

**DIJATOMEJSKA ZEMLJA, SASTAVNI DIO INTEGRALNE ZAŠTITE
USKLADIŠTENIH POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA, POTENCIJALNA
ZAMJENA ZA METIL BROMID**

Zlatko KORUNIĆ¹

Hedley Technologies Inc., Mississauga, Ontario

ABSTRACT

**DIATOMACEOUS EARTH, A COMPONENT OF INTEGRATED PEST
MANAGEMENT, AS AN ALTERNATIVE TO METHYL BROMIDE**

Over the years methyl bromide has been an effective tool for the control of both commodity and structural insect infestation. Its principal benefits for the field of stored product pest control are that it works well on a broad number of insect species and that it works in a relatively short time and at low temperature. Because of these qualities methyl bromide has commonly been used as a reactive rather than preventive tool. With the approaching demise of methyl bromide, we must now turn to a more systemic approach to pest control. The use of Integrated Pest Management will be the primary systemic approach used by future stored product managers.

Alone or in combination with heat or with grain cooling, DE may gradually replace methyl bromide for use as a commodity treatment (grain and pre-shipment treatment) and structural treatment (processing facilities, empty granaries, shipholds, trucks and wagons).

By incorporating DE in an effective IPM program, grain is protected against infestation, loss caused by insects is prevented and grain quality is maintained until the grain is processed. The need for synthetic insecticides, including the fumigant methyl bromide, during grain storage, or before export or import, is greatly reduced.

Case study data on the use of DE for commodity and structural treatment shows that DE is already a practical alternative to methyl bromide in some applications. Most of the case studies selected refer to the use of DE under field conditions.

While the use of DE insecticides cannot be interpreted as a sole replacement or alternative for methyl bromide, it will be an integral part of many Integrated Pest Management strategies. Effective IPM strategies, with the common use of DE-based products, are the true alternatives to methyl bromide.

IZVLEČEK

**DIJATOMEJSKA ZEMLJA, SESTAVINA INTEGRIRANEGA VARSTVA RASTLIN,
KOT ALTERNATIVA METILBROMIDU**

V preteklih letih je bil metilbromid učinkovito sredstvo za preprečevanje napada škodljivcev v blagu in skladiščih. Načelna korist na področju zatiranja omenjenih škodljivcev je, da deluje le kratek čas in pri nizki temperaturi. Zaradi teh lastnosti se je metilbromid uporabljal na splošno kot reaktivno, ne pa kot preventivno sredstvo. Zaradi pričakovane opustitve metilbromida moramo zdaj priti na bolj sistematično zatiranje skladiščnih škodljivcev. Izvedba integriranega varstva rastlin (IVR) bo prvi sistematični pristop, ki ga bodo opravili strokovnjaki za varstvo skladiščnih škodljivcev.

Sama ali v kombinaciji z vročino ali mrazom lahko diatomejska zemlja (DZ) postopoma nadomesti metilbromid kot sredstvo za tretiranje (zrnja in blaga pred vkrcanjem) in strukturno tretiranje (predelovalne naprave, prazna žitna skladišča, ladijske pošiljke, tovornjake in vagone).

¹ dr. agr. znan., dipl. ing. agr., 2600 Skymark Avenue, Suite 101, Bldg. 4, Canada, L4W 5B2; Tel./fax: 1-519-821-3764; e-mail: hedzk@ibm.net

Z inkorporaciju DZ in učinkovitim IVR programom se zrnje zavaruje pred napadom skladiščnih škodljivcev, izgubami zaradi njih in kakovost zrnja se ohranja do predelave. Potreba po uporabi sintetičnih insekticidov, vključno s fumigantom metilbromidom se med skladiščenjem ali pred izvozom močno zmanjša.

Prikazi primerov o uporabi DZ za tretiranje blaga in skladiščnih struktur ponazarjajo, da je DZ za nekatere tipe uporabe že praktična alternativa metilbromidu. Večina prikazanih primerov se nanaša na poskuse v praktičnih razmerah.

Ker se uporaba DZ ne more šteti kot edino nadomestilo ali alternativa za metilbromid, pa bo lahko integralni del številnih strategij IVR. Učinkovite strategije IVR s splošno uporabo pripravkov, ki temeljijo na DZ so resnična alternativa metilbromidu.

Opće napomene

Dijatomejska zemlja (DZ) je geološki depozit kojeg čine mrtva tijela (fosili) jednostaničnih biljnih organizama, dijatoma, najčešće algi. Mrtva tijela, (skeleti) su sastavljena gotovo potpuno od amorfnog silicijskog dioksida veoma malene, zanemarujuće, otrovnosti za sisavce. U brojnim zemljama je amorfni silicijski dioksid dozvoljeni dodatak u ljudskoj i stočnoj hrani (Anon., 1981, 1991). DZ je vjerovatno najdjelotvornije prirodno prašivo koje se rabi kao insekticid. Sitne čestice, odnosno dijatomi ili dijelovi dijatoma se zalijepe na tijelo insekta i fizikalnim snagama, pretežito sorpcijom, a donekle i abrazijom, oštećuju voštani sloj na tijelu koji štiti insekta od gubitka vlage iz tijela. Kroz oštećena mjesta insekti gube vlagu iz tijela te nakon izvjesnog vremena, zbog isušivanja, ugibaju (Ebeling, 1971). Također, poznato je da DZ ima i odbijajuća svojstva za insekte (repelentnost), što također katkad zaštićuje uskladištene proizvode (White *et al.*, 1966).

DZ je već desetljećima potencijalni insekticid za zaštitu zrnene robe prvenstveno stoga što je njezina uporaba veoma sigurna i bezopasna, što ne mijenja kakvoću finalnih proizvoda žitarica, osigurava dugotrajnu zaštitu od infestacije insektima i usporediva je u troškovima zaštite zrnene robe s drugim insekticidima.

Međutim, šira uporaba DZ za zaštitu zrnene robe je još uvijek ograničena zbog potrebne uporabe visokih koncentracija formulacija DZ (od 1 g do 3,5 grama po kg zrnene robe) koje se danas nalaze u prometu u svijetu. DZ upotrebljena u spomenutim koncentracijama znatno privedno smanjuje hektolitarsku masu zrnene robe, smanjuje sipkavost zrnene mase, zrnena masa ima prašnjav izgled i prilikom rukovanja s robom (transport) dosta prašine lebdi u zraku (Subramanyam *et al.*, 1994; Golob, 1997).

Hedley Technologies Inc., u suradnji s Agriculture and Agri-Food Canada je razvio novu formulaciju dijatomejske zemlje, Protect-It™, koja se zbog pojačane djelotvornosti na insekte, rabi u znatno nižim koncentracijama te je tako negativni utjecaj DZ na masu zrnene robe znatno umanjen (Korunić and Fields, 1995). Protect-It™ je registrirani insekticid za zaštitu zrnene robe u Kanadi, SAD-u i Kini. Ove godine, Protect-It™ je dobio stalnu dozvolu za uporabu u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda u Republici Hrvatskoj. Posebno treba naglasiti da je Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske i Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Republike Hrvatske razvrstalo Protect-It™ izvan skupine otrova što isto tako potvrđuje sigurnost i bezopasnost njegove upotrebe.

Najopsežnija istraživanja sa DZ sprovedena su u području zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Utjecaj DZ, dobivene iz raznih geoloških depozita, na štetnike skladišta istraživali su brojni znanstvenici (Korunić, 1998). Analiza rezultata pokazuje određene pravilnosti s obzirom na osjetljivost vrsta insekata na DZ. Općenito, rezultati su u suglasnosti s rezultatima istraživanja koje su dobili Korunić *et al.* (1997). Redosljed insekata na DZ na istoj vrsti zrnene robe (na primjer pšenici), od najosjetljivijeg do najotpornijeg je: *Cryptolestes* spp. > *Oryzaephilus surinamensis* > *Sitophilus granarius* > *S. oryzae* >

Tribolium castaneum > *Rhyzopertha dominica* > *Prostephanus truncatus*. Najlakše je suzbiti istu vrstu insekta na pšenici, pa na ječmu i zobi, zatim na riži u ljusci, pa na kukuruзу i sirku. Najteže se insekti suzbijaju (treba upotrijebiti veoma visoke koncentracije) na suncokretu, na mješavini sjemena za prehranu ptica i na riži bez ljuske (Korunić *et al.*, 1997). Žišci, štetnici uskladištenog graha i ostalih mahunjača, su dosta osjetljivi na DZ te se mogu suzbiti, odnosno može se spriječiti infestacija uporabom dosta niskih koncentracija (preventivna uporaba).

Dijatomejska zemlja kao sastavni dio integralne zaštite

Posljednih godina pojačan je interes za širu uporabu DZ posebice zbog:

- zahtjeva potrošača za hranom bez ostataka (rezidua) pesticida;
- pojave rezistencije na organsko-fosforne insekticide i na fumigant fosfin;
- novih, strožijih propisa o ograničenoj upotrebi pesticida ili o zabrani njihove upotrebe (Subramanyam, 1994).

U Zborniku radova 7th International Working Conference on Stored-product Protection, Vol. 2, stranica 660, u sažetku sekcije Inert Dust Workshop Summary, jedan od zaključaka je da DZ postupno ima sve važniju zadaću u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Treba ju upotrebljavati zajedno s ostalim postupcima poput fumigacije, hvatanja insekata, s raznim fizikalnim postupcima suzbijanja, itd. Posebno su naglašena 3 područja uporabe:

- izravno miješanje sa robom;
- tretiranje (zapršavanje i prskanje) raznih podloga (podova, zidova, pukotina, ambalaže, itd.);
- obrada površine zrnene robe (zapršavanje).

Opće je mišljenje da uporaba DZ ima primarno preventivni značaj u zaštiti zrnene robe. Preventivni značaj se posebice očituje u:

- spriječavanju infestacije robe;
- smanjenju (90 do 100%) već postojeće niske populacije insekata koja još nema utjecaj na promjenu vlage i temperature zrnene robe;
- spriječavanju, odnosno znatnom smanjenju gubitka i održavanju kakvoće zrnene robe, bez pojave štetnih rezidua.

Ulogu DZ kao sastavnog dijela integralne zaštite treba sagledavati u sklopu navedenih općih značajki. U djelotvornoj integralnoj zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda postupci preventive i izravnog suzbijanja štetnika (kurativa) su integrirani radi ostvarenja maksimalne zaštite pri najnižim mogućim troškovima. Osnovni principi djelotvornog integriranog programa mogu se opisati na ovaj način:

- čuvanje robe u dobro održavanim, građevinski ispravnim skladištima;
- održavanja čistoće u neposrednoj okolici skladišnog objekta;
- primjena DZ (zapršavanje) na sva potencijalna skrovišta insekata u okolici objekta;
- čišćenje skladišta i uklanjanje ostataka zrnene robe, loma, primjesa i sličnog materijala iz skladišta barem 2 tjedna prije unošenja nove robe u skladište;
- nakon čišćenja, obaviti zapršavanje ili prskanja praznog objekta s DZ;
- zapršiti sva kritična mjesta na kombajnu, na transportnim uređajima za zrnenu robu, zapršiti transportna vozila, itd.;

- pripremiti robu za skladištenje. Robu treba održavati u optimalnom stanju koje omogućuje dugotrajnije čuvanje robe bez njezinog kvarenja a istodobno ne omogućuje optimalni razvoj insekata, grinja i plijesni (primjerice niski sadržaj vlage zrna);
- ovisno o vrsti robe i potencijalnoj opasnosti od zaraze, dijatomejskom zemljom obraditi cjelokupnu masu robe, odnosno obraditi samo najdoljnji i površinski sloj robe, ili zaprašiti površinu robe;
- primijeniti DZ u kombiniranim tretmanima (primjerice ohladiti zrnavlje i obraditi površinu sa DZ, ili fumigirati robu s fosfinom te zaprašiti površinu sa DZ; ili kombinirati uporabu topline sa zaprašivanjem sa DZ u mlinovima i sličnim objektima);
- redovit nadzor (monitoring). Upotrebljavati zamke za privlačenje i hvatanje insekata u zrnenj masi ili pak feromonske mamke za hvatanje leptira, redovito bilježiti temperaturu i vlagu robe, itd.

Veoma je važno opetovano naglasiti da u djelotvornoj zaštiti zrnene robe, DZ treba rabiti u sklopu ostalih postupaka poput sanitacije, dobre prakse skladištenja, odnosno zajedno sa svim ostalim postupcima integrirane zaštite. Primjerice, barem 2 tjedna pred žetvu, prazna skladišta ili silo-odjeljke treba najprije dobro očistiti te nakon toga zaprašiti sa DZ. Tijekom punjenja skladišta ili silo-odjeljka, posljednjih 10 do 20 % ili samo površina robe se obradi sa DZ. Treba znati da ovaj postupak daje rezultate samo ako u skladište ulazi ne-infestirana roba, najčešće s polja neposredno nakon žetve. Međutim, ako je roba infestirana već na polju (kukuruzni žižak, grahov žižak), tada je dobro da se sa DZ obradi prazni skladišni prostor, roba fumigira s fosfinom i zapraši površinski sloj sa DZ ili pak da se roba brzo i dobro ohladi i površinski sloj zapraši sa DZ.

Mogućnost postupne zamjene metil bromida s dijatomejskom zemljom

Metil bromid je pesticid širokog spektra djelovanja. Upotrebljava se za suzbijanje štetnih insekata, nematoda, korova, mikroorganizama, gljivičnih bolesti i glodavaca. Godišnje se u svijetu potroši oko 76.000 tona metil bromida. Najviše se potroši u Sjevernoj Americi (43%), zatim u Europi (24%) i Aziji (24%, uključujući Izrael i Srednji Istok), te u Južnoj Americi i Africi (9%). To je jedan od rijetkih pesticida kojemu je dozvoljena uporaba u brojnim područjima; poljopoprivredi, prehranbenoj industriji, javnom zdravstvu i šire u DDD području. Nije potrebno posebno isticati dobro poznata jedinstvena svojstva zbog kojih se metil bromid nalazi u širokoj primjeni.

Međutim, 1992. godine članice potpisnice Montrealskog sporazuma (više od 160 zemalja) utvrdile su i donijele odluku da se metil bromid stavi na listu supstanci koje oštećuju ozonski sloj u atmosferi s 0,4 ODP (ozone depletion potential ili potencijalno oštećenje ozona). Odlučeno je da se proizvodnja metil bromida "zamrzne" na nivou proizvodnje iz 1991. godine te da se nastavi intenzivna istraživanja potencijalne opasnosti metil bromida kao oštećivača ozona.

U razdoblju od 1992. godine do danas održani su brojni sastanci, konferencije, itd. gdje se je raspravljalo o sudbini ovog, sa stajališta djelotvornosti, ekonomičnosti, brzine i širine djelovanja na razne organizme, danas još gotovo uvijek nezamjenjivog pesticida. Zadnji veoma važan 9. sastanak članica Montrealskog sporazuma održan je 17. listopada 1997. godine u Montrealu u Kanadi. Donijete su veoma značajne odluke o kontroli proizvodnje i potrošnje metil bromida u svijetu. Odlučeno je da industrijski razvijene zemlje, na osnovi potrošnje iz 1991. godine smanje potrošnju za:

- a) 25% u 1999. godini
50% u 2001. godini
70% u 2003. godini
100% u 2005. godini.

Za zemlje u razvoju odlučeno je da na osnovi prosječne potrošnje u razdoblju od 1995. do 1998. godine (odluka o prosječnoj potrošnji donijet će se 2002. godine), smanje potrošnju metil bromida za:

- a) 20% u 2005. godini
100% u 2015. godini.

Dijatomejska zemlja, sama ili u kombinaciji s drugim postupcima (s toplinom, s hlađenjem, sa PH_3), postupno može zamijeniti metil bromid u fumigaciji robe (u silosima, skladištima, ili prije transporta) ili u fumigaciji raznih objekata (mlinova, skladišta brašna, transportnih vozila, itd.). Primjerice, DZ kao sastavni dio djelotvornog integriranog sustava zaštite, zaštićuje zrnenu robu tijekom čuvanja, znatno smanjuje ili sprječava gubitak robe uzrokovan insektima, tretirana roba zadrži potrebnu kakvoću tijekom cjelokupnog razdoblja skladištenja, itd. Na taj način, potreba za upotrebom sintetskih insekticida, uključujući i metil bromid, tijekom razdoblja skladištenja, ili pak prije izvoza ili uvoza robe, jako je umanjena a katkad i nepotrebna.

Pregled nekih rezultata upotrebe dijatomejske zemlje za zaštitu robe i objekata

Rezultati istraživanja DZ u pojedinim zemljama svijeta nedvojbeno pokazuju da ona već danas u pojedinim situacijama može postupno zamijeniti metil bromid u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda.

- Obrada zrnene robe

Primjer 1. Poljski pokusi u Kanadi

Tijekom 1994. i 1995. godine stručnjaci Agriculture Canada, Cereal Research Center, Winnipeg, Canada, istraživali su djelotvornost DZ Protect-It™ na pšenici u 3 silosa u Manitobi. Test insekti su bili *Tribolium castaneum* i *Cryptolestes ferrugineus*. Korištene su doze Protect-It™ od 75, 100 i 300 ppm (grama na tonu pšenice), zaprašivanjem i 100 ppm prskanjem. Koncentracija od 300 ppm smanjila je populaciju vrste *T. castaneum* za više od 95%. Koncentracije od 75, 100 ppm zaprašivanjem i 100 ppm prskanjem smanjile su populaciju vrste *C. ferrugineus* od 87.5 do 99.8%. Populacija vrste *T. castaneum* bila je samo znatno smanjena a ne suzbijena uporabom koncentracije od 100 ppm zaprašivanjem. Zaključeno je da se u poljskim uvjetima vrsta *C. ferrugineus* na pšenici može suzbijati s uporabom 100 ppm Protect-It™, dok za suzbijanje *T. castaneum* valja upotrijebiti 300 ppm (Fields and Timlick, 1995; Fields *et al.*, 1996).

Primjer 2. Poljski pokusi u Hrvatskoj

U 1996. istraživana je djelatnost Protect-It™ u poljskim uvjetima na pšenici na dvije lokacije u Hrvatskoj. Protect-It™ je upotrebljen u koncentraciji od 100 ppm zaprašivanjem i 150 ppm prskanjem. Utvrđeno je da je 100 ppm suzbilo *Cryptolestes* spp. i jako smanjilo populaciju

Sitophilus oryzae. Ova koncentracija nije bila dostatna za suzbijanje *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha dominica* i *Tribolium castaneum*. Pokusima u laboratoriju utvrđeno je da je koncentracija Protect-It™ od 200 ppm (zprašivanje), nakon izloženosti insekata tretiranoj pšenici (oko 12% vlaga zrna) tijekom 21 dan, suzbila populaciju *S. oryzae* za 95%, *R. dominica* za 80% i *T. castaneum* za 82%. Koncentracija od 300 ppm (prskanje) suzbila je populaciju *S. oryzae* za 80%, *R. dominica* za 90% i *T. castaneum* za 75% (Hamel, 1997).

Primjer 3. Opsežniji laboratorijski pokusi u Italiji

Tijekom 1997. godine u Regione Emilia Romagna, Servizio fitosanitario, Ravenna, istraživana je djelotvornost 300 ppm i 600 ppm Protect-It™ na pšenici na *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*. Test insekti su bili izloženi tretiranoj pšenici tijekom 4 tjedna. Na osnovi dobivenih rezultata, autori su preporučili uporabu 300 ppm za suzbijanje *S. oryzae* i 600 ppm za suzbijanje *R. dominica* i *T. castaneum* (Contessi and Mucolini, 1997).

Primjer 4. Poljski i laboratorijski pokusi u Kini

Opsežni poljski i laboratorijski pokusi sprovedeni su tijekom 1997. godine u podnim skladištima u dvije provincije u Kini. Djelotvornost Protect-It™ je istraživana na pšenici i na riži u ljusci na 3 test insekta; *S. zeamais*, *R. dominica* i *T. castaneum*. Poljski i laboratorijski pokusi su potvrdili dobro rezidualno djelovanje tijekom 120 dana (trajanje pokusa). Analiza svih rezultata dobivenih poljskim i laboratorijskim pokusima pokazala je da su slijedeće koncentracije Protect-It™ uzrokovala 90 do 100% smrtnost test insekata i da su bile usporedive s rezultatima dobivnim uporabom 8 ppm fenitrotiona:

300 - 500 ppm za suzbijanje *S. zeamais* i *T. castaneum* na pšenici i riži u ljusci;

500 ppm, odnosno do 700 ppm za suzbijanje *R. dominica* na pšenici;

300 - 500 ppm za suzbijanje *R. dominica* na riži u ljusci.

Utvrđeno je da su koncentracije koje su suzbile odrasle insekte, suzbile (90 do 100%) i njihovo potomstvo na obje vrste tretirane robe (Zeng Ling *et al.*, 1998).

Primjer 5. Slojevita obrada robe; poljski pokus u Kanadi

Doze DZ potrebne za suzbijanje većine gospodarski važnih štetnika skladišta izazivaju neželjene posljedice na transportna svojstva zrnene robe, na sipkavost i na hektolitarsku masu robe. Stoga, istražuju se razni načini uporabe DZ kojima bi se neželjene posljedice uporabe DZ umanjile ili potpuno uklonile. Jedan od načina uporabe je obrada samo dijela robe, odnosno slojevita uporaba. Poljski pokus manjeg obima sproveden je u Kanadi tijekom 1998 godine (Korunić and Mackay, 1998). Cilj pokusa je bio utvrđivanje djelotvornosti DZ Protect-It™ primjenjene na površinski sloj pšenice na tri vrste skladišnih insekata. Isto tako istražio se je utjecaj takvog načina uporabe DZ na hektolitarsku masu pšenice nakon miješanja obrađenog sloja s ostalom masom sa DZ neobrađene zrnene robe.

Rezultati pokusa su pokazali da je obrada površinskog sloja pšenice sa DZ Protect-It™ u dozi od 500 ppm do dubine od 1 m dostatna da suzbije populaciju (od 95% do 99%) vrsta *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* i *Tribolium castaneum*. Također, zbog svođenja utjecaja DZ na hektolitarsku masu pšenice na prihvatljivu razinu, utvrđeno je da se sa DZ može obraditi do 20% od ukupne mase zrnene robe (Korunić and Mackay, 1998).

- Obrada objekata

Primjer 6. Uporaba DZ u praznim silo-odjeljcima - poljski pokus u SAD

Protect-It™ se preporuča za obradu praznih skladišnih prostora zbog suzbijanja takozvane rezidualne populacije insekata sprječavajući infestaciju zrne robe nakon unošenja u skladište. Poljski pokusi su sprovedeni u ljeto u centralnom dijelu Oklahome (Oklahoma State University) u dva identična metalna silo-odjeljka. Upotrebene su doze Protect-It™ od 3 i 7 g/m², zaprašivanjem. Test insekti su bili *S. oryzae* i *R. dominica*. Doza od 3 g/m² uzrokovala je 100% smrtnost *S. oryzae* i 99% smrtnosti *R. dominica* već nakon 7 dana. Autori zaključuju da je upotreba Protect-It™ za obradu praznih silo-odjeljka veoma jednostavni, brzi i djelotvorni postupak (Phillips and Bonjour, 1997).

Primjer 7. Djelotvornost DZ u praznim silo-odjeljcima - poljski pokus u SAD

Poljski pokusi su sprovedeni u ljeto u Indiani (Purdue University) u dva identična metalna silo-odjeljka. Upotrebene su doze Protect-It™ od 3 i 7 g/m², zaprašivanjem. Test insekti su bili *S. zeamais* i *T. confusum*, jedan od najotpornijih insekata na DZ. Doza od 3 g/m² uzrokovala je 100% smrtnost *S. zeamais* i 94% smrtnost *T. confusum* već nakon 7 dana. Autorica zaključuje da je upotreba Protect-It™ za tretiranje praznih silo-odjeljka veoma prikladni i prihvatljivi postupak (Mason, 1997).

Primjer 8. Obrada praznih prostora suspenzijom (prskanje) DZ; prihvaćeni postupak integrirane zaštite u Australiji

GRAINCO, centralna kompanija u Australiji za promet zrne robe, sprovela je niz pokusa u raznim lokacijama u Australiji s ciljem da se utvrdi mogućnost uporabe DZ prskanjem u obradi praznih skladišnih objekata. Primjenjena je Australijska, veoma djelotvorna DZ Dryacide®. Dobiveni su veoma dobri rezultati tako da je odlučeno da prskanje skladišta sa DZ postane sastavni dio integrirane zaštite i da se sintetski insekticidi, koji se rabe za obradu praznih skladišta, postupno zamijene sa DZ (Bridgeman, 1994; Bridgeman and Collins, 1994).

- Kombinirane obrade

Primjer 9. Kombinirana uporaba topline i DZ za suzbijanje insekata u objektima prehranbene industrije

Zbog spoznaje o uspješnosti uporabe kombinacije fosfina, topline i CO₂, nedavno je u Kanadi istraživna djelotvornost uporabe kombinacije topline i dijatomejske zemlje Protect-It™ za suzbijanje štenika u mlinu. Pokus je proveden u jednom mlinu tijekom uporabe redovne toplinske sterilizacije. *Tribolium confusum*, mali brašnar je bio u potpunosti suzbijen (100% smrtnost) tijekom 13 do 22 sata na temperaturi od 41 °C u slučajevima kada je dijatomejska zemlja primjenjena zaprašivanjem. Insekti izloženi samo toplinskoj obradi (istoj temperaturi) uginuli su tek nakon 32 do 38 sati, ili tek kada je temperatura bila 46 do 47 °C (Fields *et al.*, 1997). Pokusi su tijekom 1997 ponovljeni u još dva mlina (u Kanadi i u SAD) sa sličnim rezultatima. Fields *et al.* (1997) zaključuju da je postupak uporabe topline i DZ veoma

koristan te da postupno, uz još neka dodatna istraživanja, može zamijeniti metil bromid u sličnim fumigacijama.

Primjer 10. Kombinacija hlađenja zrne robe s površinskom obradom sa DZ

Nickson *et al.* (1994) su u nekoliko skladišta u Australiji istraživali mogućnost kombinirane uporabe hlađenja zrne robe s površinskom obradom sa DZ Dryacide®. Poznato je da katkad problemi infestacije insektima u površinskom sloju robe nisu riješeni uporabom hlađenja robe. Taj problem se je pokušalo riješiti sa zaprašivanjem površine sa DZ i u tome se je uspjelo. Ovaj postupak je danas u komercijalnoj uporabi u nekim skladištima u Australiji (Nickson *et al.*, 1994).

Primjer 11. Upotreba DZ kao barijere za zadržavanje plina u masi zrne robe

U namjeri da se pojednostavi i poboljša fumigacija s fosfinom, u Australiji su nakon primjene fosfina zaprašili površinski sloj zrne robe sa DZ Dryacide® s namjerom da DZ zamjeni upotrebu plastične folije (hermetizacija) i da zadrži što dulje plin u masi robe. Većina rezultata pokusa sprovedenih u nekoliko silosa i podnih skladišta u Australiji, je pokazala da je ovaj kombinirani postupak uspješan i da DZ može zamijeniti folije za pokrivanje površine zrne robe (Winks *et al.*, 1994).

Zaključci

Tijekom desetljeća metil bromid je bio gotovo nezamjenjiv pesticid u brojnim područjima uporabe; od poljoprivrede do javnog zdravstva. U zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda njegove su osnovne značajke bile brzo djelovanje, kratka ekspozicija, široki spektar djelovanja i djelotvornost i na niskim temperaturama. Međutim, nakon odluka o postupnoj zabrani upotrebe metil bromida, neophodno je naći zamjene u brojnim područjima njegove uporabe. Sigurno je da do danas nije nađena jedinstvena zamjena za ovaj gotovo univerzalni fumigant i vjerujemo da je mala vjerovatnost da će takva zamjena biti otkrivena. Smatramo da ju u području zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda prava i najdjelotvornija zamjena metil bromida sprovođenje postupaka tzv. Integralne zaštite, strategije u literaturi poznate pod imenom Integrated Pest Management (IPM).

Promatrajući DZ izolirano, teško je održiva tvrdnja da ona može zamijeniti metil bromid u području suzbijanja štetnika u skladištima. Međutim, budući da DZ danas postaje nezaobilazna i veoma značajna komponenta Integralne zaštite u skladištima, na taj način postaje i jedna od značajnih alternativa za metil bromid.

Literatura

- Anon. 1981. Federal Register 1981. (Nov 10) 46(217), 55511-12. USA
- Anon. 1986. Silica and Some Silicates.- IARC Monograph Series: 42, WHO, Lyons, 289.
- Anon. 1991. EPA R. E. D. FACTS: Silicon dioxide and Silica Gel.- 21T-1021, 1-4, September 1991.
- Bridgeman, B. W. 1994. Structural treatment with amorphous silica slurry: an integral component of GRAINCO's IPM strategy.- In: Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia. Ed. E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ, Vol. 2, 628-630. University Press, Cambridge, U.K.

- Contessi, A. / Mucciolini, G. 1997. Prove comparative insetticida di polveri silicee a base di zeoliti e di farina fossile diatomee.- Report Regione Emilia Romagna, Servizio fitosanitario, Ravenna, Italy. 11 pp.
- Ebeling, W. 1971. Sorptive dust for pest control.- Annual Review Entomology. 16:123-158.
- Fields, P. G. / Timlick, B. 1995. Efficacy assessment of Super Insecolo.- Report of Agriculture and Agri-Food Canada, Cereal Research Center, Winnipeg, Mb, Canada. 21 pp.
- Fields, P. G. / White, N. / MacKay, A. / Korunić, Z. 1996. Efficacy assessment of Protect-It.- Report of Agriculture and Agri-Food Canada, Cereal Research Center, Winnipeg, Mb, Canada. 35 pp.
- Fields, P. / Dowdy, A. / Marcotte, M. 1997. Structural Pest Control: The use of an enhanced diatomaceous earth product combined with heat treatment for the control of insect pests in food processing facilities.- Report prepared for Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada and the United States Department of Agriculture. 25 pp.
- Golob, P. 1997. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects.- Journal of Stored Products Research, Vol. 33, No. 1; 69-80.
- Hamel, D. 1997. The efficacy of Protect-It (diatomaceous earth) on stored-product pests - applying by dusting.- In Proceedings Seminar ZUPP'97 (in Croatian, summary in English). Publisher Korunić, Zagreb, Croatia. 89-94.
- Korunić, Z. 1998. Diatomaceous earth, a group of natural insecticide.- Journal of Stored Product Research Vol.34, No. 2/3 pp. 87-97.
- Korunić, Z. / Fields, P. G. 1995. Diatomaceous Earth Insecticidal Composition.- Canadian and U.S.A. Patent Pending 1995.
- Korunić, Z. / Fields, P. G. / Kovacs, M. I. P. / Noll, J. S. / Lukow, O. M. / Demianyk, C. J. / Shibley K. J. 1996. The Effect of Diatomaceous Earth on Grain Quality.- Postharvest Biology and Technology, 9 (1996) 373-387.
- Korunić, Z. / Fields, P. G. / Timlick, B. / Ormesher, P. / van Natto, C. 1997: The Enhanced Diatomaceous Earth, a Safe, Effective and Long Lasting Grain Protectant.- Presented at Food and Agriculture Organization, VIII Round Table on Prevention of Post-Harvest Food Losses, Columbia, Cartagena, August 13-15, 1997. 31 pp.
- Korunić, Z. / Mackay, A. 1998. A small scale field test with Protect-It™, an enhanced diatomaceous earth insecticide, applied as a surface layer treatment in Hard Red Spring wheat.- Report submitted to Hedley Technologies Inc., October, 1998.
- Mason, L. 1997. Activity of Protect-It in empty granaries against two stored-product pests.- Report prepared by Department of Entomology, Food and Pest Management, Purdue University, USA. 4 pp.
- Nickson, P. J. / Deschmarsieler, J. M. / Gibbs, P. 1994. Combination of cooling with a surface application of Dryacide® to control insects.- In: Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia. Ed. E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ, Vol. 2, 646-649. University Press, Cambridge, U.K.
- Phillips, T. W. / Bonjour, E. L. 1997. Application of Protect-It to empty grain bins: insect mortality and deposition rates.- Report by Department of Entomology and Plant Pathology, Oklahoma State University, Stillwater, USA. 7 pp.
- Subramanyam, Bh. / Swanson, C. L. / Madamanchi, N. / Norwood, S. 1994. Effectiveness of Insecto®, a New Diatomaceous Earth Formulation, in Suppressing Several Stored-Grain Insect Species.- In: Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia. Ed. E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ, Vol. 2, 650-659. University Press, Cambridge, U.K.
- White, G. D. / Berndt, W. L. / Schesser, J. H. / Wilson, J. L. 1966. Evaluation of four inert dusts for the protection of stored wheat in Kansas from insect attack.- USDA/ARS Report No. 51-8., 22 pp.
- Winks, R. G. / Deschmarsieler, J. M. / Russell, G. F. / Hyne, E. / Allen, S. E. 1994. Phosphine and its application to stored products.- Annual Report 1993-1994, SGRL Stored Grain Research Laboratory, CSIRO Division of Entomology, Canberra, Australia.