

五種無毒物質對玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 之防治試驗¹⁾

謝豐國²⁾ 高穗生²⁾ 陳維鈞³⁾

(接受日期：民國66年12月21日)

摘要：本試驗選用五種無毒物質：磷酸鈣 (Calcium phosphate)、粘土 (Clay)、矽藻土 (Diatomaceous earth)、藍矽膠 (Silica blue)、矽酸鋁 (Aluminum silicate) 分別重複於小型塑膠瓶中混拌處理玉米及高粱種子之重要害蟲玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky)，期能尋出替代化學毒劑之物質，以防倉儲期間玉米象之為害。

試驗結果顯示，若將高粱或玉米種子以矽酸鋁混拌後，再將供試之蟲隻接入，五種濃度中 (0.025, 0.05, 0.1, 0.2及0.4%)，除0.025%外，於處理2週後死亡率均及100%，為所有供試無毒物質中殺蟲效果最佳者，其殺蟲機制可能為矽酸鋁保持谷物乾燥，並使害蟲表皮受損及呼吸作用受阻而導致害蟲死亡。高粱 (臺中三號) 及玉米 (臺南十一號) 種子經此物質處理後，發芽率並未受影響。

一、前 言

臺灣地處熱帶及亞熱帶，終年高溫多濕，且倉庫建築未臻理想，頃因糧食豐收，倉庫爆滿，倉貯問題日形嚴重，致使倉儲穀物每受倉庫害蟲之為害，損失不貲。據1975年之報告⁽²⁾，雜糧儲藏1~4個月之受害損失率平均為：小麥約1.09%，大麥1.58%，大豆0.30%，玉米2.23%，高粱3.90%。一般防治法多偏重於化學藥劑之處理，而以燻蒸劑磯化氫的施用為主^(3,4,5)，然而此類藥劑之使用所伴隨而來的一些公害和危險，却成為不可忽視的問題。再者，有關害蟲對於化學殺蟲劑產生抗性的現象，已陸續被發現，故倉庫害蟲之防治除使用殺蟲劑外，尚可斟酌使用其他防治法，諸如依據害蟲生態改善倉儲條件與管理方法，抗蟲穀物之篩選與培育等。此外，使用無毒物質 (non-toxic materials) 混拌穀物防蟲亦為一可行之法。

人類以惰性粉劑 (inert dusts) 保護貯藏之食物由來已久，我國農民貯藏種子拌以草木灰等處理，美國加州的印第安人將種子以紅土混合以保護之；據調查⁽¹¹⁾，在剛果地區的原始人，不僅知道以粘土混拌黃豆貯藏，以防蟲害，且能分辨地區性粘土之優劣；印度農人亦有將灰燼和其他無毒物質與穀物混合作為防蟲者⁽¹⁶⁾；Chiu^(8,9)於1939年曾報告以惰性物質處理豆象 (*Acanthosceles obtectus*)，米象 (*Sitophilus oryzae*) 和穀象 (*S. granarius*) 的毒效。本試驗乃選用五種無毒物質：磷酸鈣 (Calcium phosphate)、粘土 (Clay)、矽藻土 (Diatomaceous earth)、藍矽膠 (Silica blue)、矽酸鋁 (Aluminum silicate) 分別重複處理玉米及高粱種子，以觀察其防治重要害蟲玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 之效果，期能尋出替代化學毒劑之物質，以防倉儲期間玉米象之為害。

1) 臺灣植物保護中心昆蟲組研究報告第9號。

2) 臺灣植物保護中心技正及研究助理。

3) 國立臺灣大學植物病蟲害研究所研究生。

二、材料與方法

(一)本試驗供試之種子，由臺灣省政府農林廳種苗繁殖場所提供，包括臺中3號高粱種子及臺南11號玉米種子，其發芽率均達85%以上。處理前先於-15°C下冷凍一週，以凍殺可能潛伏其內之害蟲，並經蓋特濕度計 (kett moisture meter) 測定其含水量，高粱為11.02%，玉米為10.95%。

(二)供試之無毒物質及其濃度 (%: 無毒物質用量/種子重量)

1. 矽藻土 (Diatomaceous earth): (Art. 8119 Merck, West Germany)

0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.10%, 0.12%, 0.14%, 0.16%, 0.18%.

2. 黏土 (Clay): (No. 2103 興農)

0.125%, 0.25%, 0.5%.

3. 磷酸鈣 (Calcium phosphate): (tribasic, Santoku chemical company, LTD, Osaka, Japan)

0.03125%, 0.0625%, 0.125%, 0.25%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%, 3.5%.

4. 藍矽膠 (Silica blue): (三和化工廠, 斗六)

0.25%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%.

5. 矽酸鋁 (Aluminum silicate): (approx. $Al_2O_3, 3SiO_2=282.21$ Wako Pure Chemical Industries, LTD, Tokyo, Japan)

0.025%, 0.05%, 0.10%, 0.20%, 0.40%.

(三)供試昆蟲為室內飼養3星期大小之玉米象成蟲。

將每一塑膠瓶 (口徑4.5公分, 高7.5公分) 各秤入高粱或玉米種子25克, 依照上述五種無毒物質之各種濃度分別混入塑膠瓶種子內, 隨後將混有不同濃度之穀物, 置於迴轉振盪器 (rotatory shaker) 上, 以30~40轉/分的轉速轉動10分鐘, 使其均勻混合, 於種子表面形成薄膜, 然後, 各瓶接入玉米象20隻, 任其取食與產卵繁殖, 此瓶稱為飼育塑膠瓶。

將所有之飼育塑膠瓶置於 $28 \pm 1^\circ C$, 相對濕度 $70 \pm 10\%$, 無光照狀況下之恒溫箱中培養, 兩天後觀察記錄每瓶中玉米象之死亡率, 其後每一週觀察記錄一次, 至處理後23天為止。每種物質之各處理濃度均有5次重複, 另一組不混入無毒物質, 僅接入成蟲20隻, 供作對照之用。此外, 另有僅混拌不同濃度無毒物質之供試種子, 並不接入蟲隻, 作為種子發芽試驗用, 處理23天後取出種子, 以自來水洗去留存種子表面之物質, 逢機選取種子, 每種處理濃度谷物中分別選取50粒種子, 每10粒種子為一重複, 共計5重複, 以1%次氯酸鈉 (Sodium hypochlorite) 處理10分鐘, 再以蒸餾水沖洗三次, 將之置於內襯濾紙 (以蒸餾水潤濕過) 之培養皿, 連續觀察一週, 記錄其發芽率。

三、結果與討論

玉米象之死亡率經校正後, 以統計方法求得死亡率迴歸線 (Log-dosage probit mortality line, Lb-P line)₍₁₎, (如圖1~5)。由迴歸線或其延長線 (以虛線表示) 上, 即可決定各種無毒物質對於玉米象之半致死濃度 (LC_{50}), 此即列於表一及二。試驗結果顯示, 無毒物質之防治效果隨施用濃度及處理時間均有漸增之趨勢。以磷酸鈣為例, 其與高粱混拌, 接入玉米象2, 9, 16及23天後, 其 LC_{50} 分別為0.36, 0.24及0.22%; 而與玉米混合, 接蟲2, 9, 16及23天後, 其 LC_{50} 分別為0.51, 0.44, 0.36及0.30% (表一、二及圖1)。粘土與高粱種子混合, 在施用之濃度範圍內, 其殺蟲效果在9天後方可見, 其與玉米種子混合對玉米象之防治效果並不顯著 (圖2)。矽藻土無論施用於玉米或高粱種子中, 2天之內, 即使濃度高達0.18%, 亦不見防治效果, 但爾後死亡率與時俱增 (圖3)。藍矽膠與高粱或玉米種子混拌, 接蟲9, 16及23天後, 其 LC_{50} 亦各有不同 (表一及二)。矽酸鋁無

表一、五種無毒物質混拌玉米對玉米象之致死力_{a/}

Table 1. Toxicity of five nontoxic materials mixed with corn to the maize weevil _{a/}
 半致死濃度 (重量百分比)
 LC₅₀ (%)

處理 (d) 時間 Time (天)	混拌物質 Materials	磷 酸 鈣 Calcium phosphate	黏 土 Clay	矽 藻 土 Diatomaceous earth	藍 矽 膠 Silica blue	矽 酸 鋁 Aluminum silicate
2		0.51	—	—	0.38	0.09
9		0.44	3.20	0.23	0.17	0.06
16		0.36	0.71	0.10	0.15	0.05
23		0.30	0.20	0.06	0.13	0.04

a/ 昆蟲飼育於溫度 28±1°C 及相對濕度 70±10%之培育箱。

a'/ Insect rearing held in the incubator at 28±1°C and r.h. 70±10%.

表二、五種無毒物質混拌高粱對玉米象之致死力_{a/}

Table 2. Toxicity of five nontoxic materials mixed with sorghum to the maize weevil _{a/}
 半致死濃度 (重量百分比)
 LC₅₀ (%)

處理 (d) 時間 Time (天)	混拌物質 Materials	磷 酸 鈣 Calcium phosphate	黏 土 Clay	矽 藻 土 Diatomaceous earth	藍 矽 膠 Silica blue	矽 酸 鋁 Aluminum silicate
2		0.36	—	2.85	—	0.08
9		0.26	0.20	0.10	2.55	0.06
16		0.24	0.09	0.06	2.30	0.06
23		0.22	0.07	0.04	1.70	0.06

a/ 昆蟲飼育於溫度 28±1°C 及相對濕度 70±10%之培育箱。

a'/ Insect rearing held in the incubator at 28±1°C and r.h. 70±10%.

論與高粱種子或玉米種子混拌之後，其殺蟲效果均屬最佳 (表一、二及圖 5)。其殺蟲機制據觀察推測可能為矽酸鈣保持谷物乾燥，並使害蟲表皮受損及呼吸作用受阻而導致害蟲死亡之故，惟進一步觀察尚待進行。

綜合上述可知五種無毒物質與高粱種子混合時，處理 2 天後之殺蟲效果以矽酸鋁為最佳，磷酸鈣、矽藻土次之，粘土、藍矽膠均差。處理後 9 天者矽酸鋁、矽藻土均佳，粘土、磷酸鈣次之，藍矽膠最差。施用 16 天後之效果，粘土、矽藻土、矽酸鋁均佳，磷酸鈣次之，藍矽膠最差。施用後 23 天仍以粘土、矽藻土、矽酸鋁為佳，磷酸鈣次之，藍矽膠最差。至於五種無毒物質處理玉米種子時，於處理 2 天後，其防治效果以矽酸鋁為最佳，粘土、矽藻土最差。處理後 9 天仍以矽酸鋁之效果為最好，磷酸鈣、矽藻土、藍矽膠次之，粘土最差。施用後 16 天者矽藻土、藍矽膠、矽酸鋁均佳，磷酸鈣次之，

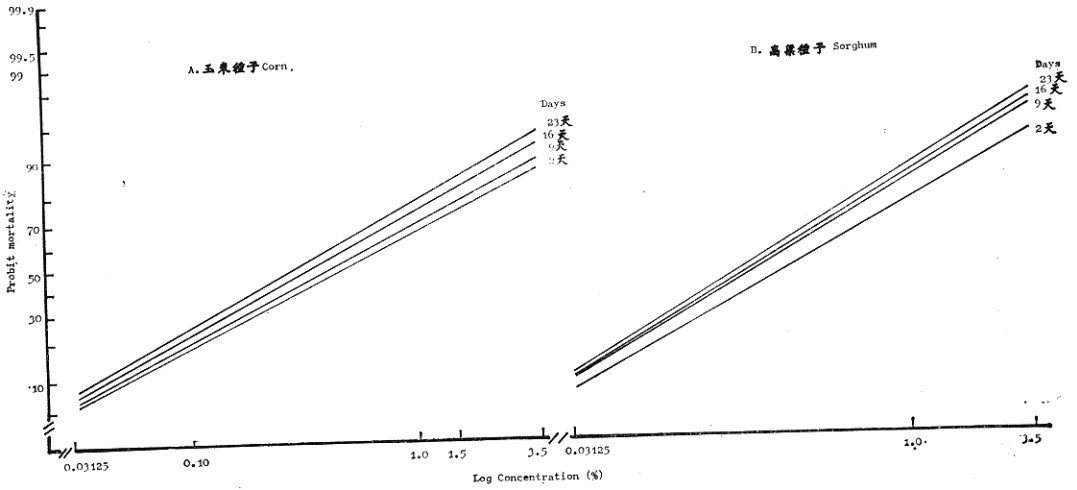


圖 1、玉米象經磷酸鈣處理後之死亡率迴歸線

Fig. 1. Log-dosage probit mortality line of the maize weevil after feeding on corn or sorghum mixed with calcium phosphate.

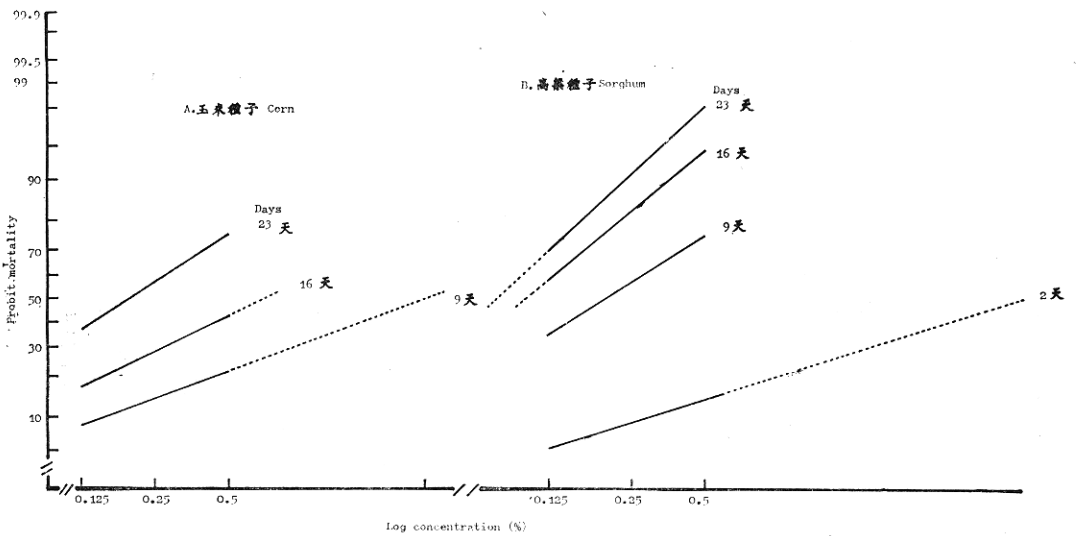


圖 2、玉米象經黏土處理後之死亡率迴歸線

Fig. 2. Log-dosage probit mortality line of the maize weevil after feeding on corn or sorghum mixed with clay.

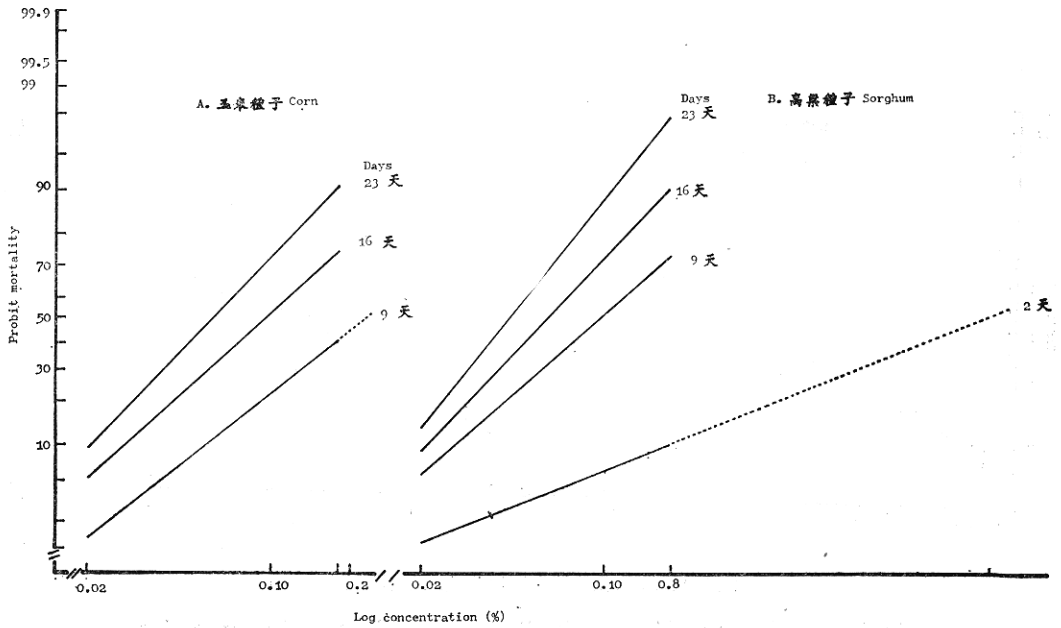


圖 3、玉米象經矽藻土處理後之死亡率迴歸線

Fig. 3. Log-dosage probit mortality line of the maize weevil after feeding on corn or sorghum mixed with diatomaceous earth.

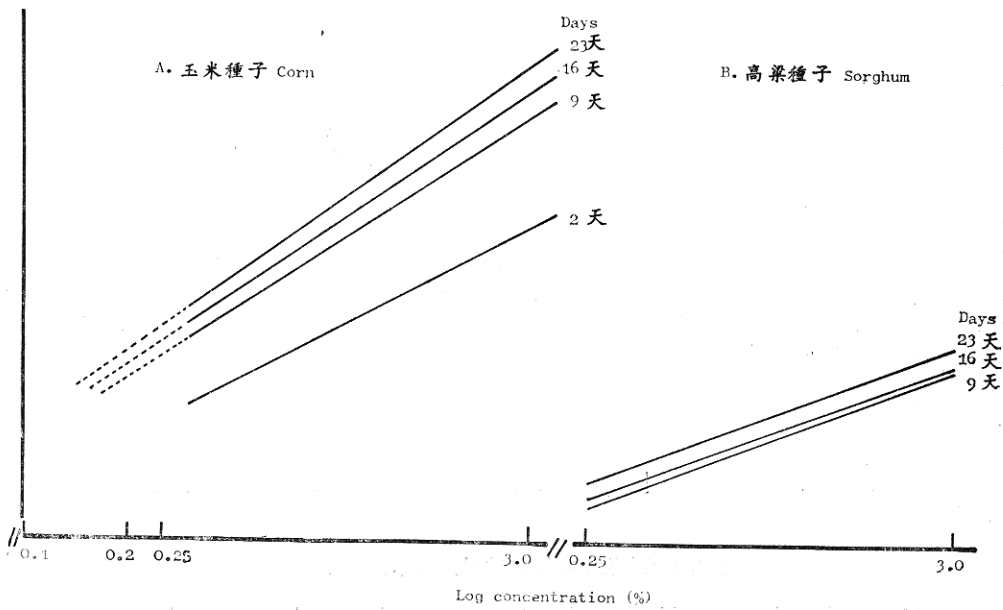


圖 4、玉米象經藍矽膠處理後之死亡率迴歸線

Fig. 4. Log-dosage probit mortality line of the maize weevil after feeding on corn or sorghum mixed with silica blue.

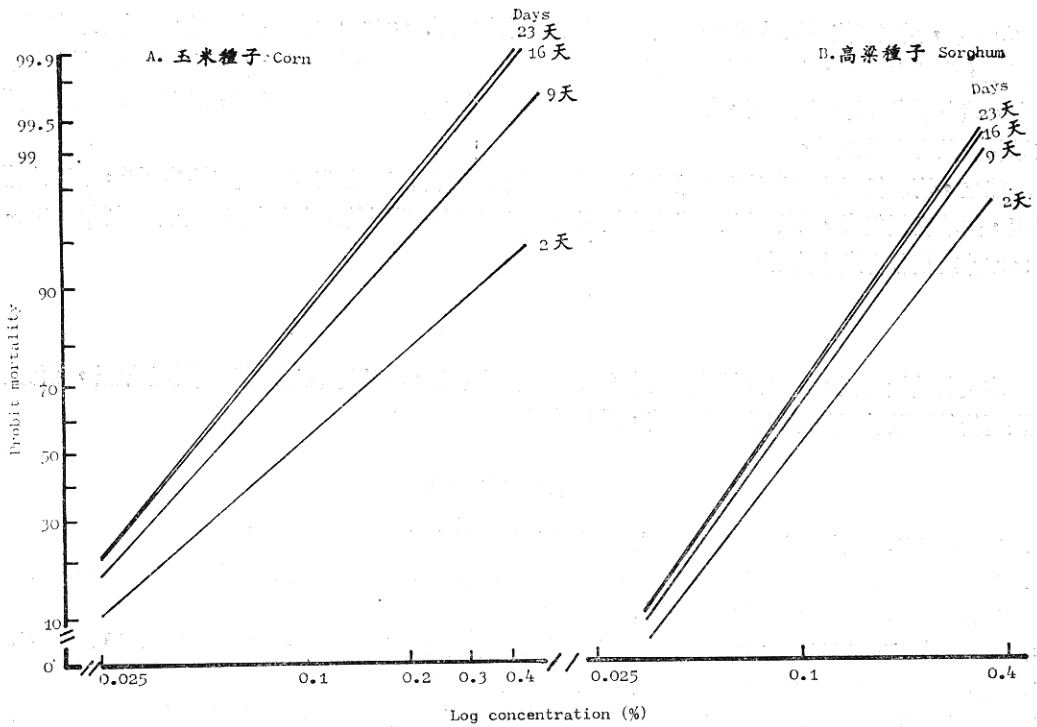


圖 5、玉米象經矽酸鋁處理後之死亡率迴歸線

Fig. 5. Log-dosage probit mortality line of the maize weevil after feeding on corn or sorghum mixed with aluminum silicate.

粘土最差。在處理後23天則以矽藻土、矽酸鋁、藍矽膠為最佳，磷酸鈣次之。若將五種無毒物質混拌玉米與高粱種子之殺蟲效果作一比較時，除藍矽膠一組外，矽酸鋁則不相上下，其餘的處理均顯示無毒物質與高粱種子混拌時，其防治效果較與玉米種子混合時為佳。考其原因可能由於高粱種子之體積遠較玉米種子為小，供試之無毒物質較易均勻分布其上，而具保護效果之故。五種供試之無毒物質中，矽酸鋁之殺蟲效果最佳，其與高粱種子混拌，於接蟲 2, 9, 16及23天後，其 LC_{50} 分別為0.08, 0.06, 0.06 及 0.06%。其與玉米種子混合時，於接蟲 2, 9, 16 及 23天後，其 LC_{50} 分別為0.9, 0.06, 0.05 及 0.04%。此種結果與Khare 和Agrawal⁽¹⁴⁾之試驗結果趨勢相近，其試驗證明，除牛糞灰外，供試之矽酸鋁均較其他無毒物質為優，所有供試濃度 (0.5%, 1.0%, 1.5%) 顯示試驗時間越長死亡率愈高。至於本試驗無毒物質處理過之種子，經發芽率試驗調查之結果顯示，其發芽率並未受影響，其與對照組相比較時，發芽率均在80~90%。

供試無毒物質之性狀及其殺蟲機制不盡相同，磷酸鈣係無定形、無味、無臭粘狀物質，對於許多倉庫害蟲幼蟲具殺傷效果，係使其代謝和變態作用發生錯亂。消化管之變形和退化，萎縮之幼蟲，有節狀凸起之畸形蛹，均為特殊可見之證據^(6,15)。Headlee⁽¹³⁾ 指出膠質粘土 (colloidal clay) 能防大豆害蟲豆象 (*Bruchus obtectus*) 之原因，在於造成種子光滑之表面，使幼蟲滑倒不能緊纏大豆表面，而至使其無法鑽入種子取食產卵。矽藻土可吸着 4 倍重量之水，具有剝蝕和少許吸收作用，此兩種作用，皆能使昆蟲在附着有粉劑之種實上爬行時，遭受乾燥作用 (desiccation)，並使體表與粉膜 (film of dusts) 摩擦產生機械傷害^(11,17)。矽藻土直接施用到 5 種供試蟲隻時，發現谷蠹 (*Rhyzopertha*

dominica), 扁擬谷盜 (*Tribolium confusum*) 及擬谷盜 (*T. castaneum*) 體重減輕, 但米象和穀象則不明顯, 失重之原因, 據調查係由於粉劑在表皮的水障層 (water barrier portion) 之剝蝕作用使然⁽⁷⁾。藍矽膠是良好的吸收劑, 被廣泛地用來除濕和脫水, 通常被用作吸附劑, 對水分、色素及其他化學物質具有吸附作用。

總之, 惰性粉劑使昆蟲致死多係由於物理或機械傷害所引起 (如表皮受害)^(10,12,8,19), 又其價格低廉, 對哺乳類無毒, 亦不致使昆蟲產生抗藥性, 似可發展成爲頗具前途之倉儲種子防護劑 (protectants) 或積谷害蟲防治劑。

誌 謝

本文初稿撰成後, 承臺灣植物保護中心貢主任毅紳博士, 陳秋男博士及饒連財博士斧正, 研究助理洪麗梅繪圖及助理員邱照乾謄寫文稿, 謹此致謝。

引 用 文 獻

1. 古德業 1974. 農藥毒性及昆蟲抗藥性之概念與測定法。臺灣植物保護中心講義資料
2. 林熾, 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。植物保護學會會刊 17:142-149.
3. 陳德能、梁崇仁 1965. 氯化煙及保粒寧殺蟲藥劑防治積谷害蟲比較毒效試驗。中華農學會報新 10:85-95.
4. 臺灣省政府農林廳 1976. 植物保護手冊 (六十五年度) pp. 105-106.
5. 謝豐國、高穗生 1975. 敵西亞 (Detia) 與好達勝 (Phostoxin) 對倉庫害蟲米象及擬穀盜之燻蒸試驗。臺灣農業季刊 11(4):139-46.
6. Bano, A., and S. K. Majumder 1965. Pathological changes induced by tricalcium phosphate in insects. J. Invert. Pathol. 7:384-87.
7. Carlson, S. D., and H. J. Ball 1962. Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. J. Econ. Entomol. 55:964-70.
8. Chiu, S. F. 1939. Toxicity studies of so called "inert" materials with the bean weevil, *Acanthosceles obtectus* (Say) Ibid. 32:240-8.
9. Chiu, S. F. 1939. Toxicity studies of so called "inert" materials with rice weevil and the granary weevil. Ibid. 32:810-21.
10. David, W. A. L., and B. O. C. Gardiner 1950. Factors influencing the action of dust insecticides. Bull. Entomol. Res. 41:1-61.
11. Ebeling W. 1971. Sorptive dusts for pest control. Annu. Rev. Entomol. 16:123-58.
12. Ebeling W., and R. E. Wagner 1959. Rapid desiccation of drywood termites with inert sorptive dusts and other substances. J. Econ. Entomol. 52:190-207.
13. Headlee T. J. 1924. Certain dusts as agents for the protection of stored seeds from insect infestation. J. Econ. Entomol. 17:298-307.
14. Khare, B. P., and R. K. Agrawal. 1972. Effect of non-toxic materials on insect infestation in stored grains. Ind. J. Entomol. 34:169-72.
15. Majumder, S. K., and Bano A. 1964. Toxicity of calcium phosphate to some pests of stored grain. Nature 202:1355-60.
16. Pruthi, H. S., and Singh M. 1950. Pests of stored grains and their control. Ind. J. Agr. Sci., 18:52-88.
17. Watter F. L. 1966. Protection of packed food from insect infestation by the use of silica gel.

J. Econ. Entomol. 59:146-9.

18. Wigglesworth, V. B. 1944. Action of inert dusts on insects. Nature 153:494-5.

19. Wigglesworth, V. B. 1947. The site of action of inert dusts on certain beetles infecting stored products. Proc. Roy. Entomol. Soc. London (A) 22:65-89.

TESTS ON CONTROL OF THE MAIZE WEEVIL, *Sitophilus zeamais* Motschulsky BY NONTOXIC MATERIALS¹⁾

F. K. Hsieh,²⁾ S. S. Kao,²⁾ and W. G. Chen³⁾

Laboratory tests for the control of the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky by mixing non-toxic materials (calcium phosphate, clay, diatomaceous earth, silica blue, and aluminum silicate) with corns or sorghum were conducted. Results showed that all infested weevils died in two weeks after aluminum silicate treatment at all tested concentrations (0.05, 0.1, 0.2, and 0.4%) except 0.025%, indicating its most effective control among 5 materials tested. The aluminum silicate might keep grains dried and interfere with insect's respiration and thereby kill the weevils. Corn or sorghum seed germination was not reduced after treatment.

1) Research paper No. 9 of Entomology Division, Plant Protection Center, Taiwan.

2) Senior. Specialist and research assistant, respectively.

3) Graduate student, Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University