

台港及海外中文报刊资料专辑

农业

A stylized illustration in a reddish-brown color. It depicts several farmers working in a field, with one farmer in the foreground holding a tool. In the background, there are stylized hills or mountains. Above the scene, there are several thin lines radiating from a point, suggesting a sun or a bright light source.

书目文献出版社

第 5 辑

1986

鱼类育种新技术	袁昌贤讲述 蔡淑云笔记	62
水产养殖之水质管理	喜庆堂化学有限公司	67
红虫养殖新技术	张文重	69
水产饲料		
台湾水产饲料现况检讨与展望	庄健隆 萧泉源	71
红鲷矿物质需求及缺乏症之研究	庄健隆	79
捕鱼作业		
鯉箱大型围网作业	安	87

农、业(5)

——台港及海外中文报刊资料专辑(1986)
北京图书馆文献信息中心剪辑

书目文献出版社出版
(北京市文津街七号)
北京百善印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16开本 6 印张 154 千字

1987年3月北京第1版 1987年3月北京第1次印刷

印数 1—2,000 册

统一书号: 16201·1 定价: 1.55元

〔内部发行〕

出版说明

由于我国“四化”建设和祖国统一事业的发展,广大科学研究人员,文化、教育工作者以及党、政有关领导机关,需要更多地了解台湾省、港澳地区的现状和学术动态。为此,本中心编辑《台港及海外中文报刊资料专辑》,委托书目文献出版社出版。

本专辑所收的资料,系按专题选编,照原报刊版面影印。对原报刊文章的内容和词句,一般不作改动(如有改动,当予注明),仅于每期编有目次,俾读者开卷即可明了本期所收的文章,以资查阅;必要时附“编后记”,对有关问题作必要的说明。

选材以是否具有学术研究和资料情报价值为标准。对于某些出于反动政治宣传目的,蓄意捏造、歪曲或进行人身攻击性的文章,以及渲染淫秽行为的文艺作品,概不收录。但由于社会制度和意识形态不同,有些作者所持的立场、观点、见解不免与我们迥异,甚至对立,或者出现某些带有诬蔑性的词句等等,对此,我们不急于置评,相信读者会予注意,能够鉴别。至于一些文中所言一九四九年以后之“我国”、“中华民国”、“中央”之类的文字,一望可知是指台湾省,国民党中央而言,不再一一注明,敬希读者阅读时注意。

为了统一装订规格,本专辑一律采取竖排版形式装订,对横排版亦按此形式处理,即封面倒装。

本专辑的编印,旨在为研究工作提供参考,限于内部发行。请各订阅单位和个人妥善保管,慎勿丢失。

北京图书馆文献信息中心

目次

农作物

世界蜀黍之研究现况	谢兆枢	1
如何生产优良杂交高粱种子	林薰生	17
红豆新品种“高雄三号”	吴育郎等	25
英国温室莴苣的栽培	王次男	28

渔业综述

台湾渔业发展的检讨	卢向志	31
谈渔业资源保育	陈朝钦	36
沿岸渔业资源保育工作之探讨	黄明和	40
台湾鱼类分类学的研究	陈悬弧等	43

养鱼研究

鱼类能量代谢	张晏逢 庄健隆译	46
鱼类脂肪之需求	庄健隆	53

(下转封三)

世界蜀黍之研究現況*

謝 兆 樞**

蜀黍對人類而言是一個舉足輕重的作物。在半乾旱地區，它是貧窮落戶的主要糧食；在開發中國家，它則是飼料與製造不可或缺的雜糧之一。雖然如此，這種作物却曾因其救荒濟貧的原始特性，始終流傳於小農制的栽培裡，無怪乎其俗名既多且雜，而且長久以來，雖為半乾旱地區的重要作物，但其起源與演變的型式，却一直缺乏可信的資料。幾世紀以來，由於栽培技術的更新以及用途的廣泛，逐漸成為僅次於玉米的主要糧食作物。因此，對此作物的研究與探討也隨之受到重視。

一、蜀黍的命名

蜀黍英文名稱 *Sorghum* 的來源已不可考。唯中世紀的拉丁文稱之為 *Surgo*。因此，據推測應是來自拉丁文動詞 *Surgere*，意思是起身、站立 (to rise)，故其濟貧本意可見一斑。

蜀黍的俗名很多，主要由於印度、非洲之方言土語本身即對這種作物的稱謂就很複雜，這也使得許多詰屈聱牙的俗名屢見於文獻之中。表一所列者即為近年來在文獻中常見的蜀黍俗名。此其中，有關各俗名的歷史、起源資料等詳情，請參閱下列文獻：Bono⁽²⁾；Gupta and Dutta⁽¹⁴⁾；Krishnaswamy⁽²⁴⁾。

栽培種蜀黍的學名亦頗見分歧。其舊學名為 *Andropogon sorghum* Brot.，後來曾改為 *Sorghum vulgare* Pers.。近年來學名的使用，英文文獻多採用 *Sorghum bicolor* (L.) Moench，而法文文獻則仍沿用 *Sorghum vulgare* Pers.。

表 1 文獻中常見蜀黍俗名一覽表

俗 名	學 名	俗 名	學 名
Abôra	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Maicillo	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench
Bechna	"	Maize de Guinea	"
Cholam	"	Mapfunde	"
Cholam irungh	"	Mboratel	"
Dura	"	Mohren hirse	"
Durra	"	Mtama	"
Fela	"	Nteing	"
Great millet	"	Sorgho	"
Guinea corn	<i>Sorghum vulgare</i>	Sorghum	<i>Sorghum</i> spp
	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Sorgo	"
Jawar	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Tabout	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench
Jola	<i>Sorghum vulgare</i>	Tafsoût	"
	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Tafsoût el beida	"
Juar	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Tafsoût et hamra	"
Junera	"	Teing	"
Kafir corn	"	Voyendé	"
Kaoliang	"		
Kongossan	"		

* 轉載自“世界之蜀黍文獻摘要”台灣區雜糧基金會補助，科學農業社編印，74年4月。

** 國立台灣大學農經系副教授

二、蜀黍的分類

栽培蜀黍的分類，早在 1936 年，J. D. Snowden 即曾作過系統的整理⁽⁴¹⁾。其分類法亦提供了爾後許多分類系統的學理基礎。其中較為著名的有：Doggett⁽⁴²⁾，Murty *et al.*⁽⁴⁰⁾，Jaknshevsky⁽⁴¹⁾ 等，均為 Snowden 氏分類法的再修飾。

Harlan 與 de Wet⁽¹⁹⁾發表了另一個較為簡化的分類法。其法亦以 Snowden 氏者為基礎，並輔以十萬個蜀黍標本以及 Snowden 氏收集在英國皇家植物園的樣品標本相互對照，將 *Sorghum bicolor* (L.) Moench 分成下列種型：

Sorghum bicolor spp *bicolor* 栽培種

基本種型

- (1) *bicolor*
- (2) *guinea*
- (3) *caudatum*
- (4) *kafir*
- (5) *durra*

雜種種型（基本種型的組合）

- (6) *guinea-bicolor*
- (7) *caudatum-bicolor*
- (8) *kafir-bicolor*
- (9) *durra-bicolor*
- (10) *guinea-caudatum*
- (11) *guinea-kafir*
- (12) *guinea-durra*
- (13) *kafir-caudatum*
- (14) *durra-caudatum*
- (15) *kafir-durra*

Sorghum bicolor spp *arundinaceum* 野生種

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| (1) <i>arundinaceum</i> | (4) <i>verticilliflorum</i> |
| (2) <i>aethiopicum</i> | (5) <i>propinquum</i> |
| (3) <i>virgatum</i> | (6) <i>shattercane</i> |

按照 Harlan⁽¹⁹⁾ 之調查，幾個基本栽培種型在地理上分佈為：

bicolor：偏佈非洲。

guinea：非洲西部、馬拉威、坦尚尼亞、印度。

caudatum：烏干達、奈及利亞東部至蘇丹東部。

kafir：非洲西部（赤道以南）、非洲南部。

durra：衣索匹亞，臨近撒哈拉非洲地區、印度。

氏等之分類方法與過去所採行者，顯見差異。其主要因素在於此種分類法已從過去純粹依據植物學之分類系統改按化學分類法（chemotaxonomic）行之之故。Harlan 也指出，事實上過去所常見的 Nigerian *kauras* 是一種 *durra-caudatum*；Zera-Zera 及 *hegaris* 也是一種 *caudatum*。早年美國引進的 *feterita* 是一種 *durra-caudatum*。因此，過去所沿用的種型名稱顯然是亟待商榷的。Martin⁽²⁴⁾有鑑於目前有許多品種是由不同群（group）之間雜交而衍生出來的，因此過去的分類法實無法通行於爾後層出不窮的品種。況且，自 1950 年代繼之興起的雜種蜀黍（*hybrid sorghums*）更廣泛地流行在世界各地。這種舊式的分類方法更顯見不合時宜。為了往後蜀黍種源蒐集與保存的系統化起見，Martin 氏建議對種源遺傳特性的描述與記載應包含下列諸項：

1. 株高、顏色、成熟期及光合作用力。
2. 壓榨汁液含量、甜度、強度、分蘗能力與分枝狀況。

- 3.穗型大小、密度及彎曲程度。
- 4.種實顏色、大小、質地 (texture)，脫粒碎實率及脫粒率。
- 5.抗病蟲害、鳥害、冷熱逆境及倒伏。

三、栽培種蜀黍發展簡史

蜀黍一詞至少包括四群不同的栽培種：1.食用種實蜀黍 (grain sorghum)。2.製糖種—蘆粟 (Sweet sorghum, Sorgho)，此多用為糧草及動物飼料，亦有為製糖汁液的榨取。3.蘇丹草，通常用於牧草地、乾草以及青貯草料。4.帚用種蜀黍 (broom corn)，通常即用為掃帚之用⁽⁵⁾。不同群間的利用價值亦常見重疊。本節著重於食用種實蜀黍的討論。其餘三群之詳細發展史可參考 Doggett⁽⁴⁾與 Wall and Ross⁽⁶⁰⁾。

雖然栽培種蜀黍一般認為始於非洲衣索匹亞及其鄰近地區⁽⁶⁾，但其最早的記載却見於 2700 年前 Assyrian 王朝的石刻裡 (Anderson and Martin, 據 Arnon⁽¹⁾)。現已知道的蜀黍祖先可能在公元前 3000 年即由非洲北部被帶到西部。因此，栽培種蜀黍約在幾世紀前才被 Mande 人帶到 Niger 河流域的上游，並由此開始發展。其中各種型的分化與演變的地理分佈大致如下：

guinea：分化於非洲西部，並逐漸分佈到整個非洲東部與西部地區。

durra：分化於衣索匹亞—蘇丹地區。後來此種型很明顯分佈到近東地區，乃至於印度。

kafir：明顯的往南分佈，遍及坦尚尼亞地區。

caudatum：原分佈於烏干達、肯亞地區。在較西部的蘇丹、查德與奈及利亞亦有很重要的分佈趨勢。

bicolor：遍及整個非洲地區。

按 Doggett⁽⁴⁾，這些早期的栽培種型歷經不同的農耕型態與地區而流傳分佈，一些野生種型亦以野草的形式隨伴著相關的栽培品種流離各地。因此，野生種型與栽培種型已很明顯有特異的關係存在其間。這種栽培種型與其各自相關的野生種型如下：

栽培種型	隨伴分佈的野生種型
guinea	arundinaceum
bicolor, durra	aethiopicum
kafir, caudatum	verticilliflorum

根據歷史的記載，約在公元前 2000 年，蜀黍從非洲東部傳入印度。然後再沿印度洋海岸線傳入亞洲南部及中國地區。但也有一說是由中國的絲路走山線進入中國的。

栽培種蜀黍之傳入美洲地區是藉黑奴交易，以非洲西部的 guinea corn 的形式帶進的。其他如 brown, white durra 約在 1874 年，milo 約在 1880 年，feterita 約在 1906 年，hegari 約在 1908 年由北非傳入，kafir 則在 1876 年由非洲南部傳入。此外，也發展了另一個支系適應北上的高緯度低夜溫的環境，遍佈了現今的墨西哥。

目前美國地區的蜀黍基本種型包括有 milo, kafir, durra, hegari, feterita, shallu 及 kaoliang。多年來，milo 與 kafir 一直是最普遍的種型，甚至“milo”一辭已被用來統稱所有的種實用蜀黍。其他尚有 milo maize, kafir corn，甚至 maize 也被用來稱呼蜀黍⁽³⁰⁾。

截至 1950 年代，雜種蜀黍被推廣以前，最廣泛栽植的品種計有：Combine 7078, Combine kafir 60, Dwarf kafir 4414, Early Hegari, Norghum, Redbine 60, Redbine 66, Redlan 以及 Reliance。自 1957 年開始到 1960 年代則幾全為雜種蜀黍所取代。

由美國各農業試驗場所育成的雜種蜀黍品種可以歸類成幾個系列，並按各自的成熟期賦予一個系列番號。例如：

成熟期等級	系列番號
比Norghum 者	300
同Norghum 者	400
同Reliance 者	500
同Martin 者	600
同Plainsman 者	700
同Dwarf kafir 者	800

其中 600 系列最為普遍。雜種品種的番號常會冠以一個州名的縮寫。例如：OK 代表 Oklahoma，NB 代表 Nebraska，此表示該等品種較嚴格限於某州的種類。亦有冠以 RS 者 (regional sorghum)，此表示其適應性較為廣泛。二次世界大戰後，美國又有臘質品種 (waxy sorghum) 的推廣，其胚乳澱粉多由膠質澱粉 (amylopectin) 組成，可供工業澱粉之用。

四、蜀黍種實的主要成分

1. 蛋白質與氨基酸

蜀黍種實用為食物，吾人首重於其蛋白質。不同的蛋白質是由多種氨基酸所組合而成的。這些氨基酸中，有一些是可經由生物的功能，利用含氮的物質而自行合成的，另有一些則是無法循此途徑合成，而必須仰賴直接攝取，提供生命所需。後者即所謂之必要氨基酸；在十八種食用氨基酸中，有八種被列為必要氨基酸：異白氨酸 (isoleucine)，白氨酸 (leucine)，離氨酸 (lysine)，蛋氨酸 (methionine)，苯基丙氨酸 (phenylalanine)，蘇氨酸 (threonine)，色氨酸 (tryptophan)，纈氨酸 (valine)；嬰孩則增列組氨酸 (histidine)⁽⁶¹⁾。

在此等必要氨基酸中，又有所謂首要限制級的氨基酸 (first-limiting amino acid)，因為這種氨基酸可能在一般來源的蛋白質中普遍缺乏的。在蜀黍種實蛋白質中，被列為首要限制級的氨基酸是離氨酸。因此，對於亞洲及非洲地區，部分以蜀黍為主食的民族，離氨酸的含量與利用就顯得格外重要。一般蜀黍品種間離氨酸含量變異極大，約在 71~212 mg/g total N，平均約為 128 mg (表 2)；其他各種氨基酸的含量則詳見表 3。

蜀黍蛋白質含量的測定，常用的方法計有：1. Kjeldahl, 2. biuret, 3. dye binding, 4. IR reflect, 5. alkaline distillation, 6. Dumas^(62, 63)，以及 7. neutron activation⁽⁶⁴⁾。這些方法中以 Kjeldahl 法測者為佳。此法所測出之 N 值係包含蛋白質及非蛋白質之總氮量，因此換算成蛋白質的含量時要乘以一轉換係數。一般均以 6.25 乘之⁽⁶⁵⁾。Tkachuk⁽⁴⁷⁾ 建議將蜀黍的轉換係數修正為 5.7。

表 2 蜀黍基因型間各農藝性狀的平均值 (括號內表示品種間的分佈範圍)⁽⁴⁶⁾

農 藝 性 狀	平 均 值	範 圍
種實產量 (以含水量 14 % 計, kg/are)	69.1	(55.4-91.7)
蛋白質含量 (%)	12.7	(10.2-15.0)
蛋白質產量 (kg/are)	8.7	(6.0-11.3)
離氨酸含量 (mg/g total N)	128	(114 - 146)
(mg/100 g 樣品)	258	(237 - 324)
離氨酸產量 (kg/ha)	17.0	(13.6-21.4)
油分含量 (%)	3.32	(2.62-4.07)
百粒重 (g)	2.75	(1.75-3.78)
每粒種實蛋白質含量 (mg/seed)	3.53	(1.92-5.41)

* are = 100 m².

表3 蜀黍種實的千粒重、蛋白質含量及各種氨基酸的含量⁽⁴⁴⁾

	一般蜀黍品種	纖維種蜀黍 SC 103054
種實千粒重 (g)	31.7	19.3
蛋白質含量 (N×6.25) %	9.7	11.7
氨基酸含量 (mg/g total N)		
Ile	215	257
Leu	808	726
Lys	146	219
Met	99	111
Phe	323	323
Tyr	262	257
Thr	210	229
Trp	74	87
Val	291	351
Arg	278	330
His	154	151
Ala	616	520
Asp	462	499
Glu	1462	1156
Gly	221	277
Pro	526	434
Ser	295	292
Ammonia	189	132

2. 澱粉

蜀黍種實用為主食，飼料與釀酒，澱粉的含量亦為其重要的成分之一。在脫脂的蜀黍研粉中，澱粉含量的測定可用酵素與酸水解後的還原糖來加以定量。也可使之溶解後，用其旋光性 (rotation of polarized light) 來測定。蜀黍澱粉的旋光度 (specific rotation) $[\alpha]_D$ 約為 203.1 ~ 203.5⁽⁴⁴⁾。用此方法測定出蜀黍澱粉的含量約為 68 ~ 73 %。以品種論，milos 與 kafirs 種型的蜀黍，其澱粉含量較高，而以 Sorgos 的澱粉含量最少。

蜀黍的澱粉和其他穀類作物一樣，是由兩種不同結構的澱粉所組成，其一為葡萄糖分子以 α -1,4 鍵結方式所組成直鏈型的大分子，稱為粉質澱粉 (amylose)，這種澱粉對碘液呈現藍色，而且難溶於水，遇乙醇即沉澱。另一種則為葡萄糖分子以 α -1,4 與 α -1,6 鍵結方式所組成兼具直鏈及支鏈型的大分子，此稱為膠質澱粉。這種澱粉溶液遇碘則呈紅色。分子量前者約為 $2 \sim 7 \times 10^6$ ，後者約為 $1 \sim 10 \times 10^6$ ⁽¹²⁾ (圖 1)。

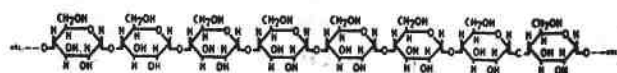
粉質澱粉的測定可用澱粉溶液對碘液的呈色反應，輔以 amperometric 滴定或 photometric 法予以估算外，較精確的測定可按下列法行之⁽⁴⁵⁾：稱取 0.5 克樣品粉末，加 40 ml 90% (V/V) 的 DMSO (dimethyl sulfoxide)，在室溫搖盪 24 小時，離心。取 10 ml 之上層液加 30 ml 的絕對酒精，在室溫下搖盪 2 小時，使澱粉沉澱，離心後倒去酒精上層液，倒置離心管略使乾燥後，加 25 ml 90% DMSO，使澱粉再次溶解其中。取 5 ml 之澱粉 DMSO 溶液置於 100 ml 稱量瓶中加水 50 ml，再加 5 ml 0.016 N 碘化鉀溶液及 5 ml 0.0051 N 碘酸鉀溶液，最後加 2 ml 0.5 N HCl 並加蒸餾水使全量達 100 ml，用 Spectrophotometer 615 nm 測其吸光度。粉質澱粉含量可按下列公式計算之：

$$\text{粉質澱粉}\% = 0.296 \times \frac{A}{C_1 P_A} - 7.67$$

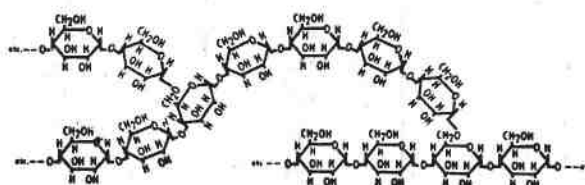
其中 A = 溶液的吸光度

P_A = Path length of colorimeter cell, cm

C_1 = 溶液中澱粉的濃度, g/100 ml



Amylose



Amylopectin

圖1 粉質澱粉與臘質澱粉的分子結構⁽⁴⁹⁾

一般蜀黍品種澱粉中粉質澱粉的含量約在 23~28%，其餘皆為臘質澱粉，這種品種稱為粉質品種或非臘質品種。蜀黍品種間粉質澱粉含量絕少有高過 28% 者，此點與玉米的情形完全不同。臘質品種 (waxy sorghum) 則幾全由臘質澱粉所組成。蜀黍種實澱粉中粉質澱粉的含量受制於一個顯性基因 W_x ，此即為一般的蜀黍品種。臘質品種種實的臘質胚乳 (waxy endosperm) 性狀屬於隱性。若以臘質品種為母本，非臘質品種為父本，所得雜交種子為非臘質型胚乳，即有當代顯性或花粉直感 (xenia) 的現象。

蜀黍種實胚乳與其他穀類一樣都是三元體。其中兩個染色體組是來自母本，另一個則來自父本。因此對臘質基因而言，可有四種胚乳基因型，其中同型接合的有 $W_x W_x W_x$ 與 $w_x w_x w_x$ ，前者為非臘質型，後者為臘質型。異型接合的有 $W_x w_x w_x$ 與 $w_x W_x w_x$ 。基因型中隱性基因的劑量增多時，種實澱粉中的粉質澱粉的含量隨之減少，澱粉糊的黏度增加。但臘質基因的劑量效應並非呈直線關係。臘質基因為 2 個劑量時，對於粉質澱粉含量的減低效應最為顯著，當胚乳為同型接合臘質基因型時，則幾無粉質澱粉的存在⁽⁷⁾。

五、蜀黍的養分抑制劑與有毒物質

蜀黍種實作為食用與飼料，常因其種皮的色素成分而導致營養價值的減低。蜀黍種實色素可分為二大類：其一為胡蘿蔔素 (carotenoids)；另一為酚類化合物 (phenolic compounds)。後者即為鞣質單寧 (tannin) 類的物質。此類物質復可分成二類，一為 flavan-3-ol、flavan-3,4-diol 之衍生物，稱為聚合性單寧 (condensed tannin)，另一類則為可水解性單寧 (hydrolyzable tannin)。後者可與醣類形成配醣體 (glycosides) 大分子。前者則可在蜀黍種實的果皮上以 Oligomeric procyanidins 的型式存在，此對鳥類的啄食有明顯的拒斥作用。因此，有被援為抗鳥物質。單寧本身具有苦澀味，可抑制穗上發芽及種子的發霉。通常高含量的單寧會減低種實的營養價值與口味，市場價值不佳。其主要原因乃由於單寧的 5-OH 鍵會和蛋白質上 Keto-imide peptide 鍵中的氧形成氫鍵，因而產生沉澱，此對於蛋白質的利用率與消化係數影響至鉅。通常高含量的單寧會使老鼠與雞隻的體重減輕 30~50%，且亦常併發病症⁽⁵⁵⁾。至於單寧之拒斥鳥類，據推測

是單寧與鳥類唾液酵素發生鍵結，至為鳥類所不喜之故⁽⁹⁾。

蜀黍單寧對於人類的影響至今雖尚未定論。唯據Morton⁽⁸⁾ 調查南非幾個地區食用蜀黍的民族發現，蜀黍單寧的含量與食道癌的罹患似有密切的關係。果若如此，考量其對人畜之效應，則全世界諸多產區正以此物質作為抗鳥害育種的可行性實有待深入的探討。

蜀黍種實可按其顏色分成四群：黃、白、棕色與雜色。其中以棕色系列的種實含單寧最多。在未成熟之種實中，單寧含量較多，具濃苦澀味，但在成熟後，因其聚合程度增加，其苦澀味因而降低⁽¹⁰⁾。

蜀黍種實內另存在一種物質專司分解作用與消化作用酵素的抑制作用，故稱之為酵素抑制劑 (enzyme inhibitor)。有關蜀黍種實酵素抑制劑的報告始於Kneen 與 Sandstedt⁽⁸⁾。氏等在許多不同來源的蜀黍品種中，發現來自堪薩斯州Hays地方的Leoti Red 品種含有這種抑制劑可使澱粉酶 (amylase) 的活性大幅度降低。這種酵素抑制劑多存在於胚、果皮等部位，胚乳澱粉層則較少。而且此種抑制劑對熱頗具穩定性。但此物質後來仍被證實為蜀黍的一種聚合酚類化合物 (polyphenol)。唯至1974年，Filho⁽¹⁰⁾ 終在蜀黍種實內發現了真正的酵素抑制劑——胰凝乳蛋白酶抑制劑 (trypsin inhibitor)。此物質在蜀黍種實抽取液中活性的分佈如表4。此種胰凝乳蛋白酶抑制劑的活性極為穩定。據推測，其可能與單寧同時出現在動物的消化作用，對蜀黍的營養價值產生負作用的影響。至於此物質本身的構造與特性仍有待作更深入的研究。

蜀黍除了收穫其種實外，亦有收割其莖稈葉片作為青飼料或青貯草料。蜀黍莖葉亦富含聚合酚類化合物及單寧。同時在細胞液泡中還有一種可放出毒物質的分子——釋氰配醣體 (cyanogenic glycoside)，通常稱之為 dhurrin。當細胞破碎時，dhurrin 可因酵素或其他化學物質的分解，釋出

表4 蜀黍種實抽出液中，抑制胰凝乳蛋白酶活性 (TIU, trypsin inhibiting activity) 的分佈⁽¹⁰⁾

	體積 ml	TIU/ml	比活性 (TIU/mg prot.)
液狀抽出物	32.0	4.6	0.315
PH4.0 的澄清液	27.5	5.1	0.447
PH4.0 的澄清液，經透析處理	10.2	1.9	0.705
PH4.0 的澄清液，經加熱處理	9.2	5.5	0.441

一分子的葡萄糖，一分子的 p-hydroxybenzaldehyde 及一分子的氰酸 (HCN) (圖2)⁽¹¹⁾。dhurrin 在蜀黍種實發芽後即有極高濃度的含量，隨著植株的長大，有減弱的趨勢。dhurrin 除了因其能釋出氰酸而被視為有毒物質外，亦有許多研究探討其在蜀黍的抗蟲機制中所扮演的角色⁽¹¹⁾。

六、蜀黍的育種

蜀黍的育種，按其時間發展的先後可分成幾個不同的階段：

1. 早期的選種

蜀黍最早期在美國的選種工作大部分行之於引進品種及突變體的選拔 (表5)。1914年亦曾在自然雜交的後裔中選出 Darso 品種，具有極強的抗旱及抗蟲性。此階段的選種工作主要著重在產量的改進。其中包含了作物適應性的改良。此階段在引種材料及自然雜交材料進行選拔頗具成效。

2. 雜交育種

自1914年起，蜀黍的育種工作開始進行較具規模的雜交育種法 (表6)。本階段的育種目標為包括病蟲害抵抗性在內的產量改進，因此所行雜交育種的方法，對此目標有顯著的成效。同時由於統計遺傳學的進步，利用雜交育種法也有效地累積影響產量的基因連鎖群，致使對產量的掌握更具實效。此尤見於 kafir × milo 的組合。但這階段的育種成效，到了1940年代即已到達極限。此階段表現

Cyanogenic Glycoside

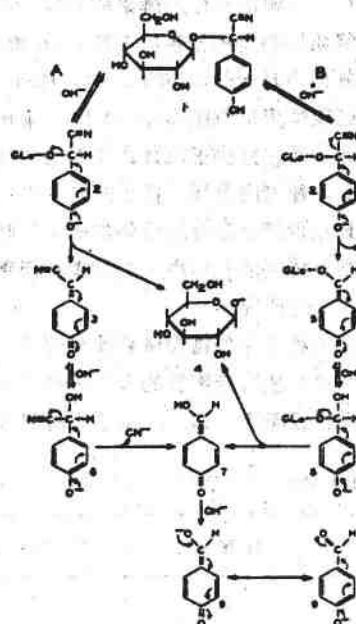
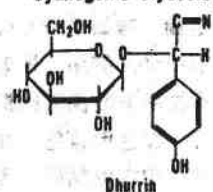


圖 2 Dhurrin 分子結構及其氰酸的釋出 (28, 48)

表 5 蜀黍的早期選種事例 (4)

年代	選出品種	來源 (方法)	選種者
1905	Dwarf Yellow Milo	Standard Milo (選種)	Judge Bradley
1906	Dawn Kafir	Amarillo (選種)	A. H. Leidigh
1910	Dwarf Hegari	Hegari (選種)	A. B. Conner & H. N. Vinall
1911	Early White Milo	Yellow Milo (突變)	A. B. Conner
1914	Spur Feterita	Spur (選種)	R. E. Dickson
1918	Double Dwarf Yellow Milo		
	Blackhull Kafir	Red Kafir, White Kafir (選種)	(農民自選)
1926	Club	Dawn Kafir (選種)	A. P. Swanson

最為優異，種植最為廣泛的育成品種即為martin。此直到雜種品種的推出才被取而代之。

3. 雜種品種

雜種品種乃是兩個蜀黍品種的雜交第一代。由於其生長勢旺盛以及其他優異的農藝性狀，導致其產量遠優於其兩親本，此即雜種優勢的表現。在早期的研究裡，例如：Black hull kafir × Spar Feterita 的雜交組合，其雜種優勢經常伴著生長期的延長，因此實用性不佳。但後來在milos 與

kafirs 之間的雜種品種就無此現象，因此雜種品種的實用性才稍引人注意。唯此時雜種品種的產生，須以龐大的人力配合各種去雄的技術方得以維持，此亦限制了雜種品種的商業利用。1937 年 Stephen⁽⁴²⁾所發現的雄不稔基因 ms_1 以及 1954 年 Stephen 與 Holland⁽⁴³⁾所發現的細胞質雄不稔因子 ms_c ，才促成了其商業的實用性。此後，陸續發現了數個雄不稔的遺傳基因（表 7），對於此性狀的利用與研究都有很大的貢獻。

早期的雜種品種中，推廣得最成功的當數 RS 610。它來自 Combine kafir 60 A（雄不稔系）與 Combine 7078，鼎盛時期栽植範圍涵蓋了整個德克薩斯州，奧克拉荷馬州與堪薩斯州。其後亦有

表 6 蜀黍雜交育種法事例⁽⁴⁴⁾

年 代	雜 交 組 合	育 成 品 種	特 性	育 種 者
1923	Feterita × Blackhull Kafir	Chiltex	抗 旱	H. N. Vinal &
		Premo	高 產	A. B. Corn
1927	Hegari × Chiltex	Bonita	—	J. C. Stephens
	Milo × Kafir	Quadroon	—	& J. R. Quinby
1928	(Kafir × Milo) / Milo	Beaver	密穗，矮株	J. B. Sieglinger
1931	Kafir × Milo	Wheatland	適合小麥聯合收穫機採收	J. B. Sieglinger
1941	Wheatland (選種)	Martin milo (or Martin)	抗 Milo disease (Periconia circinata)	W. P. Martin
1942	Wheatland (選種)	Westland	—	—
	Early white Milo × Dwarf Yellow Milo	Sooner Milo	—	J. B. Sieglinger
	Kafir × Dwarf Yellow Milo	Kalo	—	A. F. Swanson
		Midland	—	A. F. Swanson
		Akron 10	—	J. R. Quinby &
	Premo × Spur Feterita	Ajax	—	J. C. Stephens
	Dwarf Yellow Milo × Early white Milo	Early Yellow Milo	—	D. J. Jones & J. R. Quinby
1942	Martin × a (Milo × Kafir) Stran	Red bine 60	—	—
		Red bine 66	—	—
		Red bine 58	—	—
	Milo Crosses	Double Dwarf	—	J. R. Quinby & R. E. Karper
		Yellow White	—	—
		Sooner Milo	—	—
1945	Kafir Crosses	Combine Kafir 44-14	—	F. F. Davis &
		Red lan	—	J. B. Sieglinger
1950	Kafir Crosses	Combine Kafir 60	抗 Chinch bug	—

表 7 蜀黍屬內九個可資利用的雄不稔基因

基 因	來 源	出 處	其 他 特 性
al	Sudangrass	Texas	Multiple pistil
ms_1	Indigeneous	India	—
ms_2	Blackhull Kafir	Texas - USDA	Female sterility
ms_3	Coes	Nebraska - USDA	—
ms_4	Indigeneous	India	—
ms_5	Rancher	Hungary	—
ms_6	Rancher	Hungary	—
ms_7	Indigeneous	Nigeria	—
Day	Day Milo	Texas - USDA	Multiple alleles
—	<i>S. virgatum</i>	Kansas - USDA	—

RS630, RS650 的育成, 唯多仍以 RS 610 為主。在其他產區, 如印度與非洲亦有優異的雜種品種育成, 其中較著名的有 CSH1 (Combine kafir 60A×IS84)、CSH2 (Combine kafir 60A×IS84)、CSH2 (Combine kafir 60A×IS3691)。後來美國育成的也有 NK300, NK320。雜種品種一般的平均表現在乾旱地約 1000~2000 kg/ha, 中等灌溉可達 2500~4000 kg/ha, 適量的灌溉則可高達 8400~1000 kg/ha⁽⁶⁾。

4. 品種的轉化 (conversion)

在蜀黍育種的輝煌成就中, 蜀黍種源的收集與保存佔有頗具決定性的角色。目前約有 18000 個來自世界各蜀黍產區的品系 (種) 保存在印度國際半乾旱熱帶作物研究所 (ICRISAT) 以及美國科羅拉多州國家種子儲藏研究室。後者也兼收集了近百年來美國地區原來栽植的品系以及從世界各地引進的育種材料。此種引進的材料, 通常都賦予以 PI (plant introduction) 為首的編號。若此等材料也同時列為 ICRISAT 等機構保存的種源, 則另賦予以 IS 為首的編號。例如: 美國引進抗蚜品系中, 有一品系對麥青蚜具優異的抵抗性。引進時曾賦予 PI 221613 之編號, 隨後的譜系與記載均以此引進代號行之而不名。此優異抗蟲種源隨即被列入保存, 故又有另一代號為 IS 809。

這些自世界各地收集的品系 (種) 大部分來自熱帶, 由於都是需要長夜的誘導才能開花, 因此無法在較溫暖地區來檢核其農藝特性及繁衍保存。只有少數的材料能順利在溫帶被核定保存與實際的育種利用。

1963 年美國德州農業試驗站 (Texas Agricultural Experiment Station) 與美國農部等機構開始合作著手蜀黍的轉化計劃, 使得這些熱帶來源的材料轉化成矮株早生型而能在溫帶直接利用。這些計劃在波多黎各的試驗站, 分別以雜交與回交的方式進行, 通常至少須經四個回合的回交與選拔。部分在轉化中及轉化後的品系也被用為育種的材料。此等材料在編號上亦可看出其轉化的程度。例如編號為 IS 2508 C 者, 此表示 IS 2508 已經轉化成適應溫帶的品系; 此品系在轉化過程中, 亦有外放為育種材料者, 其編號為 SC 0414, 其適應性雖尚不及轉化後的 IS 2508 C, 但已可在育種計劃中逕予使用其遺傳特性。

5. 遠程育種的策略—族群育種法

蜀黍的育種截至雄不稔基因被發現、研究以及普遍應用之前, 均屬於特定目標的近程計劃。所行之育種方法亦屬典型之自交作物育種法。及至雄不稔基因廣泛使用之後, 遂有遠程的育種策略產生。此法乃利用雄不稔品系作為母本, 選用數個優良花粉親以建立一個混雜的族群, 每代均只收雄不稔植株穗上所結的種實, 再予混成一個族群, 如此代代行之。此不但可以保存多數的種源, 而且更可寄望最大交換的組合體產生。遇有特定目標之育種時, 亦可由原族群隨機分出一個“次族群”, 施以適當的選種方法, 即可獲得所要的選系。而且, 由於雄不稔品系所接受之花粉必定是族群內其他花粉親者, 其受粉行為頗近於異交作物, 因此選種方法遂不再受自交作物之範圍。例如在蜀黍族群育種法所採行的系統計有: 混合選種法、Full-sib family test、Half-sib family test、S₁ progeny

表 8 幾個著名的蜀黍族群

族群代號	使用之雄稔因子	花粉親品系數
KP1BR	al	217
NP1R	ms ₁	18
KP2B	ms ₂	8
NP3R	ms ₂	30
NP43R	ms ₂	18
NP5R	ms ₂	107
NP6B	ms ₂	100
NP7BR	al	547
NP8BR	ms ₂	100

test 以及 Reciprocal full-sib family test 等法，其中多數選種方法的實質，實頗近於具交作物的輪迴選種法。目前這種利用雜不稔基因所維持的族群為數不少，如表 8 所列。其中以 NP3R、NP5R、NP7BR 為最常用者。

七、蜀黍的病蟲害

蜀黍的產地分佈於南北緯 40 度附近的地區，氣候濕熱，病蟲種類繁多（表 9 與表 10），對於蜀黍整個生長期間為害甚大，對產量的影響至鉅。過去在許多已開發的國家，由於第二次世界大戰之後

表 9 蜀黍常見的病害及其抗病品種

俗 名	學 名	為 害 部 位	抗 病 品 種	抗病基因數
莖腐病 苗枯病、穗腐病	<i>Fusarium moniforme</i> (<i>Gibberella fujikuroi</i>)	種實，幼苗，莖稈	Texas Blackhull, Kafir, FC 811, Extra Early Sumac	
細菌性條斑病	<i>Pseudomonas andropogonii</i>	葉片		
Bacterial streak	<i>Xanthomonas holcicola</i>	葉片		
Bacterial spot	<i>Pseudomonas syringae</i>	較老的葉片		
葉點(斑)病	<i>Helminthosporium sorghicola</i>	葉片	Bonita, Honnur Bile Kasturi Bile, Co6	
露菌病	<i>Sclerospora sorghi</i>	幼株，葉片		
斑點病	<i>Ramulispora sorghi</i>	葉片，葉鞘		
Zonate leaf spot	<i>Gloeocercospora sorghi</i>	葉片		
紫輪病	<i>Cercospora sorghi</i>	葉片		
點葉枯病	<i>Colletotrichum graminicola</i>	葉片	Hegari, Pink Kafir, Western Blackhull Kafir, Atlas, placter(sorgo)	一對顯性基 因(L).
Rough spot	<i>Ascochyta sorghina</i>	葉片，莖稈		
銹病	<i>Puccinia purpurea</i> (<i>Puccinia sorghi</i>)	葉片	Milo group	少數顯性基 因
炭疽病	<i>Colletotrichum graminicolum</i>	莖稈	Sart, Tracy, Wiley Sorgos; Rio Sorgo Dex Broomcorn Sorgos and Kafirs DD 38 Milo	一對顯性基 因(Ls).
Charcoal rot	<i>Macrophomina phaseoli</i>	莖稈		
Milo disease	<i>Periconia circinata</i>	葉，根		
Grain smut (Kernel smut)	<i>Sphacelotheca sorgh</i>	種實，莖稈 花(系統性)	Spur Feterita (K. B. 2540)	三個不同顯 性基因(Ss ₁ , Ss ₂ , Ss ₃)
Loose smut	<i>Sphacelotheca cruenta</i>	種實，再生莖		抗三個不同 的生理小種 (S. Sorghi)。
Head smut	<i>Sphacelotheca reiliana</i>	種實	Pink Kafir	
Long smut	<i>Tolyposporium ehrenbergii</i>	種實		
Honeydew disease	<i>Sphacelia sorghi</i>	胚珠		
MDM (Maize Dwarf Mosaic)	(virus)	植株矮化 葉片	BS 621, RS 625 Tx 414, Tx 413 Martin	

取材自 Doggett⁽⁴⁾

表10 蜀黍常見的蟲害及其分佈、特性與抗性種類的調查⁽⁴⁶⁾

俗名	學名	地理分佈*	為害程度*	為害特性與症狀	有否抗性種類
土壤害蟲類					
蔗龜	<i>Phyllophaga graminis</i>	NW	Occ	咬食根部，幼苗枯死或倒伏	無
蔗龜	<i>Schizonychia</i> spp.	AF	Occ	(同上)	無
蔗龜	<i>Holotrichia consanguinea</i>	AS	Occ	(同上)	無
金針蟲	<i>Eladus, Conoderus, Aeolus</i>	NW	Occ	破壞播下的種子	無
食根蟲	<i>Diabrotica</i> spp.	NW	Occ	挖食根部，阻礙生長，苗心枯死	無
蚜蟲類					
麥黃蚜	<i>Schizaphis graminum</i>	C	Key	吸食汁液，傳染病毒病葉部枯死	有
甘蔗莖蚜	<i>Sipha flava</i>	NW	Occ	(同上)	無
麥蚜	<i>Melanaphis sacchari</i>	AF AS	Occ	(同上)	無
玉米蚜	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	C	Occ	(同上)	有
潛莖蠅類	<i>Atherigona soccata</i>	AF AS	Key	破壞生長點，苗心枯死	有
夜盜蟲類					
Fall armyworm	<i>Spodoptera frugiperda</i>	NW	Occ	啃食葉片，破壞穗上的種子	有
夜盜蟲	<i>Mythimna separata</i>	AS	Occ	啃食整個葉片或邊緣	有
Nutgrass armyworm	<i>Spodoptera exempta</i>	AF	Occ	(同上)	無
Beet armyworm	<i>Spodoptera exigua</i>	AF NW	Occ	(同上)	無
夜盜蟲	<i>Pseudaletia convecta</i>	AF O	Occ	(同上)	無
螟蟲類					
高粱螟	<i>Chilo partellus</i>	AF AS	Key	啃食葉部，莖部鑽孔，心部枯死莖桿倒伏	有
玉米螟	<i>Diatraea (= Zea diatraea) grandiosella</i>	NW	Occ	(同上)	有
蔗螟	<i>Diatraea saccharalis</i>	NW	Occ	(同上)	有
蔗螟蛾	<i>Ostrinia nubilalis</i>	NW EE	Occ	(同上)	有
玉米螟	<i>Eldana saccharina</i>	AF	Occ	(同上)	無
Maize stalk borer	<i>Busseola fusca</i>	AF	Occ	(同上)	無
高粱螟	<i>Sesamia</i> spp.	EE- AF AS	Occ	(同上)	無
Lesser corn stalk borer	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	NW	Occ	(同上)	無
Sugarcane root stalk weevil	<i>Anacetrinus deplanatus</i>	NW	Occ	(同上)	無
飛蟲類					
長椿象	<i>Peregrinus maidis</i>	C	Occ	吸食植株，葉片汁液	無
紅蜘蛛類	<i>Blissus leucopterus</i>	NW	Occ	(同上)	有
Banks grass mite	<i>Oligonychus pratensis</i>	NW	Sec	吸食植株汁液，使植株變色，葉片枯死	有
Sorghum mite	<i>Oligonychus indicus</i>	AS	Sec	(同上)	無

接下表

接上表

Sorghum midge	<i>Contarinia sorghicola</i>	C	Key	破壞生長的幼節	有
螟蛉類					
Sorghum webworm	<i>Celama sorghicola</i>	NW	Occ	破壞穗上的種子	無
Webworm	<i>Stenachronia elongella</i>	AS	Occ	(同上)	無
Webworms	<i>Eublemma</i> spp.	AS	Occ	(同上)	無
Yellow peach moth	<i>Dichocrosis punctiferalis</i>	AS	Occ	(同上)	無
Head caterpillar	<i>Cryptoblabes adoceta</i>	O	Occ	(同上)	無
Corn earworm	<i>Heliothis zea</i>	NW	Occ	啃食葉片, 破壞穗上的種子	無
American bollworm	<i>Heliothis amigera</i>	AS, AF	Occ	破壞穗上的種子	無
Head bug類		O			
'Jown' earhead bug	<i>Calocoris angustatus</i>	AS	Key	啃食發育中的種子使種子變小、變形	無
False chinch bug	<i>Nysius raphanus</i>	NW	Occ	(同上)	無
奧特象	<i>Pentatomidae, e.g. Oebalus pugnax</i>	C	Occ	(同上)	無
Pyrhocorid bug	<i>Dysdercus superstitionis</i>	AF	Occ	(同上)	無
Leaf-footed plant bug	<i>Leptoglossus phyllopus</i>	NW	Occ	(同上)	無
穎谷害蟲類					
稻象鼻蟲	<i>Sitophilus oryzae</i>	C	Key	啃食用間或倉儲的種子	有
玉米象鼻蟲	<i>Sitophilus zeamais</i>	C	Occ	啃食倉儲種子	有
Angoumois grain moth	<i>Sitotroga cerealella</i>	C	Key	啃食田間或倉儲種子	有
谷 蠹	<i>Rhyzopertha dominica</i>	C	Occ	啃食倉儲種子	無
梨斗目穀蛾	<i>Plodia interpunctella</i>	C	Occ	啃食碎裂的種子	無
Grain mite	<i>Acarus siro</i>	C	Occ	(同上)	無
Red flow beetle	<i>Tribolium castaneum</i>	C	Occ	(同上)	有
Confused flower bee	<i>Tribolium confusum</i>	C	Occ	(同上)	無

註: a: C = 全世界, AF = 非洲, EE = 東歐, NW = 美洲, AS = 亞洲, O = 大洋洲

b: Occ = 偶發性, Sec = 次要, Key = 主要

，工業生產的有機化學藥劑猶如雨後春筍，而且配合病蟲害的生物學及病蟲寄主之間關係的研究有長足的進展，因此作物病蟲害的防治得到最大的成效。邇來，由於長期使用藥劑，導致抗藥性病蟲與害蟲的產生，以及造成日益嚴重的環境污染的問題，促使抗病蟲害育種的問題逐漸受到重視。

蜀黍抗病蟲害的育種工作，首要在於抗病蟲種源的蒐尋。種源的來源不外乎引種與篩選二途。前者可廣徵於世界各地的保存系 (stocks)。例如美國科羅拉多州的國家種子儲藏研究室與印度國際半乾旱熱帶作物研究所，保存有來自世界蜀黍產區的一萬八千餘種品系。這些品系來自世界各地，有熱帶者，亦有溫帶者，育種評價不一，生長習性亦異，此益促成了這些種源的差異性。因此對於蜀黍病蟲害的防治將可提供足以信賴的種源。目前蜀黍抗病蟲性的種源已頗具規模 (表 9 及表 11)，侵害程度已顯著降低。

晚近在蜀黍抗病蟲害的遺傳研究，均發現其抗病蟲害行為多屬於一種少數基因的控制行為。此種形式的抗性是屬於質的抗性 (qualitative resistance)。少數品種表現特異的抗性，則被推測為修飾基因的作用，此種修飾基因屬於一種數效基因 (polygene) 的遺傳行為。近年來在抗病蟲上，前者

表 11 蜀黍的抗蟲品種及其來源

害蟲學名	蜀黍抗蟲品種(系)	品種來源
<i>Schizaphis graminum</i>	IS809 (PI221613)	U.S.
	KS30	U.S.
	SA7536-1 (Shallu)	U.S.
	PI264453	U.S.
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Piper sudan 428-1	U.S.
	TAM428	U.S.
<i>Atherigona soccata</i>	Maldani 35-1 (IS1054)	India
	IS2123	India
	IS5604	India
	Serena	Uganda
	Namatera	Uganda
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Freed (PI29166)	U.S.
<i>Chilo partellus</i>	Maldani 35-1 (IS1054)	India
	BP-53	India
	C-10-2	India
	E302	India
	E303	India
<i>Ostrinia nubilalis</i>	Kafirs (several)	U.S.
	Feterita	U.S.
<i>Diatraea grandiosella</i>	Shantung Brown Kaoliang	China
	Y-4 (Tex.63 × Kaura)	U.S.
	NK × 3007	U.S.
<i>Diatraea saccharalis</i>	King's Diamond	U.S.
<i>Blissus leucopterus</i>	Atlas	U.S.
<i>leucopterus</i>	Axtel	U.S.
	Dwarf Kafir 44-14	U.S.
	Red line 60	U.S.
<i>Oligonychus pratensis</i>	Rio (SC599-6)	U.S.
	IS12568 (SC56-6)	U.S.
<i>Contarinia sorghicola</i>	Nunaba	Africa
	Huerin Inta	Argentina
	AF28	Brazil
	SGIRL-MR-1	U.S.
	TAM2566 (IS12666C) (SC175)	U.S.
	IS2508C (SC0414)	U.S.
	IS2549C (SC0228)	U.S.
	IS2579C (SC0423)	U.S.
	IS3071C (SC0237)	U.S.
	IS8100C (SC0424)	U.S.
	IS12612C (SC012)	U.S.
<i>Oebalus pugnax</i>	White Darso (Kans. 33-378)	U.S.
<i>Sitophilus oryzae</i>	Double Dwarf Early Shallu	U.S.
	Sagrain	U.S.
<i>Sitophilus zeamais</i>	Double Dwarf Early Shallu	U.S.
	Early Kalo	U.S.
	Early Sumac	U.S.
<i>Sitotroga cerealella</i>	Double Dwarf Early Shallu	U.S.
	Early Kalo	U.S.
	Early Sumac	U.S.
<i>Rhyzopertho dominica</i>	Double Dwarf Early Shallu	U.S.
	Early Kalo	U.S.
	Early Sumac	U.S.
<i>Tribolium castaneum</i>	Double Dwarf Early Shallu	U.S.