

## 滄海一粟 ～ 論小米<sup>1</sup>

郭 能 成<sup>2</sup>

### 一、前 言

小米 (*Setaria italica* (L.) Beauv.) 為粟類 (millet) 之一種，其中文名稱尚有粟、小米梁、穀子、穀子梁、梁秫等<sup>(8)</sup>，英文名為狐尾粟 (foxtail millet) 或義大利粟 (Italic millet)，在有分佈之拉丁語系國家及阿拉伯、法、德、印度、義、日、俄、土等國，均有其特有名稱，印度甚至有七種不同方言之稱呼<sup>(131)</sup>。小米雖小如芥其蘊含之文化背景及經歷之時空卻能容納須彌，可溯及四千八百年前之周朝<sup>(231)</sup>，七千年前之墨西哥 Tehuacan 文化<sup>(107)</sup>，瑞士之湖棲民族，乃至於石器時代<sup>(1,53)</sup>，遍佈世界五大洲<sup>(148)</sup>，不分溫、熱帶<sup>(58)</sup>，高至海拔二千公尺均有其蹤跡。包括小米之粟類曾養活地球上三分之一之人口<sup>(237)</sup>，一度被視為神聖祭品及重要補品<sup>(94,212)</sup>，供於“簋”中。在農業科技進步之地區，小米已無法與小麥、水稻、馬鈴薯、玉米、大麥、大豆等主要糧食作物競爭，僅侷限於較落後之地區栽培。

但是在環保意識高漲，一切講求回歸自然的今天，小米不啻是所有糧食作物中最富懷舊氣息之健康食品。遙想遠古大地在氳氳著圖騰、巫卜之神秘氣氛中生長出之小米，每一穗所孕育的文化，傳播至今，能不吸引我們想一嚐其原始而浪漫的風味，並探索它神秘的面貌嗎？

### 二、粟 類 作 物

根據 Rachie (1975) 之定義，粟類為某些生產極小穀粒之禾本科 (

---

1 本文已於1990年於科學農業38(1-2): 28-43發表。

2 本場副研究員兼作物改良課課長。

gramineae) 作物的泛稱。除了粟屬 (*Setaria*) 之小米外，尚包括稗屬之 *Echinochloa frumentacea* (Roxb.) Link, 俗稱日本稗粟或糝 (Japanese barnyard millet) ; *E. decompositum*, 俗稱澳洲粟 (Australian millet) ; *E. colona* (L.) Link, 俗稱山馬粟 (Shama millet) 或剛果米 (Jungle rice) ; *E. crusgelli*, 俗稱百萬金元粟 (Million dollar millet) 。稗屬之 *Eleusine coracana* (L.) Gaertn, 俗稱指形粟 (Finger millet) 、鳥足粟 (Birdfootmillet) 或非洲粟 (Africa millet) 。稷屬之 *Panicum miliaceum* L. 俗稱普通粟 (Commonmillet) 、麵包粟 (Bread millet) 、豚粟 (Hog millet) 、法國粟 (French millet) 、俄國粟 (Russian millet) 或普羅梭粟 (Proso millet) ; *P. sumatrense* Roxth ex. Roem. & Schult ( *P. miliare* Lank), 俗稱小粟 [Little (small) millet] ; *P. ramosum* (L.) Stapf, 俗稱褐頂粟 (Brown top millet) 。雀稗屬之 *Paspalum scrobiculatum* L. , 俗稱可得粟 (Kodo millet) 或溝粟 (Ditch millet) 。狼尾草屬之 *Pennisetum tyhoides* (Burm) Stalf & Hubb, 俗稱真珠粟 (Pearl millet) 、蘆葦粟 (Bulrush millet) 、釘形粟 (Spiked millet) 、貓尾粟 (Cat-tail millet) 或印度粟 (Indian millet) 。臂形草屬之 *Brachiaria deflexa*, 俗稱臂形粟 (*Brachiaria millrt*) 。有時亦列入馬唐屬之 *Digitaria axilis* Stapf, 俗稱匈牙利米 (Hungary rice) 或 Fonio; 知風草屬之 *Eragrostis tef* (Zucc) Trotter, 俗稱愛情草 (Love grass) ; 薏苡屬之 *Coixlach-ryma-jobi* L. 即薏苡 (Job's, tear) (178,180) 。而高粱 (*sorghum*) 偶而亦會被稱為大粒粟 (Great millet) (150) 。

以上包含 2 亞科 (sub-families) , 4 族 (tribes) , 10 屬 (genera) , 14 種 (species) 。其中粟屬屬於禾本科黍稷族 (tribe paniceae) , 有 8 個亞屬 (subgenera) , 共 125 個種, 分佈在溫、亞熱、熱帶地區, 其中北美洲有 3 個亞屬, 包括 43 個種及 4 個品種 (varieties) (182) 。上述粟類作物大致具有生育期短、耐熱、耐旱、耐瘠地、抗病蟲害、能救荒或可製特殊食品、飲料等特性, 主要分佈在非洲及亞洲, 大部份至今仍為非洲落後民族之主食, 有關它們的起源、分佈、遺傳背景、栽培方法、分類、用途及營養成分等說明, 散見於若干著作編章中 (36, 58, 60, 61, 72, 101, 107, 108, 214, 236) 。

### 三、 起源、分布與生產

小米可能是由一種分佈於舊世界 (old world) 東亞、西伯利亞、歐洲乃至於美洲北部之青狐尾草 [Setaria Viridis (L.) Beauv.] 所演化而來，其染色體數與小米相同，彼此可雜交。由於小米生育期短，適於遊牧民族栽種，因而於石器時代經由亞洲南部帶進歐洲，再於近代傳入美國。因此在史前時代小米與普通粟曾廣佈於亞洲及東歐，它們可能是中亞與東亞最早之作物之一 (178)。西元前2700年小米已是我五大祭祀作物之一 (231)，我國或中亞可能是栽培種之起源中心 (233)，後來傳至日本成為野生種 (237)。德國探險家曾在阿富汗發現小米形態有很廣之變異 (196)，Kawasa及SKamoto (1987) 利用歐、亞種源測交很多品系，調查後代花粉不稔程度，均認為阿富汗至印度間可能有馴化中心 (115)。至1970年小米仍為中國大陸、日本、韓國、東印度及高加索之食物。

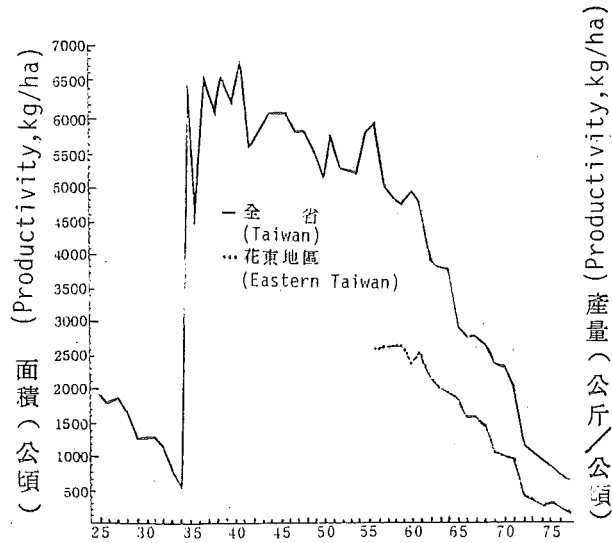


圖1. 歷年本省及花東地區之小米栽培面積。  
(整理自台灣農業年報)

Fig1. Acrage of millet in Taiwan and Eastern Taiwan .  
(data from year Bood of Taiwan Agriculture)

圖 1 歷年本省及花東地區之小米栽培面積。

(整理自台灣農業年報)

粟類之產量以我國最多，1934~38年曾佔世界三分之一，1960年代估計世界小米產量為粟類之24%，而我國佔90%以上。主要栽培地區尚有日本、印度

、韓國、非洲、東歐、澳洲、加拿大、美國、伊朗西、南及東南部、阿富汗、土耳其<sup>(148)</sup>，以及阿根廷<sup>(59)</sup>。我國小米分佈於河北、河南、山西等北方省分<sup>(17)</sup>，主要在北緯34~40度間，大致為西北黃土高原、熱河南部與山西北部高原、中原之中北部三個區域<sup>(49,50)</sup>，所產之小米曾在1950年以前供應全國約17%之糧食<sup>(148)</sup>。本省小米主要栽培於山地，為昔日原住民之主食，而以花東、高屏地區種植最多，後來由於鼓勵推廣水稻及其他糧食作物，使栽培面積漸減，全省面積由1952年最多6736公頃，降踢低至1988年僅606公頃，花東地區在1973年以前維持在2100~2600公頃，至1988年僅147公頃（如圖1）。公頃產量全省平均最低為1945年之502公斤，花東地區則不足1000公斤，由於栽培技術及品種之更新而有逐漸提高之趨勢，在1986年最高為全省平均1565公斤，花東地區2261公斤（如圖2）。

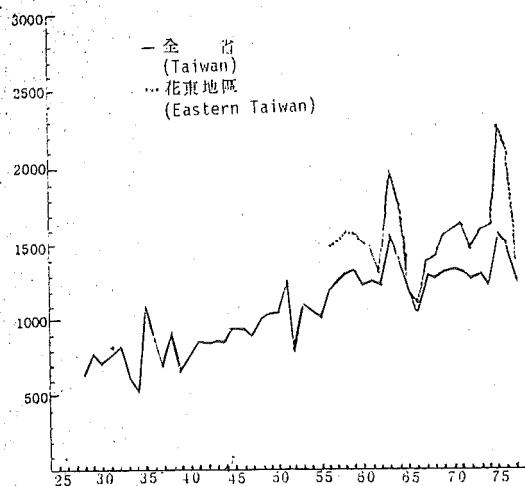


圖2. 歷年本省及花東地區之小米單位面積產量。  
（整理自台灣農業年報）

Fig2. Unit productivity of millet  
in Taiwan and eastern Taiwan.  
(data from year Book of Taiwan  
Agriculture)

本省及花東地區之小米單位面積產量。  
（整理自台灣農業年報）

#### 四、文獻資料

有關小米之研究隨著它在世界上糧食、飼料地位之式微，量方面近廿年來有顯著的減少。最早整理出版之小米目錄包括在1932年之“粟類及高粱之育種與遺傳”(Bibliography on the breeding and genetics of the millets and sorghums)之內<sup>(19)</sup>，1955年有由印度出版之“小米目錄”[(Bibliography of rala (*Set-aria italica* Beauv))] <sup>(114)</sup>繼之有1961年之“世界粟類文獻目錄”(Bibliography of the world literature on small millets) <sup>(179)</sup>，Anonymous (1967)又將其範圍擴增為1930-1963年<sup>(23)</sup>，1971年乃有專門彙整小米資料之“世界小米文獻”(The *Setaria* millet: A review of world literature) <sup>(148)</sup>，共刊出文獻計587篇，主要來自印度、東歐、中國、日本及美國。其中1893~1959年間在美國便有18個洲從事小米試驗工作，有29篇報告。1975年有綜論“粟類之重要性，利用及展望”(The millets. Importance, utilization and outlook) <sup>(180)</sup>。1981年出版之專書有“高粱及粟類之成分與營養價值”(Sorghum and the millets. Their composition and nutritive value) <sup>(101)</sup>。欲瞭解最近有關小米之研究報告，可查閱由C. A. B. International Information services 出版之雙月刊“高粱與粟類摘要”(Sorghum and Millet Abstract)。

## 五、小米之植株形態

小米生育具春作習性(Spring habit)，適合溫暖季節生長、短日性、生育期對氮肥量呈正效應，此等特性類似水稻、玉米及高粱。種子發芽後有3條種子根，可歸納於如玉米、大麥、小麥、燕麥、黑麥等屬多種子根作物(3~7根)，植株直立分枝少，可高至1~1.5公尺，莖部具有大部份穀類作物之通性，除節部以外大部份為中空，異於玉米、高粱與真珠粟之實心。再生能力低於水稻及高粱而高於燕麥、大麥、小麥及玉米。分蘖性因品種而異，有些不分蘖，有些可達5~6個，第一次分蘖在主莖基部，本身有根，第二次分蘖則在地上部之主莖上，故本身無根。如大多數之粟類作物，其種子、幼苗很小，與成熟植株之尺寸比例相當懸殊。葉片與葉鞘連接處有葉舌密生粗毛，但無葉。為圓錐花序(spicate)，每一小穗花下被有剛毛(bristle) 1~3根，粟類中真珠粟及指形粟亦有相同性狀，但小米穗較鬆散，成熟籽粒被內、外穎緊包，成熟後剛毛並不隨小穗一起脫落，此異於真珠粟及指形粟；剛毛有綠、棕、紫等顏色<sup>(180, 165)</sup>及不同之形態<sup>(161)</sup>，一般野生種才具多穗型，環境因素亦可

能誘使栽培種產生多穗<sup>(196)</sup>。小穗內有上、下兩朵花，與真珠粟、普通粟、日本稗粟相同，稔及不稔各一，下位花不稔，具有5脈之膜狀外穎，內穎退化，上位花為稔性兩性花，內、外穎等長。稔性花有3雄蕊，花藥為白或橘色，子房平滑有2花柱，柱頭為羽狀<sup>(180,165,5)</sup>。

在印度之開花期大部份於早上8~10時，有些甚至全天均開，由晚上10時至半夜及晨間6~10時<sup>(34,93)</sup>，韓國則在凌晨1~3:30時及7:30~10:30時<sup>(97)</sup>。第一朵花，開在由葉鞘出穗約四分之三時，或全部出穗後5天。每穗開花由頂而下，大穗開花期長達8~16天，盛花期在開花後第4天，一朵花可開30分鐘而在高溫、低濕下完成開花需80分鐘<sup>(34,93)</sup>。開花起先很快，漸慢然後靜止20~30分鐘，再慢慢閉合<sup>(97)</sup>。其分解動作為(1)穎稍開，(2)穎全開但花絲未完全伸展，(3)穎全開且花絲亦全伸展出來，(4)穎開始關閉，花絲彎曲，花藥下垂<sup>(156)</sup>。有試驗發現，開花數目與溫度成負相關與濕度成正相關<sup>(136)</sup>，因為使穎順利分離而雄蕊伸出需要適當之濕度環境<sup>(156)</sup>。開花時期、期間及程度亦隨品種而異<sup>(65)</sup>。

成熟種子被內、外穎緊包，即俗稱之穀子，有淡黃、灰黃、橘、粉紅、紅、棕或黑等顏色，百粒重約1.8~2.9公克，比日本稗粟及普通粟還小。去除內、外穎即為穎果(caryopsis)，呈白、黃或略帶其他雜色，腹面平坦、背面凸起，胚在背面之下半部，百粒重約為1.7公克。穎果包括很薄之果皮、種皮、單糊粉層及由多角形澱粉粒堆積成長形細胞之胚乳。糊粉層大多無色，但依品種不同而有灰青、暗青顏色，澱粉層則為乳白或淡黃色<sup>(5,179,180,182)</sup>。穎果在開花後19天之體積、乾濕重及灰份達最大，含水量則於開花後第12天最高，以後便逐漸下降<sup>(151)</sup>。子實大小會隨植株部位不同而異，以在穗中央者最大<sup>(228)</sup>，早熟品種穗內之種子間大小差異較小。

小米有離層(abscission layer)在堅硬之上位花下方，而野生種之青狐尾草離層則在整個小花穗下方，故將植株乾燥後擠壓花朵時，小米僅上位花脫落，青狐草則整個小穗花均脫落，此可判別兩種植物之不同<sup>(145)</sup>。

## 六、 品種與分類

根據植物生育期、株高、莖葉顏色、剛毛密度及長短與顏色。穗之外形及大小、穀粒顏色，可將小米分類出12個以上之不同型(form)或栽培種<sup>(58)</sup>。Wheeler及Hill(1957)曾以上述性狀比較德國種(German millet)，平常

種 (common millet) 、金礦種 (goldmine millet) 白色種 (white wonder millet) 、西伯利亞種 (Siberian millet ) 、哥薩克種 (Kursk millet) 及匈牙利種 (Hungarian millet) 彼此間之異同<sup>(236)</sup>。綜合Hector (1936)<sup>(92)</sup>及Koernicke和Frear<sup>(8)</sup>之分類，日本種 (Aino millet) 、德國種及金黃種 (goldenwonder millet) 屬於穗長、展開而下垂之 *S. italica* Maximum 栽培型，均具長剛毛，其中日本種穗長而纖細，甚展開、鬆弛不密、下垂，每群種子分離很分明顯；德國種及金黃種均屬穗較短而肥胖、密叢、直立或稍下垂、種子群分離不明，種子為黃色，但前者剛毛較密，而後者較少。匈牙利種則屬於穗短而厚、直立、下垂甚微之 *S. italica* Moharium 栽培種，其穗甚緊密，種子為黃至黑之較暗顏色，剛毛褐色或紫色。另外平常種及西伯利亞種則為穗大、種子群分離不明，具黃色、紅色或桃紅色種子<sup>(8, 92)</sup>。Musil (1950) 則將小米分為德國種及平常種兩型，前者包括白色種，後者包括西伯利亞、匈牙利、哥薩克及金礦等種<sup>(159)</sup>。Bailey (1958) 劃分品種，則將德國種及金黃種歸為 *S. italica* var. *stramineofruca* Bailey；匈牙利種為 var. *nigrofructa* Bailey；具淡紅、橘紅種子及紫色剛毛之西伯利亞種及土耳其種 (Turkestian millet) 為 var. *rubrofructa* Bailey<sup>(36)</sup>。Scholz (1960) 依穎之表皮細胞上乳狀突起 (papillae) 的有無區分品類 (convar.) 之標準，有者為 *S. italica* convar. *maximum*，無者為 convar. *moharia*。青狐尾草被認為是前者之祖先<sup>(197)</sup>。Gritsenko (1957、1960) 則依一些農藝性狀之差異將小米分類3群：(1)滿洲群 (Manchuria group) 產於我國東北，特性為很早熟、稈細、葉短而纖細、穗短、種子小而殼包被不良，通常耐旱、低產。(2)中韓群 (Chinese-Korea group) 產於我國北方、中北部及韓國北部，中晚熟、高株、稈粗、葉長而狹、耐旱性低、子實及草稈產量高。(3)南蒙古群 (South-Mongolian group) 產於我國西北及滿、蒙交界，極早生與抗旱、葉寬粗、矮株、葉少、大部份為密穗、種子大殼粗、不易脫落、高產<sup>(83, 85)</sup>。我國古代則依穗形態分為三型。穗大而下垂，小穗疏離者叫“梁”，日人稱為大穗小米 (オオアワ)，亦即義大利種小米；穗短小、穗短小、直立、小穗緊密者為“粟”日人稱為小穗小米 (コアワ)，即德國種小米；大穗小米具有糯性者為“秠”。日本之小米品種可依穗型歸納為圓筒型、棍棒型、圓錐型、紡錘型、猿手型及貓足型等 6種；依莖色可分為赤莖及白莖品種；依播種季節可分為春作及夏作品種，生育日數由80天以下至130天以上均有。而以糯性品種佔大多數<sup>(5)</sup>。

在1970年前有8個國家共127個品種見諸文獻，而以俄國（47個），我國（35個）最多，印度（16個）、美國（12個）次之<sup>(148)</sup>。根據植物及農藝性狀比對，可能有21個我國品種分佈在蘇俄各國<sup>(222)</sup>。日本自古以來有2000個以上品種，目前主要有白粟、黃粟、晚赤、友那大粟、信濃1號、虎の尾、吉利、早生粟、能本地磨1號、五十鈴粟及昭和糯等<sup>(5)</sup>。本省小米於1941年調查時有130個，經分類後有42個雷同，其餘88個則依照成熟期、大小、穗型及花與籽粒等外表型態加以登記<sup>(116,117)</sup>，可能係早期由大陸、日本或菲律賓引進，目前正式命名之品種有台東選1~6號及台中選1號等7個，台東選1~6號植株高大、穗長30~48公分、晚熟，屬大穗小米，有3品種其小穗疏離，3個則密集，剛毛除選6號為密生，其餘均無，莖稈為紫色或淡綠、淡黃色，籽實為淡黃至淡褐色，除選5號為稈性外餘皆為糯性<sup>(6)</sup>。台中選1號係由剛毛密長之日本種中選出。根據台東區農業改良場最近調查東部及南部之地方品種大都為大穗小米，籽粒顏色有紅、黃、褐、灰色，唯蘭嶼保留有褐黑色之小穗匈牙利種。

不同來源的基因型，除了利用形態做為辨識標準外<sup>(195)</sup>，亦可藉植株氣孔密度、生質量、與光合作用效率<sup>(190)</sup>、抽穗期對日長之反應<sup>(211)</sup>、類黃酮（flavonoid）化合物之質與量變化的化學型<sup>(79)</sup>、蛋白質電泳圖譜<sup>(7)</sup>、雜交和合性及花粉不稔性程度<sup>(115)</sup>等資料加以比較分類。

Rao (1987) 利用穗大小、分蘗數、栽培地區及雜交試驗，對ICRTSAT 所蒐集之1195個材料（accession）進行分類，發現有Viz. moharia, maxima 及 indica 等三型栽培系統<sup>(185)</sup>。已有人利用標準IBPGR電腦程式將小米之農藝、生理、生化、遺傳及細胞學等資料加以貯存<sup>(234)</sup>、Sheriff (1984) 利用正規變方三向分析法（canonical variate 3-vector analysis），將225個基因型分成46群（clusters），其中僅有13群表現地理起源不同；具遺傳變異者有開花、分蘗、花穗、穗柄及葉等8個性狀，遺傳變異與地理起源之變異無關。其中有15群在產量及其構成因素上有很大之差異<sup>(220)</sup>。Kawase及Sakamoto (1987) 利用日本（A）、台灣（B）及比利時（C）品系測交83個歐、亞品系，根據F<sub>1</sub>花粉不稔率將它們分為6型，A型品系來自日本、韓國、中國大陸；B型來自台灣、日本西南Nansei島；歐洲品系大部分為C型；AC及BC型在阿富汗及印度發現，其遺傳特異性最少<sup>(115)</sup>。



## 七、生理研究

小米種子發芽受很多因素影響，在不同性質之土壤田間含水量10~35%時發芽率為100%，但飽和含水量下則不能發芽<sup>(120)</sup>。香豆素 (coumarin) 100 ppm、8-羥基奎林 (8-hydroxyquinoline) 及生長素 (Auxin) 之金屬嵌合物均會抑制發芽<sup>(102,103,106)</sup>，而1 ppm 香豆素或 $F_2Cl_2$ 、 $CuCl_2$ 預措會提高發芽率<sup>(103,106)</sup>。種子在PH值2.9~5.4溶液或蒸餾水中吸水24小時，種子內之PH值保持在6.2左右，於22℃下PH高於2.9之HCl 不會影響發芽率<sup>(140)</sup>。調查32個小米種子樣品有24個休眠性為1~16%；種子在剛採收時休眠性最強，貯藏後逐漸降低而消失<sup>(239)</sup>。有關休眠性打破、種子不同部位對發芽、休眠之角色及成熟後藥劑處理等問題已有人論及<sup>(130)</sup>。實驗室中最適發芽之溫度為20.8℃<sup>(80)</sup>，據信種子在接受日溫在5℃以上之積溫61.4~79.2℃時，才開始莖部之發育<sup>(82)</sup>。

小米之耐旱力較普通粟及蘇丹草 (Sudangrass) 強，主要表現在生育初期及子實發育期<sup>(64)</sup>，與根部外皮層之矽沉積量有關<sup>(187)</sup>，而根部外皮層及內皮層及基部節中柱厚壁組織 (stele sclerenchyma) 之發達與否與抗白蟻為害有關<sup>(186)</sup>。播前種子以1公克硼酸溶於9公升水之溶液浸潤，可提高抗旱力<sup>(162)</sup>。施5ppm硼便會使植株出現毒害病徵，400ppm之鈣則有缺鈣現象，硼鈣彼此間會相拮抗<sup>(153)</sup>。小米對磷之吸收量與地溫有正相關趨勢，地溫16℃對磷肥之吸收不受土壤濕度之影響，在21℃及33℃則有影響<sup>(143)</sup>。施用N<sup>15</sup>標記之尿素及硫銨於大蒜 (*Allium sativum*) 田，此田與小米輪作，以滲漏測定計 (lysimeter) 調查3年，小米吸收氮素15%；子實產量，施尿素為1105~1616g/m<sup>2</sup>，施硫銨為1236~1384g/m<sup>2</sup><sup>(128)</sup>。小米在發芽後30天內對酸性反應最敏感，最適土壤PH值為6.5左右，弱碱性土壤僅在生育初期有負影響，而酸性會影響植株內代謝物，降低鈣含量，增加磷與鉀之含量<sup>(121)</sup>。種子以2%  $CaCl_2$ ，7% NaCl或4%  $NaHCO_3$  處理，有增產現象<sup>(169)</sup>。

小米幼苗期生長率與相對蒸散率有關，蒸散率低者生育較佳，但與最後之產量無明顯關係<sup>(54)</sup>。每天12小時之風處理吹31天，第5天前3葉邊緣開始變乾，起初13天生育較對照快，往後變慢，葉片變尖，重量減輕、稈細、葉窄、分蘗少而輕、根系少，需水量為對照2倍<sup>(183)</sup>。

有很多關於小米光照之試驗<sup>(69,70,71,154,158,219,245)</sup>。Reddy(1987)

調查40個不同基因型材料花期之植株氣孔數，發現彼此間差異極顯著，有5個在開花後乾物量分配至子實最大之品系，進行田間濕度逆境評估，結果以氣孔數少，乾物蓄積量高者，無論生育或產量所受影響均最少，光合作用效率高<sup>(190)</sup>。Aleksseva (1959) 發現某小米植株在4葉形成期前，於早上及傍晚以遮蔭法造成短日，會促進抽穗<sup>(13)</sup>。但原產於巴基斯坦及阿富汗北方高緯度地區之小米可生長在24小時長日照下，原產於山谷區則否<sup>(189)</sup>。來自中國大陸、印度及南非平地之晚熟種，以連續適當光度照射會產生種子<sup>(124)</sup>。Varenitsa (1957) 在65個不同型(form)之小米中，發現有4個是短日型，9個為平均日長型，52個為長日型<sup>(226)</sup> 利用短日照(10小時)、平均日照(11.5~14.5小時)、長日照(16小時)三種不同日長處理，可將蒐集之17個歐、亞品系分類為：(1)早熟、對日長鈍感之高海拔品系。(2)營養生長期長之低海拔品系。(3)晚熟、營養生長期短，對日長敏感，源自北緯30度之品系。在所有日長下，葉數與抽穗期均有顯著之相關；短日下，抽穗期與海拔高度成負相關<sup>(211)</sup>。高產需有適當之積儲/供源比，對二個大陸栽培種而言，去掉66、33及0%之小穗花，會使子實萎縮25.9~28.3，36.7~42.2及53%。故積儲/供源比太高會使結實減少，子實萎縮率與稈莖含糖濃度成負相關。糖分濃度增1%，子實萎縮率降7.5%，根活性亦與結實有關，當根流傷度(bleeding level)增158.9~166.7%時，子實萎縮率降低19.6~31.2%<sup>(87)</sup>。小米葉部經解剖發現有類似放射性環狀排列(Kranz-type)，不論就光合作用CO<sub>2</sub>同化途徑、最初代謝產物、葉部光合速度、有關酵素之活性與劃分，對CO<sub>2</sub>之抑制與促進、光呼吸作用等特性，均證明為C<sub>4</sub>作物之NADP Me型<sup>(142,249)</sup>。中元及山崎(1988)對包括小米在內之8種雜穀類之根、莖、葉之生育形態構成要素及各營養器官之維管束佈頻度，均有詳細之研究<sup>(2,3,4)</sup>。

影響開花之因素除光照之外，尚有溫度及濕度，植採開花後，再移至較低溫度下，可在4~5小時內再開。提高溫度為誘導開花之主要方法，高溫後溫度下降維持一段長時間亦可開花。開花數目視溫度、相對濕度及土壤有效水分而定<sup>(65)</sup>。其他生理研究尚有葉鞘、茸毛及根毛細胞質流動<sup>(68)</sup>，霜害<sup>(80)</sup>花粉發芽之促進與抑制<sup>(48)</sup>等。

有關生化物質之研究，在36個具代表性變異品種中，根據類黃酮化合物之測定，可分為7個化學型(chemotype)，並據以推論，起源相同之野生及栽培種之基因庫馴化方向各自獨立<sup>(79)</sup>。由小米種子可抽出蛋白酶抑制物(proteinase inhibitor)<sup>(221)</sup>，其中一種 $\alpha$ 蛋白酶抑制物( $\alpha$ -amylase

inhibitor)，純化至150倍，分子量為24000，由二個相同之多肽 (polypeptide) 構成。可抑制人類唾液、人類及豬之胰蛋白酶。此物在熱、強酸鹼下不穩定 (160)。

## 八、細胞學研究

小米之染色體 $2n=18$  (122)，而本屬之基本染色體數為9，染色體數愈少之物種愈原始<sup>(132, 133)</sup>，但小米由青狐尾草演化而來，可能是最近的事<sup>(134)</sup>。

。染色體中有一對較大<sup>(125)</sup>，此染色體約為四元體之 *S. verticillate* 或 *S. glauca* 最長染色體之2倍，沒有隨體 (satellites) 或次溢縮 (secondary constriction)，一個二價體 (bivalent) 附於核仁 (nucleolus) 上，沒有多價體 (multivalent) 或單價體 (univalent) 出現，由氣孔及花粉大小可以做為分類粟屬多元體之標準，其大小與染色體之元數程度成正比例<sup>(51)</sup>。Hsia (1949) 曾利用秋水仙素處理得到復二元體 (Amphidiploid) 植株，命名為 *S. italo-faberrri*，7代後之染色體經常有多價體出現，植株很少完好種子，此種高不稔率不僅因為減數分裂不規則所致，且受一些生理干擾<sup>(98)</sup>。Sun 等 (1983, 1985) 發現二元體小米栽培種 Jingu 10 之染色體核型為  $2n=18=2A$  SM+14BM+2CST。利用 Giemsa c-band 法染色，大部份呈色在中央，各對染色體間色條區之寬度有些差異<sup>(206)</sup>。四元體小米栽培種核型為  $4n=36=CN$  型+32C+4CN，近似二元體之 Jingu 20。其 Giemsa c-band 型態亦是染色大部份在中央，染色體對之間的色條區寬度有些差異。可分為具共同祖先之9群，此二不同染色體組 (genome) 可能具有部份同源性<sup>(207)</sup>。

Musil (1950) 早先便認為自然雜交之種子不易排除及辨認<sup>(159)</sup>，雜草 *S. verticillata* 染色體  $2n=36$ <sup>(26)</sup>，易與小米自然雜交而混雜。Poirier-Hamon (1986) 以栽培小米 Macro 授粉此雜草，得一不稔性三元體雜種，利用營養繁殖及秋水仙素處理，產生各種不同染色體數之後代，但外形均如  $2n=36$ ， $2n=54$  之個體，其中有一株三元體植株具稔性會產生 *S. verticillate* 後代。 $2n=54$  雜種之後代則具異質性，生育及花之性狀為中間型<sup>(174)</sup>。

## 九、遺傳研究

小米植株為綠色或帶有紫色，紫色為顯性由一個 P 基因控制，綠色 ( $\rho$ ) 為

隱性性狀。不同之紫色程度則分由 $P_1 \sim P_6$ 等6個因子所決定，植株若有 $P_1$ 則整株全生育期為紫色， $P_6$ 則使幼苗呈綠色，成熟植株葉片方偶有淡紫色。I基因會增強顏色，V及H基因決定顏色之活潑性，若有此兩基因之作用，會在植株營養生長部位或花序上顯現。由P、I、V及H基因間之交感作用形成小米不同品種之變異<sup>(27, 145)</sup>。種子殼色（內、外穎）之基因型為黑色（BBIIKK）、深褐色（BBIIkk）、茶黃色（bbIIKK）、黃色（BBiikk及bbiikk）、紅色（bbIIkk）、茶紅色（BBiikk及bbiikk）<sup>(29)</sup>。胚乳性狀，糯性（wx）、非糯性（Wx）、白色（W）、黃色（w），均受簡單一對孟德爾基因控制<sup>(138)</sup>，或則黃色或白色胚乳受 $Y_1$ 及 $Y_2$ 基因控制，糯性與否受M基因控制<sup>(210)</sup>；掌形穗受二對互補基因 $P_1 P_1$ 及 $P_2 P_2$ 控制<sup>(138)</sup>。密穗為顯性，不稔造成之疏穗為隱性，受單基因（A）控制<sup>(30)</sup>。小穗上剛毛長度範圍 2.2~14公分，小米均有X基因控制2.2~4.5公分之短剛毛，E、 $L_1$ 及 $L_2$  3對基因與X基因作用產生三種較長之剛毛。X或X+E表現短剛毛，X+ $L_1$ 或X+ $L_2$ 表現短剛毛，X+ $L_1$ + $L_2$ 為中等長度，X+E+ $L_1$ 為短剛毛，X+E+ $L_2$ 為中等長度，X+E+ $L_1$ + $L_2$ 為長剛毛<sup>(32)</sup>，種子上之剛毛密度 0~80%，受不完全顯性單基因控制，無剛毛為隱性<sup>(33)</sup>。穗分枝長度受 2對基因控制，長為顯性，短為隱性；控制粒色基因為 A（紅）、a（黃）、B（橙）、b（黃），A對B有上位性<sup>(199)</sup>。鮮花藥顏色受 1對基因控制，棕橙色為顯性，白色為隱性<sup>(28, 29)</sup>，與控制顏色之 2對基因及胚色之 1對基因，互為獨立<sup>(118)</sup>；而黃色花藥對白色為顯性，對棕橙色則為隱性<sup>(22)</sup>。白化苗為 1對基因同質結合體<sup>(33)</sup>；或受 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 等 3對基因控制<sup>(210)</sup>。子實黑穗病（smut）抗病基因為顯性，感病為隱性<sup>(243)</sup>。Takahashi（1942）報告，N及G基因控制無色或灰色種皮；穗色受B、I、K等 3對互補基因控制；葉鞘顏色受C、R、H等 3對互補基因控制；圓球或橢圓形子粒受Ee基因控制；稔性與否受Ss基因控制<sup>(210)</sup>。中國大陸有半雄不稔材料，和400個品種雜交，經過 7年遺傳分析，得知係受單基控制，而其回復親自交系自交7代未獲稔性植株，與7個雄不稔系統雜交， $F_1$ 便完全恢復稔性<sup>(93, 99)</sup>。由日本品種突變而得之無小穗花植株，自交後代分離比為15正常株：1畸型株<sup>(187)</sup>。

控制穎色及胚乳性狀之各別單基因間有聯鎖作用，互換率為23.7%<sup>(118)</sup>。利用小米與青狐尾草雜交定出三種聯鎖群，即In（P之加強基因）與紫色剛毛控制基因 $Pr_1$ 及 $Pr_2$ 間；S基因與 $\rho$ （紫色植株）及 $Pr_3$ （紫色剛毛）間； $G^a$ （控制花粉管發育生長之配子體基因）與W（白色種皮）及Br（棕色花藥）間<sup>(134)</sup>。上

述種間雜交  $F_1$  穗長，種子大子，每穗粒數等性狀介於親本間，染色體 9 對，花粉粒發育及受精均很正常<sup>(119)</sup>，或有 70% 不稔， $F_1$  較像青狐尾草，由此間雜交獲知 10 項資料，包括 S 及 H 基因互補控制落粒；Ps 基因控制幼苗倒伏 (prostrate)<sup>(134)</sup>；另由其  $F_1 \sim F_3$  代資料得知 19 個外表性狀，除株高、葉數及開花期之數值較高外，均介於兩親本間，而較高之原因係受顯性效應控制。除落粒率外，其餘性狀均受非累加性效應控制。落粒性狀則受至少 4 個基因座控制<sup>(66)</sup>。並由其他種間雜交得知葉鞘基部非纖維性為顯性，纖維性為隱性；簇生性為顯性；貼地性為隱性；5 脈穎為顯性，3 脈為隱性<sup>(42)</sup>。

小米基因型與播種期、地區、季節等環境之交感很顯著；遺傳變異受基因型與播種期及地區交感之影響較基因型與季節之交感為大。外表型及基因型之變異係數，以單株產量較高而穗周長及抽穗期則較小。多數性狀之外表型變異中大部份屬遺傳變異，故遺傳率很高；但每株分蘗數及產量之遺傳率則低<sup>(25)</sup>。由 10 個地區蒐集而來具代表性之小米品系及 2 個地區之青狐尾草，被分析受 10 個基因座控制之酯酶 (esterase)、酸性磷酸酯酶 (acid phosphatase)、麩氨酸草醋酸轉氨酶 (glutamate oxaloacetate transaminase)、蘋果酸脫氫酶 (malate dehydrogenase)、6-磷酸葡萄糖酸脫氫酶 (6-phosphogluconate dehydrogenase) 之同功異構酶 (isozyme) 組成，發現不同地區小米間之圖譜有變異，兩物種在地區間之變異較物種間為大<sup>(109)</sup>，而上述包括 Est 1、Est 2、Est 3、Adh 1、Got 1、Got 2、Acph 1、Mdh 2、Pgd 1、Pgd 2 及 Pox 1 之同功異構酶的基因座，係以 5 個小米雜種與 1 個種間雜交組合及其  $F_2$  後代所定出；同時尚測出糯性胚乳由 1 個基因座 (Wx) 控制；葉領之花青素至少有 2 個基因座控制。並獲知有 Mdh 1-Pox 1-Wx-Est 3-葉領色素基因座；以及 Est 2-1 或 2 個葉領基因座等二個聯鎖群<sup>(55)</sup>。評估 15 個基因型發現株高、分枝 / 穗比、穗長、乾草及子實產量等性狀，均有很高遺傳率及遺傳增進<sup>(84)</sup>。Sato 及 Koku bu (1988) 調查 615 個材料，結果有 7 個量的性狀變異很大，有利於育種，但遺傳率均不夠高，無法立即選拔湊效。6 個質的性狀，大部份為彼此獨立；並做成產量與 4 星期株齡植株高度間之迴歸，推薦為早世代選拔之指標<sup>(194)</sup>。Ricroch 等 (1987) 在 17°C 及 27°C 下，針對對於三氮吡系 (triazine) 殺草劑具感藥性之中國栽培種小米，具細胞質抗性遺傳之青狐尾草品種及它們的交回系等三者之營養器官乾物重、光合作用率及光系統 II 之電子傳遞，確定此抗藥基因會降低電子傳遞率影響植株生育，故建議發展核染色體之抗性基因<sup>(192)</sup>。

## 十、育種研究

小米為自交作物，在不同地區有各種天然雜交率之報告。加拿大0~4.93%，平均0.69%；印度孟買0~1.92%；中國大陸5.6~7.63%；日本0.09~1.09%，平均0.59%<sup>(148)</sup>。人工去雄法<sup>(136)</sup>及溫湯去雄成功之技術有多人說明<sup>(52,224)</sup>。有採47℃溫水浸13~16分鐘，48℃浸10~13分鐘，49℃浸5分鐘<sup>(191)</sup>；47℃水浸13~16分鐘，有12.5%之種子產生，而人工去雄則有30.9%<sup>(57)</sup>；將花穗浸入41~42℃溫水20分鐘或更久，可重複1~2天以上<sup>(155)</sup>。將兩品系穗靠綁一起，套以透光紙袋，至開花後才解開，亦有雜交成功之機會<sup>(209)</sup>。

1970年代以前為小米育種盛期，根據Malm及Rachie(1971)整理出共有9個國家，16個作者，28篇文獻，談及育種目標，大致為品種改良、早熟性、高產、抗旱、抗倒伏、抗病蟲害、大粒黃色籽粒、大穗，並曾利用種間雜交為育種方法。較主要的地方有中國大陸及印度。前者之育種目標尚有穩定性、抗黑穗病及抗鹽害等；後者則尚有種源蒐集、瓣狀穗、抗落粒等目標<sup>(148)</sup>。育種過程中發現，有些品種在幼苗期較感粟熱病(*Piricularia setariae*)，有些則全生育期均抗<sup>(141)</sup>，在1430個選穗中，對黑穗病之感病程度為0~87%<sup>(220)</sup>。TN-2品種抗露菌病(downy mildew)<sup>(244)</sup>。剛毛長之品種抗落粒<sup>(222)</sup>，亦可躲避麻雀為害<sup>(223)</sup>。分蘗與產量間成正相關，較主穗長與草量間之相關更顯著<sup>(188)</sup>。但亦有認為產量與根重、草重、主穗分枝數及百粒重成顯著正相關，但與草高、分蘗數、葉重及穗周長無顯著相關<sup>(113)</sup>。而抽穗日數及穗長亦有顯著相關<sup>(137)</sup>，也有分蘗能力與產量、主穗大小成負相關之報告<sup>(31)</sup>。因此穗重應是改進產量之可靠選拔指標<sup>(228)</sup>。

不同型小米如*Sp. maxima*及*Sp. moharia*間之雜種較高親之產量多出2倍，外型介於兩親之間<sup>(201)</sup>。亦有以粟屬及稷屬進行屬間雜交中獲得大粒、早熟、高產組合之情形<sup>(226)</sup>。以及小米與*S. verticillata*雜草間之雜交，利用營養繁殖及秋水仙素處理而得 $2n=36$ 及 $54$ 及後代<sup>(174)</sup>，而未熟花序在適當培養基中可形成胚癒傷組織，可維持14個月之繼代培養，連續長出幼苗<sup>(240)</sup>。

Aparnev等(1961)曾連續以三年遮蔭處理培育出一新型品種，形態與原型差異極大，並具雜種優勢<sup>(24)</sup>。Hu(1985)由澳洲粟與吐魯番種小米雜種後代獲得半雄不稔材料，亦得到其回復親<sup>(99)</sup>，亦有由小米及青狐草雜交 $F_1$ 經秋水仙

素處理得四元體雜種，在許多性狀，尤其是籽實重，都較二元體 $F_2$ 植株更接近小米，希望由 $F_2$ 後代選拔接近小米之二元體及四元體植株<sup>(66)</sup>。Venkateshappa (1986) 以4個地區之資料進行穩定性分析，發現子實蛋白質有顯著 $G \times E$ 交感。由20個栽培種中選出具平均穩定性者5個，適地高產者4個<sup>(230)</sup>。

有關種源方面，印度在1970年已由世界各地蒐集660個品系<sup>(148)</sup>，ICRISAT目前包括青狐尾草至少有1195~1309個材料<sup>(185,198)</sup>。日本由印尼（北緯2度）至其本國（北緯40度），包括台灣以及比利時等地區蒐集了具不同日長反應、交配行為之品系至少103個<sup>(211,115)</sup>，鹿兒島大學亦至少由鹿兒島、宮古島、琉球、菲律賓及台灣蒐集有615個材料<sup>(194)</sup>。Cui(1986)提及在河北省至少有815個材料進行抗病篩選<sup>(62)</sup>。法國亦有蒐集具有代表性變異之種源進行研究<sup>(79)</sup>。已有人利用標準IBPGR程式將所有蒐集之材料的農藝、生理、生化、遺傳及細胞學等資料整理貯存於電腦中<sup>(234)</sup>。

## 十一、雜草與病蟲害防治

小米對雜草之競爭力很強<sup>(86)</sup>，為求省工及增產，應使用殺草劑除草。曾被試驗過之殺草劑有，2-4D於播種前3星期噴施，小米萌芽後則以丁基酯（butyl ester）2-4D處理<sup>(227)</sup>，分蘗期施用2-4D（納鹽），可除草50~80%，但降低20~30%產量，噴藥最適期在2~3葉期一次，抽穗期再一次。再另一地區2-4D（納鹽）可除草85~100%，丁基酯2-4D則為59~100%<sup>(56)</sup>，2-4D會影響小米生長<sup>(175)</sup>。萌前2~3天以1~2公斤/公頃之草滅淨（simazine）噴施可有效殺草，但萌芽後20~30天會有藥害出現<sup>(14)</sup>。草脫淨（Atrazin）之除草效果在沙土比草滅淨高，藥害亦較小，萌前施以1公斤/公頃量，雖除草不甚有效果，但產量高，亦可在小米株高10~15公分時以較高劑量施用，但效果亦不甚理想；小米對上述兩種殺草劑之反應比普通粟敏感<sup>(15)</sup>。亦可在株高15公分以上，約分蘗時施用0.5磅酸當量之MCPA<sup>(89)</sup>。本省最近也開始進行殺草劑篩選工作。

在栽培小麥地區，真菌病害中最重要的是黑穗病（*Ustilago crameri* Koern）。由種子傳遞<sup>(229)</sup>，其孢子可在土壤越冬，本省亦會發生，係世界性病害<sup>(21)</sup>，罹病後有造成減產8~50%乃至全園被毀之報導<sup>(181)</sup>。最有效之防方法便是利用抗病品種，有若干俄國晚熟及中國品種具此抗性<sup>(232,84,244)</sup>，可能受一對顯性基因控制<sup>(243)</sup>。其他防治法為種子處理，包括熱水處理<sup>(231)</sup>及使用甲醛水（formalin）、甲醛（formaldehyde）及Uspulum等藥劑<sup>(205,169,176)</sup>。另有*Ustilago neglecta* Niessel及*Ustilago tanakae* I to會侵襲

小花子房<sup>(146,181)</sup>。露菌病 [*Sclerospora graminicola* (Sac) Schroet] 又叫白髮病，會造成綠穗，幼苗及老葉均會感染而有淡黃綠色病斑出現，其傳佈亦遍及歐、亞、美洲，可造成20~50%之減產<sup>(181,213)</sup>，為美國最嚴重之葉部病害<sup>(88)</sup>。西南-南京2號為抗病品種<sup>(243)</sup>。鏽病 (*Uromyces setariae-italicae*(Diet.)Yoshino) 遍及歐、亞、非洲，罹患時葉片兩面及葉鞘、稈有很小之褐色夏孢子出現，開花前感染，影響產量最大<sup>(181)</sup>。熱病 (*Piricularia setaria* Nishikado) 在澳、亞、非洲均有發生，感染限於葉片，兩面有圓點形成<sup>(22)</sup>，其病原菌之生長會被貝芬替 (Bavistin) 、比多農 (Baycor) 、三泰芬 (Bayleton) 及Panocrine等藥劑完抑制<sup>(127)</sup>。尚有一種熱病 [*Pyricularia grisea* (Cooke Saccardo) ]，已由14個栽培種中找到1個抗病品種<sup>(203)</sup>。Pandey等 (1982) 曾由小米種子上分離出6種會降低種子發芽率之真菌，其影響力不同<sup>(168)</sup>，而從葉片上分離出58種真菌，其中藻狀菌綱 (Phycomycete) 及曲霉菌 (*Aspergillus* spp) 在葉片上數目與空氣中者約等，而空中主要為半知菌綱 (Deuteromycetes) 菌<sup>(166)</sup>。另有7屬共7種真菌會引起葉斑病，其他病害尚包括11屬共16種為害花、葉、根<sup>(148)</sup>。有兩種推薦藥劑，四氯丹 (Difolatan) 及鹼性氯氧化銅 (copper oxycchloride) 處理種子時，可抑制大部份真菌而不影響發芽及幼苗<sup>(169)</sup>。

綜合Malm及Rachie (1971) 之報告，引起細菌性斑點病的有 *Pseudomonas alboperecipitans* 及 *Xanthomonas syringae*。棕色條斑病有 *Bacterium setariae*、*B.panci*、*P.panici-miliacei*及 *Pseudomonas setaria*，另一個葉部病害為 *phytomonas stewartii*。而 *B.panci* 尚會引起莖及穗腐病。防治法包括種子處理、使用抗病品種、殘株處理及輪作<sup>(148)</sup>。毒素病包括甘蔗嵌紋病及大麥條斑嵌紋病 (strip mosaic)。另有紅葉毒素病 (redleafvirus)，4個不同屬之8種蚜蟲為其傳染媒介，而以玉米蚜 (*Aphis maidis*) 之傳染效率最高。曾有4個耐病性品系被選出<sup>(246,247,248)</sup>。有人進行包括此病毒之形態與血清學等方面的研究<sup>(171)</sup>。Cui (1986) 從815個參試材料中選出7個抗毒素病品種，此種抗性似有母系遺傳趨勢<sup>(62)</sup>。

主要蟲害除蚜蟲外，還有歐洲玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*)，二化螟 (*Chilosimplex*)，莖螟 (*Diatrea shariinensis* Eguchi)，粟夜盜蛾 [*Cirphis (Sideridis) unipunta* Haw 及 army worm]，蝗蟲 (*Colemania sphanarioides*及 *Hieroglyphus nigrorepletus*) 綿鈴蟲 (*Heliothis*)、椿象 (chinch bug)、莖蠅 (*Atherigona*) 等，另外尚有次要害蟲約15種以上。小米對穀粒害蟲有自然抗性，受害較輕容易防治<sup>(148)</sup>。



## 十二、栽培環境

小米頗具“生物可塑性”可生長在溫暖潮濕乃至寒冷乾燥地區，耐旱且根強可深入土壤之潮濕層，可在-2或-3°C之早霜下生長<sup>(225)</sup>。大部份生長在溫帶氣候，在美國北方夏季成熟很快<sup>(131)</sup>，在俄國酷熱乾燥之夏季仍能生產，但不易在高海拔或夏季氣候寒冷之地區有良好之表現<sup>(231)</sup>。

小米對瘠地逆境之適應以平常種及匈牙利種最好<sup>(237)</sup>，雖對土壤要求不如小麥、大麥等嚴苛，但喜肥沃鬆軟具有機質之土壤<sup>(222,231)</sup>，特別是新耕土地及泥炭土<sup>(202)</sup>，但有某些樹葉殘體對小米發芽有不利之影響<sup>(123)</sup>。植株不耐濕及極乾燥與鹼性<sup>(95,131)</sup>。較喜中酸性土甚於微鹼性<sup>(95)</sup>，在某些地區曾發生鹽酸鹽為害<sup>(77)</sup>，小米對水分之利用極有效率，在包括高粱及玉米等11種作物中，其單位乾物生產所需水量最低<sup>(46)</sup>，142單位水可生產1單位乾物量，在開花、成熟期間需54%水份<sup>(225)</sup>。有灌溉之小米子實營養成分較不灌水者之蛋白質含量降2.2~3.0%，纖維素降0.24~0.53%，澱粉含量增加5.6~6.7%，糖、脂肪及灰分含量則無差異<sup>(242)</sup>。

小米可做救荒作物<sup>(218)</sup>，因早期生長迅速，根莖均茂，故有時可做覆蓋作物防雜草<sup>(231)</sup>。但較其他粟類作物之連作更費地力<sup>(90)</sup>主要是在地面15~20公分之養分及水分；若後作為深耕作物則影響不大<sup>(231)</sup>。在印度有與棉花混播之情形<sup>(18)</sup>。早期做過不同地區之氮、磷、鉀肥料試驗，結果反應不一<sup>(148)</sup>。在溫室中土壤之pH值影響到氮、磷肥料之可溶性，而影響肥效<sup>(91)</sup>，鉀肥受土壤之吸收及固定，依土壤不同而異<sup>(38)</sup>，故施用石灰對小米產量亦因土壤不同而有增、抑作用<sup>(231)</sup>。施氮：磷：鉀=30：30：30公斤/公頃，加上完整微量元素，對提高產量及乾草蛋白質含量均有正面影響<sup>(78)</sup>。在紐西蘭使小米增產則需施適量之銅<sup>(216)</sup>，不同小米品種在砂土對氮肥之反應不全一致<sup>(129)</sup>。而Williams (1960) 以德國種小米做為測定新墨西哥州不同類型土壤肥力之指標<sup>(238)</sup>。小米葉片上有固氮細菌*Azospirillum brasilense* 群落，接種此菌於土壤，可使其莖稈乾重增加18.5%，亦增加子實產量及氮與磷總量，根部之乙炔還原能力，根、葉、穗重、總氮量等亦顯著高於接種*Azotobacter*菌之植株，但氮增加量並不超過原土壤中之總氮量<sup>(10,241)</sup>，受接種植株成熟後根圈之固氮酶(nitrogenase) 活性在共生系統中之可溶性氮

表1 小米與7種穀類之營養成分比較  
Table 1. Comparison of nutrient among millet and 7 cereals.

穀粒種類 kind of cereals	蛋白質 Protein (%)	脂肪 Lipid (%)	纖維素 Cellulose (%)	碳水化合物 (纖維素除外) Carbohydrate without cellulose (%)	灰分 Ash (%)
普通粟 Common millet	11.7	3.3	8.1	64.2	3.4
小米 Millet	12.1	4.1	8.6	60.7	3.6
高粱 Sorghan	11.3	2.9	2.2	71.3	1.7
糙米 Brown rice	7.9	1.8	9.0	64.9	5.2
燕麥 Oat	12.0	4.7	10.6	60.2	3.6
玉米 Corn	9.7	4.0	2.3	71.1	1.4
小麥 Wgeat	13.2	1.9	2.6	69.9	1.9
大麥 Barley	11.8	2.0	5.7	68.0	2.9

採用自Matz (1957)。(data from Matz, 1959)

將用完時達最高，被固定之氮於最初3星期內僅5%被併入植株中，故此氮之供應，可能不是在固氮時立即運往植株，而是在菌體遂漸死亡礦質化後才慢慢輸入(163)。

小米之栽培法及時期則視地區、用途及品種而有不同<sup>(148)</sup>。在半乾旱地區，於0.75吋之雨後以2.5公分或以下之深度條播，會有較好之產量<sup>(131)</sup>。在中國大陸一般行距約30公分株距約5公分<sup>(135)</sup>，種子不能太舊，二年以上發芽率便極低<sup>(96)</sup>，但亦需注意休眠性。

### 十三、用途及營養成分

小米在我國、印度、俄國及其他地方均做為食用，其子實在印度可仿稻米般烹調，全粒或磨粉製粥<sup>(139,22)</sup>，在東歐國家為釀造啤酒之材料<sup>(178)</sup>，阿根廷除製酒外亦製醋<sup>(59)</sup>。而本省亦有小米酒，並試圖開發各種新花樣之食品。另一用途為家畜、禽飼料。美國主要做牧草，亦有做救荒用<sup>(152,208)</sup>。飼料中加入63~74%可肥育小母豬，效果較大麥及其他精料好<sup>(12)</sup>。100公克子實中有73.12公克為營養物質，7.97公克為可消化蛋白質，故可代替小麥或其他穀類為全期雞飼料<sup>(111,41)</sup>。Badve等(1983)測出小米子實內餵養酪牛的营养成分、消化率、粗能量、消化能及總消化養分比。認為碎甘蔗添加20%高粱與10%小米+10%高粱，兩者對酪牛增肥效果無差別<sup>(35)</sup>。蛋雞飼料中以小

米取代24或38%之小麥，52天後之蛋重及下蛋情形均無差異<sup>(217)</sup>。子實亦可製油，牧草則以乾草、青貯及放牧形式供應<sup>(148)</sup>。

小米在穗變緊密，可用手將籽粒脫離時收穫，其子實品質最佳<sup>(20)</sup>。Monteiro等(1988)列出12個品種子實之營養成分<sup>(157)</sup>。比較小米及其他6種主要穀類蛋白質、脂肪、纖維、碳水化合物及灰分含量(表1)，可知其蛋白質含量僅稍遜於小麥而比糙米高出許多，碳水化合物含量最小，纖維素僅小於燕麥接近糙米<sup>(152)</sup>，且具有特殊粒色及食味，以現今營養觀點而言，不為一上好健康食品，加以維他命B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、E、維他命元A、白蛋白(albumin)及脂肪含量很高<sup>(67, 126, 172)</sup>，維他命B<sub>1</sub>含量可能僅次於大豆<sup>(215)</sup>，為380mg/100g，鈣含量14%，磷素24%，鐵質3.8%<sup>(148)</sup>，菸鹼酸1.5~1.65%<sup>(39)</sup>。蛋白質含量因品種而異，在脫脂粉中之含量為11~25%，受胃蛋白酶及木瓜作用之消化率較胰蛋白酶高<sup>(81, 157)</sup>，營養成分亦因品種而異如ukrainskaya品種接近於小麥，而karkovskaya 48則接近於水稻<sup>(164)</sup>。子實發芽後之葡萄糖、果糖、麥芽糖及水溶性澱粉、多醣類均較原來種子有顯著提高，而多醣類以己糖多於戊糖。兩種樣品間半纖維多醣類在質與量上僅有很小之變異<sup>(147)</sup>。蒸小米糕之蛋白質可消化率為74.4%，而小麥麵包則為88%<sup>(9)</sup>。小米之營養分亦有缺點，其維他命B<sub>1</sub>、鈣質及磷素比小麥少很多<sup>(110)</sup>，既使食品中添加鈣質後亦能。缺維他命B<sub>6</sub>、H、Bc及膽鹼(choline)<sup>(40)</sup>，我國東北之品種不含維他命A、C及D<sup>(11)</sup>。而維他命A含量及黃色程度間並無相關<sup>(204)</sup>。

小米子實內各種蛋白質成分與氨基酸含量以及和水稻、玉米、小麥、高粱與其他粟類之比較已有多人報告<sup>(37, 104, 112, 148, 149)</sup>。蛋白質中大部分為非必須氨基酸<sup>(81)</sup>，其可溶性氮約為普通粟及日本稗粟之10倍<sup>(104)</sup>。而菸鹼酸含量則較玉米或小麥為低，與珍珠粟相似，離氨酸(lysine)含量少但色氨酸(tryptophan)為玉米之2倍，故在以玉米為主食及發生玉米疹(Pellagra)之地區，應鼓勵吃小米<sup>(148)</sup>，其蛋白質中亦富含甲硫氨酸(methionine)，除離氨酸不足外尚缺乏魚精氨酸(arginin)<sup>(73, 81)</sup>。由於大部分小米氨基酸之釋放較小麥慢，且各種氨基酸不能同時釋放，再加上有缺情形，故基蛋白質有效利用率或價值較低<sup>(74, 75)</sup>。在印度發小米食物內氮素保持力為19.3%，添加離氨酸後可增至31.4%，並改進小米蛋白質之生物價(biological value)及消化率<sup>(76)</sup>。我國北方常用之穀類蛋白利用Mitchell's法測其生物價，知稻米、大麥、小米、高粱及小麥分別為77、64、57、56及52<sup>(139)</sup>。小米磨粉

33公斤可抽出1小斤油，其物、化特性及脂肪酸種類及含量早經述明，德國種糯性與非糯性穀粒間有差異<sup>(105,170)</sup>。由印度、美國、日本、中國大陸蒐集之1309個材料中，測得印度材料含油率最高，為5.4~7.0%，而含油率高之品系其亞油酸 (linoleic) 含量亦較高，為86及89%，反之則較低為62及72%<sup>(198)</sup>。

小米乾草營養與其他牧草一般好，適口性屬較粗糙一類，但消化率則較其他粗糙型牧草好<sup>(237)</sup>，其成分與其他飼料作物彼此業經比較<sup>(148)</sup>，飼育價類似梯牧草 (Timothy)，亦是在抽穗初期，即約播種後55~70天之品質最好<sup>(20,47)</sup>，適於飼養牛及綿羊或豬的肥育<sup>(172,235)</sup>，在加拿大乾旱時產量較日本稗粟及蘇丹草高，但乾物重則較高粱低<sup>(144)</sup>，與豆類混播時會顯著提高其草料價值<sup>(173)</sup>。大部分小米品種因根淺易倒伏且再生能力弱，故不適放牧用<sup>(177)</sup>。小米在穗未熟前收穫可做為很好的青貯飼料，但不如玉米<sup>(148)</sup>，Bonomi等(1985a,b)及Sabbioni與Superchi (1985) 列出Moha 品種之乾草青貯120天後之各種成分含量以及餵羊後之被消化率、營養價等資料<sup>(43,44,193)</sup>，乾物中有少量氰酸、單寧及酚<sup>(157)</sup>。全生育期之乾草中均含有一種Setarian之配糖體，故不能單獨多量餵馬，對牛羊則可能無害<sup>(63,231)</sup>。小米纖維不適造紙<sup>(31)</sup>。

#### 十四、 結 論

隨著時移勢轉，小米在開發中或已開發國家早已不再扮演主要糧食作物的角色，甚至遂漸消失，充滿光榮的悲劇性格。但天生麗質難自棄，依附其本身之獨特文化、宗教性質及口感食味，仍舊令人難以忘懷。現今本省大部分山部落仍視之為珍饈，僅在豐年祭中供以宴饗佳賓，而來自我國北方之同胞亦經常懷念。今後之種植面積仍將侷限於某些特殊地區成為特產，如何將“灰姑娘”變成公主，提升其產品價值？則有賴農試單位及地區農會之通力合作。

本省目前僅有台東區農業改良場進行有關之試驗推廣工作。正輔導關山鎮農會栽培、製作、收購小米，製作定量小包裝及品嚐、促銷活動，已確立“關山小米”品牌。並將研製、改良之小米用脫粒，脫殼機提供農民使用，不但節省收穫、調製之勞力且能維持產品品質。並且積極進行良質小米選育及省工栽培研究。

傳承了悠久的栽培歷史及近一世紀之學術研究，在生理、遺傳及栽培等領域中均累積了相當的知識，希望透過新科技之利用及配合產銷理念的實行，小米此一稀有珍貴的作物仍能繼續留在地球上與人類同在。

## 十五、引用文獻

1. 于景讓 1958 栽培植物考 粟 國立台灣大學農學院 p.94-95。
2. 中山朋實、山崎耕宇 1988a 雜穀類の榮養器官および通導組織間の量的相互關係。第1報，要素構造カウミタ雜穀の形態。日作記 57(3): 476-481。
3. 中山朋實、山崎耕宇 1988b 雜穀類の榮養器官および通導組織間の量的相互關係。第2報 葉における通導組織の量的觀察。日作記57(3): 482-489。
4. 中山朋實、山崎耕宇 1988c 雜穀類の榮養器官および通導組織間の量的相互關係。第3報，1次根における通導組織の量的觀察。日作記 57(3): 490-495。
5. 星川清規 1980 新編食用作物學。第11章 アワ 養賢堂發行 p.359-368。
6. 陳思亮 1966 小米新品種之育成與推廣。台灣農業 2(1): 58-63。
7. 郭能成、謝兆樞 1989 不同基因型小米之電冰鑑定。(未發表)。
8. 黃懿秦 1979 粟。中正科技大辭典農藝作物分科 商務印書館 p.95-96。
9. Adolph, W. H. and T. C. Wang. 1934. Digestibility of wheat and millet proteins. Chinese Med. J. 48(1):59-61.
10. Agarwala, R. and K. V. B. R. Tilak. 1988. Colonization of *Azospirillum* in leaves of *Eleusine coracana* and *Setaria italica*. Zentralblatt für Mikrobiologie 143 (7):533-537.
11. Ako, T. 1939. The amount of vitamins in Manchurian millet. (In Japanese). Bull. Inst. Phys. Chem. Res. (Tokyo) 8(12):1162-1164.
12. Alekseenko, L. D. 1953. Ispolzovanie chumizy pri otkorme molodnyaka cvinei (utilization of foxtail millet in fattening young swine) (In Russian) Zhivotnovodstvo 7:56-57.
13. Alekseenova, E. S. 1959. Biologicheskii kontrol kak metod selektsii pri poluchenii rannespelykh gibridnykh sortov mogara. (Biological control as a method of breeding for obtaining early-

- maturing hybrid varieties of foxtail millet.) (In Russian) Tr. Soveshch. Morfogenezu Rast. 1(1):269-271.
14. Alkamper, J. 1966a. Simazine and atrazine spraying experiments on different millet species. (In German) Bodenkulture 17(4):360-367.
  15. Alkamper, J. 1966b. Spraying trails with simazine on various millet species. (In German) Bodenkulture 17(2):174-186.
  16. Anderson, E. 1948. Millet provides food for millions. Foreign Agri. 12(11):235-239.
  17. Anderson, E. and J. H. Martin. 1949. World production and consumption of millet and sorghum. Econ. Bot. 3:265-288.
  18. Anjaneyulu, V.S.R. and M.V. Rao. 1959. Mixed cropping as a means of cotton expansion in western tract. Indian Cott. Gr. Rev. 13: 459-465.
  19. Anonymus. 1932. Imperial Bureau of Plant Genetics. Bibliograph on the breeding and genetics of the millets and sorghum. Cambridge. Eng:Imp. Bur. Pl. Gen PP.2.21.
  20. Anonymus. 1951. Millet. Publ. Canada Dept. Agr. 858. 4pp.
  21. Anonymus. 1953. Distribution maps for plant diseases. n.p. 1948-1953. Map 239. Ustilago Crameri on Setaria italica. Commonwealth Mycological Institute.
  22. Anonymus. 1954. Millets. Memoirs Dept. Agr., Madras. Bot. Ser. 30:1117-1194.
  23. Anonymus. 1967. The Millets. A bibliograph of world literature covering the years 1930-1963. George Washington University. Biological Sciences communication project. Metuchen, N. J., Scarecrow Press. 154 PP.
  24. Aparnev, N.P., N.G. Parshin and N. I. Surorov. 1961. Osobennosti morfogeneza shchetinnika, poluchennogo putem prevrashcheniya iz mogara (Specific characteristics of morphogenesis in bristlegrass obtained form Italian millet.) (In Russian) Morfogenezu past., Mosk. Univ. Moscow 1:275-280.

25. Athwal, D. S., and G. Singh. 1966. Variability in kangi (*Setaria italica*). II. Adaptation and genotypic variability in four environment. *Indian J. Genet. Plant Breeding* 26(2):142-161.
26. Avdulov, N. P. 1931. Karyo-systematische Untersuchungen der Familie Gramineen. *Bull. Appl. Bot. Plant. Breed. Suppl.* 44:1-428
27. Ayyangar, G.N.R., T.R. Narayanan, T.N. Rao and P.S. Sarma. 1935. Inheritance of m characters in *Setaria italica* (Beauv.). the Italian millet. part VII. Plant purple pigmentation. *Ind. J. Agric. Sci* 5:176-194.
28. Ayyangar, G.N.R., and P.V. Hariharan. 1936. The occurrence and inheritance of yellow colored anthers in the Italian millet: *Setaria italica* (Beauv.). *Madras Agric. J.* 24:151-152.
29. Ayyangar, G.N.R., and T.R. Narayanan. 1931. The inheritance of characters in *Setaria italica* (Beauv.). the Italian millet. Part I. Grain colors. *Ind. J, Agri. Sci.* 1:586-608.
30. Ayyangar, G. N. R., and P. S. Sarma. 1935. The inheritance of characters in *Setaria italica* (Beauv.), the Italian millet. Part V. A type of lax earhead. *Ind. J. Agric. Sci.* 3:556-558.
31. Ayyangar, G.N.R., P.V. Hariharan and D.S. Rajabhooshavan. 1938. A metrical study in *Setaria italica* (Beauv.), the Italian millet. *Madras Agric. J.* 26(10):363-373.
32. Ayyangar, G. N. R., P. V. Hariharan and T.N. Rao. 1933a. The inheritance of characters in *Setaria italica* (Beauv.), the Italian millet. Part III. Bristles. *Ind. J. Agric. Sci.* 3:207-218.
33. Ayyangar, G. N. R., T. R. Narayanan and T. N. Rao. 1933b. The inheritance of characters in *Setaria italica* (Beauv.), the Italian millet. Part IV. Spikelet-tipped bristles. *Ind. J. Agric. Sci.* 3:552-556.
34. Ayyangar, G.N.R., T.R. Narayanan, and P.S. Sarma. 1933. Studies in *Setaria italica* (Beauv.), the Italian millet. Part I.

- Anthesis and pollination. Ind. J. Agri. Sci. 3:561-571.
35. Badve, V.C., B.N. Sobade, A.L. Joshi and D.V. Rangnekar. 1983. Use of role seeds (*Setaria italica*) for dairy cattle along with sugarcane. Ind. J. Anim. Sci. 53(10):1049-1052.
  36. Bailey, L. H. 1958. Manual of cultivated plants. New York Macmillian. P.1116.
  37. Baptist, N.G. and B.P.M. Perera. 1956. Essential amino acids of some tropical cereal millets. Brit. J. Nutr. 10(4):334-337.
  38. Barber, S. A., et al. 1961. North Central Region potassium studies. II. Greenhouse experiments with millet. Pes. Bul. Ind. Agr. Exp. Sta. 717. 19PP.
  39. Berulava, I.T. 1950. Pishchevoe znachenie gomi (*Setaria italica* P.B. maxima Alt.) (Nutritive value of *Setaria italica* P.B. maxima Alt.) (In Russian) Gigiena Sanit. 4:42-43.
  40. Bishop, C., and R. G. Taylor. 1963. Studies on the Vitamin content of bird seeds. Vet. Rec. 75:688-691.
  41. Blyakher, P. A. 1954. Chumiza-khoroshii Korm dlya tsyplyat. (Foxtail millet-a good feed for chicks.) (In Russian) Ptitsevodstvo 2:32.
  42. Bogdon, A. V. 1961. Hybridization in the *Setaria sphacelata* complex in kenya. CR IV Reun AETFAT 1961:311-317.
  43. Bonomi, A. P. Superchi, A. Sabbioni and A. Quarantelli. 1985a. Chemical composition and digestibility in vivo of foxtail millet (*Setaria italica*) hay. Annali della Facolta di Medicina Veterinaria, Univerita de perma 5:47-54.
  44. Bonomi, A.P. Superchi, A. Sabbioni, and A. Quarantelli. 1985b. Chemical composition and digestibility in vivo of foxtail millet (*Setaria italica*) silage. Annali della Facolta di Medicina Veterinaria, Univerita de perma 5:55-64.
  45. Bor. N.L. 1960. The grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan (excludng Bambuseae). Pergamon Press. London. PP.262-265,309-311, 340-343,350-351, 362-363.



46. Briggs, L. J., and H.L. Shantz. 1916. Daily transpiration during normal growth period and its correlation with weather. *J. Agr. Res.* 7(4):155-212.
47. Bruno, O. A., J. L. Fossati, N.A. Calcha and H. F. Fen-glio. 1984. Evolution of production and quality of forage from *Setaria italica* cultivars. *Revista Argentina de production Animal* 4(6/7):673-682.
48. Bruyn, J. A. de. 1966. The in vitro germination of pollen of *Setaria sphacelata*. I Effects of carbohydrates, hormones, vitamins and micronutrients. 2. Relationships between boron and certain cations. *physiol. plant.* 19:322-327.
49. Buck, J. L. 1956. Land utilization in china. The Council on Economic and Cultural Affairs. Inc. New York.
50. Buck, J.L., O.L. Dawson and Yu.L. Wu. 1966. Food and Agriculture in Communist China. Fredrick A. Praeger. Publisher. New York.
51. Chandola, R. P. 1959. Cytogenetics of millet. 1-2. *Cytologia* 24(1):115-137. 24(2):149-164.
52. Chang, L.P. 1958. Studies on flowering and hybridization technique in *Setaria* (In Chinese) *J. Agric. Act. Agric. Sin.* 9:68-76.
53. Chang, K.ch. 1968. Archeology of ancient china. *Science* 162(3853): 519-526.
54. Chen, S.C. and Y.T. Kuo. 1957. The correlation between relative transpiration (Arland) and the final yield on millet with different N.P.K. fertilizer treatments (In Chinese) *Acta Agr. Sinica* 8(1):59-65.
55. Cherisey, H.de, M.T. Barreneche, M. Jusut, C. Ounin and J. Pernes. 1985. Inheritance of some marker genes in *Setaria italica* (L.) P. Beauv. *Theoretical and Applied Genetics* 71(1):57-60.
56. Chesalin, G. A., and Yu. V. Shcheglov. 1962. The development of agents for the chemical control of weeds in sowings of Sudangrass. foxtail millet and ryegrass for seed production (In Russian) *Tr. Vses. Nauchn.- Issled. Inst. Udobrenii i*

Agropochvovedeniya 39:79-92.

57. Chzhan, L. P. 1958. A study of the blooming and fertilization of foxtail millet. (In Chinese) Acta Agr. Sinica 9(1):68-76.
58. Cobby, L. S. 1967. An introduction to the botany of tropical crops Longman, Green and Co. LTD. London.
59. Coscia, A. A. 1981. Millet (*Setaria italica*), its uses and Marleet Prospect - Infom Tecnico, Estacion, Experimental, Agropecuaria Pergamino, Instituto Nacional de Tecnologia Argentina (No.172) 15pp.
60. Cox, J. F., and L. E. Jackson. 1948. Crop management and soil conservation. John Willey & Sons. Inc. New York.
61. Cox, J. F., and L. E. Jackson. 1949. Field crop and land use. John Willey & Sons. Inc. New York.
62. Cui, G. 1986. Result of Screening *Setaria italica* germplasm for Virus resistance Scientia Agriculture sinica No.4:95-96.
63. Curtis, J. J., J. F. Brandon and R. M. Weihing. 1940. Foxtail millet in Colorado. Colo. Agr. Exp. Sta. Bul. 461.
64. Danilchuk, P. V. 1958. Ob ustoichivosti sortov chumizy zasukhe. (The resistance of *Setaria* varieties to drought.) (In Russian) Breeding and seed-growing. 6:61-63.
65. Danilchuk, P. V. 1959. Biologiya tsvitinnya chumizi (*Setaria italica* (L.) P. B.) v umovakh pivdnya Ukrayini. (The biology of flowering in *Setaria italica* (L.) P. B. under conditions of the Southern Ukraine.) (In Ukrainian) Ukr. Bot. Z. Kiev 16(2):52-59.
66. Darmency, H., C. Quin and J. Pernes. 1987. Breeding foxtail millet (*Setaria italica*) for quantitative trait after interspecific hybridization and poly-ploidization, Genome 29(3) :453-456.
67. Davydovich, S. S. 1951. Chumiza na Severo - Osetinskoj Gosselekstantsii. (*Setaria italica* at the North Osetian State Breeding Station.) (In Russian) Breeding and seedgrowing 11:71-72.

68. Doi, Y., and M. Kimura. 1959. Observation on protoplasmic streaming in the cells of crop plants. I. Protoplasmic streaming in various hair cells. (In Japanese) Bull. Fac. Agric., Yamaguti (10):1225-1234.
69. Downs, R.J., H.A. Borthwick and A.A. Piringir. 1958. Comparison of incandescent and fluorescent lamps for lengthening photoperiods. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71:568-578.
70. Emikh, T.A. 1957. K voprosu o stadiinom razvitii mogara. (Phasic development in *Setaria italica* var. *moharica*.) (In Russian) Bot. Z. (U.S.S.R.) 42(1):78-83.
71. Fabian, I. 1938. Beitrage zum Langund Kurztagsproblem. (Contributions to the problem of long and short days.) (In German) Z. Bot. 33(8):305-357.
72. Frankel, O.M. and J.G. Hawkes. 1975. Crop genetics resources for today and tomorrow. Cambridge Uni. Press. London.
73. Ganapathi, S., M. N. Rao, M. Swaminathan and V. Subrahmanyam. 1958. Supplementary relations of the proteins of horse gram and cow pea to those of Italian millet (*Setaria italica*). (In Japanese) Food Sci. 7(1):7-8.
74. Ganapathi, S., and R. G. Chitre. 1961a. A study on enzymatic liberation (in vitro) of essential amino acids from proteins of Italian millet (*Setaria italica*) and Field Bean (*Dolichos lablab*). J. Postgrad. Med., Bombay 7:158-163.
75. Ganapathi, S., and R. G. Chitre. 1961b. The effect of Italian millet (*Setaria italica*) and field bean (*Dolichos lablab*) proteins on the formation of hemoglobin and plasma proteins in albino rats. J. Postgrad. Med., Bombay 7:164-166.
76. Ganapathy, N. S., R. G. Chitre and S. K. Gokhale. 1957. The effect of the protein of Italian millet (*Setaria italica*) on nitrogen retention in albino rats. Indian J. Med. Res. 45:395-399.
77. Gile, P. L., H. W. Lakin and H. G. Byers. 1938. Effect

- of different soil colloids and whole soils on the toxicity of sodium selenite to millet. J. Agr. Res. 57(1):1-20.
78. Girenko, A. P. 1954. Vliyanie udobrenii naurozhai sudanskoi travy imogara. (Effect of fertilizers on yield of Sudangrass and foxtail millet.) (In Russian) Zhivotnovodstvo 4:57-59.
79. Gluchoff-fiasson, K., and M. Jay. 1987. Discriminative flavonoid patterns with in a pretiminary collection of the *Setaria italica* specific complex. Biochemical systematics and Ecology 15(5):581-586.
80. Goncharov, P. L. 1960. Mogar i chumiza v Omskoi oblasti. (*Setaria italica* ssp. *maximum* and ssp. *mocharium* in Omsk province.) (In Russian) Agrobiologija 1:141-143.
81. Gopal, D. H., P.V. monteiro, T.K. Virupaksha and G. Ramachandra. 1988. Protem concentrate from Italian millet (*Setaria italica*) and their enzymatic hydrolysis Food chemistry 29(2):97-108.
82. Grigorova, T. 1960. Chumiza na Altae. (Foxtail millet in the Altai). (In Russian) Sel. Kh. Sibiri 5:26-27.
83. Gritsenko, R. I. 1957. Chumiza severo-zapadnogo Kitaya. (*Setaria* from northwestern China.) (In Russian) Nauk Pered. Opyt Selsk. Hozjajstv. 12:36.
84. Gritsenko, R. I. 1958. Kharakteristika Iskhodnogo materiala chumizy poustoichivosti kboleznyam ivreditelyam. (A description of initial material of *Setaria* with regard to resistance to diseases and pests.) (In Russian) Breeding and seed-growing 23 (2):70-71.
85. Gritsenko, R. I. 1960. K. sisteme chumizy (italyanskogo prosa) *Setaria italica* (L.) P. B. spp. *maxima* Alef. (Taxonomy of *Setaria italica* (L.) P. B. spp. *maxima* Alef.) (In Russian) Tr. Prik. Bot. Genet. Selek. 32 (2):145-182.
86. Grodzinskii, A. M. 1960. Competitive inter-relations between millet (*Setaria glauca*) and weeds. (In Ukrainian) Ukr. Bot. Z., Kiev. 17(6):54-57.

87. Gu. S. L., J. P. Ma. and J. E. Du. 1988. Effect of sink/source ratio on the seed set in *setaria italica* Beauv. *Scientia Agricultura Sinica* 21(3):33-37.
88. Hardison, J. R. 1953. Leaf diseases of range grasses. In *Plant Diseases*. U. S. Dept. Agric. Yearbook. Pp. 253-258.
89. Hart, J. 1958. Growing millets in Queensland. *Qd. Agric. J.* 84(12):703-713.
90. Hartwell. B. L., and F. R. Pember. 1922. The feeding power of certain cereals and their response to fertilizer ingredients. *Rhode Island Sta. Bul.* 190. Pp. 4-27.
91. Hawkes, G. R., and M. Fried. 1957. Effect of preparation method and water solubility of nitric phosphates on uptake by millet in greenhouse culture. *J. Agr. Food Chem.* 5(11):844-848.
92. Hector, J. M. 1936. Introduction to the botany of field crops. Vol. 1. Cereals. Johannesburg. Central News Agency. 478 p. Ch. VIII. Millets Pp. 307-319.
93. Heh, C. M., T. F. Mei and S. S. Yang. 1937. Anthesis of millet, *Setaria italica* (L.) Beauv. *J. Amer. Soc. Agron.* 29:845-853.
94. Hill. A.F. 1952. *Economic Botany*. 2nd eds. New York McGraw-Hill.
95. Hollowell, E. A. 1957. Grasses. In *Soil*. U. S. Dept. Agric. Yearbook. Pp. 642-650.
96. Hoover, M. M., M. A. Hein. W. A. Dayton and C.O. Erlanson. 1948. The main grasses for farm and home. In *Grass*. U.S. Dept. Agric. Yearbook. Pp. 691-692.
97. Hoshino, T., and T. Tutumi. 1926. Time and order of flower opening in *Setaria italica*. (In Japanese) *Notes from Agric. Exp. Sta. Korea* 6:443-454.
98. Hsia, C. A. 1949. Interspecific crosses in *Setaria*. III. Chromosomal variation in *S. italo-faberii*. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 3:1-11.
- Hsin, Y, -F., C. -J. Sun. Y. -F. Peng, R. -H. Jin and E. -Y. Chou. 1964. Chemical control of European corn borer in Liaoning. (In Chinese) *Acta. Phytophylac. Sin.* 3(3):299-306.

99. Hu, H.K. 1985. Discovery and utilization of a dominant gene for male sterility in *Setaria italica*. *Hereditas (china)* 7(3):4.
100. Hu, H.K., S. Y. Ma and Y.H. Shi 1986. The discovery of a dominant male-sterile gene in millet (*Setaria italica*) *Acta Agronomica Sinica* 12(2):73-78.
101. Hulse, J. H., E. M. Laing and O. E. Pearson. 1980. Sorghum and the millet. Their composition and nutritive value. Academic Press. Inc. London. p.997.
102. Ishikawa, S. 1955. A note on the effects of coumarin on the germination of seeds. (In Japanese) *Kumamoto J. Sci. Ser. B* 2(1):97-103.
103. Ishikawa, S. 1960. Physiological studies on seed (*Setaria italica*) germination. 3. Germination inhibition by 8-hydroxyquinoline and its prevention with metal ions. (In Japanese) *Kumamoto J. Sci. Ser. B, Sec. 2 Biol.* 5(1):5.
104. Ito, H. 1931. Physicochemical investigation of proteins of the millet, the Japanese barnyard millet and the Italian millet grains. (In Japanese) *Res. Bull. Gifu Imp. Coll. Agr.* 17:1-68.
105. Ito, H. 1939. The chemical investigation of the oil of *Setaria italica* Beauv. (In Japanese) *J. Agr. Chem. Soc. Japan* 15(9):879-884.
106. Jen, H.-J., S.-F. Hsin and S.-W. Li. 1963. Preliminary studies on the water requirements for germination of different varietal groups of *Setaria italica*. (In Chinese) *Chung-kuo Nung-yeh Ko-hsuch* 9:50-51.
107. Jonick, J., R. W. Schery, F. W. Woods, V.W. Rutton, W.H. Freeman and company 1974. *Plant Science: An introduce to world crop*. San francisco. p.746.
108. Justice, O.L. and L. N. Bass. 1979. *Principles and practices of seed storage* Cotle House Publications Ltd. P:289.
109. Jusuf, M. and J. Pernes. 1985. Genetic variability of foxtail millet (*Setaria italica* P. Beauv.) *Electrophore. Study of five*

- isoenzyme systems. Theoretical and Applied Genetics 71(3):385-391.
110. Kadkol, S. B., and M. Swaminathan. 1955. The nutritive value of Italian millet (*Setaria italica*). Science and Culture 20:340-341.
111. Kalmykov, K. V., G. N. Sergeeva and T. M. Matsievskaya. 1954. Perevarimost ptitseizeren chumizy. (Digestibility of foxtail millet seed by fowl.) (In Russian) Ptitsevodstvo 9:10-13.
112. Kametaka, M. 1952. On the chemical property of Italian millet, especially of the prolamin. (In Japanese) J. Agr. Chem. Soc. Japan 25:512-516.
113. Kang, S. G. 1936. The analysis of yield factors in millet. (In Chinese) J. Agric. Assoc. China 152:1-16.
114. Katwe, G. A., N. Gopalkrishna and D. S. Chaugale. 1955. Bibliography of rala (*Setaria italica* Beauv.) Poona Agr. Coll. Mag. 46(2/3):248-249.
115. Kawasa, M., and S. Sakamoto. 1987. Geographical distribution of landrace groups classified by hybrid pollen sterility in foxtail millet, *setaria italica* (L.) P. Beauv. Japanese Journal of Breeding 37(1):1-9.
116. Kida, T. 1941a. A classification of Italian millet in Formosa. (In Japanese) J. Taikoku Soc. Agric. For. 5:150-163.
117. Kida, T. 1941b. A research of varieties of the Italian millet in Formosa. (In Japanese) Formosan Agr. Rev. 37(5):381-394.
118. Kihara, H. 1943. Genetic studies in *Setaria*. (In Japanese) Seiken Ziho 2:1-3.
119. Kihara, H., and E. Kishimoto. 1942. Hybrids between *Setaria italica* and *S. viridis*. (In Japanese) Bot. Mag. Tokyo 56:62-67.
120. Kim, C.M. 1954. Effect of soil moisture on the germination and early development of Bengal grass (*Setaria italica*) and barn grass (*Panicum crusgalli frumentaceum*). Ecol. Rev. 13(4):271-276.

121. Kim, D.B. 1957. Otnoshenie chumizy k reaktsii svedy. (Relation of foxtail millet to the relation of its environment). (In Russian) Vestnik Moskov. Univ. Ser. Biol. Pochvoved Geol. Geog. 12(2):111-117.
122. Kishimoto, E. 1941. The origin and history of *Setaria*, *Panicum*, *Echinochloa* and *Sorghum* millets. (In Japanese) Jap. J. Genet. 17:310-321.
123. Knapp, R. 1966. Effect of leaf litter from some African grasses and dry woodland species on germination. (In German) Ber. dt. Bot. Ges. 79(7):329-335.
124. Kornilov, A. A. 1960. Vymetyvanie i plodonoshenie chumizy pri nepreryvnom osveshchenii. (Panicle and fertility of foxtail millet with constant illumination.) (In Russian) Doklady Akad. Nauk SSSR 130(1/6):25-27.
125. Krishnaswamy, N., and G. N. R. Ayyangar. 1935. Chromosome numbers in some *Setaria* species. Curr. Sci. 3:559-560.
126. Kublan, A. 1944. Die hirsen in anbauplan. (Millets in the production plan.) (In German) Mitt. Deut. Landwirt. Ges 59(17):387-388.
127. Kulkarni, S., A. L. Siddaramaiah, S. A. Desai and R. P. Bhat. 1984. Bioassay of fungicides against *Pyricularia Setariae* Nishikado causing blast disease of *Setaria italica* (L.) Beauv. Plant Pathology Newsletter 2(1):16.
128. Lazzari, M.A., R.A. Rosell and M.R. Landriscini. 1984. Absorption of  $N^{15}$  from fertilizers in an *Allium sativum*-*setaria italica* rotation in lysimeter Turriabla 34(2):163-171.
129. Lehne, I. 1941. Untersuchungen zur anbautechnik und stickstoffdungun verschiedener hirseformen auf sandboden. (Cultivation and nitrogen fertilization of different millet varieties on sandy soil.) (In German) Pflanzenbau 18(3):65-76:(4):97-128. illus.
130. Lehmann, E., and F. Aichele. 1931. Keimungsphysiologie der graser



- (Gramineen). ( Physiology of germination of grasses, (Gramineae ).) (In German) Stuttgart, Enke. 678 pp.
131. Leonard, W. H., and J. H. Martin. 1963. Cereal Crops. The McMillen Co., New York, 824 p. Millets. Pp. 740-769.
- Leonard. W. H., and R. S. Whitney. 1950. Field Crops in Colorado. Burgess Pub. Co. Millets. Pp. 197-205. Leukel. R. W., and J. H. Martin. 1953. Four enemies of sorghum crops. In Plant Diseases. U. S. Dept. Agric. Yearbook. Pp. 368-377.
132. Li. C. H., W. K. Pao and H. W. Li. 1942a. Interspecific crosses in *Setaria*. II. Cytological studies of interspecific hybrids involving: 1. *S. faberii* and *S. italica*, and 2. a threeway cross of  $F_2$  of *S. italica* x *S. viridis* and *S. faberii*. J. Hered. 33:351-355.
133. Li, C. H., W. K. Pao and H. W. Li. 1942b. Interspecific crosses in *Setaria*. VI. Cytological studies of interspecific hybrids. J. Hered. 33:351-355.
- Li. H. W., C. H. Li and W. K. Pao. 1944. Cytological and genetical studies of the interspecific cross *Setaria italica* x *S. viridis*. Chinese J. Sci. Agric. 1:229-248.
134. Li, H. W., C. H. Li and W. K. Pao. 1945. Cytological and genetical studies of the interspecific cross of the cultivated foxtail millet, *setaria italica* (L.) Beauv., and green foxtail millet, *S. viridis* (L.). J. Amer. Soc. Agron. 37:32-54.
135. Li. H. W., and C. J. Meng. 1937. Experiments on the planting distance in varietal trials with millet, *Setaria italica* (L.) Beauv. J. Amer. Soc. Agron. 29:577-583.
136. Li. H. W., C. J. Meng and T. N. Liu. 1935. Problems in the breeding of millet (*Setaria italica* (L.) Beauv.). J. Amer. Soc. Agron. 27:963-970.
137. Li, H. W., C. J. Meng and T. N. Liu. 1936. Field results in a millet breeding experiment. J. Amer. Soc. Agron. 28(1):1-15.
138. Li, H. W., C. J. Meng and C. H. Li. 1940. Genetic studies with

- foxtail millet (*Setaria italica* (L.) Beauv.). J. Amer. Soc. Agron. 32:426-438.
- 139.Li, T. 1930. Biological value of the proteins of barley, rice, kaoliang and millet. Chinese J. Physiol. 4(1):49-58.
- 140.Liang. C. C. 1937. The influence of the reaction of hydrochloric acid upon the catalase activity in germinated millet seeds. Bull. Chin. Bot. Soc. 3(1):45-52.
- 141.Liang, P.Y.,Y.L.Li and L. M. Shen. 1959. Studies on *Piricularia setariae* Nishikado. (In Chinese) Acta Phytopath. Sin. 5:89-99.
- 142.Lu, C.E., S. R. XU, S.S.Pu. and G.L. Jiao, 1982. A study on the pathway of photosynthetic carbon assimilation in *Setaria italica* as a  $C_4$  - plant. Plant physiology Communications No.6:17-18.
- 143.Mack. A.R., and S. A. Barber. 1960. Influence of temperature and moisture on soil phosphorus. II. Effect prior to and during cropping on soil phosphorus availability for millet. Proc. Scil. Soc. Amer. 24(6):482-484.
- 144.MacVicar, R. M. 1959. Sorghum alnum. Forage Notes. 5(2):26.
- 145.MacVicar, R. M., and H. R. Parnell. 1941. The inheritance of plant color and the extent of natural crossing in foxtail millet. Scil. Agric. 22:80-84.
- 146.Maidanik, A. P. 1950. Chumiza. (Foxtail millet.) (In Russian) Moskva, Moskovskii Robochii. 24p.
- 147.Mallesh, N. G., H. S. R. Desikachar and R.N. Tharanathan. 1986. Free sugars and non-starchy polysaccharides of finger millet (*Eleusine coracana*), pearl millet (*Pennisetum typhoideum*), foxtail millet (*Setaria italica*) and their malts. Food Chemistry 20(4):253-261.
- 148.Malm, N.R. and K, O. Rachie. 1971. The *Setaria* millets. A review of the world literature. Experiment station, college of Agriculture, University of Nebraska. USA.
- 149.Mangay, A. S., W. N. Pearson and W. J. Darby. 1957. Millet (*Setaria italica*): its amino acid and niacin content and

- supplementary nutritive value for corn (maize). *J. Nutrition* 62 (3):377-393.
150. Mansfield, R. 1952. Zur systematic und nomenklatur der hirsen. (Systematics and nomenclature of the millets.) (In German) *Zuchter* 22:304-315.
151. Matsuda, K. 1942. Investigations on the development of caryopsis in cereal plants. III. Development of caryopsis in Italian millet. (In Japanese) *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 13:279-283.
152. Matz, S. A. 1959. *Chemistry and Technology of Cereals*. Ch. 8, Pp. 177-189. The Avi Publ. Co., Westport. Conn.
153. McIlrath, W. J., and J. A. Debruyn. 1956. Calcium- boron relationships in Siberian millet. *Soil Sci.* 81:301-310.
154. Miyaji, Y., C. C. Shih and T. Kokubu. 1957. Studies on the photoperiodic response in *Setaria italica*. On the abnormal heading by short-day treatment with special reference to malformed spikes. (In Japanese) *Bull. Fac. Agric. Kagoshima Univ.* 6:89-100.
155. Miyaji, Y., S. Sakai and C. C. Shih. 1955. Artificial hybridization of *Setaria italica* by hot water treatment. (In Japanese) *Bull. Fac. Agric. Kagoshima Univ.* 4:28-37.
156. Miyaji, Y., and T. Samura. 1954. The influence of atmospheric humidity at flowering time on flowering and pollination in *Setaria italica*. (In Japanese) *Bull. Fac. Agric. Kagoshima Univ.* 3:1-6.
157. Monteiro, P. V., D. H. Gopal, T. K. Virupaksha and G. Ramachandra. 1988. Chemical composition and in vitro protein digestibility of Italian millet (*Setaria italica*) *Food chemistry* 29(1):19-26.
158. Muhina, V. A. 1960. The diurnal course of photosynthesis and translocation of assimilates during the photophase in some short-day and long-day plants. (In Russian) *Trudy Bot. Inst. V. L. Komarova Ser.* 4(14):167-187.
159. Musil, A. F. 1950. Some brief notes on the identification of

- seeds of foxtail millet (*Setaria italica*). Proc. Assoc. Off. Seed Anal. N. Amer. Pp. 55-57.
160. Nagaraj, R. H. and T. N. Pattabiraman, 1985. Isolation of an amylase inhibitor from *Setaria italica* grain by affinity chromatography on blue-sepharose and its characterization: Journal of Agricultural and Food Chemistry 33(4):646-650.
161. Narayanaswami, S. 1953. The morphology of the bristles in *Pennisetum* and *Setaria*. Proc. 40th Indian Sci. Cong. Abstr. 37.
162. Novickaja, Ju. E. 1958. The effect of presowing treatment of seed in minorelement solutions on drought-resistance of plants. (In Russian) Trudy Bot. Inst. Ser. 4, Exp. Bot. (12):74-94.
163. Okon, Y., P. B. Heyther and R. W. F. Hardy 1983.  $N_2$  fixation by *Azospirillum brasilense* and its incorporation into host *Setaria italica*. Applied and Environmental Microbiology 46(3):694-697.
164. Orlenko, A. E. 1950. Chumiza na Kubani. (Foxtail millet in Kuban area.) (In Russian) Sotsialist. Zhivotn. 12(2):64.
165. Pal, B. P. 1958. Advances in plant breeding and genetics in relation to crop improvement in India in the last 25 years. Empire J. Exp. Agr. 20(102):123-135.
166. Pandey, M. L., S. Amar and R. C. Gupta 1986. Studies on leaf surface mycoflora of *Setaria italica* in relation to air-born fungi in Almora Hills. Madras Agricultural Journal 73(2):92-95.
167. Pandey, M. L., and R. C. Gupta 1984. Effect of fungicidal treatment on seed mycoflora and germination of *Setaria italica* in Kumaun Hills. Madras Agricultural Journal 71(9):599-602.
168. Pandey, K.N., B.C. Pande., M. Sah. and R.C. Gupta 1982. Effect of fungal metabolites on germination and sprouting of seeds of *setaria italica* grown in Almora Hills Indian phytopathology 35(1):136-138.
169. Pannel, L., H., and C.M. King. 1908. Millet smut. Iowa Sta. Bul. 104. Pp. 234-259.
170. Pargal, H. K., and S. Dutt. 1948. Chemical examination of the

- fixed oil derived from the seeds of *Setaria italica* Beauv. Indian Soap J. 14(2):81-85.
171. Pei, M.Y., D.Z. Xie, B.S. Qiu and X.I.F. Wang 1984. Studies on the red-leaf disease of foxtail millet (*Setaria italica* (L.) Beauv.) V. Virus morphology and serology: a member of luteovirus. Acta phytopathologica Sinica 14(3):140
172. Penchev, Kh., and Ts. Vasilev. 1958. Chumizata kato furazh pri ugoyavane na rastyaschi svine. (Foxtail millet (*Setaria italica* var. *maxima*) as forage in fattening of growing pigs.) (In Bulgarian) Nauch. Tr. Ser. Zhivotn. Veterinarno Delo-Min. Zemedel. Gorite 3(1):1-8.
173. Pereverzeva, V.A. 1956. The cultivation of foxtail millet in the central zone of Stavrapolsk. (In Russian) S. -Kh. Inst. 7:119-128.
174. Poirier-Hamon, S. and J. pernes. 1986. Chromosomal instability in the Somatic tissue of descendant of an inter specific hybrid of *Setaria Verti - cillate* X. *S. italica*. Comptes Rendus de l' Academies des Sciences 302(9):319- 324.
175. Popov, K.I., and P. Nachev. 1954. Prilozhenie na 2,4-D v poscv ot sudanka i chumiza. (Effect of 2,4-D on the growth of *Andropogon saccharatum* var. *sudanense* and *Setaria italica*.) (In Russian) God. Sofiiskiia Univ. Biol. Geol. Geogr. Fak. Biol. 48:217-228. 1953-54.
176. Porter. R.H., T.F. Yu and H. K. Chen. 1929. Seed disinfectants for the control of kernel smut of foxtail millet. Phytopath. 18: 911-919.
177. Pose, G.R. 1947. La moha de Hungria (*Setaria italica*), forrajera estival que interesa fomentar en el sudeste del terretoria de La Pampa. (Hungarian millet (*Setaria italica*), summer forage plant which is creating interest in southeast Pampa.) (In Spanish) Campo Suelo Argent. 32(374):36.
178. Purseglove., J. W. 1981. Tropical crop. Monocotyledon Longman

- Group. Ltd London. PP:607.
179. Rachie, K.O. 1961. Bibliography of the world literature on small millets, 1935-1961. Rockefeller Found, 82 pp., n.p.
180. Rachie, K.O. 1975. The millets. Importance, utilization and outlook. International Crop. Research Institute for the semi-arid Tropic, 1-11-256, Begumpet, Hydero-bad-500016 (AP)India.
181. Ramakrishnan, T.S. 1963. Diseases of Millets, Indian Council of Agricult-ural Research. New Delhi. Pp. 67-142.
182. Rominger, J. A. 1962. Taxonomy of *Setaria* (Gramineae) in North America. The University of Illinois Press 132pp.
183. Rao, V. P. 1938. Effect of artificial wind on growth and transpiration in the Italian millet, *Setaria italica*. Bull. Torrey Bot. Club 65(4):229-232.
184. Rao, Y.G., M. Anjanappa and P.A. Rao. 1984. Genetic variability in yield and certain yield component of Italian millet (*Setaria italica* Beauv.) Madras Agricultural Journal. 71(5):332-333.
185. Rao, K. E. P., J. M. J. de Wet, D. E. Brink and M. H. Mengesha. 1987. Intraspecific uariation and system atics of cultivated *Setaria italica*, foxtail millet (poaceae) Economic Botony 41(1): 108-116.
186. Ratnaswamy, M.C. 1961. Proliferation of spikelets in the Italian millet (*Setaria italica* Beauv.). Madras Agr. J. 48(10):397.
187. Ratnaswamy, M. C. 1963. Note on a spikeletless mutant in the Italian millet *Setaria italica* Beauv. Madras Agr. J. 50:201.
188. Ratnaswamy, M. C., and B. W. X. Ponnaiya. 1963. Discriminant function technique in selection for yield in *Setaria italica* Beauv., the Italian millet. Madras Agr. J. 50:84.
189. Razumov, V. I. 1955. Reaktsiya na dlinu dnya chumizy iz razllchnykh provintsii kitaya. ( Reaction to length of day of foxtail millet from different provinces of China.) (In Russian) Fiziol. Rast. 2(3):247-252.
190. Reddy, V. K. 1987. Genotype difference in stomatal frequency

- stomatal number per plant, photosynthetic efficiency and their relationship with productivity under rainfed condition in foxtail millet (*Setaria italica*) Mysore Journal of Agricultural Science 21(1):97-98.
191. Ren, U. R., and C. C. Chen. 1956. Preliminary report of observations on hybridization of foxtail millet and its hybrid offspring. (In Chinese) Acta Agr. Sin. 7(3):339-346.
192. Ricroch, A., M. Mousseu, H. Darmency and J. Pernes. 1987. Comparison of triazineresistant and susceptible cultivated *Setaria italica*: growth and photosynthetic capacity. Plant physiology and Biochemistry (franc) 25(1):29-34.
193. Sabbioni, A., and P. Superchi. 1985. Chemical composition and digestibility in vivo of foxtail millet (*Setaria italica*) hay. Atti della Societa Italiana delle Scienze Veterinarie 39(2):437-440.
194. Sato, K. and T. Kokubu. 1988a. Genetic properties of Italian millet (*Setaria italica* Beauv.) collected by Kagoshima university. Memoris of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University 24:91-100.
195. -, -. 1988b. Morphological difference of Italian millet (*Setaria italica* Beauv.) among seed collecting areas. ---24:101-109.
196. Scheibe, A. 1943. Die Hirsen im Hindukusch. Ein Beitrag zur Kenntnis von Kulturpflanzen in geographischer Rückzugsposition. (Ergebnisse der Deutschen Hindukusch Expedition VI.) (The millets in the Hindu Kush. A contribution to the knowledge of cultivated plants which are geographically in a "retreat position." (Results of the German Hindu Kush Expedition VI.)) (In German) Z.Pflanzen. 25:392-436.
197. Scholz, H. 1960. Der Formenkreis der *Setaria italica* (L.) P.B. (The formen - kreis of *S. italica* (L.) P.B. A contribution to knowledge of cultivated plants.) (In German) Ber. Dtsch. Bot. Ges. 73:471-476.

198. Seetharam, A., K. Mallikarjunaradhy and M.R. Laxminarayana. 1983. Variation for oil content in a world collection of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) BABRAO Journal 15(2):99-102.
199. Seito, S. 1923. The genetics of *Setaria italica*. (In Japanese) Japan Jour. Genet. 2:67-70.
200. Sheriff, R.A. 1984. Genetic divergence studies in foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) Mysore Journal of Agriculture Science 18 (1):77.
201. Shulyndin, A. F. 1952. Gibridy chumizy s mogarom. (Hybrids of long-stemmed and short-stemmed *Setaria italica*.) (In Russian) Selek. Semenovodstvo 19(5):34-36.
202. Skardun, O.S. 1963. The choice of *Setaria* varieties and certain questions of agronomy on peat soils. (In Russian) Trans. Sci. -Res. Inst. Agric. Cent. Dist. Non-Chernozem Zone 19:82-88.
203. Sreenivasulu, M.R., V.M. Rao and C. Screeramulu. 1984. Varietal reaction of *Setaria* (*Setaria italica* Beauv.) to blast *pyricularia grisea* (Cooke Saccardo) disease Madras Agricultural Journal 71(2):136-137.
204. Steenbock, H., M. T. Sell and J. H. Jones. 1923. Fat soluble vitamins, XI - XIII. XII. The fat soluble vitamin content of millets. Jour. Biol. Chem. 56 (2):3.
205. Stuart, W. S. 1901. Formalina a preventive of millet smut. Indiana Agr. Exp. Sta 13th Annual Rpt. P. 25.
206. Sun, P. Y., Y. L. Chou., X. C. Guo., J. Q. XU and B.Y.Hou. 1983. Cytogenetical study of *Setaria italica*. I Constitution of somatic cells and Giemsa c-band analysis. Shanxi Agricultural Science No.6:13-15.
207. Sun, P.Y., X.C.Guo and Y.L.Chou. 1985. A cytogenetical study of *Setaria* of *Setaria italica* II. Giemsa C-banding analysis of somatic cell in Aetraploid plants. Shanxi agricultural Science No.12:5-6.
208. Syme, P.S. 1946. Millet. New Zeal.J.Agr. 72(3):117,119-121.209.



- Takahashi, N. 1941. On the flowering of Italian millet and its artificial hybridization. (In Japanese) Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 13:337-340.
210. Takahashi, N. 1942. Genetical studies with *Setaria italica*. (In Japanese) Jap. J Genet. 18:150-151.
211. Takei, E. and S. Sakamoto. 1987. Geographical variation of heading response to day length in foxtail millets (*Setaria italica* P. Beauv.) Japanese Journal of Breeding 37(2):150-158.
212. Takiliana, B.D. 1955. Cultivation of Kang crop in Banaskantha. The Farmer 7(10):53-55.
213. Takasugi, H., and Y. Akaishi. 1935. Studies of the downy mildew (*Sclerospora graminicola* var. *Setariae -italicae*) on Italian millet in Manchuria. (In Japanese) So. Manch. Ry. Co. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 11 (1933), Bul. 15(1935).
214. Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho, East Kilbride, Scotland.
215. Tiemann, A., and E., Kaempffer. 1944. Weitere erfahrungen mit dem anbau von hirsen. (Further results in the cultivation of millets.) (In German) Mitt, Deut. Landwirt. Ges. 59(23):504-506.
216. Toth, S. J., and P. McLain. 1961. Find best rate of copper to improve millet yields. N. Z. Agric. 43(6):9-11.
217. Trenchi, H. 1985. Use of foxtail millet (*Setaria italica*) in layer diets. Veterinaria Argentina 2(17):661-666.
218. Trotter, I. P. 1937. Millet for forage and grain. Mo. Ag. Ext. Serv. Leaflet 41.
219. Trusakov, V.F. 1955. Vliyanie dliny dnya na razvitie chumizy. (Effect of length of day on the development of foxtail millet.) (In Russian) Agrobio-logiya 1:121-123.
220. Tu, C., and H. W. Li. 1935. Breeding millet resistant to smut in North China Phytopath. 25(6):648-649.
221. Udapa, S. and T.N. Pattabi. 1984. Natural plant enzyme inhibitors Studies on a proteinase inhibitor from Italian millet (*Setaria*

- italica) Journal of the Science of Food and Agriculture 35(6): 679-688.
- 222.Varenitsa, E. T. 1950a. Kharakteristika nekotorykh sortov chumizy. (Characteristics of some varieties of *Setaria viridis*.) (In Russian) Selek. Semenvod. 17(6):38-41.
- 223.Varenitsa, E. T. 1950b. Kultura chumizy, ee botanicheskaya i biologicheskaya kharakteristika. (The cultivation of *Setaria* and a botanical and biological description of it.) (In Russian) Breeding and Seed Growing 17(5):49-53.
- 224.Varenitsa, E. T. 1952. Metodika gibridizatsii chumizy. (The method of hybridizing *Setaria*.) (In Russian) Breeding and Seed Growing 5:16-20.
- 225.Varenitsa, E. T. 1954. Kultura chumizy. Agrobiologicheskaya kharakteristika. (Growing Italian millet. Its agrobiological characteristics.) (In Russian) Zemledelie 12(2):73-82.
- 226.Varenitsa, E. T. 1957. Biologicheskii kontrol za razvitiem i rostom novykh kultur. (Biological control of development and growth of new crops.) (In Russian) Nauk Peredovoi Opyt Sel. Kh. 7(9):33-35.
- 227.Varenitsa, E. T., and V. S. Biryukova. 1956. Borba s sornoi rastitelnostyu v posevakh chumizy. (Weed control on foxtail millet fields.) (In Russian) Selek. Semenovodstvo 21(3):44-49.
- 228.Varenitsa, E. T., and N. N. Korovkin. 1953. Biologiya tsveteniya i razvitie semyan chumizy. (The biology of flowering and the development of seed in *Setaria*.) (In Russian) Selekcija i Semenovodstvo 3:28-30.
- 229.Vasey, H.E. 1918. Millet smuts and their control. Colo. Ag. Exp. Sta. Bul. 242. Venkatakrisnah. N. S. 1952. Ephelis on *Echinochloa crusgalli* Beauv. and *Setaria italica* Beauv. Phytopath. 42:634-635.
- 230.Venkateshappa, K. M. 1986. Stability of yield, yield components and seed Protein content in some elite cultivars of foxtail

- millet. (*Setaria italica* (L.) Beauv). Mysore Journal of Agricultural science 20(2):155-156.
231. Vinall, H. N. 1924. Foxtail millet: Its culture and utilization in the United States. U.S.D.A. Farmers Bul. 793.
232. Vlasova, N. I. 1957. The biological peculiarities of smut in foxtail millet and Hungarian grass. (In Russian) Biull. Vses. N. -I. Inst. Kukuruza 1:38-41.
233. Werth, E. 1937. Zur geographie und geschichte der hirsens. (Geography and history of millets.) (In German) Angewandte Botanik 19:41.
234. Wet, J. M. J. de. 1985. Descriptors for *Setaria italica* and *S. pumila* International Board for plant Genetic Resources Rome, Italy; IBPGR Secretariat 235. Wheeler, W. A. 1950. Forage and pasture crops. Foxtail millet. Pp. 662-668.  
D. Van Nostank Co., Inc.
236. Wheeler, W. A. and D. D. Hill. 1957. Grassland seeds. D. Van Nostrand Company, INC. Princeton., London 734pp.
237. Williams, T. A. 1898. Millets. U. S. D. A. Yearbook 1898. Pp.267-290.
238. Williams, B.C. 1960. Fertility status of fifteen New Mexico soil types. N. Mex. Agr. Exp. Sta. Bull. 445. 18pp.
239. Wright, W. G., and R. C. Finch. 1962. Firm seeds in the foxtail millets. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. N. Amer. 52:109-111. 240. XU, Z.H., D.Y. Wang, L.J. Yang and Z.M. Wei 1984. Somatic embryogenesis and plant regeneration in cultured immature inflorescences of *Setaria italica* plant cell Reports 3(4):149-150.
241. Yahalom, E., Y. Kapulnik and Y. Okon. 1984. Response of *Setaria italica* to inoculation with *Azospirillum brasilense* as compared to *Azotobacter chroococum*. Plant and soil 82(1):77-85.
242. Yakovenko, V.A., and P.V. Danilchuk. 1958. Vliyanie orosheniya na khimicheskii sostav zerna chumizy. (Effect of irrigation on the chemical composition of the foxtail millet kernel.) (In Russian) Biokhim Zerna Sb. 4:128-131.

243. Yu, T.F. 1942. Inheritance of kernel smut resistance in millet crosses. (In Chinese) Science Rec., Chungking 1(1/2):248-250.
244. Yu, T.F. 1944. Reaction of improved millet varieties to infection with downy mildew (*Sclerospora graminicola* Schroet.) (In Chinese) Chin. J. Sci Agric. 1:199-203.
245. Yu, Y. -P. 1961. Vliyanie razlichnogo kachestva sveta na razvitie, rost i organogenez chumizy. (The effect of different light qualities on the development, growth and organogenesis in *Setaria viridis*.) (In Russian) Tr. Soveshch. Morfogenezu Rast. 1 (1):616-619.
246. Yu, T.F., M. Y. Pei and H. K. Hsu. 1957. Studies on the red-leaf disease of the foxtail millet (*Setaria italica* (L.) Beauv.). I. Red-leaf, a new virus disease of the foxtail millet, transmissible by aphids. (In Chinese) Acta Phytopath. Sin. 3(1): 1-18.
247. Yu, T.F., M. Y. Pei and H. K. Hsu. 1958. Studies on the red-leaf disease of the foxtail millet (*Setaria italica* (L.) Beauv.) Further studies on the transmission of the millet red-leaf disease virus. (In Chinese) Acta Phytopath. Sin. 4(2):87-93.
248. Yu, T. F., M. Y. Pei and H. K. Hsu. 1959. Studies on the red-leaf disease of *Setaria* millet. The growth and development of red-leaf disease of *Setaria* millet and its control. (In Chinese) J. Pl. Path./Acta Phytopath. Sin. 5:12-20.
249. Zhang, S.H. 1983. A comprehensive analysis of the photosynthetic characteristic of *Setaria italica* (L.) Beauv. leaf anatomy and ultrastructure of Chloroplast. Journal of Shanxi Agricultural University 3(1):27-42.