



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Παραδοτέο έργου

Παραδοτέο Π2.4. «Δημοσίευση των αποτελεσμάτων σε έγκριτα διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια»



DiatomiteThem

DiatomiteThem

Τίτλος Έργου:

Προστασία των αποθηκευμένων δημητριακών με τη
χρήση γης διατόμων

«Το έργο αυτό υλοποιείται στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου: Τ2ΕΔΚ-03532)»



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Έγκριτα διεθνή περιοδικά	3
2. Συνέδρια	10
3. Κοινοποίηση στο Υπουργείο Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης	15



1. Έγκριτα διεθνή περιοδικά

Τα αποτελέσματα του πειραματισμού από την ΕΕ 2 έχουν δημοσιευθεί στο περιοδικό Journal of Stored Products Research με Impact Factor: 2.831, στο περιοδικό Agronomy με Impact Factor: 3.417, όπως αναφέρεται παρακάτω:

- 1.1. **Gourgouta, M.; Rumbos, C.I.; Athanassiou, C.G. (2022). Impact of diatomaceous earth on adults and larvae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. Journal of Stored Products Research 98, 101987. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101987> (Impact Factor: 2.831)**



Impact of diatomaceous earth on adults and larvae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L

Marina Gourgouta, Christos I. Rumbos, Christos G. Athanassiou*

Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology, Department of Agriculture, Crop Production and Rural Environment, University of Thessaly, Volos, 38446, Greece

ARTICLE INFO

Keywords:

Tenebrio molitor
Diatomaceous earth
Survival
Emergence
Life stages

ABSTRACT

Although the efficacy of diatomaceous earths (DEs) against most major stored product insects has been extensively evaluated, studies on the effect of DEs on the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*, are rather limited. Apart from being a secondary colonizer of stored commodities, *T. molitor* is currently one of the most promising species reared to obtain protein sources. In order to update the available information on the tolerance of *T. molitor* to DEs, we carried out a series of laboratory bioassays with both adults and larvae of *T. molitor* at a range of DE doses (20, 50, 100, 250 and 1000 ppm). Briefly, 10 g of treated bran were placed in plastic cylindrical vials together with 10 *T. molitor* adults, 10 large or 10 small larvae. Untreated bran served as control. Mortality was recorded after 7, 14 and 21 d of exposure. After this interval, vials with larvae were examined for adult emergence once a week. Based on our results, adult survival was not significantly affected by DE application. Similarly, mortality of small and large larvae was low, regardless of the exposure interval and the DE dose. Finally, adult emergence was in most cases not significantly affected by the DE treatment in both bioassays with small and large larvae. In general, the results of the present study clearly illustrate that the DE doses used here do not drastically affect adults and larvae of *T. molitor*. Considering the increased interest for the production of *T. molitor* at a global scale, and given that this species is typically reared on commodities that are suitable for the development of other major stored product insects, the addition of small doses of DEs in rearing material may be used as a means to mitigate the “cross-infestation” in *T. molitor*-producing lines by other storage insect species.

1. Introduction

Both laboratory and field studies have established a solid background on the efficacy of diatomaceous earths (DEs) for the control of stored product insect species (Korunić, 1998; Subramanyam and Roesli, 2000; Stathers et al., 2002a, 2002b; Wakil and Schmitt, 2015). DEs are based on the fossilized remains of phytoplanktons (diatoms) and are considered “green” insecticides that can be used in stored product protection, either as admixture with the grains or as surface treatments (Athanassiou and Arthur, 2018).

As in the case of other insecticides that are currently in use at the post-harvest stages of agricultural commodities, some insect species of stored products are more susceptible than others; for instance, the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemphloeidae), is far more susceptible to DEs than the confused flour beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) (Korunić, 1998; Fields and Korunić, 2000; Vayias and Athanassiou, 2004). Similar differences in susceptibility level after exposure to

DE-treated substrate have been reported among different life stages within the same species; for instance, larvae of *T. confusum* are much more susceptible than adults of this species (Vayias and Athanassiou, 2004). As the main mode of action of DEs is desiccation, these differences are mainly attributed to the different degree of thickness of the cuticle among life stages, i.e. larvae are more soft-bodied than adults and hence, water loss may occur more rapidly (Subramanyam and Roesli, 2000). For instance, *C. ferrugineus* is considered more susceptible to DEs as it is “flat-bodied” and has a flat “skin” surface (Korunić, 1998), which makes it more vulnerable to water loss, as compared with insects with a hairy exoskeleton (Losic and Korunić, 2018).

The yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), is a secondary colonizer of stored products, and has a wide range of food preferences, but it is particularly common on grains and related amylaceous commodities (Hagstrum and Subramanyam, 2009). Nevertheless, the research interests on this species have shifted during the last decade, as *T. molitor* is now one of the most promising species reared to obtain protein sources (Costa et al., 2020; Hong et al., 2020).

* Corresponding author.

E-mail address: athanassiou@uth.gr (C.G. Athanassiou).

<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101987>

Received 9 February 2022; Received in revised form 16 April 2022; Accepted 21 May 2022

Available online 9 June 2022

0022-474X/© 2022 Published by Elsevier Ltd.



survival was high, we estimate that there might be some effect, due to the prolonged time of exposure. This effect was eventually revealed in the case of adult emergence.

Adults of *T. molitor* were not affected by DE, even after 21 d of exposure. In one of the few published studies with *T. molitor* and DE, *T. molitor* adult mortality was high, which contradicts the findings of the present work (Mewis and Ulrichs, 2001). However, these variations may be attributed to the fact that the experimental protocols between the two studies are not directly comparable, as the DE and the *T. molitor* strain used was different. In fact, recent studies clearly illustrated that strain is an important parameter in the case of *T. molitor* longevity and performance, which should be taken into account in mass rearing protocols of this species, e.g. when it is reared for the production of food and feed (Rumbos et al. 2021; Adamaki-Sotiraki et al. 2021). In addition it was reported that different types of DE formulations have caused 100% mortality after 7–14 days, at lower concentration than 1000 ppm, which is the highest dose examined in the present work, to *E. kuehniella*, *P. interpunctella*, *S. oryzae*, *T. confusum*, the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), and the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) Mewis and Ulrichs, 2001; Vayias and Athanassiou, 2004; Athanassiou et al., 2005, 2006b; Vayias et al., 2009; Baliota and Athanassiou, 2020). In this context, even if the adults of *T. molitor* are slightly or moderately affected, the addition of DE to the diet will eventually eliminate the infestation of other stored product species that might occur in the same product.

The current application scenario can be evaluated more thoroughly, on the basis of the introduction of DE on diets that are used for the rearing of insects for food and feed, to alleviate cross-infestations by other species that may co-exist in the commodity. As it has been previously reported, several major stored product insect species can easily infest *T. molitor* meals, developing high population densities (Rumbos et al., 2020). At the same time, these species are vulnerable to DEs. Indicatively, *T. confusum* could develop easily on *T. molitor* meal (Rumbos et al., 2020), but can be controlled with doses that were much lower than those that were used in the present study (Vayias and Athanassiou, 2004; Athanassiou et al., 2005).

We are unaware of the mechanisms that led to reduced susceptibility of the large larvae of *T. molitor* after exposure to the DE-treated substrate. Some indications are provided in earlier studies (Dodds and Ewer, 1952) that observed that *T. molitor* can easily absorb moisture and recover from desiccation stress. Later, it was found that the tolerance of *T. molitor* to water stress was regulated by a protein, which is subject to both hormonal and environmental cues (Kroeker and Walker, 1991). Thus, the tolerance of large *T. molitor* larvae could be related to physiological mechanisms, rather than cuticular morphology, such as cuticular thickness (Mewis and Ulrichs, 2001). A similar paradigm has been reported in the case of stored product psocids after exposure to different DE formulations (Athanassiou et al., 2009). Although *Liposcelis* spp. (Psocoptera: Liposcelididae) are considered soft-bodied, and thus, are expected to be more susceptible to DEs, it was found that they could not be controlled with DEs, even at elevated doses that could completely control stored product beetles and moths (Athanassiou et al., 2009). This phenomenon was found to be regulated by a mechanism associated with the mouthparts of these species that enable psocids to moderate water loss by absorbing moisture from the air, making these insects very tolerant to water loss (Rudolph, 1982a, 1982b). Although the provision of moisture for rearing *T. molitor* must be carefully regulated (Deruytter et al., 2020), recent works have demonstrated that *T. molitor* can be reared and successfully complete its life cycle without the provision of additional water in the diet (Adamaki-Sotiraki et al., 2021).

One of the most interesting findings of this work is the delayed effects of DE to *T. molitor* larvae in terms of adult emergence. In stored product insects treated with insecticides, delayed effects are usually defined as the recovery or progeny production capacity that occurs after the

removal of the exposed individuals from the toxic agent. Delayed effects have been thoroughly evaluated and quantified in a wide variety of insecticides that are used in stored product protection, ranging from fumigants to contact insecticides (Doganay et al., 2018; Lampiri et al., 2021; Boina et al., 2012). The present work shows that for both larval categories tested, the “delayed effects” in terms of adult emergence did not vary much among treated and untreated larvae, despite the fact that there were some differences in some of the DE doses tested. This means that larvae were able to successfully complete their life cycle, without affecting the percentage of adult emergence. This is also evident in the case of small larvae, as, although adult emergence was lower compared to large larvae, data were comparable to those of the control vials, which shows that reduced emergence may be due to other factors than the direct effect of DEs. Nevertheless, in contrast with the final percentage of adult emergence, in some of the treatments, we observed an emergence delay, which could be attributed to stress.

In summary, our work indicated that DE has little effect on adults and larvae of *T. molitor*, and as such, the utilization of DE merits additional investigation towards its use for the scenarios mentioned above, as an ecologically-compatible method in stored product protection. As insect infestations in commercial *T. molitor* rearing units are becoming more common, DE can be further tested on mixed rearings on the same commodity (e.g. *T. molitor* and *T. confusum* in the same vial or tray) in order to demonstrate the feasibility of such an application.

Funding

This research has been co-financed by the European Regional Development Fund of the European Union and Greek national funds through the Operational Program Competitiveness, Entrepreneurship and Innovation, under the call RESEARCH-CREATE-INNOVATE (project code: T2EDK-03532; project acronym: DiatomiteThem).

Author contributions

Conceptualization: C.G.A.; methodology: C.G.A.; formal analysis: M. G.; investigation: M.G.; resources: C.I.R. and C.G.A.; writing—original draft preparation: M.G., C.I.R. and C.G.A.; writing—review and editing: M.G., C.I.R. and C.G.A.; visualization: M.G.; supervision: A.G.C.; project administration: A.G.C.; funding acquisition: C.I.R. and C.G.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- Alkan, M., Ertürk, S., Atay, T., Çağlayan, A., 2019. Insecticidal efficacy of local diatomaceous earths against adult and larvae of *Tenebrio molitor* L., 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Turkish J. Entomol.* 43, 347–354. <https://doi.org/10.16970/ENTOTED.550954>.
- Adamaki-Sotiraki, C., Rumbos, C.I., Athanassiou, C.G., 2021. Developmental plasticity among strains of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L., under dry conditions. *J. Insect Food Feed.* <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0087> (in press).
- Athanassiou, C.G., Arthur, F.H., 2018. Bacterial insecticides and inert materials. In: Athanassiou, C.G., Arthur, F.H. (Eds.), *Recent Advances in Stored Product Protection*. Springer, pp. 83–98.
- Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., Kavallieratos, N.G., 2005. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Staphylinus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat. *J. Stored Prod. Res.* 41, 4755. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2003.12.001>.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Dimizas, C.B., Vayias, B.J., Tomanovic, Z., 2006a. Factors affecting the insecticidal efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec® against adults of the rice weevil, *Staphylinus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Appl. Entomol. Zool* 41, 201–207. <https://doi.org/10.1303/aez.2006.201>.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Tsakiri, J.B., Xyrafidis, S.N., Vayias, B.J., 2006b. Effect of temperature and humidity on insecticidal effect of SilicoSec against *Ephesia*

5

Εικόνα 1: Ενδεικτικά η πρώτη σελίδα της δημοσίευσης και οι αναφορές στο έργο



- 1.2. Baliota, G.V.; Lampiri, E.; Athanassiou, C.G. Differential Effects of Abiotic Factors on the Insecticidal Efficacy of Diatomaceous Earth against Three Major Stored Product Beetle Species. Agronomy 2022, 12, 156. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010156> (Impact Factor: 3.417)**



Article

Differential Effects of Abiotic Factors on the Insecticidal Efficacy of Diatomaceous Earth against Three Major Stored Product Beetle Species

Georgia V. Baliota, Evagelia Lampiri and Christos G. Athanassiou *

Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology, Department of Agriculture, Crop Production and Rural Environment, University of Thessaly, Phytokou Street, 38446 Nea Ionia, Greece; mpaliota@agr.uth.gr (G.V.B.); elampiri@agr.uth.gr (E.L.)

* Correspondence: athanassiou@agr.uth.gr

Abstract: This study evaluated the influence of temperature and relative humidity (RH) on the insecticidal effect of diatomaceous earth (DE) at two concentrations, 500 and 1000 ppm, on wheat, for the control of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). These bioassays were carried out in all combinations of four temperature levels (15, 20, 25, and 30 °C), and two relative humidity levels (55 and 75%). *Cryptolestes ferrugineus* and *O. surinamensis* were found to be much more susceptible to the DE-treated wheat than *T. confusum*, but the increase of the DE dose increased the mortality level for all three species. Although the increase of temperature and the decrease of RH increased insect mortality in some of the combinations tested, the reverse was observed in some treatments, suggesting that there are considerable differential effects of these factors in DE efficacy. The increase of insect exposure from 1 to 21 days notably increased insect mortality, suggesting that exposure is a critical factor that may alleviate possible differential effects of certain abiotic conditions. The results of the present work provide data that illustrate the viability of the utilization of DE in stored product protection, as alternatives to chemical control methods.

Keywords: stored product insects; temperature; relative humidity; inert dusts; natural insecticides; wheat



Citation: Baliota, G.V.; Lampiri, E.; Athanassiou, C.G. Differential Effects of Abiotic Factors on the Insecticidal Efficacy of Diatomaceous Earth against Three Major Stored Product Beetle Species. *Agronomy* **2022**, *12*, 156. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010156>

Academic Editor: Stefano Bedini

Received: 29 November 2021

Accepted: 27 December 2021

Published: 9 January 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Diatomaceous earths (DEs) are promising alternatives over the use of traditional insecticides that are currently in use in stored product protection. In this context, over the last three decades there has been a renewed interest on research towards the use of DEs as insecticides, which has yielded in numerous commercially available formulations [1–4]. This research has shown that the application of DE can be effective on a wide range of conditions, either as a grain protectant, i.e., through admixture with the grains, or as a surface treatment, i.e., through applications in different types of surfaces in food storage and processing facilities. Between these two ways of application, the use of DEs through direct application with the grains has been by far the most thoroughly studied scenario [4–6].

Grain storage in bulks in different types of facilities is usually carried out for long intervals, and thus, the efficacy of the grain protectants that have been applied on the commodity is subjected to the seasonal changes of the abiotic conditions within the grain mass, such as temperature and relative humidity (RH). Athanassiou and Buchelos [7] demonstrated that there are considerable fluctuations of the grain temperature and moisture content of wheat through an eight-month storage period in vertical silos, from a period that started from summer (June) and lasted until winter (January). Interestingly, the authors reported that although there was an apparent effect of the fluctuation of grain temperature and moisture content in the population densities of different stored product beetle species,



In summary, the data reported here show that the DE tested can be effective at 1000 ppm, but this efficacy is notably moderated by temperature and RH, in a dissimilar way that depends on the treatment scenario. Although temperature and RH played a key role here, it seems that the exposure is an additional critical parameter, as longer exposures seem to “normalize” the influence of abiotic conditions. Our study contributes further in strengthening the use of DEs at the post-harvest stages of durable agricultural commodities, as an important component of non-chemical strategies in stored product protection.

Author Contributions: Conceptualization and methodology, C.G.A.; investigation and formal analysis, G.V.B. and E.L.; writing—original draft, G.V.B., E.L. and C.G.A.; writing—review and editing, supervision, C.G.A.; funding acquisition, C.G.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was co-financed by the European Regional Development Fund of the European Union and Greek national funds through the Operational Program Competitiveness, Entrepreneurship and Innovation, under the call RESEARCH-CREATE-INNOVATE (T2EAK-03532).

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Korunić, Z. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J. Stored Prod. Res.* **1998**, *34*, 87–97. [[CrossRef](#)]
2. Subramanyam, B.; Roesli, R. Inert dusts. In *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*; Subramanyam, B., Hagstrum, D.W., Eds.; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2000; pp. 321–380.
3. Athanassiou, C.G.; Vayias, B.J.; Dimizas, C.B.; Kavallieratos, N.G.; Papagregoriou, A.S.; Buchelos, C.T. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: Influence of dose rate, temperature and exposure interval. *J. Stored Prod. Res.* **2005**, *41*, 47–55. [[CrossRef](#)]
4. Losić, D.; Korunić, Z. Diatomaceous earth, a natural insecticide for stored grain protection: Recent progress and perspectives. In *Diatom Nanotechnology: Progress and Emerging Applications*; Losić, D., Ed.; Royal Society of Chemistry: Croydon, UK, 2018; pp. 219–247.
5. Baliota, G.V.; Athanassiou, C.G. Evaluation of a Greek diatomaceous earth for stored product insect control and techniques that maximize its insecticidal efficacy. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 6441. [[CrossRef](#)]
6. Ziaee, M.; Ebadollahi, A.; Wakil, W. Integrating inert dusts with other technologies in stored products protection. *Toxin Rev.* **2021**, *40*, 404–419. [[CrossRef](#)]
7. Athanassiou, C.G.; Buchelos, C.T. Grain properties and insect distribution trends in silos of wheat. *J. Stored Prod. Res.* **2020**, *88*, 101632. [[CrossRef](#)]
8. Subramanyam, B.; Cutkomp, L.K. Influence of posttreatment temperature on toxicity of pyrethroids to five species of stored-product insects. *J. Econ. Entomol.* **1987**, *80*, 9–13. [[CrossRef](#)]
9. Fleurat-Lessard, F.; Vidal, M.; Budzinski, H. Modelling biological efficacy decrease and rate of degradation of chlorpyrifos-methyl on wheat stored under controlled conditions. *J. Stored Prod. Res.* **1998**, *34*, 341–354. [[CrossRef](#)]
10. Nayak, M.K.; Collins, P.J. Influence of concentration, temperature and humidity on the toxicity of phosphine to the strongly phosphine-resistant psocids *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae). *Pest Manag. Sci.* **2008**, *64*, 971–976. [[CrossRef](#)]
11. Athanassiou, C.G.; Kavallieratos, N.G. Evaluation of spinetoram and spinosad for control of *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, and *Tribolium confusum* on stored grains under laboratory tests. *J. Pest Sci.* **2014**, *87*, 469–483. [[CrossRef](#)]
12. Athanassiou, C.G.; Arthur, F.H. Bacterial insecticides and inert materials. In *Recent Advances in Stored Product Protection*; Athanassiou, C.G., Arthur, F.H., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2018; pp. 83–98.
13. Arthur, F.H. Residual efficacy of deltamethrin as assessed by rapidity of knockdown of *Tribolium castaneum* on a treated surface: Temperature and seasonal effects in field and laboratory settings. *J. Stored Prod. Res.* **2018**, *76*, 151–160. [[CrossRef](#)]
14. Athanassiou, C.G.; Kavallieratos, N.G.; Economou, L.P.; Dimizas, C.B.; Vayias, B.J.; Tomanović, Z.; Milutinović, M. Persistence and efficacy of three diatomaceous earth formulations against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on wheat and barley. *J. Econ. Entomol.* **2005**, *98*, 1404–1412. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Wakil, W.; Riasat, T.; Ashfaq, M. Residual efficacy of thiamethoxam, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, and diatomaceous earth formulation against *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae). *J. Pest Sci.* **2012**, *85*, 341–350. [[CrossRef](#)]
16. Wakil, W.; Riasat, T.; Ghazanfar, M.U.; Kwon, Y.J.; Shaheen, F.A. Aptness of *Beauveria bassiana* and enhanced diatomaceous earth (DEBBM) for control of *Rhyzopertha dominica* F. *Entomol. Res.* **2011**, *41*, 233–241. [[CrossRef](#)]
17. Riasat, T.; Wakil, W.; Yasin, M.; Kwon, Y.J. Mixing of *Isaria fumosorosea* with enhanced diatomaceous earth and bitterbarkomycin for control of *Rhyzopertha dominica*. *Entomol. Res.* **2013**, *43*, 215–223. [[CrossRef](#)]

Εικόνα 2: Ενδεικτικά η πρώτη σελίδα της δημοσίευσης και οι αναφορές στο έργο



1.3. Rigopoulou, M.; Baliota, G.V.; Athanassiou, C.G. Persistence and efficacy of diatomaceous earth against stored product insects in semi-field trials.

Το άρθρο έχει γίνει δεκτό από το περιοδικό CropProtection και βρίσκεται στο στάδιο της αξιολόγησης.

(under review)

Abstract

The utilization of inert dusts, such as diatomaceous earths (DEs), has been successfully evaluated against a wide range of major stored-product pest species, as an environmentally friendly alternative to conventional insecticides, emphasizing further their prominent position in Integrated Pest Management (IPM) protocols. However, the majority of the published research about the DEs' insecticidal efficacy has been conducted under laboratory conditions in small-scale samples (usually in small vials containing few grams of grains) and against specific insect species, while field and semi-field applications for the same purpose are scarce. Thus, the objective of this work was to evaluate the insecticidal activity of a commercial DE formulation against stored product species that were either artificially or naturally infected hard wheat, under "real-world" storage conditions. For this purpose, DE doses of 0 (control), 500 and 1000 ppm were applied in a series of lots of 20 kg of hard wheat stored in polypropylene woven bags and kept from August to December in a storage facility in Central Greece. According to our results, even the lower DE dose significantly suppressed the insect populations of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) and *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) that were artificially added in the wheat bags but also of five other insect pest species that were found in the commodity, based on weekly monitoring via probe traps or grain samples. *Rhyzopertha dominica*, *T. granarium* and *S. zeamais* were the most numerous species found, while *T. granarium* was the most frequently sampled species. In general, the probe traps were more sensitive to captures, as compared to the grain samples. The evaluation of the grain quality (bulk density, insect damaged kernels) throughout the trials indicated higher insect infestations in the untreated wheat as compared with the treated one. At the same time, grain bulk density was lower in the treated than in the untreated wheat. We conclude that DE applications can effectively suppress the populations of a wide range of stored insect species, offering a prolonged protection under a wide range of environmental conditions.

Keywords: Inert dusts; diatomaceous earth; stored product pests; grain quality; bulk density



2. Συνέδρια

Η έρευνα δημοσιεύτηκε ως περίληψη στα πρακτικά συνεδρίου (abstract peer reviewed) και αναρτήθηκε ως εικονογραφημένη εργασία (poster).

2.1. Ρηγοπούλου, Μ.; Μπαλιώτα, Γ.Β.; Αθανασίου, Χ.Γ. Εφαρμογή Γης Διατόμων σε Πραγματικές Συνθήκες Αποθήκευσης για την Αντιμετώπιση Εντόμων Αποθηκών. Poster 19ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο, 23 - 27 Μαΐου, 2022, Αγρίνιο, Ελλάδα.

Περίληψη: Η γη διατόμων είναι πιθανώς ένα από τα ασφαλέστερα και πιο αποτελεσματικά φυσικά εντομοκτόνα. Παρόλο που ο μηχανισμός δράσης των φυσικών αυτών ορυκτών είναι μηχανικός και μη εξειδικευμένος, η εντομοκτόνος ιδιότητα των γαιών διατόμων ποικίλει ανάλογα με το είδος του εντόμου – στόχου και του σταδίου ανάπτυξής του, από το προϊόν στο οποίο θα εφαρμοστεί, καθώς και από τα επίπεδα θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής υγρασίας. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές στο πεδίο, προκειμένου να αξιολογηθεί η εντομοκτόνος δράση διάφορων δόσεων της γης διατόμων, εναντίον ακμαίων και προνυμφών των *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) και *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Το πείραμα έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε πραγματικές συνθήκες αποθήκευσης. Σακιά με σκληρό σιτάρι επιτάστηκαν με 0 (μάρτυρας), 500 και 1000 ppm (mg εντομοκτόνου/ κιλό σπόρων) γης διατόμων, τα οποία στη συνέχεια μολύνθηκαν με άτομα των ως άνω ειδών. Από τις ποσότητες αυτές, λάμβανε χώρα δειγματοληψία, τόσο απ' ευθείας από το προϊόν, όσο και από παγίδες που είχαν τοποθετηθεί στο σωρό του σιταριού. Η διαδικασία αυτή διήρκεσε τέσσερις μήνες (Αύγουστος – Δεκέμβριος). Τα συλλεχθέντα έντομα από τις παγίδες και τα δείγματα σπόρου αναγνωρίζονταν στο Εργαστήριο και καταμετρούνταν ανά είδος. Με βάση τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών, σταδιακή μείωση του πληθυσμού των εντόμων παρατηρήθηκε με την αύξηση της δόσης της γης διατόμων στα σακιά σε σχέση με τον μάρτυρα (0 ppm). Παράλληλα, η δειγματοληψία με χρήση παγίδας probe φάνηκε αποτελεσματικότερη μέθοδος σε σχέση με την συλλογή δειγμάτων σπόρων. Μέσω των αποτελεσμάτων των βιοδοκιμών, προσδιορίστηκαν τα «κρίσιμα» διαστήματα έκθεσης και δόσης της γης διατόμων καθώς και των αβιοτικών παραγόντων που απαιτούνται για την



θανάτωση των εντόμων. Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και Εθνικούς Πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου: Τ2ΕΔΚ-03532).

Λέξεις κλειδιά: Έντομα αποθηκών, φυσικά εντομοκτόνα, αποθηκευμένα δημητριακά, αδρανείς σκόρες, γη διατόμων.

ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ
19^ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

P-81	Γ. Μπαλιώτα, Χ. Ρούμπος, Α. Αναστασιάδης, Χ.Γ. Αθανασίου Αξιολόγηση της επίδρασης διάφορων πηγών πρωτεΐνης και υγρασίας στην ανάπτυξη των προνυμφών του <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae)
P-82	Μ. Γκουργκούτα, Χ.Ι. Ρούμπος, Β. Μιχαήλ, Χ.Γ. Αθανασίου Ανάπτυξη των <i>Zorhobas morio</i> και <i>Alphitobius diaperinus</i> (Coleoptera: Tenebrionidae) σε διάφορα γεωργικά παραπροϊόντα
P-83	Κ. Γ. Κώτσου, Χ. Ι. Ρούμπος, Γ. Μπαλιώτα, Μ. Γκουργκούτα, Χ. Γ. Αθανασίου Αξιολόγηση της επίδρασης διάφορων βιοτικών κι αβιοτικών παραγόντων στην ανάπτυξη των προνυμφών του <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae)
P-84	Γ.Β. Μπαλιώτα, Ε. Λαμπίρη, Ε.Ν. Μπατζογιάννη, Λ.Σ. Κυργιάκος, Γ. Βλόντζος, Χ.Γ. Αθανασίου Αξιολόγηση των κρίσιμων σημείων κατά την μακροχρόνια αποθήκευση αγροτικών προϊόντων στην περιοχή της Θεσσαλίας με έμφαση στους εντομολογικούς εχθρούς
P-85	Μ. Ρηγοπούλου, Γ. Μπαλιώτα, Χ.Γ. Αθανασίου Εφαρμογή γης διατόμων σε πραγματικές συνθήκες αποθήκευσης για την αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών
P-86	Π. Αγραφιώτη, Ε. Λαμπίρη, Ε. Καλούδης, Χ.Γ. Αθανασίου Καταγραφή και απεικόνιση της χωροδιάταξης εντόμων αποθηκών σε χώρους επεξεργασίας ζωοτροφών
P-87	Π. Αγραφιώτη, Ε. Λαμπίρη, Π. Ηγουμενίδης, Β. Καραθάνος, Χ.Γ. Αθανασίου Αξιολόγηση ευαισθησίας νέου προϊόντος ρυζιού εμπλουτισμένο με δυόσμο ή βασιλικό σε έντομα αποθηκών
P-88	Ε. Λαμπίρη, Π. Αγραφιώτη, Ι. Βαγγέλας, Χ.Γ. Αθανασίου Αξιολόγηση της εντομοκτόνου δράσης ενός βοτανικού σκευάσματος ενισχυμένου με απταπουλγίτη για τον έλεγχο τεσσάρων ειδών σκαθαριών αποθηκευμένων προϊόντων
P-89	Φ. Κίτσιου, Σ. Μαντζούκας, Π.Α. Ηλιόπουλος, Κ. Πουλάς Προνύμφες των κολεοπτέρων <i>Tribolium confusum</i> du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) ως δυναμικός εχθρός της αποθηκευμένης βιομηχανικής κάνναβης
P-90	Ε. Λαμπίρη, D. Losic, Χ.Γ. Αθανασίου Αξιολόγηση του γραφενίου για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών
P-91	Ι.Χ. Μωυσιδής, Μ.Κ. Σακκά, R. Karaguran, D. Losic, Χ.Γ. Αθανασίου Η χρήση του γραφενίου για την αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών στο σιτάρι

21:00

ΔΕΙΠΝΟ – ΔΕΞΙΩΣΗ ΣΥΝΕΔΡΩΝ

Εικόνα 2: Απόσπασμα από την ανάρτηση της εικονογραφημένης εργασίας στο πρόγραμμα περιλήψεων του 19ου Πανελλήνιου Εντομολογικού Συνεδρίου (P-83)



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Πάρε το poster μαζί σου

ΜΑΡΙΑΝΝΑ ΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ¹, ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΠΑΛΙΩΤΑ^{1*}, ΧΡΗΣΤΟΣ Γ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ¹

¹Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 38446 Βόλος
*email: mpaliota@agr.uth.gr

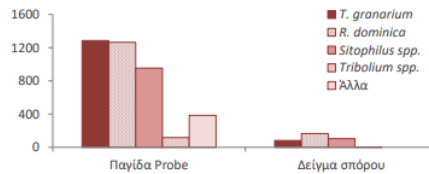
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η γη διατόμων είναι πιθανώς ένα από τα ασφαλέστερα και πιο αποτελεσματικά φυσικά εντομοκτόνα. Παρόλο που ο μηχανισμός δράσης είναι μηχανικός και μη εξειδικευμένος, η εντομοκτόνος ιδιότητα της γης διατόμων εξαρτάται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές σε πραγματικές συνθήκες αποθήκευσης, προκειμένου να αξιολογηθεί η εντομοκτόνος δράση της γης διατόμων, εναντίον των *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) και *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae).

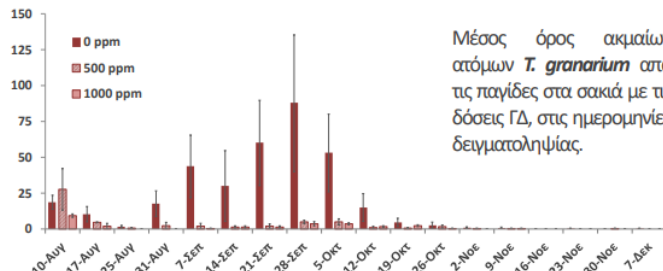
ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

- i. Σακιά με 20 κιλά σκληρού σιταριού ως πειραματικές μονάδες.
- ii. Εφαρμογή γης διατόμων στις δόσεις των 0, 500 και 1000 ppm, με 3 επαναλήψεις (σακιά) / δόση.
- iii. 100 ακμαία *S. oryzae*, 100 ακμαία *R. dominica*, 100 προνύμφες *T. granarium* σε κάθε σακί.
- iv. Δειγματοληψίες με χρήση παγίδας probe και 100 γρ δείγματος σπόρου / σακί / 7 ημέρες.
- v. Τα συλλεχθέντα έντομα μεταφέρονταν, αναγνωρίζονταν ανά είδος και καταμετρούνταν.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



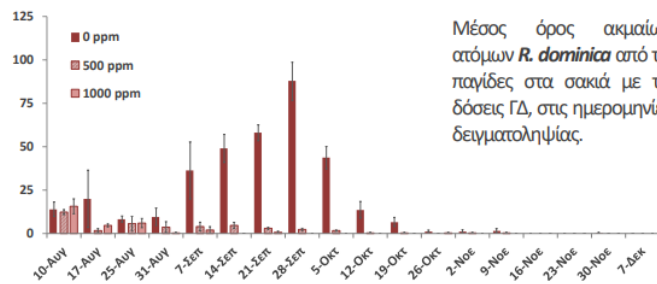
Σύγκριση δειγματοληπτικών μεθόδων με βάση τον συνολικό αριθμό συλλήψεων ανά είδος εντόμου, καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.



Μέσος όρος ακμαίων ατόμων *T. granarium* από τις παγίδες στα σακιά με τις δόσεις ΓΔ, στις ημερομηνίες δειγματοληψίας.



Τάση θερμοκρασίας (°C) και σχετικής υγρασίας (%) στον αποθηκευτικό χώρο, καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.



Μέσος όρος ακμαίων ατόμων *R. dominica* από τις παγίδες στα σακιά με τις δόσεις ΓΔ, στις ημερομηνίες δειγματοληψίας.

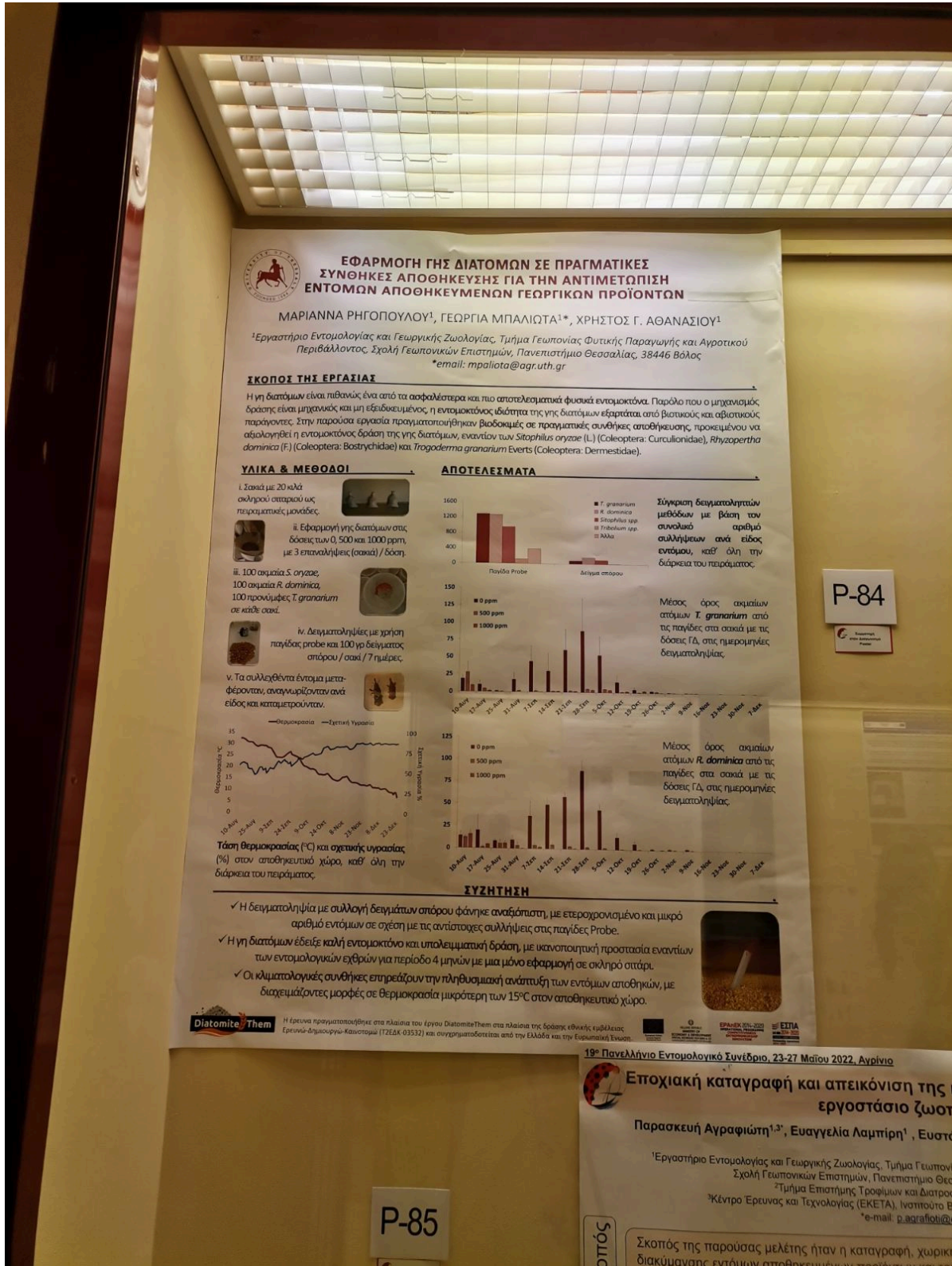
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

- ✓ Η δειγματοληψία με συλλογή δειγμάτων σπόρου φάνηκε αναξιοπύστη, με ετεροχρονισμένο και μικρό αριθμό εντόμων σε σχέση με τις αντίστοιχες συλλήψεις στις παγίδες Probe.
- ✓ Η γη διατόμων έδειξε καλή εντομοκτόνο και υπολειμματική δράση, με ικανοποιητική προστασία εναντίον των εντομολογικών εχθρών για περίοδο 4 μηνών με μια μόνο εφαρμογή σε σκληρό σιτάρι.
- ✓ Οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν την πληθυσμιακή ανάπτυξη των εντόμων αποθηκών, με διαχειμάζοντες μορφές σε θερμοκρασία μικρότερη των 15°C στον αποθηκευτικό χώρο.



Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου DiatomiteThem στα πλαίσια της δράσης εθνικής εμβέλειας Ερευνώ-Δημιουργώ-Καινοτομώ (Τ2ΕΔΚ-03532) και συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση.





Εικόνα 3: Η εικονογραφημένη εργασία όπως αναρτήθηκε στο 19ο Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο



3. Κοινοποίηση στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

Τα δεδομένα του πειραματισμού κοινοποιήθηκαν εκτός του συνεταιρισμού και στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, υπόψιν του Δρ. Βάγια Βασίλη, που διευθύνει και το αντίστοιχο Τμήμα για τα βιοκτόνα καθώς και του κ. Αθανάσιου Ζούνου, προϊσταμένου του Τμήματος Φυτοπροστασίας. Παρακάτω παρατίθεται και τα σχετικά email:

1. From: Christos Athanassiou [<mailto:athanassiou@uth.gr>]
Sent: Wednesday, February 8, 2023 3:13 PM
To: 'Vasilis Vagias' <bvagias@minagric.gr>
Subject: DiatomiteThem

Αγαπητέ Δρ. Βάγια,

Σε συνέχεια της τηλεφωνικής μας επικοινωνίας, σας στέλνω το παρόν email για να σας ενημερώσω περαιτέρω για τα ευρήματα του ερευνητικού προγράμματος DiatomiteThem το οποίο υλοποιείται από τη ΘΕΣΓΗ στο πλαίσιο του Ερευνώ- Δημιουργώ- Καινοτομώ (Τ2ΕΔΚ-03532), και χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση- Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης- ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020- ΕΣΠΑ 2014-2029.

Στο πλαίσιο αυτό σας στέλνω:

α. Το link για την ιστοσελίδα το έργου, από όπου θα μπορέσετε να αντλήσετε περισσότερες πληροφορίες <https://diatomitethem.thesgi.eu/>

β. Σχετικά στοιχεία του έργου και αποτελέσματα για τη χρήση της γης διατόμων σε αποθηκευτικούς χώρους, για την οποία δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα έως σήμερα (ως συνημμένο).

γ. Σχετική δημοσίευση, από τα αποτελέσματα του έργου, σχετικά με την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην αποτελεσματικότητα της γης διατόμων (επίσης ως συνημμένο).

Θα ήθελα να σας ευχαριστήσω για το ενδιαφέρον που έχετε δείξει για το αντικείμενο, μέσω και της ιδιότητάς σας ως λειτουργός στο ΥΠΑΑΤ, και παραμένω στη διάθεσή σας για τυχόν περαιτέρω πληροφορίες.

Με εκτίμηση,

Χρήστος Αθανασίου

Christos G. Athanassiou, PhD

Professor of Entomology

Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology



Department of Agriculture, Crop Production
and Rural Environment, University of Thessaly
Phytokou str., 38446, N. Ionia, Magnesia, Greece
Tel.: +302421093195

e-mail: athanassiou@agr.uth.gr

Editor in Chief: [Journal of Stored Products Research](#),
[Agrochemicals](#), [Agronomy](#)

Subject/Associate Editor: [Journal of Pest Science](#), [Insects](#),
[Journal of Insect Science](#), [Journal of Natural Pesticides](#),
[Journal of Plant Diseases and Protection](#), [Sustainability](#)

2. Ημερομηνία: Fri, 25 Aug 2023 15:13:42 +0300
Από: BALIOTA GEORGIA <mpaliota@agr.uth.gr>
Θέμα: Αποτελέσματα έργου Diatomite-Them

Προς: syg030@minagric.gr, azounos@minagric.gr
Κοινοποίηση: ATHANASIOU CHRISTOS <athanassiou@uth.gr>

Αγαπητέ κύριε Ζούνο,

Σε συνέχεια της τηλεφωνικής επικοινωνίας, σας στέλνω το παρόν email για να σας ενημερώσω περαιτέρω για τα ευρήματα του ερευνητικού προγράμματος DiatomiteThem το οποίο υλοποιείται από τη ΘΕΣΓΗ στο πλαίσιο του Ερευνώ- Δημιουργώ- Καινοτομώ (Τ2ΕΔΚ-03532), και χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση- Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης- ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020- ΕΣΠΑ 2014-2029.

Στο πλαίσιο αυτό σας στέλνω:

- α. Το link για την ιστοσελίδα το έργο, από όπου θα μπορέσετε να αντλήσετε περισσότερες πληροφορίες <https://diatomitethem.thesgi.eu/>
- β. Σχετικά στοιχεία του έργου και αποτελέσματα για τη χρήση της γης διατόμων σε αποθηκευτικούς χώρους, για την οποία δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα έως σήμερα (ως συνημμένο).
- γ. Σχετικές δημοσιεύσεις, από τα αποτελέσματα του έργου, σχετικά με την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην αποτελεσματικότητα της γης διατόμων (επίσης ως



συνημμένα).

Θα ήθελα να σας ευχαριστήσω για το ενδιαφέρον που έχετε δείξει για το αντικείμενο, μέσω και της ιδιότητάς σας ως προϊστάμενος στο τμήμα Φυτοπροστασίας στο ΥΠΑΑΤ, και παραμένω στη διάθεσή σας για περαιτέρω πληροφορίες.

Με εκτίμηση,

Georgia V. Baliota

Research Entomologist, Ph.D. Student

[Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology,](#)

[University of Thessaly, School of Agricultural Sciences Department of Agriculture, Crop
Production and Rural Environment,](#)

[Phytokou Str. 38446, Volos, Magnesia, Greece](#)