

## 稲の水中培養に於ける窒素源としてのアムモニヤ及硝酸鹽の栄養價値に就て

深城, 貞義  
九州帝國大學農學部植物學教室

<https://doi.org/10.15017/20781>

---

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 3 (3), pp.244-262, 1929-06. 九州帝國大學農學部  
バージョン：  
権利関係：

## 稻の水中培養に於ける窒素源としてのアム モニヤ及硝酸鹽の營養價値に就て<sup>1)</sup>

深 城 貞 義

(昭和四年四月二十日受領)

### I. 緒 言

植物はアムモニヤ及硝酸鹽の何れから窒素を攝取し同化し易きかは純植物生理學的見地からは甚だ興味ある問題であつて、應用上に於ても亦特に注目すべき重大問題たるは今更喋々を要しない所である。故に前世紀の半ば以來多數の學者が此問題解決の爲に努力し、漸次解決の域に近づきつゝある様である (14, 22, 23, 18, 6, 24, 12, 13, 27, 3), 28, 25, 26, 16, 17, 20), で、今此等多數の研究結果を見るに、大體次の如く分類せらるゝ様である; 即ち植物の窒素源として硝酸鹽の良結果を得し場合 (22, 23), アムモニヤ鹽の勝りたる場合 (21, 26, 27, 28, 29, 30) 或は兩者相等しき價値あることを認め得るもの (14, 18, 20) 乃至は培養せる植物の種類によつて其價値を異にすると見做し得るもの (16, 17, 5, 6, 12, 13)。仍て其原因を吟味するに i) 使用せる植物の種類 ii) 植物の年齢乃至營養状態 iii) 培養の時期及 iv) 實驗法の相違等に歸せらるゝ様である。實驗法の相違として次の諸點に注目せられる。培養法の如何 (詳言せば水耕, 砂耕乃至は土壤栽培試験の如何), 培養液の組成, 培養液の反應及硝化若くは硝酸還元作用等の如き微生物の影響の有無……等。

扱今主要農作物の一たる稻に就て此問題の徹底的解決は目下の喫緊事である。で、稻に關する此方面の從來の文献に依るに、夙に KELLNER 氏 (14) は水稻を以て水中培養をなし、アムモニヤ鹽類と同様に硝酸鹽類から窒素を攝取し得る事を確め且つ稻の幼時にはアムモニヤ鹽では生育極めて良好なるも後期には生長は著しく阻害せられ、硝酸鹽類では其反對の結果を得た。仍て同氏は稻は多分生長の初期にアムモニヤを、後期に硝酸をよく同化し得るであらうと推論してゐる。NAGAOKA 氏 (21) は水稻及陸稻について鉢植並に圃場栽培にてアムモニヤ鹽類は硝酸鹽に著しく勝るを證し、DAIKUHARA 氏 (4) は水稻の砂中培養につき、DAIKU-

1) 九州帝國大學植物學教室業績第 25 號

HARA and IMASEKI 兩氏 (5) は鉢植試験にて同様の結果を得てゐる。Loo 氏 (16, 17) は稻の苗に就て水中培養により各種のアムモニヤ鹽類を以て其培養液の水素イオン濃度を適宜に保てる場合には硝酸鹽よりも遙かに勝る結果を得てゐる。

此を要するに Loo 氏の稻の幼苗期に於ける實驗以外の此種の實驗にては培養液の反應に餘り考慮を拂つてゐない様である。仍て著者は培養液の反應に特に考慮を拂つて、換言すれば硝酸鹽の生理的アルカリ性化乃至はアムモニヤ鹽の生理的酸性化の爲に植物に少なからざる有害作用を及ぼす事を出來る限り除去して全生育期中培養し、兩鹽の營養價值を比較せんと試みた。それで、最初に二三の培養液に就て培養中其反應の自然に變化するがまゝに放任せる場合に植物に如何なる影響を及ぼすかを見、其が果して反應に餘り考慮を拂はなかつた前記諸學者の結果と一致するや否やを確め、然る後に培養液を可及的近似の Ph 價に保つて兩型の窒素源が稻の生育の上に及ぼす影響の實驗をなした。依て、茲に 1923 年以來 3 ケ年の結果を纏めて報告する事とした。本論文は稻の窒素源としてのアムモニヤ及硝酸鹽の營養價值の決定への一階梯乃至は一助となるならば幸甚である。

本研究は九州帝國大學農學部植物學教室に於て瀨瀨教授指導の下に實驗せるものである、仍て茲に附記して特に深謝の意を表はす。

## II. 實驗材料及一般實驗方法

實驗材料：主として水稻（晚神力）を用ゐ、一部陸稻（戰捷穗）を用ゐ又參考材料としてカウキクサ (*Azolla japonica*) を使用した。

實驗法：水中培養によつて實驗し使用せる培養液は主に KNOP 液を、一部は Hansteen-Cranner 液を基礎とし、混合せる鹽類の割合及種類を多少變更し、其濃度は原處方<sup>1)</sup>を  $\frac{1}{20}$  に稀釋せるものを主とし、一部は  $\frac{1}{10}$  及  $\frac{1}{40}$  に稀釋して使用した。窒素源としては硫酸アムモニヤ、硝酸石灰及一部の實驗に硝酸アムモニヤを用ひ、之等の鹽類は各培養液に於て窒素に關して化學的當量宛使用せられた（但し HANNSTEEN-CRANNER 液に於ては含窒素鹽に就て等重量宛加へた）。

培養液は凡て蒸溜水を以て作り、培養液用の化學藥品は主に MERCK 乃至 KAHLBAUM 製の分析用のものを以てし、一部は日本藥局方或は其他の純化學用品を以て充當した。水耕器は主に硬質硝子製の内徑 10 cm, 深さ 24 cm, 容量 1.8 立の圓筒を使用し、一部生育初期に

1) 數回の豫備實驗の結果培養液の濃度稀薄なる程生理的酸性乃至アルカリ性の害を被る事少きを見た。

等径の一立容量の硝子圓筒又は 0.5 立の廣口瓶を代用した。之等水耕器を建物の南側に架設せる棚の上に一列に並置し、上方を硝子屋根で覆ふて雨水を防げるも、南方側面からの日光照射をば殆んど遮斷しなかつた。

培養液の培養前の水素イオン濃度については、其液を調合の際に測定せる値を採用した。培養液更新の際は必ず Ph 價を測定し、尙特種の實驗に於ては液更新の途中一週に一乃至二回 Ph 價を測定し其偏倚の度に應じて調節劑として 1928 年度に於ては 1%  $K_2HPO_4$  若しくは 1%  $H_2PO_4 + KH_2PO_4$  の混合液 (2:8 の比に混合, Ph 2.2) を添加し、1927 年度にては 1%  $H_2PO_4$  若しくは 1%  $K_2PO_4$  を適宜添加した。Ph 價の測定は比色法に依り (2) 其標準液の Ph 價は水素電極に依つて電氣的に決定した。

水耕用の材料は先づ硝子皿 (内径 15 cm, 深さ 3.5 cm) の上に目を疎大にせるガーゼを張り其上に播種し、所定の培養液を注入して發芽させ、其苗の稈葉の全長 5-10 cm の時に規定の水耕器に移した。水耕器中に於ては蒸發及根の吸收に因る培養液の減少量を一日一回宛蒸溜水で補充し、毎週一回宛 (一部の實驗にては二週間毎に一回宛) 培養液を更新した。

培養期中絶えず稈葉の全長、分蘖稈數及一般外觀 (色、葉の枯死の度等につき) を調査し且つ培養終了に當りて地上部及根の乾量を測定し、其出穂し成熟せるものにあつては其穀粒の量並に質をも檢べた。

### III. 培養期中調節劑を一切添加せざる場合

第一實驗。水稻。1926 年 (其一)。使用せる培養液は HANSTEEN-CRANNER 液を基礎とせるもので、其窒素源として硝酸石灰若しくは硫酸アムモニヤ乃至は硝酸アムモニヤを等重量宛用ひた。其濃度は原處方の  $\frac{1}{20}$  及  $\frac{1}{40}$  の濃度に稀釋せるものを以てし、何れも 3 組宛實驗した。5 月 24 日に播種し 6 月 15 日に規定の水耕器 (1.8 立) に 3 本宛移植した。

培養期中の生育状態を  $\frac{1}{20}$  濃度に稀釋せるものについて見るに (第一表) 硫酸アムモニヤ及硝酸アムモニヤ區では常に濃綠色を呈し生育良好である。然るに硝酸石灰區では稈葉は一般に黄綠色を呈し其長さも著しく前二者に劣り、漸次葉の先端より黄綠色を呈し枯れ始めた。此點諸家の從來の研究成績に一致した (21, 5)。

培養液の Ph 價の變化の状態を見るに最初は Ph 5.2-5.6 にして大體等しい、然るに培養後に於て硝酸石灰區では漸次アルカリ性に傾き Ph 6.9 となり、硫酸及硝酸アムモニヤの兩區では酸性に傾き Ph 4.6 である。之點も Loo 氏 (16) 及 PRANISCHNIKOW 氏 (26) の結果と一致してゐる。

第一表 水稻 培養液の窒素源と苗の生育状態との關係並に培養液の Ph 價の變化 (調節劑を添加せざる場合) (HANSTEEN-CRANNER 液,  $\frac{1}{20}$  濃度, 1926 年 3 組の平均)。

培養液の窒素源	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	
稈葉の全長 (毎週一回測定結果の平均, 數値は平均を 100 とした場合)	59.6	109.6	130.9	
健康度*	+	卅	卅	
培養一週間に於ける Ph 價 (毎週一回測定結果の平均)	培養前	5.4	5.2	5.6
	培養後	6.9	4.6	4.6
	培養前後の平均値	6.2	4.9	5.1

\* 卅 稈葉濃綠色にして生育最も良好なるもの

+ 稈葉黄綠色となり, 葉の先端多少枯れ始め生育不良の兆を呈し始めたもの

其後の生育状態を見るに硝酸石灰區では間もなく枯死し (7 月 6 日に培養を中止した), 硫酸アムモニヤ區に於ては分葉初期より漸次葉の先端から黄綠色となつて枯れ始め, 中期に於ては著しく不健康の兆を呈し, 稀に出穂するも極めて不完全であつた。硝酸アムモニヤ區では出穂後まで可なり健康に生育し, 可なり充實せる穀粒を生じた。

$\frac{1}{40}$  濃度に稀釋せるものに於ては  $\frac{1}{20}$  濃度のもので大體一致せる傾向を得た。然れ共硫酸アムモニヤ區に於ては  $\frac{1}{20}$  濃度のものでよりも比較的長期間健康を維持した。而して其培養後の Ph 價は稍々大即ち酸性化の程度は小であつた。此に依つて見るに硫酸アンモニヤを窒素源とする培養液に於て其濃度稀釋の場合は其濃厚なるものに比して酸性化の度は微少の爲植物に對する有害の度も低くなつたものと考へられる (18, 20)。

第二實驗。水稻。1926 年 (其二)。大體の方法は第一實驗と同様であつて, 7 月 2 日に播種し, 同月 14 日 0.5 立入の廣口瓶に 3 本宛移植し, 8 月 4 日に規定の水耕器に移した。2 組の實驗をなし, 使用する培養液は KNOP 液及 HANSTEEN-CRANNER 液を基礎とせるもので, 其鹽類混合の割合は下記の通りである。

窒素源 鹽類名	KNOP 液を基礎とせるもの		
	硝酸石灰	硫酸アム モニヤ	兩鹽混合
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 式	1.00	—	0.50
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> "	—	0.805	0.403
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> "	0.25	0.25	0.25
MgSO <sub>4</sub> . aq. "	0.25	0.25	0.25
KCl "	0.12	0.12	0.12
CaSO <sub>4</sub> . aq. "	—	0.50	—
FeCl <sub>3</sub>	微量	微量	微量

蒸溜水立	1.00	1.00	1.00
重量%	0.162	0.193	0.152
モル濃度	0.011	0.014	0.011

HANSTEEN-CRANNER 液を基礎とせるものに就ては第一實驗に使用せるものと同一のものを用ひた。上記各種の培養液を  $\frac{1}{20}$  濃度に稀釋して使用した。

一般の結果は第一實驗の其と同様である、而して兩鹽混合區では第一實驗に於ける硝酸アムモニヤ區の夫と類似の傾向にあつて生育最も良好となり、殊に生育後期に其差甚しく、完全なる穀粒を生じた。此結果は KELLNER 氏 (14) の其とよく一致する所である。

第三實驗。水稻 1927 年。第一實驗と大體同様の方法で行ひ、使用せる培養液は KNOP 液を基礎として其含窒素鹽及磷酸鹽の種類並に量を多少變更せるもので、次記の通りである。

窒素源 鹽類名	硝酸石灰	硫酸アム モニヤ	兩鹽混合
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 瓦	1.00	—	0.50
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> "	—	0.805	0.403
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> "	0.50*	—	0.50
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> "	—	0.50	—
MgSO <sub>4</sub> .aq. "	0.25	0.25	0.25
KCl "	0.12	0.12	0.12
CaCl <sub>2</sub> "	—	0.25	—
FeCl <sub>3</sub> "	微量	微量	微量
蒸溜水立	1.00	1.00	1.00
重量%	0.187	0.193	0.177
モル濃度	0.013	0.014	0.013

\* 印は規定の Knop 液の 2 倍量

上記の各培養液の  $\frac{1}{20}$  濃度のものを用ひ、アムモニヤ及硝酸鹽區では 6 組行ひ、兩鹽混合區では 3 組行つた。7 月 18 日に播種し、同月 26 日に規定の水耕器に移植して 8 月 19 日まで培養した。<sup>1)</sup>

其苗の生育状態及培養液の反應の變化を見るに (第二表) 前記第一及第二實驗と類似の傾向にある。然しながらアムモニヤ鹽區と硝酸鹽區との差異の程度は減じてゐる、健康度に就ては殊に然るを見る。Ph 價の平均値についてはアムモニヤ鹽區及兩鹽混合區では第二實驗の夫と大差なきも、硝酸鹽區では既記の如く酸性鹽なる KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> を増加せる爲にアルカリ

1) 8 月 19 日以後は調節劑を添加せる爲に後章に於て其結果を記載した。

性化の程度は微弱である。此事は前實驗に於けるよりも硝酸鹽區に於て生育を良好ならしめた主なる原因が存するであらう。

第二表 水稻。培養液の窒素源と苗の生育度との關係及培養液の Ph 價の變化に就て(調節劑を添加せざる場合)。(1927 年, 6 組の平均, 但し混合區は 3 組)。

培養液の窒素源		硝酸石灰	硫酸アムモニヤ	兩鹽混合
稈葉の全長 (平均を 100 とせ) (る場合の比數)		66.7	112.1	121.2
健康度		卅	卅	卅
培養一週間に於ける Ph 價 (毎週一回測定結果の平均)	培養前	4.4	5.2	4.6
	培養後	6.0	3.4	4.4
	培養前後の平均値	5.2	4.3	4.5

第四實驗。陸稻 1926 年。實驗法は水稻に於ける第二實驗と全く同様である。實驗結果は生育初期及後期共大體一致してゐる。

尙ほ本實驗中硫酸アムモニヤを以ての HANSTEEN-CRANNER 液にて培養せるものにて、分蘗初期から  $KH_2PO_4$  の代りに  $K_2HPO_4$  を置換して、可なり不健康に陥れる苗をして漸次健康を恢復し、出穂させた。其培養液の Ph 價の平均値を見るに 4.7 であつて、健康に生育して出穂し、H<sub>2</sub>O 成熟せる兩鹽混合區の平均 Ph 價 4.6 に近似の値である。

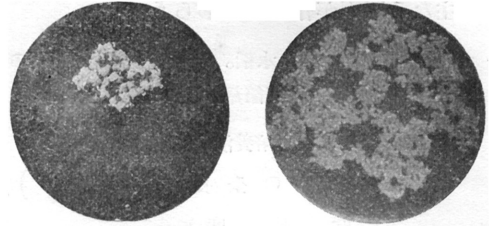
第五實驗。アカウキクサ。1926 年。九大農學部植物園内の池中に生ぜるアカウキクリを採集し來り、直徑約 1 cm のものを 3 個宛大型硝子皿 (内徑 17 cm, 深さ 6 cm 容積 0.8 立) に培養し、2 週間毎に其増殖せる部を採取し (後に最初培養せるものと等大のものを 3 個宛残す) て乾量を測つた。本實驗は當教室の硝子室中に一組に就て行ひ、7 月 22 日に培養し始め 9 月 16 日に終了した。培養液は第二實驗と同様のものを用ひた。

第三表 アカウキクサの生育と培養液の窒素源との關係及其 Ph 價の變化に就て (調節劑を添加せざる場合)。(1926 年一組に就て)。

培養液の種類	KNOP 液を基礎とせるもの			HANSTEEN-CRANNER 液を基礎とせるもの		
	硝酸石灰	硫酸アムモニヤ	兩鹽混合	硝酸石灰	硫酸アムモニヤ	
増殖せる全乾量 (平均を 100 とせる比數)	39.5	148.1	133.6	32.6	146.1	
培養中の健康度	(+)	卅	卅	(+)	卅	
培養一週間に於ける Ph 價 (毎週一回測定結果の平均)	培養前	4.9	4.6	4.8	5.4	5.2
	培養後	7.4	4.8*	5.3	6.8	5.0
	前後の平均値	6.2	4.7	5.1	6.1	5.1

(+)...黄綠色を呈し外縁より枯死し始めたもの 卅...濃綠色にして至極健康の外観を呈せるもの \* 培養後の Ph 價 4.4 を示せるものもあるも稀に培養前より大なる Ph 價を示した。之多分塵埃等の混入乃至は硝子皿からアルカリ鹽の溶出せる結果等に依ると考へられる。

生育状態並に乾量等を測定し且つ培養液の Ph 價の變化を調査せる結果 (第三表) 次の事を認め得る: 硝酸鹽のみを培養液中の窒素源とせるものに於ては其アムモニヤ鹽を含むものに比して乾量は著しく劣り且つ極めて不健康の兆 (黄綠色を呈し、後に外縁から多少枯死し始む) を呈した。アムモニヤ鹽を含むものでは大體濃綠色にして至極健康の外觀を呈した (第一圖参照), 而して硫酸アムモニヤ區では混合區よりも乾量に於て稍々勝る傾向である。



第一圖 アカウキクサ (*Azolla japonica*) 窒素源の相違に因る生育の差異を示す。調節劑を添加せざる場合。1926 年 9 月 2 日直徑約 1 cm のもの 3 個宛より同月 16 日までに増殖せるもの。

1. 硝酸石灰區
2. 硫酸アムモニヤ區

培養液の Ph 價の變化については硝酸石灰區では一般に著しくアルカリ性に傾き、硫酸アムモニヤを含有せるものでは殆んど變化なきか或は僅かにアルカリ性に傾いてゐる。

上述の結果は稻の生育初期に於ける此種の實驗 (第一乃至第四) と大體一致する様である。

#### IV. 培養期中調節劑を添加せる場合

##### A. 全生育期を同一窒素源を以て培養せるもの

第六實驗。水稻 (1928 年)。一般の實驗法及使用せる培養液は第三實驗の夫と同様なるも只本實驗に於ては分蘖中期以後其生育初期に使用せるもの、2 倍の濃度即ち第三實驗の原處方に記載せるもの、 $\frac{1}{10}$  の濃度に稀釋せるものを使用し、2 週間に一回宛培養液を更新した。而して窒素源の相違に依りて、Ph 價の相反せる方向に變化せんとする傾向を抑制せんが爲に、2-3 日毎に培養液の Ph 價を測定し、其アルカリ性に傾けるものに對しては 1%  $H_3PO_4 + KH_2PO_4$  混合液を、其酸性を強めるものに對しては 1%  $K_2HPO_4$  液を調節劑として添加した。6 月 9 日に播種し同月 16 日に一立の水耕器に移し、9 月 10 日に更に 1.8 立のものに移した。10 月 29 日即ち一般に穂の成熟するまで培養を繼續した。

全生育期中に於ける窒素源の相違に依る生長の差異を見るに (第四表) 一般にアムモニヤ鹽及兩鹽混合區に於ては生育初期及分蘖期中は濃綠色乃至綠色を呈し、至極健康に生育した。硝酸鹽區では生育初期に於て稍々黄綠色を呈した。主稈及分蘖稈の全長の總計、稈數等に就ては硝酸鹽區は他の二者に著しく劣る、而してアムモニヤ鹽區では兩鹽混合區に僅かに劣る



傾向である。

出穂期に就ては著しい差異を認めざるもアムモニヤ區に於けるもの其期間は多少延引す

第四表 培養液中の窒素源と稻の生育度との關係並に培養液の Ph 價の變化に就て (調節劑を添加せる場合)。(1928 年 3 組の平均)。

窒 素 源	硝 酸 石 灰				硫 酸 ア ム モ ニ ヤ				兩 鹽 混 合			
	稈葉の全長の總計	* 稈數	健康度	** Ph價	稈葉の全長の總計	稈數	健康度	Ph價	稈葉の全長の總計	稈數	健康度	Ph價
分 蘗 初 期	69.7	57.0	卅	5.1	108.3	114.0	+	4.4	122.0	129.5	卅	4.5
最 大 分 蘗 期	67.0	59.4	卅	5.3	106.7	102.3	卅	4.1	126.4	133.6	卅	4.8
成 熟 期			卅	5.4			卅	4.4			卅	5.0
全培養期中の Ph 價の平均値				5.3				4.3				4.6
Ph 價の變化の範圍				3.6-6.5				2.6-5.8				3.3-5.4

\* 稈葉の全長の總計及稈數は各期の平均を 100 とせる場合の比數にて示す。稈葉の全長の總計とは主稈並に分蘗各稈の全長の總計、稈數は主稈及分蘗稈を含む。

\*\* 培養期間に於ける培養液の Ph 價の平均値、詳言せば培養前の Ph 價並に根と接觸後 2-3 日毎に測定せるもの、調節劑添加の後の Ph 價及培養液更新の際に測定せるもの、平均値を以て示す。

卅 卅 + は稈葉濃綠色にして至極健康の外見を呈せるものより漸次黄綠色となり一見して不健康の兆を認め得るまでの階梯を示す。

る。穂の成熟度<sup>1)</sup>に就てはアムモニヤ鹽區及兩鹽混合區に於けるもの其硝酸鹽區のものに比して多少遅れ而も前二者に於ては極めて不整一である。アムモニヤ鹽及兩鹽混合區では出穂期以後尙ほ稈の基部より後期的に分蘗稈を發生し、收穫時に於て多數の不出穂稈の成生を見しも、硝酸鹽區では僅かに發生せるに過ぎなかつた。此後期的に分蘗はアムモニヤ鹽區に於て最も著しい傾向であつた。

收穫量に就て (第五表) 見るに一個體當りの穀粒數, 出穂稈數, 不出穂稈數, 一個體當り

第五表 培養液中の窒素源と稻の收穫量との關係。(調節劑を添加せる場合。1928 年 3 組の平均)。

培養液の窒素源	硝酸石灰	硫酸アムモニヤ	兩鹽混合
稈及穂の平均長さ	117.1	93.5	89.4
穀粒數 (一個體當り)	73.5	112.7	113.8
出穂稈數 (%)	52.7	117.6	129.7
不出穂稈數 (%)	54.1	132.1	114.1
不出穂稈の稈葉の全長の總計 (%)	57.3	133.3	109.4
稈葉の乾量 (%)	79.9	103.3	116.8
穀粒の乾量 (%)	95.2	89.2	115.6
根の乾量 (%)	84.5	100.9	114.6
全乾量 (%)	84.0	99.8	116.2
全乾量に對する穀粒の乾量の比 (%)	112.5	88.8	98.7
玄米の粉末比重	102.5	97.0	100.5

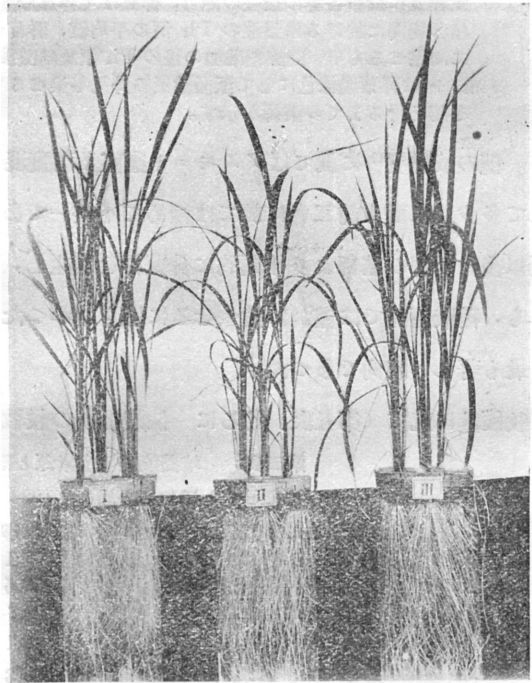
\* 本表に於ける數字は凡て平均を 100 とせる場合の比數を以て示す。

1) 外觀による着色度及充實度を意味す。

不出穂稈の全長の總計，稈葉及根の乾量（全乾量に就ても同様の傾向）等は硝酸鹽區に於けるもの著しくアムモニヤ鹽及兩鹽混合區の夫等に劣る。然れ共稈及穂の長さ並びに全乾量に對する穀粒の乾量の比については硝酸鹽區に於ては他の二者に著しく勝る。穀粒の乾量（絶對量）については一般に大差なきもアムモニヤ鹽區最も劣り，硝酸鹽區は夫に稍と勝り而して混合區は最も大である。玄米の粉末比重についてはアムモニヤ鹽區のもの硝酸鹽區のものに比して稍と小である。之に依て見るに玄米の充實度は，硝酸鹽に於けるものアムモニヤ鹽の夫に稍と勝るといひ得るらしい（15）。

第七實驗 1927年。第三實驗（生育初期に於て調節劑を添加せざるもの）に使用せる材料並に培養液について更に培養を繼續し，1%  $H_3PO_4$  及  $K_3PO_4$  液を調節劑として第六實驗に於けると同様の方法で添加した。11月9日まで培養を續け其間絶えず生育状態を調査した。最初は6組について，後には3組についての實驗である。

大體に於て第六實驗に於ける結果と類似の傾向なるも，本實驗にては硝酸鹽區に於けるもの生育後期に於ても常に不良の結果を呈し，アムモニヤ鹽區では分蘗旺盛期以後一層生育良好となり，兩鹽混合區を凌駕するに至つた（第二圖参照）。即ち收穫調査の結果（第六表）に依るに稈及穂の長さ，一個體當りの穀粒數，出穂並に不出穂稈數及全乾量等に就てアムモニヤ鹽區最大にして混合區は稍と劣り，硝酸鹽區は著しく劣つた。



第二圖 水稻 (*Oryza sativa*) 培養液中の窒素源と其生育度との關係を示す。調節劑を添加せる場合。

- I. 硫酸アムモニヤ區
- II. 硝酸石灰區
- III. 兩鹽混合區

B. 生育期中に於て培養液の窒素源を變更せる場合。

第六表 培養液中の窒素源と稻の收穫量との關係。調節劑を添加せる場合。(1927年3組の平均)。

培養液の窒素源	硝酸石灰	硫酸アムモニヤ	兩鹽混合
平均稈及穂の長さ	83.8	110.3	105.9
一穂當り穀粒數	88.5	113.4	98.1
出穂稈數(一個體當り)	50.6	132.3	116.7
不出穂稈數(%)	53.5	128.0	118.5
全乾量(%)	53.0	143.7	103.4

數字は凡て比數で表はす。

第八實驗 1927年:—第七實驗と同一材料を以て同様の方法で培養し、只分蘖の中期<sup>1)</sup>に於てアムモニヤ鹽より硝酸鹽へ、硝酸鹽よりアムモニヤ鹽へと異なる窒素源の培養液に変更し、3組宛の實驗をなした。

今生育期中の調査によるに、アムモニヤ鹽液より硝酸鹽液へ變更せるものは漸次不健康に陥り、其不變更區のものに比して分蘖稈數及稈の長さ等も多少劣り、出穂期も多少遅延した。硝酸鹽液よりアムモニヤ鹽液に変更せるものでは、其不變更のものに比して健康恢復の兆を呈し、出穂期は多少早まる傾向にあつた。

收穫後の調査によれば(第七表)アムモニヤ鹽液より硝酸鹽液へ變更せるものでは、稈及穂の長さ、一個體當りの穀粒數(一穂についても同様)、出穂及不出穂稈數、全乾量は其不變更に比して著しく劣る。硝酸鹽液よりアムモニヤ鹽液に変更せるものでは其不變更區に比し

第七表 稻の生育期中培養液の窒素源を變更せる場合に於て其生育度並に收穫量の上  
に及ぼす影響。(1927年3組の平均)。

培養液の窒素源	硫酸アムモニヤ		硝 酸 石 灰	
	不變更區	硝酸石灰 へ變更區	不變更區	硫酸アムモニ ヤへ變更區
平均稈及穂の長さ	125.9	89.8	95.6	88.7
穀粒數(一個體當り)	199.9	75.1	59.6	65.3
”(一穂當り)	131.5	80.0	102.6	85.9
出穂稈數(一個體當り)	160.0	98.8	61.2	80.0
不出穂稈數(%)	164.4	103.1	68.7	63.8
全乾量(%)	180.0	96.8	66.4	56.8
Ph價の變化の範圍	3.0-6.8	3.2-5.9*	3.2-6.0*	3.0-6.8
Ph價の平均値	4.9	4.5	4.5	4.9

\* 一回のみ調節劑添加の結果 2.5 となつた。

本表に於ける數字は Ph 價に關するもの、他は平均を 100 とせる場合の比數にて示す。

1) 各區の最初の分蘖稈の發生より 3 週間後。

て出穂稈數（不出穂稈數は大差ない）及一個體當り粒數數は増大するも全乾量、稈及穂の長さ並に一穂の粒數については稍々劣る。後二者に於ての減少は出穂稈數増大による相關々係とも考へられる (6)。

依て全生育度を比較するに、アムモニヤ鹽液より硝酸鹽液に変更せるものでは其不變更のものより著しく劣る、然るに硝酸鹽液よりアムモニヤ鹽液に変更せるものでは其然らざるものと大差がない様である。

今其培養液の Ph 價を見るに、アムモニヤ鹽液より硝酸鹽液に変更せるものでは平均價が 4.5 でアムモニヤ鹽液の 4.9 に比すれば多少酸性度に於て生育せる故に、硝酸鹽液の不良の結果は生理的アルカリ性に歸し得ない。其 Ph 價の變化の程度を見るに、一時 2.5 なる強酸性を呈してゐる、勿論之は一回のみなるも此事は不健康の一原因をなせるやも知れない。<sup>1)</sup> 尙培養液の急激なる變更も不健康の一原因となれるやも知れぬ。

第九實驗 1928 年：——第六實驗と同一材料を以て、第八實驗と同様の方法で、3 組について實驗した。只本實驗に於て窒素源の變更期は前者よりも多少遅く、最大分蘗期に達せる頃變更した。

i) アムモニヤ鹽より硝酸鹽に変更せる場合：分蘗旺盛期を經過せる後に窒素源を變更せる爲に、分蘗度の上に其不變更のものと著しい差異を認むることが出來ない。只生育後期に於て、不變更區に於ては黄綠色の班點を葉に現し、明白に過酸度の害の一兆候を示せるも (20)、硝酸鹽に変更せるものでは、稈葉は綠色を呈し、不健康の外觀を認むる事が出來なかつた。收穫調査に關しては、窒素源を變更せる爲の著しい影響を (第八表) 見出し難きも、硝酸鹽に変更せるものでは、一個體當りの穀粒數は著しく減じ、穀粒の乾量も多少減少の傾向にある。

ii) 硝酸鹽よりアムモニヤ鹽に変更せるもの：分蘗後期に於ける分蘗稈數並に一個體當り分蘗稈の長さの總計は、其不變更のものに比して多少勝る。尙第八表に依るに不出穂稈數及不出穂稈の一個體當りの全長の總計は、アムモニヤ鹽に変更せる結果可なり増大してゐる。玄米の粉末比重は不變更のものより多少低下してゐる。

今第八及第九の兩實驗の結果を通覽するに、兩者變更の時期を多少異にせる結果必ずしも凡ての點に於て一致を見出さざるも、大體に於て次の如き傾向がある様である：

1) 他の實驗にて幼苗期に於て、培養液に多量の  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  液を添加して著しく酸性とせる爲に枯死した。

第八表 培養液中の窒素源と稻の收穫量との關係。稻の生育期中培養液の窒素源を變更せる場合。(1928年3組の平均)。

培養液の窒素源	硫酸アムモニヤ		硝酸石灰	
	不變更區	硝酸石灰へ變更區	不變更區	硫酸アムモニヤへ變更區
稈及穂の長さ	88.2	92.4	110.4	109.0
穀粒數(一個體當り)	129.4	101.1	84.4	85.1
出穂稈數(%)	141.5	136.6	63.4	58.5
不出穂稈數(%)	121.4	137.9	49.7	91.0
不出穂稈の稈葉の全長の總計(%)	122.1	110.2	52.5	115.3
稈葉の乾量(%)	110.9	112.8	85.8	90.5
穀粒の乾量(%)	96.8	90.7	103.2	109.3
根の乾量(%)	105.5	111.2	88.4	94.8
全乾量(%)	107.0	107.7	90.0	95.2
全乾量に對する穀粒の乾量の比	89.7	83.4	113.6	113.2
玄米の粉末比重	98.0	98.0	103.6	100.4

本表は凡て平均を 100 とした場合の比數にて示す。

1) アムモニヤ鹽より硝酸鹽液に變更せる結果、一般に生育は稍々阻害せらるゝ様である、殊に分蘗度及一個體當り穀粒數に於て其傾向が著しい。

2) 硝酸鹽液よりアムモニヤ鹽液に變更せるものでは、分蘗度は著しく促進され、其變更の時期の早い場合には出穂稈數を増し、其時期の遅い場合には、出穂期以後に於て尙多少の不出穂分蘗稈を發生する。玄米の粉末比重については、其變更の結果稍々遞減の傾向にある。

### V. 考 案

上記諸實驗の結果を通覽するに、大體に於て稻に對して硝酸石灰よりも硫酸アムモニヤが有利であるらしいが、尙他の諸家の稻及其他の植物についての研究結果を參考にして考察を加ふる事に依つて、可なり信賴するに足る結論が得らるゝ事と考へられる。

培養液の Ph 價と稻の生育との關係を文献の上に徴するに、Loo 氏(16)も稻に對し NH<sub>4</sub>Cl を培養液の窒素源とせる場合に於て、其 Ph 價 5.6-3.9 (平均値 4.8) 及 5.9-4.6 (平均値 5.3) にては最良の生育を得、常に Ph 6 近くに保てるものでは著しく生育不良なる事を示し、GILE and CARRERO 兩氏(8)は陸稻に就て、培養液をアルカリ性に保てる場合には、鐵の吸收を困難ならしめ、其結果黃化現象を呈し著しく收量の劣る事を記してゐる。他の陸生乃至水生植物に就ては、MEVIUS 氏(20)の主に玉蜀黍を材料としての實驗に依れば、Ph 價が 5.3-5.6 に於てアムモニヤ鹽が硝酸アルカリと營養價值に於て相等しく、植物に對して有害に非ざるも、其よりも Ph 價の高まるに従つて有害作用を増し、尙過度の酸性に於ても害せらる

るも、Ph 3.6 を降らぬ場合は凡ての有害作用は之鹽の生理的酸性に歸し得ないと主張してゐる。HOAGLAND 氏 (10) は改良せる KNOP 液にて、Ph 5 なる溶液にて大麥を培養し、何れの時期にも有害に非ざりし事を證し、CLERK 氏 (3) は *Lemna major* の生長に對し、或培養液にては Ph 4.7-4.8 に於て最適なる事を示してゐる。HOPKINS and WANN 兩氏 (11) は *Chlorella* sp. なる綠藻の培養に於て、Ph 6.0 或は其以上に保つ場合には培養液中の鐵を不溶となし其が生長に對する不良なる結果を來す事を指摘してゐる。

著者の稻に就ての結果に依るに、第一實驗にては培養中共液の Ph 價が 5.6-4.6 の間にあり、平均値が 4.9 乃至 5.1 のものが（硫酸及硝酸アムモニヤ區）生育良好なるも、5.4-6.9 の間にあり、平均値が 6.2 のものは（硝酸石灰區）極めて生育不良である。前者に於ても培養液の Ph 價が 3 内外を示す様になつて、漸次生育不良となり始めた。第二及第四實驗に於ても同様の傾向であつて、其 Ph 價が常に 5.4-4.0 の間にあり、平均値が 4.4 乃至 4.6 を示せる兩鹽混合區では生育後期まで健康に生育し、出穂し且完全に成熟した。第三實驗に於てもアムモニヤ鹽區では常に Ph 價が 5.2-3.4 の間にあり、其平均値が 4.3 なるものでは生育極めて良好である。硝酸鹽區にても Ph 4.4-6.0 の間にあり、平均値が 5.2 のものでは可なり良好なる生育を示してゐる。兩鹽混合區では常に 4.5 内外の Ph 價を保つて生育は勿論極めて良好である。アカウキクサに就ても同様の傾向である。上述の諸實驗の培養液は主として KNOP 液を基礎とせるもので、其鹽類組成及濃度は大體同様のものである。仍て本實驗に主として使用せる Knop 液を基礎とせる培養液に就ては、其 Ph 價が常に 3.5-5.5 の範圍にあり其培養前後の Ph 價の平均値が 4.3 乃至 5.2 を示せる場合は、著者の行へる如き實驗法に於ては、稻の生育に對して不適ではないといひ得る。其より一層 Ph 價の高い場合には所謂アルカリ被害、一層低下せる場合は酸性被害を表はすらしい。

で、著者の IV に於ける諸實驗即ち培養期中培養液に調節劑を添加し、出来る限り近似の Ph 價に於て、兩鹽の營養價値を比較せる場合に眼を轉ずるに、先づ第一に次の如き疑問が起る：1) 調節劑添加に依つて果して各培養液が適當の、換言せば稻の生育に對し有害に非ざる Ph 價を保てるや否や。2) 窒素源を異にせる爲に稻の生育の上に及ぼせる影響の幾分は培養液の反應の相違に歸すべきではないか。3) 培養中含窒素鹽類に就て硝化作用乃至は硝酸還元作用が行はれなかつたか。

1) の場合に就て：第六及第九實驗に於ける培養液の反應の變化を見るに、培養前にはア

アムモニヤ鹽含有の培養液は Ph 5.4, 硝酸鹽含有のものでは Ph 4.9 にして大體近似の値である。幼苗期以外は培養中常に2-4日毎に培養液の Ph 價を測定し、其偏倚の度に従つて調節劑を添加した、其添加後は培養液の緩衝能 (Puffervermögen) を増大せる爲に Ph 價の變化は緩慢にして、多くは Ph 4-5 の間にある。極めて稀にアムモニヤ鹽の夫に於ては Ph 3 近くに傾いた。今變化せる Ph 價の範圍を見るに、アムモニヤ鹽液では 2.6-5.8, 硝酸鹽液では 3.6-6.5, 兩鹽混合液では 3.3-5.9 である。で、培養液の Ph 價が 6 附近に上昇せる場合乃至は 3 附近に低下せる場合は、既記の如く明かに有害作用を及ぼせる事が認められる。第七及第八實驗に於ても大體同様である。

2) の場合に就て: 今諸實驗に於てかゝる有害なる Ph 價に傾ける期間を調べて見るに、先づ培養液更新より調節劑添加までの間即ち凡そ 3 日間に 5.4 より 3 内外に、或は 4.9 より 6 内外に傾いてゐる。つまり真に有害の Ph 價にあつた期間は、一週間乃至二週間の内に僅か 20-30 時間<sup>1)</sup>に過ぎないと考へられる。換言すれば全培養期の  $\frac{1}{7}$  乃至  $\frac{1}{10}$  の期間、アムモニヤ鹽液では酸性の害、硝酸鹽液ではアルカリ性による害を被れるものと考へられる。他の期間即ち Ph 4-5 附近にある間は、培養液の反應の多少の相違は餘り著しい影響を與へてゐないであらうと考へられる(20)。今培養全期間の Ph 價の平均値を見るに 4.3-5.3 の間にある。此程度の Ph 價の平均値に於ては、稻の生育に對して不適當に非る事は既に記した通りである。然れ共少く共上記の如き Ph 價の相違を異なる窒素源の培養液間に示せる以上は、其反應の相違によつて稻の生育の上に及ぼせる影響を全く考慮外に置く事が出来ぬ様である。

3) の場合に就て: 著者は本水中培養實驗に於て、硝化菌乃至は硝酸還元菌に對し消毒或は殺菌を行はなかつたけれ共、水耕用器具及種子は充分に蒸留水で洗滌して實驗に使つた。尙培養液中では硝化菌の繁殖に對し必要缺くべからざる條件たる空氣の透過が不良なる事、及該培養液中には有機物を含有せざる爲硝酸還元菌の發育に對しても極めて不適當と考へられる。従つて假令多少の該菌類が何等かの機會に外部から接種せられたにしても、其繁殖は極めて遅々たるものであつたであらう。而も本實驗に於ては大部は一週に一回培養液を更新せる爲に、一層其影響を微弱にせる事と考へられる。MEVIUS 氏(20)も玉蜀黍を以て硝酸アムモニヤを培養液の窒素源とせる水中培養實驗に於て、其水耕器の殺菌消毒等に餘り考慮を拂はなかつた場合に於ても、硝化作用が起らなかつた事を報告してゐる。

上記各種の條件を顧慮せる結果、培養液中の反應の相違によつて稻の生

1) 生育旺盛期に於て培養液更新後、アムモニヤ鹽液では 2 日目には Ph 3.5 内外 3 日目には 3.0-2.8 を示し、硝酸鹽液では 2 日目には 5.5 内外 3 日目には 6 内外を示した。

育の上に一部影響せる事の他、換言すれば培養液の窒素源を異にせる結果生育の上にかなりの相違を來せる大部の原因は、窒素源其物の營養價値に歸し得る事と信ぜられる。

全生育上の主なる差異を見るに：a) アムモニヤ鹽を窒素源とせる結果全生育期中を通じて營養器官の生長が其硝酸鹽の夫に比して著しく促進せらるゝ様である。之事實は窒素源不變更の場合は勿論明瞭であるが、其變更せる場合就中硝酸鹽よりアムモニヤ鹽に變更の結果、出穂期に於ても尙盛に分蘗を繼續し且つ稈葉の綠色度を増す事に依つて、更に本事實の裏書をなすものと認められる。上記の結果は從來の土壤を以ての鉢植試験乃至は砂耕試験の結果を更に確實にせるものである (21,4,5)。

b) 出穂期以後の生育に對しては其結果は稍々複雑である、即ち穀粒の量及質に就いて多少不一致の傾向にある。穀粒の量に關しては、一個體當り穀粒數を見るにアムモニヤ鹽液に於けるもの可なり硝酸鹽液の夫に勝る、殊に生育の途中、アムモニヤ鹽液より硝酸液へ、或は其反對に變更せる場合に於て結果が特に明瞭である。穀粒の一個體當り全乾量に於ても、アムモニヤ鹽液に於けるもの硝酸鹽液の夫に比して稍々勝る様である。穀粒の質に關しては、之に反し、硝酸鹽液に於けるものアムモニヤ鹽液の夫に勝るらしい。即ち硝酸鹽區にては出穂期以後に於ては出穂前に比して外觀上の生育良好となり、種實の熟度も整一にして、玄米の粉末比重等に依る充實度に就てもアムモニヤ鹽區に多少勝る様である。花井氏 (9) の研究に依るに、稻は穂孕期頃まで窒素の多分を吸収し其以後は極めて微量なる事に徴すれば、出穂期以後は培養液中の窒素の型如何は勿論、窒素鹽其物は稻の生育に對し其關係は極めて微弱の事と想像せられる。従つて營養器官の生長に對し好都合なるアムモニヤ鹽を與へし場合には、生育後期に於て後期的に分蘗を促し、其結果充實に對しては寧ろ不利なる状態に陥らせるものと考へられる。尙アムモニヤ鹽區にては、生育前期に於て過度に分蘗が促進せられし爲に、生育後期に於ける含窒素鹽類の如何に係はらず、之等の成熟乃至充實に對して不利なる影響を及ぼせるやも計り難い (7)。仍て分蘗度と穀粒の成熟乃至充實度との關係、或は結實と培養液の反應との關係等を明白にせる後に非れば本項は確實を期し難いが、少く共稻の穀粒の充實乃至成熟に對しては、硝酸鹽はアムモニヤ鹽に對し同等の價値があるといひ得る、寧ろ前者に於ては勝る共劣るとは考へられない。KELLNER 氏 (14) は稻の生育後期に對しては著しく硝酸鹽は勝ると主張せるも、同氏は培養液の反應に考慮を拂はなかつた爲に、著者の結果と可なりの懸隔があるも、硝酸鹽が生育後期に對して其營養價値を著しく増大せる點に就ては兩者同様の傾向にある。



e) 培養液の窒素源を單にアムモニヤ鹽或は硝酸鹽のみに限定するも、稻はよく生育し、出穂し且つ完全に充實せる穀粒を成生する事が出来た。故に稻は全生育期を通じて之等兩型の鹽類の何れからも窒素を攝取し、同化し得る事が認められる。

アムモニヤ及硝酸鹽の混合區、即ち硫酸アムモニヤ及硝酸石灰の混合液若くは硝酸アムモニヤを窒素源とせる培養液に於ける稻の生育度を見るに、調節劑を添加せる場合は勿論、其添加せざる場合に於ても常に健康に生育し、結實させる事が出来た。調節劑を添加せぬ場合では、硝酸石灰若くは硫酸アムモニヤのみを窒素源とせるものに著しく其生育度が勝つた。其添加せる場合では、硝酸石灰を唯一の窒素源とせるものより著しく生育度は勝り、硫酸アムモニヤの夫と相等しきか若くは稍々勝る結果を得た。今兩鹽混合區に於ける培養液の反應の變化を見るに、常に稍々酸性に傾くも、既記の如くアムモニヤか若くは硝酸のみを窒素源とせる培養液に比して、其程度は極めて僅少である。而して常に最適 Ph 價の範圍を出ない爲に、順調に生育せるものと考へられる。窒素源の營養價值の點に就ては、假令硝酸はアムモニヤに劣るとも、本培養液にては窒素全量の半ばはアムモニヤ型なる故に、既記の如き濃度にて本實驗法に於ては、稻の生育に對して窒素源としての營養價值は、アムモニヤ鹽のみを窒素源とせるものに比して、餘り劣らぬものと考へれる。で、上記培養液の反應及窒素源としての營養價值の兩點に注目するならば、硝酸及アムモニヤの混合區では常に最良の生育をなせる理は自から頷かれる。

#### IV. 摘 要

主として水稻尙一部は陸稻、參考としてアカウキクサに就て水中培養をなし、培養液の窒素源として、單に硫酸アムモニヤ或は硝酸石灰のみを乃至は兩者混合して、何れも窒素當量を用ひて其營養價值を比較した。本實驗に於ては、培養液の反應に特に考慮を拂つた。即ち其一半は培養前後(培養前及培養液更新の際)に就てのみ、他半は培養前後は勿論培養中に於ても毎週一乃至二度培養液の Ph 價を測定し、其變化の度に從つて適宜調節劑を添加した。培養液の濃度に就ては、培養液の通常濃度の主として  $\frac{1}{20}$  の稀釋度のものを用ひた。本實驗に使用せる培養液に於ては、其 Ph 價が常に 3.5 乃至 5.5 の範圍にあり、其の培養前後の平均値が 4 乃至 5 附近にあつた時は、稻の生育に對し不適ではないといひ得る。而して其主なる結果として次の如き結論に達した。

1) 稻の水中培養に於て、窒素源としてアムモニヤ鹽或は硝酸鹽のみを用ふるも、其培養

液の反應を適宜に保つならば、よく生育し完全に結實させる事が出来る。而して兩鹽を混合せるものでは常に極めて良好に生育させ得る。

2) アンモニヤ鹽を窒素源とせる場合は、全生育期を通じて營養器官の生長が促進せられ、硝酸鹽の夫に比して著しく勝る。然れ共出穂期以後即ち種實の成生に關しては穀粒の量（一個體當り穀粒數及其乾量等）に就いてはアムモニヤ鹽液に於けるもの稍々勝る傾向なるも、其質に關しては之等兩鹽類間に著しい差異あるを認め得ないが、硝酸鹽によるものに於て多少優つてゐる傾向がある。

## 文 獻

- 1) BAKKE, A.L. and ERDMAN, L.W., A comparative study of sand and solution cultures of Marquis wheat. Amer. Journ. Bot. 10: 18-31, 1923.
- 2) CLARK, W.M., The determination of H ions. Baltimore. 1920.
- 3) CLERK, N.A., Plant growth-promoting substances, hydrogen ion concentration and the production of Lemna. Plant Physiology. 1:273-279, 1926.
- 4) DAIKUHARA, C., On the application of magnesia in the form of magnesiumsulphate for the needs of the rice plant. Bull. Imp. Cent. Agr. Exp. Stat. Japan. 1:23-29, 1905.
- 5) ———, and Imaseki, J., On the behavior of nitrate in paddy soils. Bull. Imp. Centr. Agr. Exp. Stat. Japan. 1:9-36, 1907.
- 6) EHRENBERG, P., Beiträge zur Ammoniakfrage. I. Landw. Vers. Stat. 69:259-294, 1908.
- 7) 深城貞義: 稻の分蘖に關する研究, 第一報 灌溉水及日光供給度其他の一二條件の分蘖度に及ぼす影響。九州帝大農學部學藝雜誌。2:340-365, 1927.
- 8) GILE P., L. and CARRERO, J. O., Assimilation of iron by rice from certain nutrient solutions. Journ. Agr. Res. 7:503-528, 1916.
- 9) 花井藤一郎: 稻の生長と窒素吸收量との關係研究。農事試驗場報告 No. 19:83-88, 1901; No. 22: 121-127, 1902.
- 10) HOAGLAND, D.R., Relation of the concentration and reaction of the nutrient medium to the growth and absorption of the plant. Journ. Agr. Res. 18:73-117, 1919.
- 11) HOPKINS, E.F. and WANN, F. B., The effect of the H ion concentration on the availability of iron for Chlorella sp.. Journ. Gen. physiol. 9:205-210, 1925.
- 12) HUTCHINSON, H.B. and MILLER, N.H.J., Direct assimilation of ammoniumsalts. Journ. Agr. Sci. 3:179-194, 1908.
- 13) — and —, The direct assimilation of inorganic and organic forms of nitrogen by higher plants. Centbl. f. Bakt. etc. II. Abt. 30:513-547, 1911.
- 14) KELLNER, O., Agrikulturchemische Studien über die Reiskultur (Landw. Vers-Stat. 30: 18-41) Ref. in Just's bot. Jahresber. 1:56, 1884.
- 15) 瀨瀨理一郎及小坂博: 植物體物質含有量測定に「組織粉末法」を利用する事の效果に就て。III. 種々の玄米の「粉末比重」の測定及び其意義。九州帝大農學部學藝雜誌 3:36-48, 1928.

- 16) Loo, T.-L., On the mutual effects between the plant growth and the change of reaction of the nutrient solution with ammonium salts as the source of nitrogen. *Jap. Journ. Bot.* 3:163-203, 1927.
  - 17) ———, The effect of renewal of nutrient solutions upon the growth of culture plants and its relation to aëration. *Jap. Journ. Bot.* 4:71-98, 1928.
  - 18) MAZÉ, Recherches sur l'influence de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal sur le développement du Mais. (*Annales de l'Institut Pasteur.* 14, 1900) *Bot. Cbl.* 86:86-87 1901.
  - 19) MEVIUS, W., Kalzium-Ion und Wurzelwachstum. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 66:183-253, 1927.
  - 20) ———. Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. *Planta*, 6: 379-455, 1928.
  - 21) NAGAOKA, M., On the behavior of the rice plant to nitrates and ammoniumsalts. *Bull. Coll. Agr. Tokyo. Im. Univ.* 6: 285-334, 1904.
  - 22) PITTSCH, O., Versuche zur Entscheidung der Frage, ob salpetersaure Salze für die Entwicklung der landw. Kulturgewächse unentbehrlich sind. *Versuchstat.* 42: 1-95 1893.
  - 23) ———, und Haarst, J. Van., Versuche zur Entscheidung der Frage, ob salpetersaure Salze für die Entwicklung der landw. Kulturgewächse unentbehrlich sind? *Ebenda*, 46: 357-370, 1896.
  - 24) PRANISCHNIKOW, D., Zur physiologischen Charakteristik der Ammoniumsalze. *Ber. deutsch. bot. Ges.* 26: 716-724, 1908.
  - 25) ———, and Domontovitch, M.K., The problem of a proper nutrient medium. *Soil. Sci.* 21: 327-348, 1925.
  - 26) ———, Über physiologische Acidität von Ammoniumnitrat. *Biochem. Z.* 182: 204-214-1927.
  - 27) RITTER, G.E., Ammoniak und Nitrate als Stickstoffquelle für Schimmelpilze. *Ber. deutsch. bot. Gesellsch.* 29: 570-577, 1911.
  - 28) SAKAMURA, T., Über die Kultur von *Aspergillus niger* mit besonderer Rücksicht auf das Puffervermögen der Nährlösung. *Journ. Coll. Agric., Hokkaido Imp. Univ.* 14: 65-128, 1924.
  - 29) TREBOUX, O., Zur Stickstoffernährung der grünen Pflanzen. *Ber. deutsch. bot. Gesellsch.* 22: 570-572, 1904.
  - 30) WOLKOFF, M. I., The influence of ammonium sulfate on the germination and the growth of barley in sand and soil cultures kept at different moisture contents and at various osmotic concentrations of the soil solution. *Soil Sci.* 5: 421-479, 1918.
-

ÜBER DEN NÄHRWERT DES CALCIUMNITRATS UND DES  
AMMONIUMSULFATS ALS STICKSTOFFQUELLE ZUR  
WASSERKULTUR DER REISPFANZEN  
(ORYZA SATIVA).<sup>1)</sup>

(Resumee)

Sadayoshi FUKAKI

Der Nährwert des Calciumnitrats und Ammoniumsulfats als Stickstoffquelle für Reispflanzen wurde durch die Wasserkulturmethode studiert. Als Versuchsmaterialien benutzte ich meist den Sumpfreis, gelegentlich auch den Bergreis. Modifizierten Knopschen und Hansteen-Crannerschen Lösungen in  $\frac{1}{20}$  Verdünnung wurden als Kulturmedien gebraucht. Diese Lösungen wurden in 3 verschiedenen Gemischen hergestellt, von denen die erste den N in Form von Ammoniumsulfat, die zweite in Form von Calciumnitrat, und die dritte im Gemisch dieser beiden Salze oder in Form von Ammoniumnitrat enthielten, und zwar in der äquivalenten Menge. Die Versuche wurden besonders mit Berücksichtigung auf die Reaction und Konzentration der Kulturmedien ausgeführt; so wurde der Ph-Wert der Kulturmedien immer wieder bestimmt, und Gemische von Phosphorsäure und deren Salze als Puffer addiert, um die Abweichung des Ph-Wert zu regulieren.

Die Versuches-Ergebnisse waren die folgenden; 1) Wenn wir die Reispflanzen in einer Nährlösung von schwacher Konzentration und gut reguliertem Ph-Wert kultivieren, so können wir die pflanzen sich durch alle Vegetationsstadien gut entwickeln lassen, sowohl Calciumnitrat oder Ammoniumsulfat, als auch dem Gemische beider Salze.

2) Ammoniumsulfat scheint in allen Vegetationsstadien günstiger als Calciumnitrat für das vegetative Wachstum der Reispflanzen zu sein. Aber es ist wahrscheinlich, dass zwischen beiden Salzen ein Unterschied des Nährwertes für die Ausbildung der Samenkörner schwer bemerkbar ist, obwohl eine Neigung vorhanden zu sein scheint, dass calciumnitrat etwas günstiger für die Sammenreife wirkt.

---

1) Arbeiten aus dem botanischen Laboratorium der Kaiserlichen Kyushu-Universität No.