

タイ国アフラトキシン防除対策計画 コンタクト調査報告書

昭和60年3月

国際協力事業団

タイ国アフラトキシン防除対策計画 コンタクト調査報告書

昭和 60 年 3 月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1050630E13

国際協力事業団

受入 月日 '85. 7. 23	122
登録No. 11786	84.1
	AFP

はじめに

タイ国では、とうもろこしの品質不良、特にマイコトキシン(黴菌)の一種であるアフラトキシンによる汚染が、同国の輸出に関連して大きな問題になっている。同国政府はアフラトキシン汚染の軽減によって、農家所得・生産水準の改善、ひいては国際収支の改善を図るべく、"The Development of Pre and Post Harvested Techniques to Prevent and Protect the Incidence of Aflatoxin in Corn in order to Improve Corn Grain Quality"として技術協力を1984年8月、我が国に対し要請越した。

この要請を受けてその内容を検討した結果、要請内容をより明確にすべく、国際協力事業団は昭和60年2月20日から8日間に亘り、外務省経済協力局技術協力課谷崎泰明首席事務官を団長とするコンタクトミッションを派遣し、政府関係者との協議、関連施設の視察等を実施し、要請内容の確認、相手側の考え方の把握、既存資料の状況の調査とともに、我が国の可能な技術協力対応の説明を行った。

本報告書は、これら調査の結果を取り纏めたものであり、本書が今後、同国における技術協力実施のための基礎資料として広く関係者に利用されることを願う次第である。

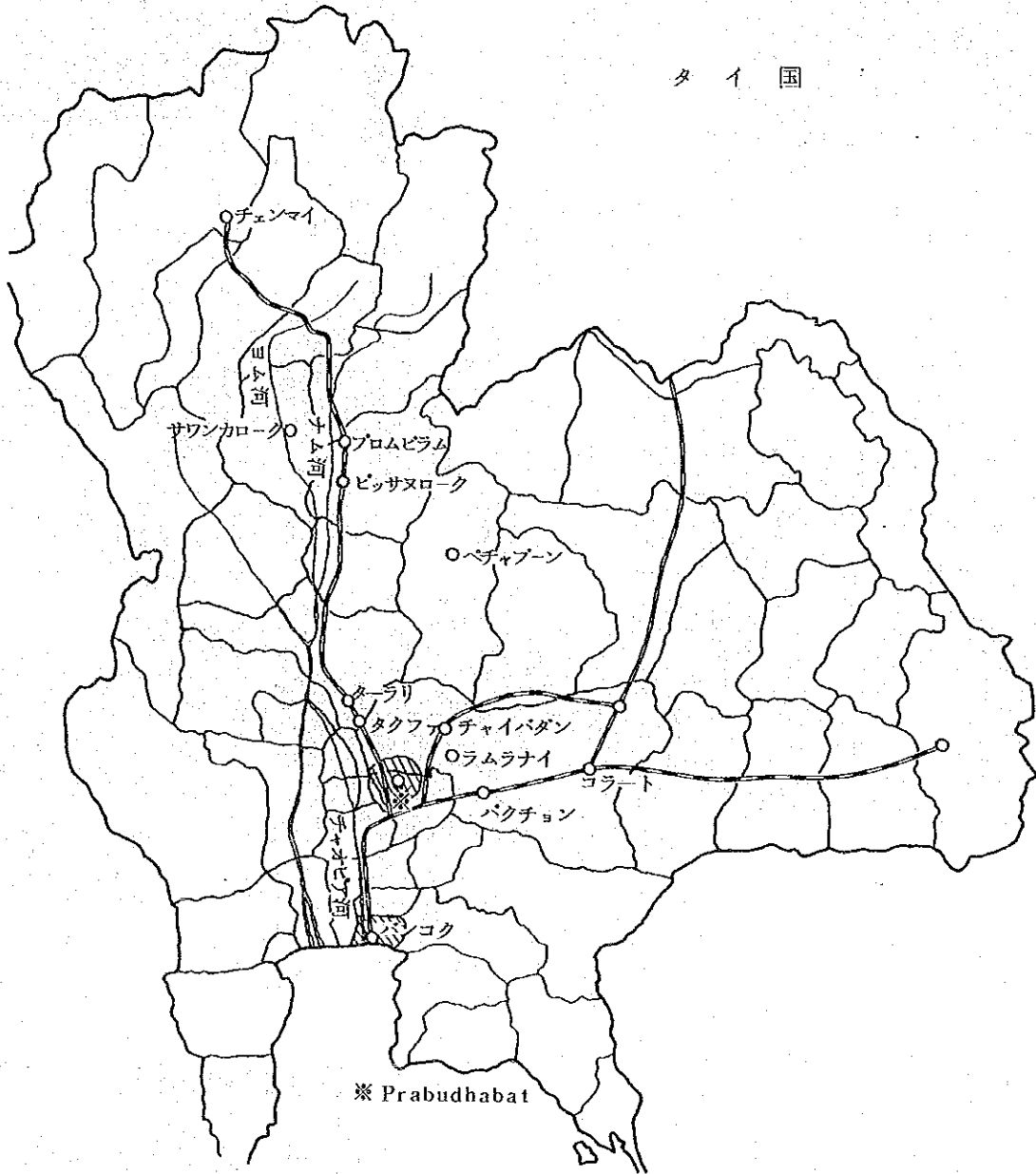
最後に、本調査の実施に際し、多大な御支援と御協力を賜ったタイ国政府関係機関、日本大使館、及び外務省、農林水産省の関係各位並びに同国派遣専門家に対し、深く感謝の意を表すものである。

昭和60年3月

国際協力事業団

理事 山極 榮 司

調査対象国位置図



主な調査地域

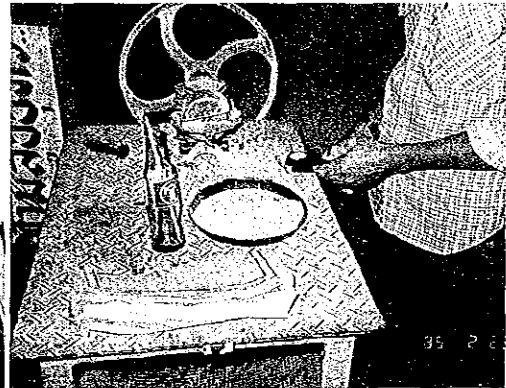
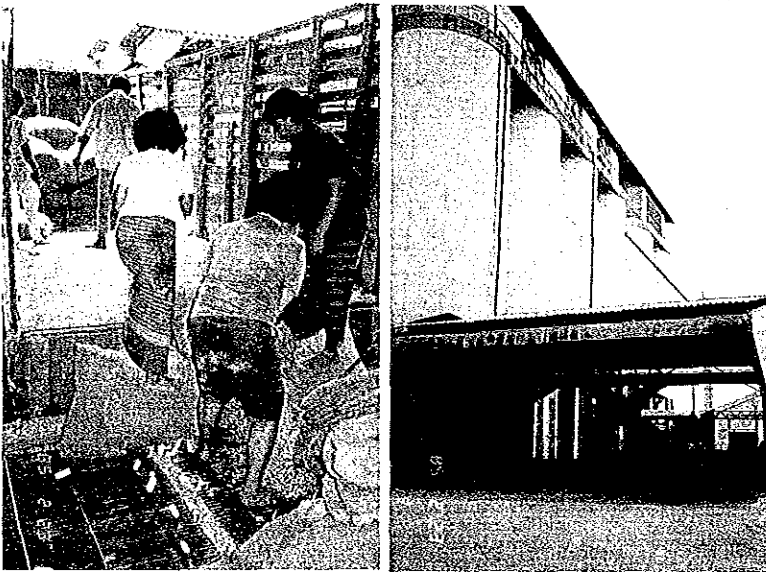
調査関係写真



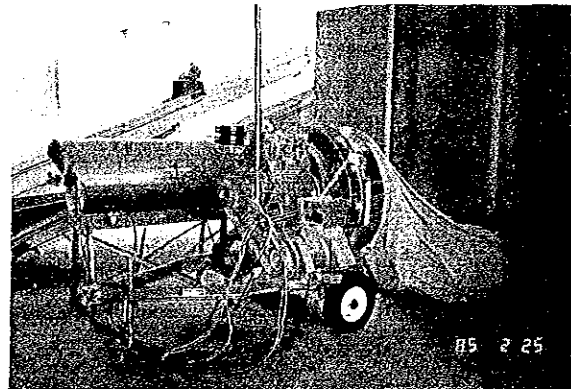
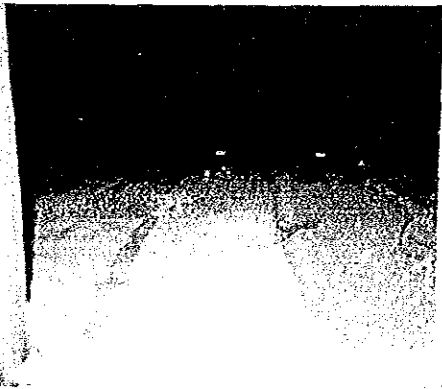
2月21日
カセサート大学関係研究者との協議



2月22日
農業局関係者との協議



2月23日 海外貨物検査株式会社貯蔵庫の調査
左から、トラックからベルトコンベアー（手前の金蓋の下に設けられている）への搬入、
ベルトコンベアーにつながる貯蔵庫、及び貯蔵物の水分検査



2月25日 畑作物試験場での調査
左から、乾燥室、及び乾燥機（英国製）

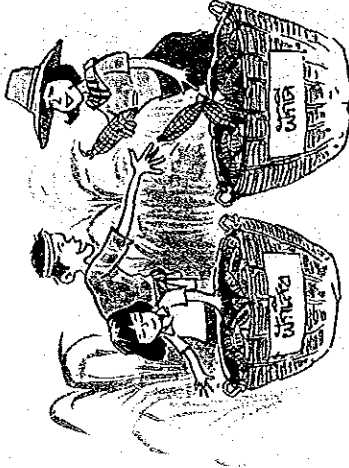
เก็บข้าว เก็บเงิน เก็บสุขภาพ

ช่วยกันคนละไม้ คนละมือ

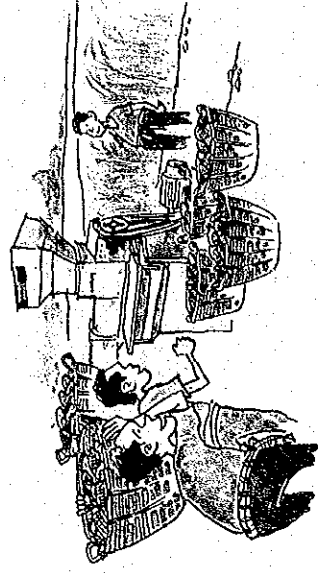
ให้ข้าวกินแล้วเงินไม่ขาด



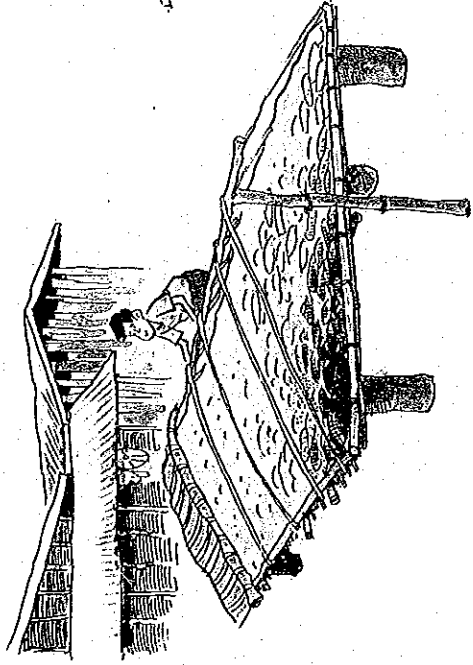
แยกเงินได้เรื่อยๆ



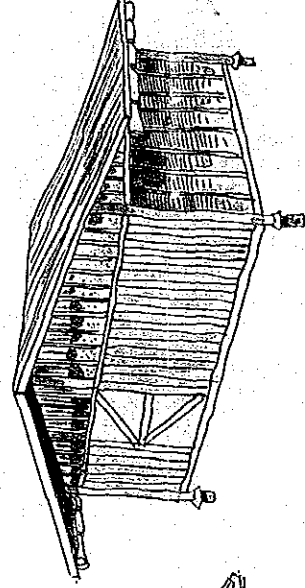
อย่าได้ลืมข้าวโพดเป็นปลา



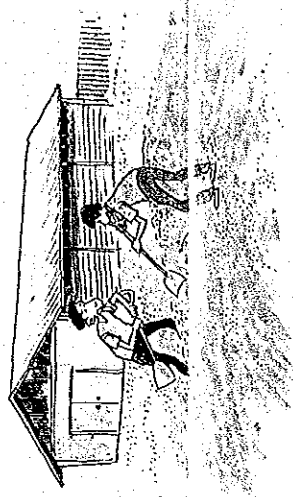
ตากข้าวบนแดดให้แห้ง



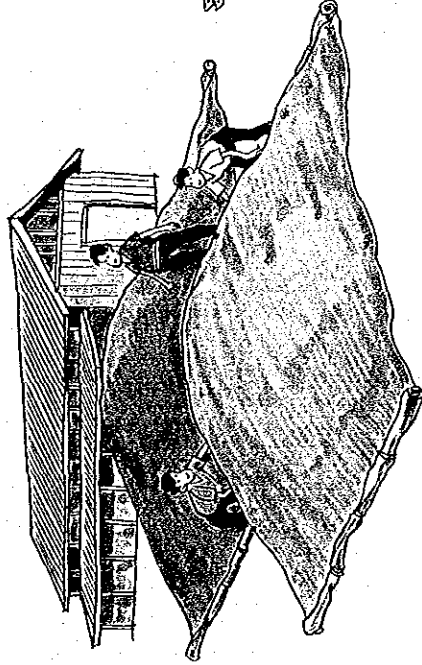
เก็บข้าวมะลิหรืออยู่กลางแจ้ง



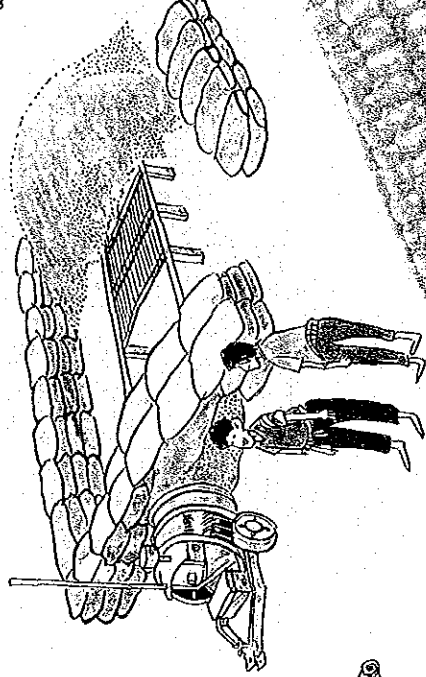
ตากเมล็ดบนถาดหรือบนเน็ต



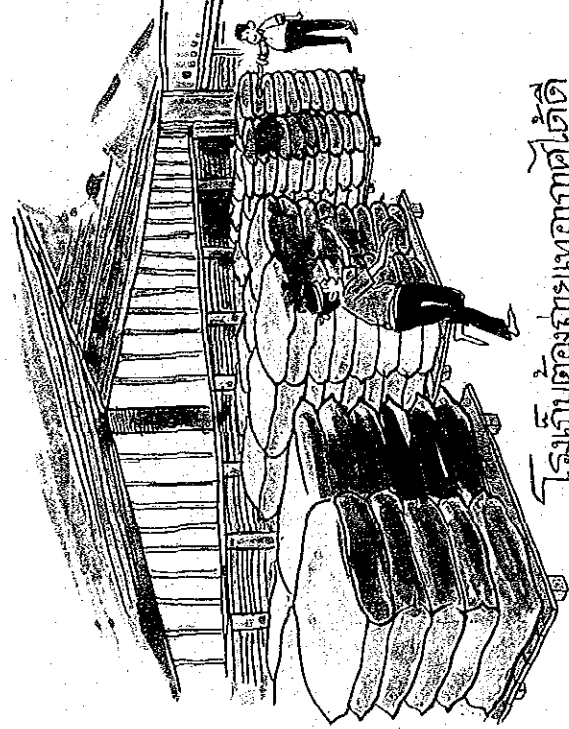
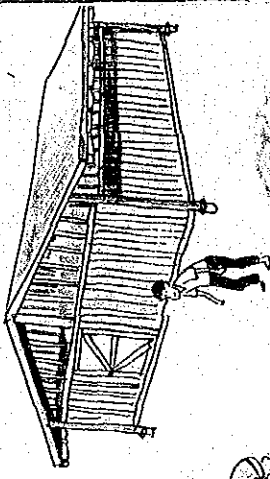
ใช้ไม้คดผูกกันแผ่นและน้ำคัง



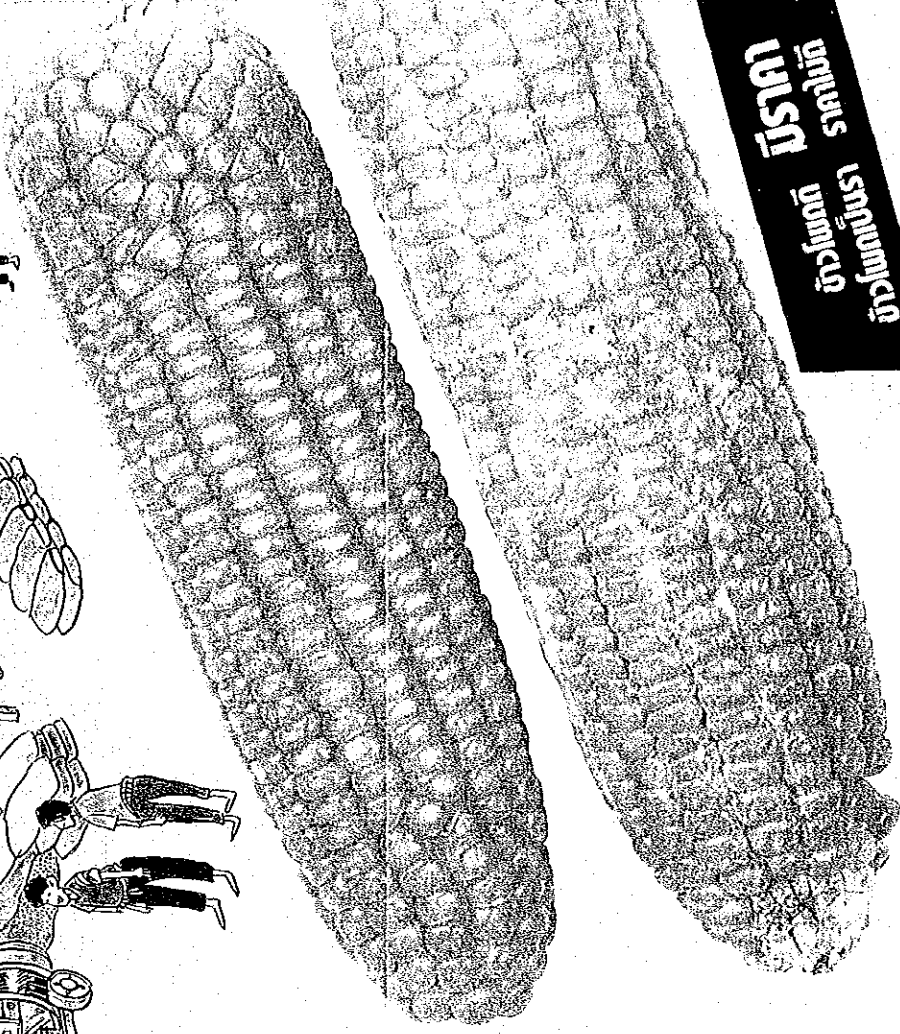
ใช้เครื่องอบเมล็ดทำให้แห้ง



ต้องเก็บแต่เมล็ดข้าวโพดแห้งเท่านั้น



โรงเก็บต้องถ่ายเทอากาศได้ดี



มีราคา
ข้าวเปลือก ราคาดี
ข้าวเปลือกเบร่า ราคาดี

จัดทำโดย : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ : คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : สมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย

* คับบี้ที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคไหม้ข้าวโพด

- (1) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (2) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (3) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (4) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (5) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม

- (6) เมเมนต์ที่ขึ้นของข้าวโพด
- (7) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (8) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (9) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม
- (10) ปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในที่ร่ม

ข้าวโพดที่ขึ้นของข้าวโพด

目 次

はじめに

調査対象国位置図

調査関係写真

第1章 調査団の派遣	1
1-1 経緯及び目的	1
1-2 団員構成	1
1-3 調査行程	2
第2章 調査結果の要約	3
第3章 現地調査の結果	5
3-1 今後の技術協力の方向	5
3-1-1 要請内容	5
3-1-2 今後の技術協力内容	6
3-2 アフラトキシン産生菌	9
3-2-1 アフラトキシン	9
3-2-2 現状と問題点	12
3-2-3 今後の対策	16
3-3 とうもろこし栽培技術	18
3-3-1 生産様式	18
3-3-2 生産経緯	21
3-3-3 現状と問題点	25
3-3-4 今後の対策	26
3-4 とうもろこし流通過程	33
3-4-1 輸出状況	33
3-4-2 現状と問題点	39
3-4-3 今後の対策	40
付 録 参 考 資 料	47
1. 訪問先及び面会者	49
2. タイ側による協議結果報告書	52
3. 入手参考資料	54
(1) 農 業 局	54
(2) カセサート大学	55
(3) アメリカ国際開発庁	61

第 1 章 調査団の派遣

1-1 経緯及び目的

タイ国産とうもろこしのアフラトキシン汚染は、同国とうもろこし産業開発計画（昭和51年9月17日～昭和59年9月16日）実施中にも重要な問題と認識されたため、同計画協力期間中には3名の短期専門家による調査がなされた。同調査では、収穫・貯蔵・流通時のアフラトキシンの推移分析から、防除対策提言も含んだ報告を行った。^{*}

その後、昭和59年4月に同計画の事業総括に係る巡回指導調査団が派遣された際、同国農業局長より非公式乍ら、同計画終了後の「とうもろこし品質改善」に関する技術協力要請があった。更に、8月の日・タイ年次協議において、「とうもろこし品質改善のための、収穫前収穫後のアフラトキシン防除技術開発」として取上げられ、11月には、日・タイ貿易不均衡問題を背景として、日・タイとうもろこし貿易に関連し、アフラトキシン対策が問題化しているため、日本による協力可能性を検討するためのコンタクトミッション派遣の要請があった。翌12月のピチャイ副首相来日時にも派遣要望がなされ、本年1月には同国から早期実現化が促された。

かかる一連の要請経緯の下に、以下のことを主な目的としてコンタクトミッションを派遣した。

- (1) 要請の背景、目的、内容等の確認
- (2) 関係機関の基本的考え方及び推進体制の確認
- (3) 関係機関による対策実施状況の調査確認、及び関連資料並びに情報の入手
- (4) 上記(1)～(3)に基づく日本側の可能な対応協力の説明

1-2 団員構成

総括	谷崎泰明	外務省経済協力局技術協力課首席事務官
協力企画	永山勝行	農林水産省経済局国際協力課海外技術協力官
品質改善	金谷和夫	農林水産省東京肥飼料検査所飼料衛生課長
微生物	真鍋勝	農林水産省食品総合研究所マイコトキシン研究室長
栽培	戸田節郎	元農林水産省農業研究センター次長
業務調整	青木真	国際協力事業団農林水産計画課

* THE REPORT FOR THE TECHNICAL CO-OPERATION PROJECT ON
MAIZE DEVELOPMENT IN THAILAND 1977-1984 JICA

1-3 調査行程

日順	月日(曜)	行程
1	2月20日(水)	Tokyo → Bangkok by CX701
2	2月21日(木)	A.M. 技術経済協力局, 大使館, JICA事務所表敬訪問及び打合せ P.M. カセサート大学関係研究者との協議
3	2月22日(金)	A.M. 農業局表敬訪問及び関係者との協議 P.M. 商務省外国貿易局表敬訪問及び協議 1. アメリカ国際開発庁バンコク支所訪問, 調査(団長, 永山, 真鍋, 戸田) 2. 畜産局訪問, 調査(金谷, 青木)
4	2月23日(土)	海外貨物検査株式会社バンコク支店訪問, 調査他
5	2月24日(日)	団内打合せ
6	2月25日(月)	A.M. 1. 仲買人倉庫訪問, 調査(団長, 永山, 金谷, 真鍋, 青木) 2. 農業局訪問, 調査(戸田) P.M. 畑作物試験場訪問, 調査
7	2月26日(火)	A.M. 団内打合せ及び副首相補佐官との面談 P.M. 合同会議及び大使館, JICA事務所報告
8	2月27日(水)	Bangkok → Tokyo by JL472

第2章 調査結果の要約

前頁の調査行程による通り、関係者との協議及び現地調査を行ったが、タイ側より、昨年12月のピチャイ副首相来日時要望に対するフォローアップが迅速になされたことへの謝意が表明され、その調査報告に対しては評価されるとともに、今後のフォローアップについては強い期待が寄せられた。

派遣前に最たる懸案であった輸入問題については、民間企業の問題であり、本調査に係る技術協力が実施されての成果が、即日本の輸入増を保証することではない旨を各関係者に説明した結果、タイ側は理解とともに了承した。

2月26日、口頭による調査報告をアヌーチャ副首相補佐官(Mr. Anucha Chintakanond; Advisor and Coordinator of the Advisory Council to the Deputy Prime Minister)へ、又、技術経済協力局、農業局及び外国貿易局等関係者から成る合同会議にて次の要領で行った。

協力分野については、タイ側の優先分野、日本側の対応可否、一定期間での技術移転の難易等を帰国後に協議検討する必要性から、協力の可能性がある分野として、下記の事項を挙げた。

尚、協力形態については、協力分野決定後に適切なものが選択されるものとして明言を避け、今後の対応としては、本年夏迄に事前調査団派遣の実現促進を図る旨を述べた。

- 1) とうもろこし粒の損傷が少ない器具の改良等による収穫方法の改善
- 2) 天日乾燥法の改良等による乾燥・貯蔵法の改善
- 3) 育種、収穫時期の変更等を含む抵抗性品種検定法の確立
- 4) アフラトキシン及び水分の簡易検出方法の開発
- 5) 実験/研究者の安全を考慮しての毒物用実験施設の建設
- 6) タイ側が実施中のキャンペーン支援等による農民に対するアフラトキシン問題の啓蒙

6日間に亘り、関係者との協議及び現地調査を通して、前述の協力分野は可能であると考えられるが、5)での実験施設の建設は今後の推進機関である農業局から強く要望されているとともに、本調査に係る技術協力の象徴とする上にも必要である。

技術協力の実施形態としては、

- 1) プロジェクト方式又は、個別の派遣事業と無償資金協力との組合せ
- 2) 実験施設の建設経費が小さい場合は、基盤整備費による対応を含むプロジェクト方式技術協力

の2つが考えられるが、協力分野によっては青年海外協力隊との連携も考慮すべきである。

今後、関係者との協議検討を重ねて、慎重に取進めていくことは当然乍らも、作物、栽培、病理、乾燥機(民間企業)等の分野から成る事前調査団派遣の早期実現が肝要である。

尚、アメリカ国際開発庁によるアフラトキシンに係る計画については、協力分野が収穫後に限定しての短期専門家派遣のみであるため、重複する分野はあるが、特に共同計画とする必要はない。

以上の詳細については、次章第1節に纏めた。

第3章 現地調査の結果

3-1 今後の技術協力の方向

3-1-1 要請内容

昭和59年8月の日・タイ年次協議において要請のあった「とうもろこし品質改善のための、収穫前収穫後のアフラトキシン防除技術開発」を基に、今回の調査において関係省の意向を聴取したところ、次のような考えを有しており、上記の要請内容とは必ずしも一致していないので、今後協力を進めていく場合には、これらを踏まえ、検討することが肝要である。

(1) 農業・協同組合省からの要請

農業・協同組合省における本件の担当部局である農業局の種子及び収穫後病理研究室 (Seed & Postharvest Pathology Branch) では次のような構想を持っていた。

「アフラトキシン防除対策計画」

(Program of Control Measures for Aflatoxin)

1) 短期対策

① 栽培方法の改善

イヤコーンが登熟後下方に垂れる品種の選定、登熟後水分が上がらないよう根を切断

② 収穫方法の改善

(例) 剥皮方法の改善

③ 乾燥及び脱粒方法の改善

④ 貯蔵庫の改善

2) 長期対策

アフラトキシン抵抗性品種の育成

上記計画に基づき、同研究室は次の事項についての協力を要請した。

1) アフラトキシン分析のための施設

2) 乾燥施設の完備

3) 専門家派遣

4) 日本への視察旅行のための資金

同研究室長 Mrs. Dara の説明によると、現在、農業局には適切なアフラトキシン用の実験施設がないため、研究者の安全確保上からも十分な実験が行い得ない状況とのことであった。又、昨年イギリスが乾燥機 (cf. 調査関係写真) を持ちこんで乾燥試験をしたが、

価格が50万バーツ（約500万円）と高価なため、低価格の乾燥機開発を行いたいとのことであった。

(2) 商務省からの要請

商務省外国貿易局は、アフラトキシン防除対策として、

- ①アフラトキシン産生菌の殺菌、又はアフラトキシン解毒のための薬品開発
- ②とうもろこし中のアフラトキシン及び水分含量の簡易検定法の開発
- ③アフラトキシン抵抗性品種の育成

が有効ではないかと提案した。これらについては、同局としては、アフラトキシン汚染とうもろこしと非汚染とうもろこしの価格差を設ける意向を有しているが、そのためには現場段階で可能な簡易な検定方法が必要であるとして、その開発についての協力とその検定方法が必要であるとして、その開発についての協力とその検定方法に係る研修を強く要望していた。

3-1-2 今後の技術協力内容

(1) 上記関係機関からの要請及びこれまでの調査から、とうもろこしのアフラトキシン汚染防除について、以下の6分野での協力可能性があると認められる。

1) 収穫方法の改善

とうもろこし粒の損傷部分にアフラトキシン産生菌が繁殖すると考えられるので、その損傷を避けるため剥皮機（Husker）、脱粒機の改良等を行う。

2) 乾燥・貯蔵方法の改善

水分含量の高いとうもろこし粒にはアフラトキシン産生菌が繁殖しやすいので、農家から仲買人の段階までにおける天日乾燥法の改良、乾燥機と殺菌剤併用による汚染防止法の開発等を行う。

3) アフラトキシン産生菌抵抗性品種育成のための育種検定法確立

抵抗性品種育成には長期間を要する可能性が高いと考えられるので、育種法の技術移転を行うことが効果的である。又、この育種法の技術協力の中で、とうもろこし粒の水分を小さくするための収穫期の移動（現在の雨期収穫から乾燥収穫への移動）が可能か否か、即ち裏作をも含めた作付体系の研究を行うことも有用である。

4) アフラトキシン及び水分含量の簡易検定法の開発及び普及

アフラトキシン汚染度合に応じたとうもろこし価格差を設けるためにも、現在のよりのクロマトグラフィーを使用した精緻な検定法ではなく、現場段階において大凡のアフラトキシン汚染度把握可能な検定法の開発と現場への普及を行う。

5) 毒物用実験施設の建設

アフラトキシン汚染防除のための各種手法の効果測定を行う必要があるので、アフラトキシン分析等を行う実験施設を建設する。

6) 農民等に対するアフラトキシン問題の啓蒙

タイ国政府においては、既にアフラトキシン汚染問題についてのキャンペーン(cf. 調査関係写真)を行っているとのことであるが、啓蒙普及用のビデオ等を供与してこれを支援する。

(2) 上記6分野に対応した協力形態としては、次の2つが考えられる。

1) 技術協力(プロジェクト方式技術協力又は専門家派遣等による個別対応)と無償資金協力(実験施設の建設)の組合せ

2) プロジェクト方式技術協力(実験施設の建設は基盤整備費で実施)

いずれで対応するかは実験施設の規模により決定すべきであるが、現時点ではカウンターパートである農業・協同組合省の要望内容が必ずしも明確でないため、今後実施される事前調査の際に決定することが適切と考えられる。尚、実験施設は、本件協力を象徴的なものとするためにも、又、協力事業の中核的機能を果たすものとしても不可欠である。

又、技術協力の内容としては、作物、微生物及び乾燥機の3分野における専門家の派遣、アフラトキシン分析(簡易分析法を含む)及びアフラトキシン産生菌研究の分野における研修員受入れ、農民等に対する啓蒙普及活動における青年海外協力隊との連携が考えられる。このうち専門家の派遣について、微生物の専門家は、アフラトキシンの検定法、とうもろこし粒の乾燥とアフラトキシン汚染の因果関係の検証等中核的役割を担うと考えられるが、アフラトキシン汚染の発生時期が限られているため、場合によっては短期派遣とすることも可能である。

協力を実施する場合のタイ側カウンターパートは、農業・協同組合省農業局のみとすることが適切である。本件に対し、商務省外国貿易局としても大きな関心を有しているが、今回の調査において、同局としては本件協力の成果を享受できれば、タイ側機関を農業・協同組合省とすることに異存はないとの意向を表明していた。従って、本件をプロジェクト方式技術協力に対応する場合には、同局が関心あるアフラトキシンの簡易分析法については、少なくともその研修員の受入れは、商務省の職員研修になると考えられるので、個別研修で対応することが必要である。

今後の進め方については、本調査団の派遣が、とうもろこしが積出し港以外には存在しない時期であったため、生産、流通段階の調査が十分でなく、本年夏までに事前調査

団を派遣するとともに、長期調査員を派遣して実態に即した協力事業の内容を決定する必要がある。

- (3) アフラトキシン汚染問題に関しては、農林水産省熱帯農業研究センターが、昭和60年度からアフラトキシン産生菌及びアフラトキシン汚染の実態把握等について農業・協同組合省農業局と共同研究を行う予定となっており、本件協力を実施するに当たっては、同研究との関係を考慮する必要がある。しかし、この共同研究は、アフラトキシンに関する基礎的研究を行うものであり、即アフラトキシン防除対策に結びつけることを目的とするものではないので、本件協力は、アフラトキシン防除のための実用的方法を指向することで、両者の明確な仕分けが可能である。

3-2 アフラトキシン産生菌

3-2-1 アフラトキシン

マイコトキシン(黴毒)の一種であるアフラトキシン(Aflatoxin)は、動物に対して強い急性毒性を示すのみならず、極めて強い発がん性を有する物質であり、現在までに知られている天然物の中で最強の発がん物質である。アフラトキシンには、第1図に示すように、現在構造の分かっているものが10数種もあるが、各種アフラトキシンの動物に対する毒性は、アフラトキシンB₁が最も強く、以下G₁、B₂、G₂の順である。又、B₁が生体内代謝の結果生ずるM₁もB₁とほぼ同程度の毒性を示す。種々の動物に対するアフラトキシンB₁のLD₅₀値を第1表に示す。

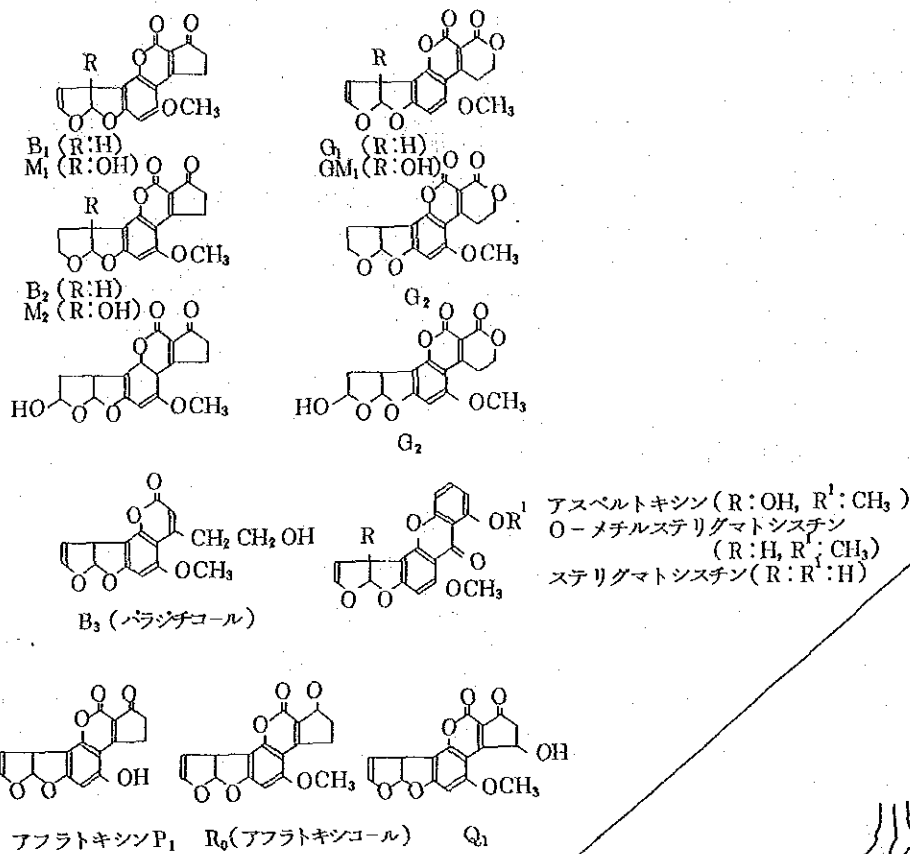
第1表 アフラトキシンB₁の急性毒性(LD₅₀)

動物	LD ₅₀ mg/kg
アヒルひな	0.35~0.56
ウサギ	0.3
ネコ	0.55
ブタ	6.62
イヌ	0.5~1.0
モルモット	1.40
ヒツジ	1.0
ラット雄	7.2
ラット雌	17.9
マウス	9.0
ハムスター	10.2
鶏はい	0.25 μg/卵
サル(Macaque Monkey)	7.8

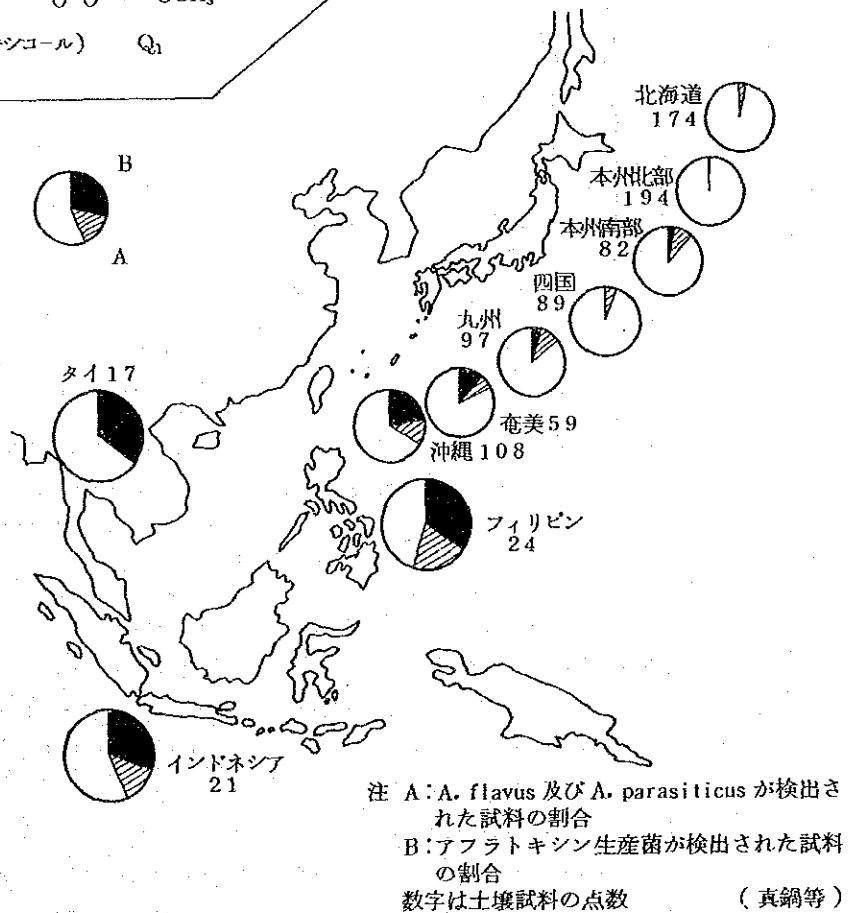
第2表 研究論文に報告されたアフラトキシン生産菌株

Aspergillus flavus, A. flavus var. columnaris, A. niger, A. ochraceus, A. ostianus, A. parasiticus, A. wentii, Eurotium rubrum, Mucor mucedo, Penicillium citrinum, P. digitatum, P. expansum, P. frequentans, P. puberulum, P. variable, Rhizopus sp., Streptomyces sp.

第1図 代表的なアフラトキシンの化学構造



第2図 東南アジア及び日本における土壤中のアフラトキシソ生産菌の検出割合



アフラトキシン産生菌として報告されたものは、第2表に示すように、Aspergillus, Penicillium, Rhizopus 属と多岐にわたっているが、現在では再現性の点で Aspergillus flavus 菌群に属する A. flavus と A. parasiticus の特定菌株に産生能があるとされている。A. flavus 菌群の分布について GILMAN, SEMENIUK 等は、世界中の土壤、空气中から検出される一般的な菌としているが、アフラトキシンを産生する菌株の土壤中の生息分布には地域差があるようである。アフラトキシンの農産物への汚染がアメリカ、東南アジア、インドに多く発生しているのに比較して、我が国とかヨーロッパの北部地域で殆んど発生していないからである。我が国及び東南アジアの土壤中のアフラトキシン産生菌の分布を調べた結果、第2図に示すように大部分が南部地域だけに生息しており、アフラトキシン産生菌は亜熱帯及び熱帯地域に定着しているようである。熱帯地域でも、インドネシアの標高 800 m の茶畑の土壤からはアフラトキシン産生菌は分離されないことから、生息には温度の影響が認められる。A. flavus 菌群のアフラトキシン産生能については、Hesseltine 等の報告もあるが、輸入ピーナッツ・ミール（インドネシア、ブラジル、アメリカ、インド産）から分離した菌株を調べた結果では、第3表に示すように、A. flavus ではアフラトキシンの産生を認めなかった菌株が 63% で、アフラトキシン B 系統のみの産生を認めた菌株が 37% で、アフラトキシン G 系統産生菌株は認められなかった。A. parasiticus ではいずれの菌株もアフラトキシン B, G 系統を産生した。このことにより、A. parasiticus は大部分がアフラトキシン産生能を有し、B, G 両系統ともに産生し、A. flavus では 30~50% 程度がアフラトキシン産生能を示すが、産生されるアフラトキシンは B 系統のみの場合が多い。

第3表 輸入ピーナッツ・ミールから分離した菌株におけるアフラトキシン B, G 生産状態

菌 株	菌株数	アフラトキシン生産	
		B 系	G 系
<u>A. flavus</u>	21	-	-
<u>A. flavus</u>	14	+	-
<u>A. parasiticus</u>	4	+	+

(真鍋, 飯田)

とうもろこしがアフラトキシン汚染を受ける場合としては、収穫前と収穫後の2通りが考えられる。収穫前の圃場では、アフラトキシン産生菌の胞子がとうもろこしのSilk（毛）を通してとうもろこし粒に侵入する場合と、害虫等により損傷を受けた部分より侵入する場合があります。栽培中の水不足とか異常気温等のとうもろこし生育にストレスがかかった時に侵入または着生していた菌（胞子）が生育し、アフラトキシンを産生することにより汚染が発生する。収穫後は、収穫時のとうもろこし粒の損傷及び高水分の状態が続けば、着生菌または圃場で侵入していた菌が生育を開始してアフラトキシンを産生することにより汚染を受けることになる。

3-2-2 現状と問題点

とうもろこし生産量は増加しており、タイ国の新聞 The Bangkok Post によれば1984/85年は460万トンの史上最高の収穫予想である。一方、アフラトキシン汚染の状況は第4,5表に示す通り大部分のとうもろこしに認められている。しかし、最近タイ国政府は、この汚染問題に注目し、関係省庁、大学、とうもろこし輸出組合が協力して汚染防止に関する対策を進めており、放送やポスター等を使ったキャンペーンを実施しており、農家段階はともかく仲買人からサイロ、輸出業者の段階ではアフラトキシンについての知識は普及しつつあり、サイロ会社では汚染防止のための乾燥設備が徐々に増加の傾向を示していた。タイ国における研究結果では、アフラトキシン汚染が増大するのは収穫後から40日位の間であり、収穫時の高水分（20%以上）からアフラトキシン産生菌の生育の困難な低水分（14%以下）に早急に乾燥できない場合に起っていると報告されている。

第4表 Aflatoxin Contamination in Maize Export Sample of Thailand

Year	Number assayed	No. of sample contaminated at indicated concn. of aflatoxin					Number accepted for export (%)	Remarks
		0 ppb	20	100	1,000	10,000		
1977	33	12	5	7	6	3	51.5	Mahidol U.
1978	25	10	5	5	5	0	60.0	Mahidol U.
1979	22	6	2	4	10	0	36.3	Mahidol U.
1980	15	6	1	2	5	1	46.6	Mahidol U.
1981	100	0	6	89	15	0		OMIC B ₁ only
1982	44	1	6	6	31	0		OMIC B ₁ only

第5表 Natural Occurrence of Mycotoxin in Maize produced in Thailand

Mycotoxins	Year	Total no. of samples	Mycotoxin leveles(ppb)					Remarks
			ND	<50	50-100	100-500	>500	
Aflatoxin B ₁	1974	13	0	13	0	0	0	JGIA
	1975	26	3	9	7	7	0	JGIA
	1975	43	9	10	11	13	0	NFIO
	1976	12	0	3	4	5	0	NFIO
	1977	5	0	1	0	4	0	NFRI
	1978	22	0	14	8	0	0	NFRI
	1979	21	0	15	4	2	0	JFRI
Ochratoxin A	1975	26	25	1	0	0	0	JGIA
Zearalenone	1976	16	13	-	0	0	3	JGIA

ND : Not detected

JGIA: Japan Grain Inspection Association

NFIA: National Feeds & Fertilizers Inspection Office

NFRI: National Feed Research Institute

タイ国産とうもろこしの大部分は、農家で収穫されイヤコーンの状態で乾燥されるが、農家による乾燥方法の差と天候の具合によりアフラトキシン産生菌の生育に差がでて、ひいてはアフラトキシン汚染に差がでてくるのである。又、仲買人にも規模の大小があり、乾燥用のセメント床の広場とサイロだけの場合と、熱風乾燥装置をも併せ持つ場合もある。大きなサイロ及び輸出業者は充分な乾燥設備を持つ場合が多く、アフラトキシン汚染はここに到達するまでに発生しているようである。その他の研究結果では、完熟して収穫したとうもろこしのアフラトキシン汚染被害は少なく、乾期に収穫した場合も汚染が少ないと報告している。昨年9月(雨期)に真鍋団員が訪タイした際のサイロ会社に運び込まれるとうもろこし粒の水分は、大部分が17%以上であったが、今回(2月乾期)のサイロ会社へ搬入されていたとうもろこし粒の水分は、14%と低く良質であった。

昨年、農業局、カセサート大学及びとうもろこし輸出協会が共同で作成したポスターは、農家等にとうもろこしの収穫方法を指示したもので、絵が色刷りで示されており、内容が今後のアフラトキシン汚染防止手段を考える場合に多くの示唆に富んでいるので、調査関係写真の中で紹介した。

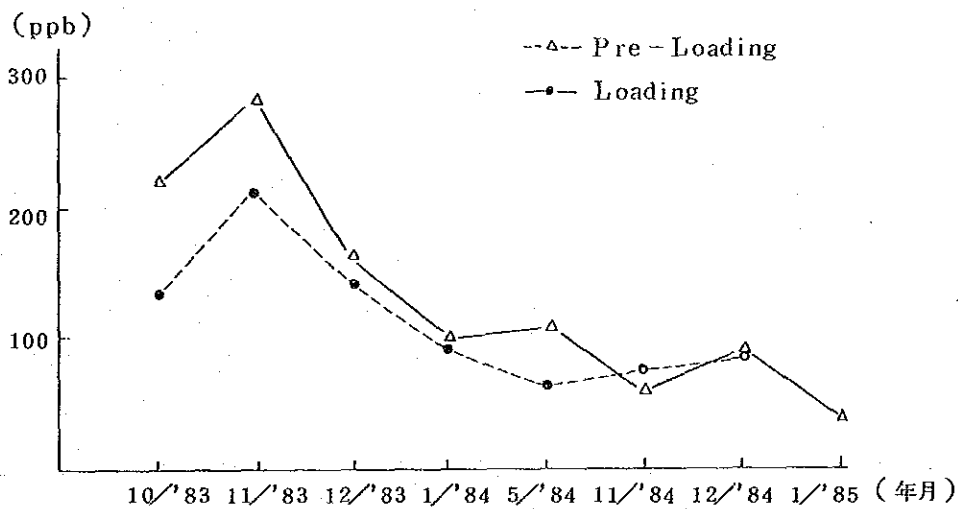
(1)~(6)が農家向けで、(7)~(10)が仲買人向けの内容であり、現在発生しているとうもろこしのアフラトキシン汚染の原因を的確に把握しての提言である。

第6表 とうもろこしのPre-Loading及びLoading試料のアフラトキシンB₁ (ppb)の月別平均値

分析年月	Pre-Loading ……①				Loading ……②				①-② Afl B ₁
	Afl B ₁	Max	Min	件数	Afl B ₁	Max	Min	件数	
10/'83	220	1113	65	36	130	244	82	12	90
11/'83	275	690	30	66	210	650	54	110	65
12/'83	158	382	8	85	141	339	12	73	17
1/'84	99	169	43	6	92	286	13	14	7
5/'84	104	490	3	23	62	111	23	14	42
11/'84	57	200	12	29	-	-	-	-	-
12/'84	83	403	2	168	85	278	10	45	△2
1/'85	35	150	0	14	-	-	-	-	-
Total	138	690	0	427	156	650	10	258	9

(OMIC)

第3図 とうもろこしのPre-Loading及びLoading試料のアフラトキシンB₁ (ppb)の月毎平均値の推移



(OMIC)

海外貨物検査株式会社(OMIC)バンコク支店が、船積み前(Pre-Loading)及び船積み時>Loading)のとうもろこし試料のアフラトキシンB₁を検査した結果を第6表に示す。この表は、1983年10月から1985年1月までの685点を分析した結果であるが経時的汚染程度を示す第3図によると、アフラトキシン汚染は次第に減少傾向にあり、品質改善が進んでいるように見える。同社の話では「アフラトキシン汚染は次第に減少傾向に有ることは認めるが、1984年11、12月は例年に較べて乾燥状態であったことも関与している」とのことであった。

アフラトキシン汚染防止に関連する活動としては、JICAプロジェクト「タイ国とうもろこし産業開発計画」及び昨年(1984年)8月から12月にかけてイギリスが小型乾燥機(とうもろこしを10トン処理)を使つての汚染防止効果の試験がある。JICAの成果は報告が出されているが、後者の迅速乾燥効果試験の結果は未だ公表されていない。USAIDでは、「Quality Improvement of Agricultural Commodities for Export」のプロジェクトの中で「Prevention and Control of Aflatoxin in Maize, Sorghum, Peanut」の課題で1984年9月より開始している。このプロジェクトは、農業局の植物病理部門及び微生物部門と連絡をとっており、一部カセサート大学とも関係がある。プロジェクトの内容は、技術研修と技術の改良が盛り込まれている。短期の技術研修としては、穀物貯蔵専門家及び病理専門家による収穫後の穀物のアフラトキシン汚染防止のための取扱い方法、又は、アフラトキシン検査のためのサンプリング法と分析法の指導が考えられている。技術改良としては、収穫後のアフラトキシン汚染を減少するためのビーナッツやとうもろこしの新しい収穫処理及び貯蔵技術の開発が考えられており、試料採取法、分析検査法も改良すべきであるとしている。又、ワークショップ及び研修旅行も計画している。

プロジェクト予算は、約6,000万円である。カセサート大学でも1984年末より、「Control of Aflatoxin in Thai Corn」のプロジェクトを進めている。

このプロジェクトの目的は、短期及び長期計画によるとうもろこしの黴によるアフラトキシン汚染を減少することによる品質改善であり、品種改良部分を除く内容は次の通りである。

- (1) 3シーズン以上に亘るとうもろこしの収穫前のアフラトキシン自然汚染の実態調査
- (2) とうもろこしのアフラトキシン汚染に対する植付日、早熟、灌漑、温度、最少農作地、その他の栽培実施環境要因の影響についての調査・試験
- (3) アンモニアによるアフラトキシン汚染とうもろこしの効果的解毒をするための条件、時間、その他の要因の試験、又、醗酵手法による解毒試験

(4) 収穫後のアフラトキシン汚染防止のための迅速乾燥による効果試験

このプロジェクトを推進するために、国際とうもろこし・小麦改良センター(CIMMYT)から実験機材の供与を受けることになっている。

3-2-3 今後の対策

アフラトキシン汚染を防止するためには、アフラトキシン産生菌である A. flavus と A. Parariticus のタイ国における生態を良く解明して、とうもろこしへの着生、生育を阻止する対策を講ずる必要がある。又、既に汚染を受けたとうもろこしのロットについては、健全粒を撰別する方法と物理的、化学的に解毒・除毒することが考えられる。尚、アフラトキシン汚染とうもろこしと非汚染とうもろこしに有意な取引価格差を設けてアフラトキシン汚染防除の奨励を促すことも考えられる。

(1) 汚染防止対策

アフラトキシン汚染を防止するためには、産生菌を防除すればよいのだが、これには色々な経済的、衛生的問題が出てくる。理想論としては、殺菌力が強く、人体に害が無く、その上安価な殺菌剤の出現が待たれるが、次善の策としても現在の殺菌剤を有効利用すれば汚染を減少することは可能である。使用時期は、収穫前の栽培圃場と収穫後が考えられるが、収穫直後の乾燥前使用が効果的であろう。殺菌には、化学薬剤だけでなく放射線も考えられるが、未だ試験報告はない。次に、アフラトキシン産生菌が存在しても、生育繁殖しなければアフラトキシンの産生は無いので、生育の不可能な条件にすることが肝要である。この産生菌の生育条件は、水分、温度、酸素、栄養の4要素が整う必要があり、いずれか1つの要素が欠落すれば生育は停止する。水分については約14%以下にすればよく、収穫時のとうもろこし水分20%以上をいかに迅速に乾燥するかである。乾燥法については、種々検討する必要がある。温度は低い程生育は阻止されるが、熱帯地方での低温貯蔵は現状では困難である。逆に高温処理(約60℃以上)すれば殺菌可能であるが、とうもろこしの品質にも影響するので問題がある。産生菌は好気性菌なので酸素の存在しない所では生育しない。最近、多くの種類のプラスチックが開発されているので、これらの容器(袋も含む)を使つての無酸素状態が造れるが、経済的問題がある。栄養については、とうもろこし自体が栄養素であり対策は無い。

(2) 汚染とうもろこしに対する対策

とうもろこしがアフラトキシン汚染を受けても、そのロットのとうもろこし粒全部が汚染を受けている場合は少なく、一般には数パーセントが汚染を受けている場合が多い。そこで、健全粒のみを撰別することが考えられる。産生菌の生えた汚染粒は健全粒に比べて比重が軽いので、比重差である程度の撰別が可能である。特に、加工処理前に使

用可能な手法である。産生菌の生育したとうもろこしは、輝やくような黄緑の蛍光 (Bright greenish-yellow fluorescence:BGYF) を発するので、紫外線(375 nm)下で識別可能である。この黄緑色の蛍光物質はアフラトキシンではないが、アメリカの試験結果では、黄緑色蛍光の存在とアフラトキシン汚染の相関は高いと報告している。とうもろこしのアフラトキシン汚染を粒の単位で見ると、胚芽の部分が菌の被害も多く汚染も高い。そこで、コーングリッツ (Corn grits) を製造すると、コーングリッツのアフラトキシン汚染は、加工原料時の10%以下に減少する。又、コーンスターチを湿式で製造すると1%まで減少したとの報告がある。次に考えられる汚染とうもろこしの対策は、アフラトキシン解毒、除毒である。アフラトキシンを解毒する物理的方法には、加熱、放射線が考えられるが、現時点では成功例が無い。化学的方法には、溶剤抽出による除毒の方法があるが、経済的に実用化まで到っていないが、薬剤による分解解毒は実用化に近づいている。薬剤としては、アンモニア、オゾン、過酸化水素、ホルムアルデヒドが効果を示しているが、最も試験が進んでいるのがアンモニアである。

(3) その他

とうもろこしのアフラトキシン防除の奨励を促すものとして、アフラトキシン汚染品と非汚染品との価格差を設けることが有効である。このため、取引時、特に農家段階で汚染とうもろこしであることを証明するには、アフラトキシンの簡易な検査法の開発が必要である。数ppbまで正確に測定する方法でなく、汚染程度が大体わかれば良く、手軽に迅速に測定可能な検査法である。

現在、手軽な分析法としてミニカラムによる方法が使われているが、BGYFを利用する等の一次スクリーニング的方法の開発が待たれる。イギリスで簡易分析法が開発されたとの話もあるが、現在の所不明である。

3-3 とうもろこし栽培技術

3-3-1 生産様式

東南アジア諸国の多くは熱帯圏に属し、温度条件からは1年中作物栽培が可能であるが、「熱帯モンスーン」の影響を受け「雨期」と「乾期」に分けられるため、短年性作物の栽培には雨の量と分布とが作期を左右する重要な生産要因となっている。

この条件のもとで、とうもろこしの栽培は「雨期作」と「乾期作」に分けられ、さらに作付パターンは、(1)カンボジアに代表される「河川敷生産-雨期・乾期」、(2)インドネシアに代表される「水田生産-雨期水稲作後の乾期」、(3)タイに代表される「畑地生産-開墾地における雨期」に大別することができる。

(1) 河川敷生産

カンボジアの現状は不明であるが、1964年調査時点におけるとうもろこし作付パターンは第1表の通りである。

第1表 カンボジアとうもろこし作付パターン

区分	月別	雨 期												年合計	備 考
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
(日数)	(7.3)	(18.0)	(16.0)	(18.3)	(18.7)	(19.0)	(14.7)	(7.3)	(1.0)	(0.7)	(0.3)	(2.0)	(123.3日)	コンボンチャム	
降水量mm	70.6	203.3	226.8	225.0	267.2	208.3	167.0	103.3	2.3	1.8	0.2	9.3	1,485.1 ^{mm}	1960~62平均	
メコン河流域 コンボンチャム州 作付パターン	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>雨期作</p> <p>コンボンチャム 20,000 ha 2.0 t/ha</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>乾期作</p> <p>コンボンチャム 500 ha 1.2 t/ha</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">雨 期 (112.0日) (1,400.9mm)</p>												1962~63 メコン河流域 { 122,000 ha 1.5 t/ha メコン河流域外 { 3,000 ha 1.2 t/ha		

(1964. OTCA)

即ち、メコン河は雨期に上流の中国、ラオスから肥沃な土を運び、コンボンチャム附近の湾曲部で流速の衰えとともに氾濫した河川敷にこの土を沈積する。この土に作付される雨期作は、雨が降り始める4~5月に播種、メコン河の水位が上がり水面下に没する前の7~8月に収穫する。引続いての乾期作は、水位が下がり土が現われ、まだ土壌水分のあるうちの11月に播種、早魃に襲われる前に成熟する早生種を栽培して3月に収穫する。

この2毛作は、「流水客土」の原理であり無肥料で雨期作2 t/ha，乾期作1.2 t/haの収量を確保しつつ，連作を可能としている。水は土を肥沃にし病害虫，野鼠を押える働きもするが，問題点としては，「雨期は収量は多いが品質が悪い（乾燥不良），乾期は収量は少ないが品質が良い」ことが挙げられる。

(2) 水田生産

インドネシア東部ジャワは，第2表の作付パターンIに示す通り，雨期の終末4～5月に水稻収穫を終えると直ちに土壤に水分のある間に省力化作業の「不耕起・穴植え」のとうもろこし播種が行われる。これは，耕起作業により土壤水分が失われること，播種期が遅れること，その他雑草が増えたり早魃に襲われる危険を回避するためであり，カンボジアの乾期作と同様に早生種を栽培して8～9月に収穫を行うのである。

従って，とうもろこしの収量は1.4 t/haと低収であるが品質が良いこと，水稻一作後の補完的二次作物（Secondary Crops）の位置づけで定着した作付パターンとなっている。

第2表 インドネシアとうもろこし作付パターン

区分	月別												年合計	備考
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
降水量 ^{mm}	137	94	56	25	5	5	18	61	165	226	276	213	1,284 mm	東部ジャワ・マラン県
東部ジャワ 作付パターン	I												1980(国統計) インドネシア全国 { 2,770,000 ha { 1.4 t/ha	
	水稻	乾期作(水田)												
	II													
	III													
	雨期後期作												雨期後期作	
	雨期前期作(キャッサバ混作)												雨期(1,114 mm)	

1964 島山 アジアの気候
1974 広瀬 熱帯農業

他方，畑地では作付パターンIIの「雨期前期作(キャッサバと交互作)」で9月播種，翌年1月収穫，その後キャッサバ栽培，及び作付パターンIIIの「雨期後期作」で2月播種，6月収穫の雨期作がある。この場合，乾期作(水田)は「田畑輪換」の原理で水稻作で施した肥料の残効利用による無肥料栽培で安定作であるが，雨期作(畑地)は地力維持，病害虫防除等の問題が生じ易く，スマトラ・ランポン州での3農場のとうもろこし作

の挫折に示されている。

(3) 畑地生産

タイにおいては中央を流れるメナム(チャオブラヤ)河が、カンボジアのメコン河と異なり流域の重粘土がとうもろこし生産に適さないことから河川敷生産地は少ない。このため、水田地帯の人口増の圧力を中央部及び東北部に位置する丘陵地の開拓により吸収する道を選んだと思われる。

この場合、第3表の通りインド洋からの南西モンスーンによってもたらされる降雨始めの5~6月播種、9~10月収穫の作付パターンが標準である。この国の雨期は降水量の年変動が比較的大きいため不安定作が伴うが、この期間を十分利用できる生育日数100~110日の品種育成(Guatemala種)、華僑によるトラクター賃耕、集荷・流通組織の確立等が総合的に機能して今日の生産地が造成されたのであろう。

一般に、「焼畑方式」の開墾は、水利を伴わない限り雨期作のみとなり、開拓後3~5年間は無肥料生産に耐えられるが、土壌養分は生産作物による収奪とスコールの豪雨による溶脱とで急速に失われること、雨期間が病害虫の多発を促進し、収穫物の乾燥が不十分になり易いこと等が宿命的につきまとうことは避けられない。

第3表 タイとうもろこし作付パターン

区分	月別	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	年合計	備考	
降水量 ^{mm}		89	106	171	178	191	306	255	57	7	9	29	34	1,492mm	バンコック * 1931~60 平均	
主産地 標準作付パターン																1982 (FAO) タイ全国 { 1,500,000 ha 2.0 t/ha
産業開発プロジェクト輪作体系 試験 1978~'83 播種期			雨期作播種 とうもろこし 				乾期作播種 { ソルガム マングビーン 大豆・とうもろこし 									供試圃場: Reddish Brown Lateritic Soil 無施肥とうもろこし 雨期: 2.7~ 1.6 t/ha 乾期: -
			5.14 5.15 5.25	6.18 6.7 6.11 6.18			9.4 9.22	10.15			12.4					

(1975. JICA)
(1984. JICA)

*タイの農業 AICAF 1979.3

3-3-2 生産経緯

土壤保全の見地からいえば、東西アジアの農業は水田造成による水田作（水稲＋畑作物）が永年作物栽培（樹木・果樹・特用作物等）が中心になるべきであろう。しかし、これ等には多大の資金と年月を要することから、当時の客観状勢が畑作とうもろこしの開發生産にふみ切らせたと思われる。

(1) 開発地域

「タイ国メイズ開発基礎調査（1975）」によれば、農業区分、土壤条件、各地の雨量分布、年変動、バンコクよりの距離等を検討して生産奨励地区を第1次、第2次に区分している。

1) 第1次奨励地区

中央部のメナム河周辺、国道1号線に沿ったSara Buri（サラブリ）、Lopburi（ロップリ）、Nakhon Sawan（ナコンサワン）、国道21号線のPhetchabun（ペチャブン）、2号線（Friendship Highway）のNakhon Ratchasima（ナコンラチャシマ）である。

2) 第2次奨励地区

第1次地区を外延的に拡大した中央部の国道21号線（Northeast Highway）に連なるPhichit（ピチット）、Phitsanulok（ピサヌローク）、Sukothai（スコタイ）、その他Kamphaeng Phet（カムベンベット）、Uthaithan（ウタイタン）、Kanchana Buri（カンチャナブリ）、Prachin Buri（プラチンブリ）、及び東部のLoei（ルーイ）、Sisaket（シーサケート）である。

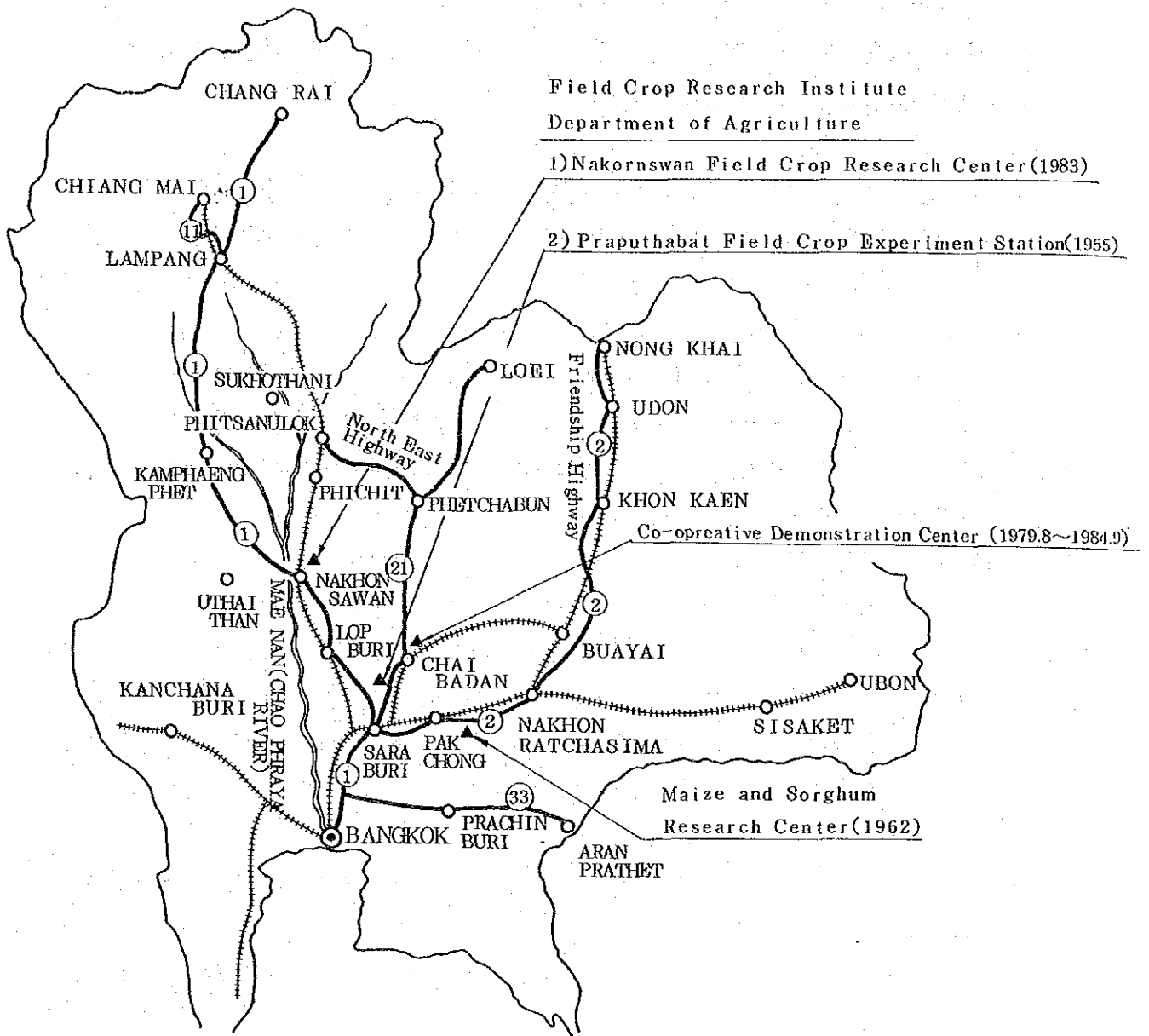
3) とうもろこし開発の総括

第1次、第2次の奨励地区を総括すると、生産適地の選定とこれを支える輸送条件の整備であって次の通りである。

- ① 西独の協力による Sara Buri 開発を基点として、メナム河周辺、国道1号線周辺のグループ
- ② 1956年開設の Sara Buri - Nakhon Ratchasima - Nong Khai に至る国道2号線（Friendship Highway）周辺のグループ
- ③ 国道21号線 Chai Badan（チャイバダン） - Phetchabun に連なって1980年開設といわれる Phetchabun - Phitsanulok の「Northeast Highway」周辺のグループ。

しかし、現在はこの開発方式－輸送道路開設とその周辺の適地開発という外延的拡大は限界に達し、内延的拡大－集約生産の段階に入ったといえる。しかも、この間に森林面積が1960年代53%であったものが、1975年代には40%以下となり国土保全からも開発の方向を転ずる時期になったのである。

第1圖 MAP OF THAILAND



(2) 優良品種の育成と普及

タイにおけるとうもろこしは畑作物の先駆的役割りを果たし、作付面積の増加と単位面積当たりの収量増加が並行的に進展したことから第4表の通り相乗的に生産高が向上した。

第4表 とうもろこし(飼料用)生産統計(1974/75~1983/84)

収穫年度	作付面積 1000Rai	単位収量 T/Rai	生産量 1000Ton	備考
1974/75	7,749	323	2,500	1 Rai = 0.16 ha
1975/76	8,100	354	2,863	
1976/77	8,029	333	2,675	
1977/78	7,533	223	1,676	
1978/79	8,661	322	2,791	
1979/80	9,529	301	2,863	
1980/81	8,960	335	2,998	
1981/82	9,796	352	3,449	
1982/83	10,494	296	3,002	
1983/84	10,552	337	3,552	
1984/85			(4,600)	予想収稔量(新聞)

Source: Center for Agricultural Statistics, Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives

この背景には優良品種の育成と普及があると思われるが、その経緯は次の通りである。

1) Guatemala Type^{*}時代

1950年にはとうもろこし作付面積3万6千ha、ha当収量0.74tに過ぎなかったが、1953年よりUSAIDによる育種素材の導入が始まり、Guatemala Golden FlintとアメリカのNicholsons Yellow Dentから生育日数110日の雨期作用品種Guatemala C-110が育成され普及した。このため、1955年にはha当収量は1.21tに向上した。

2) 研究センターの設立

1962~66年にMaize and Sorghum Research Centerが、農業局、カ

* Guatemala Type は、インドネシアを経由して導入されたもので同国ではスマトラ・ランポン州のMetro(メトロ)の地名を品種名としMetroと呼ばれ現在に至っている。

セサート大学及びロックフェラー財団により Pakchong(パクチョン)に設立され、とうもろこしの研究が強化された。

その成果として、1970年には作付面積70万ha, ha当収量2.39t, 生産高は167万tに達し、1950年の60倍に増産されたものである。^{*1}

3) ベト病の発生

東南アジアのとうもろこし生産に一大脅威を与えたのがベト病(Downy Mildew)の発生であった。タイでは、1968年Nakon Sawan県で80haのベト病 *Sclerospora maydis* (Rac.) Butler の発生が認められてより急速に拡大し、1974年には被害面積が102,400haとなった。

ベト病はこれより先に台湾、フィリピン、インドネシアでも発生しており、1972年、ベト病抵抗性品種として台湾のTainan DMR Composite №10, インドネシアのBogor Synthetic №2 の導入配布と本格的な育種が始められた。^{*2}

4) ベト病抵抗性品種の育成

1974年 Thai DMR №6 (Tainan №1, 2, 3, 10とPhilippines №1, 2及びBogor №2からなるComposite)が育成され、1975年にThai Composite №1 DMR (Philippines №1, 2及びTainan №1)が育成され、これが公認品種Suwan №1 となり広く栽培されている。^{*3}

5) 現 状

ベト病の被害は対策技術の開発で1968年発生は1974年終焉した。その内容は次の通りである。

① 抵抗性品種Suwan №1の育成

② 雨期に入るとともに播種(早播)することにより生育初期の罹病を回避する技術開発

③ 薬剤防除として、リドミル(Ridomil-Chiba Geigy社)の種子粉衣技術

従って、現状はAspergillus Flavus によるアララトキシン汚染問題の解決のみに重点が置かれている。

*1 日本がタイからとうもろこしの買付を始めたのは1959年からであり、品種育成もすすみ、1970年にはPrabudhabat(ブラブダバード) №5が発表されている。

*2 とうもろこしベト病は、1911年に発見されているが、さとうきび、ソルガムにも発生し、分生胞子の飛散により伝染発病する。

*3 Suwan №1は1976年命名、生育日数105~110日、収量6~7t/haであるが、後作を考慮したSuwan №2がSuwan №1より選抜された。未公認であるが生育日数95~100日、収量4~5t/haの早生品種である。又、Suwan №1は成績のよいことから「Miracle Variety」と言われており、現在これより優れた特性の候補品種はないとのことである。

3-3-3 現状と問題点

(1) 作物栽培の作業手順

作物栽培は次の8段階に分けられる。

- 1) 品種(種子)準備
- 2) 圃場準備-耕起・砕土・整地(場合によっては雑草防除を兼ねて耕起・整地を2回行う)
- 3) 作付様式-間作・混作(Multiple Cropping)が多いが収穫物の複数化による危険分散である(タイでは、とうもろこしを主作物とし、他作物との間・混作は少ない)
- 4) 栽植様式-畦幅×株間(1株本数)
- 5) 播種期, 施肥-圃によっては無施肥, 穴植が行われている
- 6) 管理作業-中耕, 除草, 灌漑, 排水
- 7) 病虫害防除
- 8) 収穫, 調製及び貯蔵

(2) 産業開発計画の成果

ここで、とうもろこし産業開発計画(1977~84年)における成果の中より問題を抽出した。

1) 品種比較試験

Suwan №1, Thai DMR №6, Pakchong №1602, Guatemala, Hybrid Pioneer 193 及び Hycorn 9の6品種について比較試験が行われてた。

播種期は、雨期5月15日, 乾期11月16日(1978年), 12月29日(1980年), 但し、乾期には70~450mmの灌漑を行った成績をみると、Suwan №1より特に優れたと認められる品種はなかった。

2) 栽植密度と施肥試験

Suwan №1は特に密植多肥により多収を得る品種とは考えられず、栽植密度は、40,000~50,000本/haで4.4~5.3 t/haの収量を得るが、施肥による増収が肥料代投資を確実に保証する成績はない。^{*}

3) 播種期と収量及びべト病の発生

播種を5月4, 19日, 6月3, 18日, 7月3, 16日の6段階で行ったが、いずれもべト病発生は認められず、1979年は5月19日播種、1980年は6月4~18日播種の収量が最も高く、4~5 t/haであった。

* 播種量 22 kg/ha, 種子価格 8 Bh/kg, 肥料代 不明

即ち、第3表に示した標準作付パターンの5～6月播種であれば、べト病発生の恐れはなく収量も安定して得られることを示している。

種子増殖事業では、1983年Pakchong 郡で雨期作後期穫種として8月下旬播種を報告しているが、洪水被害を蒙って高地の10戸より買付したとの記録のみで収量、べト病にはふれていない。又、この事業で配布した Suwan №1の種子の方が農家採取より良い成績を出しているが、採種量1,000tであれば更新対象面積は50,000haに過ぎない。

4) 多収穫記録

1982年に3農協及び1県(21戸)、1983年に5農協及び2県(47戸)で多収穫記録が行われ、成績は試験場のある“Praputhabat農協”がトップを保持しSuwan №1の収量は、1980年6.6 t/ha、81年6.7 t/ha、82年6.2 t/ha、83年5.1 t/haであった。

技術解析によれば、優良種子、地力、株数確保が多収要因であり、いずれも可能な事項である。

5) 病害虫の発生

① ベト病

1974～77年には発生が認められたが、その後はなく、終焉したと思われる。

② バッタ(Locust)及び熱帯野鼠(Rodent)は発生にむらがあるが、被害は現在でも続いている。

③ アワヨトウ(Army Worm)の発生は認められるが被害は少ない。

3-3-4 今後の対策

(1) アフラトキシン対応の経緯

1971年以前のとうもろこしのアフラトキシン汚染は、Post Harvest^{*}の貯蔵中の問題とされていたが、アメリカ南部でBefore Harvestの圃場立毛中の問題となったと言われる。

日本によるタイでの調査報告は1978年9月から1981年2月までの間に2回、延4名の専門家による汚染調査に基づいてなされた。即ち、「汚染菌類、特にAspergillus flavusに汚染されたとうもろこしで、有毒な代謝産物としてのアフラトキシンが生成される」としての広汎な調査であった。その集約は、以下に掲げる調査箇所の総てにおいてA. flavusの汚染が認められたとしていることである。

*USAIDのR. A. Ralston博士によれば、タイではPost Harvestの問題であるとの意見であった。

1) 収 穫 前

- ① 立毛中のとうもろこしの雌穂の先端
- ② 成熟期が近づき昆虫に食害されたか、又は、受精後枯れ始めた絹糸
- ③ 害虫のアワノメイガ (Corn borer), タバコガ (Corn ear worm) 等の食害を受けた雌穂
- ④ 収穫期における農家圃場 (表面土壌)

2) 収 穫 後

- ① 収穫作業において損傷した子実
- ② 未成熟で収穫した高水分の雌穂・子実
- ③ 農家の貯蔵庫における雌穂・子実 (汚染菌の変化を含む)
- ④ 集荷業者の貯蔵庫 (脱粒後の子実とその乾燥との関係を含む)
- ⑤ サイロ会社の倉庫 (但し、汚染の責任は集荷業者の段階までである)

(2) 栽培部門における防除のための長期対策

1) アフラトキソン抵抗性品種の育種 (抵抗性検定法の策定)

べト病発生時点では、台湾、フィリピン、インドネシア等に既に抵抗性品種があり、これ等からタイに適する「混成品種 - Composite」の育成が比較的短年月で行われたので被害も無くなったのである。

アフラトキソン、即ち、A. Flavus 抵抗性系統は未だ発見されず、国際的規模の遺伝子探索が行われていると思われる。従って、タイにおいても「抵抗性系統の探索と検定体制の確立」を図り、自圃か他圃で発見された系統による育種事業が開始可能な準備が必要である。

2) 抵抗性検定

農業・協同組合省においては、種子及び収穫後病理研究室 (Seed and Post-harvest Pathology Branch) と畑作物研究所 (Institute of Field Crop) で抵抗性関係の研究を行っている。

特に、畑作物研究所では、CIMMYTより102系統を導入し、「子実に対する孢子懸濁液接種法」で検定を開始している。^{*}

しかし、接種法には絹糸や雌穂に対するものもあり、検定法の確立と能率化のため施設強化 - 実験者の安全をも考慮した「A. Flavus 検定用実験室 (空気浄化装置付)」の設置が必要である。

* カセサート大学においては、農業局、CIMMYT の関係者を含めた研究組織のメンバーリストと課題一覧を示されたが、具体的な話はなかった。

3) 形態的育種 (雨水侵入防止及び乾燥速度向上)

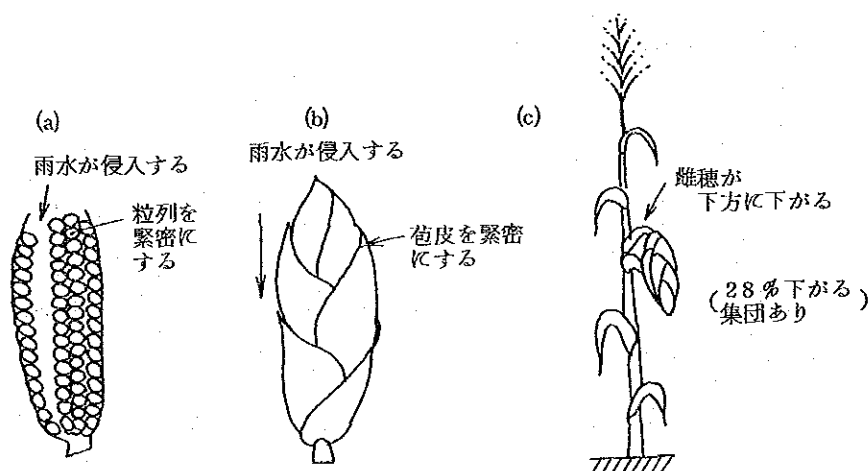
抵抗性の選抜とは別に、雨水侵入による雌穂の変質がA. Flavus の汚染を招くことから、以下に述べる雨水侵入防止、乾燥能率向上の形質選抜が行われている。

- ① 雌穂の子実の緊密性：粒列間の間隙からの雨水侵入防止 (第2-a図)
- ② 雌穂の苞皮の緊密性：苞皮のすき間からの雨水の侵入防止 (第2-b図)
- ③ 成熟期に雌穂が下方に垂れ下がる形質：雌穂が上に向いていることにより雨水が侵入し易くなることの防止 (第2-c図)

現在、集団の28%が下向き雌穂の系統が撰抜されている。

- ④ 虫害抵抗性：Corn ear worm 等に対する抵抗性

第2図 形態的育種



(3) 栽培部門における防除のための短期対策

1) 品質改善策の啓蒙普及

既に収穫作業の改善等を中心としたPR用ポスターの印刷配布を行っている。しかし、その内容には再検討を要すると思われる箇所もあり、十分に検討して普及組織を通じて農民、仲買人等を啓蒙するためのビデオ等を作製し活用することが望ましい。

2) 農家段階の収穫作業体系の改善

雨期に収穫した雌穂の子実水分は、完熟時でも20~25%であり、これを天日乾燥しても18~20%段階で止っている。

従って、アフラトキシンの生成を防ぐには、この子実水分20~25%をい

かに速やかに14%までに乾燥するか、18%以下で脱粒することによって粒の外傷をいかに少なくするかにかかっている。

このための改善策は次の通りである。

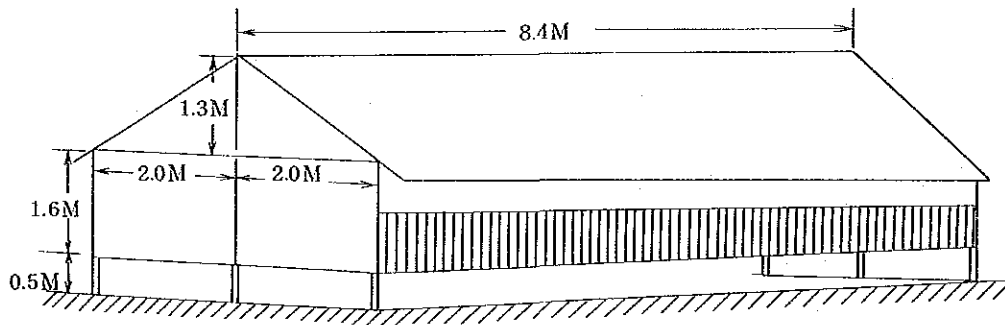
① 適期収穫，2度収穫：晴れた日に完熟した雌穂を収穫するが，補植又は2番成りの遅れ雌穂は残して後日再度収穫する。

② 改善とうもろこし貯蔵庫（Corn Crib）への収納：収穫した雌穂は速やかに剥皮し，開閉可能なビニール屋根付貯蔵庫に収納する。

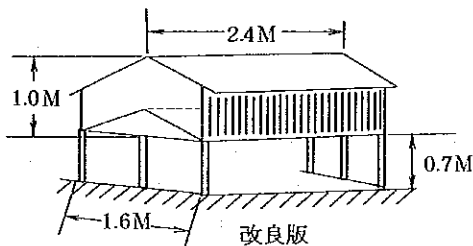
第3図の村井専門家による改良貯蔵庫は，収穫時24%の子実水分が6日間で18%に低下しているので各農家に設置させる。但し，試作品は， 3.84 m^3 であるので，日本，カンボジアのものを参考にし1ha当たり 13 m^3 の容積のものが必要である。

③ 剥皮機（Husker）の改善：実物は今回の調査で見ることができなかったが金属製との事であるので粒に傷をつけないよう改善する。

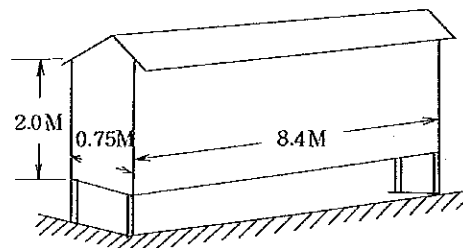
第3図 とうもろこし貯蔵庫の各種



(1) カンボジア (3 ha 分) 53.7 m^3 ($4.0 \times 1.6 \times 8.4$)

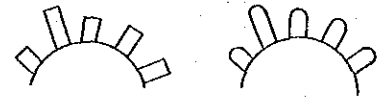
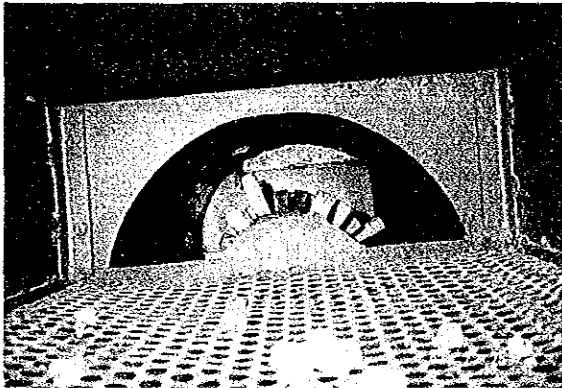
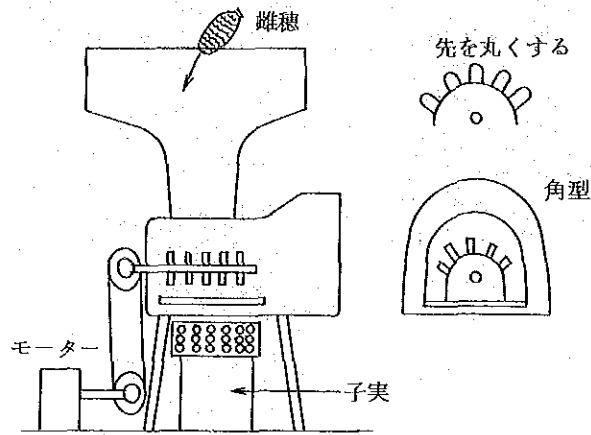


(2) タイ (村井専門家)
 3.84 m^3 ($1.0 \times 1.6 \times 2.4$)



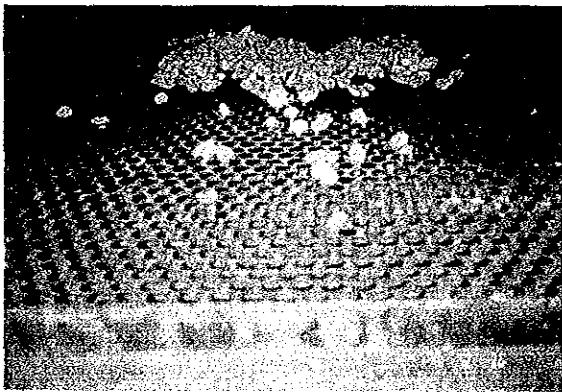
(3) 日本，十勝地方 (1 ha 分)
 12.6 m^3 ($0.75 \times 2.0 \times 8.4$)

第4図 脱粒機

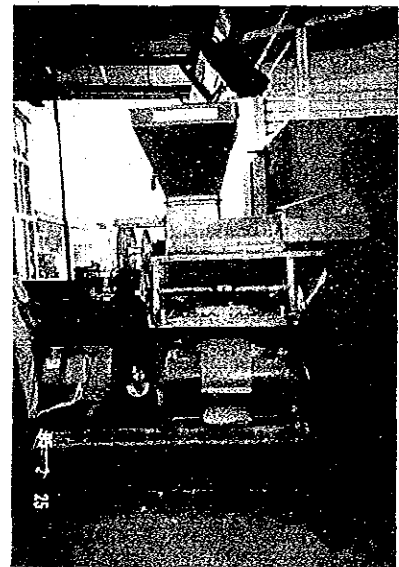


現存

改良



Praputhabat Field Crop Experiment Station



Corn Sheller

④ 簡易水分検定機の配布：生産者においてもKey Farmer には1台づゝ配布して子実水分、乾燥について注意を喚起することが望ましい。

3) 集荷業者、仲買人段階での改善

とうもろこし脱粒機の改善：畑作物試験場の脱粒機（第4図）はShellingの爪が角張っており、これではやゝ水分の多い子実が脱粒作業で傷つく可能性があるため爪の形の改良を行う必要がある。

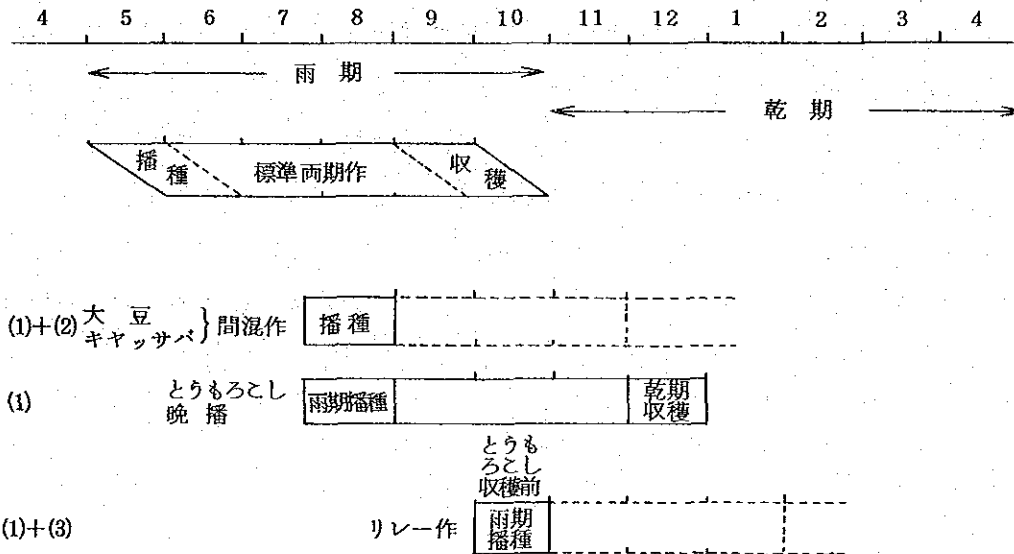
(4) 研究対策（作付パターンの改善）

1) 晩播きについて

標準作付パターンは、雨期作の5～6月播種、9～10月収穫であり「安全多収」、「べト病発生回避」技術であるが、既述の通り乾燥不良の問題を残している。

晩播き（第5図）は、所謂「雨期終期播」であり、未だ降雨のある8月播種で乾期に入った12月収穫のパターンであり、雌穂の乾燥には良い条件となる。

第5図 作付パターンの改善（晩播技術の確立）



2) 晩播きの問題点

① 晩播き品種の選定：現在の奨励品種 Suwan No. 1 は、5～6月播種で能力を発揮する「雨期1期作向き品種」である。従って、晩播によって生ずる問題は次の通りである。

(i) ベト病発生の可能性があり、現在より抵抗性のより強い品種を用いる方が安全である。

(ii) 晩播きにより乾期に登熟期間がずれ込むので、耐乾性品種導入による減収を防ぐことが必要である。

(iii) 標準播きでは単播きが主体であるが、晩播きによって生ずる種々の危険回避を図る必要が生ずる。この場合、間、混作や、輪作等多毛作が考えられ、品種（栽培法）の再検討が必要である。

② 施肥の検討：品種の選定と共に施肥技術等集約化の方向を検討する必要がある。

即ち、雨期終期播きでは、その後の降雨の不安定期遭遇及び、発病の可能性を考慮した場合、施肥による健全な生育が重要な要素となる。

3) 作付パターンの変更と研究問題

乾期に収穫を狙っての作付パターンの変更（晩播き）は、単に播種期の問題のみでは済まされない。

即ち、品種の変更、間、混作による他作物の栽培及びその生産物としての流通、これ等の作物生態の変化による病害虫の発生相の変動等が副次的に生ずるため、これ等の諸問題は慎重に見極める必要のある研究問題である。

4) 種子増殖事業における雨期終期播の実績（参考）

とうもろこし産業開発計画に関して雨期終期播きについての実績報告がある。これによれば、1982年は、雨期作646 ha（113戸）と雨期終期播き152 ha（32戸）の実績がイヤコーンで1,145 tの収量であり、1983年は、雨期作640 ha（104戸）（早魃により1ヶ月遅れて播種）、雨期終期作320 ha（58戸）で8月下旬播種したが洪水のため42 ha（10戸）のみ収穫でイヤコーン1,115 tの収量ということであり、これは、作付パターンの変更が可能な条件が、全作付地にわたっては存在しないことを示している。

3-4 とうもろこし流通過程

3-4-1 輸出状況

タイの主要輸出品は米・ゴム・錫・とうもろこし・タピオカ・砂糖等である。1984年の輸出金額統計によると第1位が米、次いでタピオカ、ゴムの順で、とうもろこしは第4位であり、主要輸出品の一つとなっている(第2表)。とうもろこしの輸出量(1984年)は287万tで20年前の約35倍に達している。

世界最大のとうもろこし生産国、輸出国はアメリカであり、タイはとうもろこし生産国として第16位に位置し、輸出量(第1表)によると世界総輸出量(1981年78,598千t)に占める割合は3.2%で南アフリカに次ぐ第4位である。

第1表 主要国のとうもろこしの輸出量

(単位:千トン)

区 分	1970	1975	1977	1978	1979	1980	1981
フ ラ ン ス	2,455	2,552	873	2,523	3,059	3,181	2,355
ア メ リ カ	14,402	33,503	40,481	50,142	59,242	63,152	54,856
アルゼンチン	5,233	3,887	5,431	5,895	5,960	3,481	9,112
ブ ラ ジ ル	1,471	1,148	1,420	15	10	6	7
タ イ	1,371	2,072	1,517	1,955	1,988	2,172	2,549
南アフリカ	1,201	3,218	1,900	2,800	2,152	3,317	4,400
世 界 計	29,432	51,285	57,225	68,107	57,578	80,104	78,598

FAO「Trade year book 1981年報」及び同月報(1983.3)

主な輸出相手国は、1984年では、マレーシア、ソ連、ケニア、シンガポール、サウディアラビア等である。1976年までは輸出量の大半が日本向けであったが、その後、年々マレーシア、シンガポール、香港、台湾等の近隣アジア諸国及びサウディアラビア等の中近東諸国への輸出増加一途である。日本への輸出は第3表の通り昭和57年以降実績零である。

これは、タイ国産品は第4表のような発がん性を有するアフラトキシン汚染の問題があり、近年における国民の食品の安全性への関心の高まりの中で、日本の畜産・飼料関係者が品質について強い懸念を有していること、価格が国際価格に比べ割高であった等の理由によるものである。

近年、アフラトキシンに対する先進諸国の規制は、第5表の通り非常に厳しいものとな

っている。サウディアラビア、シンガポール、フィリピン、韓国、台湾等ではアフラトキシンの含量についてタイ国産とうもろこし輸入の条件として50ppb以下を提示する等の規制が行われるようになってきている。

かかる状況下、タイではとうもろこし品質改善がその輸出に際して緊急に解決を要する課題となっている。

一方、国内消費については増加が顕著で年間100万トンに達し、家畜飼料原料として使用している。飼料の生産は80%がブロイラーを主とする養鶏用であるが、養豚用も増加しており、残り20%の殆んどが養豚用である。

第2表 THAILAND MAJOR EXPORTS COMMODITIES

Quantity:H/T
Value:Million Bh

	RICE		RUBBER		TIN		MAIZE		TAPIOCA PRODUCTS		JUTE & KEHAF		SUGAR	
	Quantity	Value	Quantity	Value	Quantity	Value	Quantity	Value	Quantity	Value	Quantity	Value	Quantity	Value
1965	1,895,223	4,334	21,0854	1,999	20,503	1,166	831,535	1,004	7,194,42	676	3,169,86	1,102	83,834	100
1966	1,507,555	4,001	20,2535	1,861	18,898	1,216	1,251,556	1,577	68,8603	644	4,732,69	1,614	54,858	82
1977	1,482,272	4,653	21,1118	1,574	20,107	1,822	1,145,981	1,431	781,325	726	3,170,94	866	15,013	37
1968	1,068,185	3,775	25,2220	1,816	24,017	1,510	1,558,198	1,647	888,854	772	2,894,78	674	52	—
1969	1,023,064	2,945	27,6381	2,664	23,431	1,631	1,544,515	1,767	975,091	876	2,55,978	780	16,102	47
1970	1,063,616	2,516	27,5610	2,232	22,246	1,618	1,447,955	1,969	1,326,865	1,223	2,57,663	719	56,248	94
1971	1,576,142	2,909	30,7871	1,905	21,873	1,569	1,873,461	2,286	1,123,084	1,240	2,71,676	935	174,571	382
1972	2,112,114	4,437	31,7695	1,862	21,840	1,664	1,843,619	2,085	1,311,038	1,547	2,55,093	1,087	40,7501	1,264
1973	848,717	3,594	39,0514	4,573	22,671	0,35	1,386,374	2,969	1,836,453	2,537	2,64,084	1,054	275,405	1,161
1974	1,029,273	9,778	36,2563	5,035	20,767	3,079	2,301,576	6,078	1,395,704	3,836	2,47,006	845	44,3847	3,757
1975	951,260	5,852	33,2189	3,474	1,6663	2,247	2,104,733	5,705	2,385,443	4,597	1,57,601	643	59,5434	5,696
1976	1,973,391	8,603	37,3458	5,297	20,048	2,972	2,419,186	5,676	3,720,710	7,527	1,38,362	579	1,12,3974	6,843
1977	2,946,434	13,382	40,1863	6,164	21,437	4,541	1,541,957	3,345	3,954,366	7,720	81,233	408	16,54,610	7,445
1978	1,606,732	10,425	44,2191	8,030	28,943	7,229	1,972,446	4,275	6,287,965	10,892	89,286	443	10,40,050	3,969
1979	2,796,869	15,592	52,0953	12,351	31,308	9,253	2,013,985	5,643	3,961,201	9,891	78,135	389	1,189,818	4,797
1980	2,799,724	19,508	45,5006	12,351	33,955	11,347	2,202,510	7,299	5,217,702	14,887	30,392	154	45,1,696	2,975
1981	3,031,783	26,366	47,2122	10,841	30,074	9,091	2,574,608	8,349	6,265,833	16,446	19,608	76	1,118,639	9,572
1982	3,784,143	25,510	54,4487	9,490	24,889	7,773	2,830,701	8,330	7,815,455	19,752	7,594	36	2,206,240	12,932
1983	3,476,480	20,157	55,5060	11,787	17,724	5,265	2,658,679	8,476	5,196,751	15,387	6,528	28	1,536,891	6,338
1984	4,545,142	25,110	46,7367	10,256	12,870	3,612	2,874,406	n.a.	5,313,755	n.a.	63,507	n.a.	1,206,010	n.a.
	(BOT)	(Jan-Oct)	(Jan-Aug)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(BOT)	(TSTC,TSC & SSEC)	

Source : Department of Customs
(From Bank of Thailand Bulletin)

第3表 日・タイともろこし協定取引の変遷

(単位：千トン)

回数	年度	Crop. year (7月~6月)	タイ国		協定数量	日本向け 輸 出 量	日本向け 比 率	協定の相手側	タイ国から 輸 入 量 (飼料用)
			生産量	輸 出 量					
第1回	昭和 34	1959/1960	317	236		(Crop year) 192	% 81.4	タイ産品 輸 出 協 会	
2	35	60/ 61	544	522		446	85.4	"	(314)
3	36	61/ 62	598	599		392	65.4	"	458
4	37	62/ 63	665	725		428	59.0	商 務 省 外 国 貿 易 局	340
5	38	63/ 64	858	927	500	579	62.5	"	429
6	39	64/ 65	935	862	800	686	79.6	"	854
7	40	65/ 66	1,021	1,130	800	755	66.8	"	549
8	41	66/ 67	1,122	1,158	800	761	65.7	"	781
9	42	67/ 68	1,212	1,245	820	617	49.6	"	510
10	43	68/ 69	1,331	1,274	584~896 780	433	34.0	タイ国貿易院	660
11	44	69/ 70	1,714	1,448	600	549	37.9	"	492
12	45	70/ 71	1,938	1,635	595~1,065 720	878	53.7	"	661
13	46	71/ 72	2,300	2,053	880~1,020 1,000	975	47.5	"	774
14	47	72/ 73	1,315	976	800~1,000 1,000	372	38.1	"	589
15	48	73/ 74	2,339	1,976	800~1,000 1,000	877	44.4	"	640
16	49	74/ 75	2,500	1,872	600~2,000 1,200	781	41.7	"	758
17	50	75/ 76	2,863	2,258	950~1,100 1,100	952	42.2	"	859
18	51	76/ 77	2,675	2,037	800~900	652	32.0	"	770
19	52	77/ 78	1,677	1,183	600~750	322	27.2	"	295
20	53	78/ 79	2,791	2,036	720	729	35.8	商 務 省 外 国 貿 易 局	709
21	54	79/ 80	2,863	1,917	600	311	16.2	タイ国貿易院	313
22	55	80/ 81	2,998	1,917	400	3	0.2	"	2
23	56	81/ 82	3,449	2,895	200	206	7.1	商 務 省 外 国 貿 易 局	185
24	57	82/ 83	3,200	1,903	(不成立)	8	0.4	タイ国貿易院	6
	58	83/ 84	3,880		(Free Trade)				0
	59	84/ 85	4,600						
資料	タイ国貿易院「Maize Crop Survey Report」								大蔵省 「通関統計」 ()内は暦年

注：協定数量に幅がある年次の数値は最低~最高を示す。

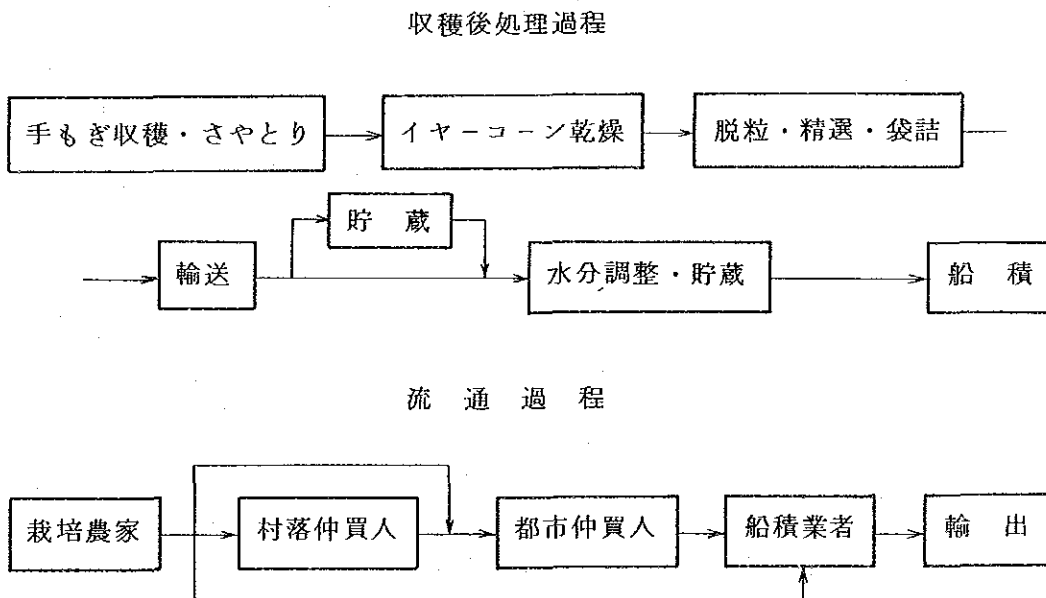
第4表 ラットに対するアフラトキシンB₁の発がん性

性別	飼料中の B ₁ 量 (ppm)	給与期間		発がん率
		試験飼料	正常飼料	
♂	1	41週		18/22
♀	1	61週		4/4
♂	0.3	52週		6/20
♀	0.3	70週		11/11
♂	0.015*	68週		12/12
♀	0.015	82週		13/13
♂	40μg/日	10日	82週	4/24
♀	40μg/日	10日	82週	0/23

注：*ラット1日10gの飼料を摂取すればB₁量は0.15μg/日
 バターイエローの必要発がん量は約9,000μg/日

(WOGAN 1967)

第1図 収穫後処理及び流通過程



第5表 Aflatoxin Control in Various Countries

Country(s)	Legal Control	Commodity	Food	Feed	Aflatoxins Limit (µg/kg)	Remarks
Brazil	Ministerial decree	Peanut meal		×	50 B ¹	Export control
Canada	Administrative guideline	Consumer nuts and nut products	×		15 B ²	Control under hazard to health
Denmark	Decree	Peanuts, shelled Brazil nuts, peanut products	×		0	Analytical method sets 5 B
ECC Countries ³	Council directive	All mixed feeds Dairy supplements		×	10-50 B 20 B	Dependent on animal
France	Regulation (in preparation 1 April 1976)	All foods	×		5 B	
West Germany	Regulation (effective 1 Jan. 1977)	All foods	×		5 B or 10 T	Not to exceed either criterion
India	Indian Standards Institute suggestion	Peanut meal	×		30 B	Based on WHO/PAG recommendation
Israel	Stored Products Research Lab. recommendation	All feedstuffs		×	20 B	
Italy	Ministry of Health circular	Peanuts or peanut products	×		50 B	
Japan	Regulation	All foods	×		0	Analytical method sets 10 B
		Peanut meal		×	1,000 B	Use in feed limited:
	飼料の種類					配合割合
		鶏用(幼子用及びブロイラー前期用を除く。)飼料				4%以下
		豚用(母乳期用を除く。)飼料				4%以下
		搾乳牛用飼料				2%以下
		牛用(母乳期用及び搾乳牛用を除く。)飼料				4%以下
Malawi	Export regulation	Peanuts	×		5 B	
Malaysia	Food code	All foods	×		0	Set by analytical method
Netherlands	Royal decree	Peanuts and peanut products	×		0	Analytical method sets 5 B
Norway	Ministry of Agriculture regulation	Oilseed meals		×	600 B	Limited in feed concentrate to <8%
Poland	Bill	All foods	×		0	Set by analytical method
	Ministry of Agriculture regulation	All mixed feeds			0-200 B	Dependent on animal, and regulated limit of peanut products in feed
Rhodesia	Voluntary code	Peanuts	×		25 B	Dependent on animal
		Mixed feeds		×	50-400 B	
Sweden	Royal decree	All foods	×		5 T	Dairy feed limit 15%
	Advisory standard	Peanut meal		×	600 B	
United Kingdom	Tariff regulation	Peanuts	×		50 B	
United States	Regulated tolerance	Consumer peanut products	×		15 T	Proposed regulation
	Administrative guideline	All other foods or feeds	×	×	20 T	Except raw shelled peanuts - 25T

¹Aflatoxin B₁. ²Total aflatoxins. ³European Economic Community.

Source: Mycotoxins in human and animal health (1975)

日本の備考欄は一部訂正あり。

3-4-2 現状と問題点

(1) 農家段階

収穫後処理及び流通過程は第1図の通りである。栽培地域では、雨期の始まる4月下旬から5月上旬にかけて播種され、8月上旬から9月上旬にかけて収穫されている。収穫方法は竹ベラでハスクに筋を入れ、イヤークーンを取り出し、集積所の竹籠に集める。収穫後のイヤークーンは晴間を見て庭先で予備的乾燥させた後、農家の床下、納屋に山積みし、約40日間貯蔵される。この時期は雨期末の高温多湿の条件下にあるため、水分含量の高いイヤークーンや未完熟のイヤークーンは「発熱」「発汗」「蒸れ」「発黴」を起し、また、害虫により損傷を受けて、品質の低下をきたすことになる。

又、乾燥処理の有無によるアフラトキシン含有量の変化をみると、乾燥処理区はアフラトキシン含有量は低く、無処理区はアフラトキシン含有量は高い。このような状態を改善するため、イヤークーンの貯蔵段階で早期に乾燥を行い水分調整することは、品質改善を図る上で重要である。しかし、イヤークーンの収穫時期が雨期、即ち高温多湿の気象条件下で行われることから、天日乾燥により貯蔵イヤークーンの水分含有量を下げるのは長時間を要し、品質低下を招く。熱風乾燥を取り入れ迅速に乾燥させ、水分や湿気の入りにくい倉庫に貯蔵しかびを防止することが最善であるが、経済的ではない。

(2) 集荷業者段階

農家で貯蔵、乾燥された後、仲買人又は農業協同組合に戻り渡される。この仲買人は所謂華僑系タイ人で雑貨商や雑穀商を営む傍ら金融業的な役割も果しており、農家は仲買人に生活面を多く依存しているのが実情である。

仲買人は農家にコーンシエラーを持参し、脱粒して集荷する。この脱粒時に未完熟粒や水分含量の高い子実が含まれると機械的損傷をうけ、損傷粒が多く出て、第6表の通りアフラトキシンの高濃度汚染が発生する。

農家から集荷されたシールドコーンは水分含量の低いものと高いものがあるが、低いものは、そのまま麻袋又はバラで仲買人の倉庫に保管され、相場をみて出荷される。シールドコーンの貯蔵安全水分は通気性の高い容器内では水分20%以下、密閉状態では15%以下と言われている。通常、水分含量の高いシールドコーンはコンクリート舗装の天日乾燥場や附近の空地、道路わき等で乾燥して水分20%以下にして出荷されるが、水分の多いまゝサイロ会社に出荷して1回乃至2回火力乾燥機で速やかに乾燥される場合もある。小規模の村落仲買人は空地や自宅の庭先等を利用してシールドコーンを乾燥、保管するが、乾燥中の「むれ」やプラスチックシートを使用しないため雨や露にあたることが多く、「発熱」「発かび」等が起り、シールドコーンの水分含量の上昇に伴いアフラトキシン汚染が拡がり、品質上の問題が起り易い。

(3) サイロ業者段階

サイロ業者は内陸の県積地タルア附近に8社、バンコク港の周辺に6社あり、貯蔵能力は約90万トンで各社とも第7表の通り火力乾燥施設を有している。

仲買人等で貯蔵された後は、船積業者に売り渡され、サイロ業者に搬入される。業者は船積業者のとうもろこしをサイロに預け、7月から翌年の6月にかけて年間を通じて輸出するが、第8表の通りピークは8月から12月である。

搬入されたとうもろこしは、荷口毎に事前の水分測定を受け、含量の高いものは火力乾燥によって水分を輸出規格(第9表)まで下げ、サイロに搬入される。搬入時の検査は、水分の他、異物、損傷品の割合等についても行われることになっているが、輸出規格のA級とB級との差が1US\$と僅少なため、必ずしも厳格には行われていないのが実情である。

(4) アフラトキシン汚染の状況

アフラトキシン汚染問題については、政府、関係大学、輸出協会等の関係機関は頭を痛めているところでありポスター等を作成し、汚染防止のため農家に対して普及、啓蒙を図っているところであるが、サイロへの搬入時のアフラトキシン含有量をみると第10表の通り、この時既に汚染されている。

3-4-3 今後の対策

(1) 乾燥保管施設等の改善

とうもろこし産業開発計画の報告書によると、アフラトキシン汚染の発生時期は、収穫から20日目以降であり、ピークは40日目とされている。この時期はイヤコーンが未脱粒のまま農家に貯蔵されている段階なので、農家に乾燥施設を設置すれば、アフラトキシンの汚染が比較的少なくなり、品質向上につながると考えられる。このため農家段階での貯蔵法として、屋根付きセメント仕上げ床、竹製の高床、金網等の簀の子床等の整備や貯蔵庫の設置が考えられる。

又、子実の損傷部分からアフラトキシン産生菌が発生すると言われており、子実の水分が高い程脱粒の際の損傷粒の発生が多く、アフラトキシンの汚染度が高くなると考えられる。子実の水分が25%以下であれば脱粒時の損傷は問題とされない程少なくなる。そこで子実の水分が25%以下になるまでイヤコーンの乾燥させ、水分含量が25%以下になったものを脱粒することが適切であり、このためには普及機関等で簡易で安価な水分測定器の常備が必要である。

更に、イヤコーンの状態でアフラトキシン産生菌が発育しない条件、水分14%以下とすることは、経済的にも不可能であるので、脱粒子実を迅速に乾燥できる機械とストックポイントを設置整備する必要があるが、石油が高価なため、本体価格とともに運

転経費の安価な乾燥機（太陽熱利用等）の開発が必要である。

(2) アフラトキシン簡易検査法の導入

アフラトキシン含有量に対する規定はなく、取引時において水分14.5%を基準に、23%まで含水比例で価格削減し、価格設定が行われるだけであり、品質改善のための水分調整、アフラトキシン汚染の認識はない。

アフラトキシン含有量による価格差を設ける政策が採用される一助とするため、現場段階において簡易且つ迅速にアフラトキシン含有量を測定できる方法を開発導入する必要がある。

第6表 CONCENTRATION OF AFLATOXIN B₁ IN MAIZE GRAINS (ng/g)

No	Maturity	Field	Group of grains	Days after harvested						Total	
				0	7	20	30	40	50		60
1	Completely matured	A	Undamaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Naturally damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Mechanically damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			U. Dm+N. Dm(4:1)	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Mean	-	-	-	-	-	-	-	-
			S. D.	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Completely matured	B	Undamaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Naturally damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Mechanically damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			U. Dm+N. Dm(4:1)	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Mean	-	-	-	-	-	-	-	-
			S. D.	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Completely matured	C	Undamaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-	-	-
			Naturally damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-	-	-
			Mechanically damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-	-	-
			U. Dm+N. Dm(4:1)	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-	-	-
			Mean	-	-	-	-	-	-	-	-
			S. D.	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Im-matured	A	Undamaged	<0.60	<0.60	1.42	30.06	11.14	17.61	9.33	269.56
			Naturally damaged	<0.60	<0.60	0.75	25.72	28.98	21.74	6.86	284.05
			Mechanically damaged	<0.60	<0.60	2.25	78.58	71.11	36.43	15.16	2188.38
			U. Dm+N. Dm(4:1)	<0.60	<0.60	6.30	57.28	51.54	23.88	12.83	2151.83
			Mean	-	-	2.68	47.91	40.69	24.92	11.05	2123.46
			S. D.	-	-	2.49	24.77	26.16	8.11	3.68	56.21
5	Nearly matured	B	Undamaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Naturally damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<2.69	2.11	<0.60	<0.60	24.80
			Mechanically damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<8.66	8.59	11.30	7.45	236.00
			U. Dm+N. Dm(4:1)	<0.60	<0.60	<0.60	<4.17	4.83	0.60	0.60	29.00
			Mean	-	-	-	-	-	-	-	-
			S. D.	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Nearly matured	C	Undamaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Naturally damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Mechanically damaged	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			U. Dm+N. Dm(4:1)	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60	-
			Mean	-	-	-	-	-	-	-	-
			S. D.	-	-	-	-	-	-	-	-

第7表 輸出用サイロ

BANKOK			TARUA		
Silo 名	容量 (M/T)	乾燥機 (台)	Silo 名	容量 (M/T)	乾燥機 (台)
BANGKOK DRYING&SILO	62,700	4	THAI SILO INDUSTRY	18,400	1
THAISILO AND INDUSTRY	132,600	2	LAEM THONG AGRI COPP	37,340	2
LAEM THONG CORPORATION	46,600	2	CONTINENTAL OVERSEAS CORP	87,000	3
A.C.F.T.SILOS	61,550	3	SORSONG SEARM	72,400	1
UNITED SILO& SERVICES	35,600	2	HAHLEE PRODU CE & SILO	59,000	1
UNITED GRAIN	195,000	2	THAI SAWADKIJ	24,500	1
			LERT VANJ PR- ODUCT	60,000	1
			NAHAPAN ENTERPRISE	22,000	3
計 6	534,050	15	8	380,640	13

第8表 MAIZE: EXPORTED FROM THAILAND IN 1984

Unit: M/T

Destination	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug.	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Bahrain	2000	-	6000	6000	-	5000	-	-	-	-	-	-	19000
Brunei	396	-	-	395	-	399	-	-	400	-	75	575	2290
China	7895	-	2683	-	-	-	-	-	-	-	4000	26500	38395
Hong Kong	13892	5500	787	3963	5436	5047	-	-	600	4099	-	50	41269
Japan	744	299	-	100	276	150	-	270	632	453	1339	709	5759
Jordan	21500	25000	12000	-	-	-	-	-	-	13451	21580	12733	94264
Korea S.	13750	-	-	11,767	-	1,000	22700	5,500	14400	24,305	-	5,500	110,922
Kuwait	-	700	28,795	-	-	-	-	-	17,387	9,701	500	-	28,288
Malaysia	25635	45,072	-	38,222	23,816	55,474	24,076	51,812	50,075	32,859	33,752	59,606	469,193
Qatar	-	3,000	22,550	-	-	-	-	-	-	-	4,000	-	7,000
Saudi Arabia	58,229	41,686	41,581	16,000	35,510	20,700	26,200	27,879	28,725	24,223	43,710	21,046	366,458
Singapore	14,400	17,435	-	13,635	39,290	32,281	23,791	21,094	56,109	28,250	26,350	62,604	376,820
Reunion	2,750	7,225	45,579	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,975
Tanzania	-	31,500	-	14,835	-	-	-	32,841	-	-	28,200	12,810	165,765
Zaire	1,019	7,381	5,000	8,400	-	-	-	-	-	-	-	-	16,800
Philippines	-	-	50	5,000	17,200	2,650	-	-	-	-	-	-	29,850
U. A. E.	-	-	24,000	100	-	-	-	100	50	997	1,695	-	2,992
Mozambique	-	-	-	4,800	24,800	9,075	11,669	989	-	-	-	-	70,533
Oman	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,800
Afars & Issas	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	200	5,300	5,700
Nigeria	-	-	-	-	-	4,767	-	-	-	-	-	-	4,767
Korea N.	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	10,000
Indonesia	-	-	-	-	-	-	-	9,800	-	-	-	-	33,079
Kenya	-	-	-	-	-	-	-	22,879	-	5,200	5,000	-	38,464
Yemen N.	-	-	-	-	-	-	-	30,108	82,771	133,386	71,454	70,745	388,464
Syria	-	-	-	-	-	-	-	1,972	-	-	-	-	1,972
U. S. S. R.	-	-	-	-	-	-	-	-	14,407	-	-	-	14,407
Yemen S.	-	-	-	-	-	-	-	-	79,500	158,990	134,782	43,326	416,598
Benin	-	-	-	-	-	-	-	-	986	-	-	986	1,972
Iraq	-	-	-	-	-	-	-	-	4,945	-	1,050	-	5,995
Taiwan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,956	19,365	18,000	77,321
Sri Lanka	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,558	-	-	49,558
Total	162,210	184,798	189,025	123,217	146,427	136,543	108,636	205,294	350,987	529,727	397,052	340,490	2874,406
Accumulated Total	162,210	347,008	536,033	659,250	805,677	942,220	1,050,856	1,256,150	1,607,137	2,136,864	2,533,916	2,874,406	

Source: Board of Trade of Thailand

第9表 輸 出 規 格

	Descriptions	Grade A or 1	Grade B or 2
	Shipment periods	July-November December-June	July-June
1.	Damaged Seeds : Heavily Slightly	Total 4.0% Total 3.0% Heavily Damaged Heavily Damaged 1.5%(max) 1.0%(max)	Total 5.0% Heavily Damaged 2.0% (max)
2.	Other coloured Seeds	1.0% (max)	3.0% (max)
3.	Weevilled Seeds	2.0% (max)	3.0% (max)
4.	Broken and Immature Seeds	2.0% (max)	3.0% (max)
5.	Foreign Matters (Excluding oil Seeds and poisonous Matter)	1.5% (max)	2.0% (max)
6.	Moisture	14.5% (max) No portion exceeding 15.0%	15.5% (max) No portion exceeding 15.5%

表1.0表 サイロ会社にトラック等で搬入された直後のとうもろこし粒

No	採取場所	採取日	水分 (%)	アフラトキシン B ₁ (ppb)	備 考
1	バンコク	10 / 12	14.9	73	
2	タルア	11 / 16	17.0	91	
3	バンコク	11 / 30	15.8	296	
4	タルア	12 / 23	14.6	trace	
5	"	"	15.4	"	
6	"	"	15.0	18	
7	バンコク	1 / 5	16.8	15	
平 均			15.6	80.4	

付 録 参 考 資 料

1. 訪問先及び面会者	49
2. タイ側による協議結果報告書	52
3. 入手参考資料	54
(1) 農 業 局	54
(2) カセサート大学	55
(3) アメリカ国際開発庁	61

1 訪問先及び面会者

(1) 2月21日(木)

1 Department of Technical and Economic Cooperation (DTEC)

Mr. Kasem Urahasuvan Deputy Director-General
Mr. Thawal Polpuech Director; Colombo Plan Sub-Division
Mr. Sulayuth Kungsadan Staff: ditto
大島農業・協同組合省派遣専門家及び甲斐JICA事務所員同行

2 大使館及びJICA事務所

浦部参事官, 三宅一等書記官及び甲斐所員
大島専門家同行

3 Kasetsart University

Dr. Neungpanich Sinchaisri Deputy Director; Research and Development Institute
Dr. Sutat Sriwattanapong Professor; Plant Breeding
Dr. Supot Faungfupong Professor; Crop Production and Physiology
川口カセサート大学研究協力チームリーダー及び大城カセサート大学業務調整員同席
大島専門家及び甲斐所員同行

(2) 2月22日(金)

1 Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives

Dr. Tanongchit Wongsiri Deputy Director-General
Mr. Chote Suvipatit Director; Foreign Agriculture Relations Division
Mrs. Dara Puangsuwon Head; Seed and Postharvest Pathology Branch
Mr. Prawat Tanboonek Staff; ditto
Mr. Patpong Patrakosol Staff; ditto
Mr. Nopporn Nabheerong Staff; ditto
Miss Prisnar Siriacha Staff; ditto
Miss Arunsri Wongurai Staff; ditto
Miss Kanjana Rhudhasamai Staff; ditto
大島専門家同行

2 Department of Foreign Trade, Ministry of Commerce

Mr. Chachaval Sukitjavanich Deputy Director-General
Mrs. Orasri Swangwan Director; Rice Trade Division
Mr. Anukul Korndiluk Chief; Maize Section
Mr. Chanchai Chaichalernsak Officer; ditto
大島専門家同行

3 United States, Agency for International Development (USAID)

Dr. R.A. Ralston

大島専門家，團長，永山，真鍋，戸田 3 團員

4 Department of Livestock Development

Mrs. Yuntar Pruksaraj Director; Feed Quality Control Division

Mrs. Cherdchai Thirattinrat Scientist; ditto

岡本家畜衛生アドバイザー同席

金谷，青木兩團員

(3) 2月23日(土)

1 Overseas Merchandise Inspection Co., Ltd. (OMIC)

伊藤支店長，福田次長，曾我油飼食品部長，布施主任分析員，飯島支店員
大島専門家同行

2 Meeting

浦部參事官，三宅書記官，大島専門家，松原貿易研修短期派遣専門家
甲斐所員，伊藤OMIC支店長，飯島OMIC支店員

(4) 4月25日(月)

1 Continental Overseas Cooperation Limited

Mr. Therasak Ngamsebat Assistance ; Limited

團長，永山，金谷，真鍋，青木 4 團員

2 Department of Agriculture

Mrs. Dara Puangsuwon Head; Seed and Postharvest Pathology Branch

Mr. Prawat Tanboonek Staff; ditto

Miss Prisnar Siriacha Staff; ditto

Mr. Dilok Urohalisangkak Head; Institute of Field Crop

Miss Pismai Srisukphrasert Staff; ditto

Mr. Narongsak Seranarong Staff; ditto

Mrs. Lily Kaueela Staff; ditto

大島専門家，戸田團員

3 Praputhabad Field Crop Experiment Station

Mr. Thamnong Tantatasme Chief

Mr. Supapong Uayuparp Agronomist

Mrs. D. Puangsuwon, Mr. P. Tanboonek 同行

(5) 2月26日(火)

1 Meeting

Mr. Anucha Chintakanand Advisor and Coordinator of the Advisory Council to
the Deputy Prime Minister

三宅書記官及び大島専門家同席

2 Meeting concerned Ministries

Chairman: Mr. Craaisap Sepsam
Deputy Permanent Secretary; Office of the Secretary
to the Minister

Mr. Sutin Susila DTEC, Office of the Prime Minister

Mr. Anukul Korndiluk Dep. of Foreign Trade, Ministry of Commerce

Mr. Chanchai Charchalernsak ditto

Mrs. Dara Puangsuwon Dep. of Agri., Ministry of Agriculture and Cooperatives

Mr. Wiroj Suntarnpal ditto

大島専門家同席

3 大使館及びJICA事務所

浦部参事官及び三宅書記官

後藤事務所長及び甲斐所員

2 タイ側による協議結果報告書

大島派遣専門家より提示のタイ語から英語への翻訳版

THE MISSION OF AFLATOXIN EXCLUSION PROJECT

Propose to the Deputy Permanent Secretary

I would like to report the activities of Mission of Aflatoxin Exclusion Project while they were in Thailand.

On February 22, 1985

After having a courtesy call on Mr. Tanongchit Wongsiri, the Deputy Director of DOA, there was a meeting between the Japanese Mission of Aflatoxin Exclusion Project and Thai-officials. The Thai Side has requested as follows :

1. Modern Aflatoxin Laboratory Building for DOA including some equipments needed for preparing and analyzing the samples in order to provide enough security for the researchers from the dangerous of Fungus.

2. Technical assistance and the equipments for corn breeding research in order to get the variety that resist aflatoxin and fungus occurrence.

3. Selection of corn dryer which has a low price and good quality for DOA. in order to test on minimizing humidity in different period and also analyzing aflatoxin.

4. Technical assistance and equipments for corn grain maintenance for small farm operation and middle man level.

5. Supporting on fellowships both for training and study tour in analyzing and identifying fungus that caused aflatoxin including training and study tour in plant breeding.

6. Experts in preventing aflatoxin and plant breeding to assist and advice the 5-year-research.

On February 25, 1985

The Mission went to the Field Crops Research Institute to consult with corn breeders about assising in breeding corn variety which resist aflatoxin. Moreover, the Mission also visited the Field Crops Experimental Station at Praputthabaht, Lopburi Province to observe the research on preventing aflatoxin which is the cooperation between Plant Pathology and Microbiology Division and the Field Crops Experimental Station under the assistance of the British Government.

On February 26, 1985

The meeting was held at the Ministry of Agriculture and Cooperatives consisted of the representatives from Department of Technical and Economic Cooperation, Department of Foreign Trade (Ministry of Commerce), Department of Agriculture and Department of Agricultural Extension. Mr. Chaisop Sopsam, Deputy Permanent Secretary was the chairman of the meeting. The Mission set up the ideas after the study tour in priority that will be proposed to the Government of Japan as follows.

1. Improvement of Aflatoxin Laboratory Building in order to have enough security for the researchers and up grading the research work.
2. Improvement of Harvesting system.
3. Improvement of corn drying and maintenance.
4. Technical assistance in making a research on corn variety that resist aflatoxin.
5. Assistance in improving the analysis of aflatoxin quantity and also the inspection of corn grain humidity.
6. Assistance in aflatoxin prevention and protection under the collaboration project between Thai Government Sectors and private sectors by using audio-visual. It is expected that Japanese Cooperation Volunteer Organization will cooperate in this project.

Due to the requisition of Department of Foreign Trade, Ministry of Commerce for a movable humidity inspection equipment and also fellowship for quality inspection training, the Mission will propose this matters to the Government of Japan for further consideration.

In this connection, the Mission informed that the said ideas are only the proposal which will be submitted to the Government of Japan. After that, the Experts Mission will come to consider for the Operation Plans of the Projects assisted by the Government of Japan. Finally, the last Mission will come to sign the Agreement in assisting the approved matters.

The Mission also suggested that for the efficient result, it is better for Thai Side to set up the project at national level responded by the sector concerned with solving aflatoxin in corn than proposing several projects for solving the same problem. In this connection, the meeting let the Department of Agriculture to response for this matter.

Dara Puangsuwan
Plant Pathology and Microbiology Division

(1) 農 業 局

PROJECT OF AFLATOXIN CONTROL IN MAIZE

BACKGROUND

It is generally excepted that aflatoxin occurs in maize when harvested and stored in moist conditions, such as occur in Thailand Aflatoxin is formed during or shortly after harvest. Thus the solution of the aflatoxin problem lies in drying the maize as quickly as possible to the safe moisture content at a out 14% or loss, by solar dry when possible and artificial drying when necessary. Despite the fact that there are large drying facilities in central market in Thailand, few farmers or merchants up country have adequate drying facilities. There is an urgent need to determine the scope of improveing both the natural and artificial drying of maize at the farm and merchant level and determine the effect on aflatoxin.

OBJECTIVE

The objective of the project is to find a practical and economic solution to the problem of aflatoxin in maize through improved drying and storage upcountry. In addition a survey of an incidence of aflatoxin pre and postharvest can be studied.

ASSISTANCES REQUESTED

1. Equipments for aflatoxin analyses
2. Selected drying equipments
3. Experts
4. Fund for study tour in Japan.

CONTROL OF AFLATOXIN IN THAI CORN

INTRODUCTION

Prior to 1971, aflatoxin contamination of corn (*Zea mays* L.) was considered primarily a postharvest storage problem. Extensive research⁽¹⁾ has demonstrated that aflatoxin contamination of corn in the field before harvest is a serious problem in the southeastern part of the United States. Corn is a major ingredient of swine, poultry, and cattle feeds and animal losses from aflatoxin in corn, causing mortality and subtle losses in weight gain and feed conversion, have been costly, particularly in certain years (1973, 1977 and 1980). Aflatoxin has also taken human lives in at least two catastrophic incidences; epidemiological data point to a direct relationship between the level of aflatoxin in the human diet and cancer⁽²⁾.

Research for prevention of preharvest aflatoxin contamination in corn by *A. flavus* has had research priority in the United States for 10 years. Control through genetic resistance, pesticides, detoxification, and agronomic and cultural practices has been intensively explored in both corn and peanuts. Although differences in aflatoxin levels in commercial maize varieties have been reported, the inability to repeatedly demonstrate these differences in experiments conducted over several locations and years challenges the concept that aflatoxin formation in corn is under genetic control. Sources and mechanisms of genetic control with a chemical basis for resistance to *A. flavus* invasion, infection, or aflatoxin production have not been identified. Analyses of samples from over 200 varieties of 10 commercial seed companies grown at 12 locations in Alabama from 1976—1981 have resulted in data leading to the conclusion that there is no resistant germplasm among current U.S. varieties (unpublished data).

Pesticides, including insecticides with some fungicidal properties as well as systemic fungicides, have failed to control *A. flavus* or prevent aflatoxin contamination in field corn. This is possibly because *A. flavus* is a saprophyte or a weak parasite at best rather than an aggressive plant pathogen and only capable of obtaining nutrition for growth from dead or dying plant tissue or seeds of low physiological activity. Insect injury to kernels, drought stress, and entrance for infection via dying silks are usually involved in years of epidemic aflatoxin contamination of maize before harvest in the U.S.

Among agronomic practices, the planting date, adapted varieties, optimum plant density, and good cultural practices, such as weed control and fertility balance to alleviate stress during grain filling, are considered useful in reducing preharvest aflatoxin contamination. Preventing drought stress by proper and timely irrigation can prevent and reduce preharvest aflatoxin contamination in both corn and peanuts.

Preventive measures are usually the most economical and effective, but the detoxification of contaminated corn, peanuts, and cottonseed with ammonia in some form has been universally

successful for reducing aflatoxin from high to negligible levels.

In Thailand aflatoxin contamination of corn appears to be most closely associated with the crop harvested in July-August during the rainy season. Data from the Thai Department of Agriculture in the years 1980-1983 indicated that aflatoxin in samples taken from farmer storage houses, middlemens' storage, and commercial silo ranged from 0-750 parts per billion (ppb)⁽³⁾. In general the percentage of positive samples increased with time at all locations. Preharvest samples showed only 4.6% contamination in 130 samples, but it is not clear from the report whether this represents one year or several years' data. The incidence of levels above 100 ppb was frequent enough to be of serious concern. Frequency of occurrence of Aspergillus flavus in corn samples indicates the normal widespread distribution of the fungus in corn. Data on environmental agronomic, and management factors that are favorable or depressant to the fungus and aflatoxin production are not available for evaluation. These data are needed to indicate the nature and circumstances of the invasion of Thai corn by the fungus. These data will indicate the research on control that will be most successful in the long-term, although short-term measures in the form of detoxifying feed corn with ammonia are available.

PROJECT

The overall objective of the project is to improve the quality of Thai corn by reducing aflatoxin contamination by Aspergillus flavus by short-term and long-term measures.

The specific objectives are:

- To determine the extent of natural preharvest aflatoxin contamination in Thai corn over at least three seasons.
- To determine the effect of planting date, drought, irrigation, temperature, minimum tillage, and other cultural practices and environmental factors on aflatoxin contamination in Thai corn.
- To determine the conditions, time and other factors influencing effective detoxification of aflatoxin-contaminated corn with ammonia in some form by or fermentation methods in Thailand.
- To evaluate the silk inoculation technique with A. flavus spores as a viable method for screening corn varieties for resistance to preharvest contamination.
- To evaluate varieties, in which the ear shank bends and the ear points toward the ground after physiological maturity, and determine if these ears have lower seed moisture contents conventional varieties; and to further determine the time relative to maturity date for harvesting well-adapted local varieties to obtain the lowest seed moisture content as methods to reducing postharvest aflatoxin contamination.

- To screen germplasm, which will be collected locally and internationally with potential aflatoxin resistance, crossed to well-adapted local varieties and selected for low fungus invasion and aflatoxin formation in progeny; testing may be by silk inoculation and other promising techniques.

- To determine the effectiveness of prompt crib-drying in preventing postharvest aflatoxin contamination.

CAPABILITY

People :

The research team will consists of Dr. Sutat Sriwatanapongse (Principal Investigator), corn breeder, Department of Agronomy; Dr. Chamnan Chutkaew, corn breeder, Department of Agronomy; Dr. Supot Faungfupong, agronomist, Department of Agronomy; Dr. Chalermnarb Chuaiprasit, pathologists, Department of Plant Pathology, and Dr. Orapin Bhumibhamon, food technologist, Department of Biotechnology. The international cooperators would be Dr. Bobby L. Renfro, plant pathologist, CIMMYT.

This group appears to represent a critical mass of competent scientists interested in aflatoxin research and problem-solving. They have excellent training, are young and enthusiastic, well-regarded by their peers, and should be achievers and producers of valid research data. Cooperation within this group should not be a problem, since they are closely associated at Kasetsart University (KU) and hold each other in high regard and respect. These are essential to quality team research involving several disciplines. It may also involve the Department of Agriculture (currently providing aflatoxin analyses) and at least these three departments at KU.

Facilities:

At present, there are 2 laboratories owned by the Department of Agriculture that can provide service to the analyses of aflatoxin. One laboratory is located at the Bangkok Campus and the other one at Prabhutabat Station, Saraburi. Since it is not convenient for Kasetsart University researchers to use either of these laboratories; the one at Bangkok Campus is extremely busy and the laboratory at Prabhutabat Station is too far, thus involving considerable travel time. Moreover, it is difficult to obtain the services and control of the lab: technicians since they are under the supervision of another organization. On a continuing basis, Kasetsart University should have its own aflatoxin lab.

The Kasetsart University Corn Program already has one protein laboratory where protein and amino acids in corn are run. With the addition of limited equipment, the aflatoxin analyses can be done there.

Equipment:

CIMMYT has already provided equipment for this aflatoxin lab. This includes UV block, hood (without blower), rotary vacuum evaporator, waring blender, desiccator, plates with silica-gel and spotting pipettes, and other small items. In order to make the lab function for aflatoxin analysis, additional equipment, such as fluorescence spectrophotometer and photosensitometer, will be needed.

Technicians:

There is one chemist with a U.S. degree in charge of the lab and one position is vacant. This chemist, however, does not have much experience in aflatoxin analyses; therefore, training for a month or two will be quite helpful.

Importance of having the aflatoxin laboratory:

Besides undergraduate study, Kasetsart University now has graduate programs (M.S. and Ph. D.) in many fields. The aflatoxin lab will play a great role in generating research activities which in turn will support student training. This laboratory can be used for retraining technicians from other organizations as well.

Biotechnology/genetic engineering laboratory:

At present, Kasetsart University has two central laboratories, one at Bangkhen and another at Kamphaengsaen Campus. Each lab is equipped with almost all sophisticated equipment related to biological science and biochemical research. With well-trained and competent scientists (Ph. D. level) in the fields of genetics, animal breeding, plant breeding and fish breeding, science and technology can be rapidly developed if biotechnology and genetic engineering laboratories are established. This could be done by simply utilizing the existing equipment in the Central Laboratory at Kamphaengsaen and Bangkhen Campus. Training in the fields of biotechnology and genetic engineering should be emphasized in the first phase of development. Research in areas of embryo culture, protoplast fusion, plant cell transformation, etc., could be developed during the next phase.

LIMITING FACTORS/CONSTRAINTS:

The limiting factors are:

- Funding for analytical equipment
- Continuing support for the research staff
- Continued provision of expendable supplies
- Training and retraining of research staff

TIME REQUIRED TO SOLVE THE PROBLEM:

Aflatoxin is not a new problem internationally. Although extensive research has been conducted in the U.S.A. and other countries, the problem still remains. It is doubtful that it will be solved quickly or that aflatoxin contamination will be totally prevented in corn or any other crop, per se. However, the economic effects can be reduced so losses will be minimized at all levels in the Thai corn industry. Short-term solutions, such as ammoniation of contaminated corn, can be verified experimentally as effective for Thai corn with the facilities available. A vigorous research program for 3-5 years should develop data to support short-term management solutions, technology for detoxification of contaminated corn, and determine the potential for success of a long-term breeding program for aflatoxin resistance.

PROBABILITY OF ACHIEVING SUCCESS

Technical through the acquisition of scientific knowledge of the nature of aflatoxin contamination in corn in Thailand, management, cultural practices and other approaches will be utilized to reduce aflatoxin contamination. Technology transfer offers an almost immediate solution for the utilization of contaminated corn for feed by detoxification with ammonia. Because this is an international problem, potential sources of resistance in corn varieties can be obtained, new techniques shared, and new technology transferred.

Development of resistant varieties, the most effective and economical approach, requires several years and crop generations once a source of resistance is identified. A biotechnology approach may provide a source of resistance, but does not represent an immediate solution, since it is probably a long-term technique that may require extensive development. Limited preliminary data with a corn variety(s), which at harvest had drooping ears with decreased kernel moisture content, seems to offer an innovative, totally new approach for varietal resistance in Thailand. The key to preventing postharvest contamination by fungi is rapid drying to a safe kernel moisture content of 14-15%. Thus, if preharvest contamination is not the major mode of aflatoxin contamination in Thai corn, then this approach to reduce post harvest losses is promising for the long-term, since such a promising new variety must be crossed and back-crossed to local varieties to make an acceptable production variety. However, for the latter, cell fusion may offer assistance.

Commercial:

Thailand's agricultural products provide 60% of the nation's total export earnings and about 25% of GDP. Tapioca, rice and corn are the major exports. In 1980, revenues from agricultural exports amounted to 60% of total exports. As one of the world's few net food exporters, Thailand is the potential, future "supermarket" of Asia.

Corn is becoming more important as an export commodity since tapioca has had marketing problem in Europe. It is anticipated that production will increase from 3.5 million tons to 10 million tons in 10 years without increasing land areas. This can be achieved through the use of

modern technology, such as hybrid seed, improved cropping systems, and cultural practices. Thailand's agriculture has now reached the stage of self-sufficiency and is moving toward commercial industry. The quality produced is the main concern to be able to compete in the world market. Therefore, the project to improve the quality of Thai corn by reducing aflatoxin contamination is quite timely and appropriate to maintain economic stability. This will also serve as a major guideline in resolving the same problem in other crop commodities.

ALTERNATIVES TO SOLVING THE PROBLEM:

Short-Term:

Detoxifying contaminated corn with ammonia is a short-term solution. Prompt harvest at maturity followed by some form of drying is essential for both long- and short-term resolution of the problem, particularly if seed moisture content is ordinarily high at harvest.

Long-Term:

This is really no acceptable long-term alternative to solving the aflatoxin problem in Thai corn. Alternate crops, such as grain sorghum are being grown and are of a great value as feed supplements but are of little value as exports. Increasing production in the second crop of corn harvested during the non-rainy season is an alternative. However, there is no data as to the occurrence of aflatoxin in grain sorghum or in the second corn crop. Knowledge of the factors involved in aflatoxin contamination in Thai corn are essential for scientific and economic decision-making.

LONG-TERM SOLUTION VIA BIOTECHNOLOGY:

Data from the United States, if verified, demonstrated the presence of virus (double stranded-RNA) in a nontoxic strain of Aspergillus flavus. When treated with cycloheximide this strain became a toxin-producer. Attempts are now underway to transfer this ds-RNA to Aspergillus parasiticus to determine if it will prevent toxin production by formerly toxin-producing strains. If these results are promising and successful, then transfer of the ds-RNA to a corn cell via a t-plasmid or other method could create a source of resistance to aflatoxin formation in corn by Aspergillus flavus.

Literature Cited

- Diener, U.L., R.L. Asquith, and J.W. Dickens. 1983. Aflatoxin and Aspergillus flavus in Corn. So. Coop. Ser. Bull. 279, Ala. Agric. Exp. Stn., Auburn, AL 36849. 112 pp.
- Council for Agricultural Science and Technology. 1979. Aflatoxin and other Mycotoxins: An Agricultural Perspective. CAST Rep. 80. 56 pp.
- Siriacha, P., A. Wong-Urai, P. Tonboon-Ek, and D. Buangsuwon. 1983. Incidence of aflatoxin in corn. 14th Thai Nat. Corn Sorghum Rep. Sess., Khon Kaen. 16 pp.

Project: Quality Improvement of Agricultural Commodities for Export

I. Prevention and Control of Aflatoxin in Maize, Sorghum, Peanut

The Problem

The government of Thailand is becoming increasingly conscious of the cost of the nation's economy of losses incurred in post-harvest marketing systems. In the past the Department of Agriculture (DOA) has placed emphasis on research into the causes and reduction of pre-harvest losses. Now, DOA in response to national requirements wants to strengthen its activities in the field of post-harvest losses. One particularly serious contaminant of grain and oilseed is aflatoxin which is toxic to both animals and humans.

There has been a serious problem with aflatoxin contamination in maize which has affected the export trade of the country as well as posing a serious hazard to the local population. During the period 1981--82, Thailand exported over 3 million tons of maize valued at about US\$450 million. A good portion of the shipments are subject to severe price cuts due to high levels of aflatoxin. At present, the Department of Agriculture does not have adequate knowledge and facilities for control of aflatoxin, nor does the private sector. In addition to the private sector there is a small public sector operated by the Marketing Organization for Farmers and cooperatives also concerned with maize exports.

Once grain and oilseed is purchased from the farm it is held by traders prior to sale to other traders, feedmills or export markets. Storage space in which grain is held varies in terms of size; type of construction e.g. wood, concrete block, metal or concrete silo; and quality of construction. The grain is normally held in sacks although larger warehouses may also use floor bulk storage.

The extent to which physical and quality losses of grain and oilseed occur in the marketing system has not been evaluated but are significant (5% to 10%).

The potential benefits of the project are considered to be substantial. For maize alone, if storage losses could be cut by only 10%, a further 30,000 tons of maize could be available for export, worth nearly US\$5 million, based on current export price, not to mention a much larger increase in the value of total maize exports. For example, elimination of aflatoxin in Thai maize exports could result in increased export earnings of nearly US\$50 million.

II. Main Elements of the Project

The Division of Plant Pathology and Microbiology Division of DOA in cooperation with

Division of Agricultural Engineering will undertake the responsibility of implementing the project for prevention and control of aflatoxin occurrence in maize and oilseeds. Close coordination with Kasetsart University, Departments of Agronomy and Plant Pathology will be maintained. For example, all aflatoxin contamination tests required by Kasetsart University are made by the Pathology Division of DOA.

Workshops for personnel from government departments and private sector will be organized under the project.

To gain knowledge of experience of other countries in the control of aflatoxin, an on-the-job study tour for 2 m/ms on aflatoxin prevention and detoxification is included in the project.

		<u>Project Fund</u>
Rewiring and Remodeling Existing DOA Laboratories		\$ 50,000
3	Rotary Evaporators	@ \$2,000 6,000
2	Hydro Thermographs	@200 400
1	Vacuum Pump	1,250 1,250
1	Plastic Sealer	350 350
2	Pesticide Sprayers	@350 700
4	Cold Boxes	@100 400
4	Split Type Air Conditioners (LAB)	@1,500 6,000
2	T2Cn Plate Boxes	@150 300
1	Shelling Machine	@1,000 1,000
5	Explosure-proof Blenders	@200 1,000
2	Test Tube Status	@1,000 2,000
2	Nitrogen Tanks	@150 300
1	36 mm. Camera w/close uplens	400 400
1	Set Audio Visual Aids (to be prepared)	15,000 15,000
1	Minibus	13,500 13,500
15-20	"Crib" Type Dryer	
	Materials and Construction	15,000
	Operating Costs	30,000
1	Storage Expert — 2 months + seminar	30,000
1	Aflatoxin Analysis Expert — 2 months	20,000
2	DOA Scientists On-Job Study in USA (3 months each)	30,000
		<u>\$223,600</u>

Note: RTG expenditures include in-kind DOA staff salaries, laboratory and office space, existing equipment.

* Same cost item also included in fruit and vegetable post harvest project proposal submitted by DOA, perhaps this cost can be borne by RTG budget.

STATUS OF CONTROL OF AFLATOXIN CONTAMINATION IN CORN*

Dr. Urban L. Diener
Plant Pathologist, Auburn University, U.S.A.

Introduction

A few fungi or molds have the capacity to form chemical substances that are poisonous and produce toxic symptoms and disease when food or feed containing them is eaten by humans and animals. These chemicals are called mycotoxins, a term derived from "myco" meaning fungus and "toxin" meaning poison. A mycotoxin is a toxic secondary metabolite that may be named after the fungus producing it. Thus, the name aflatoxin was formed from "A" for Aspergillus (the genus), "fla" for flavus (the species), and the noun "toxin" was added. The diseases in animals caused by mycotoxins are referred to as mycotoxicoses; the disease caused by aflatoxin as aflatoxicosis.

History

Mycotoxins have been with us since the beginning of time. Ergot poisoning in humans and animals can be traced to the earliest civilizations of over 5,000 years ago. Poisoning of humans reached epidemic proportions in the Middle Ages in Europe when ergotism resulted from the consumption of ergot-contaminated rye bread. However, the disease was not associated with the ingested ergot until the mid-19th century. In Russia in the 1940s, stachybotryotoxicosis in horses and humans was associated with fungus-contaminated straw. Alimentary toxic aleukia was involved in the death of hundreds of Russians during World War II was associated with Fusarium fungus infection of over-wintered wheat and millet. In Japan, cardiac beri-beri and other human diseases have been associated with metabolites of the Penicillium molds. Thus, aflatoxin, identified in 1963, is a relatively recent mycotoxin that because of its carcinogenic effects has stimulated extensive research and the development of the scientific discipline of mycotoxicology.

Fungi and their Mycotoxins

Most toxin-producing fungi are present world-wide in the air and soil and thrive in a wide variety of environments. The extent of fungus growth and toxin elaboration is related to temperature, maturity of the seed or other plant material, nature of the competing micro-organisms, and the ability of the fungus to invade the seed or other plant parts. Plant products are subject to contamination by fungi and their metabolites during growth, harvest, transport, processing, and storage.

* A paper presented at a seminar in Bangkok on January 22, 1985 sponsored by the Agricultural Technology Transfer Project and the Department of Agriculture, MOAC.

Mycotoxins may remain in food and feed long after the fungus that produced them has died. Toxins can be present at dangerous levels in food and feeds that are not visibly moldy. Contamination of the food supply by mycotoxins becomes a potential chronic challenge to human health, since many toxins survive in major part the usual conditions of cooking or food processing. When feed becomes contaminated, there can be livestock losses from death and decreased weight gains from mycotoxicoses; in addition, mycotoxins or their metabolic products may remain as residues in meat, milk, and eggs.

History — Aflatoxin

In late 1959, a shipload of Brazilian peanut meal was landed in England to be used as protein supplement in animal feeds. In early 1960, losses of over 100,000 turkey poults at 500 locations were reported from an unknown disease involving mortality, hemorrhages, pale fatty livers, bile duct proliferation and necrosis. "Turkey-X" disease also caused large scale losses of pheasants, partidges and ducklings. A similar disease syndrome was noted in pigs and calves. The factor common to all these feeds was the "Rossetti" Brazilian peanut meal. The meal was sterile from the oil removal process so no fungus could be isolated, although dead fungus and insect fragments were present. About the same time, duckling livers from Uganda indicated a similar disease in Uganda peanuts. The fungus isolated was Aspergillus parasiticus, but was called A. flavus in the literature.

About the same time, the high incidence of hepatomas in hatchery-reared rainbow trout, which had been noted in Italy, France, Japan, and the United States, was established to be from aflatoxin in cottonseed meal used in the feed. Aflatoxin contamination of cotton seed is largely limited to low-altitude areas of Arizona and Imperial Valley of California, where high night temperatures of 30° + are common. In 1978, whole contaminated cottonseeds were fed to dairy cows, and aflatoxin M₁ exceeded FDA limits resulting in the dumping of more than 50,000 gallons of milk.

Moldy corn poisoning of swine and cattle in Georgia and Alabama reported in 1952 was characterized by an acute liver syndrome. A. flavus was isolated and the symptoms reproduced. Coincidentally, liver disease in kennel-reared dogs was noted in the Southeastern U.S. with symptoms of liver necrosis and bile duct proliferation, which was later reproduced experimentally with aflatoxin. The first case of aflatoxin in corn verified by Auburn scientists was in 1965, which involved the loss over 60 farrowing pigs. As a major ingredient in swine, cattle and poultry feeds, corn contaminated with aflatoxin has caused extensive losses via mortality, and even more through the subtle losses in weight gains and feed conversion, particularly in Southeast U.S. in 1973, 1977, and 1980.

The Fungi

Aspergillus flavus and A. parasiticus, closely related fungi, occur worldwide in the soil and contaminate a wide variety of crops in the field, during harvest and handling, in storage,

and during processing. These fungi are seed-inhabitants of corn, peanuts, cereal grains, cottonseed, grain sorghum, and tree nuts. Aflatoxins are produced only by these two fungi, although not all isolates produce aflatoxin in the field or laboratory. A. flavus typically produces only aflatoxin B₁ and B₂ (blue-fluorescing under UV), whereas toxigenic A. parasiticus isolates produces aflatoxin G₁, G₂, and M as well. Over 90% of the analyses of corn samples reveal only AFB₁ and AFB₂, while AFB₁ and AFB₂ are also common in contaminated peanuts. A. flavus is considered dominant in cottonseed, tree nuts, and grain sorghum as well as corn, while A. parasiticus prevails in peanuts. These two fungi are saprophytes living on dead or physiologically inactive plant tissues; they are not aggressive plant pathogens. Other unique characteristics are their tolerance of high temperatures and relative humidities as low as 85--88%.

Preharvest Contamination

Most of our knowledge of the specific details of preharvest contamination of corn by A. flavus has been produced in the last five years. Just after pollination when silks are turning from green to yellow-brown in color, the everpresent A. flavus spores germinate and rapidly colonize silks and pollen grains on the silks. Infection is favored by high temperatures of 30--34°C with the fungus growing into the developing kernels in four days. Insects provide infection sites by injuring kernels, in spreading the fungus within the ear, and introducing spores into the ears. The colonization of developing corn kernels by A. flavus reported at the early milk, late milk, and early dough stages indicates a wide latitude for infection.

Plant stress, particularly drought, has been associated with epidemic losses due to aflatoxin in corn and peanuts in Southeast U.S. in 1977 and 1980. Losses involved low crop yields, highly contaminated corn, and of animals ingesting contaminated corn. Whether elevated temperatures and water stress are linked to increased parasitic ability of the fungus and its associated infection processes or to their effect on the susceptibility of the plant and enhanced vulnerability of the kernels is not clear. Stress from inadequate fertilization and dense plant populations (weeds) also contributes to aflatoxin development in corn.

Post-Harvest Contamination

Moldy grain and crops have long been a problem throughout the world, whenever and wherever crops are harvested moist and are not promptly and adequately dried to safe storage moistures or when left in the field beyond maturity. Corn and other grains require rapid drying and dry storage facilities that provide aeration to prevent fungus (mold) growth and toxin formation. Prior to 1971, aflatoxin contamination of corn was considered to be primarily a post-harvest handling and storage problem. Extensive research has demonstrated that extremely high levels of aflatoxin are associated with post-harvest aflatoxin contamination of agricultural commodities.

CONTROL OF AFLATOXIN CONTAMINATION

Research on the prevention of preharvest and post-harvest contamination in corn by A. flavus has had a high priority for over ten years, particularly in Southeastern United States. Control through genetic resistance, pesticides, detoxification, and agronomic and cultural practices has been intensively explored in both corn and peanuts by scientists in universities, USDA, and industry.

Genetic Resistance

The lack of progress in developing corn and peanut varieties resistant to A. flavus invasion and aflatoxin formation over the past 10 to 15 years indicates that researchers are facing problems that are more formidable than those usually encountered, probably because the fungus is primarily a saprophyte and not an active plant pathogen. Further progress in screening maize varieties for resistance would be facilitated by: (1) identification of at least one source of resistant germ plasm; (2) improvements in uniformity of treatment response among replications, locations, and years; (3) development of inoculation methods that yield infection levels of adequate magnitude to differentiate among genotypes; and (4) development of a rapid and inexpensive method for aflatoxin assessment.

Identification of sources and mechanisms of genetic control with a morphological or biochemical basis for resistance to A. flavus invasion, infection, or aflatoxin formation would provide a significant step forward.

Differences in aflatoxin levels in commercial maize varieties at harvest have been reported, but the inability to repeatedly demonstrate these differences in experiments conducted over several locations and years challenges the concept that aflatoxin formation in corn is under genetic control. In genetic studies, a large interaction between genotype and environment has been observed. Many factors may contribute to the large statistical and experimental errors encountered including: sampling techniques, aflatoxin analysis, method of inoculation, number of samples lack of knowledge of fungus-plant relationship, and varying environmental conditions. Analyses of samples from 213 corn varieties of 20 seed companies grown at 12 locations in Alabama from 1976–1981 have resulted in data leading to the conclusion that there is no resistant germplasm among current varieties in the United States. However, genetically controlled, indirect methods of reducing preharvest A. flavus invasion and aflatoxin contamination include using varieties with adaptation to location and a high degree of resistance to ear-damaging insects, diseases, and stress during the grain-filling period.

Antifungal Agents (Pesticides)

Numerous pesticides, including insecticides with some fungicidal properties as well as systemic fungicides, have been evaluated in the past 10 to 15 years as a means of controlling the growth of A. flavus and aflatoxin in corn. A number of chemicals inhibit aflatoxin formation

in the laboratory and five of 30 pesticides have been applied to corn during the growing season. Several reduced but did not eliminate aflatoxin B₁ in corn at harvest. This failure to control aflatoxin contamination again may be caused because the fungus is not an aggressive pathogen, but is a saprophyte or a weak parasite only capable of obtaining nutrition for growth from dead or dying plant tissue or seeds of low physiological activity. Certain volatile fatty acids, such as propionic and acetic, were found to prevent A. flavus growth and preserve high moisture corn without reducing its feed value. However, they do not inactivate or alter aflatoxins that have formed before treatment.

Agronomic and Cultural Practices

Among agronomic practices, the choice of planting date, use of adapted varieties, and selection of optimum planting density are considered useful in reducing preharvest contamination. Methods of prevention have emphasized good cultural and management practices, such as weed control and fertility balance to alleviate stress; preventing drought stress by proper and timely irrigation practices; harvesting at maturity and not before; avoiding damage to kernels during harvest that are not dried; and keeping the crop clean and free of debris and soil.

Physical Separation

Aflatoxin in lots of contaminated corn is usually concentrated in a small number of kernels, providing an opportunity to reduce the aflatoxin content effectively yet economically by mechanically removing the contaminated kernels. Physical separation methods have been used successfully for peanuts and Brazil nuts, but have been generally ineffective for lowering the aflatoxin content of naturally contaminated corn either by dry cleaning, wet cleaning or preferential fragmentation. However, recently two scientists segregated sound from contaminated corn of two lots differing in degree of contamination (527 and 3,317 ppb) into buoyant and nonbuoyant fractions in water and three sucrose solutions (20, 30 and 40%). They found that aflatoxin-contaminated corn was buoyant in these liquids and could be separated from sound kernels with a significant reduction in overall level of aflatoxin in the sound corn. Although this procedure is impractical at this time, it suggests that density differences exist between sound and contaminated grain that could provide a basis for designing segregation processes.

Better results have been obtained when corn is milled. After dry milling, the aflatoxin content is lowest in the grits fraction and does not exceed 10% of the level present before processing. Aflatoxin is highest in the germ, hull, and degermer fines, which are byproducts used in feed. Wet milling corn yields starch that contains only about 1% of the aflatoxin originally present, while the feed products contain more than 97% of the original aflatoxin.

Early detection and diversion of highly-contaminated corn may prevent pollution of good quality corn, although blending is a universal practice. Bright greenish-yellow fluorescence (BGYF) can be observed in broken kernels of maize contaminated with aflatoxin when examined by exposure to ultraviolet illumination (black light). The presence of BGYF in kernels is not a

test for aflatoxin in corn, but is a presumptive indicator that aflatoxin may be there, but requires confirmation by chemical analysis.

Physical Inactivation

Although the aflatoxins are stable up to their melting points near 250°C, partial degradation does occur when contaminated products are heated. The level of aflatoxin in contaminated corn has been reduced by 40 to 48% when corn with an AFB₁ content of 133 to 877 ppb was roasted in an electric cooker at 145°C and by 58 to 66% at 165°C. An 81% reduction in aflatoxin was achieved by roasting corn (AFB₁—270 ppb) at 105°C in a gas-fired roaster. All roasted products were dark colored. The use of gamma radiation reduces the level of aflatoxin, but does not appear to be practical at this time.

Chemical Inactivation

Only a limited number of chemicals destroy aflatoxins without leaving deleterious residues or excessively damaging the nutrients. Of more than 60 chemicals tested in peanut and cottonseed meals, ammonia, sodium hypochlorite, ozone, methylamine, hydrogen peroxide, formaldehyde, and calcium hydroxide were the most effective. However, the use of aqueous or gaseous ammonia with or without heat and pressure appears to be the most promising means for inactivation and detoxification of aflatoxin in corn. Scientists at the USDA's Northern Regional Research laboratory, Peoria, Illinois, have demonstrated its effectiveness in numerous experiments in lots up to 28 tons of corn contaminated at levels up to 1,000 ppb, which was reduced to less than 20 ppb in 10—14 days. Farmers in Arizona, Georgia and Alabama have treated corn and cottonseed in large plastic sealed bags with gaseous ammonia and reduced high aflatoxin levels to 10 to 50 ppb. Ammoniated corn has been fed to rainbow trout (sensitive), swine, and cattle with no deleterious effects. Nutritive value of ammoniated corn appears to be equal to if not slightly superior to that of untreated corn. The corn is darkened but is not unpalatable as an animal feed. The recommended treatment rate is 1.5% on a weight basis, which is about one pound of anhydrous ammonia per bushel (56 lb) of corn. The reaction products of ammoniated corn have been determined and FDA approval is anticipated. Cost is 15 to 20¢ (0.5 to 0.7 Baht) per bushel for corn.

Sodium bisulfite, sodium hydroxide, and aqueous ammonia were used to treat corn at 0.5%, 1.0% and 2% concentrations for 24 hours at ambient temperatures. All treatments, depending on the concentration, were highly effective in destroying aflatoxin.

In Thailand

There is only limited data, but evidence of only low levels of preharvest contamination. How important preharvest contamination is in the total picture of aflatoxin contamination of Thai corn is not clear at this time.

However, it appears that at least the major aflatoxin problem in Thailand is post-harvest contamination of corn caused by inadequate and slow drying of corn to safe storage moisture level immediately after harvest. Sun-drying of ear corn to 15% rapidly and further drying after shelling to 13--14% is required to reduce post-harvest contamination.

In Summary

Maize varietal resistance to aflatoxin is not on the horizon of the immediate future. The use of pesticides holds no immediate promise. Preharvest aflatoxin contamination results in low levels in most years except under drought conditions. Post-harvest contamination prevention requires prompt harvest at maturity and rapid drying to safe moisture contents of 13--14%, or at least 15%. Any corn sample measured for aflatoxin will only represent an average. For contaminated corn, ammoniation is a variable and acceptable solution for animal feeds.

JICA