準區は褪色を了る迄2時間を要する。

如斯根瘤中には最も多量のアミラーゼあり根の皮部之に次ぎ其の木質部には極めて少量なることを知る。

(ロ) リパーゼ (脂油分解酵素)

定量方法 寒天2.5オリーブ油1.0フェノールフタレン1%液1.0苛性曹達  $\frac{1}{10}$  規定液0.5水100.0の割合に混ぜた溶液の一定量を取り試験管内に固化せしめ、その上に酵素液5cc宛を注加し、室温(十一月中旬)に二日間放置し淡橙色に着色せる固化物の褪色程度を比較してリパーゼの多少を判定する。

實驗成績

	標準管	根 瘤	根	
			皮 部	木質部
第一回	5	3	2	2
第二回	5	3	2	2.5
第三回	5	4	2	1.5
平均	5.0	3.3	2.0	2.0

備考 標準管の色の程度を5と假定した。

之によればリパーゼは根瘤中に少く却つて根の皮及び木質に多きを見る。

(ハ) トリプシン (アルカリ液中蛋白質分解酵素)

定量方法(A) 少量の着色フキブリンを試験管に入れ、之に0.1%曹達水10ccを加へ更に酵素液5ccを注ぎ一週間恒温器(30°C)中に放置し、酵素によりて消化され溶液中に浸出し來たる色素を標準區と比較し其の濃淡の差によつて判定する。

實驗成績 二回とも陽性の結果を示さない。

定量方法(B) 7gramの膠を100ccのチモール飽和液中に加温溶解せしめ之を試験管中に固化させ其上へ酵素液5ccを注加し一週間恒温器(15—17°C)中に放置し液化する膠質層の高さを比較してトリプシンの多少を判定する。

實驗成績 何等陽性の反應なし。

定量方法(C) 7gramの膠を100ccの水に加温溶解し試験管中に同化せしめ、之に前同様酵素液を加へて恒温器中に一週間放置し膠質層液化の高さを測定し比較する。

實驗成績 膠質溶解せず陽性の結果を得られず。

(ニ) ペプシン (酸性液中蛋白質分解酵素)

定量方法 カルミンにて着色せるフキブリンに0.2%の稀鹽酸を加へて膨脹せしめ之を剪刀にて略同形同大に切分け、0.2%の鹽酸を含有する酵素液10ccを盛れる試験管中に投じ四日間放置したる後上澄液の着色程度を標準區と比較して判定する。

實驗成績

標準	根 瘤	根	
		皮 部	木質部
—	+	+	—

即ち根瘤及び根の皮部に於てペブシンの存在することを認む。

(ホ) チロシナーゼ

定量方法 チロシン0.05gramを0.04%の炭酸ソーダ水100ccに溶解したるものを5cc宛試験管に分ちとり之に5ccの酵素液を加へ更に15ccを加へ24時間恒温器中に放置し、更に10%の硫酸1ccを加へたる後 $\frac{1}{10}$ 規定過マンガン酸加里液にて滴定し、その滴数の多少により含有酵素量を比較する。

實驗成績

	根 瘤	根	
		皮 部	木質部
第一回	15滴	15滴	1滴
第二回	14	14	1.5
第三回	13	14	1
第四回	14	14	1
平均	14	14	1.1

備 考 恒温器の温度は第一回第二回30°C、第三回第四回は28°C

上表の如くチロシナーゼは根瘤と根の皮部中に同量に存在し根の木質部には極めて少量である。

(ヘ) 過酸化酵素

定量方法 酵素液3ccに1%のフェノールフタレン1ccを加へ24時間室温中に置き $\frac{1}{10}$ 規定苛性ソーダ液1ccを注ぎ、赤色反應の濃淡により含有酵素量を判定する。

實驗成績

	根 瘤	根	
		皮 部	木質部
第一回	++++	++++	+
第二回	++++	++++	+
第三回	++++	++++	?
第四回	++++	++++	?

備 考 第一回第二回室温13°C

第三回第四回室温12°C

即ち過酸化酵素は根瘤及び根の皮部に多量存在し根の木質部には極めて少量である。

因みに根瘤の徒手切片をとりグワヤコールと過酸化水素とを滴下して鏡検するに、各組織に多少の反應を現すが特に粘菌体は一様に淡褐色となり過酸化酵素の存在を示す。

(ト) カタラーゼ

定量方法 5ccの酵素液に1%の過酸化水素液20ccを加へて室温中に24時間放置し、後10%硫酸10ccを加へて酸性となし、更に30ccの蒸溜水を加へて稀釋し、然る後 $\frac{1}{10}$ 規定過マンガン酸加里液を加へて淡き紅色を呈する迄滴定し、その滴数によりて酵素量を比較する。

實驗成績

	標 準	根 瘤	根	
			皮 部	木質部
第一回	111.8滴	118.0滴	117.1滴	116.0滴
第二回	120.5	121.3	121.2	120.9
平均	116.1	119.6	119.1	118.4

備考 第一回室温12°C、第二回室温欠調

斯の如く大差無きも根瘤及び根の皮部に少量、又根の木質部に更に少量カタラーゼの存在を見る。

## 10. 根瘤の含量

空気中の遊離窒素を固定する能力を持てる豆科植物の根瘤中には常に多量の窒素分を含有することは既に確定的に證明せられ、其他の植物の根瘤若くは菌根 (Mycorrhiza) に於ても含有窒素分の多量なることから遊離窒素同化力のあることを推定されて居る。即ち之等の根瘤は微生物の寄生 (Parasitism) によつて出来たものでは無く、共生 (Symbiosis) をなすもので根瘤の微生物は一面に於て寄主植物から炭水化物の如き養分を仰ぎ、他面に於ては自ら遊離窒素を攝取して之を同化し寄主植物に供給するもので、所謂共存共榮の現象であると解釋される。従て斯の如き根瘤微生物は全く無害なるのみならず、却つて植生上頗る偉効あるものと云はねばならぬ。

而して豆科植物の如きは其の發育上根瘤は必須のもので、之が無ければ完全なる成長を遂げ得ないものと認められて居るが、グミの場合に於て之が必須のものであるか如何かに就て予等は未だ實驗的證明を得ないが、(實生苗につきて實驗中) 既記の實驗材料に用ひたナツグミの大木並に百本の苗木に悉く根瘤を有し而も普通の發育をなし、何等病害と認むべき點無きことから矢張り共生と見做すが至當の様に思はれる。

又根瘤の組織を見るも、粘菌を含める細胞が特に巨大となり其核は消滅すること無きのみか却つて異常なる發達をなすこと恰も豆科植物の根瘤と酷似してゐる。

尙グミの根瘤中に含まるる窒素量は他の部分に比較して著しく豊富であつて、此點も豆科植物其他の遊離窒素を固定する作用をもつ根瘤の場合と全く同様である。

今 Gunning氏法により予等が定量したる成績を示せば次の通りである。

乾物100分中の窒素量

	根 瘤	根	
		皮 部	木質部
第一回	5.87%	2.22%	1.75
第二回	5.67	2.93	0.57
平均	5.77	2.58	1.16

備考 1. 第一回に用ひた材料は夏グミ三年苗  
第二回の方は夏グミの大木

2. 水分は第一回目に測定した所、根瘤に90.32%、根の皮部に87.36%、木質部に87.00%であつた。

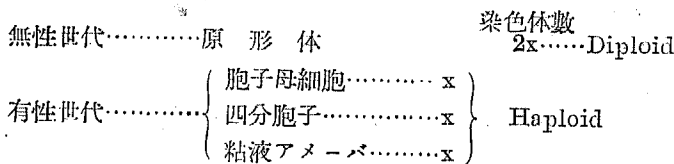
斯の如く根瘤中の窒素含有量は根の皮部或は木質部に比して數倍多くなつてゐる。

## 11. 要 約

- グミ(特にナツグミ)の根には大小の根瘤が生ずる。その巨大なるものは拳大に達する。
- 根瘤の組織中、特に皮層部の細胞中には一種の粘菌が存在する。粘菌体の一部は細胞間隙にも蔓延してゐる。
- 粘菌を含める皮層の細胞は巨大となり核も膨大し變形して多形を呈する。
- 粘菌体は其發育程度により又部分的に性状を異にし、凡そ營養原形体、黃褐原形体及び癭固原

形体の三種に區別される。

- (e) 胞子は凝固原形体から造られ大体球形の四分子型をなす。
- (f) 粘菌の凝固原形体中には無数の成形体及び遊離せる染色体が見られる。
- (g) それ等の核は胞子を生産する直前に於て間接分裂をなすものの如く、シナプシス。デアキネーゼ等の諸相を現す。
- (h) 凝固原形体に於ける核の染色体数は12のものゝと6のものゝとあり。後者は前者の減數分裂によつて生じたものと認められる。
- (i) 胞子の出来る時は孢子母細胞の染色体が直接分裂をなして四分子に分配される。
- (j) 胞子は水中に發芽して糸狀の發芽管を伸ばし次第にアメーバ狀となるも遊走性を欠く。
- (k) 胞子の發芽に適する水の反應は PH4乃至PH8の範圍で、就中PH6—PH7が最も有効である。又3%蔗糖溶液は發芽促進の効能が著しい。
- (l) グミの根瘤粘菌の世代交替は次の如きものと認める。



(m) 本菌は四分胞子を生ずる點に於て Plasmodiophora 屬と異り Tetramyxa 屬に編入さるべきもので、一新種と認め Tetramyxa Elaeagni, Y.Yendo. Sp. nov. と命名する。

- (n) 根瘤の顯微鏡化學的検査によれば澱粉、脂油、還元糖、蛋白質等の相當多量に存在するを見る。
- (o) 根瘤中の酵素としてはアミラーゼ、が特に多量であり、ペプシン、チロシナーゼ、過酸化酵素カタラーゼ等は根の皮層部と殆ど同様で、リパーゼは却つて尠く、トリブシンは存在不明である。
- (p) 根瘤中の窒素含量は乾物100分中平均 5.77に上り根の皮部の2.58木質部の1.16に比較して大差あるを見る。

(q) グミの根瘤は種々の點に於て豈科植物の根瘤に酷似して居り、粘菌の共生によりて空氣中の遊離窒素を固定する能力あるものと推察される。(昭和6年12月22日受理)

## 文 献

- (1) Engler, A. Die natürlichen Pflanzenfamilien T. I. Abt. 1 S. 5—8. (1897)
- (2) Sorauer, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten. B. II. S. 2—18. (1908)
- (3) Massee, G. Disease of Cultivated Plants and Trees. p. 523—534. (1910)
- (4) Wettstein, R. Handbuch der Systematischen Botanik. S. 61—63. (1911)
- (5) 桑田義備 變形菌の世代交替に就て 植物學雜誌 302號 42頁 (大正元年1912)
- (6) 池野成一郎 植物系統學 143—147頁 (大正二年1913)
- (7) Strasburger, E. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Auf. XII. S. 286—288. (1913)
- (8) Ferdinandsen, C. and Wnige, Ö. Ostfeldicilla, a New Genus of Plasmodiophoraceae. Ann. of Bot. Vol. XXVIII. P. 643—649 (1914)
- (9) Harshberger, J. A Text-Book of Mycology and Plant Pathology. p. 9. (1917)
- (10) Shibata, K. und Tahara, M. Studien über die Wurzelknöllchen. 植物學雜誌 366號 157頁(大正六年1917)
- (11) 三好學 最新植物學講義上卷756頁 (大正八年1919)
- (12) Gütumann, E. A. Comparative Morphology of Fungi p. 24—26. (Translated and revised by Dodge, C.



W. 1928)

- (13) 遠藤保太郎・今村良郷 粘菌の寄生による桑樹の一新病害 蠶絲學雜誌第二卷第一號 1—15頁 (昭和五年1930)
- (14) Ostenfeld C. H. and Petersen H. E. On a new Plasmodiophoracea found in Canada. Zeitsch. f. Bot. B. 23. S. 13—17 (1880)
- (15) 原攝祐 實驗作物病理學 690頁 (昭和五年1930)
- (16) Kataoka, T. On the Significance of the Root-nodules of *Coriaria japonica* A. Gr. in the nitrogen Nutrition of the Plant. Jap. Journ. of Bot. V. No.2 (1931)
- (17) 近藤武夫 まきの根瘤の窒素含有量に就いて、植物學雜誌538號 495頁 (昭和六年1931)

## 圖版の説明

### 第一圖版

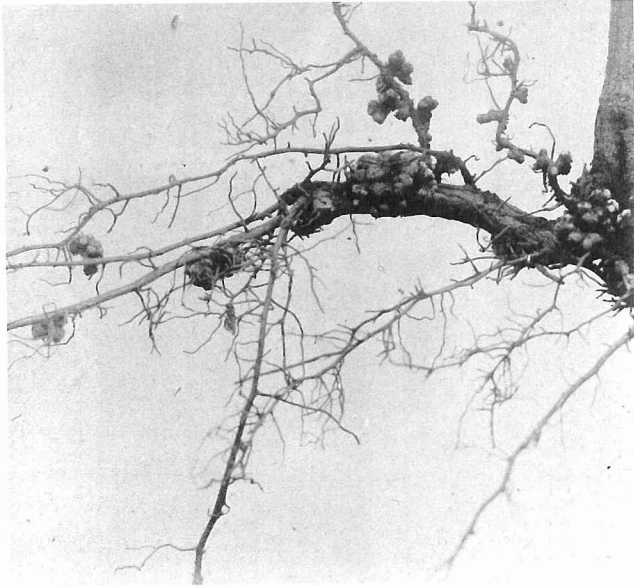
- A. ナツグミの三年生挿木苗の根に着生せる小根瘤。
- B. ナツグミの大木の根に着生せる大根瘤塊。
- C. 根瘤の組織 (染色標本)  
大細胞中に塊状をなして存在するは粘菌の原形体。右下方の細かい細胞は根瘤の生長點に於ける分裂組織である。
- D. 根瘤の組織中に存在する四分子型胞子。(約一千倍)

### 第二圖版

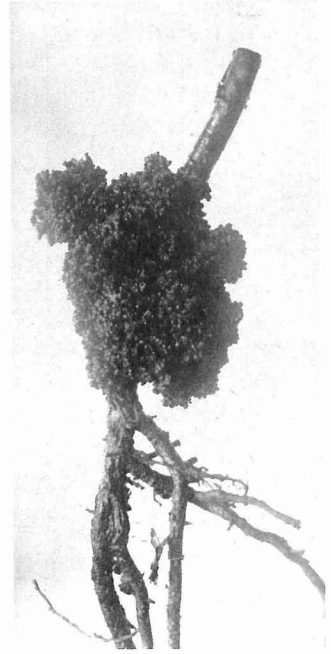
- A. 根瘤の周邊に位する木栓形成層中に侵入せる粘菌体の一部。  
キ、大小の空胞を含める黄褐原形体。  
エ、無色の營養原形体。
- B. 根瘤の皮層組織の一部。  
キ、細胞の内壁に附着せる黄褐原形体。  
カ、巨大細胞中に存在する凝固原形体。
- C. 根瘤の皮層組織の一部に胞子を生じたるもの。  
エ、無色の營養原形体、細胞間隙(ス)にも存在する。
- D. 同上。  
キ、細胞中に殆ど充滿せる黄褐原形体。  
エ、波紋状を現せる無色の營養原形体。  
ホ、細胞の内壁に並列せる胞子。
- E. 凝固原形体の一部。(約1000倍) 一定数の染色体を含める成形核及び核外染色体を見る。
- F. 凝固原形体中に染色体を含めるもの。圖の右下方には胞子あり。
- G. 胞子の遊離せるもの。
- H. 胞子母細胞から四分子型胞子の出来るところ。點状、桿状、Y字形、十字形等の染色体を注意せよ。

第一圖版

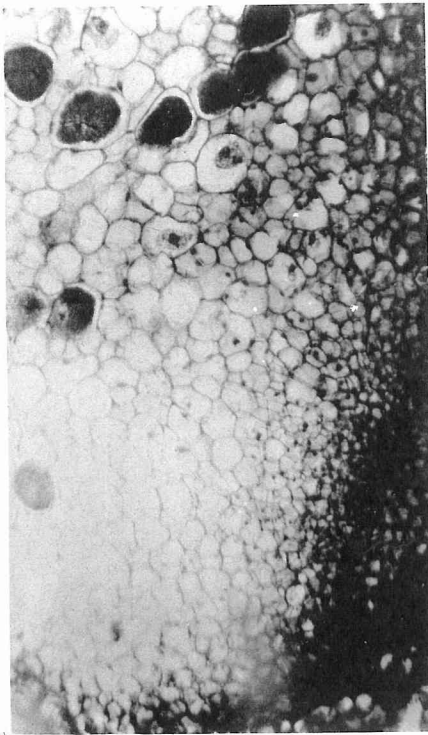
A



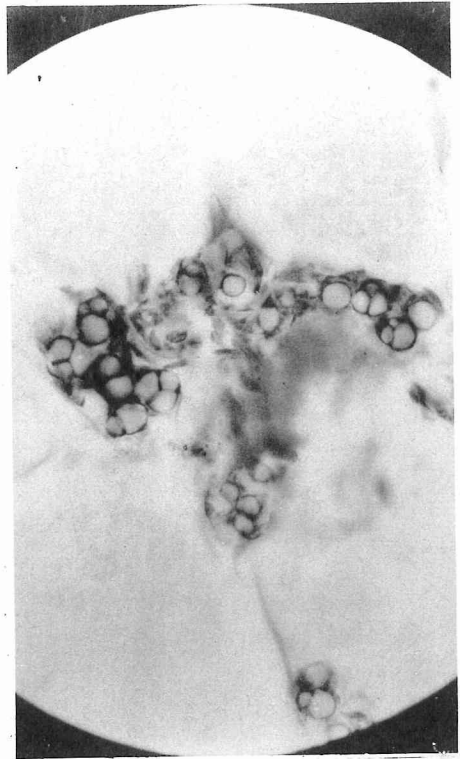
B



C

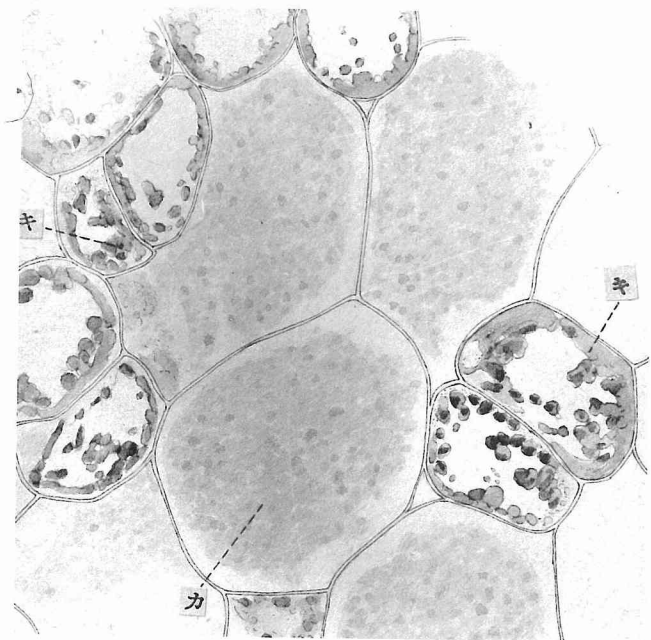


D

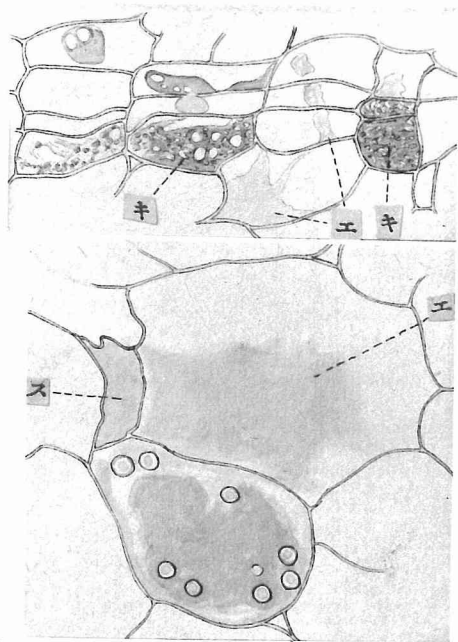


第二圖版

B

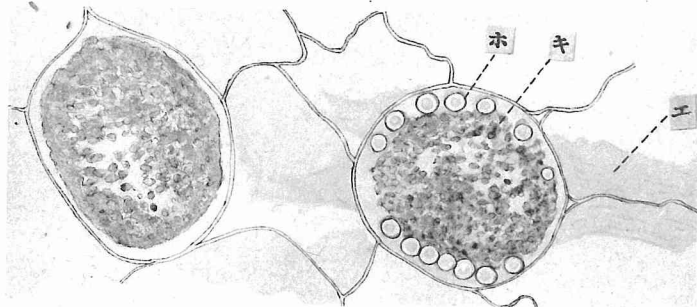


A

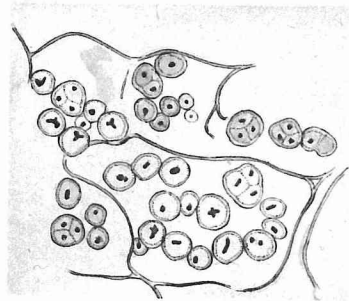


C

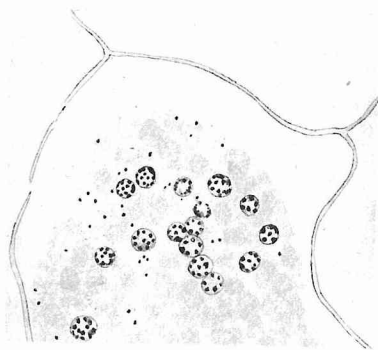
D



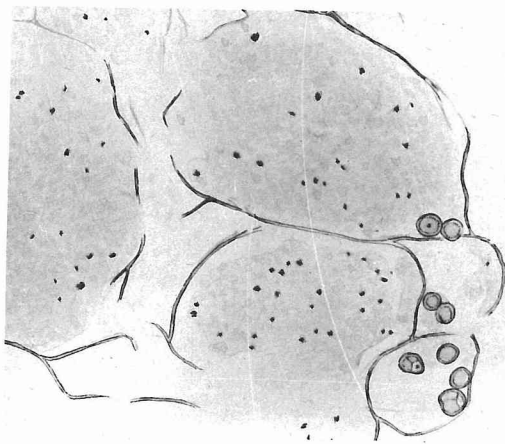
H



E



F



G

