

## Yerel Diatom Toprağının Farklı Tahıl Çeşitleri Üzerinde Buğday Biti'ne (*Sitophilus granarius* L.) (Coleoptera: Curculionidae) Karşı İnsektisidal Etkinliği

İnanç DOĞANAY<sup>1\*</sup>, Ali Arda İŞIKBER

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2885-9285>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-1213-3532>,

✉: [inancdoganay@gmail.com](mailto:inancdoganay@gmail.com)

### ÖZET

Bu çalışmada yerel diatom toprağının (DE) laboratuvar koşullarında mısır, çeltik, ekmeçlik ve makarnalık buğday üzerinde buğday biti (*Sitophilus granarius* L.) erginlerine karşı insektisidal etkinliği değerlendirilmiştir. Bu amaçla mısır, çeltik, makarnalık ve ekmeçlik buğday üzerinde 26±1 °C sıcaklık ve %65±5 nispi nem ortamında yerel diatom toprağının 0, 250, 500, 750 ve 1000 ppm konsantrasyonlarında biyolojik testler yürütülmüştür. Tahıl çeşitlerinin ve DE konsantrasyonlarının 7. ve 14. gün sonunda *S. granarius* erginlerinin ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yedinci gün sonunda hiçbir tahıl ürünü üzerindeki DE uygulamalarında %100 ölüm elde edilememiştir. DE uygulanan tüm tahıl çeşitleri üzerinde 14 gün maruz kalma süresi sonunda sadece makarnalık buğday üzerindeki testlerde 750 ve 1000 ppm konsantrasyonlarında % 100 ölüm oranı elde edilmiştir. Genel olarak en düşük ölüm oranları mısır üzerinde yürütülen testlerden elde edilmiştir. Tüm tahıl çeşitlerinde ve tüm DE konsantrasyonlarında elde edilen yeni nesil ergin sayılarının kontrole göre daha düşük olduğu görülmüştür. En yüksek ergin çıkışları ekmeçlik buğday üzerindeki DE uygulamalarında elde edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada tahıl çeşidinin yerel diatom toprağının *S. granarius* erginlerine karşı etkinliğinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 20.01.2020

Kabul Tarihi : 30.04.2020

#### Anahtar Kelimeler

Yerel diatom toprağı

*Sitophilus granarius*

Tahıl çeşidi

Biyolojik etkinlik

## Insecticidal Efficacy of Local Diatomaceous Earth against Wheat granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on Different Types of Grain

### ABSTRACT

In this study, insecticidal efficacy of local diatomaceous earth (DE) against wheat weevil (*Sitophilus granarius* L.) on maize, paddy rice, durum and soft wheat was evaluated. For this purpose, biological tests were conducted on corn, paddy rice, durum and soft wheat at 0, 250, 500, 750 and 1000 ppm concentrations of local DE at 26±1 °C temperature and 65±5% relative humidity. Grain type and DE concentration sustained a significant effect on the mortality of *S. granarius* adults after 7 and 14 days of exposure. After 7 days of exposure, there was no 100% mortality of *S. granarius* adults in DE treatments on grain types. After 14 days of exposure, 100% mortality rate was obtained in 750 and 1000 ppm only on durum wheat. Generally, the lowest mortality rates were obtained with DE treatments on corn. The numbers of progeny at all DE concentrations on tested grains were lower than those at control. The highest numbers of progeny were observed at DE treatments on soft wheat. In conclusion, this study indicated that grain type had a significant effect on insecticidal efficacy of local DE against *S. granarius* adults.

### Research Article

#### Article History

Received : 20.01.2020

Accepted : 30.04.2020

#### Keywords

Local Diatomaceous Earth

*Sitophilus granarius*

Grain type

Biological efficiency

## GİRİŞ

Tahıllar, insan beslenmesinde kullanılan önem arz eden ürün gruplarından birisidir. Bu nedenle, ülkemizde 2018 yılı verilerine göre 35 milyon tonluk tahıl üretimi gerçekleştirilirken, Dünya genelinde ise 2.8 milyar ton tahıl üretimi gerçekleştirilmiştir. (TUIK, 2018; FAO, 2018). Tahıllar, özellikle ekonomik nedenlerden dolayı hasat sonrası tüketicinin kullanımına hemen sunulmamakta ve belirli bir süre depolanmaktadır. Tahılların depolanması süresince bazı biyotik ve abiyotik etmenler nedeniyle kayıplar yaşanmakta ve biyotik kaynaklı kayıpların önemli bir bölümü depolanmış ürün zararlıları neden olmaktadır. Depolanmış ürün zararlılarının ürünlerde beslenmesinin % 10'luk bir ürün kaybına neden olabileceğini bildirilmiştir (Donahaye ve Messer, 1992). Ayrıca, yapılan bazı çalışmalarda bu oranın ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılık gösterdiği teknolojik açıdan geri kalmış ülkelerde % 25 ile % 40 seviyesinde değiştiği bildirilmektedir (Boxall, 2001; Haile, 2009).

Türkiye'de depolanan üründe kayıplara neden olan depolanmış tahıl zararlıları ile mücadelede yoğun olarak kimyasal mücadele yöntemleri tercih edilmekte ve boş ambar ilaçlaması veya koruyucu insektisit olarak chlorpyrifos-methyl, primiphos-methyl ve deltamethrin gibi insektisitler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizde yağın halindeki böceklerle bulaşık tahıl ürünlerini temizlemek için kullanılan yöntemlerden birisi de fümigasyon iken (Emekci ve Ferizli, 2000), Dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan fümigant ise alüminyum fosfin'dir (Bond ve ark., 1984).

Fosfin kullanılarak yapılan fümigasyon işleminde ise önemli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunların başında depolanmış ürün zararlılarının fosfine karşı geliştirdiği dayanıklılık gelmektedir. Nitekim, ülkemizde ve dünya genelinde 45'den fazla ülkede depolanmış ürün zararlılarının fosfine karşı dayanıklılık geliştirdiği belirlenmiştir (Bell ve Wilson, 1995; Chaudry, 1996; Athié ve ark., 1998; Koçak ve ark., 2015; Sağlam ve ark., 2015; Bozkurt, 2016). Böceklerin fosfine karşı dayanıklılık geliştirmesi, bir yandan uygulamada sorunlar yaşatırken diğer bir yandan da depolanmış ürünlerde kullanılan kimyasallar, tüketiciler üzerinde akut ve kronik zehirlenmelere neden olabilmektedir. Fümigantların ve koruyucu kontak insektisitlerin kullanımından kaynaklanan sorunlardan dolayı birçok araştırmacı diatom toprağı uygulamaları gibi alternatif mücadele yöntemlerine yönelmiştir. Nitekim, son yıllarda yapılan çalışmalarda diatom topraklarının depo zararlısı böcekler üzerinde öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir (Wakil ve Shabbir, 2005; Athanassiou ve ark., 2007; Kostyukovsky ve ark., 2010).

Diatom toprakları tatlı ve tuzlu sularda yaşayan

planktonların ölüp fosilleşmesiyle oluşan ve bünyelerinde yüksek miktarda SiO<sub>2</sub> içeren kayalardır. (Korunic, 1998). Böcekler üzerindeki etki mekanizmaları üzerinde birkaç farklı tez ortaya konulmuşsa da, bunlardan en çok kabul göreni; böceklerin kütikülasındaki mumsu tabakasının aşınması ve kütikülanın geçirgenliğini kaybetmesi neticesinde böceğin su kaybından ölümüdür (Ebeling, 1971; Subramanyam ve Roesli, 2000). Düşük memeli toksisitesine ve uzun etki süresine sahip olmasına ek olarak erişiminin kolay ve uygulama maliyetinin düşük oluşu diatom toprağı uygulamalarının önemli avantajlarından bazılarıdır.

Yapılan incelemelerde Türkiye'nin çok zengin doğal DE yataklarına sahip olduğu ve bu geniş DE yataklarının ülkenin farklı bölgelerinde olduğu görülmektedir (Özbey ve Atamer, 1987; Mete 1988; Sıvacı ve Dere, 2006; Çetin ve Taş, 2012). Türkiye'nin diatom rezervinin 125 milyon ton ve bilinen en büyük diatom yatağının Hırka (Kayseri) (tahminen 106 milyon ton) olduğu bilinmektedir (Çetin ve Taş, 2012). Türkiye'de zengin yerel diatom topraklarının mevcut olmasına rağmen bu diatom toprakların depolanmış tahıl zararlılarına karşı etkinliği hakkında mevcut bilgi ve veriler oldukça kısıtlıdır. Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan yerel diatom topraklarının depolanmış tahıl zararlısı, *Sitophilus oryzae* (L.), *S. granarius* (L.), *Tribolium confusum* du Val ve *R. dominica*'ya karşı etkinliği araştırılmıştır (Doğanay, 2013; Akçalı, 2017). Bu çalışmalarda test edilen bazı yerel diatom topraklarının *S. oryzae*, *S. granarius*, *T. confusum* ve *R. dominica* erginlerine karşı yüksek etkinlik gösterdiği ve dolayısıyla depolanmış tahıl zararlılarının kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılabilme potansiyeline sahip olabileceği sonucuna varılmıştır.

Farklı tahıl çeşitlerinde yapılan çalışmalar diatom topraklarının depolanmış tahıl zararlılarına karşı etkinliklerinde farklılıklar olduğunu göstermiştir (Athanassiou ve ark., 2003, 2008). Ancak literatürde Türkiye orijinli diatom topraklarının farklı tahıl çeşitlerinde tahıl zararlılarına karşı etkinliği hakkında bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada yerel diatom toprağının farklı tahıl çeşitleri üzerinde buğday biti, *Sitophilus granarius* (L.) erginlerine karşı insektisidal etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Biyolojik Testlerde Kullanılan Böcek Türü

AGN-1 kodlu yerel diatom toprağının farklı tahıl çeşitlerinde (Makarnalık buğday, ekmeçlik buğday, çeltik ve mısır) depolanmış tahıl zararlılarına karşı etkinliğini belirlemek amacıyla yürütülen biyolojik testlerde buğday biti (*Sitophilus granarius* (L.))

(Coleoptera: Curculionidae) erginleri kullanılmıştır. Biyolojik testlerde kullanılan *S. granarius* popülasyonu Adana ilindeki tahıl depolarından toplanmış ve 5 yıldan uzun süredir 26±1 °C sıcaklıkta ve %65±5 nem koşullarındaki üretim odalarında muhafaza edilmektedir.

### Yerel Diatom Toprağının Toplanması ve Hazırlanması

Bu çalışmada Ankara ilindeki mevcut diatom rezervlerinden toplanan AGN-1 kodlu diatom toprağı kullanılmıştır. Diatom rezervlerinden alınıp laboratuvara getirilen kayaçlar çekiç yardımıyla küçük parçalar haline getirilip metal tepsiler içerisine

yerleştirildikten sonra havalandırmalı etüv fırında (MEMMERT UN75, Almanya) 100±10°C sıcaklıkta 24 saat süreyle % 3-5 nem içeriğine düşene kadar kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra, küçük parçalar laboratuvar değirmeninde (Merter LB-160, Türkiye) öğütülmüş ve 149 µm metal elek (RETSCH, Almanya) yardımıyla elenmiştir. Eleme işleminde eleğin alt kısmında kalan 149 µm veya daha küçük partikül büyüklüğündeki diatom toprağı biyolojik testlerde kullanılmıştır. Biyolojik testlerde kullanılan yerel diatom toprağı formülasyonunun (AGN-1) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Biyolojik testlerde kullanılan yerel diatom toprağının (AGN-1) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri  
Table 1. Some physical and chemical properties of local diatomaceous earth (AGN-1) used in biological tests

Diatom toprağı (Diatomaceous Earth)	SiO <sub>2</sub> oranı(%) (SiO <sub>2</sub> rates (%))	Medyan partikül büyüklüğü**(µm) (Median particle size (µm))	Renk (Colour)
AGN-1*	75.50	16.19	Sarımtırak-beyaz (Yellowish-White)

\*Kodu verilen yerel diatom toprağının analizleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ait Analiz Laboratuvarları tarafından yapılmıştır. \*\*Hacimsel kümülatif partikül büyüklüğü dağılımında toplam partikül hacminin %50'sine denk gelen medyan değeridir. \* The analysis of local diatomaceous earth was carried out by the Analysis Laboratories of the General Directorate of Mineral Research and Exploration. \*\* It is the median value corresponding to 50% of the total particle volume in the volume cumulative particle size distribution.

### Biyolojik Testlerde Kullanılan Tahıl Çeşitleri

Biyolojik testlerde %11 ürün nemi içeren "Elbistan Yazlığı" yumuşak ekmeçlik buğday çeşidi (*Triticum aestivum* L.), %11 ürün nemi içeren "Sarı Bursa" makarnalık buğday (*Triticum durum* L.), mısır ve çeltik için ise sırasıyla %10 ürün nemi içeren danelik "Pioneer-3394" mısır çeşidi (*Zea mays* L.) ve %12 ürün nemi içeren kavuzlu "Osmançık-97" çeşidi (*Oryza sativa* L.) kullanılmıştır. Biyolojik testlerde kullanılan ürünlerin nemleri Kett-Grain and Seed Moisture PM-6000 kullanılarak belirlenmiştir.

### Biyolojik Testler ve Deneme Yöntemi

Biyolojik testler 105 ml' lik cam tüplerde yürütülmüştür. Tüm biyolojik testlerde ilk önce 1 kg tahıl tartılarak 3 litrelik cam kavanozlara konulmuştur. Bu işlemin ardından AGN-1 kodlu yerel diatom toprağından 1000, 750, 500 ve 250 ppm (mg DE/kg ürün) konsantrasyonlarına karşılık gelen miktarda diatom toprağı hassas terazi (SHIMADZU, AUW220D, Japonya) yardımıyla tartılarak kavanozların içerisine aktarılmış ve kavanozlar 10 dakika süre ile elle çalkalanarak homojen karışım sağlanmıştır. Bu işleminden sonra her bir cam tüpe 40 gram diatom toprağı uygulanmış ürün aktarılmıştır. Diatom toprağı uygulanmış ürünler test tüplerine aktarıldıktan sonra <14 günlük karışık cinsiyette 20 adet *S. granarius* erginleri şişelere aktararak, tüplerin ağızları hava giriş çıkışını engellemeyecek şekilde tülennmiştir. Tüm biyolojik testler 5 tekerrürlü kurumuş olup 26±1 °C sıcaklıkta ve %65±5 nispi nem koşullarındaki karanlık üretim odalarında yürütülmüştür. Böceklerin diatom toprağı uygulanmış ürün içerisine alınmasından 7 ve 14 gün sonra yapılan

sayımlarda ölü ve canlı sayıları belirlenerek ölüm oranları hesaplanmıştır. On dördüncü günde ergin ölümleri belirlendikten sonra uygulama tüpleri içerisindeki tüm ölü ve canlı böcekler metal elekler yardımıyla dışarı alınmış ve daneleri içeren uygulama şişeleri *S. granarius*'un yeni nesil ergin sayısını belirlemek için 65 gün süre ile iklim odasında (26±1 °C sıcaklık ve %65±5 nispi nem) karanlık ortamda tutulmuştur. Belirtilen süre sonunda uygulama şişeleri içerisindeki daneler metal elekler yardımıyla elenmiş ve yeni nesil ergin sayıları kayıt edilmiştir.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Uygulama başlangıcından yedi ve on dört gün sonra yapılan sayımlar sonucunda elde edilen ölü ergin sayıları kullanılarak her bir konsantrasyon için ölüm oranları hesaplanmıştır. Ölüm oranları hesabında Abbott düzeltme formülünden yararlanılmıştır (Abbott, 1925). Elde edilen düzeltilmiş ölüm oranlarına ayrı ayrı Arcsin transformasyonu uygulandıktan sonra SAS 9 (SAS Ins., 2009) istatistik programı kullanılarak çift yönlü (faktörler; tahıl çeşidi ve DE uygulama konsantrasyonu) varyans analizine (ANOVA) (Proc GLM; SAS Ins., 2009) tabi tutulmuştur. Ölüm oranlarındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey-Kramer testi kullanılarak belirlenmiştir. Her diatom uygulaması için elde edilen yeni nesil ergin sayılarının kontroldeki (diatom uygulaması yapılmayan) ortalama yeni nesil ergin sayıları ile kıyaslamaları SPSS paket programı kullanılarak Dunnett testine göre yapılmıştır. Yeni nesil ergin sayısındaki düşüş oranları ise tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Yeni nesil ergin sayısındaki düşüş oranları ait ortalamalar



arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Tukey-Kramer testi kullanılarak belirlenmiştir.

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Yerel diatom toprağı uygulamasından 7 gün sonra elde edilen düzeltilmiş ölüm oranları kullanılarak yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda tahıl çeşidinin ve uygulanan diatom toprağı konsantrasyonunun *S. granarius* erginlerinin ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür (tahıl çeşidi için  $F_{3,64} = 89.62$ ,  $P < 0.0001$ ; DE konsantrasyon için  $F_{3,64} = 50.53$ ,  $P < 0.0001$ ). DE uygulamasından 7 gün sonra

makarnalık buğday, çeltik ve mısır üzerindeki 750 ve 1000 ppm konsantrasyonlarda elde edilen ölüm oranları arasında farklılık gözlemlenmezken, ekmeklik buğdayda en yüksek ölüm oranı 1000 ppm konsantrasyonunda belirlenmiştir (Çizelge 2). Bununla birlikte makarnalık buğdaydan elde edilen ölüm oranları (750 ppm hariç) diğer tahıl çeşitlerinden elde edilen ölüm oranlarından istatistiksel açıdan önemli seviyede daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak hiçbir tahıl çeşitinde ve DE uygulama konsantrasyonunda *S. granarius* erginlerinin % 100 ölümü elde edilememiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yerel diatom toprağının farklı tahıl çeşitlerine uygulanmasıyla 7. gün sonunda *Sitophilus granarius* erginlerinden elde edilen ölüm oranları

Table 2. Mortality rates of *Sitophilus granarius* at the end of the 7<sup>th</sup> day of application of local diatomaceous earth to different cereal varieties

DE konsantrasyonu <i>DE Concentrations</i>	Düzeltilmiş ölüm oranı ± S.hata ( <i>Corrected mortality (±) S. Error</i> )				F ve P değeri* <i>F and P values</i>
	Makarnalık Buğday <i>Durum wheat</i>	Ekmeklik Buğday <i>Soft Wheat</i>	Çeltik <i>Paddy Rice</i>	Mısır <i>Corn</i>	
1000 ppm	96.7±1.3 Aa	80.4±6.3 Ab	80.2±5.3 Ab	64.8±5.3 Ac	$F_{3,16}=21.68$ $P<0.0001$
750 ppm	90.1±4.7 Aa	56.5±4.5 Bb	78.1±5.3 Aba	20.6±.7 ABc	$F_{3,16}=22.23$ $P<0.0001$
500 ppm	86.8±6.4 ABa	51.0±6.6 Bb	50±6 Bb	11.4±4.3 BCc	$F_{3,16}=22.92$ $P<0.0001$
250 ppm	64.8±5.3 Ba	20.3±2.7 Cb	8.1±.2 Cbc	3.0±2.9 Cc	$F_{3,16}=31.84$ $P<0.0001$
Kontrol	9±.4	8±2	2±1.2	4±1.8	
F ve P değeri* <i>F and P values</i>	$F_{3,16}=5.69$ $P<0.01$	$F_{3,16}=21.52$ $P<0.0001$	$F_{3,16}=29.23$ $P<0.0001$	$F_{3,16}=8.53$ $P<0.0001$	

\*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder. \*One-way analysis of variance was applied to the data and the differences between the means were determined according to TUKEY test at 0.05 significance level. Different uppercase letters in the same column and different lowercase letters in the same row represent statistical differences.

Diatom toprağı uygulamasından 14 gün sonra düzeltilmiş ölüm oranları kullanılarak yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda tahıl çeşidinin ve uygulanan diatom toprağı konsantrasyonunun *S. granarius* erginlerinin ölüm oranları üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür (tahıl çeşidi için  $F_{3,64} = 101.01$ ,  $P < 0.0001$ ; DE konsantrasyon için  $F_{3,64} = 63.75$ ,  $P < 0.0001$ ). Ekmeklik buğday üzerinde yürütülen testlerde en yüksek ölüm oranı 1000 ppm konsantrasyonunda saptanırken, diğer tahıl çeşitlerinde 750 ve 1000 ppm konsantrasyonlarında benzer ölüm oranlarına rastlanılmıştır. Bununla birlikte % 100'lük ölüm oranı sadece makarnalık buğday üzerinde yerel diatom toprağının 1000 ve 750 ppm konsantrasyonlarında saptanmıştır (Çizelge 3). Yerel diatom toprağının 500 ve 750 ppm konsantrasyonlarında en yüksek ölüm oranları makarnalık buğday üzerinde elde edilirken, diatom toprağının 1000 ppm ve 250 ppm konsantrasyonlarında makarnalık buğday ve çeltik üzerinde elde edilen ölüm oranları arasında istatistiki

olarak önemli fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Genel olarak en düşük ölüm oranları mısır üzerindeki testlerde gözlemlenmiştir.

Farklı tahıl çeşitleri üzerinde yerel diatom toprağının farklı konsantrasyonunda yürütülen biyolojik testler sonunda *S. granarius* erginlerinin ortalama yeni nesil ergin sayıları ve ergin sayısındaki düşüş oranları Çizelge 4'de verilmiştir. Altmış beş gün sonra makarnalık buğdayda elde edilen yeni nesil ergin sayıları 0.2 ile 15.4 adet arasında değişirken ekmeklik buğday üzerinde ise yeni nesil ergin sayıları 18.6 ile 126.4 adet arasında değişkenlik göstermiştir. Çeltik üzerinde ise elde edilen yeni nesil ergin sayıları 0 ile 1.2 adet arasında değişirken, mısır üzerinde ise yeni nesil ergin sayıları 4.2 ile 5.2 adet arasında farklılık göstermiştir (Çizelge 4). Dunnet karşılaştırma testi sonuçlarına göre tüm tahıl çeşitlerindeki tüm diatom toprağı konsantrasyonlarında yeni nesil ergin sayısı bakımından istatistik açıdan önemli seviyede farklılıklar bulunmuştur. ANOVA testine göre mısır hariç

Çizelge 3. Yerel diatom toprağının farklı tahıl çeşitlerine uygulanmasıyla 14. gün sonunda *Sitophilus granarius* erginlerinden elde edilen ölüm oranları

Table 3. Mortality rates of *Sitophilus granarius* at the end of the 14<sup>th</sup> day of application of local diatomaceous earth to different cereal varieties

DE Konsantrasyonu DE concentrations	Düzeltilmiş ölüm oranı ± S.hata (Corrected mortality (±) S. Error)				F ve P değeri* F and P values
	Makarnalık Buğday <i>Durum wheat</i>	Ekmeklik Buğday <i>Soft Wheat</i>	Çeltik <i>Paddy Rice</i>	Mısır <i>Corn</i>	
1000 ppm	100±0 Aa	82.7±5.7 Ab	90.9±4.6 Aab	44.2±7.9 Ac	F <sub>3,16</sub> =22.74 P<0.0001
750 ppm	100±0 Aa	55.1±3.8 Bc	86.3±5.8 Ab	29.4±6.3 ABd	F <sub>3,16</sub> =44.89 P<0.0001
500 ppm	92.9±4.7 Aa	50.5±5.9 Bb	65.9±6.4 Ab	11.5±3.4 BCc	F <sub>3,16</sub> =30.09 P<0.0001
250 ppm	65.8±7.2 Ba	22.9±5 Ca	14.7±7.1 Bab	3.1±2.1 Cb	F <sub>3,16</sub> =5.16 P<0.05
Kontrol	15±2.7	13±1.2	5±2.7	12±3	
F ve P değeri* F and P values	F <sub>3,16</sub> =16.27 P<0.0001	F <sub>3,16</sub> =22.72 P<0.0001	F <sub>3,16</sub> =20.31 P<0.0001	F <sub>3,16</sub> =11.86 P<0.001	

\*Verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 önem seviyesinde TUKEY testine göre ortaya konulmuştur. Aynı sütundaki farklı büyük harfler ve aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistiksel açıdan farklılık ifade eder. \*One-way analysis of variance was applied to the data and the differences between the means were determined according to TUKEY test at 0.05 significance level. Different uppercase letters in the same column and different lowercase letters in the same row represent statistical differences.

Çizelge 4. Farklı tahıl çeşitlerinde yerel diatom toprağının farklı konsantrasyonlarıyla yürütülen biyolojik testler sonucunda elde edilen ortalama *Sitophilus granarius* yeni nesil ergin sayıları ve ergin sayısındaki düşüş oranları

Table 4. The decline rates and average number of progeny production obtained from biological tests carried out with different concentrations of local diatomaceous earth in different cereal varieties.

DE Kons. DE conc.	Makarnalık buğday ( <i>Durum wheat</i> )			Ekmeklik buğday ( <i>Soft wheat</i> )		
	Ortalama yeni nesil ergin sayısı Progeny ± S <sub>x</sub>	P değeri** P value	Ergin sayısında düşüş oranı (%) ± S <sub>x</sub> Decline rates of progeny(%) ± S <sub>x</sub>	Ortalama yeni nesil ergin sayısı Progeny ± S <sub>x</sub>	P değeri** P value	Ergin sayısında düşüş oranı (%) ± S <sub>x</sub> Decline rates of progeny(%) ± S <sub>x</sub>
1000 ppm	0.2±0.2	0.0000	99.8±0.2A	18.6±6.5	0.0000	91.6±2.8A
750 ppm	1±0.5	0.0000	98.8±0.6A	44.4±8.9	0.0000	80.6±3.9AB
500 ppm	0.2±0.2	0.0000	99.8±0.2A	50.4±13.5	0.0000	74.9±5.5B
250 ppm	15.4±4.4	0.0000	82.3±5.0B	128.4±5.7	0.0000	43.8±2.5C
Kontrol	86.8±15.3		F <sub>316</sub> = 11.27 P<0.001	228.6±18.4		F <sub>316</sub> =28.45 P<0.0001
DE Kons. DE conc.	Çeltik ( <i>Paddy Rice</i> )			Mısır ( <i>Corn</i> )		
	Ortalama yeni nesil ergin sayısı Progeny ± S <sub>x</sub>	P değeri** P value	Ergin sayısında düşüş oranı (%) ± S <sub>x</sub> Decline rates of progeny(%) ± S <sub>x</sub>	Ortalama yeni nesil ergin sayısı Progeny ± S <sub>x</sub>	P değeri** P value	Ergin sayısında düşüş oranı (%) ± S <sub>x</sub> Decline rates of progeny(%) ± S <sub>x</sub>
1000 ppm	0±0	0.0000	100±0A	4.2±2.4	0.0000	79.4±12.1A
750 ppm	0±0	0.0000	100±0A	4.2±1.6	0.0000	79.4±5.7A
500 ppm	0.6±0.4	0.0000	98.3±1.1AB	4.6±1.9	0.0000	77.5±9.5A
250 ppm	1.2±0.3	0.0000	96.6±1.0B	5.2±0.6	0.0000	74.5±2.8A
Kontrol	35.2±2.2		F <sub>316</sub> = 4.40 P<0.05	20.4±3.5		F <sub>316</sub> = 0.08 P=0.9714

\*Verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış olup, ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde TUKEY testine göre verilmiştir. Farklı harfler istatistiksel olarak istatistiksel açıdan farklılık ifade eder. \*\*Yürütülen biyolojik testlerden elde edilen yeni nesil ergin sayıları kontroldeki ortalama yeni nesil ergin sayıları ile kıyaslanarak Dunnet testi uygulanmıştır. \*One-way analysis of variance (ANOVA) was applied to the data and differences between the means were given according to TUKEY test at 5% significance level. Different letters are statistically significant differences. Dunnet test was applied by comparing the numbers of progeny production obtained from biological tests with the progeny production numbers in the control.

diğer tüm tahıl çeşitlerinin üzerinde diatom toprağının farklı konsantrasyonlarındaki ergin sayısındaki düşüş oranları arasındaki farklılıklar da istatistikî açıdan önemli bulunmuştur (makarnalık buğday için  $F_{3,16}=11.27$ ,  $P<0.001$ ; ekmeçlik buğday için  $F_{3,16}=28.45$ ,  $P<0.0001$ ; çeltik için  $F_{3,16}=4.40$ ,  $P<0.05$ ; mısır için  $F_{3,16}=0.08$ ,  $P=0.9714$ ). Bununla birlikte, sadece çeltik üzerinde 750 ve 1000 ppm diatom toprağı uygulamalarında yeni nesil ergin çıkışlarının tamamen engellendiğı görülmüş diğer tahıl çeşitleri üzerinde yürütölen testlerde ise yeni nesil ergin çıkışı engellenememiştir.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada farklı tahıl çeşitleri üzerinde yerel diatom toprağının *S. granarius* erginlerine karşı etkinliğı ortaya konulmuştur. Türkiye orijinli yerel diatom toprağının makarnalık buğday, ekmeçlik buğday ve çeltik üzerinde yüksek etkinlik gösterdiğı, ayrıca yeni nesil ergin çıkışlarını kısmen de olsa önemli seviyede baskı altına aldığı ve bazı tahıl çeşitlerinde tamamen engellediğı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, yerel diatom toprağının uygulama konsantrasyonlarının artışına paralel olarak diatom toprağının etkinliğinin de artışın olduğı saptanmıştır. Bu sonuçların aksine daha önce *S. granarius* erginleri ile yürütölen birçok çalışmada farklı diatom preparatlarının farklı tahıl çeşitleri üzerinde yüksek konsantrasyonlarda (>900 ppm) dahi etkinliğinin oldukça sınırlı olduğı bulunmuştur (Keszthelyi ve Pal-Fam, 2012; Bohinc ve Trdan, 2017; Abd El- Aziz ve Abd- El Ghany, 2018).

Subramanyam ve Roesli (2000), diatom uygulamalarında hızlı bir şekilde gerçekleşen ölümlerin, % 100 ölüm oranı elde etmekten belki de daha önemli olduğunu, çünkü %100'lük ölüm oranı elde edebilmek için gerekli olan uzun sürelerde böceklerin yumurtlama faaliyetlerine devam edebileceğı ve *S. oryzae* gibi nispeten kısa döl süresine sahip zararlıların dane içerisinde gelişmeye devam edebileceğı ve böylelikle ürün kayıplarının devamlı olabileceğini belirtmişlerdir. Buna paralel olarak mevcut çalışmada yedi günlük uygulama süresinde % 75 ve üzeri ölümlerin belirlendiğı makarnalık buğdayda 500, 750 ve 1000 ppm, ekmeçlik buğdayda 1000 ppm ve çeltikte 750 ve 1000 ppm konsantrasyonlarından elde edilen yeni ergin sayılarında kontrol uygulamalarına nazaran % 90'ın üzerinde düşüşün gerçekleşmesi bu iddiayı doğrular niteliktedir. *S. granarius* gibi ürün içerisinde beslenen (internal) depo zararlılarının dane içerisinde yaşayan biyolojik dönemlerine karşı diatom toprağının etkinliğinin düşük oluşu nedeniyle erginler üzerinde görölen hızlı ölümlerin popölasyonu baskılamak ve ürünü uzun süreli koruma açısından önem arz ettiğı düşünülmektedir.

Diatom toprağı uygulamalarında, diatomun böcek üzerindeki etkinliğini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de uygulama yapılan ürün çeşididir. Dünya genelinden farklı ticari diatom preparatları kullanılarak yapılan araştırmalarda diatom toprağı etkinlikleri arasında önemli farklılıkların olduğı belirtilmiştir (Athanassiou ve ark., 2003, 2008; Kavallieratos ve ark., 2010; Keszthelyi ve Pal-Fam, 2012; Perišić ve ark., 2018). Diatom toprağı temas yoluyla etki gösterdiğinden, diatom toprağının etkinliğı ile böceklerin ürün içerisindeki hareketliliğı doğrudan ilişkilidir. Düşük konsantrasyonda diatom uygulamalarında uygulanan diatom toprağının tahıl danelerinin her tarafına dağılmaması ve daneler arasındaki boşlukların varlığı diatom toprakların etkinliklerini düşürebilmektedir. Çok sayıda araştırmacının farklı depo zararlısı türler ile yürüttükleri çalışmalarda diatom preparatlarının en düşük etkinlik seviyeleri mısır üzerinde kaydedilmiştir (Athanassiou ve ark., 2003; Vayias ve ark., 2006; Keszthelyi ve Pal-Fam, 2012). Bu sonuçlar, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Vayias ve ark. 2006, mısır üzerinde diatom toprağı etkinliklerinin *S. oryzae* erginlerine karşı düşük oluşunun sebebini mısır danelerinde bulunan yüksek lipit içeriğinin diatom toprağı partiküllerini inaktive etmesi ve mısır daneleri arasındaki geniş boşluklarda *S. oryzae* erginlerini diatom toprağı partikülleri ile temas etmemesi olarak bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada da biyolojik etkinlik testlerinin tamamı 40 gram ürün üzerinden yürütölmüş olup her bir uygulama tüpüne ortalama 120 adet mısır danesi konulmuştur. Bu bakımdan diatom toprağı partiküllerinin mısır daneleri üzerinde yapışabileceğı alanın azlığı nedeniyle etkinliğin düşük olduğı düşünülmektedir. Nitekim, Athanassiou ve Kavallieratos 2005, farklı tahıl ürünlerinde ticari bir diatom toprağı preparatı olan PyriSec®'nin dane yüzeylerine yapışma oranlarını belirledikleri çalışmada, mısırın %10'luk oranla en düşük yapışma oranına sahip olduğunu, pirinç %92'lik yapışma oranı ile ilk sırada geldiğini ve buğdayda ise bu oran %80'nin üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, buğday ve çeltiğın yüzeylerinin pürüzlü, mısırın ise pürüzsüz ve polar bir yapıda olması diatom toprağının ürüne yapışma oranını etkilediğini de bildirmişlerdir. Kavallieratos ve ark. 2010, yürüttükleri çalışmada farklı buğday çeşitlerinde dahi diatom toprağı partiküllerinin yapışma oranları ve etkinlikleri arasında önemli farklılıklar gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Bu bakımdan mevcut çalışma sonucunda elde ettiğimiz sonuçlar ışığında tahıl çeşitleri arasındaki etkinlik farklılıkların diatom toprağı partiküllerini danelere yapışma oranları, böceklerin ürün içerisindeki hareketliliğı ve danelerin yüzey özellikleri gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tüm bu sonuçlar ışığında, Türkiye orijinli yerel diatom toprağının makarnalık buğday ve çeltik üzerinde *S. granarius* erginlerine karşı yüksek etkinlik göstermesi, ekmeklik buğdayda ise popülasyonun %100 ölüme neden olmasa da yeni nesil ergin çıkışının kısmen baskı altına alması bu yerel diatom toprağının depolanmış tahıl zararlıları kontrolünde kullanılabilme potansiyeline sahip olabileceğini göstermiştir. Bundan sonraki çalışmalarda bu yerel diatom toprağının laboratuvar dışında gerçek depo koşullarında depolanmış tahıl zararlılarına karşı ticari olarak uygulanabilirliklerinin araştırılması büyük önem arz etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma KSU Bilimsel Araştırma Projeleri Kordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 2012/5-5YLS)

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

İkinci yazar, anket çalışmasını ve veri girişini yapmıştır. Makalenin istatistik analizleri, bulgular ve tartışması gibi diğer işleri sorumlu yazar tarafından yapılmıştır.

## KAYNAKÇA

Abbott WS 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(28):65-267.

Akçalı S 2017. Türkiye'nin Farklı Bölgelerinden Toplanan Yerel Diatomit Topraklarının Depolanmış Tahıl Zararlılarına Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 61 sy.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Tsaganou FC, Vayias BJ, Dimizas CB, Buchelos CTh, 2003. Effect of Grain Type on the Insecticidal Efficacy of SilicoSec® against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, 22: 1141-1147.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG 2005. Insecticidal Effect and Adherence of PyriSec® in Different Grain Commodities. *Crop Protection*, 24(8): 703-710.

Athanassiou, CG, Steenberg T 2007. Insecticidal Effect of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) in Combination with Tree Diatomaceous Earth Formulations against *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control* 40(3): 411-416.

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Vayias BJ,

Panoussakis EC 2008. Influence of Grain Type on the Susceptibility of Different *Sitophilus oryzae* (L.) Populations, Obtained from Different Rearing Media to Three Diatomaceous Earth Formulations. *Journal of Stored Product Research*, 44: 279-284.

Athié I, Gomes RAR, Bolonhezi S, Valentini SRT, De Castro MFP 1998. Effects of Carbon Dioxide and Phosphine Mixtures on Resistant Populations of Stored-Grain Insects. *Journal of Stored Products Research*, 34: 27-32.

Bell CH, Wilson SM 1995. Phosphine Tolerance and Resistance in *Trogoderma granarium* Everts. (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research*, 31: 199-205.

Bohinc T, Trdan S 2017. Comparison of Insecticidal Efficacy of Four Natural Substances against Granary Weevil (*Sitophilus granarius*(L.)) Adults: Does the Combined Use of the Substances Improve Their Efficacy? *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15 (3):1-8 (e1009).

Bond EJ, Dumas T, Hobbs S 1984. Corrosion of Metals by the Fumigant Phosphine. *Journal of Stored Products Research*, 20: 57-63.

Bozkurt H 2016. Kahramanmaraş, Adana ve Şanlıurfa İllerindeki Tahıl Depolarında Bulunan *Sitophilus granarius* (L.) (Buğday Biti) ve *Sitophilus oryzae* (L.) (Pirinç Biti) Popülasyonlarının Fosfine Karşı Dayanıklılık Durumunun Belirlenmesi. KSÜ. Fen Bil. Ens., Bitki Koruma ABD Yüksek Lisans Tezi, 39 sy.

Boxall RA 2001. Post-harvest Losses to Insect-a World Overview. *International Biodeterioration and Biodegradation*,48: 137-152.

Chaudry MQ 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.

Çetin M, Taş B 2012. Biyolojik Orjinli Tek Mineral: Diatomit. *Türk Bilim Araştırma Vakfı (TÜBAV) Bilim Dergisi*, 5(2): 28-46.

Doğanay I 2013. Çeşitli Diatom Topraklarının Depolanmış Tahıl Zararlıları, *Sitophilus granarius* (L.) ve *Rhyzopertha dominica* (F.)'ya Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi. KSÜ. Fen Bil. Ens., Bitki Koruma ABD Yüksek Lisans Tezi, 55 sy.

Donahaye EJ, 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.

Ebeling W 1971. Sorptive Dusts for Pest Control. *Annual Review of Entomology*, 16: 123-158.

El-Aziz SA, El-Ghany NA (2018). Impact of Diatomaceous Earth Modifications for Controlling the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(3): 519-532.



- Emekci M, Ferizli AG 2000. Current Status of Stored Product Protection in Turkey. IOBC WPRS Bulletin, 23 (10): 39-45.
- FAO 2018. Statistical Database. (Erişim tarihi 15.06.2018)<http://faostat.fao.org/site>.
- Haile A 2009. On-farm Storage Studies on Sorghum and Chickpea in Eritrea. African Journal of Biotechnology, 5: 1537-1544.
- Kavallieratos NG, Athanassiou CG, Vayias BJ, Kotzamanidis S, Synodis SV 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.
- Keszthelyi S, pal-Fam F 2012. The Effect of the Diatomaceous Earth Formulation DaitoSec on Mortality Of Granary Weevil *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) in Grains. Journal of Plant Diseases and Protection, 119 (1): 30-33.
- Koçak E, Schlipalius D, Kaur R, Thuck A, Ebert P, Collins P, Yılmaz A 2015. Determining Phosphine Resistance in Rust Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) Populations from Turkey. Türkiye Entomoloji Dergisi, 39: 129-136.
- Korunic Z 1998. Diatomaceous Earths, A Group of Natural Insecticides. Journal of Stored Products Research, 34: 87-97.
- Kostyukovsky M, Trostanetsky A, Menasherov M, Yasinov G, Hazan T, 2010. Laboratory Evaluation of Diatomaceous Earth against Main Stored Product Insect. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Working Conference on Stored-Product Protection, 27 June to 2 July 2010, Estoril, Portugal (Editörler: Carvalho et al. ) Julius Kühn-Institut, Berlin, Germany, p.701-704.
- Mete Z 1988. Kütahya-Alayunt Yöresi Diyatomit Yataklarının Zenginleştirilmesi. Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, Maden Mühendisliği Seksiyonu, 1:184-201.
- Perišić V, Vuković S, Perišić V, Pešić S, Vukajlović F, Andrić G, Kljajić P (2018). Insecticidal Activity of Three Diatomaceous Earths on Lesser Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* F., and Their Effects on Wheat, Barley, Rye, Oats and Triticale Grain Properties. Journal of Stored Products Research, 75: 38-46.
- Özbey G, Atamer N 1987. Kizelgur (Diatomit) Hakkında Bazı Bilgiler. 10. Türkiye Madencilik Bilimsel Teknik Kongresi, Ankara, s.493-502.
- Sağlam Ö, Peter AE, Phillips TW 2015. Resistance of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) to Fumigation with Phosphine. Journal of Economic Entomology, 108: 2489-2495
- SAS Institute Inc. 2009. SAS / STAT<sup>R</sup> User's Guide, Version 6, 4<sup>th</sup> Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- 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.
- SPSS 2013. IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.
- Subramanyam Bh, Roesli R 2000. Inert dust. In Subramanyam Bh, Hagstrum, D.W. (Eds), Alternatives to Pesticides in Stored- Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, pp 321-379
- TUİK 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. (Erişim tarihi 15.06.2018). <http://www.tuik.gov.tr>
- Vayias BJ, Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Tsismeli CD, Buchelos CTh 2006. Persistence and Efficacy of Two Diatomaceous Earth Formulations and A Mixture Of Diatomaceous Earth with Natural Pyrethrum against *Tribolium confusum* Jacquelin Du val (Coleoptera: Tenebrionidae) on Wheat and Maize. Pest Management Science, 62: 456-464.
- Wakil W, Shabbir A 2005. Evaluation of Diatomaceous Earth Admixed with Rice to Control *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Pakistan Entomologist, 27: 15-18.