

No.52-4

派遣前専門家等

中期研修テキスト

農林業コース

# 熱帯地域のとうもろこしの品種栽培 管理に関する技術

昭和53年2月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1057186[7]

国際協力事業団

受入 月日	'84. 5. 21	000
		81.4
登録No.	06334	PL

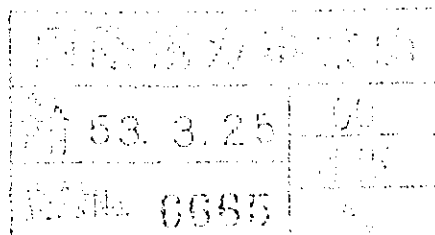
## は し が き

ここに印刷する資料は、事業団の専門家養成確保事業の一環である海外長期研修計画により、メキシコ合衆国、国際とうもろこし小麦改良センター（Centro Internacional do Mejoramiento de Maizy Trigo）において、昭和50年10月20日から昭和52年4月1日まで研修を受講した小金丸梅夫氏の総合報告書である。

近時、熱帯地域における農業開発協力事業の進展に伴ない、この資料がこれらの事業に係わる人々の参考となれば幸甚である。

昭和53年2月

国 際 協 力 事 業 団



# 目 次

1. CIMMYTの概略	1
A CIMMYTの“定義”	1
B CIMMYTの財源とその内訳	1
C スタッフの国籍別構成	1
D CIMMYTの設立経緯と設立目的	1
E メキシコにおけるCIMMYT試験場とその配置	4
2. CIMMYTのトウモロコシ品種改良開発事業	8
A 開発途上国におけるトウモロコシ	8
B 開発途上国におけるトウモロコシ増産の抑制要因	8
(1) 広域適応性の問題	8
(2) 草丈(長稈であること)の問題	9
(3) 病虫害の問題	9
(4) トウモロコシに含まれるタンパク質の品種不良性の問題	9
(5) 乾物量の穀粒集積にみる非能率性の問題	9
(6) 人材不足の問題	10
C 雑種(Hybrid)トウモロコシから自然交配(Open-pollinated)トウモロコシへ の方向転換とその理由	10
D 新機構によるトウモロコシ育種事業とその育種行程	12
E 種子銀行:(Germ Plasm Bank)	13
F 育種と選抜:“Back-up Unit”と“Advanced Unit”	15
(1) “Back-up Unit”を構成する“Pools”の分類	15
(2) “Back-up Pools”の育成	16
(3) “Advanced Unit”	18
(4) “Companion Nursevy”	20
(5) “Advanced Onit”を構成するトウモロコシ集団	21
G インターナショナルな検定試験事業	33
(1) “IPTT”、“EVT”、“ELVT”の検定試験実施方法	35
(イ) “IPTT(後代検定試験)”1976	35
(ロ) “EVT”(試作品種検定試験)と“ELVT”(優秀試作品種検定試験) 1976	37

(イ)	試験データの記録	39
(ロ)	試作品種の選抜命名と各地における収量試験結果	40
H	メキシコにおけるCIMMYTの特別調査研究	47
(1)	熱帯トウモロコシの短稈化	47
(2)	熱帯トウモロコシの早生化	47
(3)	熱帯トウモロコシの広域適応性	48
(4)	熱帯トウモロコシの能率的穀粒生産	48
3.	CIMMYTの高タンパク品質トウモロコシ育種育成事業	49
A	開発途上諸国における栄養不良問題	49
B	高タンパク品質トウモロコシの大規模栽培を阻害している要因	51
C	CIMMYTの高タンパク品質トウモロコシ事業	53
(1)	収量制約要因の克服	53
(2)	幅広い受容性を得るための“Opaque-2.トウモロコシ”穀粒表現型の改良	54
(3)	変更遺伝子に関する基礎的情報	55
D	CIMMYTの高タンパク品質トウモロコシ育種戦略	56
(1)	農学的に望ましい型態をもったトウモロコシの育成	56
(イ)	大粒軟質高タンパク品質トウモロコシ	56
(ロ)	高収量軟質胚乳型のOpaque-2.トウモロコシ	57
(ハ)	硬質胚乳Opaque-2.トウモロコシ集団	57
(2)	硬質胚乳Opaque-2.トウモロコシ育成の別のアプローチ	59
(3)	環境と変更遺伝子との相互作用	59
(4)	タンパク、トリプトファン、リジン含有レベルの再改良	60
(5)	タンパク含量品質と環境との相互作用	61
(6)	Opaque-2.トウモロコシ不純化の問題と“Marker”の必要性	61
E	要約的ないくらかのリコメンデーション	73
4.	トウモロコシ寄生病害	75
A	熱帯トウモロコシと温帯トウモロコシの草型特徴の比較	77
B	熱帯地方と温帯地方における特定のトウモロコシ病害の分布	78
5.	トウモロコシ害虫	100
A	土壌生息害虫	100

B	葉、莖、穂の害虫	104
C	貯穀害虫	112
D	病害虫に対するCIMMYTの戦略：昆虫飼育室と共同研究事業	113
6.	CIMMYTが行うトウモロコシの生理に関する研究	116
7.	トウモロコシ研修事業（技術者養成）	117
8.	CIMMYTの海外事業	119
9.	各国のトウモロコシ事情	120
A	アンデス諸国のトウモロコシ事情	123
B	ボリビアのトウモロコシ事情	129
C	コロンビアのトウモロコシ事情	134
D	ペルーのトウモロコシ事情	139
E	ブラジルのトウモロコシ事情	142
F	ベネズエラのトウモロコシ事情	145
G	ニカラグアのトウモロコシ事情	147
H	メキシコのトウモロコシ事情とCIMMYTとの関係	150
I	アジア諸国のトウモロコシ事情	157
J	タイのトウモロコシ事情	163
K	フィリピンのトウモロコシ事情	167
L	フランス語圏西アフリカ諸国のトウモロコシ事情	173
M	ケニアのトウモロコシ事情	176

## 引 用 文 献

1. " This is CIMMYT "
2. " CIMMYT Review 1975 "
3. " CIMMYT ' Review 1976 "
4. " A Compondium of Maize Diseases "  
University of Illinois and U.S.Department of Agriculture
5. " Proceeding World wide maize Improvement in the 70's and the Role  
for CIMMYT "
6. " A Comparison of Maize Disease in Temperato and in Tropical  
Environment ". B.L.Renfro and A.J. Ullstrup.
7. " Destructive and Useful Insect ", Metculf Flint and Metculf
8. " Cereal Crops ", Leonard and Martin
9. " Maize Production and the Manuring of Maize ", Joseph Berger
10. " Corn improvement, Seed Production, & Uses "  
Robert W. Jugenheimer
11. " High Quality Protein Maize ", CIMMYT - Purdue University
12. " Proceedings of the fivst maize workshop, soptember 1971,  
el Batan, Mexico ", CIMMYT
13. " Farning Japan ", vol.10-No.3,1976
14. " Maize Program,1975. Preliminary Report. International Progeny  
Tosting Trials and Experimental Variety Trials "
15. " Maize Program,1975, Supplementary Report. International Progeny  
Testing Trials, and Experimental Variety Trials "
16. " Maize Program,1975. International Progeny testing Trials, and  
Expormental Variety Trials." (Addendum to Supplomentary Report)
17. " Maize Program,1976. Preliminary Report.International Progeny  
Testing Trials, Experimental Variety Trials,and Elite Variety  
Trials "
18. " Symposium on Downy Mildew of Maize "  
農林省、熱帯農業研究センター



## 1. CIMMYT の概略

### A. CIMMYT の“定義”

“CIMMYT is a private, autonomous, nonprofit, scientific and educational institution chartered under Mexican law to engage in the improvement of Maize and wheat production, everywhere in the world, with emphasis on developing countries”

### B. CIMMYT の財源とその内訳

CIMMYT は、活動資金として、種々の国際機関、各国政府、私設財団から、寄付金を受けているが、その供出金額と内訳は表-1のとおりである。昨年10月頃の“CIMMYT Informa”によると、金額は確かではないが、1976年度より、日本政府もCIMMYTの小麦部門に寄付金を出すようである。

### C. スタッフの国籍別構成

メキシコのCIMMYT本部には、研究者と行政管理者合わせて42名が勤務しており、その国籍別構成は、米国13名、メキシコ10名、インド6名、英国4名、チリ2名、オーストラリア2名、カナダ2名、アイルランド、スイス、アルゼンチンが各1名となっている。加えて、海外におけるトウモロコシ、小麦の調査研究、増産事業のため、24名のCIMMYTの海外常駐スタッフが世界各地に配属されている。

CIMMYTのスタッフ人事の特徴は、所長、トウモロコシ部長、小麦部長などの重要ポストが米国人で占められていることであり、したがって、当研究所が、アメリカ的な気質を基調として運営されていることは明らかである。

### D. CIMMYT の設立経緯と設立目的

CIMMYTは、現在、資金的に数多くの国々や、私設財団、国際機関等から支援されているが、もともとは、過去20年間続いたメキシコ政府・農業省とロックフェラー財団との共同研究事業が前身母体となって、1966年、メキシコに新らしく設立されたもので、1960年、フィリピンに設立されたIRRIに続いて、一国際農業研究センターとして、世界にデビューした。

CIMMYTの設立目的は、小麦、トウモロコシを主体に、大麦、ソルガム (triticale) の調査研究を通じて、世界の穀物増産に貢献することである。具体的には、世界の穀物収量を急速かつ連続的に上げていくために、CIMMYTは次の諸事業を行う。

表-1 1975年度CIMMYTの財源と内訳

単位：千U.S.ドル

供出国の団体	本部運営費	活動資金 <sup>(1)</sup> : 内訳	活動資金 <sup>(2)</sup> : 内訳	総額
IADB	千ドル 1,786	121千ドル 中央アメリカ、カリブ海地方のプロジェクト 資金	167千ドル トウモロコシ・小麦研修事業資金	千ドル 2,074
USAID	1,765		38 ネパールにおけるプロジェクト資金	1,803
フォード財団	650		714 アルジェリア、アルゼンチン、エジプト、パキスタン、タンザニア、チュニジアのプロジェクト資金	1,364
UNDP		1,018 ← (高タンパク事業+East African Economics)		1,018
ロックフェラー財団	625		(トルコにおけるプロジェクト資金) → 128	753
CIDA		562 ← (Triticale 調査研究プロジェクト資金)		562
西独	303			303
デンマーク	150			150
ザール			(National Maize Program) → 111	111
ODM(U.K)	110		(タンザニアにおけるプロジェクト資金)	110
IITA			(タンザニアにおけるプロジェクト資金) → 99	99
CIP			(メキシコにおけるRegional Program 資金) → 75	75
UNEP	70			70
IDRC		55 耐冷湿ソルガムの調査研究資金	7 Triticale abstracts	62
IMP	10			10
Others	579		(研修事業資金) → 80	659
総額	6,048千ドル	1,756千ドル	1,419ドル	9,223千ドル

注釈：

9,223千ドル = 27億6,690万円

IADB : Inter-American Development Bank

USAID : U.S. Agency for International Development

UNDP : United Nations Development Program.

CIDA : Canadian International Development Agency.

UNEP : United Nations Environment Programme

IDRC : International Development Research Centre : (Canada).

IMP : Institute Mondial du Phosphate.  
(U.K.)

ODM : Overseas Development Ministry

CIP : Centro Internacional de Papa.

活動資金<sup>(1)</sup>は、供出国及び団体がメキシコ、中央アメリカにおける特別事業のために寄付した資金である。

活動資金<sup>(2)</sup>は、主に開発途上国のトウモロコシ、小麦増産事業を支援するための資金である。

- (1) 大規模な種々の育種事業を展開し、それによって、毎年数千の新しい交配種をつくり出し、これらの交配種から、収量、広域適応性、病虫害抵抗性、品質優秀性などの面で、より秀れた性能をもつ交配種を選抜する。
- (2) 世界の農業関係のサイエンティストを結びつける、国際的なネット・ワークの中核機関としての役割を果たす。コンフェレンスを開催したり、参加するサイエンティストの旅費を支給したりして、各国間の情報や育種素材 (germ plasm) の交換と共有を推進する。さらに、CIMMYTは、数百に及ぶ国際的な育種素材の検定試験をコーディネートするが、それによって、サイエンティスト達は、異なった種々の環境下における、これらの試作品種の性能を測定することができる。
- (3) 各国の穀物品種改良開発事業の育成強化を支援する。そのため、このような各国の開発事業に対して、スタッフに頻繁なコンサルティング、出張をさせたり、また、24名のスタッフが、フル・タイムの支援活動を行うために、数カ国に常駐している。
- (4) 各国から受入れる研修生に対して、特殊化された研修を施し、専門家や技術者を養成する。

以上のような、設立経緯と設立目的をもつCIMMYTやIRRIに続いて、世界各地に設置された、各種の国際農業研究センターの名称、所在国、調査研究分野は、図-1、表-2のとおりである。

図-1 国際農業研究センターの名称と所在国

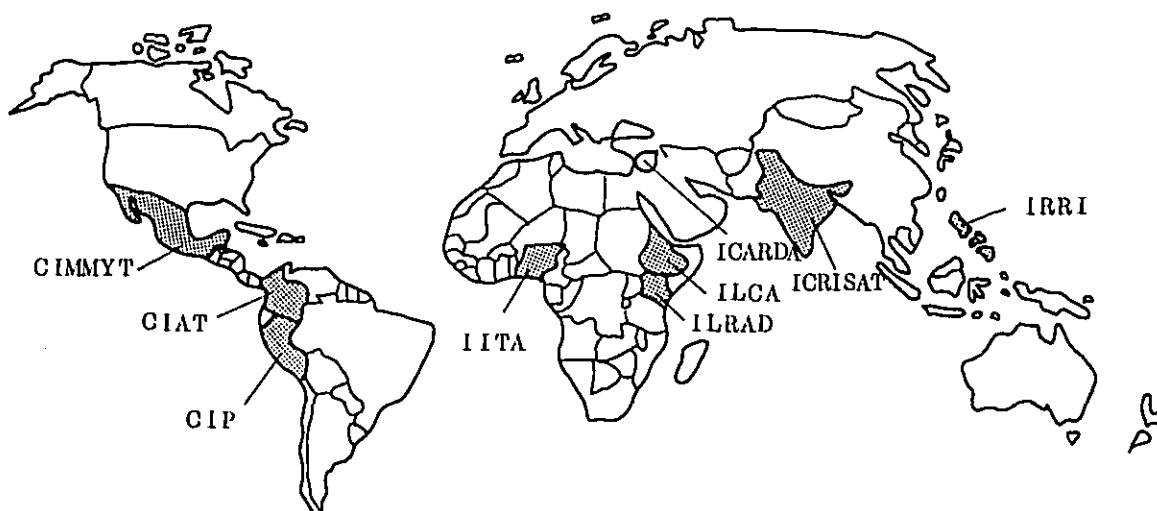


表-2 国際農業研究センターとその調査研究分野

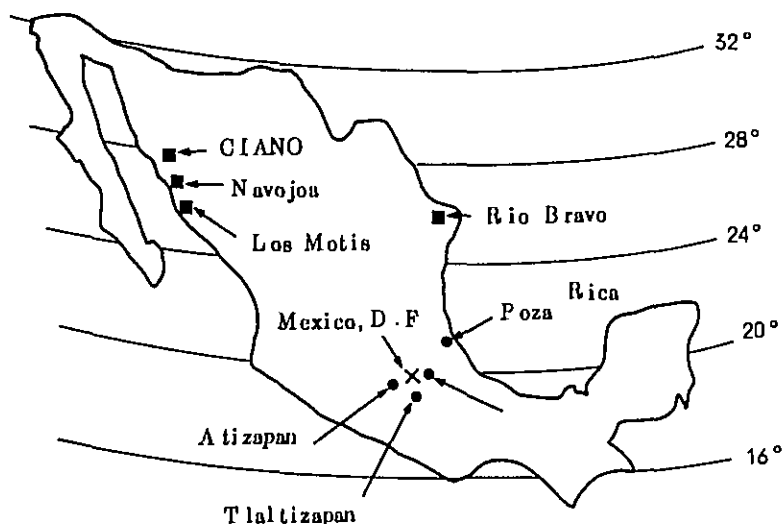
センター	所在国	設立年	調査研究分野
IRRI: International Rice Research Center	フィリピン	1960	稲と稲作様式
CIMMYT: International Maize and Wheat Improvement Center	メキシコ	1966	トウモロコシ、小麦、大麦、ライ麦、triticale
IITA: International Institute of Tropical Agriculture	ナイジェリア	1967	湿潤熱帯における、稲、食用豆類、根菜類、トウモロコシの栽培様式
CIAT: International Center of Tropical Agriculture	コロンビア	1968	熱帯地域における肉牛、豚、キャッサバ、トウモロコシ、稲、豆類の営農様式
CIP: International Potato Center	ペルー	1972	ジャガイモ
ICRISAT: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics	インド	1972	ソルガム、ミレット、食用豆類とその栽培様式
ILRAD: International Laboratory for Research on Animal Diseases	ケニア	1973	アフリカの家畜病害
ILCA: International Livestock Center for Africa	エチオピア	1973	アフリカの家畜の生産飼育
ICARDA: International Center for Agricultural Research in Dry Areas	レバノン シリア	1976	作物育種、土壌、水の管理、羊飼育

#### E メキシコにおけるCIMMYT試験場とその配置

CIMMYTは、メキシコ国内においては、8カ所の試験場を使用して研究活動を行っているが、そのうちの4カ所はCIMMYTの直接管理下にあるものであり、他の4カ所は、INIA (The Mexican National Institute of Agricultural Research) が所管するものである。

これらの試験場は、図-2と表-3のとおり、海拔30mから2,640mと故意に標高差をつけてメキシコ各地に設置されているが、これは、これらのCIMMYTの試験場を温度、湿度、日射条件などが広範に異なる場所に設置することによって、CIMMYTが最大の努力を傾けている世界のトウモロコシ、小麦栽培地域の気候と、そこに存在する病虫害などの環境にできるだけさらけ出すためである。

図-2 メキシコにおけるCIMMYT試験場の配置



- Stations operated by CIMMYT
- Stations belonging to INIA

表-3 メキシコにおけるCIMMYT試験場の地理的概略

試験場	メキシコ市からの距離	海抜	北緯	使用面積	栽培期間
CIANO-INIA	1,800 Km	39 m	27°	150ha 小麦(11月~5月) <sup>1)</sup>	5ha. Maize(6月~12月)
Navojou-INIA	1,735 Km	40 m	27°	14ha. triticales	
Los Mochis-INIA	1,580 Km	40 m	26°	2ha 小麦	
Rio Bravo-INIA	1,600 Km	30 m	26°	1ha. maize	
Poza Rica-CIMMYT	282 Km	60 m	20°	38ha. maize(12月~5月, 6月~11月) 2ha. 小麦	
El Bata'n-CIMMYT	47 Km	2,249 m	19°	20ha. Maize(4月~12月), 34ha. 小麦 <sup>2)</sup> (4月~12月), 2ha. ソルガム(6月~12月)	
Atizapan-CIMMYT	60 Km	2,640 m	19°	44ha. 小麦(4月~12月), 18ha. maize(4月~12月), 5ha. potatoes(3月~12月) <sup>3)</sup>	
Tlaltizapan-CIMMYT	132 Km	940 m	18°	31ha. maize	12月~5月, 6月~11月

注釈:

- 1) 大麦と Triticale を含む
- 2) 大麦と Triticale を含む
- 3) CIP (国際ポテト・センター)との共同研究

#### C I A N O 試験場

当試験場での平均気温は 23℃で、平均雨量は 330mm である。雨季は 7 月から 2 月にかけてであり、灌漑により、年間 2 作が可能で、栽培期間は 11 月～5 月（小麦）、6 月～12 月（トウモロコシ）である。

土壌は半砂漠的条件下で海岸平野に発達した褐色の植土で N 施用と時折の P 施用に良好な土壌反応を示す。概して、加里は土壌中に十分含まれているので施す必要がない。また微量要素欠乏の問題もほとんどない。

#### Poza Rica 試験場

当地の平均気温は 24℃で、平均雨量は 1,000 mm である。雨季は 6 月から 11 月までであるが、残りの期間にも、結構一様に降雨があり、よって、年間を通じての作付けが可能である。当試験場では、トウモロコシの 11 月植付 4 月収穫、5 月植付 10 月収穫の年 2 作が行われている。したがって、当試験場は、世界の熱帯低地への広域適応性をもった、トウモロコシを育成する上で要求される気候条件を一応満たしていると言える。

試験場の土壌は、石灰分を多く含む砂壤土で、試験場のすぐそばを流れるサン・マルコス川によって運ばれ堆積されたものである。したがって、Poza Rica 試験場は、この川の氾濫原上に位置している訳で、上流の山間部で大雨があった時など、試験作物に大被害を与える。洪水にみまわれることがしばしばある。窒素施用に対する反応は良好である。

#### El Bata'n 試験場

敷地内に C I M M Y T 本部のある、当試験場の平均気温は 15℃、平均雨量は 625mm である。雨季は 6 月～9 月で、残りの期間はほとんど乾燥している。当試験場の栽培期間は 4 月から 12 月にかけてである。土壌は、火山性の植土で肥沃であるが、N と P の施用に対する反応が高い。

#### Atizapan 試験場

当地の平均気温は 12℃で、平均雨量は 717mm である。雨季は 5 月～9 月で、残りの期間は乾燥している。当試験場は、湿潤高山、平野に位置し、小麦の病害発生に理想的な自然条件を有している。小麦、トウモロコシ、ジャガイモ（国際ポテト・センターの地域プロジェクトへの用地提供）の植付は 4 月に始まり、12 月に収穫を終える。

火山性の土壌で、乾燥している時には、微細な土粒となり、湿潤になると極端にコロイド状態となり、有機物を多く含んでいるように見える。透水性が良く、N と P 施用に対する反応が高い。

#### Tloltizapan 試験場

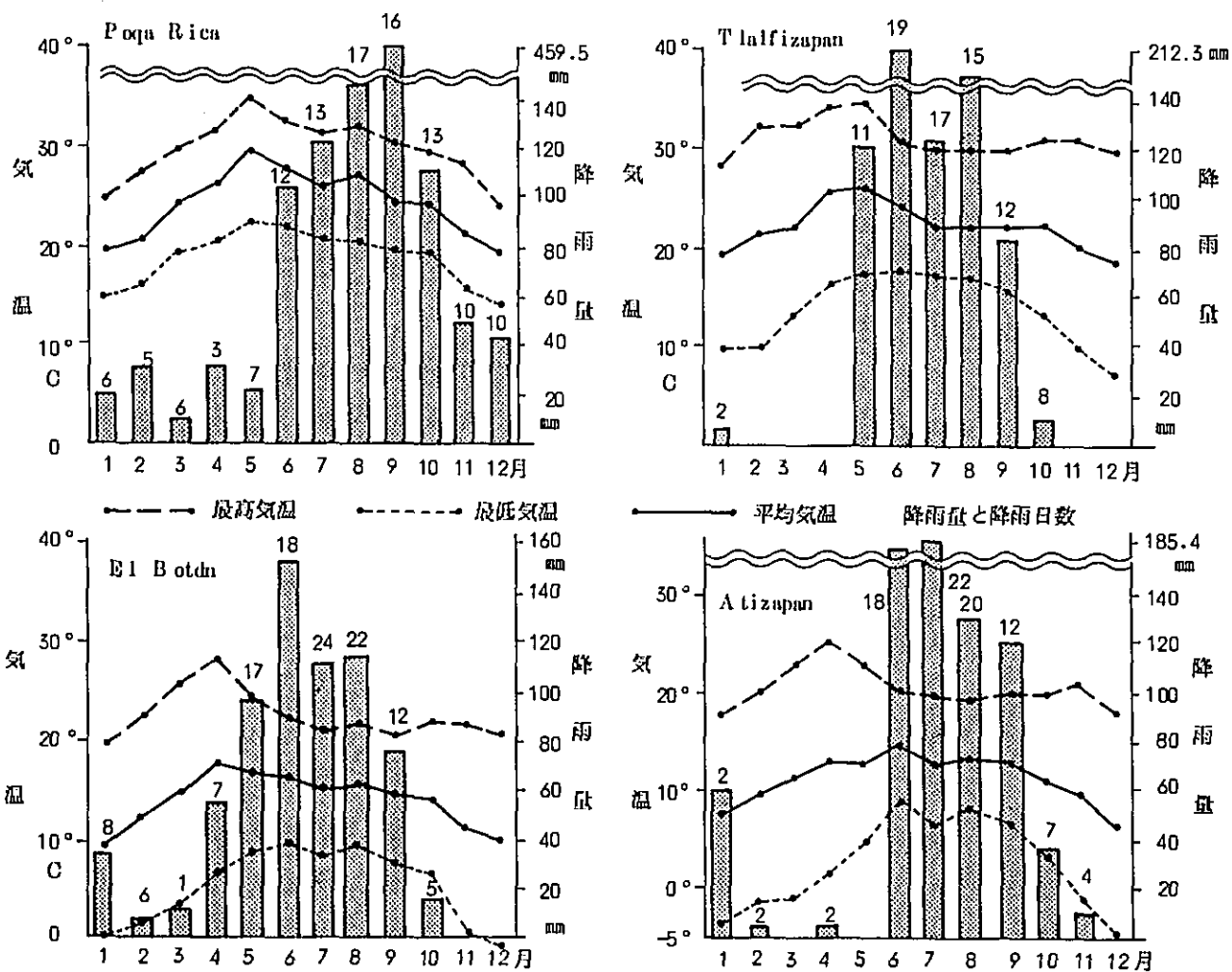
当地の平均気温は 23℃、平均雨量は 946 mm である。雨季は 6 月から 9 月までで、残りの期間はほとんど乾燥である。ここは、標高中位の試験場で、ほとんどトウモロコシだけが植付け

られる。

深さはまちまちであるが、石灰岩の上に石灰分に豊かな植土の表層土壌がのっかっている。下層の石灰層が表面に出ている場所では、種々の微量要素欠乏問題が生じているが、そういう場所を除けば、当試験場の土壌は保水力が高く、肥沃である。

図-3 CIMMYT各試験場の気象状態

(月別最高、最低、平均気温、降雨量、降雨日数) 1975



## 2. CIMMYTのトウモロコシ品種改良開発事業

### A 開発途上国におけるトウモロコシ

世界のトウモロコシ栽培面積は、約1億1千万ha、生産高は3億トンで、小麦、米に次いで重要な穀物である。ところで、世界のトウモロコシ栽培面積の約半分が、アジア、アフリカ、ラテン・アメリカの途上諸国に広がっているが、残念ながらそこで収穫されるトウモロコシの生産高は、世界全体の生産高のわずか1/4にすぎない。

この途上諸国における低収量は、裏をかえせば、今後のトウモロコシ品種改良に十分な余地を与えているわけで、改良により周年栽培であろうと、年一作であろうと、トウモロコシを主食としている世界の5億人の人々に恩恵を与えることになる。さらに、トウモロコシを食用としている国々においては、鶏と豚が主要な動物タンパク源となっているので、トウモロコシの増産によって、その一部が家畜飼料として利用されるようになり、よって、日常食物の中の動物タンパクの量が増大することになり、食事の改善につながることになる。

### B 開発途上国におけるトウモロコシ増産の抑制要因

歴史的に観て、開発途上諸国におけるトウモロコシ生産の増大を妨げている抑制要因として、次のようなことが考えられる。

#### (1) 広域適応性の問題

1つのトウモロコシ品種を考えた場合、広域適応性に問題がある。コロンブスが、500年前に東半球の人間として初めて、西半球で栽培されていたトウモロコシを発見した時、すでに、それ以前の太古の昔から、その地域を往来していたインディオの旅商人によって、トウモロコシの発生地である中央アメリカの熱帯低地から、南はアンデス山脈の高山地帯や、北は、北米の温帯気候地域にまで持ち込まれ、栽培されていた。このことは、世界に存在するいろいろな種類のトウモロコシを全体的に観た場合、他の食用作物に比較して、トウモロコシは環境のちがった広範な地域により適応していることを証明しており、したがって、将来、育種により1つのトウモロコシ品種にまとめられうる広域適応性のポテンシャルが、これらのトウモロコシに存在しているといえよう。

しかしながら、1800年から1950年までの期間、トウモロコシ育種に関する科学的な調査研究は、西ヨーロッパ諸国と北米で集中的に行われ、その地域で多くの高収量品種を生み出してきたが、これもまた、適応性の低いすなわち、温帯気候地域のみしか適応できない、トウモロコシ品種を開発してきたのである。

第2次世界大戦まで、欧米諸国で育成開発されたトウモロコシを、元来トウモロコシの“故



里”である熱帯地域に導入し生産を上げるということは、非常に難しいことであった。現在もその難しさにはかわりなく、熱帯地方に広く適応したトウモロコシの改良品種が要求されているのである。

## (2) 草丈（長稈であること）の問題

温帯地域の改良品種は、その適応地域では、草丈約2mにすぎないのに、熱帯地域のトウモロコシ在来種は、一般的に4～5mの高さまで生育し、収穫前に倒伏するものが多い。したがって、短稈で倒伏に強い熱帯地域適応トウモロコシの育成が必要である。

## (3) 病虫害の問題

熱帯地域は、温帯地域に比較して、ほとんど年間を通じて、病虫害発生に好ましい自然環境下にあるわけで、病虫害の種類も多く、被害も大きい。したがって、これらの病虫害に遺伝的な抵抗性をもった品種が要求されており、そのためには、温帯地域ではなくて、熱帯地域での調査研究を強力に実施していかなければならない。

## (4) トウモロコシに含まれるタンパク質の品質不良性の問題

トウモロコシは、9～11%のタンパク質を含有しているのであるが、残念ながら、トウモロコシ・タンパクは、人体にとって本質的に必要なアミノ酸であるリジン(lysine)とトリプトファン(tryptophan)を欠乏しているため、人体に利用されるトウモロコシのタンパク質は全体の約半分(4.5～5.5%)である。トウモロコシが主食である場合には、もしこの2つの欠乏アミノ酸が、他の何らかの食物から補われない限り、栄養的にまずい食事としか言えないことになる。しかし、トウモロコシを主食としている、途上諸国の低収入の人々にとって、そんなにバラエティーに富んだ食事は“高嶺の花”に等しいものである。

## (5) 乾物量の穀粒集積にみる非能率性の問題

この問題は、熱帯トウモロコシの植物体内の酵素に由来するもので、トウモロコシ穀粒を生産する上での熱帯トウモロコシ植物体の非能率性を意味する。乾物量とは、茎、葉、穂、雄花の全乾物量のこと、熱帯トウモロコシは、温帯トウモロコシに比べて、より少量の乾物量を穂の穀粒に集積させ、人間が直接食用に利用できない茎葉により多量の乾物量を集積させる傾向にある。このような熱帯トウモロコシの性質は、機械や、化学肥料、農薬を投入し、生産性を追求する近代農業にとっては、はなはだ都合の悪いものである。

## (6) 人材不足の問題

熱帯地域のトウモロコシの生産を増大する上で要求されるのは、トウモロコシそのものの品種改良もさながら、トウモロコシが基本食糧となっている開発途上国55カ国に散らばっているサイエンティストの効率的な仕事の推進である。例えばCIMMYTのような国際農業研究センターは、新しい種類のトウモロコシの“mixing plant”として奉仕し、トウモロコシの改良品種を育成するが、その場合、改良品種の検定試験や選抜は、その各品種が受け入れられそうな、それぞれ異なる国のそれぞれ異なる気候地域で実施されなければならない。したがって、トウモロコシ増産に熱心な国は、上記の検定試験や選抜がスムーズに行われるように、分担された仕事を責任をもって引き受けなければならない。そこで問題となるのが、やはり人材不足ということなのである。

以上の問題を整理し、要約すると、熱帯地域において、トウモロコシの生産を増大するには、その品種の生産力が安定していて、広域適応性があり、短稈、早生で、病虫害抵抗性に優れ、タンパク質の品質がより、能率的な穀粒生産能力を有していることなどの特性をもつ、新しい熱帯トウモロコシの育成が急がれていることが自からわかるであろう。そのために開発途上国では、多くのサイエンティストを必要としているのである。

## C 雑種(Hybrid)トウモロコシから自然交配(Open-pollinated)トウモロコシへの方向転換とその理由

メキシコにおけるトウモロコシ育種は1940年代、ロックフェラー財団の技術協力のもとで、メキシコの政府事業として発足したのが始まりである。この初期のトウモロコシ事業の目的は、有限の資産と人員でもって、急速に基本食糧の増産を達成することであった。

当時、米国のコーン・バルトでは、雑種トウモロコシが、すでに出回わり、その生産力が伝統的な在来種トウモロコシよりも約25%優れていることがわかっていたから、この事業の当事者達は、先ず最初に雑種トウモロコシの育成に取り組んだ。そうして出き上がった雑種トウモロコシは、米国の最高収量雑種トウモロコシと十分比較しうる生産力を持っていたが、決して、メキシコの栽培品種として全国的に普及したわけではなかった。現在でも、メキシコ全国のトウモロコシ栽培面積のうち、雑種トウモロコシの占める割合は約10~15%にすぎない。高収量雑種トウモロコシが普及しなかった理由は、極く簡単で次のとおりである。

- (1) メキシコのトウモロコシ栽培面積8百万haの植付に十分量の雑種トウモロコシ種子を生産し供給するには、高度な科学的マネジメントが必要なのであるが、残念ながら、当時メキシコには、その素地がなかった。大半の先進国では、この種の事業は、民間会社によって運営さ

れているが、反対に開発途上国では、政府機関で雑種種子 (Hybrid seed) の生産を試みているのが一般的である。しかし、いずれにしても、欧米の民間会社による雑種種子生産事業ほど成功している例は1つもないのが現状なのである。

- (2) 何万何千という数字にのぼる地方農村にまで、統一的、しかも適時に種子を配布することは、真に大規模な販売事業であり、これも高度なマネージメント能力がなければ達成されえないものである。
- (3) 農民は、伝統的に収穫した種子の一部を次の作付時に播く習慣をもっているため、いくら高収量の雑種種子といえども、彼らは割増金を払ってまで買おうとはしないのである。
- (4) 雑種種子と言えども、もし十分な土壌水分と地力が伴わなければ、その高い生産能力を発揮することはできない。メキシコで栽培されるトウモロコシの大部分は、現在なお、小農民による天水、無肥料栽培に依存している状態であるので、そういう段階では、雑種種子の実用はどうしても無理な話なのである。

言いかえると、パッケージになった雑種種子を含む新しい生産技術は、いずれにしても、農民から受け入れられなかったのである。現在、同様な苦い経験がアジア、アフリカ、ラテン・アメリカの開発途上諸国でも報告されている。

結局、1950年代後半から、メキシコのサイエンティスト達は、上記の雑種種子事業を中止して遺伝的に異なった多くの寄り合い個体からなるトウモロコシ集団、もしくは、混成品種：(Composite) 育成への方向転換を余儀なくされたのである。彼らは、集団育種：(population improvement)の長期作戦を立て、雑種種子とほぼ同等の生産能力を持った自然交配品種の普及を最終目標とした。もしこのような自然交配品種が開発されれば、農民は、種子購入費を払うことなく今までと同様に、慣習的に収穫した種子の一部をそのまま次の作付に使用することができ、しかも雑種種子に見られるように、 $F_2$  種子を次作に播くと収量が大幅に減少するような問題も起こらずに済むことになる。

雑種トウモロコシから自然交配品種へ方向転換して集団育種により作り出された初期の改良品種は、メキシコ在来種である Tuxpeño 系統のトウモロコシの混成品種であった。1961年にその種子5kgがホンジュラスに送られ、今日では Tuxpeño 品種は、ホンジュラスの大部分のトウモロコシ栽培面積をカバーしているのである。

1970年代初期に及び、CIMMYTの育種事業の中で、多くのトウモロコシ集団が改良されつつあった。そのうちのいくらかは、品種として優秀であったが、大部分のトウモロコシ集団は、経済的に問題となる形質に関しては、まだヘテロ状態であったし、したがって、品種としての特性は、農民に採用されるほど安定的なものではなかった。1970年、CIMMYTは熱帯向けのトウモロコシ育種農場をベラクルス州のポサ・リカに開設するに及んで、その試験場の十分な活用により、今後のトウモロコシ集団育種の進歩が期待されているのである。

その後、CIMMYTは内にかかえたこれらのトウモロコシ集団の改良にさらに数年を経過し、1973年に過去のいきさつを排し、決定的なステップを踏んで、次に述べる現在の新機構によるトウモロコシ育種事業に着手したのである。

#### D 新機構によるトウモロコシ育種事業とその育種行程

1973年に実施された、このトウモロコシ事業の再編成の目的は、“CIMMYT”本部におけるスタッフの完全なチーム・ワークを実現することと、優秀個体の選抜に必要な後代検定や病害虫抵抗性試験などを、より組織的に行うことにあった。したがって図-4に示されたような合理的、能率的な育種機構が設定され、その育種行程を通じて、短期間に遅くとも1976年までに個々の開発途上諸国のトウモロコシ特性需要に一致した最初の優秀試作品種(Celite experimental varieties)が作り出されることになっている。そして、その後も永続的に、トウモロコシの改良品種が、このCIMMYTのトウモロコシ育種機構から作り出されることになる。

1973年に実施されたCIMMYTのトウモロコシ育種事業の新規再編成は次のような事業目的をもっている。

- (1) 種子銀行や諸外国からの導入による、新しい育種素材(トウモロコシ胚原質)をメキシコ(CIMMYT)の育種素材プール(germ plasm pool)に多量にかつ永続的に組み入れる。
- (2) メキシコ内外を含む、世界的規模にわたる広範な栽培試験等を行い、それによって、各々のトウモロコシ品種の特性の分析情報がつくられるや否や、CIMMYTの試験場から、各国のナショナル・プログラムへの新品種の移入をすみやかにする。
- (3) トウモロコシ育種行程にそって、改良されつつある全ての“Pools”、全ての“populations”の収量試験、病害虫抵抗性試験をメキシコにおいて、毎年5月～9月にかけて実施する。
- (4) 種子銀行における新しい育種素材の検定試験から、メキシコ内外100ヶ所以上にわたる優秀

試作品種 (elite experimental varieties) の栽培試験に至るまで、全ての育種過程を通じて、遺伝育種家、アグロノミスト、作物保護専門家のチーム・ワークを図る。

これらの事業目的を達成するために、CIMMYTのトウモロコシ事業スタッフの業務活動は、5部門に分けられているが、決して各部門が独立的に勝手に活動しているわけではない。

- (1) Bank Unit: (種子銀行部門): 育種素材の維持・管理と、形質のわかっていない素材の検定試験にあたる。
- (2) Back-up Unit: 育種行程に入った基礎的な "pools" の操作にあたる。
- (3) Advanced Unit: 改良された "population" (トウモロコシ集団) や、その優秀後代の検定試験と、試作品種: (experimental varieties) の選定にあたる。
- (4) International testing Unit: "Advanced Unit" で改良されている各品種をメキシコ以外の国々に配布し、その栽培試験結果の分析にあたる。
- (5) Training Unit: 主に開発途上国からの研修を受け入れて、トウモロコシ専門技術者を養成する。

メキシコでは、熱帯低地: (Tropical low land) トウモロコシと温帯: (Temperate) トウモロコシに関しては、年2作が可能のため、夏季シーズンには、収量、病害虫抵抗性、その他の形質について、検定試験を行い、冬季シーズンには、組み合わせ交配作業: (recombination) を行う。このようにして、毎年、それぞれの "pools"、"populations"、"progeny" について、同じ育種作業がくりかえされるのである。ただし、高地トウモロコシは、一年一作しか栽培できないため、一年ごとに交配作業と後代検定がくりかえされることになる。

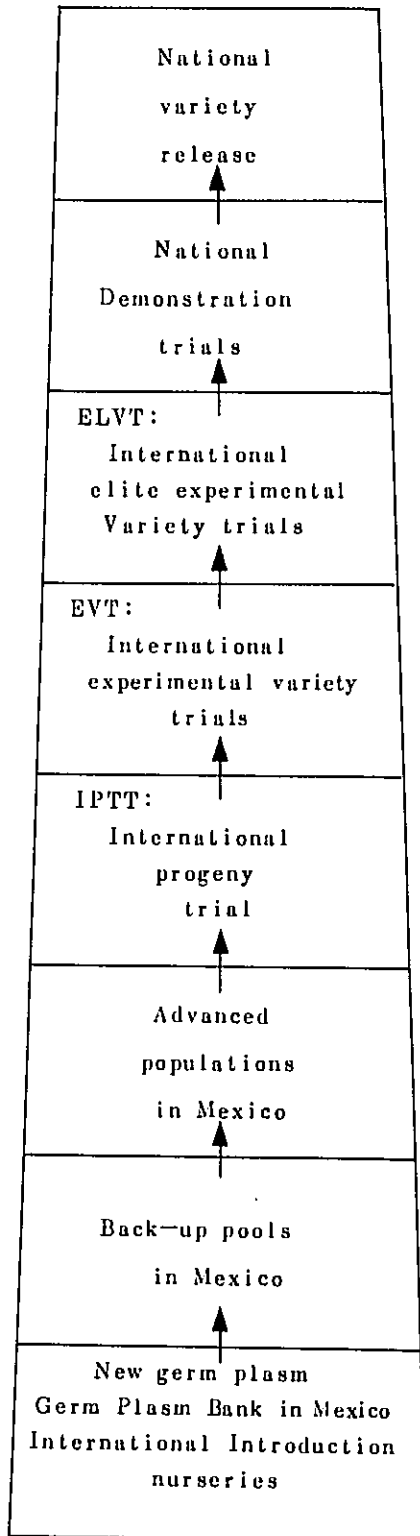
したがって、この新しい育種方式は、メキシコ内外でのトウモロコシ検定試験と、それらのインターナショナルは圃場試験の観察、さらに各国及び数カ国から成り立っている、"地域共同トウモロコシ事業" (regional program) の年次計画会議などへの出席を伴うため、CIMMYTのスタッフによる多くの出張旅行を必要とする。

#### E 種子銀行: (Germ Plasm Bank)

CIMMYTの種子銀行が所有する12,000種に及ぶトウモロコシ・コレクションは世界最大規模のもので、これは、1940年から50年代にかけて、メキシコ政府及びロックフェラー財団の活動資金供与によって集められたものである。コレクションの90%は *zea mays* L. から成り、残りはその近縁植物の *zea mexicana*, *zea perennis* から成り立っている。

また、1972年以来、モレロス州のトラルチサパンにおいて、"fripsacum garolon" を

図-4 CIMMYTのトウモロコシ育種機構図



National Demonstration trials → National variety release

個々の開発途上国の農家圃場での栽培試験と、その地域でもっとも優れた在来品種との比較試験に基づいて、結果が良ければ、その国の公的機関などが中心になって、そのトウモロコシを新品種として増殖して農民に配布する。

Advanced population → IPTT → EVT → ELVT

“Advanced Unit”では、それぞれ250系統から成る全ての“population”が、メキシコを含む6カ国で、“International progeny Testing Trials”という呼称のもとに後代検定される。個々のpopulationから約100ヶの優秀な系統が選ばれ、次回のIPTTの個々のpopulationの250系統を形成するためにそれぞれ交配され再生される。加えて“back-up pools”から選び上げられて来た新しい系統は、この時に“Advanced Unit”に組み入れられる。

試作品種(experimental varieties)は25~30カ所で試験され、その結果1~2ヶの優秀品種が優秀試作品種(Elite experimental varieties)となるのである。この優秀試作品種は100~125カ所で試験され、その結果、その国でもっとも成績のよい優秀試作品種がその国の“National demonstration trials”に移され、将来その国の栽培品種としての可能性が確かめられる。

Germ Plasm Bank → Back-up pools

“Back-up Unit”では、育種素材は34種のpookに分類されていて、熱帯高地用として14種のpools、熱帯低地用として12種のpools、温帯地域のために8種のpoolsが用意されている。年2回の栽培試験がくりかえされ、その結果優秀な系統が“advanced Unit”へ移される。

種子銀行は12,000種のトウモロコシ胚原質を保管し、これらの莫大なトウモロコシが経済的形質にもとづいて、分類されつつあり、そのうち優良な胚原質が適当な“back-up pools”へ編入されるのである。他国からの導入品種は成績が良ければ、直接に“back-up pools”に編入される。

管理してきている。この *tripsacum* は、トウモロコシの近縁植物でメキシコ、グアテマラ、ホンジュラス及び、米国西南部に広く分布している。この野生植物はトウモロコシ育種にとって、有益な可能性のある遺伝子を有している。したがって、メキシコの "*tripsacum garden*" には、世界に現存する全種類の *tripsacum* が集められて栽培管理されており、CIMMYT 以外のサイエンティストによる試験的利用のためにも開放されている。

種子銀行は、El Batán の CIMMYT 本部内の、気温 0℃ 条件下のコンクリート・チャンパーの中に設置され、2 リットル、4 リットル容量の貯蔵ブリキかんが、18,000 ケ、スチール製の棚に整然と並び、貯蔵されたトウモロコシの総量は 39.5 トンにも達している。

コレクションの在荷目録は、コンピューターに記録されており、よって各エントリーごとに、その名前、起原国、現在の貯蔵量、貯蔵ブリキかんの所在位置などが一目瞭然に見分けられるようになっている。

種子銀行部門の基本的な仕事は、特性を明らかにして選抜された育種材料（胚原質）を育種家に連続的に供給することである。この任務を十分に達成するために、この部門は、新しい育種素材を集め、かつ集められた種子の生存能力を維持するために、定期的な種子の増殖を図り、それらの育種素材の特性を明らかにし、分類するために検定試験を行う。さらに、トウモロコシとその近縁植物との交配を行い、新しい育種素材を創造する。

在荷目録にある 8,000 種以上のトウモロコシが農学的特性についてすでに明らかにされ、記録されており、そのうち 3,000 種が、生産力について反復試験されている。こうして得られたデータは、米国の "National Seed Storage Laboratory" や "International Board for Plant Genetic Resource" との共同作業により、カタログにまとめられており、近い将来出版される予定である。

現在、CIMMYT の種子銀行は、毎年諸外国の研究機関などからの要請に十分応じている。例えば 1966 年から 1975 年までに、80 カ国に対して 588 回の包装種子を供給郵送している。

## F 育種と選抜：“Back-up Unit” と “Advanced Unit”

### (1) “Back-up Unit” を構成する “Pools” の分類

現在、“back-up Unit” を構成する基幹素材として、34 種類の “Pool” が設定されている。これらの “Pool” の分類は気候、栽培期間、穀粒型に基づいて行われている（表-4 参照）。さらにこれらの “Pool” を分類するのに用いられる種々の気候と栽培期間の特徴は、表-5 に示されている。この分類方式は “Back-up Unit” で改良されつつある育種素材のより高い選抜段階への組織的な流出を許す。

## (2) “Back-up Pools”の育成

“熱帯及び温帯プール”：(tropical and temperate pools)を形成するトウモロコシは、ポサ・リカ試験場(Tropical pools)とトラルチサパン試験場(temperate pools)で年2回栽培される。一方“高地プール”(Highland pools)は、年一回しか植付けられない。というのは、高地にある試験場：(エル・バタンとトルーカ市郊外のアチサパン)は、冬季に数カ月間の寒冷期間にさらされるからである。

“Back-up Pools”の育種素材の植付けに関しては、それぞれの“back-up pools”を構成している系統(families)が、隔離状態のもとで交配され、その結果が評価される。交配を行うに当っては、一系統一畦栽培が行われ、そして除雄(detasseling)されるので、その畦の植物体は事実上母株となる。一方それに隣接する畦には、その“pool”を構成する全系統の種子が一様にミックスされて父株として植付けられ、したがって、それらの株につくられる花粉は、その“pool”の全系統の花粉を代表していることになる。よって、1つのpool内で結実する全てのトウモロコシの穂は“half-sib”である。

新しい育種素材(トウモロコシ胚原質)は種子銀行及び導入圃からプールに供給される。導入圃には、メキシコ以外の諸外国のナショナルプログラムから集められ、新しく“CIMMYT”に送りこまれた種子が植付けられる。“Back-up pool”へ組み入れるために選抜された素材は、例えば病害虫抵抗性など望ましい特性を備えていなければならない。種子銀行、又は導入圃から供給された種子から生育したトウモロコシ個体は除雄され、そのpoolを構成する他の系統と同様に操作される。そうすることによって、万が一の望ましくない導入系統からの花粉によって、そのpoolが汚染される危険性もなく、それらの新しい導入系統の特性が鑑定されるのである。以上のようにして、毎年種子銀行から出た育種素材の“observation Nursery”、諸外国のナショナル・プログラムからの育種素材の“Introduction Nursery”を通過して選抜されたトウモロコシが、それぞれ適当な“pools”に編入されるのである。

毎シーズンごとに、収穫時に全ての“half-sib系統”が、収量、病虫害反応、および望ましい農学的形質などについて、予め決められた標準値に基づいて鑑定される。そのようにして各々の系統から2～3ヶの穂が選抜されて、次のサイクルで新しい系統(families)を構成することになる。

以上のことからわかるように、交配作業は選抜と、そのpool外からの新しい胚原質の編入を伴うので、それぞれの“pool”の遺伝的構成は毎シーズンごとに変化していくことになる。選抜された系統の穂から得られる種子は、収量、密植、病虫害抵抗性などが試験され、その結果、全系統数の約10%にあたる優良な系統が“advanced population”へ移される。よって、“back-up Unit”から“Advanced Unit”への優良系統の移行は、この両部門をつなぐかけ橋の役目をする。しかしながら“advanced Unit”へ移入された胚原質は“back-



表-4 “Back-up Unit”を構成する“pools”の分類表

Type <sup>a</sup>	Maturity	Grain Color	Grain Texture	Pool No.
Tropical highland	early	white	flint	1
Tropical highland	early	white	dent	2
Tropical highland	early	white	floury	3
Tropical highland	early	yellow	flint	4
Tropical highland	early	yellow	dent	5
Tropical highland	intermediate	white	flint	6 <sup>b</sup>
Tropical highland	intermediate	white	dent	7
Tropical highland	intermediate	white	floury	8
Tropical highland	intermediate	yellow	flint	9
Tropical highland	intermediate	yellow	dent	10
Tropical highland	late	white	flint	11
Tropical highland	late	white	dent	12
Tropical highland	late	yellow	flint	13
Tropical highland	late	yellow	dent	14
Tropical lowland	early	white	flint	15
Tropical lowland	early	white	dent	16
Tropical lowland	early	yellow	flint	17
Tropical lowland	early	yellow	dent	18
Tropical lowland	intermediate	white	flint	19
Tropical lowland	intermediate	white	dent	20
Tropical lowland	intermediate	yellow	flint	21
Tropical lowland	intermediate	yellow	dent	22
Tropical lowland	late	white	flint	23
Tropical lowland	late	white	dent	24
Tropical lowland	late	yellow	flint	25
Tropical lowland	late	yellow	dent	26
Temperate	early	white	flint	27
Temperate	early	white	dent	28 <sup>b</sup>
Temperate	early	yellow	flint	29 <sup>b</sup>
Temperate	early	yellow	dent	30 <sup>b</sup>
Temperate	intermediate	white	flint	31 <sup>b</sup>
Temperate	intermediate	white	dent	32
Temperate	intermediate	yellow	flint	33
Temperate	intermediate	yellow	dent	34

a/ Average temperature minimum in highland locations is generally less than 18°C; in lowland locations, more than 18°C.  
 b/ Pools not yet formed.

表-5 “pools”の分類の基礎となる農学的気候の区分

Maturity range	Altitude meters	Latitude	Temperature <sup>a</sup>	Days to silking	Duration of crop growth days
<i>Tropical-Subtropical lowland</i>					
early	0-1600	0-30°N-S	25-28°C	Up to 50	90-100
medium	0-1600	0-30°N-S	25-28°C	50-60	100-110
late	0-1600	0-30°N-S	25-28°C	60+	110-120
<i>Tropical highland</i>					
early	1600+	0-30°N-S	15-17°C	Up to 70	Less than 130
medium	1600+	0-30°N-S	15-17°C	70-95	130-190
late	1600+	0-30°N-S	15-17°C	95-120	190-240
<i>Temperate</i>					
early	0-1600	30-40°N-S	20-22°C	Up to 60	100-120
medium	0-1600	30-40°N-S	20-22°C	60-75	120-150
late	0-1600	30-40°N-S	20-22°C	75+	150+

a/ Mean of main growing season.

up Unit”からすっかり除去されるのではないから、“back-up pools”の資質を減じることはない。

1974年の“back-up Unit”を構成する“pools”は、1 poolにつき、500～6,000系統を含み、“back-up pools”全体は30,000の系統から成り立っていた。これは相当な数で“CIMMYT”のスタッフは、適当な交配を行った後、1つの“pool”を構成する系統数を500までにとどめても、その“pool”内に十分な遺伝的変異性を保有できると考えている。

### (3) “Advanced Unit”

育種作業は図-4で示されたように“advanced Unit”でも続けられるが、次のような点で“back-up Unit”と異なる。

- (イ) “Advanced populations”を構成する系統の構造がもはや“half sib”ではなく“full-sib”である。
- (ロ) 特性のわかっていない胚原質との交配はもはや行われず、後代検定による各系統の鑑定は、1シーズンだけに限って行われ、次のシーズンでは交配が行われる。
- (ハ) 特性の優れた系統の選抜は、より一層強化され、後代検定を行う毎度に、その結果をもとにして、ひとつの“population”を構成する250系統のうち約半数の系統が次世代植付けのために選抜される。
- (ニ) シーズンごとの検定試験は、開発途上諸国のナショナル・プログラムとの共同事業として、より多くの地域にわたって実施される。
- (ホ) インターナショナルな検定試験の結果、250系統から成るひとつの“population”から優れた約10系統が選抜されて、試作品種：(experimental variety)となり、これらの10系統は、各系統間で再び交配されて、種子が増殖され、品種として世界各地少なくとも25カ所にわたって栽培試験されることになる。
- (ヘ) 世界各地25カ社におよぶ試作品種：(experimental variety)の栽培試験の結果、さらに優秀試作品種：(elite experimental variety)が選抜されて、再び世界各地100カ所以上にわたって試験される。

以上の育種選抜過程を経て来た優秀品種は、開発途上諸国のナショナル・プログラムに配布され、彼等自身のトウモロコシ育種事業に利用されることになり、各国の農家圃場で栽培試験された後、その国のもっとも優秀な在来品種よりも成績が良ければ、その国の商業的栽培品種として奨励されることになるのである。“Back-up pools” “Advanced populations”の詳しい育種選抜行程については、表-6、表-7を参照されたし。

図-5 CIMMYTの“Back-up Unit”の機構図

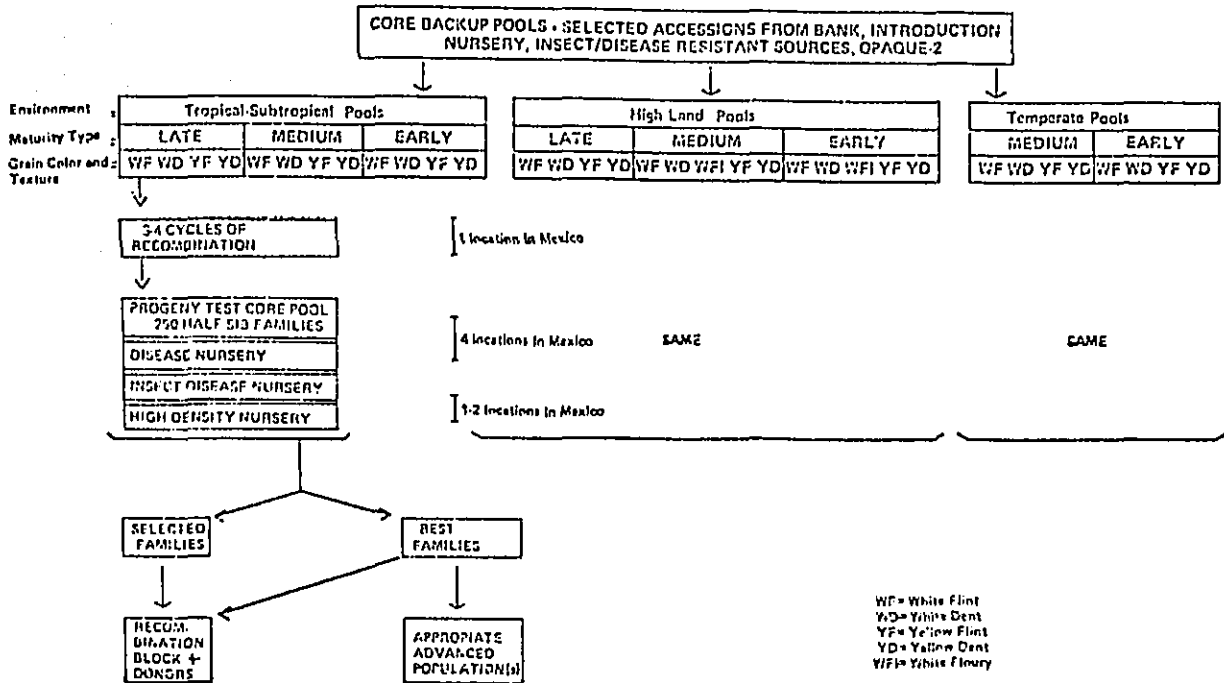
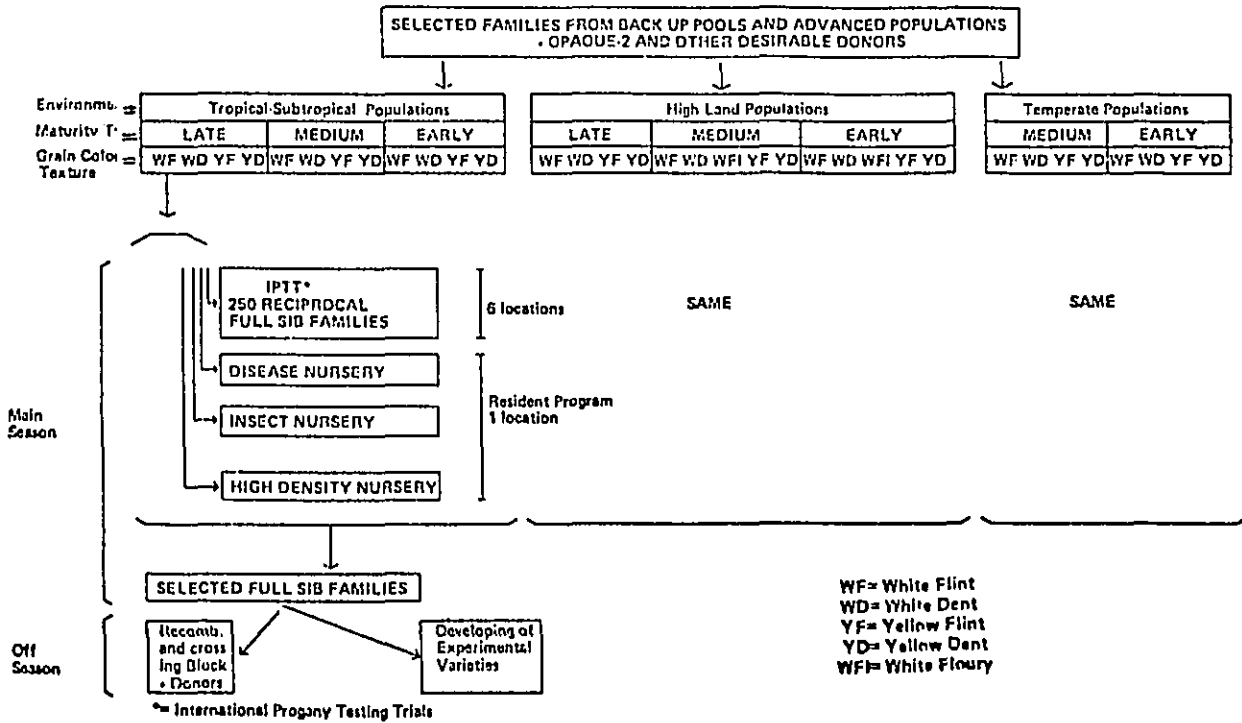


図-6 CIMMYTの“Advanced Unit”の育種機構図



#### (4) "Companion Nursery"

"back-up pools"と"Advanced populations"の全系統の草丈、熟期、病虫害現度合、及び収量(生産力)を鑑定するために、適正栽培管理のもとで、検定試験が行われるのであるが、この場合、一様に激しい病害虫による被害を故意に受けさせて、各系統の抵抗性を判定するために"Companion Nursery"という方式が採用されている。この方式は、密植状態での"Advanced populations"の生産力検定のためにも採用されている。

例えば、害虫抵抗性Nurseryの実施に当っては、まず"Fall armyworm"と"Stem borer"が実験室で繁殖され、続いて圃場では、一畦につき、個々の"Advanced population"を構成する250系統のうち1系統が植付けられるように圃場を準備する。次にトウモロコシ植物体が播種後、一定の草丈に達したら、一畦の半分がまず最初に"Fall armyworm"その後"Stem borer"が植付けられる。一方の1/2畦は、殺虫剤散布で保護される。以上の操作を踏んで生育期間中、一畦一畦、即ち、一系統ごとに害虫被害状況について、何回かの抵抗性鑑定がなされるのである。

病害抵抗性nurseryでは、1/2畦が"stalk rot"病原菌の接種を受け、その後、一畦全体のトウモロコシ植物体が"Ear Rot"病原菌の接種を受ける。そうして、生育期間の最終段階において"Stalk rot"と"Ear rot"に関して、罹病性であるか、抵抗性であるかが判定されるのである。また同時に、これらの害虫、病害抵抗性nurseryは、自然状態において、"Stunt disease"の高い発現を得るために、収量(生産力)および密植Nurseryよりも早めに植付けられる。これは、早期植付によって、"Stunt"の媒介昆虫を多く引きつけるためである。

密植(High-density)nurseryでは、ヘクタール当り80,000株が植付けられ、収量検定に採用されるヘクタール当り53,000株と比較される。短稈系統は一般的に長稈系統よりも密植に耐える。これは、短稈であることから密植されても、長稈系統よりも、倒伏性、無結実性:(barrenness)などの弊害が少ないからである。したがって、この密植nurseryは、短稈系統の最大可能収量:(Yield potential)について、追加的な情報を提供することになる。

"back-up pools"においては、害虫と病害についての"Companion nursery"は、第3シーズンごとに実施され、その結果から得られる試験結果と、収量検定の結果とに基づいてどの系統が"Advanced populations"へ編入されるべきか決定されるのである。

"Advanced population"においては、毎年1作、全系統について、"Companion nurseries"が実施される。よって、害虫、病害抵抗性、密植Nurseryから、個々の"Advanced population"の全系統の品程としての性能についてデータが毎年つくられることになる。

(5) “Advanced Unit” を構成するトウモロコシ集団

表-6 に整理された “Advanced Unit” を構成するトウモロコシ集団は、1966年のCI MMYTの設立以来、1974年までのトウモロコシ育成事業を通して育成されてきたものである。

次に個々のトウモロコシ集団の簡単な説明を試み、下記の “国際的な検定試験事業” で、これらの “population” や、それから選抜された試作品種：(experimental varieties)、優秀試作品種 (Elite experimental varieties) の、世界各地における生産力：(performance) について、データを添えて説明する。

(1) Tuxpeño 1 : 熱帯低地向け、白色デント種。

比較的茎葉部分の繁茂が目立ち、中晩性で、育種選抜される以前のオリジナルな Tuxpeño 在来種に比べると草丈は相当に低くなっている。この品種は、大部分のトウモロコシ茎葉の病気にかかなりの耐性：(tolerance) をもっている。

表-6 “Advanced Unit” を構成するトウモロコシ集団、1974

Name	Maturity	Grain color	Grain texture
<i>Tropical lowland</i>			
Tuxpeño 1	late	white	dent
Mezcla tropical blanco	late	white	dent
Braquíticos	late	white	dent
Tuxpeño Caribe - 1	late	white	dent
Tuxpeño x La Posta o2	late	white	soft dent
La posta	late	white	dent
AED x Tuxp. P.B.	late	white	dent
Tuxpeño Caribe - 2	late	white	dent
(Ant. 2 D x AED) Kitale II	late	white	dent
Amarillo Dentado - 2	late	yellow	dent
Cogollero	late	yellow	dent
Amarillo Cristalino - 1	late	yellow	flint
Mix. 1 x Col. Gpo. 1 ETD	intermediate	white	dent
Blanco Cristalino - 1	intermediate	white	flint
White H.E. o2	intermediate	white	flint
Ant. x Ver. 181	intermediate	yellow	dent
IDRN	intermediate	yellow	dent
Mezcla Amarilla	intermediate	yellow	flint
(Ver. 181 x Ant. Gpo. 2) x (Venz. 1) o2	intermediate	yellow	flint
Compuesto K (H.E.) o2	intermediate	yellow	flint
Yellow H.E. o2	intermediate	yellow	flint
<i>Temperate</i>			
Blancos Pakistan	intermediate	white	dent
Amarillo Subtropical	intermediate	yellow	dent
Blanco Subtropical	intermediate	yellow	dent
ETD x Illinois	intermediate	yellow	dent
Amarillos Pakistan	intermediate	yellow	dent
Compuesto de Hungría	intermediate	yellow	dent

- (2) *Mezcla Tropical Blanco*: 熱帯低地向け、白色デント、フリントの混合種。  
中晩性である。相当に幅広い遺伝的ベースをもっているため、その国、その地域での育種選抜を開始する場合、採用される基本集団として適している。熱帯低地に発生する大部分のトウモロコシ茎葉の病気に対して比較的耐性をもっている。
- (3) *Banco Cristalino - 1*: 熱帯低地向け、白色フリント種。  
中生から極早生までの熟期の幅があり、比較的短稈である。大半のトウモロコシ茎葉の病気に耐性を持ち、害虫に対しても、ある程度の耐性を示す。他の他くの熱帯トウモロコシに比べて茎葉部分の割合が少ない特徴をもつ。
- (4) *Ant. × Ver. 181*: 熱帯低地向け、黄色セミ・デント種  
草丈は、他の熱帯トウモロコシに比べて中位で、熟期は中生である。熱帯低地の普遍的な茎葉の病気にかかなりの耐性をもっている。
- (5) (*Mix. 1 × Col. Gpo 1*) *Efo*: 熱帯低地、亜熱帯向け、白色セミ・フリント種  
熱帯トウモロコシの中では、短稈の部類に入り、熟期は中生から早生である。熱帯低地に普通に見られるトウモロコシ茎葉の病気の大半に耐性をもっているが、“Southern leaf blight” (*Helminosporium maydis*) に対しては、例外的に、他の熱帯トウモロコシよりも罹病しやすい。
- (6) *Mezcla Amarilla*: 熱帯低地向け、黄色セミ・フリント種であるが、まだ低いパーセントで分離している白色穀粒が混っている。熟期は中生で、比較的草型が小型で、茎が他の熱帯トウモロコシに比べて、細い傾向がある。カリブ海沿岸地方の在来種が基本集団となっていて、大半の茎葉の病気に対して耐性をもつ。
- (7) *Amarillo Cristalino - 1*: 熱帯低地向け、黄色フリント種  
“Eto”、“Cuban”、“Tuxpeno”が、この品種の基本集団となっており、中位の草型で中晩生である。大半の茎葉の病気に対して耐性をもつ。
- (8) *Amarillo Dentado*: 熱帯低地向け、黄色デント種  
この品種の基本集団は、“Tuxpino”、それにカリブ海沿岸、中央アメリカ、ブラジルからの在来種で成り立っている。  
幅広い遺伝的ベースを持ち、まだ種々の形質について、かなりの変異を有している。しか

し全体的に観た場合、草型は中位で中晩生である。大半の茎葉の病気に耐性を示す。

- (9) *Tuxpeño Caribe* : 熱帯低地向け品種で、白色デント種の“*Tuxpeño*”と黄色フリント種のキューバ在来種を混成し、その分離から白色穀粒、短稈性について選抜したものである。中晩性で大半の茎葉の病気に耐性を示す。
- (10) *Blanco Cristalino* : 熱帯低地向け、白色フリント種、中晩生短稈種の部類に入り、大半の茎葉の病気に比較的耐性を示す。
- (11) *Braquitico* : 基本集団の大半を *Tuxpeño* 系統として、“*brachytic-2*” トウモロコシに転化された混成品種：(Composite) で、晩生である。穂の穀粒は、大部分が白色デントであるが、少数のカリブ海沿岸地方の在来種が入っているため、少数の黄色穀粒を含んでいる。
- (12) *Eto Blanco* : 熱帯低地、亜熱帯向け、中晩生、かなりの硬さをもつ白色フリント種。草丈は比較的短くなっており、大半のトウモロコシの茎葉の病気に對して、比較的耐性を示す。
- (13) *Amarillo Subtropical* : 基本集団として、キューバのフリント型在来種、“*Eto Amarillo*”、“*Tuxpeño*”、それにコーン・ベルトのデント種が少数入っている。どちらかという、熱帯トウモロコシに近い特性をもつ。草丈は中位、大部分黄色セミ・デント種であり、多数の形質について遺伝的変異を豊富に含んでいる。
- (14) *Blanco Subtropical* : “*Amarillo Subtropical*” の基本集団の他に、ネパール、インド、からの在来種を基本集団として含む、白色セミ・デント種について選抜されたものであるが、まだ変異に富んでいる。草丈は中位で、熟期は中生である。
- (15) *Antiqua × Rep. Dominicana* : 熱帯低地向け、黄色デント種、中生から早生。草丈は比較的低く、“*Stunt*” にかかなりの抵抗性を示す。
- (16) *Cogollero* : 熱帯低地、亜熱帯向け。赤色がかった黄色のセミ・フリント、セミ・デント混合種、熟期は中生から晩生まで、草丈は4位から高いものまで変異を有している。カリブ海沿岸地方在来種の混成品種：(Caribbean Composite) に由来して、幅広い遺伝的ベースをもった品種である。大半のトウモロコシ茎葉の病気に耐性を示すが、“*Fell*

-armywormi" (Spodoptera frugiperda) に対する抵抗性は低い。しかし高い潜在生産力を有している。"Fall-armyworm" は西語で "Cogollero" と呼び、そのためこの名がついた。

(17) Tuxpeno O<sub>2</sub>: 熱帯低地、亜熱帯向け、白色デント、晩生種である。

草丈は中位で、穀粒のタンパク含量、トリプトファン含量、リジン含量は、それぞれ 9.5%、1.0%、4.5% である。

高い潜在生産力を有し、大半の茎葉の病気に耐性をもっている。

(18) PD(MS)6 H.E.O<sub>2</sub>: PD(MS)6. Hard Endosperm Opaque-2

熱帯低地向け。

中生から晩生である。キューバのフリント型在来種を基本集団として育成されたもので、草丈は中位である。

(19) Yellow H.E.O<sub>2</sub>: (Yellow Hard Endosperm O<sub>2</sub>)

熱帯低地、亜熱帯向け、黄色セミ・フリント種で、熟期は中性で、草丈は中位である。幅広い遺伝的ベースをもった品種で、穀粒のタンパク含量、トリプトファン含量、リジン含量はそれぞれ 9.4%、0.8%、4.7% である。高い潜在生産力を有し、大半のトウモロコシ茎葉の病気に耐性を示す。

(20) White H.E.O<sub>2</sub>: (White Hard Endosperm O<sub>2</sub>)

熱帯低地、亜熱帯向け、白色セミ・フリント種

熟期は中生、草丈は中位である。幅広い遺伝的ベースをもった品種で穀粒のタンパク含量、トリプトファン含量、リジン含量は、それぞれ 9.5%、0.98%、3.8% である。高い潜在生産力を有し、トウモロコシ茎葉の大半の病気に耐性を示す。

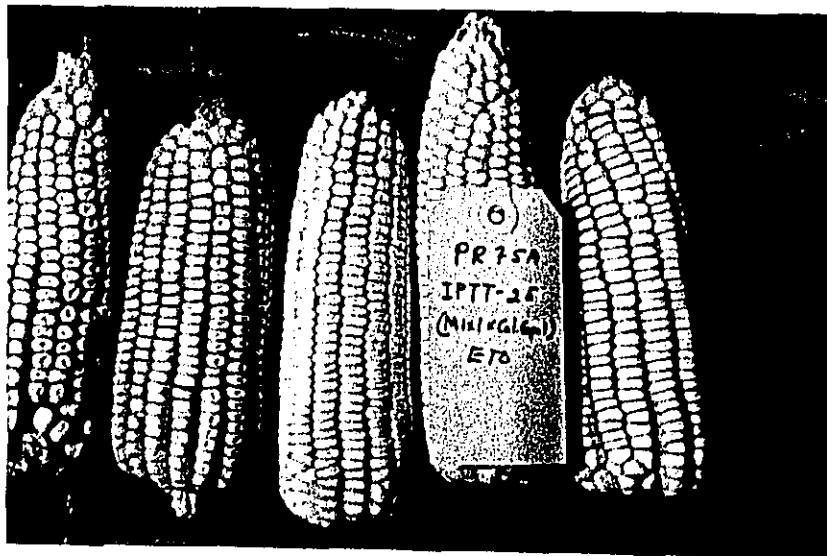
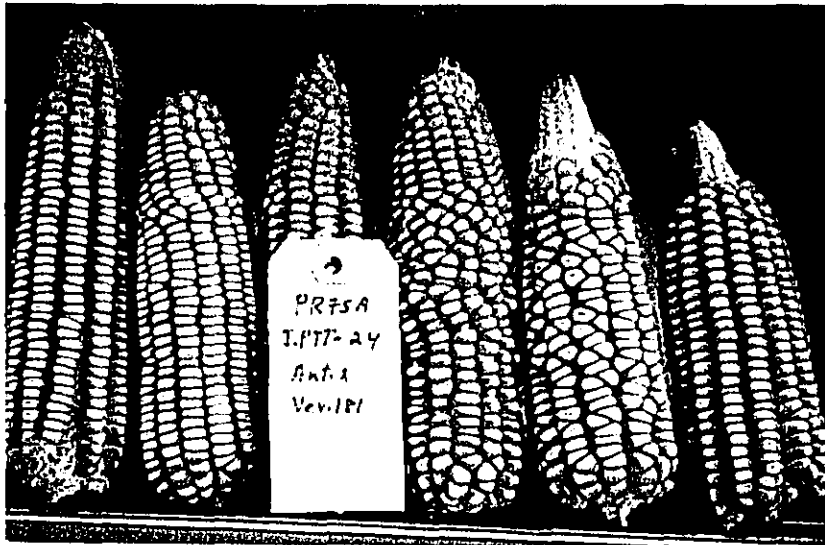
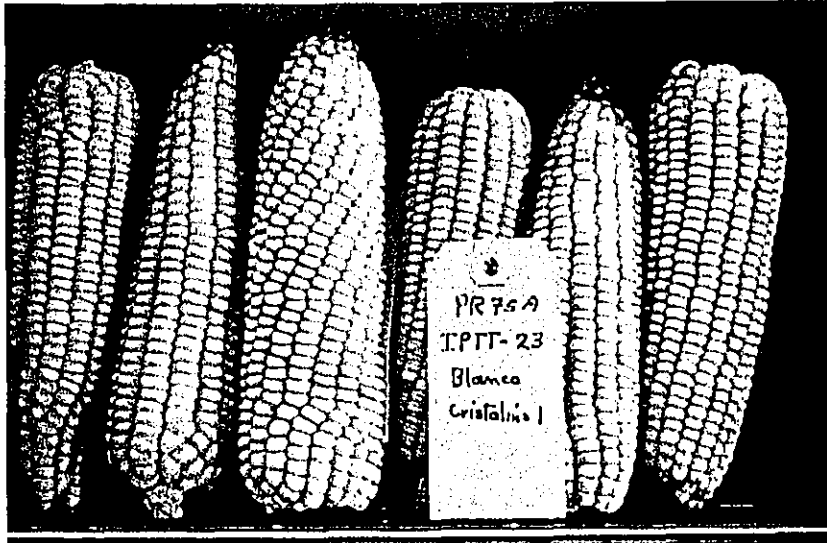
(21) Temperate × Tropical H.E.O<sub>2</sub>

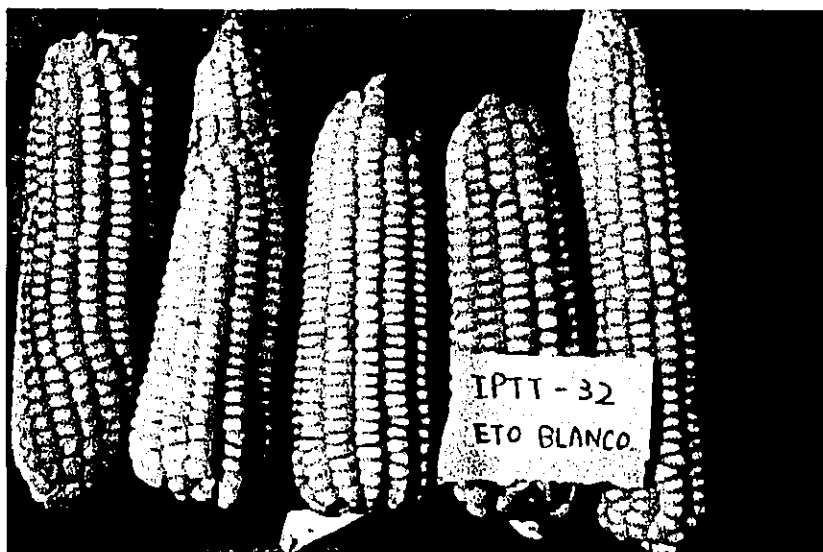
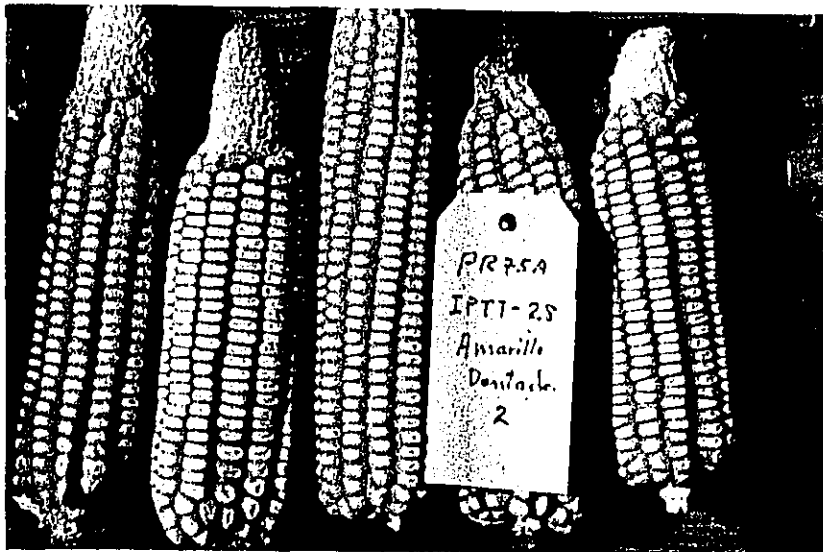
(22) Eto Illinois: "Illinois" トウモロコシ系統群と、"Eto" の混成から短稈性について何世代も選抜されたトウモロコシ集団であり、"Puccinia polysora" と "Holminsporium turcicum" に対する抵抗性(主働遺伝子に支配される)について、まだ分離を示している。

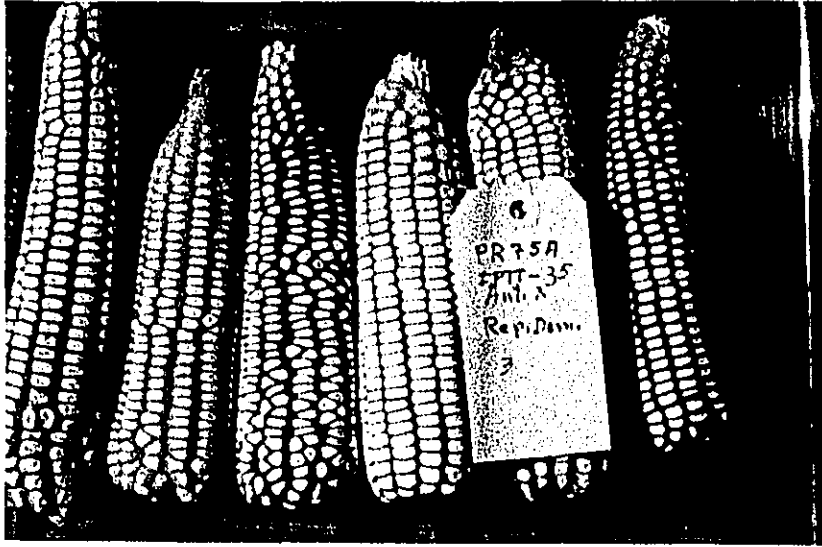
栽培適地は亜熱帯から温帯地域にかけてである。

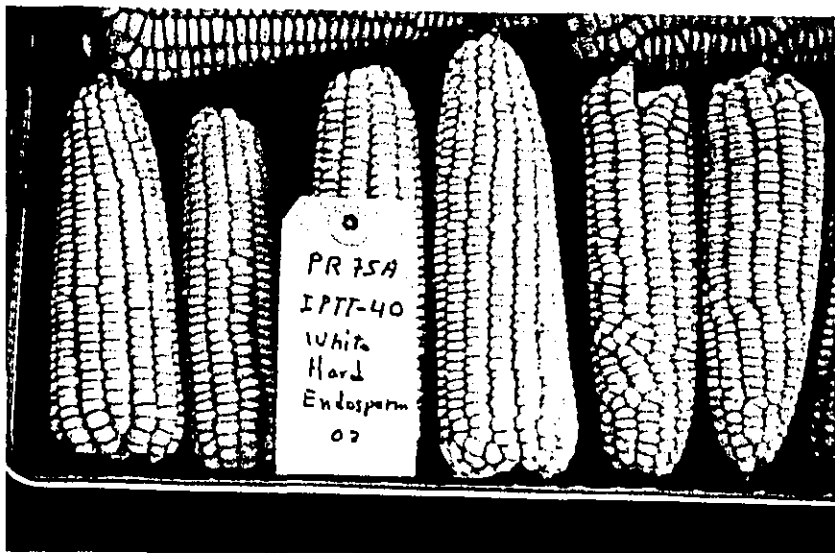
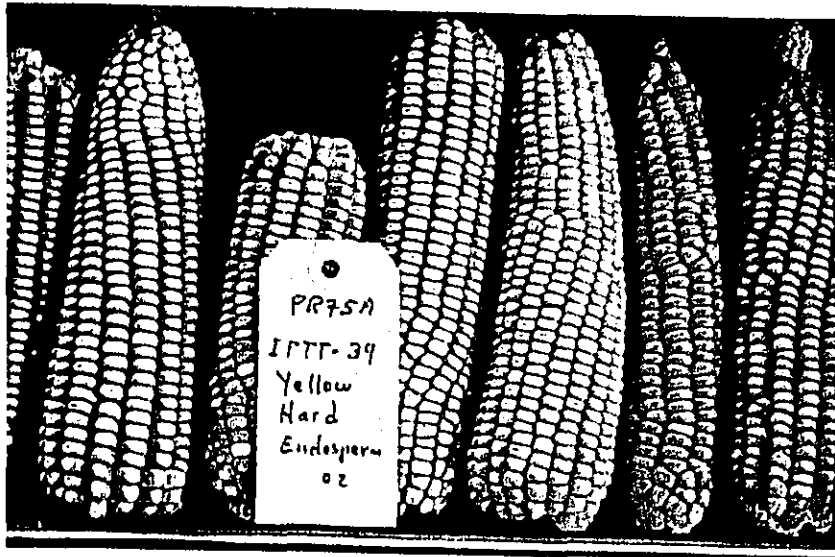


- (23) La Posta: 熱帯低地向け、白色デント型の“Tuxpeño”系統から成る合成品種:  
 (Synthetic)である。かなり草丈が高く晩生である。短稈性について、オリジナルの  
 “Tuxpeño”在来種から2世代だけ選抜されてできたもので、草丈も大型で草勢のすぐれた  
 品種である。
- (24) AED × Tuxpeño: エジプトから導入された“American Early”と、育種選抜されて  
 短稈になった“Tuxpeño”との混成から世代を重ねてできた品種で、かなり草丈が高く、  
 晩生、白色デント種である。トウモロコシの種々の葉の病気や“ear rot”に罹病性であ  
 るが、好適栽培条件下では、優れた生産力を示す。
- (25) Compuesto de Hungria: 亜熱帯～温帯地域向け。黄色デント種  
 米国中央・コーン・ベルト・タイプのトウモロコシと、南部ヨーロッパ在来種との混成ト  
 ウモロコシが基本集団である。好適栽培条件下では、かなりの生産力を示すが、“Pue-  
 cinia Sorghi”と“Helminsporium turcicum”に罹病性である。
- (26) Highland Early White dent: この品種は、中央アメリカ、南米、メキシコ、ネパール  
 パキスタン、フィリピンの高山、高原地域と、米国コーン・ベルトからのトウモロコシ集  
 団によって、成立っており、幅広い遺伝的ベースをもった白色デント種である。熟期は比  
 較的早生の部類に入り、短稈で、潜在的に高い生産力をもっている。
- (27) Highland Early White Floury: この品種は“Cacahuacintle”、“Titicaca”、  
 “Cazeo”および、アンデス地方からの他の粉質(floury)トウモロコシを基本集団とし  
 てつくられたものである。中生から早生で、草丈は中位であり、“ear rot”にやや罹病  
 性である。  
 この品種は、粉質トウモロコシを伝統的に栽培してきたアンデス地方やメキシコの高地に  
 適している。
- (28) Highland early yellow flint  
 この品種は、“Conico”、“Chalqueño”、“Barraza”及びメキシコその他の在来種  
 を基本集団としてつくられたものである。  
 短稈早生で、草丈は中位で、潜在的に高い生産力をもっている。









表一 7 “IPTT” (International Progeny Testing Trial : 後代検定試験) の分布、1975、1976

試験 IPTT 番号	品 種 (トウモロコシ集積)	ア ジ ア						ア フ リ カ						中 央 ア メ リ カ						南 ア メ リ カ						合 計						
		イ ン ド	パ キ ス タ ン	バ イ リ ン	ア フ ガ ニ ヤ	タ イ ラ ン	ネ パ ル	象 牙 海 岸	ナイ ジェ リア	タ ン ザ ニ ヤ	エ ジ プ ト	ガ ナ	ケ ニ ヤ	エ チ オ ピア	コ ス タ リ カ	エル サル バドル	ホン ジュ ラス	ニ カラ グ ア	グ ア テ マ ラ	パ ナ マ	ボ リ バ リア	ボ リ バ リア	メ キ シ コ	コ ロ ン ビ ア	ベ ネ ズ エ ラ		ペ ル ウ	エ ク ア ド ル				
21	Tuxpeno 1	1					1	1	1																			6				
22	Mezela Tropical Blanco	1					1	1																1	1			11				
23	Blanco Crisralino 1	1					1		1															1	1			10				
24	Antigua X Veracruz 181	1								1														1	1			11				
25	(Mix.1 X Colima Gpo.1) X ETO	1								1														1	1			6				
26	Mezela Amarilla	1																										6				
27	Amarillo Cristalino 1	1																										6				
28	Amarillo Dentado	1																										6				
29	Tuxpeno Caribe	1																										6				
30	Blanco Cristalino 2	1																										6				
31	Braquíticos	1																										6				
32	ETO Blanco	1																										6				
33	Amarillo Subtropical	2																										6				
34	Blanco Subtropical	1																										6				
35	Antiguax Rep. Dominicana	1																										6				
36	Cogollero	1																										6				
37	Tuxpeno O2	1																										6				
38	PD(MS) 6. H.E.O2	1																										6				
39	Yellow H.E.O2	1																										6				
40	White H.E.O2	1																										6				
41	Temperate X Tropical H.E.O2	1																										9				
42	ETO X Illinois	1																										6				
43	La Posta	1																										6				
44	AED X Tuxpeno	1																										6				
45	Compuesto de Hungaria	1																										6				
46	Highland Early White Dent	1																										6				
47	Highland Early White Floury	1																										6				
48	Highland Early Yellow Flint	1																										6				
49	Highland Early Yellow Dent	1																										6				
50	Highland Early Yellowco Dent	1																										6				
51	Highland White Floury	1																										6				
52	Highland Yellow Dent	1																										6				
53	Highland Yellow Dent	1																										6				
54	Highland Yellow Dent	1																										6				
55	Highland Yellow Dent	1																										6				
56	Highland Yellow Dent	1																										6				
57	Highland Yellow Dent	1																										6				
58	Highland Yellow Dent	1																										6				
59	Highland Yellow Dent	1																										6				
60	Highland Yellow Dent	1																										6				
合計		15	9	7	5	4	1	2	8	7	9	6	2	1	2	7	8	7	6	10	5	19	8	4	5	10	10	5	8	7	4	119

表-8 "EVT" (試作品種検定試験)と"ELVT" (優秀試作品種検定試験)の分布 1976

試験番号	品種	アジア											アフリカ													中央アメリカ、カリブ海沿岸地域													南アメリカ					その他		合計																				
		スリランカ	インド	タイ	フィリピン	インドネシア	マレーシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア	インドネシア																															
12	Tropical late white dent	1																																				29																												
13	Tropical late yellow dent and flint	1	1	2	1																																29																													
14A	Tropical intermediate yellow flint and dent	1	1	1	1	1	2	2																												36																														
14B	Tropical intermediate white flint	1	1	1	1	2	3																													39																														
15	Hard Endosperm O <sub>2</sub>		1	1	1	1	2			1																										39																														
16	Temperate material	1	1	2	1		2	1	1	1																										26																														
17	Highland material				1					1	1																									21																														
18	Tropical material	1	1	2	1	3	2	1	1	1																										95																														
19	Hard Endosperm O <sub>2</sub>		1	2	1	2		9																												66																														
20	Temperate material	1	1	2	3	1	8	1																												44																														
合計		7	8	15	5	11	10	6	22	2	2	1	1	7	8	4	18	8	2	4	4	4	2	1	10	10	5	2	5	5	1	3	2	2	7	11	9	14	11	8	8	7	7	9	2	2	8	7	8	9	11	1	1	1	2	7	28	14	10	8	10	1	3	1	2	424

EVT12: 1974年と1975年の"IPPT" (後代検定試験)のデータに基づいて、選抜された試作品種で、熱帯低地用、晩生白色デント品種である。基本となっている"Advanced Unit Populations"は、"Tuxpeno-1", "Mezcla Tropical Blanco", "Tuxpeno Caribe", "Braquiticos", "ETO Blanco", "La Posta", "AED X Tuxpeno"である。

EVT13: 1974年と1975年の"IPPT"データに基づいて、選抜された試作品種で、熱帯低地用晩生黄色デントおよびコリント品種である。基本となっている"Advanced Unit populations"は、"Amarillo Cristalino 1", "Amarillo Dentado", "Cogollero"である。

EVT14A: 1974年と1975年の"IPPT"データに基づいて選抜された試作品種で熱帯低地用中生、白色フリント品種である。基本となっている"Advanced Unit Populations"は"Ant. X Ver. 181", "Ant. X Rep. Dominicana", "Mezcla Amarilla", "IDRN"である。

EVT14B: 1974年と1975年の"IPPT"データに基づいて選抜された試作品種で、熱帯低地用中生白色フリント品種である。基本となっている"Advanced Unit Population"は、"Blanco Cristalino 1", "Blanco Cristalino 2", "(Mix. 1 X Colima. Gpo 1) ETO", "ETO Blanco"である。

EVT15: 1974年と1975年の"IPPT"データに基づいて選抜された試作品種で、"Hard Endosperm O<sub>2</sub>" (硬質胚乳高タンパク品種)である。基本となっている"Advanced Unit Populations"は、"Tuxpeno O<sub>2</sub>", "Yellow H.E.O<sub>2</sub>", "White H.E.O<sub>2</sub>"である。

EVT16: 1974年と1975年の"IPPT"データに基づいて、選抜された試作品種で、温帯、亜熱帯地域用品種である。基本となっている"Advanced Unit Populations"は"Amarillo Subtropical", "Blanco Subtropical", "ETO X Illinois", "Compuesto de

Hungaria"である。

EVT17: 全部で16種のトウモロコシ集団から構成される真地用品種である。

ELVT18: "Advanced Unit Populations"のうち"Tuxpeno 1", "Mezcla Tropical Blanco", "Blanco Cristalino 1", "(Mix. 1 X Colima Gpo. 1) ETO", "Mezcla Amarilla", "Amarillo Cristalino 1", "Amarillo Dentado 2", "Tuxpeno Caribe 1", "IDRN", "Cogollero", "La Posta"が基本集団となった。熱帯低地用優秀試作品種である。

ELVT19: "Advanced Unit Populations"のうち、"Tuxpeno O<sub>2</sub>", "Yellow H.E.O<sub>2</sub>", "White H.E.O<sub>2</sub>", "Composite K (H.E.) O<sub>2</sub>"を基本集団とした硬質胚乳高タンパク優秀試作品種で、熱帯低地用品種である。

ELVT20: "Advanced Unit Populations"のうち、"Amarillo Subtropical", "Blanco Subtropical", "ETO X Illinois", "Amarillo Pakistan"を基本集団とした亜熱帯から温帯地域向け優秀試作品種である。

(29) Highland Early yellow dent:

この品種は、遺伝的に(26)の“Highland white dent”と同じ基本集団から成り、単に黄色デン種の穀粒だけを選抜したものである。短稈早生で高地用トウモロコシとして適している。

(30) Highland white floury: より幅広い遺伝的ベースをもっていること以外は、基本的に(27)の“Highland white floury”と同じである。熟期は中生から晩生で、草丈も中位である。

“ear rots”に比較的耐性を示す。

(31) Highland yellow dent: この品種は、数多くの温帯地域と、高地トウモロコシ在来種を基本集団としており、より幅広い遺伝的ベースをもっている。熟期は中生から晩生で、草丈も中位から高いのまでである。

“ear rots”と倒仗に比較的耐性を示す。

以上31種のトウモロコシ集団が1976年までに、CIMMYTのトウモロコシ事業の“Advanced Unit populations”として育成され、IPTT: (International progeny testing trial)として、世界各地、個々の“population”につき6カ国、合計50カ国以上にわたって、検定試験され、その結果をもとにして、次の段階である試作品種(experimental varieties)、優秀試作品種:(elite experimental varieties)が選抜され、再び世界各地で栽培試験された。

#### G インターナショナルは検定試験事業

各国のナショナル・プログラムとの共同作業として、例年のように、CIMMYTは1975年から1976年にかけて、世界各地にわたる223の“IPTT”(後代検定試験)と、396の“EVT”(試作品種検定試験)および、205の“ELVT”(優秀試作品種検定試験)を行った。表-7、表-8参照。

このような各種の検定試験を通じて、各国のナショナル・プログラムは、自国の特殊事情に一致した優秀試作品種を選択し、うまくいけば、直接自国の奨励品種として導入する機会をもつことになり、また、特定品種のいろいろな地域における生産力が明らかとなり、そうして得られる種々のデータは、その他のプログラムにとっても、利用価値があり、よって、CIMMYTの実施する世界的規模の検定試験事業は、真の協力事業と言えよう。

以上のように、CIMMYTは、数多くのインターナショナルはトウモロコシ検定試験を実施



しているが、必ずしも、その試験結果の全部が、有効なデータとなって、CIMMYTに返送されてはいない。これは主に、北半球とは逆になる。南半球における播種期であったり、平年にならない異常気象により、圃場試験がダメになったり、また航空輸送の途中紛失したりして、データにならなかつたり、適時にCIMMYT本部に届かなかつたりするからである。

しかしながら、試験された各種トウモロコシのそれぞれの地域における生産力などのデータを、できるだけ早急に整理し、それを各国のナショナル・プログラムや、その多くの興味ある研究機関などに配布するためにも、できるだけ多くのデータが、適時に、CIMMYT本部に返送されなければならない。

そのためにも、メキシコ以外の国々での圃場試験観察や、ミーティング参加のため、CIMMYTスタッフの海外出張が頻繁に行われている。スタッフの海外出張により持ち帰られた所見報告は次のとおりである。

- (1) CIMMYTの世界各地にまたがる検定試験事業は“戦略”としては、有効であるが、もしこれらの試験に使用されるトウモロコシの植付や、生育状態の観察記録などが適正になされなければ、このインターナショナルは試験事業は無益である。したがって、定期的スケジュールにもとづいた、CIMMYTスタッフの海外出張によって、この問題は転減されるであろう。
- (2) メキシコから航空便で送られる種子は、多くの国の場合、播種期に間に合わずに届いており、このことは、言うに及ばず、試験結果のデータのいくらかは、もどってこないことを意味している。
- (3) CIMMYTで改良されて各国に郵送されるトウモロコシは、場合によっては、その地域において、熟期が2週間も遅れているので、不適である。“CIMMYT”は現在、そのインターナショナルな試験事業のため、トウモロコシの熟期指標：(maturity Index)を作成しつつあり、ゆくゆくは、その熟期指標をもとにして、例えば、メキシコのポサ・リカで植付から開花までに55日を要する品種が、インドのニューデリーでは、何日間を要するかを知ることができるようになるだろう。

さて、世界各地における後代検定：(IPTT)の結果、各試験地ごとに、250系統からなる各トウモロコシ集団から、生産力、その他の形質について、もっともすぐれた系統と、同時に各試験地を通して、平均的に優れた生産力を示した系統が、合計およそ10系統判定され、CIMMYTの種子調整室に前年から余分に貯蔵されていた。これらの10系統の種子が、基びメキシコのCIMMYT試験場で植付けられ、その10系統内で、可能な限り多くの交配がなされて得られる種子が混合されて、“EVT”：EVTから“ELVT”：(優秀試作品種)の選抜、種子増殖についても、同じような操作がとられる。

このようにして選抜され、増殖された種子は、CIMMYT本部の種子調製室において、“Furadan”、“Thiran”で被覆処理された後、各IPTT、EVT、ELVT試験地へ郵送される。メキシコで、CIMMYTが行うIPTT、EVT、ELVT試験は、ヘクタール当りN 200 Kg（播種前、畦下施肥100Kg+追肥畦筋施肥100Kg）と播種前のヘクタール当りP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80 Kgの施用と、播種直後の除草剤：“Atrazine”の撒布と灌水を受ける。

(1) “IPTT”、“EVT”、“ELVT”の検定試験実施方法

(i) “IPTT”：(International Progeny Testing Trial:後代検定試験)、1976  
試験区の配列：

すでに述べられてきたように、各々の“IPTT”は250の供試後代系統と、比較用品種としてその試験地域の代表的6品種（在来種、Hybrid品種を問わず）との合計256のエントリーから成り立っている。

試験区の配列は、2回反復の16×16単純格子型配列法：(Simple lattice design)を採用する。

試験区の大きさ：

一畦一系統（または一品種）5mを基本とし、畦間75cm、畦上の株間50cm、一畦播種種子数は22ケとし、よって一株2本立て、一畦全体で22本立てとする。

収量測定のための収穫方法：

これらの一畦一系統5mの全株から穂を収穫する。

比較用品種：

比較用品種としては、その試験地域の代表的な6品種が供試され、“IPTT”の250供試系統に続けて、251、252、253、254、255、256とエントリー番号がつけられる。フィールド・ブックには、これらの比較用品種もハッキリと記入され、それぞれの試験成績が記録されて、CIMMYTへ返送されることになる。

試験圃の栽培管理

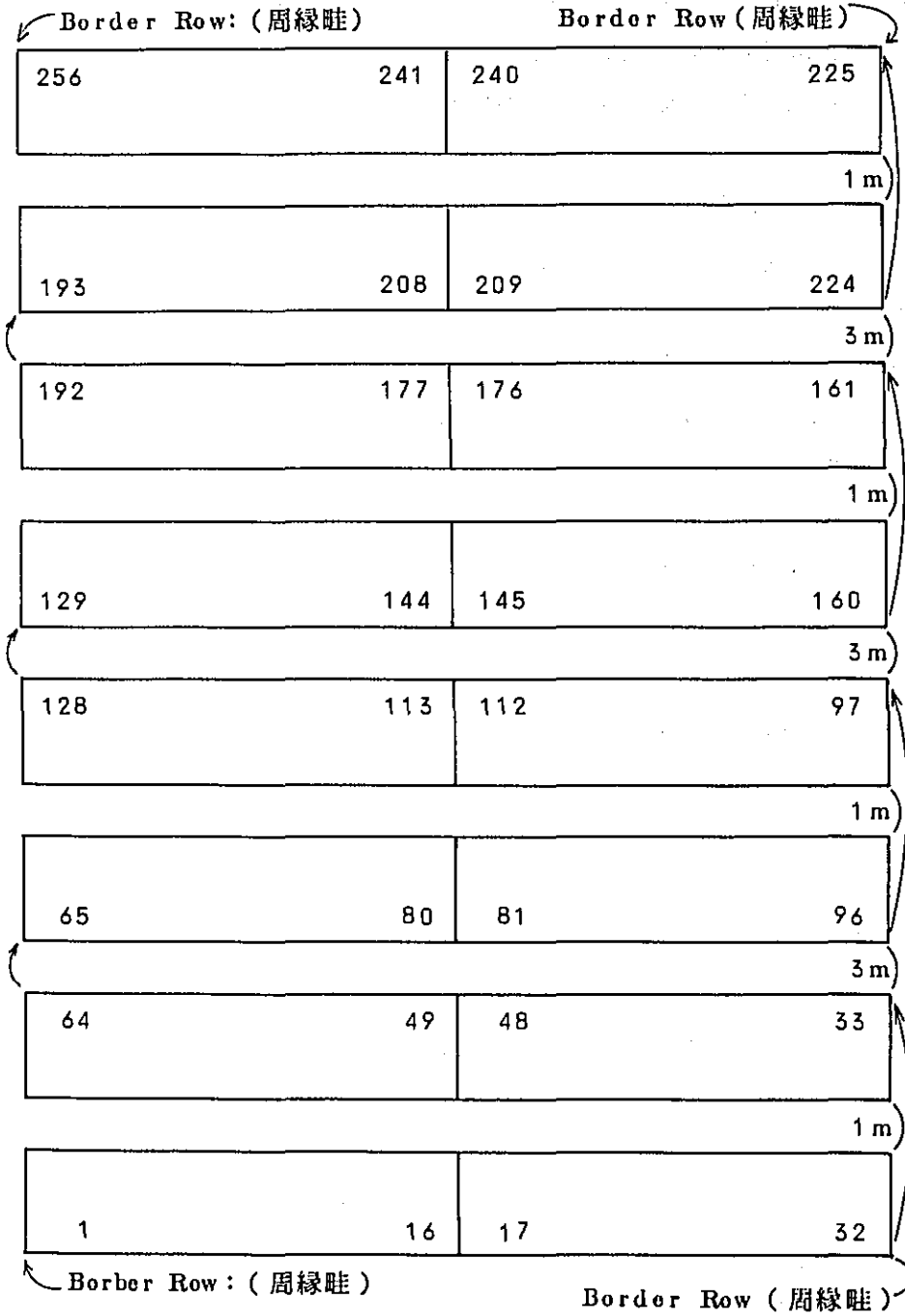
生産の増大は、一般的に言って、施肥、その他のより良い栽培管理に良好な反応を示す品種の選抜育成によって、もたらされるのであるから、試験圃は、施肥、必要ならば灌水など、適正な栽培管理がなされなければならない。

作物を害する昆虫、鳥獣からの保護：

試験圃が、これらの害虫や鳥獣に自由にさらけられていたのでは、均一性に問題があり、したがって、適当な薬剤撒布などによって処理し、より信頼性のある試験データが得られるようにする。

16 × 16 單純格子型配列：(Simple lattice design)

見取圖 (一回反復)



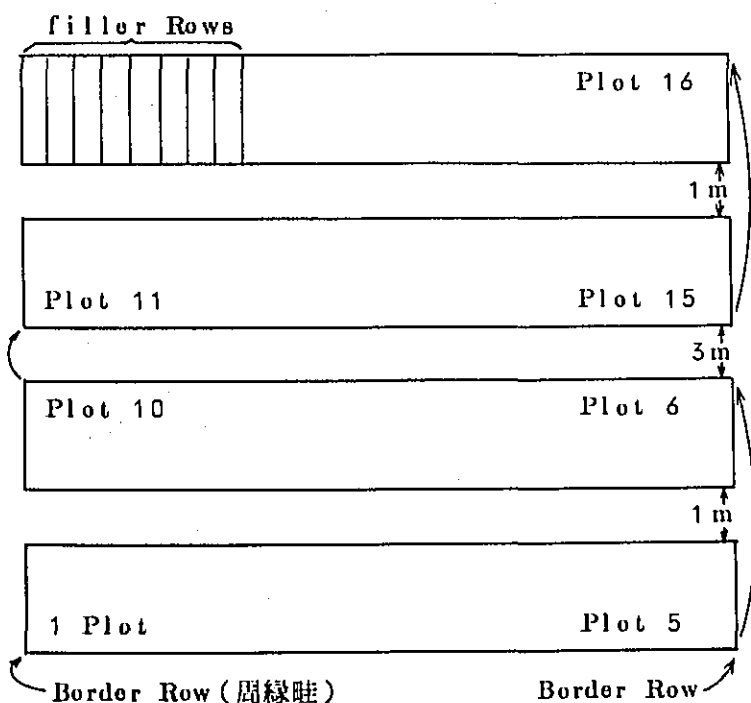
(ロ) “EVT” (試作品種検定試験) と “ELVT” (優秀試作品種検作試験)、1976

試験区の配列:

EVT番号	エントリー数	比較用品種数	試験区配列法	反復回数	畦数/試験区
12	36	3	6×6単純格子型配列	4	4
13	13	2	任意配列ブロック法	4	4
14A	18	2	〃	4	4
14B	25	2	5×5単純格子型配列	4	4
15*	25	2	〃	4	4
16	25	2	〃	4	4
17	17	1	任意配列ブロック法	4	4
ELVT番号					
18*	21	1 or 2	任意配列ブロック法	4	4
19	10	2	〃	4	4
20	8	2	〃	4	4

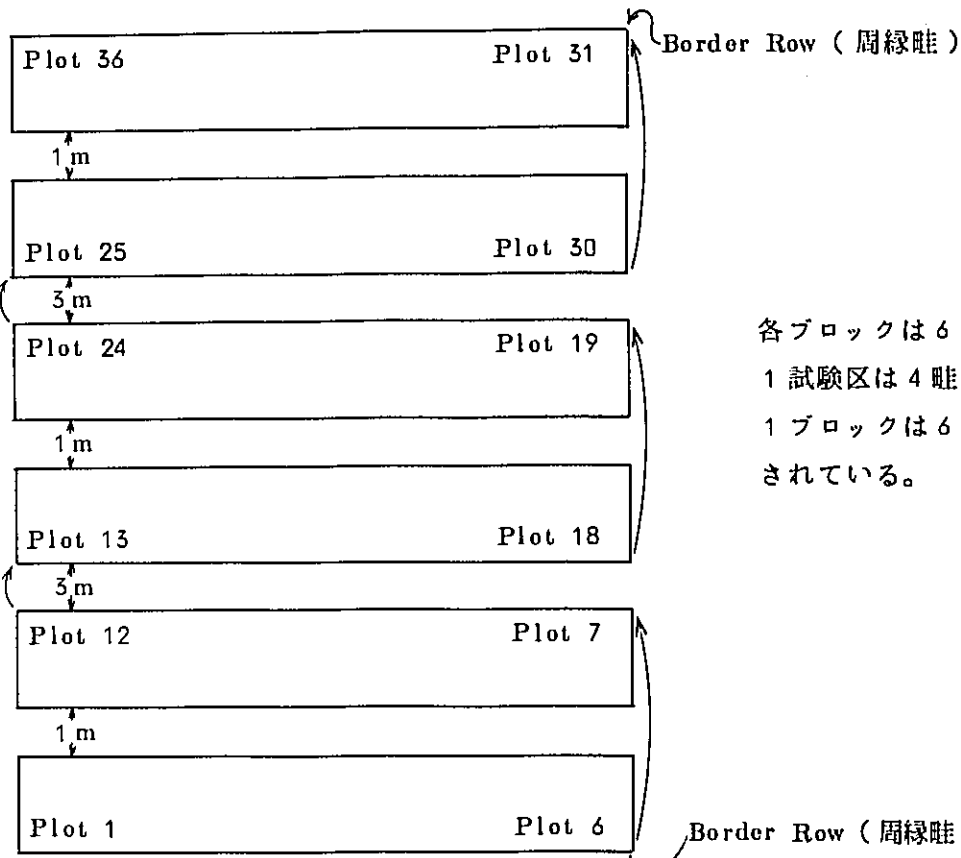
※注釈: “EVT” 15と“ELVT” 19は、高タンパク品種 (Opaque-2トウモロコシ) だけのエントリーから成り立っており、それぞれ比較用2品種が供試されている。この場合、比較用2品種のうち、1つはその試験地域の高タンパク品種で、他の1つはやはりその地域の普通トウモロコシであるべきで、普通トウモロコシは、花粉が飛散する前に除雄されなければならない。

任意配列ブロック法の圃場見取図、一回反復 for EVT13, 14A, 17



下段より最初の3ブロックは、それぞれ5つの試験区から成り、1試験区は4畦から成っているので、1ブロックは $4 \times 5 = 20$ ヶの畦で成り立っていることになる。上段4番目のブロックはEVT17の場合だと、2試験区8畦から成り立つことになる。

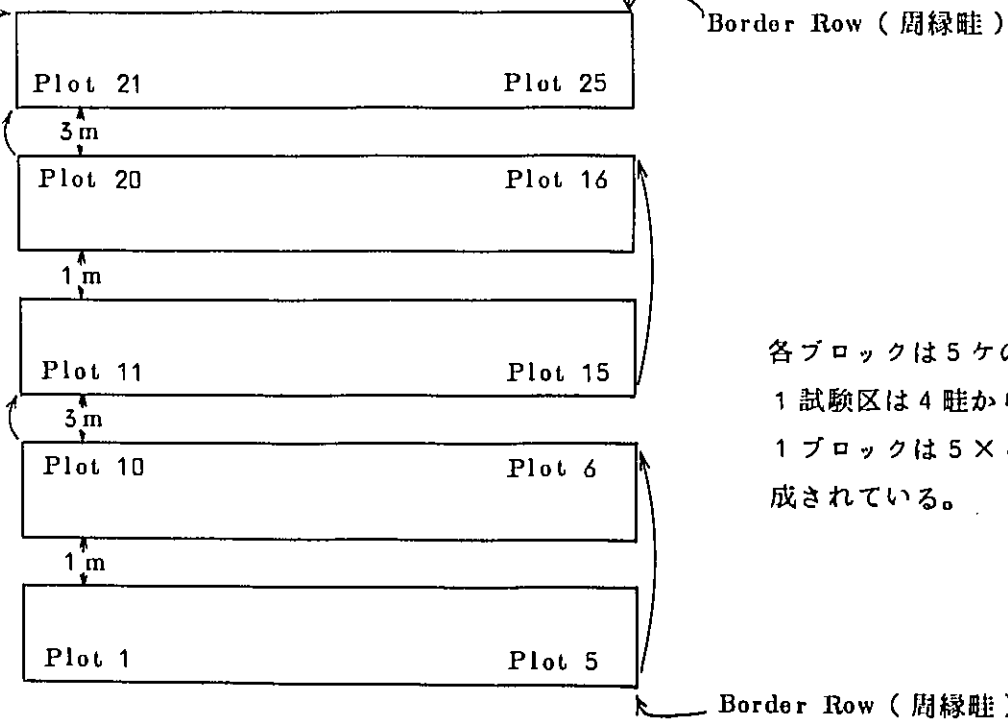
6 × 6 単純格子型配列法の圃場見取図、一回反復、for EVT12



各ブロックは6ヶの試験区から成り、  
1 試験区は4畦から成っているので、  
1ブロックは6 × 4 = 24の畦で編成  
されている。

5 × 5 単純格子型配列法の圃場見取図、一回反復、for EVT14 B、15、16、

Border Row (周縁畦)



各ブロックは5ヶの試験区から成り、  
1 試験区は4畦から成っているので、  
1ブロックは5 × 4 = 20の畦から編  
成されている。

## （ハ） 試験データの記録

試験圃を占める、供試系統または供試品種の全部が、全反復数にわたって、次に示すような形質や特性について、記録されなければならない。この場合、特に病害の抵抗性、罹病性の度合など図-7、図-8、図-9に示されているような“Rating Scale”を基準にして、明確にフィールド、ブックに記入されなければならない。というのは、記入された数字があやふやであった時など、コンピューターが読み取れず、せっかくのデータが無意味になってしまうからである。

### 開花までに要する日数：

発芽から、植物体本数の50%以上が絹糸抽出した時までの日数

### 草丈と穂の高さ：

センチメートル単位で長さが印された棒ものさしを、畦中央付近にある植物体の根元にあてがい、止葉節までの平均の高さを読み、これを草丈とし、一方、穂の高さは、同じく根元から最上部の着穂節までの高さである。

### 根と茎の倒伏：

収穫1週間前に、実際に根倒伏した本数と茎倒伏した本数を記録する。

### 収穫本数：

収穫直前に、実際に収穫される各試験区当りの本数を記録する。

### 圃場重量：(field weight)：

各試験ごとに、全ての穂を収穫し、例えば4.5 Kg、2.0 Kg、0.8 Kgのように、少数点第1の位までKgで読み、それを圃場重量として記入する。

### 穂腐れ：(Ear Rots)：

各試験区ごとに、全ての穂を収穫した後、図-7、図8に基づいて、穂腐れ度合のスコアを読む。スコア1は穂腐病に全くおかされていない健全穂であることを意味し、スコア5は、激しく罹病した穂であることを意味する。

### 水分含量：

これは、収穫された時点の穀粒の水分含量(%)で、例えば25.4、19.8のように、小数点第1の位まで測定して記入する。

葉の病害：絹糸抽出後、3~4週間後に、図-9に基でいて、病気に対する抵抗性、罹病性が判定され、1から5までのスコアで記録される。

### 茎腐れと萎縮病：(Stalk Rot and Stunt)

これらの病気にかかった、実際の植物体本数を記入する。

穂の形状：(Ear Aspect)：

収穫した穂を各試験区の前に広げ、受けた病虫害の度合、穂の大きさと均一性、穀粒の充実具合などを考慮して1(=best)から5(=poor)までのスコアで記入する。

胚乳硬質度合：(Endosperm Hardness)：

これは、高タンパク品種(Opaque-2 トウモロコシ)に限って、採用されるもので、1(=硬質穀粒)から5(=軟質穀粒)までのスコアで記入される。

(二) 試作品種の選抜命名と各地におけるその収量試験結果

さて、これまでの説明で種子銀行→“Back-up Unit”→“Advanced Unit”→“IPTT”→“EVT”→“ELVT”の育種過程を経て、優れた改良品種が選抜されてくることになり、それぞれの段階における育種の具体的な方法、“IPTT”までの段階の各トウモロコシ集団の品種としての名前、それに国際的な“IPTT”、“EVT”、“ELVT”の検定試験実施方法及び試験データのとり方などが理解されたと思う。

次には、1973年から、1975年にかけての“IPTT”データに基づいて作り出され、試験地と試験実施年度と“IPTT”番号の組合わせによって命名される、全試作品種と、その各試作品種の世界各地における、収量、草丈、開花(絹糸抽出)までに要する日数、病虫害抵抗性の度合など紹介する必要があるのだが、全部調べて紹介するとなると紙面を何百ページも使うことになるので、ここでは、単に1975年の“IPTT”データに基づいて選抜命名されて、各“EVT”のエントリーとなった試作品種と、1976年、世界各地で実施された。これらの試作品種の試験結果(収量のみ)を、各“EVT”ごとに表にまとめるだけにとどめた。詳しくは次の別添資料を参照してもらいたい。

- ① “Maize Program, 1975 Preliminary Report, International Progeny Testing Trials and Experimental Variety Trials”
- ② “Maize Program, 1975 Supplementary Report, International Progeny Testing Trials and Experimental Variety Trials”
- ③ “Maize Program 1975 International Progeny Testing Trials and Experimental Variety Trials (Addendum to Supplementary Report)”
- ④ “Maize Program 1976 Preliminary Report, International Progeny Testing Trials, Experimental Variety Trials and Elite Variety Trials”.

表一 9 “EVT12”を構成する試作品種の選抜命名(1975)と各地におけるその収量試験結果(1976)

試験 (IPTT) 番号	1975年 後代決定試験				1976年 試作品種決定試験 (EVT)の収量成績 (kg/ha)							平均収量
	トウモロコシ集団	試験地	国	選抜命名された試作品種	Guatemala Cuyuta	Mexico Poza Rica	Egypt Gemeiza	Mexico Obregon	Mexico Tlaltizapan			
21	Tuxpeño 1	Guacamaste	Costa Rica	Guacamaste	7521	4,467	2,462	5,188	4,866	8,098	5,016	
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica	2521	4,893	2,085	5,923	5,173	8,909	5,397	
22	Mezcla Tropical Blanca	Palmira	Colombia	Palmira	7522							
		Maracay	Venezuela	Maracay	7522							
		Guaymas	Honduras	Guaymas	7522	4,653	2,205	5,912	4,470	8,668	5,182	
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica	7522	5,212	2,317	5,978	5,087	8,334	5,386	
29	Tuxpeño Caribe	Across Locations	Across Locations	Across Locations	7522							
		Guaymas	Honduras	Guaymas	7529							
		Feykésédougou	Ivory Coast	Perke	7529							
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica	7529	4,335	2,343	5,434	5,241	7,605	4,991	
31	Braquiticos	Across Locations	Across Locations	Across Locations	7529							
		Cuyuta	Guatemala	Cuyuta	7531/2	4,358 4,236	1,872 2,362	4,354 4,767	5,085 5,415	8,336 7,185	4,797 4,795	
		Managua	Nicaragua	Managua	7531							
		Cotaxtla	Mexico	Cotaxtla	7531	4,965	1,821	4,717	5,221	7,834	4,911	
44	La Posta	Tlaltizapan	Mexico	Tlaltizapan	7531	4,430	1,798	4,365	5,168	8,105	4,773	
		Obregon	Mexico	Obregon	7531	4,007	1,999	5,655	5,423	8,359	5,089	
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica	7531	4,654	1,860	4,214	4,972	8,492	4,838	
		Across Locations	Across Locations	Across Locations	7531	4,420	1,641	4,774	5,193	7,768	4,759	
44	AED X Tuxpeño	Maracay	Venezuela	Maracay	7543							
		Cotaxtla	Mexico	Cotaxtla	7543	4,625	2,171	4,611	5,194	8,633	5,047	
		Obregon	Mexico	Obregon	7543	4,938	2,300	6,247	5,109	7,974	5,313	
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica	7543	5,125	2,143	5,689	4,904	8,499	5,272	
44	AED X Tuxpeño	Across Location	Across Location	Across Location	7543	5,150	1,610	4,626	4,833	8,142	4,872	
		Gemeiza	Egypt	Gemeiza	7544	5,212	1,630	5,968	4,292	6,899	4,400	
		Tlaltizapan	Mexico	Tlaltizapan	7544	3,478	2,045	6,020	4,582	6,839	4,593	
		Obregon	Mexico	Obregon	7544							
44	AED X Tuxpeño	Poza Rica	Mexico	Poza Rica	7544							
		Across Location	Across Location	Across Location	7544	3,662	1,651	6,926	4,435	6,675	4,670	



表一10 “EVT13”を構成する試作品種の選抜命名(1975)と各地におけるその収量試験結果(1976)

試 験 (IPTT) 番 号	1975年 後代 検定 試験				1976年 試作品種検定試験 (EVT) の収量成績 (kg/ha)							平均収量
	Adv. Unit トウモロコシ類型	試 験 地	国	選抜命名された試作品種	Guatemala La Maquina	Panama Tocumen	Jamaica Bodles	Mexico Poza Rica	Mexico Obrejon	Mexico Tlalitzapan		
27	Amarillo Cristalino 1	Pichilingue	Ecuador	Pichilingue 7527	4,750	5,524	5,009	3,506	4,276	7,342	5,064	
		Managua CEIAT Suwan Poza Rica Across Locations	Nicaragua Panama Thailand Mexico Across Locations	Managua 7527 CEIAT 7527 Suwan 7527 Poza Rica 7527 Across 7527								
28	Amarillo Dentado	San Ramon	Peru	San Ramon 7528	5,161	5,761	5,679	3,491	5,595	8,216	5,594	
		Guanacaste San Andres Suwan Ludhiana Poza Rica Across Locations	Costa Rica EL Salvador Thailand India Mexico Across Location	Guanacaste 7528 San Andres 7528 Suwan 7528 Ludhiana 7528 Poza Rica 7528 Across 7528								
30	Blanco Cristalino 2	Maracay	Venezuela	Maracay 7530								
		San Andres Cotaxtla Poza Rica Across Locations	El Salvador Mexico Mexico Across Locations	San Andres 7530/1 San Andres 7530/2 Cotaxtla 7530 Poza Rica 7530 Across 7530								
36	Cogo Nero	Pichilingue	Ecuador	Pichilingue 7536	5,252	5,088	5,624	2,888	4,658	6,839	5,058	
		Cuyuta Tocumen Chindwara Poza Rica Across Locations	Guatemala Panama India Mexico Across Locations	Cuyuta 7536 Tocumen 7536 Chindwara 7536 Poza Rica 7536 Across 7536								

表-11 “EVT14A”を構成する試作品種の選抜命名(1975)と各地におけるその収量試験結果(1976)

試 験 (IPTT) Advanced Unitの 番号 トウモロコシ畑	1975年 後代決定試験			1976年 試作品種選抜試験(EVT)の収量成績(kg/ha)							平均収量
	試 験 地	国	選抜命名された試作品種	Panama Tocumen	Jamaica Bodles	Mexico Poza Rica	Mexico Obregon	Mexico Tlaltizapaw			
24	La Maquina	Guatemala	Maquina	5,952	4,730	2,103	4,979	7,058	4,564		
	CEIAT	Panama	CEIAT	4,306	3,944	2,506	4,806	7,352	4,586		
	Obregon	Mexico	Obregon	5,282	4,333	2,424	4,933	6,897	4,774		
	Poza Rica	Mexico	Poza Rica	4,430	4,273	2,521	5,061	6,606	4,578		
	Across Locations	Across Locations	Across	5,409	4,124	2,203	4,849	7,197	4,756		
26	Ferkésédougou	Ivory Coast	Ferke								
	Ludhiana	India	Ludhiana								
	Poza Rica	Mexico	Poza Rica	4,703	4,250	2,256	4,670	6,888	4,545		
	Across Locations	Across Locations	Across								
	Tibaitata	Colombia	Tibaitata								
35	Pichilingue	Ecuador	Pichilingue								
	San Andres	El Salvador	San Andres	3,915	3,791	2,227	4,036	5,670	3,928		
	Suwan	Thailand	Suwan								
	Delhi	India	Delhi								
	Poza Rica	Mexico	Poza Rica	4,182	3,867	2,446	4,503	6,233	4,246		
	Across Locations	Across Locations	Across	4,118	4,264	1,846	4,352	5,939	4,103		

表-12 “EVT14B”を構成する試作品種の選抜命名(1975)と各地におけるその収量試験結果(1976)

試験 (IPTT) 番号	1975年 後代 校定 試験			1976年 試作品種校定試験 (EVT)の収量成績 (Kg/ha)						平均収量		
	Advanced Unitの トウモロコシ集団	試験地	国	選抜命名された試作品種	India Pantnagar	Mexico Pasa Rica	Mexico Obregon	Mexico Tlalitzapan	Egypt Gemeiza			
25	Blanco Cristalino 1	Cuyula	Guatemala	7523	Cuyula	2,695	2,895	4,501	7,557	4,590	4,445	
		Gemeiza	Egypt	7523/1	Gemeiza	2,855	2,528	4,897	6,691	5,665	3,394	
		Pirsabak	Pakistan	7523	Pirsabak							
		Across Locations	Across Locations	7523	Across	2,650	3,068	4,733	7,560	5,875	4,777	
		Gemiza	Egypt	7523/2	Gemeiza							
25	(Mix.1 X Colima Gpo.1) ETO	Maracay	Venezuela	7525	Maracay							
		Managua	Nicaragua	7525	Managua							
		La Granja	Philippines	7525	Granja							
		Pirsabak	Pakistan	7525/1	Pirsabak	2,419	3,313	5,359	6,648	4,268	4,401	
		Poza Rica	Mexico	7525	Poza Rica	2,145	3,355	4,901	7,784	5,065	4,649	
30	Blanco Cristalino 2	Across Locations	Across Locations	7525	Across							
		Maracay	Venezuela	7530	Maracay							
		San Andres	El Salvador	7530/1	San Andres							
		San Andres	El Salvador	7530/2	San Andres	3,078	3,104	4,344	8,285	4,670	4,292	
		Cotaxtla	Mexico	7530	Cotaxtla	2,475	3,922	4,550	6,820	4,614	4,456	
		Poza Rica	Mexico	7530	Poza Rica							
		Across Locations	Across Locations	7530	Across	2,527	2,946	4,716	6,126	5,357	4,354	
		Maracay	Venezuela	7532	Maracay							
		Alajuela	Costa Rica	7532	Alajuela							
		Pirsabak	Pakistan	7532	Pirsabak	2,779	3,164	4,703	6,397	4,688	4,546	
30	Blanco Cristalino 2	Obregon	Mexico	7532	Obregon	2,622	3,051	3,807	5,984	3,851	3,863	
		Poza Rica	Mexico	7532	Poza Rica	2,512	2,688	4,630	5,769	4,592	4,038	
		Across Locations	Across Locations	7532	Across							
		Across Locations	Across Locations	7532	Across							

表-13 “EVT15”を構成する試作品種の選抜命名(1975)と各地におけるその収量試験結果(1976)

試験 (IPT) 番号	1975年 世代検定試験			1976年 試作品種検定試験 (EVT)の収量成績 (kg/ha)										平均収量
	Advanced Unit のトクモロコシ集団	試験地	国	選抜命名された試作品種	Panama Tocumen	Jamaica Bodica	Egypt Sakha	India Paninagar	Mexico Poza Rica	Mexico Obregon	Mexico Tlaltizapan			
37	Tuspeno O <sub>2</sub>	Sida	Egypt	Sida	5,278	5,088	2,258	2,871	1,215	4,699	7,275	4,078		
		Ferkesedougou	Ivory Coast	Ferke	5,395	5,067	2,400	2,718	1,682	4,391	6,758	4,059		
		Cotaxtla	Mexico	Cotaxtla	5,091	5,465	2,201	2,422	2,219	4,455	6,566	4,081		
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica	5,473	4,759	5,085	3,083	1,440	4,327	6,748	4,131		
		Across Locations	Across Locations	Across	5,070	5,060	3,302	2,879	2,241	4,532	6,475	4,222		
39	Yellow H.E.O <sub>2</sub>	San Ramon	Peru	San Ramon	4,179	4,808	3,354	2,320	1,986	4,197	6,127	3,853		
		La Maquina	Guatemala	Maquina										
		Ferkesedougou	Ivory Coast	Ferke										
		Suwan	Thailand	Suwan										
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica										
40	White H.E. O <sub>2</sub>	Across Locations	Across Location	Across	5,007	4,701	3,539	2,935	1,468	4,137	6,349	4,019		
		La Miquina	Guatemala	Miquina	5,042	4,775	3,866	2,314	1,914	3,903	5,807	3,941		
		La Granja	Philippines	Granja										
		Poza Rica	Mexico	Poza Rica										
		Across Locations	Across Locations	Across										

表一14 “EVT16”を構成する試作品種の選抜命名(1975)と各地におけるその収量試験結果(1976)

試験 (IPTT) 番号	1975年 後代 検 定 試 験				1976年 (EVT) の収量成績 (Kg/ha)				平均収量
	Advanced Unit のトウモロコシ集団	試 験 地	国	選抜命名された試作品種	Egypt Sakha	India Pantnagar	Mexico Tlaltizapan		
34	Blanco Subtropical	Chimaltenango	Guatemala	7533	2,564	2,715	7,658	4,312	
		Tlaltizapan	Mexico	7533					
		Obregon	Mexico	7533					
		Across Locations	Across Locations	7533					
34	Blanco Subtropical	Siols	Egypt	7534	3,398	2,853	6,599	4,283	
		Tlaltizapan	Mexico	7534					
		Obregon	Mexico	7534					
		Across Locations	Across Locations	7534					
42	ETO X Illinois	Siols	Egypt	7542	3,691	2,939	7,399	4,676	
		Adapazaré	Turkey	7542					
		Tlaltizapan	Mexico	7542					
		Obregon	Mexico	7542					
48	Compuesto de Hungria	Across Locations	Across Locations	7542	4,025	2,975	6,690	4,563	
		Delhi	India	7548					
		Samsun	Turkey	7548					
		Karaj	Iran	7548					
48	Compuesto de Hungria	Tlaltizapan	Mexico	7548	2,822	2,068	5,156	3,349	
		Obregon	Mexico	7548					
		Across Locations	Across Locations	7548					
		Across Locations	Across Locations	7548					
48	Compuesto de Hungria	Delhi	India	7548	1,997	2,009	4,324	2,777	
		Samsun	Turkey	7548					
		Karaj	Iran	7548					
		Tlaltizapan	Mexico	7548					
48	Compuesto de Hungria	Obregon	Mexico	7548	2,646	2,397	4,438	3,160	
		Across Locations	Across Locations	7548					
		Across Locations	Across Locations	7548					
		Across Locations	Across Locations	7548					

## H メキシコにおけるCIMMYTの特別調査研究

国際的な検定試験を伴うこれまでの育種事業を通して、CIMMYTが保有しているトウモロコシに、品種としての欠点や問題が明らかになったり、また各国の特殊事情に合わなかったりした場合、それを解決するために、CIMMYTはメキシコにおいて、特別調査研究：(Special Research Projects)をスタートさせることになっている。

例えば、CIMMYTの保有する全ての熱帯トウモロコシの草丈は、今日まで相当に低くなされているが、今後どのくらいまで草丈の低い熱帯トウモロコシが育成できるものなのか、そして熱帯トウモロコシとして、どのくらいの草丈が適当なのか、現在のところ明らかになっていない。したがって、これらの問いに解答するためCIMMYTは、1つのトウモロコシ集団(Tuxpeño)について、毎世代草丈の低い個体を選抜していく特別調査研究をスタートさせた。その研究成果は将来、CIMMYTのトウモロコシ事業全体に適用されるようになるだろうし、同時に、この研究によって開発される短稈種トウモロコシは、他のトウモロコシ集団の草丈をより急速に低くしていくための母集団となるであろう。現時点でCIMMYTは、熱帯トウモロコシの短稈化：(Shorter plant height)、早生化：(Shorter maturity)、広域適応性：(Wider Adaptation)、能率的穀粒生産：(greater plant efficiency)の4種類の特別調査研究事業を実施している。

### (1) 熱帯トウモロコシの短稈化

CIMMYTは、1968年より、いくらかの熱帯在来種トウモロコシについて、12世代まで短稈性について選抜を続け、オリジナルの在来種より1~1.5mも低い米国のコーン・ベルトのトウモロコシのそれに等しい草丈までに短稈化をすすめて来ている。そこで、今後のこのプロジェクトの目的は収量にマイナスの影響を与えることなく、さらにどのくらいまで短稈化をすすめることができるかを決定することに置かれている。現在までのところ、トウモロコシの短稈化は、耐倒伏性を強め、密植に耐えるという利点を生んでおり、これらの2つの有益な要因により、在来種の普通密植付けよりヘクタール当り2トンの多収が得られるようになっている。

### (2) 熱帯トウモロコシの早生化

CIMMYTの保有するいくらかの優れた熱帯トウモロコシの熟期は、メキシコにおいては問題なくとも、比較的晩生であるために、世界の他のトウモロコシ栽培地域においては、例えば東南アジアにおける稲-稲-トウモロコシの12カ月栽培のような、伝統的な輪作様式に適合しない欠点をもっている。これに対して、CIMMYTは先ず利用可能な世界各地のトウモロコシ早生種を確保し、それらの相互交配を行い、そうして得られる交配種の中から早生で、

農学的に望ましい草型をもつ個体の選抜という育種行程をくりかえすアプローチをもって、この問題の解に取り組んでいる。CIMMYTの“Advanced Unit”を構成するトウモロコシ集団のいくらかは、メキシコにおいては、生育期間の播種から開花までにすでに7日間短縮されており、トウモロコシ早生種の選抜がさらに続けられている。

### (3) 熱帯トウモロコシの広域適応性

8年前から、CIMMYTは、西半球のカナダ北部から、アルゼンチン南部まで、それぞれ気候条件のちがう地域からのトウモロコシの相互間交配を行って来た。これは、寒冷地方のトウモロコシは、熱帯低地では、穂をつけることができず、またその反対に湿潤熱帯のトウモロコシは、寒冷地方や高山地域では、同じく満身に穂をつけないことから、その原因となっている病虫害抵抗性や感光性の問題打破をねらったものである。

現在では、8世代に及ぶ相互間交配により、気候条件がちがっても、満身に穂をつけるようになっており、その中でも最優秀な後代系統は“Advanced Unit”のトウモロコシ集団に、広域適応性をもたせるために“Donor Parent”として利用されうる段階にきている。同時に世界のはほとんどあらゆる地域のトウモロコシに新しい遺伝子を移入するための“Vehicle”として利用されることも可能である。

### (4) 熱帯トウモロコシの能率的穀粒生産

熱帯トウモロコシは、米国コーン・ベルトのトウモロコシと同量の乾物を生産することがわかっているが、最も重要で最終的な収穫物である穀粒の生産という点で米国コーン・ベルトのトウモロコシにかなわないという点が最も大きな問題となっている。これは熱帯地方の高温、多湿、比較的少ない日照条件に原因するものではなく、熱帯トウモロコシ植物体が、そのエネルギーのより多くを茎葉の繁茂に費やし、より少なく穀粒に蓄積させるという非能率性から来る問題であることが明らかになった。そこでCIMMYTは、より能率的な熱帯トウモロコシの開発を期待して、熱帯トウモロコシを特徴づける、①草丈が高いこと、②雄花のサイズが必要以上に大きいこと、③穂より高い部分の群葉が多であることの3つの観点から、温帯トウモロコシの草型に近い個体の選抜育種に努力している。

CIMMYTは、すでに熱帯在来種のトウモロコシを短稈種に仕上げて来たが、それだけでは、まだその短稈種を構成する全ての個々のトウモロコシ植物体の能率を高めたということにはならず、そこで現在、このプロジェクトは、雄花のサイズと穂より高い部分の群葉を小じんまりにすることに選抜努力を傾けている。したがって、果して、熱帯トウモロコシに関して、より少ない茎葉生産は、より多くの穀粒生産につながるかどうか、2、3年後にその結果が明らかになるだろう。

### 3. CIMMYTの高タンパク品質トウモロコシ品種育成事業

開発途上国においては、トウモロコシは、食用されるタンパク総量の50~60%も占めており、そこに住む人々にとっては、欠くことのできない重要な食物となっている。世界の穀物タンパク生産高(約1億6百万トン)のうち、トウモロコシは生産高において、第2位にランクされており、全体の約1/4を占めている。

トウモロコシに含まれるタンパク質は、栄養価の点では、優れているとは言えないが、これは2つの必須アミノ酸であるリジンとトリプトファンの含量が少ないからである。したがって、トウモロコシ・タンパクの不均衡性は、それを消費する人々の不十分なカロリーと不十分なタンパク摂取に結果し、開発途上諸国の低所得トウモロコシ消費家族に栄養不良問題をもたらしている。

このタンパク・ギャップを無くするのに、種々のアプローチがとられているが、その方面の専門家達の意見では、もっとも実際性がある、経済的な解決策となるのは、タンパク含量が高く、肝要な必須アミノ酸のレベルの高いトウモロコシ品種を開発育成することであるということ合意に達している。

したがって、巧みな遺伝的手法によって得られるトウモロコシの改良は、食習慣を変えることなく、また余分な食費をかさむことなく、トウモロコシ常食者に栄養的にバランスのとれた適量タンパクを供給することができるであろうということである。

#### A 開発途上諸国における栄養不良問題

多くの開発途上諸国で、広く一般的に見受けられるタンパク・カロリー栄養不良は、複雑で挑戦的な問題である。推測によると、これらの国々の人々は、5人のうち3人は、彼らの常食物から、バランスのとれた栄養を得ていないと言われている。さらにまた、この問題は、幼児、妊婦、乳母など、その悪影響をもっともひどく受けやすいグループの間で重大な問題となっているが、これは、不十分な食糧と、家族内に存在する食事の順番制と、さらに身体の個々の発育段階に要求される特別な栄養バランスに関する知識不足に原因している。例えば発育中の児童にとっては、カロリーに関連して、大人より比較的多量の窒素が要求されるばかりでなく、それに比例して基本的なアミノ酸の要求が高いことがよく知られている。同時に幼児の頭脳の構造的な発達の約90%までが、妊娠最後の3カ月から、生後2カ年で完了されることも知られていることである。したがって、このように重要な時期の栄養不良は、幼児の高い死亡率の原因となり、身体の発育を阻害し、何億人もの人々の頭脳の発達を遅らせ、結果的に非生産的な成人を生み出す元凶になっている。

開発途上国のタンパク不足問題を簡単に解決する方法は見つかっておらず、したがって、多くの人々の利益となり、個々の国々にとって実際的と考えられる全ての可能な方策が練られ実施さ



れる必要がある。国によっては、限られた範囲で基本的なアミノ酸の添加、高タンパク加工食品、あるいは特殊な単細胞タンパク生産の実用化によって、穀物又は主食物の栄養価の強化が試みられてきたが、これらの補強栄養食品のインパクトは、ほんのわずかな成功をおさめたにとどまり、しかも都市及びその近郊の人々にのみに限られている。まず第一に、これらの食品は輸送費などの問題が重み、実際にそのような栄養食品を必要としている低所得家族の人々の口に入ることは、ほとんどないと言ってよい。第二に、仮りに、このような高タンパク加工食品が市販されるようになって、低い購買力、伝統的な食習慣、および食物の栄養価に関する知識の欠除が栄養食品の低所得農家などへの浸透をはばむことになろう。さらにまた、多くの低所得農家は、彼らの食糧を所有している小面積の農地で自から生産した農産物だけに頼っている場合が多い。もし、このような不利な立場にいて、社会人として普通の権利を享受することの少ない農村の人々に恩恵を及ぼすとするならば、これらの人々の栄養状態を引き上げる唯一の実際的方法は、彼等が常食している基本食糧の栄養価を改良することであろう。

開発途上諸国では、穀物は言うにおよばず、もっとも重要な基本食糧である。これらの国々では、人口の約95%の人々が必要なカロリーとタンパク質を、これらの穀物に依存しており、必要なカロリーの約57%が穀物から供給されると推測されている。したがって、栄養不良状態下にある大勢の人々が救われるためには、タンパク含量とその品質のため、種々の穀物の品種改良が考慮されなければならない。現時点では、これがもっとも実際的で、経済的な解決方法であろう。なぜならば、この方法は、いかなる食習慣の変化も強制しないし、またいかなる追加食費も強要しないからである。

開発途上諸国の栄養不良問題を隠和するのに、高タンパク品質トウモロコシがどのくらい役割を果たすかは、開発途上諸国だけでなく、全世界のトウモロコシを計算に入れ総タンパク供給量に換算してみた場合、穀物の中で、トウモロコシは第2位にランクされている事実からも十分に察することができる。したがって、栄養状態を高めるための、高タンパク、トウモロコシの導入と増産の直接的な好ましい影響は、トウモロコシを常食している人々に限られるが、その間接的恩恵にあずかる人々の数は2億にも達する。

高タンパク品質トウモロコシの実用は、人々にこの穀物から得られるカロリーを供給し続けるだけでなく、普通トウモロコシの2倍にも及ぶ生物学的価値、すなわち、品質の良いタンパク質を供給できる絶対的な強味を持ちあわせている。

これまで“Opaque-2 トウモロコシ”のタンパク品質は児童に摂取された場合、スキム・ミルクの約90%にも達することが、実験公開されてきており、また“Kwashiorkor”など種々の病気にかかっている児童は、高タンパク品質トウモロコシが唯一のタンパク源として与えられた食事で健康を回復したことが報告されている。

このことは、従来、大量のトウモロコシを消費している低所得家族に見られるタンパク質不足問題の理想的な解決策は、普通トウモロコシから、高タンパク品質トウモロコシへの転換ということの意味する。もし、この高タンパク品質トウモロコシを毎日250~350g常食するならば、若成年のタンパク質と必須アミノ酸の1日分の要求量は十分摂取されると言われている。

そこで、もし、これらの低所得トウモロコシ栽培農家及びトウモロコシ常食家族の栄養状態が改善されるとするならば、これらの人々に容易に受け入れられる適正な高タンパク品質トウモロコシを開発するための研究努力を拡大強化する必要がでてこよう。次に、これらの高タンパク品質トウモロコシ生産を制約している要因について述べる。

## B 高タンパク品質トウモロコシの大型換栽培を阻害している要因

決定的な“Opaque-2”遺伝子の生化学的効果の発見により、普通トウモロコシの胚乳のタンパク品質は、2つの必須アミノ酸であるリジンとトリプトファンの含量を増大することによって、都合よく改良されるということが明らかになった。1963年になされた、このドラムチックな発見は、世界中のトウモロコシ育種家達の興味の対象となり、普通のフリント・コーンとデント・コーンの“Opaque-2 転換トウモロコシ”をつくり出す方向に向わせた。その後の栄養試験でも、“Opaque-2”の高い必須アミノ酸含有率は、この種のトウモロコシが、普通トウモロコシよりも、生物学的に優れていることを明らかにした。

“Opaque-2・トウモロコシ”の高い栄養価は、最初離乳したてのネズミを使った動物実験で明らかになり、後で、幼児、豚を使っての実験で実証された。さらに最近のレポートから、“Opaque-2・トウモロコシ”は、反すう動物にとってもいくらかの有利性をもっていることが明らかになっている。

以上で“Opaque-2・トウモロコシ”の栄養面での有利性が十分に納得していただけたと思われるが、残念ながら、“Opaque-2・トウモロコシ”は、過去10年間の世界のトウモロコシ生産に広範なインパクトを与えているわけではない。“Opaque-2・トウモロコシ”の育種事業は多くの国々で実施されているが、この種のトウモロコシの商業的利用は、ブラジル・コロンビア、米国に限られているのが現実である。

ブラジルは、“Opaque-2・雑種トウモロコシ”種子の生産に着実な伸びを示し、1972年の生産高を見ると、1,590トンの“Opaque-2・雑種トウモロコシ”種子が1973年度の作付けのため生産されたことがわかる。

コロンビアでは、1972年に約14,160ha作付にみ合う64トンの“Opaque-2・雑種トウモロコシ”(ICA-H208、ICA-H255)種子が生産販売された。

米国については、正確な数字はつかめないが、1972年の雑種トウモロコシ種子生産の1%以下が“Opaque-2・雑種トウモロコシ”であったと推測される。1975年までに米国における“Opaque-2・雑種トウモロコシ”の種子生産は、約240,000ha 作付分にあたる5,250トン位にまで増大するだろうと予測される。

その他の諸国でも、“Opaque-2・トウモロコシ品種”が、商業的生産を目的にして開発育成されてきたが、これらの国々に関しては、正確な数字はわからないし、わかったとしても、その生産高は、無視しうるぐらいのものであろう。

これらのトウモロコシの商業的栽培品種としての受容性をひどく制約している多数の問題を反映して、現在の“Opaque-2・トウモロコシ”は、限られた範囲でのみ利用されている。しかしながら、これらの問題は、世界各地によって異なるようである。

#### “Opaque-2・トウモロコシ”の主な制限要因

- (1) 普通トウモロコシに比べて、収量の面で約10~15%おちる。

これは、胚乳デンプン粒の“loose packing”と穀粒の密度が低いことに帰因するものである。

- (2) 軟質で、光沢がなく、鈍い色合の外観をもつ“Opaque-2・トウモロコシ”穀粒の表現型が、栽培品種として受け入れられないこと。この欠点は、とくに通常農民が光沢のある色鮮やかな硬質フリント種を栽培している地域においては、決定的な制限要因となっている。しかしながら、例外もあって、南米のアンデス諸国の地方によっては、農民はすでに軟粉質型のトウモロコシを栽培しており、ここでは、“Opaque-2・トウモロコシ”穀粒の外観は問題化しないと思われる。

- (3) 穂腐れを起こす病原菌に対する罹病性がひどく高いこと。

これは、おそらく生理的成熟に達した後の“Opaque-2・トウモロコシ”穀粒の乾燥が遅いことに原因するものと考えられる。

- (4) 圃場においても、貯蔵庫の中でも、コクゾウ虫の被害をひどく受けやすいこと。これはおそらく、“Opaque-2・トウモロコシ”穀粒が軟粉質の胚乳をもっていることに原因しているであろう。

- (5) “Opaque-2・トウモロコシ”は“dry milling problems”をもっている。

“Opaque-2・トウモロコシ”は、ガラス質のような硬質の胚乳を欠いているため、“flaking grit”や、醸造などに利用される粗ひきトウモロコシを得ることがほとんど不可能である。同様に、Opaque-2・穀粒から得られる普通のあらひきトウモロコシ：(regular grit)の生産量は、普通トウモロコシのそれより10%少ない。さらに、ふすまと胚を分離さ

せることにおいても、普通トウモロコシよりも、困難性があることが経験上わかっている。

以上の問題点のほかに、追加されるいくつかの問題点としては、特殊な場合に限り、例えば凍りつくような低温状況における発芽の問題とか、コンバイン・ハーベスターによる収穫作業中における穀粒の裂壊などがあげられる。

### C CIMMYTの高タンパク品質トウモロコシ事業

種々の穀粒型をもつ、多数の普通トウモロコシ品種（その多くが自然交配種）の“Opaque-2・トウモロコシ”への転化は、世界各地の熱帯、亜熱帯地方でも、温帯や高山地方でも行われてきている。転化された“Opaque-2・トウモロコシ”を確保することによって、CIMMYTは、熱帯、亜熱帯向けとして“Composite K”、“CIMMYT Opaque-2 Composite”、“Thai Opaque-2 Composite”を、温帯向けとして、“Medium Altitude and temperate Opaque-2 Composite”を、高山地方向けとして、“Composite i”を育成してきた。同時に短程で農学的に望ましい形質をもった普通トウモロコシの“Opaque-2・トウモロコシ”への転化も、後ほど説明する平行的な育種行程を経て実施されている。種々の育種方法によるアプローチは、“Opaque-2・トウモロコシ”の広範な実用化を妨げている障害を克服する上で、いくつかの成功をおさめてきた。

#### (1) 収量制約要因の克服

“Opaque-2・トウモロコシ”の収量レベルは、単一のアプローチ又は組み合わせ（Combination）によって改善されて来た。

例えば

- (イ) “Normal Counterpart” に比較されうる生産力をもつ、優れた遺伝材料：“Opaque-2・トウモロコシ”を同定すること。表-15からわかるように、いくつかの遺伝材料については、分離した“Opaque-2・トウモロコシ”の穀粒100粒重は、その“normal counterparts”とほとんどかわらないことを示した。
- (ロ) “full-sib”と“half-sib”系統選抜の、系統内選抜は、いくつかの“Opaque-2・トウモロコシ”の収量レベルを高めた（表-16参照）。この表から明らかなことは、個々のトウモロコシ集団から出た、それぞれ異なった系統間に、相当な収量差があることがわかるし、そして優秀系統の選抜は、“Opaque-2・トウモロコシ”の収量レベルの向上につながるということがわかる。
- (ハ) 変更遺伝子（genetic modifiers）活用にする、“Opaque-2・トウモロコシ”の軟質胚乳構造から、ガラス質のような硬質構造への改変、それにひきつづく“full-sib”、“half-sib”系統選抜を主軸にしたトウモロコシ集団の改良育種。

いくらかの硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシについては、すでに系統選抜が進められており、その選抜効果に関するデータは、表-17に示されている。ここでも、またそのデータ収量についても系統ごとに格差があり、“Opaque-2・トウモロコシ”の収量レベルは、毎回の選抜に当って、優秀な生産力を示す系統を選抜し、選抜されたものの間で組み換え(recombination)を行うことによって、高められることが明らかになった。

## (2) 幅広い受容性を得るための“Opaque-2・トウモロコシ”穀粒表現型の改良

“Opaque-2・トウモロコシ”の一般的な栽培品種としての実用化を妨げている要因は、直接・間接的に、この種のトウモロコシに特徴的に見られる軟質、粉質胚乳に根ざしている。CIMMYTは“Opaque-2・トウモロコシ”の穀粒表現型の改変は、これらの問題の多くを早急かつ効果的に解消していくであろうと感じている。

最近、“Opaque-2・トウモロコシ”の軟粉質胚乳の構造を、ずうと普通トウモロコシのそれに近いものに変える技法がみ出された。すなわち、変更遺伝子を巧みに利用することによって、Opaque-トウモロコシ穀粒に、ガラス質のような硬質の胚乳をつけることができるようになり、よってOpaque-2・トウモロコシの外観は、ずうと改変され、より多くの消費者から受け入れられるようになる。

ところで、この“Opaque-2”変更遺伝子の巧みな遺伝的操作は複雑である。というのは、ある種のOpaque-2転化穀粒(modified opaque-2 kernel)はオリジナルのOpaque表現型穀粒と同じレベルのタンパク品質を維持できないからである。したがって、確実に速効的な選抜技術と共に、アミカル・ラボラトリーのバック・アップが必要となってくる。育種の効果は、迅速な穀粒の化学分析によって高められるのであるから、CIMMYTの“Protein Laboratory”は、現在および将来のニーズに見合わせて、必要十分なサービスができるよう、適切な諸器材が整備されている。

普通トウモロコシに似た外観をもち、かつ望ましい高タンパク品質を兼ねそなえたOpaque-2・トウモロコシが育成されてきて、現在、実用化の段階にまできているが、しかし、まださまざまな農学的形質や、穀粒硬質性の一様性、さらに異なった気候条件下での表現型(modified phenotype)の安定性など改良される余地は十分にある。

タンパク含量と品質を調べる化学分析の満足な結果に、優れた生物学的性能がさらに伴えば、Opaque-2・トウモロコシの卓越性は、さらに確実なものになる。したがって、動物実験などを通じて、新らしく開発育成された硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシの生物学的性能の評価検定が必要になってくる。

例えば、CIMMYTが育成した“Opaque-2・トウモロコシ”である(Ver.181-Ant. Gpo.2 × Ven.1 opaque 2)は、ネズミ、豚、児童の食物として生物学的実験に供試され、オリジナルな完全軟質Opaque トウモロコシの生物栄養学的性能に匹敵する結果が得られた。

米国のパーデュー大学は、過去にCIMMYTのトウモロコシを使ってネズミについて実験を行なったが、この動物実験で、普通硬質トウモロコシと、完全な軟質Opaque-2・トウモロコシと、Opaque-2・トウモロコシに転化された:(modified opaque-2-version) (Ver.181-Ant. Gpo.2 × Ven.1 opaque-2)が比較された。その結果、普通トウモロコシのタンパク有効率(Protein efficiency ratios)は、1.59、軟質opaque・トウモロコシのそれは2.83、Opaque-2・転化トウモロコシのそれは2.93であった。軟質Opaque トウモロコシとOpaque-2・転化トウモロコシの間には、顕著な差は見られなかったが、この2つの高タンパク・トウモロコシは、明らかに、普通トウモロコシよりも優れていることを実証した。

一方、コロンビアの“CIAT”(国際熱帯農業研究センター)で、ネズミを使って行われた実験でも、硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシである(Ver.181-Ant. Gpo.2 × Ven.1 opaque 2)は、軟質Opaque-2・トウモロコシと、ほとんど同じ程の高い栄養価をもっていることが明らかにされた。

### (3) 変更遺伝子に関する基礎的情報

CIMMYTは変更遺伝子(modifier)の巧みな遺伝的操作によって、“Opaque-2・トウモロコシ”に関する大部分の問題を解決できると強く信じており、よって、変更遺伝子に関する情報を集積してきた。これらの情報を基礎にして高タンパク品質、硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシの育種が加速度的に展開されている。今日まで行われたCIMMYTの研究結果は次のとおりである。

(イ) Opaque-2 穀粒の胚乳硬質性は、変更遺伝子の作用によるものである。

(ロ) 一般的に言って、ガラス質のような硬質穀粒の場合、胚乳のタンパク含量が高い。タンパク中のトリプトファン含有率は、いくぶん減少する傾向にあるが、(表18)で明らかのように、個々の異った遺伝子型においては、例外的に、ほとんど減少しないものもある。

(ハ) Opaque-2 への転化表現型を示す、穀粒の硬質部分と、軟質部分とでは、タンパク含量とその品質に差がある(表-19参照)。しかしながら、場合によっては、ほとんど無視で

きる程度の差か、全然差のないものもある。

(e) 有望な変更遺伝子の選抜の結果、タンパク含量が増大するのであるから、それぞれ遺伝的に異なったトウモロコシであれば穀粒に含まれるタンパク含量もそれぞれちがってくる(表-20参照)。

(f) 有望な変更遺伝子の選抜は、穀粒の硬質性と穀粒試験重量:(Kernal test weight)を増大させる(表-21参照)。

(g) 穀粒中の胚(germ)の大きさは、変更遺伝子の影響下にあるように思われ、それぞれ異なる遺伝子型をもつ穀粒では、胚の大きさが差違的に異なる(表-22参照)。

(h) 変更遺伝子の次代への遺伝は複雑である。

穀粒のガラス質のような硬質性の発現には、優劣性:(dominance)よりも、加算遺伝子:(additive gene)の効力の方がはるかに重要である。

(i) オリジナルの軟質Opaque・トウモロコシと、転化された硬質Opaque・トウモロコシ間の交配においては、相反差違:(reciprocal difference)が見うけられるが、これは母株となる方の遺伝子の影響が、この形質の表現にいくぶん作用しているからであろう。

#### D CIMMYTの高タンパク品質トウモロコシ育種戦略

トウモロコシにおけるタンパク含量とその品質の遺伝的改良は、単に開発途上諸国のタンパク質欠乏問題を解決するのみでなく、食習慣を根本的に変えることなく、不十分な栄養状態下にある何百万もの家族に栄養面での利益を与えるであろう。次の2~3年間の研究努力はOpaque-2・トウモロコシの生産力を高めるため、次のような集中的な育種戦略がしかれるであろう。

(1) 農学的に望ましい型態をもったトウモロコシ品種の育成

世界各地により、好みとするトウモロコシのタイプがそれぞれ異なるため、“Opaque-2・トウモロコシ”は、次のような目的にピッタリ一致するよう仕立てられる必要がある。

(i) 大粒軟質高タンパク品質トウモロコシ

“floury 1”トウモロコシのOpaque-2・トウモロコシへの転化とその育種は、アンデス地方においては、大きな利益をもたらすと思われる。というのは、この地域では従来、軟質穀粒トウモロコシが栽培されてきたので、適当な“Opaque-2”に転化されたトウモロコ

が実用できるようになれば、その新しいトウモロコシの導入は、直接的に大きな、インパクトとなるからである。

“floury-1”トウモロコシを遺伝的背景として、穀粒の大きいOpaque-2に転化されたトウモロコシが開発育成されるならば、ほとんど問題なく、この地域への直接導入が可能である。というのは、これらのOpaque-2・転化“floury-1”トウモロコシの“Yield recovery”と、穀粒の表現型が、Opaque-2遺伝子を含まない“floury-1”トウモロコシのそれとほとんど同じだからである。

多くの“floury-1”系統のトウモロコシがOpaque-2タイプのトウモロコシに転化されているが、実際は“floury-1”タイプのものから、“Opaque-2”タイプの穀粒を見分けることは容易ではない。また“floury-1”遺伝子の“dosage effect”がこの転化プログラムを複雑にしている。“Genetic test-crossing”と化学分析による選抜を平行的に行うことによって戻し交配プログラムの中でOpaque-2・穀粒の同定を迅速に行うことができる。そのような過程を踏んだOpaque-2・トウモロコシが現在育成されつつある。

#### (ロ) 高収量軟質胚乳型のOpaque-2・トウモロコシ

軟質胚乳トウモロコシは家畜飼料としても、又、この種の表現型をもつ穀粒を好む住民にとっても有用なものである。このタイプのトウモロコシはすでに育成されているが、さらに早型、病害虫抵抗性、タンパク質、トリプトファン、リジン含量のレベル・アップなどのために、改良される余地がある。

#### (ハ) 硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシ集団

硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシの育成は、CIMMYTのトウモロコシ品種改良事業の中で、今後ますます強化されつつあるであろう。Opaque-2 穀粒の表現型を硬質に変えることはすなわち、収量、穀粒の受容性、穂腐れなど問題解決の一助となる。また変更遺伝子の作用に関する情報は、硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシ集団の開発育種に貢献するはずである。

CIMMYTのトウモロコシ品種改良事業の中で、硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシは、次のようなアプローチを踏んで育成されてきた。

- a. 硬質胚乳をもつOpaque-2系統トウモロコシの組み換え：(recombination)を行って新しいトウモロコシ集団をつくった。それが“Yellow hard endosperm Opaque-2・Composite”と“White hard endosperm Opaque-2・Composite”である。適度な組み換えが行われた後、これらのトウモロコシ集団は、“full-sib



families Selection”によって、さらに改良されていく。

b. “full-sib families Selection”を通じて、それぞれのOpaque-2・トウモロコシ集団から、硬質胚乳をもつトウモロコシの集団内選抜をくりかえし、できあがったのが、(Ver.181-Ant.Gpo.2×Ven.1 opaque 2)や(Composite k)それに(Thai Opaque-2・Composite)がある。

c. 普通トウモロコシと硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシとの交配から、分離した硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシの選抜を行う。

上記のaとbのアプローチを踏んで、遺伝的操作が行われているトウモロコシについては、タンパク品質を低下させることなく、有望な変更遺伝子の頻度を増進確保することに重点が置かれている。Opaque-2転化トウモロコシ穀粒のガラス質的硬質性を支配している遺伝子の機能は、加算際であるから、“full-sib family selection”は、効果的であることがわかった。これらの育種過程にあるトウモロコシは、さらに種々の農学的特性や病虫害複合抵抗性などについて改良されつつあり、将来は、自然環境のそれぞれ異なった世界各地数ヶ所で、組織的な後代検定:(full-sib progeny test)を行うことによって、ダイナミック改良が加えられるようになるだろう。同時にまた、これらのトウモロコシは普通トウモロコシを硬質Opaque-2・トウモロコシに転化する場合の“Opaque-ソース”としても利用されるようになるだろう。

cのアプローチは、“Advanced Unit”と“Back-up Unit”の普通トウモロコシを硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシに転化するために、将来、育種事業の一環として頻繁に実施されるようになるだろう。“Back-up Unit”を構成し、“half-sib family system”で改良されつつあるトウモロコシ集団は、図-7に示されているような方法で操作される。このシステムは、本質的に戻し交配法に極めて類似しているが、毎回戻し交配に使われる反復親は徐々に改良されているので、オリジナルなものよりも、また前回選抜のものよりも、優れているということが例外的な異なる点である。このシステムによって、普通のトウモロコシ集団のもつ生産力と、ほぼ平行的な生産力をもった“Opaque-2・転化トウモロコシ”を維持改良していくことができる。

系統構造をもち、“full-sib scheme”の中で改良されつつある“Advanced Unit”のトウモロコシ集団も図-8に示されているように、Opaque-2・トウモロコシへ転化されつつある。“Advanced Unit”を構成するそれぞれのトウモロコシ集団の全250系統が、世

世界各地、場所を変えて6カ所で後代検定されるのであるが、その結果をもとにして選抜された系統だけが毎回“Opaque-2・donor”との交配に使われる。この育種法は、“full-sib family selection”によって、トウモロコシ集団育種が進行している全ての普通トウモロコシ集団のOpaque-2・トウモロコシへの転化に利用される。

以上のアプローチでもって、少ない労苦で、しかも普通トウモロコシの改良と同じレベルを維持しながら、全ての普通トウモロコシ集団をOpaque-2・トウモロコシに転化することができるであろう。

## (2) 硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシ育成の別のアプローチ

ある種のトウモロコシで、例えば“Opaque-2”と“Sugary-2”遺伝子を劣性ホモの状態でもっている穀粒は、特徴的な硬質穀粒で、半透明の胚乳をもつ。伝えられるところによれば、その穀粒の“test weights”は、普通トウモロコシのそれと比べても有望であるということである。

これは、まだ予備的なデータと言えるが、これによって、ある遺伝的背景下のもとにおいては、“Opaque-2”と“Sugary-2”遺伝子の相互作用により、穀粒重：(Kernel Weight)が重く、半透明な胚乳をもった分離体：(segregato)が作り出されることが、容易に想像される。この種の劣性遺伝子の組み合わせによってできる穀粒のリジン含量は、Opaque-2・単独トウモロコシと同等か、もしくはそれ以上であった。CIMMYTでも、この“Opaque-2”と“Sugary-2”との重複突然変異型のトウモロコシ育種も始められた。

## (3) 環境と変更遺伝子との相互作用

硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシは、環境との相互作用を演じる。というのは、CIMMYTの栽培試験の結果と、諸外国からの報告によって、これらの硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシは、環境の相違によって、軟質部分のバラツキを増す傾向にあることが、すでにわかっているからである。この環境の影響による硬質性の不安定化は明らかに好ましくないことであるので、この形質に安定性をもたせるために、次のようなアプローチが考えられている。

(i) それぞれ環境の異なる世界各地数ヶ所で、組織的な後代検定を行ない、その結果、硬質胚乳としての安定性がすぐれていた系統のみを組み換え交配して、新しいトウモロコシ集団をつくる。

(ii) できるだけ、多くの異なった遺伝材料から、変更遺伝子を取り入れるために、幅広い変異

に富んだトウモロコシ集団：“broad-base source population”をつくりあげ、その後組織的な後代検定に移す。

(イ) “Opaque-2”と“Sugary-2”の組合わせから、安定性を試験するために、分離した特徴的な半透明の穀粒を選抜する。もし、これらの穀粒の安定性がすぐれていることが実証されたら、この育種法はよりよい安定性をもった硬質Opaque-2・トウモロコシ育成の新しい道具になるはずである。

(4) タンパク、トリプトファン、リジン含有レベルの再改良

“Opaque-2・トウモロコシ”のタンパク、トリプトファン、リジンの含有レベルをさらに改良する機会は、まだいくらでもある。というのは、これらの特性については、今日まで相当な変差：(Variation)が観察されてきたし、タンパク含量とその品質の間には、負の相関関係があるので、極端な言い方をすれば、Opaque-2・トウモロコシは、まだある限られた範囲でしか開発利用されていないからである。次に挙げるアプローチは、“Opaque-2・トウモロコシ”のタンパク、リジン、トリプトファンの含有レベルをさらに高めるのに有効であろう。

(イ) タンパク質と、必須アミノ酸の含有レベルを高めるために、“Opaque-2・転化トウモロコシ”間で、遺伝的変異を開拓し創造する。

(ロ) 穀粒の中で、胚の占める割合を大きくする。

胚には、多くのタンパク質が含まれ、その品質も優れているので、胚の大きさを増すことは結局、タンパク、トリプトファン、リジンの含有レベルを高めることになる。したがって、もし穀粒全体が食物として利用されるのであれば、このアプローチは極めて、効果的な方法だと言える。

(ハ) 種子の中で、アリューロン層を厚くする、すなわち、アリューロン層の数を増すこと。このアリューロン層は、タンパク質に富み、栄養的にも品質が優れている。このアリューロン層も多数もつ形質は、タンパク含量を増大させるために、Opaque-2と組合わされる。この点に関して、もし他の研究所や大学から、励みになるような研究レポートが入ったならば、CIMMYTでも、この縁に沿った小規模の育種事業も開始されるであろう。

(5) タンパク含量品質と環境との相互作用

トウモロコシのタンパク品質が環境の影響を受けることは、確かであるが、トウモロコシ穀粒のタンパク品質に及ぼす環境の影響に関する情報や資料はほとんどない。もし“Opaque-2・トウモロコシ”のタンパク含量と品質のレベル・アップが実現されるとするならば、これらの化学的特性と環境との相互作用が考慮されなければならない。したがって、環境との相互作用を考慮した育種法で得られる化学的組成の遺伝的改良は、環境との相互作用に耐え、結果的にトウモロコシ栽培者と消費者に栄養的・経済的恩恵を与えることになる。CIMMYTとしては、この件については、次のように考えているところである。

- (1) トウモロコシ各集団について、2～3ヶ所で後代検定がなされ、それぞれの場所で選抜された系統のタンパクとトリプトファン含量が分析されるべきであろう。
- (2) 次の選抜サイクルを開始するために、優れた系統を選抜し、再構成して新しいトウモロコシ集団をつくるのであるが、この場合、収量その他の特性に関するデータと共に、化学分析結果のデータもまた考慮されるべきであろう。
- (3) 穀粒の全タンパク質含量と品質に及ぼす遺伝子型と、トウモロコシ植物体の窒素栄養状態差の影響も調査されるであろう。この種の試験によって遺伝子型と施肥との相互作用が決定され、最適また多肥栽培条件下で、どのトウモロコシ品種が優れているか明らかとなろう。

(6) “Opaque-2・トウモロコシ”不純化の問題とMarkerの必要性

“Opaque-2・トウモロコシ”の不純化の問題と、普通トウモロコシからOpaque・トウモロコシを区別する“Marker”の必要性の度合は、それぞれ置かれた状況によって著しく異なり、2つの異なった角度から考えられるべきであろう。すなわち、

- ① Opaque-2・トウモロコシの種子の純度を保つこと。
- ② 不純化によってOpaque-2・トウモロコシの品質がどのくらい低下するか決定すること。

種子の純度に関しては、Opaque-2 遺伝子が劣性であることと、それに関連した表現型の特徴は、農民が通常硬質フリント普通トウモロコシを栽培している地域だけに、いくらかの有利性を与える。このような地域では、もし農民がOpaque-2・トウモロコシを栽培するよう説得されるならば、単にOpaque-2・トウモロコシを栽培することによって、その品種の純度が保たれるのだと教え込むことが可能であろう。一方、農民が軟質Opaque-2・穀粒を好む地域では、種子の純度を維持することは、あまり問題化しないであろう。農民の好みは硬質フリント型が、光沢のあるトウモロコシであるため、彼らは、転化修正された表現型：(modified phenotype)の穀粒をもつOpaque-2・トウモロコシを選抜すると思われる地域でも、同じようなことが言える。すなわち、ここでもまた、穀粒の根元付近にある小さな

Opaque-部分をもっている硬質Opaque-2・トウモロコシが、より受容性があるということである。穀粒の根元にOpaque部分がある場合、その穀粒にはOpaque-2遺伝子がホモ状態で存在していることを物語っている。そしてこのOpaque-部分が、不純化された穀粒からOpaque-2・穀粒を見分ける場合の“Marker”としての役割を果たすのである。

アンデス地方では、農民は、“floury-1”の“Opaque-2・転化トウモロコシ”を選ぶと思われるが、さてOpaque-2・トウモロコシが、そこで栽培され始めた場合、純度が汚染された穀粒を見分けることが極めて困難となってくる。というのは“Opaque-2”と“floury-1”の表現型がきわめて類似しているからである。したがって、この地方で種子（品種）の純度が維持されるとするならば、大々的な、キャンペーン運動をおこし、アンデスの山間平野一帯をカバーする程のOpaque-2・トウモロコシの導入と栽培が拡大される必要がある。そうした条件下においては、はじめて、農民は、彼らの収穫物から、次の作付のため純正Opaqueトウモロコシ種子を選んで貯わえておくことができるのである。

Opaque-2・トウモロコシの商業的栽培における純度汚染問題の度合は栽培面積の規模とOpaque-2・トウモロコシを栽培している農家数の割合によって著しく異なってくる。もしその農家が大農場を所有し、その全面積にOpaque-2・トウモロコシを作付けるならば、かりに隣接地域の農家が、普通トウモロコシを栽培しようとも、汚染の問題は、さほど大きくはならないであろう。トウモロコシは、風媒受粉作物であるが、その花粉はかなりの重さがあり、したがって、汚染源となる普通トウモロコシ栽培農場からの距離が遠くなればなるほど、種子（品種）の不純化の問題は急速に小さくなるはずである。

しかしながら、各農家が、小面積の農地をもち、それぞれ隣接しあった畑にOpaque-2・トウモロコシ、普通トウモロコシが並行的に栽培されるならば汚染は、十分に考慮されるべき問題である。このような状況下においては、Opaque-2・トウモロコシ栽培農家は、開花期の風向にも左右されるが、確実に汚染問題にさらされることになる。したがって、このような場合には、その地域の全ての農家がOpaque-2・トウモロコシを栽培するよう説得されるか、又は、播種時期をずらすよう勧められるべきである。

表-15 普通トウモロコシとOpaque-2・トウモロコシの100粒重の比較

Pedigree	100 grain weight in gms.		Difference	Percent decrease in weight
	Normal	Opaques		
J <sub>1</sub>	23.0	21.0	2.0	8.70
Syn. 493	25.5	23.5	2.0	7.84
Sn. Luis Potosí Gpo. 1	31.0	29.0	2.0	6.50
Tamaulipas Gpo. 1	26.5	24.5	2.0	7.50
Cuba 11J	26.0	23.5	2.5	9.60
Columbia Cateto Compuesto	27.0	25.0	2.0	7.41
Perola Piracicaba	26.0	24.0	2.0	7.70
Comp. II (C <sub>3</sub> )	26.0	24.0	2.0	8.30
Comp. III (C <sub>3</sub> )	27.0	26.0	1.0	3.70 *
Comp. (IV)	29.0	28.0	1.0	3.40 *
Mex. 5	25.0	23.0	2.0	8.00
Samaru Comp. III	25.0	24.0	1.0	4.00 *
Comp. Grano duro	26.0	26.0	0.0	0.00 *
Mix. 1-Col. Gpo. 1 x Eto Blanco	24.0	22.0	2.0	8.33
Tuxp. PD(MS)6-Sel. Amar.	27.0	25.0	2.0	7.41

表-16 いくらかのOpaque-2・トウモロコシ集団の“full-sib”系統の水分含量15%換算による  
ヘクター当りの収量、1973

Population / Location	No. of families				C H E C K				V A R I E T I E S					
	Tested	Selected	Range	Mean	Mean	Differential	%	Comp. K H.E.	Ver. 181-Ant. Gpo. 2/Ven. 102	Yellow H. E.	White H. E.	La Posta x Tampico-1	C. V. L.S.D. %	
														Selected families
<b>Tampico x La Posta 92</b>														
Posa Rica	250	85	2360-6401	4258	4688	10.0	3277(143)*	3084(110)	2665(121)	3684(135)	4185(112)	4083(94)	14.8	1732.6
Tlalilzapan	250	85	3032-8860	5246	6152	17.3	8530(84)	6174(100)	6188(99)	5522(111)	5574(110)	6423(86)	23.1	2386.6
Combined	250	85	---	4752	5418	14.0	4900(110)	5061(107)	5026(108)	4403(121)	4081(111)	8703(95)	--	---
<b>Cinnamyl opaque-2 Composite</b>														
Posa Rica	250	76	1060-8220	3710	4140	11.6	4300(98)*	4223(98)	3212(125)	3577(116)	3945(105)	4271(97)	14.9	1086.7
Tlalilzapan	250	76	1001-8544	5409	8187	14.4	5748(100)	5176(120)	6286(98)	4586(135)	3737(166)	5725(108)	18.3	1941.7
Combined	250	76	---	4559	5163	13.2	5024(103)	4699(110)	4792(108)	4080(127)	3841(134)	4898(103)	--	---
<b>Composite K</b>														
Posa Rica	250	78	2802-5523	3904	4624	9.2	4058(105)*	4128(103)	3954(108)	4142(103)	3687(110)	4523(94)	13.8	1014.2
Tlalilzapan	250	78	1084-6637	4400	5128	16.5	5023(101)	3663(140)	4214(122)	3687(139)	4377(117)	3560(144)	22.2	1909.7
Combined	250	78	---	4152	4696	13.1	4575(103)	3695(121)	4084(115)	3914(120)	4132(114)	4041(128)	--	---

\* Selected family mean as % of check in the respective locations.

表一 17 いくらかの硬質胚乳Opaque-2・トウモロコシ集団の“full-sib”系統の水分含量15%換算による  
ha 当りの収量、1973

Population/Location	No. of families		Tested families		Selected families		C H E C K					V A R I E T I E S	
	Tested	Selected	Range	Mean	Mean	Selection Differential %	Comp. K H.E.	Ver. 181 Ant. Gpo. 2xVen. 102 H.E. 02	Yellow H.E. 02	White H.E. 02	La Posla Tusp. P.B. C.V. L.S.D.	Tusp. 02	Normal %
<b>Ver. 181-Ant. Gpo. 2xVen. 1.02</b>													
Poza Rica	250	78	1983-5106	3481	3918	13.2	3355(117)*	3874(101)	2952(133)	3192(123)	3950(99)	4750(83)	12.8 435.9
Tlaltizapan	250	78	3025-11356	6471	7318	13.1	8017(92)	6975(105)	7680(95)	7704(95)	6748(108)	8266(89)	14.8 1897.3
Combined	---	--	---	4966	5617	13.11	5686(89)	5424(104)	5321(106)	5448(103)	5353(105)	6508(86)	-- 1161.6
<b>Composite K (H.E. 02)</b>													
Poza Rica	250	80	1562-4965	3401	3774	11.0	3256(116)	3278(115)	3900(97)	3598(09)	4028(94)	6222(61)	20.6 609.7
Tlaltizapan	250	90	1863-9715	5715	6324	14.2	5641(116)	4436(147)	6639(88)	5181(02)	5339(122)	7200(91)	16.7 1871.1
Combined	250	80	---	4558	5149	13.0	4448(116)	3861(133)	5268(98)	4398(17)	4683(110)	6714(77)	-- 1379.7
<b>White H.E. 02</b>													
Poza Rica	250	79	1851-4748	3477	3867	11.2	4021(96)	3200(121)	3328(116)	3482(11)	3453(112)	4864(80)	19.8 1552.4
Tlaltizapan	250	79	2436-10503	6534	7346	12.4	6223(118)	6070(121)	7159(103)	8043(91)	6434(114)	8417(87)	13.9 1759.3
Combined	250	79	---	5005	5606	12.0	5122(109)	4635(121)	5244(107)	5762(97)	4943(113)	6640(84)	-- 1356.3
<b>Yellow H. E. 02</b>													
Poza Rica	250	120	1891-5400	3702	3973	7.3	3345(119)	2942(135)	4390(80)	4260(93)	3194(124)	4240(84)	15.7 1156.6
Tlaltizapan	250	120	2681-9266	6138	6510	6.1	5941(110)	6610(99)	7224(90)	5471(119)	5967(109)	6692(87)	14.4 1735.3
Combined	250	120	---	4290	5241	6.5	4643(113)	4776(110)	5811(80)	4865(08)	4580(114)	5466(86)	-- --

\* Selected family mean as % of check in the respective locations.



表18 熱帯Opaque・2・トウモロコシ集団の“half-sib”系統から選抜されたOpaque・2・穀粒：(modified)と、  
完全軟質Opaque-2・穀粒とのタンパク含量(%)とタンパク質中のトリプトファン含量(%)比較

Family No.	% Protein in Endosperm		% Tryptophane in Protein		
	Opaque	Modified Difference (%)	Opaque	Modified Difference (%)	
Half sib-63	9.88	9.75	0.89	0.86	3.49
67	9.13	8.94	0.82	0.80	2.50
69	9.00	9.75	0.84	0.66	27.27
79	9.19	10.63	0.89	0.66	34.85
125	7.63	10.19	1.05	0.74	41.89
144	7.00	7.56	0.96	0.99	- 3.12
147	8.25	9.00	1.09	0.91	19.78
151	7.75	8.13	0.90	0.87	3.45
159	6.44	7.25	0.98	0.87	12.64
162	9.19	9.75	0.97	0.82	18.29
164	8.88	9.38	0.72	0.69	4.35
175	8.38	8.25	0.80	0.79	1.26
196	8.50	9.25	1.01	0.90	12.22
250	9.13	12.88	0.72	0.53	35.84
278	8.50	8.31	0.38	0.84	4.76
279	8.38	11.38	0.93	0.73	27.40
292	11.25	11.50	0.53	0.60	5.00
297	9.13	9.38	0.78	0.70	11.43
118	10.38	11.13	0.84	0.74	13.51
101	9.75	10.50	1.07	0.78	37.18

表-19 転化修正された(modified)Opaque-2・トウモロコシの胚乳全体、硬質胚乳部分、及び軟質胚乳部分のタンパク含量(%), トリプトファン、及びリジン含量(%)

.N. L i n e	% P R O T E I N		% T R Y P T O P H A N E I N P R O T E I N		% L Y S I N E I N P R O T E I N							
	Whole Fraction	Differ-ence	Whole Fraction	Differ-ence	Whole Fraction	Differ-ence						
	Hard Opaque	(%)	Opaque Hard.	(%)	Endosp. Opaque	Hard-ence (%)						
1 PD(MS)6Eto-Cuba 11J - Pop. Cirst. #1(A)-1-#-#	9.68	9.99	7.69	29.90	0.70	0.83	0.83	31.75	2.67	2.88	2.22	29.73
2 PD(MS)6-Eto-Cuba 11J - Pop. Crist. -#1-#1-#-#	8.75	8.49	9.13	- 7.54	0.87	0.87	0.77	12.98	2.81	3.30	2.60	26.92
3 Pop. Crist. -#1-#-#-#	9.42	10.21	8.43	21.11	0.73	0.72	0.55	30.91	2.73	3.36	2.43	38.27
4 (Tropical opaque-2 Comp. 163-6-1-#1) x PD(MS)6-#)	10.92	11.67	11.25	2.84	0.76	0.85	0.63	34.92	2.87	3.65	2.98	22.48

表-20 % Protein Fraction in Normal, Opaque and Modified Phenotype  
 Opaque-2. Samples of Two Populations

P o p u l a t i o n	T y p e o f S a m p l e	% Protein fractions in endosperm					
		A c i d S o l u b l e		Z e i n		G l u t e i n s	
		A c t u a l	% o f n o r m a l	A c t u a l	% o f n o r m a l	A c t u a l	% o f n o r m a l
1. Ver. 181-Ant.gpo. 2 x	Normal	27.0	100.0	42.3	100.0	19.8	100.0
Venezuela 1	Opaque	39.7	147.0	24.2	57.2	31.3	158.1
	Modif.	35.0	129.6	26.3	62.2	29.3	148.0
	Normal	32.5	100.0	45.2	100.0	19.0	100.0
2. White Composite	Opaque	35.0	107.7	25.4	56.2	31.4	165.3
	Modif.	33.5	103.1	26.7	59.1	28.5	150.0

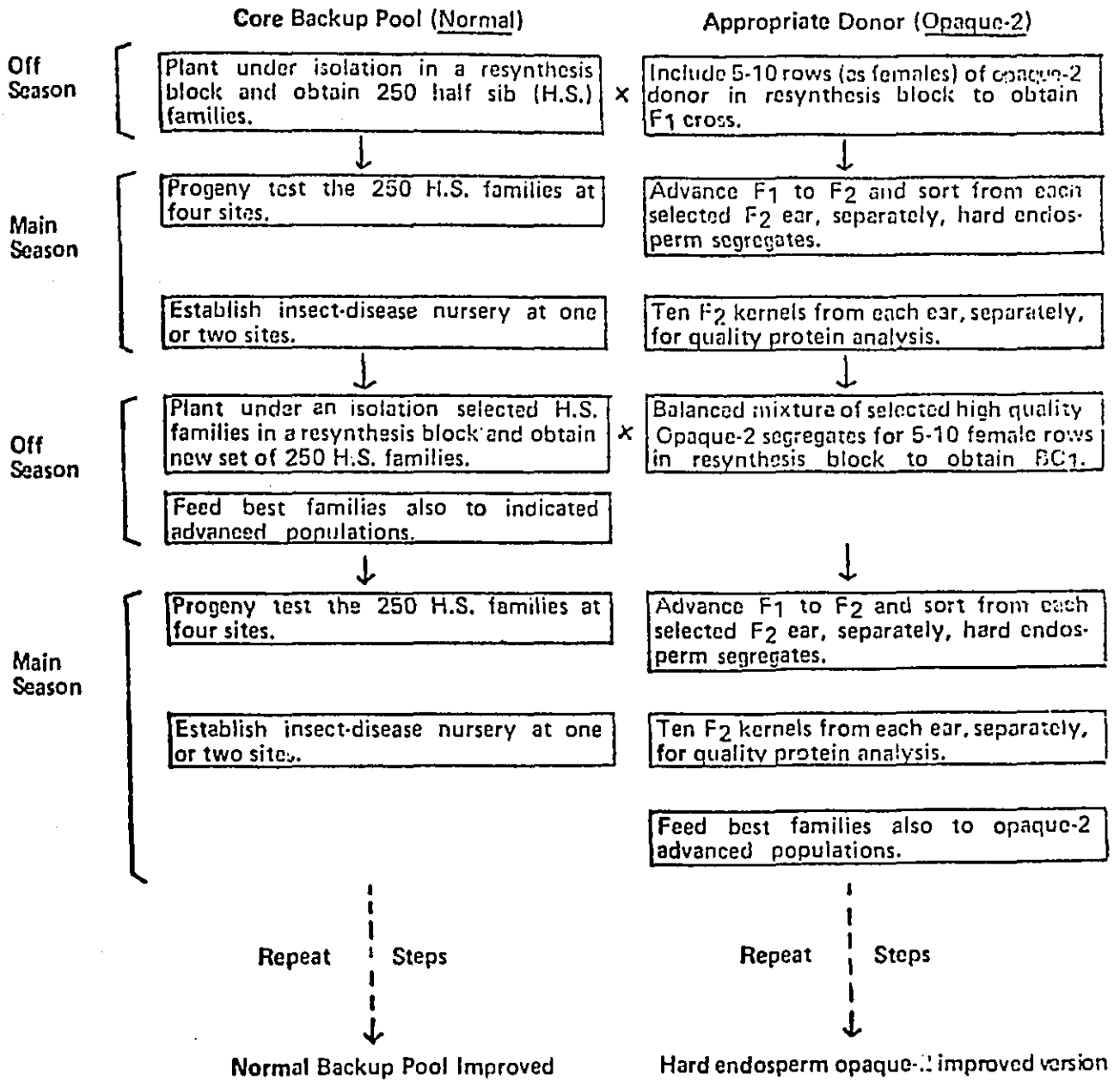
表-2 1 それぞれ異なったOpaque-2・転化トウモロコシから選抜され、modified 表現型をもつOpaque-2・殺粒と完全Opaque-2殺粒の100粒試験重

S.No.	Material	family or Ear #	100		Grain test weight in Gms. Modified Opaque Increase
			23.10	22.73	
1	PD(MS)6-Eto-Cuball J-Pob.Cirst.	3	23.10	22.73	1.62
2	"	4	30.30	30.00	1.00
3	164-3 Cat.1(ii)-2-1	2	29.00	27.83	4.20
4	La Posta-#6-#1	1	20.00	18.92	5.70
5	Flint Comp.Amarillo-#6	1	28.11	25.42	10.58
6	Nicarillo-#-#	1	28.70	26.49	8.34
7	Composite K	514	25.71	25.45	1.02
8	"	515	28.46	27.08	5.09
9	"	517	23.04	22.07	4.39
10	"	518	27.30	26.59	2.67
11	CIMMYT O <sub>2</sub> Composite		28.89	28.68	0.73

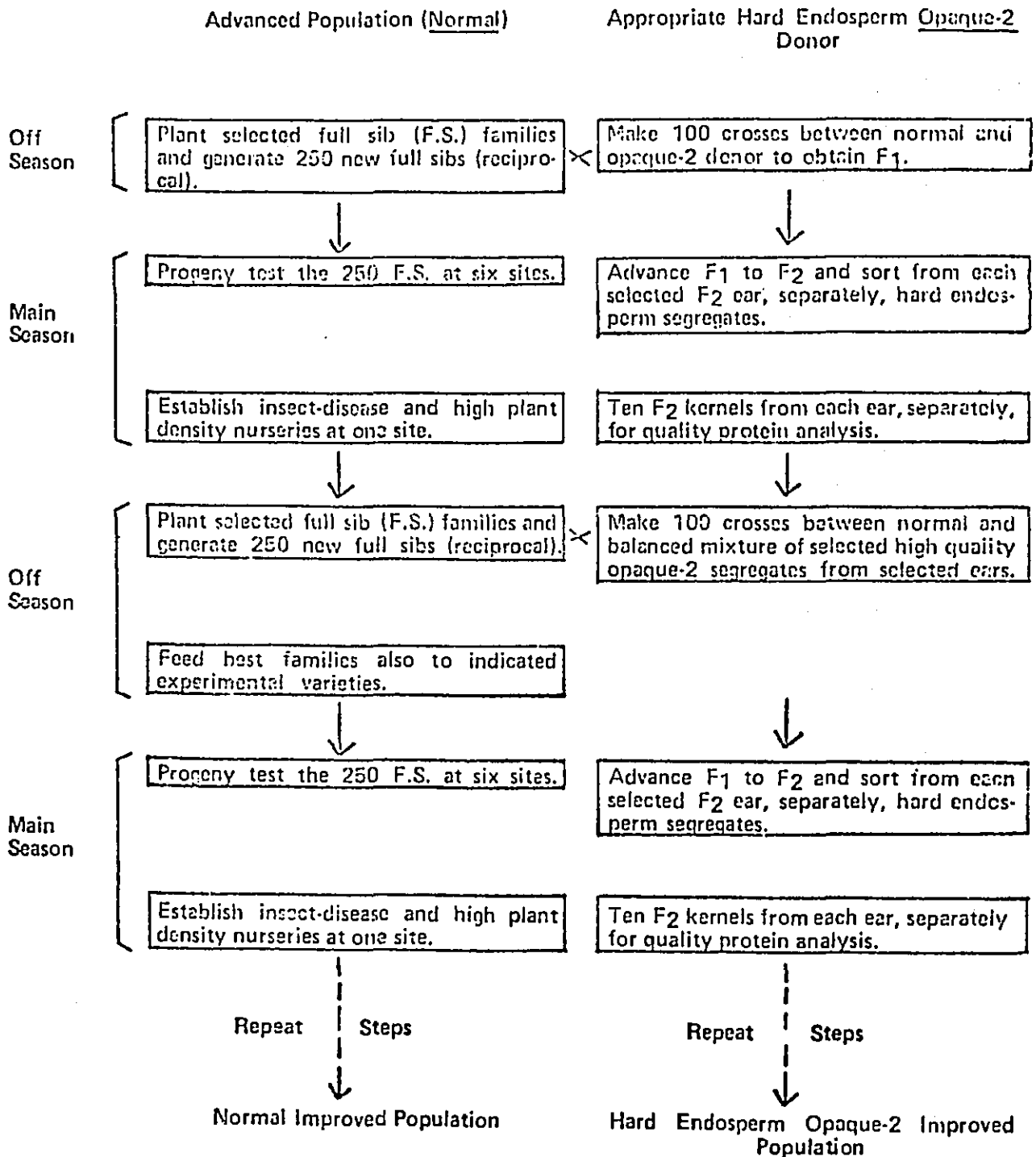
表-2 2 Effect of Selection for Hard Endosperm on the Contribution of Germ to the Whole Kernel Protein in Opaque-2 · Converted Materials

S. No.	M a t e r i a l	Ear No. or Family No.	% Contribution of germ to the whole grain protein		
			Opaque	Modified	Difference
1	Composite K	118	22.01	17.92	+ 4.09
2	Composite K	4	20.55	14.41	+ 6.14
3	Ver. 181 -Ant. gpo. 2 x Venezuela 1 opaco-2	8	33.37	26.13	+ 7.24
4	PD(MS)6-Gr. Amar. -2#-1	1	22.00	14.67	+ 7.33
5	Thai Opaque-2 Composite-#16	1	17.56	13.38	+ 4.18
6	Nicarillo	Self I	24.75	18.01	+ 6.74
7	Flint Compuesto Amarillo	1	28.08	24.38	+ 3.70
8	Eto Blanco	1	24.17	18.37	+ 5.80
9	Composite K	1	13.59	15.07	- 1.48
10	Composite K	101	28.21	32.10	- 3.89
11	Ver. 181 -Ant. gpo. 2 x Venezuela 1 opaco-2	3	11.87	18.73	- 6.86
12	Nicarillo	1	25.99	33.55	- 7.56
13	Antigua gpo. 2	2	24.31	25.78	- 1.47
14	Ver. 181 -Ant. gpo. 2 x Venezuela 1 opaco-2	4	15.54	17.85	- 2.31
15	Thai Opaque-2 Composite	4	17.07	18.03	- 0.96
16	Thai Opaque-2 Composite	2	16.41	17.31	- 0.90

图-7 Scheme for Making Parallel Improvement in Opaque-2 and "Normal" Backup Pool Undergoing Half Sib Family Selection



☒ - 8 Scheme for Making Parallel Improvement in Opaque-2 and "Normal" Advanced Population Undergoing Full Sib Family Selection



## E 要約的ないくらかのリコメンデーション

今まで我々は、穀粒の低収量性の問題、穀粒の表現型が軟粉質であることの問題、製粉、調理的な問題など、高タンパク品質トウモロコシの商業的栽培を阻む主要な問題を取りあげて検討してきた。これらの問題はかなり克服されてきているので、今後数年間で、新しい硬質胚乳高タンパク品質トウモロコシの商業的生産が飛躍的に伸びるであろうと予測される。

そこで、もし栽培者である農民の賛同を得た受容性のある高タンパク品質トウモロコシが全般的に利用されるようになったら、開発途上諸国への高タンパク品質トウモロコシの導入とその増産のための戦略が必要となるであろう。

これらの国々では、普通トウモロコシ、もしくは雑種トウモロコシにかわって高タンパク品質トウモロコシの作付面積が拡大する十分な可能性があるが、その達成は各国政府から、この種のトウモロコシ栽培振興政策など、側面的支援が得られるかどうかにかかっている。したがって、各国政府が国内に慢延している国民的栄養不良問題の深刻さに気づき、最優先的国策の1つとして、その時題の解決に乗り出さない限り、高タンパク品質トウモロコシの栽培面積の飛躍的拡大を達成することは不可能であろう。換言するならば、各国は農業政策の中で農業開発計画の一部として食糧と栄養に最優先策を講じるべきだということである。

最近、関連関係機関のタンパク諮問委員会は、開発途上諸国に国民のタンパク不足問題に対して、警戒をゆるめないように忠告し、タンパク危機が生じた場合の対策を提案した。このような状況を察して、各国政府は特別事業として、高タンパク品質トウモロコシの増産に本腰を入れて取り組むことが極めて必要である。そうして事業が発足したならば、その成功は次のような前提があつてのみ達成されると思われる。

- (1) 価格差のない自由市場において、収量、穀粒の受容性、その国民の料理に適合した特性などの点で、高タンパク品質トウモロコシが、普通トウモロコシと十分競合できること。
- (2) 高タンパク品質トウモロコシの生産力を普通トウモロコシのそれと比較検定するため、各地域の農家圃場を直接使って、大々的なデモンストレーションを実施すること。
- (3) 大々的な栽培振興運動を展開し、高タンパク品質トウモロコシへの急速転換を実現するため、農民に配布される種子の生産確保を可能ならしめること。場合によっては高タンパク品質トウモロコシの実用をスピードアップするために、普通トウモロコシや雑種トウモロコシの種子生産と販売がストップされる必要があるかも知れない。



- (4) 農産物の自家消費が一般的である小農民の間で、高タンパク品質トウモロコシの生産を促進するために、教育指導キャンペーンが必要となろう。というのは、あらかじめ、これらの教育指導キャンペーンを通じて、食物中のタンパク質の重要性について、トウモロコシ常食者、一般消費者の認識を高めておかないと、高タンパク品質トウモロコシの栽培振興の成功はおぼつかなくなるからである。
- (5) 農家が飼っている豚などの家畜を使って、普通トウモロコシとの飼養価比較試験を行ない、高タンパク品質トウモロコシの優れた栄養的特性をデモンストレーションすること。また、このような家畜が振興運動の中で、実験材料として使用できないような都市地域においては、Opaque-2・トウモロコシの優れたタンパク品質は、例えば肉類とか、牛乳など、他のタンパク栄養食品の品質に匹敵するということを何らかの別の方法で明らかにしなければならない。
- (6) 高タンパク品質トウモロコシと普通トウモロコシの料理面での特性をデモンストレーションすること。そのために、1kgもしくは、それ以上のトウモロコシ・サンプルが各家族に配布され、各家族自ら、それぞれ違った料理に、この種の高タンパク品質トウモロコシがうまくマッチするかどうかを判別させることが必要であろう。ある種の調理法に、この種のトウモロコシが合わない場合は、調理法をいくぶんアレンジして好ましい成果が上がるよう心がけるのも一方法であろう。
- (7) 栽培農家、消費者、市場販売業者の関心を高め、高タンパク品質トウモロコシの大々的普及につとめる。その場合、やはり各国政府がラジオ、テレビなどのマス・メディアを活用して、先頭を切って普及に乗り出すべきであるが、このキャンペーン運動は、広く国民層に呼びかけるのであるから、民間会社や公営機関などの参加も必要となってくるであろう。
- (8) 高タンパク品質トウモロコシを利用した児童の学校給食事業を開始すること。

同時に政府は、民間の農産食品加工産業の育成を支援し、特に幼児などの栄養不良問題の解消に貢献する低価格乳児食品や、その他栄養食品の製造を増進すべきである。

タンパク質の最大効果を得るために、高タンパク品質トウモロコシと豆科作物の混合利用も大いに研究開発されるべきであろう。

最近の調査研究によると、トウモロコシは、60(トウモロコシ):40(大豆)のタンパク含有率で大豆と、また50:50でその他の豆類と組合わされた場合、もっとも高いタンパク品

質効果を生み出すことが明らかになっている。

現在、開発されつつある高タンパク品質トウモロコシ品種は、世界の多くの開発途上国で重大になっている。トウモロコシ常食者の栄養問題の緩和のためこれからも長い経路をたどるとみられる。

#### 4. トウモロコシ寄生病害

以前に研究レポートとして提出した、“A Compendium of Corn Diseases”の翻訳書で、すでにトウモロコシ寄生病害については、各論的に説明済みであるので、ここではB.L. RenfroとA.J. Ullstrupの“A Comparison of Maize Diseases in Temperate and in Tropical Environment”の翻訳を試み、熱帯地方と温帯地方のトウモロコシ病害の比較について勉強していきたいと思う。

さて、世界的に見た場合、トウモロコシは主に温帯及び亜熱帯にかけて生産されているが、最近では多くの熱帯地方においても、その生産は増大している。トウモロコシ寄生病害のいくらかは、熱帯、温帯のいずれの地域においても見うけられ、また他のいくらかの病害は、いずれか一方の地域においてのみ見うけられる。トウモロコシ寄生病害、及びその媒介昆虫の地理的分布を左右している重要な要因としては、温度、湿度、栽培様式、さらにその地域で栽培されているトウモロコシ胚原質のタイプや多様性などがあげられよう。

“Sclerospora”菌によるべト病、“late wilt”、“banded leaf and sheath blight” “Rhizoctonia”、“Botryodiplodia”、“Gray ear rot”などの病害は、熱帯から亜熱帯にかけてのみ発生している病害であり、“Southern Rust”、“Pythium and bacterial stalk rots”、“Curvularia leaf spot”、Diplodia macrosporaに原因する“ear rot”は、熱帯から亜熱帯にかけて、最も頻繁に見うけられるが、時折、南北緯34°を越えて、温帯地域までその発生が見られる。

反対に、“bacterial wilt”、“eye spot”、“yellow leaf blight”などの病害は、現在のところ、温帯地域においてのみ知られており、また“Ergot”は、世界でも、メキシコ中部の高原地帯など2～3カ所のみにはしか見られない珍しい病害であり、“Northern leaf blight” “Common Rust”、Diplodia maydisとGibberella zeaeに原因する“Stalk and ear rot”は、温帯地方及び熱帯、亜熱帯地方の高山地帯や冬作に限って見受けられる。

トウモロコシの生産は、温帯地方において極めて顕著であるが、熱帯や亜熱帯地方でも、最近、

トウモロコシ栽培が伸びている。その伸びの原因は、高収量で広域適応性に優れた雑種トウモロコシや自然交配品種の開発によるものである。これらのトウモロコシ品種のいくらかは、ある特定の病害に弱く、収量及び生産物の品質低下の原因となっている重要病害に対する抵抗性を取り入れるため、これらの品種の遺伝的修正：(Genetic Modification)、すなわち、品種改良が各地で行われている。

熱帯、亜熱帯地方におけるトウモロコシ生産を増大していくためには、品種改良と並行して、施肥量の増大を伴う栽培技術の改善もまた重要なことであり、新技術などに関する情報の伝達や、農民に新技術を普及していくための技術者養成なども強化されなければならない要素である。

表-23 南北緯 23.5° 以内の熱帯地方と温帯地方のトウモロコシ栽培面積と生産高の比較

栽培面積 (百万 ha)	温帯地方	熱帯地方	温帯地方の占める割合 (%)
1948 - 52 (平均)	69	19	78 %
1970	77	34	69 %
20 年間の増加 (%)	11 %	81 %	
生産高 (百万トン)			
1948 - 52 (平均)	123	16	88 %
1970	222	39	89 %
20 年間の増加 (%)	70 %	141 %	

表-24 南北緯 34° 以内の熱帯地方と亜熱帯地方のトウモロコシ栽培面積と生産高の比較

栽培面積 (百万 ha)	温帯地方	亜熱帯地方	温帯地方の占める割合 (%)
1948 - 52 (平均)	51	37	58 %
1970	49	61	45 %
20 年間の増加 (%)	- 3 %	64 %	
生産高 (百万トン)			
1948 - 52 (平均)	102	38	73 %
1970	179	83	68 %
20 年間の増加 (%)	75 %	119 %	

## A 熱帯トウモロコシと温帯トウモロコシの草型特徴の比較

熱帯地方で栽培されているトウモロコシと温帯地方で栽培されているトウモロコシの草型の一般的特徴の相違点は、先ず、熱帯地方の大部のトウモロコシ穀粒が“flinty”であるのに対して、温帯地方のそれは“Starchy”であるということである。しかしながら、もちろん例外もあり、例えばアルゼンチンの温帯地域：(Warm-temperate areas)では、穀粒がフリント種で濃いオレンジ色のものが栽培されている。熱帯トウモロコシは、一般に穂よりも長く、きっちり穂に密着した穂苞：(husk)をもち、この特性は病虫害などの侵入から穂を保護する役目を果しており長所と言えるが、機械化収穫の場合には、穀粒がきれいに収穫できないので短所ともなる。一方、温帯トウモロコシの穂苞は、熱帯トウモロコシのそれよりも短かく、開放的：(more open)であり、この特性は、実際その地域で行われているように、穀粒の機械化収穫に適合している。

熱帯低地トウモロコシ品種は、熱帯地域本来の栽培条件下では、温帯トウモロコシに比べて、約1mも高く生長し、熟期もより晩生で、1株当りの葉数も多く、収量も低いのが特徴である。このような熱帯トウモロコシの長稈性は、即ち、倒伏性につながるため、栽培管理をより困難にしている。

温帯トウモロコシの熱帯地方への直接導入は、過去何回も試みられてきたが、一般的に、病虫害抵抗性の欠除により、今まで1つの成功例も見えていない。しかしながら、両地域からのトウモロコシ間の交雑種：(Hybridization)は、かなりの成功をおさめてきている。もっともこの場合、適当な病虫害抵抗性を保つために、熱帯トウモロコシの“Gene dosage”を50%以上、その交雑種の中に保有しておかなければならない。もっとも、交雑を行わないで、過去4年間、熱帯トウモロコシの短稈化に努力して成功した例もある。

トウモロコシは熱帯地方においては、何故、温帯地方においてよりも、穀粒を少なく生産するのか、その理由は、十分には知られていないが、考えられることは、①日長が温帯より短いこと、②日照度：(intense light)が少ないこと、③夜温が高いこと、その他 ④草型などである。湿润熱帯地方においては、イリゲーションが可能であれば乾燥していて、日照度：(light-intensity)が高く、病虫害の発生も少ない冬季に高地で栽培されるトウモロコシの収量が明らかに優れている。

熱帯トウモロコシは、栽培面積で熱帯トウモロコシを断然しのいでいる温帯トウモロコシよりも遺伝的多様性に豊んでいる。熱帯地方では、自然交配混合品種、合成品種、品種間交配種が、より一般的になってきているが、これは、自然交配品種と言えども、生産力が高められてきていることと、熱帯地方に適合した容易な種子生産方式で採種が可能だからである。温帯地方では、トウモロコシの豊かな生産性は、主に単交雑品種：(Single-cross hybrid)に頼っている。

このように熱帯トウモロコシの多様性と温帯トウモロコシの一様性のちがいは、病気の発病と蔓延に決定的な差を与える極めて重要な要因であると言える。極端な一様性が、災いとなった好例として、1970年、核内遺伝子でなく、細胞質遺伝子によって発現する雄性不稔性を利用して、大量に採種され植付けられていた、米国のトウモロコシに破壊的な打撃を与えた“Southern leaf blight”の急激な蔓延をあげることができる。当時、米国のトウモロコシの90%は、Helminthosporium maydis の Race T に極端に罹病性である“Texas male-sterile cytoplasm”：(テキサス雄性不稔細胞質)をもっていたからである。

トウモロコシの栽培様式についても、温帯地方と熱帯地方では、多くの相違が見られる。熱帯地方のトウモロコシの大半が農民の手作業によって生産されているのに対して、米国の広大なコーン・ベルトなどで生産されるトウモロコシは、ほとんど機械化されている。一般的に、温帯地方では、今までずっと単位面積当りの植付本数を多くする努力が続けられてきたので、トウモロコシの畦間間隔は、熱帯地方のより狭くなっており、それに同調して、主に窒素肥料の施用も漸進的に多くなってきている。

また、熱帯地方の各地で見られるトウモロコシの通年連作は、結局、病原菌のポテンシャルを常に高く維持しているようなものであるのに対して、温帯地方みたいに、トウモロコシの連作であっても、その作期間に過酷な寒冷気候が入っているか、あるいは、熱帯のある地域みたいに乾燥した一定期間にみまわれるような地方では、病原菌の生存が脅かされるので、次のトウモロコシ作付まで、そのポテンシャルを維持できないという現象がみられる。南半球のある亜熱帯地域：(Warm-temperate areas)では、収穫適期になっても収穫せず、一定の長期間トウモロコシを圃場に立たせたまま残す栽培様式をとっているところがあるが、これもまた“ear rot”および“stalk rot”による収量損失の原因となっている。

## B 熱帯地方と温帯地方における特定のトウモロコシ病害の分布

温帯地方では、播種時期に冷温や土壌水分の過剰に見まわれる場合が多いので、発芽前後の“Kernel rot”や立枯病：(Seedling blight)が普通に見られる。これは発育初期の生育条件が悪いため、発芽が遅れ、発芽前の種子や、発芽直後の実苗が病原菌の侵入に長期間さらされるからである。

しかしながら、先進温帯地方では、播種前、殺菌剤による種子処理が慣行となっているため、このような病害の発生は、経済的問題となっていない。殺菌剤による種子処理は、土壌中で病原菌の侵入から種子を保護するが、すでに種子に内在していた病原菌に対しては、あまり効果がない。

“Pythium”菌の何種かは、低温、土壌水分過剰の状態では播種される種子や、発芽直後の実苗

を罹病させて、“Seed rot”、“Seedling blight”の原因となるが、その他にも、播種される時点ですでに種子に内在していたならば、同様な結果をもたらすことのできる病原菌としては、“ear rot”の病原菌があげられる(図-9参照)。

しかし、このような病原菌による被害も、温帯においては、一般に高品質の種子が厳格な検査を受けて市販されており、大部分の農民によって播種されているので、病気の種子伝染など最少限度に抑えられており、重大問題とはなっていない。

反対に、例えば、インド、タイ、フィリピンみたいに、湿潤熱帯で土壌温度の高いところで栽培されるトウモロコシは、例外なく殺菌剤による種子処理など行われていないが、2、3日後には、もう発芽し、“Kernel rot”や“Seedling blight”におかされる度合は、温帯地方よりもずっと少ない。

湿潤熱帯地方では、“*Pythium*”の何種か、特に“*Pythium aphanidermatum*”による立枯病：(Seedling blight)が見られ、熱帯地方に発生する“Seed rot”、“Seedling blight”の大半は、主に、これらの病原菌がすでに感染している種子を殺菌剤で処理することもなく、そのまま播種しているのが原因となっている。

トウモロコシ病害に関して、経済的に最も重大なのは、やはり葉をおかす病害である。その病名が示すように、熱帯地方よりも温帯地方で問題となっている“Northern corn leaf blight”(Helminthosporium turcium)(図-10参照)は、熱帯地方では、気温の低い高地のトウモロコシや、もし十分な湿度があれば冬作トウモロコシに多く見られる程度で、中部インド、タイ、インドネシアなど高温湿潤熱帯地域では、ほとんど問題となっていないのである。

“Southern Corn leaf blight”(Helminthosporium maydis)の発生範囲は、カナダ南部から、東南アジアの高温湿潤熱帯地方まで広く、この病原菌のRace OとRace Tは、ほとんど全世界にわたって発生分布しているが、この病害は、熱帯地方、亜熱帯に近い温帯地方により頻繁に発生する傾向が強い。しかしながら、これらの2つのRaceは、米国コーン・ベルトの厳酷な大陸性気候下でも、越冬することが知られており、“Texas male-sterile cytoplasm”をもったトウモロコシに大被害を与えたことで有名なRace Tは、最初、フィリピンで発見されたものである。1970年、米国コーン・ベルトで猛威をふるった“Southern corn leaf blight”のRace Tは、その翌年にも大被害を与えるだろうと予測されたが、その年の7月～8月に全く季節はずれの低温に見まわれたことと、1972年から、雄性不稔性を発現しない、普通の細胞質をもった雑種トウモロコシへ転換したことが、この病害のその後の蔓延を未然に防いだ大きな要因であると指摘されている。

図-9 “Rythium Stalk Rot”, “Seed Rot”, “Seedling blight” の生活史

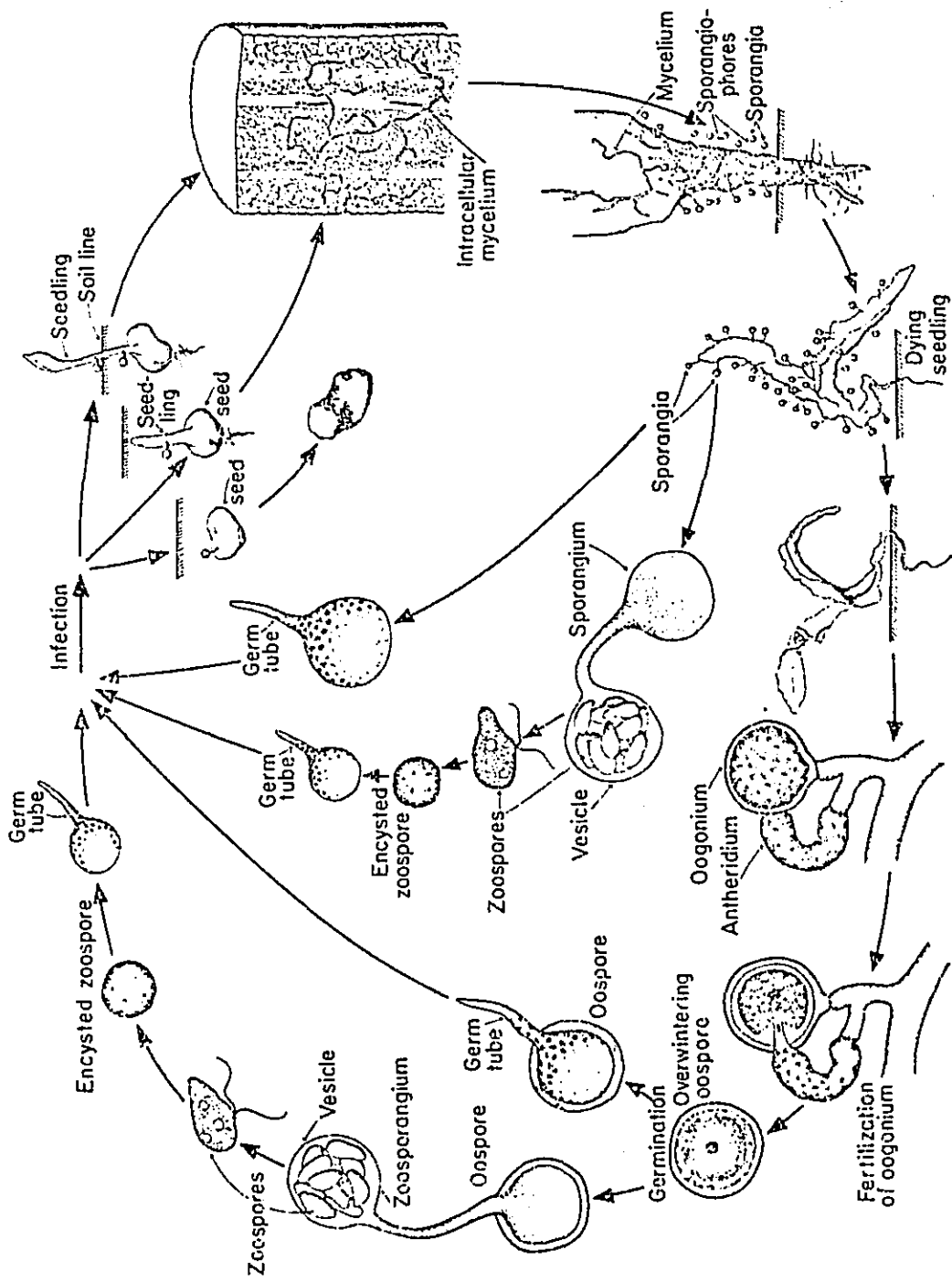
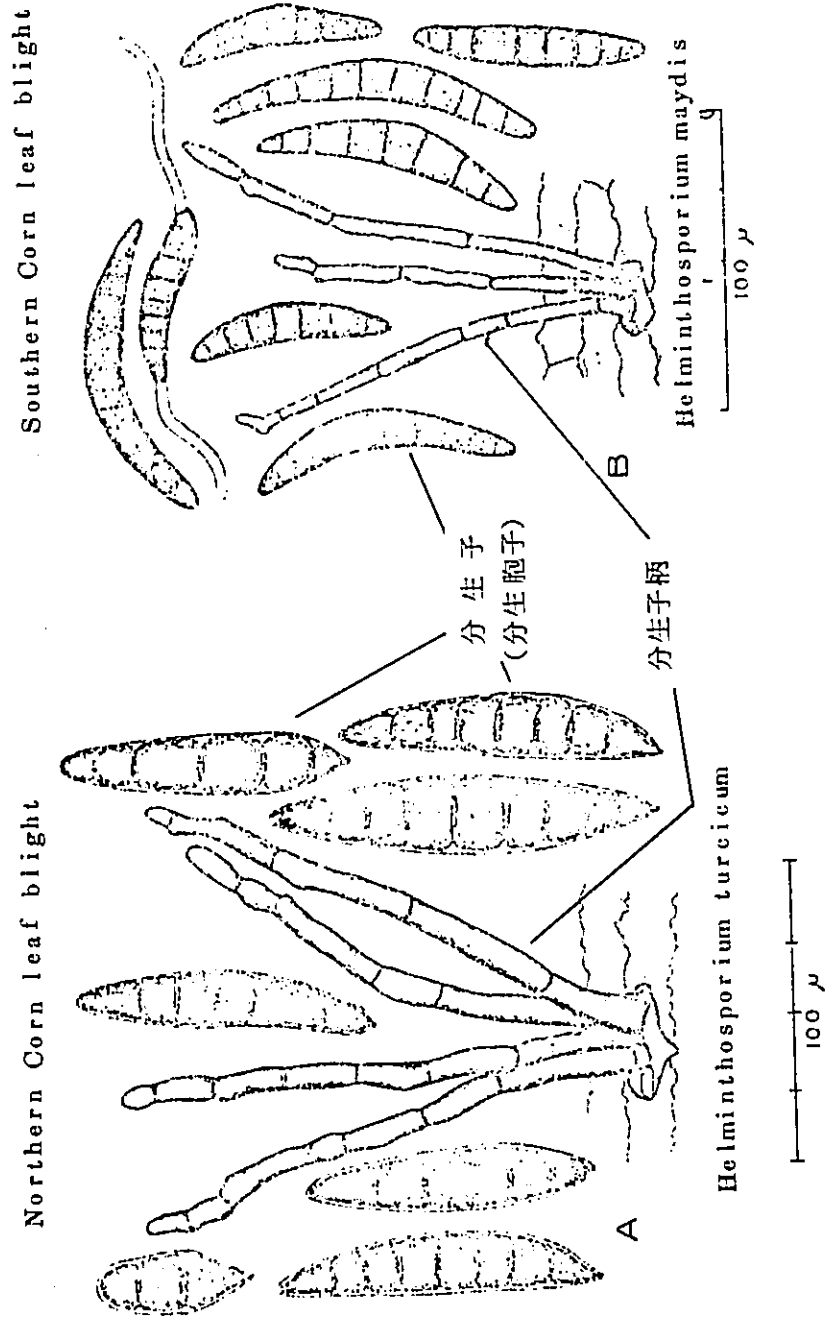
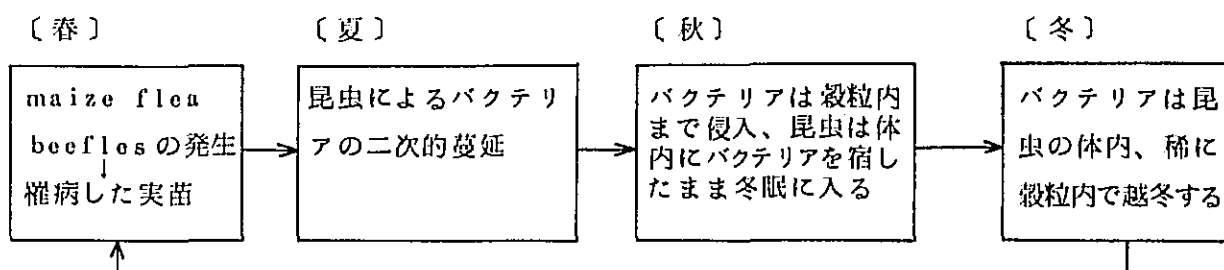


図-10 “Northern Corn leaf blight” と “Southern Corn leaf blight” の分生子と分生子柄





“Erwinia stewartii”に起因する“Bacterial Wilt”別名、“Stewart's disease”の発生は、一般的に温帯地方に限られており、熱帯地方においては、重要な病害ではないが、熱帯地方でも、この病害の媒介昆虫である“maize flea beetle”(Chaetocnema pulicaria)の存在は知られている。温帯地方では、この病原菌はこの昆虫の体内で冬を越し、春になって、昆虫が若い実苗を食害する時に、その傷口からトウモロコシ植物体の組織に侵入し、最初の感染をスタートさせる。冬の厳しい冷温は、この媒介昆虫のポピュレーションを相当に減少させるので、寒冷厳しい冬を経過した年のこの病害の発生はあまりひどくはない。トウモロコシと媒介昆虫と寄生菌(Erwinia stewartii)の関係は次のとおりである。



“Yellow leaf spot”(Phyllosticta maydis)は、米国の北部コーン・ベルトのように、冷涼で湿気が多い地域のみに限って発生しているようで、そこでは最近ある程度、経済的に重要な病害となってきている。“Phyllosticta maydis”は、“Helminthosporium maydis”のRace Tと同様に、“Texas male-sterile cytoplasm”をもったトウモロコシにとっては、破壊力の大きい病原菌であるが、普通の細胞質をもったトウモロコシに対しては、それ程の破壊力は示さない。

“Eyespot”(Kabatella zeae)は、湿潤冷涼気候をもつ日本の北海道で最初に観察記述された病害で、米国の北部コーン・ベルトでも、比較的低温で湿潤な気象に見舞われた時には、いくらか発生している。この病害は、ニュージーランド、オーストラリア、アルゼンチンでも発生しているが、高温湿潤熱帯地方では発生していない。

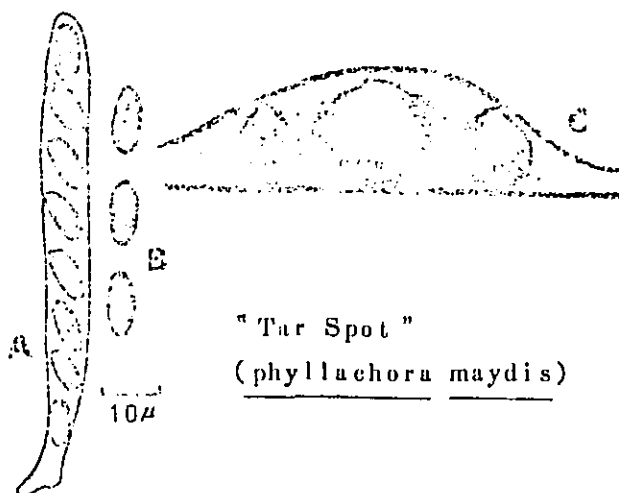
“Tar Spot”(Phyllachora maydis)は、温帯地方では、ほとんど稀れにしか見られないうが、中央アメリカ、メキシコの低地から高地まで高温に恵まれた地域で多く発生している病害である。例えばCIMMYTのPoza Rica試験場では、トウモロコシの葉の病害では、“Northern leaf Blight”とともに、重要な病害となっている。

右図 (Phyllachora maydis) の説明

A : 8 個の子のう胞子を含んだ子のう

B : 子のう胞子

C : 3 個の被子器を内包した子嚢の断面図



"Pseudomonas rubriliniens" によって起こる、"leaf-shredding disease" は、時折、高温湿潤熱帯地方のみに発生しており、冷涼な温帯地方では見受けられない。

"Tar Spot"  
(phyllachora maydis)

"Curvularia leaf spot" の発生は、熱帯地方全般に見られ、温帯地方でも高温湿潤地域に限ってその発生が見られる。病原菌としては、何種かのものが報告されているが、その中でも "Curvularia lunata" による発生がもっとも多いようである。この病害による葉の被害は、それほどひどくはないが、熱帯地方の地域によっては、大きな問題となっているようである。

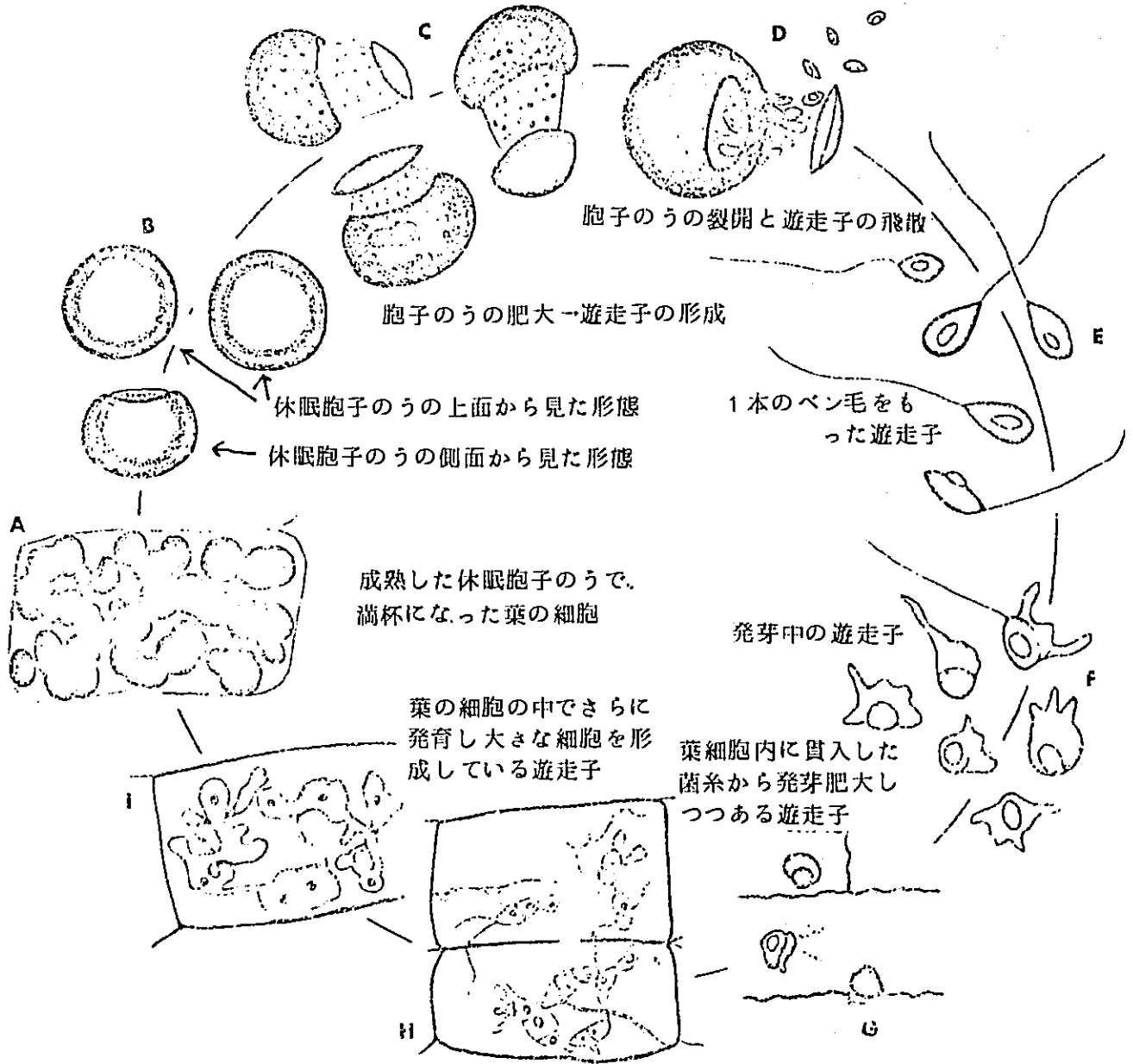
"Zonate leaf spot" (Gleocercospora sorghi) は、マイナーなトウモロコシ病害で、主に熱帯、亜熱帯地方に発生するが、発病に好適な気象がつづいた場合には、温帯の高温地帯でも、その発生が見られる。

"Brown - spot" (Physoderma maydis) は、熱帯地方に広く発生しているが、同様に米国の中部コーン・ベルトみたいな温帯気候下でも、あまり問題とならない程度に発生している。"Brown spot" の生活史は、図-11 参照。

"Banded leaf and sheath blight" (Hypochnus sasakii) は、温帯地方では、ほとんど見受けられず、熱帯地方に発生する病害であるが、あまり重要な病害ではない。

地理的分布が注目される場合、もっとも典型的なトウモロコシ病害としてあげられるのは、熱帯地方で最も重要な病害となっている、8 種類のべト病である。最初、ソルガムで発見記述されそしてトウモロコシよりもソルガムにひどい被害を与えているので、その名のついた "Sorghum downy mildew" は、トウモロコシに発病しているところを、12 年前、温帯のテキサス州で発見されている。このべト病によるトウモロコシの被害のもっとも大きいところは、高温湿潤なテ

図-11 “Brown-Spot” (*Physoderma maydis*) の生活史

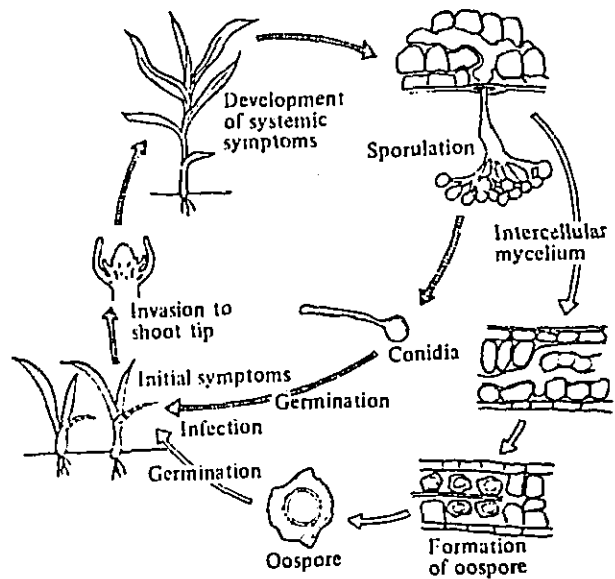


キサス海岸平野地域である。病原である "Sclerospora sorghi" は、ほとんど全種類のソルガムを感染させ、最近では、温帯地方に入る米國中南部で栽培されるトウモロコシにも被害を与えている。

トウモロコシ栽培にとって、経済的に重要な、その他のべト病は、概して高温湿潤地域に限って発生している。"Philippine downy mildew" : (Sclerospora philippines)、"Sugarcane downy mildew" : (Sclerospora sacchari)、"Java downy mildew" : (Sclerospora maydis)、"Spontaneum downy midew" (Sclerospora spontanea)、"brown stripe downy mildew" : (Sclerophthora rayssiae var. zeae) がこの部類のべト病に入る。

一方、"Crazy top" : (Sclerophthora macrospora) は、おそらく、熱帯地方、温帯地方の両地域にまたがって発生しているべト病の一種であるが重要性から言うとマイナーな病害であり、"Graminicola downy mildew" : (Sclerospora graminicola) は、トウモロコシには発生していないが、熱帯地方の他のイネ科牧草や、"green ear disease" として知られるミレットの病害となっている。

右図は、"Java downy mildew" の生活史を示したものである。



トウモロコシのウイルス病は、熱帯地方に広く分布しているが、その中でも、経済的に最も問題となっているのは、アフリカに発生している "Maize Streak"、ハワイと南米一部の "Maize Mosaic" で、これらのウイルス病は、温帯地方では見られない。このように地理的分布が限られているのは、それぞれの媒介昆虫の特殊性からくるものであると思われる。

いくらかの "Strain" をもつ "Sugarcane mosaic 複合ウイルス" は地理的分布の範囲が広く、熱帯地方全般に発生しているが、これは、沢山の種類のアブラムシが媒介昆虫としての役割を果たしているからであろう。人々によっては、"Sugarcane mosaic" の1つの "Strain" と考えている "Maize dwarf mosaic" は、1960年代から、米国のコーン・ベルトの中央部、

図-12 "Crazy top", "Sorghum downy mildew", "Graminicola downy mildew"  
 "Brown Stripe downy mildew" の胞子のう状態

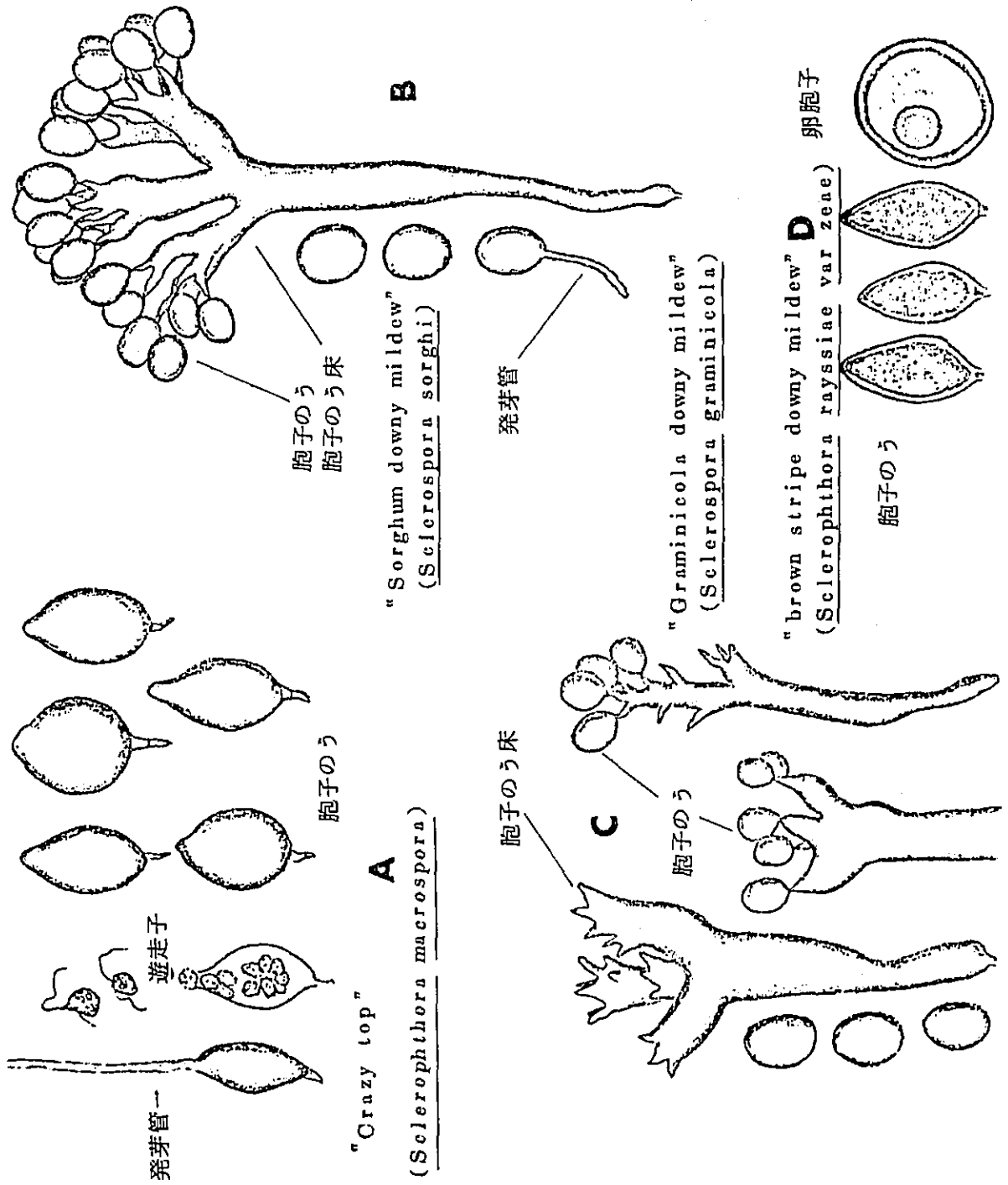
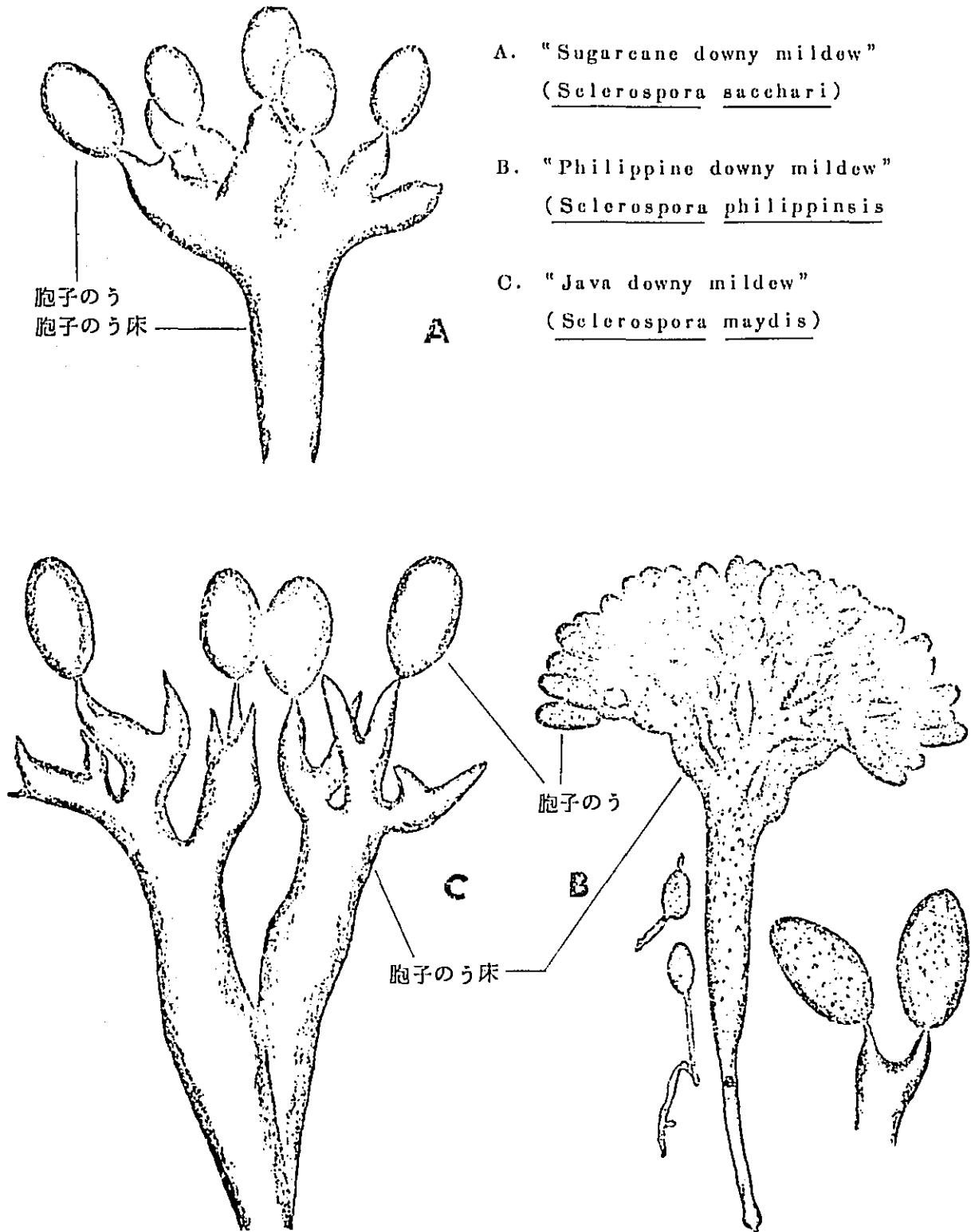


図-13 “Sugarcane downy mildew”、“Philippine downy mildew”  
 “Java downy mildew”の胞子のうの形態

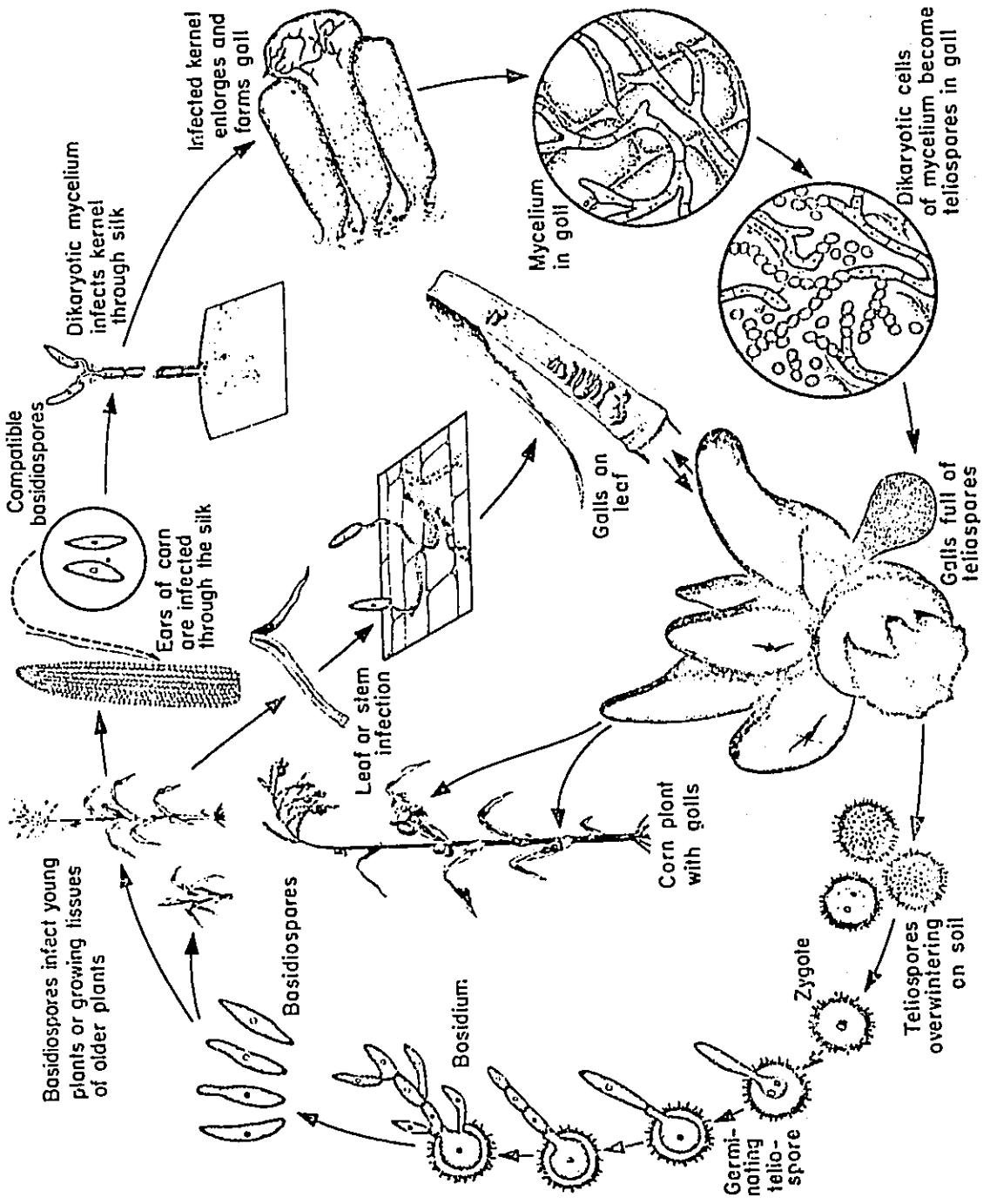


A. “Sugarcane downy mildew”  
 (Sclerospora sacchari)

B. “Philippine downy mildew”  
 (Sclerospora philippinsis)

C. “Java downy mildew”  
 (Sclerospora maydis)

図-14 “Common Smut” (*Ustilago maydis*) の生活史



および東部地域で重要な病害となっている。このMDM: (maize dwarf mosaic)は、熱帯地方に広く分布していると信じる多くの理由があげられているが、まだ十分に同定されていず、混同が見られる。インド亜大陸、東南アジアでも、“maize mosaic”を起こすウイルス病が発生している。

その他に、トウモロコシのウイルス病として温帯地方に見られるものは、あまり重要な病害とはなっていない。熱帯地方では、ウイルス病のそれによく似た病徴がよくトウモロコシ植物体に見られるが、病徴だけでウイルス病を同定することは危険である。というのは、環境の影響と宿主(トウモロコシ)の遺伝子型、この2つの要因が、病徴の表現を加減しているからである。また、媒介昆虫として機能する多種多様な昆虫が、高温多湿地方に豊富に存在していることが、すなわち、その地方に、多種類のウイルス病が発生することを説明している。これらのウイルス病をもっと詳しく検査し、もっと新しい、信頼性のある方法で積極的に同定していく必要があり、そして現在、混同が見られる、これらのウイルス病の分類に簡単ですっきりした命名システムが望まれている。

“Corn Stunt”の病原体は、一度ウイルスであると考えられたことがあったが、現在では、マイコプラズマのような微生物であろうと考えられている。この病害は、例えば中央アメリカ、メキシコのような熱帯地方及び高温温帯地方でもっともひどく発生しており、その地方では、媒介昆虫である5種類の“leaf hopper”のポピュレーションも高い。樹液伝染せず、1種類かあるいは特定の2~3種類の媒介昆虫をもつウイルス病に似て、“Corn Stunt”の地理的分布の範囲も、その媒介昆虫の分布に一致している。

トウモロコシは、“Common Smut”別名“boil Smut”と“Head Smut”の2種類の黒穂病に感染する。“Common Smut”は、温帯地方に広く発生しており、高温多湿熱帯地方では、ほとんど見あたらない。しかし熱帯地方でも気温の低い高地では、温帯と同様によく見られる病害である。

一方、“Head Smut”は熱帯でも温帯地方でも発生している。とくに大気湿度が低く、イリゲーションに頼って栽培されているトウモロコシによく発病する。この病害は、米国北部の山間平野で、イリゲーションに頼って栽培されているトウモロコシや、乾燥しているメキシコ高原で、イリゲーション栽培されているトウモロコシによく発生しているが、コーン・ベルトでの発生はほとんどない。下水や流水をトウモロコシに灌漑利用した場合、この病害への感染度を高めるようである。



“False Smut”は、その名のとおりに、黒穂病に似ているが、本当は別の病原菌：(Ustilago ginoidea virons)によって発病する病害で、トウモロコシの雄花だけを感染し、そこに硬い緑色がかった黒色の“gall”をつくる。熱帯地方で発生し、温帯地方のトウモロコシには発生していないが、稲には広く発生している。経済的重要性を考えた場合、ほとんど問題にしなくてもよい病害である。

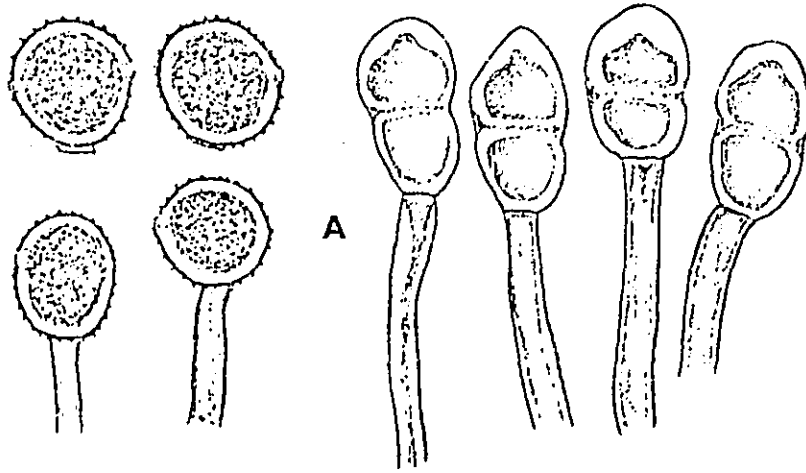
3種類のトウモロコシ銹病のうち、“Tropical maize rust”(Physopella zoeae)は、アメリカ大陸の熱帯地方に限って発生しており、他の熱帯地方や温帯地方での発生は伝えられていない。経済的にあまり重要な病害ではなさそうである。

“Southern maize rust”：(Puccinia polysora)は、主に熱帯、亜熱帯地方に発生しているが、米国コーン・ベルトの中央部、北部地域でも発見されている。最初、この病害の発生地は、西半球に限られていたようであるが、約20～25年前に、西アフリカでも発生していることがわかり、その地方のトウモロコシ生産に相当な経済的損失をもたらした。この病害は、アフリカ大陸を横断して、東南アジアや太平洋諸島に向って東進しているようである。この病害は、すでに温帯地方でも見つけられたが、西アフリカ地方を例外として、その他の熱帯地方と同様にそこでは、あまり重要な病害とはなっていない。この病害は、一般に低地に限って発生しているようで、熱帯地方でも、標高1,200mすぎると、ほとんど発生を見ない。熱帯地方では、銹病としては、むしろ“Common rust”が、もっとも普遍的であると報告されているが、果して、“Common rust”か、それとも“Southern maize rust”なのか、はっきり同定する必要があるだろう。

“Common maize rust”：(Puccinia sorghi)は、全世界的に発生分布しているが、熱帯地方においては、標高およそ1,200m以上の高地に限って見られる。温帯地方では、広範囲に分布していて、その年の気象条件に左右されるが、その発生には、年ごとに、また地域ごとに相当な変化がみられる。この病気の発育に好都合な自然条件は涼しく、湿度の高いことで、米国コーン・ベルトでは、ほとんどトウモロコシ開花後に小規模に発生しているので、収量に与える影響も少なく、経済的に重要な病害とはなっていない。

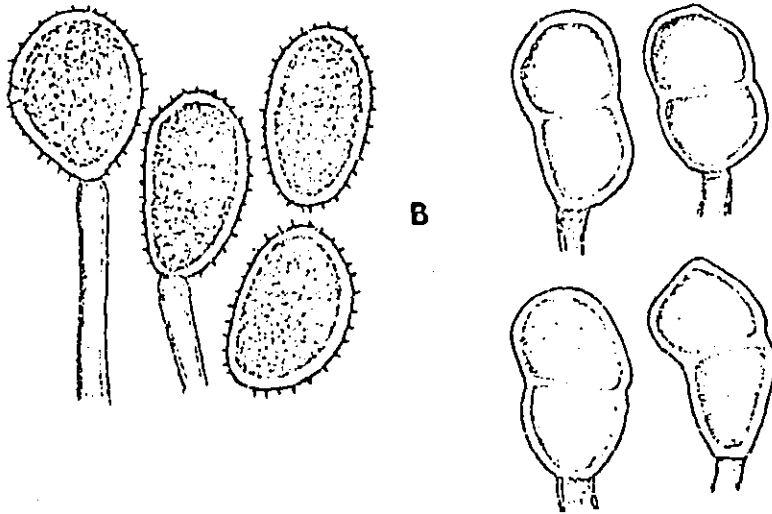
温帯地方に発生する種々の“Stalk rot”は、大部分が糸状菌：(fungi)によるものである。  
“Diplodia stalk rot”：(Diplodia maydis)、“Gibberella stalk rot”：  
(Gibberella zoeae)、“Fusarium stalk rot”：(Fusarium moniliforme)、  
“Charcoal rot”：(Macrophomina phaseoli)の病原菌の破壊活動は、宿主(トウモロ

図-15 “Common maize Rust”、“Southern maize Rust”  
 “Tropical maize Rust”の夏胞子と冬胞子



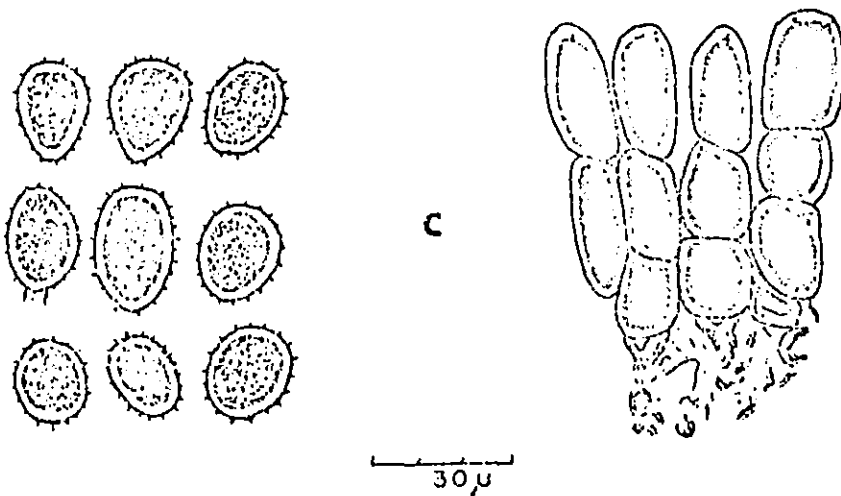
“Common maize Rust”

右侧：冬胞子  
 左侧：夏胞子



“Southern maize  
 Rust”

右侧：冬胞子  
 左侧：夏胞子



“Tropical maize  
 Rust”

右侧：冬胞子  
 左侧：夏胞子

コシ)が成熟するにつれて活発になり、よって人間にたとえるならば、“老人病”とも呼べるトウモロコシ病害である。過剰な窒素施用や、加里欠乏及び密植はこれらの病害を多発させる。このことが、すなわち、この病害の発生が熱帯地方よりも温帯地方に多いということを証明している。

“*Pythium stalk rot*” : (*Pythium aphanidermatum*)は、前述の“老人病”の部類には入らず、“*Stalk rot*”の中では特異な存在で、いかなる生育段階の宿主でも、無差別に発生し、とくに開花前の発病が顕著である。温帯地方では、10~14日間の異常な高温(34~38℃)と降雨過多が続いたような地域で多発する、この病害は熱帯地方でより多く発生しているが、これは、その発病を促す環境条件が温帯地方よりも、ずっと整っているからである。この病原菌の生活史については図-9参照。

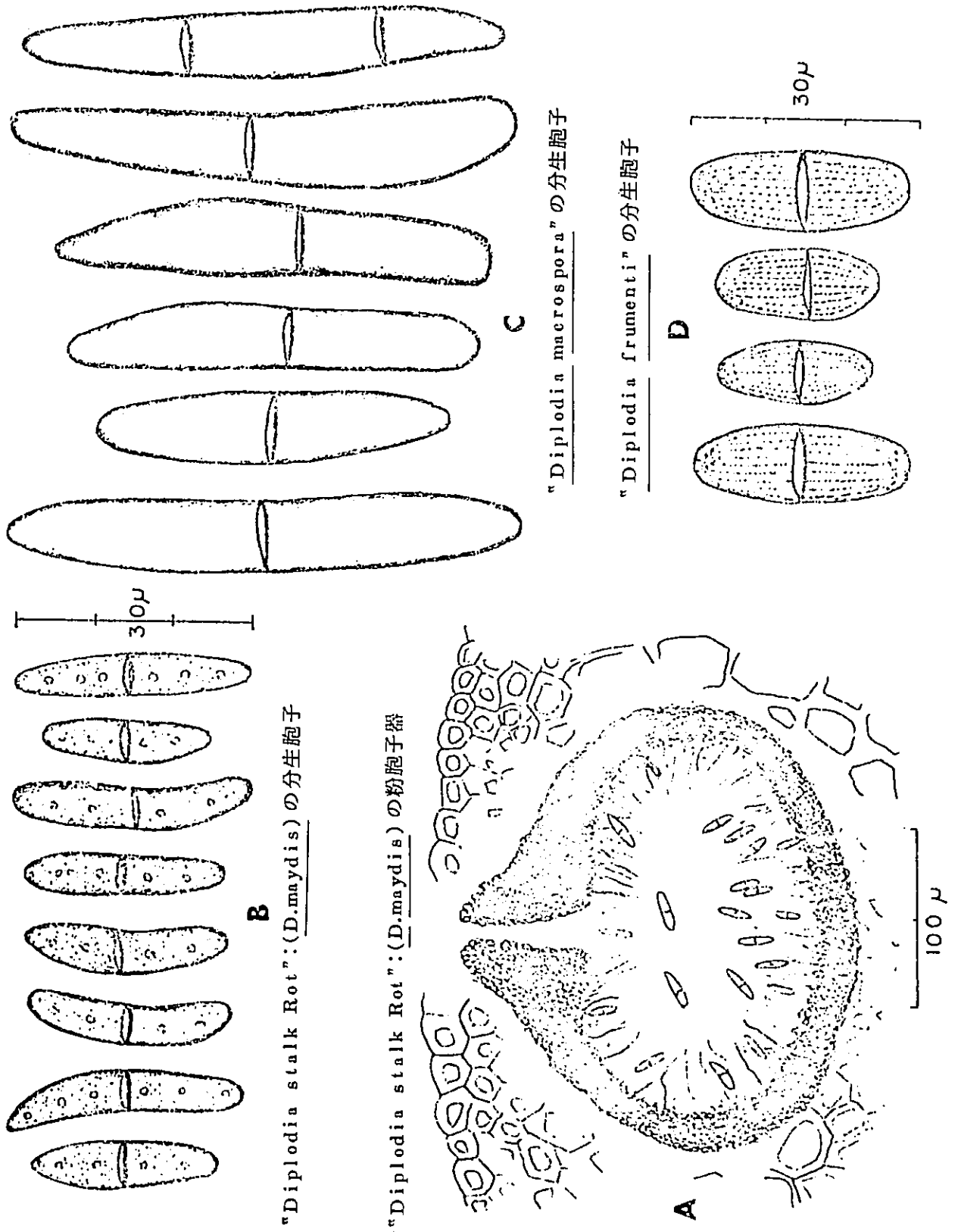
“*Bacterial stalk rots*” : (*Erwinia cheysanthemi*, *Pseudomonas lapsa*)は、温帯地方よりも、高温多湿の熱帯地方で頻りに発生している。高温多湿は、この病害の分布にとっての第1条件のようである。熱帯地方で普通にみられる下水を利用したイリゲーションは、この病害を誘発するようである。

“*Late wilt*” : (*Cephalosporium maydis*)は、原則的にトウモロコシ茎の維管束をおかす病害であり、温帯地方では見られない。この病害は、エジプト、インドでその発生が伝えられており、そこでは重要な問題となっている病害である。タイに見られる(*Colletotrichum graminicola*)に原因する、重要な“*Stalk rot*”は、おそらく熱帯地方に広く発生分布していると思われる。

(*Cephalosporium acremonium*)と(*Fusarium moniliforme*)に原因する“*Stalk rot*”は温帯地方よりも熱帯地方で、より重要な病害となっているようである。温帯地方では、“*Fusarium stalk rot*”は、“老人病”の部類に入る病害のようであり、またそこでは“*C. acremonium*”は、経済的には、ほとんどマイナーな病害である。

熱帯地方と温帯地方のトウモロコシの穂腐水病 : (*ear rot*)のちがいは、温帯地方の“*ear rot*”が概して、一種類の病原菌におかされて、すっきりした病徴を発現させるのに対し、熱帯地方のそれは、一度に多種類の病原菌からおかされるということであり、よって、そういう病原菌複合体からおかされた穂は、単一病原菌に感染した場合に特徴的に見られるような、すっきりした病徴を示さないということである。

図-16 "Diplodia stalk Rots"の種類



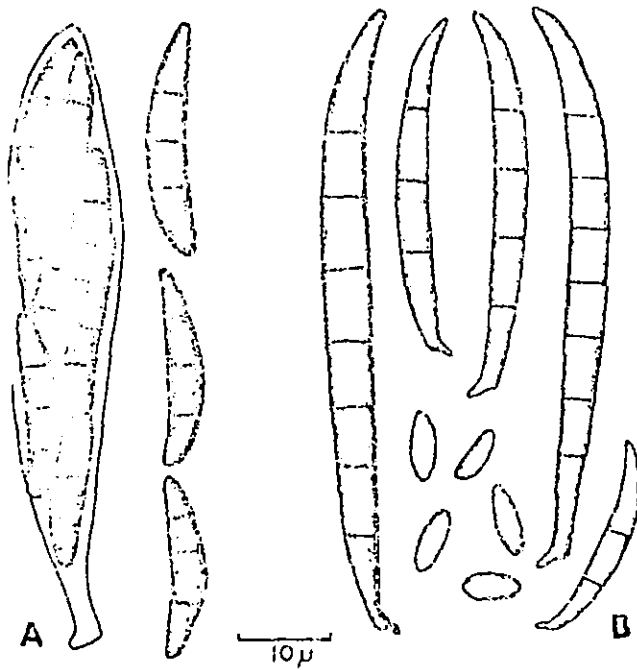
"Diplodia stalk Rot": (*D. maydis*) の分生孢子

"*Diplodia macrospora*" の分生孢子

"*Diplodia frumentii*" の分生孢子

"Diplodia stalk Rot": (*D. maydis*) の粉孢子器

図-17 “Gibberella stalk rot” と “Fusarium stalk rot”



A : “Gibberella roseum f. sp. cerealis”

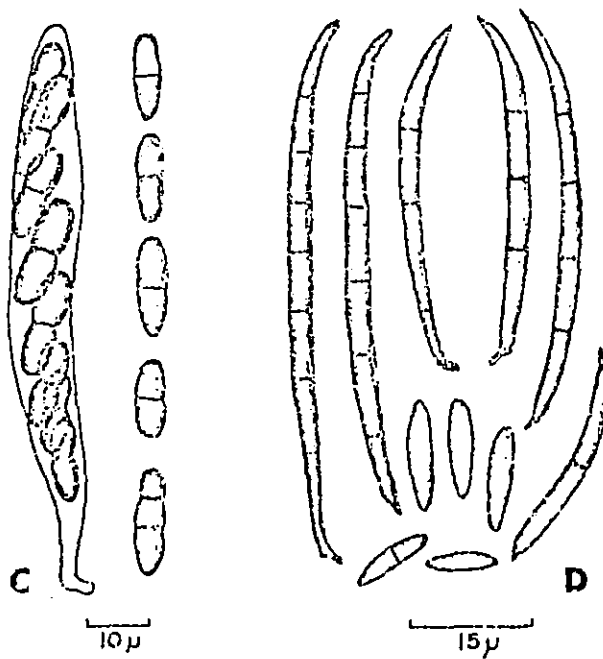
左側：子のう

右側：子のう胞子

B : “Fusarium roseum f. sp. cerealis” の大分子生：

(macroconidia) と小分子生：

(microconidia).



C : “Gibberella moniliforme”

左側：子のう

右側：子のう胞子

D : “Fusarium moniliforme”

の大分子生と小分子生

“*Gibberella ear rot*” : (*G. zeae*) は、普通、温帯でもより涼しい地域に多く発生しており、熱帯地方では、ジャワ島などの高地を例外としてほとんど発生していない。

“*Diplodia ear rot*” : (*D. maydis*) は、温帯地方では、よく見られる病害であるが、めったに大問題となることはない。同様に (*D. macrospora*) に原因する “ear rot” や、マイナーな病害である “leaf spot” は、時折、温帯でも高温地方や亜熱帯地方に発生が見られるが、米園コーン・ベルトの中央部、および北部地域のように冷涼な地域では発生していない。

“*Rhizoctonia ear rot*” : (*R. zeae*)、 “*Botrydiplodia ear rot*” : (*B. zeae*) 及び “*Gray ear rot*” : (*Physalospora zeae*) は、典型的な熱帯地方の病害であるが、たまに亜熱帯や高温温帯地方でも見られる。

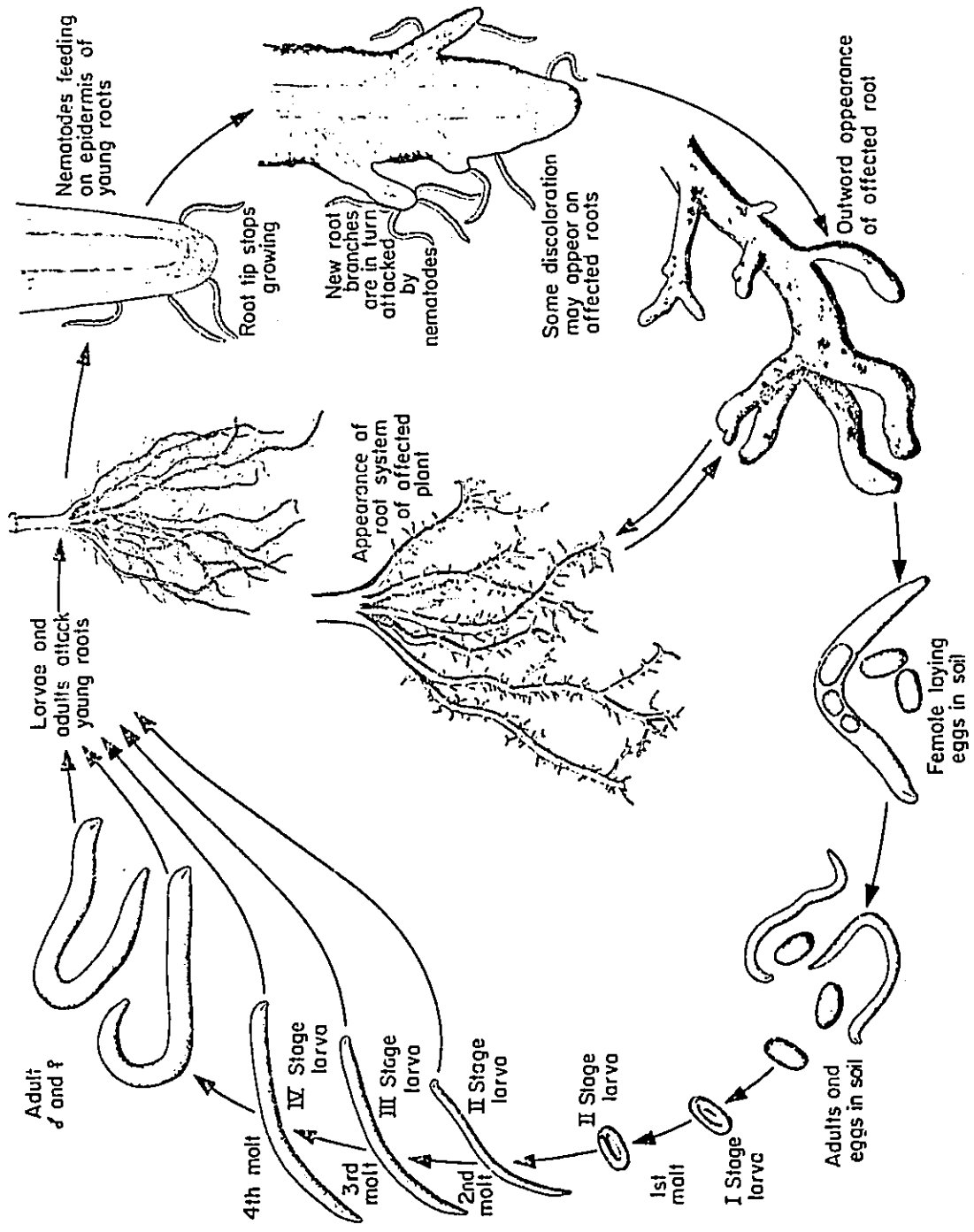
“*Nigrospora Cob rot*” は弱い病原菌である (*N. oryzae*) に原因し、普通、早ばつ、低温、その他の病害によって、樹勢をなくしたトウモロコシの穂に感染する。この病害は、“*Fusarium moniliforme*” に原因する “Kernel rot” に似て、高温、冷温両地域で見られるが、どちらかという、高温乾燥が発病に好都合のようである。

“*Ergot of Maize*” : (*Claviceps gigantea*) は、トウモロコシ病害の中では、ユニークな存在で、世界でもメキシコ中央高原のほんの2、3カ所に限って発生している。この地域は緯度からすると熱帯地方に入るが、発生地は標高 2,500 ~ 2,700 m の高原盆地で湿度が十分な上、適当な温度に恵まれた気候は、温帯地方のそれに近く、メキシコではある程度経済的に重要な病害となっている。幸いにして、この病原菌の菌核は、家畜や人間にとって有毒物であるアルカロイドを含んでいない。

トウモロコシの穂は、各種病原菌や微生物にとっては、いわば栄養物質を満杯にした天然のチャンパーであり、常にこれらの微生物の侵入に脅かされていると言っても決して過言ではない。とにかく寄生病菌、腐生菌などが、さまざまな経路から、穂やまたは、1つ1つの穀粒に侵入していくのである。

トウモロコシのネマトーダによる被害は温帯地方の比較的冷涼地域では、ほとんど重要な問題とはなっていない。一方亜熱帯地方や高温温帯地方の土壌温度が高いことのほかに、その他の自然条件に恵まれた地域では、“root knot nematode” などを含む種々のネマトーダによる被害が顕著に見られる。ネマトーダの被害が知られている熱帯地方での、トウモロコシの生育と収量に及ぼす殺線虫剤 (nematocides) の効果に関する調査研究が、今後行われるべきである。“Stubby-root nematode” の生活史は、図-18のとおりである。

図-18 “Stubby-root nematode”の生活史



現在のところ、トウモロコシは、一種類の寄生植物：“Witchweed”：(Striga asiatica)から被害をうけている。この有害植物の分布は、熱帯地方に限られるが、1つだけ例外があって、1950年代に米国南部でも発見された。それ以来、徹底的な撲滅運動が展開されて他州に拡散することなく、現在では、北カロライナ州と南カロライナ州だけに限って見られる。“Witchweed”：(Striga asiatica)の生活史は図-19のとおりである。

図-19 “Witchweed”：(Striga asiatica)の生活史

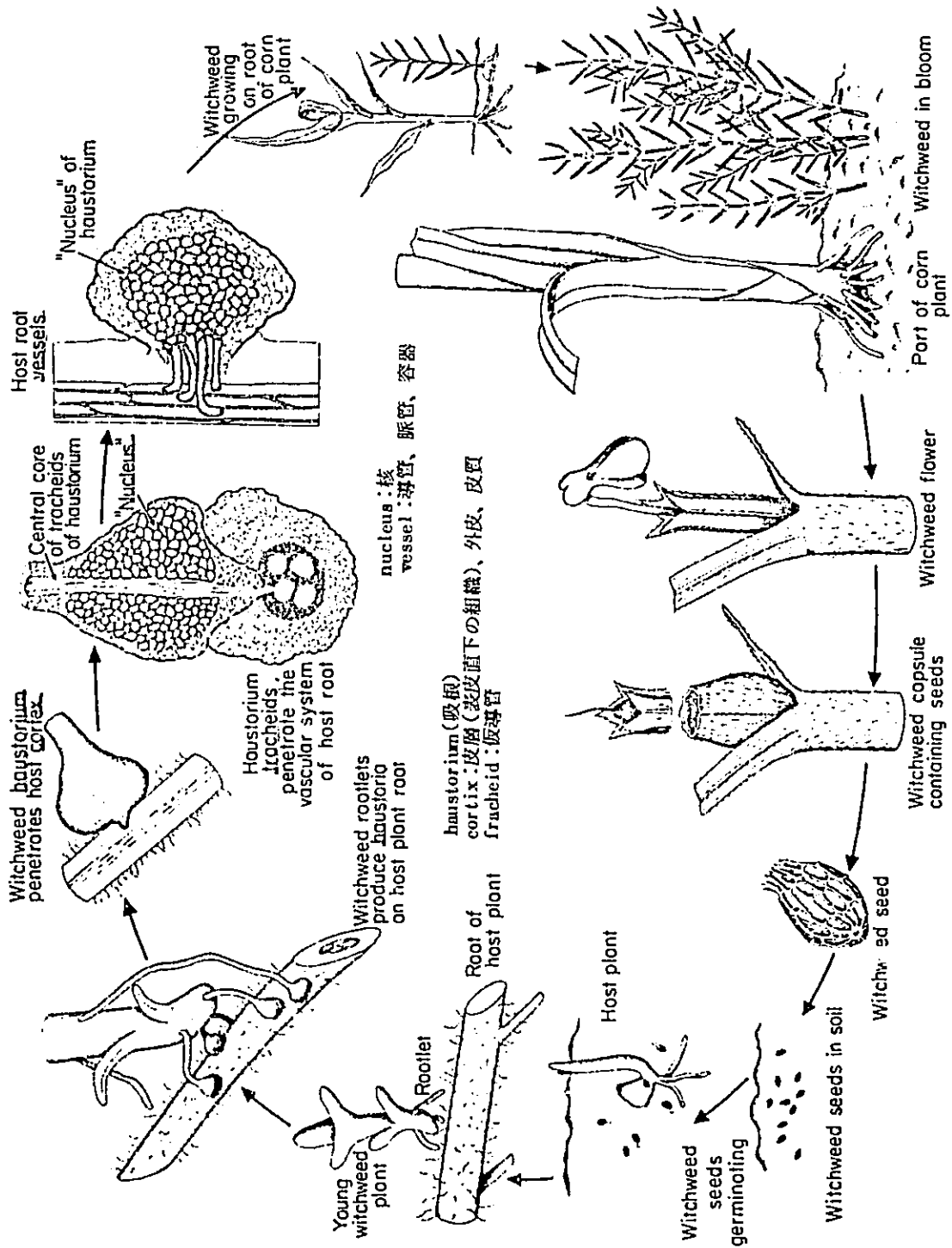




表-25 温帯地方と熱帯・亜熱帯地方におけるトウモロコシ病害の発生状況と重要性

Table 3 : The relative Prevalence <sup>1/</sup> and Importance <sup>2/</sup> of Maize Diseases of the world.

Disease	Temperate (outside 34° lat.)	Sub-tropi cal (with in 34° lat)	Tropical Highland 1000+ M	(within 23. 5 lat.) Lowland	
				Winter 1000(-)M	Summer 1000(-)M
<b>I. Foliar diseases</b>					
1. Northern leaf blight	+++ 3	++ 1	+++ 3	++	+1
2. Southern leaf blight	+++ 3	+++ 3	+1	++2	+++ 3
3. Helminthosporium leaf spot ( <i>H. carbonum</i> )	++1	+ 1	++1	+1	+1
4. Bacterial wilt	++1	+ 1	- 0	- 0	+1
5. Yellow leaf blight	++2	- 0	- 0	- 0	- 0
6. Eyespot	++1	- 0	- 0	- 0	- 0
7. Tarspot	+0	+ 1	+1	- 0	+1
8. Leaf shredding	- 0	+ 1	- 0	- 0	++1
9. Curvularia leaf spot	- 0	++ 1	++1	+1	+++ 3
10. Brown spot	+1	++ 2	+1	+1	++1
11. Banded leaf and sheath blight	- 0	+ 1	- 0	- 0	++1
12. Zonate leaf spot	- 0	+ 1	- 0	- 0	+1
<b>II. Smuts and rusts</b>					
13. Head smut	+1	++ 2	++1	+1	++1
14. Common smut	+++1	++ 1	++1	+1	+1
15. False smut	- 0	+ 1	+1	- 0	+1
16. Common rust	+++2	++ 2	+++2	++1	+1
17. Southern rust	- 0	++ 2	+1	+1	+++3
18. Tropical rust	- 0	+ 1	- 0	+1	+1
<b>III. Downy Mildews</b>					
19. Sorghum ( <i>S. sorghi</i> )	+1	++ 2	- 0	+++3	+++3
20. Java ( <i>S. maydis</i> )	- 0	- 0	- 0	+++3	+++3
21. Philippine ( <i>S. philippinensis</i> )	- 0	++ 2	- 0	+++3	+++3
22. Sugarcane ( <i>S. sacchari</i> )	- 0	++ 2	- 0	+++3	+++3
23. Graminicola ( <i>S. graminicola</i> )	+1	- 0	- 0	- 0	- 0
24. Spontanea ( <i>S. spontanea</i> )	- 0	- 0	- 0	+1	++2
25. Crazy top ( <i>S. macrospora</i> )	+1	+ 1	- 0	- 0	+1
26. Brown stripe ( <i>S. rayssiae</i> )	- 0	+++ 3	- 0	- 0	++2
<b>IV. Virus and Mycoplasma - like entities</b>					
27. Maize streak	- 0	++ 2	+1	++2	+++3
28. Sugarcane and Maize dwarf mosaic	+++3	+++ 3	+1	++2	++2
29. Wheat streak mosaic	+1	- 0	- 0	- 0	- 0
30. Maize leaf fleck	+1	- 0	- 0	- 0	- 0
31. Bromegrass mosaic	+1	- 0	- 0	- 0	- 0
32. Cucumber mosaic	+1	+ 1	- 0	- 0	- 0

表 2 6 温帯地方と熱帯・亜熱帯におけるトウモロコシ病害発生状況と重要性

Table 3 : Continued.

Disease	Temperate (outside 34° lat.)	Sub-tropi- cal (with in 34° lat)	Tropical Highland 1000 + M	(within 23.15 lat.)	
				Lowland 1000(-)M	Summer 1000(-)M
33. Corn stripe	- 0	+ 1	- 0	+ 1	+ 1
34. Maize rough dwarf	++ 2	++ 2	- 0	- 0	- 0
35. Corn Stunt	+ 1	+++ 3	+ 1	+++ 3	+++ 3
<b>V. Stalk rots</b>					
36. Diplodia	+++ 3	+++ 3	+ 1	- 0	- 0
37. Gibberella	+++ 3	++ 2	+ 1	- 0	- 0
38. Fusarium	+++ 2	+++ 2	++ 1	++ 1	+++ 2
39. Charcoal rot	++ 1	++ 1	+++ 2	+++ 2	+++ 2
40. Black bundle	++ 1	+++ 2	+ 1	++ 1	++ 2
41. Late wilt	- 0	+++ 3	- 0	+++ 3	+++ 3
42. Pythium	++ 1	+++ 3	- 0	+ 1	+++ 3
43. Bacterial	+ 1	+++ 3	+ 1	+ 1	+++ 3
44. Anthracnose	- 0	+ 1	- 0	++ 1	+++ 3
<b>VI. Ear and Kernel Diseases</b>					
45. Diplodia	++ 2	+++ 2	+ 1	- 0	- 0
46. Gibberella	+++ 2	++ 1	+ 1	- 0	- 0
47. Diplodia macrospora	- 0	++ 1	- 0	- 0	+ 1
48. Rhizoctonia	- 0	+ 1	- 0	- 0	++ 1
49. Botryodiplodia	- 0	+ 1	- 0	- 0	+++ 2
50. Gray ear rot	- 0	+ 1	- 0	- 0	++ 1
51. Nigrospora	++ 1	++ 1	+ 1	+ 1	+ 1
52. Fusarium	+++ 2	+++ 2	+++ 2	++ 2	++ 2
53. Ergot	- 0	- 0	++ 1	- 0	- 0
VII. Seedling blights	++ 2	+ 1	++ 2	+ 1	+ 1
(Mainly species of Pythium, Fusarium, Cephalosporium, Rhizoctonia, Diplodia, Nigrospora, Penicillium, Helminthosporium, and Curvularia).					
VIII. Nematodes	+ 1	++ 2	+ 1	+ 1	+ 1
(Mainly species of Pratylenchus, Helicotylenchus, Tylenchorhynchus, Trichodorus, Heterodera, and Belonolaimus).					
IX. <i>Siriga</i> ( <i>S. asiatica</i> ).	- 0	+ 1	- 0	++ 1	++ 1
1/ Prevalence		2/ Importance			
+++ =	Abundantly present	3 =	Major importance		
++ =	Commonly present	2 =	Moderate importance		
+ =	Occasionally present	1 =	Minor importance		
- =	Not present	0 =	Absent or rarely found.		

## 5. トウモロコシ害虫

ここでは、米国のいくつかの文献を引用して、トウモロコシを加害する昆虫を、A 土壌生息害虫、B 茎、葉、穂の害虫、C 貯蔵害虫に分けて、それぞれの生態や防除対策などを説明したあと、C I MMY Tが行っているトウモロコシの主要病害虫抵抗性品種の育種について簡単にのべる。

### A 土壌生息害虫

#### (1) "Corn Rootworm"

"Northern corn rootworm" (Diabrotica longicornis) は、米国コーン・ベルトで、ごく普通に見うけられ、アイオワ州では、10~30%の収量減の直接原因となっている。成虫は、黄色がかった緑色を呈し、背中に黒い斑点をつけ、体長約1/4インチで、花粉、絹糸、露出した穀粒を食害する。幼虫は茶黄色の頭部をもった体長約1/2インチの白色の細長い昆虫で、根に侵入して、そこを食害し、根をトンネルのごとく空洞化する。

成虫は、秋にトウモロコシ畑に産卵し、翌春になって、その卵からフ化した幼虫は、新しく植付けられたトウモロコシの根を食い荒らしながら成長して、やがて、さなぎとなり、成虫となって、彼らの生活史を全うする。

この害虫は、トウモロコシとマメ科もしくは他の牧草との輪作によって、比較的容易に防除がなされる。"Corn rootworm"としては、ほかに、コロラド州、ネブラスカ州、カンサス州、ニューメキシコ州など米国西部に発生している "Western corn rootworm"、(Diabrotica virgifera) と、米国南部で発生している "Southern corn rootworm" : (Diabrotica, duodecimpunctata) がある。

#### (2) "Cutworms"

普通 "Cutworm" と呼ばれる害虫の中には、"black cutworm" : (Agrotis ypsilon)、"glassy cutworm" : (Crymodes devastator)、"dingy cutworm" : (Feltia subgothica)、"Clay-backed cutworm" : (Agrotis gladiaria) が含まれている。これらの "cutworm" は、北米全域に分布しているが、それぞれ支配的な分布地域がちがうようである。これらの害虫は若実苗を切断して、結果的に植付本数を減らすことになるので、もし、異常発生でもしたら、その被害は、決定的と言わざるをえない。幼虫は、基本的には、灰色がかった黒色をしているが一定せず、灰色から茶色の間で変化にとみ、成虫の蛾もまた同様である。"Cutworm" は、一般に夜行食害虫で、土壌表面付近で、かみ切られている若実苗を見つけたならば、この害虫の横行を認めざるをえない。

この害虫は、初秋に草地や芝生に産卵し、大部分がその年の晩秋までにフ化して幼虫となり、土壤中で越冬し、翌春、トウモロコシが植付けられると、食害を開始する。6月下旬から7月初旬にかけて、十分に发育した幼虫は、土壤中に小さな独房をつくり、その中でさなぎとなり、その後2、3日で成虫となって地表面へ出現するのである。米国コーン・ベルトでは年一世代が普通であるが、南部では“black cutworm”は、さなぎの段階で越冬し、年間2世代もしくは、それ以上の世代発生が認められている。

対策としては現在まで、秋にトウモロコシ収穫後の耕起を行なうことが奨励されているが、エロージョンが問題となっている地域では、秋の耕起はすすめられない。最近、最初の若実苗の被害が発現するや否や、エーカー当り2ポンドの“loxaphene”を畦にそって条施用することによって効果的な防除がなされている。この条施用幅が12-18インチであれば、この薬剤にかなり抵抗を示す“glassy cutworm”に対しても十分な効果がある。

### (3) “Wireworms”

この害虫は、小さく光沢のある黄色がかった、又は茶色がかった昆虫で、体長約1インチあり、成虫は茶色から黒色を呈するコメツキムシ：“Click beetles”である。この害虫は、トウモロコシだけでなく、他の多くの作物も攻撃し、トウモロコシの場合は、一般に播種された土壤中の種子や若実苗の根を食害する。

多種類の“Cutworm”がトウモロコシを加害しているが、重要性から言うと、“Melanotus eribulosus”、“M. communis”、“Agriotes maneus”、“Acolus mellillut”があげられる。これらの種によっては、一世代を全うするのに、1年あるいはそれ以上の年月を必要とし、米国コーン・ベルトでは、“Wireworms”は、普通7~8月初旬にさなぎになり、その後15~20日間で成虫のコメツキムシになって、“pupal cells”の中で冬を越す。成虫は、翌春土中に産卵し、2、3日後にフ化して幼虫になり、トウモロコシ若実苗を食害し始めるのである。

“Wire worm”対策としては、排水、輪作、潅耕法、夏の耕起がすすめられている。またトウモロコシ種子1ブッセルにつき、4.5オンスの25%水和剤、“lindano”による種子処理は、泥炭地や、その害虫の横行の激しい地域を除いて、相当効果的であり、被害の激しい地域では、エーカー当り2ポンドの“Aldrin”又は、“Chlordane”の施用も奨励されている。

### (4) “Billbugs”：(象虫)

この害虫にも何種があるが、特に米国コーン・ベルトで見られるのは、“maize billbug”：Calendra maidisによる被害である。成虫は象虫の一種で、普通0.25~1インチの体

長があり、茶色を呈している。幼虫は、茶色の頭部以外は白色で肥って丸味があり、“足”はもっておらず、若実苗の茎の下部にトンネルをあけ、圃場の植付本数を減らすことになる。成虫は、若いトウモロコシの葉に穴をあけたり、生長点を食害したりする。

前作が牧草であったり、単なる草地であったところや、湿潤地に植付けられた場合に、この害虫による被害が大きいようである。トウモロコシに横行している“Billbug”は、年間一世代が普通で、成虫は夏に産卵し、まもなくフ化して幼虫となり、秋にはさなぎになり、晩秋までに成虫となって、宿主植物の根や切株の中で冬を越し、翌春、トウモロコシ若実苗を再び食害し始める。

対策としては、もしトウモロコシ畑の近くに湿潤地があれば、排水を良くすること。その他には、輪作、早期播種、施肥があげられる。エーカー当り2ポンドの“toxaphene”の散布も被害を軽減するために奨励されている。

(5) “Corn Root Aphid” : (Anuraphis maidi-radicis)

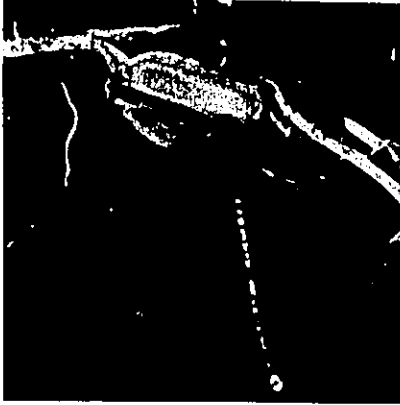
米国では、この害虫による被害は、毎年多大なものになっている。この害虫は、小さく軟弱な体を持ち、背味がかかった緑色をしていて、十分に発育した時の形状は球形にちかい。この害虫は、米国のロッキー山脈以東全域に広く分布しているが、とくにコーン・ベルトにおいて、その被害がもっとも大きい。

この害虫は、群れを成して、トウモロコシの根を攻撃し、そこから樹液を吸い取る。被害株は、生長がストップして萎縮し葉は緑色を失くして茶色に変色する。この害虫による被害は、草丈6~18インチの春季にもっとも顕著に現われる。

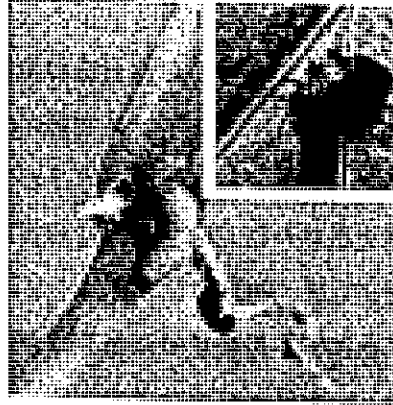
“Corn Root Aphid”は、他のアブラムシと同様に、生存のため、蟻と相互依存関係をもっているようであり、秋にはこのアブラムシの卵は蟻によって、蟻の巣まで運ばれ、そこで保護され冬を越す。翌春に、卵が幼虫にかえると、蟻は、それをトウモロコシやその他の宿主植物の根に寄宿させる。その後、夏季に入ると、受精しなかった雌アブラムシから、無翅のアブラムシ世代が生まれるが、夏季のアブラムシの広域分布は、有翅の雌アブラムシの飛来によって起こり、他のトウモロコシ畑へ移住して、そこで再び蟻の世話を受けることになる。有翅の雄と雌の有性世代は秋に生まれ、交尾の後、雌は産卵し、卵は蟻の手厚い保護をうけて越冬する。

対策は、1~2年、年期の輪作を行って、アブラムシを餓死させることであり、また、イリノイ州西部地域では、春の耕起を播種直前まで遅らせることによって、この害虫による被害が軽減した。しかし、もっと信頼性のある防除法としては、早期に圃場を深耕したあと何回か深いディキングをかけ、アブラムシのコロニーを壊滅させると同時に、トウモロコシを攻撃し始める前に、一時期寄生する雑草の繁茂を阻止することも奨励されている。またエーカー当り、1ポンドの“Chlordane”の施用も、この害虫と関係している蟻の駆除に奨励されている。

# CORN INSECTS



1. WIREWORM



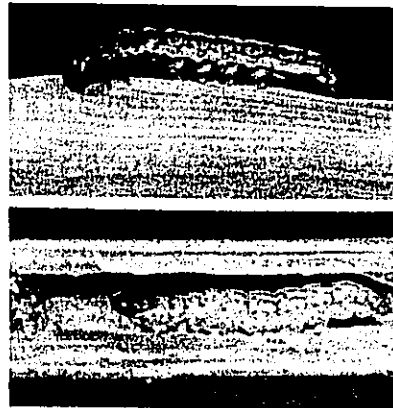
2. CORN ROOTWORM OR BUDWORM, SHOWING LARVAE AND DAMAGE TO CORN. INSET - ADULT



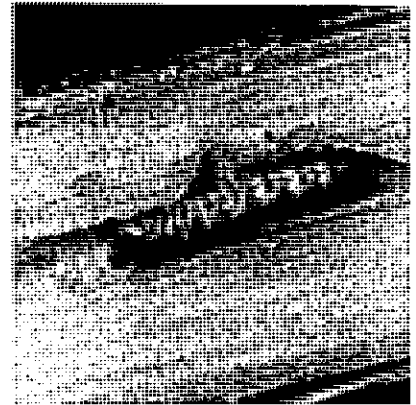
3. CUTWORMS



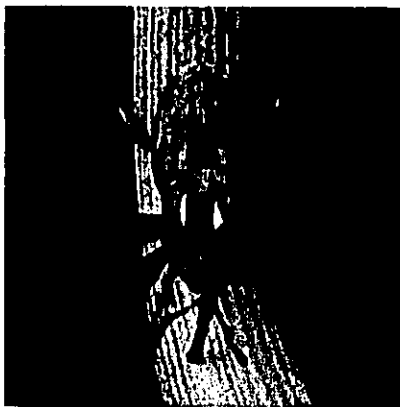
4. CORN EARWORM



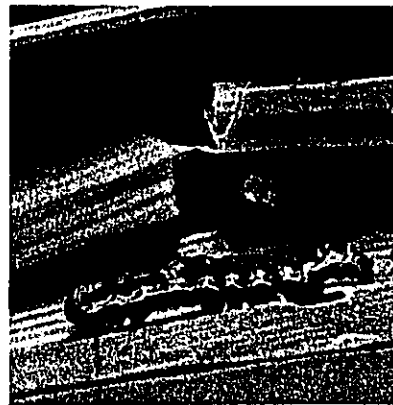
5. UPPER - FALL ARMYWORM  
LOWER - EUROPEAN CORN BORER



6. SOUTHERN CORNSTALK BORER



7. BILLBUG



8. CORN EARWORM DAMAGE TO YOUNG CORN, SOMETIMES CALLED "BUDWORM"



9. SUGARCANE BEETLE

PREPARED BY THE CLEMSON UNIVERSITY COOPERATIVE EXTENSION SERVICE'S ENTOMOLOGY - PLANT PATHOLOGY AND AGRICULTURAL COMMUNICATIONS SECTIONS, FEDERAL EXTENSION SERVICE COOPERATING

(6) "Sugarcane Beetles": (Euethoala rugiceps)

別名、"rough-headed cornstalk beetle" と呼ばれる。この害虫は、地域によっては重大な問題となっている。この害虫は、米国では、南部諸州にのみ発見されており、例えばルイジアナ州では、サトウキビや稲の害虫でもある。成虫は黒色で強固な甲をつけ、体長約0.5 インチである。この甲虫は、トウモロコシの若実苗の茎に喰い込み、しばしば生長点を食い荒して破壊する。

この害虫は、排水の悪い圃場に多く発生し、そこで越冬して、翌春4月下旬から5月初旬にかけて、トウモロコシ実苗が地上に現われた頃、活発な加害活動を展開し始める。この甲虫は、春から初夏にかけて、土中に産卵し、2週間後には、ふ化して幼虫となり、その後2カ月で十分に発育するときはなごとなり、2週間後の晩夏から初秋にかけて、成虫となる。

防除策としては、瀬繁な輪作、深耕法、排水などである。バージニア州では、4月下旬に播種されたトウモロコシは、5月に播種されたものより被害が少ないことが知られている。また現在までのところ、薬剤施用による化学的防除は、あまり効果的でなく、実用的でもない。

その他、土壤に生息してトウモロコシを加害する害虫としては、"Corn root webworm": (Crambus caliginosellus)、"White grubs": (Phyllophaga spp.)、"Seed corn maggot": (Hylemyia ciliatella)、"Seed corn beetle": (Agonoderus lecontei と Olivia impressifrons) があげられる。

B 葉、茎、穂の害虫

(7) "Corn Earworm": (Heliothis armigera)

トウモロコシの他に、綿花、ソルガムなども加害するこの害虫は、米国全土にわたって発生しており、とくに南部諸州で、もっとも被害が激しい。飼料トウモロコシ (Field corn) は、スイート・コーンよりも被害が少ないが、米国では毎年生産高の2%損失がこの害虫によるものである。

十分に発育した幼虫は、体長約1.5 インチあり、色は変化に富み、茶色がかったものから、緑色がかったものまで、そして背中に特異な黄色がかったものか、茶色がかったものか、もしくは、黒色の線模様が縦に走っている。成虫の蛾は、薄明るいオリーブ色のものから、薄暗い赤味がかった茶色のものまでである。

幼虫は若実苗の生長点や、茎、それにまだ輪生状態になっている柔らかい葉を食害するので、被害葉が展開した時には、ぼろぼろになった葉身をさらけ出すことになる。この幼虫は雄花も食害するが、普通、絹糸が抽出してくるや否や、絹糸へ移動し、続いて絹糸が枯れてしまったあと、今後は発育中の穀粒をむさぼるように食い荒らす。やがて、穀粒が十分に発育して硬化

し始めると、幼虫は、穀粒の下へもぐりこみ、まだ柔らかい胚種：(germ)を食べあさる。被害の激しい時には50%の穀粒損失を招く。

“Corn earworm”の成虫は、トウモロコシを食害することはないが、絹糸やたまに葉に産卵する。2～8日間でフ化して幼虫となり、絹糸づたいに下方へ向って食害しつづけ、穂の先端部分に達する。生まれたての幼虫は白色で黒色の頭部をつけていて、急速に発育し、脱皮するごとに体表の色を変える。十分に発育した幼虫は、穂を離れて、地面に落ち、土壤中1～9インチの深さまでもぐり、そこでさなぎとなり、最終的に成虫となって、地表に出現するのである。卵から成虫までの発育には、盛夏においては約1ヶ月を要し、晩夏から初秋にかけてさなぎになった“Corn Earworm”は、土壤中で越冬し、翌年の春か、初夏にかけて成虫となる。米園コーン・ベルトでは、3～4世代発生が普通で南部諸州では、7世代まで発生しているようである。

“Dixie 11”、“Dixie 18”、“Georgia 281”、“Louisiana 521”や、テキサス州の雑種トウモロコシである“9W”、“11W”、“24”、“30”は、この害虫に対して比較的抵抗性をもっているが、それは、これらのトウモロコシ品種が穂先より2インチ以上も長く穂にさっぱり密着した穂苞をもっていて、“Corn earworm”の侵入をいくらか防御するからである。飼料トウモロコシ(field corn)の場合、薬剤を使ってこの害虫を駆除することは、ほとんど実際的ではないが、単価の高いスイート・コーンの場合は、90ガロンの水に、3ガロンの25%DDT混濁液+7ガロンの白色鉱物油+少量の粘着剤：“Saybolt”を溶かして、100ガロンとし、エーカー当り25ガロンの割合で、2回もしくは、それ以上にわたって散布する。最初の散布は、絹糸が描出した2日後位に行ない、その後2日ごとに散布をくりかえす。カリフォルニア州では、DDTによる“Corn earworm”のポピュレーションの減少は“Fusarium ear rot”によっておこされる穀粒の損失を軽減するのに相当役立っている。

(8) “European Corn Borer”：(Pyrausta nubilalis)

“European Corn Borer”は、トウモロコシに、もっとも大きな被害を与えている害虫であり、米園では1917年に初めて、その存在が発見された。最初マサチューセッツ州で発生し、現在では、ロッキー山脈以東の37州にわたって発生している。

この害虫の幼虫は、暗茶色か又は黒色の頭部をもち、体表色は、薄い茶色から、暗い茶色またはピンク色まで、さまざまで、体長約3/4インチあり、背中に小さな暗茶色の斑点が線状に並んでいる。

“European Corn Borer”は、200種以上もの植物を加害するが、その中でも、特にトウモロコシの被害がもっとも大きい。幼虫は、茎、穂、雄花、葉の中央脈、支柱根などに穴をあけトンネルをつくるが、その他の部分である葉身や、穂苞、絹糸及び葉鞘なども攻撃する。



2世代目の幼虫になると、被害がもっともひどくなり、茎の破壊と、落穂の原因となっている。米国東部諸州では、トウモロコシ収量については、平均一株当り一匹の“European Corn Borer”が住みついたとして、3%の損失となり、ひどい場合には一株当り、20匹住みつくのも稀れではない。

年一世代系統：(Single-generation strain)の“borer”は、トウモロコシの茎や、穂などに穴ぐらをつくって越冬し、一般的に5月に入ってから活発に活動し始め、その後10～14日間のさなぎの期間を経て、5月下旬から7月初旬にかけて成虫となる。雌の成虫は、まもなく卵15～20ヶから成る卵塊：(egg mass)として、トウモロコシ葉の裏面中央脈近くに産卵する。卵は5～7日間でフ化して幼虫となり、生まれたての幼虫は、葉の輪生内部へ移動し、そこで食害を開始する。最終的な体長の半分ぐらいまで発育してくると、今度はいよいよ茎に入りこんで、そこを食い荒らし、その中で彼らは、休眠状態で冬を越す。

一方、年何回かの世代相をもつ系統：(multiple-generation strain)の“borer”も発生しているが、2世代目の“borer”の数は、冷涼気候下では減少し、2世代目の成虫は、例えばカンサス州では7月下旬から8月初旬にかけて出現し、穂付近の葉に産卵する。その卵からふ化した幼虫は、穂を食害し、十分に発育した幼虫や、その後の世代の幼虫は、トウモロコシの切株や、茎、付近の雑草内で越冬する。

この害虫の防除策としては、収穫残余物として圃場に残った茎葉や切株、雑草など全く、耕起により土中に鋤き込むことである。この場合、耕起は、秋になされてもよいが、翌春まで、もちこされる場合は、南コーン・ベルトでは5月1日までに、北コーン・ベルトでは5月15日までに耕起されなければならない。耕起の深さは、被害株などを確実に土中に埋め込むために、6インチか、もしくはそれ以上あるべきである。イリノイ州では、越冬に入る“borer”のポピュレーションの約7%が、トウモロコシの機械化収穫、寒冷な気候、収穫あと地への家畜の放飼いなどで死滅されることがわかっている。また、コンバイン・ハーベスターで収穫すると、36%の“borer”が死滅する。したがって、被害株などは、小さく切断されてサイレージか又は、フッダー(fodder)として、家畜飼料にした方がよい。

被害の激しい地域では、強靱な茎をもつ適応雑種トウモロコシが適時に植付けられるべきである。いくらかの雑種トウモロコシが、この害虫に抵抗性もしくは耐性をもっている。生まれたての“borer”による葉の食害に対して抵抗性をもつ自殖系統品種(Inbred line)としては、“L317”、“B2”、“oh7”、“oh40B”、“oh41”、“oh43”、“oh45”、“oh51A”、“W10”、“W22”、“W23”、“A392”、“R4”、“R61”、“Hy”、“Wr3”がある。これらの品種の抵抗性は、1～3もしくは、それ以上の遺伝子に支配されている。

したがって、複交雑：(double-cross hybrid)品種は、効果的な抵抗性を得るために、その4種の自殖系統のうち、少なくとも3種類の抵抗性を有する自殖系統を含まなければなら

ない。また、B14、W19、B15、B30のいずれか2つの組み合わせでできる単交雑トウモロコシも“Corn borer”による茎破壊の割合が少ない。

スイート・コーンや採種圃場では、殺虫剤による“borer”の駆除は、採算上問題ないが、飼料トウモロコシ(field corn)では草丈3フィート以下の生育段階で、100株当り、50ヶ以上の卵塊が見受けられた場合に、第1世代の幼虫駆除のために、薬剤散布されるべきであり、2世代の幼虫駆除の場合には、100株当り少なくとも100ヶ以上の卵塊が見られる場合に限って、薬剤散布も経済的に実用的と言える。奨励されている薬剤散布は、エーカー当りDDT 1.5ポンドを水に溶かしたものの散布か、もしくは、小型飛行機などによる粉剤散布である。コーン・ベルトでは、粉剤としての利用よりも、液体散布の方が、より効果的である。ただし注意しなければならないことは、DDT散布を受けたトウモロコシ茎葉は、即座の家畜飼料としては、安全とは言えないということである。

“Corn borer”の天敵としては、鳥や、少なくとも29種類の昆虫が知られているが、天敵利用だけによる、この害虫の防除は無理である。

(9) “Southern Cornstalk-Borer” : (Diatraea crambidoides)

この害虫は、米国南部諸州のトウモロコシに大きな被害を与えている。この害虫の分布は、北部フロリダから、北はメリーランドまで、西はカンサス、オクラホマ、テキサスまで及んでいる。十分に発育した、この害虫の幼虫は、体長約1インチで、きたない白色をしていて多くの黒い斑点で被われて、その個々の斑点が短い1本の剛毛をつけている。頭部は茶色がかった黄色をしていて、多くの点で“Southern corn borer” : (D. grandiosella)に酷似している。

幼虫は、トウモロコシ若実苗の輸生状態の葉を食害するので、展開した被害葉は、ボロボロになった、あわれな葉身をさらけ出すことになる。発育半ばを過ぎると、幼虫は、茎にトンネルをつくり、よって樹勢が衰えるので、容易に倒伏しやすくなり、実も正常につけられないので、被害を大きくする。

この害虫は、幼虫の段階で、トウモロコシの根の中で越冬し、3月15日から4月30日の期間にさなぎとなり、その後約10日間で、成虫となって地表に現われる。交尾のあと、雌はトウモロコシの下葉の裏面に産卵し、7~10日間でフ化して幼虫となり、やがて茎に入りこんで、そこで発育を全うし、さなぎになり、7~10日間で成虫となる。この成虫が交尾して産卵して生まれる第2世代目の幼虫は、地表面下のトウモロコシ切株部分の内部で越冬する。

対策としては、耕起したり、ディスクキングなどで切株を根こそぎにして、地表にさらしたりして、幼虫を致命的な冬の低温にあわせること、また温暖な冬をもつ南部地方では、成虫の地表面への出現を阻止するため、3月に入る前に少なくとも2インチの土層で被覆してしまうよ

うに、切株などの残余物を土中に鋤き込んだり、輪作を行うなどが奨励されている。

(10) “Chinch Bugs” : (Blissus leucopterus)

“Chinch Bugs” は、米国のトウモロコシにもっとも大きな被害を与えている害虫の1つで、米国全域に広く分布しているが、特にオハイオ州、ミズーリ州、ミシシッピ河上流流域で多く発生している。

成虫は約1/6インチの体長があり、黒色の体に、白色がかった顕著な羽根をもっている。長い羽根をもった“Chinch bug”が、米国中央部諸州に多く発生していて、幼虫は薄い赤色であるが、発育が進むにつれてより暗い赤色に変色していく。この害虫の被害は、小穀粒作物が植えられている圃場に隣接して植えられたトウモロコシに多く見られる。これらの小穀粒作物が熟してしまうと、若い幼虫は歩いてトウモロコシ畑へ移動し、トウモロコシの茎の下部に集中的に群がって樹液を吸い取る。よって被害の激しい株は黄変し萎縮して生長がとまり、時折枯死する。

“Chinch bugs” は、成虫の段階で永年草や枯葉などの中で越冬し(図-20参照)、翌春2月から3月、もしくは5月下旬にかけて、冬眠からさめて活動し始める。まず小穀粒作物畑に飛来し、数日間の食害の後、小穀粒作物の葉鞘に産卵する。卵は、7~14日間でフ化して幼虫となり、同じ作物を食害する。小穀粒作物がやがて熟すると、幼虫は歩いて付近のトウモロコシやソルガム、その他の宿主植物へ移動し、そこで発育を全うして羽根をつけた成虫になった後、そのトウモロコシ畑全体や、付近の畑まで飛来して被害地域を広げるのである。やがて成虫は、産卵し、秋になる前に、2世代目の幼虫がふ化して発育していくことになる。南部諸州では、第3世代目のものまで見うけられている。秋になると、その年の最終世代の成虫は、雑草などにもぐり込み、そこで冬眠に入る。

概して、“Chinch bug”の多発生は、3月から10月までの期間の、平年にない高温と少雨に誘発される。また、この害虫のポピュレーションが多い地域では、冬の低温は、あまり効果がない。

対策としては、“Chinch bug”が歩いてトウモロコシ畑に移動する時期に、図-21のようにトウモロコシ畑にあせ溝をつくり、溝の内側の土壌斜面にコール・タール・クレオートを帯状に流してトウモロコシ畑への侵入を防ぐことができる。このクレオートは、虫よけ薬であるため、“Chinch bug”の幼虫は、溝を横断してトウモロコシ畑に入ることができず、溝にそって長い大回りの“徒歩旅行”を続けることになる。そして20~30フィート間隔で溝の中に掘られ、灯用石油が毎日散布される穴の中に落ち込んで死滅することになる。その他の防除手段としては、クレオートで処理した紙のフェンスを張ったり(図-22参照)、“DDT-pyrophyllite”粉剤散布などがある。また“dieldrin”をエーカー当り0.5ポンドの割合

図-20 Chinch Bug の生活史

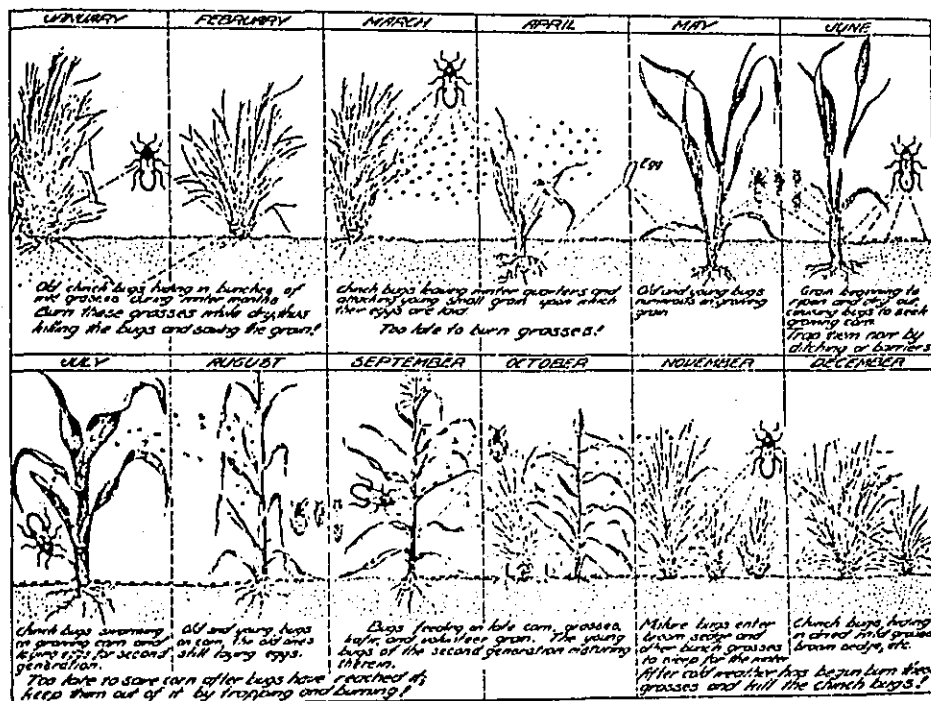


図-21 トウモロコシ畑への“Chinch Bug”移動防止溝

# STORED GRAIN INSECTS

## AN AID TO IDENTIFICATION AND CONTROL



1. RICE WEEVIL AND DAMAGE TO CORN



2. MEALWORMS



3. GRANARY WEEVIL ON WHEAT



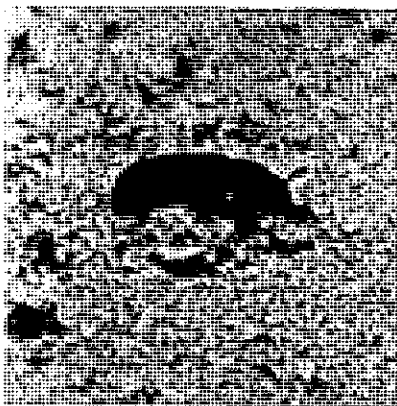
4. CADELLE BEETLE  
Upper - Larva  
Lower - Adult



5. ANGOUMOIS GRAIN MOTH  
Upper Right - Larva  
Lower - Adult



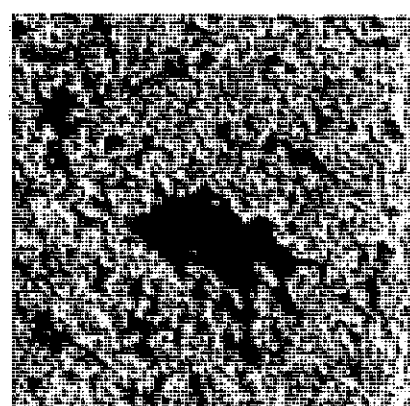
6. INDIAN MEAL MOTH  
Upper - Larva  
Lower - Adult



7. CONFUSED FLOUR BEETLE



8. LESSER GRAIN BORER

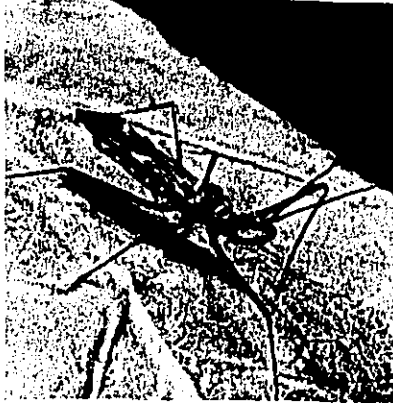


9. SAW-TOOTHED GRAIN BEETLE

PREPARED BY THE CLEMSON UNIVERSITY COOPERATIVE EXTENSION SERVICE'S ENTOMOLOGY - PLANT PATHOLOGY AND AGRICULTURAL COMMUNICATIONS SECTIONS, FEDERAL EXTENSION SERVICE COOPERATING

# BENEFICIAL INSECTS

An Aid to Identification and Control



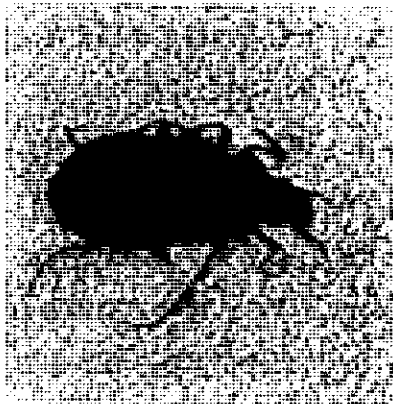
1. ASSASSIN BUG



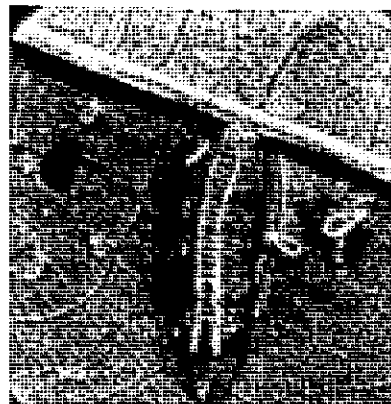
2. ANT LION



3. LACEWING



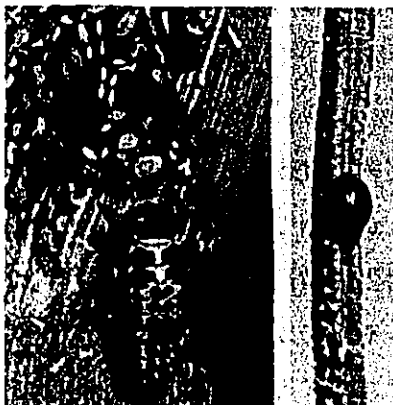
4. GROUND BEETLE



5. SYRPHID FLY LARVA



6. TOBACCO HORNWORM  
Parasitized by Braconid Wasp (Pupal Stage)



7. LADYBIRD BEETLE  
Left - Larva Feeding on Aphids  
Right - A Typical Adult



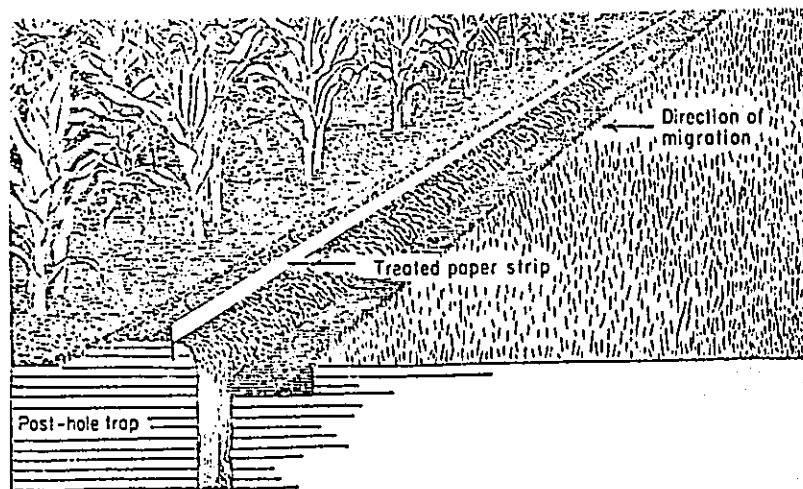
8. PREDACEOUS STINKBUG (Top)  
Ready to Attack Cabbage Bug



9. PRAYING MANTID

PREPARED BY THE CLEMSON UNIVERSITY COOPERATIVE EXTENSION SERVICE'S ENTOMOLOGY - PLANT PATHOLOGY AND AGRICULTURAL COMMUNICATIONS SECTIONS, FEDERAL EXTENSION SERVICE COOPERATING

図-22 Paper-strip barrier による "Chinch Bug" 防除模式図



でトウモロコシ畑のあぜ道ぎわに散布することによっても "Chinch bug" の侵入を防ぐことができる。

(11) "Fall-armyworm": (Laphygma frugiperda)

この害虫は、米国では東南部諸州で普通に見られるが、成虫はもっと北部まで移動し、そこで生まれた幼虫は、遅播きのトウモロコシや、晩生トウモロコシを加害する。現在までのところ、エーカー当り水40ガロンにDDT又はTDEを50%含んだ水和剤を2ポンド溶かしたものの散布によって防除されてきている。

C 貯穀害虫: (Stored Corn Grain Insects)

(12) "Rice Weevil": (Sitophilus oryzae)

この害虫は、おそらく世界でもっとも重要な貯穀害虫で、体長約1/16インチの赤味があった茶色の吻状突起物をもった甲虫である。幼虫は白色で"足"がついてなく、穀粒を食い荒らす。南部諸州では、トウモロコシ穀粒が硬してくる頃、この害虫の横行が始まる。

成虫は、穀粒内に小さなくぼみをつくり、その中に産卵する。やがてふ化する幼虫は、穀粒内部へ向かって食い荒らしていき、十分に発育した幼虫は穀粒でさなぎとなり、成虫となって穀粒外へ出てくる。この害虫の生活史は、夏の高温状態では26日間で全うする。

ルイジアナ州では、トウモロコシにおける "Rice Weevil" の横行は、11月の収穫期まで、DDTと鉱物油を含んだ乳剤の3日ごとの散布によって抑えられた。最初の薬剤散布は

15%の絹糸が抽出した時に実施された。

その他の被害防止手段としては、穀粒は、完全に外気からシャット・アウトされ、前もって徹底的にきれいに掃除された密封貯蔵庫に貯蔵すること。倉庫の周囲にこぼれ散っている穀粒は、完全に始末することなどが考えられる。もし貯蔵庫に納めてしまった後で、この害虫の横行が見られたら、4パーツの“Carbon tetrachloride”と1パーツの“Carbon disulfide”を混合したくん蒸剤で、穀粒100ブッセル当たり3～5ガロンで処理することで効果があがっており、また、3パーツの“ethylene dichloride”と1パーツの“Carbon tetrachloride”の混合もまた有効なくん蒸剤である。

(12) “Angoumois Grain Moth” : (Sitotroga cerealella)

“Angoumois Grain Moth”は、世界全域にわたって発生している。この害虫は貯蔵された穀物だけでなく、熱帯地方では、圃場でもその発生が見られる。米国では、東南部諸州で、とくにその被害が激しい。この害虫の横行は、穀粒につくられるふたのある丸い穴の存在によって認められる。小さな白色の幼虫は、黄色がかった頭部をもち、成虫は灰色がかった茶色の蛾で、羽根は展開した時、1/2インチの幅がある。

この成虫は、貯蔵されている穀粒に卵を産みつけるが、高温気候地域では、貯蔵穀粒だけでなく、収穫される前の圃場にある穂先にも産卵する。やがてフ化した幼虫は穀粒内に食い込んで入り、そこで食害し続け発育する。穀粒内でさなぎとなり、成虫となって穀粒外へ出てくる。一世代を全うするのに、高温気候地域では約30日間を要する。防除手段は“Rice Weevil”のそれと同じである。

その他の貯蔵害虫としては、“granary weevil” : (Sitophilus granarius)、 “flat grain beetle” : (Laemophloeus pusillus)、 “saw-toothed grain beetle” : (Oryzaephilus surinamensis)、 “Cadelle” : (Tenebroides mauritanicus)、 “flour beetle” : (Tribolium spp)、 “Indian-meal moth” : (Plodia interpunctella)、 “pink corn worm” : (Pyroderces rileyi)がある。これらの害虫から穀粒を保護する手段は、“rice weevil”のそれと同じである。

D 病害虫に対するCIMMYTの戦略：昆虫飼育室と共同研究事業

(1) 昆虫飼育室

前述の“Companion nurseries”に、人工的に害虫の卵をうえつけるのに、何百万という卵が必要とされているが、CIMMYTの昆虫飼育室：(insect-rearing laboratory)は、現在年間500,000ケの卵塊を生産する能力をもっている。これは、“fall armyworm”



(Spodoptera frugiperda)、"maize ear worm" : (Heliothis zea)、  
"Sugarcane borer" : (Diatraea saccharalis)、"neo-tropical borer" :  
(Zea diatraea lineolata)の4種類の害虫について、CIMMYT試験場で後代検定する  
トウモロコシの全系統にうえつけるに十分な量である。これらの4種類の昆虫は、メキシコ及  
び西半球の熱帯地域に分布し、トウモロコシに大きな被害を与えている重要な害虫である。

## (2) 共同研究事業

メキシコには、存在しないが、世界に広く分布し、大きな問題となっているトウモロコシ病  
害虫として、インドネシアからインドにかけて分布し、現在急速に他の大陸に広がりつつある  
べト病 : (Sclerospora spp.)と、熱帯アフリカに発生し、媒介昆虫である"leafhopper"  
 : (Cicadulina spp.)によって蔓延する"Maize streak"、それにラテン・アメリカの熱  
帯地域で発生し、同じく"leafhopper" : (Dalbulus spp.)の媒介によって蔓延する  
"Corn stunt"の3つを数えることができる。

加えて、アフリカ、アジアには、メキシコのものとは違う種類の"African maize borer  
complex"と"Asian maize borer complex"がトウモロコシを加害している。

これらの病害虫に抵抗性をもったトウモロコシを同定するために、CIMMYTは、これら  
の病害虫が重大な問題となっている地域の有力な政府研究機関との共同研究事業を実施してい  
る。

CIMMYTの育成しているトウモロコシは、これらの各地域の研究機関へ送られ、そこで  
各病害虫に対する抵抗性が試験されるのであるが、例えば、フィリピンとタイでは、べト病に  
対する抵抗性試験がなされ、タンザニアとナイジェリアでは、"Maize streak"、ニカラグ  
アとエル・サルバドルでは"Corn stunt"に対する抵抗性試験がなされている。以上の試  
験地で選抜された優秀系統は、CIMMYTへ報告され、CIMMYT試験場で、選抜された  
系統間で組み換え交配(recombine)が行なわれて、新しい後代系統が作り出され、その次  
の年に、上述の同一場所に送られて、同様な抵抗性試験がくりかえされる。なお、トウモロコ  
シのべト病、"Maize streak"、"Corn stunt" 抵抗性品種を開発育成していくための  
共同研究事業の戦略の詳細は図-23の通りである。

☒ - 23 Development of Downy mildew, Streak and stunt resistant population in CIMMYSS Collaborative Research Program

1978 - Recombination Phase

IN MEXICO:  
Recombine selfs, sibs and bulks in HS recombination block.

Select 500 HS ears from downy mildew resistant families.

Select 500 HS ears from stunt resistant families.

Select 500 HS ears from families resistant to both downy mildew and stunt.

1976(Sept. planting)  
Screening Phase

**THAILAND & PHILIPPINES**  
1. Evaluate for downy mildew  
2. Inoculate artificially, self resistant plants  
3. Save 400 ears  
4. Evaluate also S<sub>1</sub>'s generated in Philippines (1975 data)  
**ZAIRE AND TANZANIA:**  
1. Evaluate all above for streak

**NICARAGUA - SALVADOR**  
1. Evaluate for stunt  
2. Self resistant plants, save 400 ears.  
**ZAIRE & TANZANIA**  
1. Evaluate for streak.  
2. Self resistant plants, save 100-150 selfs.

**THAILAND, PHILIPPINES NICARAGUA & SALVADOR**  
1. Evaluate for downy mildew in Asia and for stunt in Central America.  
2. Self resistant plants in each location.  
3. Identify resistant families, and select 100-150 ears in each location.  
**ZAIRE-TANZANIA**  
1. Evaluate for streak, save 300-400 selfed ears from resistant plants.

1977(April planting)  
Recombination phase

**THAILAND, PHILIPPINES & MEXICO**  
1. Plant selfs from Thailand and Philippines.  
2. Inoculate artificially in Thailand & Philippines. Identify resistant families.  
3. In Mexico recombine resistant S<sub>1</sub>'s in full sib manner to develop Downy mildew resistant sub population.

**NICARAGUA, SALVADOR, MEXICO**  
Plant stunt resistant selfs from Nicaragua/Salvador  
2. Evaluate under field conditions in Mexico inoculate artificially.  
3. Identify resistant families on basis of information from 3 locations in Mexico.  
4. Recombine resistant S<sub>1</sub>'s in full sib manner to develop stunt resistant sub population

**THAILAND, PHILIPPINES, NICARAGUA, SALVADOR, MEXICO**  
1. Plant S<sub>1</sub>'s in all sites  
2. Identify resistant S<sub>1</sub>'s to downy mildew and stunt using information from 5 locations.  
3. Recombine resistant S<sub>1</sub>'s to both problems to develop sub population resistant to both stunt and downy mildew.

**MEXICO**  
Recombine streak resistant S<sub>1</sub>'s to develop a streak sub population.

1977(Sept. planting)  
Screening phase.

**THAILAND, PHILIPPINES**  
1. Evaluate 500 F<sub>3</sub>'s from DM resistant subpopulation.  
2. Self resistant plants, select 400 S<sub>1</sub>'s ears in each location.

**NICARAGUA, SALVADOR**  
1. Evaluate 500 F<sub>3</sub>'s from stunt resistant sub population.  
2. Self resistant plants, select 400 S<sub>1</sub>'s ears in each location.

**THAILAND, PHILIPPINES, NICARAGUA, SALVADOR**  
1. Evaluate 500 F<sub>3</sub>'s from DM and stunt resistant sub population in Asia to DM, in Central America for stunt.  
2. Self resistant plants, select 300 S<sub>1</sub>'s ears from each location.

**ZAIRE, TANZANIA**  
1. Evaluate 500 F<sub>3</sub>'s from streak resistant sub population.  
2. Self resistant plants, select 400 S<sub>1</sub>'s ears from each location.

1978(April planting)  
Recombination phase)

**THAILAND, PHILIPPINES, MEXICO**  
1. Plant S<sub>1</sub>'s from DM resistant plants.  
2. Artificially inoculate in Thailand and Philippines. Identify resistant families.  
3. In Mexico, recombine only resistant S<sub>1</sub>'s to form DS resistant sub population (C<sub>2</sub>).  
4. Select 500 F<sub>3</sub> ears and continue 3rd cycle of selection.

**NICARAGUA, SALVADOR, MEXICO**  
1. Plant S<sub>1</sub>'s from stunt resistant plants.  
2. Identify resistant S<sub>1</sub>'s under field conditions. Artificially inoculated in Mexico.  
3. In Mexico recombine only resistant S<sub>1</sub>'s to develop stunt resistant sub population.  
4. Select 500 F<sub>3</sub> ears to continue 3rd cycle of selection.

**THAILAND, PHILIPPINES, NICARAGUA, SALVADOR, MEXICO**  
1. Plant S<sub>1</sub>'s from stunt and DM resistant families.  
2. Identify resistant families to both problems.  
3. In Mexico, recombine resistant S<sub>1</sub>'s in FS and develop a downy mildew and stunt resistant sub population.  
4. Select 500 F<sub>3</sub> ears to continue 3rd cycle of selection.

**ZAIRE, TANZANIA, MEXICO**  
1. Plant streak resistant S<sub>1</sub>'s.  
2. In Mexico recombine in FS manner.  
3. Select 500 F<sub>3</sub> ears to continue 3rd cycle of selection.

## 6. CIMMYTが行うトウモロコシの生理に関する研究

CIMMYTのトウモロコシ生理学者は、熱帯トウモロコシにおける、穂の大きさに比較して絶対的な雄花の大きさは、無穂株：(barrenness)の出現度合の高さと、小さな穂の生産をもたらしているのではないかと考えている。すなわち、生育期間中に植物体内で同化物が不足してきた場合、熱帯トウモロコシ植物体は限られた同化物を雄花の方に優先的に供給し、よって穂につく雌花の数は減少し、最終的な収穫物である穀粒数が減少するという理論である。

そこで、CIMMYTのトウモロコシ生理学者は、雄花のサイズを小さくすれば、植物体の穀粒生産能率を高めることができると信じ、“Advanced Unit”を構成する多くのトウモロコシ集団のうち、3集団について雄花のサイズ、絹糸抽出と、花粉落下の時期についての変差：(variation)を試験している。

もう一つの試みとして、トウモロコシ植物体の穀粒生産能率と、穂の位置より高い茎の部分につく葉の数や大きさとの関係を調査研究している。ここでも、彼らは、穂より高い部分の葉や数や、葉身の幅を小さくすれば、トウモロコシ植物体の穀粒生産能率を高めることができると信じている。

また、一つのトウモロコシ集団の中で耐旱性について、系統間にどのくらいの差異がみられるか、どの系統がもっとも耐旱性に優れているかを確める早バツ試験を1975年に始めた。この場合、各系統ごとにイリゲーション下と、天水依存下での葉の生長：(longitudinal expansion of a growing leaf)速度を測定比較し、天水依存条件下での最大収量：(potential yield)と、イリゲーション下での最大収量の差があまりない系統を選抜している。

将来、CIMMYTが行うこのトウモロコシの生理に関する研究から、耐旱性に優れ、降雨が少なく乾燥した地域や、農業用水が節約されている地域にでも栽培できる、穀粒生産能率の高いトウモロコシ品種が開発されるかも知れない。

## 7. トウモロコシ研修事業（技術者養成）

CIMMYTは、アフリカ、アジア、ラテン・アメリカ諸国からのサイエンティストに対して、各種のトウモロコシ研修事業を実施している。

### A In-Service training

通常6～7ヶ月のメキシコ滞在を必要とし、35才以下で農業又は農学的に見て初歩的な学歴と経験を有するものに対して施される研修である。この研修制度ができてから、まだ6年しか経過していないが、現在まで（1971-1975）227名の若いサイエンティストを養成して来た。トウモロコシの“in-service training”は、トウモロコシの品種改良に要求される圃場及び実験室における技術者を養成し、各種分野の専門家から成るチーム・ワークを経験させ、そして農業開発に対する研修参加者の理解と志気を高めるよう企画されている。

この研修の特徴の1つは、実際の農家圃場で農学的な栽培試験を立案し、実施することである。この仕事は、メキシコ政府の普及局と協同してCIMMYTの研修指導官の指導下に、春季シーズンに、ベラクルス州で研修員の手によって実施される。そして研修員達は、“field day”を運営し、その日には、周囲の農家が招待されて、収量の計量が公開される。したがって“field day”に参加した農民は、どんな品種にどんな施肥基準とどんな農薬を組合わせた栽培技術が、果して彼らの伝統的な栽培技術より収量が多いかどうかを、その場で確かめることになり、収量が多ければ改良品種と新技術の風及につながることになる。なお、1971年から1975

表-26 CIMMYTのIn-service研修生の国別人数

Region and country	1975	1971-75	Region and country	1975	1971-75
<i>Latin America</i>	18	103	Nepal	4	9
Argentina	0	11	Pakistan	5	13
Belize	1	3	Philippines	6	14
Bolivia	1	5	Thailand	0	3
Brazil	0	3	<i>North Africa and Mideast</i>	3	14
Colombia	0	5	Algeria	0	1
Costa Rica	0	1	Egypt	2	8
Chile	0	2	Tunisia	0	1
Dominican Republic	0	4	Turkey	0	3
Ecuador	3	9	Yemen Arab Rep.	1	1
El Salvador	2	12	<i>Tropical Africa</i>	20	65
Guatemala	2	9	Cameroon	0	1
Guyana	0	1	Ethiopia	0	1
Haiti	0	3	Ghana	3	6
Honduras	5	14	Ivory Coast	2	4
Mexico	3	7	Kenya	2	2
Nicaragua	1	4	Nigeria	4	12
Panama	0	3	Tanzania	4	19
Peru	0	3	Uganda	0	1
Venezuela	0	4	Zaire	5	19
<i>South and East Asia</i>	15	44	<i>Other</i>	0	1
India	0	2			
Japan	0	3	<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>227</b>

年までにCIMMYTの“*In-service training*”を受けた研修生の国別人数は表-26のとおりである。

**B Master's degree program**

**C Predoctoral fellows :**

CIMMYTの指導下において、博士号取得論文を作成するための調査研究を行うので、通常1カ年のメキシコ滞在を必要とする。

**D Postdoctoral fellows :**

CIMMYTのいわば准スタッフとして2カ月間のメキシコ滞在を必要とする。

**E Visiting Scientist or short-term residents**

CIMMYTのトウモロコシ事業を短期間観察させるために招待されるいわば、できあがったサイエンティストのための研修である。この場合の“*Visiting Scientist*”というのは、1カ月~1カ年にわたってCIMMYTに滞在するサイエンティストであることを意味し、“*Short-term visitor*”とは、1~4週間の滞在者に対して使われる言葉である。

1974年度に、CIMMYTのトウモロコシ事業は、12カ国からの“*degree candidates*”、エジプト、象牙海岸からの2人の“*predoctoral fellow*”、8カ国からの11名の“*postdoctoral fellows*”の訓練を行った。“*degree candidates*”のうち10名は、メキシコのチャピング大学、4名は合衆国のカンサス州立大学、5名はコーネル大学でそれぞれのコースワークを逐行した。また1974年度には9カ国から15名の“*Visiting Scientist*”と20カ国からの“*Short-term residents*”を受け入れた。

CIMMYTの行う、アカデミックなトレーニングの特徴の1つは、“*interdisciplinary ph.D program*”である。この種の研修事業は現在CIMMYTとカンサス州立大学及びコーネル大学の間で進行中である。この2大学でアジア、アフリカ又はラテン・アメリカからの“*degree candidates*”が、各大学ごとに4~5名ずつ、博士号取得論文の題材について研究している。例えば、育種家、病理学者、アグロノミスト、経済学者を志さず学生は、それぞれ異なる学部でアカデミックな勉学に励んでいたのであるが、CIMMYTの研修事業のもとでは、お互いの研究調査を分担しながらも、それぞれ密度な関係のある題材について研究していくことになる。したがって、これらの“*degree candidates*”は、メキシコで一緒にチームとなって、論文作成のための調査研究を行うのであるが、学位そのものは、カンサス州立大学、もしくはコーネル大学から授与されることになる。

## 8. CIMMYTの海外事業

CIMMYTは、開発途上国のトウモロコシに関するリサーチと生産活動が強化されるように、各国の“ナショナル・メイズ、プログラム”の支援を続けている。CIMMYTのトウモロコシ事業のスタッフは、アジア、アフリカ、ラテン・アメリカのトウモロコシ生産諸国の政府からの相談などを受けて、1975年度には、1,207人日：(1,207 man-days)に及ぶ海外出張を行った。具体的な出張目的としては、翌年度の調査研究計画が練られる“リサーチ・ワークショップ”への参加。各国の“ナショナル・プログラム”によって栽培試験される“CIMMYT”産トウモロコシ品種の圃場観察、トウモロコシ生産の抑制要因の分析を目的とした農家圃場の栽培品種の視察、さらに肥料需要、トウモロコシ価格、貯蔵施設、その他のさまざまな政策的問題に関する各国の政策立案者との検討会への出席などがあげられる。

CIMMYTの行っている世界的規模のトウモロコシの栽培試験は、トウモロコシを生産している大半の開発途上諸国に、いわばCIMMYT産のトウモロコシ品種である“Advanced populations”を供給した。

1976年の時点では、CIMMYTの12名のトウモロコシ・スタッフが、エジプト、ネパール、パキスタン、タンザニア、ザイール、グァテマラに常駐して、各国のトウモロコシに係るリサーチや、生産活動を指導支援している。CIMMYTの海外事業としては、各国レベルの技術協力のはかに、何か国かをまとめて“地域共同体”として、技術指導する“Regional Program”と他の国際農業研究所との共同事業がある。

“Regional Program”には“Central America and Caribbean Regional Program”があり、2名のスタッフがCIMMYT本部を根地にして、中央アメリカ、カリブ海沿岸諸国に巡回技術指導などを行なっている。

他の国際農業研究所との共同事業としては、1976年度から“CIAT”：(国際熱帯農業研究所)との連係プレーによるアンデス諸国への技術協力が始まり、そのため“CIAT”に2名のCIMMYTのスタッフが常駐している。その他、インドにある“ICRISAT”：国際熱帯半乾燥農業研究所)と、ナイジェリアにある“IITA”：(国際熱帯農業研究所)との共同事業も初動化しつつある。

今後、CIMMYTのスタッフが、世界のトウモロコシ栽培地域に常駐して技術協力活動を行っていくために、CIMMYTと、各国間の協定が多く結ばれていくものと思われるが、しかしながら、これは各国政府が、CIMMYTへ専門家派遣を要請し、専門家の給与などをカバーする特別補助金が、他の国際機関や、私設財団、先進諸国等から供出された場合に協定が結ばれ、CIM

MYTのスタッフが協力国へ長期派遣されることになる。

1976年の時点で、CIMMYTのトウモロコシ・スタッフが常駐している国と補助金供出団体については、表-27のとおりである。

表-27 CIMMYTのトウモロコシ・スタッフが常駐している国と補助金供出団体

Country Program	開始年次	スタッフ数	補助金供出団体
Pakistan	1965	2	Ford Foundation
Egypt	1968	1	UNDP
Zaire	1971	4	Zaire
Nepal	1972	2	USAID
Tanzania	1973	1	U.S.A / IITA
Guatemala	1976	2	U.S.A
Regional Program			
Central America and Caribbean	1974	2	Inter-American Development Bank
East Africa	1975	2	UNDP / Canada
Asia	1976	1	UNDP

## 9. 各国のトウモロコシ事情

ここでは、トウモロコシが栽培されている世界各地をざっと概観したあと、各論として数カ国をとりあげて、各国のトウモロコシ事業を紹介する。

トウモロコシは、高温湿帯地方、および亜熱帯地方でとくに重要な作物であるが、熱帯地方でも栽培が盛んになりつつある。

米国農業においては、トウモロコシの生産は、歴史的にも、農学的にも、商業的にも特別な地位を占めている。米国では、トウモロコシ栽培は、全国的に広く行われているが、さかんなのは米国東半分で、その中でも、もっとも集中的にトウモロコシ栽培が行われているのが、コーン・ベルトで、このトウモロコシ地帯は、オハイオ州中央部から北部及び西部へのび、その広大さは、インデ

イアナ州、イリノイ州、アイオワ州、ウイコンシン州、ミシガン州、ミネソタ州、ミズーリ州、サウス・ダコタ州、ネブラスカ州、カンサス州などを含むことから、容易に察することができよう。カナダでは、一般に、夏季が短かく、気温も低いので、トウモロコシ生産は西部地方にのみ限られている。

メキシコでは、トウモロコシの栽培面積は、全穀物栽培面積の80%にも及び、トウモロコシは、“tortillas”、“maize porridge”の形で、国民の主食になっている。中央アメリカでは、グアテマラ、ホンジュラス、エル・サルバドルが、もっとも重要なトウモロコシ生産国である。

中共のトウモロコシ栽培面積は10~15百万haと推定され、栽培面積では米国に次いで世界第2位である。この国のもっとも重要なトウモロコシ生産地は北部の“Hwang Ho Plain”、“Honan”省西部“Kiangsu”省北部、“Szechuan”省西部地域である。

ソ連では、トウモロコシ栽培面積は、全穀物栽培面積のわずかる%を占めるだけである。気候の問題から、トウモロコシの生産は、“Bessarabia”、ウクライナ南西部、“Georgia”、“Caucasian”北部、とくに“Ordzhonikidze”など、ソ連南部湿潤地域に限られているが、最近、ソ連では、トウモロコシ育種の面からも栽培地をより寒く、より乾燥している北部地方に向けて拡大する努力が払われている。

東南アジア諸国では、トウモロコシ栽培は、ますます重要になってきている。パキスタンの北西部地方や、インドのパンジャブ地方では、トウモロコシは住民の主食となっており、ガンジス川中央流域や、中上流域がインドのトウモロコシ生産中心地である。

フィリピンでは、トウモロコシは、全土にわたって栽培されているが、ルソン島北東部のカガヤン平野の比較的乾燥した地域や、レィテ島、セブ島、ネグロス島、パナイ島、ミンダナオ島北西部地域でとくにさかんである。

インドシナ半島では、カンボジア、トンキン平野、アンナン付近の海岸地方、それに“Cochin China”、ラオスの稲作のふるわない地域で、トウモロコシ栽培の重要性が高まっている。

この状態は、インドネシアでも同じで“Java”、“Madura”、“Celebes”、“Timor”でトウモロコシ栽培がさかんに行われている。

ヨーロッパ北部、西部では、一般に夏季の温度が低すぎて、トウモロコシ生産はあまりさかんでない。近年雑種トウモロコシ品種を育成するなど、多大な努力が払われているが、トウモロコシ生産は西独、ベルギー、オランダ、フランス北部で限られた範囲で行われているにすぎない。しかしサイレーズ用、粗飼料用としてのトウモロコシ栽培は広くさかんである。



一方、ポルトガル北西部、スペイン南部、東部、北西部海岸地方及びフランス南西部地方では、最終収穫物としたトウモロコシ栽培がさかんに行われている。これらの地方では、温度条件は確かに恵まれているが、北部諸国に比べて降雨量の少ないことが制限要因の1つになっている。

温度に恵まれるが、雨不足という条件は、イタリア南部地方や、ギリシャでも同じで、それに土壌がやせていることが決定的な制限要因となっている。しかし、イタリアのポー川流域の“Lombardy”から“Veeioe”にかけては、イタリアの“コーン・ベルト”となっており、極めて生産性の高いトウモロコシ栽培が行われている。また同様に“Ancona”から“Monte Gargano”にかけての、アドリア海沿岸地方でも、トウモロコシ栽培がさかんである。イタリア中部地方では、トウモロコシとブドウ、“mulberry”、その他の果樹との混作が見られる。

しかし、ヨーロッパの“コーン・ベルト”と呼ばれる地域は“Hungarian basin”から、“Walachian basin”それから“Moldavian”、“Bessarabian”平野にかけての地域で、ヨーロッパでもっともトウモロコシ栽培のさかんな地域である。

アフリカ北部、中近東諸国では、トウモロコシ生産は、イリゲーションが伴わなければ、ほとんど不可能である。

南半球では、アルゼンチンとブラジルがもっともトウモロコシ生産の多い国であり、その隣国であるウルグァイでも、ラプラタ川流域で商業的栽培が行われている。

チリでは、冬寒く夏乾燥という気候面での大きな制約があって、トウモロコシ生産はあまり盛んではなく、一方、チリの北方に位置し、光道付近のペルーや、コロンビア、ベネズエラでは、トウモロコシは、かなり商業的に栽培されている。

アフリカ大陸で、もっとも重要なトウモロコシ生産国は南アフリカ連邦で、そこでは、土着民の主食となっているのみでなく、主要な輸出品目にもなっている。他の国々、例えば北ローデシア、南ローデシア、アンゴラ、ケニア、ナイジェリア、ガーナ、コンゴでもトウモロコシ栽培は相当待たれているが、気候や農学的背景にあまり恵まれていないため、単位面積当たりの収量は少なく、生産されたトウモロコシは、もっぱら人々の食糧として利用されている。

オーストラリアとニュージーランドでは、トウモロコシ栽培地域は比較的まだ限られている。

最後に、世界の主要トウモロコシ生産国としては、米国、中共、ブラジル、メキシコ、インド、南アフリカ連邦、ルーマニア、ユーゴスラビア、アルゼンチン、インドネシア、フィリピン、ハンガリー、イタリーなどをあげることができる。

## A アンデス諸国のトウモロコシ事情

トウモロコシは、ラテン・アメリカ人と、アンデス地方の住民のもっとも重要な食糧源である。温帯諸国では、トウモロコシの生産は、相当に企業的に行われているが、熱帯諸国ではトウモロコシの生産は、多くの小農民によって行われているのが実情である。

アンデス地方一帯では、トウモロコシは人間の食糧として消費されており、一般にその穀物価格が高価であるため、家畜飼料としての利用には限度がある。家畜飼料用穀物としてのトウモロコシの利用は、人間による消費、輸出作物としてのトウモロコシの利用に競合することができない。飼料穀物としては、養鶏と養豚業に優先的に利用されているが、これは、穀物の肉類への転換という点で、鶏と豚がもっとも効率的だからである。

### (1) トウモロコシの重要性と種類とその利用

トウモロコシはコロンビア人の食事の中で、全カロリー量の約30%を供給している。中央アメリカでは、その比率は60%以上もあり、消費されるタンパク質の半分は、トウモロコシから摂取されている。これは、国平均または地域平均であるから、入手できる炭水化物の種類が限られている農村地域では食物の中でトウモロコシの占める割合は、さらに高いはずである。トウモロコシが、キャッサバ、ジャガイモ、またはバナナに補足され、そして、豆類、肉類、魚類が限られているときは、全タンパク摂取量の中で、トウモロコシの占める割合は大きい。

トウモロコシの国際貿易も、ベネズエラの大量輸入を例外として限られている。例えば、コロンビアの場合でも、輸出の可能性は限られている。というのは、トウモロコシの国内価格が、国際市場価格の2~3倍もするからである。

消費されるトウモロコシの種類は、各国の地方地方によって異なっている。一般的に低地では、フリント、半フリント・タイプのトウモロコシが圧倒的に多く、山岳地方では粉質トウモロコシが瀕繁に見られる。さまざまなトウモロコシ在来種、品種もさることながら、それぞれの地方で独特の調製調理方法にもとづいた伝統的なパターンがある。コロンビアでは、ある本によると、トウモロコシの調製調理方法には150種以上の型があるという。

柔らかい軟粉質トウモロコシは何世紀もの間、高原地帯の人々に、伝統的に栽培され、消費されてきている。熱帯低地における開拓定住と作物栽培は、つい最近始まったものであり、その地域のトウモロコシの穀粒は、水晶のような透明さをもっているものが多い。これらのトウモロコシはこの地方で改良されたものであり、一般的に“Cuban flint”、“Tuxpeño”と呼ばれるものである。

これらの硬質胚乳タイプのトウモロコシは、瀕繁に見られる高いレベルの土壌水分条件下で

も、優れた発芽力を示し、圃場や貯蔵庫での害虫や、穂腐水病に抵抗性をもっている。トウモロコシ改良事業に乗り出す前に、トウモロコシのタイプ（胚乳、色などの特徴）を理解し、研究することは、まずもって重要なことである。それぞれ異なったトウモロコシのタイプを相互に取り換えることは可能であるが、しかし、もし望ましいタイプのトウモロコシの中に、雑多性が存在するならば、望まれる穀粒タイプのトウモロコシの枠内で改良していくことが、より早く、より効果的である。

コロンビアにおける“Opaque-2・ハイブレッド・トウモロコシ事業”は、そういう意味で1つの好例である。というのは、他の国々と同様に、フリント・タイプの熱帯トウモロコシの“Opaque-2”への転化は、集約的な“戻し交配事業”：(back crossing program)を通してなされた。そのような育種過程を終えて改良されたトウモロコシは、タンパク質の一種であるリジン：(lysine)、トリプトファン：(tryptophan)の含量が高く、また農村人口におけるタンパク質欠乏問題を転減するつもりでいたが、農民に直ちには受け入れられなかった。これは、このトウモロコシ改良品種の粉質胚乳に直接関係があり、穀粒の外観が在来トウモロコシの穀粒に比べて異なっていたし、伝統的な方法では、調理できなかったからである。この経験からして、国全体のまたは地域単位のトウモロコシ改良事業にとって最大の重要性はトウモロコシのタイプと改良品種に対する農民の受容性におかれるべきであるということである。

## (2) トウモロコシ生産の制限要因

アンデス地方において、トウモロコシ生産を抑制する要因としては、国々においてトウモロコシ栽培様式がまちまちで、しかも、多種多様な気候型が見られるということである。

公開実験農場や地方分場での試験栽培や進歩的な農民の圃場で得られる収量は、それぞれの国で改良品種、ハイブレッド品種を使った場合、5～10トン/haである。これはコロンビアでの平均収量が1.2トン/ha、ラテン・アメリカ全体としてみた場合でも、約2トン/haの低収量に比べて、相当に高い収量である。このことは、改良品種、ハイブレッド品種そのものは、多くの地域で制限要因になっておらず、少なくとも同じような自然条件のもとでは、収量のあるレベルまでは制限要因になっていないということを暗示している。ならば、改良品種、ハイブレッド品種を早速採用し、限りある予算と時間は、耕種学的調査研究、土壌の肥沃性の研究、普及活動にベストに投資されるべきであるという早まった結論に達するであろう。しかし、このことは、品種改良事業が、それで完了してしまうことを意味するものではない。

アンデス地方における比較的低いトウモロコシの収量は、極端な2種類の営農形態と、その

他考えられる全ての中間ステージを反映している。

例えば、コロンビアの“Cauca Valley”、ペルーの中部海岸地方、そしてベネズエラの“Western llanos of Portuguesa”地方は、平均収量3～6トン/haをあげている。これらの地域では、トウモロコシ生産の制限要因と考えられることは、単に、農場規模とか効率の悪い現在のハイブレッド品種だとか、もしくは生育期間の長い晩生である。したがって、これらの地域でのトウモロコシ生産の増大は、現在栽培されているハイブレッド品種や、合成品種の改良によって、比較的容易になれよう。

一方、アンデス高原地方のトウモロコシ栽培は典型的な自給自足型小農民によって行われている。これらの小農民の救済を目的とした、大部分の品種改良事業が今日まで失敗してきている。これらの地方のトウモロコシ在来種は、多少病害虫に抵抗性があり、長稈で晩生であり、安定した収量をもたらすが低収量である。したがって、より早生で、より収量の高い、かつ気候的、地理学的多様性に幅広く適応する品種または、合成品種の導入があれば、実質的にトウモロコシの収量をあげ、最終的目的である小農民の生活向上につながるであろう。不適正な栽培方式と、その他の要因も明らかに、アンデス地方のトウモロコシ収量も制限している。

“Opaque-2・ハイブレッド”品種は、もし施肥、雑草駆除、害虫駆除が行われるならば、60～70%の収量増加があることがわかった。

アンデス地方では、農民の肥料に対する反応は、まだ限られている。これは、部分的にはおそらく、この分野における施肥栽培の歴史が浅いからであろう。西部ベネズエラ地方では、実際の農家圃場での収量2トン/haと、最大可能収量5トン/haの差は、排水問題からきている。コロンビアの“Sineu Valley”でも、同じく排水問題がネックになっている。過度の降雨または反対に早魃は、全体の生産高を減少させるだけでなく、毎年、多くの農家に完全な収穫損失をもたらしている。“Cutworm”、“Stalk borer”、“ear worm”などの害虫問題も“Cauca Valley”およびコロンビアの他くの地域で、トウモロコシ生産の制限要因となっている。“leaf blight”、サビ病、その他の病害も、アンデス地方全般に、毎シーズン発生しているが、収量への影響は推測されていない。しかし、アジアにおけるベト病のように、トウモロコシ生産を激して抑制しているような病害はみられない。

これらの制限要因のいくらかは、貧弱な栽培管理と一緒にあって、トウモロコシ生産に大きな打撃を与えている。例えば、不適正な整地、少ない栽植密度、不十分かつ不均一な発芽、若実苗に対する病害虫のダメージ、早魃と水分過多など、最終的に植付本数を少なくする要因の複雑なコンビネーションがある。アンデス地方のトウモロコシ栽培には、貧弱な圃場管理がこ

く普通に見られる。

アンデス地方の農民や普及員に言わせると、種子、肥料、除草剤、殺虫剤及びクレジットなどの必要物資の欠乏が、トウモロコシ生産の端的な制限要因であるが、その中でも、クレジットの欠乏がもっとも大きな問題となっている。場所によっては、肥料、種子、農薬などの商業的供給が制限要因となっていない地域もあるが、この場合でも、農民に財源的裏付けがないため、これらの資材の使用には限界がみられる。

### (3) トウモロコシ生産制限要因の克服

育種や栽培技術面での解決法が明確になっても、その他政治的、経済的、社会的背景が好転しないと、飛躍的な生産増大は望めない。結局、育種家や、技術普及専門家及び信用を売る銀行などの経験や知識が総合されたような努力が必要なのである。

その中でも、トウモロコシの遺伝学的な操作、すなわち育種がもっとも直接的な問題解決方法である。熟期：maturity”、草丈、穀粒生産能率性、穀粒型、病虫害抵抗性、タンパク含量、光周期、感温性、適応性などさまざまな形質の中に、育種のいわば基礎となる“変異”が存在しており、営農上、望ましい形質の望ましい変異を活用することによって、優れたトウモロコシ品種を開発育成することが、育種家の仕事である。したがって、育種の理論的順序としては、まず新品種が特長としてそなえておかなければならない。望まれる形質が優先度順に整理され、そうして具体化された種々の形質をまとめて兼ねそなえたトウモロコシ品種をつくり出すことである。端的に言うと、エネルギーの効率的転換（穀粒への）ということで、短稈早生で、茎葉部分が少なく、穀粒を多く生産するようなトウモロコシ品種の作出が期待されているのである。そうすることによって、ヘクタール当りの収量や、一日当り及び収穫作業時間当りの収量を多くすることができる。

病虫害耐性、あるいは抵抗性は、今後、生学的防除が強調されなければならない総合的な、病虫害防除パッケージの重量な一部分であり、今後農薬依存にかたよらないためにも、病虫害抵抗性品種の育成強化が進められなければならない。

アンデス地方の農民が採用している栽植密度は一般に小さいため、植付本数を増すことによって、かなりの収量増大が得られると思われる。現在奨励しているヘクタール当り16～20kgの播種量を25kgにすることによって、若実苗の活着問題の多くが解決できると思われる。この活着問題というのは、貧弱な発芽や、発芽前後の病虫害による損失、それに不好適な降雨パ

ターンや、播種床整地がまずかった場合に見られる大きな土塊や、土壌水分の不均一性などに起因する問題である。よって、ある程度、厚播きにして後に必要に応じて間引きした方が、平常通りの栽植密度で播いて、50%にも及ぶ欠株を生ずるよりも経済的であると言える。

問題解決の次の段階としては、改良された新技術を、より多くの農民に普及することである。改良種子、肥料、病害虫や雑草の防除などが、パッケージになった新技術をより多くの農民に受け入れてもらうことが、普及事業の目的である。したがって、アンデス地方でも、大々的な普及事業に乗り出せば、農家圃場での収量を大いに高めることができよう。

この場合、普及事業及びそれに従事する普及員は、他の専門分野の調査研究を行っている育種家や、病理家と密接な関係を保ち、コンスタントなコミュニケーションを維持することが必要である。そういうふうにして、両者が連帯感をもって事業に精進してのみ、農民による新品種や、改良された栽培技術の採用が、より早く達成されるのである。用時にまた、このように異った専門分野の専門家がチーム・プレーを演じることによって、実際の農家圃場で農家や普及員が直面する問題や制限要因を、試験場や大学などの研究機関で仕事する育種家や、病理家などに認識させ、彼らの調査研究を常に、実際的で貢献度の高いものにしていくことができるのである。

また、改良された栽培技術のパッケージを大々的に普及していくためには、政府や民間銀行などが、農民への信用制度（クレジット）の推進拡大に、もっと積極的な関心を寄せ、かつ参加していくことが必要である。そうでなければ、調査研究や普及活動の中で、もっとも力を入れている事業でさえも、信用制度の不備や、新しい栽培技術パッケージの中の、1つのファクターが欠けることによって、挫折する運命にあるのである。したがって、このような組織的な面での問題は、各国政府の農業省や、調査研究及び普及事業を所管する政府機関が取り組み、解決していかなければならない問題である。

#### (4) 国際熱帯農業研究所：“CIAT”のトウモロコシ事業

国際稲作研究所における成功は部分的に、伝統的な学問の細分化、専門化をやめて、目的を一本化して、集中的に行われた研究者グループのチーム・プレーの賜物である。

国際熱帯農業研究所（CIAT）は、熱帯低地における調査研究と、技術者養成を行う役目を受け持ってきた。しかしながら、トウモロコシ事業を通じて、アンデス地方全般にわたって、各国のナショナル・プログラムに協力することができるならば、当研究所の活動は、熱帯低地に限られることはない。“CIAT”のトウモロコシ事業の最終目的は、アンデス地方の特殊

自然環境と熱帯低地に限られた。プロジェクト事業を行うことによって、OIMMYTのトウモロコシ事業を補充していくことである。

次に、OIA Tの研究活動が熱帯低地に集中していること、スタッフ、時間、資金が不足していること、トウモロコシの分野では、OIMMYTの方が、より包括的な調査研究の役目を果していることを前置きとして、OIA Tがトウモロコシに関して研究しようと考えていること、その優先的調査研究の領域について述べてみる。OIA Tのトウモロコシ事業の中で、中心的な努力目標は育種事業であり、その育種目的は次のとおりである。

育種目的：

- (1) 短稈で、穂の位置が低く、より早生で、倒伏に強い混合品種または個体群の開発育成
- (2) “Opaque-2” タンパク質を含有する、透明硬質な穀粒型の選抜
- (3) 幅広い適応性がある、生育日数当りの穀粒生産が、より効率的な個体群の開発育成

耕種学的な調査研究では、農家圃場での栽植密度を増加させる条件、それぞれ条件の異なるところでの、改良された土壌肥沃度に対する感応、それに熱帯低地でのトウモロコシ生産のための生産技術パッケージ（production package）を完成させることに重点が置かれている。

作物生理上の研究では、幅広い適応性に関係のある、日長、温度及び水分の効果などを、ヘクター、生育日数、単位葉面積及び単位日光遮断当りのなどの乾物生産高を決定する上で、重要になるトウモロコシの草型に関する研究が集中的に行われている。

病理学と、昆虫学上の、先ず最初の仕事は主要病害虫の同定と、分布状態を理解し、季節的な病害虫の発現を調査研究することである。主要病害虫に対する抵抗性を得るために、育種事業と耕種学的研究、品種や個体群の選抜作業が進行中である。

雑草防除事業は、雑草の同定、総合的な防除、作物との競合関係の研究などに重きを置いている。

農業経済学的研究に関しては、今まで活発な努力をしてきたが、最近コロンビアにおける“Opaque-2・トウモロコシ”の受容性についての調査研究を終えたばかりである。

もう1つの研究分野である、トウモロコシ生産の制限要因についても、分析調査が行われている。この制限要因についての調査研究は、アンデス地方全般にわたって行われるようになるだろう。また、将来、ラテン・アメリカにおける価格関係と、規模のそれぞれ異なる農家でのトウモロコシ生産に使用される投入資機材についての調査研究が行われるであろう。

アンデス地方の小農民が直面している大きな問題の1つは、改良された安価な農具が欠乏していることであり、OIA Tの農業機械専門家は、“生産技術パッケージ”の中で見られる、

このギャップを埋め合わせるために努力している。

以上のような、研究活動に加えて、生物統計学、図書関係の活動もある。情報通信活動と、若い技術者の訓練は、技術部門の全ての研究活動に付随するものであり、アンデス諸国からの若い技術者を訓練することは、C I A Tの中心的な研究活動である育種事業などともに、高い優先度を受けるであろう。

以上、C I A Tのトウモロコシ事業を概略的に述べてきたが、この事業は柔軟性のあるプログラムで、現在アンデス地方における多種広範な情報が集められているので、その連続的な評価を通して、必要ならば研究分野の優先度がその毎度かえられるであろう。C I A Tは、またC I M M Y Tの調査研究の成果をアンデス地方に広める役割も演じている。

## B ポリビアのトウモロコシ事情

ポリビアでは、トウモロコシは、インカ以前から主要作物の1つであった。インカ人達は、トウモロコシの各種利用法のために、穀粒の色が異なり、さらに胚乳の硬質のもの、半硬質、軟質のトウモロコシをつくりあげた。現在トウモロコシは基本食糧作物の1つで、ポリビア経済にとって、きわめて重要な作物である。ポリビアで生産されるトウモロコシの大部分は、小農民によって栽培され、その栽培範囲は熱帯地域から、標高3,500mまでの、さまざまな気候条件下に広がっている。トウモロコシの栽培面積は217,400~280,120haに達し、ポリビアの耕地面積の27%を占めている。

トウモロコシの総生産高は390,000トンで、そのうちの256,700トンは、人間生活に消費され、年間1人当りの消費量は5.3kgである。58,500トンは飼料として利用され、害虫などによる生じるロスは全体の5%で19,500トンに達する。

ポリビアでは、トウモロコシの生育期間は、品種により別所によりちがいが、150~270日間の幅がある。沢山の品種があり、そのうち最も収量の高いトウモロコシは“Cusqueno”(pallawallaw)タイプと呼ばれる品種である。

### (1) トウモロコシのタイプと利用と重要性

ポリビアの小農民にとって、トウモロコシとジャガイモは、長い間きわめて重要な食物であった。ここでは、トウモロコシは長年、食糧、飲み物、飼料、燃料、装飾物、染料、包装、医



療品、魔法、屋根ふき材料として利用されている。

これらの利用法のいくらかは、今でも存在しており、とくに食生活について言えば、例えば穂についたままのトウモロコシ、焼き上げたトウモロコシ、煮たトウモロコシ、トウモロコシ粉、ひきわりトウモロコシなどが、チーズや、肉類と一緒に食用に供されている。アンデス地方の内陸平野では、トウモロコシを醗酵させてつくる地酒“Chicha”がつくられているが、熱帯地域では、それは清涼飲料水として利用されている。

それぞれ異なった品種のトウモロコシが、それぞれ異なった目的のために利用されているのであるが、例えば、“Huillcaparu”という品種は、住民の食生活にもっとも広く利用されており、もっとも普通に栽培されている品種である。“Chocchi”という品種は、“fojori”：(roasted ground corn mixed with sugar)をつくるに使用され、“Chuspillo”品種は、焼きトウモロコシに利用され、紫色のトウモロコシである“Culli”という品種は、“api”、“mazamorra”または、地酒である“Chicha”の原料である。これらのトウモロコシ品種に加えて、“Chicha”をつくるのに利用される多くの軟質胚乳トウモロコシがある。“paltawaltacu”品種の“Cusqueño types”は、大きくて柔らかい軟質の穀粒をもって、好んで生鮮トウモロコシとして利用されている。

〔注〕 “mazamorra”：ペルーのトウモロコシのビスケット、煮とうもろこしの食品、パン・ビスケットのくず。

ボリビアのトウモロコシは、遺伝学的に変異体が多く、それが広い範囲に分布しているため、その中で注目すべき価値あるトウモロコシを、現存する系統と区別するための調査研究がなされた。この調査研究に関しては、ロックフェラー財団と、米国国立科学アカデミー、USAIDの協力を得たボリビア政府がスポンサーになって、Martin Cárdenas 博士に統率された San Sinón 大学、農学部、植物学科にボリビア中のトウモロコシのコレクションを行わせたのである。

コレクション調査の結果、884種のトウモロコシが得られ、研究され、それらのトウモロコシの外面的、内面的な植物学的特徴や、生理学的、遺伝学的見地にもとづいて分類され、32系統に整理された。後になって、さらに143種のコレクションが得られ、そして研究分類された。

ボリビアで確認されたトウモロコシ系統は次のとおりである。

- ① Confite Puneño、② Altiplano、③ Platillo、④ Kcollo、⑤ Kulli、
- ⑥ Huilcaparu、⑦ Chaka-Sara、⑧ Aysuma、⑨ Platillo-Grande、⑩ Chocchi
- ⑪ Cuzco-Huilcapura、⑫ Paru、⑬ Chuspillu、⑭ Cusso Boliviano、

- ⑮ Pisankalla、⑯ Uchuquilla、⑰ Karapampa、⑱ Argentino、⑲ Niñuelo、  
 ⑳ Camba、㉑ Morado、㉒ Perola、㉓ Yunqueño、㉔ Pojoso chico、㉕ Cholito、  
 ㉖ Cubano Dentado、㉗ Catoto、㉘ Pororo、㉙ Coroico Blanco、㉚ Coroico、  
 ㉛ Enano、

農地改革の進行にともなう農村地域の社会変化とともに、昔から栽培されてきた多くのトウモロコシ品種が失われている。したがって、種子銀行に保存されたコレクションは、非常に貴重なものであり、これらの種子を追跡研究することによって、ボリビアおよびラテン・アメリカ全体にとって、優れたトウモロコシの育種に貢献するであろう。

## (2) トウモロコシ生産の制限要因

トウモロコシ生産の制限要因は、遺伝的なものであり、耕種学的なものであり、経済的なものであり、また究極的には、農民の幸福を害する全てのものである。熱帯低地や、アンデス山間平野で現在栽培されている、収量の少ないタイプのトウモロコシに代わって、高収量、早生品種の開発が必要である。

例えば、“Uchuquilla”系統品種は、生育期間が150日で、もっとも早生な品種の1つであるが収量は少ない。もっとも高い収量は、成熟するまでになんと270日を要する“Paltawaltacu”という系統品種によって得られる。

トウモロコシ品種が極めて雑多であるため、栽植密度の標準化が無効になっている。さらに、雑草防除、施肥、病害防除、とくに“*Dalbulus maidis*”によって媒介されるウイルス性の病の防除の標準化を無効にしている。コチャバンバ平野や、サンタ・クルス地方の熱帯低地で栽培されている粉質タイプのトウモロコシはこのウイルス性の矮凋病に感染しやすい。

防除を要する害虫としては、“ear-worm”、“borer”、“*Diabrotica speciosa*”、“*Aphis maidis*”、“Fall armyworm”などがあり、貯蔵害虫としては“*Sitophilus granarius*”、“*Rhyzopertha dominica*”、“*Sitotroga cerealella*”、“*Plodia interpunctella*”などがあり、注意を払う必要がある。

改良されていないトウモロコシ品種の平均収量はha当り、1,392~1,670 kgであり、一方改良品種の場合はha当り3,000 kgの収量がある。ha当りの生産費は、U.S.ドルで69.10ドルから77.5ドルの幅があり、純収益はha当りU.S.ドルで8.50ドル~26.46ドルまでである。生産者価格はkg当りU.S.ドルで0.05ドル、消費者価格はkg当り0.10ドルである。

安い生産者価格に加え、供給と需要の変動があるため、農民は生産費すら稼げないという現象がみられる。不安定な市場と貯蔵施設の欠除にわざわざして、価格変動幅は、およそ30%である。

飼料としてのトウモロコシの利用が増大しており、また余剰分の輸出可能性があるにもかかわらず、ボリビアでは貯蔵施設や流通機構が整然としておらず、そのことで小規模のトウモロコシ生産者は苦悩している。このように、トウモロコシ栽培は、低収益しか期待できないため、コチャバンバ平野では、農家圃場の一角に植え付けられる程度である。そしてまた、天候不順のため、とくに早魃のため、毎年生産高の一部はロスされている。

### (3) 制限要因の克服

トウモロコシ栽培の制限要因を克服するには、次のようなことが要求される。

- ① 在来種の中にある付加的な遺伝学的変異を利用するために、集団選抜を含む育種事業を実施すること。1株当りの穂重を選抜の規準として選抜を行った結果、“Paltawaltacu”品種の収量は、その原種個体群よりも19%の増加がみられた。
- ② 生鮮トウモロコシ、穀粒トウモロコシとして利用する品種の場合には、ウイルス性の病に抵抗性のあるものを選抜する。
- ③ 降水量、標高、温度、その他の自然条件に適合した品種を選抜すること。国立及び国際種子銀行に保存されている、優良な個体群を活用して、幅広い適応性のある早生、高収量品種を開発すること。
- ④ 生産費を安くし、収量をあげるために、実際的な普及事業を進展させ、改良種子、肥料、雑草・病害虫防除剤などの利用を促進させる。
- ⑤ 害虫による被害損失を避けるために、“穀粒貯蔵事業”：(Grain Storage Program)を発足させ、トウモロコシ価格の安定をはかるとともに、マーケティングに関する政策をすすめる。
- ⑥ 情報、育種材料の種子、経験などの交換と、さまざまなトウモロコシ生産プロジェクト要

質となる技術者の訓練のため、国際機関（研究所）、教育、研究センターの参加をともなった、数カ国を含む“地域協力事業”：(regional cooperative program) の開設が必要である。

① トウモロコシ植付圃場規模を拡大するためと、能率をあげるために、小農民間の協同を促進する必要がある。その協同体の管理組織は、メキシコの“Puebla Project”みたいなものであるべきであると仮定されている。ボリビアのコチャバンバ地方には、155,000haの可耕地があり、そこには、209,400人の農民が住んでいて、1ha当り農民1.3人という比率になっている。

② 増産と農村福祉繁栄を目指して新しい技術が採用されるべきである。

#### (4) 国家的、地域的事業：“National and Regional Program”

ボリビアでは農業省がスポンサーになった、全国的規模のトウモロコシ事業計画はない。現在のところ、小麦の生産に拍車がかかっている。“国家開発計画”：(National Development Plan) は、胚乳の柔らかい軟質トウモロコシの栽培を要求しており、またトウモロコシの工業利用のために、灌漑地区では、また別のタイプのトウモロコシの栽培を要求している。

農業省の調査研究部は、Saavedra Experiment Stationに、1人の専門家を置き、集団選抜、品種試験、品種間交配、“Amarillo Cubano”品種の種子生産を行っている。

また、コチャバンバ平野では、San Simon 大学の農学部が、植物育種学科：(Department of plant Breeding)を創設した。この植物育種学科の実施事業の内容は次のとおりである。

① トウモロコシ在来種の集団選抜事業を行う。

以前に始められた“雑種トウモロコシ(hybrid)事業”は、農民からの反応が小さく、慣習的に彼らが収穫したトウモロコシの一部を次の植付けのための種子とする傾向が強かったので放棄された。彼らの貧弱な生活経済と、雑種トウモロコシ種子のメリットについて無知であることを考えるとき、この集団選抜事業から得られる優れた自然交配品種の方が、彼らの生活条件によりよく適しているようである。

② 在来種に“Opaque-2”遺伝子を組み入れることによって、トウモロコシのタンパク含量を高める。

② 肥料、遺伝学、社会経済についての学位論文が学生達によって書かれた。

③ M. Romero 技師の主導のもとに、5 農民の所有である 1,400 m<sup>2</sup>の農地を試験プロットとして、3 種の改良品種、肥料、害虫防除をとり入れた試験事業が始められた。この試験事業は、メキシコで“CIMMYT”とメキシコ政府諸機関の協力事業としてすすめられていた“Puebra Project”のガイド・ラインに従っている。

CIMMYTの主要目的は、遺伝学、耕種学、社会経済学上の調査研究と、メキシコの本部での技術者養成事業を通して、トウモロコシ生産の急速な、しかも連続的な増大に貢献することである。ボリビアに対するCIMMYTの協力は、低迷しているトウモロコシ生産現情を改前促進していく、ボリビア国内の技術者チームの訓練に貢献することである。このことは、ボリビアの人口の62%を占める小農民や、小作農民の生活水準を向上させることになる。

## C コロンビアのトウモロコシ事情

### (1) 背景

コロンビアの地理的位置と、山岳地形は、低地における熱帯、亜熱帯気候から、山岳地帯の冷涼気候まで変化に富んだ気候をつくりあげている。したがって、トウモロコシ、豆類、バナナ、コーヒー、ジャガイモ、そして小麦が、半径数Kmの範囲内で栽培されうる。コロンビアの国土面積114百万haのうち、1960年のセンサスによると、27.4百万haが農地になっている。そのうち54%が牧草地と永年作物で占められている。また栽培面積：(cultivated land)は、農地：(agricultural land)の28%を占めている。

### (2) トウモロコシの重要性

コロンビアの人々は、トウモロコシを彼らの日常生活の基本食糧として消費している。1959～1969年までの間、コロンビアの1人年平均トウモロコシ消費量は、49.2 Kgで強い減少傾向にあった。1968年の推定によると、トウモロコシはコロンビアの全作物の中で面積において、第1位にランクされていて、818,000haである。推定平均収量は1,200 Kg/haである。

### (3) トウモロコシの生産

1968年には、“Cauca Valley”において、他の全ての地域に勝る3,390 Kg/haの収量があり、その地域のトウモロコシ生産高は171,925トンであった。一方、大西洋岸地方では、

293,450トンのトウモロコシが生産され、平均収量は1,090～1,950 Kg/haであった。以上の2地域が、輸出用トウモロコシ生産にもっとも適した地域である。というのは土地が良質で、位置的にも、主要な交通拠点に近いからである。トウモロコシは、コロンビアでは海拔3,000mまで栽培されている。一般に高原地帯ではフリント・コーン（大部分が白色）が栽培されて、人々の食糧に供されている。海拔中位の地域では、粉質トウモロコシが栽培されている。

1965年のトウモロコシの利用配分は下表のとおりである。

Corn Utilization in Colombia

	%	tons
Seed	1.66	14,454
By-product	5.01	43,624
Industrial Use	9.65	84,027
Animal Use	15.46	134,183
Human Use	68.27	594,465
Total Production		870,756

1959年から65年までの資料を比較してみると、工業用利用の増加が見られ、人間による消費量に関しては、明らかな減少が認められた。1966年のトウモロコシの工業利用は280,000トンで、そのほとんどが家畜飼料にあてられた。

(4) コロンビア農業研究所：(ICA)によるトウモロコシ事業

トウモロコシとソルガム事業は、コロンビア農業研究所の重要な研究部門である。この研究所は、コロンビアの農業開発と調査研究のための国立研究機関である。このトウモロコシ・ソルガム事業の目的は、品種、ハイブレッド品種、合成品種、栄養価の高いトウモロコシを開発すること、そしてまた早生で、農業的にみて、優れた特徴をもつ高収量品種をつくり出すことである。この事業は次のような標高のちがう場所で調査研究プロジェクトを実施している。

- (イ) Turipaná……………大西洋岸に位置し、海拔50m、Monteriaより15Kmの地点で、コロンビアでも暑熱の地域である。
- (ロ) Palmira……………“Cauca Valley”にあり、海拔1,000m、カリ市より30Kmの地で比較的暑い気候である。
- (ハ) Tulio Ospina ……海拔1,490mあり、Medellin市より10Kmの地である。温帯気候地域のための調査研究がここで行われている。

(⇒) Tibaitatá …… コロンビアの首都ボゴダ市より 2.3 Km の地で、海拔 2,600 m あり、冷涼気候地域のための調査研究が行われている。

ほかにも異なった標高地に試験分場が設置されているが、そこでは、上記の 4 つの中央試験場から送られてきた品種などの栽培試験や、同時に土壌、昆虫などについても研究調査が行われている。中央試験場では育種、地域単位の栽培試験、栽培方法の改善、その他特別な研究活動が行われている。

育種事業は、育種素材のコレクション、品種または、雑種トウモロコシ品種の生産、特殊な形質をそなえた基本素材の開発、生産に関する調査研究、自殖系統品種の増殖と試験、そして異なった育種方法のエバリュエーションなどを含む。

地域単位の栽培試験：(regional tests)の目的は、それぞれ異なった地域における品種の生産力：(performance)を決定することである。

栽培方法の改善については、栽培密度、灌漑、肥料、それから改良品種の生産力にもとづいた輪作などの効果が研究されている。病虫害、雑草などの化学的防除についてもまた研究されている。

特殊研究というのは、工業利用面からみて需要のあるトウモロコシ、そして栄養価の高いトウモロコシ品種に関する研究である。収量要素と自殖系統品種と、品種の葉、茎、穂の病害に対する反応が調べられ、評価されているし、また生理学的な研究も行われている。

“ICA”のその他の活動としては、農民に対する講習会、教育、技術相談などの開催、農家訪問、それに世界の他の地域との遺伝子材料の相互交換などである。

#### (5) 種子の配布

今まで述べてきたトウモロコシ・ソルガム事業で得られる改良品種は、政府が認可した 3 つの種子配布団体：(Seed distributor)、すなわち、政府がスポンサーになっている“Caja Agraria”の種子局と、“Empvosa Agricola de Occidente”、“Proacol Ltda”の 2 会社に渡される。したがって、“ICA”は種子検定事業を通して全体の種子生産をコントロールするのである。ここ 2、3 年間に、改良品種の種子はトウモロコシ栽培面積の 25% に播種されるようになった。

一般的に言えることは、コロンビアでは、トウモロコシの改良種は、海拔 2,800 m までの標

高のそれぞれちがう地域に適応するようにとの考えのもとにつくられてきた。ところが最近では、そのような特定の地域に適応する特殊な一品種の開発のかわりに、適応幅の広い品種の開発のために、必要な種子胚原質を数多く揃えなければならなくなっている。

この点に関して、“CIMMYT”のトウモロコシ種子銀行の協力を得ている。

コロンビアのトウモロコシ栽培のもっとも大きな制限要因は耕種技術が低い水準にあることであり、このことは、せっかくつくられた改良種子の利用にブレーキをかけている。

“ICA”は普及部：(Extension division)を設けて、新技術の開発、実用化を推進し、また投資、融資、販売貯蔵などを念頭に置いて、最上の技術の実用を含む開発計画を支援している。これらの開発計画は、まだ初期の段階でその成功が期待されている。融資とか販売は直接生産と関係の深い要素である。しばしば農民達は、これらの融資機関とか、販売組織が提供しているサービスをどのように利用するのか知らないでいる。また、これらの組織や機関に内在するある種の制限要因が農民達による全ての便宜の利用を許さないことも考えられる。

開発途上国で、もう一つの制限要因は、農村共同体が、不便な交通事情により隔離状態にあり、原材料の輸送、種子などの農民への供給が困難になっている。

#### (6) コロンビアのトウモロコシ改良品種とその特性

- (イ) Diacol H-104：育成機関は“ICA”で、開花（花粉落下）までの日数は53日で、最高収量／植付本数／haのスタンダードは4,000Kg／40,000本／haである。成熟までの日数は115日で、ある程度多産性：(prolific)を示す。複交雑ハイブレッッド品種である。
- (ロ) ICA H-154：“ICA”で育成された複交雑ハイブレッッド品種で、開花までの日数は53日、成熟までの日数は115日で、4,400Kg／40,000／haがスタンダードである。ある程度多産性で、サビ病に耐性を示す。“Diatraea spp”にもある程度耐性を示す。
- (ハ) ICA H-207：“ICA”で育成された複交雑ハイブレッッド品種で、開花までの日数は64日、成熟までの日数は140日である。7,100Kg／45,000本／haがスタンダードである。
- (ニ) Diacol H-253：“ICA”で育成された複交雑ハイブレッッド品種で、開花までの日数は68日、成熟までの日数は145日である。多産性で、“leaf blight”に耐性を示す。



し、7,400 Kg/45,000本/ha がスタンダードである。

- (4) ICA H-302 : "ICA" で育成された品種で、開花まで85日を要し、成熟まで158日を要する。多産性で、倒伏抵抗性があり、"leaf blight"、"Rust"にいくらか耐性を示す。7,000 Kg/45,000本/ha がスタンダードである。
- (5) Diacol H-401 : "ICA" で育成された品種間交配種 (Etox Antioquia 439) で、開花まで110日を要し、成熟までに230日を要する。"leaf blight"、"Rust"にいくらかの耐性を示し、5,300 Kg/40,000本/ha がスタンダードである。
- (6) DV.351 SMIII Cielo : "ICA" で育成されたもので、Diacol V 351品種を集団選抜して得られた自然交配品種で、開花まで66日を要し、成熟まで145日を要する。"leaf blight"、"Rust"にいくらかの耐性を示す。5,300 Kg/40,000/ha がスタンダードである。
- (7) ICA H-452 : "ICA" で育成された品種間交配種 (Etox Antioquia 439) で開花までに120を要し、成熟までに235日を要する。6,000 Kg/45,000/ha がスタンダードである。
- (8) D.H.352 : "ICA" で育成された複交雑ハイブレッド品種で、開花までに80日、成熟までに155日を要する。多産性で "leaf blight"、"Rust" に耐性を示す。
- (9) Eto Blanco : "Estacion Tulio Ospina" で育成され、そのイニシャルをとって名づけられたもので、ベネズエラ、米国、カリブ海諸国から導入された種々のトウモロコシとコロンビアの在来種からなる混合品種から派生した自然交配品種である。Tuxpeño タイプのトウモロコシや、その他多くのデント・コーンに対して、優れた組合や能力をもっている。したがって、この "Eto Blanco" 品種は、多くの優れた自殖系統品種を生み出し、そのいくらかは中南米諸国でも優れたハイブレッド品種や品種間交配の格好の育種材料となっている。同一の混合品種から、黄色穀粒をつける "Eto Amarillo" 品種もつくりだされている。

## D ペルーのトウモロコシ事情

ペルーには、約2百万haの作物栽培面積があるが、これは、国土面積の1.6%を占めるにすぎない。トウモロコシの占める栽培面積は、他のいずれの作物の栽培面積よりも広く、トウモロコシの作付面積は毎年約362,000haに達している。

生態学的に言って、ペルーは海岸地域、山岳地域、東部熱帯湿潤地域の3地域に区分される。海岸地域は太平洋に面した地域で、年降水量は30~40mmで、砂漠となっており、灌漑なしでは、農産を営むことは不可能である。この海岸地域は内陸に向っては、海拔1,600mまでの地域を含み、気候は温和で土壤の生産性も低くないので、灌漑施設が完備したら、十分な生産をあげることが可能である。

山岳地域は、標高1,600mから3,500m以上のアンデス山系にはさまれた多くの盆地を含み、トウモロコシは、地域によっては灌漑水に依存したり、天水に依存して栽培されている。

東部熱帯湿潤地域は、アンデス山系の東斜面を占めるジャングル地帯である。この熱帯湿潤地域はアマゾン川の支流を抱き込んだまま、ブラジルへと広がっている。

ペルーでは、最近トウモロコシの生産が急激に増大しており、1963年には、362,000トンであったのが、1967年には590,575トンに達している。そのうち、海岸地域は50%を生産し、山岳地域は40%、東部のジャングル地域は10%を生産している。

海岸地域では、最近、トウモロコシ栽培面積が拡大しており、このことが、ペルー全体のトウモロコシ生産増大の主因になっているが、同時に“Corn Program”によって、開発育成された高収量雑種トウモロコシの普及に負うところも大きい。というのは、この雑種トウモロコシの出現で、トウモロコシ栽培は、純益性の点で、もっと生産性の高い棉花や、サトウキビ栽培との競合に耐れるようになったからである。

ペルーには、極めて多種多様なトウモロコシがあり、その利用方法も千差万別である。全トウモロコシ生産高の38%が、直接、人間の食糧として利用されており、概して煮つめた穀粒か、又は、焼トウモロコシとして消費されるのが多い。人々の食糧として利用される穀粒は、一般に軟粉質で、さまざまな色のものが多いが、硬質穀粒トウモロコシの場合は、ひきわりにして種々の料理に使われる。

海岸地域では、セミ・フリントや又はフリント(硬質)型の穀粒をもつトウモロコシが支配的

であるが、北部海岸地方では数種類の収粉質トウモロコシも栽培されている。この収粉質トウモロコシは、大半がアルコール飲料の原料となっているが、海岸地域で生産される大半のトウモロコシは、家畜飼料、とくに鶏のための配合飼料になっている。

ペルーの全トウモロコシ生産高の2%がデンプン工業：(Starch Industry)やその他の食品加工業に利用され、その他にまた2%が、植付種子の確保に当てられる。

#### (1) ペルーの農地所有形態

ペルーの農地所有形態は、極めて特徴的で、農耕地の80%がわずか1%の農家の手元であり、83%の農家が耕作面積5 ha以下の小農民である。農家戸数850,000のうちの95%の農家が生計も満足にたたない状態なのである。

政府は、このような不平等な農地所有形態を早急に変えていくために、思いきった事業を推進しているので、大規模なサトウキビ、プランテーションの協同機構：(Cooperative organization)や、山岳地域に見られる大土地所有などの農業構造は変化していくであろう。

#### (2) トウモロコシ生産の制限要因

生態学的に特殊性をもった多くの地域が存在するので、トウモロコシ生産の制限要因を一般化して述べることは難しいが、ともかく多くの問題があるので、それを区分的に列挙すると次のとおりである。

- (イ) 調査研究のための試験場設置に必要な土地が不足しており、研究資金も不十分である。その上、決定的なことは適正な訓練を受けた人材がいないということである。
- (ロ) トウモロコシ生産の振興や、改良品種の普及活動が機能的に運営されていないし、トウモロコシ生産者への融資などの割当がうまくいっていない。また、これらの事業の推進に必要な基金や技術者が不足している。
- (ハ) トウモロコシのマーケティング、貯蔵、集散システムが貧弱である。全国に点在する多くの交易中心地を合理的に再編成したり、農家レベルや地域レベルで貯蔵施設をつくるため融資の割当をしたり、強力な価格政策を施したり、マーケティングのための全国情報システムを組織したり、“Marketing standards”や作物保険及び輸出入を規定する必要がある。

### (3) National Maize Program

最初、ロックフェラー財団と、ペルー政府からの援助をうけて、“National Agrarian University”は、1954年に、全国的規模のトウモロコシ事業を発足させた。この事業の目的は、まず全国を生態学的特徴を異にするいくらかの地域に区分し、その各地域に適応したトウモロコシ改良品種の育成と栽培方法の改善にあたることであった。

この事業が発足して4年後、2つのトップ交配種と1つの複交雑品種が育成され、海岸地域に導入された。この改良されたセミ・フリント種の導入は、その地域が生産性の低いフリント型のトウモロコシを栽培していたこともあって、成功をおさめた。

このトウモロコシ事業は、主要な5つの事業から成っている。そのうちの育種事業は海岸地域と、東部ジャングル地域に導入する雑種トウモロコシの育成と山岳地域に普及する合成品種：(Synthetic)や混成品種：(Composite)の育成にあたる。

耕種事業：(Agronomy project)は、全地域での肥料試験、植付本数×施肥量(肥沃度)×雑種トウモロコシ、比較試験、雑草の化学的防除、生物学的、化学的害虫防除、播種日を異にした場合の収量に及ぼす影響を調査する試験、輪作試験、土壌残留肥料分を考慮した上での施肥量決定に関する比較試験などを実施する。

採種事業：(Seed Production)は、原原種：(foundation Seed)、種子検証：(Seed certification)、種子調製、採種と種子の配布に関する政策を確立し、全国25ヶ所に及ぶ改良品種の収量試験などを実施する。

4番目の事業は、ペルー国内で収集された、1,700種のトウモロコシと、他国からの約300種のトウモロコシの維持と分類にあたる。

5番目の事業は、トウモロコシ在来種の改良、熱帯低地での短稈種の選抜、高タンパク・トウモロコシ品種、高油、高タンパク合成品種及び、ろう質トウモロコシ：(Waxy corn)を育成する上で、種々の育種法の比較研究を行ない、さらにCIMMYTから送られてくる“IMAN”(International Maize Adaption Nurseries)、“IOMT”(International opaque Maize Trails)を実施する。

以上、5つの部門からなるトウモロコシ事業は、毎年、150の育種試験、40の耕種試験、20の特別研究試験を行い、さらにペルー国内で検証された全ての改良種子の生産現場の監督指導にあたる。

次の植付けの前に、試験結果を得るために、データの収集と分析はコンピューターを使って行われる。

ペルーの“National Maize Program”は、1963年から、ロックフェラー財団などからの援助を離れて、自己採算体制によって運営されてきている。この体制は、種子生産者との協定で、種子生産者の種子売上げ高の10%を改良品種の特許権使用料として受け取る金額と、原原種の販売によって得られる金額をプラスして、このトウモロコシ事業の事業資金に当てている。この事業に携わる12人のプロフェッショナル・スタッフの給与は、“National Agrarian University”から支給されている。

この事業の存在により、ペルーはもはやトウモロコシを輸入しておらず、今後、政府関係者により、適格なステップがとられるならば、ペルーは将来予想される需要の増大にも輸入しないで対処していけるであろう。

## E ブラジルのトウモロコシ事情

ブラジルの年間トウモロコシ生産高は12百万トンにも達し、世界第2位である。ブラジルの全農地面積の約30%にトウモロコシが作付されており、作付面積では他の作物を凌いで第1位であり、全農産物生産額では、全体の14%を占め、コーヒーに次いで第2位である。

ブラジル南中部の4州、すなわち、リオ・グランデ・ド・スール州、パラナ州、サンパウロ州、ミナス・ゼラエス州で、ブラジルの全トウモロコシ生産高の70%を生産し、サンタ・カタリーナ州、ゴイアス州を含めると、その割合は80%にも達する。一方、ブラジル北部及び北東部諸州は、ブラジル全国のトウモロコシ生産高の20%を生産するにすぎない。

この国で生産されるトウモロコシの80%が家畜飼料として利用されており、12%が海外に輸出され、5%が人々の食糧として利用されている。残り3%は、デンプン工業や、その他の食品加工業などの工業原料として利用されている。トウモロコシは、ブラジル中央部や南部諸州よりも、北部や北東部諸州で人々の食糧としてより多く消費されている。

ブラジルでは、栽培面積においても、黄色穀粒のトウモロコシが圧倒的に多く、中央部諸州では、黄色セミ・デント種のトウモロコシが支配的に栽培されている。これは、デント種とフリント種の自殖系統品種の交配によって、容易に雑種強勢(hybrid vigor)が得られることと、この地域の農民が、アンデス諸国の農民のように特殊なトウモロコシを維持栽培する伝統を持ちあわせていなかったことが原因として上げられる。よって、セミ・デント種のトウモロコシが容易に農民に受け入れられたのである。

リオ・グランデ・ド・スール州の最南部と、サンタ・カタリーナ州では、大部分のトウモロコシ栽培面積が黄色デント種で占められているが、北部、北東部諸州では在来種のオレンジ色のフ

リント種と、黄色デントが大半を占めている。この黄色デント種は“Tuxpeño”タイプのトウモロコシでサン・パウロ州で改良された後、北部諸州へ導入されたものである。この“Tuxpeño”胚原質は、ブラジル中央部諸州で、いくらかの改良品種の基本的な育種素材にもなっており、また特殊目的のために、白色フリント種、ポップ・コーン、Opaque-2・トウモロコシなども、いくらか栽培されている。

#### (1) トウモロコシ生産の制限要因

ブラジルのトウモロコシのヘクタール当りの平均収量は、1,300 Kgであり、これを北部と北東部諸州、ミナス・ゼラエス州とリオ・グランデ・ド・スール州、パウナ州とサンパウロ州に分けてみると、それぞれ820 Kg、1,300 Kg、1,800 Kgとなっている。一方、サンパウロ州の協同農家：(Cooperative farmers)は、ヘクタール当り平均4,000 Kgの収量をあげており、試験圃場では、ヘクタール当り8,000 Kgの収量が得られている。ところが、全国トウモロコシ生産コンテストの優勝者のヘクタール当り平均収量になると、1,400 Kgにも達している。

もちろん、現在の収量レベルの向上も考慮されなければならないが、これらのデータから、生産効率が改善されたら、現在トウモロコシ品種でも、十分な収量ポテンシャルを持っているということが理解される。

サンパウロ州では、トウモロコシ栽培面積の約80%に、改良品種又は雑種トウモロコシが作付けられ、これらの品種の純遺伝学的な収量ポテンシャルが首尾一貫して実証されており、粗放な栽培管理がなされない限り、安心して高収量を期待することができる。土壌管理、播種床整地、中耕除草など、うまく行わなければ、結局、欠株を多く生じ、低収量しかあげられないことになる。この地域では、肥料はトウモロコシ栽培面積の10%しか施用されていない。南部諸州では、雑種トウモロコシ又は改良品種は、トウモロコシ栽培面積の20%にしか、作付けされていない。ここでは、種子としての品質の悪さや、粗放な栽培方法が低収量の原因となっている。ブラジルでは、改良品種の植付利用の増大に力が入られなければならない。

一般に、ブラジルの農民は、トウモロコシはどのように適正に栽培すべきであるか知っているが、それでもまだ栽培方法の面で改善されなければならない点が残っている。トウモロコシ生産のもっとも重要な制限要因となっているのは、おそらく農民があまりトウモロコシ畑に注意を払わないということであろう。このことは、トウモロコシの市場価格の変動が激しいこともあって、彼らのトウモロコシ栽培からあがる純収益を少なくしている。

(2) What can be done ?

中央部、及び南部諸州での主要な問題は、国の経済状態である。また、トウモロコシ圃場の管理、特に適正な栽植密度を得るための土壌管理をもっと改善するように、農民を説得するための普及活動も必要である。奨励している多くの栽培管理技術は、生産費をそんなに上げるものでもなく、とくに肥料の施用が増大されるべきである。

北部及び北東部諸州では、トウモロコシの品種改良や、生産技術の革新が絶対に必要であり、現在のところ当地域で栽培されているトウモロコシ品種は、以前南部諸州から移入されたものであり、南部とは異なる栽培条件にうまく適応していないようである。

中央部、南部諸州では、優れた雑種トウモロコシや改良品種の利用が可能であるが、まだまだ改良される必要があり、とくに草型の改良が必要とされている。というのは、大部分のブラジルのトウモロコシ品種は、草丈が高すぎるからである。よって今後は、短稈でより良い高収量雑種トウモロコシや、自然交配品種が育成されなくてはならない。

ブラジルには、開発されるべき多様多様な育種素材：(Germ Plasm)が存在しており、その中でも、とくに“Tuxpeño”系統の胚原質：(germ plasm)が、優れた試験結果を示し広く利用されてきた。これは、“Azteca”、“Piramex”、“Maya”及び“Cenralmex”など、“Tuxpeño”系統の胚原質から得られた優秀な自然交配品種が、広く農民に知れ渡っていることから明らかである。また、これらの品種から得られた自殖系統品種は、すでにいくらかの優れた雑種トウモロコシの親株として利用されている。

主に、キューバ、中央アメリカ、コロンビアから入った熱帯フリント種もブラジルでは重要性をもっている。しかしながら、これらの育種素材の研究や利用は、まだ広範には行われていない。

ブラジルのトウモロコシ事業が、将来さらに進展していくためには、次のようなことが考慮されなければならない。

- (イ) ブラジルのトウモロコシ事業にとって、潜在的な有益性をもった熱帯トウモロコシに関するより多くの情報を集めること。
- (ロ) トウモロコシ集団育種：(Population improvement)事業を強化し、効果的な育種方法を集中的に採用し、優れた混合品種：(Composite)を育成する。
- (ハ) 品種間交雑種の生産力の調査

事実上、まだトウモロコシ育種事業が発足していなくて、小規模の圃場に植付けられている

トウモロコシが大半を占める北部、北東部地域では、まず改良された自然交配種を育成することに努力すべきである、その場合、まず予め知られている可能性のある育種素材の大規模な収量試験などを実施し、その後で、これらの試験結果を基にして、よりよい品種を開発育成するために、簡単な選抜技術が採用されるべきである。また適正な播種時期や栽植密度など、栽培方法に関する調査研究も同時に行われるべきである。

### (3) What is the National Program Doing ?

ブラジル中央部、南部地域では、いくらかのトウモロコシ育種事業が進行中である。官民両方の機関とも、トウモロコシ育種に関しては、大きな進歩をとげ、とくに民間2社は、優秀雑種トウモロコシの開発育成に積極的に力を注いでいる。一方、ほとんどの政府機関は、トウモロコシの集団育種：(population Improvement)に専念している。最近では、雑種トウモロコシ育種よりも、集団育種に大きな進歩が見られる。

Opaque-2・トウモロコシは、すでに農家圃場植付に定着し、とくにパラナ州で栽培が盛んである。ブラジルの雑種トウモロコシ育成に関してパイオニア的存在である民間会社“Agrocores”は、1969年に、養豚農家へのOpaque-2・雑種トウモロコシの販売を開始した。1971年には、約800トンのOpaque-2・雑種トウモロコシが農家に販売された。

ブラジル北部、北東部地域では、ほとんどの“National programs”が、機能的に運営されていなくて、技術協力をもっとも必要としている。

## F ベネズエラのトウモロコシ事情

これまでのベネズエラのトウモロコシ輸出は、ほとんど無植できるぐらいのものであり、反対に最近では、毎年輸入量に変動が見られるが、ともかくトウモロコシの輸入が増大しつつある。ベネズエラのトウモロコシ生産は増大はしているが、これは主に生産性の向上よりも、栽培面積の拡大によるものであり、1961年まで、この国で生産されたトウモロコシの大半が比較的人口密度の高い地方都市周辺の小農民：(Small production Unit)によって生産されたものである。

検証済みの5つのトウモロコシ品種と4つの複文雑品種の種子が生産されており、これらの品種は全て海拔800mまでの低地向けのトウモロコシである。植付や、植栽密度、“fall armyworm”防除、雑草の化学的防除及び機械化収穫についても十分な情報が不足している。



普及に関しては、1962年から1966年まで“National Project of Extension in Maize”が活動していたが、現在では、トウモロコシ普及事業は農牧省の普及所（extension agencias）で実施されている。

1970年“Foremaiz”と農牧省がスポンサーとなった“Program of Maize Productivity”が発足し、この事業計画の中で、例えばPorfuguesa州の小農民の所間農地合計4,000 haが開発対象になり、事業実施の結果、トウモロコシ平均収量は、ベネズエラ全国平均より90%以上も多収であった。

トウモロコシの利用面では、最近まで家畜飼料工業や食品加工業によるトウモロコシ利用の持続的な増大傾向が見られる。

#### (1) トウモロコシ生産の制限要因

小農民が圧倒的に多いことと、農民の社会的経済的地位が極めて低いことから、トウモロコシ生産の増大に必要な近代技術の採用が困難に直面している。

1960年の農地改革法（Agrarian Reform Law）は、小作農民に土地を与えて自作小農民とし、彼らに技術、衛生、教育、経済的援助を与えることを試みている。

トウモロコシ栽培の施肥基準に関する情報は、ほとんどないのが現状であり、かりにある種の土壌に対して肥料の種類と施肥量が奨励されても、ほとんど施肥されていない。すでに第一回の全国土壌地図の作成が完了しており、全国的なネット・ワークでトウモロコシ栽培に関する肥料試験や微量要素試験などが大々的に実施されつつある。

ベネズエラでは、トウモロコシは海拔800mまでの低地で、全く天水依存によって栽培されている。したがって、ここでは、年降水量とその分布状態が、トウモロコシ生産高を大きく左右することになる。土壌の水分含量や、雑草の化学的防除、さらに多雨地域においては、表面排水及び畦立栽培などにみあった栽植密度に関する知識や情報が蓄積されつつある。少羽地域には、早生の“Minita”という品種が開発されており、灌漑によるトウモロコシ栽培については、まだほとんど研究されていない。

白色、黄色、早生、中生、晩生など各種の改良品種や雑種トウモロコシが育成されており、海拔800mまでの土地に適応している。またこれらの全ての品種が“Opaquo-2・トウモロコシ”に転化されている。種子の増殖、採種、及び検証（Certification）などもよく組織されている。また、どの品種がどの地域で、より優れた生産力を発揮するかを調べるために、地域ごとに試験栽培を実施するネット・ワークも拡大している。

1972年には、4つのトウモロコシ改良事業が発足し、もっとも重要なトウモロコシ栽培地域をカバーすることになるだろう。

## (2) National Maize Program

ベネズエラの“National maize Program”の目標は、普及、技術指導、生産技術の改善、品種改良を通して、トウモロコシ生産を増大させることである。

“National Maize Program”の目的

- (イ) 展示圃などを設置して普及活動を行う。
- (ロ) 技術者養成に重点を置いて、技術指導を行う。
- (ハ) 肥料、栽植密度、微量要素、灌漑及び排水に関する試験を行い、改良農具を使って、栽培技術の革新をはかる。
- (ニ) 特にフリント種のトウモロコシに重点を置いた、在来種の品種改良や、新しい高収量雑種トウモロコシの育成、高タンパク・トウモロコシ品種の育成や、早生、短稈性などの特長をもつトウモロコシ集団の育種事業を推進する。
- (ホ) 病虫害抵抗性に関する調査研究を行う。

“Programa Integral de Desarrollo Agropecuario”は、1972年にトウモロコシ研究調査のため、4つの地域別事業：(rdgional program)の発足を計画している。これは、ベネズエラを東部地域、南中央部地域、西中央部地域、西部地域に分け、それぞれの地域で実施される試験研究などは、“Maracay”にある“Center of Agronomic Invest i- gation)によって調整されるようなシステムになっている。

## G ニカラグアのトウモロコシ事情

### (1) トウモロコシの重要性と利用及び種類

ニカラグアの国民にとっては、トウモロコシは、昔から基本的な食用作物であり、トウモロコシはこの国では、大、小農民により、低地から高地までさまざまな天水条件下で栽培されている。未熟の“Corn-on-The-Cob”の状態ですりつぶされたり、その他さまざまな地方独特の料理方法によって、人々に消費されている。

ニカラグアにおける、トウモロコシの経済的重要性は、1969年の統計から見ても明らかで、

トウモロコシの生産高は213,372トン、金額にして11.5百万米ドルとなっている。トウモロコシ栽培面積は、他のいかなる作物のそれよりも大きい、それでも生産高は、国内需要に追いつかず、金額にして54,753米ドルに相当する343,3511Kgを輸入しており、これはこの国の輸入総額の0.9%に相当する。

トウモロコシ栽培に対する銀行の融資額は、4.44百万米ドルにのぼり、これは農業融資全体の8%を占め、棉花、稲について第3位にランクされている。この農業融資を受けたトウモロコシの栽培面積は59,000haにも達している。

この国にはトウモロコシの最低価格保証制度がないため、トウモロコシの市場価格は、45.5Kg当り、最低2.85米ドルから最高8.30米ドルまで変動している。

トウモロコシの全収穫面積は242,000haで平均収量は876Kg/haである。収穫面積は、地域によって大小の差があるが、生産の多いのは、Matagalpa、Chontales、Jinotega、Boaco地域である。しかし、ニカラグアでもっとも高い収量をあげているのは、大規模機械化栽培が行われている太平洋のRivas地域とChinandega地域である。

この国では、主に白色デント種が栽培されているが、白色フリント種の需要も大きい。農村地域でのトウモロコシの供給が不十分であるため、穀粒が白色である限り、穀粒型はデントであろうが、フリントであろうがあまり重要ではない。

太平洋岸で普通に栽培されている在来種は、極早生種で80日で成熟する。一方、北中央部地域では、過去に農民に配布された複交雑種ハイブレット品種の雑種強勢を失った後代が栽培されており、“Criollos”又は、“Maices de Montaña”という名で知られている。

ニカラグアで生産されるトウモロコシの大半は、人々の食物として消費されるが、家畜飼料用として黄色穀粒をもったトウモロコシも小規模に栽培されている。トウモロコシの工業利用としては、家畜飼料及び軽飲食物原料を供給する製粉業に限られている。1972年、1973年、1974年、1975年のニカラグアにおけるトウモロコシの食糧利用としての不足量は、それぞれ4,000トン、35,000トン、79,000トン、92,000トンに達するであろうと推測されている。

## (2) トウモロコシ生産の制限要因

トウモロコシ生産の主要な制限要因としては、この国の栽培種が“Holmisathosporinm” “Stunt Virus”、“Streak Virus”及び“Fusarium”に罹病性であるということであ

る。現在、使用されている商業的品種 (Commercial varieties) は、それが栽培されている地域とは、水分条件が異なる地域で、高収量性を基準として選抜されてきた品種であるため、ある地域では、優れた生産力を示すが別の地域では、これらの病気に激しく感染し、大きなダメージを受けている。これらの病害による1970年度の推定損失額は11.84百万米ドルにものぼる。

“National Corn Improvement Program” は、ニカラグアの主要トウモロコシ栽培地域の自然条件を代表するような各所で在来種や他国からの導入種を試験しているが、明確な試験結果を出さる程の強力な試験事業とはなっていない。

育種事業、普及事業、農村での技術指導、融資機関などのコーディネーションがうまくいっていないため、改良品種の効果的利用が無効になっている。したがって、改良品種の種子の不十分かつ乱調な生産や配布と、最低価格保証制度の不備か、トウモロコシ生産の制限要因となっている。

### (3) 制限要因の克服

“National Corn Improvement Program” は、新しい品種を育成しつつあり、さらに、上記の病害に耐性をもつトウモロコシを見出すために、他国からの導入種の検定試験を行っている。また、商業的品種や試作品種を含む検定試験を大々的に行い、環境条件のそれぞれ異なる地域での、これらの品種の生産力をテストしている。

ニカラグアでは、トウモロコシ収穫後の乾燥や貯蔵も大きな問題である。現在、国内各社に3,270トンから14,170トンの貯蔵能力をもつ、合計100の貯蔵センターがあり、そのうち82%が、6カ月間貯蔵可能なトウモロコシの貯蔵に使用されている。“National Bank of Nicaragua” も、農業融資の増大をもって、トウモロコシ栽培の振興につとめている。

融資機関や技術指導機関からの便宜を効率的に受けるために、ニカラグアのトウモロコシ栽培農家は、1971年に、組合的に組織された。“National Corn Improvement Program” の技術者は、Musaya León地域のトウモロコシ栽培者組合に対して、一週間に及ぶ技術指導を実施した。

### (4) “National Corn Improvement Program” の活動

“National Corn Improvement Program” は、育種事業や遺伝学、栽培管理技術の

改善、作物保護に関する諸事業を行っている。しかし、これらの全ての事業が、毎年行われるわけではなく、ある年には、試作品種の検定試験事業が主力になったり、またある年には栽培管理技術の改善に力が入れられたりする。

この“Program”のスタッフ構成は、3人の技術員と2人の圃場助手からなり、この3人の技術員のうち、2人はB.Sの学士号を取得していて、他の1人は“Perito Agrónomo”の資格をもっている。2人の圃場助手は15年の現場経験をもつ。

検定試験は、“National School of Agriculture and Livestock”、“Experimental Agricultural Diversification Campos Azules”、“The Irrigation Project of the National Bank of Nicaragua”、“The Agrarian Institute of Nicaragua”などの機関や、Masaya地域のトウモロコシ栽培者組合：(Corn Growers Association)のメンバーから提供された圃場で実施される。

これらの協力機関は、農牧省でカバーできない土地、労働者、資機材及び経費を提供している。その中でもCIMMYTの支援はもっとも価値あるものである。

そうして年内に得られる検定試験結果をもとにして、トウモロコシ栽培農家への奨励品種や施肥量などが決定され、“National Corn Improvement Program”の活動は全て年報としてまとめられ、出版されて、上記の協力機関や、農業関連産業に従事している技術者等に配布される。1971年までに、この“Program”は7つのトウモロコシ品種を育成した。そのうち6つは自然交配品種で、1つは雑種トウモロコシである。

## H メキシコのトウモロコシ事情とCIMMYTとの関係

農業的、経済的、社会的に見ても、トウモロコシは、メキシコにおいては、もっとも重要な作物である。メキシコでは毎年7百万から8百万haにトウモロコシが栽培され、これはメキシコ全農地面積の45～55%を占めている。

トウモロコシの生産額は、640百万米ドルに達し、他のいかなる作物の生産額よりも多い。メキシコでのトウモロコシの社会的重要性というのは、過去及び現在のメキシコの人々の食事の中で、もっとも重要で基本的な食物として、直接に人々に利用されていることと、土着インディオの文化継承の中で、トウモロコシがまだ宗教的な意味をもっていることからきている。したがって、メキシコにおけるトウモロコシ生産高の変動は社会的、政治的に大きな意味あいをもっているのである。

過去6年間、メキシコは、国内需要にみ合う十分量のトウモロコシを生産してきた。1970年には8百万haにトウモロコシが作付され、9.6百万トンの生産があった。この年の平均収量は

1,200 kg/h<sub>a</sub>で、30年前の1940年は491 kg/h<sub>a</sub>であった。トウモロコシ作付面積8百万haのうち、7.2百万haが半乾燥地方にあり、そのうちの4百万haに近い面積が不規則で少雨しかない地方にあることを考えると、この生産性の向上は大したものである。この収量増大は、主に①肥料の施用や、病害虫、雑草の防除を含んだ、よりよい栽培方法の普及、②品種改良などの農業の試験研究の成果に起因するものである。

1940年以前は、トウモロコシの品種改良は、“Institute of Agricultural Research”で実施されていた。1940年以後は、メキシコ政府農業省とロックフェラー財団の共同研究事業の形をとった“The Office of Special Studies”で行われ、現在はこれらの2機関、すなわち“Institute of Agricultural Research”と“The Office of Special Studies”を統合してできたINIA:(National Institute of Agricultural Research)によって行われている。

これらのトウモロコシ事業によって、高収量の改良品種や雑種トウモロコシが多数育成されてきた。農民によるこれらの品種の使用と、自然交配によるこれらの改良品種の在来種への“beneficial influence”が、このトウモロコシ平均収量の増大を可能にした決定的な要因と言えよう。しかし、これらの改良品種との自然交配によって得られる利点については、まだ適正な推測はなされていない。

メキシコでは、栽培されるトウモロコシの85%から90%が白色穀粒をもち、雑りのわずかに10~15%が黄色穀粒種である。生産高の85%が直接に人間の食糧として利用され、15%の主に黄色穀粒種が家畜飼料に供されている。

トウモロコシ栽培面積の大半がTuxpeño, Vañeño, Celaya, Chalqueño, Conico など白色デント種が作付られ、これらのトウモロコシはトルチージャや、その他多くの伝統的な料理に利用されている。

軟粉質(Soft floury)トウモロコシ品種としては、Cacahucintle, EElotos, Occidentales, Tabloncillo, Popitilla などがあり、限られた小面積で栽培されておりクラッカーや、“pozoles”の原料になったり、製粉されたり、あるいは、“Corn-on-the-cob”の状態で煮たり、焼いたりされて食用に供されている。

また、Palomero, Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Chapalote, Reventador, Oloton, Tabloncillo perla など硬質フリント種のトウモロコシも一部地域で栽培され、“pinoles”(Sweet powders)をつくるのに利用されたり、ポップコーンや家畜飼料に利用されている。

## (1) トウモロコシの制限要因

メキシコでは、トウモロコシはほとんど全国くまなく、生態学的、経済的、人種的に異なるそれぞれの地域で栽培されている。トウモロコシは、海岸のすぐそばから、雪の多い高山地域まで、また半砂漠地方から、湿潤熱帯地方まで広範囲に栽培されている。

メキシコ北部の灌漑施設の整備された一部地域や、Bujio 地方やメキシコ中央高原の一部地域では、トウモロコシは、ほとんど完ぺきな栽培条件下で作付されている。また、ハリスコ州の熱帯湿潤地域や、その他2、3の地域では、好適な降雨条件に恵まれ、近代的な栽培方法でトウモロコシが栽培されている。しかしながら、メキシコでは7百万から8百万 ha のトウモロコシ栽培面積のうち、北部、中部及び南部の半砂漠地域に広がる実に4百万 ha が、不規則かつ絶対的な雨不足条件や、前近代的な栽培方法でトウモロコシ生産が行われているのである。

メキシコに特徴的に見られる緯度、標高、温度の変化は、トウモロコシ生産の制限要因になっているとは思われず、むしろ生態学的、農学（耕種学）的、遺伝学的なものや、農業改良普及事業そのものや、植付けられる種子の品質、及び社会経済的なものが制限要因となっているようである。

### (1) 生態学的な制限要因

乾燥条件下にある4百万 ha にトウモロコシが栽培され、生育するトウモロコシは、もともと少雨なところに、さらに不規則で当てにならない降雨分布に脅やかされるのであるから、早魃がもっとも重要な生態学的要因と言える。

早魃の次に問題なのが霜害で、この2つの要因が、晩生に比較してどうしても収量の少ない早生品種の植付を強要しているのである。

したがって、メキシコでは、トウモロコシは一般に農業生産が上がらず収益性にとぼしいやせた土地に作付されているということが理解できよう、理論的に言うと、このような土地でのトウモロコシ栽培はやめるべきで、もし何か栽培するとすれば、もっと収益性のある何か他の作物が作付されるべきである。そこで、トウモロコシよりもっと収益の上がる他の作物が見出され、トウモロコシにかわって実際に栽培されるようになるまで、育種家やその他の分野の専門家は、既成作物であるトウモロコシの低収量を高めることに努力を集中しなげ減ばならない。育種家は、とくに早生で高収量能力をもち、かつ早魃や霜害及び病虫害に相当な抵抗性をもったトウモロコシ自然交配品種の育種に努めなければならない。また、これらの地域では農学的な調査研究は、限られた雨水の地上利用方法や、施肥、中耕除草、雑草と病害虫の防除及び貯蔵方法の改善に努めなければならない。

他に生態学的な制限要因として考えられるのは、病虫害でありおそらく20%ぐらいの収量減はこの病虫害によるものと思われる。そのため、遺伝的な抵抗性の導入を目的にした昆虫学的、病理学的研究が必要である。

(ロ) 農学的な制限要因

生産性の高い在来種を初めとして、改良品種や、雑種トウモロコシの場合でも、施肥、栽植密度、灌漑などの点で十分適切な栽培管理技術が伴っていないため、本来の高収量性が発揮されていない。したがって、このような農学的な調査研究がもっと進めば、疑いもなく収量アップにつながるであろう。

(ハ) 育種の面での制限要因

メキシコでのトウモロコシ育種は、極めて困難で複雑な仕事であると言える。というのは、メキシコが生態学的に、また社会経済的に非常に変化に富んだ国だからである。このため、育種事業は必ずしも特別な地域で最上の品種とは言えないが、適応性が広く、悪く言えばとりえのない、どんな農民からでも受け入れられるような、ごく一般的な特性をもった品種を育種する傾向にある。

しかしながら、望ましい農学的特性の導入を図り、その上に生産力および品質の改良を育種目標とするとなると、生態学的、経済的にそれぞれ異なる各地域に、独立的に育種事業を展開した方がより早く、より効果的に目標達成できるとわかっているにもかかわらず、資金と人材の不足で、そのような育種事業は行われていない。

また、密植と多肥栽培に耐える特別なトウモロコシ品種を育成するためには育種事業は、植物生理やアグロノミーに習熟した人々とのタイ・アップを必要とする。

(ニ) 普及事業面での制限要因

トウモロコシ栽培農家は、農業改良普及員からの技術指導をあまり受けてない。改良品種や雑種トウモロコシの奨励普及や、施肥基準や灌水度合、作付期間、病虫害や雑草の防除などに関する農業試験研究の成果を、ダイナミックに効果的に栽培農家に伝えるために、もっと普及員が必要である。

(ホ) 種子生産と配布についての制限要因

メキシコでは、改良品種や雑種トウモロコシは、何年も前から育成されてきたが、その作付面積は、全トウモロコシ作付面積の15%を決して越すことはなかった。これは部分的に普及事業の不十分さのためであるが、もっとも大きな原因は、種子生産にあたる政府機関が



現在まで十分多量で十分な遺伝的純度をもった改良品種や雑種トウモロコシの種子を供給できなかったからであり、さらに何年もの間、低品質の種子を農家に配布してきたことが積もり積もって、今日では、改良品種の種子をお金出して買うことをすっかり農民が拒絶しているからである。このことが、特に外国資本に支えられた、民間種子会社の繁栄をもたらしているのである。また、かりにこれらの民間会社が、政府機関で育成された改良品種を、ロイヤリティー（特許権使用料）を払って、増殖採種しようとしても、時世遅れの種子法（Seed Law）は民間会社による、これらの改良品種の採種、配布を禁しており、これもまたトウモロコシ生産を制約する遠因となっているのであるから、この法律は改正されるべきである。

#### (v) 社会的、経済的制限要因

メキシコでトウモロコシ生産を制限するもう1つの要因は、種子や肥料、農薬、融資、普及活動などを適時に農民にサービスするような地域ごとの統一的、機能的な組織が存在していないことである。

“Puebla Project”で明示されているように、この種の組織ができ、全国各地で活動を展開していけば、トウモロコシ生産は徐々に増すと思われる。

#### (2) I N I Aのトウモロコシ事業

I N I Aによるトウモロコシ育種事業は、生態学的に、熱帯低地、湿潤乾燥地域、標高中位のBajio及びその他の地域、そして高原地域と大きく4つに分けられた地域に点在する合計20ヶ所の試験場ですすめられている。これらの4地域には、I N I Aの所管する8つの地方農業試験研究所が設置されている。

このトウモロコシ育種事業のもっとも重要な目的は、病虫害抵抗性、耐旱性、耐霜性、倒伏抵抗性や高タンパク品質に優れた高収量の改良品種や雑種トウモロコシを開発育成することである。地域ごとの育種事業は主に、普通の草丈で、白色デント型のトウモロコシをとりあつかっているが、同時に、ポップコーン、一性トウモロコシ、黄色穀粒トウモロコシ、多産性（prolific）トウモロコシなども小規模にとりあつかっている。

1970年までに、以上のトウモロコシ育種事業は約50種類の改良品種や、雑種トウモロコシを育成してきた。過去30年間におけるメキシコの平均収量増大の40～50%が、これらの改良品種の使用と、在来種との自然交配によるものであると考えられる。

これらの改良品種や雑種トウモロコシの中で、優秀な品種としては、高原地方ではH-125、H-129、Bajio地方の乾燥地域ではH-24、H-28、十分な土壤水分があるか、もしくは

灌漑可能地域では、H-309、H-366、乾燥地域ではH-220とUS-201、湿潤熱帯地域では、H-309、H-366、乾燥熱帯地域ではH-412、V-410をあげることができる。

頻繁に採用される育種方法としては、雑種トウモロコシや合成品種の育種に用いられる周知の基本的な方法や、循環選抜法、相反循環選抜法、戻し交配法、集団選抜法、収れん育種法、及び耐旱性、遺伝変異などに関する基本的な情報を得るための特殊な育種方法が試みられている。

育種の基礎となる遺伝変異のソースとして、INIAは5,000種以上の在来種と1,500種以上の導入種を保管する種子銀行をもっている。これらの品種は、銀行内では品種としての純度が保たれる一方、いくらかの望ましい農学的特性を兼ねそなえた混成品種を育成するために、多くの農学的特性に関して地域的に検定試験されている。

INIAのトウモロコシ育種事業にとって、CIMMYTのトウモロコシ事業は、遺伝変異を供給するもう1つのソースと言えよう。INIAのトウモロコシ育種事業の中では先の4百万haからくる重要性のため、乾燥地トウモロコシの開発育成の比重が大きくなりつつあり、その他に重要なものとしては、耐旱性トウモロコシと高タンパク品質トウモロコシの育種がある。

#### (i) 耐旱性

この特性についての試験研究は、極めて複雑で生態学的要素とトウモロコシ植物体そのものの固有性という要素を含んでいる。この特性(耐旱性)を同定するための間接的な方法は、まだ明らかにされていない。しかしながら温室の中で行われている水分のストレス処理(moisture stress treatment)による選抜は、効果的のように思える。

耐旱性を同定する直接的な方法については、トップ交配種と自殖系統種の中から灌漑条件の収量と、旱魃条件下の収量を比較して、もっともその差の少ないトウモロコシ品種を見出す試験研究が行われている。そうして温室中の旱魃条件下で、耐性を示した選抜種は、今度は雨季に、野外試験圃を降雨がないように処理して、そこで圃場耐旱性が試験されるのである。同様な条件下で多種多様なトウモロコシ品種の気孔の習性反応が試験されている。

#### (ii) 高タンパク品質トウモロコシ

INIAで育成された全ての商業的改良品種や雑種トウモロコシは、“Opaque-2”遺伝子と“floury-2”遺伝子を導入することによって、タンパク含量品質の高いトウモロコシに転化されている。高タンパク・トウモロコシに転化された品種のいくらかは、普通トウモロコシの収量とほとんどかわらない。

1971年までに、I N I Aのトウモロコシ育種事業は次のような改良品種や雑種トウモロコシを育成し、商業的栽培品種として増殖を図るため、“National Seed Agency”へ引き渡された。

H-131 : メキシコ州及びプエブラ州の灌漑可能地に奨励できる雑種トウモロコシで、生産力 : (yielding ability) はH-129より優れている。

H-133 : 灌漑可能地向け雑種トウモロコシ奨励品種であるが、とくに標高中位Bajio地方と、メキシコ中央高原の中間地域に適した品種である。

H-30 : メキシコ州、プエブラ州、トラスカラ州の乾燥地向け雑種トウモロコシであるが、湿潤なトルーカ平野や、灌漑可能地にも奨励できる。生育日数はH-28に同じであるが、より多収である。

H-32 : トルーカ平野の乾燥地植付に適した早生の雑種トウモロコシである。

H-367P : Bajio地方に奨励できるメキシコ最初のポップコーン・ハイブレード品種であり年間2.4百万米ドルにのぼるポップ・コーンの輸入をストップさせる望みがかけられている。

H-508E, H-509E : 熱帯低地向けの性雑種トウモロコシで、遺伝的にはH-503、H-507に酷似しているが、密植条件や多肥条件でより優れた生産力を示す。

VS-521 : 特にゲレロ州内での普及がのぞまれる熱帯地域向けの合成品種で、収量はH-507よりかすかに少ない。

### (3) C I M M Y TとI N I Aのトウモロコシ事業の関係

メキシコにとって、C I M M Y Tの存在意義もしくは利点というのは、他国と同様に、トウモロコシ事業に携わるメンバーの受ける直接的なC I M M Y Tの貢献を通してだけでなく、また、多数の国々のサイエンティストが持ち込む育種素材やアイデアの国際交流を通して与えられるなどの利点である。

C I M M Y Tは、各国のトウモロコシ事業を支援する必要があるが、本来各国の試験研究機関が行うべき、改良品種の育成、増殖、奨励、配布を行うことによって、各国のトウモロコシ事業と重複したり、またその存在価値をなくすような行為はすべきではない。

C I M M Y Tのリサーチ・プロジェクトは、主に基礎的な試験研究や国際的規模のものであってもらいたい。例えば、より適正な育種方法の判定や、より効率的な(穀粒生産に)草型や、光周期に無反応なトウモロコシの開発及び望ましい特性をもった混成品種の育成などに重点を置くべきである。

またCIMMYTは、トウモロコシの品質、早熟性、耐旱性、耐霜性、病害虫、抵抗性に関する基礎的な試験研究を行うべきであり、集団遺伝学やトウモロコシの生理や生化学について研究すべきである。それから、そうした試験研究を通して得られる情報や育種素材は、各国のトウモロコシ事業に渡され、各国独自の実用的な育種事業に応用されるべきである。

最後に、CIMMYTは、自から育成した改良品種を直接、民間会社に引き渡すのを止めるべきである。というのは、そういうことをやられると、国によっては民間会社からロイヤリティーなどの恩恵を得ている各国のトウモロコシ事業が財政的にも危機に直面するからである。端的に言うと、先ず改良品種はトウモロコシ事業を行なう各国の政府機関に渡され、そこで導入品種や、既存の優秀在来種などとの交配種となって、種子の増殖、配布を行う民間会社に渡され、各国の“National Maize Program”は、民間会社から、ロイヤリティーを受け取るといったシステムが、各国の“National Maize Program”の発展に必要である。

## I アジア諸国のトウモロコシ事業

アジアでは、他の重要食用穀物に比べて、トウモロコシは比較的、歴史の浅い新しい作物である。トウモロコシがアジアに導入されたのは、16世紀でヨーロッパ交易商人によるものであると思われる。導入されてから後は、長年の間、トウモロコシは観賞植物や庭先を飾る植物として栽培され、おそらく200~300年後まで、農業的に重要な作物となることはなかった。

現在、トウモロコシは、この地域の何百万もの人々の基本的な食糧となっており、家畜飼料としても、ますます重要になりつつある。トウモロコシがあまり重要でない地域においても、多毛作(multiple cropping)や、栽培作物多様化推進事業などによって、トウモロコシのポテンシャルが開発されつつある。

食糧輸入国も多数含むアジアでの、トウモロコシの将来は明るいものがあり、将来の農業発展に重要な役割を果たすものと思われる。

### (1) トウモロコシの重要性と種類及び利用法

現在、アジア全域でのトウモロコシ栽培面積は16百万haで、生産高は17百万トンに達している。1968年のFAO統計によると、これは全世界のトウモロコシ栽培面積の15%、生産高の7%を占めている。

過去20年間にトウモロコシ作付面積は約75%拡大し、生産高は120%増大した。しかし単位面積当りの穀粒収量はおよそ25%増加したにすぎない。栽培面積の点では、アジアのトウモロコシは、世界統計の中で、比較的重要になっているが、生産高及び単位面積当りの収量

Asian regional and national maize statistics  
for 1968 and general trend for 1962-68

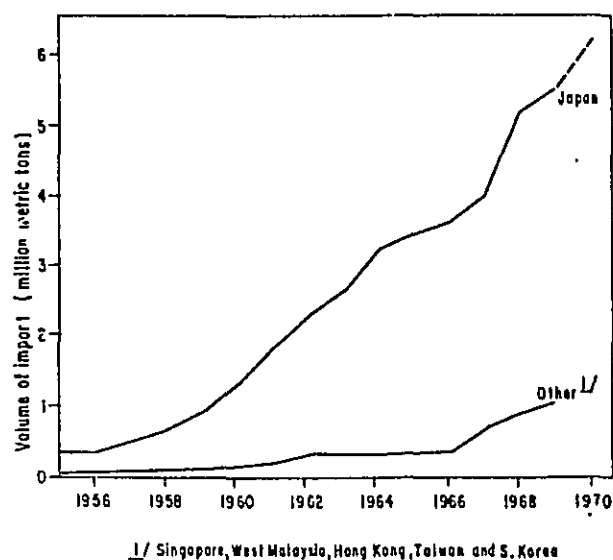
Region and country	Area (1,000 ha)	Yield (tons/ha)	Trends (% yearly change <sup>1</sup> ) 1962-68	
			Area	Yield
<b>East Asia</b>				
Japan	18	2.83	-13	3
Korea, North	1,000	1.71	Static	-3
Korea, Rep.	43	1.47	10	15
Total/Ave	1,061	1.71		
<b>Southeast Asia</b>				
China, Taiwan	21	2.40	3	4
Philippines	2,181	0.67	2	Static
Malaysia, Sabah	4	0.64	7	Static
Malaysia, West	4	1.71	Static	3
Vietnam, North	270	1.10	Static	Static
Vietnam, Rep.	29	1.10	-3	Static
Laos	42	0.55	6	Static
Burma	150	0.43	3	Static
Thailand	670	2.01	14	Static
Cambodia	113	1.36	Static	Static
Indonesia	3,269	0.95	5	Static
Port Timor	18	0.94	Static	Static
Total/Ave	6,711	0.97		
<b>South Asia</b>				
Afghanistan	510	1.43	Static	Static
Pakistan	620	1.01	5	Static
Nepal	440	1.97	Static	Static
India	5,716	1.01	4	Static
Ceylon	17	0.73	4	Static
<b>West Asia</b>				
Iraq	4	1.13	6	10
Iran	25	1.40	8	8
Turkey	655	1.53	Static	4
Syria	5	1.51	-6	11
Lebanon	3	1.23	-12	-8
Israel	1	4.70	-8	2
Yemen	16	1.38	4 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>
Total/Ave	709	1.50		

<sup>1</sup> Sum of individual yearly changes divided by 6 (% change not compounded).

<sup>2</sup> 1964-68.

Source: F.A.O. Production Yearbook, Vol. 23, 1969.

Corn imports for Japan and other selected countries (1956-70)

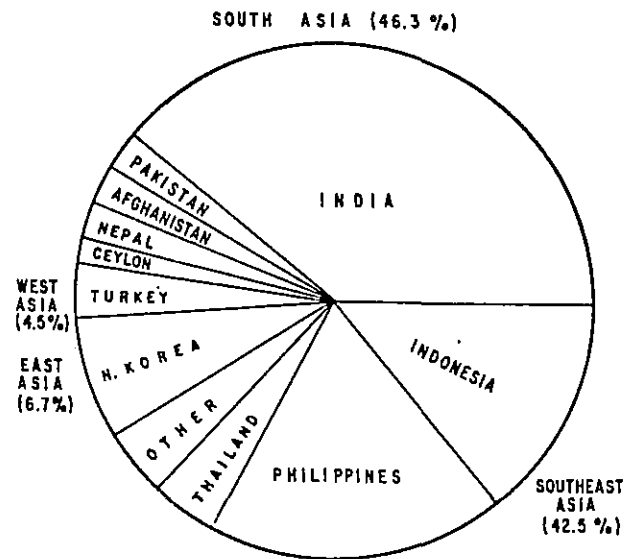


Some Asian maize statistics

Year	Area		Production		Yield	
	Millions of hectares	% of world total	Millions of metric tons	% of world total	100 kg/ha	% of world average
1948-52	9.1	10.4	7.8	5.6	8.6	54.7
1952-56	10.2	11.2	9.4	6.1	9.2	54.1
1962	13.8	14.0	15.3	7.3	11.1	52.1
1963	13.0	12.9	14.5	6.5	11.1	50.7
1964	14.4	14.3	16.2	7.5	11.3	52.8
1965	13.7	13.8	14.9	6.6	10.9	47.8
1966	14.7	14.2	15.9	6.6	10.8	46.6
1967	14.9	14.0	17.3	6.5	11.6	46.6
1968	15.8	14.9	17.3	6.9	11.0	46.4
Mainland China						
1948-52	9.6		14.1		14.7	
1952-56	9.7		18.8		19.5	

Source: F.A.O. Production Yearbook, Vol. 23, 1969.

Distribution of Maize area in Asia



量という点では、むしろ停滞的な動きを脱していない。

1968年度には、南アジア、東南アジア諸国のトウモロコシ栽培面積は、アジア全体の約90%を占め、生産高は84%を占めた。その中でもインド、インドネシア、フィリピン3国でアジア全域のトウモロコシ栽培面積の70%以上を占めているのである。

栽培されるトウモロコシの種類は、いろいろであるが、特徴的な在来種としては、短稈早生で白色又はオレンジ色に近い黄色のフリント型の穀粒をつける比較的小さな穂を生産するものが多い。白色フリント種のトウモロコシは概して稲が基本食糧となっている地域に見うけられ、食物として米とミックスされて利用されたり、単独で米の代用になったりしている。極めて小規模であるが、野菜用として、甘味トウモロコシや、ろう質トウモロコシも栽培されており、最近では他の飼料トウモロコシも導入されている。この種のトウモロコシの受容性は、トウモロコシが食糧としてではなく、家畜飼料として栽培される地域で高い。今日でも雑種トウモロコシの栽培面積は全体の5%にも満たないだろう。

アジアでは、トウモロコシは伝統的に食糧作物であるが過去20年間で家畜飼料としての利用度が急速に高まってきた。顕著な例が日本で、そこでは1969年度のアジア全体のトウモロコシ生産高の実に1/3にあたる量のトウモロコシが輸入されて家畜飼料として利用されている。日本への主なトウモロコシ輸出国は米国、タイ、南アフリカ連邦、アルゼンチンである。しかし、アジアで生産される大部分のトウモロコシは、タイを例外として大半がアジア地域で消費されており、概して栽培された国内で消費されるのが大半である。

## (2) トウモロコシ生産の制限要因

アジア諸国に見られるトウモロコシ生産高の増大は、栽培面積の拡大によるものであって、単位面積当りの収量の増加に起因するものではない。この生産性の停滞は、農業試験研究や産業開発にあまり熱心でないことを反映している。ようやく最近になって、各国のトウモロコシ事業が、政界のリーダー達の注目を得るようになったと言っても過言ではない。各国によりやく定着した感のあるトウモロコシ育種事業のいくらかは、よくスタッフが揃い、官民からの支援を受けているが、他の多くのトウモロコシ育種事業は、その機構や運営及び活動とも、まだまだ貧弱な面をもっている。

現在、アジア諸国で利用されているトウモロコシ品種は、各国の栽培条件によく適応しているが、その低生産性は制限要因の1つになっている。今日まで他国からの新しい優秀品種の導入が行われてきたが、アジアの熱帯地域では熱帯アメリカからの品種やコレクションが、生産性向上に一役を買い、米国のコーン・ベルトや南部諸州からの導入種はアジアの温帯、亜熱帯地域で成績がよかった。

しかしながら、これらの優れた導入種は、一般に小規模にしか栽培されていないため、周辺農家に与えるインパクトは限られている。商業的栽培品種としての普及がどうして遅々としているのか、必ずしも十分には理解されていないが、一般的に考えられていることは、農民に優良種子やインフォメーションを施すメカニズムが欠除しているからだと言うことである。また各国の“National maize Program”によっては、農民をフォロー・アップするための十分な技術指導や普及事業を欠いている場合もあり、同様に各国の育種家が、必ずしも病害虫抵抗性や熟性：(maturity)、穀粒型などの品種として基本的に要求される形質に注意を払っていないため、せつかと育成された新品種も農民に受け入れられることなく、失敗に終わっている場合が多い。

アジア地域では、トウモロコシ栽培にとって、問題となっている病害虫が多く十分かつ、適切な防除がなされていない。湿潤熱帯地域や亜熱帯地域では、べト病の被害が激しく、年々相当な収量損失を招いている。フィリピンとインドネシアにおいてとくにべト病の被害が大きい。なお、このべト病は、台湾、インド、タイでも、かなりの収量損失をもたらしている。大部分の湿潤地域では“Helminthosporium”菌に原因する、“leaf blight”と銹病もごく普通に見られ“stalk rot”による損失もバカにならなくなっており、とくに南アジア地域で広く発生している。

アジア地域では、2種類の“Corn borer”が経済的に大きなダメージを与えており、その

1つは“*Chilo partellus*”で南アジア地域に広く分布しており、直接的な収量損失をもたらすばかりでなく、地域によっては植付遅延の原因となっており、このことは結局、本来の収量能力を発揮できないということにつながる。もう1つは“*Ostrinia salientialis*”で東南アジアに広く分布し、突発的な収量損失を招いている。

分布範囲は狭いが、2、3の地域で重要な害虫となっているのが“shootfly”:(*Artherigona* spp.)で、インドネシア、フィリピン、インドに見られ、ある時季のトウモロコシ若実苗を破壊する。

アジア地域の大部分のトウモロコシ栽培地域で、より良い栽培管理技術の必要性が叫ばれている。いくらかの試験研究機関では、優れた調査研究が実施されてきたが、その成果の一部は実用化が困難であり、また栽培農家にとって実用可能で有益と思われる試験成果があっても、決して農家圃場までその技術が普及されることはなかった。いくらかの試験研究機関の農学的な試験研究は、品種の最適栽植密度、最適播種目、雑草の作物収量に与える影響と、雑草防除に関する試験だけにとどまったままである。しかし、一般的に言って、この程度のリサーチ・インフォメーションでも、現在のトウモロコシ品種と収量レベルにとっては十分である。問題は、こうして得られた試験研究の成果を実用化する努力が足りないのである。改良品種の生産力や受容性というものは、実際に施される施肥管理や中耕除草などの栽培技術や、このパッケージの奨励方法によってもちがってくるものである。

最後に、トウモロコシ生産の制限要因となっているのは、やはり各国の経済状態である。例えば、低開発諸国全般に見られる価格の不安定は、農民の生産意欲を決して高めるものではない。ほとんどの国で化学肥料:(commercial fertilizer)は、収量を顕著に増大させることが実証されてきたが、肥料の有用性や、穀物価格に比較した場合のコストなどに問題があるため、トウモロコシ栽培には、ほとんど肥料は利用されていない。そしてまた、アジア地域の大半の国々で、十分かつ効果的な農業融資制度がみられない。

### (3) 制限要因の克服

現在みられるトウモロコシ生産の制限要因となっている大部分の生物学的な問題は、強力な作物の品種改良及び増産を志向した“National Program”で克服できよう。これらのトウモロコシ事業は、新しい改善された技術の開発から、それらの新技術の農家圃場での成果ある実用というところまで、その事業範囲を広めるべきである。

育種家は、農家がどんな品種を欲しているか、熟知する必要があり、トウモロコシ生産を脅かしている種々の危険要素に抵抗性のある品種を開発しなくてはならない。一方、アグロノ



ミストは、栽培技術面の問題解決に全力をつくし、普及員は開発された技術に精通するだけでなく、農民志向的な活発な普及活動を展開しなければならない。

種々の経済活動を行なう人の行動習性は、トウモロコシ植物体のそれよりもコントロールが困難なため、経済的な問題は解決困難である。しかしながら、少なくとも政界のリーダーは、自国の農業問題を十分に熟知した上で、農業政策や農業開発計画を立案し、実施すべきである。また例えば、道路やダム建設、貿易協定の調印、および“Outside Industry”に対する政府の姿勢方針などもトウモロコシ生産に影響を及ぼす経済的要因としてあげられるので、トウモロコシの“経済”は、極めて複雑であると言わざるを得ない。

#### (4) IACP: (Inter-Asian Corn Program) のトウモロコシ事業

“Inter-Asian Corn Program” (IACP)には、アジアの13諸国が参加しており、これらの諸国のトウモロコシ栽培面積の合計は、アジア総計の85%を占めている。この“Program”は、1964年に組織され、続く3年で2、3カ国からの非公式な支援協力を得るようになったのである。

IACPの目標は、とくに生産性の向上に重点を置いて、トウモロコシ生産増大を阻む障壁を要り除くのを支援することである。

1964年以来、すでに7回目の年一回の研究会がもたれており、このミーティングによって、全参加国のトウモロコシ事業に携わる人々の間に太いコミュニケーションのパイプが通るようになった。また過去数年間で育種素材の交換もさかんになり、ユニフォームな地域ごとの検定試験も実施されるようになった。今日では、13カ国で50区以上の生産力検定試験が行われるようになり、そのうちのベト病の発生している6カ国では、15~20区の“downy mildew nurseries”が圃場観察されている。

この13カ国50区にのぼる生産力検定試験から、育種素材の適応性と適応する生態学的地域性に関する情報が得られるし、一方“downy mildew nurseries”からは、ベト病に対する感応や、抵抗性を示す育種素材及びベト病菌の種類などに関する情報が得られる。

IACPは、その本部で“In-service training”を行い、各国のトウモロコシ事業スタッフの試験研究能力や普及能力の開発に協力している。

また、IACPは“downy mildew”に対するトウモロコシ抵抗性開発事業などのような特別地域試験事業: (special regional research activities)をコーディネートしてきた。

I A C Pの本部スタッフは、病理、昆虫、耕種、育種に関する試験研究に従事しており、試験の成果として開発される技術や育種素材を各国の“National maize Program”に供給している。

## J タイのトウモロコシ事情

トウモロコシは、タイ固有の作物ではなく、この王国にとっては、他の作物に比べると、まだ歴史の新しい作物である。トウモロコシがタイに入ったのは16世紀ポルトガル交易商人によるものと信じられており、長年異情緒をもつ観賞植物として栽培されていた。したがって、第2次世界大戦後、タイ政府が新しい農作物多様化政策を打ち出すまで、トウモロコシは決して重要な農作物とはならなかったのである。しかし過去20年間のトウモロコシ栽培面積と生産高は急速に伸び、1973年には、百万haにトウモロコシが栽培されるようになり、推定生産高は2.3百万トンとなっている。

今日、この国ではトウモロコシは、もっとも重要な畑作物の1つとなっており、その重要性では、長年の主要輸出農産物である米、ゴムに次いで第3位を占めている。タイで生産されるトウモロコシ穀粒の10%以下が、国内で家畜飼料や工業原料として利用され、残りの大半は海外へ輸出される。また大都市周辺では、白色穀粒、黄色ろう質、黄色甘味種など2、3のトウモロコシ品種が野菜として商業的に栽培されており、絹糸抽出期に収穫される未熟のトウモロコシ穂も、最近野菜としてや缶詰用品としての利用度が高くなっている。

### (1) ベト病：(downy mildew) 発生状況

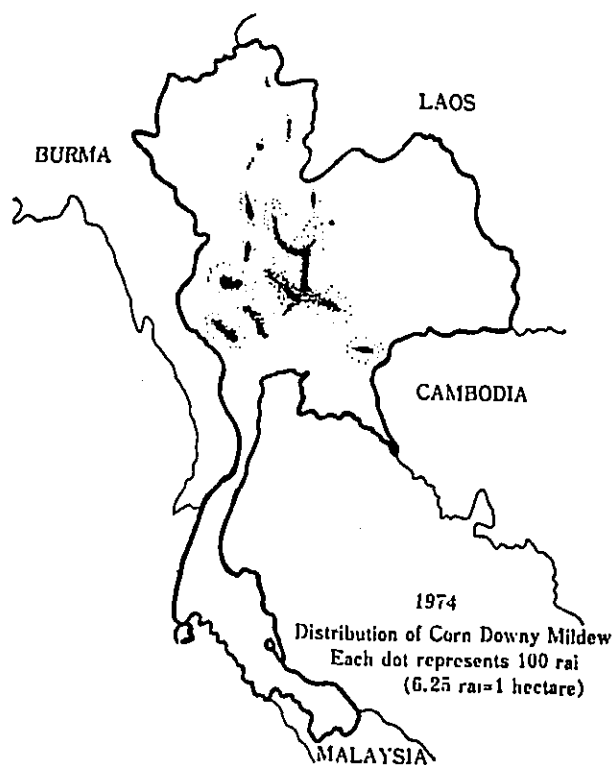
タイでは、約25種類のトウモロコシ病害が発生している。その中でも、現在もっとも破壊的で重要なのは“*Sclerospora sorghi*”菌によるベト病である。この病気は1968年、タイ中央部の“Nakorn sawan”県：(province)の小地域で初めて発見され、その後急速に全国のトウモロコシ主要産地へ蔓延していった。

1974年には、ベト病に感染されたトウモロコシ栽培面積は、100,000haにのぼると推測されている。その蔓延速度と方向からして今後数年間でベト病は、全トウモロコシ栽培面積を汚染するだろうと予測されている。しかし、この病害による収量損失は地域により、環境条件により、さらに品種や感染が起った時のトウモロコシの生育段階などにより、10~100%までの差がある。

タイのトウモロコシ栽培面積は、現在でも年6~9%の割合で拡大しているので、“*Sclerospora sorghi*”による全収量損失を推測することは困難である。ベト病に汚染されている県及び汚染面積は下表のとおりであり、またタイにおけるベト病の発生分布は、次図に示されて

Table. The total of corn planted area, estimated Downy Mildew infected area and infected provinces, Thailand 1974.

Year	Area planted (1,000 hectares)	Area Infected (hectares)	Infected Provinces
1968	670.9	80	Nakorn Sawan
1969	679.7	1,440	Nakorn Sawan, Supanburi, and Sukhothai
1970	828.8	8,000	Nakorn Sawan, Supanburi, Sukhothai, Kampanghet, Loburi, Nakorn Rachasima and Saraburi
1971	1,018.9	19,200	Nakorn Sawan, Supanburi, Sukhothai, Kampanghet, Loburi, Nakorn Rachasima, Saraburi and Petchaboon
1972	997.0	36,800	Nakorn Sawan, Loburi, Saraburi, Petchaboon, Nakorn Rachasima and Singburi
1973	1,088.3	72,000	Nakorn Sawan, Sukhothai, Kampanghet, Loburi, Nakorn Rachasima, Saraburi, Pichit, Singburi, Rachaburi, Samutsongkarn, Petchaboon, Pisanulok, Nakorn Pathom Chaiphum and Bangkok
1974	1,120.0	102,400	Nakorn Sawan, Supanburi, Sukhothai, Kampanghet, Loburi, Nakorn Rachasima, Saraburi, Pichit, Kanchanaburi, Chainat, Uthaithani, Prachinburi, Angthong, Singburi, Rachaburi, Petchaboon, Pisanulok, Lei, Prae, Nan, Chiengrai and Khonkhaen.



いるとおりである。

その他のトウモロコシ・ベト病として、“brown strips”(Sclerospora rayssiae var. zeae)や、“philippine downy mildew”:(Sclerospora philippinensis)の発生も知られているが、その被害は“Sorghum downy mildew”:(Sclerospora sorghi)に比べると少ない。

## (2) 病害防除

この国のトウモロコシ産業が今や、ベト病のため、重大な危機にさらされていることが明らかになったので、この病原菌の急速な蔓延をくい止めるため、種々の方策がとられている。1968年より、この問題と取り組むべく“Department of Agriculture”と“Department of Agricultural Extension”、“Kasetsart University”及びロックフェラー財団との共同戦線:(Cooperative effort)がしかれた。その主な活動は次のとおりである。

### (1) 普及事業と種子生産

農家圃場レベルでの、それぞれちがったベト病防除方法に関するインフォメーションが普及員や、農民に広範に配布伝達されており、普及員やトウモロコシ栽培地域の指導的立場にある農民に対して定期的な短期講習会も開かれている。ベト病の病徴が2、3のイラストレーションを使って、わかりやすく説明され、農民はできるだけ早い時期に播種することがすすめられており、もし可能ならば、近隣の農家と日を決めて、一勢に播種することが説得されている。植付遅延や、汚染圃場付近での植付は禁止されている。播種前に予め、全ての“Volunteer corn plant”は除去し、とくにベト病の発生が比較的新しい地域では、圃場に少数の罹病株が発現したら、唯ちに抜根して焼き捨てることが奨励されている。植付けられる種子は、病原菌の伝染を防ぐため、十分に乾燥されなくてはならない。したがって、ある地域で収穫されたばかりの水分含量の高い種子をそのまま、別のある地域に運搬して植付けるような通俗化してしまった種子調達方法は、半強制的に止めさせなければならない。また、以前には利用不可能であった抵抗性品種の植付を農民に奨励している。

すでに受け入れられているように、ベト病のもっとも合理的、効果的防除手段は抵抗性品種の植付である。したがって1968年以来、この共同戦線の育種家と病理家は適応性に優れ、高収量性の抵抗性品種の育成に努力している。しかしながら、とりあえず各地に広がる汚染地域の植付けに、間に合わせの抵抗性品種が必要であったから、フィリピン、台湾、インド

ネシア、インドなど近隣諸国の経験や情報及び1969年に始められた“International Downy Mildew Nursery”の結果を基にして、2、3の抵抗性品種が導入され増殖された。1972年に政府より特別基金の供出があり、“Bogor synthetic #2”、“Tainan DMR Composite #10”の種子200トンが採種されて、べト病抵抗性奨励品種として初めて農民に配布された。1974年には、“Bogor synthetic #2”とタイ国内で育成された“Thai DMR #6”品種だけが合計200トン生産されて農民に配布された。抵抗性品種利用の問題点は、栽培条件の異なる地域に植付けられた場合、その抵抗性の度合が頼りなくなったり、種子供給量が不十分であるということである。

#### (ロ) 調査及び試験研究活動

トウモロコシ栽培地域の病害虫発生状況を知るための圃場調査が1968年以来定期的を実施されており、“Department of Agriculure”とKasetsart大学合同調査員が、トウモロコシ生育期間中、頻りに各県を視察している。この圃場調査で蓄積されたインフォメーションは、効果的な防除方法の設定のみならず、試験研究事業の立案計画にも有効である。

“Department of Agriculure”、“Kasetsart 大学”、ロックフェラー財団の3者協力によって成り立っている“Thailand National Corn Program”の試験調査研究は抵抗性品種の育成と、病原菌の生物学に集中している。1969年に始められた“International Downy Mildew Nursery”も現在まで続けられており、各国からの抵抗性自殖系統や、抵抗性品種、混合品種、その他の育種素材が導入されて、検定試験がなされている。激しいべト病発生条件下で、数百にのぼるタイ国内の在来種や品種がべト病抵抗性について検定評価され、そうして選抜された抵抗性の自殖系統や品種が高収量品種などと交配され“Siline selection”、“full-sib selection”、集団選抜、戻し交配法、品種間交配、自殖系統品種間、自殖系統品種内選抜など種々の育種方法により、新しいべト病抵抗性品種の育成がなされつつある。

現在、すでに抵抗性検定試験をパスしたいくらかの有望な合成品種や混合品種が開発されているので、まもなく栽培品種として農民に普及されるようになるだろう。

べト病抵抗性の遺伝に関する研究も実施されてきて、その試験研究データから“*Sclerospora sorghi*”菌によるべト病に対する抵抗性の場合、多数の遺伝子が関与していることがわかっている。また、この病原菌の“oversousoning”に関する試験研究もつづけており、自然状態でトウモロコシの組織や、土壌サンプル中にこの病原菌の卵胞子が見つかった例はなかったが、しかし最近の発見によると、べト病にとって、卵胞子が“oversousoning”の手段となっているという可能性が強くなってきている。

今まで多くのイネ科作物が宿主植物としての正否を確かめるために試験研究されてきたが、ソルガム：*(Sorghum bicolor)*とテオシント(*Euchlaena Mexicana*)以外は、ベト病の宿主植物としての確証は得られなかった。またベト病の種子伝染に関する研究からもこの病原菌は水分含量の高い穀粒に付着して伝染する可能性が強くなっている。

“*Sclerospora sorghi*”の分生胞子の発育に影響を及ぼす要素として、光、土壌水分、温度、湿度、分生胞子の成熟度合：*(Conidial maturity)*と濃度：*(Conidial Concentration)*、接種源密度：*(inoculum density)*、接種時間、トウモロコシ植物体の生育段階などについても試験研究が行われた。これらの試験研究で得られた成果は、人為的な病原菌の接種技術や、環境調節された温室におけるトウモロコシ若実苗のベト病抵抗性選抜に実用されてきた。

ベト病の化学的防除についても、多くの試験がなされてきたが、激しいベト病発生条件下は、経済的な防除はなされなかった。

### (3) 将来の展望

現在、タイにおいては、ベト病は比較的新しいトウモロコシ病害であるが、その危害は急速に増大している。過去5年間で、この病害について多くの試験研究がなされて多くの発見がなされてきたが、まだその病原菌については詳しくは知られておらず、多くの問題が未解決のままに残っている。もっとも緊急を要することは、とりあえずはより優秀な抵抗性品種の開発育成である。抵抗性品種が開発されたならば、すぐに種子の増殖採種がなされ、できるだけ広範囲に配布されなければならない。さらに育種事業は増々強化され、育種家や病理家、アグロノミストの強力なチーム・ワークを組んでいかなければならないし、宿主植物(トウモロコシ)の真の抵抗性を検定するためにも、もっと信頼性があり、一度に多量の育種素材の選抜ができるよう簡単で効果的な方法が開発されなくてはならない。

世界各国から、抵抗性育種素材をとりよせなければならないし、アジアの友好国間で情報や育種素材の交換も必要であり、先進国からの技術及び資金協力も歓迎されなければならない。

## K フィリピンのトウモロコシ事情

フィリピンでは、トウモロコシはもっとも重要な国民基本食糧の1つであり、農業資源の利用度からすると、稲に次いで第2位を占めている。フィリピンでは、トウモロコシは、人間の食生活に直接利用されるだけでなく、家畜飼料工業原料としても利用されている。

次表から読みとれるように、1968年から1974年にかけての年間トウモロコシ植付面積は

2,247,860 ha から 2,827,650 ha と変動し、同様に年間生産高も 1,619,153 トンから 2,104,728 トン、ヘクタール当りの平均収量も 0.7203 トンから 0.8381 トンと変動している。なお、地域別トウモロコシ栽培面積、生産高、平均収量も次表に示されるとおりである。

Table 1. Corn (shelled) production, area and yield, Philippines, 1968-1974\*

Year	Production (metric tons)	Area (hectare)	Yield/hectare (metric ton)
1968	1,619,153	2,247,860	0.7203
1969	1,732,634	2,256,140	0.7681
1970	2,008,213	2,419,600	0.8300
1971	2,004,975	2,392,200	0.8381
1972	2,012,607	2,431,700	0.8277
1973	1,831,130	2,325,410	0.7874
1974	2,104,728	2,827,650	0.8265

\* Source: Bureau of Agricultural Economics, Department of Agriculture.

Table 2. Corn area (ha), by region, 1968-1974 in the Philippines\*

Region	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Philippines	2,247,860	2,256,140	2,419,600	2,392,200	2,431,700	2,316,410	2,827,650
Ilocos	15,060	17,310	20,860	21,600	19,770	13,560	70,450
Cagayan Valley	133,520	157,130	201,090	238,500	268,330	279,470	328,950
Central Luzon	58,450	31,200	79,260	82,300	91,220	76,850	62,490
Southern Tagalog	117,790	127,440	161,420	164,500	164,040	193,560	272,760
Bicol	95,980	97,230	101,540	99,400	120,270	134,190	158,910
Eastern Visayas	402,590	308,960	333,230	324,600	93,940	104,130	125,680
Central Visayas	—	—	—	—	355,320	345,730	396,450
Western Visayas	271,540	293,820	303,990	301,700	145,960	152,200	162,920
Western Mindanao	—	—	—	—	259,610	190,750	214,260
Northern Mindanao	253,340	264,030	260,700	262,700	265,140	243,200	288,910
Southern Mindanao	899,590	909,020	957,510	896,900	648,100	576,770	745,870
% Annual Increase (decrease)	—	0.36	7.24	-1.14	1.65	-4.38	21.59

\* Source: Bureau of Agricultural Economics, Department of Agriculture.

Table 3. Corn production in tons by region, 1968-1974 in the Philippines\*

Region	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Philippines	1,619,153	1,732,634	2,008,213	2,004,975	1,982,606	1,831,130	2,104,728
Ilocos	8,584	8,692	10,174	10,716	11,631	9,262	4,204
Cagayan Valley	117,067	119,614	200,936	224,010	252,983	216,326	300,168
Central Luzon	36,429	38,931	41,696	48,621	67,471	50,696	49,767
Southern Tagalog	72,213	95,218	149,636	161,937	133,870	188,921	226,621
Bicol	71,569	65,320	67,568	70,680	70,513	79,424	99,191
Eastern Visayas	203,634	166,765	181,796	179,550	74,151	78,609	99,038
Central Visayas	—	—	—	—	180,935	174,574	221,194
Western Visayas	156,248	178,763	191,617	209,703	53,254	85,283	107,981
Western Mindanao	—	—	—	—	149,750	108,676	118,851
Northern Mindanao	177,623	172,317	170,607	159,714	179,390	148,137	173,633
Southern Mindanao	775,736	887,205	993,909	940,044	808,625	691,222	903,171
% Annual Increase (decrease)	—	7.02	15.89	-0.17	0.38	-9.02	27.87

\* Source: Bureau of Agricultural Economics, Department of Agriculture.

Table 4. Corn yield in tons per hectare, by region, 1968-1974 in the Philippines\*

Region	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Philippines	0.7203	0.7681	0.8309	0.8381	0.8272	0.7874	0.8270
Ilocos	0.5700	0.5022	0.4878	0.4961	0.5885	0.4735	0.5985
Cagayan Valley	0.8768	0.7612	0.9992	0.9382	0.9428	0.7741	0.9120
Central Luzon	0.6232	0.4794	0.5295	0.5908	0.7397	0.6597	0.7980
Southern Tagalog	0.6131	0.7472	0.9270	0.9844	0.8161	0.9760	0.8322
Bicol	0.7457	0.6719	0.6654	0.7111	0.5865	0.5919	0.6270
Eastern Visayas	0.5059	0.5398	0.5456	0.5531	0.7893	0.7549	0.7866
Central Visayas	—	—	—	—	0.5092	0.5049	0.5586
Western Visayas	0.5754	0.6084	0.6303	0.6951	0.5704	0.5603	0.6612
Western Mindanao	—	—	—	—	0.5766	0.5697	0.5529
Northern Mindanao	0.7011	0.6526	0.6544	0.6080	0.6766	0.6091	0.5985
Southern Mindanao	0.8628	0.9760	1.0389	1.0481	1.2477	1.1948	1.2084
% Annual Increase (decrease)	0	6.64	8.06	0.98	-1.23	-4.87	5.02

\* Source: Bureau of Agricultural Economics, Department of Agriculture.

(1) ベト病の重要性

“*Sclerospora philippinensis* Weston” 菌によって発現するベト病のフィリピンのトウモロコシ生産における重要性は、この病害による大きな収量損失を見ても明らかである。農家圃場でのこの病害による収量損失は15~40%が普通であるが、場合によっては、ほとんど収量のない80~95%にも達している。ロス・バーニョスのフィリピン大学でも、試験研究から、ベト病による収量損失は、ベト病の発生度合に正比例していることが明らかになっている。例えば、1971年の雨季に“philippine Hybrid 801”は、ベト病に対して、17%、23%、94%、100%の感染を示したが、その場合それぞれの収量損失は、27%、30%、90%、100%であった。また1972年の乾季に“UPCA Var.3”は24%、40%、58%、75%の感染を示したが、それによる収量損失はそれぞれ9%、26%、46%、75%であった。ベト病防除手段としては、現在のところ、抵抗性品種の植付、罹病株の抜根焼捨て、接種源：(inoculum)が存在しないか、もしくは最少限状態で存在している時季を見はからって播種すること、限られた範囲で“Duter/Dithane M-45”などの農薬を撒布することなどがあげられる。

(2) トウモロコシ育種事業

フィリピン大学農学部のとウモロコシ育種事業は、高収量の品種、合成品種、混成品種の育成を目的にして、1964年に再編成され、再スタートしている。自殖系統品種から雑種トウモロコシを作出する事業は、フィリピンでは、採種や配布の面で問題があり、成果が上がらな



った。したがって、それ以後のトウモロコシ事業は $S_1$ 後代選抜： $(S_1 \text{ progeny selection})$ と集団選抜： $(\text{mass selection})$ の集団育種： $(\text{Population improvement})$ による。

“*Sclerospora philippinensis*”に抵抗性をもった品種や合成品種の開発育成に努力を集中させてきている。このような育種方法により、“Phil. DMR1”： $(\text{MIT Var.2} \times \text{Cuba Gpo.1})$ 、“Phil. OMR2”： $(\text{College white} \times \text{Tuxpeño})$ 、“Phil. DMR3”： $(\text{MIT Var.2} \times \text{Flint Comp Amar.})$ 、“Phil. DMR4”： $(\text{MIT Var.2} \times \text{Flint Comp. Amar.})$ 、“Phil. DMR5”： $(\text{MIT Var.2} \times \text{Cupurico})$ 、“Phil. DMR6”： $(\text{Eto Blanco} \times \text{Aroman white Flint})$ の6種類の“Philippine Downy Mildew Resistant”： $(\text{Phil. DMR})$ 品種が育成されてきた。この場合、“Phil. DMP1”と“Phil. DMR2”の1、2は奇数の場合は黄色穀粒を意味し、偶数は白色穀粒を意味する。

これらの品種は、インドネシア、インド、フィリピン、タイにおいて、収量とべト病感染度合について検定試験された。その結果、平均感染度合については“Phil. DMR5”の3.7%を筆頭に、“Phil. DMR3”の4.2%、“Phil. DMR6”の6.3%、“Phil. DMR2”の6.4%、“Phil. DMR4”の6.7%、“Phil. DMR1”の6.9%となっており、ヘクタール当りの平均収量については、“Phil. DMR4”の3,740 kgを筆頭に、“Phil. DMR3”の3,509 kg、“Phil. DMR2”の3,501 kg、“Phil. DMR6”の3,370 kg、“Phil. DMR5”の3,130 kg、“Phil. DMR1”の2,800 kgという結果が得られている。

べト病と“borer”に抵抗性をもった高収量早生品種の開発育成をめざしたトウモロコシ育種事業が進行中であり、フィリピン大学農学部で開発された晩生品種と早生品種の交配種の合計15種の後代品種： $(\text{Advanced generation})$ が、1972年の雨季及び1973年にかけての乾季に、各地場所を変えて、生産力： $(\text{yield performance})$ 、その他の農学的特性について試験検定された。その結果、15種のうち10種の交配後代種が比較品種の“*Aroman White Flint*”より、穀粒生産が優れていることがわかった。もっとも高い収量をあげたのは“*Tuxpantigua*  $\times$  ph 9 DMR”と“*Cuba Gpo.1*  $\times$  *Cupurico*”の早生選抜種で、平均収量はそれぞれ81.3カバン/ha、80.3カバン/haであった。この2品種はそろって52日で絹糸抽出したが、一方比較品種である“*Aroman white Flint*”は、48日で絹糸を抽出させ、平均収量は60.3カバン/haであった。

高収量品種、早生品種及びべト病“borer”抵抗性集団間で、いくらかの“*Plant to plant cross*”も行われており、その交配種は各地に散在する試験場で一穂一畦法で植付けられて、農学的特性とべト病“borer”抵抗性が検定されている。

(3) Downy Mildew Action Program : ( 対ベト病行動計画 )

フィリピンのトウモロコシ生産の中で、ベト病の重要性が認知され、優れた農学的特性と穀粒品質をもつ高収量ベト病抵抗性品種の開発、ベト病の経済的に有効な化学的防除法の開発、それに効率的、実際の栽培様式の開発という目的をもって、1971年7月に“downy mildew Action program”が発足した。その“Program”の実施戦略は、簡単に述べると、トウモロコシ品種改良、殺菌剤の選択、栽培管理技術や、採種及び配布上の改善である。

(4) Intensified Corn Production Program

奨励されたトウモロコシ生産技術パッケージの農家採用を推進加速化するために、フィリピン大学に監督指導される“Intensified Corn Production Program”が発足し、これは、“Bureau of Plant Industry”と“Bureau of Agricultural Extension”とをコーディネートしながら、次のような事業を運営する。

- (イ) 実用化段階になった品種や肥料試験を直接農家圃場で行なって、奨励品種や施肥基準の適応性を農民に展示する。
- (ロ) 奨励品種を協力農家に植付生産するよう説得させ、よって生産された種子が周辺の農家から農家へと伝搬されるようにして、穀粒生産用奨励品種が全地域にわたって配布され実用できるようにする。これらの協力農家は、その地域のトウモロコシ栽培技術員や、種子検査官の指示に従って、奨励品種の生産にあたることになる。
- (ハ) フィリピン大学や地域研修センターで最新のトウモロコシ栽培技術について研修を実施し、トウモロコシ栽培訓練指導員を養成する。研修を終えた指導員たちは、その後、任務地域のトウモロコシ生産を監督指導したり、トウモロコシ栽培農家に技術訓練を施したりするようになる。
- (ニ) 改良品種や改善された生産技術の普及のため、ニュース・レターやパンフレット、小冊子、およびポスターなどを連続的に用意し、これらの技術指導員やリーダー格の農家に配布する。またトウモロコシ栽培のさかんな地域を中心に23のラジオ放送局が定期的にトウモロコシ栽培技術パッケージについて情報を流す。
- (ホ) “Philippine National Bank”、“Rural Bank”、“Agricultural Credit Administration”の農業投融资専門家の審査をパスした後、トウモロコシ栽培農家は、これらの銀行から、融資やローンを受けることができるようになる。この場合、ローンは、農家自身とトウモロコシ栽培技術指導員によって作成された“Farm Plan and Budget”を銀行に提出し、認可された農家のみがローンを受けることができるようになっている。こ

のトウモロコシ生産ローンは、ヘクタール当り 500 ペソ、生産資機材投資に 350 ペソ、労賃として 150 ペソまでと上限が決められている。

- (v) 価格支持とマーケティング、政府は脱粒された水分含量 15% のトウモロコシ穀粒の最低価格を 1 Kg 当り 0.65 ペソ、もしくは、収穫時点での穂についたままのトウモロコシの最低価格を 1 Kg 当り 0.35 ペソとした。

(5) “Masaganang Maisan”

フィリピン国内の、トウモロコシを食べる人口の増加、工業原料としてのトウモロコシ利用の増大、それに発展しつつある養鶏や畜産業からくるトウモロコシ需要の増大は、白色穀粒トウモロコシと、飼料穀物の均整のとれた増産計画及び国家的な振興事業の発足を促し、また現在まで、飼料穀物の国内供給が、決して国内需要を満たすことがなかったことも拍車となって、フィリピン政府は 1974 年 3 月 7 日、フィリピン大学に呼称 “Masaganang Maisan” という大々的な白色穀粒トウモロコシ及び飼料穀物増産事業を発足させた。

この事業の目的は、国民食糧としての白色穀粒トウモロコシの国内需要を満たすこと、養鶏や畜産業からの需要に応じきれだけの十分な輸出用トウモロコシを生産すること。合弁企業の設立を促進し、外国資本と組んだ多国間飼料穀物生産プロジェクトを推進させることである。“Masaganang Maisan” は、小農民によるトウモロコシ栽培、商業的もしくは総合的プランテーション式のトウモロコシ栽培及び何十万カ所におよぶ政府、または民間の未耕地を飼料穀物プランテーションにする大規模なプロジェクト式のものまで、3 部門による生産モデルを考慮している。

“Masaganang Maisan” の事業実施上の戦略は次のとおりである。

- (i) 優先的に 42 県を含む、主要トウモロコシ産地と、主要消費地で、トウモロコシ生産を集中的に行う。
- (ii) 監督指導スキームのもとに、農家への融資を増進させる。農家への融資は、“Rural Bank”、“Philippine National Bank”、“Agricultural Credit Administration”、“Development Bank of the Philippines” で調整される。
- (iii) 肥料、農薬、その他の生産資機材のトウモロコシ栽培地域への供給と配布システムを整備する。
- (iv) 地方公務員の参加のもとに、県単位や郡単位の “Action Committee” や “Action Team” をつくる。
- (v) 県単位で改良品種の種子生産、配布を行い種子生産センターを設立する。

- (v) “Masaganang Maisan” の全国運営委員会：(national management Comittee) をつくる。
- (vi) 白色穀粒トウモロコシと、飼料穀物のマーケティングと価格支持を図る。
- (vii) 雇用機会を増し、経験の少ない技術員を訓練する。
- (viii) “Development Bank of Philippines” を通じて、穀物乾燥、脱穀業者やその他の農業資機材業者への融資をはかる。

## L フランス語圏西アフリカ諸国のトウモロコシ事情

アフリカのフランス語圏内諸国のトウモロコシ栽培面積は、各国ごとに、大きな差異が見られ、例えば、ダホメーのトウモロコシ栽培面積は2期作付面積合計で360,000ha、象牙海岸が270,000ha、トーゴが2期作合計で200,000ha、カメルーンが200,000ha、“Upper Volta”が160,000ha、マダガスカルが100,000ha、セネガルが86,000ha、マリが70,000ha、ニジェールが4,000haとなっている。これらの諸国のトウモロコシ栽培面積の合計1.45百万haは、1970年のフランスの全トウモロコシ栽培面積1.6百万haより幾分少ない。これらの大半の国々が年間2回の雨季をもつ赤道地帯に位置し、西アフリカでの年雨量は1,200から1,500mmぐらいである。年間1回だけの雨季をもつ熱帯地域でのトウモロコシ栽培はあまり振わず、その地域では、ソルガム、ミレットが主要作物となっている。この地域の年雨量は、300mmから1,200mmである。

サハラ地方では、トウモロコシは栽培されていない、年雨量は700mm以下である。

### (1) トウモロコシの種類

かなり長期におよぶ雨季をもった熱帯地域で栽培されるトウモロコシの種類は黄色フリント種である。しかし生育期間は品種により地域により、まちまちであるが、一般的に言って5月下旬に植付られて9月下旬に収穫されるので4～5カ月を要する。北部に向うに従い、雨季の期間が短くなるので、生育期間は短くなる。

この地域の熱帯トウモロコシの衛生状態は良好で、一般に地下につくられる粗末な穀物倉庫に、穂苞のついたまま納入される貯蔵方法は、一見問題となっているようであるが、特別な注意が払われなくても、ほとんど問題となっていない。

一方、年2回の雨季をもつ赤道地帯に栽培されるトウモロコシの種類は、一般に白色軟粉質トウモロコシが多い。年2回の雨季のうち、1回は極めて短期間であるため、周辺の熱帯地方

における生育期間よりも短かく、例えば、ダホメー南部地域では、生育期間は100日を越えることはめったにない。

この赤道地帯の気候条件は病虫害、とくにサビ病と“Stem borer”、“our worm”及び、貯蔵害虫のコクゾウ虫の発生に好適であり、栽培種が軟粉質トウモロコシであるため、コクゾウ虫による被害は大きい。

熱帯地方や赤道地帯にかかわらず、高地のトウモロコシは、生育期間が4～5カ月であるため特別な注目を浴びている。

## (2) トウモロコシの利用

一般的に、アフリカでは、トウモロコシは、焼き餅トウモロコシ又はトウモロコシがゆとして、直接人々の食用に供されている。もちろんその他のトウモロコシ料理法も存在する。ダホメー南部地域の“Akassa”は、セミ・フリント種、又はセミ・軟粉質トウモロコシの、ろ過されたデンプン混濁液からできるトウモロコシ醱酵がゆである。ろ過された“Akassa”の残りかすは、家畜飼料として利用されており、地域によっては、トウモロコシはアルコール原料となっている。

## (3) トウモロコシ生産の制限要因

西アフリカ諸国でのトウモロコシ生産を制限する要素としては、気候的なもの、土壌学的なもの、経済学的なもの、及びその他の要素がある。

(イ) 気候：年降水量の分布がトウモロコシ栽培に適せず、植付後15日から21日に及ぶ早魃にみまわれることは珍らしくなく、このような早魃は、雨季の期間は短いけれども、降水量分布がよい乾燥熱帯地域においてよりも、雨季が5カ月もつづく比較的湿潤熱帯地域においてむしろ多く見られる。

年2回の雨季のある赤道地帯でも、年降水量1,100mmが、2回の雨季にわたって降るようなダホメー南部地域では、年総雨量もトウモロコシ栽培にとっては不十分であると思われる。また赤道地帯の沿海地方では、不十分な日照も制限要因の1つになっている。

(ロ) 土壌：アフリカの土壌は、一般に肥料分の土壌へを還元を怠っているため、土壌の有機物含量が減っており、窒素分の欠乏しているのが普通である。気温の高いことも土壌中における有機質成分の欠乏に役立っている。また、“southern Volta”の石炭酸に富んだ土壌のように、窒素分ではなくて、リン酸成分が制限要因となっているところもあり、ダホメー、

マダガスカル粘土質土壌のように、加里欠乏の見られるところもある。

- (イ) 経済：もっとも大きな経済的制限要因は、肥料価格が高いことで、これは輸送費が高くつくことによって起きている。高価な肥料と、収穫時の低いトウモロコシ価格は、たとえ肥料を使ってよい結果（収量）が得られても、ペイしないため、肥料の使用をほとんど収益につながらないものになっている。
- (ロ) 品種：アフリカのトウモロコシは、極めてヘテロ性に富んだトウモロコシ集団であるため、概して、稈長に比べて穂の位置が高かったりして、形態的に望ましくない草型のものが多く、倒伏しやすい原因となっている。またこれらのトウモロコシ集団の大半が病害に感染しやすく、とくに“southern maize rust”：(P. polysora) に罹病性であり、軟粉質の穀粒をもったトウモロコシは、貯蔵中の貯穀害虫である“Rice weevil”の食害を受けやすい。

### (3) トウモロコシ収量を増大するための方策

今後、西アフリカ諸国において、トウモロコシの増産をすすめていく場合、年雨量のように人為的に変えられない気候要素を頼りにすることは不可能である。理論的には、不規則で乱調な降雨分布は、補足的な灌漑で克服できるはずであるが、トウモロコシ価格の低さ、及びその他の経済的要素を考えた場合、そのような灌漑によるトウモロコシ栽培試験事業も事実上不可能となっている。したがって、収量増大をはかる方策としては、肥料の利用と品種改良に重点が置かれている。

化学肥料の使用はほとんど例外なく、収量を増加させているが、前述のように、この収量増加は必ずしも収益増加につながっていないのである。もっと成分濃度の高い肥料の利用と、トウモロコシとの輪作物として、工芸作物を導入することによって、この問題を解決できると見ている。この高濃度の肥料は、結局農家に少量の肥料を購入させることになり、輸送費の節約にもつながるし、肥料価格の低下に貢献するはずである。例えば尿素、硫安、過リン酸石灰の施肥をやめて、他の肥料を使うと、硫黄欠乏をもたらすと考えられるが、もしその欠乏症状が発現したら、肥料を配合する時に硫黄を混入すればこの問題も解決するであろう。

トウモロコシとその他の工芸作物の輪作を考えると、肥料の使用は、もっと収益性につながる可能性がある。例えば棉花は、トウモロコシとの輪作物として適当な工芸作物であると認められており、この場合、肥料は棉花栽培だけに利用され、棉花の後にトウモロコシを作付して、リン酸、加里の残留成分の有効利用をはかるやり方が賢明と思われる。

西アフリカ諸国におけるトウモロコシ品種改良の問題は、当時の大半のトウモロコシが“Southern maize Rust”：(P. polysora)に罹病性であった1951年以来、重要になってきている。この地域では、“Southern maize Rust”はトウモロコシ生産の大きな制限要因となっており、それはダホメーと象牙海岸においてとくに顕著である。

ダホメーと象牙海岸でのトウモロコシ品種改良事業は、今まで Sear 111, Niaouli 6, Niaouli 7, Agbo 5, Agbo 6, MTS, CJB, CBBなど、上記のサビ病に耐性、抵抗性をもち高収量性の改良品種を育成してきた。これらの改良品種は、“S<sub>1</sub> selection”：(自殖一代選抜)、品種間交配、混合品種内の選抜、一穂一畦選抜：(ear-to-row selection)など、それぞれ異なった育種方法で育成されたものである。

ダホメー、象牙海岸、セネガル、“Upper Volta”、カメルーン、マダガスカルの“National Programs”は、主に、単交雑又は複交雑品種よりも、むしろ“Complex hybrid formulae”の中での雑種強勢の利用に努力している。これは、各国内のインフラストラクチャーが、高度な種子生産事業を実施できるほど十分に整備されていないためである。

CIMMYT、中央アメリカ、米國、イスラエル、南アフリカ連邦から導入された数種のトウモロコシ素材は、短稈性、穂位置の高さ、サビ病抵抗性、早性、高収量性などの試験研究に使用されてきたし、現在でもいくらかの“National Programs”で利用されている。

また“Opaque-2”、“brachytic-2”及びその他の突然変異遺伝子も、いくらかの改良品種の高タンパク品質トウモロコシ、短稈トウモロコシへの転化のために利用されてきた。

## M ケニアのトウモロコシ事情

### (1) トウモロコシの重要性

ケニアのトウモロコシの年間栽培面積は約百万 ha あり、他のいかなる作物の栽培面積よりも大きい。トウモロコシの重要性は、それを生計作物として栽培する12百万人の大半の人々の主要食物となっていることからきている。

ケニアのトウモロコシ平均収量は1,600 Kg/haで、74百万米ドルに相当する年間1.6百万トンのトウモロコシを生産している。これは、トウモロコシがケニアでも、もっとも重要な作物であることを証明している。

トウモロコシは、現在ケニアでも人々の主要作物となっているが、この国におけるトウモロコシ栽培の歴史は、わずか70年である。過去40年間を通して、トウモロコシは、当時まで食用

作物として伝統的に栽培されてきた在来のソルガムやミレットに替って大々的に栽培されるようになったのである。

## (2) トウモロコシの種類

ケニアで栽培されるトウモロコシの主な種類は“Flat White”で、これは今世紀初頭、南アフリカから導入された白色穀粒トウモロコシが、ケニアで在来種化したものである。一方、南アフリカは、これらの白色穀粒トウモロコシを米国南部から持ち込み、米国はメキシコからそれを導入した。今日では、この“Kenya Flat White”は、メキシコ在来種のTuxpeño系統に近いものであることが知られている。あまり重要ではないが、その他のトウモロコシの種類としては、次のようなものがある。

“local yellow”：カリブ海沿岸地域原産のフリント種で“Kenya Flat White”と同じルートでケニアに導入されたものである。

“Cuzeo”：海拔2,500 m以上の高地だけに見られる軟粉質大粒トウモロコシで、第1次世界大戦前に、伝道事業家によって導入されたものである。

“Coast Maize”：フリント種で現在でもケニア海岸地域で栽培されており、1,700年代にポルトガル探検家によってもちこまれたと信じられている。

## (3) トウモロコシの利用

ケニアのトウモロコシ生産高には、かなりの変動が見られる。全トウモロコシ生産高の90%以上が、収穫量のはんのわずかしか売りに出さない小農民や自活そこそこの貧しい農民によって生産され、残り10%が企業的大規模農家によって生産され、その大半が市場へ売りに出される。大規模農家の収量は、小農民のそれほど変動が激しくなく、天候に恵まれた年には、自活そこそこの小農民でも自家消費以上のトウモロコシ生産をあげることができるが、天候に恵まれなかった年には、自家消費量に満たない状態である。したがって、ケニアのトウモロコシ生産高の90%を占める小農民による生産高の変動をわずか10%の企業的大規模農家の生産高で補整することは不可能である。

## (4) 小農民によって生産されるトウモロコシ

小農民によって生産されるトウモロコシは、大半が農家で消費され、市場に出回ることはない。



トウモロコシの調理法は一般に簡単である。これは、この国ではトウモロコシはまだ栽培歴史の浅い作物だからであろう。調理法によっては、ミレットやソルガムと一緒に混入利用される。一般的に広く普及している調理法では、まずトウモロコシ穀粒が製粉されて“posho”と呼ばれるトウモロコシ粉となり、これを沸騰水で煮つめると“ugali”と呼ばれる厚手のパンができる。その他の調理法としては、トウモロコシを穂のまま煮つめて食用にしたり、豆類や野菜、肉類を混入したものがある。また“Njengu”は粗ひきトウモロコシを米の調理法と同じやり方で料理されたものである。

(5) 企業的大規模農家によって生産されるトウモロコシ

大規模農家によって生産される大半のトウモロコシや、小農民からの余剰分のトウモロコシは、政府流通機関である“Maize and Produce Marketing Board”を通じて市販される。この政府機関は、通常、家畜飼料や海外輸出のため、製粉業者へ売り渡す。このカテゴリーで利用されるトウモロコシ総量は、その年の生産高と供給と需要の関係によって変動している。

豊年の時には、この“Maize and Produce Marketing Board”は、国内消費量を超過する大量のトウモロコシをかかえ、過去においては、このような超過分は安価で海外に輸出されていたし、国内のトウモロコシ市販価格も暴落することがしばしばあった。よって、このことはその翌年の企業的大規模農家のトウモロコシ作付面積節減の誘因となり、その年相憎く悪天候にみまわれると、トウモロコシ生産は国内需要も満たすこともできず、海外から高価なトウモロコシを輸入しなければならなくなることがしばしばあった。こういうことを2度とくり返さないために、またトウモロコシ生産高を増大させるために、まずトウモロコシ価格を上げるべきである。

(6) トウモロコシ生産の制限要因

- (イ) トウモロコシ生産推進の新しい政府方針を農家に浸透させるためには、まず高くついている間接費を節減し、時に直面する過剰生産問題に対処するために、既存のトウモロコシ取扱い、輸送、システムを注視し、改善する必要がある。
- (ロ) 農家への農業改良普及事業と、穀粒品質管理と貯蔵のための技術指導を強化する必要がある。
- (ハ) 主要な農家投入品である種子、肥料、農薬などの効率的配布がなされていない。
- (ニ) 農民に利用できるような農業融資を行う銀行がほとんどない。その上、1～2 haの畑し

かもたない多数の農民にとって、銀行からの借金をうまく使って、投資→生産→再投資までもっていくことは、困難な“技”である。

(6) 窒素肥料、農業機械、燃料などの農家資機材が極めて高価であることも、主要な制限要因となっている。

ケニアでは、トウモロコシは、今日まで約70年間栽培されてきているが、トウモロコシの育種事業は、1955年頃まで行われることはなかった。この1955年以降、品種改良や栽培管理の改善、普及事業がさかんに行われるようになった。

育種事業は、生態学的にそれぞれ異なる条件をもった各地域に適応した品種を育成することがもっとも重要である。農民はいつでも彼らの生活環境に適応したものを要求し、例えば、栽培品種としてそれを受入れる前に、果してそれが既存の品種より優秀であるかどうかをはっきりと見とどけるものである。優良品種は、耕種（栽培管理技術）水準の向上によって効果的に栽培されうるものであるから、育種事業は高収量品種の育成に努力している。

ケニアのトウモロコシ収量は、まだ同情的なぐらい低く、これは栽培の方法と管理のまずさに起因している場合が多い。よって育種事業を補佐する意味で、農学的試験研究も大切である。

次に高収量品種が育成されたならば、唯ちにその品種の種子が増殖採種されなければならない。今日まで、多くの作物品種が育成されてきたが、機能的に組織された採種及び配布事業が後に続かなかつたため、高品質の種子を供給することはなかった。優良品種がそれが育成された試験場に眠っていては、せつかくの試験研究も無益となる。そういう背景のもとに“Kenya Seed Company”が設立され、採種、種子の供給、配布の面で重要な役割を果たしている。

品種改良及び農学的試験研究で得られた成果を実際に農家に適用させるために、普及事業も強化されなければならない。また農民は、トウモロコシ収量だけでなく、生産物を持って手に入る金額に興味をもっているのであるから、農家の生産意欲をそぐような生産者価格であってはならない。

## (7) National and Cooperative Research Programs

### (1) Applied Maize Breeding

1955年に、ケニアで最初の植物育種である“M.H.Harrison”が“Kitale Research Station”で、トウモロコシの品種改良を始めた。彼は、既に述べた“Kenya Flat

White” トウモロコシの品種改良から手始めた。このトウモロコシ品種は、後にメキシコ熱帯低地原産で、ケニアの高原地方に適しているとは言いがたい Tuxpoño 系統に近いトウモロコシであることが判明した。しかし、長年の間、ケニアの農民はこれを伝承的に植付け、選抜、改良してきたので、品種改良の出発点としての育種素材（胚原質）の選択としては申し分なかった。

1955年に始められたトウモロコシ育種事業から最初に育成された品種は、1961年に初めて農家に配布された“Kitale Synthetic 11”という合成品種であった。この品種は、当時もっとも優秀であった在来の自然交配品種より7%多収であった。また“Kitale Synthetic 11”を構成する自殖系統の多くが、さらに自殖選抜されて雑種トウモロコシ育成に利用された。

そうして1963年と1964年には、最初の雑種トウモロコシである、複交雑“Hybrid 621”と、3系交雑“Hybrid 631”が育成された。このシリーズで育成されたその後の雑種トウモロコシとしては“Hybrid 622”と“Hybrid 632”があり、1965年に市販され現在でも、また栽培品種としての地位を保っている。

伝統的な雑種トウモロコシ育成事業は、その後も続けられたが、トップ交配品種の生産力検定試験で、品種間交配種：(Variety-cross hybrid)でも十分な収量を期待できることがわかった1961年を境として、雑種トウモロコシの重要性は幾分低下した。1959年コロンビアとメキシコの種子銀行より導入されたいくらかのトウモロコシの中で、“Ecuador 573”は“Kitale Synthetic 11”との組み合わせが極めてより、両者間の交配種(H-611)は、片親である“Kitale Synthetic 11”より40%も高い収量を上げることがわかった。この品種間交配種：“H-611”は、1964年に育成され、一般に市販されるようになった。

その他にも、いくらかのケニア在来種と、中央アメリカ原産のトウモロコシ品種との交配種にヘテロシスの発見が見られてきた。ケニアは生態学的に、トウモロコシ原産地と似た条件下にあり、そのため、メキシコ、中南米諸国からの大半の導入種が容易に適応するので、これらの導入種をさらに開発利用する可能性を十分に持っている。

ケニアの農業事情を考えた場合、伝統的な雑種トウモロコシ育成事業より、混成品種育成事業が優先されるのは明白なことである。よって“Kitale Research Station”では、ケニア在来種や海外からの導入種など多種多様なトウモロコシ胚原質（育種素材）をフルに活用して総括的な育種事業を展開しつつあり、その育種事業の特徴は次のとおりである。

① 長期的な育種事業にとって、ケニア在来種や海外からの導入種のメリットを査定するた

めに、これらのトウモロコシ品種の検定試験を行う。

- ② そうして選抜された育種素材から、優良遺伝変異に富み、他のトウモロコシ集団との組み合わせ能力の高い2つか、それ以上の混合品種を育成する。この場合の集団育種に循環選抜法を用い、毎世代選抜ごとに、これらの交配種が改良されていくようにする。
- ③ 2つのトウモロコシ集団間の交配種、優良自殖系統の組合せによって得られる単交雑、3系交雑又は複交雑種、もしくはトウモロコシ集団間の交配種の後代選抜をくりかえして得られる合成品種を栽培品種として農民に普及する。

#### (四) Genetics and Methods of breeding study

この事業は、1964年にUSAIDからの資金協力と専門家派遣によって始められ、ケニア在来種と海外からの導入種との交配にみられる優れた組合せをさらに開発していくことを目的とした事業の中で、顕著な成果をあげることができた。

この事業は、すでに8年目に入り、異なる条件下で育種の相対的効率を決定するために17種類の選抜方法を比較検定している。この試験研究事業で取扱われているトウモロコシ品種としては、“Kitale Synthetic 11”と“Ecuador 573 × Kitale Synthetic 11”：(H-611)がある。

この試験研究は、各々の選抜方法による育種の進歩の予測を可能ならしめる“genetic parameters”を得るようにデザインされており、その予測値が、実際に得られる測定値と比較される。

この試験研究の成果は、すでに実用的な育種事業に適用されており、3カ所の試験地すなわち晩性品種の育成をねらう“Kitale”、中性品種を重点的にとりあつかう“Embu”、早生品種の育成に主力をそそぐ“Katumani”試験場で進行中のそれぞれのトウモロコシ事業の要請に適するように、“Comprehensive Breeding Systems”の詳細は相当修正されている。

改良を加えられた“Ec.573”と“Kit.11”は、最初の交配種である“H-611”よりも収量の高い商業的雑種トウモロコシ育成のため利用されてきた。

#### (五) Expanded Maize Agronomy

トウモロコシの農学的試験研究は、1963年に、ロックフェラー財団の資金援助を得て、始められた。この試験研究部門が、育種事業に与えた側面的支援と成果には、顕著なものがある。

この農学的試験研究は、ケニアでのトウモロコシ生産を阻害している、単純明瞭な要因を判明した。これらの制限要因をその重要度順に述べると、播種日、トウモロコシ品種、栽植

密度、除草と施肥量の水準となっている。

農学的試験研究のインパクトは転視されるべきでなく、“Kitulo”試験場が所在する“Trans-Nzoia”地区でのトウモロコシ収量は、1963年の2,200 kg/haから1970年には、3,300 kg/haとなっている。したがって、この地区では、トウモロコシ栽培について、特定の品種や栽培技術を自信をもって奨励できるが、他のトウモロコシ栽培地域ではそうはいかない。というのは、信頼できる農学的試験研究によって得られる特定のインフォメーションの欠除が制限要因となっているからである。

