

**Çeşitli Türk Diatom Topraklarının Çeltikte Pirinç Bitine, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği**

Insecticidal Efficacy of Some Turkish Diatomaceous Earth Deposits Against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera:Curculionidae) on Paddy

Veysel ALAGÖZ<sup>1</sup>, Özgür SAĞLAM<sup>2\*</sup>

**Öz**


Bu çalışmada Türkiye'nin 4 farklı bölgesinden alınan diatom topraklarının (DE) çeltik üzerinde, pirinç biti, *Sitophilus oryzae* L. erginlerine karşı insektisidal etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı Türk diatom toprağı (AGN-1, ACN-1, FB2N-1 ve CCN-1) ile ticari diatom toprağı (Silicosec)'nin 100, 300, 500, 900 ve 1500 ppm (mg DE/kg çeltik) dozları çeltikle karıştırılmıştır. Diatom toprakları ile karıştırılan çeltikler 100 ml şişelere konularak üzerine <14 günlük pirinç biti erginleri bırakılıp şişelerin ağzı tülle kapatılmıştır. Denemeler 25±1°C sıcaklıkta ve %55 nemde karanlık ortamda yürütülmüştür. Diatom uygulamasından 7, 14 ve 21 gün sonra ölüm oranları ve yeni nesil ergin (F1) sayıları belirlenmiştir. Yedinci günde AGN-1 diatom toprağında 300 ppm ve üzeri dozlarda %100, diğer diatom topraklarında 1500 ppm'de %1.4- 97.7 arasında ölüm gözlenmiştir. Ondördüncü günde AGN-1'de 100 ppm dozda %98.5 ölüm olurken, ACN-1'de 900 ve 1500 ppm dozda %100, diğer diatomlarda 1500 ppm dozda CCN-1'de %97.3, Silicosec'te %96.6 ve FB2N-1'de %42 ölüm tespit edilmiştir. Yirmibirinci günde AGN-1'de bütün dozlarda %100 ölüm yakalanırken ACN-1'de 900 ve 1500 ppm dozunda, CCN-1 ve Silicosec'te 1500 ppm dozunda %100 ve FB2N-1'de 1500 ppm dozunda %93.9 ölüm gözlenmiştir. AGN-1 diatom toprağı ile muamele edilen çeltiklerden F1 ergin çıkışı olmamıştır. Türkiye'nin farklı noktalarında alınan diatom toprağı örneklerinin böcekler üzerindeki etkinlikleri arasındaki farklılıkların, farklı fiziksel özelliklere sahip olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan diatom toprakları SiO<sub>2</sub> oranları bakımından kıyaslandığında yüksek silisyum oranına sahip diatom topraklarının (FB2N-1) etkinliklerinin düşük olabileceği belirlenmiştir. Partikül büyüklüğü bakımında ise benzer büyüklüğe sahip olanların (AGN-1, FB2N-1) böcekleri üzerindeki etkinliğinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Sonuç olarak AGN-1 isimli Türk diatom toprağı ticari Silicosec ticari preparatına göre çeltikte pirinç bitine karşı daha yüksek insektisidal etkinlik göstermiş ve dolayısıyla mücadelede kullanılabilme potansiyeli olduğu kanısına varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yerel diatom toprağı, Silicosec, Çeltik, *Sitophilus oryzae*, Türkiye

<sup>2\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özgür SAĞLAM, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

E-mail: [osaglam@nku.edu.tr](mailto:osaglam@nku.edu.tr)  OrcID: 0000-0003-3138-2884

<sup>1</sup> Veysel ALAGÖZ, TÜV Austria Türk Belgelendirme Eğitim ve Gözetim Hizmetleri Ltd. Şti., Ümraniye, İstanbul, Türkiye E-mail: [veyselalagoz07@gmail.com](mailto:veyselalagoz07@gmail.com)

 OrcID: 0000-0003-3655-7604

**Atıf/Citation:** Alagöz, V., Sağlam, Ö. Çeşitli Türk Diatom Topraklarının Çeltikte Pirinç Bitine, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 446-455.

\*Bu çalışma Veysel ALAGÖZ' ün Yüksek Lisans tezinin bir kısmından üretilmiş olup Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresinde özet olarak basılmıştır.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

---

**Abstract**

In this study, the insecticidal effect of 4 different Turkish diatomaceous earth (DE) were tested against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. on paddy rice. Paddy rice was treated at 100, 300, 500, 900 and 1500 ppm (mg DE/kg paddy rice) concentrations of four Turkish diatomaceous earths (AGN-1, ACN-1, FB2N-1 and CCN-1) and commercial diatom earth (Silicosec). Paddy rice samples were mixed with DE and then filled into 100 ml glass vials. Rice weevil adults (<14 days) were transferred into the vials and the vials were covered with fine mesh. The experiments were carried out at 25±1 °C temperature, 55% RH in dark conditions under laboratory conditions. After 7, 14, 21 days of treatment the mortality rates of *S. oryzae* adults and progeny production numbers (F1) were recorded. AGN-1 diatomaceous earth at 300 ppm and higher concentrations produced 100 % adult mortality on the 7th days after treatment while other DE's caused 1.4- 97.7% mortality even at the highest concentration (1500 ppm). After 14 days of the treatments, 100 ppm concentration of AGN-1 produced 98.5 % mortality, while 900 and 1500 ppm concentration of ACN-1 caused 100% mortality. Other DE's, CCN-1 Silicosec and FB2N-1, at 1500 ppm concentration produced 97.3, 96.6 and 42 % of mortality respectively. After 21 days of the treatments, AGN-1 caused 100% mortality at all concentrations while ACN-1 at 900 and 1500 ppm, CCN-1 and Silicosec and FB2N-1 at 1500 ppm produced 100%, 100% and 93.9% mortality respectively. AGN1 was totally hindered progeny production. It has been determined that the differences between the insecticidal activities of tested DEs on stored product insects could be attributed to different physical properties of DE samples taken from different locations of Turkey. In this study it was determined that diatomaceous earth with high SiO<sub>2</sub> ratio (FB2N-1) had low insecticidal efficacy against tested insect. On the other hand, of DEs with similar particle size (AGN-1, FB2N-1) were determined to have significant differences in their efficacy against *S. oryzae*. In conclusion, this study indicated that Turkish diatomaceous earth, AGN-1 showed higher insecticidal efficacy against *S. oryzae* on paddy rice than commercial DE, Silicosec and can potentially be used as a grain protectant for control of *S. oryzae* on paddy rice.

Keywords: Local diatomaceous earth, Silicosec, Paddy, *Sitophilus oryzae*, Turkey

## 1. Giriş

İnsanların beslenmesinde bitkisel ürünlerden; buğday, pirinç, arpa, yulaf, çavdar, mısır ve diğer tahıl grupları önemli bir yer tutmaktadır. 2019/20 sezonu küresel çeltik üretiminde ilk sırada yer alan Çin’de üretimin yaklaşık 210 milyon ton, ikinci büyük üretici olan Hindistan’da ise üretimin 177 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Anonim,2021a). FAO verilerine göre; 2020 yılında 125 bin hektarlık ekiliş alanında, ülkemizde 980 bin ton çeltik üretimi yapılmıştır (Anonim,2021b). Hasat edilen çeltikler hemen işlenmeyip çoğunlukla ticari ve ekonomik nedenlerden dolayı belirli bir süre depolanmaktadırlar. Depolamaya alınan çeltik işleninceye kadar geçen sürede ürünün dane özelliklerini muhafaza etmesi istenmektedir. Depolama esnasında çeltik ve pirinçteki depolanmış ürün zararlıları kalite ve kantitede önemli kayıplara neden olmaktadır (Atabay ve ark., 2013). Donahaye ve Messer (1992) depolanmış ürün zararlılarının ürünlerde beslenmesi durumunda %10’luk bir ürün kaybına neden olabileceğini bildirmiştir. Bu kapsamda depolanmış ürün zararlılarıyla mücadele kaçınılmaz olmaktadır.

Günümüzde depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede ilk başvuru yöntem kimyasal mücadeledir. Kimyasal mücadelede yoğun miktarda malathion, pirimiphos-metil, chlorpyrifos-metil ve deltamethrin gibi koruyucu kontakt insektisitler yanında yoğun miktarda kullanımı olan metil bromid ve alüminyum fosfin gibi fumigantlar bulunmaktadır (Bond ve ark., 1984). Metil bromidin ozon tabakasını delici gazlar içerisinde bulunmasından dolayı Birleşmiş Milletler Montreal Protokolüne göre kullanımı 2015 yılından itibaren karantina uygulamaları dışında yasaklanmış durumdadır (UNEP, 1995). Ülkemizde ruhsatlı fümigant olarak sadece fosfin (PH<sub>3</sub>) ve sülfürlü florit (SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) bulunmaktadır. Sülfürlü florit gazı ülkemizde 2009 yılında sadece incir, kayısı, üzüm, fındık gibi kuru meyveler üzerinde kullanımı için ruhsatlandırılmıştır (Anonim, 2021c). Fosfinle fumigasyonda ise, fumigasyon süresinin uzun olması ve dünyada 45’den fazla ülkede depolanmış ürün zararlılarının fosfine karşı dayanıklılık geliştirdikleri tespit edilmiştir (Zettler ve Keever, 1994; Bell ve Wilson, 1995; Chaudry, 1996; Athié ve ark., 1998; Benhalima ve ark., 2004; Pimentel ve ark., 2010, Sağlam ve ark.,2015). Ülkemizde de Koçak ve ark. (2014), *Tribolium castaneum*’da fosfine karşı dayanıklılık tespit etmiştir. Doğrudan ürüne uygulanan bazı insektisitlerin kalıntıları tüketiciye önemli seviyede akut ve kronik olarak zarar verebilmektedir. Diğer taraftan, zararlılarda dayanıklılık gelişimi, uygulamada sorunların yaşanmasına neden olmaktadır (Champ ve Dyte, 1976; Lorini ve Galley, 1999).

Bugün geleneksel olarak kullanılan fumigantların ve koruyucu kontakt insektisitlerin artan zararlarından dolayı birçok araştırmacı ve üretici alternatif mücadele yöntemlerine yönelmiştir. Alternatif mücadele yöntemlerinde fiziksel mücadele içerisinde Diatomoecus earth (Diatom toprağı) gibi inert tozlara olan ilgi artmıştır. Diatom toprakları muhtemelen insektisit olarak kullanılabilen kuru maddelere bağlı en etkili doğal kaynaktır (Korunic, 1998). İlk ticari diatom toprağı formülasyonu 1800’lü yıllarda USA’de patent alınmasına karşın yaygın olarak kullanımı 1950 yılından sonra olmuştur (Anonim 2021d). Depolanmış ürün zararlısı böceklerin; kimyasal savaşımında kullanılan etkili maddelere nazaran diatom toprağına daha az direnç göstermesi, diatom toprağının uygulama yapılan ürün üzerinden daha kolay uzaklaştırılması ve kalıntı bırakmaması, son olarak memelilere ve çevreye düşük toksisite göstermesi nedeniyle; depolanmış ürün zararlısı böceklerin mücadelesinde kullanılmaya başlanmıştır (Fields, 1998).

Diatom toprakları; diatomit algerinin fosilleşmiş silisli kabuklarından oluşmuş bir çökelti olup, hücre çeperleri (kabukları) amorf silisten (SiO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) oluşmuştur. Diatomitlerin çeşitli nedenlerle yaşamlarının sona ermesi ile silisli kabukları bir araya toplanarak çökelmekte ve diatom rezervlerini oluşturmaktadır. Diatom topraklarının insektisidal aktiviteleri; tür kompozisyonuna, jeolojik ve jeografik orijinine, aynı zamanda SiO<sub>2</sub> içeriği, pH ve sıkıştırılmış yoğunluğu gibi belli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir (Korunic, 1997). Diatom toprakları böceklerin kutikülasında etkili olup su kaybından ölüme neden olmaktadır (Ebeling, 1971). Memelilere toksik olmayan (sıçanlarda ağızdan LD<sub>50</sub> değeri > 5000 mg/kg vücut ağırlığı) diatom toprağı ürünler üzerinde toksik kalıntı bırakmaz ve gıda katkı maddesi olarak kullanıldığı için U.S. EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) ’ya göre GRAS (Generally Recognized As Safe (Genellikle Güvenilir Kabul Edilen)) kategorisinde sınıflandırılır (FDA, 1995). Diatom toprağı sanayide birçok alanda filtrasyon, dolgu ve katkı malzemesi, insanlarda silisyum takviyesi olarak, ev içinde veya çevresinde haşerelerle mücadelesinde ve gıda maddelerinin paketlenmesinde nem tutucu olarak kullanılmaktadır (Özbey ve Atamer, 1987; Durmuşkaya, 2009; Çolak ve ark., 2011; Çetin ve Taş, 2012). Sonuç olarak diatom toprakları tamamen organik ürün üretimiyle uyumlu olup organik bir ürün olarak kabul edilmektedir (Subramanyam ve Roesli, 2000).

İnsektisidal kullanımı konusunda özel bir ekipmana ihtiyaç olmaması, çevre ile hiçbir etkileşime girmemesi ve uygulama yapılan ürünlerde uzun süre kalabilmelerinden dolayı özellikle depolanmış tahılları zararlı böceklerden uzun süre korumada geleneksel insektisitlere alternatif olabilmektedir (Athanassiou ve ark., 2005). Yapılan incelemelerde Türkiye'nin değişik bölgelerinde çok zengin diatom yataklarına sahip ve olduğu görülmektedir (Özbey ve Atamer, 1987; Mete, 1988; Sıvacı ve Dere, 2006; Çetin ve Taş, 2012).

Türkiye'den elde edilen ve işlenen yerel diatom topraklarının depolanmış ürün zararlılarına karşı etkinliği üzerine hali hazırda yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Doğanay,2013; Ertürk,2014; Işıkber ve ark.,2016; Sağlam ve ark.,2017; Akçalı ve ark. 2018; Şen ve ark.,2019). Marmara bölgesi çeltik üretimde önemli bir yere sahip olup, yapılan çalışmalarda çeltik depo ve fabrikalarında hakim zararlıının *Sitophilus* spp. olduğunu belirlenmiştir (Atabay ve ark.,2013; Toğantimur ve Özder,2019). Bu çalışma kapsamında; Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilmiş yerel diatom toprakları ve Silicosec ticari diatom preparatının; ülkemizin tahıl üretiminde önemli bir yer kaplayan çeltiğin depolanması sırasında büyük ölçüde sorun yaratan *Sitophilus oryzae*, (Pirinç biti)'ye karşı etkinliği belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Biyolojik Denemelerde Kullanılan Diatom Toprakları

Biyolojik denemelerde Ege ve Orta Anadolu bölgesinden örneklenen AGN-1, ACN-1, FB2N-1 ve CCN-1 kodlu yerli diatom toprakları kullanılmıştır. Denemelerde şahit olarak ticari diatom preparatı Silicosec (Biofa Company-Almanya) kullanılmıştır. Ele alınan diatomlara (DE) ait fiziksel özellikler *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Test edilen yerel diatom topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Table 1. Some physical properties of tested local diatomaceous earths

DE Kodu	SiO <sub>2</sub> Oranı (%)	Partikül Çapı (µm)	DE- Çeltik Yapışma oranı (% ± SH)	Renk
AGN-1	75.5*	16.19	84.54 ± 0.30	Sarımtırak-beyaz
ACN-1	73.8	14.29	88.89 ± 0.58	Sarımtırak-beyaz
CCN-1	74.6	12.75	83.00 ± 0.98	Sarımtırak-beyaz
FB2N-1	91.9	16.99	87.03 ± 1.33	Beyaz
Silicosec	85.7	12.51	85.90 ± 0.68	Sarımtırak-beyaz

\*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Analiz Laboratuvarı analiz sonuçlarından elde edilmiştir.

### 2.2. Denemelerde kullanılan Çeltik

Denemelerde %15 ± 1 ürün nemi içeren Osmancık-97 çeşidi çeltik (kavuzlu) (*Oryza sativa* L.) kullanılmıştır. Nem ölçümlerinde KETT - PM-650 model portatif nem tayin cihazı kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan çeltik bir hafta süreyle -20 C' de derin dondurucuda tutulmuş ve olası zararlılardan arındırılarak steril hale getirilmiştir ve ağzı kapalı bidonlar içerisinde saklanmıştır.

### 2.3. Pirinç Biti, *Sitophilus oryzae* kültürü

*Sitophilus oryzae* kültürü Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma bölümü Toksikoloji laboratuvarında 5 yıldır üretimi yapılan Laboratuvar kültürü böceklerden oluşmuştur. 1 litrelik cam kavanozlar içerisine 250-350 gram buğday ilave edildikten sonra karışık cinsiyette 200 adet ergin bırakılmış ve kavanozların ağızları hava giriş çıkışı bulunan kapaklarla kapatılmıştır. Böcekler buğday üzerinde geliştirilmiş ve deneme esnasında çeltik kavanozlarına aktarılmıştır. Kültürler 26 ± 1 °C de %55 ± 5 nem içeren ortamda bekletilmiş ve 7-10 gün sonra erginler elek yardımıyla elenerek bulaşık buğdaydan ayrılmış ve bulaşık olmayan buğday konulan kavanozlara eklenerek kültürlerin devamlılığı sağlanmıştır. Yaklaşık 30-40 gün sonra çıkan yeni nesil ergin böceklerden <14 günlük yaştaki erginler kullanılmıştır.

### 2.4. Biyolojik denemeler

Denemelerde kullanılan çeltik, terazi (SWAN, SF-550) yardımıyla 0.5 kg tartılmış ve 3 litrelik kavanozlara konulmuştur. Biyolojik denemelerde kullanılan her diatom toprağı için 100, 300, 500, 900 ve 1500 ppm konsantrasyonları uygulanmıştır. Ele alınan konsantrasyonlar 0.05, 0.150, 0.250, 0.450, ve 0.750 g diatom toprağı, 0.5 kg ürüne konarak elde edilmiştir. Hassas terazi (RADWAG, WTB 200) yardımıyla tartılan diatom örnekleri 3 litrelik

kavanozlara konulan ürünlerin üzerine eklenmiştir. Diatom toprağının çeltiğe homojen bir şekilde kaplaması için kavanozların ağızları sıkıca kapatılarak 3 dakika boyunca elle çalkalanmıştır, diatom uygulanmayan çeltik kontrol grubu olarak ele alınmıştır. Diatom toprağı uygulaması yapılan ve kontrol grubu kabul edilen çeltik kavanozlarından 50 gram çeltik 100 ml'lik (8.3 x 4.5 cm) cam şişelere konmuş ve denemeler 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir şişeye 30 adet karışık cinsiyette ergin böcek ince uçlu fırça ile aktarılmıştır. Biyolojik denemeler iklim odasında  $25 \pm 1$  C sıcaklıkta ve %  $55 \pm 3$  nispi nemde yürütülmüştür. Belirtilen nemli ortamı oluşturmak için kapakları kilitli 80 l'lik plastik saklama kapları (70,05 x 44,5 x 3 8,5 cm) ile nem hücreleri oluşturulmuştur. Orantılı nem değerlerinin deneme süresince sabit kalması için NaBr (94.32g NaBr/100 ml su) çözeltisi kullanılmıştır (Greenspan 1976). Uygulamadan 7, 14 ve 21 gün sonra 2 mm'lik metal elek ile kavanozlardaki çeltik elenerek böceklerin ölü-canlı sayımı yapılmıştır. Sayımlarda anten veya bacakları hareket etmeyen böcekler ölü kabul edilmiştir. Son sayım gününden sonra cam şişe içerisindeki tüm ölü ve canlı böcekler elek yardımıyla dışarı alınmıştır. Cam şişeler yeni nesil ergin (F1) sayısını belirlemek için 45 gün süre ile iklim odasında ( $26 \pm 1$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  nispi nem) karanlık ortamda tutulmuştur ve 45 gün sonra çeltikler elek yardımıyla elenmiş ve yeni nesil ergin sayımları yapılmıştır.

### 2.5. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel analizler

Yürütülen biyolojik denemeler sonucunda 7. 14. ve 21. gün sonrası ölen birey sayılarını ve F1 yeni nesil sayılarını içeren Excel tabloları oluşturulmuştur. Kontrolde ölüm olan uygulamalarda Abbott'un düzeltme formülü kullanılarak ölüm oranları düzeltilmiştir (Abbott, 1925). Diatom toprağı uygulamalarına ait 7. 14. ve 21. gün ölüm oranları ayrı ayrı Arcsin transformasyonu uygulandıktan sonra SPSS-18 istatistik programı kullanılarak varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur (SPSS, 2009). Yeni nesil ergin sayılarına ait verilere ise Abbott'un düzeltme formülü ve transformasyon yapılmadan aynı istatistiksel analiz uygulanmıştır. Hem ölüm hem de yeni nesil ergin sayılarına ait ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde Duncan testi kullanılarak belirlenmiştir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Yedi, on dört ve yirmi bir gün maruz kalma sürelerinde elde edilen ölüm oranları

Yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda diatom toprağı çeşitlerinin (7. gün  $F_{4,70}=469.66$ ,  $P<0.0001$ , 14. gün  $F_{4,70}=310.46$ ,  $P<0.0001$  ve 21. gün  $F_{4,70}=222.18$ ,  $P<0.0001$ ) ve uygulama konsantrasyonlarının (7. gün  $F_{4,70}=125.11$ ,  $P<0.0001$ , 14. gün  $F_{4,70}=237.289$ ,  $P<0.0001$  ve 21. gün  $F_{4,70}=389.99$ ,  $P<0.0001$ ) ölüm oranları üzerinde istatistiksel açıdan önemli etkiye sahip olduğu ve bu iki faktörün arasındaki interaksyonun (7. gün  $F_{16,70}=22.465$ ,  $P<0.0001$ , 14. gün  $F_{16,70}=23.737$ ,  $P<0.0001$  ve 21. gün  $F_{16,70}=29.06$ ,  $P<0.0001$ ) da istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.

Çeltik üzerinde *Sitophilus oryzae* erginleri ile yürütülen çalışmada; 7 gün maruz kalma süresinde sadece AGN-1 diatom toprağında 300 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda %100 ölüm olurken, diğer diatom topraklarında en yüksek ölüm 1500 ppm konsantrasyonda ACN-1'de % 97.7 olmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2. Çeltik üzerinde beş farklı diatom toprağının, beş farklı konsantrasyonlarına 7 gün süreyle maruz bırakılan *Sitophilus oryzae* erginlerinin ortalama yüzde ölüm oranları**

Table 2. Mean mortality (%) (SE) of *Sitophilus oryzae* adults exposed to paddy treated with DE at five dose rates and five different DE formulations for 7 days

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	100 ± 0.0*Aa	97.7 ± 1.1Aa	57.9 ± 8.2Ac	1.4 ± 0.8Ad	86.4 ± 2.0Ab	$F_{4,14}=97.37$ $P<0.0001$
900	100 ± 0.0Aa	94.3 ± 3.0Ab	38.2 ± 5.9Bc	0.0 ± 0.0Be	17.1 ± 4.1Bd	$F_{4,14}=143.07$ $P<0.0001$
500	100 ± 0Aa	73.6 ± 8.1Bb	6.9 ± 3.8Cc	0 ± 0Bd	6.8 ± 4.1BCc	$F_{4,14}=290.52$ $P<0.0001$
300	100 ± 0.0Aa	8.0 ± 3.4Cb	0.8 ± 0.5CDc	0.0 ± 0.0Bc	0.8 ± 0.4Cc	$F_{4,14}=290.52$ $P<0.0001$
100	89.5 ± 6.0Ba	1.9 ± 1.4Cb	0 ± 0 Db	0.0 ± 0.0Bb	3.8 ± 3.8Cb	$F_{4,14}=64.46$ $P<0.0001$
Kontrol	4.4 ± 1.1	2.2 ± 2.2	1.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	2.2 ± 1.1	
F ve P değeri	$F_{4,10}=3.642$ $P<0.044$	$F_{4,10}=57.702$ $P<0.0001$	$F_{4,20}=39.947$ $P<0.0001$	$F_{4,20}=2.66$ $P=0.063$	$F_{4,10}=42.045$ $P<0.0001$	$F_{4,10}=3.642$ $P<0.044$

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

FB2N1 kodlu diatom toprağının 1500 ppm konsantrasyonda bile oldukça düşük etki gösterdiği belirlenmiştir. Ticari Silicosec diatom toprağında ise 100-900 ppm konsantrasyon aralığında ölüm oranı %4-17 arasında değişirken en yüksek konsantrasyonda yüksek bir artış oranıyla % 86'ya ulaştığı belirlenmiştir. On dördüncü gün verileri incelendiğinde AGN-1 diatom toprağında 100 ppm'de % 98.5, 300 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda % 100 ölüm elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 3). Bu dozda ticari diatom preparatı ile karşılaştırıldığında etkinin 18 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yerli diatom toprağının 100 ppm de gösterdiği ölüm oranı ticari diatom toprağında elde etmek için dozun 1500 ppm'e ulaşması gerekmektedir. 14. gün sonuçlarına göre ACN-1'de ise 900 ve 1500 ppm'de % 100, CCN-1 ve Silicosec 1500 ppm'de yaklaşık olarak % 98 ölüm olmuştur. Yerli diatom topraklarının FB2N1 dışında diğerleri ticari diatom toprağına benzere veya çok daha yüksek etki ile ön plana çıkmışlardır.

**Tablo 3. Çeltik üzerinde beş farklı diatom toprağının, beş farklı konsantrasyonlarına 14 gün süreyle maruz bırakılan Sitophilus oryzae erginlerinin ortalama yüzde ölüm oranları**

Table 3. Mean mortality (%) (SE) of Sitophilus oryzae adults exposed to paddy treated with DE at five dose rates and five different DE formulations for 14 days

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CCN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	100 ± 0.0*Aa	100 ± 0.0Aa	97.3 ± 2.0Aa	42.2 ± 2.7Ab	96.6 ± 2.0Aa	F <sub>4,14</sub> =60.51 P<0.0001
900	100 ± 0.0Aa	100 ± 0.0Aa	72.4 ± 3.7Bb	24.3 ± 6.8Bd	51.1 ± 7.4Bc	F <sub>4,14</sub> =59.14 P<0.0001
500	100 ± 0.0Aa	79.4 ± 5.1Bb	18.6 ± 4.2Cc	8.4 ± 0.7Cc	14.8 ± 6.8Cc	F <sub>4,14</sub> =104.52 P<0.0001
300	100 ± 0.0Aa	8.0 ± 3.4Cb	0.8 ± 0.5CDc	0.0 ± 0.0Bc	0.8 ± 0.4Cc	F <sub>4,14</sub> =93.80 P<0.0001
100	98.5 ± 1.5Aa	1.9 ± 1.4Db	0.8 ± 0.5Db	1.8 ± 0.7Db	5.3 ± 4.7CDb	F <sub>4,14</sub> =87.32 P<0.0001
Kontrol	4.4 ± 1.1	2.2 ± 2.2	1.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	2.2 ± 1.1	
F ve P değeri	100 ± 0.0 Aa	25.0 ± 6.8 Cb	0.8 ± 0.5 Dc	4 ± 2.7 Dc	0.8 ± 0.4 Dc	F <sub>4,14</sub> =93.80 P<0.0001

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Yirmi bir gün maruz kalma süresinde ise Silicosec sadece 1500 ppm'de %100 ölüme ulaşırken, AGN-1 bütün konsantrasyonlarda %100, ACN-1 kodlu diatom toprağı 900 ve 1500 ppm'de ise %100 ölüm tespit edilmiştir. CCN-1 ve FB2N-1 diatom topraklarında sırasıyla 1500 ppm'de %100 ve %94 ölüm olmuştur (Tablo 4).

**Tablo 4. Çeltik üzerinde beş farklı diatom toprağının, beş farklı konsantrasyonlarına 21 gün süreyle maruz bırakılan Sitophilus oryzae erginlerinin ortalama yüzde ölüm oranları**

Table 4. Mean mortality (%) (SE) of Sitophilus oryzae adults exposed to paddy treated with DE at five dose rates and five different DE formulations for 21 days

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CCN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	100 ± 0*Aa	100 ± 0Aa	100 ± 0Aa	93.9 ± 1.9Ab	100 ± 0Aa	F <sub>4,14</sub> =26.92 P<0.0001
900	100 ± 0Aa	100 ± 0Aa	94.5 ± 2.5Ba	71.8 ± 4.4Bb	85.2 ± 1.1Bb	F <sub>4,14</sub> =19.11 P<0.0001
500	100 ± 0Aa	90.9 ± 4.1Bb	45.2 ± 7.1Cc	36.7 ± 4.6Cc	46.6 ± 13.1Cc	F <sub>4,14</sub> =27.36 P<0.0001
300	100 ± 0Aa	52.3 ± 3.9Cb	1.2 ± 0.5Dd	9.3 ± 1.6Dc	4.6 ± 0Dc	F <sub>4,14</sub> =367.34P <0.0001
100	100 ± 0Aa	3.4 ± 1.1Db	1.5 ± 1.1Db	1.8 ± 0.7Eb	5.3 ± 4.7Db	F <sub>4,14</sub> =106.23 P<0.0001
Kontrol	4.4 ± 1.1	2.2 ± 2.2	1.4 ± 0.8	0.0 ± 0.0	2.2 ± 1.1	
F ve P değeri	-	F <sub>4,10</sub> =227.60 P<0.0001	F <sub>4,20</sub> =165.28 P<0.0001	F <sub>4,20</sub> =146.15 P<0.0001	F <sub>4,10</sub> =57.073 P<0.0001	

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak birbirinden farklıdır.

Ele alınan yerli diatom toprakları arasında FB2N1 kodlu diatom toprağı diğerlerine göre etkinliği biraz düşük olmasına karşın en yüksek konsantrasyonda %94 oranı ile yüksek bir etkinlik ortaya koymuştur.

Çeltik üzerinde *S.oryzae* erginlerine ticari Silicosec, yerli AGN-1 ve ACN-1 diatom topraklarına oranla düşük ölüm oranı gösterirken CCN-1 ile benzer etki göstermiştir. Athanassiou ve ark. (2003) Silicosec'in *S. oryzae* erginlerine çeltik üzerinde 7 ve 14 gün maruz kalma süresinde 1000 ve 1500 ppm'de ise % 100 ölüm tespit edildiğini bildirmişlerdir. Ertürk (2014) benzer bir çalışmada; Protector ticari preparatı çeltik üzerinde *S. oryzae* erginlerinde (1000 ppm) 14 gün maruz kalma süresinde % 100 ölüm tespit edildiğini bildirmiştir. Chiriloaie ve ark., (2014) çeltik üzerinde Pyrisec'e maruz kalan *S.oryzae* erginlerinde en yüksek konsantrasyon olan 900 ppm'de 7,14 ve 21 gün maruz kalma sürelerinde % 100 ölüme ulaşamadığını bildirmiştir. Mc Gaughey (1972) çeltik üzerinde Perma Guard diatom toprağının *S. ozyae* erginlerine 21 gün maruz kalma süresinde 1750 ppm konsantrasyonda % 100 ölüm gösterdiğini bildirmiştir. Benzer bir çalışmada Athanassiou ve ark. (2014) sert buğday üzerinde Keepdry ticari diatom toprağının *S. oryzae* erginlerinde 500 ppm konsantrasyonda 7. ve 14. günlerde % 100 ölüm oranına ulaşamadığını bildirmiştir. Kavallieratos ve ark. (2010) buğday üzerinde *S. oryzae* erginlerine 7 gün maruz kalma süresinde 1000 ppm konsantrasyonda Protector ve Insecto ticari preparatlarının % 100 ölüm gösterdiğini bildirmişlerdir.

### 3.2. Biyolojik testler sonunda çeltik üzerinde elde edilen *Sitophilus oryzae*'nin yeni nesil verimi (F1)

Çeltik üzerinde yürütülen biyolojik denemeler sonunda elde edilen *S. oryzae*'nin ortalama yeni nesil sayıları (adet) Tablo 5' de verilmektedir.

Yapılan çift yönlü varyans analizleri sonucunda diatom çeşitlerinin ( $F_{4,84}=223.93$ ,  $P<0.0001$ ) ve uygulama konsantrasyonlarının ( $F_{5,84}=84.37$ ,  $P<0.0001$ ) yeni nesil ergin sayıları üzerinde istatistiksel açıdan önemli etkiye sahip olduğu ve bu iki faktörün arasında interaksiyonun ( $F_{20,84}=5.80$ ,  $P<0.0001$ ) da istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.

**Tablo 5. Çeltik üzerinde yürütülen biyolojik denemelerden 45 gün sonra elde edilen *Sitophilus oryzae*'nin ortalama yeni nesil (F1) sayıları ( $\pm SH$ )**

Table 5. Mean numbers of progeny (F1) ( $\pm SE$ ) of *Sitophilus oryzae* obtained after 45 days from the biological tests carried out on the paddy

Doz (ppm)	AGN-1	ACN-1	CCN-1	FB2N-1	Silicosec	F ve P değeri
1500	0.0 $\pm$ 0.0*Bc	0.0 $\pm$ 0.0 Cc	11.6 $\pm$ 2.5 Eb	40.0 $\pm$ 3.2Da	2.3 $\pm$ 1.9Dc	$F_{4,14}=2.943$ $P<0.0001$
900	0.0 $\pm$ 0.0 Bc	1.3 $\pm$ 0.7 Cc	27 $\pm$ 6.1 Db	45.6 $\pm$ 6.2CDa	8.0 $\pm$ 3.5Dc	$F_{4,14}=16.82$ $P<0.0001$
500	0.0 $\pm$ 0.0 Bc	7.0 $\pm$ 2.1 Cbc	51.4 $\pm$ 5.8 Ca	56.2 $\pm$ 4.2 Ca	19.7 $\pm$ 1.5Cb	$F_{4,14}=33.24$ $P<0.0001$
300	0.0 $\pm$ 0.0 Bc	20.3 $\pm$ 3.8 Bb	68.2 $\pm$ 5.4Ba	71.2 $\pm$ 3.1 Ba	33.0 $\pm$ 4.6Bb	$F_{4,14}=51.40$ $P<0.0001$
100	0.0 $\pm$ 0.0 Bd	25.3 $\pm$ 2.7 Bc	74 $\pm$ 5.9Ba	79.8 $\pm$ 2.0ABa	40.3 $\pm$ 1.2ABb	$F_{4,14}=72.00$ $P<0.0001$
Kontrol	14.3 $\pm$ 0.3 Ac	48.3 $\pm$ 1.7 Ab	92.8 $\pm$ 6.1Aa	84.6 $\pm$ 2.7Aa	51.0 $\pm$ 5.8Ab	$F_{4,14}=46.85$ $P<0.0001$
F ve P değeri	$F_{5,12}=1849.0$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=68.377$ $P<0.0001$	$F_{5,24}=33.929$ $P<0.0001$	$F_{5,24}=23.07$ $P<0.0001$	$F_{5,12}=29.241$ $P<0.0001$	

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde DUNCAN testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.

Çeltik üzerinde *S. oryzae* ile yürütülen deneme sonuçlarında; Silicosec bütün konsantrasyonlarda yeni nesil çıkışını baskı altına alamazken, AGN-1 ele alınan tüm konsantrasyonlarda ve ACN-1 1500 ppm'de yeni nesil çıkışını baskı altına almıştır. ACN-1'de 900 ppm konsantrasyonda 1.3 adet yeni nesil çıkışı tespit edilirken, Silicosec'te 1500 ppm konsantrasyonda 2.3 adet yeni nesil çıkışı tespit edilmiştir. CCN-1'de (1500 ppm) ise 11.6 adet yeni nesil çıkışı FB2N-1'de (1500 ppm) 40 adete yükselmiştir. Test edilen diatom topraklarında, kontrol grubuna göre konsantrasyonlar attıkça yeni nesil çıkışında azalmalar tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada Silicosec'te en yüksek konsantrasyonda (1500 ppm) 2.3 adet yeni nesil çıkışı olurken, Athanassiou ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada 45 gün bekleme süresinde 1500 ppm konsantrasyonda yeni nesil çıkışı olmadığını

bildirmişlerdir. Ertürk (2014) benzer bir çalışmada; Protector ticari preparatı çeltik üzerinde *S. oryzae* erginlerinde (1750 ppm konsantrasyonda) yeni nesil çıkışı tamamen baskı altına aldığını bildirirken mevcut çalışmada ise ticari Silicosec'te (1500 ppm) yeni nesil çıkışı 2.3 adet olarak tespit edilmiştir. İki deneme sonuçlarındaki farklılığın denemelerde kullanılan ürün farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer bir çalışmada ise Vayias ve Stephou (2009); çeltik üzerinde 150 ppm DEBBM diatom formülasyonunda, 50 gün bekleme süresi sonunda 5.3 adet yeni nesil çıkışı görüldüğünü bildirmişlerdir.

#### 4. Sonuç

Günümüzde tüketicilerin organik ürünlere yönelmesi ve üreticilerin ise kimyasal mücadelede kullanılan pestisitleri bilinçsizce kullanmasından dolayı; kimyasal mücadeleye alternatif yeni yöntemler üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Diatom topraklarının böcekler etki mekanizmasının fiziksel yolla etkili olması ile kimyasal insektisitlere göre etki mekanizması tamamen farklılık göstermektedir. Ayrıca pestisitlere göre daha insan ve çevreye olumsuz etkisinin olmaması ve tamamen organik ürün kategorisinde kabul edilmesi önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bu bakımdan depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılma potansiyelleri her gün artmaktadır. Özellikle kimyasal ilaçlardaki fiyat artışları da üretici ve tüketicileri alternatif ve yerli çözümlere olan ilgisini artırmaktadır. Dünya genelinde çok sayıda ticari diatom toprağı preparatı depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılmasına karşın henüz ülkemizde ruhsat almış bir preparat yoktur. Ülkemizde bulunan diatom toprağı rezervleri özellikle içecek ve yağ sanayi kuruluşlarında filtre malzemesi ve katkı maddesi olarak yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen yerel diatom topraklarının depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılma potansiyeli ile ilgili sınırlı çalışma mevcuttur. Çeltik üzerinde kullanımda ise ticari preparatlarla rekabet edebilecek etkinlikler bu çalışma ile belirlenmiştir. Doğanay (2013) yaptığı çalışma da yerel diatom toprağı kaynaklarının tahıl ürünlerinde ticari ticari preparatlara benzer ve daha yüksek etki gösterdiğini bildirmiştir. Çeltik üzerinde; 7 gün uygulama süresinde AGN-1 100 ppm, ACN-1 500 ppm ve Silicosec 1500 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda, 14 gün uygulama süresinde AGN-1 100 ppm, ACN-1 500 ppm, CCN-1 900 ppm, Silicosec 1500 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda, 21 gün uygulama süresinde AGN-1 100 ppm, ACN-1 500 ppm, CCN-1, Silicosec ve FB2N-1 900 ppm ve üzeri konsantrasyonlarda kullanılabilceği ortaya konmuştur. Yeni nesil ergin sayısına bakıldığında yerel diatom topraklarının etkinlikte ön plana çıkararak uygulama sonrasında yeni böcek popülasyonu gelişini tamamen durdurabilmiştir.

Ticari Silicosec preparatında bu tam olarak sağlanamamıştır. Yine yerel diatom topraklarından FB2N1 ise tüm diatom topraklarına göre yeni nesil ergin çıkışı en fazla olan preparat olmuştur. Bu diatom kaynağını diğerlerinde ayıran en önemli özellik *Tablo 1.*'de de görüleceği üzere, % 92 SiO<sub>2</sub> oranı ile silisce en yüksek diatom kaynağı olmasında kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuçlar çok yüksek silisyum oranına (<%90) sahip diatom toprağının (FB2N-1) böcekler karşı etkinliklerin düşük olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla yüksek silisyum dioksit içeren diatom topraklarının böcekler üzerindeki öldürücü etkinliklerinde önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Korunic ve ark. (1997) diatom topraklarının insektisidal aktivitelerinin; diatom türüne, jeolojik ve jeografik orijinine, aynı zamanda SiO<sub>2</sub> içeriği, pH ve sıkıştırılmış yoğunluğu gibi özelliklerine bağlı olarak önemli değişiklikler gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında yerli Türk diatom topraklarının ticari preparatlar haline getirilmesi ve kullanılabilmeleri için farklı kaynakların birlikte etkinliklerini testlenmesi ve laboratuvar dışında gerçek depo şartlarında insektisit özelliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Tüm bu çalışmalar sonuçlandıktan sonra ancak etkili bir yerli diatom preparatın üretilbileceği, bitki koruma ürün ruhsatı alabileceği ve kullanılma potansiyeline sahip olabileceği belirlenecektir.



## Kaynakça

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (1): 265-267.
- Akçalı, S., Işıker, A.A., Sağlam, Ö., Tunaz H., Er M.K. (2018). Laboratory evaluation of Turkish diatomaceous earths as potential stored grain protectants., In: *Proceedings of 12<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection*, P.739-743, 7-11 October 2018, Berlin, Germany.
- Anonim (2021a). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu Çeltik, Temmuz-2020. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara. [Çeltik, Temmuz-2020, Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.pdf](#), (Erişim Tarihi: 02.08.2021)
- Anonim (2021b). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (Accessed date: 02.08.2021)
- Anonim (2021c). T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı. <https://bku.tarim.gov.tr/BKURuhsat/Details/1669>. (Erişim Tarihi: 08.08.2021)
- Anonim (2021d). Diatomaceous earth: A non toxic pesticide, <http://eap.mcgill.ca/publications/eap4.htm>. (Erişim Tarihi: 07.08.2021)
- Atabay, S., Aydın, V., Özder, N. (2013). Balıkesir (Gönen) ve Edirne (Uzunköprü)'de depolanmış çeltik ve pirinçlerde saptanan zararlı böcek türleri, *Bitki Koruma Bülteni*, 53 (3):141-157.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Tsaganou, C., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., Buchelos, C. Th. (2003). Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection* 22: 1141-1147.
- Athanassiou C. G., Vayias B. J., Dimizas C.B., Kavallieratos N. G., Papagregoriou A.S., Buchelos C.Th. (2005). 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. *Journal of Stored Prod. Research*, 41: 47-55.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N. G., Lazzari, F.A. (2014). Insecticidal effect of Keepdry for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat under laboratory conditions. *Journal of Stored Products Research*, 59: 133-139.
- Athié, I., Gomes, A.R., Bolonhezi, S., Valentini, S.R.T., De Castro, M.F.P. (1998). Effects of carbon dioxide and phosphine mixtures on resistant populations of stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research* 34: 27-32.
- Bell, C.H., Wilson, S.M. (1995). Phosphine tolerance and resistance in *Trogoderma granarium* Everts. (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research* 31: 199-205.
- Benhalima, H., Chaudhry, M.Q., Mills, K.A., Price, N.R. (2004). Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Product Research* 40 (3): 241-249.
- Bond, E.J., Dumas, T., Hobbs, S. (1984). Corrosion of metals by the fumigant phosphine. *Journal of Stored Products Research* 20: 57-63.
- Champ, B.R., Dyte, C.E. (1976). FAO Global Survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Production Protection Ser. No. 5. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Chaudry, M.Q. (1996). A review of the mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored-product insect. *Pesticide Science* 49: 213-228
- Chiriloaie, A., Athanassiou, C., Vassilakos, T., Fătu V., Drosu, S., Ciobanu, M. (2014). Influence of grain type on the efficacy of some formulations of Diatomaceous Earth against The Rice Weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Scientific Papers Series A. Agronomy*, Vol. LVII, 140-145p.
- Çetin, M., Taş, B. (2012). Biyolojik orjinli tek mineral: Diyatomit. *Türk Bilim Araştırma Vakfı (TÜBAV) Bilim Dergisi*, 5(2): 28-46.
- Çolak, H., Uğurluay, G., Nazlı, B., Bingöl, E.B. (2011). Paketlemede kullanılan nem tutucu filtrelerin hindi etinin raf ömrü üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 37(2): 107-116.
- Doğanay, Ş.İ. (2013). *Çeşitli diyatomit topraklarının depolanmış tahıl zararlıları, Sitophilus granarius (L.) ve Rhyzopertha dominica (F.) 'ya karşı etkinliğinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. 55s
- Donahaye, E.J., Messer, E. (1992). Reduction in grain storage losses of small-scale farmers in tropical countries. Research Report RR-91-7, The Allan Shawn Feinstein World Hunger Program, Brown University, USA, 19 p.
- Durmuşkaya C., 2009. Nano teknoloji uzmanı Diyatomeler. *Bilim Teknik Dergisi* (1): 56-59.
- Ebeling, W. (1971). Sorptive dusts for pest control. *Annual Review of Entomology* 16: 123-158.
- Ertürk, S. (2014). *Farklı Diyatomit Toprağı formülasyonlarının depolanmış çeltikte zararlı böceklerin etkinliği üzerinde araştırmalar*. (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Ankara, 120s.
- FDA (1995). Specifications for diatomaceous earths as a maximum 2 % animal feed additive. Food and Drug Administration, 21 CFR Section, 573.340.

- Fields, P. (1998). Diatomaceous earth: Advantages and limitations. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection*, 14-19 October 1998, P.781-784, Beijing, China.
- Işıkber, A.A., Sağlam, Ö., Er, M.K., Tunaz H. (2016). Potential of Turkish diatomaceous earth formulations as natural grain protectants for control of stored grain insects, *15th International Cereal and Bread Congress*, 18-21 April 2016, P. 42, İstanbul, Turkey.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Kotzamanidis, S., Synodis, S.V. (2010). Efficacy and adherence ratio of diatomaceous earth and spinosad in three wheat varieties against three stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research* 46: 73-80.
- Koçak, E., Schlipalius, D., Kaur, R., Tuck, A., Ebert, P., Collins, P., Yılmaz, A. (2014). Türkiye’de Un Biti, *T.castaneum* (Herbst) popülasyonlarında fosfin direnci. *Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi*, 3-5 Şubat 2014, S: 11, Antalya.
- Korunic, Z. (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research* 33 (3): 219-229.
- Korunic, Z., (1998). Diatomaceous earth a group of natural insecticides. *Journal of Stored Product Research*, 34: 87-97.
- Lorini, I., Galley, D.J. (1999). Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Products Research*, 35 (1): 37-45.
- Mc Gaughey, W.H. (1972). Ditomaceous earth for confused flour beetle and rice weevil control in rough, brown and milled rice. *Journal of Economic Entomology* 65 (5): 1427-1428.
- Mete, Z. (1988). Kütahya-Alayunt yöresi diyatomit yataklarının zenginleştirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi* 1 (1): 184-201.
- Özbey, G., Atamer, N. (1987). Kizelgur (Diatomit) hakkında bazı bilgiler. 10. Türkiye Madencilik Bilimsel Teknik Kongresi, Ankara, 493-502.
- Pimentel, M.A.G, Faroni, L.R.D.A, Silva, F.H.D., Batista, M.D., Guedes, R.N.C. (2010). Spread of phosphine resistance among brazilian populations of three species of stored sroduct insects. *Neotropical Entomology* 39 (1):101–107.
- Sağlam, Ö., Edde, P., Phillips, T.W. (2015). Resistance of *Lasioderma serricornis* (Coleoptera: Anobiidae) to Fumigation with Phosphine, *Journal of Economic Entomology* 108: 2489-2495.
- Sağlam, Ö, Işıkber, A.A., Tunaz, H., Er, M.K., Bahadır, F., Şen, R. (2017). Preliminary checking of some Turkish diatomaceous earth similarities with commercial diatomaceous earths under scanning electron microscope (SEM). *Journal of Tekirdağ Agriculture Faculty (JOTAF), the Special Issue of 2nd International Balkan Agriculture Congress*,13-19p.
- SPSS (2009). SPSS Version 18.0.0, SPSS Inc, 233 S. Wacker Drive, Chicago, USA.
- Subramanyam, B., Roesli, R. (2000). Inert dust. In Subramanyam Bh, Hagstrum, D.W. (Eds), *Alternatives to Pesticides in Stored - Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, p. 321-379.
- Sıvacı, R., Dere, Ş. (2006). Melendiz Çayı’nın (Aksaray-Ihlara) epipelik diyatome florasının mevsimsel değişimi. *Ç.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 27 (1):1-12.
- Şen, R., Işıkber, A.A., Bozkurt, H., Sağlam, Ö. (2019). Effect of temperature on insecticidal efficiency of local diatomaceous earth against stored-grain insects. *Turkish Journal of Entomology* 43: 441-450.
- Toğantimur, O., Özder N. (2019) Edirne ilinde depolanmış buğday ve un fabrikalarında saptanan zararlı böcekler üzerine araştırmalar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 192-201.
- UNEP (1995). Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee, 1995 Assessment, UNEP, Nairobi, Kenya, 304 pp.
- Vayias, B.J., Stephou, V.K. (2009). Factors affecting the insecticidal efficacy of an enhanced diatomaceous earth formulation against three stored-product insect species. *Journal of Stored Products Research* 45: 226–231.
- Zettler, L.J., Keever, D.W. (1994). Phosphine resistance in cigarette beetle (Coleoptera: Anobiidae) associated with tobacco storage in the southeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 87 (3): 546-550.