Journal of Military Medicine
2019, Volume 21, Issue 4
Pages: 313-324

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

Stored-grains pests and their control with emphasis on military food warehouses in Iran: a review

Hamid-Reza Pourian[1,2], Mehdi Khoobdel[3]*, Marzieh Alizadeh[4]

[1] Assistant Professor, Insect Biological Control, Health Research Center, Lifestyle Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Insect Biological Control, Department of Plant Protection, Collage of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran
[3] Full Professor, Medical Entomology, Health Research Center, Lifestyle Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] Assistant Professor, Insect Physiology and Toxicology, Department of Plant Protection, Collage of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 6 January 2019 **Accepted:** 16 May 2019

Abstract

Background and Aim: In order to providing healthy food and improve food security, it is vital to preserve and protect agricultural products from pest's damage during storage. This is especially crucial for strategic products such as grains and cereals. Inefficient management in this subject would lead to the loss of stored food and will make the country's economic dependence on the other. In passive defense in the agricultural sector, importing agricultural products, regardless of the economic aspect, can pose serious threats to food and health security (agroterrorism and bioterrorism), due to the introduction of pests and pathogens. On this basis, it is necessary to establish basic infrastructures, such as the construction of modern warehouses with the aim of successfully storing food outside the growing season, as well as managing pests in warehouses and borders, relying on new techniques. Food depots at military centers are prone to pest attacks because of their location and construction, and less access to urban infrastructure.

Methods: In this review, firstly, we explored on all scientific databases and assessed documents were related to stored-pests. Further, the effective control methods for grains pest management were presented in separate sections, finally, we provide the best control methods in military and non-military warehouses.

Results: Our review showed, more than 30 key pests from different animal phylum (arthropods, rodents, birds, etc.) and pathogenic fungi could enter and establish in food warehouses units. Characteristics such as broad distribution and high reproductive capacity led to economic injury, qualitative and hygienic damage into stored-foods and consumers health, so according to storage facilities and grains condition, we chose to introduce some effective tactics such as inert dusts, safety fumigants, eco-friendly biorationals and biopesticides, for stored-grain pest management program. The findings of this review showed that more than 30 key pests of different animal groups, with high eating, dispersal and reproductive power, can infiltrate military and civilian cereal warehouses and cause quantitative, qualitative, and hygienic damage to products and consumers while breeding. The findings of new research also show that nowadays in the integrated management of storage pests, new and diverse methods, such as the use of neutral powders, low-risk arsenic insecticides, bio-pesticides and biorationals compatible with environments can be adapted to suit the type of product and storage conditions.

Conclusion: Development of insecticide resistance, environmental problems caused stored-food pests has become a serious challenge in the military and civilian stockpiles that must be eliminated by choosing the most effective, yet least risky, control method. While eliminating pesticides, it must be guaranteed to address all consumers health risks, including militaries.

Keywords: Food Security, Stored Sanitation, Stored-Pest Management.

*Corresponding author: **Mehdi Khoobdel**, Email: Khoobdel@yahoo.com

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

مجله طب نظامی
دوره ۲۱، شماره ۴، مهر و آبان ۱۳۹۸
صفحات: ۳۲۴-۳۱۳

آفات انباری شایع در انبارهای غلات و حبوبات ایران با تاکید بر انبارهای نظامی و روش‌های کنترل آنها- مطالعه مروری

حمیدرضا پوریان[۱،۲]، مهدی خوبدل*[۳] ، مرضیه علیزاده[۴]

[۱] استادیار، کنترل بیولوژیک حشرات، مرکز تحقیقات بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران
[۲] استادیار، کنترل بیولوژیک حشرات، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
[۳] استاد، حشره شناسی پزشکی، مرکز تحقیقات بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران
[۴] استادیار، فیزیولوژی و سم شناسی حشرات، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: امنیت غذایی و تامین غذای سالم در گرو حفظ محصولات کشاورزی از گزند آفات در طول مدت ذخیره‌سازی می‌باشد. این مساله به‌خصوص درباره محصولات راهبردی مانند غلات و حبوبات، امری حیاتی و ضروری است. عدم توانایی در این مهم موجب از دست رفتن منابع غذایی انبار و در نتیجه وابستگی اقتصادی به سایر کشورها خواهد شد. در پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی، واردات محصولات کشاورزی صرف‌نظر از جنبه اقتصادی، به واسطه ورود آفات و عوامل بیماری‌زا می‌تواند تهدیدات جدی برای امنیت غذایی و بهداشتی (آگروتروریسم و بیوتروریسم) کشور ایجاد نماید. بر این اساس، ایجاد زیر ساخت‌های اصولی مثل احداث انبارهای مدرن با هدف ذخیره موفق مواد غذایی در خارج از فصل رشد و نیز مدیریت آفات در انبار و مرزها با تکیه بر تکنیک‌های نوین ضروری به نظر می‌رسد. انبارهای مواد غذایی مراکز نظامی، به واسطه محل و نحوه احداث و کمتر برخوردار بودن از زیرساخت‌های شهری، مستعد هجوم آفات بوده لذا اهمیت توجه به تامین غذای سالم بیش از پیش نمایان می‌شود.

روش‌ها: در این پژوهش مروری ابتدا به بررسی نتایج کلیه مستندات علمی معتبر منتشر شده و مرتبط با کنترل آفات انباری مستخرج از پایگاه های اطلاعات علمی دنیا پرداخته شد، در ادامه روش‌های کارآمد و نوین برای مدیریت آفات انباری جداگانه ارائه و در عین حال بهترین روش(های) کنترل برای انبارهای نظامی معرفی شدند.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش مروری نشان داد بیش از ۳۰ آفت کلیدی از گروه‌های مختلف جانوری، با قدرت تغذیه، پراکنش و قدرت تولیدمثل بالا می‌توانند به انبارهای غلات و حبوبات نظامی و غیر نظامی نفوذ کرده و ضمن تکثیر باعث وارد شدن خسارت کمی، کیفی و بهداشتی به محصولات و مصرف‌کنندگان شوند. همچنین یافته‌های تحقیقات جدید نشان می‌دهند، امروزه در مدیریت تلفیقی آفات انباری، روش‌های متنوع و جدیدی مثل کاربرد پودرهای خنثی، حشره کشهای تدخینی کم خطر، آفت‌کش‌های زیستی و بایورشنال‌ها (Biorational) سازگار با محیط زیست وجود دارند که متناسب با نوع محصول و شرایط ذخیره سازی می‌توان از آنها در این زمینه بهره مند شد.

نتیجه‌گیری: بروز پدیده مقاومت آفات انباری به آفت‌کش‌ها، مشکلات زیست محیطی برخی ترکیبات شیمیایی رایج و شرایط نامناسب انبارهای غذایی چالش‌هایی بزرگ در انبارهای نظامی و غیرنظامی هستند که باید با انتخاب موثرترین و در عین حال کم خطرترین روش کنترل برای ریشه کنی آفات انباری مرتفع شوند تا ضمن کنترل موفق، بهداشت و سلامت زیستی کلیه مصرف کنندگان از جمله نظامیان نیز تامین گردد.

کلیدواژه‌ها: امنیت غذایی، بهداشت انبار، کنترل تلفیقی آفات انباری.

*نویسنده مسئول: **مهدی خوبدل**. پست الکترونیک: Khoobdel@yahoo.com
دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۶

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

مقدمه

امنیت غذایی در حوزه کشاورزی شامل تولید محصول و حفظ سلامت آن در طی دوره ذخیره‌سازی تا رسیدن به دست مصرف کننده می‌باشد تا از وابستگی اقتصادی کشور به سایر کشورها به واسطه واردات محصول جلوگیری گردد. در همین راستا، برخورداری از غذای سالم برای حفظ سلامت قشر نظامی به‌عنوان یکی از اقشار مهم در هر کشور که مسئوول برقراری و حفظ امنیت کشور هستند، بسیار مهم می‌باشد. امنیت غذایی در پدافند غیرعامل جایگاه ویژه‌ای داشته و رویکرد آن بسیار پیچیده و شامل بیوتروریسم و آگروتروریسم در زمینه کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست می‌باشد (۱). از اهداف آگروتروریسم در کشاورزی ایران، تحریم محصولات کشاورزی ایران به بهانه آلودگی به برخی عوامل خسارت‌زا، ایجاد بازار مصرف برای سموم، ایجاد وابستگی اقتصادی در سطح بازارهای بین المللی و در نهایت افزایش واردات محصولات کشاورزی می‌باشد. از آنجا که ناامنی غذایی به یکی از چالش‌های جدی جهان در قرن ۲۱ تبدیل شده است، لذا در پدافند غیرعامل نیاز به ارائه راهکارهای کاربردی برای ارتقای امنیت غذایی با تکیه بر منابع علمی و توان داخلی وجود دارد. در بخش کشاورزی غلات از قبیل گندم، جو، برنج، ذرت، ، چاودار، یونجه و یولاف و همچنین حبوبات یا لگومینوزها مانند عدس، ماش، لوبیا، نخود، سویا، بادام زمینی، بذور شبدر و یونجه به عنوان منابع غنی پروتیین و کربوهیدرات برای تغذیه و رشد انسان و دام در صنعت دامپروری مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲،۳). اغلب این محصولات به عنوان منابع اصلی غذایی هر جامعه بوده و کمبود یا فقدان برخی از آنها که جزء محصولات استراتژیک به شمار می‌روند می‌تواند منجر به وابستگی اقتصادی و به خطر افتادن امنیت غذایی آن جامعه شود. عوامل تهدید کننده کمیت و کیفیت محصولات کلیدی در مراحل پس از برداشت در هر دو انبارهای نظامی و غیرنظامی شامل عوامل زنده (حشرات، کنه ها، جوندگان و عوامل بیماری زا) و غیرزنده (آتش سوزی، طوفان، سیل) می‌باشند. از این‌رو حفاظت اصولی که منطبق بر روش‌های علمی جدید باشد، امری ضروری به شمار می‌آید (۴). طبق گزارش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد برآورد شده که به‌طور میانگین، حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد محصولات کشاورزی از جمله غلات و حبوبات در مراحل پس از برداشت توسط بندپایان نابود می‌شوند که به شرایط نگهداری محصول بستگی زیاد دارد (۵). این خسارت در کشورهای توسعه نیافته یا در حال توسعه به دلیل شرایط بد انبارداری و کمبود زیرساخت‌های ذخیره‌سازی محصول، بسیار چشمگیرتر است (۵). در بین عوامل خسارت‌زا، بندپایان به دلیل داشتن تنوع و فراوانی بالا به عنوان یکی از مشکلات جدی محصولات انباری به شمار می‌روند (۴). بر طبق گزارش ها بیش از ۷۰۰ گونه از سخت بالپوشان، ۷۰ گونه شب‌پره و ۳۳۵ گونه کنه آفت مرتبط با کالاهای کلیدی کشاورزی انبار شده وجود دارد (۶). این تعدد گونه آفت همراه با مهیا بودن شرایط محیطی انبارها برای فعالیت، محققین مرتبط با صنعت انبارداری و حفاظت از محصولات کشاورزی را برای تامین امنیت غذایی به‌واسطه اتخاذ راهکارهای مناسب در برابر هجوم و تکثیر آفات به چالش جدی می‌کشد (۷). خسارت ناشی از بندپایان عمدتا به صورت کمی (از دست رفتن بخش از محصول)، کیفی (کاهش مرغوبیت ناشی از تغییر رنگ، ترکیب شیمیایی، بو و مزه) و بهداشتی (ایجاد بیماری در اثر مصرف) می‌باشد (۸). درست است که حشرات زیان آور انتخابی عمل نکرده و تمامی انبارهای نظامی و غیرنظامی را مورد هجوم قرار می‌دهند (۷،۹) ولی از آنجا که شرایط خاص احداث مراکز نظامی که عمدتا در خارج از شهرها واقع بوده و کمتر دارای انبارهای مدرن و مجهز می‌باشند، احتمال آلودگی انبارهای نظامی نسبت به غیرنظامی بیشتر است. همچنین در یک جغرافیای زیستی، هر انبار مواد غذایی در صورت عدم رعایت مسائل بهداشتی، این پتانسیل را دارد که به عنوان یک منبع برای انواع آفات عمل کند و چون آفات نیز قدرت پراکنش و جابجایی بالایی دارند احتمال آلودگی سایر انبارهای غیر آلوده بالا می‌رود. بنابراین شناسایی و پایش آفات و تراکم آنها در کلیه انبارهای مواد غذایی (نظامی و غیرنظامی) در نقاط مختلف کشور به صورت دائمی و اتخاذ راهبردهای نوین کنترل آفات برای جلوگیری از بروز خسارت مالی و بهداشتی و تضمین سلامت کلیه مصرف کنندگان مواد غذایی از جمله نظامیان امری بسیار ضروری می‌باشد. علی رغم مطالعات فراوان، اطلاعات جامع و مدون در این زمینه بویژه در مورد انبارهای نظامی کم است (۹،۱۰). این مطالعه در نظر دارد آفات انباری شایع و مهم در انبارهای غلات و حبوبات ایران و بویژه انبارهای نظامی را معرفی نماید و در این خصوص راهکارهای عملیاتی کنترل آنها را نیز ارائه نماید

روش‌ها

این پژوهش حاصل جستجو در کتب و مقالات معتبر پایگاه‌های اطلاعاتی علمی از قبیل Sciencedirect، Proquest، PubMed، Taylor & Francis، Springer، Web of science و نشریات علمی پژوهشی داخلی و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ می‌باشد و نیز بخشی از آن حاصل تحقیقات پژوهشی نگارندگان مرتبط با مطالعه آفات غلات و حبوبات در انبارهای نظامی و غیرنظامی استان کرمانشاه و روش کنترل آنها طی سالهای ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ می‌باشد (Pourian et al, unpublished data). راهبرد جستجو با ترکیب‌های مختلف از کلید واژه های آفات انباری غلات و حبوبات (cereal and bean pests)، مدیریت تلفیقی آفات انباری (Integrated stored pest management)، بهداشت انبار (warehouse sanitation)، حشره‌کش‌های شیمیایی (chemical insecticides) در انبار، پیام رسان‌های شیمیایی (semiochemicals)، امواج الکترو مغناطیسی و آفات انباری (electromagnetic waves and stored-pest control)، فومیگاسیون

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

حشرات انباری (stored-product fumigations)، خاک‌های دیاتومه (inert dust)، بایورشنال‌ها (biorationals) و کنترل بیولوژیک (biological control) صورت گرفت. در مجموع در طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ تعداد ۷۸ مقاله، ۸ کتاب، ۴ رساله دکتری، ۵ مقاله ترویجی و ۸ فکت شیت آفت‌کش‌ها از سایر مستندات علمی بدست آمد. مطالب مطابق با اهداف مطالعه از منابع علمی مذکور استخراج، دسته‌بندی و ارائه شد.

اهمیت خسارت آفات انباری در ایران و جهان

آفات انباری از نظر اکولوژیک معمولا همه‌جازی (cosmopolitan) بوده و در اثر واردات و صادرات محصول به راحتی همراه با مواد غذایی منتقل می‌شوند. آنها نسبت به آفات مزرعه ای در محیط های با شرایط مساعدتر و غنی‌تر فعالیت کرده و در نتیجه به سرعت می‌توانند تکثیر حاصل نموده و در شرایط طغیان قرار گیرند (۷). خسارت آفات انباری به صورت مستقیم شامل از دست رفتن وزن دانه، کاهش بازارپسندی، آلودگی بهداشتی و غیرمستقیم شامل افزایش مقاومت به آفت کش‌ها، ایجاد پدیده خودگرمایی در انبارها و تسهیل ورود عوامل خسارت‌زای ثانویه مثل باکتری‌ها و آفلاتوکسین می‌باشد (۱۱). خسارت سالیانه آفات انباری غلات در آمریکا حدود ۵۰۰ میلیون دلار و در کشورهای توسعه نیافته آفریقایی حدود ۴ میلیارد دلار گزارش شده است (۱۲). برای مثال سوسک پوست و چرم *Dermestes maculatus* گونه‌ای پلی فاژ (همه چیزخوار) است که افزون بر تغذیه از حبوبات از آفات جدی چرم و لبنیات خشک و تر می‌باشد و علاوه بر خسارت کمی و کیفی، به دلیل وجود باکتری عامل بیماری سیاه زخم (*Bacillus anthracis*) در مدفوع این حشره با ایجاد بیماری سیاه زخم، خسارت بهداشتی نیز وارد کند (۱۳). از دیگر خسارات بهداشتی آفات انباری می‌توان به ابتلا به بیماری‌های مجاری تنفسی ناشی از تنفس هوای آلوده (آسم و رینیتیت) و آلرژی‌های پوستی (درماتیت و اگزما) ناشی از در معرض قرار گرفتن فیزیکی با پوسته‌ها و مدفوع آفات در افرادی اشاره کرد که در انبارهای غلات آلوده به کنه ها و حشرات مشغول به کار هستند (۱۴،۱۵). انواع خسارت آفات انباری به شرایط اقلیمی، منطقه زیستی، مقدار توسعه کشورها و شرایط نگهداری محصول بستگی دارد به‌طوری‌که به دلیل مستعد بودن شرایط برای فعالیت دائمی حشرات زیان آور در مناطق گرمسیری، خسارت آفات انباری دراین مناطق بیشتر است. در زمینه میزان آلودگی انبارهای کشور مطالعات کمی صورت گرفته است (۹،۱۰). متاسفانه در ایران هنوز برآورد دقیقی از میزان خسارت آفات انباری صورت نگرفته است ولی پیش بینی می‌شود به دلیل ریزش محصول در زمان برداشت، شکستگی بالای دانه ها، وجود سیلوهای روباز و عدم استفاده از تکنولوژی انبارداری نوین این رقم بسیار قابل توجه باشد.

آفات انباری شایع در انبارهای غلات و حبوبات ایران

بر اساس گزارش‌های ارائه شده، آفات انباری مختلفی در انبارهای غلات و حبوبات ایران گزارش شده است که جزییات آن در جدول-۱ آمده است. این آفات متعلق به گروه‌های مختلف جانوری هستند که مهمترین آنها عبارتند از: ۱- رده حشرات (Insecta) به‌ترتیب اهمیت، راسته سخت بالپوشان (سوسک‌ها یا Coleoptera) (خانواده های ردیف یک تا ۱۸، جدول-۱)، که به علت تنوع گونه‌ای و سازگاری با شرایط نامساعد در انبار جزو فراوان‌ترین گونه‌ها هستند. از نظر تنوع، راسته بالپولکداران (شب پره ها) یا Lepidoptera در رتبه دوم آفات خسارت‌زای انبار از رده حشرات هستند (ردیف‌های ۱۹ تا ۲۱، جدول-۱)، گروه بعدی رده کنه ها (Acari) از شاخه بندپایان هستند، که در این میان خانواده Acaridae عمدتا به غلات و فراورده‌های آنها خسارت وارد می‌کنند (ردیف ۲۲، جدول-۱) و در نهایت از رده پستانداران خسارت زا در انبار مواد غذایی، راسته جوندگان (Rodentia) قرار می‌گیرند (ردیف ۲۳، جدول-۱) که از این راسته گونه‌های خانواده Muridae به انبارهای غلات هجوم آورده و خسارت وارد می‌کنند. طی نمونه برداری که در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ در انبارهای غلات، حبوبات و آرد کرمانشاه صورت گرفت مشاهده شد که به ترتیب گونه های شپشه دندانه دار (*O. surinamensis*)، شپشه آرد (*T. castaneum*) روی غلات و سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات (*C. maculates*)، سوسک‌های عدس (*B. rufimanus*) و باقلا (*B. lentis*) از فراوانی بسیار بیشتری در انبارهای نظامی و غیر نظامی برخوردار بودند (Pourian et al, unpublished data). همه گونه‌های ذکر شده در جدول-۱، از آفات درجه یک و کلیدی انبارهای غلات و حبوبات هستند (۷). هر کدام از این گونه‌ها از نظر اهمیت و فراوانی در انبارهای ایران بسته به منطقه زیستی و در دسترس بودن میزبان مرجح در انبار، می‌توانند سریع تکثیر یافته و حالت طغیانی به خود بگیرند (جدول-۱).

استراتژی‌های کنترل آفات انباری غلات و حبوبات بر اساس رهیافت های نوین

مدیریت تلفیقی آفات انباری بر مبنای ایجاد تعادل در هزینه‌های کنترل، حفظ بهداشت عمومی و کاهش خطرات ناشی از مصرف سموم شیمیایی برای محیط زیست شکل می‌گیرد (۱۴). نمونه برداری و شناسایی دقیق آفات کلیدی (شامل تاکسونومی، بیولوژی و رفتارشناسی) فعال در هر محصول زیربنای شروع مهار آفت است. به ترتیب مهم‌ترین اجزای کنترل تلفیقی آفات انبارهای غلات و حبوبات شامل روشهای پیشگیری و بهداشت (نمونه‌برداری و کنترل آفات قرنطینه‌ای، مهندسی ساختمان انبار، بهداشت انبار و بذر)، کنترل فیزیکی (هوادهی یا کنترل حرارتی، نور و صدا، پودرهای خنثی و کاربرد امواج الکترومغناطیسی)، کاربرد آفت‌کش‌ها (حشره کش‌های عمومی، آئروسول ها، ترکیبات تدخینی یا گازی و حشره کش‌های بایورشنال (آفت‌کش‌های گیاهی، ترکیبات ضدتغذیه‌ای، فرمون‌های جنسی، ترکیبات دورکننده و ترکیبات تنظیم کننده رشد حشرات) و کنترل بیولوژیک می‌باشند (۱۶). در

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

ادامه برخی تدابیر ضروری پیشگیری و تاکتیک‌های موثر کنترل‌آفات در شرایط انبار آورده شده است.

جدول-۱. برخی از مهمترین آفات انباری فعال روی غلات و حبوبات در شرایط انبارهای ایران با تکیه بر ترجیح میزبانی، پراکنش و منطقه زیستی

خانواده	نام فارسی	نام علمی گونه	محصولات مورد خسارت	پراکنش[۲] (منطقه مرجح فعالیت [۳])
Dermestidae-۱	لمبه گندم	*Trogoderam granarium*	دانه های غلات و حبوبات	همه جا زی (گرم و مرطوب)
Silvanidae-۲	شپشه دندانه دار برنج	*Oryzaephilus surinamensis*	دانه ها و آرد غلات و سپس خرما	〃 (سردسیر-معتدل-گرمسیر)
Laemophloeidae-۳	کریپتولستس	*Cryptolestes ferrugineus*	غلات، آرد و سبوس	〃 (گرم و مرطوب)
Bostrychidae-۴	سوسک کشیش	*Rhizopertha dominica*	دانه های غلات	〃 (گرمسیری)
Anobiidae-۵	سوسک نان	*Stegobium poniceum*	نان، آرد غلات و کاغذ	〃 (سردسیر-گرمسیر)
Anobiidae-۶	سوسک توتون	*Lasioderma serricorne*	آرد غلات و برگ توتون	〃 (گرم و مرطوب)
Ostomatidae-۷	سوسک موریتانی	*Tenebrioides mauritanicus*	غلات، میوه های خشک و نان	〃 (گرمسیر و نیمه گرمسیری)
Tenebrionidae-۸	کرم سیاه و زرد آرد	*Tenebrio molitor, T. obscurus*	آرد غلات و مواد نشاسته ای	〃 (سردسیر)
Tenebrionidae-۹	شپشه های آرد	*Triboium confusum, T. castaneum*	آرد و سبوس غلات	〃 (گرمسیر و معتدل)
Curculionidae-۱۰	شپشه گندم	*Sitophilus granaries*	غلات با ترجیح میزبانی گندم	〃 (گرم و مرطوب)
Curculionidae-۱۱	شپشه برنج	*Sitophilus oryzae*	غلات به ویژه برنج-گاهی عدس	〃 (گرم و مرطوب)
[۱]Chrysomelidae-۱۲	سوسک لوبیا	*Acanthoscelides obtectus*	لوبیا	〃 (سردسیر-گرم و مرطوب)
Chrysomelidae-۱۳	سوسک چینی	*Callosobruchus chinensis*	انواع حبوبات به ویژه لوبیا چشم بلبلی	〃 (گرمسیر و نیمه سردسیر)
Chrysomelidae-۱۴	چهار نقطه ای	*Callosobruchus maculates*	انواع حبوبات	
Chrysomelidae-۱۵	سوسک برزیلی	*Zabrotes subfasciatus*	باقلا و سویا	〃 (گرمسیری)
Chrysomelidae-۱۶	سوسک‌نخود فرنگی	*Bruchus pisorum*	نخود	〃 (گرمسیر و نیمه سردسیر)
Chrysomelidae-۱۷	سوسک باقلا	*Bruchus rufimanus*	باقلا، نخود و لوبیا	〃 (سردسیر-گرمسیر)
Chrysomelidae-۱۸	سوسک عدس	*Bruchus lentis*	عدس	〃 (سردسیر و معتدل)
Pyralidae-۱۹	شب پره آرد	*Ephestia kuehniella*	آرد غلات و مواد نشاسته ای	〃 (گرمسیر و معتدل)
Pyralidae-۲۰	شب پره هندی	*Plodia interpunctella*	غلات و حبوبات (پلی فاژ)	〃 (گرم و مرطوب)
Gelechidae-۲۱	بید غلات	*Sitotroga cerealella*	غلات	〃 (گرمسیر و نیمه گرمسیر)
Acaridae-۲۲	کنه آرد	*Acarus siro*	دانه ها و آرد غلات	〃 (سردسیر-معتدل)
Muridae-۲۳	موش سیاه	*Rattus rattus*	غلات و حبوبات (همه چیز خوار)	〃 (گرم و سرد)

[۱] در بین خانواده‌های سخت‌بالپوشان، این خانواده قبلا به نام *Bruchidae* معروف بودند که امروزه جایگاه سیستماتیک آنها به سطح زیر خانواده *Bruchinae* تغییر یافته و خود در خانواده *Chrysomelidae* قرار گرفتند. [۲] از نظر پراکنش کلیه گونه‌های قید شده در این جدول همه جازی بوده و تقریبا در اغلب نقاط دنیا یافت می‌شوند. [۳] منطقه آب و هوایی که آفت در آن شرایط می‌تواند حداکثر تولید مثل و خسارت را به محصول وارد نماید (۷).

مهندسی در احداث انبار، بهداشت در ذخیره سازی

احداث انبارهای استاندارد، دینامیک و مهندسی شده مطابق با نوع محصول، می‌تواند به حفظ سلامت محصولات مختلف طی انبارداری کمک فراوانی نماید (۱۷). معمولاً انبارهایی که برای نگهداری چند ماهه غلات و حبوبات به کار می‌روند، به دو صورت روباز (انبارهای شیروانی، چادری و خانگی) و نفوذناپذیر و مکانیزه (انبارهای استوانه‌های فلزی و بتنی) هستند. سیلوهای مکانیزه از نظر مصالح کاربردی به دو نوع بتنی (مخازن استوانه ای یک شکل به نام کندو) و فلزی (ساخته شده با ورق‌های فولادی گالوانیزه) و سوله با ورق‌های پلی‌کربناته تقسیم می‌شوند (۱۷). برای حفظ محصولات از گزند عوامل خسارت زای زنده و غیرزنده، در مهندسی ساخت انبارها رعایت این موارد الزامی است: ۱- دیوارها و کف انبارها بایستی به طور کامل نسبت به گرما و رطوبت نفوذناپذیر باشند تا در زمان کاربرد سموم تدخینی (گازی) مشکلی ایجاد نشود.

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

۲- سیلوهایی فلزی برای مناطق مرطوب و بارانی مناسب نیستند و در صورت احداث باید از آلیاژهای مقاوم به خوردگی مثل آلومینیوم استفاده شود. ۳- در مناطق گرمسیر و بیابانی برای جلوگیری از گرم شدن فضای داخل انبار، که مناسب برای فعالیت انواع آفات است از آهن گالوانیزه استفاده شود در غیر این‌صورت سطح خارجی انبارها با رنگ سفید اندود شود. ۴- بیشترین دریافت گرما در مناطق با عرض جغرافیایی کم از دیوارهای جنوبی و شرقی صورت می‌گیرد لذا در این مناطق مهندسی انبار باید به گونه‌ای انجام شود که کمترین سطح به این دیوارها اختصاص داده شود. ۵- حشرات طی فعالیت ضمن تغذیه و متابولیسم، تولید انرژی (گرما) و دی اکسید کربن می‌کنند و به علت وجود محتوی رطوبتی در دانه ها، رطوبت انبار نیز همزمان بالا می‌رود و این باعث افزایش جمعیت حشرات و هجوم قارچ‌هایی چون آسپرژیلوس، فوزاریوم و پنی‌سیلیوم به انبارهای غلات و حبوبات می‌شود، لذا باید دستگاه‌های سنجش دائمی دی اکسید کربن، سنجش دما و رطوبت در انبارها استفاده گردد تا در صورت ایجاد کوچکترین نوسانات در هر یک از این پارامترها با اعمال مدیریت صحیح از فساد محصول جلوگیری نمود. به طور کلی نفوذناپذیری انبارها علاوه بر حفظ طولانی مدت محصول و ممانعت از فعالیت سریع حشرات، باعث سهولت در پایش دقیق انبار شده به طوری‌که کوچکترین تغییرات داخل انبار به راحتی با استفاده از تکنولوژی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری بررسی می‌شود (۱۷،۱۸).

هوادهی و کنترل حرارتی

در فصل سرما، بسته به حجم و اندازه سیلوها، بخش خارجی غلات سرد و بخش مرکزی آنها گرم و ایده آل برای رشد حشرات و قارچ‌های عامل پوسیدگی هستند (۱۹). امروزه به منظور حفظ سلامت محصولات کشاورزی و افزایش مدت زمان ذخیره سازی آنها، کنترل حرارتی و هوادهی (Aeration) به دو صورت هوادهی خشک برای کاهش رطوبت انبار و تهویه‌ای برای کاهش رطوبت بذر به‌کمک سیستم‌های کامپیوتری صورت می‌گیرد (۱۹). کاربرد جریان هوا در انبارهای مواد غذایی می‌تواند شرایط زیستی آفات را طوری تغییر دهد که منجر به کنترل بیوفیزیک جمعیت آنها شود لذا یک ابزار کاربردی در انبار غلات می‌باشد (۲۰). گرمادهی و یا سرمادهی برپایه پاسخ رشدی حشرات آفت به دما انتخاب می‌شود. حشرات بهترین رشد را در دامنه ۲۵ تا ۳۲ درجه سلسیوس دارند به‌همین علت فعالیت رشدی و تکثیر اکثر حشرات زیان آور انباری در دماهای بالا (۳۵-۳۳ درجه سلسیوس) یا پایین (۲۴-۱۰ درجه سلسیوس) کند می‌شود (۲۱). با افزایش دما به بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس و کاهش آن به پایین تر از ۱۳ درجه سلسیوس مرگ و میر آغاز می‌شود و در دامنه‌های بالا (۵۰ تا ۶۲ درجه سلسیوس) و خیلی پایین (دمای ۱۵- تا ۲۵- درجه سلسیوس) همه مراحل زیستی در مدت کمتر از یک ساعت از بین می‌روند (۴). عدم به‌جا گذاشتن باقیماند و عدم بروز مقاومت از مزایای این روش و گران بودن تجهیزات و احتمال آسیب به برخی محصولات از معایب آن می‌باشد (۴). کاربرد تلفیقی سرمادهی با حشره کش‌های نسل جدید مثل اسپینوساد برای کنترل آفات انباری اقتصادی غلات بسیار موثر گزارش شده است (۲۲). همچنین غلات سرمادهی شده در رطوبت بالاتر بهتر حفظ می‌شوند (۴).

پودرهای خنثی و حفاظت‌کننده های بذر

پودرهای خنثی (Inert dusts) از نظر شیمیایی غیرفعال ولی از نظر فیزیکی قابلیت کشتن حشرات را دارند (۲۳،۲۴). این پودرها مثل پودر کائولینت (خاک چینی) و خاک دیاتومه (Diatomaceous earth) به دلیل ارزان و سالم بودن و داشتن دوره حفاظتی بلند مدت برای حفاظت غلات، بقولات و دانه‌های روغنی در بسیاری از کشورها به تنهایی یا به صورت تلفیقی با روش‌های شیمیایی و بیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۴،۲۵). خاک‌های دیاتومه فرموله شده بسیار سبک و متخلخل بوده و از طریق خراش دادن اپی‌کوتیکول حشره و جذب لایه مومی پوست باعث دهیدراته شدن حشره و مرگ آن می‌شود (۲۴) و به همین دلیل انتخابی عمل کرده و سمیت فوق العاده کمی برای پستانداران داشته و بسیار بی‌خطر هستند (۲۶) و جایگزین بسیار خوبی برای مدیریت مقاومت آفات به سموم شیمیایی در خیلی از کشورها می باشند. در حال حاضر مشکلات مربوط به چسبندگی بذر توسط خاک دیاتومه در مناطق مرطوب، با تولید فرمولاسیون‌های جدید و کاربرد غلظت‌های استاندارد متناسب با شرایط فیزیکی بذر و کنترل تلفیقی با عوامل بیمارگر حشرات مرتفع شده است (۲۴).

از برخی از مهمترین فرمولاسیون‌های استاندارد خاک دیاتومه (Dri-Die®, Protect-It®, Dryacide®,Silicosec®, Insecto®, Celatom® DE) هستند که با غلظت یک میلی‌گرم خاک دیاتومه در یک کیلوگرم بذر برای کنترل آفات انباری غلات و حبوبات استفاده می‌شوند و اثر حفاظتی آنها در برابر آفات از ۶ تا ۱۲ ماه می‌باشد (۲۵). در ایران پودر سیلیس یا درای ساید با فرمولاسیون P80% به میزان یک و نیم گرم برای هر کیلوگرم گندم وقتی بذر به عنوان خوراک دام استفاده می‌شود توصیه می‌گردد (۲۷). با توجه به مقرون به صرفه بودن، عدم فساد، سمیت کم و سهولت کاربرد، خاک‌های دیاتومه ابزار مناسبی برای کاربرد در انبارهای مراکز نظامی می‌باشند. نتایج تحقیقات جدید ما نشان داده که ترکیب خاک دیاتومه و قارچ عامل کنترل بیولوژیک نقش بسیار موثری در کنترل شپشه دندانه دار غلات و سوسک چهار نقطه ای حبوبات فعال در انبارهای نظامی دارد (Pourian *et al*, unpublished data).

کاربرد امواج الکترومغناطیسی

در بسیاری از کشورها سالانه به‌طور متوسط ۱۸۵۰۰۰ تن مواد غذایی به منظور آلودگی زدایی و ممانعت از شیوع بیماری‌های غذازاد و نیز آلودگی کالاها به آفات مضر و قرنطینه‌ای با استفاده از اشعه‌های یونیزه و غیریونیزه پرتودهی می‌شوند (۲۸). در پرتودهی از اشعه های یونیزه ایکس و گاما با طول موج کوتاه و انرژی زیاد

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

استفاده می‌کنند (۲۸). از اشعه ایکس تا سطح انرژی ۷/۵ مگا الکترون ولت برای پرتودهی و آلودگی زدایی آفات مختلف غلات، حبوبات و مواد غذایی استفاده می‌شود ولی نفوذپذیری آن نسبت به اشعه گاما کمتر است (۲۸،۲۹). اشعه ایکس در دوز ۰/۵ کیلوگری (واحد جذب اشعه، KGery) برای توقف کامل مراحل تولیدمثلی کلیه حشرات انباری مناسب است البته درباره گونه‌های سخت بالپوشان مقدار دوز توصیه شده کمتر از این مقدار است (۲۸،۳۰). از جمله مزایای کاربرد اشعه ایکس می‌توان به سرعت تاثیر، روی غلات، موثر بودن روی آفات مقاوم به فسفین، عدم تاثیر سوء روی لایه ازن، عدم وابستگی به دمای محیط، نداشتن تاثیر روی گرمایش زمین و به‌جا نگذاشتن باقیمانده روی محصولات انباری اعم از غلات، حبوبات و سایر مواد غذایی اشاره کرد (۲۹). احتمال آلودگی مجدد محصول پس از پرتودهی، تغییر طعم آرد غلات در دوزهای بالا (در برخی موارد) و مقرون به صرفه نبودن تجهیزات پرتودهی از جمله معایب کاربرد اشعه ایکس می‌باشد (۲۳). امواج غیریونیزه مانند امواج ماکروویو نیز برای کنترل آفات انباری استفاده می‌شوند (۳۰). اشعه فرابنفش (طول موج ۱۰ تا ۴۰۰ نانومتر و فوتون انرژی ۳ تا۱۲۳ الکترون ولت) نیز پتانسیل خوبی برای کنترل آفات بهداشتی و نیز انباری مهم مثل شپشه های آرد و شب پره *Cadra cautella* دارد (۳۱). بنابراین به دلیل در دسترس بودن لامپ‌های تولید فرابنفش، سهولت نصب و دامنه کاربرد، این روش برای کنترل آفات در انبارهای مراکز نظامی توصیه می‌شود.

پیام رسان‌های شیمیایی برای کنترل آفات انباری

پیام رسان‌های شیمیایی (سمیوکمیکال‌ها) براساس ایجاد اختلال در رفتارهای عادی حشرات هدف عمل می‌کنند و امروزه به عنوان یکی از تاکتیک‌های مهم مدیریت تلفیقی در کنترل انواع آفات کشاورزی، آفات انباری و قرنطینه ای کاربرد دارند (۳۲،۳۳). به طور کلی از این ترکیبات برای ردیابی حشرات، گزارش مقاومت به حشره کش‌ها، کنترل مستقیم آفات استفاده می‌شود (۳۲،۳۳). به‌خصوص در مزارع، انبارها و بنادر، تله گذاری فرمونی می‌تواند به عنوان یک روش پیشرو و کاربردی برای ردیابی و مشخص کردن فعالیت حشرات کامل قرنطینه ای (که ممکن است با ورود آنها امنیت غذایی هر کشوری به خطر بیافتد) استفاده شود (۳۲،۳۳). برای صید انبوه از تله‌های فرمونی جنسی سنتزی و تجاری شده (نر یا ماده) استفاده می‌شود. شرکت سازنده ممکن است برای افزایش کارایی جذب، این تله‌ها را به‌طور همزمان به سایر مواد جلب کننده یا کشنده حشرات هدف (بوهای غذایی، طعمه مسموم) مجهز کند. هدف صید انبوه، جلوگیری از خسارت حشرات قبل از تغذیه و تخمریزی می‌باشد (۳۲). استفاده از این تکنیک در مناطق ایزوله و بسته مثل انبارها حداکثر کارایی را دارد در انبارهای غلات و حبوبات از این تکنیک برای جلب و کشتن بالپولکدارانی از قبیل بیدهای آرد (هر دو با کاربرد فرمون جنسی ماده)، شب پره هندی و سخت بالپوشان فعال روی انواع غلات مانند سوسک توتون،شپشه آرد، سرخرطومی سیتوفیلوس و شپشه دندانه دار غلات استفاده شده است (۳۲،۳۳). دوام فرمون‌های جنسی بسته به گونه حشره طی ۶ تا ۲۶ هفته می‌باشد (۲۳). از جمله مزایای این فرمون‌ها می‌توان به عدم تاثیر روی گونه‌های غیرهدف (فرمون‌های جنسی برای جذب جنس مخالف هر گونه به صورت اختصاصی آن گونه طراحی می‌شوند)، نداشتن مشکلات سموم شیمیایی و مقرون به صرفه بودن اشاره کرد (۳۲). بنابراین با توجه به موارد ذکر شده و سهولت نصب و کاربرد، در صورت شناسایی هر یک از آفات که دارای فرمون جنسی تجاری باشد می‌توان در انبارهای نظامی برای کنترل آن بهره جست.

کنترل شیمیایی

حشره کش‌های شیمیایی اعم از ترکیبات پایریتروییید (پیرترین، دلتامترین+پایپرونیل بوتاکساید)، ارگانوفسفره‌ها (پیریمیفوس متیل، دیکلروووس، فنیتروتیون و مالاتیون) به دلیل کنترل طیف وسیع آفات، ارزان بودن، دوام بالا، ایجاد مرگ ومیر بالا روی آفات، در انبار مورد توجه می‌باشند (۳۴،۳۵)، اینها معمولا حدود ۱۵ تا ۳۰ روز قبل از ذخیره سازی مواد غذایی در انبار و برای آلودگی زدایی احتمالی در فضای خالی انبار استفاده می‌شوند (۳۴). برای مثال پیریمیفوس متیل و دیکلروووس به‌دلیل فشار بخار بالایی که دارند به صورت تدخینی یا گازدهی برای پاکسازی انبار از آفات قبل از ورود محموله جدید استفاده می‌شوند (۳۶). پرکاربردترین حشره کش‌های تدخینی یا فومیگانت که برای بهداشت انبارهای مواد غذایی، کشاورزی و حذف آفات قرنطینه ای بسیار مورد استفاده قرار گرفته‌اند متیل بروماید و فوستوکسین (فسفین) هستند (۳۷،۳۸). این ترکیبات گازی، بسیار فرار و نفوذ کننده بوده و عمدتا از طریق منافذ تنفسی حشرات وارد شده و باعث مرگ آنها می‌شوند ولی از آنجا که برای پستانداران بسیار سمی هستند لذا باید با احتیاط زیاد مورد استفاده قرار گیرند (۳۷). با وجود اینکه متیل بروماید سریع‌ترین ترکیب تدخینی است و به همین دلیل در اکثر کشورها برای نابودی آفات غلات و حبوبات استفاده شده است ولی متاسفانه مشکل عمده آن از بین بردن لایه ازون بوده (۳۸) و همین مساله باعث شده که در آغاز قرن جاری قوانین بین المللی مصرف این فومیگانت با سخت‌گیری همراه باشد و منحصراً در شرایط حاد مثل کنترل آفات قرنطینه قبل از حمل و نقل، از آن استفاده شود (۳۸). طی دو دهه اخیر کشورها به دنبال جایگزین مناسب برای این ترکیب بوده‌اند و بنابراین تاکنون ازن، دی اکسید کربن، کربونیل سولفاید و متیل فسفین و دی اکسید کلرین در این زمینه ثبت شدند (۳۸،۳۹). فوستوکسین (معروف به قرص برنج) هم در واقع به فرم فسفید آلومینیوم یا فسفید منیزیوم جامد می‌باشد که در اثر برخورد با رطوبت (آب) سریعا به‌صورت گاز فسفین آزاد می‌شود. گازی ارزان بوده که در سیلندرهای حاوی دی اکسید کربن (ECO_2FUME) و نتیروژن (FRISIN) هم عرضه می‌شود که حداکثر کارایی این ترکیب در انبارهای مدرن نفوذناپذیر و تمام اتوماتیک می‌باشد (۳۷).

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

فرمولاسیون‌های رایج این ترکیب به صورت پلیت (برای ضدعفونی آرد) و قرص برای بیش از ۳۱ محصول استفاده می‌شود. در ایران برای کنترل آفات انباری به ویژه در مناطق نظامی از فرمولاسیون Blanket 56% (فسفید آلومینیوم) به میزان سه تا هشت گرم در هر متر مکعب فضای بسته و نیمه باز و فرمولاسیون Plate 56% (فسفید منیزیوم) به مقدار یک پلیت در ۳۰ متر مکعب توصیه می‌شود (۲۷). امروزه یکی از مشکلات ایجاد شده برای فسفین بروز مقاومت برخی آفات انباری به این فومیگانت است (۳۵). گاز دهی با ازن روش دیگر کنترل آفات انباری است. گاز ازن (آلوتروپ اکسیژن) به دلایل نیمه عمر کوتاه، طبقه بندی به عنوان ترکیب سالم، غیر سمی بودن، عدم ترکیب شدن با سایر ترکیبات شیمیایی، نداشتن باقیماندگی روی محصول و عدم نیاز به هوادهی بعد از کاربرد (۴۰)، باعث برتری آن نسبت به حشره کش‌های رایج شده است (۲۳). ازن یک استریل کننده بوده و در غلظت ۵۰ ppm علاوه بر حشرات، برای باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و پروتوزوئرها نیز بسیار سمی بوده (۴۰) و ضمن نابودی آفات غلات روی تغییر حجم غله، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب گندم هم تاثیری ندارد (۴۱) لذا می‌تواند یک راه حل جایگزین برای مدیریت حشرات مقاوم به حشره‌کش‌های شیمیایی در انبارهای نفوذ ناپذیر مورد استفاده قرار گیرد (۴۱, ۴۲).

آفت‌کش‌های بایورشنال

بایورشنال‌ها شامل مجموعه ترکیباتی جدید، مقرون به صرفه، سازگار با محیط زیست، غیرسمی برای پستانداران و با منشا گیاهی یا میکروبی می‌باشند (۴۳). بایورشنال‌ها شامل سه گروه حشره‌کش‌های بیوشیمیایی (ترکیبات گیاهی، تنظیم کننده‌های رشد حشرات، ترکیبات جلب کننده، ترکیبات دور کننده و ترکیبات ضدتغذیه‌ای یا مقاومت آنتی بیوزی)، گازهای اتمسفری (نیتروژن و دی اکسید کربن) و حشره‌کش‌های زیستی براساس ویروس‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌های بیمارگر حشرات نظیر ترکیب تجاری داپپل، اسپینوساد و آورمکتین می‌باشند (۴). از جمله ترکیبات گیاهی که باعث کنترل موثر طیف وسیعی از آفات انباری می‌شوند و حتی نقش دور کنندگی آنها نیز به اثبات رسیده است (۴)، می‌توان به پیرترین، آزادیراختین (از درخت چریش *Azadirachta indica*) و عصاره های گیاهی مختلف مانند اُکالیپتوس، سیر، دارچین و روغن‌های گیاهی مثل روغن نیم و رزماری اشاره کرد که معمولا سمیت کمی برای پستاندارن داشته ولی به‌دلیل اینکه در برابر نور و هوا سریع شکسته می‌شوند، نیمه عمر کوتاهی دارند و این دوام کوتاه از اثربخشی آنها می‌کاهد (۴۴, ۴۵). امروزه توسعه و کاربرد فرمولاسیون‌های نانوکپسول بهینه شده از عصاره‌های گیاهی مثل رزماری برای مدیریت آفات انباری گندم نیز مورد توجه قرار گرفته است (۴۵). کاربرد ارقام مقاوم گیاهی به حشرات گیاه‌خوار به ویژه آفات انباری، براساس مکانیسم مقاومت آنتی بیوزی (ضد زیستی) یکی از روشهای بیورشنال می‌باشد که در اینجا متابولیت‌های ثانوی گیاهان باعث ایجاد اختلال در رشد و نمو آفات می‌شوند (۴۶, ۴۷). در این راستا امروزه برای کاهش مصرف سموم، کاربرد تلفیقی ارقام مقاوم و غلظت‌های زیرکشندگی آفت‌کشهای شیمیایی و گیاهی مورد توجه واقع شده‌اند (۴۷). ترکیبات گیاهی تنظیم کننده های رشد حشرات (Insect growth regulators)، کاملا انتخابی عمل کرده و از طریق ایجاد اختلال در سیستم غدد درون‌ریز و روند رشد و نمو حشرات، باعث مرگ آنها می‌شوند (۴۸). آفت‌کش متاپرن، یکی از این ترکیبات می‌باشد که با کنترل موثر سوسکها و پروانه ها، کاربرد وسیعی در انبارهای غلات، حبوبات و مواد غذایی دارد (۴۹). گاهی اوقات به منظور کنترل انواع شپشه آرد و پروانه بید آرد، در صنعت بسته بندی پلیمرهای پلاستیکی را به این ترکیب آغشته می‌کنند (۴۹،۵۰). در مدیریت آفات انباری استفاده از غلظت‌های کشنده گازهای اتمسفری (نیتروژن و دی اکسیدکربن) به عنوان یک روش جایگزین برای فومیگانت‌های شیمیایی می‌باشند (۴۲،۵۱). از آفت‌کش‌های بایورشنال (مثل اسپینوساد، تیامتوکسام، ایمیداکلوپرید و ایندوکساکارب) می‌توان در مدیریت حشرات انباری ناقل قارچ *Aspergillus parasiticus* (عامل آفلاتوکسین‌های سرطان زا) استفاده کرد (۵۲). در ایران اسپینوساد برای سمپاشی انبارهای خالی توصیه می‌گردد (۲۷). گاهی اوقات برای بهبود اثر حشره‌کش‌های مایع (نظیر دلتامترین و متاپرن) آنها رو به صورت فرمولاسیون تحت فشار یا آئروزول‌ها (Aerosols) مصرف می‌کنند. از آنجا که این فرمولاسیون تحت فشار می‌باشد، نفوذ بالایی در منافذ انبار و توده غله دارد (۵۳). کپسول سوسپانسیون (CS) یک فرمولاسیون جدید است که در انبار برای آغشته کردن غلات به آفت‌کش استفاده می‌شود (۵۴). در مورد آفات قرنطینه‌ای و به‌منظور جلوگیری از ورود و گسترش آنها، در مبداء، توده های بذر غلات را با ترکیبی از حشره کش‌های پایریتروییدی و تنظیم کننده رشد آغشته می‌کنند (۵۵). هیچگاه کاربرد یک ترکیب بایورشنال به تنهایی و برای طولانی مدت توصیه نمی‌شود چرا که تحت فشار سم‌پاشی احتمال بروز مقاومت افزایش می‌یابد. همان-گونه که مقاومت به برخی تنظیم کننده های رشد حشرات گزارش شده است (۵۶). لذا بهتر است روش‌های کنترل به صورت تناوبی و تلفیقی با یکدیگر به کار گرفته شوند.

کنترل بیولوژیک افات آنباری

کنترل بیولوژیک کاربرد ارگانیسم های زنده یا همان دشمنان طبیعی حشرات مثل پارازیتوییدها، شکارگرها و انتوموپاتوژن‌ها یا بیمارگرهای حشرات علیه آفات برای کنترل جمعیت آنها می‌باشد (۵۷). عوامل کنترل بیولوژیک به راحتی در انبار گسترش می‌یابند و به طور فعال به آفات انباری در توده غله حمله می‌کنند، از طرفی به آسانی با روشهای معمول تمیز کردن غلات (مثل بوجاری) حذف می‌شوند (۴). این عوامل دارای مزایایی از قبیل سازگاری با محیط زیست، داشتن تخصص میزبانی، عدم تاثیر روی سایر گونه‌های غیر هدف از جمله انسان هستند که آنها را تبدیل به عواملی بی‌خطر

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

برای کاربرد در محصولات غذایی نموده است (۵۸). از عوامل میکروبی می‌توان به باکتری گرم مثبت و خاکزی *Bacillus thuringiensis* یا Bt اشاره کرد که در بین آفت‌کش‌های زیستی بیشترین موفقیت را از نظر تجاری‌سازی کسب نموده است (۵۹). از فرمولاسیون‌های Bt، معمولا به‌صورت پیشگیری در انبارهای خالی و یا روی سطح توده غلات غیرآلوده استفاده می‌شود هر چند که در صورت طغیان آفات در مدت انبارداری نیز می‌توان از آنها استفاده کرد. دومین گروه از عوامل بیولوژیک میکروبی، قارچ‌های بیمارگر حشرات (راسته Hypocreales) هستند که مهمترین آنها گونه‌های *Beauveria bassiana*، *Metarhizium anisopliae*، *Lecanicillium muscarium* هستند که تجاری سازی شده و در سطح مزارع کشاورزی، گلخانه ها و به ویژه انبارها علیه آفات متعدد انباری استفاده می‌شوند (۵۸). در بیش از ۲۰ تحقیق معتبر بین المللی نتایج حاکی از موفقیت این عوامل در کنترل آفات انباری بوده‌اند (۵۸). فرمولاسیون‌های تجاری ثبت شده قارچ‌های بیمارگر حشرات مثل Green Muscle و Green Guard (حاوی ماده موثر *M. anisopliae*) و Naturalist-L (ماده موثر *B. bassiana*) به دلیل تخصص میزبانی هیچ‌گونه عوارض سویی روی گونه‌های غیرهدف ندارشته و بنابراین از نظر کاربرد در محصولات غذایی انباری ایمن می‌باشند (۶۰). استفاده از فرمولاسیون های جدید برای قارچ‌های بیمارگر حشرات (مانند پودرهای الکترواستاتیکی باردار) و کاربرد نوآورانه آنها به‌صورت ترکیب با خاک دیاتومه و یا استفاده در تله های لور با داشتن اثر سینرژیستی، باعث افزایش کارایی آنها می‌شود (۶۱). امروزه در اکثر کشورها پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در مورد توسعه و فرآوری قارچ‌ها با استفاده از فن‌آوری‌های زیستی نوین صورت گرفته است در همین راستا طی دهه اخیر در داخل کشور نیز پروژهای تحقیقاتی متعدد از نظر غربالگری‌های آزمایشگاهی جدایه‌های بومی و سازگار با شرایط ایران صورت گرفته یا در حال انجام می‌باشد ولی متاسفانه در زمینه فرمولاسیون این عوامل کنترلی مفید تحقیقات بسیار کمی صورت گرفته است. اخیرا نتایج نشان دادند ترکیب کنیدی خشک قارچ‌های بیمارگر حشرات (۱۰۰۰ ppm) با غلظت زیر کشنده (LC_{25}) خاک دیاتومه SelicoSec باعث کنترل مطلوب آفات غلات و حبوبات در انبارهای نظامی شده است (Pourian *et al*, unpublished data).

نتیجه‌گیری

برای ایجاد امنیت غذایی در حوزه کشاورزی و مبارزه با تهدیدات بیوتروریسم و آگروتروریسم، علاوه بر تولید محصولات استراتژیک در داخل کشور، باید به نحوه ذخیره سازی و حفاظت آنها در برابر آفات انباری و مایکوتوکسین‌ها نیز توجه جدی نمود تا در نهایت مواد غذایی سالم و با کیفیتی به اقشار مختلف جامعه از جمله تامین کنندگان امنیت کشور عرضه شود. آستانه و سطح زیان اقتصادی آفات انباری برخلاف آفات موجود مزرعه بسیار پایین است چرا که در انبار، آفات به‌طور مستقیم ثمره نهایی محصول را مورد هجوم قرار می‌دهند و بنابراین آستانه زیان اقتصادی اکولوژیک تقریبا به صفر می‌رسد. این نشان از عدم تحمل کمترین تراکم آفت و نیز وجود حساسیت بالا در نحوه ذخیره سازی محصولات پر مصرف مثل غلات و حبوبات دارد. ارزش ذخیره‌سازی مناسب، حفظ سلامت و بهداشت مواد غذایی در کلیه انبارهای کشور به ویژه انبارهای مراکز نظامی، که به لحاظ موقعیت معمولا دور از مراکز شهری و در نقاط استراتژیک ایجاد می‌شوند، بسیار مهم می‌باشد. همان‌گونه که در مباحث پیشین بیان شد، برای مدیریت آفات انباری راهکارهای متعددی وجود دارد ولی همه آنها قابل اجرا در انبارهای مواد غذایی نظامی نیستند و لذا احتمال آلودگی به آفات و عوامل بیماری‌زا بالاتر می‌رود چرا که محل و نحوه احداث آنها، کمبود بهره‌مندی از زیرساخت‌های شهری و کمتر بودن تجهیزات امکان به‌کارگیری روش‌های موثر و پرهزینه‌تر کنترل نظیر پرتودهی را محدود می‌کند و بنابراین در این مقاله سعی شد که راهکارهای ساده، سریع، مقرون به صرفه، در دسترس و در عین حال کارآمد برای مدیریت آفات موجود در این انبارها معرفی گردد که مهمترین آنها شامل رعایت مهندسی در ساخت انبارهای کوچک و نفوذناپذیر مثل انبارهای استوانه‌ای، کاربرد تلفیقی ترکیبات بایورشنال با ترکیبات شیمیایی کم خطر و جدید برای ضدعفونی انبارهای خالی و آغشته کردن دیوارها به این ترکیبات قبل از ذخیره سازی، گازدهی اماکن بسته با فومیگانت‌های سازگار با محیط زیست و استفاده از خاک‌های دیاتومه فرموله شده می‌باشند. همچنین استفاده از سیستم بسته بندی حفاظتی مثل کیسه‌های پروپیلنی آغشته به ترکیبات بایورشنال که بی‌خطر هستند در انبارهای روباز یا نفوذپذیر توصیه می‌شود. روش توصیه شده دیگر این است که پس از ذخیره سازی مواد غذایی و قبل از شروع خسارت با نصب حداکثر یک یا دو تله فرمونی به‌خصوص در انبارهایی که قبلا آلوده بوده‌اند، آفات را ردیابی نمود. در زمینه سالم سازی انبار و محصولات توصیه می‌شود حتی الامکان انبارها نفوذناپذیر و ایزوله احداث شوند، بیشترین احتمال آلودگی به حشرات و جوندگان در انبارهای روباز با روکش پلاستیکی وجود دارد. احداث انبارها حتی الامکان باید براساس آیین‌نامه فنی احداث تاسیسات استاندارد ذخیره غلات مواد غذایی صورت گیرد. انبارهای غلات و حبوبات باید دارای سیستم تخلیه و بارگیری مکانیزه، دستگاه الک یا بوجاری، تهویه صنعتی برای جذب گرد و غبار، سیستم دوران محصول جهت یکسان سازی دما و رطوبت و در نهایت دارای سیستم هوادهی (سرما، گرما و گازدهی) مطابق با استانداردها باشد. انبارهای فلزی استوانه‌ای با ورق گالوانیزه بهترین گزینه برای احداث انبار در شرایط ایران و مناطق نظامی می‌باشد، نفوذناپذیری، سهولت در ساخت و اجرا با هزینه کم، طول عمر بالا، وزن پایین سازه، مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی و سهولت نظافت و تجهیز آن از مهمترین مزایای این انبارها

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

می‌باشند، نیز شرایط انواع روش‌های گازدهی در این انبارها به راحتی فراهم می‌گردد. کف انبارها ترجیحا بتنی و عایق باشد تا از نفوذ رطوبت و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا جلوگیری شود، در مناطق گرمسیر انبارهای فلزی احداث نشود مگر اینکه دیوارها عایق حرارتی داشته باشند، برای کاهش جذب گرما سقف و سطوح دیوارها با رنگ سفید اندود شوند، از بکار بردن ترکیبات قلیایی (کاهنده اثر حشره‌کش‌ها) مثل دوغاب آهک در انبارها خوداری گردد. بعد از یک دوره ذخیره سازی محصول قبلی از نظر وجود آفات بررسی شود و در صورت خالی بودن انبار قبل از ذخیره محصول ضدعفونی کامل صورت بگیرد. در مورد محصولات توصیه می‌شود از پذیرش و انبار کردن بذر و دانه (به ویژه در محصولات استراتژیک مثل گندم) با محتوی رطوبتی بالای ۱۳ ٪ خودداری گردد. محصول حداقل آسیب دیدگی دانه را داشته باشد و محصولات حتما غربال یا بوجاری شده باشند. دما، رطوبت و سطح گاز دی اکسید کربن مداوم کنترل شوند. در پایان، با توجه به افزایش روزافزون جمعیت بشر، کمبود منابع غذایی و تهدید سلامت جامعه در صورت فقدان مواد غذایی سالم، انجام تحقیقات بیشتر برای یافتن روش‌های کنترل آفات انباری که ساده‌تر و موثرتر و در عین حال برای انسان و دام بی‌خطر باشند ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی: از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله سپاسگزاری می‌گردد. همچنین نگارندگان از کتابخانه مرکزی دانشگاه رازی برای فراهم کردن فرصت دانلود مقالات و کتب مرتبط با موضوع تحقیق قدردانی نموده و حداکثر تلاش را دارند تا با رعایت منبع نویسی و امانت‌داری در انتقال داده-های و نتایج پژوهش‌های مورد استفاده، صادقانه عمل کند.

تضاد منافع: نگارندگان تصریح می‌نمایند که هیچگونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- در راستای حفظ امنیت غذایی نیروهای نظامی، ایجاد انبارهای مدرن فلزی سبک، کاهش مصرف سموم خطرناک، شناسایی و پایش و کنترل مداوم آفات قرنطینه، اتخاذ راهبردهای نوین برای کنترل آفات کشاورزی (کاربرد فرمون‌ها، کنترل بیولوژیک و آفت کش‌های اختصاصی جدید) طی دروه انبارداری توصیه می شود.
- حفظ امنیت غذایی در پدافند غیرعامل جایگاه ویژه ای داشته و هدف اصلی آن شامل توجه و خنثی کردن حضور بیوتروریسم در زمینه کشاورزی می باشد.
- تحریم محصولات کشاورزی به بهانه آلودگی به آفات، مصرف بالای سموم کشاورزی، افزایش بیماری ها در مصرف کنندگان و ایجاد وابستگی اقتصادی از اهداف بیوتروریسم در کشاورزی در راستای ایجاد نا امنی غذایی است.
- خسارت ناشی از آفات در محصولات کشاورزی در انبارهای نظامی و غیرنظامی عمدتا به صورت کمی (از دست رفتن بخشی از محصول)، کیفی (کاهش مرغوبیت ناشی از تغییر رنگ، ترکیب شیمیایی، بو و مزه) و بهداشتی (ایجاد بیماری در مصرف کنندگان) می باشد.

منابع:

1. Falahi E, ShokriJokari S, Ghazi S. The ways and means of Food Security provided and its position in passive defense. 2017.
2. Schrire B. Biogeography of the Leguminosae. Legumes of the world. 2005:21-54.
3. Serna-Saldivar SO. Cereal grains: laboratory reference and procedures manual: CRC Press; 2012.
4. Hagstrum DW, Phillips TW, Cuperus G. Stored product protection. Kansas State University, KSRE Publ S–156. 2012.
5. Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Van Otterdijk R, Meybeck A. Global food losses and food waste: FAO Rome; 2011.
6. Rajendran S. Detection of insect infestation in stored foods. Advances in food and nutrition research. 2005; 49:163-232.
7. Bagheri-Zenouz A. Pest of stored products and management to maintain, Biology of insects, Acari and microorganisms. 4 ed. 4, editor. Tehran: University of Tehran Press. [in Persian 2013]. 450 p.
8. Kumar R. Insect Pests of Stored Grain: Biology, Behavior, and Management Strategies. 2017.
9. Younesi G, Marouf A, Khoobdel M. Determining of clear and hidden infestation of stored cereals and beans with insect pest in warehouses. J Mil Med. 2012;14(1):33-39.
10. Khoobdel M, Ma'rouf A, Farajzadeh D, Vatani H, Riazipour M, Joneydi N. Abundance and diversity of pest arthropods in stored cereals in a military unit. J Mil Med. 2011;13(2):81-87.
11. Gorham JR. Ecology and management of food-indutry pests: Virginia, US: Association of Official Analytical Chemists; 1991.
12. FAO. World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2013.
13. Venter F. Genotypic diversity of Bacillus anthracis from 2014 to 2015 in the Kruger National Park: University of Pretoria; 2017.
14. Hagstrum DW, Flinn P. Modern stored-product insect pest management. Journal of Plant Protection Research. 2014;54(3):205-10.
15. Arlian LG, Platts-Mills TA. The biology of dust mites and the remediation of mite allergens in allergic disease. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2001;107(3):S406-S13.

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

16. Shankar U, Abrol DP. Integrated Pest Management in Stored Grains. Integrated Pest Management: Principles and Practice. 2012:386.
17. Hernandez Nopsa JF, Daglish GJ, Hagstrum DW, Leslie JF, Phillips TW, Scoglio C, et al. Ecological networks in stored grain: Key postharvest nodes for emerging pests, pathogens, and mycotoxins. BioScience. 2015;65(10):985-1002.
18. Ridley AW, Burrill PR, Cook CC, Daglish GJ. Phosphine fumigation of silo bags. Journal of Stored Products Research. 2011;47(4):349-56.
19. Flinn P, Hagstrum D, Muir W. Effects of time of aeration, bin size, and latitude on insect populations in stored wheat: a simulation study. Journal of economic entomology. 1997;90(2):646-51.
20. Arthur FH, Flinn PW. Aeration management for stored hard red winter wheat: simulated impact on rusty grain beetle (Coleoptera: Cucujidae) populations. Journal of economic entomology. 2000; 93 (4):1364-72.
21. Rees D, Subramanyam B, Hagstrum D. Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, NewYork–Basel–Hong Kong; 1996.
22. Flinn P, Subramanyam B, Arthur F. Comparison of aeration and spinosad for suppressing insects in stored wheat. Journal of economic entomology. 2004; 97(4):1465-73.
23. El-Aziz SEA. Control strategies of stored product pests. J Entomol. 2011;8(2):101-22.
24. Korunic Z. Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research. 1998;34(2-3):87-97.
25. Korunić Z. Diatomaceous earths: Natural insecticides. Pesticidi i fitomedicina. 2013;28(2):77-95.
26. Subramanyam B, Roesli R. Inert dusts. Alternatives to pesticides in stored-product IPM: Springer; 2000. p. 321-80.
27. PPO. List of Insect, plant diseases and weeds in Iran and registered pesticides for their control. Plant Protection Organization (PPO), Ministry of Agriculture, Islamic Republic of Iran. 2018:1-216.
28. Hallman GJ. Control of stored product pests by ionizing radiation. Journal of Stored Products Research. 2013;52:36-41.
29. Nagaraju A, Babu T, Babu B. Standardization of X-ray radiography methodology for the detection of hidden insect infestation in different varieties of groundnut. Environment and Ecology. 2017;35(4A): 2891-96.
30. Abdelaal A, El-Dafrawy B. Effect of Noionizing Electromagnetic Waves on Some Stored Grain. Journal of Entomology. 2014;11(2):102-08.
31. Faruki SI, Das DR, Khan AR, Khatun M. Effects of ultraviolet (254nm) irradiation on egg hatching and adult emergence of the flour beetles, Tribolium castaneum, T. confusum and the almond moth, Cadra cautella. Journal of insect science (Online). 2007;7:1-6.
32. Saha T, Chandran N. Chemical Ecology and Pest Management: A Review. International Journal of Cardiovascular Sciences. 2017;5(5):618-21.
33. Cox PD. Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. Journal of Stored Products Research. 2004;40(1):1-25.
34. Rumbos CI, Dutton AC, Tsiropoulos NG, Athanassiou CG. Persistence and residual toxicity of two pirimiphos-methyl formulations on wheat against three stored-product pests. Journal of Stored Products Research. 2018;76:14-21.
35. Agrafioti P, Athanassiou CG. Insecticidal effect of contact insecticides against stored product beetle populations with different susceptibility to phosphine. Journal of Stored Products Research. 2018;79:9-15.
36. Ileke K, Bulus D. Evaluation of contact toxicity and fumigant effect of some medicinal plant and pirimiphos methyl powders against cowpea bruchid, Callosobruchus maculatus (Fab.) [Coleoptera: Chrysomelidae] in stored cowpea seeds. Journal of Agricultural Science. 2012;4(4):279.
37. Reichmuth C, Jin ZX, Liang Q, Liang YS, Tan XC, LH. G. Fumigation for pest control in stored product protection–outlook. InProceedings 7th International Working Conference on Stored-Product Protection 1998. p. 311-18.
38. Rajendran S. Alternatives to methyl bromide as fumigants for stored food commodities. Pesticide Outlook. 2001;12(6):249-53.
39. Han GD, Jung YH, Kim BH, Chun YS, Na J, Kim W. Response of storage insect species to ClO2 fumigation conditions. Journal of Stored Products Research. 2018;79:112-15.
40. Isikber AA, Athanassiou CG. The use of ozone gas for the control of insects and micro-organisms in stored products. Journal of Stored Products Research. 2015;64:139-45.
41. Xinyi E, Subramanyam B, Li B. Efficacy of Ozone against Phosphine Susceptible and Resistant Strains of Four Stored-Product Insect Species. Insects. 2017;8(2):42.
42. Phillips TW, Throne JE. Biorational approaches to managing stored-product insects. Annual review of entomology. 2010;55.
43. Horowitz AR, P.C. E, I. I. Biorational Control of Arthropod Pests: Application and Resistance Management. Springer, Dordrecht. 2009:1-20.
44. Khater H. In Tech-Ecosmart biorational insecticides alternative insect control strategies (1) 2015.
45. Khoobdel M, Ahsaei SM, Farzaneh M. Insecticidal activity of polycaprolactone nanocapsules loaded with Rosmarinus officinalis essential oil in Tribolium castaneum (Herbst). Entomological Research. 2017;47(3):175-84.
46. Smith CM. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches: Springer Science & Business Media; 2005.
47. Tabadkani SM, Khoobdel M, Tavakoli HR. Host resistance enhances susceptibility of Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Chrysomelidae) to herbal extract of Echinophora platyloba. Entomological Research. 2017;47(1):28-34.

Downloaded from militarymedj.ir at 15:57 +0330 on Thursday October 8th 2020

48. Mondal KA, Parween S. Insect growth regulators and their potential in the management of stored-product insect pests. Integrated Pest Management Reviews. 2000;5(4):255-95.
49. Scheff DS, Subramanyam B, Arthur FH, Dogan H. Plodia interpunctella and Trogoderma variabile larval penetration and invasion of untreated and methoprene-treated foil packaging. Journal of Stored Products Research. 2018;78:74-82.
50. Scheff DS, Subramanyam B, Arthur FH. Susceptibility of Tribolium castaneum and Trogoderma variabile larvae and adults exposed to methoprene-treated woven packaging material. Journal of Stored Products Research. 2017;73:142-50.
51. Sadeghi R, Jamshidnia A. Effects of nitrogen and carbon dioxide mixtures on the mortality of five stored-product insects. Romanian Journal of Plant Protection. 2014;7:56-64.
52. Khan T, Shahid AA, Khan HA. Could biorational insecticides be used in the management of aflatoxigenic Aspergillus parasiticus and its insect vectors in stored wheat?. PeerJ. 2016;4:e1665.
53. Arthur F. Aerosols and contact insecticides as alternatives to methyl bromide in flour mills, food production facilities, and food warehouses. Journal of Pest Science. 2012;85(3):323-29.
54. Rumbos CI, Dutton AC, Athanassiou CG. Comparison of two pirimiphos-methyl formulations against major stored-product insect species. Journal of Stored Products Research. 2013;55:106-15.
55. Arthur F, Ghimire M, Myers S, Phillips T. Evaluation of Pyrethroid Insecticides and Insect Growth Regulators Applied to Different Surfaces for Control of Trogoderma granarium (Coleoptera: Dermestidae) the Khapra Beetle. Journal of economic entomology. 2018;111(2):612-19.
56. Daglish GJ, Holloway JC, Nayak MK. Implications of methoprene resistance for managing Rhyzopertha dominica (F.) in stored grain. Journal of Stored Products Research. 2013;54:8-12.
57. van Lenteren JC, Bolckmans K, Köhl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. Biocontrol. 2018;63(1):39-59.
58. Batta YA, Kavallieratos NG. The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. International Journal of Pest Management. 2018;64(1):77-87.
59. Jurat-Fuentes JL, Jackson TA. Chapter 8 Bacterial Entomopathogens. Insect Pathology. 2012. p. 265-349.
60. Zimmermann G. Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii. Biocontrol Science and Technology. 2007;17(6):553-96.
61. George CG, Maria SK, Christos AG. Efficacy of Beauveria bassiana in combination with an electrostatically charged dust for the control of major stored-product beetle species on concrete. Journal of Stored Products Research. 2018;79:139-43.