浮萍科植物ノ生育ニ對スルモリブデンノ意義

吉 村 フ ジ

FUJI YOSHIMURA: The significance of molybdenum for the growth of
Lemnaceae plants.

昭和 18 年 8 月 9 日受附

BORTELS (1930, 1936, 1938), BIRCH-HIRSCHFELD (1932) 等ハ *Azotobacter* 其他ノ微生物ニ於テモリブデン (Mo) ガ遊離窒素固定並ビニ繁殖ニ必要デアルコトヲ認メタ。BORTELS (1936) ニヨレバ ヴァナディウム (V) モ窒素固定ニ關シテ Mo ト同様ノ作用ヲ有ツ。又同氏ニヨレバ *Azotobacter* ハ培養液ガ硝酸鹽又ハアムモニウム鹽ヲ含有スル場合ニ、是等窒素源ノ吸收及ビ同化ガ Mo 又ハタングステン (W) ニヨリ促進セラレルト言フ。STEINBERG (1937, 1939) ニヨレバ硝酸鹽、亞硝酸鹽等ヲ窒素源トシタ *Aspergillus niger* ノ培養液ニ於テ Mo ノ存在ガ菌ノ生育ニ必要デアルトシ、Mo ハ硝酸ノ還元作用ニ關係スルノミナラズ亞硝酸ノ還元ニモ關係スルモノト推論シタ。STEINBERG ハ更ニアムモニウム鹽ヲ窒素源トシタ培養ニ於テモ Mo ハ生長促進ノ作用ヲ有ツコトヲ認メタ。

TER MEULEN (1931) ハ高等植物ノ生育ニ適スル土壤ニハ Mo ノ含有量が比較的大デアルガ、植物ガ生育シナイカ、又ハ生育ノ不良ナ土壤ニハ Mo ガ含有サレナイカ、又ハ甚ダ少イコトヲ確メタ。BORTELS (1938) ハ土壤ニ Mo 含有ガ大ナルコト、土壤ニ *Azotobacter* ノ分布ガ多イコト、及ビ土壤ガ植物ノ生育ニ適スルコトハ互ニ關聯スルトシ、Mo ハ土壤中ニ於テ *Azotobacter* ノ増殖併ビニ窒素固定作用ヲ促進スルコトニヨリ、化合態ノ窒素ノ含有量ヲ増加セシメ、ソノ結果高等植物ノ生育ヲ有利ナラシメルノデアラウト考ヘタ。同氏 (1937) ハ又荳科植物栽培ニ於テ土壤ニ Mo 又ハ V ヲ與ヘルト生長ガ促進セラレルコトヲ認メ、此植物ハ窒素固定ノ細菌ヲ有ツタメ Mo ニ對シ特殊ノ關係ニアルモノト考ヘタ。Mo ガ高等植物ノ生育ニ對シ直接ニ影響ヲ與ヘルコトニツキ、ARNON 及ビ STOUT (1939) ハとまとノ培養ニ於テ培養液ニ Mo ヲ缺クト葉ハ特異ナ斑狀ヲ呈シ、葉縁ニネクロシスヲ起シ、葉片ハ内捲シ、花ハ結實ニ至ラズ脱落スルコトヲ認メタ。ARNON (1937) ハ又大麥培養ニ於テ窒素源トシタアムモニウム鹽ヲ用ヒルトキハ硝酸鹽ヲ用ヒルヨリ一般ニ發育ガ劣ルガ、アムモニウム鹽ノ培養ニ於テモ根ノ通氣ヲ良クスルト、硝酸培養ニ於ケルト同様ニ良キ生育トナルコトヲ見タ。シカシアムモニウム鹽培養液ニ Mn, Cu, Mo 又ハ Cr ノ何レカーツヲ添加スルコトニヨツテモ、同様ニ生長ヲ促進セシメルコトガ出來タ。ARNON ハソノ説明トシテ、植物ノ生育ハ根ノ呼吸ト關係ガアリ、硝酸ガアムモニヤニ還元スル時、同時ニ根ノ呼吸ヲ促進スルガ、アムモニウム鹽ニ

於テハ此作用ガ無イカラ根ノ呼吸ハ不充分デアル。シカシ上記ノ金屬ヲ微量加ヘルト觸媒のニ呼吸作用ガ促進セラレトシタ。¹⁾

浮萍科植物ノ培養ニ於ケル Mo ノ作用ニツイテハ STEINBERG ノ研究ガアル。ソレニヨレバ *Lemna minor* ハ培養液 (KNO₃ ヲ窒素源トスル) ニ Mo ヲ缺クト、生育ガ甚ダ不良トナリ、**クロロシス**ヲ起シ、又植物體ガ小形ニナルト言フ。シカシ其他ノ點ニツイテハ別ニ述ベテキナイ。

著者ハ浮萍科植物ノ數種ヲ用ヒテ特ニ硝酸培養ニ於ケル同科植物ノ生育ニ及ボス Mo ノ作用ヲ研究シタ。硝酸鹽ヲ窒素源トスル培養ニ於テ Mo ガ生育ニ必要ナコトニツイテハ STEINBERG ト一致シタ結果ガ得ラレタガ、更ニ Mo 缺乏ニ於テハ植物體內ニ硝酸ガ甚ダシク蓄積シ、Mo ハ之ヲ防グ效果ヲ表ハスコトヲ見出シタ。又 *Spirodela polyrrhiza* ニ於テハ、ソノ缺乏ハ間接ニ**アントシアン**形成及ビ開花ニモ關係スルコトヲ確メ、又硝酸**アムモニウム**ヲ窒素源トスル場合ニハ、Mo ヲ添加シナイ培養ニ於テハ培養液ノ pH ノ低下ニヨリ植物ハ枯死スルガ、Mo ヲ添加シタ培養ニ於テハ比較的長ク生育ガ續ケラレルコトヲ見タ。是等ノ點ヲ纏メテ以下報告スル。

實 驗 方 法

培養液ノ組成及ビ實驗方法ハ大體前論文²⁾ニ記載シタ所ト同様デアル。培養液ニ混入スル微量ノ金屬不純物ヲ除去スル目的デ行フ培養液ノ**磷酸石灰**ニヨル吸着處理ハ、本培養ニ於テハ行ハナイ。ソレハ後ニ述ベル如ク此方法ハ不純物トシテノ微量 Mo ノ除去ニハ不適當デアルカラデアル。培養液ニハ Fe (5×10^{-6} mol) 及ビ Mn (10^{-6} mol) ヲ加ヘタ。Mo ハ MERCK 製**モリブデン酸アムモニウム**ヲ用ヒタ。一部ノ培養ニハ鹽類ヲ再結晶シ、又葡萄糖ヲ 95% **アルコール**ニテ洗滌シテ不純物ヲ除去⁵⁾シテ調製シタ培養液ヲ用ヒタ。培養ハスベテ無菌培養デアツテ、250 cc. 入**テレツク**ス硝子製 **エルレンマイヤー・フラスコ**ニ 100 cc. ノ培養液ヲ入レテ用ヒタ。培養試験ニハ通常 3 個ノ平行培養ヲ用ヒ、ソノ平均値ヲ取ツタ。

製造所ヲ異ニスル葡萄糖ニヨル生育ノ差異

Mo ガ浮萍科植物ノ生育ニ關係スルコトヲ述ベル前ニ、培養液ニ用ヒル藥品ニ微量混入スル Mo ノ作用ニツイテ一應考慮スルノ必要ガアル。

浮萍科植物ノ從屬栄養ニ於テ、通常炭素源トシテ葡萄糖ヲ用ヒタガ、葡萄糖ノ製造所ヲ異ニスル製品、即チ武田製無水葡萄糖ト、參松製無水葡萄糖 (日本藥局方)

1) 尙 Mo ト植物ノ栄養トノ關係ニツイテ PIRSCHLE (1938) ノ總合抄録ガアル。2) YOSHIMURA (1941). 3) 培養ニヨリ多少組成ヲ變化スルコトモアルガ、ソノ場合ニハ別ニ記ス。4) 一部ノ培養ニ於テハ葡萄糖ヲ省ク。5) STEINBERG (1936).

トノ間ニ生育上著シイ差異ガアルコトヲ認メタ。初發材料植物トシテ元氣旺盛ナ植物體¹⁾ヲ用ヒルト、葡萄糖製品ニヨル差異ハあまり著シクナイガ、培養ガ古クナリヤ、生育ノ衰ヘタ植物體、又ハ參松葡萄糖含有ノ培養液ニ前培養シタ植物體ヲ用ヒルト其差異ガ著シイ。次ニ兩葡萄糖ヲ用ヒタ培養ノ比較ヲ示ス。

實驗第 1。 培養液中 CaCl_2 ノ量ハ普通ノ 2 倍トナシ、葡萄糖ハ各 1% ヲ含有スル。材料植物ハ *Spirodela polyrhiza* デアツテ參松葡萄糖含有ノ培養液ニ前培養シテ稍小形ニ發育シ、下面ニアントシアン含有ガ著シク、開花ヲ起シタモノヲ初發材料トシテ用ヒタ。參松葡萄糖含有ノ培養液ニ於テハ、培養初期ニ一時ヤ、良キ生育ヲスルガ、植物體ノ外觀ニハあまり變化ガ起ラナイ。新ニ形成セラレル個體ハ濃綠色デ、下面ニアントシアン形成ガ著シク、比較的小形デ、發育ノ進ミ方ハ遅ク、後ニ開花ヲ起シタ。然ルニ武田製葡萄糖含有ノ培養液ニ於テハ、2-3 日ニシテ既ニ前者ト明白ナ差異ガ認めラレ、新ニ形成セラレル個體ハ鮮綠色デ、元氣良キ發育ヲナス。下面ニ於ケルアントシアン形成ハ最初ニ生長スル個體ニハ多少見ラレルガ、之ニ次グ個體ニハ殆ド見ラレナイ。乾燥量ハ參松葡萄糖含有ノ培養ニ於テハ 54 mg,

第 1 圖

第 2 圖

第 3 圖

第 1—第 3 圖 *Spirodela polyrhiza*, 葡萄糖ノ灰添加ノ比較。培養期間 1/3-19/3. ($\times \frac{1}{2}$).

第 1 圖 對照, 葡萄糖ノ灰ヲ添加セズ。

第 2 圖 參松葡萄糖ノ灰ヲ添加。

第 3 圖 武田葡萄糖ノ灰ヲ添加。

1) 例ヘバ磷酸石灰ニテ吸着處理シタ培養液ニ生長シタ元氣良キ植物體。

武田葡萄糖含有ノ培養ニ於テハ 180 mg デアル。

實驗第 2。 兩葡萄糖製品ニ於ケル差異ハ不純物ノ混入ニ原因スルモノト思ハレル。兩種ノ葡萄糖ヲ灰化シ、¹⁾ ソノ灰ヲ參松葡萄糖含有ノ培養液ニソレゾレ加ヘテ *Spirodela polyrhiza* ヲ培養シタ。初發材料植物ハ實驗第 1 ニ用ヒタモノト同様ノモノデアル。參松葡萄糖ノ灰分ニモ稍生長促進ノ作用ガアルガ、武田葡萄糖ノ灰分ニハソノ作用ガ著シク見ラレル。第 1-3 圖ハ其培養ノ比較ヲ示ス。之ニヨリ武田葡萄糖ハ *Spirodela* ノ生育ヲ促進スル物質ヲ含有スルガ、參松葡萄糖ニハソレガ少イモノト見ラレル。併シ武田葡萄糖含有ノ培養液ヲ磷酸石灰ニテ吸着處理シテモ、*Spirodela* ノ生育ハ處理シナイ培養液ニ於ケルト差異ガナイカラ、問題ノ不純物ハ磷酸石灰ニヨツテ吸着除去サレウル Fe, Zn, Cu, Mn ノ類デナイモノト考ヘラレル。然ルニ參松葡萄糖含有ノ培養液ヲ磷酸石灰ニテ吸着處理スルト、*Spirodela* ノ生育ハ武田葡萄糖含有ノ培養液ニ於ケルト同様トナリ、又培養液ノ吸着處理ヲ行ハナクトモ、參松葡萄糖含有ノ培養液ニ、磷酸石灰ニヨル吸着處理ヲ施シタ再蒸溜水ヲ少量加ヘルコトニヨツテモ、同様ノ結果ガ得ラレルカラ、磷酸石灰カラアル物質ガ溶出シ、之ガ生長促進ノ作用ヲ有ツモノト考ヘラレル。此際 Ca 又ハ磷酸ガ培養液ニ加ハルタメデナイコトハ、培養上確メラレタ。

以上ノ事カラ武田葡萄糖ニハ *Spirodela* ノ生長ヲ促進スル或種ノ物質ガ混在スルガ、參松葡萄糖ニハ是ガ無イカ又ハヨリ少ク、又使用シタ磷酸石灰ニハ之ト同様ノ作用モモツ物質ガ混在シ、培養液ヲ吸着處理スル際ニソレガ溶出スルモノト推測セラレル。カ、ル理由カラ以下ノ培養ニ於テハ葡萄糖ハスベテ參松製品ヲ用ヒ、又培養液ノ吸着處理ヲ行ハナカツタ。此作用物質ハ灰分中ニ含マレ而モ Fe, Zn, Cu, Mn デハナイコトハ既ニ述ベタ。STEINBERG (1941) ハ *Lemna minor* ノ生育ニ必要ナ微量元素ノ一トシテ Mo ヲ提示シタカラ、問題ノ物質ハ Mo デナイカト期待セラレ、之ニツイテ實驗ヲ行ツタ。

生 育 ニ 及 ボ ス モ リ ブ デ ン ノ 作 用

實驗第 3。 *Spirodela polyrhiza* ヲ材料トシ、ソノ生育ニ及ボス Mo ノ作用ヲ見タ。初發材料植物ハ實驗第 1 ニ用ヒタモノト同様ノモノデアル。結果ハ第 1 表ニ示シタ。

第 1 表

Spirodela polyrhiza. 培養期間 15/12—10/1.

培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	乾燥量 (mg)	乾燥量ノ 比較 (%)	生 育 状 態
添加ナシ	6,8	21,3	100	植物體ハカナリ小形、濃綠色、下面ニ アントシアン含有多、後花形成。
10 ⁻⁶	7,1	59,7	280	鮮綠色、發育旺盛、下面ニアントシア ン含有ナシ。

1) 葡萄糖ハ各 2 g ヲ灰化シテ 100 cc. ノ培養液ニ加ヘタ。

Mo ヲ添加シナイ培養液ニ於ケル生育狀態ハ實驗第 1 ニ述ベタト同様デ、實驗ノ終ニハ開花ガ起ツタ。Mo ヲ添加シタ培養液ニ於ケル生育狀態ハ上記ノ武田葡萄糖含有ノ培養液ニ於ケルモノニ類似スル。新シク形成セラレル個體ハ鮮綠色デ元氣良キ生育ヲスル。最初ニ形成セラレル個體ハ多少アントシアンヲ含有スルガ、之ニ次グ個體ニハ全然其形成ガナク、又開花ハ決シテ起ラナイ。培養ヲヤ、長ク續ケルト、Mo 缺乏ノ培養ニ於テハ暫ク開花ガ續イタ後、缺乏症狀ガ明白トナリ、綠色ヲ減ジ、形成セラレル個體ハ發育不良トナリ、又ハ枯死スル。既ニ生長シタ個體モ之ニ次イデ枯死スル。Mo ヲ添加シタ培養ニ於テハ良キ生育ノ結果遂ニ他ノ必要素ノ缺乏ヲ來シ、アントシアン形成、葉莖ノ黃化、休眠體ノ形成等ガ起ルガ、花芽形成ハ起ラナイ。

實驗第 4. 培養液ニ用ヒル藥品中 CaCl_2 及ビ葡萄糖ヲ除ク他ノ鹽類ハ再蒸溜水ヲ用ヒテ再結晶シタモノヲ用ヒタ。初發材料植物ハ實驗第 1 ニ用ヒタト同様ナ Mo 缺乏ノモノ、及ビ 磷酸石灰ニテ處理シタ培養液ニ 前培養シタ 元氣旺盛ノモノヲ用ヒ、ソレゾレ培養液ニ Mo 添加ノ影響ヲ觀察シタ。結果ハ第 2 表ニ示ス。

第 2 表

Spirodela polyrhiza. 培養期間 27/1-18/2.

初發材料植物	培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	乾燥量 (mg)	乾燥量比較 (%)†	生育狀態
Mo 缺乏症狀ノカナリ著シイモノ。	添加ナシ	7,0	33,1	100	植物體小形、下面ニアントシアン含有多、花芽形成ノ傾向アリ。
	10^{-6}	4,6*	129,1	390	鮮綠色、發育旺盛、培養末期ニハアントシアン及ビ休眠體形成。
發育旺盛ニシテ Mo ガ缺乏シナイモノ。	添加ナシ	6,6	76,4	100	同 上。
	10^{-6}	4,8*	105,5	138	同 上。

* pH ハ一度昂上スルガ、後他ノ榮養素消費ノ結果再ビ低下シタモノト見ラレル。

† ソレゾレ Mo 添加ナキ培養ヲ對照トシテ示ス。

Mo 缺乏ノ植物ヲ初發材料トシタ培養ニ於テハ、Mo ノ有無ニヨル差異ガ實驗第 3 ニ於ケルヨリ一層顯著デアル。然ルニ Mo 缺乏ヲ起サナイ植物ヲ初發材料トシタ培養ニ於テハ、外見的ニハ Mo 缺乏ノ微候ハ明白デナイガ、乾燥量ノ上ニハ Mo ノ促進作用ガ多少見ラレタ。之ニヨリ Mo ハ植物體內ニ蓄積セラレ新シイ生長ニ用ヒラレルモノト思ハレル。種々ノ培養ニ於テ培養液其他ノ培養條件ヲ成ルバクニシテモ、Mo 缺乏ノ程度ハ必ズシモ常ニ一樣ニハ現レナイガ、其一原因トシテ初發材料ニ用ヒル植物體ノ Mo 缺乏程度ニ差異ノアルコトガ考ヘラレル。¹⁾

1) 本研究ニ於テハ主トシテ *Spirodela polyrhiza* ヲ用ヒタガ、Mo 缺乏ノ植物材料ヲ的確ニ且容易ニ得テ、培養ニ於ケル Mo ノ作用ヲ研究スル上ニハ、*Spirodela polyrhiza* ヲ用ヒルヨリモ、植物體ノ小形ナ *Lemna* sp. ヲ用ヒル方ガ有利デアル。

上記ノ實驗以外ニ培養ヲ行ツタガ、ソレニ於テ培養液ニ用ヒル藥品中鹽類ハ全部再結晶シ、參松葡萄糖ハ約 95% ノ再蒸溜アルコールニテ洗滌シテ、培養液中ノ不純物トシテノ Mo ヲ層減少セシメタ¹⁾。第 4 及ビ第 5 圖ハカカル培養液ヲ用ヒ

第 4 圖

第 5 圖

第 4 及ビ第 5 圖 *Spirodela polyrhiza*. 培養期間 18/2-12/3. ($\times \frac{1}{2}$).

第 4 圖 Mo 添加ナシ。第 5 圖 Mo 10^{-6} mol 添加。

第 3 表

植 物	培養期間	培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	乾燥量 (mg)	乾燥量 比較 (%)	生 育 狀 態
<i>Lemna paucicostata</i>	4/1-17/2	添加ナシ	6,0	20,6	100	黄綠色, 植物體稍小形。
		10^{-6}	7,2	70,7	343	發育旺盛。
<i>Lemna valdiviana</i>	20/4-13/5	添加ナシ	6,0	9,8	100	黄綠色, 植物體稍小形。
		10^{-6}	7,1	29,9	305	發育旺盛。
<i>Lemna</i> sp.	20/4-10/5	添加ナシ	7,0	13,2	100	黄綠色, 植物體小形。個體ノ集合程度大ナリ。
		10^{-6}	6,9	67,1	508	發育旺盛, 培養末期ニ稍栄養缺乏ノ徴候アリ。
<i>Lemna trisulca</i>	20/4-25/5	添加ナシ	7,1	92,7	100	發育旺盛。
		10^{-6}	6,8	182,0	196	發育旺盛。

1) STEINBERG (1941) ハ CaCO_3 ヲ用ヒテ培養液ニ混入スル Mo 其他ノ不純物ヲ除去シ、*Lemna minor* ハ Mo ヲ缺クト生育ガ著シク低下スルコトヲ見タ。著者ハ同氏ノ方法ヲモ試ミタガ、満足スベキ結果ガ得ラレナカッタカラ再結晶ノ方法ヲ用ヒタ。

タ培養ニ於ケル Mo 添加ノ效果ヲボス。Mo 添加ナキ培養ニ於テ、植物體ハ甚ダ小形ニテ且黃化ヲ起ス。アントシアンノ形成ハアルガ開花ハ殆ド起ラナイ。Mo 缺乏ガあまり大ナル時ハ生育ガ甚ダ不良トナルタメ、開花モナシ得ナイノデアラウ。

實驗第 5。 *Lemna* ノ數種ニツキ生育ニ及ボス Mo ノ作用ヲ見タ。初發材料植物ハ Mo 缺乏ノ培養液ニ生育シタモノヲ用ヒタ。培養液ハ實驗第 4 ト同様ノモノデアル。但シ *Lemna trisulca* ダケハ磷酸石灰ニテ吸着處理シタ培養液ニ前培養シタ生育良キ植物體ヲ用ヒタ。結果ハ第 3 表並ビニ第 6 及ビ第 7 圖ニ示ス。

第 6 圖

第 7 圖

第 6 及ビ第 7 圖 *Lemna* sp. 培養期間 3/7-12/7. (×%)

第 6 圖 Mo 添加ナシ。第 7 圖 Mo 10^{-6} mol 添加。

是等ノ種類ニ於テモ Mo 缺乏ノ影響ハ顯著ニ見ラレタ。*Lemna trisulca* ニ於テハ Mo ノ有無ニヨル差異ガ他ノ種類ニ於ケル程大デナイガ之ハ Mo 缺乏ヲ起サナイ植物體ヲ初發材料トシタメデアラウ。第 6 及ビ第 7 圖ハ *Lemna* sp. ノ Mo 添加ノ有無ニ於ケル生育ノ比較ヲボス。

實驗第 6。 前實驗ノ培養ニハ炭素源トシテ葡萄糖ヲ用ヒタガ、葡萄糖ヲ含有シナイ培養液ニ於ケル Mo ノ作用ヲ試験シタ。植物ハ *Lemna* sp. ノ Mo 缺乏ノモノヲ用ヒ、又培養液調製ニハスベテ精純化シタ藥品ヲ用ヒタ。結果ハ第 4 表並ビニ第 8 及ビ第 9 圖ニ示ス。

第 4 表

Lemna sp. 培養液ハ葡萄糖ヲ含マズ。 培養期間 27/5-7/6.

培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	乾燥量 (mg)	乾燥量比較 (%)	生育状態
添加ナシ	5,6	3,6	100	稍淡黄綠色。
10^{-6}	6,8	14,7	408	鮮綠色, 發育旺盛。

Mo 缺乏ノ影響ノ現レ方ハ葡萄糖ヲ加ヘタ培養液ニ於ケルヨリ多少低度デアル。植物體ノ黃化ハあまり著シクナイガ、乾燥量ハ Mo 添加ノ培養ニ比較シテ著シク少イ。*Spirodela polyrrhiza* ヲ用ヒテ同様ノ培養試験ヲナシタガ、此植物ハ葡萄糖ヲ含

有シナイ培養液ニ於テハ、生育上ニハ Mo 缺乏ノ影響ガアマリ著シクナイ。植物體ハ兩培養ニ於テ共ニ鮮綠色デ、下面ニアントシアン形成ハナク、乾燥量モ Mo 添加

第 8 圖

第 9 圖

第 8 及ビ第 9 圖 *Lemna* sp. 培養液ハ葡萄糖ヲ含マズ。

培養期間 3/7-16/7. ($\times$ %)。

第 8 圖 Mo 添加ナシ。第 9 圖 Mo 10^{-6} mol 添加。

ノ培養ニ於テ多少大ナル程度ニ過ギナイ。Mo 缺乏ノ培養ニ於テハ溢泌作用が大デ、日中ニ於テモ植物體ノ上表面ニ水滴ノ溜ルコトガヨク見ラレルガ、Mo 添加ノ培養ニ於テハ之ガ少イ。此關係ハ *Lemna* sp. ニ於テモ同様ニ認メラレル。

培養液ノモリブデンノ濃度ト生育トノ關係

實驗第 7. *Spirodela polyrrhiza* ノ Mo 缺乏ノ植物體ヲ用ヒ、生育ニ對スル Mo ノ限界濃度 (培養液ハ 100 cc.) ヲ知ルタメニ培養ヲ行ツタ。培養液ノ Mo ノ濃度ハ 10^{-5} — 10^{-12} mol トナシタ。結果ノ一部ヲ第 5 表ニ示ス。

第 5 表

Spirodela polyrrhiza. 培養期間 25/3-21/4.

培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	乾燥量 (mg)	乾燥量 比較 (%)	生 育 状 態
添加ナシ	5,9	22,8	100	植物體小形, 下面 アントシアン 含有多, 開花多。
10^{-12}	6,1	31,9	140	同 上。
10^{-11}	6,7	46,3	203	發育ヤ、良シ, 花芽形成ナシ。
10^{-10}	5,0*	71,2	314	發育旺盛, 後他ノ榮養素缺乏ニヨリアントシアン形成。
10^{-9}	5,0*	77,2	339	同 上。
10^{-8}	4,9*	76,5	336	同 上。

* pH ハ一度昂上スルガ、後他ノ榮養素消費ノ結果再ビ低下シタルモノト見ラレル。

生育上 Mo ノ作用が見ラレル濃度ハ 10^{-11} mol デアル。此濃度ニ於テハ Mo ヲ添加シナイ對照培養ニ比較シテ植物體ハ多少大キサヲ増シ、下面ニ於ケルアントシアン含有モ稍減少スル。對照培養ニ於テハ開花ガ起ルガ、此培養ニ於テハ花芽形成ハ起ラナイ。Mo ノ濃度 10^{-10} — 10^{-5} mol ノ範圍ニ於テハ旺盛ナ生育ガ起リ、生育狀態並ビニ乾燥量ノ上ニハ互ニ差異ガナイ。ソレ故此培養條件ニ於テハ *Spirodela polyrhiza* ノ良キ生育ノタメニ Mo 濃度ハ 10^{-10} mol デ充分デアルモノト見ラレル。以上ニ述ベタ培養液ノ Mo ノ濃度ト、生育並ビニ花形成トノ關係ハ *Lemna* sp. ニ於テモ全ク同様デアル。此事ハ別ノ實驗デ確メタ。

實驗第 8. *Spirodela polyrhiza* ノ生育ニ對スル Mo ノ有害濃度ヲ知ルタメニ培養ヲ行ツタ。Mo ノ濃度ハ 10^{-6} — 10^{-3} mol トナシタ。Mo ヲ 10^{-4} 及ビ 10^{-3} mol 添加スルト培養液ノ pH ハ稍低下シ、ソレゾレ pH 4.6 及ビ 4.3¹⁾ トナルガ、ソレ以下ノ Mo ノ濃度ニ於テハ培養液ノ pH ノ變化ハ起ラズ、何レモ 4.8 デアツタ。生育上ニ有害作用ガ明白ニ認めラレル Mo ノ濃度ハ 10^{-3} mol デアリ、此濃度ニ於テ植物ハ數日生存スルガ、後全部ノ個體ハ枯死シ、培養液ハ青色トナル²⁾。Mo 10^{-4} mol ニ於テハ正常ナ生育ガ起リ、乾燥量モ其他ノ培養ニ於ケルモノト大體同様デアル。

アンモニウム鹽及ビ亞硝酸鹽培養ニ於ケルモリブデンノ作用

別ニ行ツタ培養³⁾ニ於テ、浮萍科植物ハ窒素源トシテ硫酸アムモニウム又ハ鹽化アムモニウムヲ用ヒルト、培養液ノ pH ハ速カニ低下シ、ソノタメ生育ガ甚ダ不良トナリ遂ニ枯死スルガ、此事ハ硝酸アムモニウムヲ窒素源トシタ場合ニ於テモ全然同様デアツテ、硝酸ガ共ニ存在スルコトハ、生育上ニハ何等ノ影響ヲ與ヘズ、主トシテアムモニヤノミガ窒素源トシテ利用セラレル様ニ思ハレタ。然シ上記ノ如ク硝酸鹽ヲ窒素源トスル場合ニハ、Mo ノ有無ガ生育上ニ著シイ差異ヲ起スコトヲ見タカラ、硝酸アムモニウムノ培養ニ於テモ Mo ノ添加有無ニヨリ硝酸ノ利用ニ差異ガ

第 6 表

Spirodela polyrhiza. 窒素源: NH_4NO_3 . 培養期間 6/1—12/3.

培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)		乾燥量 (mg)	乾燥量 比較 (%)	生 育 狀 態
	5/2	12/3			
添加ナシ	4.0	4.0	33.2	100	次第ニ發育不良トナリ枯死。 20/2 全部ノ個體枯死。
10^{-5}	4.0	4.2	114.1	239	發育ハ不良ナガラ長ク續ク。 濃綠色、アントシアン形成アリ、 一部ノ個體ハ枯死。

1) *Spirodela polyrhiza* ハ培養液ノ Mo ノ濃度ガ適當ナ時ハ pH 4.3 ニ於テモカナリ良キ生育ヲスルカラ其害作用ハ pH ノ小ナルタメデハナイ。

2) PIRSCHLE (1938).

3) 未發表。培養液ハ磷酸石灰ニヨリ吸着處理ヲ行ハズ、又 Mo ノ添加モシナカツタカラ、Mo ノ不足ニヨリ硝酸ノ利用ガ困難デアツタモノト思ハレル。

第 7 表

Spirodela polyrhiza. 窒素源: NH_4NO_3 . 培養液ハ葡萄糖ヲ含マズ。
培養期間 17/3-28/5.

培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	乾燥量 (mg)	乾燥量 比較 (%)	生 育 状 態
添加ナシ	4,0	21,4	100	發育次第ニ 不良トナリ, 大部分ノ個體ハ枯死。
$2,5 \times 10^{-7}$	4,1	51,2	239	發育ハ不良トナルガ長ク續ク。 一部ノ個體ハ枯死。

起リ, 培養液ノ pH ノ變化, 及ビ生育上ニ影響ガ見ラレルデアラウト期待セラレル。

實驗第 9。 *Spirodela polyrhiza* ヲ用ヒ硝酸アムモニウムヲ窒素源トスル培養液ニ於ケル Mo ノ作用ヲ見タ。初發材料植物ハ磷酸石灰ニテ吸着處理シタ培養液ニ生長シタ發育旺盛ノモノデアル。結果ハ第 6 及ビ第 7 表, 並ビニ第 10-13 圖ニ示シタ。

第 6 表ニ示ス培養ニ於テハ, 植物ノ生育ニヨリ兩培養共ソノ培養液ノ pH ハ 4,0 ニ低下シ, 之ニ伴ヒ形成セラレル個體ノ發育, 殊ニ根ノ發育ハ甚ダ不良トナリ, 又一部ノ植物體ハ枯死シテ白色トナル。Mo ノ有無ニヨル差異ハ培養初期ニ於テハ認めラレズ, 又培養液ノ pH モ兩者共同様ニ低下スル。然シ培養ノ進ムト共ニ兩培養液ニ於ケル差異ガ現レ, Mo 缺乏ノ培養ニ於テハ上記ノ症狀ガ次第ニ著シクナリ, 遂ニ全部ノ個體ハ枯死スル。然ルニ Mo 添加ノ培養ニ於テハ培養液ノ酸性昂上ニヨリ一部ノ個體ハ枯死スルガ, 新ナ生長ガ長ク續キ, 培養液ノ pH ハアマリ變化セズ, 寧ロ多少後戻リシテ大體 4,2 位ニ保タレル。此事ハ培養液カラ植物ガアムモニヤヲ吸收スルト同時ニ, 硝酸モ亦吸收スルコトヲ意味シ, Mo 添加ニヨリ硝酸ノ利用ガ促進セラレルコトヲ示ス。第 10 及ビ 11 圖ハ兩培養ニ於ケル生育狀態ヲ示ス。硝酸アムモニウム培養ニ於テハ pH ノ低下ト共ニ娘體ノ生長ガ抑制セラレ小形ト

第 10 圖

第 11 圖

第 10 及ビ第 11 圖 *Spirodela polyrhiza*. 培養液ノ窒素源ハ NH_4NO_3 , 葡萄糖ヲ含ム。培養期間 6/1-12/3. ($\times \frac{1}{3}$).

第 10 圖 Mo 添加ナシ。第 11 圖 Mo 10^{-6} mol 添加。

ナルガ、ソノ形成ハ相次イデ起リ、而モ個體ハ多數連結スル。之ハ殊ニ Mo 含有ノ培養液ニ於テ著シク、又其場合**アントシアン**形成ガ起ル（第 11 圖）。

第 7 表ニ示ス培養ニハ葡萄糖ヲ含有シナイ培養液ヲ用ヒタ。生育狀態及ビ培養液ノ pH ノ低下等ハ大體上記ノ培養ニ於ケルト同様デアルガ、此培養ニ於テハ葡萄糖ヲ加ヘタ場合ヨリモ生長ハ不良ナガラヤ、長クツヅク。第 12 及ビ 13 圖ハ兩培養ニ於ケル生育狀態ヲ示ス。

STEINBERG (1939) ハ *Aspergillus niger* ノ培養ニ於テ亞硝酸鹽及ビ**アムモニウム**鹽ヲ窒素源トシタ培養ニ於テモ Mo ノ作用ヲ認メタ。ARNON (1937) ハ大麥培養ニ於テ、**アムモニウム**鹽ヲ窒素源トスル時、Mo 添加ニヨリ生長ガ促進セラレルコトヲ見タ。

浮萍科植物ニ於テモ亞硝酸曹達ヲ窒素源トスル時、生育上ニ Mo ノ作用ガアルカ否カヲ確メルタメニ培養ヲ行ツタ。シカシ亞硝酸曹達ヲ用ヒタ培養ニ於テハ、培養

第 12 圖

第 13 圖

第 12 及ビ第 13 圖 *Spirodela polyrhiza*. 培養液ノ窒素源ハ NH_4NO_3 , 葡萄糖ヲ含マズ。培養期間 17/3-28/5. ($\times \frac{1}{2}$).

第 12 圖 Mo 添加ナシ。第 13 圖 Mo $2.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$ 添加。

液ノ精純化ヲ行ヒ、又 Mo 缺乏ニヨリ生育ノ不良トナツタ植物體ヲ初發材料トシテモ、*Spirodela polyrhiza* 及ビ *Lemna* sp. ニ於テハ Mo 缺乏ノ影響ガ見ラレズ、植物ハ培養液ニ Mo ヲ添加スルト否トニ拘ラズ間モナク良キ生育ヲ始メル。

酸性磷酸**アムモニウム** ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) ヲ用ヒタ培養液ニ於テハ植物ノ生育ニヨリ培養液ノ pH ガ速カニ低下スルタメ生育ガ抑制セラレルカラ、Mo ノ作用ノ有無ヲ充分明カニスルコトガ出来ナイ。斯クノ如ク浮萍科植物ノ培養ニ於テ、亞硝酸鹽又ハ**アムモニウム**鹽ヲ窒素源トスル場合ニ、Mo ノ作用ガアルカ否カニ就イテハナホ今後ノ研究ヲ要スル。

モリブデン缺乏ニヨル植物體內ノ硝酸蓄積

STEINBERG (1939) ハ *Aspergillus niger* ノ培養試験カラ Mo ハ硝酸ノ還元作用ニ

關係ヲ有チ、更ニ亞硝酸ノ還元過程ニモ關係スルコトヲ述ベタ。著者ハ *Spirodela* 及ビ *Lemna* ハ葉莖並ビニ根ニ著シイ硝酸反應ヲ見タカラ、培養液ニ添加スル Mo ノ作用ニヨリ植物體內ノ硝酸及ビ**アムモニヤ**ノ含有量ニ變化ガ起ルノデハナイカトイフ期待ヲ持チ次ノ實驗ヲ行ツタ。

實驗第 10。 稍 Mo ガ缺乏シタ *Spirodela polyrrhiza* ヲ初發材料トシ、硝酸曹達ヲ窒素源トスル培養液ニ之ヲ培養シタ。培養液中ノ亞硝酸ハ GRIESS-ROMIJIN ノ試藥ヲ用ヒテ檢出シタ。植物體內ノ硝酸及ビ**アムモニヤ**ノ測定ニハ各 2 個ノ培養ヲ用ヒタ。植物體ヲ培養液ヨリ分離シ、蒸溜水ニテ數回洗滌シテ外部ニ附着スル培養液ヲヨク除去シタ後、乾燥シテ乾燥量ヲ秤ツタ。乾燥植物ヲ 100 cc. ノ**フラスコ**ニ入レ、蒸溜水 30 cc. ヲ加ヘ、30 分間 Koch 蒸氣殺菌器ノ中デ加熱シテ浸出シタ。之ニ醫藥用炭末ヲ少量加ヘ、ヨク振盪シテ色素ヲ吸着セシメ、濾紙デ濾過シ、残渣ヲ更ニ蒸溜水デ洗ヒ、全體ノ濾液ヲ 50 cc. トナシタ。此浸出液 20 cc. ヲ用ヒテ微量定量法ニヨリ**アムモニヤ**ヲ測定シタ。又硝酸ノ定量ハ**フェノールサルフォン**酸法ニヨリ、浸出液 1—10 cc. ヲ用ヒテ比色定量シタ。記載ハスベテ 1 個培養ニ相當スル値デ示シ、更ニ乾燥量 1 g ニ對スル値ヲ計算シタ。結果ハ第 8 及ビ 9 表ニ示シタ。

第 8 表

Spirodela polyrrhiza. 培養液ハ葡萄糖ヲ含マズ。 培養期間 24/5-23/6.

培養 日數	培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養液)	培養液 中ノ NO ₂	植 物 體 ノ 分 析				
				乾燥量 (mg)	NH ₃ -N (mg)		NO ₃ -N (mg)	
					全量	乾燥量 1 g ニ ツキ	全量	乾燥量 1 g ニ ツキ
16	添加ナシ	7,2	±	12,8	0,016	1,24	0,124	9,66
	5 × 10 ⁻⁷	7,2	+	11,6	0,018	1,51	0,019	1,65
21	添加ナシ	7,3	±	20,6	0,016	0,77	0,154	7,48
	5 × 10 ⁻⁷	7,2	+	21,4	0,021	0,98	0,029	1,34
30	添加ナシ	7,4	+	31,5	0,027	0,84	0,187	5,93
	5 × 10 ⁻⁷	7,4	+	29,0	0,032	1,09	0,035	1,21

第 9 表

Spirodela polyrrhiza. 培養液ハ葡萄糖ヲ含ム。 培養期間 2/6-14/6.

培養液ノ Mo 添加 (mol)	培養液ノ pH (培養後)	培養液 中ノ NO ₂	植 物 體 ノ 分 析				
			乾燥量 (mg)	NH ₃ -N (mg)		NO ₃ -N (mg)	
				全量	乾燥量 1 g ニ ツキ	全量	乾燥量 1 g ニ ツキ
添加ナシ	7,0	±	25,1	0,018	0,70	0,420	16,73
5 × 10 ⁻⁷	7,2	+	31,5	0,032	1,02	0,187	5,93

初發材料植物トシテ左程 Mo 缺乏ノ著シクナイモノヲ用ヒタカラ、Mo ヲ添加シナイ培養ニ於テモ缺乏徴候ハアマリ明白デナク、乾燥量ノ上ニモ Mo 有無ニヨル差異ガ少イ。葡萄糖ヲ含有シナイ培養液ニ於テ Mo ヲ添加シナイ場合、植物體ノ上表面ニ水滴ノ溜ルコトハ此培養ニ於テモ認メラレタ。培養液中ノ亞硝酸ノ反應ハ Mo ヲ含有スル培養ニ於テ大デアル。此關係ハ他ノ培養ニ於テモ度々見ラレタ。植物體ノ浸出液中ニ亞硝酸ノ反應ハ見ラレナカツタガ、或ハ少量ノ水ヲ用ヒテ浸出ヲ行フナラバ、之ニ於テモ其反應ヲ認メ得ルカモ知レナイ。植物體ノ浸出液ニ於ケル硝酸ノ含有量ニハ、培養液ノ Mo 添加ノ有無ニヨリ著シイ差異ガアル。Mo ヲ添加シナイ培養ニ於テハ、之ヲ添加シタ培養ニ比較シテ數倍ノ硝酸ヲ含有スル。シカシアムモニヤハ逆ニ Mo 添加ノ培養ノ方ニヤ、多ク見出サレル傾向ガアル。

以上ノ結果及ビ本研究ト平行シテ著者ノ行ツタ一般高等植物ニ於ケル實驗結果¹⁾カラ考ヘテ、Mo 缺乏ニヨル生育障害ノ一原因トシテ、植物體内ニ於ケル硝酸還元ノ作用ガ低下スルタメ細胞内ニ硝酸ガ著シク蓄積シ、之ニヨル有害作用ガ考ヘラレル。

生育ニ及ボスタングステンノ作用

BORTELS (1936) ハ *Azotobacter* ヲ硝酸鹽ヲ用ヒタ培養液ニ培養スル時、W ハ Mo ト同様ニ生長促進ノ作用ヲナスコトヲ見タ。浮萍科植物ノ生育ニ對シ Mo ハ上記ノ如キ作用ヲスルガ、W ニモ之ト同様ノ作用ガアルカ否カラ確メルタメニ實驗ヲ行ツタ。

實驗第 11. 培養液ハ再結晶ニヨリ精純化シタ藥品ヲ用ヒ²⁾、W ハ SCHERING-KAHLBAUM 製ノ燐タングステン酸 (2×10^{-7} mol) ヲ用ヒ、初發材料植物トシテ *Lemna* sp. ノ稍 Mo 缺乏ノ著シイモノヲ用ヒタ。培養期間：26/5-7/6。

W 添加ニヨリ植物體ハ綠色及ビ大キサヲ増シ、發育旺盛トナリ、乾燥量ノ増加(對照培養：2.9 mg; Mo 添加培養：4.4 mg) モ明白ニ現レタ。斯様ニ生育上 W ノ作用ハ Mo ノ作用ニ類似スルガ、ソノ程度ハ Mo ノ作用ニ比較シテ低イ。

實驗第 12. *Lemna* sp. ノ Mo 缺乏ノ植物體ヲ初發材料トシテ用ヒ、生育上ニ W ノ作用ガ現レル最低濃度ヲ求メタ。W ノ濃度ハ 10^{-9} — 10^{-6} mol トナシ、W 添加ナキ培養ヲ對照トシタ。培養期間：13/6-27/6。對照培養ニ於テハ植物體ハ小形、黃綠色デアリ、培養末期ニハ開花が見ラレタ。發育上ニ W ノ作用ガ明白ニ見ラレル濃度ハ 10^{-6} mol デアリ、之ニ於テハ發育旺盛デ、乾燥量ハ對照培養ニ於ケルモノノ約 2.5 倍デアリ。 10^{-7} mol ニ於テモ稍生長促進ノ作用が見ラレ、乾燥量ハ對照培養ノ 1.36 倍デアリ。 10^{-8} 及ビ 10^{-9} mol ニ於テハ生育上ニ最早作用ガ現レナイ。

以上ニ述ベタ如ク *Lemna* ノ生育ニ對シ、W ト Mo トハ同様ノ作用ヲ有ツガ其作用ノ見ラレル最小濃度ハ Mo ニ於テハ甚ダ低ク 10^{-10} mol デアリ、W ニ於テハ 10^{-6} mol デアル。兩元素ガ果シテ同一ノ作用ヲ有ツカ否カニツイテハ今ノトコロ未

1) 他ノ機會ニ發表。

2) 此培養ニ限リ培養液ハ 250 cc. フラスコ中ニ 50 cc. ヲ用ヒタ。

定デアル。W ノ作用ト思ハレルモノガ或ハ W ヲ加ヘルタメニ用ヒタ 燐**タングス** **テン**酸中ニ微量混在スル Mo ニヨル可能性モナイトハ言ハレナイ。

花芽形成ニ及ボスモリブデンノ影響

既ニ述ベタ如ク *Spirodela* ハ葡萄糖ヲ含有スル培養液ニ於テ Mo ガ缺乏スル時、生育ガ稍抑制セラレ、下面ニ **アントシアン**形成ガ著シクナリ、ヤガテ開花スルガ、Mo ヲ添加シタ培養液ニ於テハ **アントシアン**形成ハナク、鮮綠色デ極メテ旺盛ナ生育ヲナシ、花芽形成ハ全然起ラナイ。斯様ニ培養液中ノ Mo ノ有無ハ花芽形成ヲ完全ニ支配スル。シカシ花芽形成ニハ或程度ノ生長ガ必要デアルカラ Mo 缺乏ガ著シク、生育ガあまり不良トナル場合ニハ花芽形成ガ起ラナイコトハ當然デアル。斯クノ如ク Mo ノ添加調節ニヨリ、溫度ガあまり低クナイ限り季節ニ關係ナク隨時開花ヲ起サシメルコトガ出來ル。以上ノ事ハ *Lemna* sp. ニ於テモ同様ニ見ラレ、此植物ニ於テハ Mo 缺乏ニヨリ小形、黃綠色トナツタ個體ハ外見上開花ヲ認め得ナイ場合デモ、解剖顯微鏡下ニ檢スレバ内部ニ花芽ヲ藏スル場合ガ多イ。斯クノ如ク浮萍科ノ是等 2 種ノ植物ニ於テハ Mo 缺乏ガ花芽形成ヲ起サシメル一原因¹⁾トナルガ、之ハ恐ラク Mo ノ直接作用デナク、之ガ先ヅ 物質代謝ニ及ボシタ 或種ノ影響ヲ通ジテ起ル間接ノ結果デアラウ。

花形成ノ抑制ニツキ W モ Mo ト同様ノ作用ヲ有スルガ、其作用ノ見ラレル濃度ハ前記ノ如ク Mo ノ場合ニ比較シテ高イ。

總 括

1. 浮萍科植物ノ培養ニ於テ 窒素源トシテ 硝酸鹽ヲ用ヒル時ハ **モリブデン** (Mo) ガ生育ニ必要デアリ、ソレガ缺乏スル場合ニハ、黃化、其他生育上障害ガ起リ、又 *Spirodela polyrrhiza* ニ於テハ **アントシアン**形成ガ起ル。

2. 生育ニ必要ナ Mo ノ最低濃度ハ極メテ低ク、 10^{-10} mol デ充分デアリ、又ソレガ過剰ナタメニ起ル害作用ガ明白ニ認めラレル濃度ハ 10^{-3} mol デアル。

3. 窒素源トシテ硝酸**アムモニウム**ヲ用ヒルト、培養液ニ Mo 添加ノ有無ニ拘ラズ、植物ノ生育ト共ニ培養液ノ pH ハ約 4.0 ニ低下スル。Mo ヲ添加シナイ培養液ニ於テハソレガタメ植物ハ次第ニ枯死スルガ、Mo ヲ添加シタ培養液ニ於テハ後ニ至リ pH ハ大體 4.2 ニ保タレ良好トハ言ハレナイガ長ク生育ヲ續ケル。之ハ Mo ヲ添加シナイ培養液ニ於テハ**アムモニヤ**ノ同化ハ起ルガ硝酸ノ同化ハ困難デアリ、之ニ對シ Mo ヲ添加シタ培養ニ於テハ**アムモニヤ**ト共ニ硝酸ガ同化セラレルコトヲ示ス。

4. Mo 缺乏ノ培養ニ於テハ植物體內ニ硝酸ノ蓄積ガ著シイ。此事ハ Mo ガ吸収サレタ硝酸ノ還元ニ役立ち、ソノ蓄積ニヨル害ヲ免レシムルト云フ考ヘヲ支持スル。

5. *Spirodela polyrrhiza* 及ビ *Lemna* sp. ニ於テ培養液ニ Mo ガ缺乏スルコトハ

1) 是等植物ニ於テ花芽形成ハ此他ノ原因ニ因ツテモ起ルガ、ソレニツイテハ別ノ機會ニ述べル。

開花ヲ起ス一原因トナル。

6 **タングステン**ハ浮萍科植物ノ生育並ビニ花形成ニ對シ Mo ト同様ノ作用ヲスルガ、其影響ノ見ラレル濃度ハ Mo ニ比較スレバ高イ。

本研究ハ坂村教授ノ御懇篤ナル御指導ノ下ニ行ハレタモノデ、茲ニ同教授ニ深ク感謝ノ意ヲ表スル。ナホ本研究ハ「植物ノ炭素及ビ窒素代謝研究」ニ對スル文部省科學研究費ニヨツテナサレタモノデアル。

北海道帝國大學理學部植物學教室

文 獻

- ARNON, D. I.: Ammonium and nitrate nitrogen nutrition of barley at different seasons in relation to hydrogen-ion concentration, manganese, copper, and oxygen supply. *Soil Sci.* **44** (1937), 91-113.
- ARNON, D. I. and STOUT, P. R.: Molybdenum as an essential element for higher plants. *Plant Physiol.* **14** (1939), 599-602.
- BIRCH-HIRSCHFELD, L.: Über den Einfluß von Molybdän und Bodenextraktstoffen auf die N-Bindung von *Azotobacter chroococcum*. *Arch. f. Mikrobiol.* **3** (1932), 341-361.
- BORTELS, H.: Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. *Arch. f. Mikrobiol.* **1** (1930), 333-342.
- : Weitere Untersuchungen über die Bedeutung von Molybdän, Vanadium, Wolfram und anderen Erdschenstoffen für stickstoffbindende und andere Mikroorganismen. *Zentralbl. f. Bakt. II.* **95** (1936), 193-218.
- : Über die Wirkung von Molybdän- und Vanadiumdüngungen auf Leguminosen. *Arch. f. Mikrobiol.* **8** (1937), 13-26.
- : Entwicklung und Stickstoffbindung bestimmter Mikroorganismen in Abhängigkeit von Spurenelementen und vom Wetter. *Ber. d. deut. bot. Ges.* **56** (1938), 153-160.
- PIRSCHLE, K.: Die Bedeutung der Spurenelemente für Ernährung, Wachstum und Stoffwechsel der Pflanzen. *Ergebn. d. Biol.* **15** (1938), 67-165.
- STEINBERG, R. A.: Role of molybdenum in the utilization of ammonium and nitrate nitrogen by *Aspergillus niger*. *Jour. Agr. Res.* **55** (1937), 891-902.
- : Effects of nitrogen compounds and trace elements on growth of *Aspergillus niger*. *Jour. Agr. Res.* **59** (1939), 731-748.
- : Use of *Lemna* for nutrition studies on green plants. *Jour. Agr. Res.* **62** (1941), 423-430.
- TER MEULEN, H.: Sur la répartition du molybdène dans la nature. *Rec. Trav. chim. Pays-Bas.* **50** (1931), 491-504.
- YOSHIMURA, F.: On the minimum concentration of manganese necessary for the growth of Lemnaceae plants. *植物學雜誌* **55** (1941), 163-175.

Résumé.

When Lemnaceae plants are cultured in the nutrient solution containing nitrate as nitrogen source, molybdenum is necessary in a minute concentration for their healthy growth. If this element is omitted, chlorosis and other necrotic symptoms appear. In the case of *Spirodela polyrrhiza* moreover an accumulation of anthocyan happens. The minimum concen-

tration of molybdenum necessary for the growth is 10^{-10} mol. Molybdenum in the concentration 10^{-3} mol shows the harmful effects on the plant growth. The pH-value of the nutrient solution decreases to 4,0 during the culture, when NH_4NO_3 is used as nitrogen source. In a NH_4NO_3 -culture lacking in Mo, the plants die in high acidity at last, while in the nutrient solution containing this element in a minute amount the plant growth continues, if not healthy, and after a certain period the pH-value remains unchanged 4,2. This difference depends upon the fuction of molybdenum, which favours the nitrate assimilation at high acidity. In a Mo-deficient plant body nitrate accumulates in remarkable amount. From this fact it seems probable that molybdenum has to do with the nitrate reduction, and protects the plant from the injury caused by the nitrate accumulation. In *Spirodela polyrhiza* and *Lemna* sp. the Mo-deficiency causes the formation of flower buds. Tungsten shows the similar physisiological function for the Lemnaceae plants as described in the case of molybdenum, but tungsten is required for this purpose in a higher concentration than the latter element.