

穀物物理性狀與積穀害蟲之關係

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF GRAINS AND ITS RELEVANCE TO STORED-PRODUCT INSECTS

夏維泰

Wei-Tai Hsia

臺灣省農業藥物毒物試驗所
*Taiwan Agricultural Chemicals
and Toxic Substances Research
Institute, Wufeng, Taichung.*

彭武康

Wu-Kang Peng

國立臺灣大學植物病蟲害系
*Department of Plant Pathology
and Entomology, National
Taiwan University, Taipei.*

前 言

一、積穀害蟲之為害：

當氣候條件適合時，作物不僅於生育期間遭受各種病、蟲、草之為害，收穫後亦常遭致積穀害蟲之食害，其為害損失則因穀物種類、地區、貯藏期及生態條件等而異（高穗生、謝豐國1977）。

估計全球每年因積穀害蟲所造成之糧食、豆類等之損失達總產量之5%。本省據梁崇仁等（1954）之調查指出，稻穀貯藏四個月以上者，其蟲害損失率約為6%。雜糧貯藏1至4個月之受害損失分別為：小麥—1.09%，大麥—1.58%，大豆—0.30%，玉米—2.23%與高粱—3.39%（林懋等1975）。

近年來由於穀倉改建，管理方式改善及蟲害管理之應用，貯藏一年之積穀損失率已降至2%以下（謝豐國等1980）。縱令如此每年仍損失約美金三百萬元（廖銘隆1982）。另外積穀害蟲侵入穀倉後，可使倉內溫度升高，穀物營養遭受破壞或轉變，種子發芽率降低。當害蟲侵入數量過多時，其氣味、碎片、蛻皮、排泄物和黴菌亦降低穀物品質，形成質的污染，影響消費者的健康，進而影響貿易商譽，由此可見積穀害蟲為害之嚴重（高穗生、謝豐國1977）。

二、積穀害蟲之種類與特性：

全球積穀害蟲共6目89種，其中鞘翅目（Coleoptera）72種，鱗翅目（Lepidoptera）12種，直翅目（Orthoptera）2種，總尾目（Thysanura），嚙蟲目（Corrodentia）及雙翅目（Diptera）各1種。本省則計6目62種，其中鞘翅目45種，鱗翅目8種，直翅目2種，總尾目3種，嚙蟲目3種，雙翅目1種（林懋1968）。

由於積穀害蟲之生態環境極為特殊，故其具有下列幾點生物特性：(1)其食性複雜，(2)具耐乾性，(3)對溫度之變化適應力極強，(4)耐飢力強，可潛伏於空倉縫隙內數年，(5)繁殖力特強，於一年四季中可持續不斷的繁衍。

三、積穀害蟲之防治觀點：

食品為數量最大之倉儲物，故與人民生活之關係極其密切，使用殺蟲劑以防治積穀害蟲時，首要考慮其於人畜體內累積中毒之影響。同時糧食之經濟價值雖高，但商品價值却低，故於選擇防治積穀害蟲方法時，經濟效益成本亦需核算。加以積穀害蟲具特殊之生物性，使其一旦發生則甚難根治，因此預防其進入倉中或使其於倉內無法立足，乃為萬全之策。

由於抗蟲品種作物對不同棲群密度之害蟲均有作用，且具累積性，無毒性污染問題，其抗蟲性狀尚可與作物質量及其它優良農藝性狀結合併存而不增加農民負擔，故而培育並推廣抗蟲品種作物以防蟲於先，再以各種生化、物理方法殺蟲於後，是為防治積殺害蟲之正確觀念。

抗蟲品種作物之定義與發展

作物抗蟲現象一般可包括迴避 (Avoidance)，抵抗 (Resistance) 及免疫 (Immunity)。然而，迴避乃為作物之生長與害蟲發生之時間相錯，而免疫現象則甚少存在，故而一般從事作物抗蟲性者，多偏重於「抵抗」方面 (Gallun 等 1975)。穀物對積殺害蟲亦具抗蟲現象，其抗性可分為兩類，其一為非偏好產卵或取食，亦即害蟲對不同品種之穀類表現不同程度之取食或產卵之偏好。其二為抗生作用 (Antibiosis) 包括物理抗生與化學抗生作用。前者如穎殼之物理阻隔使害蟲無法取食或產卵，後者如缺乏某種營養成份，或經取食後某些成份對害蟲有不良影響。

穀類抗蟲品種首次栽培成功之例為 1782 年於美國紐約之 "Underhill" 種小麥 (*Triticum aestivum*) 可抵抗 Hessian fly *Meyetidola destructor* (Say) 之食害 (Gallun 等 1975)。此後，抗蟲品種作物之研究乃逐漸受到昆蟲與育種學家之注意。然而直至 1914 年，Hinds 報導象鼻蟲 (Weevil) 為害玉米之程度乃取決於苞葉長度與緊密之程度後，抗蟲作物始用於積殺害蟲之防治上 (Bhatia 1976)。

本省有關之研究不多，謝豐國等 (1976) 曾報告玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 對不同稻米品種具不同之偏好性。夏維泰及彭武康 (1984) 曾檢定 12 種糙米對玉米象之抗蟲性。另外，謝豐國等 (1980) 發現倉儲米穀蟲害損失程度，因穀物型態、種類及地區之不同而異。謝豐國及黃振聲 (1978)，洪巧珍及彭武康 (1985) 皆報告稻穀穎殼對玉米象具物理阻隔作用。彭武康 (1983) 篩選 183 個水稻品種時，亦發現穎殼完整的稻穀對米象 (*S. oryzae* (L.)) 具完全之抗性。而彭武康及夏維泰 (1984) 則研究米粒硬度與其抗蟲性之關係。

穀物抗蟲性之檢定

穀物抗蟲性之檢定試驗為在自然或控制狀況下，接入相同蟲數，利用一定時間內穀物受害指數或害蟲之增殖數來估算各品種之抗蟲性。此種篩選方法大多使用非自由選擇 (Non-choice Test)，但亦有人使用自由選擇試驗 (Freechoice Test)。

McCain 等 (1964) 首先使用圓盤自由選擇方式篩選玉米對象鼻蟲之偏好性。接著 van der Schaaf 等 (1969) 也用同法試驗玉米對玉米象之抗蟲性。而 Dobie (1974) 則採用非自由選擇方式測定玉米對玉米象之抗性。Stevens 及 Mills (1973) 曾將上述二法做一實驗比較發現二者間相關性甚高 (相關係數 $r = 0.85$)。但是自由選擇試驗之結果常因感蟲性品種位置之變換而有差異 (van der Schaaf 等 1969)。

由於抗蟲品種篩選時常需使用大量穀物，因此品種較少時尚有可能實施，倘篩選大量品種時，則極為不便，特別是所培育之實驗品種尚未推廣商品化時，穀物來源更形困難。因此 van der Schaaf 等 (1969) 乃利用少量穀物進行實驗，同時穀物之比重、大小與積殺害蟲之密度、年齡等皆可影響害蟲之產卵、發育與羽化 (Coombs, 1972, Howe 1971)。因此 Widstrom 等 (1978) 建議室內試驗蟲數與殺重克數之比最好為 1 比 1 或 2 比 1。而雌雄的比例亦為 1 比 1 或 2 比 1 (Dobie 1974)。通常以觀察第一子代成蟲數之變異較小，而為簡便可行之法；另，測定穀物重量損失亦為具有經濟指標之最好方法，但亦有觀察親代成蟲死亡率，親代成蟲的壽命，第一子代成蟲的體長、體寬、體重與

死亡率及穀粒受害率等 (Widstrom 等 1972)。

若將害蟲「第一子代數」配合「第一子代發育期」共同考慮時，則形成感受性指數 (I)。

$I = \frac{\log_e F}{D}$ ，其中“F”表第一子代數，“D”則為平均發育期。同時，感受性指數與害蟲內在增殖率呈正相關關係，因此，吾人乃以感受性指數為穀物品種抗蟲性之指標。然而此一指數數值常因實驗之狀況而有所變動，因此試驗中須加入一對照品種，將試驗結果與其相比，同時為方便計，再乘以 1000，則成「相對感受性指數」(Relative Index of Susceptibility)。

試驗方法仍在不斷地改進中，吾人於進行試驗前，首須考慮寄主穀物之性狀與害蟲之特性，而依其行為予以標準化，以求確切反映實事。

穀物物理性狀與積穀害蟲之關係

一、穀粒大小、形狀與重量

穀粒體積可影響積穀害蟲幼蟲蛀食與發育及成蟲產卵與食害，因此穀粒小者較穀粒大者具抗性 (Bhatia 1976, Doggett 1957, Morrison 1964, Russell 1962, Russell 及 Rink 1965, Singh 等 1972, 1973, 1974)。但 Khokhar 及 Gupta (1974) 發現小麥種實大小並不影響其對米象之抗性。

糙米米粒之寬度及重量對玉米象之感蟲性指數 (Susceptible index) 呈正相關 (Dobie 1974, Juliano 1981)。Segrove (1951) 報導穀粒之重量與大小、形狀同等重要，而象鼻蟲喜好在較重的穀粒上產卵。但 Russell (1968) 以 6 個稻米品種研究對米象及玉米象產卵及發育之影響時發現，穀物形狀與其感蟲性並無顯著之相關性。同時 Doraiswamy 等 (1976) 在研究高粱品種對米象抗性時亦發現穀粒之輕重與其感蟲性無關。

二、穀物外殼

穎殼為穀物之最外層，其主要成份為矽，故具相當之硬度而可保護穀物，防止其受害蟲、微生物之侵害與污染及操作處理時之機械損傷，並可減輕穀粒之受潮 (李潔如 1981)。

玉米苞葉 (Husk) 包圍黍穗之葉片數目及其長度是否延伸超過黍穗尖端，乃為玉米在田間或倉儲期間對米象及玉米象抗蟲之重要獨立因子 (Eden 1952 a, b, Floyd 及 Powell 1958, Floyd 等 1959, Giles 及 Ashman 1971, Hinds 1914, Kirk 及 Manwiller 1964, McCain 等 1964, Wiseman 等 1970)。Schoonhoven 等 (1976) 將玉米對玉米象之抗蟲性歸因為密實之苞葉，且葉片數愈多，延伸長度愈大者抗性愈大。

穀物穎殼之完整性為穀類對積穀害蟲之重要抗蟲機制。堅硬、緊密完整之穎殼最具抗性 (Cogburn 1974, Cohen 及 Russell 1970) 其穎殼完整者幾乎不受積穀害蟲之食害 (Rogers 及 Mills 1974, Samuel 及 Chattergi 1953)。Sinha (1969) 認為燕麥之完整穎殼形成物理障礙使得穀象 (*Sitophilus granarius* L.)、穀蠹 [*Rhyzopertha dominica* (Fab.)] 不能為害。Boles 及 Pomeranz (1979) 報導大麥之穎殼具有保護作用，免受米象之為害。Sinha (1971) 發現穎殼完整之小麥、大麥及燕麥品種較穎殼破裂者，對米象及玉米象較具抗性。

Breese (1960, 1963) 發現具完整緊密穎殼之稻穀對米象和穀蠹具有抗性。而穎殼不完整之穀粒則增加對米象之感蟲性 (Russell 1968)。Rossetto (1966) 試驗 1700 個稻穀品種，發現穎殼完整而密合的品種中沒有玉米象發生。White (1975) 報告高粱各品種之果皮厚度與玉米象之第一子代成蟲數呈正相關。果皮受機械傷害時亦增加品種之感蟲性 (Williams 及 Mills 1980)。

謝豐國及黃振聲 (1978) 以 3 個稻穀品種對玉米象進行抗蟲試驗時，亦發現玉米象無法在穎殼完整之稻穀中取食或產卵繁殖，且穎殼破損後，會增加稻穀對玉米象之感蟲性。洪巧珍及彭武康 (1985

)更進一步證明稻穀穎殼破損裂隙小於0.1mm直徑時,玉米象無法取食及產卵,可見穎殼破損程度愈大,其對玉米象之物理阻礙愈小,導致穀物受害率之增加。

三、穀粒的硬度

硬度為穀粒之物理性狀之一,內食性昆蟲如穀蠹、象鼻蟲等,幼蟲蛀入穀粒內,以胚乳為食,因此 Painter (1951) 認為硬度列為作物抗性因子之一。Sinha 及 Voisey (1978) 測量小麥、燕麥、油菜籽等42種子之硬度,發現硬度與抗蟲之相關性。

玉米穗粒硬度與對象鼻蟲之抗性呈正相關 (Eden 1952b, Pant 等 1964, Singh 及 McCain 1963), 並影響米象與玉米象之產卵 (Singh 等 1972, 1973)。其內胚乳中糊粉層 (Floury endosperm) 比例之增加可使得玉米穀粒較軟,而導致米象與玉米象子代成蟲數與為害率之增高,致增加其感蟲性 (Dobie 1974, 1977, Gupta 等1970)。

Doggett (1957, 1958) 檢定高粱品種對米象之抗蟲性時,發現穀粒中糊粉層厚度與米象為害所造成之重量損失呈正相關。同時高粱之硬度和米象之產卵數呈負相關 (Russell [1962])。在硬度大的品種中,米象與玉米象幼蟲之發育期延長,第一子代成蟲數減少,成蟲壽命縮短且羽化率降低 (Doraiswamy 等 1974, Russell 1966, Russell 及 Rink 1965)。Davey (1965) 推測內胚乳中糊粉層之厚薄可影響穀粒之硬度,而硬度愈大者,米象幼蟲之取食量減少,羽化率降低,成蟲取食量降低且第一子代成蟲數減少。

在研究小麥品種之抗蟲性時,發現硬度大的品種對米象較具抗蟲性 (Adams 1975, Bhatia 及 Gupta 1969, Singh 及 Agrawal 1976, Singh 等 1968)。同時 Sinha (1971) 亦報導小麥、大麥與燕麥之硬度與米象及玉米象增殖的情形有關。

糙米之硬度可影響玉米象之產卵 (Singh 等 1972, 1973), 第一子代數與米粒重量損失 (彭武康、夏維泰 1984) 及米象之發育中期,第一子代數與成蟲之體重 (洪巧珍、彭武康 1982, Rout 等 1976)。

雖然穀類之穎殼對米象具完全之抗性 (彭武康1983), 然而玉米在入倉前多已去除苞葉,同時每公斤之稻穀中因機械操作而致穎殼破裂者平均約有 20 粒 (黃振聲 1977), 此即足以讓積穀害蟲於其中立足進而大發生,再如有些害蟲更可咬穿穎殼而為害,因此在研究穀物抗蟲性時,穀物物理性狀中之硬度因子實為不可或缺。

參 考 文 獻

- 李潔如。1981。稻米儲存期間品質變化。食品工業 13(3):38—40。
- 林 櫟。1968。積穀害蟲與益蟲之調查。農業研究 17(3):39—44。
- 林 櫟、蔡文珊、彭添興、林文雄、黃財發、顏福成、陳榮銘。1975。臺灣雜糧貯藏期間受蟲害之損失及其燻蒸處理。植保會刊 17:142—9。
- 洪巧珍、彭武康。1985。穀粒穎殼不同程度破損對米象及玉米象之誘引試驗。中華昆蟲 5:31—6。
- 夏維泰、彭武康。1984。糙米種類對玉米象之抗蟲性檢定。科學農業 32(1—2):71—2。
- 高穗生、謝豐國。1977。倉庫害蟲生態分析。「稻作與糧倉蟲害研討會」專輯 P. 60—73。
- 黃振聲。1977。玉米象生態研究。國立中興大學昆蟲研究所碩士論文 71 p. p.
- 彭武康。1983。稻穀品種對米象 [*Sitophilus oryzae* (L.)] 之抗蟲性研究。國立臺灣大學植物病蟲害學研究所博士論文。
- 彭武康、夏維泰。1984。米粒硬度及與抗玉米象之關係。植保會刊 26:231—40。
- 梁崇仁、陳德能、林 櫟。1954。臺灣稻穀貯存之現狀之積穀害蟲為害損失量之調查。科學農業

2 : 34—40。

- 廖銘隆。1982。稻穀倉儲通風管理。食品工業 14 : 28—37。
- 謝豐國、洪麗梅、高穗生、徐士蘭。1980。倉儲米穀損失估計。植保會刊 22 : 285—95。
- 謝豐國、高穗生、黃振聲。1976。玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 對積穀偏好性之初步檢定。臺灣農業 12(3) : 164—70。
- 謝豐國、黃振聲。1978。稻穀穎殼完整性對玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 產卵與繁殖之影響。植保會刊 20(4) : 291—301。
- Adams, J. M. 1975. Resistant Indian wheat hold promising future. Agr. Res. 24: 10.
- Bhatia, S. K. 1976. Resistance to insects in stored grains. Trop. Stored Prod. Inf. 31: 21-35.
- Bhatia, S. K., and M. Gupta. 1969. Resistance to stored grain pests in world collection of what-relative susceptibility of mine high yielding dwarf varieties to the rice weevil and the lesser grain borer. Bull. Grain Tech. 7: 199-204.
- Boles, H. P., and Y. Pomeranz. 1979. Protective effect of barley hulls against the rice weevil. J. Econ. Ent. 72: 87-9.
- Breese, M. H. 1960. The infestibility of stored paddy by *Sitophilus sasakii* (Tak.) and *Rhyzopersa dominica* (F.). Bull. Ent. Res. 51: 599-630.
- Breese, M. H. 1963. Studies on the oviposition of *Rhyzopertha dominica* (F.) in rice and paddy. Bull. Ent. Res. 53: 621-37.
- Cogburn, R. R. 1974. Domestic rice varieties: Apparent resistance to rice lesser grain borers, and Angoumois grain moths. Environ. Ent. 3: 681-5.
- Cohen, L. M., and M. P. Russel. 1970. Some effects of rice varieties on biology of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*. Ann. Ent. Soc. Amer. 63: 930-1.
- Coombs, C. W. 1972. The interpretation of experiments assessing the susceptibility of stored cereals to attack by *Sitophilus* spp.. J. Stored. Prof. Res. 8: 81-2.
- Davey, P. M. 1965. The susceptibility of sorghum to attack by the weevil *Sitophilus oryzae* (L.). Bull. Ent. Res. 56: 287-9.
- Dobie, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to postharvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. J. Stored Prof. Res. 10: 183-97.
- Dobie, P. 1977. The contribution of the tropical stored products center to the study of insect resistance in stored maize. Trop. Stored Prod. Inf. 34: 7-22.
- Dogget, H. 1957. The breeding of sorghum in East Africa. I. Weevil resistance in sorghum grains. Emp. J. Exp. Agr. 25: 1-9.
- Dogget, H. 1958. The breeding of sorghum in East Africa. II. The breeding of weevil-resistant varieties. Emp. J. Exp. Agr. 26: 37-46.
- Doraiswamy, V., T. R. Subramaniam, and A. Dakshinamurthy. 1976. Varietal preference in sorghum for the weevil. Bull. Grain Tech. 14: 107-10.
- Eden, W. G. 1952a. Effect of husk cover of corn on rice weevil damage in Alabama. J. Econ. Ent. 45: 543-5.
- Eden, W. G. 1952b. Effect of kernel characteristics and components of husk cover on rice weevil damage to corn. J. Econ. Ent. 45: 1084-5.
- Floyd, E. H., A. D. Oliver, and J. D. Powell, 1959. Damage to corn in Louisiana caused by stored grain insects. J. Econ. Ent. 52: 612-5.
- Floyd, E. H., and J. D. Powell. 1958. Some factors in influencing the infestation in corn in the field by the rice weevil. J. Econ. Ent. 51: 23-6.
- Gallun, R. L., J. Starks, and W. D. Guthrie. 1975. Plant resistance to insects attacking cereals. Ann. Rev. Ent. 20: 337-57.

- Giles, P. H., and F. Ashman. 1971. A study of preharvest infestation of maize by *Sitophilus zeamais* Motsch. in the Kenya Highlands. J. Stored Prod. Res. 7: 69-83.
- Gupta, S. C., V. L. Asnani, and B. P. Khare. 1970. Effect of opaque-2 gene in maize (*Zea mays* L.) on the extent of infestation by *Sitophilus oryzae* (L.). J. Stored Prod. Res. 6: 191-4.
- Hinds, W. E. 1914. Reducing insect injury to stored corn. J. Econ. Ent. 7: 203-11.
- Howe, R. W. 1971. A parameter for expressing the suitability of an environment for insect development. J. Stored Prod. Res. 7: 63-5.
- Juliano, B. O. 1981. Rice grain properties and resistance to storage insects: a review. IRRI Res. Paper Ser. 56: 9pp.
- Khokhar, D. S., and D. S. Gupta. 1974. Relative resistance of some varieties of wheat to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha domonica* (F.) at different temperatures. Bull. Grain Tech. 12: 117-23.
- Kirk, V. M., and A. Manwiller. 1964. Rating dent corn for resistance to rice weevils. J. Econ. Ent. 57: 850-2.
- McCain, F. S., W. G. Eden, and D. N. Singh. 1964. A technique for selecting for rice weevil resistance in corn in the laboratory. Crop Sci. 4: 109-10.
- Morrison, E. O. 1964. The effect of particle size of sorghum grain on development of the weevil *Sitophilus zeamais*. J. Econ. Ent. 57: 390-1.
- Painter, R. H. 1951. Insects resistance in crop plants. MacMillan Co. New York, 520pp.
- Pant, J. C., S. Kapoor, and N. C. Pant. 1964. Studies on the relative resistance of some maize varieties to *Sitophilus oryzae* (L.). Indian J. Ent. 26: 434-7.
- Rogers, R. R., and R. B. Mills. 1974. Evaluation of a world sorghum collection for resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch.. J. Kan. Ent. Soc. 47: 36-41.
- Rossetto, C. J. 1966. Resistance of varieties of rough rice (paddy) to the *Sitophilus zeamais* Motsch. MS. Thesis Kansas Sta. Univ. Manhattan, Kansas USA. 116PP.
- Rout, G., G. Senapati, and T. Ashmed. 1976. Studies on relative susceptibility of some high yielding varieties of rice to the rice weevils, *Sitophilus oryzae* (L.). Bull. Grain Tech. 14: 34-8.
- Russell, M. P. 1962. Effect of sorghum varieties on the lesser rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) I. Oviposition, immature mortality, and size of adults. Ann. Ent. Soc. Amer. 55: 678-85.
- Russell, M. P. 1966. Effects of sorghum varieties on the longevity of the lesser weevil *Sitophilus oryzae* (L.). J. Stored Prod. Res. 2: 75-9.
- Russell, M. P. 1968. Influence of rice variety on oviposition and development of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* and the maize weevil *S. zeamais*. Ann. Ent. Soc. Amer. 61: 1335-6.
- Russell, M. P., and M. M. Rink. 1965. Some effects of sorghum varieties on the development of a rice weevil, *Sitophilus zeamais*. Ann. Ent. Soc. Amer. 58: 763.
- Samuel, C. K., and S. Chatterji. 1953. Studies on the varietal resistance and susceptibility of 'Jowar' (*Andropogon sorghum*) to storage pest. Indian J. Ent. 15: 255-39.
- Schoonhoven, A. V., E. Horber, and R. B. Mills. 1976. Conditions modifying expression of maize kernels to the maize weevils. Environ. Ent. 5: 163-8.
- Segrove, F. 1951. Oviposition behaviour in the two strains of the rice weevil, *Calandra oryzae* Linn. Exp. Biol. 28: 281-97.
- Singh, K., and N. S. Agrawal. 1976. Susceptibility of high-yielding varieties of wheat to *Sitophilus oryzae* (Linn.) and *Trogoderma granarium* Everts. Indian J. Ent. 38: 363-9.
- Singh, K., N. S. Agrawal, and G. K. Girish. 1972. The oviposition response and development

- of *Sitophilus oryzae* (L.) in different maize hybrids and composites. Indian J. Ent. 34: 148-54.
- Singh, K., N. S. Agrawal, and G. K. Girish. 1973. Studies on the susceptibility of high-yielding varieties of maize to *Sitophilus oryzae* Linn. and *Trogoderma granarium* Everts. Bull. Grain Tech. 11: 198-202.
- Singh, K., N. S. Agrawal, and G. K. Girish. 1974. The oviposition and development of *Sitophilus oryzae* (L.) in different high yielding varieties of wheat. J. Stored Prod. Res. 10: 105-11.
- Singh, S. R., G. G. Kundu, and M. Gupta. 1968. Resistance to stored grain pests in world collection of wheat, I. Comparative susceptibility of the indigenous and exoitic wheat varieties to *Sitophilus oryzae* (L.). Indian J. Ent. 30: 299-302.
- Singh, D. N., and F. S. McCain. 1963. The relationship of some nutritional properties of the corn kernel to rice weevil infestation. Crop Sci. 3: 259-61.
- Sinha, R. N. 1969. Reproduction of stored-grain insects on varieties of wheat, oats and barley. Ann. Ent. Soc. Amer. 62: 1011-5.
- Sinha, R. N. 1971. Multiplication of some stored-product insects on varieties of wheat, oats, and barley. J. Econ. Ent. 64: 98-101.
- Sinha, R. N., and P. W. Voisey. 1978. Seed coat puncture resistance in cereal and oilseed cultivars-A possible source of susceptibility to insect damage in stored grains. Can. J. Plant Sci. 58: 679-84.
- Stevens, R. A., and R. B. Mills. 1973. Comparison of techniques for screening sorghum grain varieties for resistance to rice weevil. J. Econ. Ent. 66: 1222-3.
- van der Schaaf, P., D. A. Wilbur, and R. H. Painter. 1969. Resistance of corn to laboratory infestation of the larger rice weevil, *Sitophilus zeamais*. J. Econ. Ent. 62: 352-5.
- White, S. C. 1975. Laboratory studies of levels and causes of insects resistance in varieties of stored sorghum. MS. Thesis Kansas State Univ Manhattan, USA. 116PP.
- Widstrom, N. W., W. W. McMillian, and B. R. Wiseman. 1978. Improving effectiveness of measurements for seed resistance to maize weevil. J. Econ. Ent. 71: 901-3.
- Widstrom, N. W., L. M. Redlinger, and W. J. Wisner. 1972. Appraisal of methods for measuring corn kernel. J. Econ. Ent. 65: 790-2.
- Williams, J. O., and R. B. Mills. 1980. Influence of mechanical damage and repeated infection of sorghum on its resistance to *Sitophilus oryzae* (L.). J. Stored Prod. Res. 16: 51-3.
- Wiseman, B. R., W. W. McMillian, and N. W. Widstrom. 1970. Husk and kernel resistance among maize hybrids to an insect complex. J. Econ. Ent. 63: 1260-2.