



Araştırma Makalesi

Yerli Bazı Diyatom Topraklarının Laboratuvar Koşullarında Khapra, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), Larvalarına Karşı Biyolojik Etkinliği

Amine Kılıç, Çetin Mutlu*

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa

Geliş tarihi (Received): 04.12.2019

Kabul tarihi (Accepted): 25.02.2020

Anahtar kelimeler:

Khapra böceği, diyatom toprağı, depolanmış buğday, doğal insektisit, mücadele

Özet. Bu çalışma ülkemizde son yıllarda tarımsal mücadelede önemi artan diyatom toprağının Khapra böceği (*Trogoderma granarium* Everts) larvalarına karşı biyolojik etkinliğinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma kontrollü şartlarda iki farklı sıcaklık (25 ve 30 °C) ve %50-65 nem ortamında, yerli (Aydın, Ankara illeri) ve ithal marka SilicoSec® diyatom toprakları olmak üzere dört farklı dozda (0, 1000, 1500 ve 2000 ppm), dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Larvaların ölüm oranları uygulamadan 7, 14 ve 21 gün sonra kaydedilmiş, uygulamalardan 60 gün sonra F1 döl verimi her bir uygulama için belirlenmiştir. Yerli diyatom topraklarının zararlı üzerinde biyolojik etkinliği, diyatomun uygulama dozu, maruz kalma süresi ve yüksek sıcaklık ile artış göstermiştir. En yüksek biyolojik etkinlik, 30 °C sıcaklıkta 21. günde 2000 ppm dozunda Aydın diyatomunda (%65.4), bunu takiben Ankara diyatomunda (%53.8) gerçekleşmiş, buna karşın SilicoSec®'te bu oran %11.9 olarak kayıt edilmiştir. Buna ek olarak 25 °C sıcaklıkta her üç diyatom toprağının Khapra larvaları üzerinde biyolojik etkinliği düşük düzeyde kalmıştır (en yüksek Ankara diyatomu 21. günde 2000 ppm dozda %30.7). Yeni nesil döl verimi 25 °C sıcaklık ve 60. gün sayımları sonucunda, her üç diyatom toprağı uygulanan tekerrürlerde F1 dölü açısından bir farklılık belirlenmemiş (%15.2-18.7), buna karşın en düşük F1 döl verimi 30 °C sıcaklıkta 2000 ppm'de %9 olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak yerli diyatom topraklarımızın SilicoSec®'e göre daha yüksek oranda Khapra böceği larvalarını öldürdüğü ve ümitvar olduğu belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar

cetinmutlu21@hotmail.com

Biological Activity of Some Native Diatomaceous Earth Against Khapra, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), Larvae Under Laboratory Conditions

Keywords:

Khapra beetle, diatomaceous earth, stored wheat, natural insecticide, control

Abstract. The aim of this study was to investigate the biological efficacy of diatomaceous soil against Khapra beetle (*Trogoderma granarium* Everts) larvae which has gained importance in agricultural pest management in Turkey in recent years. The experiments were carried out with three different diatomaceous earth (two native diatomaceous earth, Ankara, Aydın provinces and SilicoSec® imported brand) two different temperatures (25 and 30 °C) and 50-65% humidity cultivar with four different doses, i.e., 0, 1000, 1500, 2000 ppm and four replications for each treatment under controlled conditions. Dead-live counts of the larvae counts were made 7, 14 and 21 days after diatomaceous earth applications and 60 days after the end of the experiments, fertility of F1 generation was determined separately for each treatment. The biological activity of native diatomaceous earths on Khapra larvae increased with increasing application dose, exposure time and temperature. The highest biological activity was determined for Aydın diatom earth with 2000 ppm on day 21 (65.4 %), followed by Ankara diatom (53.8 %) at 30 °C, whereas the effect of SilicoSec® was determined to be the lowest (11.9%). Besides, biological activity of three diatomaceous earth at 25 °C was recorded very low (the highest rate was 30.7% for Ankara 21 days with 2000 ppm). No differences were found in terms of F1 offspring (15.2-18.7%) in all diatomaceous earth replications at 25 °C after days, whereas the lowest (9%) F1 offspring was recorded at 30 °C with 2000 ppm dose. As a result, it was concluded that native diatomaceous earths were more effective and promising on khapra larvae than SilicoSec® branded diatomaceous earth.

**Bu çalışma yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0001-6654-5044 0000-0003-4962-5506

GİRİŞ

Ülkemizde üretilen tarımsal ürünler içerisinde en çok tarımı yapılan ve ekiliş alanlarına sahip ürün grubu tahıllardır (TÜİK, 2018). Tahılların hasattan sonra hemen işlenmeyip sağlıklı bir şekilde tüketiciye güvenle ulaşması için depolanması ve mümkün olabildiği kadar en az kayıpla korunması gerekmektedir. Depoya alınan tahıl ürünleri, depolama süresince birçok zararlı etkenin ve etmenin etkisi sebebiyle doğrudan ya da dolaylı yollarla kayıplara uğramaktadır (Ergül ve ark., 1972; Özar ve Yücel, 1981). Uygun koşullar altında saklanmayan tahıllar; böceklenme, küflenme, kızışma, embriyo zedelenmesi, çimlenme gücü kaybı ve çürüme gibi zararlara uğrayabilmektedir (Ergül ve ark., 1972; Özar ve Yücel, 1981; Anonim, 2008; Anonim, 2015). Tahılların depoda saklanması sırasında kayıplara neden olan canlı etmenlerin başında böcekler yer almaktadır. Türkiye’de *Tribolium* spp. (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus (Coleoptera: Silvanidae) *Rhizopertha dominica* Fabricius (Coleoptera: Bostrychidae), *Trogoderma granarium* Everts ve *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) gibi depo zararlıları özellikle buğdaylarda ağırlık, çimlenme ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır (Erakay, 1974; Anonim, 2008).

Zararlı böceklerin depolarda yaptıkları zarar sebebiyle dünyanın birçok yerinde bunlara karşı farklı mücadele yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu yöntemlerin başında; yasal mücadele (karantina işlemleri), fiziksel ve mekaniksel yöntemler (inert tozlar, değiştirilmiş atmosfer, kurutma, soğutma, sıcaklığı yükseltme, radyo dalgaları, iyonize radyasyon, elektrikli ışık tuzakları vb.) biyolojik, biyoteknik ve kimyasal mücadele gelmektedir (Anonim, 2015). Uygulanan yöntemler içinde en sık ve yaygın kullanılan kimyasal mücadeledir. Bunun temel nedeninin kimyasal savaşım uygulamalarının kolay ve hızlı sonuç alınması olarak gösterilebilir (Matthews, 1993; Sathyan ve ark., 2016; Wojciechowska ve ark., 2016). Ülkemizde ise geniş depolarda tahıl zararlılarıyla mücadelede genellikle alüminyum fosfit fümigasyonu ön sırada yer almaktadır. Fakat depolanmış tahıl ürünlerinin fümigasyonunda kullanılan fosfin gazına karşı dünyada önemli oranda ve yaygın bir direnç gelişimi söz konusu olduğu bildirilmektedir (Zettler, 1994; Benhalima ve ark., 2004; Pimentel ve ark., 2010; Anonim 2015). Ayrıca organik fosforlu ilaçlardan Malathion ve sentetik piretroid grubundan Deltametrin diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de depolanmış tahıllarda aşırı miktarda kullanılmaktadır (Irshad ve Iqbal, 1994; Tarakanov ve ark., 1994; Saxena ve Sinha, 1995; Emekçi ve Ferizli, 2000; Kumar ve ark., 2010; Hafız ve ark., 2018; Mutlu ve ark., 2019).

Kimyasal mücadele yöntemlerin uzun süreli kullanımı yıldan yıla birçok soruna (dayanıklılık, kullanıcıya toksisitesi, çevreye zararı vb.) neden olmaktadır (Ertugay ve Certel, 1991). Depolanmış ürünlerde böcek bulaşmasını önlemek için şu anda yaygın olarak residual kontak etkili insektisitler (Chlorpyrifos-metil, pirimiphos-metil, deltamethrin+piperonylbutoxide) ve fümigantlar (fosfin ve metil bromide) kullanılmaktadır. Bu insektisitlerin genellikle birçoğu memelilere oldukça toksik etki bırakır ve insektisitlerin bazıları ürünler üzerinde besin zinciri boyunca insan vücudunda birikerek kalıntı meydana getirmektedir (Bond, 1984; Doğanay, 2013). Bu yüzden memelilere düşük oranda zehirli, çevreye zararsız ve maliyet olarak karlı olan alternatiflerin acilen değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan son yıllarda fiziksel mücadele teknikleri içerisinde diyatom toprağı gibi inert tozlara olan ilgi artmıştır. Depo zararlısı böceklerin, kimyasal mücadele kullanılan ilaçlarda olduğu gibi diyatom topraklarından hızlı bir şekilde etkilenmesi, diyatomun uygulanan ürünlerde daha kolay uzaklaştırılması ve herhangi bir kalıntıya sebep olmaması, memelilere ve çevreye düşük toksisiteye sahip olmasından dolayı zararlılara karşı diğer ülkelerde ve ülkemizde araştırmalar yapılmıştır (Quarles, 1992; Fields, 1998; Mewis ve Ulrichs, 2001; Akbar ve ark., 2004; Arnaud ve ark., 2005; Ertürk, 2014; Şen, 2016; Akçalı, 2017; Gül, 2018; Bayram, 2019).

Ülkemizde depolanmış tahıl zararlısı böcek türleri içerisinde Khapra böceği, *T. granarium*, ülkemizde özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde depolanmış buğdaylarda önemli oranda ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Ergül, 1972; Erakay, 1974; Özar ve Yücel, 1981; Işıkber ve ark., 2005; Anonim, 2008; Mutlu ve ark., 2019). Khapra böceği primer bir zararlı olup doğrudan tanede zarar yapan iç ve dış karantinaya tabi bir zararlıdır. Erginleri beslenmeksizin 14-22 gün larvaları ise yılda ortalama 4-5 yıl yaşayabilmektedir. Zararının larvaları depolanmış buğdaylarda ağırlık kaybına yol açmakta ve buğday tanelerinin özellikle embriyo kısımlarına zarar vermektedir (Ahmedani ve ark., 2007; Anonim, 2008). Önemli bir depo zararlısı olan Khapra böceğine ve larvalarına karşı ülkemizde mevcut bulunan yerli diyatom toprakları (Aydın ve Ankara) ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Çalışma bu yönüyle ele alınmış ve bu çalışmada depolanmış buğdayda zararlı Khapra böceği larvalarına karşı yerli diyatom topraklarının biyolojik etkinliği ile diyatom toprağı uygulamasının yeni nesil (F1 döl) verimine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Dariel ekmeklik buğday çeşidi, Khapra böceği larvaları, Ankara ve Aydın illerinden elde edilen diyatom toprakları ile SilicoSec® marka diyatom toprağı kullanılmıştır (Çizelge 1). Denemelerde kullanılan Khapra larvaları, stok kültürdeki Khapra erginlerinin kontrollü şartlarda (30 °C sıcaklık, %50-65 nem) yetiştirilmesi ile elde edilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan diyatom toprağının kimyasal içerikleri.

Table 1. The chemical contents of Diatomaceous earths used in the study.

Diyatom toprağı	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	Partikül çapı büyüklüğü (µm)	Renk
Ankara	92.8	4.2	1.5	0.3	-	8-12µ	Sarımtırak-beyaz
Aydın	94.2	4.6	1.6	0.3	-	8-12µ	Sarımtırak-beyaz
SilicoSec®	92.0	3	1	-	1	8-12µ	Sarımtırak-beyaz

Farklı Diyatom Toprakları ile Dozlarının 25 °C ve 30 °C'de Khapra Larvaları Üzerindeki Biyolojik Etkinliği

Bu çalışmada ikisi yerli (Aydın, Ankara illeri) ve diğeri yabancı menşeli ithal marka olan SilicoSec® diyatom toprakları kullanılmıştır. Bu diyatomlara ait bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Larvaların beslenmesi için Dariel ekmeklik buğday çeşidi kullanılmış ve denemeler kurulmadan önce buğday taneleri 55 °C sıcaklıkta 48 saat süreyle etüvde tutularak sterilize edilmiştir. Daha sonra 1 kg'lık kapaklı şeffaf plastik kaplara 200 gr. buğday konularak istenilen doza göre ppm cinsinden hesaplanan diyatom toprakları eklenerek 2 dakika süre ile elle sallanarak karıştırılmıştır. Karıştırma işleminin ardından 200 gr'lık kaplar içinde bulunan buğdaydan 50'şer gr alınarak ayrı kaplara konulup içerisine 30'ar adet aynı dönemde bulunan Khapra larvası ilave edilerek deneme üniteleri oluşturulmuştur. Her bir diyatom toprağı için deneme dozları, 0, 1000, 1500, 2000'er ppm olarak dört tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Diyatom toprağı uygulaması yapılmayan buğday taneleri kontrol olarak kabul edilmiştir. Deneme üniteleri %50-65 orantılı nem içeren kabinlerde 25 °C ve 30 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Uygulamadan 7, 14 ve 21 gün sonra ölü ve canlı larvalar sayılmıştır.

Farklı Diyatom Toprakları ile Dozlarının 25 °C ve 30 °C'de Khapra'nın F1 Döl Verimi Üzerine Etkisi

Diyatom uygulaması yapıldıktan sonra, son sayım olan 21. günden sonra tekerrürlerde yer alan ölü larvalar ayıklanmış ve kalan canlı larvalar aynı sıcaklık derecelerinde ve nem koşullarında (25 ve 30 °C) ve aynı deneme kapları içinde yeni nesil (F1 döl) verimi için 60 gün süresince bekletilmiştir. Altmışınca gün sonunda pupadan çıkan yeni nesil ergin ve larva sayıları her bir tekerrür için ayrı ayrı kayıt edilmiş ve her bir diyatom toprağı için yeni nesil verimi belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada her bir diyatom toprağı için elde edilen ölüm oranlarını (% etki) belirlemek amacıyla yüzdeli Abbott formülü uygulanmıştır (Abbott, 1925). Daha sonra veriler ilk olarak Shapiro-Wilk normalite testine tabi tutulmuştur. Normal dağılım göstermeyen veriler Arcsin transformasyonu kullanılarak normal dağılıma getirilmiştir. Bu şekilde elde edilen veriler, Tesadüf Parsellerinde Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme' desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve önem derecelerine (%99) göre LSD (Tukey HSD) testi kullanılarak ortalamalar gruplandırılmıştır. Bütün istatistik analizler Jump (Version 7.0) istatistik programında yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı Diyatom Toprakları ile Dozlarının 25 °C ve 30 °C'de Khapra Larvaları Üzerindeki Biyolojik Etkinliği

Khapra larvalarının 25 °C'de üç farklı diyatom toprağı ile dört farklı doz uygulaması sonucunda farklı günlerde yapılan sayımlar sonucunda Tesadüf Parsellerinde Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme desenine göre yapılan varyans analiz tablosu Çizelge 2' de verilmiştir.

Varyans analiz sonucuna göre, 25 °C'de uygulanan üç farklı diyatom uygulamasından sonra, sayım yapılan günler (larvaların diyatoma maruz kalma süresi) ve uygulanan diyatom dozları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

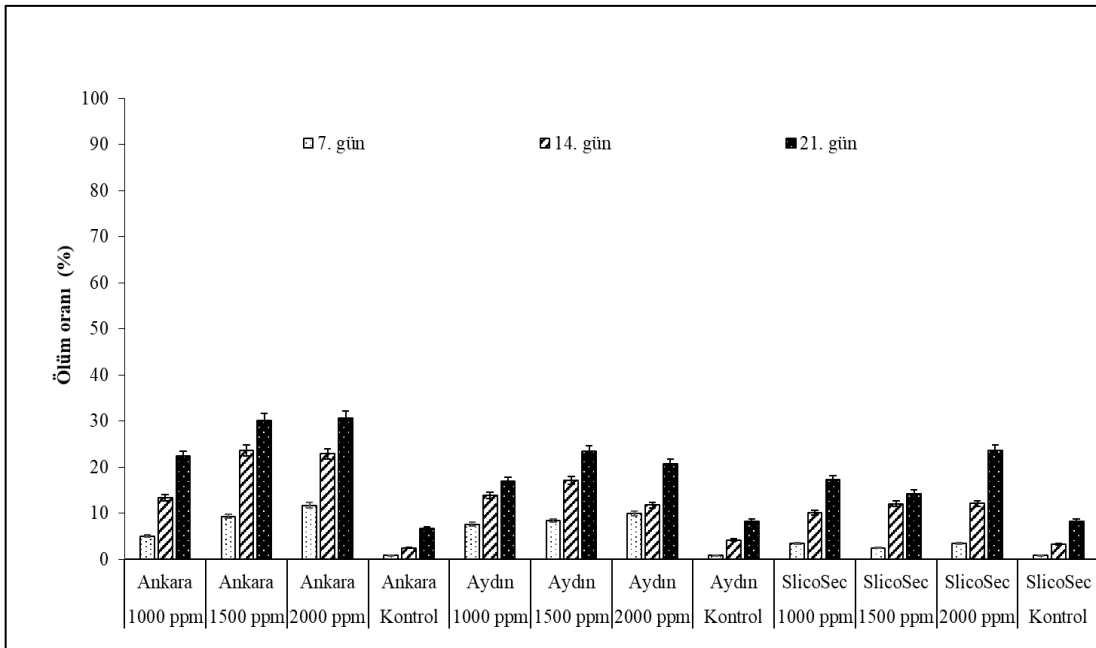
Farklı diyatom toprak ve dozlarının, 25 °C' de 7, 14 ve 21. günlerde Khapra larvaları üzerindeki biyolojik etkinliğine ait sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı diyatom toprakları ve farklı uygulama dozlarının 25 °C'de 7, 14 ve 21 gün sayımları varyans analiz tablosu.
Table 2. Variance analysis table with counts of 7, 14 and 21 days at 25 ° C for different diatomaceous earth and application doses.

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplam	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
Diyatom	2	769.3	384.7	1.69	0.2375 ^{IOA}
Doz	3	3464.9	1154.9	6.11	0.0026*
Doz*Diyatom	6	641.8	106.9	0.56	0.7536 ^{IOA}
Sayım günü	2	4228.9	2114.4	50.73	0.0001*
Diyatom*Sayım günü	4	115.5	28.9	0.69	0.5991 ^{IOA}
Doz*Sayım günü	6	426.9	71.2	1.70	0.1316 ^{IOA}
Doz*Sayım günü *Diyatom	12	212.2	17.7	0.42	0.9490 ^{IOA}

*%99 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemli.

IOA= İstatistiksel olarak anlamsız.



Şekil 1. Farklı diyatom toprak ve dozlarının 25 °C'de Khapra larvaları üzerindeki biyolojik etkinliği.

Figure 1. Biological activity on Khapra beetle larvae of different diatomaceous earth and application doses at 25 °C.

Şekil 1 incelendiğinde genel olarak her üç diyatom toprağının Khapra larvaları üzerindeki biyolojik etkinliği %40'ın altında kalmıştır. Bu denemede en etkili diyatom toprağının Ankara diyatomu olduğu, buna karşın SilicoSec® diyatom toprağının ise etki oranının en düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Buna göre 7. günde Ankara diyatom toprağı 2000 ppm dozda %11.7, Aydın diyatom toprağı % 10.0, SilicoSec® diyatom toprağı ise %3.4 oranında etkili bulunmuştur. İkinci sayım günü olan 14. günde ise etki oranlarında artış devam etmiş ve etki oranı bakımından Ankara diyatom toprağı 2000 ppm dozda %23.6, Aydın diyatom toprağı %17.2, SilicoSec® diyatom toprağı ise %12.1 oranında etkili bulunmuştur. Son sayım günü olan 21. gün sayımlarında ise yine biyolojik etkinliği en fazla Ankara diyatomu olduğu kayıt edilmiş ve 2000 ppm dozunda bu oran %30.7 olarak belirlenmiştir.

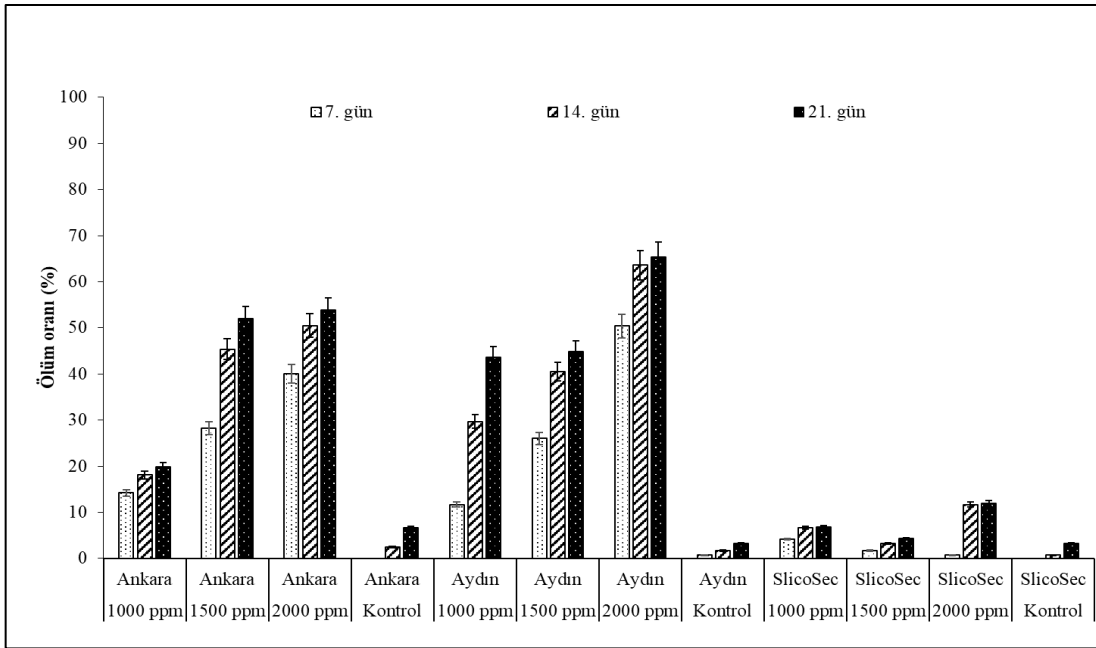
Varyans analiz sonucuna göre, 30 °C'de denenen üç farklı diyatom uygulamasında, sayım yapılan günler (larvaların diyatoma maruz kalma süresi) ve uygulanan diyatom dozları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

Üç farklı diyatom toprak ve dozlarının 30 °C'de 7, 14 ve 21. günlerde yapılan sayımlarda Khapra böceği larvaları üzerinde göstermiş olduğu biyolojik etkinliğine ait sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı diyatom toprakları ve farklı uygulama dozlarının 30 °C'de 7, 14 ve 21 gün sayımları varyans analiz tablosu
Table 3. Variance analysis table with counts of 7, 14 and 21 days at 30 ° C for different diatomaceous earth and application doses.

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplam	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
Diyatom	2	20546.9	10273.5	79.93	0.0001*
Doz	3	26016.5	8672.2	73.21	0.0001*
Doz*Diyatom	6	10850.1	1808.4	15.26	0.0001*
Sayım günü	2	3290.3	1645.2	99.02	0.0001*
Diyatom*Sayım günü	4	616.63	154.2	9.27	0.0001*
Doz*Sayım günü	6	563.38	93.9	5.65	0.0001*
Doz*Sayım günü *Diyatom	12	1066.7	88.9	5.35	0.0001*

* %99 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemli.



Şekil 2. Farklı diyatom toprak ve dozlarının 30 °C'de Khapra larvaları üzerindeki biyolojik etkinliği.

Figure 1. Biological activity on Khapra beetle larvae of different diatomaceous earth and application doses at 30 °C.

Şekil 2 irdelendiğinde, SilicoSec® hariç Ankara ve Aydın ili diyatomları toprağının Khapra larvaları üzerindeki biyolojik etkinliğinin %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir. 30 °C sıcaklıkta yapılan denemede en etkili diyatom toprağının Aydın diyatomu olduğu, buna karşın SilicoSec® diyatom toprağının ise etki oranının en düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Buna göre etki oranı bakımından Aydın diyatom toprağı 2000 ppm dozda %50.4, Ankara diyatom toprağı %40.0, SilicoSec® diyatom toprağı ise %0.8 oranında etkili bulunmuştur. İkinci sayım zamanı olan 14. günde etki oranlarında artış görülmüş ve Aydın diyatom toprağı 2000 ppm dozda %63.6, Ankara diyatom toprağı %50.5, SilicoSec® diyatom toprağı ise %11.7 oranında etkili bulunmuştur. Üçüncü sayım zamanı olan 21. günde etki oranları artış devam etmiş ve biyolojik etkinlik oranı Aydın diyatom toprağı 2000 ppm dozda %65.4, Ankara diyatom toprağı %53.8, SilicoSec® diyatom toprağı ise %11.9 oranında kayıtl edilmiştir.

Varyans analiz sonuçları ve canlı-ölü larva sayımları sonucunda bu çalışmada ele alınan 25 °C sıcaklığında her üç diyatomunda biyolojik etkinliğinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sıcaklıkta etki bakımından Ankara diyatomunun diğer iki diyatoma göre daha etkili olduğu söylenebilir. Bunun nedeninin 25 °C sıcaklığın bu diyatomun çalışması için daha uygun olduğu ve larvalarının daha fazla diyatomdan etkilendiği düşünülmektedir. Bu sıcaklıkta larva ölüm oranlarının düşük çıkmasına karşın, larvalarının diyatom toprağına maruz kalma süresi ve doz artışı ile beraber 21. günde ölüm oranlarında gözle görülür bir artış olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuca paralel, Alagöz (2016), çeltikte yerel diyatom topraklarının (AGN-1/Ankara, ACN-1/Ankara, FB2N-1/Aydın ve CCN-1/Çankırı) pirinç biti (*S. oryzae*) ve Kıрма bitine (*T. confusum*)'a karşı SilicoSec®'e göre yüksek insektisidal etkinlik gösterdiğini, Şen (2016) ise pirinç biti (*S. oryzae*), kıрма biti (*T. confusum*) ve Ekin Kambur biti (*R. dominica*)'ne karşı iki farklı Ankara diyatom toprağının bu zararlılar üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu, biyolojik etkinliğin ortam nispi neminin artışıyla düştüğünü bildirmiştir. Bu varsayımın aksine Öğreten ve Eren

(2016), *R. dominica* ve *T. confusum*'a karşı en düşük etkinin Ankara diyatom toprağında tespit etmişlerdir. Bu çalışmada çok düşük etki gösteren SilicoSec®'in aksine Ziaee ve Moharramipour (2012), İrandaki yerli iki diyatom toprağı (Maraghan ve Maragheh) ve SilicoSec®'in *T. confusum* erginlerine karşı insektisidal etkinliğinde en yüksek ölüm oranının SilicoSec®'ten elde edildiğini ve biyolojik etkinliğin diyatom dozuna ve maruz kalınan süreye göre değiştiğini bildirmişlerdir.

Diğer çalışma sıcaklığı olan 30 °C' de, tüm diyatom çeşitleri toplu olarak değerlendirildiğinde en etkili diyatomun Aydın ili olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun nedeninin Aydın diyatomunun içerisinde bulunan bileşiklerden olan Silisyum dioksit (SiO₂) veya Silika oranının (%94.2) Ankara ve SilicoSec®'e kıyasla daha yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra sıcaklık artışının larvaları harekete geçirip daha fazla aktif olmalarına ve ürün içerisinde daha çok gezinmesine neden olduğu ve bu sebeple daha fazla Silisyum dioksit veya silika ile temas ederek vücutta bulunan sıvı kaybının sıcaklıkla birlikte azalmasından dolayı ölümlerin daha fazla gerçekleştiği düşünülmektedir. Öğreten ve Eren (2016), Aydın, Ankara ve SilicoSec® diyatomlarından Aydın diyatom toprağının *S. granarius* ve *R. dominica* bireylerinin kontrol etmede diğer iki diyatoma kıyasla daha etkin olduğunun sonucuna varmışlardır. Benzer şekilde Korunic (1997), böcekler etki bakımından iyi bir diyatom toprağında SiO₂ oranının %80'den yüksek, partikül büyüklüğünün 15 µm den küçük ve danelere yapışma oranının %70'de büyük olması gerektiğini bildirmiştir.

Diyatom dozları ile elde edilen veriler ışığında her iki sıcaklık derecesinde diyatom dozlarındaki artış (1000, 1500, 2000 ppm) ile beraber biyolojik etkinliğin önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada Altıntop (2006), *R. dominica*'nın ergin evresinde SilicoSec® diyatom toprağının doz artışı ile ölüm oranının yükseldiği ve en yüksek düzeydeki ölümün ise 1000 mg kg⁻¹ dozda olduğunu bildirmiştir.

Doz artışı ile beraber yüksek sıcaklığın ve larvaların diyatoma maruz kalma süresinin ölüm oranını artırdığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada 30 °C'nin diyatom toprağının etkinliği artırdığı ve 25 °C sıcaklığa göre daha yüksek oranda larvaları etkisiz hale getirdiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak 25 °C sıcaklıkta diyatom topraklarının istenilen ölçüde biyolojik etkinlik gösteremediği ve biyolojik etkinliğin sıcaklığa bağlı olduğu ve sıcaklık artışının diyatomun etkinliği kademeli olarak artırdığı kanaatine varılmıştır. Bu varsayımı destekler nitelikte Aldryhim (1993), 20 °C ile 30 °C sıcaklık ve %40 ile %60 orantılı nemde koşullarında Dryacide ticari diyatom toprağının değişik dozlarda *R. dominica* üzerinde diyatomun etkinliğinin uygulama süresi ve sıcaklık artışıyla LC₅₀ değerlerinin düştüğü, nem oranı arttıkça da LC₅₀ değerlerinin yükseldiğini kaydetmiştir. Yüksek sıcaklığın larvalar üzerindeki ölüm oranının artırmasının diyatom toprağının larvaların kütikula tabakasını zedeleyerek hızla su kaybetmesine neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcaklığın artmasıyla biyolojik etkinliğin etkinliğin yükselmesi zararlıların artan sıcaklıkla hareketliliklerinin artması ve bu nedenle daha fazla diyatom toprağına maruz kalmaları ve daha fazla su kaybedilmesinden olduğu düşünülmektedir. Öğreten ve Eren (2016), *S. granarius*, *R. dominica* ile *T. confusum*'a diyatom topraklarının etkinliklerinin nem arttıkça düştüğü, sıcaklık arttıkça yükseldiği belirtmişlerdir. Benzer çalışmalarda Beriş ve ark., (2011), doz artışıyla ilgili *R. dominica* erginlerinin Insecto diyatom toprağı ile 0.25, 0.5, 1, 1.5 ve 2 g kg⁻¹ konsantrasyonlarında ölümlerin doz artışıyla birlikte arttığını, Ertürk (2014), ise *T. castaneum*, *R. dominica* ve *S. oryzae* ile mücadelede artan dozlarla birlikte uygulama süresinin uzamasının *R. dominica*'nın ölüm oranlarını da arttırdığını belirtmiştir. Doz ve uygulama süresinin etkisini gösteren diğer çalışmalar (Shams ve ark., 2011; Gültekin, 2017; Özcan, 2017) bu çalışmada elde edilen bulguları destekler niteliktedir.

Yapılan bu çalışmada en yüksek dozda bile (2000 ppm) Khapra larvaları üzerinde %100 oranında ölüm gerçekleşmemiş buna karşın en fazla etki %65.4 olarak belirlenmiştir. Bu durumun nedeninin Khapra larvalarının vücutlarını örten uzun ve kısa kılların diyatom ile daha fazla temas etmesini engellemesi ve ayrıca deri değiştirme sırasında toksik etkiyi kaldırması sebep olabileceği düşünülmektedir. Bu varsayımı destekler nitelikte Nickolas ve ark., (2017), SilicoSec® ve farklı gruptan insektisitlerin (cypermethrin, deltamethrin, pirimifos-metil, methoprene ve spinosad) Khapra böceğinin ergin ve larvaları üzerine biyolojik etkinliğinde, insektisitlerin *T. granarium* erginlerini en düşük dozda bile baskı altına aldığını bildirmiş ancak larvalarına karşı etkisiz olduğunu sonucuna varmışlardır.

Farklı Diyatom Toprakları ile Dozlarının 25 °C ve 30 °C'de Khapra'nın F1 Döl Verimi Üzerine Etkisi

Khapra böceği larvaları üzerinde 25 °C ve 30 °C'de üç farklı diyatom toprağı ile dört farklı doz uygulaması sonucunda 60. günde yapılan yeni nesil (F1 döl) ergin ve larva sayımlarına ait çift yönlü varyans analiz sonuçları Çizelge 3 ve 4' te verilmiştir.

Çizelge 4. Farklı diyatom toprakları ve farklı uygulama dozlarının 25 °C'de F1 döl verimi üzerinde yapılan varyans analizi.
Table 4. Variance analysis of different diatomaceous earth and application doses on F1 generation at 25 °C.

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplam	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
Diyatom	2	2.6	1.3	0.08	0.92 ^{IOA}
Doz	3	1912.7	637.6	38.18	0.0001*
Diyatom×Doz	6	66.2	11.0	0.66	0.006*

* %99 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemli.
IOA= İstatistiksel olarak anlamsız.

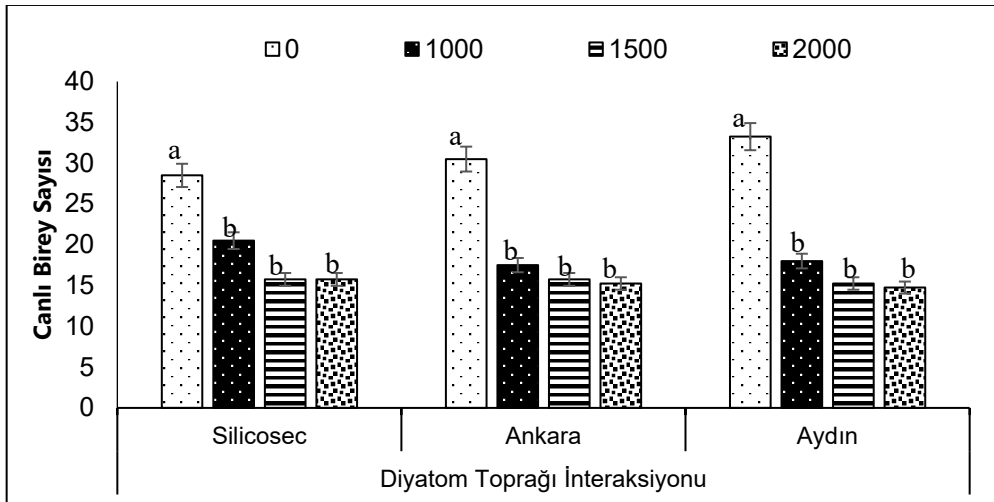
Çizelge 5. Farklı diyatom toprakları ve farklı uygulama dozlarının 30 °C' de F1 döl verimi üzerinde yapılan varyans analizin sonuçları.
Table 5. Variance analysis of different diatomaceous earth and application doses on F1 generation at 30 °C.

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplam	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
Diyatom	2	845.5	422.7	7.58	0.0018*
Doz	3	9926.7	3308.9	59.33	0.0001*
Diyatom×Doz	6	136.4	22.7	0.41	0.0100*

* %99 önem seviyesine göre istatistiksel olarak önemli.

Her iki çalışma sıcaklığında F1 döl verimini belirlemek amacıyla elde edilen veriler değerlendirildiğinde diyatom çeşitleri ve uygulama dozları arasındaki interaksiyon istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Yeni nesil (F1 döl) verimi bakımından doz artışı ile beraber ölüm oranlarında artış olmuş fakat çalışılan dozların tamamında %100 ölüm oranı elde edilememiştir. Yapılan doz×diyatom interaksiyonunda Aydın diyatomu istatiki olarak önemli bulunmuş ve diğer diyatomlara göre F1 döl verimini önemli oranda engellemiştir (Şekil 3 ve Şekil 4). Bu durumun nedeninin test edilen diyatom topraklarının konsantrasyon etkinliğindeki farklılıklar ile diyatom topraklarının fiziksel, morfolojik ve kimyasal karakterlerindeki değişimlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim Fields ve Korunic (2000), diyatom toprağı preparatlarının fiziksel, morfolojik ve kimyasal karakterlerindeki farklılıkların test edilen böceklere etkinliklerinde farklı sonuçlar verebileceği belirtmişlerdir.

Üç farklı diyatom toprağı ile iki farklı sıcaklıkta yapılan denemeler sonucunda 60. günde elde edilen yeni nesil Khapra ergin ve larvalarına ait birey sayıları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

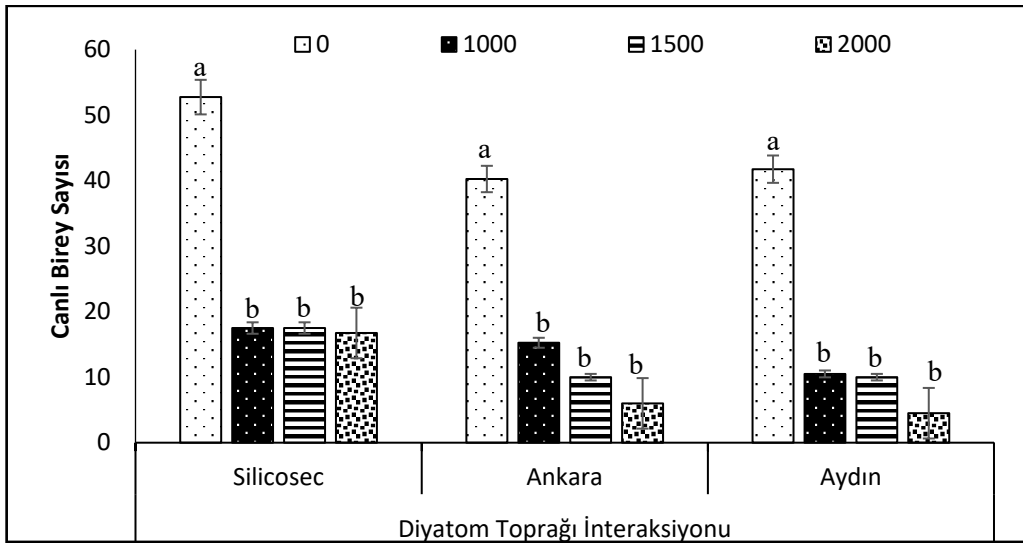


Şekil 3. Farklı diyatom toprak ve dozları interaksiyonunun 25 °C' de 60. günde Khapra larvaları üzerinde yeni nesil (F1 döl) verimi.

Figure 3. New generation fertility on Khapra beetle larvae of different diatomaceous earth and application doses of interaction on day 60 at 25 °C.

Yeni nesil ergin ve larva belirlenmesi için 60. gün yapılan sayımlar sonucunda, diyatom toprağı ve dozların interaksiyonunda en az F1 döl verimi Aydın diyatomunda 2000 ppm doz ile meydana gelirken, en fazla yeni nesil ergin ve larva SilicoSec® diyatomundaki tekerrürlerden elde edilmiştir. Buna göre en az yeni nesil ergin ve larva Aydın diyatomu 2000 ppm dozda (%14.7) belirlenmiş bunu Ankara diyatomu (%15.2) ve SilicoSec® diyatomu (%15.7) takip etmiştir.

Khapra böceği larvaları üzerinde 30 °C' de üç farklı diyatom toprağı ile dört farklı doz uygulaması sonucunda 60. günde yapılan yeni nesil verimine ait sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Farklı diyatom toprak ve dozları interaksiyonun 30 °C' de 60. günde Khapra larvaları üzerinde yeni nesil verimi.
Figure 4. New generation fertility on Khapra beetle larvae of the interaction of different diatomaceous earth and application doses on day 60 at 30 °C.

Şekil 4 irdelendiğinde, 60. gün F1 döl sayımları sonucunda diyatom toprağı ve dozlarının interaksiyonunda 25 °C' de belirlendiği gibi, en az ergin birey Aydın diyatomunda 2000 ppm doz ile meydana gelirken, en fazla SilicoSec® diyatomunda meydana gelmiştir. Bu sonuçlara göre en az yeni nesil ergin ve larva Aydın diyatomu 2000 ppm dozda %4.5, Ankara diyatomunda %6.0 ve SilicoSec® diyatomunda ise bu oran %16.7 olmuştur.

Yeni nesil döl verimi çalışmaları sonucunda en etkili diyatom toprağının her iki sıcaklık derecesinde Aydın diyatomu olduğu ve yüksek dozun yeni nesil ergin ve larva sayısını azalttığı sonucuna varılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmalarda; Athanassiou ve ark., (2004), Insecto, SilicoSec®, ve Pyrisec ticari diyatomlarının *S. oryzae* ve *T. confusum* erginlerinin F1 dölünde önemli azalmalar meydana getirdiklerini bildirmiş, Altıntop (2006), *R. dominica*' ya karşı SilicoSec®'in zararlının F1 döl verimi üzerine dozların etkisinin önemli düzeyde olduğunu kaydetmiştir. Yerli diyatom topraklarının etkinliğini ve F1 döl verimini ele alan bir çalışma da Alagöz (2016), dört farklı diyatom toprağının (AGN-1, ACN-1, FB2N-1 ve CCN-1) ve SilicoSec®'in *S. oryzae* ve *T. confusum* üzerinde yeni nesil ergin çıkışını baskı altına alamazken, uygulama dozlarının artmasıyla çıkan yeni nesil sayısının azaldığını çalışmada yer alan yerli diyatom topraklarının SilicoSec® preparatına göre yüksek insektisidal etkinlik gösterdiklerini kaydetmişlerdir.

Sonuç olarak bu çalışmada yer alan tüm kombinasyonlar ele alındığında, döl verimini en aza indiren diyatom toprağı Aydın ili diyatom toprağı olmuştur. Yeni nesil döl verimini 30 °C'de 2000 ppm dozda %4.5 oranına düşürmüştür. Ele alınan veriler incelendiğinde sıcaklık ve dozun F1 döl verimini etkilediği saptanmıştır. Buna benzer yapılan bir çalışmada, Ferizli ve Beriş (2005), Protect-It isimli diyatom toprağının *R. dominica*'nın F1 döl veriminin tüm dozlarda kontrolde belirlenen miktardan önemli düzeyde farklı olduğunu, ölümlerin doz ile birlikte yükseldiği fakat en yüksek dozda bile %100 orana ulaşamadığı, F1 yavru veriminin artan dozla birlikte azaldığını belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise Baytekin (2017), Diyatom toprağının 5 farklı diyatom toprağının (BGN-1, BHN-1, AG2N-1, CBN-1 SilicoSec®) ve doz uygulamalarının pirinçteki *S. oryzae* ve *T. confusum* erginleri üzerinde genel olarak düşük etki gösterdiklerini ve yeni nesil ergin (F1) çıkışını baskı altına alamazken, konsantrasyon artışlarına bağlı olarak, kontrol gruplarına kıyasla önemli seviyede azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir.

SONUÇ

İki farklı sıcaklık ve üç farklı diyatom toprağı ile Khapra larvalarına karşı yapılan bu çalışmada yerli diyatom topraklarımızın, ithal bir marka olan SilicoSec® diyatom toprağına kıyasla yüksek oranda Khapra böceği larvaları üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada her ne kadar denemeye alınan diyatom toprakları Khapra larvaları üzerinde %100 ölüm gerçekleştirilmedi de zamana bağlı olarak diyatomların uygulama dozu arttıkça test edilen larvaların ölüm oranlarında da önemli artışlar olmuştur. Diyatom toprağının etkinliği doz artışı, maruz kalma süresi ve sıcaklık artışı ile yükselmiş ancak nemin oranlarında kısmi bir yükseliş ile azalmıştır.

Ayrıca, F1 döl veriminin artan dozla birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre *T. granarium* yeni nesil çıkışları azaltmasına rağmen hiçbir diyatom uygulaması yeni nesil çıkışını tamamen engelleyemediği belirlenmiştir. Sonuç olarak depolanmış buğdayda *T. granarium* popülasyon gelişimini baskı altına alabilmek için Aydın ili diyatom toprağının larva popülasyonunu azaltmak amacıyla kullanılabileceği ve bu amaçla farklı doz, nem ve sıcaklıklarda çalışmalar yapılmasına ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Makalenin çalışma konusu, yöntemi, istatistik, analizleri ve yazımı Ç.M. tarafından gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmaları ve denemeler A.K. tarafından yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Ahmedani, M. S., Khaliq, A., Tariq, M., Anwar, M., & Naz, S. (2007). Khapra beetle (*Trogoderma granarium* everts): a serious threat to food security and safety. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 44(3), 481-493.
- Akbar, W., Lord, J. C., Nechols, J. R., & Howard, R. W. (2004). Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 273-280.
- Akçalı, S. (2017). *Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan yerel Diyatomit topraklarının depolanmış tahıl zararlılarına karşı etkinliğinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Alagöz, V. (2016). *Çeşitli türk diyatomit topraklarının çeltik ve pirinç üzerinde pirinç biti (Sitophilus oryzae L.) ve kırma bitine (Tribolium confusum du Val.) karşı insektisidal etkinliği*. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Aldryhim, Y. N. (1993). Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Dryacide, against *Rhyzopertha dominica* (F.). *Journal of Stored Products Research*, 29, 271-275.
- Altıntop, S. (2006). *Diyatom toprağı, SilicoSec®' in Rhyzopertha dominica (f.) (Coleoptera: Bostrichidae)' nin ölüm oranı ve ergin çıkışına etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Anonim. (2008). *Depolanmış Ürün Zararlıları*. Zirai Mücadele Teknik Talimatları, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları Cilt-1, Ankara.
- Anonim. (2015). *Depolanmış ürün zararlılarıyla mücadele*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2 (s. 746-758), Ankara, Türkiye.
- Arnaud, L., Lan, H. T. T., Brostaux, Y., & Haubruge, E. (2005). Efficacy of Diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research*, 41(2), 121-130.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., & Andris, N. S. (2004). Insecticidal effect of three Diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye and triticale. *Journal of Economic Entomology*, 97, 2160-2167.
- Bayram, A. (2019). *Yerel diyatom topraklarının bazı depolanmış tahıl zararlılarına karşı kaçırcı etkisinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Baytekin, Ö. (2017). *Orta Anadolu Bölgesi diyatomid topraklarının depolanmış çeltik ve pirinç üzerinde pirinç biti (Sitophilus oryzae L.) ve kırma biti (Tribolium confusum Du Val.)'ne karşı insektisidal etkinliği*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- 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.
- Beriş, G., Ferizli, A. G., & Emekçi, M. (2011). Effects of diatomaceous earth on the mortality and progeny production of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17, 85-94.

- Bond, E. J., Dumas, T., & Hobbs, S. (1984). Corrosion of metals by the fumigant phosphine. *Journal of Stored Products Research*, 20, 57-63.
- Doğanay, İ. Ş. (2013). *Çeşitli Diyatom topraklarının depolanmış tahıl zararlıları, Sitophilus granarius (L.) ve Rhyzopertha dominica (F.)'ya karşı etkinliğinin belirlenmesi*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Emekçi, M., & Ferizli, A. G. (2000). Current status of stored products protection in Turkey. *Integrated Protection of Stored Products, IOBC Bulletin*, 23(10), 39-46.
- Erakay, S. (1974). *Ege Bölgesi'nde Un ve Undan Mamul Maddelerde Bulunan Zararlı Böcekler Üzerinde Araştırmalar*. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü, İstiklal Matbaası, Yayın No:2, Ankara.
- Ergül, C., Dörtbudak, N., & Akülke, A. (1972). Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde hububat ve mamulleri ile bakliyat ambar zararlıları üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 12, 129-143.
- Ertugay, Z., & Cetvel, M. (1991). Tahıllarda depolama problemleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 93-106.
- Ertürk, S. (2014). *Farklı diyatom toprağı formülasyonlarının depolanmış çeltikte zararlı böceklere etkinliği üzerinde araştırmalar*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ferizli, A. G., & Beris, G. (2005). Mortality and F1 progeny of the lesser grain borer. *Rhyzopertha dominica* (F). on wheat treated with diatomaceous earth: effects of rate. exposure period and relative humidity. *Pest Management Science*, 61(11), 1103-1109.
- Fields, P. (1998). *Diatomaceous earth: Advantages and limitations*. Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, Beijing, China.
- Fields, P., & Korunic, Z. (2000). The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against storedproduct beetles. *Journal of Stored Products Research*, 36, 1-13.
- Gül, S. (2018). *Farklı yerel diyatom toprağı karışımlarının depolanmış tahıl zararlılarına karşı etkinliği*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Gültekin, M. A. (2017). *Orta Anadolu Bölgesi diyatomid topraklarının, bürülce tohum böceği, Callosobruchus maculatus (f.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchninae)'a karşı insektisidal etkinliği*. Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Hafiz, A., Riaz, T., & Shakoori, F. R. (2018). Deltamethrin induced changes in the activities of various esterases in deltamethrin-resistant populations of *Trogoderma granarium*. *Pakistan Journal of Zoology*, 50 (4), 1475-1475.
- Irshad, M., & Iqbal, J. (1994). Phosphine resistance in important stored grain insect pests in Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 26, 347-350.
- Işıkber, A. A., Özdamar, H. Ü., & Karcı, A. (2005). Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde depolanmış buğdaylar üzerinde rastlanan böcek türleri ve bulaşma oranları, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 107-113.
- Korunic, Z. (1997). Rapid assessment of insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research*, 33, 219-229.
- Kumar, M. K., Srivastava, C., & Garg, A. K. (2010). In vitro selection of deltamethrin resistant strain of *Trogoderma granarium* and its susceptibility to insecticides. *Annals of Plant Protection Sciences*, 18, 26-30.
- Matthews, G. A. (1993). Developments in the Application of Pesticides, 305-31. In: J. C. Zadoks (Ed.), *Modern Crop Protection: Developments and Perspectives* (pp.305-331). Wageningen Academic Publishers, the Netherlands.
- Mewis, I., & Ulrichs, C. (2001). Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of stored products research*, 37(2), 153-164.
- Mutlu, Ç., Öğreten, A., Kaya, C., & Mamay, M. (2019). Influence of different grain storage types on Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts, 1898 (Coleoptera: Dermestidae), infestation in southeastern Anatolia and its resistance to malathion and deltamethrin. *Turkish Journal of Entomology*, 43(2), 131-142.
- Nickolas, G., Kavallieratos, A., Christos, G., Athanassiou, B., George, C., Diamantis, G., Gioukari, A., Maria, C., & Boukouvala, M. (2017). Evaluation of six insecticides against adults and larvae of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on wheat, barley, maize and rough rice. *Journal of Stored Products Research*, 71, 81-92.
- Öğreten, A., & Eren, S. (2016). *Yerli Diyatom Topraklarının Depolanmış Buğday Zararlıları Üzerinde Etkinliği*. Proje Sonuç Raporu, Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Diyarbakır.

- Özar, A. İ., & Yücel A. (1981). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ambarlanan hububat ürün zararlıları üzerinde survey çalışmaları. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(2), 89-98.
- Özcan, K., (2017). *Bazı Türk diyatom topraklarının (DE) Alman hamamböceği (Blatella germanica L.) erginlerine karşı ölüm etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- 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 product insects. *Neotropical Entomology*, 39(1),101–107.
- Quarles, W., (1992). Diatomaceous earth for pest control. *IPM practitioner*, 14(5/6), 1-11.
- Sathyan, T., Murugesan, N., Elanchezhyan, K., Raj, A. S., & Ravi, G. (2016). Efficacy of Synthetic Insecticides against sucking insect pests in cotton, *Gossypium hirsutum* L. *International Journal of Entomological Research*, 1, 16-21.
- Saxena, J. D., & Sinha, S. R., (1995). Evaluation of some insecticides against malathion resistant strains of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Indian Journal of Entomology*, 75, 401-405.
- Shams, G., Safaralizadeh, M. H., & Imani S. (2011). Insecticidal effect of Diatomaceous earth against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. *African Journal of Microbiology Research*, 5(21), 574-3578.
- Şen, R. (2016). *Seçilmiş yerel diyatomit toprakların depolanmış tahıl zararlılarına karşı insektisidal etkinliği üzerine abiyotik faktörlerin etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Tarakanov, I. A., Kurambaev, Y., Khusinov, A. A., & Safonov, V. A. (1994). Respiratory and circulatory disorders in experimental poisoning with an organophosphorus pesticide. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 117, 466-471.
- TUİK. (2018). Türkiye Bitkisel üretim istatistikleri. (<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>). Erişim tarihi: 7 Ağustos 2019.
- Wojciechowska, M., Stepnowski, P., & Gołębiowski, M. (2016). The use of insecticides to control insect pests. *Invertebrate Survival Journal*, 13(1), 210-220.
- 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.
- Ziaee, M., & Moharramipour, S. (2012). Efficacy of Iranian Diatomaceous earth deposits against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15, 547-553.