

---

# TOXICITAT D'ALGUNES SÍLICES AMORFES PRECIPITADES PER A *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE)

---

Joan Isart\*  
Ignacio Ribera\*  
José J. Llerena\*

## RESUM

S'ha estudiat l'efecte d'algunes sílices amorfes precipitades, soles o amb atraients (mel) o conservants (àcid propiònic), sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 criat amb arròs blanc espellofat d'ús domèstic. S'han provat dosis de 0,5, 0,74 i 1 kg/t, i s'han comparat amb l'efecte d'un insecticida comercial a base de terra de diatomees i sucre invertit com a atraient. Malgrat que es tracta de proves preliminars, els resultats semblen mostrar que l'efectivitat d'una de les sílices emprades és més gran que la de la terra de diatomees, que a dosis efectives la presència d'atraients no augmenta l'efectivitat del producte (o ho fa en una baixa proporció), i que l'efecte depèn de l'estat i l'edat dels individus adults i de les condicions de cria. Els resultats indueixen a creure que les sílices no actuen tan sols per contacte. No s'hi ha observat un efecte clar sobre el desenvolupament larvari dels insectes.

MOTS CLAU: *Sitophilus zeamais*, sílices amorfes precipitades, toxicitat en insectes, insecticides.

## RESUMEN

Se ha estudiado el efecto de diversas sílices amorfas precipitadas, solas o con atrayentes (miel) o conservantes (ácido propiónico), sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 criado en arroz blanco descascarillado de uso doméstico. Se ha ensayado dosis de 0,5, 0,74 i 1 kg/t, comparándolas con el efecto de un insecticida comercial a base de diatomeas y un azúcar invertido como atrayente. A pesar de tratarse de pruebas preliminares, los resultados parecen mostrar que la efectividad de una de las sílices empleadas es mayor que la de la tierra de diatomeas, que a dosis efectivas la presencia de atrayentes no aumenta la efectividad del producto (o lo hace en una baja

\*Laboratori d'Entomologia i Anàlisi Ambiental, CID (CSIC).

proporció), y que el efecto depende del estado y de la edad de los individuos adultos y de las condiciones de cría. Los resultados inducen a creer que las sílices no actúan sólo por contacto. No se ha observado un efecto claro sobre el desarrollo larvario de los insectos.

PALABRAS CLAVE: *Sitophilus zeamais*, sílices amorfas precipitadas, toxicidad en insectos, insecticidas.

## SUMMARY

We have studied the effect of several precipitated amorphous silicas, alone or with attractants (honey) or preservatives (propionic acid), against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 reared in common white rice for domestic use. Doses of 0,5, 0,74 and 1 kg/t, have been tested, comparing them with a commercial insecticide made of diatomaceous earth and an invert sugar (an attractant). Although being a preliminary assay, it seems that one of the silicas tested has a greater effectivity of the silica in the highest dose tested, and the insecticidal effect depends on the general state, the age of the adults and the conditions in which they have been reared. Results also seem to indicate that the action mechanism of the silicas is not exclusively contact. No clear effect has been detected on the larval development of the insects.

KEY WORDS: *Sitophilus zeamais*, precipitated amorphous silicas, toxicity to insects, insecticide.

## 1. INTRODUCCIÓ

L'efecte insecticida d'algunes terres o pols inorgàniques es coneix des de fa temps (vegeu Ebeling, 1971, per a una revisió de la qüestió), però en els darrers anys l'interès per aquest tipus d'insecticides, barat, no contaminant i innocu s'ha incrementat en gran mesura. Un bon exemple és el gran nombre de publicacions sobre la matèria que tracten de diferents tipus de sílices contra les principals plagues en diversos substrats. Per exemple, la terra de diatomees en gra (Strong & Sbur, 1963); gel de sílice contra *Tribolium* (Vrba *et al.*, 1983), o pols de sílice amorfa contra *Sitophilus* (Gowers i Le Patourel, 1984). D'altres treballs fan referència a la barreja d'insecticides químics i sílices, amb el propòsit de disminuir la dosi de substàncies tòxiques sense perdre eficàcia (Smith i Haliday, 1977; Le Patourel i Singh, 1984).

En diverses ocasions s'ha observat que alguns productes conservants

amb sílices amorfes precipitades semblaven tenir un efecte insecticida contra algunes de les plagues més comunes del gra emmagatzemat (J. C. Cavero, comunicació personal). En concret, s'ha estudiat aquest efecte en un magatzem d'ordi infestat amb *Sitophilus granarius* (L.), un curculionid que és una de les principals plagues del gra emmagatzemat a tot el món.

Per a determinar amb més precisió aquest efecte insecticida s'han iniciat un sèrie d'assaigs preliminars per comprovar diferents combinacions de sílices amorfes precipitades amb d'altres productes (conservants i atraients), en diferents dosis. A Isart *et al.* (1987) es publiquen alguns dels primers resultats obtinguts.

## **2. MATERIAL I MÈTODES**

Els assaigs s'han realitzat en *Sitophilus zeamais* criat en arròs blanc espelloat d'ús domèstic, a les fosques i en una cambra climatitzada a temperatura i humitat relativa controlades (variables segons el tipus d'assaig). Els insectes es crien en flascons de vidre d' 1/3 de litre amb 60 gr d'arròs prèviament esterilitzat a 60-65°C durant dues hores. S'han fet cinc rèpliques de cada tractament.

### **2.1. Estudis realitzats**

#### **2.1.1. Efecte sobre els adults fundadors.**

Es col·loquen vint adults d'edat coneguda en els flascons amb diferents tractaments, se'n controla la supervivència, com a mínim, una vegada a la setmana (a més d'altres observacions intermèdies), i se'ls deixa ovopositar en l'arròs. Tots els adults són retirats sempre abans de l'aparició del primer individu de la primera generació.

#### **2.1.2. Efecte sobre la primera generació.**

Una vegada retirats els adults fundadors es revisen els flascons, com a mínim, dues vegades a la setmana (per evitar que els adults acabats d'emergir s'apariïn i ovopositin en el mateix arròs) i es retiren els adults de la primera generació que van apareixent, els quals es col·loquen en d'altres flascons iguals (amb la mateixa quantitat d'arròs i el mateix tractament). Es continuen revisant fins que no apareixen més adults als pots de control. Els pots amb adults de la primera generació també s'observen periòdicament per determinar-ne la supervivència.



### **2.1.3. Efecte sobre el desenvolupament de la primera generació.**

Una vegada deixen d'emergir adults s'observa una mostra de l'arròs segons el mètode descrit per Bishara (1969): s'estova una nit en alcohol de 50°, es tenyeix amb fucsina bàsica al 2 % i s'observen sota la lupa binocular les postes, les larves o les pupes mortes.

## **2.2. Tractaments emprats:**

### **2.2.1. Sílices**

S'han emprat tres tipus de sílices, sílice S (SLS), sílice T (SLT) i sílice C (SLC).

Per a les característiques de les tres, vegeu la taula 1 i la fig. 1.

### **2.2.2. Sílices amb conservants**

ESLT: Evacide®. Àcid propiònic sobre una base de SLT del 37 % en pes.

### **2.2.3. Sílices amb atraients**

HC2: SLC amb un 20 % de mel.

HT4: SLT amb un 40 % de mel.

HT1: SLT amb un 10 % de mel.

### **2.2.4. Controls**

CON: Control; sense cap tractament.

INS: Es tracta d'un producte comercialitzat als EUA, amb la marca Insecto®, compost per terra de diatomees amb una granulometria de mode entre 5 i 10 micres (veg. la fig. 1) i un sucre invertit com a atraient (Carle, 1981). Com que es tractava d'un control, s'ha emprat sempre en la dosi recomanada d' 1kg/t (Carle, 1981). No tindria sentit comparar l'eficàcia de diferents dosis de sílices amb la d'un insecticida comercial a dosis menors de les recomanades. El que es pretén comparar és l'efecte insecticida, no l'efecte a igualtat de determinades dosis.

STV: Inanició; es col·loquen els adults als flascons sense arròs ni tractaments.

## 2.3. Assaigs:

Fins al moment, s'han realitzat tres assaigs:

### 2.3.1. Assaig A.

S'utilitzaren quatre tractaments en les dosis següents: ESLT (2 kg producte/t de gra), SLT (0,74 kg/t), SLS (0,74 kg/t) i HC2 (0,9 kg/t), més els controls CON, INS i STV (aquest darrer amb només tres rèpliques).

La dosi d'ESLT és la recomanada per al seu ús com a conservant. Les dosis de SLT i SLS equivalen al contingut total en sílice de la dosi emprada d'ESLT.

S'utilitzaren adults d'una població mixta, molt madura, amb superposició de generacions. Els adults fundadors foren retirats al cap de set dies de permanència en l'arròs i es van col·locar en flascons amb arròs no tractat (CON) per observar llur posterior supervivència. Es van observar mostres aleatòries de 500 grans d'arròs d'una de les rèpliques de cada tractament i dels controls. Tot l'assaig es realitzà a les fosques, a 20-25° C i amb una humitat relativa del 60-70 %.

### 2.3.2. Assaig B.

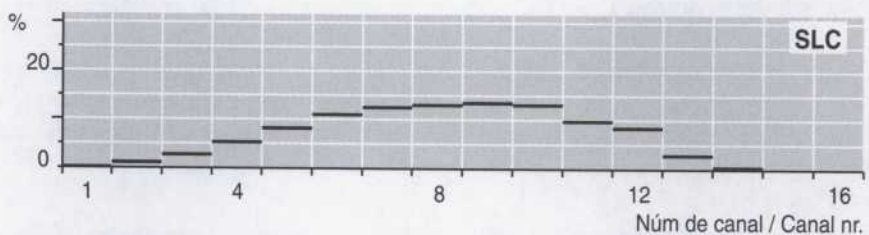
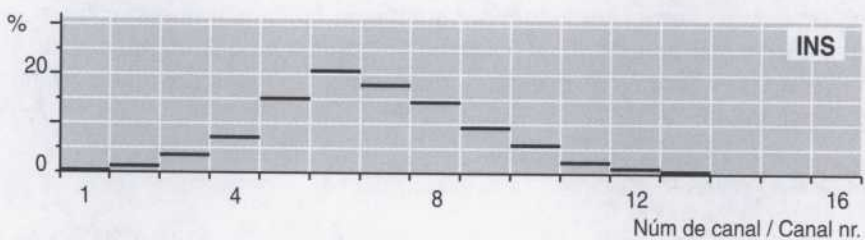
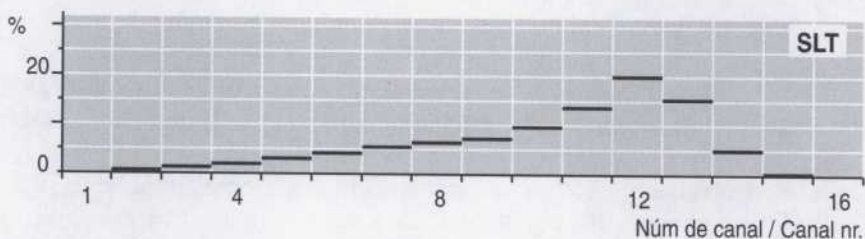
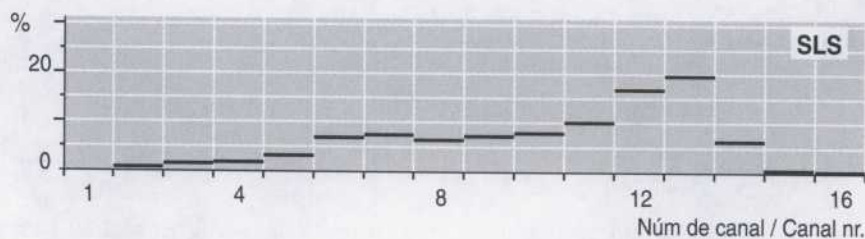
S'utilitzaren tres tractaments: SLT, HT4 i HT1 en dosis de 0,5 kg/t de gra, més els controls INS i CON.

Es varen fer sis rèpliques, en tres es va deixar que els adults fundadors ovopositessin durant set dies, i a les altres tres, durant tres setmanes. Es van utilitzar adults joves, d'entre quinze i trenta dies. Es van mantenir durant tot l'assaig a les fosques, a 20-25° C i amb una humitat relativa del 60-70 %.

		SLS	SLT	SLC
Àrea superficial específica (mètode BET)				
<i>Specific surface area (BET method)</i>	m <sup>2</sup> /gr	190	250	200
Densitat (compactada)				
<i>Bulk density (compacted)</i>	gr/L	220	190	200
Pèrdua de pes sec (2 h a 105° C)				
<i>Dry loss (2 h at 105° C)</i>	%	6	<7	7
SiO <sub>2</sub> (2 h a 1000° C)				
	%	98	99	98
Granulometria (mode)				
<i>Granulometry (most frequent interval)</i>	µm	25 - 30	20 - 25	5 - 15

**TAULA 1:** Característiques de les sílices.

**TABLE 1:** Characteristics of the Silicas.



CANAL	NÚM.	RANGO $\mu$ m
1:	1,59 -	2,00
2:	2,00 -	2,52
3:	2,52 -	3,17
4:	3,17 -	4,00
5:	4,00 -	5,04
6:	5,04 -	6,35
7:	6,35 -	8,00
8:	8,00 -	10,01

CANAL	NÚM.	RANGO $\mu$ m
9:	10,01 -	12,70
10:	12,70 -	16,00
11:	16,00 -	20,20
12:	20,20 -	25,40
13:	25,40 -	32,00
14:	32,00 -	40,30
15:	40,30 -	50,80
16:	50,80	

**FIG. 1.** Granulometries de les sílices.

**FIG. 1.** Granulometrie of the Silicas.



### 2.3.3. Assaig C.

S'utilitzaren dos tractaments: SLT i HT1, en dosis d'1 kg/t, més els controls CON, INS i STV. Es van igualar les dosis emprades d'acord amb els resultats de l'assaig B.

Es va deixar ovopositar els adults durant cinquanta-sis dies (després dels quals havien mort pràcticament tots els individus dels pots tractats). S'utilitzaren adults joves, d'entre quinze i trenta dies. Es van mantenir a les fosques a una temperatura entre 15-20° C i amb una humitat relativa del 65-75 %. S'observaren mostres aleatòries de 200 grans (aproximadament, una dotzena part de l'arròs) de cada una de les cinc rèpliques de cada tractament (inclouent-hi CON i INS), i es va examinar superficialment tot l'arròs d'una de les rèpliques de cada tractament.

Com es pot apreciar, als tres assaigs s'ha emprat una gran varietat de tractaments en diferents dosis i amb diferents condicions de cria. Això fa que els resultats siguin en ocasions difícils de comparar, però s'ha de tenir en compte que, com que es tracta d'assaigs preliminars, l'interès fonamental consisteix a conèixer d'una manera àmplia l'espectre de possibilitats dels productes, encara que se sacrifiqui de vegades el coneixement detallat de la resposta a factors més concrets, que sempre es pot determinar en assaigs posteriors.

Per a més dades sobre la biologia o la morfologia de *Sitophilus zeamais*, vegeu Gelosi (1982), Carvalho (1979) i Lapesme (1944). Per a l'anàlisi estadístic dels resultats s'han utilitzat els mètodes descrits per Cuadras (1984) i Cuadras *et al.* (1985).

Les granulometries de les sílices s'ha realitzat amb un comptador de partícules Coulter Counter, model Tall.

## 3. RESULTATS I DISCUSSIÓ

### 3.1. Assaig A

#### 3.1.1. Adults fundadors.

A la taula 2 es dona el nombre d'adults vius al cap de set dies.

Comparant els tractaments individualment dos a dos (taula 3) es comprova que tots són efectius respecte a CON, amb una confiança del 95 %. Entre els tractaments es poden establir dos grups: ESLT i SLT: presenten una efectivitat al cap de set dies al voltant del 100 %.

Tractament / Treatment	S È R I E				
	S1	S2	S3	S4	S5
SLT	2	0	0	0	0
SLS	3	6	3	4	0
HC2	5	6	2	0	6
ESLT	0	0	0	0	7
CON	16	16	18	16	19
INS	1	15	3	3	6

**TAULA 2.** Assaig A: Nombre d'Adults supervivents després de set dies.

**TABLE 2.** Essay A: Number of survival adults after seven days.

SLT	0					
SLS	1,458	0				
HC2	1,771	0,312	0			
ESLT	0,521	-0,937	-1,250	0		
INS	2,708	1,250	0,937	2,187	0	
CON	8,646	7,187	6,875	8,125	5,937	0
Tractament / Treatment	SLT	SLS	HC2	ESLT	INS	CON

$t_{95} 95\%: 2,086$      $t_{90} 90\%: 1,725$

**TAULA 3.** Assaig A: Valors de la t-Student per a les comparacions dos a dos entre mètodes. (Les dades majors –en valor absolut– que els valors de la  $t_{20}$  són significatius en el nivell de confiança corresponent.)

**TABLE 3.** Essay A: t-Student values for the comparison between treatments. (The numbers higher –in absolute value– than the  $t_{20}$  are significant at the respective confidence level.)

SLS, HC2 i INS: presenten una efectivitat al cap de set dies al voltant del 80 %.

La menor grandària de la SLC i de INS i la major grandària de la SLS poden ésser la causa d'aquesta diferència. Atès que l'efecte per contacte és més gran com més gran és la capacitat abrasiva o absorbiva del producte –més superfície activa o més capacitat d'abrasió (Ebeling, 1971)–, la major efectivitat de la SLT respecte a la SLS o la SLC pot ésser deguda a la seva major àrea superficial específica (veg. la taula 1).

Una altra possibilitat, que ha d'ésser contrastada en posteriors assaigs, és que les sílices actuïn també per ingestió, i la granulometria n'és un factor de discriminació. Tant Vrba *et al.* (1983) com Carlson i Ball (1962), a més d'altres autors, han expressat dubtes quant al fet que l'abrasió o l'absorció de la cera o dels lípids superficials siguin l'única causa de l'acció insecticida. Carle (1981) afirma que la presència d'un atraient determina la ingestió del



producte pels insectes i n'incrementa l'eficàcia.

S'han efectuat observacions intermèdies d'algunes rèpliques per veure l'evolució de l'efecte dels tractaments i s'ha comprovat que al cap de dos o tres dies l'efecte en ESLT i SLT ja és aparent: la major part dels individus estan poc actius, moribunds. Això contribueix, sens dubte, a la manca de postes que s'observa en aquests flascons.

El seguiment dels adults supervivents a l'arròs sense tractar mostra que la mortalitat dels individus que han estat en contacte amb arròs tractat continua essent alta, malgrat que al cap de dos o tres setmanes els valors es normalitzen.

La mortalitat al cap de set dies dels adults en inanició és sempre inferior al 50 %, és a dir, la mort dels insectes en l'arròs tractat no es produeix per manca d'ingestió (bé sigui per repel·lència, desgast mandibular, etc.), sinó per un efecte insecticida actiu. L'ús de la SLT combinada amb àcid propiònic no sembla alterar de cap manera la seva capacitat insecticida, i aquesta és una dada que s'ha de tenir en compte davant el possible ús d'un mateix producte conservant eficaç per a insectes -per a la sílice- i com a antifúngic -per l'àcid propiònic.

### **3.1.2. Primera generació.**

Únicament s'ha produït una nova generació als flascons tractats amb SLS (un o dos individus), en una sèrie de ESLT (tres individus) i en una altra d'INS (quatre individus), a més dels flascons de CON (de tretze a vint-i-cinc individus a cada sèrie).

L'efectivitat dels tractaments emprats en els pocs adults de la primera generació sembla ésser lleugerament menor que en els adults fundadors, malgrat que el reduït nombre d'aquests i la inexistència d'alguns tractaments fan poc fiables aquests resultats.

### **3.1.3. Efecte en el desenvolupament de la primera generació.**

Atesa l'escassetat de postes als flascons tractats, no és possible de determinar l'efecte dels productes emprats en el desenvolupament.

## **3.2. Assaig B**

### **3.2.1. Adults fundadors.**

A la taula 4 es dóna la mortalitat mitjana de les sis sèries al cap de set, catorze i vint-i-un dies, respectivament.

Tractament / Treatment	n = 6	n = 3	n = 3
	7 dies / days	14 dies / days	21 dies / days
SLT	5	12	28
HT4	6	5	37
HT1	11	18	35
CON	2	7	7
INS	33	95	98

**TAULA 4.** Assaig B: Mortalitat mitjana, en %, dels adults fundadors.  
**TABLE 4.** Essay B: Average mortality, in %, of the founding adults.

Malgrat que estadísticament no s'aprecien diferències entre CON i SLT, HT4 i HT1 (comparant els resultats pel mètode de les comparacions múltiples de Scheffe), això pot ésser degut a l'heterogeneïtat entre les sèries (les variàncies són molt altes), o a la diferència clara amb INS, que es va administrar en la dosi habitual d'1 kg/t (a diferència dels altres productes).

L'examen directe de les mitjanes sembla indicar que sí que hi ha algun efecte insecticida però que la dosi és insuficient, la qual cosa és abonada per la gran heterogeneïtat entre les sèries (reflex d'una major influència de factors individuals).

S'ha d'assenyalar aquí la relativa eficàcia dels tractaments amb atraients: si es confirma, aquesta major eficàcia en dosis baixes podria ésser un indicatiu d'una acció insecticida per ingestió, a més de per contacte o per altres causes.

### 3.2.2. Primera generació.

No s'han observat diferències estadístiques entre els tractaments, però sí que se n'han trobat d'individuals, d'acord amb la distinta supervivència dels adults fundadors en els flascons respectius.

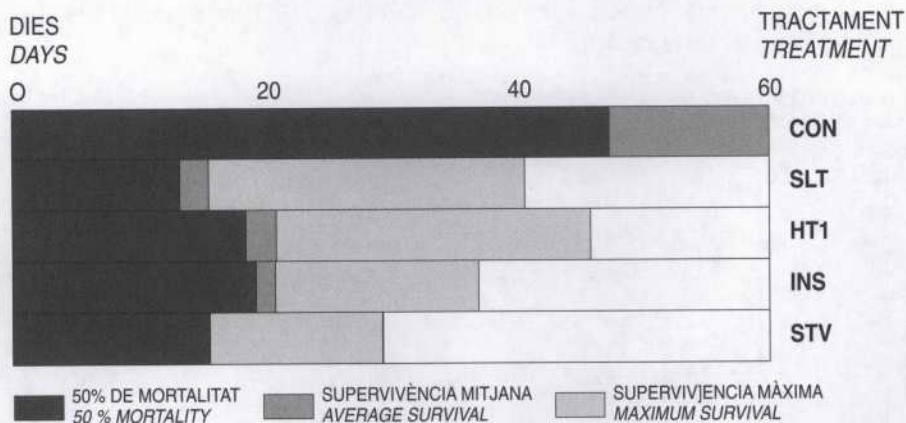
No s'ha estudiat l'efecte sobre el desenvolupament, ja que els resultats d'aquest assaig són poc concludents.

## 3.3. Assaig C

### 3.3.1. Adults fundadors.

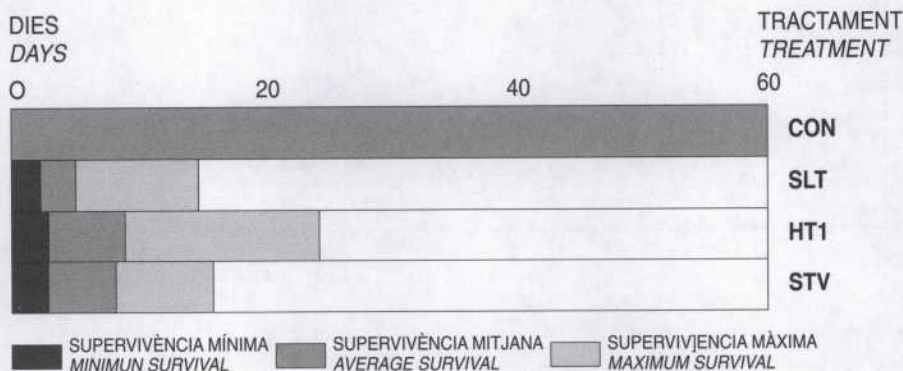
A les figures 2, 4, 5 i 6 es donen alguns resultats referents a la supervivència dels adults fundadors. Hem d'indicar, a més, la presència de nombrosos individus poc actius o moribunds als flascons tractats, que malgrat que es comptabilitzen com a individus vius no tenen gairebé capacitat de reproduir-

se (la qual cosa es confirma si observem el nombre de postes/dia -vegeu la taula 5).



**FIG. 2.** Assaig C: Adults fundadors.

**Fig. 2.** *Essay C: Founding Adults.*



**FIG. 3.** Assaig C: Adults de la primera generació.

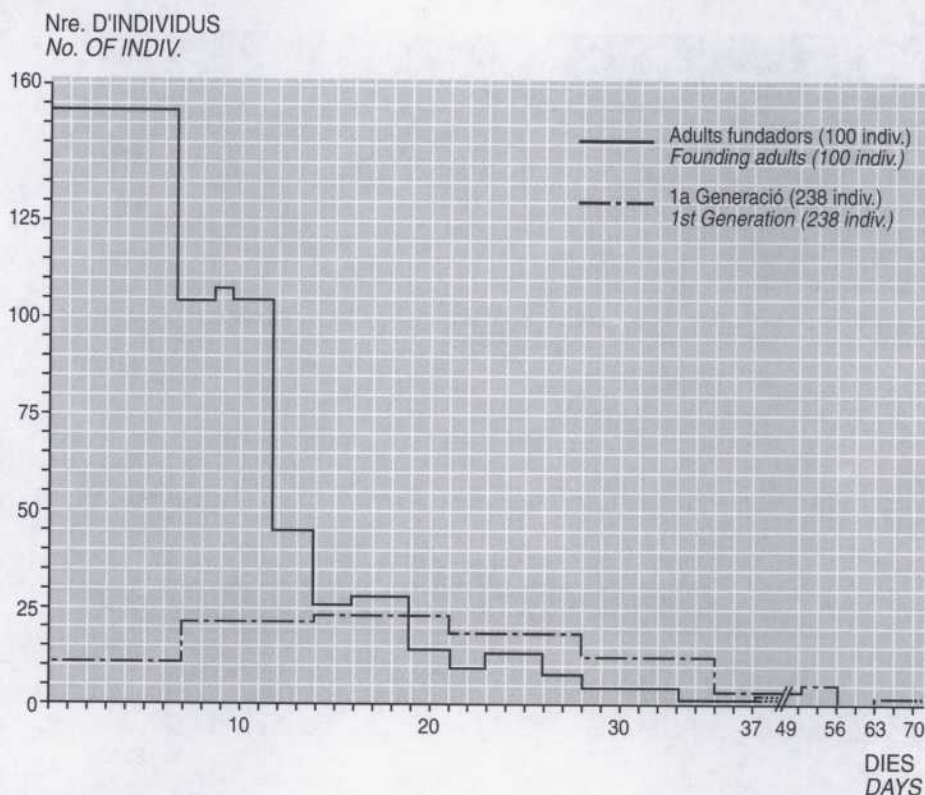
**Fig. 3.** *Essay C: 1st generation adults.*

De l'estudi estadístic setmanal dels resultats pel mètode S es dedueix que al cap de set dies d'iniciat l'assaig, l'únic tractament eficaç és SLT; al cap de catorze dies hi ha dos tractaments significativament diferents de CON: SLT i HT1, i després dels vint-i-un dies tots els tractaments són significativament diferents del control, fins als cinquanta-sis dies, en què les diferències s'anul·len (a causa de la mort dels individus de CON).

El tractament INS no comença a ésser efectiu fins als vint-i-un dies, éssent, al cap de set i catorze dies, significativament menys eficaç que SLT.



L'elevada mortalitat de control reflectida a la fig. 2 pot ésser deguda a dues causes: la superpoblació o l'asfíxia (posteriorment hem comprovat que, amb la metodologia de cria utilitzada, quan el flascó està molt poblat la renovació de l'aire és insuficient).

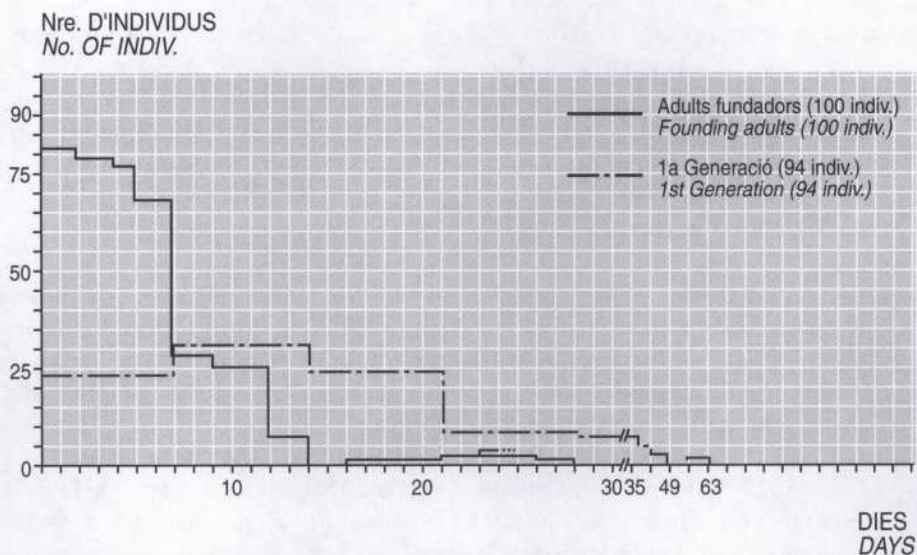


**FIG. 4.** Assaig C: Supervivència dels adults a HT1.

**FIG. 4.** *Essay C: HT1 adults survival.*

Malgrat l'elevada mortalitat de CON, s'hi observa una gran diferència amb qualsevol dels tractaments emprats, tant respecte a la durada mitjana com a la data del 50 % de les morts.

La diferència entre els tractaments no és gaire acusada, si bé s'ha de destacar l'elevada eficàcia de SLT, amb una durada mitjana dels adults igual a la de STV, però amb una mortalitat del 50 % més primerenca, la qual cosa confirma els resultats de l'assaig A. Tant en SLT com en HT1 hi ha una supervivència residual petita, malgrat que són individus que estan visiblement afectats, poc actius o francament moribunds.

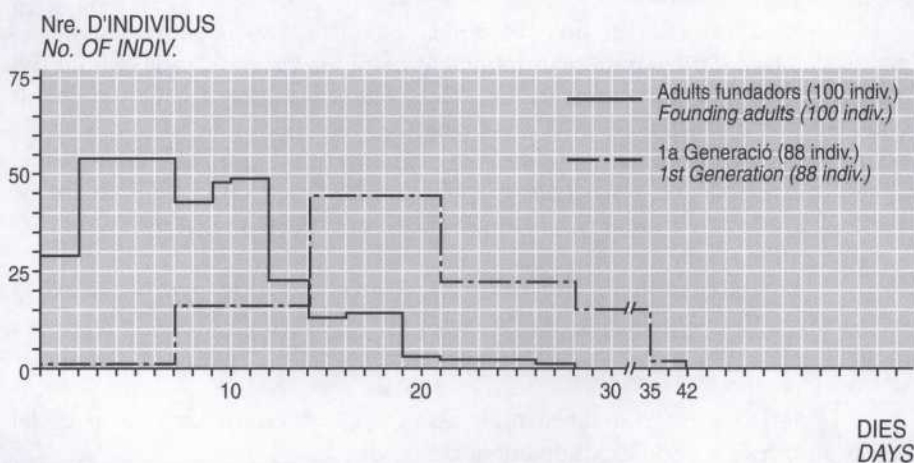


**FIG. 5** Assaig C: Supervivència dels adults a SLT.

**FIG. 5.** *Essay C: SLT adults survival.*

La major supervivència dels individus d'aquest assaig respecte a l'assaig A, malgrat d'ésser la dosi una mica més gran, pot ésser deguda a diferències d'edat entre les poblacions emprades, o de temperatura i humitat relativa de la cria (una mica menor en aquest assaig).

Respecte a l'ús de la mel com a atraient, la seva efectivitat en aquestes dosis és nul·la; l'efectivitat de mescles d'atraient i sílice és sempre menor



**FIG. 6.** Assaig C: Supervivència dels adults a INS.

**FIG. 6.** *Essay C: INS adults survival.*

que dosis de sílice sola iguals en pes a la suma de les dues. Aquesta diferència amb l'assaig B podria ésser deguda al fet que en dosis altes l'acció de la sílice per altres mecanismes fa supèrflua la presència d'atraients (malgrat que les diferències d'edat dels individus i de les condicions de cria fa que la comparació entre assaigs sigui problemàtica).

### **3.3.2. Primera generació.**

A les figures 3, 4, 5 i 6 es donen alguns resultats referents a la primera generació. Comparant la durada mitjana dels adults fundadors i els de la primera generació, s'observa que els tres tractaments emprats són més eficaços (en la dosi emprada) sobre individus acabats d'emergir, a diferència del que s'observa amb dosis de producte menors.

Aquesta diferència és menys acusada a INS, potser pel fet que la dosi emprada és l'adequada, mentre que és possible que augmentant les dosis de SLT emprades s'obtinguin millors resultats.

S'han seguit observant els flascons de la primera generació per veure si se'n produïa una segona. A més d'observar-se en CON, només s'ha desenvolupat una població estable en una rèplica de HT1; en la resta no ha aparegut cap individu (en SLT), o tan sols un o dos, que no s'han reproduït (en INS i HT1).

### **3.3.3 Efecte en el desenvolupament de la primera generació.**

A la taula 5 es donen algunes variables referents al desenvolupament dels individus de la primera generació.

No s'ha observat una diferència estadística en la mortalitat de les postes, les larves o les pupes. La mortalitat entre les larves és molt alta en tots els casos, i es pot haver produït un efecte emmascarador. És molt probable que l'elevada mortalitat de CON sigui deguda a la superpoblació, ja que gairebé un terç dels grans estan afectats. Això significa que la probabilitat que dues larves coincideixin en un mateix gra és elevada, i que una —o les dues— no assoleixin el seu total desenvolupament (Lepesme, 1944).

Contràriament en els pots tractats el nombre de grans afectats és molt menor, i la mortalitat igualment alta pot ésser deguda a l'efecte insecticida del tractament.

Seria necessari realitzar nous assaigs per a determinar l'efecte de les sílices amorfes en el desenvolupament dels individus.



Tract. / Treat.	Variable / Variable																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1. SLT	13	41	15	155	54	0,37	19	5	47	3	18	12	130	16	46	19	84	100	147	88	
2. HT1	18	45	20	197	108	0,62	48	9	206	8	46	12	158	13	43	7	74	96	142	76	
3. CON	47	55	47	472	530	1,13	122	—	—	30	243	134	662	21	66	27	95	137	176	95	
4. INS	19	36	20	200	66	0,34	18	8	71	11	28	10	110	31	47	14	98	125	161	103	
5. STV	15	29	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
F-Fischer Snedecor entre sèries (95 %) / F-Fischer Snedecor between series (95 %)																					
— —																					
F—Fischer Snedecor entre tractaments (95 %) / F. Fischer Snedecor between treatments (95 %)																					
+ +																					
Comparacions múltiples: mètode S (95 %) / Multiple comparisons: S-method (95 %)																					
1/3	+	—	+	+	+	+	+				+	+	+	+				—	+	—	—
2/3	+	—	+	+	+	+	—				+	+	+	+				+	+	+	+
4/3	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+				—	—	—	—
1/2	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—					—	—	—	—
1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—	+	—	—
2/4	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—					+	+	—	+

VARIABLES	VARIABLES	VARIABLES	VARIABLES
Adults fundadors	Founding adults:	Adults fundadors	Founding adults:
50 % de mortalitat	1 50 % mortality	Nombre total de pupes mortes	10 Total no. dead pupae
Supervivència màxima	2 Maximun survival	Nombre total de larves mortes	11 Total no. dead larvae
Supervivència mitjana	3 Average survival	Nombre total d'ous morts	12 Total no. dead eggs
Dies amb oportunitat de posta	4 Days with chance of egg-laying	Nombre total de grans afectats	13 Total no. affected grains
Nombre total d'ous	5 Total No. eggs	% mortalitat de pupes	14 % mortality: pupae
Nombre total ous/dia	6 No. eggs/day	% mortalitat de larves	15 % mortality: larvae
Adults primera generació	First generation: adults	% mortalitat d'ous	16 % mortality: eggs
Nombre total d'adults emergits	7 Total No. emerged adults	Dies de la primera emergència	17 Days of the first emergence
Supervivència mitjana	8 Average survival	Dies del 50 % d'emergència	18 Days 50 % emergences
Dies amb oportunitat de posta	9 Days with chance of egg-laying	Dies de l'última emergència	19 Days last emergence
Desenvolupament primera generació	First generation: development	Duració mitjana del desenvolupament	20 Average development duration

**TAULA 5.** Algunes variables de l'assaig C amb llur significació estadística.  
**TABLE 5.** Some variables of the Essay C with their statistical significance.

#### 4. CONCLUSIÓ

Malgrat que es tracta d'assaigs preliminars, amb resultats ambigus en alguns aspectes, es pot afirmar que les sílices amorfes precipitades, en especial la SLT, tenen un alt potencial com a possibles insecticides no contaminants per al seu ús en grans emmagatzemats contra algunes de les plagues

més importants, com ho són els curculiònids del gènere *Sitophilus*, particularment en la fase d'adult. No s'ha observat un efecte molt clar sobre el desenvolupament larvari.

## AGRAÏMENTS

Agraïm a Anagalide, SA el subministrament dels productes utilitzats i el finançament dels assaigs, complementada amb la del Ministeri d'Indústria i Energia (Direcció General d'Innovació Industrial i Tecnològica). Igualment volem agrair al Laboratori de Tècniques Físiques d'Anàlisi (CSIC, CIRIT, IEC) l'ajut prestat en la realització de les anàlisis físiques de les sílices. També a M. Aux. Valle i Jordi Ferré per llur inestimable ajut en el desenvolupament dels assaigs.

## BIBLIOGRAFIA

- BERATLIEF, C. «Protection of stored grains with dusts.» *Probleme Agric.*, 1986, 18: 65-70.
- BISHARA, S. I. «Factors involved in recognition of the ovoposition sites of three species of *Sitophilus* (Coleoptera: curculionidae).» *Bull. Soc. Ent. d'Egipe*, 1969, 51: 71-94.
- CARLE, A. «Insecticidal Natural Bait Composition and Method of Using Same.» *United States Patent*, 21 juliol, 1981, núm. 4279895.
- CARLSON, S. D.; BALL, H. J. «Mode of action and insecticidal values of diatomaceous earth as a grain protectant.» *J. Econ. Entomol.*, 1962, 55: 964-970.
- CARVALHO, E. L. *Guia práctico para a indentificação de alguns insectos de armazens e produtos armazenados*. Lisboa: Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1979, 192 p.
- CUADRAS, C. M. *Problemas de Probabilidades y Estadística*. Vol. 2: *Inferencia Estadística*. Barcelona: Promociones Publicaciones Universitarias, 1984.
- CUADRAS, C. M.; OCAÑA, J.; USÓN, M. T.; RUIZ-RIVAS, C. *Curso de Análisis de la Varianza*. Barcelona: Publicaciones de Bioestadística y Biomatemática (UB), 1985, 161 p.
- EBELING, W. «Sorptive dusts for pest control.» *Ann. Rev. Ent.*, 1971, 16: 123-158.
- GELOSI, A. «Punterolo del riso (*Sitophilus oryzae* L.)». *Informatore Fitopatologico*, 1982, 32: 31-34.
- GOWERS, S. L.; LE PATOUREL, G. N. J. «Toxicity of deposits of an amorphous silica dust on different surfaces and their pick-up by *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae).» *J. stored Prod. Res.*, 1984, 20(1): 25-29.
- ISART, J.; RIBERA, I.; VALLE, M. A. N.; CHECA, J. I. «Posible efecto insecticida del producto conservador «Evacide». *EFCE Publication Series*, 1987, 68(1): 425-431.
- LE PATOUREL, G. N. J.; SINGH, J. «Toxicity of amorphous silicas and silica-pyrethroid mixtures to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae).» *J. stored Prod. Res.*, 1984, 20(4): 183-190.
- LEPESME, P. *Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés*. París: Paul Lechevalier, 1944, 335 p.
- SMITH, B. C.; HALIDAY, C. G. «Reduction in damage to potatoes by *Leptinotarsa decemlineata* (Col.: Chrysomelidae) by mixtures of insecticides and Silica.» *Can. Entomol.*, 1977, 109(1): 59-66.
- STRONG, R. G.; SBUR, D. E. «Protection of wheat seed with diatomaceous earth.» *J. econ. Ent.*, 1963, 56: 372-374.
- VRBA, C. H.; ARAI, H. P.; NOSAL, M. «The effect of Silica Aerogel on the mortality of *Tribolium Confusum* (Duv.) as a function of exposure time and food deprivation.» *Can J. Zool.*, 1983, 61(7): 1481-1486.