

## 銅鹽類ノ植物ニ對スル作用ニ就テノ研究

白澤保美

銅鹽類ノ植物ニ對スル有害若クハ無害ノ作用ニ關シテハ歐米諸學者ノ說未タ一定セス或ハ全ク無害ヲ主張シ或ハ之レニ反シテ有害ノ報告ヲ爲セルモノアリ而シテ此問題ノ解決ハ農業及工業等ニ至大ノ關係ヲ有スルヲ以テ各専門學者ノ甚タ趣味アル研究事項ニ屬セリ爰ニ予ハ是等諸學者ノ說ノ概要ヲ記述セン

「フライリツプ」「マルセー」「フホーゲル」「ナット」「シュミット」「ハーゼルホッフ」等ノ諸氏ハ銅ハ植物ノ生育ニ對シ有害成分タルコトヲ主張スルモノニシテ水耕試驗ニ據リテ之レヲ證明セリ即各種ノ植物ハ銅鹽類ノ溶液中ニ浸サレ若クハ培養セラル、時ハ之レカ生長ヲ阻害セラレ或ハ遂ニ枯死スルニ至ルト

「デーラン」及「テムシー」兩氏ハ水耕試驗ニ於テ純水銀水、鉛水、錫水及銅水ノ五種ヲ比較セシニ純水及鉛水中ニ在ル植物ハ各其生長ノ差違ヲ見ス却テ後者中ニアルモノ較良好ノ生長ヲ成セリ銀水或ハ錫水中ノモノ之レニ次キ銅水中ニアルモノハ其生長最不完全ナリシト理科大學服部氏ハ硫酸銅ノ植物ニ對スル有害ノ程度ヲ研究シ又「レーマン」氏ハ銅分ヲ含有スル谿流ヨリ灌漑スル牧場ニ於テ七、五乃至三、五「プロセン」トノ銅分ヲ含ム土壤中ニ生セル豌豆「キユルピス」或ハ水芹等ハ其根ノ長サノ生育著シク阻害セラレ之レニ反シテ多數ノ矮小ナル支根ヲ發達シ其根ノ組織恰モ珊瑚狀ヲ成シ二本指ヲ以テ容易ニ之ヲ拔取スルコトヲ得タリト稱セリ

以上ノ諸氏ハ皆銅ヲ以テ植物ニ有害ナル成分トナスモノナリト雖モ之レニ反シテ其無害ヲ稱スル論者モ亦少ナカラス即

「ルンム」「フランク」「グルーゲル」等ノ諸氏ハ葡萄或ハ馬鈴薯ニ寄生スル菌類ヲ撲滅スルノ目的ヲ以テ「ボルド」ウ青ヲ撒布セシニ是等植物ノ生長同化作用及收穫等ヲ促進セルノ事實ヲ見タリト「プヘツプアー」氏ハ土

壤中ニ於ケル銅分ハ土壤ノ吸集力強キ爲メ植物ノ生育ニ殆ント無害ナルヲ稱シ、グイアラ氏ハ土壤培養試驗ニ依リテ之レカ事實ヲ證明セリ

此他無害ナルヲ主張スル有力ナル論者ハ、チルヒ氏ニシテ其著書ノ銅ノ説ニ記述シテ曰ク植物ハ其根ニ依リ土壤中ニ存スル水ニ可溶解ノ銅鹽類ヲ攝取スルモ其生活上更ニ被害ナク且其銅分ハ體內ニ含有セラル又銅鹽類ノ溶液中ニ植物葉ヲ浸タス時ハ其表皮並ニ氣孔ヲ通シテ之レヲ攝取スルモノナリト爾來同氏ハ銅分ト植物トノ關係ニ就テ其研究ヲ繼續シ其酸化銅ヲ用キタル水耕試驗ノ成績ニ據リ銅ハ植物ノ生育ニ無害ナルノミナラス寧ロ有益ノ成分ナルヲ稱シ此他同氏ハ此問題ニ關シ諸家ノ試驗上往々硫酸銅若クハ鹽化銅等ヲ使用スルヲ否認シテ曰ク是等ノ鹽類ハ元來腐蝕物 *Antiseptic* ナルヲ以テ是等ヲ使用シタル實驗ノ結果其植物ノ被害ヲ認ムルモ是ヲ以テ直チニ銅ノ植物ニ對スル有害成分タルコトヲ證スルヲ得ス何トナレハ其被害ノ原因ハ植物カ銅分ヲ攝取シタルニアラスシテ其腐蝕作用ヲ受ケタル爲メナレハナリト稱セリ

此ノ如ク此問題ハ今尙歐洲學者間ノ論爭中ニ在リテ進ンテ之レカ研究ヲ爲シツ、アルモノ亦少ナカラス又本邦ニ於テハ多年來政治上及學術上ノ問題タル所謂鑛毒事件ナルモノアルヲ以テ銅ノ植物ニ對スル作用ヲ研究スルハ殊ニ其必要タルヲ認メ予ハ明治三十五年瑞西國ニ滯在中、チルヒ先生ノ指導ニ依テ之レカ研究ヲ始メ爾來山林局林業試驗苗圃ニ於テ之レヲ繼續シ今ヤ其調査略完結セルヲ以テ爰ニ之ヲ報告セント欲ス

本試驗ノ目的ハ

- 一、各種ノ銅鹽類ハ皆植物ニ對シテ有害ナルヤ其有害ノ作用及程度如何
- 一、植物ノ被害ハ何レノ場合ニ於テ相等シキヤ
- 一、農用植物ト森林植物ハ被害ノ差違如何

一 森林植物ノ種類ニ依リ其被害ノ程度ヲ異ニスルヤ否ヤ  
 等ヲ調査セント欲スルニ在リテ土壤培養及水耕試験ノ兩者ヲ同時ニ施行セリ是レ土壤中ニ於ケル植物  
 ノ發達ハ水中ニ於テ培養セルモノト其發育上趣キヲ異ニスルヲ信スレハナリ

第一回試験

試験方法

第一、水耕試験

△ 試験材料

一、法正養液 此養液ハ「チルヒ」氏應用植物解剖學ニ記載セル處方ニ據リテ配合セルモノニシテ

其各成分ノ量ハ次ノ如シ

硫酸「マグネシヤ」<sup>ニム</sup> 二瓦

硝酸「カルシウム」

三瓦

鹽化「ボタシユム」 一、五瓦

次亞磷酸「ボタシユム」 二瓦

KI<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

鹽化鐵 〇、五瓦

蒸溜水 一〇〇〇瓦

二、銅化土壤 底部ニ小孔ヲ有スル硝水筒ニ畠地ノ土壤ヲ充タシ「プロセント」ノ硫酸銅溶液ヲ

徐々ニ注入シテ之レヲ吸收セシム當初ニハ其底部ノ小孔ヨリ滴下スル水滴ハ殆ント純粹水

ニシテ之レニ「アンモニヤ」ヲ加フルモ其色ノ變スルヲ見ズト雖モ溶液ヲ注入スルコト數回ノ

後ニ至ル時ハ微青色ノ反應ヲ呈スルヲ以テ之レヲ度トシテ溶液ノ注入ヲ止メ更ニ水ヲ注キ

テ此土壤ヲ洗フコト十數回酸化「バリヤム」ノ反應無キニ至ル此ノ如クシテ得タル土壤ヲ試験

ニ供セリ

三、銅鹽類

「水酸化銅」一〇「プロセント」ノ硫酸銅溶液ヲ水化<sup>カ</sup>「里」ヲ以テ飽和セシメ之レカ沈澱ヲ水

ヲ以テ洗フコト數回此間ニ於テ其沈澱ハ漸次暗色ニ變ス

b、酸化銅、之レヲ使用スル前坩堝内ニ於テ強熱ヲ以テ凡ソ一時間熱シタリ

c、「ボルドウ青」酸化「カルシウム」五瓦ヲ水一「リートル」ニ混シテ石灰乳ト爲シ之レニ八「プ

ロセント」ノ硫酸銅溶液ヲ加ヘ其沈澱ヲ水ヲ以テ數回洗淨セリ

d、炭酸銅、一「プロセント」硫酸銅溶液一「リートル」ヲ一「プロセント」フ曹達液ヲ以テ飽和セシ

メ得タル沈澱ヲ水ヲ以テ能ク洗淨セリ

e、「タトタラート」銅、二、五「プロセント」硫酸銅溶液中ニ五「プロセント」ノ「ナトロ」カリタルタリク

ム溶液ノ同量ヲ混和シ其沈澱ヲ水ヲ以テ數回洗淨セリ

f、水酸化「アンモニヤ」銅液、已ニ暗色ヲ呈シタル水酸化銅ニ「アンモニヤ」液ノ少量ヲ注キ攪

拌シ數日間之レヲ放置シ更ニ暗青色トナレルモノナリ

#### 四、水耕試験器

使用シタル硝子筒ハ四「リートル」ノ容量ヲ有シ其被蓋ハ亞鉛板ニテ作り鼎足狀ニ三個ノ孔

ヲ設ケ其各者ハ栓子ヲ以テ固ク封スルコトヲ得

#### 五、試験ニ供シタル植物ハ砂糖豌豆

洋種「インゲン」

ノ兩種ニシテ凡ソ十五時間之レヲ水ニ濕シタル後發芽床ニ移シ其發芽ヲ待チテ水ヲ充タ

セル硝子容器上ニ張レル「ガーゼ」上ニ移シテ生長セシメタルモノナリ時正ニ嚴寒ノ候ニ際

シタルヲ以テ是等ハ溫室内ニ置ケリ

#### B、試験ノ實行

其一、銅鹽類ト天然水及法正養液ノ混合

(以下各號ノ硝子容器ニハ法正養液四〇〇瓦ヲ加ヘタリ)

第一號 水道用水三「リートル」

第二號 銅化<sup>カ</sup>土壤〇、八「リートル」及水道用水二、五「リートル」

第三號 島地土壤〇、八「リートル」及水道用水二、五「リートル」

第四號 酸化銅二〇瓦及水道用水三「リートル」

第五號 「タルタラト」銅〇、五瓦乾燥重量水道用水三「リートル」

第六號 「ボルドウ」青三瓦濕重量水道用水三「リートル」

第七號 炭酸銅五瓦 (同上)水道用水三「リートル」

以上各種ノ溶液中ニ砂糖豌豆及洋種「インゲン」

二種ノ幼苗ヲ移植セリ當時前者ハ莖長四糎主根長一〇乃至一二糎ニ生育シ後者ハ其莖僅カニ發育セルノミニシテ主根ト共ニ全長平均八乃至九糎ヲ有セルノミ溶液中ノ沈澱ハ之レヲ其根部ニ觸接セシメン爲ニ其初五週間ハ每週一度ツ、硝子棒ヲ以テ攪拌セリ一ヶ月後ニ至ルモ各溶液中ニ育生セル兩種植物ノ莖並ニ葉ノ發育ニ於テハ著シキ差違ヲ見ルコト能ハス皆普通ノ生長ヲ成シタリト雖モ根部ハ之レニ反シテ其銅鹽中ニ生セルモノハ法正養液或ハ普通土壤中ノモノニ比シテ概シテ其發達不完全ニシテ殊ニ銅化土壤中ニアルモノニ在テハ殆ント其支根ノ發育ヲ見サリキ

莖葉ノ發達ニ關シテハ前説ノ如ク各者其差違ヲ認ムルコトヲ得サルモ其色ニ在リテハ亦相違ナキニアラス即法正養液或ハ普通土壤中ニアルモノハ淡黃綠色ヲ呈セリト雖モ銅鹽類中ニアルモノハ皆濃綠色ヲ有セリ一ヶ月半後ニ至リテ不意ニ室内温度ノ降下セルコトアリタル爲メ遂ニ各植物ヲシテ寒害ヲ被ラシメ此試驗ヲ繼續スルコトヲ得サリキ

其二、銅鹽類及蒸溜水ノ混合

此試驗ニハ法正養液ヲ用キス只硝子製蒸溜器ヲ以テ再蒸溜ヲナセル水ニ各種ノ銅鹽類凡ソ茶匙一杯宛ヲ加ヘテ此中ニ於テ培養ヲナセリ使用セル硝子筒ハ直徑五糎長三十糎アリ使用前鹽酸及蒸溜水ヲ以テ能ク之レヲ洗ヒタリ培養植物ニハ亦砂糖豌豆ヲ用キ其莖及根長ハ殆ント前試驗ノモノニ等シカリキ

第一號 再蒸溜水

培養植物ノ主根ハ當初二週間ハ其生長甚タ迅速ニシテ一晝夜ニ平均二糎ヲ伸長シ其後漸次緩慢トナリ三十日ノ後ニ至リテ全ク休止セリ莖ノ生長ハ之レニ反シテ當初ヨリ甚タ遲緩ニシテ不斷其度ヲ異ニセス根部生長已ニ休止セルモ尙ホ之レヲ繼續セリ

第二號 再蒸溜ノ殘留水

此水中ニアリテ其主根ノ發育ハ當初一週間ハ殆ント第一號ノモノト等シク毎日平均二糎ヲ伸長セリト雖モ其後漸次緩慢トナリ二週間後ニ至リテ其頂端稍淡褐色ニ變シテ且ツ生長ヲ休止セリ莖ノ生長ハ不斷繼續シテ休止セサリシト雖モ第一號ニ比シテ較軟弱ノ觀アリキ

第三號 ○「一」プロセント「硫酸銅溶液ニ數滴ノ「アンモニヤ」ヲ加ヘタルモノノ中ニ在テハ根部ハ更ニ發

育セス四五日後ニ至リテ其主根ノ頂點淡青色ヲ帶ヒタリ然リト雖モ此溶液中ニ浸潤セラレサル根ノ上部ヨリハ稍不完全ノ側根ヲ發育セリ莖葉ノ生長ハ更ニ之レヲ見ス只十數日間其生活ヲ保持セルニ過キス

第四號 前記ノ溶液ヲ四倍ノ稀薄トナシタルモノノ中ニ在テハ根ノ生長亦全ク休止シ莖ハ十數日間

ニ於テ只僅少ノ生長ヲナセルノミ

第五號 水酸化アンモニヤ銅ノ溶液中ニ在テハ莖根共ニ更ニ發育セス三日後ニ至リテ其主根端淡褐

色ニ變シ時ヲ經ルニ從ヒ其色漸次上方ニ進行シタリ五日後ニ之レヲ他ノ純蒸溜水ニ移植セリト雖モ遂ニ枯死スルニ至レリ

第六號 前號ノ溶液ヲ五倍ノ稀薄ト爲シタルモノノ中ニ在テハ亦前者ノ如キ徵候ヲ示セリト雖モ其感應較弱ナリシヲ以テ五日後前者ト共ニ他ノ純蒸溜水ニ移シテヨリハ稍其莖葉ノ生長スルヲ見タリ

第七號 「タルタラート」銅溶液中ニアリテハ移植後其根莖共ニ更ニ發育スルヲ見ス只僅ニ其生活ヲ保持セルニ過キサリキ

第八號 炭酸銅ノ溶液中ニアリテハ其主根ハ溶液ニ浸潤セラレサル部分ヨリ側根ノ發育スルヲ見タルモ液中ニ於ケル部分ハ更ニ生長セス莖ハ甚タ緩慢ノ生長ヲ繼續セリ

第二 土壤培養試驗  
試驗ニ供シタル植物ハ亦砂糖豌豆及洋種「インゲン」ノ兩種ニシテ一晝夜水中ニ浸シタル種子ヲ左記各號ノ土壤中ニ播種シタリ土壤ノ容器ハ素燒ノ鉢ニシテ其直徑一五糎深二〇糎ヲ有セリ

第一號 畠地土壤

第二號 銅化土壤ハ水耕試驗ニ用ヒタルモノト同一ノ方法ニ依リテ準備シタルモノナリ

第三號 水耕試驗材料三、aニ記セル沈澱ノ等半ヲ前號ノ土壤ト混和シタルモノナリ

以上各種ノ土壤中ニ各種子六個宛ヲ播種セシニ一週間後ニ發芽セリ各花鉢中ノ各個種子ハ其發芽ニ遲速アリ或ハ全然發芽セサルモノアリシト雖モ要スルニ各種ノ土壤ハ其發芽ニ著シキ影響アリシヲ發見セス發芽後各者皆熾ニ生長シ其形勢莖葉ニ在リテハ大差ヲ認ムルコト能ハサリシモ只第二號銅化土壤中ニ生セルモノハ其色濃綠ヲ呈シ又第三號中ニアルモノハ更ニ一層濃厚綠タルヲ見タリ根部ハ發達ニ

關シテハ第一號即普通土壤中ニ在ルモノハ法正ノ狀態ヲ有セリト雖モ他ノ二者ニアリテハ生長甚タ不良ニシテ深ク土壤中ニ浸入セスシテ短小ノ支根ヲ珊瑚狀ニ簇生セリ

第二號及第三號ノ銅化土壤ハ普通土壤ニ比シテ水分ヲ保持スル力甚タ弱ク同一量ノ灌水ヲ同時ニ行フテ後第一號ハ尙ホ多量ノ濕分ヲ含有スルモ第二號及第三號ニ在テハ已ニ乾燥スルヲ見タリ

### 第二回試驗

#### 第一 水耕試驗

##### 甲 農用植物試驗

明治三十五年十月一日將ニ發芽セントスル西洋種綠碗豆ヲ硝子筒上ノ「ガーゼ」上ニ移シ其稍發育スルヲ待テ同月六日之レヲ試驗硝子筒ニ移植セリ養液ノ配合及使用ノ鹽類ノ調製法等ハ總テ前回ニ等シ移植後二ヶ月以後ニ於テハ各種ノ溶液中ニ在ルモノ皆其生長ヲ休止シ殊ニ法正養液中ニアリシモノト雖モ其生長甚タ緩慢トナリテ將來發育ノ見込充分ナラサリシヲ以テ三ヶ月ノ終ニ於テ此試驗ヲ結了セリ此間ニ於テモ各植物ノ經過ハ次ノ如シ

##### 其一 銅鹽類ト井水並ニ法正養液トノ混合

(各試驗硝子筒中ニ容レタル井水ハ九半「リートル」ニシテ之レニ法正養液五〇〇瓦ヲ加ヘタリ

#### 第一號 井水及法正養液

莖及根ノ發育甚タ旺盛ニシテ移植後凡三十日間之レヲ繼續セリト雖モ爾來其生長漸ク緩慢トナリ二ヶ月ノ後ニ至リテハ只僅ニ其莖頭ヲ伸長スルノミ葉色ハ蒼白ニ變シ且其下部ニ屬スルモノハ逐テ枯稿セントセリ

#### 第二號 銅化土壤半「リートル」ト井水及法正養液

移植後二週間ハ其莖葉發育ヲナセリト雖モ之レニ反シテ根ハ殆ント全ク生長セス爾來只

其生活力ヲ保持スルニ過キス六週間後ニ至リテ其下葉漸ク枯槁落下シ亦莖頂モ枯死セン  
トセリ

第三號 炭酸銅十五瓦濕沈澱ノ重量ト井水及法正養液

正養液移植後其莖ノ發達ハ上者ニ比シテ較佳ナリシト雖モ一ヶ月後ニ至リテ其生長衰弱  
セリ根ノ生長ハ少シモ之レヲ見ス其後ノ經過ハ上者ニ等シ

第四號 「ボルドウ」青十瓦(同上)ト井水及法正養液

此液中ニアリテハ其莖葉ノ發育ハ少シモ(一)ニ劣ラス却テ之レニ優レルヲ見タリ且其色濃  
綠ト成レリ然レトモ根ノ發育ハ(一)ノ如ク旺盛ナラス且ツ珊瑚狀ノ分枝ヲ形成セリ

第五號 酸化銅十五瓦ト井水及法正養液

莖葉ノ生育ハ殆ント(三)ニ比ス可シ根ハ移植後稍發育シテ珊瑚狀ノ分枝ヲ形成セリ

其二 蒸溜水ト銅鹽類トノ混合

本試驗ニ使用セル硝子筒ハ直徑六糎長三十三糎アリ蒸溜水八五〇立方糎ヲ容レ之レニ加フルニ銅化  
土 土壤一、半スプ匙、他ノ各銅鹽類ハ茶匙一杯ヲ以テセリ

試驗ハ明治三十五年十一月十日ニ始マリ同十二月六日ニ至ル此際各植物ハ已ニ其生長甚タ緩慢ニシ  
テ且或者ハ其莖頭及下葉枯槁セントセリ

第一號 蒸溜水

根部ノ生長二週間ノ後ニ於テ止ミタリト雖モ莖葉ノ生長ハ甚タ熾ナリ

第二號 再蒸溜水

移植當時ヨリ三週間ニ至ルノ間根ノ生長アリシト雖モ其後殆ント生長ヲ見ス莖葉ノ生長  
ハ六週ノ後マテ繼續セリ

第三號 銅化土壤

移植後根部ノ發達ヲ見ス莖葉三週間徐々ニ生長シ其後ハ只其生活力ヲ保持スルニ過キス

第四號

〇、一「プロセント」ノ硫酸銅溶液

移植ノ翌日ニ已ニ中毒ノ徵候ヲ呈シ一週間後ニ於テ全然枯死セリ

第五號

炭酸銅

移植後根部ハ更ニ生長セス亦タ莖葉ノ發育甚タ遲緩ナリ

第六號

「ボルドウ青」

移植ノ當時ニ於テ莖葉ノ生長ハ殆ント第一及第二ト異ナルコトヲ見サリシト雖モ數週後ニ至リテ彼ノ如クニ至ラス殊ニ根部ノ發達甚タ遲緩ナリキ

第七號

酸化銅

莖葉及根部ノ發達殆ント第三號ト比スヘシ

甲 農用植物培養試驗成績一覽表

第一、甲 其二 (第一回試驗)		第一、甲 其二 (第二回試驗)	
培養植物	洋種インゲン	洋種豌豆	其二
長サハ「センチ再蒸溜ノ殘留」 「メートル」ヲ以テ示ス	主根ノ生長十日後ニ休止シテ生長ヲ維持セリ	主根ノ生長十日以上ニ至リテ生長ハ止ム	主根ノ生長十日以上ニ至リテ生長ハ止ム
再蒸溜水	主根ノ生長三十日後ニ休止シテ生長ヲ維持セリ	主根ノ生長二十日後ニ至リテ生長ハ止ム	主根ノ生長二十日後ニ至リテ生長ハ止ム
1%硫酸銅ニ同シク「アンモニア」ノ液ヲ加フ	根ノ生長五日ニシテ枯死セリ	根ノ生長七日後枯死セリ	根ノ生長七日後枯死セリ
水酸化「アン」	根ノ生長五日ニシテ枯死セリ	根ノ生長七日後枯死セリ	根ノ生長七日後枯死セリ
同稀薄液	根ノ生長五日後尚見テ生長ヲ維持セリ	根ノ生長七日後尚見テ生長ヲ維持セリ	根ノ生長七日後尚見テ生長ヲ維持セリ
「タルタレー」銅	根ノ生長十日後尚見テ生長ヲ維持セリ	根ノ生長十日後尚見テ生長ヲ維持セリ	根ノ生長十日後尚見テ生長ヲ維持セリ
炭酸銅	根ノ生長十日後尚見テ生長ヲ維持セリ	根ノ生長十日後尚見テ生長ヲ維持セリ	根ノ生長十日後尚見テ生長ヲ維持セリ

第一、甲		第二、甲		第一、甲		第二、甲		第一、甲	
其一		其二		其一		其二		其一	
(第二回試験)		(第一回試験)		(第二回試験)		(第一回試験)		(第二回試験)	
洋種豌豆	主根ノ生長								
備考		備考		備考		備考		備考	
生長法正	40 30								
一ヶ月後生長	5 0								
(2)ニ等シ	5 0								
(2)ニ等シ	6 0								

注意 (0ハ全然枯死セルモノ)

上表ニ於テ示スカ如ク第一回並ニ第二回試験共ニ其成績ハ殆ンド相一致セリ而シテ

1. 蒸溜水ト銅鹽類ノ混合液中ニ在リテ硫酸銅及水酸化アンモニア銅中ノモノ被害最モ劇烈ニシテタルタラ 1ト銅、炭酸銅中ノモノ之レニ次キ酸化銅土壌中ノモノハ其次ナリ「ボルドー」青中ノモノハ其莖葉ノ 發達ニ於テハ殆ンド蒸溜水中ノモノニ劣ラスト雖モ其根部ノ發達ニ於テハ多少彼ニ及ハザル所アリ
2. 普通ノ井水法正養液ト銅鹽類ノ混合液中ニ於テハ其被害ヲ發現スルコト前者ノ如ク直接顯著ナラスシテ各 溶液中ノモノハ皆多少根並ニ莖葉ノ發育ヲ爲セリ然レトモ各種ノ鹽類ニ對スル其被害ノ程度ハ亦前上試 驗ノ如キ順序ニ依リ、
3. 土壌ト銅鹽類トノ混合即土壌培養試驗ニ於テハ各者其被害ヲ發現スルコト前兩者ニ比シテ一層著明ナラ ストス

乙、森林植物試験

其一、銅鹽類ト井水並ニ法正養液トノ混合

本試験ニ供シタル溶液ノ調合法ハ亦前試験ト等シ培養植物ハ落葉松、杉及扁柏ノ三種ニシテ各者其枝葉ノ形状發達並ニ根部ノ組織等略相等シキ一年生ノ幼苗ヲ撰擇採用セリ當時各苗樹ノ平均長次ノ如シ

苗樹ノ種類

莖長(センチメートル)

主根長

落葉松

一二

一三

杉

一〇

一一

扁柏

一〇

一二

明治三十五年八月六日各號ノ溶液中ニ各種ノ苗樹一本宛ヲ移植シ容器ハ黑色ノ紙片ヲ以テ包被シ以テ根部ニ日光ノ透射ヲ防キ十月一日ニ至ルノ間ハ之レヲ實驗室内ニ置キシカ爾後之レヲ硝子室内ニ靜置セリ冬期ニ際シ室内ノ温度ハ外界ノ温度ヨリ常ニ較ヤ高キニアリシト雖モ不斷空氣ノ流通ヲ宜シクセリ

明治三十六年四月下旬各容器ニ更ニ二〇〇瓦宛ノ法正養液ヲ注加セリ以來滿一ケ年間即チ八月中旬ニ至ルマテ各溶液中ニ於ケル苗樹生育ノ狀態次ノ如シ

第一號 法正養液

落葉松 最初幼根ノ發達ハ他ノ兩者ニ比シテ甚タ遲緩ナリシト雖モ能ク法正ノ生育ヲ爲

シ滿一ケ年ノ後莖長更ニ四糎主根長二〇糎ヲ生長セリ

杉、移植後四週ニシテ白キ幼根ヲ發育シ爾來莖葉並ニ根部ノ生長旺盛ト成リ滿一ケ年後

莖長更ニ一四糎主根長四〇糎ヲ伸長セリ

扁柏、杉ト等シク四週後ニ至リテ白キ幼根ヲ發育シ莖葉並ニ根部ノ生長熾ニシテ滿一ケ

年後ニハ莖長更ニ一五糎主根長四五糎ヲ生育セリ

第二號 銅化土壤

落葉松、根部並ニ莖葉共ニ更ニ生長ヲ見ス只僅ニ其生活力ヲ保持セルニ過キス翌年四月新葉ヲ發生セリト雖モ痿微シテ法正ノ生長ヲ爲ササリキ

第參號

炭酸銅

杉、莖葉ハ稍生長セント欲スルノ傾向ヲ有セリト雖モ根部ハ全然發育セス二ヶ月半後ニ至リテ遂ニ枯死スルニ至レリ  
扁柏、莖葉漸次蒼白色ニ變シ根部ハ全ク生長セス一ヶ月後ヨリ漸次衰弱シテ二ヶ月ノ後ニハ遂ニ枯死スルニ至レリ

翌年四月下旬更ニ杉及扁柏ノ幼苗ヲ移植セリト雖モ杉ハ三週後再ヒ枯死シ扁柏ハ漸次衰弱シテ七月中旬ニ遂ニ枯死セリ

落葉松、移植後三週間ニシテ枯死セルヲ以テ再ヒ幼苗ヲ移植セシカ次年七月ニ至ル間莖根共ニ其生長ヲ見ス

杉、移植後二ヶ月ニシテ其莖頭褐色ニ變シテ枯死セリト雖モ其他ノ枝葉ハ能ク生活ヲ保持シ一ヶ年後其側枝ハ更ニ六「糶」ヲ生長セリ主根ノ生長ハ全然之ヲ認ムルコトヲ得サリシト雖モ多數ノ支根ヲ珊瑚狀ニ叢生セリ

扁柏、移植後五週間ニシテ全然枯死セリ次年四月再ヒ幼苗ヲ移植セリト雖モ八月ニ至ルノ間僅ニ其生活ヲ保持スルニ過キス莖根共ニ其生長ヲ認メス

第四號

「ボルドー」青

落葉松、移植後五週間ニシテ全然枯死セリト雖モ次年四月再ヒ移植セル幼苗ハ枝葉並ニ根部ノ發育殆ント法正ニシテ八月中旬マテニ莖長更ニ三「糶」主根長一七「糶」ヲ生長セリ

杉、莖葉並ニ根部ノ發育甚タ旺盛ニシテ滿一ヶ年後莖長更ニ五「糶」主根長二〇「糶」ヲ生長セリ

扁柏、莖葉並ニ根部ノ發育亦上者ノ如ク旺盛ナリ滿一ヶ年後莖長更ニ八「糶」主根長一〇「糶」

ヲ生長シ且此樹種ノ特性タル多數ノ支根ヲ能ク發生セリ本溶液中ニ移植セル各種ノ幼苗ハ共ニ著シキ被害ノ情況ヲ認ムルコトヲ得サルモ第一號ニ比スルトキハ莖葉並ニ根部ノ生長稍及ハサルコトアルヲ見ル

第五號 酸化銅

落葉松、移植後三週間ニシテ枯死セルヲ以テ更ニ幼苗ヲ移植セシニ次年四月甚タ軟弱且蒼白色ノ新葉ヲ發育シ僅ニ其生活力ヲ保持スルニ過キス殊ニ根部ニ在テハ更ニ其生長ヲ認メサリキ

杉、移植後九週後ニ至リテ莖頭褐色ニ變シ漸次衰弱シテ遂ニ枯死セルヲ以テ次年四月下旬更ニ幼苗ヲ移植セシカ八月ニ至ルノ間ニ於テ僅ニ其莖頭ヲ生長セルノミ根部ハ全然生長セス

扁柏、移植後五週ニシテ漸次衰弱ノ徵候ヲ呈シ八週ニシテ枯死セリ次年四月下旬再ヒ幼苗ヲ移植セシカ亦前者ノ如ク莖頭少許ノ生長ヲ認メタルノミニシテ根部ノ生長ヲ見ス  
其二、蒸溜水ト銅鹽類トノ混合

本試驗ニ供シタル培養器並ニ培養液ハ前試驗ニ等シ培養植物ニハ一年生杉苗ニシテ其形狀大サ並ニ移植後ノ處置等ハ乙其ニ試驗ニ同フセリ

第一號 蒸溜水

移植後發達甚タ佳良ニシテ白キ幼根ヲ發生シ莖葉亦之レニ伴ヒ滿一ヶ年後莖長更ニ七糎主根長二五糎ヲ生長セリ殊ニ其支根ノ發育ハ旺盛ナリキ

第二號 再蒸溜水

莖葉並ニ根部ノ發育上者ニ讓ラス一ヶ年後莖長更ニ五糎主根長三〇糎ヲ生長セリ

第三號 銅化土壤

移植後八週ノ間莖葉ノ生活其異狀ヲ認メサリシト雖モ幼根ハ全然發達セス其後漸次衰弱シテ遂ニ枯死スルニ至レリ次年四月再ヒ幼苗ヲ移植セリト雖モ亦七八週ノ後ニ枯死セリ  
 〇、二五、プロセント、硫酸銅

移植後三日ニシテ其莖頭及葉ノ底側ハ褐色ヲ呈シ十日後ニ至リテ全然枯死セリ第二回移植ノ場合亦之レニ同シ

第五號 炭酸銅

三週ノ後ニ至リテ漸次衰弱ノ徵候ヲ呈シ一ヶ月ノ後全然枯死セリ次年四月再ヒ之レヲ移植セルモ其結果亦殆ント是ト等シ

第六號 「ボルドー」青

生育ノ狀況第一號ニ比ス可シ然レトモ幼根ノ發生彼ノ如ク旺盛ナラス一ヶ年後ニ至リ莖長更ニ四榧主根長一七榧ヲ生長セリ

第七號 酸化銅

當初四週間ハ莖葉共ニ能ク其綠色ヲ保持セリト雖モ遂テ衰萎シテ六週ノ後遂ニ枯死スルニ至レリ

以上記載ノ實見ヲ摘記セハ別表ノ如シ

落葉松	樹種	養液	第一回	生長法正	生長不良	三週後枯死	五週後枯死	三週後枯死
	第二回		生長法正	生長不良	三週後枯死	五週後枯死	三週後枯死	
	法正養液	銅化土壤	炭酸銅	ボルドー青	酸化銅			

樹種		養液		銅化土壤		炭酸銅		ポルドー青		酸化銅	
杉	第一回	生長法正	二ヶ月後枯死	稍生育ス	生長稍法正	二ヶ月後枯死	柏	第一回	生長法正	生長不良	第二回
	第二回	生長法正	三週後枯死	五週後枯死	生長稍法正	一ヶ月半後枯死					
扁柏	第一回	生長法正	三ヶ月後枯死	生長不良	生長不良	第二回	第二回	生長法正	生長不良	生長不良	

第二、土壤培養試驗

甲、農用植物試驗

明治三十五年十一月一日稍其根芽ヲ發生セル西洋種碗豆ヲ播種セリ花鉢ニハ目黒苗圃内畠地ノ土壤ヲ容ル播種後一週間ニシテ各皆能ク發芽セリ時已ニ冬期ノ寒ニ當レルヲ以テ温室内ニ之レヲ置ケリ

第一號 畠地土壤

發芽後生長良好ニシテ三ヶ月後ニ至リ其莖長四〇浬ニ達シ主根長三〇浬アリ生育益盛ナリ

第二號 銅化土壤

發芽後一ヶ月ニ至ル莖葉共ニ發育シ莖長五浬ニ達セリ然リト雖モ葉ノ發達ハ不完全ナリ此後更ニ生長セス只微々トシテ其生活ヲ保持セルニ過キス殊ニ其根部ニアリテハ主根ヲ發達セスシテ多數ノ細根ヲ珊瑚狀ニ簇生シ且其末端ハ皆枯槁セリ

第三號 酸化銅

發芽後前者ニ比シテ生長較佳ナリ一ヶ月後莖長六浬ニ達シ其後更ニ生長セス根部ノ發育ハ上者ニ等シ又他ノ普通土壤中ニ於テ莖長四浬主根長一〇浬ニ達セルモノヲ此土壤中ニ移植セシニ是等ハ稍其生長ノ趣ヲ異ニシテ根及莖ノ發達比較的良好ナルヲ認メタリ

第四號 銅化土壤及水酸化銅ノ混合

莖ノ生長第二號ニ比シテ較佳ナリシト雖モ根部ノ發達ハ殆ント之レニ等シ

乙、森林植物試驗

本試驗ニ供シタル土壤ハ目黒苗圃内普通ノ畠土ニシテ之レニ左記各號ノ銅鹽類ヲ混合シタルモノヲ素燒ノ花鉢ニ各五リートル宛ヲ容レタリ培養植物ハ落葉松杉及扁柏ノ明治三十五年四月第一回ノ移植ヲ爲シタル一年生ノ幼苗ニシテ其枝葉及根部ノ組織ハ前記水耕試驗ニ使用シタルモノト略同一ナリトス明治三十五年八月六日各樹苗一本宛ヲ鼎足狀ニ鉢内ニ栽植シ當初十數日間ハ之レヲ庇陰ニ置キ爾後之レヲ日光ノ直射スル場處ニ移植セリ而シテ十六ヶ月經過後ニ於ケル各苗樹ノ生長ノ狀況ハ次ノ如シ

第一號 畠地土壤

落葉松、此樹種本來ノ性質トシテ他ノ二種ノ如ク細根ヲ簇生セサルモ其支根ハ花鉢内土壤ノ全部ニ擴延シテ主根長五〇浬ニ達シ莖葉ノ發育ト共ニ法正ナリ而シテ莖長三四浬ニ至レリ(第1圖)

杉、細根ヲ簇生シテ土壤ノ全部ニ擴延シ主根長六〇浬莖長二〇浬ニ達シ兩者共ニ完全ノ發達ヲ成セリ(第1圖)

扁柏、細根ハ網ノ如ク花鉢内ニ蔓延シ主根長五五浬莖長二〇浬ニ伸長セリ徑長甚タ旺盛ナリ(第1圖)

第二號 銅化土壤

(五リートル)ノ土壤ヲ銅化セシムル爲ニ「プロセント」ノ硫酸銅溶液四〇〇〇瓦ヲ使用セリ落葉松、移植後三週間ニシテ枯死セルヲ以テ三十五年四月上旬再ヒ一年生ノ苗樹ヲ移植セシカ五月中旬ニ至ルノ間甚タ微弱ナル生長ヲ成セリト雖モ爾後更ニ生育セス八月中

旬遂ニ枯死スルニ至レリ(第2圖)

七四

杉、移植ヨリ四週ノ後ニ至リテ其勢力漸次減却シテ葉ハ蒼白ニ變シ十月中旬ニ至リテ全然枯死セリ故ニ三十六年四月上旬更ニ一年生苗樹ヲ栽植セリ爾後僅ニ其生活ヲ保持スルニ過キスシテ根莖共ニ生長セス(第2圖)

扁柏、移植後能ク其生活ヲ保持セリト雖モ根莖共ニ更ニ生長セス五月中旬ニ至リテ全然枯死スルニ至レリ(第2圖)

### 第三號 炭酸銅ノ混合

(之レニ使用セル炭酸銅ノ分量ハ一五瓦ノ硫酸銅及四〇瓦ノソーダヨリ得タル沈澱ナリ)

落葉松、移植後根莖ノ發育殆ント第一號ニ比ス可シ然レトモ三十六年度ニ發生セル新葉ハ稍蒼白色ヲ呈セリ主根ハ彎曲シテ花鉢ノ内壁ニ沿フテ生長シ其側壁ニ向フテ支根ヲ發育シ第一號ノ如ク多數ナラス主根長ハ五五糎ニ達セリ莖葉稍法正ノ狀ヲ成シ莖長ニ〇糎ニ生長セリ(第3圖)

杉、根部ニ在テハ長キ支根ヲ發達セリト雖モ疎生ニシテ第一號ノ如ク密生セス且其支根ハ好ミテ鉢ノ壁側ニ沿フテ延長セリ主根長五〇糎ニ達セリ莖葉ノ生長ハ第一號ニ比シテ較佳ニシテ長四〇糎ニ達セリ(第3圖)

扁柏、根部ノ發育第一號ニ比ス可シ殆ント法正ノ發育ヲ爲シ主根長五〇糎ニ生長セリ莖葉ノ發育ハ第一號ニ及ハサルモ亦稍可ニシテ莖長一七糎ニ達セリ(第3圖)

### 第四號 「ボルドー」青ノ混合

(一五瓦ノ硫酸銅ニ四〇瓦ノ石灰ヲ用キテ得タル沈澱ノ全量ヲ使用セリ)

落葉松、生長ノ狀況第一號ト殆ント相等シ三十六年度ノ新生葉ハ較蒼白色ヲ呈セルヲ認

第五號

酸化銅ノ混合

リ(第4圖)

メタリ根部ノ組織並ニ莖枝ノ發達ハ却テ第一號ニ優リ其莖長ハ三八糎主根長五二糎ニ達セリ然レトモ亦第三號ノ場合ノ如ク鉢ノ側壁ニ沿フテ延長セルノ傾向ナキニシモアラス(第4圖)

杉、根並ニ莖ノ發育亦前者ニ於ケルカ如ク第一號ニ優リ且其支根ノ發達ハ甚タ密ニシテ長シ主根長六〇糎ニ達シ莖長三〇糎ニ伸長セリ(第4圖)

扁柏、根及莖葉ノ發育全ク法正ニシテ亦第一號ニ優ル主根長六五糎莖長二五糎ニ伸長セリ(第4圖)

(強熱ヲ以テ熱シタル酸化銅九〇瓦ヲ使用セリ)

落葉松、移植後發育不良ニシテ三十六年度新生ノ針葉ハ短小ニシテ蒼白色ヲ呈セリ根莖共ニ殆ント生長セス只其生活ヲ保持スルニ過キス

杉、移植後更ニ發生シタル支根ハ直ニ枯死シテ根組織珊瑚狀ヲ形成セリ是故ニ亦支根ノ長ク生長セルモノハ甚タ疎生ナリ主根ハ彎曲シテ花鉢ノ壁側ヲ沿フテ下行シ偶然其底部ノ孔口ヲ通シテ地内ニ侵入シタルヲ以テ(第5圖)主根ノ彎曲セル部分以下ハ地内ニ於テ發達セルモノナリ之レヨリ養液ヲ得テ莖ノ生育非常ニ旺盛トナリ長三〇糎ニ達セリ

扁柏、移植後生長甚不良ニシテ翌年四月ニ至リテ殆ント枯死セルヲ以テ再ヒ他ノ幼苗ヲ移植セリト雖モ其根部ハ更ニ發育ヲ認メス莖葉ハ稍生長ヲナシタリト雖モ其勢力甚タ微弱ニシテ只僅ニ其生活ヲ保持セルニ過キス

乙 森林植物試驗成績一覽

其二、乙、			第一、乙、其一			其二、乙、其二			試驗種類
杉		落葉松	扁柏		杉	落葉松		杉	樹種
備考	主根ノ生長	備考	主根ノ生長	葉ノ生長	備考	主根ノ生長	葉ノ生長	備考	長サハ「センチメートル」ヲ以テ示ス
									蒸溜水 <sub>1</sub>
									再蒸溜水 <sub>2</sub>
生長法正	10 49	生長法正	22 37	島地土壤 <sub>1</sub>	生長法正	15 45	生長法正	14 40	硫酸銅 <sub>3</sub>
生活ヲ維持ス ルノミ	0 0	枯死	0 0	六十日後枯死	六十日後枯死	0 0	生活ヲ維持ス ルノミ	0 0	銅化土壤 <sub>4</sub>
支根ノ發生疎 ニ過ク	30 39	支根疎生	8 42	生活ヲ維持ス ルノミ	支根共ニ不完 全ノ生長アリ	0 0	生活ヲ維持ス ルノミ	0 0	炭酸銅 <sub>5</sub>
勝ル 生長法正(1)ニ	20 40	勝ル 生長法正(1)ニ	26 39	生長法正同上	生長法正同上	8 10	生長法正根部 發達(1)ニ及ハ ス	3 17	「ボルドー」青 <sub>6</sub>
主根ハ他ノ土壤申ニ 入レルヲ得ズ以テ之 ニ適ルニ因リテ生 當モ同ルニ因リテ生	20 (?)	生活ヲ維持ス ルノミ	徴 0	生活ヲ維持ス ルノミ	生活ヲ維持ス ルノミ	0 0	生活ヲ維持ス ルノミ	0 0	酸化銅 <sub>7</sub>
									一回ハ二十八日 後一回ハ四十二 日後ニ枯死セリ

扁柏		備考	主根ノ生長 莖ノ生長					
		生長法正		10	43			
		枯死		0	0			
		生長殆ント法正ニ近シ		7	38			
		生長法正(1)ニ勝ル		15	35			
		生活ヲ維持スルニミ						微微

注意 〇ハ全然枯死セルモノ  
〇ノ下ニ横線ノアルモノハ生長ヲ成ササルモ猶ホ其生活力ヲ支持セルモノ

上表ニ於テ示スカ如ク森林植物試験ニ於テモ亦農用植物試験ニ於ケルカ如ク各種ノ銅鹽ニ對スル被害強弱ノ順序ハ殆ント相等シク亦養液ノ有無ト被害程度トノ關係ニ於ケルモ然リ又土壤培養試験ニ在テハ森林植物ハ農用植物ノ如ク其被害著明ナラス

試験成績ノ總括

以上諸種ノ方法ニ據リタル試験ノ成績ヲ總括スル時ハ次ノ如シ

一、各種ノ銅鹽中ニ培養セラレタル植物ハ「チルヒ」氏所說ノ腐蝕作用ノ爲メ皆多少ノ被害アリ就中其最強烈ナルハ硫酸銅溶液中ニシテ「タルトラー」ト「銅炭酸銅酸化銅等」之レニ次キ其最微弱ナルハ「ボルドー」青中ニアリ

二、「ボルドー」青溶液中ノ植物根ハ各種ノ試験上其發達較標準植物根ニ劣ルアルモ其莖葉ノ發達ニ在テハ都テ之レニ勝ルノ觀アリ是故ニ許多ノ銅鹽類中獨リ此化合物ハ植物ニ對シテ殆ント無害ナルノミナラス殊ニ土壤中ニテハ却テ之レカ生長ヲ促進スルノ效アリト稱スルコトヲ得ヘシ

三、植物被害ノ程度ハ養料ノ多少ニ依リテ差違アリ即養料ノ豊富ナル時ハ比較的被害少ク之レニ反シテ缺乏セル時ハ其被害著シトス

四、植物ハ土壤中ニ在テハ被害ヲ減却スルコトヲ得

五、植物根ハ其有害作用ニ對シテ最モ敏捷ナリ

六、植物根ハ銅鹽中ニ在テハ其主根ノ生長甚タ微弱ニシテ却テ多數ノ短小ナル支根ヲ簇生シ珊瑚樹狀

ヲ形成ス

七、 學術試驗ニ於テハ森林植物及ヒ農用植物共ニ其裁害ノ程度ヲ著シク異ニセスト雖モ然レトモ實際ノ場合ニ際シテハ時トシテ前者ハ著シク被害ヲ免ルコトアルヘシ何者元來農用植物ハ其根ヲ廣延スルコト只ニ上層ノ土壤ニノミ限ルヲ以テ鑛山其他ノ製造處ヨリ流失スル銅鹽類ニ對シ直接ノ被害アルモ森林樹木ハ其根ヲ深ク土壤ノ内部ニ擴張スルカ故ニ例令其當初上層ノ土壤ニ存在スル有害物ノ作用ヲ受クルコトアルモ其根カ一旦其層ヲ通過シ得タル時ニ當テハ更ニ著シキ被害ヲ感スルコト無キ場合アレハナリ

八、 銅鹽類ノ有害作用ニ對スル程度ハ試驗ニ供シタル森林樹木ノ種類ニ關シ著シキ差違アルヲ認メス

九、 銅鹽類ヲ混シタル土壤ハ水分ヲ保持スルノ力比較的弱小ナリ

圖解

第一圖  
銅鹽類ト井水并ニ法正溶液ノ混合中培養

第一圖 明治三十五年十一月六日移植 同年十二月六日撮影

第二圖 明治三十五年八月六日移植 同三十六年七月廿七日撮影

- 1、 法正養液
- 2、 銅化土壤
- 3、 炭酸銅
- 4、 ボルドウ青
- 5、 酸化銅

第三圖  
銅鹽類混合ノ土壤中培養

明治三十五年十一月一日移植 同三十六年十二月六日撮影

- 1、 普通土壤
  - 2、 銅化土壤
  - 3、 酸化銅
  - 4、 銅化土壤及水酸化銅ノ混合
- 第四圖  
銅鹽類混合ノ土壤中ニ培養シタル植物ノ根部

明治三十五年八月六日移植 同三十六年十一月五日撮影

- 1、 普通土壤中ニ培養
  - 2、 酸化銅中培養
  - 3、 酸化銅中培養
  - 4、 銅化土壤及水酸化銅ノ混合中培養
- 第五圖  
銅鹽類混合ノ土壤中ニ培養シタル樹木(杉、扁柏、落葉松)

明治三十五年八月六日移植 同三十六年十二月五日撮影

- 1、 島地土壤
- 2、 銅化土壤
- 3、 炭酸銅
- 4、 ボルドー青

第六圖

銅鹽類ト蒸溜水トノ混合中ニ培養シタル杉

明治三十五年八月六日移植 同三十六年七月廿七日撮影

5、酸化銅

1、蒸溜水

3、銅化土壤

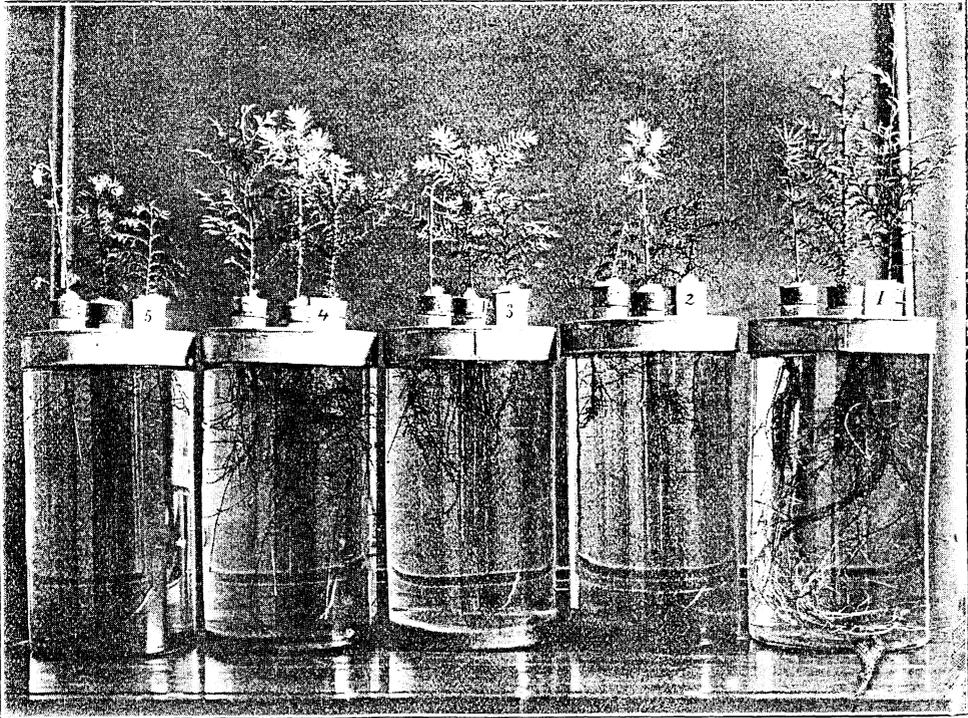
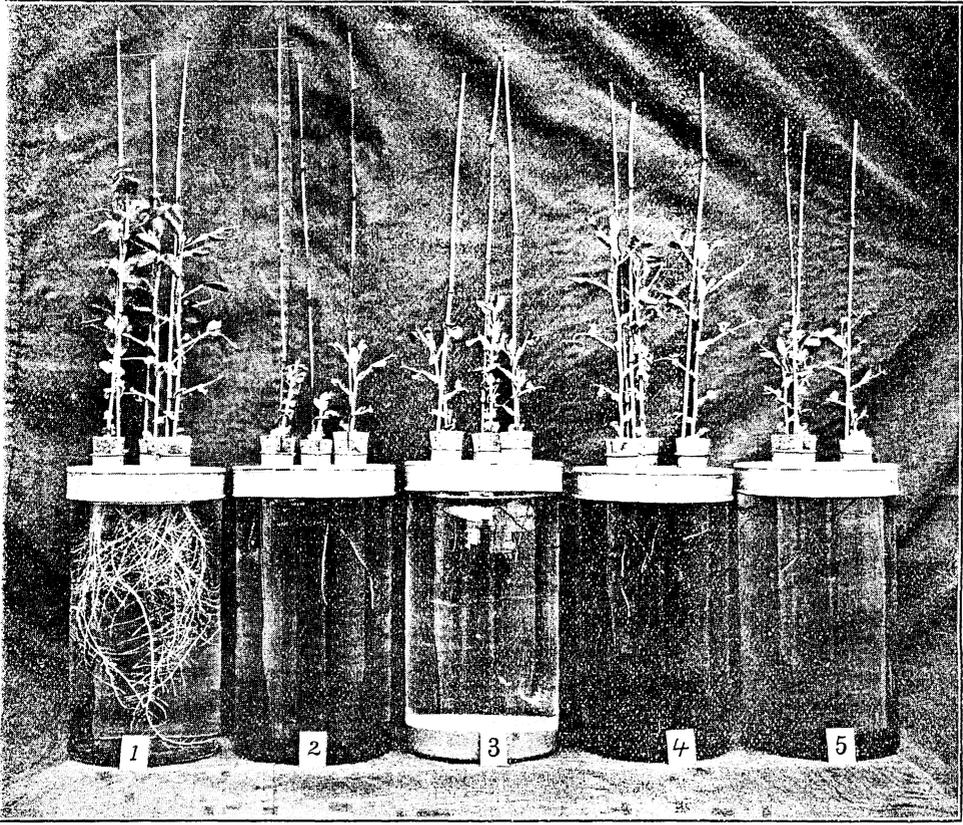
5、炭酸銅

7、酸化銅

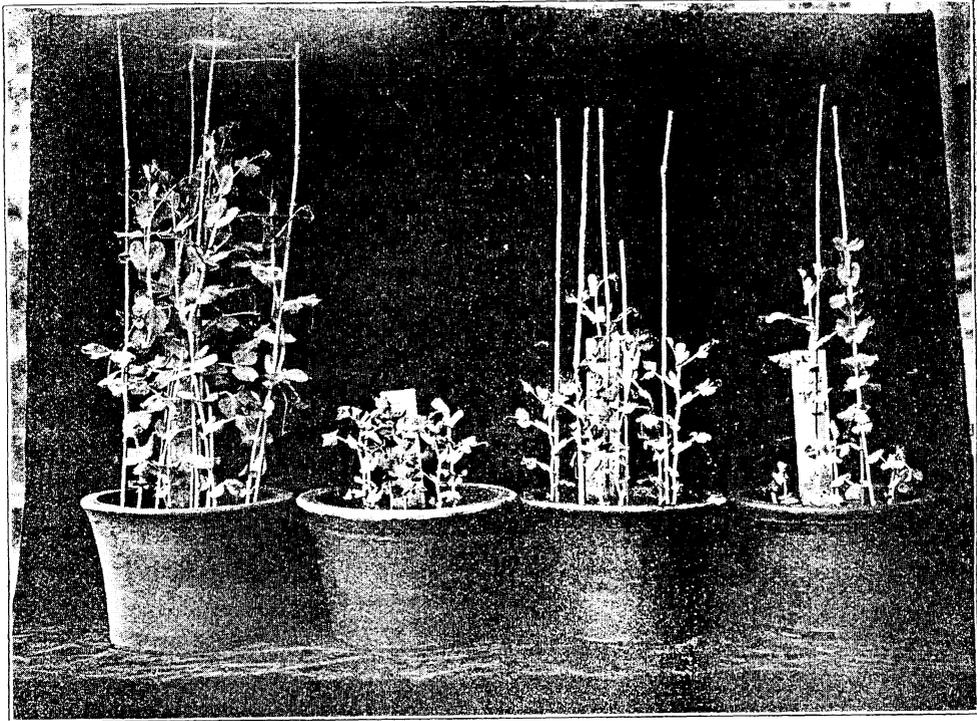
2、再蒸溜水

4、〇、二五プロセント硫酸銅

6、ホルドー青



第 三 圖



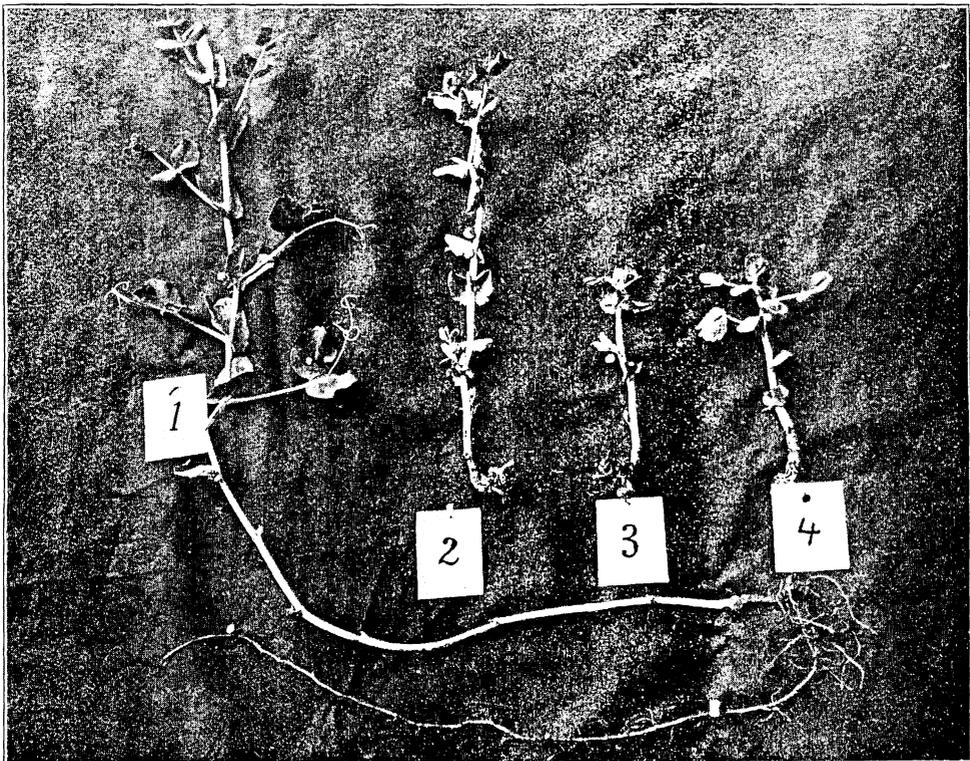
1

2

3

4

第 四 圖



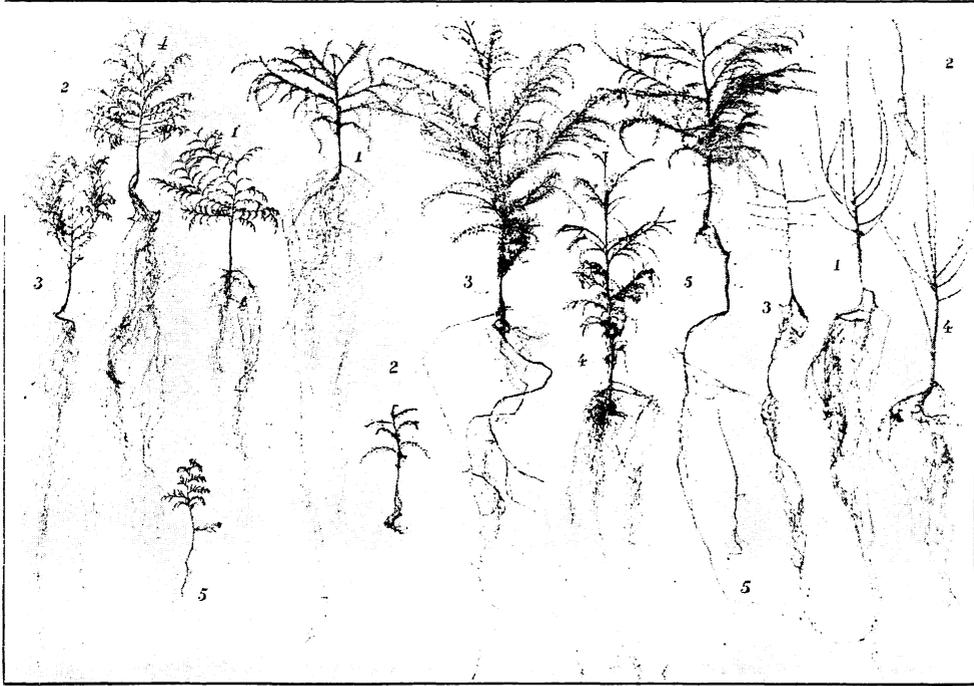
1

2

3

4

第五圖



第六圖

