稻熱病菌の栄養生理に関する研究

富澤 長次郎*

Chojiro TOMIZAWA: Studies on the nutritional physiology of
the rice blast fungus (*Piricularia Oryzae*)

1. 緒 言

稻熱病菌の生育因子は Leaver¹⁾及田中²⁾等によつて Biotin と Thiamine である事が確認されたが、從來發表された合成培地に關する試験もこの兩因子を考慮して現在再検討を要する段階にある。寄主との相互關係を考察する際に菌の基本的な栄養生理の知見は特に必要である。筆者は合成培地上に於て稻熱病菌の炭素源、窒素源、栄養要求等に就いて基礎的な觀察を行つたので其の結果を報告する。尙本稿に御懇切なる校閲をいたした東京大學明日山秀文教授並に實驗遂行に當り種々助言を仰いだ農業技術研究所石井象二郎技官、鈴木直治技官及び病理昆蟲部の諸氏並に貴重な藥品をいただいた松居宗俊氏、日野哲夫氏に深謝の意を表する。

2. 實驗方法

本實驗に於ける供試稻熱病菌としては農業技術研究所病理科保存の2號菌を使用した。培養實驗に於ける合成培地としては枋内、中野³⁾の使用せる培地組成を一部變更して微量鹽類及 Biotin, Thiamine を添加した第1表の培地を使用した。寒天培地では寒天中に含

第1表 基礎培地の組成

NaNO ₃	2.0 g	MoO ₄ Na ₂ ·2H ₂ O	0.05 mg
KH ₂ PO ₄	0.5 g	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	0.1 mg
K ₂ HPO ₄	0.5 g	FeCl ₃	0.4 mg
MgSO ₄	0.5 g	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.4 mg
CaCl ₂	0.1 g	MnSO ₄ ·7H ₂ O	7.5 mg
Sucrose	20 g	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	7.5 mg
Biotin	5 μg	水	1000 cc
Thiamine	500 μg	pH	6.0~6.2

有される種々のビタミン類が菌の生長に影響を及ぼす恐れがあるので⁴⁾ 凡て液體培養を行い、菌體重量を以て生長指數とした。培養容器は 50 ml 三角壺を使用し、此れに培養液 10 ml を加えて 3 回 蒸氣殺菌を行い、Thiamine 其他熱に不安定と思われる物質は 3 回目の殺菌直前に添加し、100°C 5 分の殺菌を行つた。菌の接種は稻熱煎汁寒天培養の 10 日前後のものに 10

* 農林省農業技術研究所

ml 蒸留水を加えて菌體を掻き殺菌ガーゼで濾過後必要に応じて遠心分離に依り洗い、原容量に戻してこれを前記培養液にピペットにて 1 滴宛加えた。菌體の秤量は培養後菌體をピンセットにて取出し水道水にて洗滌後、濾紙上で水分を取り秤量管にて 100~105°C で恒量に至る迄乾燥して秤量した。尙、培養温度は 28°C である。

3. Thiamine の合成能力

緒言に述べた如く Biotin 及 Thiamine の存在下に稻熱病菌は正常な發育を営むのであるが、特に Thiamine に就いては、其の完全合成が行われて以來其の中間物質たる 2-Methyl-4-amino-5-hydroxymethyl-pyrimidine 及び 4-Methyl-5-β-hydroxyethyl-thiazole 等の各部分の合成能力及びこれ等より Thiamine の合成能力が菌の種類に依つて異なる事が指摘されるに至つた⁵⁾。例えば *Ceratostomella fimbriata*, *Phytophthora cinnamomi* は完全 Thiamine を、*Endomyces vernalis* は Pyrimidine 部のみを、*Mucor ramannianus* は Thiazole 部のみを、又 *Phycomyces blakesleeanus* は Pyrimidine と Thiazole の兩部分を要求し兩者を結合せしめる事が出来る。斯くの如き要求はそれぞれの合成能力を有しないが爲であり、此の點を稻熱病菌に就いて調べんとして以下の如き實驗を行つた。

Biotin のみを含有する培地へ第2表の如き物質を添加して培養を行い、20 日目に菌體重量を測定した結

第2表 Thiamine の合成能力

No.	添 加 物 質	添加量 μg/10 cc	菌體重 mg
I	Thiamine	10	53.7
II	2-Metyl-4-amino-5-bromo-methyl-pyrimidine-HBr	5	4.6
III	4-Methyl-5-β-hydroxyethyl-thiazole	5	3.5
IV	II + III	5+5	52.6
V	II + 4-Methyl-thiazole-acetamide	5+5	4.0
VI	Thimine 亞硫酸分解物*	10	52.1

* Williams の方法による⁶⁾。

果 I, IV, VI が生長を示したから、本菌は Pyrimidine と Thiazole の兩者を要求し夫等を結合させて Thiamine として利用する事が認められた。然しながら同じ Thiazole 核を有しても 4-Methyl-thiazole-acetamide では Thiamine の Thiazole 部分としては利用されない事が明かである。又完全 Thiamine 添加のものと Pyrimidine 及び Thiazole 添加のものととの間には生長速度に殆んど差が認められない。

4. Biotin 及び Thiamine の要求量

稻熱病菌は Biotin 及び Thiamine の存在下に稻穂内の栄養源を攝取して侵入蔓延してくるものであり、これ等兩因子の菌生育に關する程度を知る事は重要である。出穂期の稻藁 1 kg を 2.5 l の熱水にて抽出し濃縮して 1 l の煎汁を作り、これに純粹 Biotin 及び Thiamine を添加しても生育速度及び菌體生成量の増加を示さないから、原煎汁は兩因子に就いては飽和の状態にある事が明かとなつた。改めて一定稀釋段階の Biotin*及び Thiamine**鹽酸鹽溶液を作製し、各々の無添加培地に添加して兩因子の含量と菌體重量の關係を求めてみた⁷⁾。この際窒素源としては NaNO_3 の代りに NaNO_3 の窒素量の半分宛を $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 及び Sodium glutamate で置換えた。斯くする事に依り培養日数を短縮し、而も菌體重量を増加させる事が出来た。結果を第一圖に示す。Biotin に於ては $0.004 \mu\text{g}/10 \text{ ml}$ 附近に於ては $0.2 \mu\text{g}/10 \text{ ml}$ の附近に最低必要量が認められた。又兩因子は高濃度に於ても阻害作用は認められないようである。又、別に NaNO_3 を窒素源とし

第1圖 Biotin 及び Thiamine の要求量 (11日目測定) た培地に於て添加實驗を行つたが此の場合生成菌體重量は異なるが、彎曲點は略上記の結果に一致した。

5. 炭水化物の利用

稻熱病菌の炭素源に就いては特に枳内³⁾等の詳細な研究があるが、生育因子の存在に於てこれ等の利用程度を再検討する目的を以て特に低級の炭水化物及び多

價アルコールに就て實驗を行つた⁸⁾。第1表の培地を使用し、蔗糖を等量の各炭素源で置換えて培養し、適期に取出して菌體重量を測定した。結果を第2圖に示す。蔗糖を炭素源とした場合、本培地では 20 日で最高の菌體重量を示し、以後自己消化と共に菌體重量を漸減し培地の pH の急速な上昇が認められる。

第2圖 炭素源を異にした場合の生育比較

1. Maltose; 2. Sucrose; 3. Lactose; 4. Raffinose
5. Fructose; 6. Glucose; 7. Galactose; 8. Sorbose
9. Xylose; 10. Arabinose; 11. Rhamnose; 12. Sorbit
13. Dulcitol; 14. Mannitol; 15. Adonitol; 16. Glycerine
17. Inositol; 18. Cellobiose 18のみ經過一部追求

Raffinose では 20 日目に於て蔗糖の略半分の重量に達し、Maltose, Sucrose, Lactose の間には生長速度に餘り差が認められない。又 Cellobiose は前3者に僅か劣る様である。Hexose では Galactose が Sucrose に劣り、Fructose, Glucose は僅かに優つてゐる。又 Sorbose は利用されない。Pentose では Xylose, Mannose は Glucose に匹敵し、Arabinose は稍遅れ Rhamnose は最も遅い。多價アルコールは概して糖類に劣り、Mannitol, Dulcitol, Sorbit, Adonitol のうち前3者は殆んど同様で、Adonitol が少し劣つてい

* Eimer and Amend 製

** E. Merck 製

る。又 Glycerine は更に劣り Inosit は利用されなかつた。糖の利用に就いては菌の有する酵素系の特殊性が大きな影響を有するもので、これ等の現象は多糖類の利用と關聯して検討する豫定である。

6. 窒素源に就いて

稻熱病の發生は特に水稻の窒素肥料と密接な關係を有するものであり、植物體內に吸収された窒素肥料が如何なる経路を経て稻熱病蔓延の條件を提供するかは興味ある問題である⁹⁾。

本節に於ては先づ窒素の形態に依る菌の發育に對する影響を調べた¹⁰⁾¹¹⁾。第1表の培地組成に於て NaNO_3 2g/l を基準とし、これと等量の窒素を $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Sodium glutamate, Asparagine で置換えた。ただし $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の場合には pH の低下を防止する爲に 1.5 倍等量の CaCO_3 を培養直前に添加して pH を補正した。其の結果は第3圖に見る如く最高菌體重量を示す期間は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ が最も早く次いで Sodium glutamate, Asparagine の順序で NaNO_3 は最も遅い。

第3圖 窒素源を異にした場合の生育比較

I. Ammonium sulfate; II. Sodium glutamate; III. Asparagine; IV. Sodium nitrate

より僅かながら pH の上昇を迎るが、Asparazine では培養後期迄或程度の低下が認められた。この Asparazine の pH の低下は NaNO_3 の培地へ添加した際にも認められ、第4圖の如く Asparazine の含量が多い程長引く事が認められた。又窒素源として NH_4NO_3 を使用した場合アンモニア態窒素と硝酸態窒素の消費状況を見ると、第5圖に見る如くアンモニア態が硝酸

第4圖

I. 硝酸鹽培地へ 250 μg 添加 II. 硝酸鹽培地へ 5 mg 添加 III. 窒素源 Asparazine の培地

態に先立つて消費される事が認められ、従つて前者の吸収に依る pH の急激な低下と後者の吸収に依る pH の急上昇が認められる。本培地組成では NH_4NO_3 は必ずしも良好な窒素源とは言えないようである。

第5圖 窒素源としてアンモニアと硝酸態の両イオンの吸収状況と菌の生育

次に稻の莖葉に含まれるアミノ酸を窒素源とした場合の發育の比較を試みた。勿論これ等は遊離のものも又蛋白質構成に與つて居るものをも含めたものであり、水稻の生育期間中には兩者の間に相當の移動が起り得ると考えられる。培養に際し各アミノ酸の添加量は前記と同様 NaNO_3 2g/l の窒素量に等しくした。培養開始の pH は Tyrosine, Phenylalanine, Arginine-HCl, Histidine-HCl を除き 6.0 とし前記の4者は培養中の pH の低下等に依る發育の不良化を防止する爲 pH 8.0 から培養を開始した。結果を第6圖に示す。培養経過を見るに Aspartic acid, Glutamic acid, Asparagine のみ他種アミノ酸に優り、約 12 日で最高に達するが他のものは 15 日前後を要した。特に Aspartic acid, Glutamic acid は氣中菌絲の形成も極めて良好である。Cystine が不良なのは pH 低下に依るものであり溶解度の小さい爲操作出来なかつた。又 Tyrosine, Phenylalanine は他種アミノ酸に劣り他種アミノ酸添加培養で菌が自己消化の段階に至つても未だ生育の途中にある。ペーパークロマトグラフに

第6圖 稻含有アミノ酸を窒素源とせる場合の生育比較

* 12日目測定 † 25日目測定

他種アミノ酸は全て 15日目測定

依りアミノの酸行動を見たものの中で Phenylalanine のTyrosine への酸化が明かであり、兩者の行動の同一性が確められた。又 Asparagine はアミノ酸類と同程度に培養後期迄其のまゝの形を維持し Aspartic acid とアンモニアへの急速な分解は認められなかつた。

培養液は無機窒素を使用しても又此等アミノ酸を使用しても自己消化の段階では褐色を帯びて来るが、特に Tyrosine, Phenylalanine, Tryptophan 添加のものでは其れ以前からも認められた。

次に NaNO_3 を窒素源とせる培地に、此等アミノ酸を微量に添加した場合の効果を $250 \mu\text{g}/10 \text{ ml}$ 濃度で調べて見た。この場合に明かな促進が認められたのは Asparagine, Glutamine で其の次に Aspartic acid, Glutamic acid であり他のアミノ酸では殆んど差が認められない。しかしながらこれ等の促進作用と言えども極めて微弱である。次に有機酸の作用を $5 \text{ mg}/10 \text{ ml}$ の段階で調べた處、林檎酸、琥珀酸、枸橼酸、酒石酸等に効果がある事が判明したが、特にこれ等有機酸をアンモニウム鹽の形で添加した際には NaNO_3 培地でも其の培養期間が半分近く迄短縮せられた¹²⁾。

7. 稻熱病菌菌體のアミノ酸組成

稻熱病菌はアンモニウム鹽培地で 10 日、硝酸鹽培

* 分離系統の一部は東京農工大學鈴木橋雄教授より戴いた。記して深謝の意を表する。

地では 20 日前後で最高菌體重量を示し、其の頃から自己の合成したアミノ酸を培養液中に遊離するようになり、特に Aspartic acid, Glutamic acid 次いで Valine, Leucines, Alanine 等が認められ、更に脱アミノに依りアンモニアを生成するに至る。菌體のアミノ酸組成を知らんとして $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NaNO_3 の各々を窒素源とする培地に培養して菌體生成の最高に達した時、此れを硫酸及熱飽和バリタ溶液に依る加水分解により遊離のアミノ酸とし、ペーパークロマトグラフに依りアミノ酸の検出を行つた¹³⁾。二次元法に依り 80% フェノール及びブタノール・醋酸・水 (4:1:1) 混液で展開し、ニンヒドリン水飽和ブタノール溶液で発色させた。第3表に其の結果を示す。表より明らかな如く 14 種類のアミノ酸を検出し得た。此の際二つの窒素源に依る構成アミノ酸の差は認められなかつた。定量的な測定は行ひ得なかつたが、量的にも兩者は大體において平行關係が認められた。

第3表 ペーパークロマトグラフにより検出された稻熱病菌々體のアミノ酸

検出アミノ酸	含有比率
Aspartic acid	+++
Glutamic acid	+++
Glycine	++
Alanine	+++
Valine	++
Leucines	+++
Lysine	+
Arginine	+
Histidine	+
Threonine	+
Proline	+
Tyrosine	+
Phenylalanine	++
Methionine	+

8. 稻熱病菌の變異に就いて

病原菌の生態型の存在することは佐々木¹⁴⁾により示唆されたが、その後生態型を區別する試みが枅内¹⁵⁾、逸見¹⁶⁾等によりなされ、逸見は培養上の性質と病原性との間に關係をつける事が困難な事を指摘している。その後逸見¹⁷⁾、枅内¹⁸⁾、高橋¹⁹⁾等により單孢子分離系統が培養條件、通過した稻の抵抗性により病原性が變化する事が認められたが、此の變化は一時的のものであつて永續性を有しないと考えられる。筆者は此の變異の問題に對し更に基本的な菌自體の營養要求等の生理化学的觀點から考察せんとして以下の如き實驗を豫備的に行つて見た²¹⁾。分離系統約 50 種*を第1表の培地に培養した處では、遅速はあるが各系統共良く發育を示したから、これ等は營養要求に就いては同一と考えられる。

近時紫外線・化學藥品等^{21, 22)}に依つて突然變異を誘致する試みが行はれているが、筆者は稻熱病菌の胞子

第7圖 変異株の發育比較

I. Biotin+Thiamine

II. Biotin+Thiamine +
Adenine

の Adenine は Guanine 其他 Pyrimidine 鹽基等では置換えられない。此の系統は約1年30代を経過するも其の要求を維持し固定的なものと考へられ、更に葉鞘接種を行うと明かに細胞内への侵入が認められ病原性を維持して居る。胞子の形成も又其の大きさも母菌株と殆んど同様である。稻葉煎汁培地に於いて色がやゝ母菌株よりも濃化して居る。

未だ一系統しか分離し得ないが、將來かゝる栄養要求の変異菌が多数分離せられて其の生理的性質が究明せられれば、稻熱病菌の病原性に就て何等かの手掛りを得る事も可能ではないかと考える。

9. 摘 要

生育因子の存在下に稻熱病菌の栄養生理に就いて検討し次の如き結果を得た。

1. 稻熱病菌は Thiamine 分子の Pyrimidine 及び Thiazole の兩者を必要とし、兩者を結合せしめる事が出来る。

2. Biotin 及び Thiamine の最低必要量を調べ、前者では $0.004 \mu\text{g}/10 \text{ ml}$ 、後者では $0.2 \mu\text{g}/10 \text{ ml}$ の附近にある事を認めた。

3. 炭素源として糖及び多価アルコールに就いて實驗し、一般に前者が優る事を認めた。又 Sorbose と Inositol は本實驗の範圍に於ては利用されなかつた。

4. 窒素源に就いて検討し、アンモニウム態窒素が硝酸態窒素に優り、Glutamic acid, Asparagine はアンモニウム態窒素に近い事を認めた。稻含有アミノ酸のうちでは Aspartic acid, Glutamic acid 及びそのアミドが他種アミノ酸に優る事を認めた。又數種の有機酸には生育促進作用が認められ、特に其のアンモニウム

鹽は優秀である。

5. 稻熱病菌の分離系統に就いて栄養要求を調べたが、約50系統に就いては差異は認められなかつた。又紫外線照射によつて突然變異を起させて、Biotin, Thiamine の他に Adenine を要求する系統を分離し得た。(昭和27年9月25日受理)

文 献

1. Leaver, F. W., J. Leal & C. R. Brewer: Jour. Bact. 54: 401 (1947)
2. 田中正三・香月裕彦: 日化雑, 72: 231; 285 (1951)
3. Tochinai, T. & T. Nakano: Journ. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ. 44: Pt. 4, 183~229 (1940)
4. Robbins, W. J.: Amer. J. Bot. 26: 772 (1939)
5. Wooley, D. W. & A. G. C. White: Journ. Exptl. Med. 78: 487 (1943)
6. Schultz, A. S., L. Atkin, C. N. Frey & R. R. Williams: Journ. Am. Chem. Soc. 63: 632 (1941)
7. 大谷吉雄: 日植病報 16: 26 (1951)
8. 田中正三・辻二郎: 日植病報 16: 31 (1951)
9. 馬場 赴: 農及園 19: 541 (1944)
10. 大谷吉雄: 日植病報 16: 46 (1951)
11. 田中正三・香月裕彦: 日植病報 15: 109 (1950)
12. Reischer, H. S.: Mycologia 43: 319 (1951)
13. 横山康彦: Jour. Antibiotics 4: 95 (1951)
14. 佐々木林太郎: 病蟲雜 9: 631~645 (1922); 10: 1~10 (1923)
15. 枋内吉彦・島村光太郎: 日植病報 2: 414 (1932)
16. 逸見武雄・安部卓尔・池屋重吉・井上義孝: 農事改良資料 105 (1936)
17. 逸見武雄・安部卓尔・高橋良正: 農林省委託昭和15, 16年度研究經過大要報告 (1941), (1942)
18. 枋内吉彦・原 一郎: 醫學と生物學 1: 134 (1942)
19. 高橋喜夫: 北海道農試報告 3: 1~65 (1951)
20. Georg, L. K.: Mycologia 43: 297 (1951)
21. Swanson, C. P., W. D. McEproy and H. Miller: Pro. Nat. Acad. Sci. 35: 513 (1949)
22. 井口信義: 日農化 23: 357 (1950)

Résumé

The nutritional physiology of the rice blast fungus, *Piricularia oryzae* has been studied with special reference to the growth factors. The constitution of the standard medium used was as

follows: NaNO_3 2.0 g., KH_2PO_4 0.5 g., K_2HPO_4 0.5 g., MgSO_4 0.5 g., CaCl_2 0.1 g., Sucrose 20 g., Biotin $5 \mu\text{g}$., Thiamine hydrochloride $500 \mu\text{g}$., $\text{MoO}_4\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.05 mg., $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 0.1 mg.,

FeCl_3 0.4 mg., $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.4 mg., $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 7.5 mg., $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 7.5 mg., and a litre of distilled water. The followings were shown from the results of the study:

1. Thiamine or both of its two components, pyrimidine and thiazole are essential for the growth of the fungus. If one of the components is absent in the culture solution, the fungus can not grow in it.

2. The minimum requirement of biotin was about 0.004 μg ., and that of thiamine hydrochloride was about 0.2 μg . in 10 ml of culture solution.

3. Some of sugars and higher alcohols were tested as the carbon source. The results indicated that sugars were preferable to the higher alcohols for the growth of the fungus in general. Sorbose and inosit were not utilized as the carbon source.

4. Ammonium sulfate, sodium glutamate, asparagine and sodium nitrate were tested as the nitrogen source. In the media containing equivalent amount of nitrogen, the order of rate of growth was found to be: Ammonium sulfate > Sodium glutamate > Asparagine > Sodium nitrate. Among the amino acids present in the rice plant, aspartic and glutamic acids were the most suitable, whereas, tyrosine and phenylalanine were inferior to the other amino acids. When small amount of asparagine or glutamine was added to the culture

solution, the growth of the fungus was somewhat promoted. Aspartic and glutamic acids offered the similar but less effect as above. Some of the organic acids such as malic, succinic, citric and tartaric acids, were effective for the promotion of the fungus growth, and especially the ammonium salts of them were stimulative.

5. Amino acids of the mycelial mat developed in culture solution containing inorganic nitrogen source such as nitrate or ammonium salt, were analyzed by the paper chromatography. The following amino acids are detected by the analyses: Aspartic acid, glutamic acid, glycine, alanine, valine, leucines (leucine and or isoleucine), lysine, arginine, histidine, threonine, proline, tyrosine, phenylalanine and methionine.

6. The nutritional requirements of about fifty isolates of this fungus were compared. There were no differences among them, however, as for the growth factor requirements. By the irradiation of the ultraviolet ray to the spore, a mutant appeared which required adenine in addition to biotin and thiamine as growth factors. This mutant is similar to the mother isolate in spore formation and spore size, but the colour of the mycelia on rice straw decoction agar is slightly deeper than that of the mother isolate. This mutant remained pathogenic to rice plant.

日本植物病理學會北海道部會講演題目 (1)

昭和 27 年 12 月 12, 13 日札幌市外定山溪苑の湯クラブにおいて, 北日本病害蟲研究會, 東北農藝研究會との共催で北海道部會が行われた。その講演要旨は同研究會報に掲載されるのでこゝには載せないが, 植物病理に關係のある題目を以下紹介する。

保溫折衷苗代と稻熱病との關係. 徳永芳雄, 古田力, 下山次郎 (東北農試)

保溫折衷苗代と稻熱病との關係. 伊藤弘, 坂垣賢一, 木村和夫 (山形農試)

保溫折衷苗代栽培と稻熱病について. 小林次郎, 京野肇 (秋田農試)

保溫折衷苗代と馬鹿苗病發生との關係. 小田桐竹吉, 星野好博 (青森農試)

保溫折衷苗代に於ける稻小粒菌核病に關する調査. 渡邊茂, 工藤三郎 (岩手農試)

保溫折衷苗代と病害蟲の發生. 中川九一, 白坂信巳

角間文雄, 遠藤正, 川島嘉内 (福島農試)

稻葉内のアミド及びアミノ酸並に糖の葉位別觀察. 鎌谷大節, 小林尚志 (東北農試)

環境を異にせる稻の葉内アミド及びアミノ酸の消長. 鎌谷大節, 小林尚志 (東北農試)

稻熱病抵抗性を異にせる品種の葉内アミド及びアミノ酸の時期的消長. 鎌谷大節, 小林尚志 (東北農試)

稻熱病々斑の型について. 鎌谷大節, 池田正幸 (東北農試)

外國稻の稻熱病抵抗性品種檢出. 鎌谷大節, 進藤敬助 (東北農試)

土壌 Eh と稻熱病との關係. 古田力, 徳永芳雄 (東北農試)

外國稻の稻熱病に對する耐病性について. 佐本四郎 (北農試)

葉稻熱病の抵抗性檢定法について. 佐本四郎 (北農試)