

## SUZBIJANJE ŠTETNIH INSEKATA USKLADIŠTENIH POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA UGLJIK DIOKSIDOM\*

### CONTROL OF STORED PRODUCT INSECTS WITH CARBON DIOXIDE\*

D. Hamel

#### UVOD

Iako su postojala istraživanja o upotrebi ugljik dioksida za suzbijanje skladišnih insekata i prije kraja šezdesetih godina pravu revoluciju na tom području predstavljao rad Jaya (1971.). To je bio znak mnogim istraživačima u svijetu za pronalaženje najboljih doza i načina primjene. Osim što se obavljaju mnoga laboratorijska istraživanja ugljik dioksid se sve više u prirodnim uvjetima počinje uz pokuse i komercijalno primjenjivati u silosima i skladištima. Svakako najviše se radi u Australiji i SAD, a sve više se uključuju, Izrael, SSSR, Francuska, Velika Britanija, Kanada, Kina i dr.

O brojnosti istraživanja najbolje govori u svom radu Annis (1986) koji iznosi 38 navoda literature o primjeni CO<sub>2</sub> na različite razvojne stadije 18 vrsta insekata u različitim uvjetima. Naravno da to nisu sva istraživanja, ali govore o velikom interesu kao i perspektivi u primjeni CO<sub>2</sub>.

Premda se u mnogim istraživanjima pokazala dovoljno efikasna koncentracija 60% CO<sub>2</sub> uz izloženost od 4 dana pri temperaturama iznad 20° C što je još predlagao Jay 1971., ipak valja pažljivo razmotriti i dobro poznavati i vrstu insekata i razvojni stadij, starost i kondiciju insekta, adsorpciju i vlagu žita (Jay, 1984), gubitak plina, hermetizaciju i koji se mortalitet zahtijeva (Annis, 1987), za postizanje što veće efikasnosti. Među značajnije faktore koji pridonose uspjehu fumigacije ubrajaju se temperatura, vlaga i vrsta insekta.

Prema navodima Davisa i Jaya (1983.) istraživanja u laboratoriju su pokazala bolje rezultate, ako je vlaga bila manja. Navarro i Calderon (1974.) u istraživanjima s *Ephestia cautella* Walk utvrdili su pri relativnoj vlazi zraka 95% i nižim koncentracijama CO<sub>2</sub> sporije djelovanje.

---

Ovaj rad dio je projekta "Ugljik dioksid u zaštiti žita i sjemena u skladištu" kojeg su financirali Yu-USA Joint fund for scientific and technological cooperation  
Studies made under the project „Some new methods of control of stored product insects” financed by YU - USA Joint fund for scientific and technological cooperation

Istraživanja su pokazala znatan utjecaj temperature kod suzbijanja skladišnih štetnika primjenom kontrolirane atmosfere. Naime, pri višim temperaturama djelovanje CO<sub>2</sub> je znatno brže nego pri nižim (Jay, 1986.). Davis i Jay (1983.) navode da prilikom primjene CO<sub>2</sub> temperatura mora biti 21°C, jer se pri 5,5°C potpun uspjeh postiže tek nakon 2 do 3 tjedna, dok se pri višim temperaturama to postiže i za vrijeme od 7 dana.

Annis (1987.) ističe znatne razlike u tzv. CT produktu (koncentracija x vrijeme) ovisno o vrsti insekta što se suzbija. *Trogoderma granarium* Everts je najtolerantnija vrsta i za potpunu efikasnost potrebna je 100% koncentracija CO<sub>2</sub>. Isto tako su tolerantnije i *Sitophilus* vrste. Na kraju zaključuje da bi uobičajena doza CO<sub>2</sub> mogla biti ista kao ona za kukuljice *S. oryzae* i imaga i ličinke *T. castaneum* (60-80%) dok bi se za *T. granarium* morale primjenjivati maksimalne doze i koncentracije.

Istraživanja efikasnosti CO<sub>2</sub> na štetnike uskladištenih poljoprivrednih proizvoda prva takve vrste obavljena su u Jugoslaviji u laboratoriju Instituta za zaštitu bilja u Zagrebu.

#### MATERIJAL I METODA RADA

U pokusima su upotrebljene ove vrste insekata: *Sitophilus granarius* (L), *S. oryzae* (L), *Rhizopertha dominica* F, *Tribolium castaneum* Hbst i *Acanthoscelides obtectus* Say. Zbog utvrđivanja djelovanja CO<sub>2</sub> na pojedine razvojne stadije insekata svaki tjedan kroz 8 (prvi pokus), odnosno 6 (drugi pokus) tjedana postavljeno je 10 kornjaša na 100 g hrane u staklenke. Svaka vrsta bila je na onoj vrsti hrane na kojoj je uzgajana. Svi insekti uklanjani su redovito iz staklenki nakon tjedan dana. Na taj način dobiveni su različiti razvojni stadiji insekata (od jaja do odraslih starih nekoliko tjedana, slično kao kod Reichmutha 1987.). Kad je prošlo 56 dana (prvi pokus) ili 42 dana (drugi pokus) insekti u staklenkama stavljeni su u fumigacionu komoru gdje su bili izloženi određenoj koncentraciji tijekom određenog vremena.

Uvjeti u kojima su obavljani pokusi bili su: Prvi pokus - 60% CO<sub>2</sub> 1. dan, 55% CO<sub>2</sub> 7. dan (A), 50% CO<sub>2</sub> 10. dan (B), t 22 ± 2°C, relativna vlaga 60-5%; drugi pokus - 70% CO<sub>2</sub> 1. dan, 64% 10. dan, t 22 ± 2°C, relativna vlaga 60 ± 5%. U prvom pokusu dio staklenki s insektima izvadjen je nakon sedmodnevne ekspozicije (A), a dio nakon desetodnevne ekspozicije (B).

Pokusi su obavljani u DEGESCH fumigacionoj komori zapremine 0,5 m<sup>3</sup>. Koncentracija CO<sub>2</sub> mjerena je GOWMAC analizatorom model 20- 600. Pokusi su postavljeni u 3 ponavljanja. Nakon vađenja iz fumigacione komore staklenke su vraćene u uzgojnu komoru, gdje su bile i prije tretiranja pri temperaturi 27 ± 1°C i vlazi zraka 60 ± 5%.

Očitavanje efikasnosti prve kombinacije uslijedilo je 7 (prvi pokus (A) ili 4 dana (drugi i prvi pokus (B)) nakon vađenja iz fumigacione komore u kojoj je bio CO<sub>2</sub>. Zatim je nastavljeno brojanjem druge kombinacije drugi tjedan te tjedno sve do završetka pokusa osmog (prvi pokus) ili šestog tjedna (drugi pokus).



Tablica 1 Broj insekata na pšenici tretiranoj sa 60% CO<sub>2</sub> (1x) nakon izloženosti od 7 (A) ili 10 (B) dana (prosjek 3 ponavljanja)  
 Table 1 Number of insects on wheat treated with 60% CO<sub>2</sub> after the exposition of 7 (A) or 10 (B) days (average 3 replats)

BROJ INSEKATA - NUMBER OF INSECTS																				
Kombinacija Combination	A										B									
	S.g.		S.o.		R.d.		T.c.		A.o.		S.g.		S.o.		R.d.		T.c.		A.o.	
	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
I	1	73	0	106	0	90	0	11	11	47	0	56	0	49	0	33	0	37 i 7 1	21	38
II	5	138	0	114	6	60	0	17 i 15 1	0	92	0	81	0	152	0	70	0	43 i 5 1	0	10
III	5	33	1	95	2	0	0	53 i 17 1	0	36	0	25	0	75	0	117	0	43	0	43
IV	11	9	2	47	2	5	0	14 i 25 1	0	3	0	8	0	64	0	6	0	46 i 6 1	0	61
V	7	1	4	2	0	0	0	52 1	0	29	4	2	0	7	0	0	0	20 i 6 1	0	0
VI	2	0	0	0	0	0	0	16 1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	10 1	0	0
VII	0	0	0	0	0	0	0	25 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30 1	0	0
VIII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

LEGENDA

i - imago

l - ličinka, larvae

Ž - živi - A - alive

M - mrtvi - D - dead

S.g. - Sitophilus granarius

S. o. - Sitophilus oryzae

R.d. - Rhizopertha dominica

T.c. - Tribolium castaneum

A.o. - Acanthoscelides obtectus

Tablica 2. Broj živih insekata na kontroli uz pokus sa 60% CO<sub>2</sub> (lx) i izloženost od 7 (A) i 10 (B) dana (prosjek 3 ponavljanja)

Table 2. Number of alive insects on nontreated commodity (exposition of 7 (A) and 10 (B) days, 60% CO<sub>2</sub> - average 3 repeats

Broj insekata - Number of insects										
Kombinacija Combination	A					B				
	S.g.	S.o.	R.d.	T.c.	A.o.	S.g.	S.o.	R.d.	T.c.	A.o.
I	81	177	78	6 i 4 l	23	48	158	57	51	51
II	49	238	162	16 i 8 l	100	54	222	58	37 i 3 l	157
III	110	162	66	23 i 8 l	84	64	340	114	18 i 6 l	106
IV	72	61	59	9 i 11 l	142	49	112	124	29 i 11 l	134
V	26	115	84	30 i 15 l	78	58	83	108	27	82
VI	58	63	50	20 i 8 l	59	59	48	82	23	58
VII	23	47	61	12 i 4 l	94	12	23	34	14 i 5 l	76
VIII	34	52	59	27 i 6 l	33	27	67	135	81 i 7 l	29

LEGENDA:

i - imago

l - ličinka - larvae

S.g. - *Sitophilus granarius*

S.o. - *Sitophilus oryzae*

R.d. - *Rhizopertha dominica*

T.c. - *Tribolium castaneum*

A.o. - *Acanthoscelides obtectus*

Table 3 Broj insekata na pšenici tretiranoj sa 70% CO<sub>2</sub> (2x) uz ekspoziciju od 10 dana i na netretiranoj pšenici (prosjek 3 ponavljanja)

Table 3 Number of insects in wheat treated with 70% CO<sub>2</sub> by exposition of 10 days and in non treated wheat (average of 3 replicates)

BROJ INSEKATA - NUMBER OF INSECTS													
Kombinacija Combinat ion	TRETIRANO - TREATED								NETRETIRANO - NONTREATED				
	S.g.		S.o.		R.d.		T.c.		S.g.	S.o.	R.d.	T.c.	
	Ž A	M D	Ž A	M D	Ž A	M D	Ž A	M D					
I	0	11	0	11	0	32	0	37	46	38	76	46 i 3 1	
II	0	0	0	1	0	3	0	7 i 33 1	80	103	95	43	
III	0	0	1	0	0	1	0	81	70	60	138	11	
IV	0	1	0	1	0	3	0	11	54	21	122	13	
V	0	1	0	0	0	3	0	0	55	95	95	21 i 33 i	
VI	0	0	0	0	0	2	0	0	35	113	150	107 i 11 i	

i - imago

l - ličinke - larvae

Ž - živi

M - mrtvi

A - alive

D - dead

S.g. - Sitophilus granarius

S.o. - Sitophilus oryzae

R.d. - Rhizopertha dominica

T.c. - Tribolium castaneum

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati pokusa pokazali su slabije djelovanje 60% koncentracije CO<sub>2</sub> na starije, odrasle *A.obtectus* pri ekspoziciji od 7 i 10 dana. Slabije djelovanje očitovao se i na gotovo sve stadije vrste *S.granarius* i mlađe stadije *S.oryzae* i *R.dominica* pri ekspoziciji od 7 dana. Slabije djelovanje primjećeno je na mlađe stadije *S.granarius* pri ekspoziciji od 10 dana, jer su se i ovdje pojavila imaga kao i pri ekspoziciji od 7 dana.

Najbolje djelovanje očitovao se na sve razvojne stadije *T.castaneum* pri obje ekspozicije i na mlađe stadije *A.obtectus*. Isto tako dobro djelovanje bilo je na



S.oryzae i R.dominica pri duljoj ekspoziciji (tab. 1).

Kad je primijenjena 70% koncentracija CO<sub>2</sub> i ekspozicija od 10 dana postignuto je dobro djelovanje na sve razvojne stadije S.oryzae, S.granarius, T.castaneum, R.dominica (tab.3).

Broj uginulih insekata pokazuje koliko je imaga bilo razvijeno i primjenom CO<sub>2</sub> suzbijeno. Logična je veća brojnost starijih insekata (obično kombinacija 1,2, i 3) koji su uginuli izloženi djelovanju CO<sub>2</sub>. Međutim, u drugom pokusu uginula imaga u kombinacijama 4,5 i 6 vjerojatno su zaostale jedinke nakon prosijavanja i uklanjanja odraslih (tab.3).

Usporedjujući broj insekata na kontroli (tab. 2) i tretiranoj pšenici (tab. 1) znatno je veći broj insekata na netretiranoj nego li tamo gdje je CO<sub>2</sub> imao slabije djelovanje. Praćenjem pojave insekata tijekom 6 tjedana nisu utvrđeni insekti na tretiranoj pšenici već samo na netretiranoj gdje ih je bilo mnogo.

#### DISKUSIJA

Primjenom CO<sub>2</sub> u fumigacionoj komori nisu dobiveni uvijek zadovoljavajući rezultati. Neki razvojni stadiji pojedinih vrsta upotrebljenih insekata pokazali su veću otpornost. Stariji imago A.obtectus nije ugibao pri 60% CO<sub>2</sub> ni nakon 10 dana, dok su imaga S.oryzae, S.granarius, R.dominica i T.castaneum uginula. Ekspozicija od 7 dana u datim uvjetima nije dala zadovoljavajući rezultat, jer su kod većine upotrebljenih insekata preživjeli niži razvojni stadiji koji se nalaze unutar zrna. Svakako najbolje djelovanje dobiveno je na T.castaneum koji jedini od upotrebljenih insekata živi i razvija se izvan zrna, što je također moglo pridonijeti boljoj efikasnosti. Ipak valja spomenuti da se na netretiranoj pšenici razvilo znatno više insekata nego li na tretiranoj, gdje je bilo slabije djelovanje CO<sub>2</sub>. Manji broj insekata na tretiranoj može biti posljedica nedovoljne vitalnosti preživjelih jedinki, odnosno preživljavanja nekih jedinki nižih razvojnih stadija, dok su druge uginule zbog djelovanja CO<sub>2</sub>.

Kad je bilo primijenjeno 70% CO<sub>2</sub> uz ekspoziciju od 10 dana dobivena je visoka efikasnost na sve razvojne stadije S.oryzae, S.granarius, R.dominica, T.castaneum. Ovakav rezultat valjalo je i očekivati, jer Jay još 1971. navodi visoku efikasnost pri koncentraciji 60% CO<sub>2</sub>, pri ekspoziciji od 4 dana uz više temperature (25°C) od ovdje održanih.

Uvjeti u kojima su provedena istraživanja bliži su onima u prirodnim uvjetima, gdje su temperature oko 22°C, iako ima i viših. Činjenica da je dobiven dobar rezultat primijenjenom koncentracijom, 70% CO<sub>2</sub> uz ekspoziciju od čak 10 dana značajna je, jer ovakva duga ekspozicija mogla bi u prirodnim uvjetima uzrokovati znatne probleme. Naime, u tim uvjetima teško je održati početne visoke koncentracije, dulje vrijeme, bez gubitaka. To pokazuje da bi u prirodnim uvjetima (silos) valjalo povremeno ili stalno dodavati CO<sub>2</sub> zbog održavanja potrebne koncentracije i postizanja potrebne efikasnosti, odnosno neophodna je dobra zabrtvljenost silosa da bi se smanjio gubitak plina. Isto tako, važno je spomenuti da je u ovim gotovo idealnim

uvjetima, u fumigacionoj komori u laboratoriju, tijekom 10 dana smanjena koncentracija 10%.

Budući da već male promjene temperature i vlage zraka i koncentracije CO<sub>2</sub>, te specifičnost vrsta znatno utječu na uspjeh fumigacije, teško je uspoređivati dobivene rezultate s onima drugih autora.

### ZAKLJUČAK

Primjenom 70% CO<sub>2</sub> uz ekspoziciju od 10 dana uginuli su svi razvojni stadiji *S.oryzae*, *S.granarius*, *R. dominica*, *T. castaneum*. Upotrebom niže koncentracije uz istu ekspoziciju efikasnost je bila 100%, osim kod odraslih *A.obtectus*. Primjena 60% CO<sub>2</sub> uz ekspoziciju od 7 dana nije osigurala zadovoljavajući rezultat.

Istraživanje s najznačajnijim štetnicima žitarica obavljeno u laboratoriju pokazuje mogućnost upotrebe CO<sub>2</sub> za suzbijanje različitih razvojnih stadija *S.oryzae*, *S.granarius*, *R.dominica*, *T.castaneum*. Pri tome koncentraciju valja održavati iznad 60%, tijekom 10 dana, pri temperaturi  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Ove temperature su relativno niske za takvu vrstu fumigacije, ali su bliže pravim uvjetima skladištenja i obavljanja kemijskih mjera zaštite.

Ovi rezultati odgovaraju onima mnogih autora u svijetu (Ali Niazee, 1971., Jay i Pearman 1981., Tunq i Navarro 1983.), te otvaraju put istraživanjima u prirodnim uvjetima silosa i skladišta kod nas.

### SUMMARY

#### Control of stored product insects with carbon dioxide\*

The experiments with CO<sub>2</sub> for the control of stored product pests were the first of such kind made in Yugoslavia. The concentrations of 60% and 70% at the expositions of 7 and 10 days were tested. The most important stored product pests *Sitophilus oryzae* (L), *S.granarius* (L), *Rhizopertha dominica* F., *Acanthoscelides obtesctus* Say and *Tribolium castaneum* Hbst. were used in these studies.

The results obtained have shown that some immature stages of some species are susceptible and some are resistant. Several older adults of *A. obtectus* survived 60% CO<sub>2</sub> for 10 days, whereas other insects died. All immatures of the used insects were not dead at 60% CO<sub>2</sub> and the exposition of 7 days. The best result was obtained with *T.castaneum*, the only species that develops outside the grains, on flour. If the concentration was increased to 70% CO<sub>2</sub> immatures of used insects were killed after 10 days. It has to be mentioned that progeny was more numerous on not treated commodities than in jars with lower efficacy of CO<sub>2</sub>. The studies have confirmed that longer exposition is needed to obtain complete control at lower temperatures (in this case  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).



## LITERATURA

Ali Niazee, M.T. (1971.): The effect of carbon dioxide gas alone or in combinations on the mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *T.confusum* Du Val (Coleoptera, Tenebrionidae). J.Stored Prod. Res 7, 243-252.

Annis, P.C. (1987): Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: A review of current knowledge u "Proceedings, 4th International Working Conference On Stored Product Protection (E. Donahaye i S.Navarro, Eds) 128-148.

Davis, R., Jay, E.G. (1983): An overview of modified atmospheres for insect control. Ass. Of Operative Millers - \*Bill., March, 4026-4029.

Jay, E.G. (1971): Suggested conditions and procedures for using carbon dioxide to control insects in grain storage facilities. U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv. Misc. Pub. No 5146.

Jay, E.G. (1984): Imperfections in our current knowledge of insect biology as related to their response to controlled atmospheres U "Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storage". (B.E.Ripp et al. Eds).

Jay, E.G. (1986): Factors affecting the use of carbon dioxide for treating raw and processed agricultural products. GASGA Seminar on fumigation Tehnology in Developing Countries, Slough 18-21 March pp 173-189

Jay, E.G., Pearman, G.C. (1971): Susceptibility of two species of *Tribolium* (Coleoptera, Tenebrionidae) to alternations of atmospheric gas concentrations J. Stored, Prod. Res., 7, 181-186.

Navarro, S., Calderon, M. (1974): Exposure of *Ephestia cautella* Walk pupae to carbon dioxide concentrations at different relative humidities: The effect on adult emergence and loss in weight. J.Stored Prod. Res. 10\_237-241.

Reichmuth C. (1987): Low oxygen content to control stored product insects U "Proceedings, 4th International Working Conference On Stored Product Protection (E. Donahaye i S. Navarro, Eds) 194-207

Tunq J., Navarro S. (1983): Sensitivity of *Tribolium castaneum* eggs to modified atmospheres. Entomol. exp. appl. 34, 221-226.

**Adresa autora - Author's adress:**

Mr. Darka Hamel

Institut za zaštitu bilja, FPZ, Zagreb