

## 6. ブラジルのセラード地域における病害発生調査と病原の同定

派遣専門家：守中正

(チームリーダー)

カウンターパート：Luis Carlos Bhering Nasser



# ブラジルのセラード地域における病害発生調査と病原の同定

守中 正・Luis Carlos Bhering Nasser

Observation of rice disease incidence and identification  
of the causal fungi in the Cerrados of Brazil

Tadashi Morinaka and Luis Carlos Bhering Nasser

## 摘 要

セラード地域において、1990-1991年及び1991-1992年の稲作期間に発生したイネ病害を調査した。この調査で観察された病害は、いもち病、ごま葉枯病、褐色葉枯病、すじ葉枯病、稲こうじ病、紋枯病、変色穂、生理障害であった。いもち病は、葉いもち、葉節いもち、節いもち、首いもち、枝梗いもち等が発生し、局地的に被害が認められた。褐色葉枯病はセラード地域内に広く分布し、葉枯れと変色穂とを生じる重要な病害と思われた。変色穂・穂枯れイネから *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae* (*Gwerlachia oryzae*) が分離された。

## Abstract

Incidence of rice diseases in the Cerrado region was observed during the rice growing season in 1990-1991 and 1991-1992. Rice diseases observed were as follows: Blast, brown spot, leaf scald, narrow brown leaf spot, false smut, sheath blight, panicle discoloration and physiological disorders. Rice blasts were included by leaf blast, leaf node blast, stem node blast, neck blast and rachis blast. Rice plants were seriously damaged by blast disease in some fields. Leaf scald was widely distributed in the Cerrado region and leaf blight and panicle discoloration were caused by the causal fungus. It showed that leaf scald is one of the important rice diseases in the Cerrado region. *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae* (*Gwerlachia oryzae*) were isolated from the collected samples of discolored panicles.

## 緒 言

セラードにおけるイネ病害の防除法を策定するには、病害発生の基礎的調査と病原の同定が重要である。セラード地域におけるイネ栽培は、いろいろな環境や体系によって行われている：すなわち、開墾直後の農地、開墾後年数の経った農地、灌漑のある畑、灌漑のない畑、水田等である。このような異なる条件下で栽培されているイネの病害を調べ、防除のための基礎資料とするのが、この調査の目的である。

既往の報告によると、セラード地域に発生するイネ病害の多くは、糸状菌によるものである。筆者らは、糸状菌以外の病原による病害の発生調査も目指したが、ここで取り続めた結果は糸状菌病についての報告となった。本報は、1990年8月から1992年6月までの間に採集し、同定したイネ病害についてまとめた結果である。

イネ病害発生調査のために、各地の関係者から便宜供与を受けた。

EPABAサンフランシスコ試験場、Cooperativa Agricola de Cotia-Barreiras、Sr.Hashimoto (Barreiras)、Campo Experimental de Balsas CNPSo、Cooperativa Mista Rural Vale do Javas (Coperjava)、Fazenda Novo Querencia、Sementes Agroceres S.A.、Sr. Muraoka (Paracatu)、Sr. Sato (Guarda Mor, Cooperativa Central Agricola Sul Brasil)、Sr. Ishikawa (do.)、Sr. Katagiri (do.)、Cooperativa Agricola de Cotia São Gotardo、Nomurabras S.A.、Sr. José Carlos (EMATER-EMGOPA-CPAC, Silvânia)。以上のお世話になった方々に厚くお礼申し上げます。

EMBRAPA-CPACの所長Dr. Jose R.R. Peres、技術担当次長Dr. Arioaldo L. Junior、総務担当次長Dr. Roberto T. Alvesには調査を実施するために、特別の配慮をいただいた。また、当プロジェクト岸野賢一専門家には病害発生調査について、三枝隆夫専門家には病原菌の培養実験について協力していただいた。心からお礼を申し上げます。

## 材料及び方法

発病調査地点は第1図に示した。

発病調査は現地において病徴を観察して記録するとともに、発病標本を採集した。採集した標本は、EMBRAPA-CPACにおいて、病原菌の同定に供用した。

病原菌は、以下の方法によって同定した。すなわち、水で湿らせた濾紙あるいはティシュペーパーを敷いて、温室としたペトリ皿に病斑のある葉、穂首、枝梗あるいは籾等を入れ、25℃に一晩おいた後、形成された分生子を顕微鏡で観察した。

また、標本の一部は、ジャガイモ煎汁寒天培地あるいはストレプトマイシン加用ジャガイモ煎汁寒天培地を用いて病原菌を分離培養し、菌糸叢の形状、形成された胞子あるいは子座等を顕微鏡で観察した。

## 観察結果

発病調査現地で記録した観察結果は第1表のとおりである。

### (第1表)

病徴の観察により認められた病害は、いもち病(Brusone)、ごま葉枯病(Mancha parda, Helminthosporiose)、褐色葉枯病(Escaldadura da folha, Rincosporiose)、すじ葉枯病(Mancha estreita, Cercosporiose)、稲こうじ病(Falso carvão)、紋枯病(Queima das bainhas)、変色穂(Descoloração das glumelas)、生理障害(Desordem fisiológico)の8種類であった。

発病標本の孢子形成あるいは病原菌の分離培養を観察した結果が第2表である。

### (第2表)

病斑上の孢子あるいは分離培養により観察された糸状菌は、*Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae*, *Phoma sorghina*, *Pyricularia oryzae*, *Rhynchosporium oryzae* (*Gwerlachia oryzae*)の7種であった。

いもち病には、葉いもち、葉節いもち、節いもち、首いもち、枝梗いもち等が観察された。また、変色穂の一部からいもち病菌が分離された。

ごま葉枯病では葉の褐色病斑と穂枯れが観察されたが、被害は軽かった。

褐色葉枯病は葉に赤褐色の紡錘型や不整形病斑を生じる場合と、葉の先端近くに暗褐色部と灰褐色部とが波状(雲状)となって大型病斑を作る場合とが認められた。褐色葉枯病による穂枯れは籾の褐変が多く、他の変色籾との区別は難しい。1992年の調査では、各地で褐色葉枯病の発生が観察され、この病害は広く分布しているものと思われた。

すじ葉枯病は葉に褐色の筋状病斑がみられた。すじ葉枯病による穂枯れは観察されなかった。

稲こうじ病は籾に生じた暗緑色、ときには橙色を呈する菌糸塊で容易に識別できる。

紋枯病は水稻で発生が認められたが、小発生であった。

変色穂や穂枯れは、いもち病、ごま葉枯病、褐色葉枯病、すじ葉枯病、もみ枯病等によって現れる。変色穂の病原は病徴だけから病名を診断するのが難しい場合が多い。分離培養によって検出された菌は、上記の7種であった。

## 考 察

ブラジルにおけるイネの主要病害として、いもち病、ごま葉枯病、褐色葉枯病、籾枯病、苗立枯病等の発生が報告されている(Ribeiro, 1984; Prabhu, 1989)。セラード地域においても、これら6種が重要病害として挙げられている(Sonku, 1983)。これらの病害は世界の稲作地域に広く分布している。これらのなかでブラジルでは、*Phoma sorghina*によ

る粃枯病の発生が多いことが特徴と言えるであろう。

イネウイルス病では、東南アジアにはウンカ・ヨコバイ類によって媒介されるTungroやRagged stunt等、温帯アジアには萎縮病・縞葉枯病・黒すじ萎縮病等が分布し、西及び東アフリカには機械的伝搬をするYellow mottle virusがあり、それぞれの地域を代表する病害となっている。また、ラテンアメリカには、ウンカ類によって媒介されるHoja blanca virusが分布するが、ブラジルには発生した報告がない。

ブラジルにおけるイネいもち病に関しては以下のような報告がある。すなわち、いもち病菌分離株の病原性とイネ判別品種による菌株のレースの判定 (Ribeiro, 1980, 1981)、イネの乾物生産及び収量に及ぼすいもち病の影響 (Prabhu et al., 1986)、葉及び首いもちの発生と減収の関係 (Prabhu & Faria, 1982; Faria & Prabhu, 1980)、薬剤防除 (Kobayashi, 1987; Prabhu & Faria, 1983, 1987) 等である。

*Helminthosporium* sp.による病害については、肥料と病気の発生の関係、分離菌株の病原性、イネの抵抗性の品種間差異、感染と収量構成要素の関係等が報告されている (Souza et al., 1984, 1986; Faria & Prabhu et al., 1989)。また、*Helminthosporium*は穂枯れを起こす菌の一つであることも知られている (Santos & Galrao, 1989)。

*Phoma sorghina*菌株の変異とイネの粃枯病抵抗性の品種間差異が認められている (Souza et al., 1987, 1988)。セラードにおける菌の動きと生存も報告されている (Urban & Wetzell, 1980)。

種子病害では水洗法やblotter法により、*Pyricularia oryzae*, *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae*, *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Rhynchosporium oryzae*, *Phoma* sp., *Trichoconis padwickii*等の糸状菌が検出されている (Ribeiro, 1980; Soave et al., 1984)。

第1表に示したセラード地域で発生を観察されたイネの病気は、全体としては大きい被害を生じていなかった。ただ、いもち病は局所的に激しく発生した圃場がみられた。このような圃場は葉いもちが発生し、その後に適切な防除が行なわれなかったために、穂いもちの被害を生じたものと考えられる。いもち病については、ブラジルのイネ品種の抵抗性遺伝子とブラジルのいもち病菌病原性との相互反応を明らかにし、いもち病菌レース判別の体系を確立することが望まれる。

ごま葉枯病は肥切れ状態の圃場で発生していた。

褐色葉枯病はセラード地域内に広く分布し、葉枯れと変色穂とを生じる重要な病害と思われる。なお褐色葉枯病菌の分類学上の所属については、異なる説があり、研究者間で未だ意見が一致していない。従って、ここでは従来使われてきた*Rhynchosporium oryzae*を用いることにし、適当と言われている*Gwerlachia oryzae*を併記した。1992年の調査ではセ

ラード地域の南部各地で発生がみられた。セラード開墾後初年目の陸稲栽培圃においても発生しているので、本病原菌の寄生範囲、伝染環をふくむ発生生態の解明が今後の研究課題となろう。現状では大きな被害にはなっていないが、発生状況の推移を把握しておく必要がある。

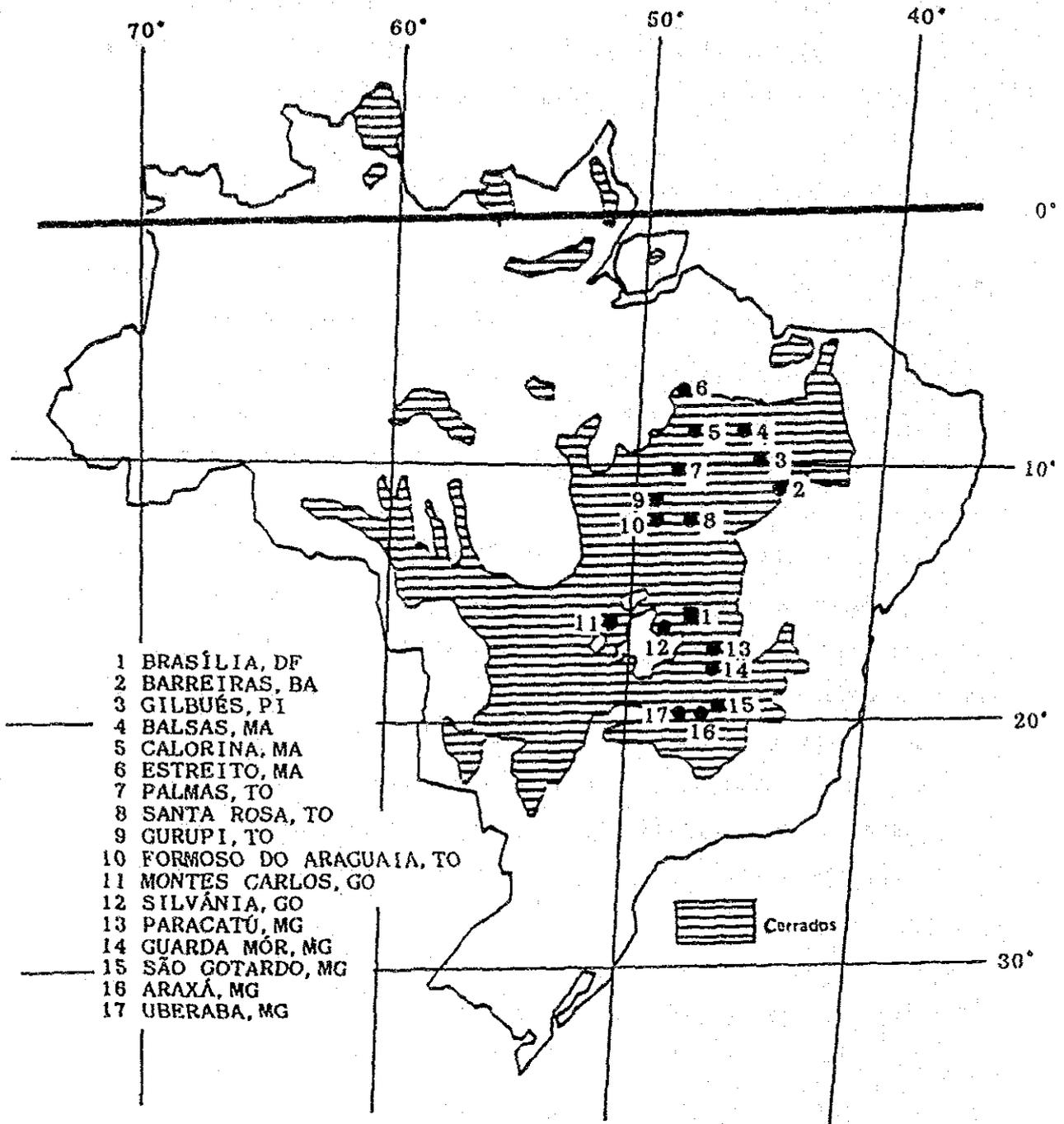
すじ葉枯病は局所的に発生が観察されただけで、現状では被害を起こすほどではないようである。

稲こうじ病も発生の目立つ圃場があったが、小発生である。稲こうじ病は、通常考えられているよりも、収量・品質に影響があるという報告がある。厚膜胞子保菌樹を播くと、イネの幼芽に感染し、出穂後に発病するので、健全種子に更新する必要がある。

紋枯病は水田栽培イネで発生が観察されたが、発病株は少なかった。今後水稲栽培を続けると、菌核が土壌中に残存し、翌年の発生源となり、栽培を繰り返すうちに次第に発生が増加する恐れがあるので、注意が必要である。

変色穂および穂枯れは前に述べたように、いもち病 (*Pyricularia oryzae*)、ごま葉枯病 (*Helminthosporium oryzae*)、褐色葉枯病 (*Rhynchosporium oryzae*)、すじ葉枯病 (*Cercospora oryzae*)、もみ枯病 (*Phoma sorghina*) 等によって生じる。また、第2表の培養によって検出された前記以外の *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora oryzae* 等は、いずれも穂枯れ症状を示す穂の各部から分離される菌として知られている。穂枯れは減収の原因になるとともに着色米を生じ、米の品質を低下させる。

この調査でこれらの糸状菌の存在が明らかとなったが、調査地点も調査時間も十分とは言えず、さらに今後も調査を追加することが望まれる。また、細菌病及びウイルス病の調査も今後の課題である。



第1図 ブラジルのセラードにおけるイネ病害発生調査地点

第1表 ブラジルのセラードにおけるイネ病害発生調査

日月年	調査地点	州名	病害名
15/04/91	Fazenda Rodeio (BR20-Km245)	BA	ごま葉枯病 ( <i>Helminthosporium oryzae</i> )
16/04/91	Gilbues-Santa Filomena	PI	ごま葉枯病 いもち病 ( <i>Pyricularia oryzae</i> )
16/04/91	Tasso Fragoso-Balsas	MA	変色穂
17/04/91	Balsas (EMBRAPA-CNPSO)	MA	いもち病 (葉、節、穂首、枝梗)
17/04/91	Carolina-Esteito	MA	変色穂
18/04/91	Palmas-Porto Nacional	TO	稲こうじ病 ( <i>Ustilaginoidea virens</i> ) ごま葉枯病
18/04/91	Santa Rosa-Peixe	TO	すじ葉枯病 ( <i>Cercospora oryzae</i> ) 生理障害
19/04/91	Formoso do Araguaia (Coperjava)	TO	ごま葉枯病 稲こうじ病 いもち病 すじ葉枯病 褐色葉枯病 ( <i>Rhynchosporium oryzae</i> )
20/04/91	Gurupi (Fazenda Novo Querencia)	TO	紋枯病 ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) ごま葉枯病 すじ葉枯病 稲こうじ病 いもち病
11/03/92	Fazenda Imperitinte	GO	ごま葉枯病
12/03/92	Fazenda Progresso Verde	GO	褐色葉枯病 ごま葉枯病 もみ枯病
17/03/92	Guarda Mor (Cooperativa Central Agricola Sul Brasil)	MG	褐色葉枯病 ごま葉枯病
	Vazente	MG	稲こうじ病
18/03/92	Araxá (Nomurabras)	MG	発生なし
19/03/92	Uberaba	MG	ごま葉枯病
20/03/92	Araguari	MG	褐色葉枯病
25/03/92	Planaltina (EMBRAPA-CPAC)	DF	いもち病
14/04/92	Silvânia	GO	褐色葉枯病 もみ枯病

註) BA: Bahia, PI: Piauí, MA: Maranhão, TO: Tocantins  
GO: Goiás, MG: Minas Gerais, DF: Distrito Federal

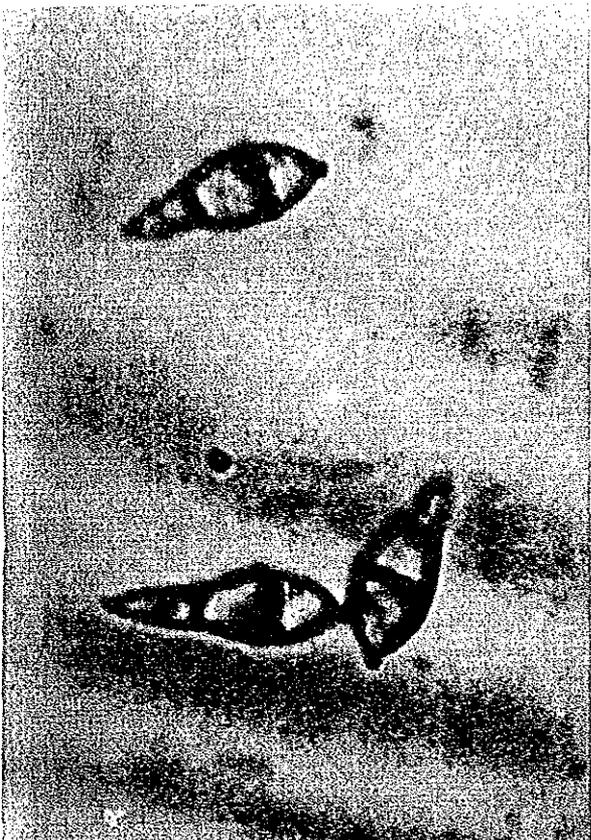
第 2 表 採集材料から分離された病原糸状菌

菌 名	発病部位 (品種名)	採集地
<i>Curvularia</i> sp.	葉 (Rio Paranaíba) 葉	Silvânia, GO Carolina-Esteito, MA
<i>Epicoccum</i> sp.	穂 (Aliança)	Silvânia, GO
<i>Fusarium</i> sp.	穂 (Aliança)	Silvânia, GO
<i>Nigrospora oryzae</i>	穂 葉 (Rio Paranaíba) 葉 (育成系統) 葉 (Aliança)	Guarda Mor, MG Silvânia, GO Silvânia, GO Silvânia, GO
<i>Phoma sorghina</i> ( <i>Phyllosticta glumarum</i> )	穂 (Aliança)	Silvânia, GO
<i>Pyricularia oryzae</i>	葉、穂 (Aliança) 穂 (Rio Paranaíba) 葉、穂、穂首 (米国の品種)	Silvânia, GO Silvânia, GO Planaltina (CPAC), DF
<i>Rhynchosporium oryzae</i> ( <i>Gwerlachia oryzae</i> )	葉、穂 葉、穂 葉、穂、穂首 (Aliança) 葉、穂 (育成系統) 葉 (Rio Paranaíba) 葉	Vazente, GO Goiás, GO Silvânia, GO Silvânia, GO Silvânia, GO Lucas, MT

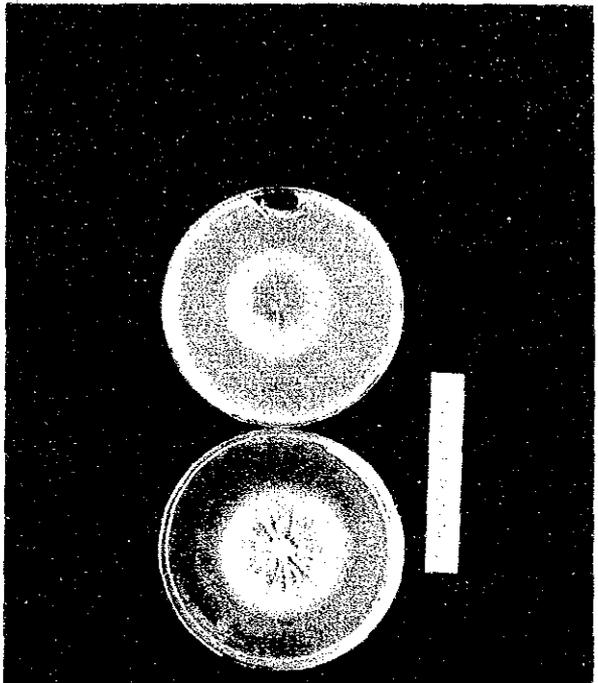
註) GO:Goiás, MA:Maranhão, MG:Minas Gerais,  
DF:Distrito Federal, MT:Mato Grosso



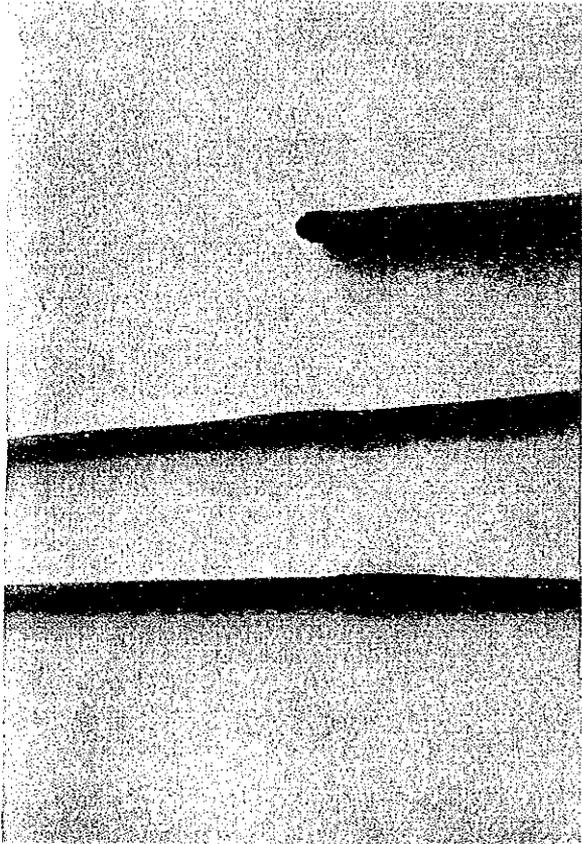
Rice blast ↑↓



*Pyricularia oryzae*, Conidia 1, Mycelia on PDA ↓







Node rot caused by blast fungus



Node rot caused by *Helminthosporium*

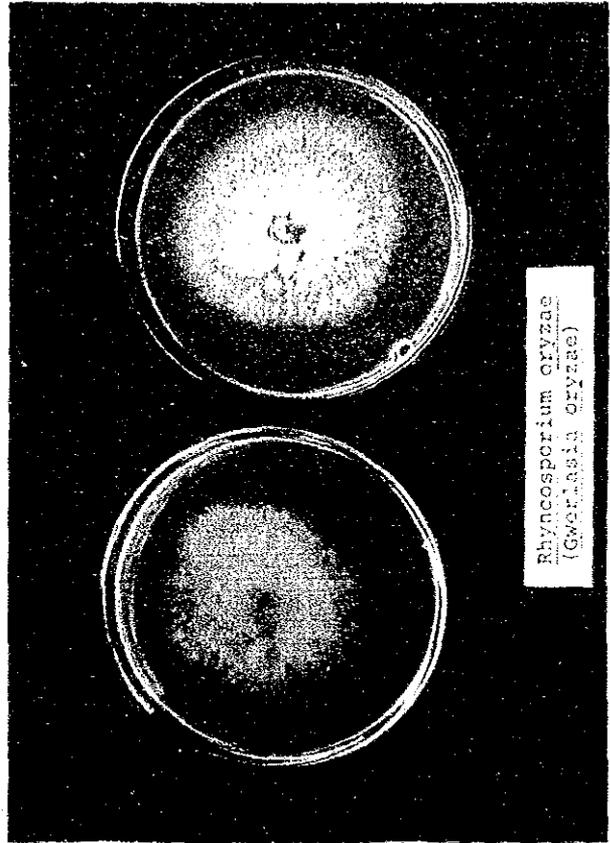


Neck blast





*Rhynchosporium oryzae*, Mycelia on PDA ↓



*Rhynchosporium oryzae*  
(*Gaeumannomyces oryzae*)



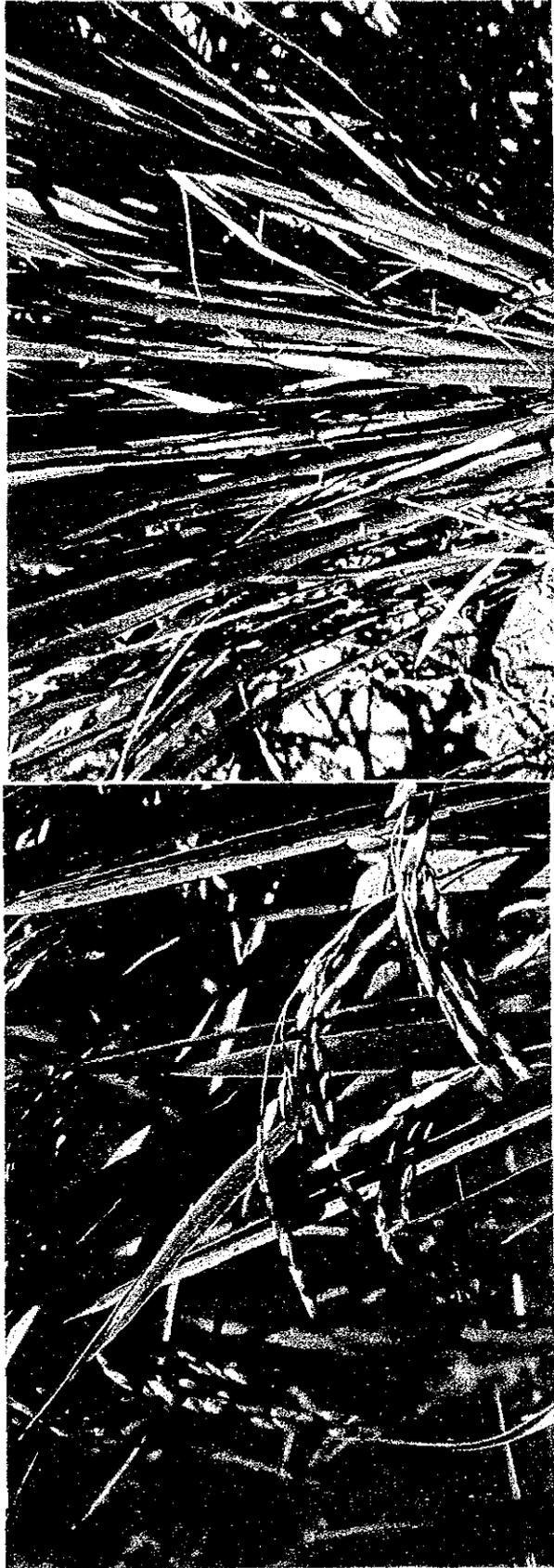
Leaf scald ↓ and panicle discoloration ↓







Brown leaf spot (*Helminthosporium oryzae*)



Narrow brown spot (*Cercosporium oryzae*)

Panicle discoloration by *Helminthosporium oryzae*

Sheath blight (*Rhizoctonia solani*)





False smut (*Ustilagoidea virens*) ↑ ↓



Panicle discoloration ↑ ↓



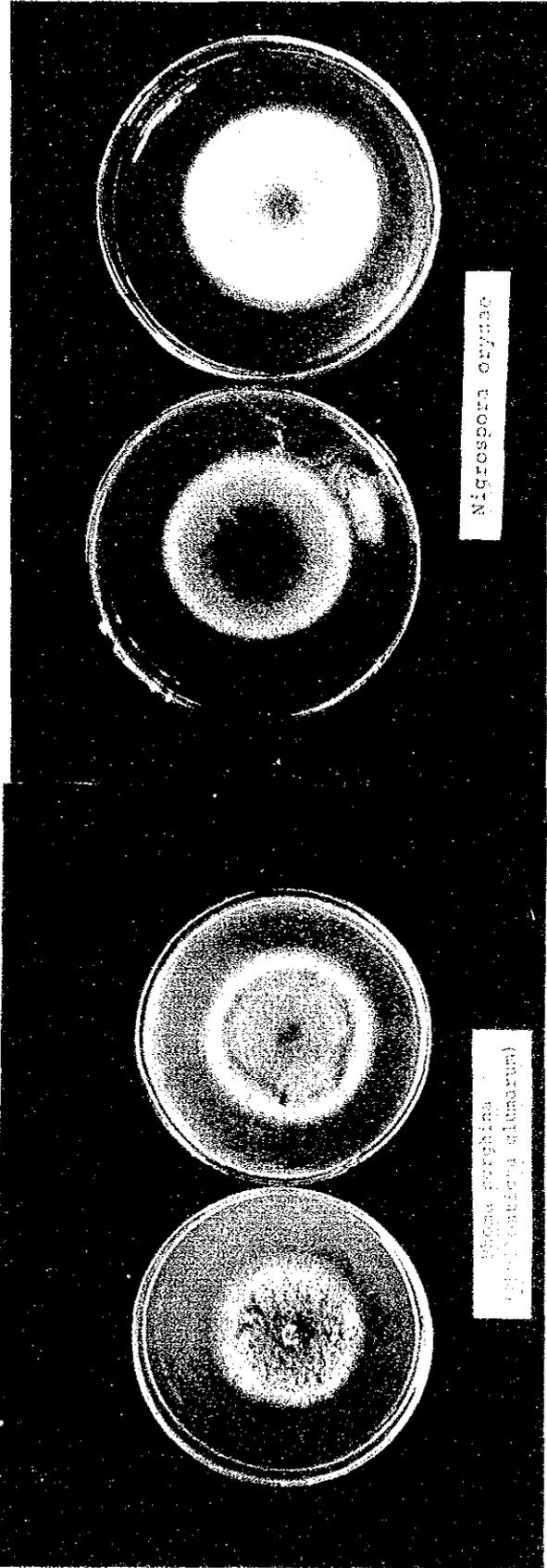




*Nigrospora oryzae*, Conidia t, Mycelia on PDA ↓



*Phoma sorghina*, Pycnidia t, Mycelia on PDA ↓



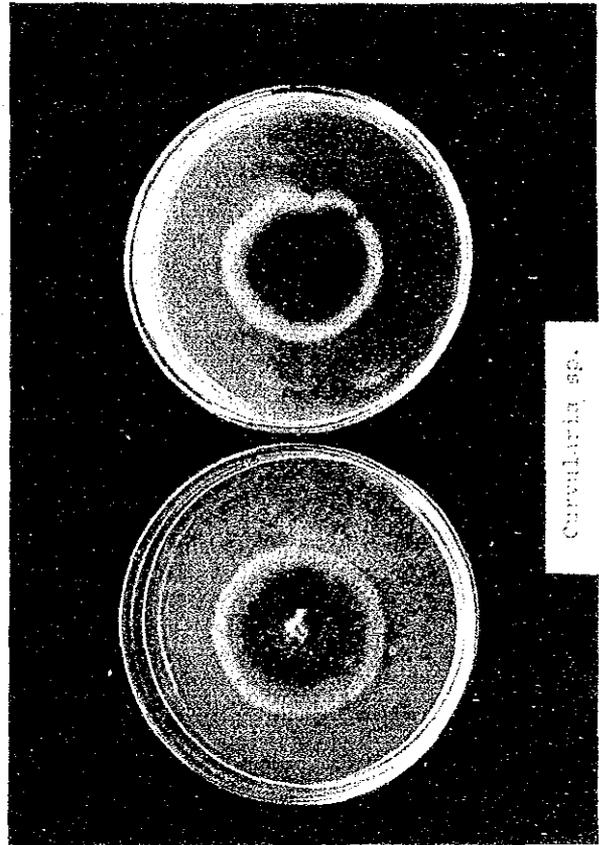
*Nigrospora oryzae*

*Phoma sorghina*  
(*Phoma sorghina* glumarum)





*Curvularia* sp., Conidia **t**, Mycelia on PDA **t**





7. ヘマトキシリン染色法による小麦の  
アルミニウム害耐性の検定法の利用

派遣専門家：牧田道夫（作物栽培）

（91.3～92.8）

カウンターパート：Júlio Cezar Albrecht



## ヘマトキシリン染色法による小麦の アルミニウム害耐性の検定法の利用

牧 田 道 夫 (栽培専門家)

Júlio Cezar Albrecht (カウンターパート)

### 要 約

小麦のアルミニウム害耐性の早期検定法として、簡便で精度の高いヘマトキシリン染色法がPolleら (1978)、高木ら (1981) によって報告されている。同方法をブラジル・セラード農牧研究センター(CPAC)で実施し、同方法が品種や育種材料の検定及びアルミニウム害耐性の遺伝試験に適することを確認した。同方法を用いて、次の5種の実験を実施した。

(1) 高木ら (1981) の示した操作によって、同報告と同じ検定材料を用いて当地の機材で検定し (第1日目の操作を変更)、ほぼ同じ結果を得た。

(2) セラード各州の奨励品種について、アルミニウム害耐性を必要とする雨期栽培の品種は収量が低く、アルミニウム害耐性をそれ程必要としない乾期の灌水栽培の品種は収量が著しく高いことを示した。

(3) ブラジルの過去から現在の登録品種、育種材料の140種のアルミニウム害耐性の水準が、地域により特徴があるものの、一般にかなり高く、登録品種及びその候補の系統は「強」、「中」に属していた。今まで言われているように、ブラジル産品種のアルミニウム害耐性は他国に比べても相当高い水準であると思われた。

(4) セラード各州のアルミニウム害耐性の強い5奨励品種の祖先の耐性を系譜的に調べ、耐性の因子はすべてブラジル産品種に由来しており、共通の親となっている品種のあることを示した。

(5) アルミニウム害の耐性と感受性品種の交配による4組合せの $F_2$ の個体とその個体から採種した $F_3$ 系統のアルミニウム害耐性を検定し、ヘマトキシリン染色法による耐性の個体単位の識別とその個体の後代の生産が可能であることを示した。

### 緒 言

植物に対するアルミニウムやマンガンの毒性は土壌の酸性障害の主要因であることが認められている (Vose et al 1962)。ブラジル農牧研究公社土壌調査・保全サービスの資料 (EMBRAPA/SNLCS 1981) によると、セラード地域の土壌の46% (94万km<sup>2</sup>) はラトソルで占められており、その95%以上が貧養分酸性土壌である。セラードのラトソルは大部分がアルミ質で、アルミニウムの飽和度は50%以上であり、塩基置換容量との均衡の限界

30%をはるかに越えて植物にアルミニウム害をもたらす (Goedert, W.J.Ed1989)。アルミニウムによる作物の生育障害は最初に根に現れて、伸長阻害と根の分裂組織の細胞分裂の阻害として現れることが一般に認められている。

セラードの農耕地化のための土地改良の一般的な方法は、樹木類を除去後の荒地に石灰を2t/haを散布して荒耕しと地均しをし、燐鉱石粉末を1t/ha散布して再度の耕起と地均しを行う。その後は土壌の酸度の変化に応じて石灰を与えてゆく。しかし開拓当初はアルミニウム害が多発するので作物や品種の選択が必要である。一方、作物の側においてもアルミニウム害耐性を備えた品種が必要である。特に小麦は作物の中で、耐性を強、中、弱に分けると、中-弱に属し (田中編1989)、品種改良の際に耐性の付与は重要である。従来、品種の育成過程におけるアルミニウム害耐性の検定は、多発する検定圃場で検定材料を生育させ、観察により障害の程度を基準品種との比較によって判定している。又、障害が最初に根に現れるので水耕栽培により根の伸長度を指標として早期に検定する方法が多くの研究者によって遺伝、育種実験に使用されていた (Foyら1974, Kerridgeら1968, Lafeverら1977)、しかしこれらの方法は実用的に難点があった。Polleら (1978) は小麦種子をアルミニウムを含んだ培養液中で発根させ、根をヘマトキシリン溶液で染色することにより、アルミニウム害耐性を早期に検定する方法を開発した。高木ら (1981) は早速、この方法に着目して実用的価値の評価を行った。その結果、ヘマトキシリン染色法は早期検定法として高い精度を持ち、簡便で効率のよい方法であると述べた。

当試験の目的は、高木ら (1981) が報告した同方法をブラジルで普及させるために当地の試験機材を用いて、同方法の実用的価値を確かめる事、及びブラジルの各種の小麦の材料のアルミニウム害耐性を検定し、評価することである。

当試験を行うに当たって、セラード農牧研究センター (CPAC) 次長 Arioaldo L. Junior 氏から良き御理解を得た。また小麦研究センター (CNPT) の Cantídio N. A. de Sousa 氏から種子と資料の提供を受けた。これらの方々に感謝する。

## 試験1 ヘマトキシリン染色によるアルミニウム害耐性の検定方法の評価

### 1. 目的

高木ら (1981) はヘマトキシリン染色法の実用的価値を評価し、操作手順をルーチンワークに適するよう整備したが、当試験の目的は同方法を当地で入手できる機材を使用して、同報告と同じ試験結果、実用的価値の評価が得られるかを確かめることである。

### 2. 方法および供試材料

#### 1) 方法

### (1) 機材、試薬

発芽させた種子を収容する検定用容器は、実験器具の水切りかごを活用したもので、長さ、30cm、幅24cm、高さ10cmの合成樹脂製で、底が格子状の水切りかごとそれを受ける水受け容器から成っている。水切りかごの底に波形にした網を固定し、谷間に種子を並べるようにした。水受け容器に約2.5lの培養液を入れるとかごの網の谷間に置いた種子が水面に接するようになっている。コンプレッサーで通気を行うために、培養液をいれる容器の底に、多数の孔を開けたビニール管を2本固定した。4種類のアルミニウム溶液を使用するのでこの装置を4個用意した。温度、照明を制御するために、Fluorescent lampを備えた恒温器を1台使用した。培養液は第1-1表に示す組成である。PHを0.25N塩酸で4.0に調整した。アルミニウム溶液の作成には塩化アルミニウム六水塩( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )を用いた。ヘマトキシリン溶液は0.2%ヘマトキシリン水溶液に0.02%よう素酸ナトリウム ( $\text{NaIO}_3$ ) を加えて作成した。1試験、2反復とし、1区種子数を5粒とした。

第1-1表 培養液の成分

成分	濃度 (mM)
$\text{CaCl}_2$	4.0
$\text{KNO}_3$	6.5
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2.5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.1
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	0.4

### (2) 操作手順

第1日目。種子の催芽処理を行う。午前9時に種子を濾紙を敷いたシャーレに置床し、イオン交換水で種子を湿らせて、25°C、12時間照明の恒温器に入れた。温度、照明時間はその後も同条件とした。高木ら(1981)では初めから種子を検定用容器に入れて発芽させるが、この部分を上記のように変更した。

第2日目。根の伸長を行う。午前9時(第1日目から24時間後)にシャーレから発芽の均一な種子のみを4個の検定用容器に1区5粒ずつ置床した。このかごを培養液を入れた容器に入れて、培養液が種子に接するようにした。恒温器に入れて通気を行った。乾燥を防ぐために上部をサランラップで覆った。

第3日目。アルミニウム溶液を与える。午後4時(第2日目から30時間後)に培養液を4段階の濃度のアルミニウムを含んだ培養液に置き換えた。アルミニウムの濃度は0.18mM, 0.36mM, 0.72mM, 1.40mMである。この時の根長は1-2cmに伸長していた。

第4日目。根の染色を行い、耐性を判定する。午前9時(第3日目から17時間後)に検定

用容器を恒温器から出して、アルミニウム溶液をイオン交換水に置き換えて、通気を行いながら1時間洗浄した。次に、根の水をよく振って切って、別に用意したヘマトキリン溶液を入れた容器に根を浸して、正確に15分間染色した。水道水の流水で付着した染色液を洗い流した後、再び先のイオン交換水の容器に戻して通気をしながら30分間水洗した。その後、耐性の程度を判定した。

### (3) 判定方法

根長が約1.5cm以上の個体を調査の対象とし、根端約5~6mmの範囲の染色程度を調査した。染色したものが感受性、しないものが耐性である。根の先端と上部が染色して中間の1~2mmが白く抜けるものがあつたがこれは非染色とした。第1-2表に示すように、アルミニウム濃度のどの段階で染色するかによって、耐性指数1(1.40mMでも染色しない。極強), 3(1.40mMで染色、強), 5(0.72mMで染色。中間), 7(0.36mMで染色。弱), 9(0.18mMで染色。極弱)の5段階に分級した。

第1-2表 アルミニウム耐性の指数の設定

観 察	指数	判定	根の染色パターン Al 濃度 (mM)			
			0.18	0.36	0.72	1.40
1.40mM Al で不染色	1	極強				
0.72mM Al で不染色	3	強				
0.36mM Al で不染色	5	中間				
0.18mM Al で不染色	7	弱				
0.18mM Al で染色	9	極弱				

(高木ら 1981)

### 2) 供試材料

第1-3表に示すように、日本の小麦品種31種(1-31)と極耐性の指標品種としてAtlas 66, 極感受性としてBrevorである。これらは高木ら(1981)が検定に使用した37品種のうち33品種である。これらの入手先は、日本品種は日本の農業生物資源研究所のジーンバンクからで、高木ら(1981)の入手したものと同一貯蔵ロットからのものである。Atlas 66とBrevorもジーンバンクから入手したが、Atlas 66は貯蔵ロットが2つあるので高木ら(1981)が使用したものと同一ロットの種子か不明である。

### 3. 結果および考察

第1-3表に本試験で判定したアルミニウム害耐性指数と高木ら(1981)の成績を比較して示した。2品種で指数が合わなかったのと3品種で反復により差を生じたのを除いて両者はよく一致した。すなわち、番号13、農林54号は高木ら(1981)が指数3に対して7であったが、これは種子の取扱上のミスで両者が違った種子である可能性が強い。Atlas 66は高木ら(1981)が指数1なのに対して指数3であった。Atlas 66はPolleら(1978)でも使用されており、同報告では、アルミニウム濃度が1.2mM以上で根端が濃染された(指数3に相当)と述べられており、本試験の結果と同じであったが、高木ら(1981)では1.40mMでも根端が白く残る部分が少なかったものの白く残ったので指数1としたと述べられている。それで本試験とはきわどい差で指数1と3に分かれたと思われる。

以上のように、本試験の成績は高木ら(1981)の成績とほぼ一致し、再現性が高く、同方法によって今後の試験を実施することが可能と思われた。また、反復間のばらつきは時々あったが、個体間のばらつきは殆どなく精度の高いことを思わせた。本検定方法はアルミニウム害耐性の品種間差、育種材料のスクリーニング、遺伝実験に適していると思われた。

第1-3表 日本品種によるヘマトキシリン染色法間の比較

番号	品種名	Al 指数				品種名	Al 指数				
		高木ら 1981	当試験				高木ら 1981	当試験			
			R1	R2	平均			R1	R2	平均	
1	農林 4号	7	5	7	5-7	18	農林 67号	7	7	7	7
2	" 9号	7	7	7	7	19	" 68号	7	7	7	7
3	" 19号	7	7	7	7	20	" 69号	5	5	5	5
4	" 23号	7	7	7	7	21	" 70号	5	5	5	5
5	" 26号	7	7	7	7	22	" 71号	7	7	7	7
6	" 30号	5	5	5	5	23	" 72号	5	5	5	5
7	" 34号	7	7	7	7	24	赤坊主	3	3	3	3
8	" 43号	7	7	7	7	25	ヒラキコムギ	3	3	3	3
9	" 46号	5	5	5	5	26	秋かみコムギ	5	5	5	5
10	" 50号	7	7	7	7	27	伊賀筑後	7	7	7	7
11	" 52号	7	7	7	7	28	三州小竹	3	3	3	3
12	" 53号	7	7	7	7	29	埼玉 27号	7	7	5	5-7
13	" 54号	3	7	7	7	30	新中長	5	5	5	5
14	" 59号	5	5	5	5	31	江島神力	7	7	5	5-7
15	" 61号	5	5	5	5	32	Atlas 66	1	3	3	3
16	" 63号	7	7	7	7	33	Brevor	9	9	9	9
17	" 64号	7	7	7	7						

\* R1 : 反復 1, R2 : 反復 2

### 試験II. セラードの小麦奨励品種のアルミニウム害耐性と収量

#### 1. 目的

セラードに属するミナスジェライス州、ゴイアス州、ブラジリアDFおよびマトグロッソ

州で栽培される奨励品種のアルミニウム害耐性をヘマトキシリン染色法によって検定し、アルミニウム害が栽培条件、収量性を制限していることを明らかにする。

## 2. 方法および材料

### 1) 方法

アルミニウム害耐性の検定方法は、試験 I - 2 - 1) と同じ。収量はセラード農牧研究センター（以下、CPACと書く）の1990年の成績を使用した（EMBRAPA-CPAC1990）。

### 2) 供試材料

セラードの各州で奨励品種とされている品種で、第 II - 1 (1) 表に示した雨期栽培用の10品種と、第 II - 1 (2) 表に示した乾期の灌水栽培用の6品種である。

## 3. 結果および考察

### 1) 雨期栽培

第 II - 1 (1) 表に雨期栽培用の品種のヘマトキシリン染色法によるアルミニウム害耐性の指数と、CPACの資料によるこれら品種の圃場で検定されたアルミニウム害耐性および子実収量の成績を示した。同表によると、アルミニウム害耐性の指数は9品種中、6品種が3（強）、2品種が5（中間）、1品種が7（やや弱）を示した。圃場での検定成績によると、7品種がR（耐性）、1品種がMR（やや耐性）、1品種がMS（やや感受性）であった。このように雨期栽培ではアルミニウム害耐性の強い品種が栽培されている。この理由は雨期栽培に使用される圃場は土壌改良が進んでいない場合が多く、可溶性アルミニウム含量が高く、害が発生しやすいからである。これら品種の子実収量は0.8-1.8t/haで、灌水栽培用の品種の子実収量（第 II - 1 表 (2)）が5 t/ha前後なのに比べて著しく低い。この理由の一つはCAMARGO (1980) で述べられているようにアルミニウム害や土壌の瘦せている地域で育成された品種は低収タイプになり易いからである。低収の他の理由は作期が不適なこと（牧田ら1986）と土壌環境が不利なことである。

第II-1表 中央ブラジルで奨励されている品種のアルミニウム害耐性と子実収量  
(1) 雨期栽培

品種名	奨励している州	指数 Al	圃場検定による 判定 *	子実収量 * (Ton/ha)
BH 1146	MG, GO, DF, MT	3	R **	1.2
BR 8	MG	3	R	1.8
BR 16	MG, GO, DF	5	R	1.0
BR 24	MG, GO, DF	3	R	1.2
BR 25	MG, GO, DF	3	R	1.1
BR 26	MG	7	MS	0.8
IAC 5	MG, GO, DF, MT	3	R	1.2
IAC 21	MG, GO, DF	3	R	1.2
MG 1	MG	5	MR	1.2

\* EMBRAPA-CPAC 1990 から。

\*\* R : 耐性, MR : やや耐性, MS : やや感受性  
MG:ミナスジェライス、 GO:ゴイス、 MT:マトグロソ、 DF:フラスリア

## 2) 灌水栽培

第II-1(2)表に乾期の灌水栽培用の品種のアルミニウム害耐性と子実収量の成績を示した。耐性の指数は、6品種中、1品種が3(強)、4品種が5(中間)、1品種が9(極弱)を示した。圃場での検定成績によると、1品種がMR(やや耐性)、4品種がMS(やや感受性)、1品種がAS(極感受性)であった。このように灌水栽培ではアルミニウム害の弱い品種が栽培されているが、この理由は灌水栽培に使用される圃場は土壌改良が進んでおりアルミニウム害の発生が少ないからである。これら品種の子実収量は4.8-5.7t/haで雨期栽培に比べて極めて高い。この理由の一つはメキシコ小麦が一般にアルミニウム害に弱い収量は多収だからである。

以上のように、小麦におけるアルミニウム害の発生は品種の選択を制限し、その結果、収量性を制限する。この解決のためには土壌の改良と合わせてアルミニウム害耐性で収量の高い品種の育成が必要である。ヘマトキシリン染色法はそのために有用であると思われる。

## (2) 灌水栽培

品種名	奨励している州	指数 Al	圃場検定による 判定 Al *	子実収量 * (Ton/ha)*
Anahuac	MG, GO, DF, MT	9	AS **	5.7
BR 10	MG, GO, DF, MT,	5	MA	5.3
BR 12	MA, GO, DF	5	MS	5.2
BR 33	GO, DF	5	MS	5.4
IAC 24	MG	3	MR	4.9
Candeias	MG, GO, DF, MT	5	MS	4.8

\* EMBRAPA-CPAC 1990

\*\* MR : やや耐性, MS : やや感受性, AS : 極感受性。

### 試験Ⅲ ブラジルの小麦品種および育種材料のアルミニウム害耐性の評価

#### 1. 目的

ブラジルの品種及び育種材料のアルミニウム害耐性を各種観点から評価して今後の品種改良のための資料とする。

#### 2. 方法及び供試材料

1) 方法 アルミニウム害耐性の検定方法は、試験Ⅰ-2-1)と同じ。

#### 2) 供試材料

第Ⅲ-1表に示した140品種・系統である。これらはEMBRAPAの小麦研究センター(以下、CNPTと書く)から入手した。これらはBR番号のEMBRAPA登録品種が25品種と、国内の育種機関で育成された品種や系統、及び外国から導入された品種(\*印のもの)である。

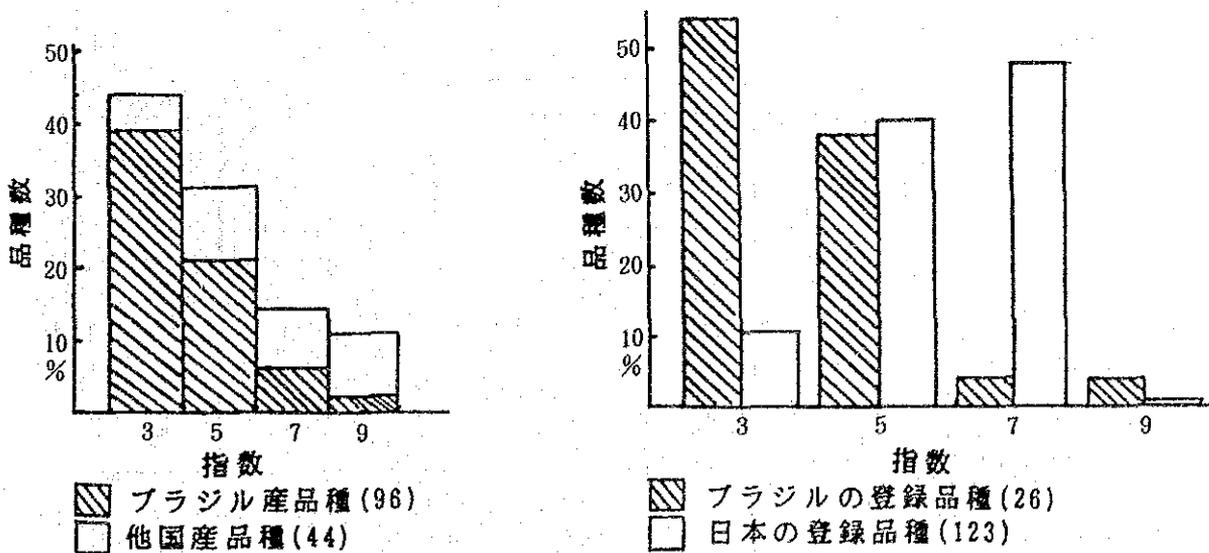
#### 3. 結果及び考察

第Ⅲ-1表に全供試材料名をアルミニウム害耐性別に示した。これらによると、140種のうち、61種(44%)が指数3(強)、43種(31%)が指数5(中間)で両者で104種(75%)を占めた。一方、指数7(弱)と指数9(極弱)は合わせて36種(25%)に過ぎなかった。なお、指数が例えば3-5にまたがるものは3に入れた。第Ⅲ-1図には国産、外国産別にアルミニウム害耐性を示した。これによると、ブラジル育成種は供試した140種のうち、96種(69%)を占めており、その内指数3と5のものが84種(60%)を占めてしまい、指数7と9のものは12種(9%)に過ぎなかった。このようにブラジル育成種はアルミニウム害耐性が優れていた。しかし指数1(極強)のものは皆無であった。これはこの程度までの耐性は実用的に必要なということよりも、存在しにくいということであろう。第Ⅲ-2図にブラジルの登録品種のうち種子の入手できた26品種と、高木ら(1981)のデータから引用した日本の登録品種123のアルミニウム害耐性の指数を比較した。これによるとブラジル品種は指数3(強)が全体の54%を占め、日本品種は指数7(弱)が全体の48%を占めていた。このようにブラジルの品種の耐性は日本に比べて相当に高かった。

第III-1表 ブラジルの品種・育種材料及び外国の品種のアルミニウム害耐性

指数 1 (極強)	なし
指数 3 (強)	BH 1146, BR 4, BR 8, BR 15, *BR 18, BR 23, BR 25, *BR 30, BR 34, BR 37, BR 38, *BR 39, BR 41, BR 43, CEP 11, CEP 14, CEP 19, CEP 21, CNT 1, CNT 8, CPAC 841136, CPAC 8717, Encruzilhada, Frontana(1), *Florida 303, GD 8366, IAC 5, IAC 13, IAC 21, IAC 24, IAC 27, IPF 43544, *IPF 57340, IAS 54, Jacui, OC 8911, *ONDA INIA, PF 8545, PF 8592, PF 85137, PF 85539, PF 859244, PF 86238, PF 869120, PF 869155, PF 8776, PF 87107, PF 87373, PF88490, PF 88623, PF 88649, PF 89310, PF 89313, PF 89316, PF 89318, PF 89327, PF 893235.
指数 3-5	BR 35, IAPAR 6, *IAPAR 21, *Pionero INTA, PF 86803, PF 88638.
指数 5 (中間)	*Andy, *BR 10, *BR 11, BR 12, BR 16, *BR 17, BR 24, BR 32, *BR 33, BR 40, *Candeias, CPAC 8886, *E 87116, GD 8826, IAC 162, IAPAR 41, *IPF 56931, *IPF 61162, MG 1, *OCEPAR 11, OCEPAR 19, OCEPAR 20, OC 899, PAT 7392, PF 772003, PF 801034, PF 832006, PF 84409, PF 869100, PF 88498, PF 88522, PF 88603, PF 88629, PF 88639, PF 89206, PF 89246.
指数 5-7	*Buck Pangaré, *China 7, *Coker 762, CPAC 8597, *E 86107, EP 8737, *LD 8740.
指数 7 (弱)	*Anahuac 75, BR 20, *BR 26, EP 8724, EP 87100, *Etruria, Hulha Negra, IAC 287, *IAPAR 28, *IAPAR 29, IOC 891, *IPF 58343, *Jarka, *LAP 2078, MS 6084, *Neretva, *Ning 8331, PF 85181.
指数 7-9	*IAPAR 17, IAPAR 30.
指数 9 (極弱)	*BR 36, *Buck Poncho, *Century, CPAC 8393, CPAC 861007, *JO 3138, *Karim, *Klein Chamaco, *LAJ 2965, *LAP 1144, *Oasis, *OCEPAR 7, *Pampa INTA, *Romanija.

\* : 外国からの導入種。 (1) : Frontanaは試験IVでは指数5となった。



第III-1図 ブラジル産品種と外国産品種のアルミニウム害耐性の比較

第III-2図 ブラジルと日本の登録品種のアルミニウム害耐性の比較

第III-2表に、供試した140種のうち、主な育種機関で育成または導入された品種のアルミニウムの害耐性の分布を示した。これによると場所により特徴があり、IAPAR, OCEPARの品種は土壌の肥沃度が良好なためにアルミニウム害耐性が緩和されていた。

第III-3図にアルミニウム害耐性をヘマトキシリン染色法と圃場での検定法の間で比較した。供試材料は両方法共にデータのある92種である。圃場検定の成績はCNPTで実施されたもので、EMBRAPA/CNPT (1988) とCantidio (1991) から引用した。圃場検定で調査の対象となる生育障害(Crestamento)は酸性土壌のもとにおけるアルミニウム害単独あるいはマンガン害との複合障害を示していると言われる (EMBRAPA/CNPT 1988)。また、吉田 (1981) はラトソル土壌における根の発育障害の主要な原因はアルミニウム害であると述べている。同図によると、両方法の耐性の基準及び判定の成績がかなりよく一致していた。すなわち、指数3とR、指数5とMR、指数7とMSまたはS、指数9とSが対応していた。そしてその組合せに入る品種が最も多く、ばらつきもその前後の1階級以内に留まった。このように、ヘマトキシリン染色法は幼根に対するアルミニウム害の反応を示しているが、この反応と圃場の生育障害がかなりよく一致することを示した。

第III-3表はCPACで現在育成されている優良系統のアルミニウム害耐性を示しているが、43系統のうち42系統までが指数3か5で実用的な最近の優良系統は耐性の水準が高くなっていることを示している。

以上のように、供試されたブラジル産の登録品種および育種材料はアルミニウム害耐性が指数3(強)に属するものが最も多く、次いで指数5(中間)に属するものが多かった。同国の品種のアルミニウム害耐性が高いことは知られているが、この調査でも他国に比べても相当に高い水準と思われた。ヘマトキシリン法と圃場検定法による耐性の判定の結果はかなりよく一致してヘマトキシリン法が当地のアルミニウム害耐性の育種に利用できることを示した。

		ヘマトキシリン染色法						
		3 強	3~5	5 中間	5~7	7 弱	7~9	9 極弱
** 比較 する ため の 圃 場	R 耐性	24*	1	6				
	MR やや耐性	16	3	12	3	3		
	MS やや感受性			2	2	6		
	S 感受性					6	1	5
	AS 極感受性							1

\* 品種数      \*\* EMBRAPA-CNPT(1988)

第III-3図 ヘマトキシリン染色法と圃場検定法の比較

第III-2表 育種機関別の品種のアルミニウム害耐性（数値は品種数）

品種記号	Al 指数					合計	品種を育成した機関
	1	3	5	7	9		
CEP	0	4	0	0	0	4	CEP-FECOTRIGO, R.G.S.
CPAC	0	2	2	0	2	6	EMBRAPA-CPAC, D.F.
IAC	0	5	1	1	0	7	IAC, S.P.
IAPAR	0	0	3	2	2	7	IAPAR, PR.
OCEPAR	0	0	3	0	1	4	OCEPAR, PR.
PF	0	22	12	1	0	35	EMBRAPA-CNPT, R.G.S.

第III-3表 CPACで調査された最近の優良品種のアルミニウム害耐性

品種記号	Al 指数					合計
	1	3	5	7	9	
CPAC	0	12	15	1	0	28
PF	0	11	3	0	0	14

#### 試験IV アルミニウム害耐性の優れた品種の系譜的評価

##### 1. 目的

酸性土壌の多い地域の在来品種にアルミニウム害耐性が強い品種のあることが報告されているが（Foyら1974、高木ら1981）、改良された耐性の品種はそのような古い品種の耐性遺伝子を受け継いでいる。この試験の目的はセラードのアルミニウム害耐性の強い奨励品種の耐性を系譜的に調べることである。

##### 2. 方法及び供試材料

1) 方法 アルミニウム害耐性の検定方法は、試験I-2-1)と同じ。

##### 2) 供試材料

第IV-1表に示したセラード地域で奨励されている耐性の強い代表的な5品種と、第IV-1図(1)-(5)に示したこれら品種の祖先の品種である。以上の種子はCPAC、CNPT及び遺伝資源センター(CENARGEN)から入手した。

第IV-1表 系譜的評価に供試した親品種

品種名	AI指数	育成機関(年)	奨励している州
1. IAC 5	3	IAC 1966	MG, GO, DF, MT
2. BH 1146	3	I. Correa 1946	MG, GO, DF, MT
3. BR 16	5	CNPT 1986	MG, GO, DF
4. BR 24	3	CNPT 1987	MG, GO, DF
5. BR 25	3	CNPT 1988	MG, GO, DF

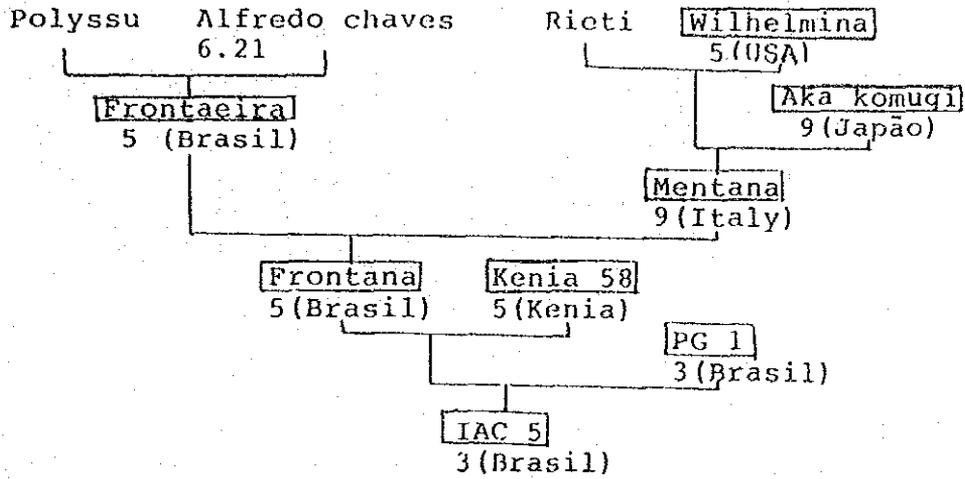
### 3. 結果及び考察

第IV-1図(1)でIAC 5の耐性指数3は片親のPG 1の指数3に由来していると推定された。PG 1はブラジル産で、南部で栽培された古い品種である。更にFrontana, Fronteiraは指数5であるが、多くの品種の耐性源となっていると言われる(Iorczeski 1979)、同品種は耐病性の遺伝子としても優れていたので多数のブラジル品種の親として使用されてきた。またKenia 58も酸性土壌の多い国で育成された耐性の品種である(Nyachiro 1991)。(2)のBH 1146の指数3もPG 1に由来していると推定された。(3)のBR 16の指数5はPF 70402(指数3-5)に由来していると思われた。この品種の祖先にはいずれもブラジル品種で耐性の強いColonias(指数3)、Combate(指数3)、IAS 50(指数3)、Frontana(指数5)が使用されていた。(4)のBR 24の指数はIAS 58に由来していると推定された。この品種は南部の州のIPEASで育成されたもので、高木ら(1981)は現在知られているうちで最強と言っている。同品種の祖先にはいずれもブラジル品種で耐性の強いCotiporã(指数3)、Trintecinco(指数3)、Fronteira指数(5)が使用されていた。(5)のBR25の指数はBH 1146(指数3)に由来したと推定された。

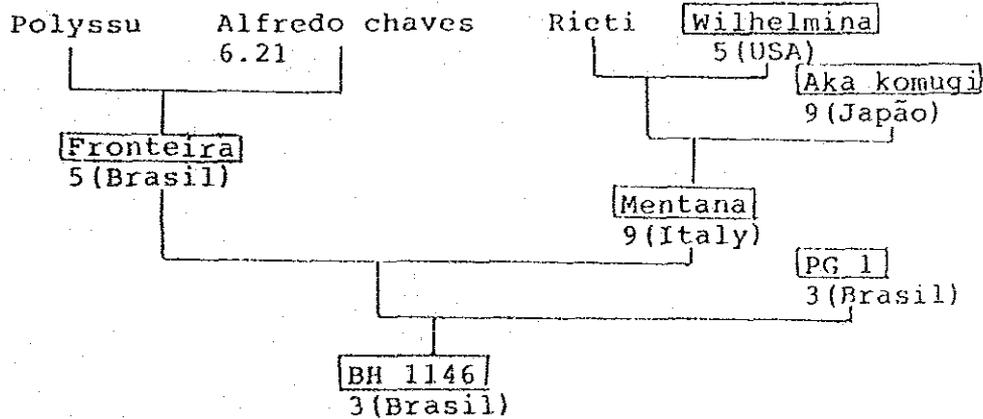
以上のように、ここで示した5品種のアルミニウム害耐性の遺伝子源はすべてブラジル産の古い品種に由来していると推定された。ここで明らかとなった耐性の元となった品種は殆どがRio Grande do Sul州でIPEAS (Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul) とB.O.Paiva氏、I.Beckman氏(Frontana, Fronteira)、O.G.Nobre氏(Cotiporã)により育成されたものである。

第IV-1図 アルミニウム害耐性を備えた奨励品種のアルミニウム害耐性の系譜  
 数値は耐性指数 ( ) 内は育成した国名

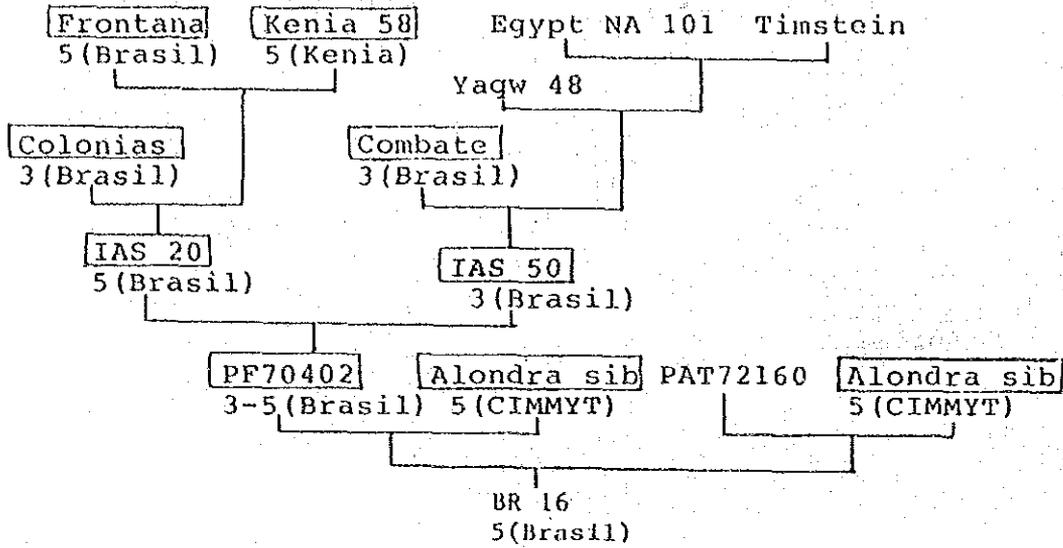
(1) IAC 5



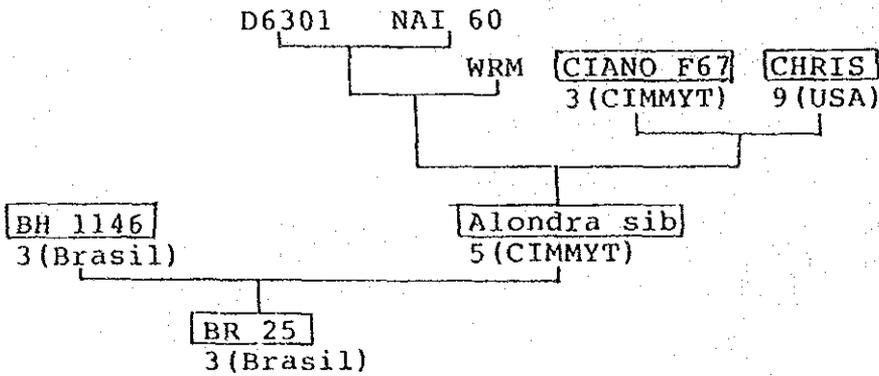
(2) BH 1146



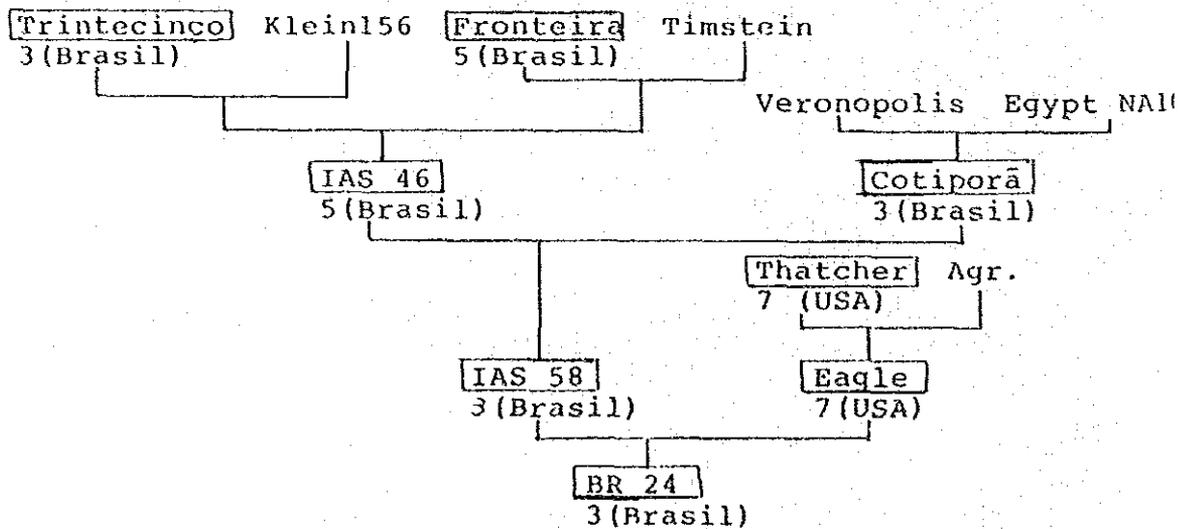
(3) BR 16



(4) BR 25



(5) BR 24



## 試験V ヘマトキシリン染色法によるF<sub>2</sub>個体の検定

### 1. 目的

ヘマトキシリン染色法では染色の識別がかなりはっきりしていて再現性も高いので、個体の耐性の識別が可能かも知れない。また、この方法は幼苗の早期検定なので、検定を終えた個体を定植して次代種子を得ることが可能であるとよい。これらのことが可能ならば、育種、遺伝研究の上で有用である。この試験の目的はヘマトキシリン染色法によって個体単位の検定が可能であるかを確かめることと、F<sub>2</sub>世代の耐性の遺伝的分離について検討を加えることである。

### 2. 方法及び供試材料

1) 方法 アルミニウム害耐性の検定方法は、試験I-2-1)と同じ。F<sub>2</sub>個体の供試粒数は第V-2表に示した。F<sub>3</sub>系統の供試系統数は各選抜群約10系統で各系統の供試粒数は5粒であった。

2) 操作 F<sub>2</sub>雑種の個体のアルミニウム害耐性を検定した。その結果、強弱の選抜群に選んだ個体(発根した種子)をポットに定植し、温室で成長させてF<sub>3</sub>世代(F<sub>2</sub>の後代の系統)の種子を得た。

### 3) 供試材料

第V-1表に示したように、耐性の強い品種と弱い品種を掛け合わせた4組合せである。

第V-1表 F<sub>2</sub>雑種集団の交配組合せ

交配組合せ	供試したF <sub>2</sub> の種子数	親品種のAl耐性指数
1. BR 26 X BR 25	144	BR 26: 7, BR 25: 3
2. BR 25 X BR 36	120	BR 25: 3, BR 36: 9
3. BR 36 X BR 23	131	BR 36: 9, BR 23: 3
4. CEP 21 X BR 36	238	CEP21: 3, BR 36: 9

### 3. 結果及び考察

#### 1) F<sub>2</sub>個体の分離

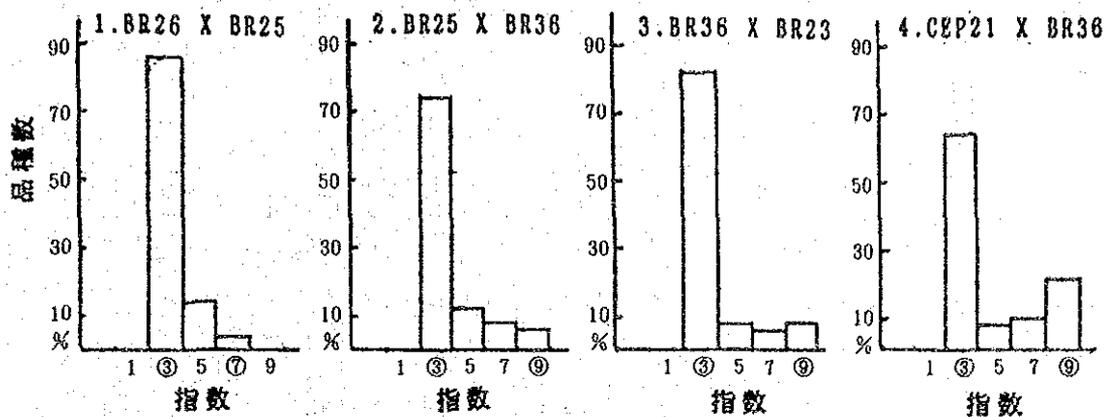
第V-2表にF<sub>2</sub>個体の染色の状況を示した。この結果に基づいて、第V-1図にアルミニウム害耐性に関する個体の分離の状況を示した。同図で横軸の指数につけた2つの丸印は両親の耐性とその指数に属していることを示している。同図によると、どの組合せでも両親を超越した個体はなく超優性は見られなかった。そして耐性が優性の少数の遺伝子と微動遺伝子の存在が窺えた。過去の文献によると、小麦のアルミニウム害耐性は1個か数個の優性遺

伝子、時には微動遺伝子によっても支配されているという報告がある（例えばKerridge et al 1968, Iorczeski 1979）。また、最近、Minella (1989) は大麦でヘマトキシリン染色法により、3品種の耐性が優性の単一遺伝子によって支配されいると述べた。これらの研究はいずれもアルミニウムを含んだ培養液を用いて交配による後代実験を行っている。一方で、アルミニウムの毒性は単純な遺伝はしないという報告がある（Foy et al 1974, Lafever et al 1977）。これらの実験は耐性の強弱の品種を用いて根や地上部の計量値を比較している。当試験の結果は前者の文献の結果に近いと思われる。

V-2表 F<sub>2</sub> 個体のヘマトキシリン染色

番号	交配組合せ	Al濃度	供試粒数	染色結果*	
1	BR26/BR25	0.18mM	25	25	
		0.36mM	47	46	1
		0.72mM	47	40	7
		1.40mM	25		25
2	BR25/BR36	0.18mM	17	16	1
		0.36mM	48	43	5
		0.72mM	43	35	8
		1.40mM	12		12
3	BR36/BR39	0.18mM	16	15	1
		0.36mM	48	41	7
		0.72mM	53	39	14
		1.40mM	14		14
4	CSP21/BR36	0.18mM	32	25	7
		0.36mM	81	55	26
		0.72mM	93	69	24
		1.40mM	32		32

\* 染色した : 感受性  
 - 非染色 : 耐性



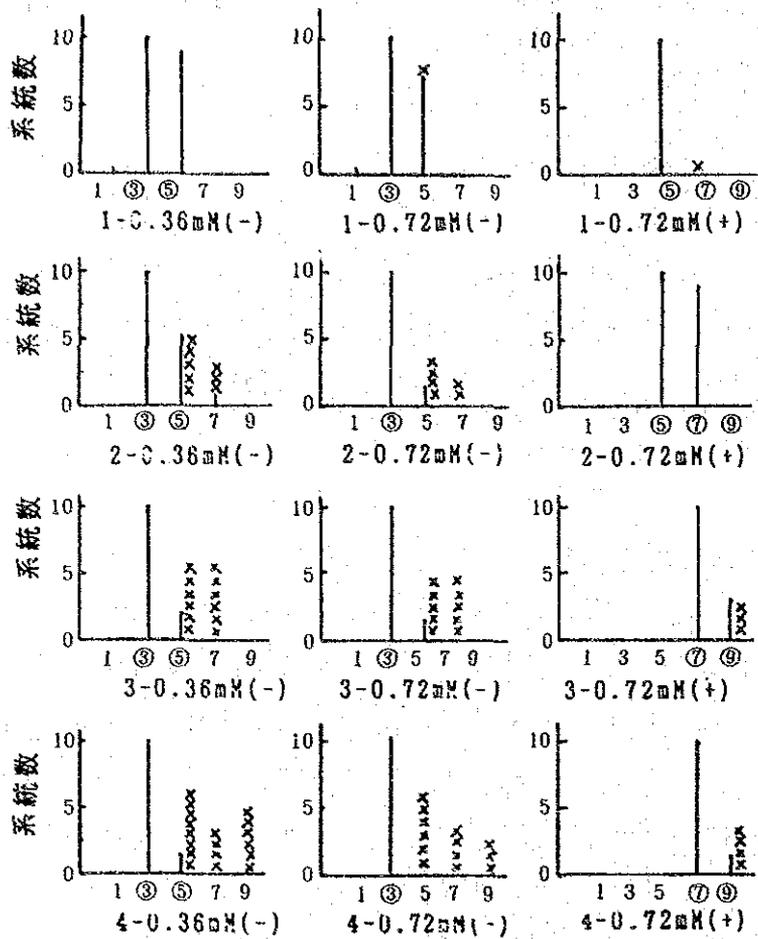
丸印は両親の属する指数を示す。

第V-1区 F<sub>2</sub>個体のアルミニウム害耐性の分離

## 2) F<sub>2</sub>後代系統 (F<sub>2</sub>世代) の分離

検定を終えて発根した種子を直ちに温室でポットに定植したが、枯死したものは一つもなかった。個体別に採種して各々一つの系統とし、一系統5粒を用いて検定した。F<sub>2</sub>の後代系統 (F<sub>2</sub>世代) の分離の状況を第V-2図に示した。同図の見方を説明すると、例えば左上の図の選抜群「1-0.36mM(-)」は、F<sub>2</sub>世代 (個体) の時、交配組合せの番号 (第V-1表) が1で、0.36mMの濃度で不染色(-)であったことを示す。この条件の個体の耐性の指数は5か3なので横軸の指数の5と3に丸印をつけてある。従って、F<sub>2</sub>後代系統 (F<sub>2</sub>世代) がすべて丸印の指数の中に入ればF<sub>2</sub>個体の検定結果が正しかったことになる。系統数は縦軸に示してある。グラフの\*\*\*印は系統の中の個体間で染色が分離していたものを示す。この図によって個体レベルの検定の精度を系統レベルで確かめることが出来る。同図によると、「1-0.72mM(-)」群以外はすべての系統で判定した指数は個体で判定した指数の範囲内に納まっていた。「1-0.72mM(-)」のみはF<sub>2</sub>個体はすべて指数3であったがF<sub>2</sub>系統では指数5のものもかなりあった。系統内で分離したものは丸印の指数以外 (低濃度方向) にはみ出すものがあった。

以上の結果から、ヘマトキシリン法による個体単位の判定が可能で、育種や遺伝研究に利用できると思われた。



選抜群「1-0.36mM(-)」の意味は、F2世代の時、  
 交配番号1が0.36mMAlで不染色(-)であったこと  
 を示す。この条件に属する個体の指数は3か5  
 なので、横軸の指数の3と5に丸印を付けてある。  
 x x印は系統の中で分離した系統を示す。

第V-2図 F2後代系統(F3世代)のアルミニウム害耐性の分布

## 引用文献

- Camargo, C.E.O., W.E. Kronstade and R.J. Metzger 1980. Parent-progeny regression estimates and associations of high level with aluminum toxicity and grain yield in wheat. *Crop Sci.* 20 : 355-358.
- Cantídio N.A. Sousa 1991. Reação de cultivares de trigo ao crestamento. EMBRAPA-CNPT.
- EMBRAPA-CNPT 1988. Observações sobre o comportamento de cultivares de trigo em experimentação em 1987 na região tritícola centro-sul do Brasil relativas ao crestamento. VI Reunião da Comissão Centro Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo.
- EMBRAPA-CPAC 1990. Competição de cultivares de trigo conduzido pelo CPAC em 1990.
- Foy, C.D., H.N. Lafever, J.W. Schwarts and A.L. Fleming 1974. Aluminum tolerance of wheat cultivars related to region of origin. *Agron. J.* 66 : 751-758.
- Goedert, W.J. (Ed.) 1985. Solos dos Cerrados. LIVRARIA NOBEL S.A. (日本語版セラードの土壌 (管理の技術と方法) 1989 JICA. p24)
- Iorczeski, E.J. 1979. Segregation for aluminum tolerance in wheat. MS Thesis, Purdue University, p15-17.
- Kerridge, P.C. and W.E. Kronstad 1968. Evidence of genetic resistance to aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum*). *Agron. J.* 60 : 710-711.
- Lafever, H.N., L.G. Campbell and C.D. Foy 1977. Differential response of wheat cultivars to aluminum. *Agron. J.* 69 : 563-568.
- 牧田道夫、E.J. Iorczeski 1986. セラードにおけるコムギ品種の作期に関する研究 第1報 雨期作について 熱帯農業30 : 82-87.
- Minella, E. 1989. Aluminium tolerance in barley : Inheritance chromosome location, genetic relationship of sources of diverse origins and breeding implications. Dissertation. Presented to Faculty of the Graduate School of Cornell University.
- Nyachiro, J.M. 1991. Development of aluminum-tolerant bread wheat varieties in Kenya. *Wheat for the Nontraditional Warm Areas*, CIMMYT p491-495.
- Polle, E., C.F. Konzac and J.A. Kittrick 1978. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Sci.* 18 : 823-827.

- 高木洋子・生井兵治・村上寛一 1981. ヘマトキシリン染色によるコムギのアルミニウム耐性検定法の評価, 育雑 31 : 152-160.
- 高木洋子・生井兵治・村上寛一 1983. 日本のコムギ品種のアルミニウム耐性, 育雑 33 : 69-75.
- 田中明編 1989. 酸性土壌とその農業利用 -特に熱帯における現状と将来- 博友社、p 226.
- Vose, P.B. and P.J. Randall 1962. Resistance to aluminum and manganese toxicities in plants related to variety and cation exchange capacity, Nature 196 : 85-86.
- 吉田武彦 1981. セラードにおける作物根のアルミニウム障害, ブラジル農業研究協力プロジェクト 研究報告書 (その2), JICA p.10-18.

## 8. 幼根測定による大豆のアルミニウム害耐性の検定法とその利用

派遣専門家：牧田道夫（作物栽培）

（91.3～92.8）

カウンターパート：Carlos Roberto Spehar



## 幼根測定による大豆のアルミニウム害耐性の検定法とその利用

牧田 道夫 (栽培専門家)

Carlos Roberto Spehar (カウンターパート)

### 要 約

大豆のアルミニウム害耐性を早期に、簡便で、大量に測定できる実用的な方法を検討した。大豆のアルミニウム害は最初に根の細胞分裂、伸長の阻害として現れるので、1970年末から多く研究され出した水耕栽培によって根を測定する手法を用いた。予め発根させた種子をCa100ppm, PH4.0でアルミニウム濃度1.5~3.0ppmの水耕液の中で生育させた。試験に要する期間は僅か4日であった。根の伸長の差を2種の評価値で判定した結果、Spehar (1989) の報告による判定に、極耐性(AR)、耐性(R)、中間(MR)、感受性(S)程度のオーダーで合った。しかし評価値間で品種間順位の変動が見られた。根の伸長は周囲の条件や操作による変動が大きいためそれを減らす工夫と、供試数を増やして精度を補う必要があった。

セラードを適地とする23品種のアルミニウム害耐性を測定したところ、極耐性から感受性まで幅広く含まれていたが、主要な栽培品種のうち、供試した4品種、Doko, Cristalina, Tropical, Savanaはいずれも耐性(R)以上を示した。

### 1. 緒言

大豆のアルミニウム害耐性は耐性の程度を強、中、弱に分けると強~中に属し、小麦の中~弱、大麦の弱に比べると勝っているが、稲の強には劣る(田中編 1989)。アルミニウムによる植物体の生育阻害はまず根において分裂組織の細胞分裂や伸長の阻害として現れることが一般に認められている。その結果、地上部への栄養分や水分の吸収が不足して最終的に子実収量や品質を減ずる。大豆のようなマメ科植物ではアルミニウムの害は植物自体への直接的影響の他に窒素固定作用に及ぼす影響を考える必要がある。一般に根粒の着生や窒素固定作用はアルミニウム害に対しても敏感であると考えられている(田中編 1989)。

大豆のアルミニウム害耐性に対する品種の改良のための研究は多くの研究者達によって行われてきた。品種改良のためにはそれに適したアルミニウム害耐性の検定法が確立されることが必要である。1970年末頃から米国南東部の酸性土地帯における大豆のアルミニウム害耐性の研究の為に、水耕栽培による早期検定の方法が報告されている。しかし幼苗による早期検定と圃場での検定の間でアルミニウム害耐性の関係が一致しなかった。Sartain et al (1978), Sapra et al (1982) は水耕栽培による根のアルミニウム害と温室の中のポット栽

培による植物体のアルミニウムによる生育障害の間には関係が見られなかったと述べた。反対にHanson et al (1979) は水耕栽培と温室のポット栽培のアルミニウム害耐性の間で統計的には有意でないが $r=0.79$ の相関関係を得た。同報告はまた、水耕栽培によるアルミニウム害耐性の遺伝力が高い ( $H=0.60$ ) ことと、温室のポット栽培による耐性の値に再現性のないことを述べた。近年になってGarland Campbell et al (1990) は水耕栽培による幼根の測定と温室のポット栽培による幼植物体の乾物重の比較によって、両方法によるアルミニウム害耐性の値は高い再現性 (0.81) があると述べた。そして水耕栽培による方法は再現性が高く、育種のために使用できること、一方、温室のポット栽培による方法は精度を高めるためには多くの反復が必要であると述べた。Spehar (1989) はブラジルの熱帯地域における大豆栽培のために、アルミニウム害耐性の遺伝的研究を行った。圃場栽培による実験とそれによって予め選んだ耐性の異なる9品種を用いて水耕栽培により耐性の遺伝的特性を調査した。その中で、水耕栽培と圃場栽培の間にある程度の相関関係があり、水耕栽培によってアルミニウム害耐性の選抜が可能であることを述べた。そして選ばれた材料の農業特性を検定するために圃場栽培との組合せがよいと述べた。セラードの主な土壌における大豆の根の発育障害の主な原因は土壌中のアルミニウムであると述べられているように (吉田 1981)、水耕栽培と圃場栽培による耐性の差は、前者はアルミニウムの直接的毒性に対する耐性を示しているのに対して、後者はアルミニウム耐性の他にマンガンなどの耐性や、環境条件等の複合的な作用を示しているものと思われる。Nakamura et al (1984) はインドネシアの大豆品種のアルミニウム害耐性を水耕栽培によりスクリーニングし、アルミニウム濃度が0.4mMの時識別し易いと述べた。Fonseca et al (1981) はPolle et al (1978) の報告に基づき大豆の幼根をヘマトキシリンで染色し、品種間の識別をした。

以上に示した水耕栽培による検定法は処理するアルミニウムの濃度、水耕液の条件、操作法、期間等が似ている部分もあるし、多くは異なっていた。それで当試験の目的は今までの報告を参考にして、実用的な観点からアルミニウム害耐性の育種に有用な検定法を知ることである。そのためには、簡便、多数の検定ができ、しかも精度が高い検定法が望ましい。

## 2. 方法および供試材料

### 1) 方法

#### (1) 機材、試葉

発根させた種子を収容する検定用容器は、実験器具の洗浄に使う水切りかごを活用したもので、長さ30cm、幅24cm、高さ10cmのプラスチック製で、底が格子状の水切かごとそれを受ける水受け容器から成っている。水切りかごの底に15列の波形をした網を固定して、谷間に15品種の種子を並べられるようにした。水受け容器に約2.5lの水耕液をいれるとかごの底の

網の上の置いた種子が水面に接するようになっている。コンプレッサーで通気を行うために、水耕液をいれる容器の底に多数の孔を開けたビニール管を2本固定した。2種類の濃度のアルミニウム液を使用するのでこの装置を2組用意した。温度、照明を制御するために、Fluorescent lampを備えた恒温器を1台使用した。水耕液は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ で $\text{Ca}100\text{ppm}$ を加え、PHを0.25N塩酸で4.0に調整したものである。アルミニウム溶液の作成には $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ を使用した。

試験の設計は乱塊法2反復とし、1区種子数を10粒とした。

## (2) 操作手順

第1-2日目。種子の発根を促す。午前9時に発根の良好な種子を2枚の濾紙(30×15cm)の間に挟んで、濾紙を十分な水耕液を含ませた。これを渦巻状に巻いて棒状にした。これを500mlビーカーに8本位立てて、上部が乾かないように濡れた濾紙で蓋をし、更にビニール袋をビーカーにかぶせた。これを恒温器に入れて26℃に保った。

第3日目。種子を検定用容器に置床して、アルミニウム溶液を与える。午前9時(第2日目から48時間後)に濾紙上で発根した種子をピンセットで取り出し、根部の長さを正確に測定して、平均的な長さである1.5~2.5cmの範囲の種子のみを(揃った苗を選ぶことが重要である)測定した順序に10個体ずつ、2個の検定用容器の網の谷間に置床した。検定用容器は予めアルミニウム濃度1.5ppmと3.0ppmの水耕液によって満たされている。これを恒温器に入れて28℃にセットし、照明を1日12時間とした。溶液にコンプレッサーで通気を行い、乾燥を防ぐために上部をサランラップで覆った。

第4日目。根部の長さを測定し、耐性を判定する。午前9時(第3日目から24時間後)に検定用容器を恒温器から出して根部の長さを正確に、アルミニウム処理前の測定と同じ順序で測定した。

## (3) 判定方法

アルミニウム濃度1.5ppmと3.0ppmの各々の処理について、根長を次の2つの尺度の評価値で判定した。評価値A:アルミニウム処理前と後の根長の差(mm)、評価値B:(処理前と後の根長の差/処理前の根長)×100(%)。これらの値を統計処理することによって基準とした品種との比較で判定した。

## 2) 供試材料

供試した品種は第1表に示した23品種である。このうち、1番目のIAC2から7番目のCristalinaまではSpehar(1989)が水耕栽培で遺伝実験に使用した9品種に含まれているものである。

第1表 供試材料

品種名	育成機関名	適応地域
IAC 2	Inst. Agr. Campinas	セラード南東部
• 5	•	•
• 7	•	•
• 8	•	•
• 9	•	•
UFV 1	Univ. Federal Viçosa	•
Cristalina	FT-Sementes	•
Doko	EMBRAPA-CPAC	•
BR 15	•	•
• 40	•	•
Eureka	FT-Sementes	•
Cariri	•	•
Parana Goiana	EMBRAPA-EMGOPA	•
Santa Rosa	Inst. Agr. Campinas	セラード南東部南
Seridó	FT-Semente	セラード南東部
Savana	EMBRAPA-CPAC	•
Tropical	EMBRAPA-CNPS	•
BR83-7605	•	•
BR85-473-76	•	•
BR86-582	•	•
• -943	•	•
• -1047	•	•
• -7423	•	•

### 3. 結果および考察

#### 1) セラードに適する品種および系統のアルミニウム害耐性

第2表(1)、(2)に23品種のアルミニウム害耐性を示した。(1)は評価値A、(2)は評価値Bの結果である。また、第3表はSpehar (1989)によってすでに耐性が検定されている7品種について当試験の結果と比較したものである。同報告の水耕栽培による検定法は、複合成分の培養液で5日間生育させた後、4種のアルミニウムを含んだ培養液で7日以上処理して、根長の濃度による勾配の差で耐性を判定したものである。第3表で、Spehar (1989)は、耐性(R)がCristalina、IAC 9、IAC 7、IAC 5、やや耐性(MR)がIAC 8、IAC 2、やや感受性(MS)が無くて、感受性(S)がUFV 1であるとした。当試験の結果をこれと比較すると次の通りである。Spehar (1989)で耐性(R)の4品種は当試験の評価値Aでは耐性の強い方から5位までに入ってほぼ一致した。評価値BではCristalina、IAC 9、IAC 7はほぼ上位に入ったが、IAC 5は下位に入った。やや耐性(MR)のIAC 8、IAC 2は当試験ではIAC 2が下位から2~4位に入って妥当な順位であったが、IAC 8はRのグループのなかに入った。感受性(S)のUFV 1は当試験でも最も感受性であった。このように当試験の判定の結果はSpehar (1989)による判定基準に、「耐性」、「中間」、「感受性」程度の区分

では一致した。また、各評価値の間には第1図、第2図に示すようにかなりの相関があり、  
 どれかの評価値が特に優れているということはない。

第2表 大豆のアルミニウム害耐性の品種間差  
 (1) 評価値A: アルミニウム処理前後の根長の差(mm)

順位	Al 1.5ppm			Al 3.0ppm		
	品種名	平均	Duncan **	品種名	平均	Duncan **
1	BR86-7423	31	A	BR86-7423	27	A
2	Doko	28	B A	Parana Goiana	25	B
3	Seridó	24	C	Doko	25	C
4	Parana Goiana	24		IAC 9 *	24	D
5	Cristalina *	23	D	IAC 7 *	22	E
6	Tropical	23		IAC 8 *	21	
7	BR 40	22		BR86-1047	21	
8	Savana	22		Tropical	20	
9	IAC 9 *	22		Cristalina *	20	
10	BR86-1047	22	B E	Cariri	20	
11	Cariri	21	F	IAC 5 *	20	
12	BR85-473-76	21		Savana	19	
13	Santa Rosa	21		Santa Rosa	19	
14	IAC 5 *	21		BR 40	19	
15	IAC 8 *	20		Seridó	18	
16	BR 15	20		BR 15	18	A
17	BR83-7605	20		BR85-473-76	17	
18	IAC 7 *	19		BR86-943	17	
19	BR86-943	18	C	Eureka	16	B
20	Eureka	17	D	BR83-7605	16	C
21	IAC 2 *	16	E	IAC 2 *	15	D
22	UFV 1 *	15		UFV 1 *	15	
23	BR86-582	15	F	BR86-582	14	E

\* Spehar(1989)による成績と比較した品種。

\*\* Duncan の多重検定による群別(5%水準で有意)

(2) 評価値 B: (Al処理前後の根長の差 / Al処理前の根長) x 100 (%)

NO	Al 1.5ppm			Al 3.0ppm		
	品種名	平均	Duncan **	品種名	平均	Duncan **
1	BR86-7423	159	A	BR86-7423	136	A
2	BR 40	142	B	Parana Goiana	129	B
3	Doko	137	A C	Santa Rosa	126	B
4	Eureka	132	D	Eureka	121	C
5	Santa Rosa	126	E	Doko	119	C
6	Savana	125	F	IAC 7 *	119	C
7	Serido	122	B P	BR 40	112	C
8	BR83-7605	117	G	IAC 8 *	112	C
9	Parana Goiana	117	H	Savana	111	C
10	Cristalina *	117	I	BR86-1047	110	C
11	BR85-473-76	115	C H	IAC 9 *	110	C
12	BR86-1047	113	I	Cariri	102	C
13	Tropical	111	D	IAC 2 *	101	C
14	IAC 7 *	105	E	Cristalina *	101	C
15	IAC 8 *	105	F	Tropical	98	C
16	IAC 9 *	104	E F	BR83-7605	95	C
17	BR 15	98	J	BR 15	94	C
18	Cariri	97	K	BR86-943	93	A
19	IAC 2 *	95	L	Serido	91	C
20	IAC 5 *	94	G	BR85-473-76	90	C
21	BR86-943	92	H	UFV 1 *	89	C
22	UFV 1 *	90	I	IAC 5 *	86	B
23	BR86-582	80	J	BR86-582	76	C

\* Spehar(1989)による成績と比較した品種。

\*\* Duncan の多重検定による群別(5%水準で有意)

第3表 アルミニウム害耐性の他試験との比較。

(1) Spehar(1989)による成績

順位	R:耐性	NR:やや耐性	MS	S:感受性
品種名	Cristalina, IAC9, IAC7, IAC5	IAC8, IAC2	--	UFV1

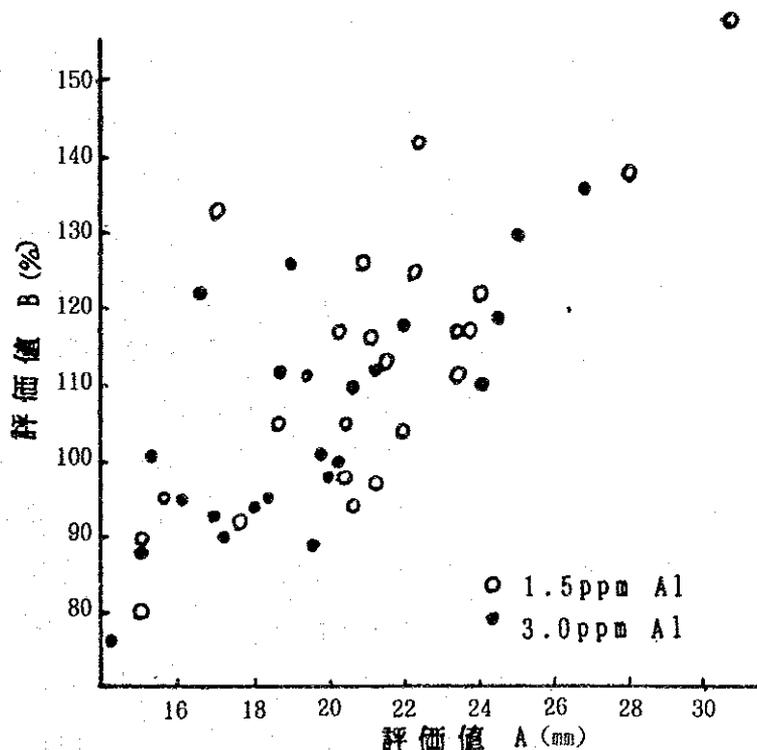
(2) 当試験の成績

評価値	耐性の順位
A-1.5ppm	Cristalina > IAC9 > IAC5 = IAC8 > IAC7 >> IAC2 = UFV1 BC * BCD CDEF CDEF CDEF F F
A-3.0ppm	IAC9 > IAC7 > IAC8 > Cristalina > IAC5 >> IAC2 = UFV1 ABC ABCDE ABCDE ABCDE ABCDE E E
B-1.5ppm	Cristalina >> IAC7 > IAC8 = IAC9 >> IAC2 = IAC5 > UFV1 BCDEF BFGHI EFGHI EFGHI GHIJ GHIJ IJ
B-3.0ppm	IAC7 > IAC8 > IAC9 > IAC2 = Cristalina >> UFV1 > IAC5 ABC ABC ABC ABC ABC BC BC

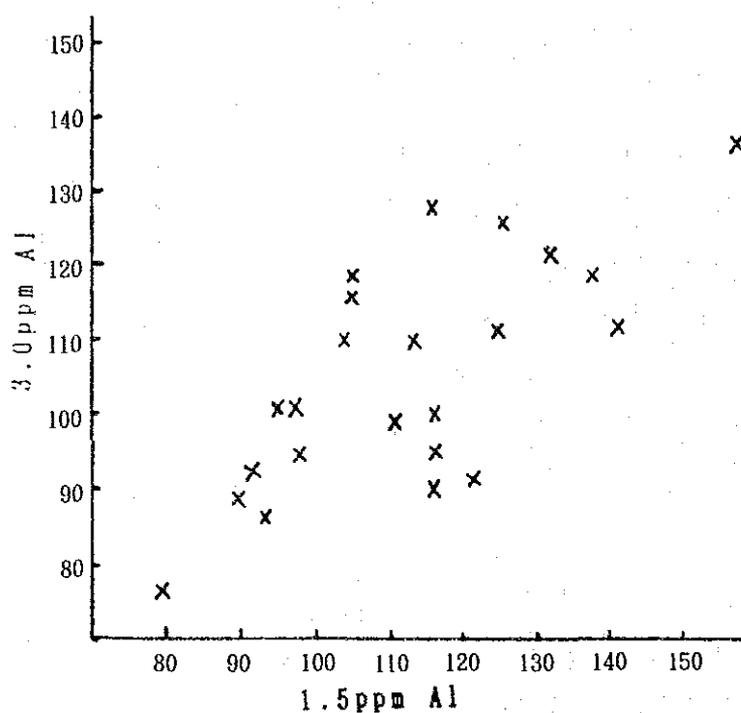
\* Duncanの多重検定による群別

第2表(1)、(2)に示した23品種のアルミニウム害耐性によると、上記の耐性(R)に属した4品種より更に高い極耐性(AR)に属する品種、BR86-7423 (Duncanの検定でAに属する)が認められ、Doko, PR-GOも耐性(R)の4品種より常に耐性を示した。BR86-7423はEMBRAPA-CNPS (Parana州)で育成されたものであり、DokoはEMBRAPA-CPAC (DF)、PR-GOはEMBRAPA-EMGOPA (Goiias州)で育成されたものである。一方、UFV 1とBR86-582は最も感受性に属した。UFV 1はUniv. Federal Viçosaで、BR86-582はEMBRAPA-CNPSで育成されたものである。セラード地域で栽培されている重要な品種であるDoko, Cristalinaは耐性(R)グループのうちでも上位かそれ以上に属し、同じくセラードで主要な品種であるTropical, Savanaも耐性(R)グループに属した。しかし23品種はいずれもセラードに適すると言われるものの、耐性の程度は広い幅に及んでいた。

以上のように、当試験で示したアルミニウム害耐性の品種間の評価の結果はSpehar(1989)で示された結果に比べて、耐性(R)、中間(MR)、感受性(S)程度の区分では一致した。セラードを適地とする23品種のアルミニウム害耐性は幅広い範囲に及んでいた。しかし現在栽培されている主要な品種であるDoko, Cristalina, Tropical, Savanaはいずれも耐性(R)かそれ以上に属した。



第1図 評価値 Aと評価値 Bの相関関係



第2図 評価値 AにおけるAl濃度間の相関関係

## 2) 検定法に関する考察

アルミニウムによる根の生育阻害による子実収量、品質低下や干ばつに遭い易いなど副次的な影響は大豆の栽培にとって重要な障害である。しかし今日、育種の過程では、小麦のように特別にアルミニウム耐性を検定して耐性の強いものを積極的に選抜していない。その理由の一つは小麦のように圃場で大量に検定する方法が無いこと、二つ目は大豆のアルミニウム害耐性は強-中で小麦の中-弱(田中編 1989)のように被害が深刻でないためであろう。適当な検定法がなかったと言う意味で、水耕栽培によって早期に、簡便に、根の生育障害を目安として耐性を判定する方法は育種利用のために意義が大きい。

当試験は従来の報告を参考にして行ったので、それらの報告と比較して若干の考察を加える。当試験では培養液を使用しないで、Ca100ppmのみ含んだPH4.0の溶液を使用した。培養液を使用しなかったのは溶液中で根を伸ばす時間が僅か24時間なので種子の子葉の栄養分で充分であること、Caイオンを添加したのはPH濃度の不安定を防ぐためと、Caイオンはセルロースの膜を破壊してアルミニウムが入ってゆくの刺激する(Fonseca et al 1981)と言われるためである。約10ppmをCaCl<sub>2</sub>、CaSO<sub>4</sub>として添加した報告(Sartain et al 1978, Hanson et al 1979, Garland et al 1990)やCaを含んだ培養液を使用した報告(Sapra et al 1982)、何も添加しなかった報告(Nakamura et al 1984)があった。アルミニウム濃

度は $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ で1.5ppm, 3.0ppmとし、24時間処理したが更に検討する必要がある。文献では0, 0.25, 0.5, 1.0ppmという低濃度で48時間処理した場合 (Sartain et al 1978) から0, 2, 4, 6, 8 ppmで7日間処理した場合 (Spehar 1989) があった。根長の測定で重要なことはどの品種も発根力のなるべく旺盛な種子を揃えること、アルミニウム処理する際、個体の根部の長さは1.5~2.5cm程度に揃えること、処理前と後の根長の差を個体別に測定することであった。それでも根長の差は品種内で個体間の変異が大きいため個体数を10個体以上、反復数を増やすことが必要であった。従ってこの方法ではアルミニウム害耐性の個体間の識別をすることは困難であった。ただ検定に4日しか要しないので、検定に使用した発根種子を使って次代の種子を生産することが可能であった。

### 引用文献

- Fonseca Junior, N.S., J. Maria, T. Sedyama, M.G. Pereira, M.M. Yamada and J.L. Tragnago 1981. Método de detecção visual da sensibilidade ao alumínio em soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). ANAIS vol II:678-685. (II Seminário nacional de pesquisa de soja, EMBRAPA-CNPS)
- Garland Campbell, K.A. and T.E. Carter, Jr. 1990. Aluminum tolerance in soybean: I. Genotypic correlation and repeatability of solution culture and greenhouse screening methods. *Crop Sci.* 30 : 1049-1054.
- Hanson, W.D. and E.J. Kamprath 1979. Selection for aluminum tolerance in soybean based on seedling-root growth. *Agr. Jour.* 71 : 581-586.
- Nakamura, S. and Y. Hozyo 1984. Simple selection for Al-tolerance in soybean based on seedling root growth in Al-solution. Report on Japan-Indonesia Joint Agricultural Research Project p31-39, JICA.
- Polle, E., C.F. Konzac and J.A. Kittrick 1978. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Sci.* 18 : 823-827.
- Septra, V.T., T. Mebrahtu and L.M. Mugwira 1982. Soybean germplasm and cultivar aluminum tolerance in nutrient solution and bladen clay loam soil. *Agr. Jour.* 74 : 687-690.
- Sartain, J.B. and E.J. Kamprath 1978. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. *Agr. Jour.* 70 : 17-20.

Spehar, C.R. 1989. The genetics of aluminium tolerance in soya beans *Glycine max* (L.) Merrill. Dissertation submitted to the University of Cambridge for the degree of doctor of philosophy.

田中明編 1989. 酸性土壌とその農業利用 -特に熱帯における現状と将来- 博友社。

吉田武彦 1981. セラードにおける作物根のアルミニウム障害。ブラジル農業研究協力プロジェクト 研究報告書(その2) JICA. p.10-18.

9. セラード地域における大豆害虫に関する研究

派遣専門家：岸野賢一（昆虫）

（87.12～92.8）

カウンターパート：Roberto T.Alves



## セラード地域における大豆害虫に関する研究

岸 野 賢 一

Roberto T. Alves

### はじめに

近年、ブラジルの中央高原一帯に広がるセラード地域の開発が積極的に進められてきた。大豆はこの地域の基幹作物として取り上げられ、急速な面積の拡大がみられつつある。現在、大豆の栽培地はセラード北部へ、或は西部へと急速な拡大を見せつつあるが、これら大豆栽培の先端地域における発生害虫の種類や発生状況についての調査もあまり進んでいない。セラード地域の大豆栽培は始められてから僅かに10数年を経過したに過ぎず、加害種がすこしずつ明らかにされてきつつあるが、その生態については不明の点が多く残されている。

現在大豆を加害している害虫の大部分は、大豆が栽培される以前は、自然植生の中で、豆科の植物を寄主として、或は生活環の中に豆科への寄主転換を取り込みながら生活していたものが、大豆の栽培と同時に、大豆に移行して加害するようになったものと思われる。

害虫の発生予察や防除法の策定のためには、自然植生から大豆への移行-適応の過程を明らかにする必要があるし、また、飛翔による分布域の拡大や、乾期における発生生態、休眠や発育休止現象等についての解明も必要である。

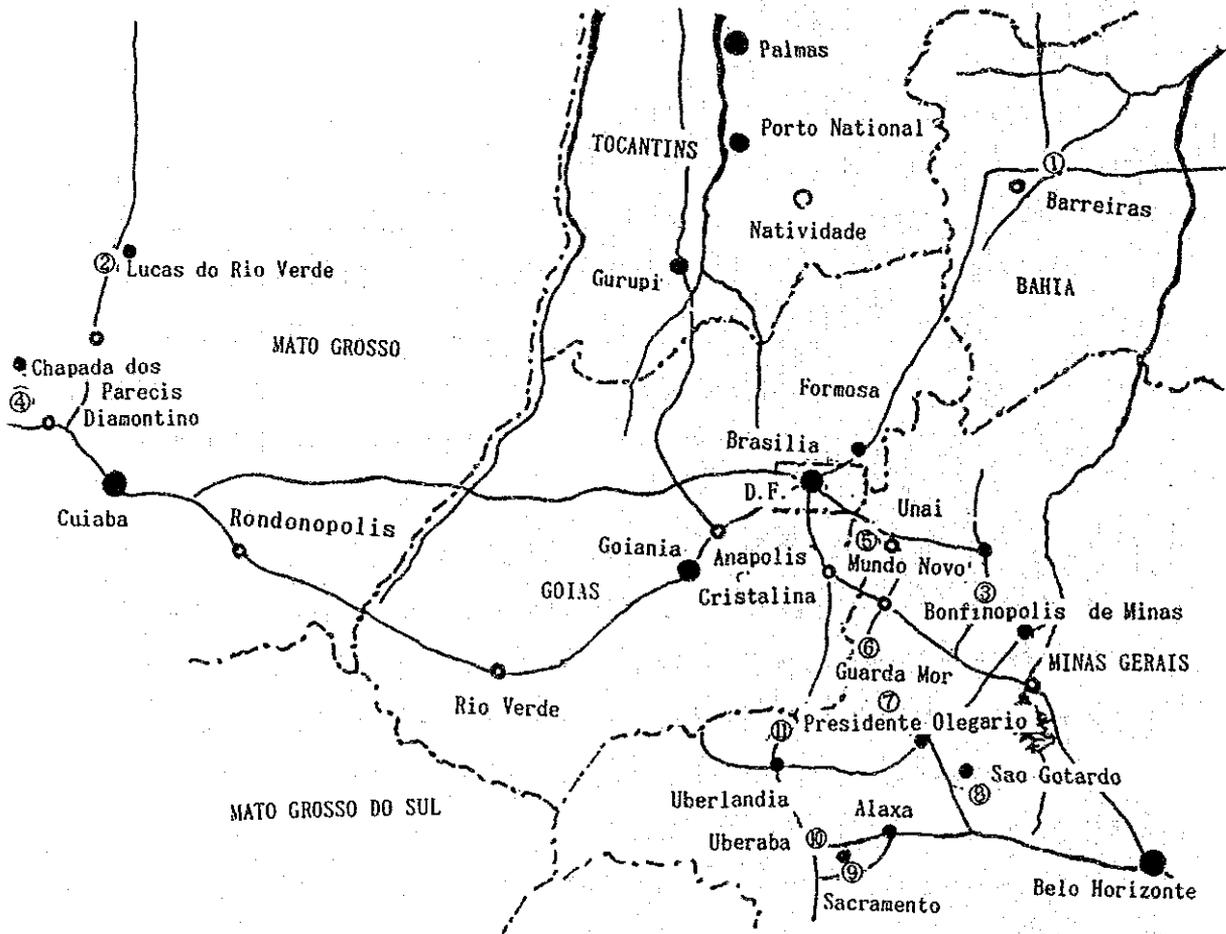
この研究は、セラード農牧研究センター(EMBRAPA/CPAC)で実施したもので、1988年から1992年までの4年間に得られた結果の一部を取り纏めたものである。この研究の実施に当たっては、セラード農牧研究所の関係各位の協力を受けた。また、実験や調査に当たってAntonio H. Barbosa, Janio F. Silva, Epaminondas de S. Vasconcelos氏から格段の協力を受けた。これらの各位に心から感謝の意を表す。

### 材料と方法

#### 1. 大豆害虫の発生調査

1988年から1992年にかけてCPACの大豆栽培圃場及び構内の野生植物上での発生状況並びに、第1、2次セラード開発地域において栽培後期に発生状況を調査した。調査地点と調査時期を示すと第1表及び第1図のとおりである。第1表の地点番号を第1図にプロットしてある。

また、第3次セラード開発予定地域における発生調査を1991年4月に第2表及び第2図に示す地点で行った。地点番号は地図にプロットしてある。



第1図 第1、2次セラード開発地域の調査地点

第1表 第1、2次セラード開発地域における調査時期と調査地点

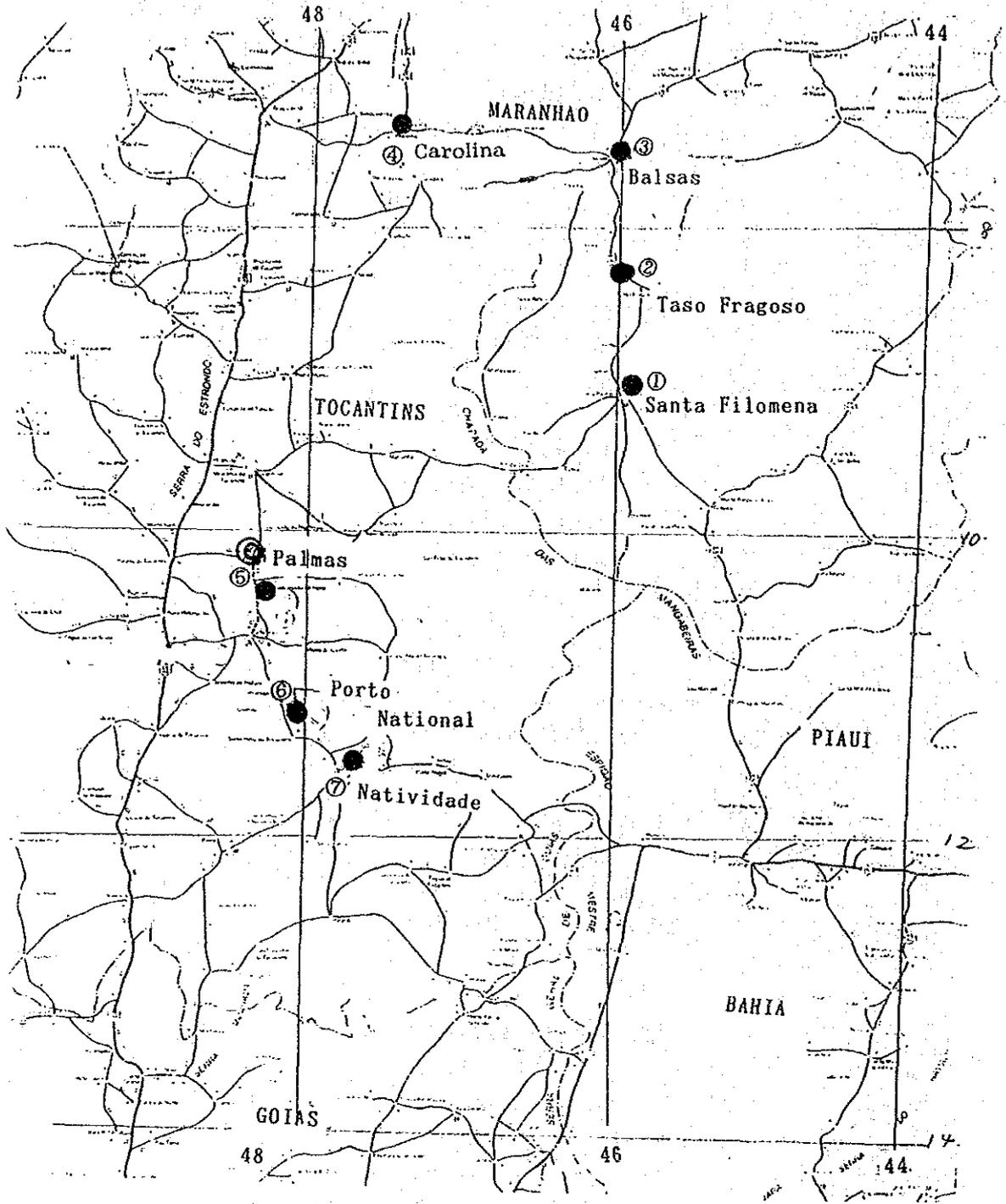
調査時期	地点番号	調査地点	州
1989/Mar	①	Barreiras	BA
	②	Lucas do Rio Verde	MT
1990/Mar	③	Bonfinopolis de Minas	MG
1990/Apr	④	Chapada dos Parecis	MT
1991/Mar		Barreiras	BA
	⑤	Mundo Novo	MG
	⑥	Guarda Mor	MG
1992/Mar		Mundo Novo	MG
		Guarda Mor	MG
	⑦	Presidente Oregario	MG
	⑧	Sao Gotardo	MG
	⑨	Sacramento	MG
	⑩	Uberaba	MG
	⑪	Campo Alegre	MG
1992/Apr		Chapada dos Parecis	MT

BA: Bahia, MT: Mato Grosso, MG: Minas Gerais.

第2表 第3次セラード開発予定地域における調査地点

調査時期	地点番号	調査地点	州
1991/Apr	①	Santa Filomena	PI
	②	Tasso Fragoso	MA
	③	Balsas	MA
	④	Carolina	MA
	⑤	Palmas	TO
	⑥	Porto National	TO
	⑦	Natividade	TO

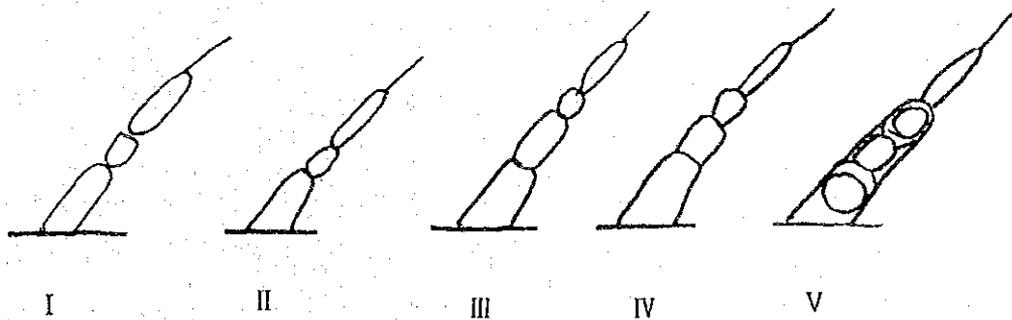
PI: Piaui, MA: Maranhao, TO: Tocantins.



第2図 第3次セラード開発予定地域の調査地点

## 2. カメムシ類の発生生態の解明と生活環解析

- 1) 秋、冬期における発生、生殖器官等の発育調査：PADDF (D.F.)地域の栽培作物や野生植物(Ciratro : *Macroptillium atropureus*)から大豆加害性カメムシの成・幼虫を採集し、実験室内で交尾・産卵させるとともに一定期間経過後に解剖して脂肪の着生と卵巣の発育状態を調査した。
- 2) *Euschistus heros*の卵巣発育と脂肪の着生状況調査：秋、冬期にPADDF(D.F.)地域の越冬地から採集した成虫の腹部を解剖して検鏡し、生殖器官の発育状況を観察して、第3表及び第3図の基準でグレード分けした。脂肪の着生状況はIからVまでのグレードに分けて記録し、それぞれの指数はグレード別に加重平均して求めた。

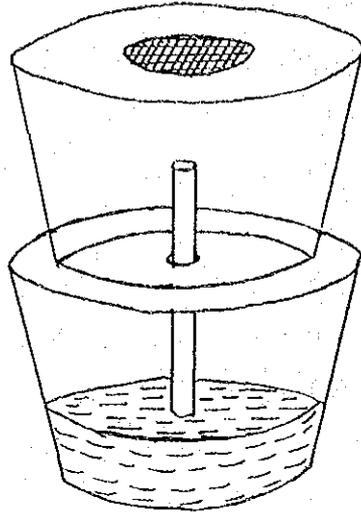


第3図 *Euschistus heros*成虫の卵巣発育の分類

第3表 *Euschistus heros*の卵巣発育の基準

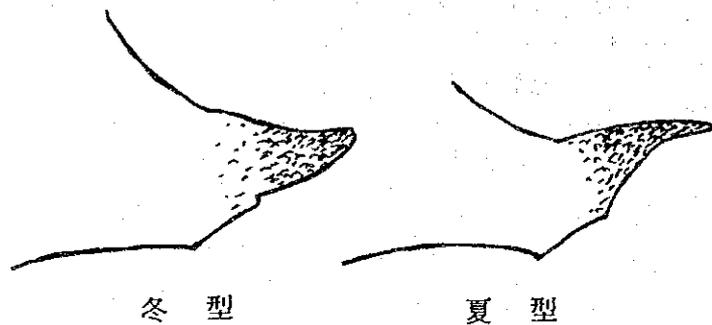
グレード	発育程度	卵巣小管の発育程度
I	未発育	発育の徴候が全くみられない
II	発育中	わずかに膨大している
III	〃	かなり肥大してくる
IV	〃	黄化した卵がみられる
V	成熟	下部に成熟卵がみられる

- 3) *Euschistus heros*越冬成虫の交尾・産卵調査：Capim Gordura (*Melinis minutiflora*)の叢生地から越冬成虫を採集して、自然条件および人工的な長日（14時間照明／10時間暗黒）、短日（10時間照明／14時間暗黒）条件下で交尾、産卵、生殖器官の発育を調査した。飼育には第4図に示すように、直径15cm、400ml容のアイスクリームカップ2個を重ね合わせて作った容器を用い、下部には水を入れて、その中心に濾紙を立て吸水できるようにした。交尾した虫は、給水チューブと産卵のための綿をいれた直径9cm、高さ2cmのシャーレに移した。餌としては乾燥大豆、落花生、アルファルファ種子を粘着テープに貼りつけて与えた。



第4図 カメムシの飼育容器

4) *Euschistus heros*の側角調査：25℃-長日（14時間照明）、短日（10時間照明）下で卵から幼虫を飼育して羽化させた成虫の側角の、形態変化を調査するとともに、野外採集虫の側角変化も観察した。側角の形態変化の基準は第5図のとおりとした。飼育容器には9 cmシャーレを用い、水と乾燥大豆、落花生、アルファルファ種子を飼料として与えた。



第5図 *Euschistus heros*成虫の側角の2型

## 結 果

### I 大豆害虫の種類と分布

#### 1. CPACにおける発生状況

まず、1988年から1992年の期間、CPACにおける主要大豆害虫の発生状況を観察した結果を示すと第4表のとおりである。

1988年から1991年の間は、ほぼ平年並みの発生であり、1992年は少発生であった。22種の主要害虫の中で問題となるのは食葉性の鱗翅目とハムシ類及び子実加害性のカメムシである。根部加害性のハムシ幼虫の加害は外観的にはよくわからない。根部加害性のネカイガラムシ *Dysmicoccus brevipes* は稀に観察される程度である。

第4表 CPACにおける主要害虫の発生状況

加害部位	害虫名	(目)	加害態	発生程度
根部	<i>Dysmicoccus brevipes</i>	(Hem.)	L.	1
	<i>Diabrotica speciosa</i>	(Col)	L.	1
	<i>Cerotoma arcuata</i>	(Col)	L.	1
	<i>Maecolaspis sp.</i>	(Col)	L.	1
茎	<i>Agrotis ypsilon</i>	(Lep)	L.	1
	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	(Lep)	L.	1
葉	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	(Lep)	L.	2-3
	<i>Pseudoplusia includens</i>	(Lep)	L.	2
	<i>Urbanus proteus</i>	(Lep)	L.	2
	<i>Hedylepta indicata</i>	(Lep)	L.	2-3
	<i>Diabrotica speciosa</i>	(Col)	A.	2-3
	<i>Cerotoma arcuata</i>	(Col)	A.	2-3
	<i>Maecolaspis sp.</i>	(Col)	A.	2-3
	茎・椒葉	<i>Epinotia aporema</i>	(Lep)	L.
子実・莢	<i>Nezara viridula</i>	(Hem)	L. A.	3
	<i>Piezodorus guildinii</i>	(Hem)	L. A.	3
	<i>Euschistus heros</i>	(Hem)	L. A.	3
	<i>Edessa mediotabunda</i>	(Hem)	L. A.	2
	<i>Acrosternum sp.</i>	(Hem)	L. A.	2
	<i>Thyanta perditor</i>	(Hem)	L. A.	2
	<i>Dichelopus melaconta</i>	(Hem)	L. A.	1
	<i>Megalotomus pallescens</i>	(Hem)	L. A.	2-3

発生程度 1: 微、2: 少、3: 中、4: 多、5: 甚  
A: 成虫、L: 幼虫

## 2. セラード開発地域における発生状況

第1、2次セラード開発地域における主要な大豆害虫の発生状況を調査した結果を示したものが第5、6表である。

第5表は主要種害虫16種の発生状況を州別に総括的に示したものである。鱗翅目では食葉性害虫として、*A. gemmatalis*が各地とも重要度が高く、1990年にはブラジリア周辺地域 (D.F., Goias, Minas Gerais州) で約200kmに及ぶ広範囲にわたる突発的大発生を見ている。この時には収量皆無の圃場が多くみられた(写真参照)。*P. includens*はほとんど問題にならないし、*U. proteus*も大きな被害は各地ともみられない。また、

*H.indicata*は各地とも平均的に発生している。特に遅植え栽培で被害が増加する。茎を加害する種として、心葉部から茎の先端部に侵入する*E.aporema*がある。本種はMinas Gerais州のGuarda Mor地区で多発していたが他では余り問題になっていない。

第5表 セラード各地における主要害虫の発生状況

目	害虫名	発生程度				
		DF	MG	GO	BA	MT
鱗翅目	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	3	3	3	2	2
	<i>Pseudoplusia includens</i>	1	1	1	1	1
	<i>Urubanus proteus</i>	2	2	2	2	2
	<i>Hedylepta indicata</i>	3	3	3	3	3
	<i>Epinotia aporema</i>	1	1	1	1	1
半翅目	<i>Nezara viridula</i>	3	3	3	3	3
	<i>Piezodorus guildinii</i>	3	3	3	3	3
	<i>Euschistus heros</i>	3	3	3	3	4
	<i>Edessa mediatubunda</i>	2	2	2	2	3
	<i>Thyanta perditor</i>	2	2	2	2	2
	<i>Megalotomus pallescens</i>	3	3	3	3	2
	<i>Diabrotica speciosa</i>	3	3	3	3	3
甲虫目	<i>Cerotoma arcuata</i>	3	3	3	2	3
	<i>Maecolaspis sp.</i>	2	2	2	2	3
	<i>Megascelis calcarifera</i>	-	?	-	-	2
	<i>Chalepus sp.</i>	?	2	-	-	-

発生程度 1: 微、 2: 少、 3: 中、 4: 多、 5: 甚、 ?: 発生の可能性が高い

半翅目ではカメムシ類の、成、幼虫によって種実が加害を受ける。カメムシ類として6種をあげているが、この内で*N.viridula*, *P.guildinii*, *E.heros*の3種が重要種である。*N.viridula*はD.F., Minas Gerais, Goias州では比較的高い生息密度を保っているが、Mato Grosso州の西部では、低密度であり、北部では発見されていない。*N.viridula*が分布している地域内の開墾地では、開墾当初は未侵入であるが、数年のあいだに侵入してくるものとみられる。*P.guildinii*は各地とも平均的に発生している。*E.heros*はMato Grosso州では優占種となっている。その他のカメムシ類はほとんどの地域に生息しているが現在のところ加害が目立つ存在ではない。

甲虫目ではハムシ科の発生・加害が目立っている。主要3種(*M.arcuata*, *D.speciosa*, *Maecolaspis sp.*)のうちで優占種は地域によって異なっている。Mato Grosso州ではこれら3種の他に*Megascelis*属が混発している。*Megascelis*属は他の州では発生が確認されていなかったが、1992年にMinas Gerais州のSacramento市郊外で同種と思われる、

酷似した成虫が採集されている。現在同定を依頼中である。

São Gotardo市及びその近郊で大豆葉から未知のハムシ科の成虫及び幼虫、蛹を採集した。本種は大豆の新害虫（*Chalepus*属）と考えられるが、生態は全くわかっていない。現在飼育して加害性を確認中であり、種の同定を依頼中である。

食葉性のハムシ科の幼虫は根部加害種として知られているが、被害が目立つことはなかった。その生態については不明の点が多く十分な調査は行われていない。

次に、大豆の大栽培団地における主要発生種14種の発生程度を調査した結果を示した第6表をみると、栽培年数が長い団地で害虫が多発する傾向を持つように見えるが栽培年数と発生程度との間の関係はそれほど明確でない。

第6表 大豆の大栽培団地における主要害虫の発生状況

調査地点	PADDF					Mundo Novo			Guarda Mor	
州	DF					MG			MG	
開墾開始年次	1976					1980			1988	
開墾後年数	16					12			4	
調査時期	88	89	90	91	92	90	91	92	91	92
半翅目										
<i>Nezara viridula</i>	3	3	3	3	1	3	3	1	0	1
<i>Piezodorus guildinii</i>	3	3	3	3	1	3	3	1	2	2
<i>Euschistus heros</i>	3	3	3	3	1	2	2	1	2	2
<i>Edessa meditabunda</i>	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1
<i>Acrosternum sp.</i>	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1
<i>Megalotomus pallescens</i>	3	3	3	2	1	3	2	1	1	1
鱗翅目										
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	2	2	4*	2	1	3	1	1	1	1
<i>Pseudoplusia includens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
<i>Urubanus proteus</i>	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
<i>Hedylepta indicata</i>	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
<i>Epinotia aporema</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4
鞘翅目										
<i>Cerotoma arcuata</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
<i>Diabrotica speciosa</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
<i>Maecolaspis sp.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1

\*: 1990年は激甚発生の箇所が多かった。

発生程度は0:未発生、1:微、2:少、3:中、4:多、5:甚

セラード第3次開発計画予定地域における発生状況について調査したところ第7表に示す結果が得られた。

この調査では発生種の数少なく、その上被害も少なかった。*N.viridula*はいずれでも発見できなかった。また、固有種のカメムシの生息密度もあまり高くなかった。被害が目立ったのは、ハムシ類による加害痕と鱗翅目の*H.indicata*による捲葉であった。

第7表 第3次セラード開発予定地域における発生状況

加害部位	害虫名 (目)	発生程度	
		TO	MA
茎・葉	<i>Hedylepta indicata</i> (Lep)	2	3-4
	<i>Cerotoma arcuata</i> (Col)	2	2-4
	<i>Diabrotica speciosa</i> (Col)	2-3	2-3
子実	<i>Nezara viridula</i> (Hem)	?	?
	<i>Euschistus heros</i> (Hem)	?	1
	<i>Acrosternum sp.</i> (Hem)	?	1-2
	<i>Thyanta perditor</i> (Hem)	?	2

被害程度は1: 微、2: 少、3: 中、4: 多、5: 甚、?: 発生の可能性が高い  
TO: Tocantins, MA: Maranhao

## II カメムシ類の発生生態

### 1. 秋、冬期における発生生態

#### 1) 秋、冬期における発生の実態

1990年から1992年にかけて秋、冬期における発生状況を調査した結果を示したものが第8表である。

重要種はほとんどの種が灌漑栽培の豌豆や菜豆、小麦、玉蜀黍等に発生していたが、ここで示した調査は菜豆を中心として行ってきた。第8表にみられるように、秋、冬期に生息数が多いのは*N.viridula*, *E.meditabunda*, *T.perditor*の3種であり、*P.guildinii*と*Acrosternum sp.*, *M.pallescens*の生息密度は高くない。しかし、*M.pallescens*で8月に雄だけが多数採集された年があった。採集虫が交尾したのは*N.viridula*, *E.meditabunda*, *P.guildinii*と*T.perditor*で産卵もみられている。

秋期には*N.viridula*で全体が錆色に着色した、*E.meditabunda*では頭、胸、小盾板の緑色が茶褐色となる越冬色の個体が出現し始めるが9月には消失してくる。

9月中旬になると*N.viridula*, *E.meditabunda*, *T.perditor*, *P.guildinii*, *Acrosternum sp.*, *M.pallescens*で多くの卵が灌漑作物から採集されるし、10月にな

第8表 カメモシの野外における発生状況

種名	時期(月)	発生形態	発生程度	交尾	産卵
<i>N. viridula</i>	5	A. L.	中	○	○
	6	A. L.	中	?	○
	7	A. L.	中	?	○
	8	A. L.	多	?	○
	9	A.	中	?	○
<i>P. guildinii</i>	5	A. L.	少	?	○
	6	A. L.	中	?	○
	7	A. L.	少	○	○
	8	A.	少	?	?
	9	A.	少	?	○
<i>E. mediatubunda</i>	5	A. L.	中	○	○
	6	A.	中	○	○
	7	A.	多	?	○
	8	A. L.	多	○	○
	9	A.	少	?	○
<i>Acrosternum sp.</i>	5	A. L.	少	?	○
	6	A.	少	?	○
	7	A.	少	?	○
	8	A.	少	?	?
	9	A.	中	?	○
<i>T. perditor</i>	5	A. L.	少	○	○
	6	A. L.	中	○	○
	7	A.	多	○	○
	8	A.	多	?	○
	9	A.	中	?	○
<i>M. pallescens</i>	5	A.	少	?	○
	6	A.	少	?	○
	7	A.	少	?	○
	8	A.	多(♂)	?	○
	9	A.	中	?	○

○：確認、?：未確認 A：成虫、L：幼虫

ると野生の豆科植物でも成虫がみられるようになる。

2) 秋、冬期における卵巣の発育状況

灌漑圃場から成、幼虫を採集して、飼育したり解剖して卵巣の発育状況を調査した。結果を示したものが第9表である。

第9表 秋、冬期における卵巣の発育

種名	調査時期	調査雌数	卵巣発育程度別虫数		
			未発育	発育中	成熟
<i>N. viridula</i>	5月	10	3	1	6
	6	20	18	2	0
	7	17	11	1	5
	8	9	2	2	5
<i>P. guildinii</i>	5	3	0	0	3
	6	4	2	2	0
	7	3	0	0	3
	8	1	1	0	0
<i>E. meditabunda</i>	5	7	2	0	5
	6	3	0	0	3
	7	10	4	3	3
	8	9	9	0	0
<i>Acrosternum sp.</i>	5	5	1	0	4
	6	2	2	0	0
	7	1	0	0	1
	8	1	0	0	1
<i>T. perditor</i>	5	2	0	0	2
	6	20	1	2	17
	7	28	11	1	16
	8	7	1	0	6
<i>M. pallescens</i>	5	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	7	2	0	0	2
	8	1	0	0	1

未発育：全く発育していない。発育中：僅かに発育一卵巣に黄卵が見える。  
成熟：卵管に成熟卵がある。

秋、冬期では各種とも卵巣が未発育の個体もいるが産卵する個体もかなりあり、生殖活動が続いていることがわかる。

## 2. *N. viridula*の光周反応

### 1) 越冬色虫の出現と卵巣発育、産卵に及ぼす光周期の影響

14h-25℃の恒温室で継続飼育中の成虫の産卵した卵塊を用いて、幼虫期を長日(14h)、短日(10h)-25℃条件下で飼育して、成虫の産卵と越冬色の出現状況を調査した。結果を示すと第10表及び第6図のとおりである。

第10表 *Nezara viridula*の産卵・卵巣発育と越冬色発現に及ぼす日長の影響

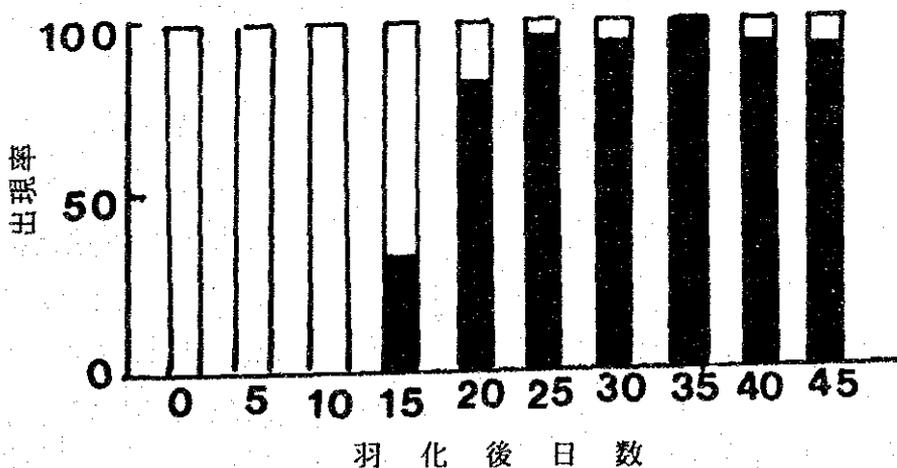
日長	供試	羽化	越冬色虫	産卵	卵巣発育程度**		
温度	虫数	虫数	発現率	虫率*	未発育	発育中	成熟
14L-10D/25℃	85	40(21)	0%	76.2%	%	%	%
10L-14D/25℃	86	43(18)	97.7	0	100	0	0

( )内は雌数

\* 羽化40日後調査

\*\*中途死亡虫は除外した

第10表をみると、*N. viridula*における錆色個体は、長日では出現せず、短日で出現する。そして、長日では産卵がみられるが短日では産卵しないことがわかる。卵巣は短日下では全く発育しないが、長日下では多くの個体が成熟段階に達している。

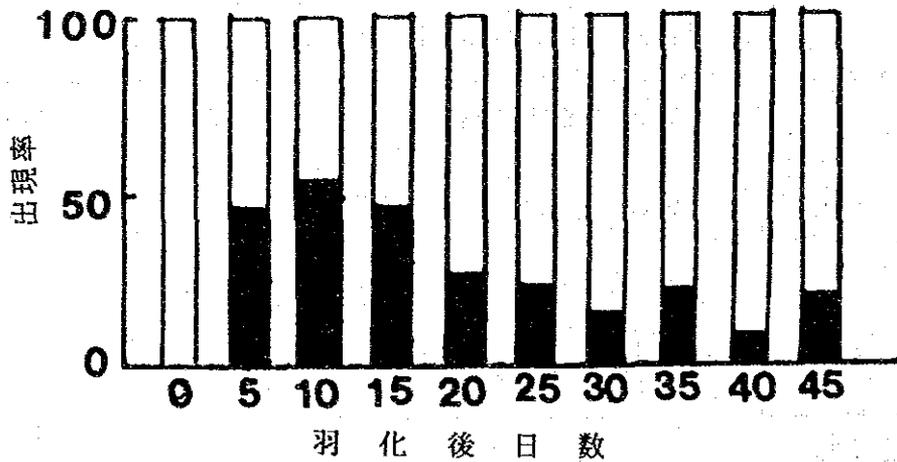


第6図 *Nezara viridula*成虫における短日による越冬色の発現と羽化後日数との関係。黒棒は越冬色虫を表す。

第6図は短日条件下で幼虫期を飼育した成虫の体色変化を示したもので、越冬色個体は羽化後12~15日頃から現れはじめ35日頃まで増加したが、40日後頃より再び緑色個体が現れはじめることが示されている。

## 2) 長日条件下における越冬成虫の色彩変化

4月下旬野外から採集した成虫を長日条件において産卵と越冬色虫の出現状況を調査した。その結果を示したものが第7図である。



第7図 *Nezara viridula*越冬成虫における越冬色の発現に及ぼす長日の影響。  
黒棒は越冬色虫を示す。

第7図から、*N. viridula*の緑色個体の一部は一旦錆色の越冬色に変わるが、まもなく夏型の緑色に戻ることがわかる。そして、しばらくすると産卵を始める個体も現れてくる。

## 3. *Euschistus heros*の生活環の解析

### 1) 越冬生態

#### (a) 越冬場所における生息状況

*E. heros*の越冬場所での状態を示すと第11表のとおりである。

*E. heros*は越冬場所へは4月中旬頃より集まりはじめ次第に生息数を増していく。越冬虫は草中や落葉の下で静止して9月頃までほとんど移動しないが、9-10月には叢中に移り活発に行動するようになり、11月には交尾虫もみられるようになる。11月からは越冬場所を離れる個体が増加し、生息密度が次第に低下していく。2月には極度に低下して、3月には生息が認められなくなる。

第11表 *Euschistus heros*の越冬状況

時期	生息密度	生息位置	交尾虫	備 考
3月	生息せず	---	---	野外虫は産卵中
4月	増加中	草中・落葉下	ない	産卵しない
5月	増加中	〃	〃	静止
6月	安定	〃	〃	〃
7月	〃	〃	〃	〃
8月	〃	〃	〃	〃
9月	〃	〃	〃	多少移動
10月	〃	草中	〃	盛んに移動
11月	〃	〃	わずか	離脱前
12月	低下中	草上(中)	あり	移動飛翔
1月	〃	草上	〃	〃
2月	わずか	〃	---	移動飛翔終わり
3月	生息せず	---	---	---

5-9月は乾期

(b) 越冬虫の交尾、産卵の開始時期

まず、1989年には、Capim Gordura (*Melinis minutiflora*)の叢生地から採集した成虫を自然状態と長日-25℃条件下において、登熟期の大豆莢と乾燥種子とを与えて飼育し、交尾、生殖期間の発育状態及び産卵状況を調べた。まず交尾状況を示すと第12表のとおりである。

第12表は採集後まもなく交尾が始まり、かなり遅く交尾する個体もあることを示している。また、莢を与えた場合と乾燥種子を与えた場合とではほとんど差がみられない。

次に、産卵の開始状況と産卵期間、産卵数を示したものが第13表である。

交尾した虫の中で産卵しなかった個体が幾つかあったが、産卵開始時期は早い個体では10月から遅い個体では1月からである。平均的には8月30日起算で80~120日となっている。産卵開始時期は自然、長日条件下とも採集時期が遅れると遅くなる傾向を示している。餌として与えた大豆の莢と乾燥種子との間には一定の傾向はみられない。

1990年には、5月から12月にかけて約1カ月おきに越冬虫を採集し、25℃-長日条件と自然条件下で、乾燥種子を与えて飼育し、交尾、産卵状況を調査した。その結果を示したものが第14表及び第8図である。

第12表 *Euschistus heros*越冬成虫の交尾時期 (1989)

飼育条件	飼料	採集	交			尾
		時期	例数	初日	終日	平均*
14L-10D /25°C	莢	3/Oct	12	2/Oct	11/Nov	59.4 ± 7.7
	種子	3/Oct	11	20/Oct	29/Nov	63.3 ± 10.6
	種子	24/Oct	17	28/Oct	12/Dec	70.0 ± 14.3
	種子	14/Nov	14	17/Nov	29/Nov	84.0 ± 4.0
	種子	13/Dec	6	19/Dec	17/Jan	93.4 ± 10.8
自然	莢	3/Oct	11	18/Oct	10/Dec	66.7 ± 20.7
	種子	3/Oct	18	12/Oct	29/Nov	43.8 ± 19.9
	種子	24/Oct	22	26/Oct	23/Nov	65.0 ± 6.7
	種子	14/Nov	20	16/Nov	9/Dec	87.3 ± 8.6
	種子	13/Dec	7	18/Dec	5/Jan	86.7 ± 6.6

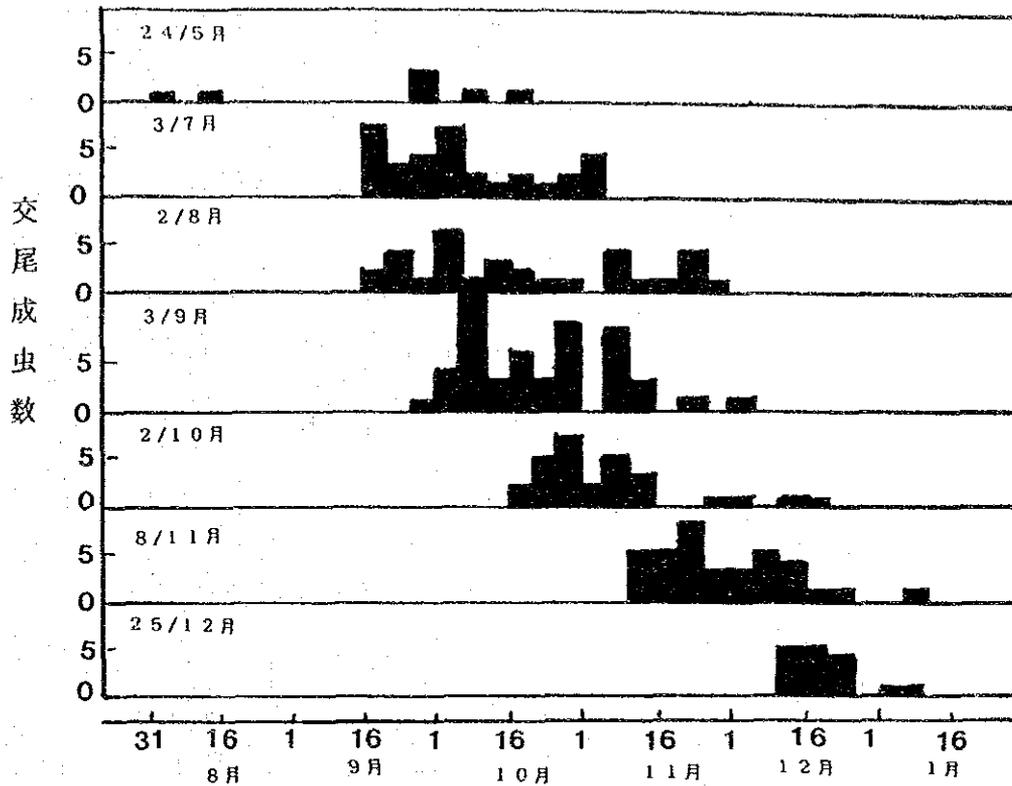
\* 交尾平均日の起算日は8月31日

第13表 *Euschistus heros*越冬成虫の産卵時期と産卵状況 (1989)

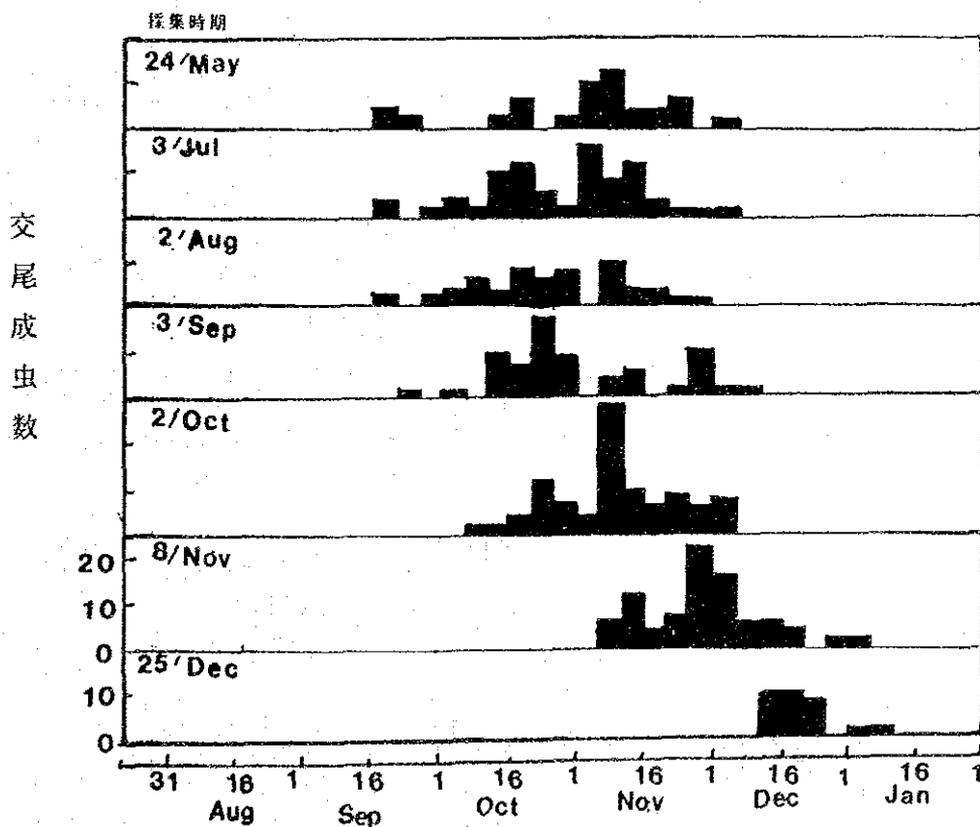
飼育条件	飼料	採集時期	産卵虫数	産卵開始			産卵期間	産卵数 (1♀)
				初日	終日	平均*		
14L-10D /25°C	莢	3/Oct	8	28/Oct	28/Nov	78.3 ± 11.1	--	--
	種子	3/Oct	5	5/Dec	11/Dec	99.4 ± 2.1	--	--
	種子	24/Oct	15	6/Nov	26/Dec	90.7 ± 21.9	33.9	120.9
	種子	14/Nov	10	2/Dec	27/Jan	116.5 ± 17.0	16.3	49.4
	種子	13/Dec	8	8/Ja	12/Feb	120.1 ± 14.8	22.1	59.0
自然	莢	3/Oct	5	7/Nov	4/Dec	75.7 ± 12.3	--	--
	種子	3/Oct	13	26/Oct	3/Dec	70.9 ± 10.6	18.4	96.6
	種子	4/Oct	19	7/Nov	26/Jan	92.2 ± 24.8	28.8	108.2
	種子	14/Nov	16	25/Nov	22/Dec	98.3 ± 7.3	40.0	127.9
	種子	13/Dec	5	10/Jan	24/Jan	108.4 ± 7.3	24.2	116.2

\*産卵開始平均日の起算日は8月31日

第14表をみると、交尾は早い個体で9月中旬から始まり、遅い個体は12月-1月である。平均値でみると自然条件と長日-25°C下では異なり、長日-25°C下の方がかなり早く、採集時期が遅れるに従って徐々に遅くなることがわかる。交尾から産卵までの期間は自然条件下でも長日-25°C下でもほとんど変わらず15日前後である。



第8-1図 *Euschistus heros*越冬成虫の25°C-長日条件下における採集時期と交尾との関係



第8-2図 *Euschistus heros*越冬成虫の自然条件下における採集時期と交尾時期との関係

第14表 *Euschistus heros*越冬成虫の交尾・産卵時期 (1989)

飼育条件	採集時期	交 尾				産 卵		交尾—
		虫数	初日	終日	前期間*	虫数	前期間*	産卵前期間
14L-10D /25°C	24/May	7	7/Aug	19/Oct	19.9(20/Sep)	5	40.3	13.8
	3/Jul	33	19/Sep	1/Nov	35.9(6/Oct)	21	56.1	17.1
	2/Aug	32	20/Sep	28/Dec	49.4(19/Oct)	17	68.5	19.1
	3/Sep	51	27/Sep	3/Dec	52.2(22/Oct)	29	74.1	22.2
	2/Oct	28	16/Oct	17/Dec	57.9(28/Oct)	18	77.4	19.5
	8/Nov	36	13/Nov	7/Jan	89.1(28/Nov)	24	111.0	21.9
	5/Dec	16	10/Dec	7/Jan	110.1(19/Jan)	7	121.2	11.1
自 然	24/May	27	18/Sep	3/Dec	61.4(31/Oct)	15	74.9	15.7
	3/Jul	44	19/Sep	1/Nov	60.3(30/Oct)	31	72.8	12.5
	2/Aug	31	17/Sep	26/Nov	55.2(25/Oct)	17	66.6	11.4
	3/Sep	41	25/Sep	28/Dec	60.4(30/Oct)	22	72.0	15.7
	2/Oct	48	11/Oct	3/Dec	69.3(8/Nov)	21	87.6	19.0
	8/Nov	44	9/Nov	1/Jan	88.9(28/Nov)	14	105.8	18.9
	5/Dec	29	10/Dec	11/Jan	109.3(18/Dec)	15	124.9	15.6

\*交尾・産卵前期間の起算日は8月31日

産卵の推移を示した第8図をみると、長日と自然条件下との間に、産卵傾向で差は判然としない。

1991年には、7月10日(I)と7月15日(II)に採集した越冬成虫を25°C-長、短日条件及び30°C-自然条件下で、乾燥種子を与えて飼育し、交尾、産卵状況を調査した。その結果を示すと第15表及び第9図のとおりである。

第15表をみると、交尾前期間は短日と長日条件との間では長日がやや短い傾向があるが判然とはしない。30°Cではやや短くなる傾向がみられる。交尾から産卵までの日数には一定の傾向がみられない。

第9図によって産卵状況をみると、産卵は30°C区と短日区が長日区に比べてやや早い傾向がみられる。30°Cと短日区との間にはほとんど差がない。