

# Fasulye Tohum Böceği, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), Mücadelesinde Bazı Zeolitlerin İnsektisidal Potansiyel Etkisi

Tuğba SARIÇAM<sup>1</sup> 

Ebru Gül ASLAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>: Süleyman Demirel Üniversitesi,  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri  
Fakültesi, Biyoloji Bölümü,  
Isparta, Türkiye

Effectiveness of the Insecticidal Potential of Some Zeolites in the Control of the Bean Seed Beetle, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)

## Öz

Bu çalışmanın amacı depolanmış ürün zararlısı olan *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) ile mücadelede kimyasal kullanımının azaltılmasına alternatif olarak 3A, 4A ve 5A zeolitleri kullanarak zararlı popülasyonunu ekonomik zarar eşliğinin altına düşürmektir. Ülkemizde ve dünyada depo zararlılarıyla mücadelede kalıntı bırakmayan uygulamaların geliştirilmesi ve özellikle baklagillerin muhafaza edilmesinde kullanılan zeolit minerallerini de içeren inert tozların kullanımı önem arz etmektedir. İnert tozlar içinde yer alan zeolit, depolanmış tahıllarda ürüne karıştırılarak zararlılara karşı uzun süreli koruma sağlamaktadır. Sentetik zeolitlerin adsorplama, katalizör olma ve iyon değiştirici özelliklerine göre kullanım alanları oldukça geniştir. Bu amaçla *A. obtectus*'a karşı 3A, 4A ve 5A zeolitler 27 ± 2°C, %65 ± 5 bağıl nem sabit koşulları altında ısıtılmalı/soğutmalı inkübatör içerisinde beş farklı dozda (25mg, 50 mg, 75 mg, 100 mg ve 125 mg) test edilmiştir. Uygulama beş tekrerrürlü ve her tekrerrürde 20 adet ergin olacak şekilde yapılmıştır. Yüzde ölüm oranlarını hesaplamak amacıyla 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 ve 144. saat aralıklarla kontroller yapılmış, canlı ve ölü ergin sayıları kaydedilmiştir. Uygulama öncesi ve sonrası ağırlık kayıpları da değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, zeolitlerin hepsinin kontrole göre etkili sonuçlar verdiği, ancak ayrı ayrı incelendiğinde 3A ve 5A zeolitlerin 4A zeolite kıyasla *A. obtectus*'a karşı daha etkili oldukları belirlenmiştir. 3A ve 5A zeolitler için istatistiki olarak yüksek ölüm oranınının 125 mg dozda 72. saatte, 4A zeolit için 125 mg dozda 96. saatte olduğu kaydedilmiştir. Tüm dozlar için %100 ölümler 96-144. saatlerde tamamlanmıştır. 3A, 4A ve 5A zeolit dozlarının ve maruz kalma sürelerinin artması *A. obtectus*'un ölüm oranını arttırmış, yumurta sayısını düşürmüştür ve dolayısıyla F<sub>1</sub> nesli üretiminde azalmaya sebep olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre 3A, 4A ve 5A zeolitlerin *A. obtectus*'un mücadelesi için umut verici olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Acanthoscelides obtectus*, Chrysomelidae, Zeolit, İnsektisidal etki

## ABSTRACT

This study aims to reduce the pest population below the economic damage threshold through the use of 3A, 4A and 5A zeolites, as an alternative to reducing the use of chemicals in the control of the storage pest *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). In our country and around the world, it is essential to develop residue-free methods in the control of storage pests and to use inert powders, including zeolite minerals, which are used primarily in the preservation of legumes. Zeolite, contained in inert powders, provides long-term protection against pests by mixing with the product in stored grain. Synthetic zeolites have a wide range of applications depending on their adsorption, catalyst and ion exchange properties. For this purpose, 3A, 4A, and 5A zeolites were tested against *A. obtectus* at five different doses (25mg, 50mg, 75mg, 100mg, and 125mg) in a heated/cooled incubator under constant conditions of 27 ± 2°C, 65 ± 5% relative humidity. Five replicates of twenty adults each were used in the experiments. The number of alive and dead adults was recorded at 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, and 144th hours in order to calculate the mortality rates. Their weight losses were also evaluated before and after application. The study's results indicated that all of the zeolites performed better than the control, but 3A and 5A zeolites were more effective against *A. obtectus* than 4A zeolite separately. It was recorded that the highest mortality rate for 3A and 5A zeolites was at the 72nd hour at 125 mg dose, and for 4A zeolite at the 120th hour at 125 mg dose. For all doses, 100% of deaths were completed in 96-144th hours. Increasing 3A, 4A, and 5A zeolite concentrations and exposure times increased the mortality rate of *A. obtectus*, reduced the number of eggs, and, therefore, led to a decrease in F<sub>1</sub> generation production. The results obtained show that 3A, 4A, and 5A zeolites can be considered as a promising strategy for the control of *A. obtectus*.

**Keywords:** *Acanthoscelides obtectus*, Chrysomelidae, Zeolite, Insecticidal effect



Çalışma, birinci yazarın doktora tezinden veriler içermektedir.

**Geliş Tarihi** / Received 15.02.2024

**Kabul Tarihi** / Accepted 01.06.2024

**Yayın Tarihi** / Publication Date 29.09.2024

**Sorumlu Yazar** / Corresponding author:

Ebru Gül ASLAN

E-mail: ebruaslan@sdu.edu.tr

**Cite this article:** Sarıçam, T. & Aslan, E.G. (2024). Effectiveness of the Insecticidal Potential of Some Zeolites in the Control of the Bean Seed Beetle, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Research in Agricultural Sciences*, 55(3), 121-131.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

## Giriş

Depolanmış ürünlerde böceklerin meydana getirdiği zararlar dünya çapında büyük bir soruna neden olmaktadır. Söz konusu zararlar hem ürün kalitesinde kayıplara hem de miktarında önemli düşümlere yol açmaktadır (de Oliveira Vilela vd., 2021; Mssillou vd., 2022). Fasulye tohum böceği *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), beyaz fasulye, nohut, soya fasulyesi ve börülce gibi ekonomik açıdan önemli baklagillerin yaygın bir zararlısıdır. Larvalar baklagillerin iç kısmına zarar vererek depolanmış ürünün besin ve ticari değerinin yanı sıra çimlenme potansiyelinin de azalmasına neden olmaktadır (Şen vd., 2020; Masoumi vd., 2021). Fosfin ve piretroidler gibi sentetik insektisitler söz konusu zararlının mücadelesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Opit vd., 2016; Abdelgaleil vd., 2021). Kimyasal insektisitlerin artan kullanımı; böceklerde direnç sorunları, gıdalarda ilaç kalıntıları ve insan sağlığı ile ilgili olumsuzluklar, yaban hayatı ve çevre üzerindeki istenmeyen etkileri nedeniyle gün geçtikçe büyüyen bir sorun oluşturmaktadır (Nicolopoulou-Stamati vd., 2016). Bu nedenle son zamanlarda zararlılarla mücadelede çevre dostu tekniklerin ve yeni alternatiflerin araştırılmasına ilgi artmaktadır.

Zeolitler, yapılarında silisyum, alüminyum ve oksijen içeren kristal yapıda, hidrasyona uğramış alüminosilikat içeren mineralleridir (Breck, 1974). Vücutta birikebilen ancak fibrojenik ve toksik etki yapmayan bu tozlar (inert tozların genel tanımı) tarla bitkilerinde, depolanmış ürün zararlılarında ve hayvan beslenmesinde yem katkısı olarak günümüzde kullanılmaktadır (Golob, 1997). Bilinen 50 adet doğal zeolit ve 200 adet sentetik zeolit minerali bulunmaktadır (Gottardi & Galli, 1985). Zeolitler iyon değişimi yeteneği, adsorpsiyon, moleküler elek yapısı, yüksek silis içeriği bulunması, hafif yapıları, küçük kristal boyutlarına sahip gözenekli yapıları gibi pek çok fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından oldukça önemlidir. Bu özellikler zeolitlerin enerji, tarım ve hayvancılık, madencilik, metalürji, inşaat, deterjan ve kâğıt sanayi gibi çeşitli sektörlerde kullanılmasına olanak sağlamıştır (DPT, 2001). Doğal zeolitlerin, depolanmış ürün zararlılarından *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) ile mücadelede insektisidal potansiyele sahip oldukları bilinmektedir (Yılmaz Doğu & Emekci, 2023). Zeolitler, böcek kılları arasındaki mesafeden daha küçük çapa sahip parçacıklar içerebilmektedir. Bu parçacıklar vücutta bulunan kılların varlığına rağmen vücut yüzeyine yapışarak böcek derisindeki karbondioksit gazının serbest bırakılmasını engellemektedir. Ayrıca böceklerin stigmalarına yapışarak solunumu engellemekte ve oksijen yetersizliğinden dolayı ölümlerine neden olmaktadır.

Böcekler vücutlarına yabancı cisim yapıştığı zaman davranışsal olarak temizlenmeyi denemektedirler. Zeolit bu temizleme işlemi sırasında vücutta oluşan çiziklere yapışmakta ve nem tutucu özelliğinden dolayı böceğin vücut sıvısını emerek dehidrasyon yoluyla ölümüne yol açmaktadır (Ikeda vd., 1996). Böceklerde bu şekilde ölümün temel sebebinin aşırı su kaybı veya kurumadan kaynaklı olduğu bilinmektedir (Subramanyam & Roesli 2000). Zeolitin moleküler yapısı, silisyum dioksit içeriği, partiküllerin şekli ve boyutu, Alüminyum-Silisyum (Al/Si) oranları, soğurma kabiliyeti ve coğrafi orijinali insektisidal potansiyelini de etkilemektedir (Eroğlu, 2014).

Bu çalışmada, fasulye tohumlarında zarara neden olan *A. obtectus* ile mücadelede kimyasal kullanımını azaltmak amacıyla alternatif olarak 3A, 4A ve 5A zeolitlerin kullanılması ile zararlı popülasyonunun kontrol altına alınması amaçlanmıştır. Böylece insan ve çevre sağlığı için daha etkili bir metot olan çevreyle dost bir mücadele yönteminin kullanılması ve pahalı olan insektisitlerin kullanımının önüne geçilerek ülke ekonomisine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Böceklerin Yetiştirilmesi

*Acanthoscelides obtectus* erginleri Mayıs 2022'de Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünden temin edilmiş ve o tarihten bu yana popülasyonlar,  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5$  bağıl nem sabit koşulları altında ısıtmalı/soğutmali inkübatör içerisinde SDÜ Biyoloji Bölümü Sistemik Entomoloji laboratuvarında üretilmiştir. Böcekler,  $-18^\circ\text{C}$ 'de dolapta en az 7 gün saklanan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) taneleri ile beslenmiştir. Fasulye taneleri bahsedilen sabit koşullarda F<sub>1</sub> nesli ortaya çıkana kadar saklanmıştır. Tüm denemeler 1-3 günlük erginler kullanılarak yürütülmüştür. Bu yöntem tüm çalışma süresince takip edilmiştir.

### Biyoanalizler

Zeolitlerin ergin *A. obtectus* bireyleri üzerindeki etkisi, doz-ölüm oranı biyoanalizleri ile değerlendirilmiştir. Bu amaçla uygun dozların belirlenmesi için ön denemeler  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $65 \pm 5$  bağıl nem sabit koşulları altında ısıtmalı/soğutmali inkübatörde yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda beş nihai doz 25 mg, 50 mg, 75 mg, 100 mg ve 125 mg olarak belirlenmiştir. 180 ml'lik steril numune kaplarına üç farklı zeolit (3A, 4A ve 5A) beş farklı dozda (25 mg, 50 mg, 75 mg, 100 mg ve 125 mg) toz halinde ayrı ayrı tartılarak konulmuştur. Her bir deneme kabı içerisine 8 gr fasulye ve 20 adet 1-3 günlük *A. obtectus* bireyleri rastgele eklenmiştir. Deneme kaplarının kapak kısımları uygun havalandırma sağlamak ve böceklerin kaçışını önlemek için tül ile kapatılmıştır. Uygulama yapılmayan fasulye kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Her bir doz için bu işlemler beş

tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Uygulama öncesi ve uygulama sonrası hassas tartıda böcek ağırlıkları kaydedilmiştir. Tüm kaplar belirlenen dozlarda zeolit uygulamalarının ardından yukarıda bahsedilen koşullar altındaki inkübatöre yerleştirilmiştir (Şekil 1). Canlı ve ölü erginlerin sayısı 1, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120 ve 144. saatlerde kontrol edilerek kayıt altına alınmıştır. Fırçayla rahatsız edildiğinde hareket etmeyen bireyler ölü sayılmış, herhangi bir uzvu hareket eden bireyler ise canlı olarak değerlendirilmiştir. Zeolit uygulanmış ve uygulanmamış örneklerden elektron mikroskop görüntüsü alınmıştır.



**Şekil 1.**  
*Acanthoscelides obtectus* erginlerinin zeolit denemeleri.

**Tablo 1.**

*Çalışmada kullanılan 3A, 4A ve 5A zeolit içerikleri*

Zeolit çeşidi	Gözenek çapı	Dengeleyici katyon
Ürün ismi:		
<b>Molecular sieves, 3A</b>		
Ürün Numarası: 334286	3 Å (0,3 nm)	K <sup>+</sup>
Marka: SIGALD		
Ürün ismi:		
<b>Molecular sieves, 4A</b>		
Ürün Numarası: 688363	4 Å (0,4 nm)	Na <sup>+</sup>
Marka: SIGALD		
Ürün ismi:		
<b>Molecular sieves, 5A</b>		
Ürün Numarası: 341029	5 Å (0,5 nm)	Ca <sup>++</sup>
Marka: SIGALD		

### Zeolitler

Çalışmada kullanılan 3A, 4A ve 5A zeolitler Sigma Aldrich® firmasından temin edilmiştir. Sentetik zeolitler (3A, 4A, 5A) son derece düzgün bir kristal yapıya sahiptir. Yapılarına göre; 5A zeolit kalsiyum alüminosilikat içerir ve 5Å gözenek çapına sahiptir, 4A zeolit sodyum alüminosilikat içerir ve 4Å gözenek

çapına sahiptir, 3A zeolit potasyum alüminosilikat içerir ve 3Å gözenek çapına sahiptir (Anonim, 2020) (Tablo 1).

### İstatistiksel Analizler

Farklı dozlara ait probit analizleri için JMP Pro 17 paket programı kullanılmıştır. Gözlenen ölüm yüzdesi için Abbott formülü (Abbott, 1925) uygulanmıştır. Abbott formülü;

$$\text{Ölüm oranı (\%)} = \frac{\text{Gözlenen ölüm} - \text{Kontrol ölümü}}{100 - \text{Kontrol ölümü}} \times 100 \quad (1)$$

Farklı doz uygulamalarının ölüm seviyelerini karşılaştırmak ve ayırmak için Tukey testi yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Çalışmada farklı zeolitlerin (3A, 4A ve 5A) farklı dozlarının *A. obtectus* erginleri üzerine insektisidal etkilerini belirlemek amacı ile denemeler yapılmış ve ölü-canlı birey sayıları kaydedilmiştir. Böcek ölümlerinin başladığı 6. saatten itibaren veriler oluşturulmuştur ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Tablo 2). Doz uygulamalarında ölümler 120-144. saatte tamamlanırken, kontrol grubuna ait ölümler 240-288. saatlerde bitmiştir.

Tablo 2'de uygulanan dozlara bağlı ölüm oranları verilmiş olup, zamana ve doza bağlı olarak ölüm oranlarında artış gözlenmiştir. Sütunlar ve satırlar incelendiğinde, aynı harfi gösteren ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur. 3A zeolit sonuçlarına göre; 6. saatte 75, 100 ve 125 mg dozlarda ölümler başlamıştır. En yüksek ölüm 125 mg dozda 72. saatte gözlenmiştir. 125 mg dozda 96. saatte %100 ölüm gerçekleşmiştir. 120. saatte tüm dozlarda %100 ölüm görülmüştür. 4A zeolit uygulamasında ilk ölümler 6. saatte başlamış, 12. saatte tüm dozlarda ölüm görülmüştür. 125 mg dozda 96. saatte istatistiksel olarak fark görülmemiş, ancak 100 ve 125 mg dozlarda 120. saatte %100 ölüm gerçekleşmiştir. 5A zeolitte 24. saatte tüm dozlarda ölüm kaydedilmiştir. 125 mg dozda 72. saatte en fazla ölüm gözlenmiştir. 120. saatte 25 mg hariç diğer dozlarda istatistiksel bir fark gözlenmemiştir.

Tüm sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, 3A ve 5A zeolitlerin 125 mg dozda 72. saatte, 4A zeolitinin 125 mg dozda 96. saatte istatistiksel olarak en etkili oldukları belirlenmiştir. 3A, 4A ve 5A zeolitlerin *A. obtectus* erginleri üzerinde insektisidal potansiyeli incelendiğinde en yüksek ölüm oranının 125 mg dozda 72. ve 96. saatlerde olduğu, 120. saatte 3A zeolitinin tüm dozlarında, 144. saatte ise 4A ve 5A zeolitlerin tüm dozlarında %100 ölüm gerçekleştiği tespit edilmiştir.

**Tablo 2.**

3A, 4A ve 5A Zeolitlerin farklı dozlarının ve maruz bırakma sürelerinin (saat) *Acanthoscelides obtectus* üzerine etkileri

Zaman	3.Saat	6.saat	12.saat	24.saat	48.saat	72.saat	96.saat	120.saat	144.saat
Konsantrasyon	X <sub>3</sub> ±SE	X <sub>6</sub> ±SE	X <sub>12</sub> ±SE	X <sub>24</sub> ±SE	X <sub>48</sub> ±SE	X <sub>72</sub> ±SE	X <sub>96</sub> ±SE	X <sub>120</sub> ±SE	X <sub>144</sub> ±SE
<b>3A ZEOLİT</b>									
25 MG	0,0 ± 0,0 <sup>aD</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>aD</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>eD</sup>	0,8 ± 0,4 <sup>dD</sup>	1,8 ± 0,7 <sup>dC</sup>	3,6 ± 0,8 <sup>cB</sup>	19,0 ± 0,4 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	
50 MG	0,0 ± 0,0 <sup>aE</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>aE</sup>	0,4 ± 0,2 <sup>deE</sup>	2,0 ± 0,3 <sup>cdD</sup>	10,6 ± 1,0 <sup>cC</sup>	15,6 ± 0,8 <sup>aB</sup>	18,8 ± 0,3 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	
75 MG	0,0 ± 0,0 <sup>aF</sup>	0,6 ± 0,2 <sup>aF</sup>	1,4 ± 0,2 <sup>cdE</sup>	3,6 ± 0,4 <sup>acD</sup>	12,8 ± 0,5 <sup>acC</sup>	18,0 ± 0,5 <sup>aaB</sup>	19,6 ± 0,2 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	
100 MG	0,0 ± 0,0 <sup>aE</sup>	0,4 ± 0,2 <sup>aE</sup>	2,2 ± 0,2 <sup>acD</sup>	5,2 ± 0,3 <sup>aC</sup>	13,2 ± 0,5 <sup>acB</sup>	18,0 ± 0,5 <sup>aaA</sup>	19,8 ± 0,2 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	
125 MG	0,0 ± 0,0 <sup>aF</sup>	0,6 ± 0,2 <sup>aE</sup>	2,6 ± 0,2 <sup>aD</sup>	5,2 ± 0,5 <sup>aC</sup>	14,6 ± 0,8 <sup>aB</sup>	18,6 ± 0,5 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	
KONTROL	0,0 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>c</sup>	0,8 ± 0,4 <sup>e</sup>	1,8 ± 0,7 <sup>d</sup>	3,6 ± 0,8 <sup>a</sup>	5,0 ± 1,0 <sup>a</sup>	6,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	
<b>4A ZEOLİT</b>									
25 MG		0,0 ± 0,0 <sup>aF</sup>	0,2 ± 0,2 <sup>dF</sup>	0,8 ± 0,3 <sup>dF</sup>	3,0 ± 0,4 <sup>cdE</sup>	5,8 ± 0,3 <sup>dD</sup>	11,8 ± 0,3 <sup>aC</sup>	17,8 ± 0,3 <sup>bbB</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
50 MG		0,0 ± 0,0 <sup>aG</sup>	0,6 ± 0,2 <sup>cdFG</sup>	1,8 ± 0,3 <sup>cdF</sup>	5,2 ± 0,3 <sup>bcE</sup>	8,8 ± 0,5 <sup>cD</sup>	14,2 ± 0,6 <sup>abcC</sup>	18,2 ± 0,3 <sup>abB</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
75 MG		0,4 ± 0,2 <sup>aF</sup>	1,6 ± 0,4 <sup>bcEF</sup>	3,4 ± 0,5 <sup>bcE</sup>	6,8 ± 0,7 <sup>bD</sup>	11 ± 0,8 <sup>bcC</sup>	15,6 ± 0,8 <sup>bcB</sup>	18,8 ± 0,5 <sup>abA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
100 MG		0,4 ± 0,2 <sup>aG</sup>	2,0 ± 0,3 <sup>abF</sup>	4,6 ± 0,5 <sup>bE</sup>	9,4 ± 0,5 <sup>aD</sup>	13,2 ± 0,3 <sup>abC</sup>	17,2 ± 0,3 <sup>cdB</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
125 MG		0,6 ± 0,2 <sup>aF</sup>	3,0 ± 0,4 <sup>aE</sup>	7,0 ± 0,7 <sup>aD</sup>	11,4 ± 0,5 <sup>aC</sup>	15,2 ± 0,3 <sup>abB</sup>	19,4 ± 0,4 <sup>dA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
KONTROL		0,0 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>d</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>d</sup>	0,8 ± 0,3 <sup>d</sup>	1,4 ± 0,5 <sup>e</sup>	2,4 ± 0,6 <sup>e</sup>	4,2 ± 0,7 <sup>c</sup>	7,0 ± 0,9 <sup>b</sup>
<b>5A ZEOLİT</b>									
25 MG		0,0 ± 0,0 <sup>cE</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>bE</sup>	0,4 ± 0,2 <sup>bE</sup>	1,2 ± 0,3 <sup>cE</sup>	5,2 ± 0,5 <sup>cD</sup>	14,2 ± 0,3 <sup>bcC</sup>	18,2 ± 0,3 <sup>abB</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
50 MG		0,0 ± 0,0 <sup>cE</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>bE</sup>	1,0 ± 0,3 <sup>bE</sup>	3 ± 0,3 <sup>bcD</sup>	8,8 ± 0,3 <sup>bcC</sup>	15,2 ± 0,3 <sup>abB</sup>	19,2 ± 0,3 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
75 MG		0,2 ± 0,2 <sup>bcF</sup>	0,6 ± 0,4 <sup>bcEF</sup>	2,4 ± 0,6 <sup>bDE</sup>	4,2 ± 0,3 <sup>bD</sup>	11,2 ± 0,6 <sup>bcC</sup>	15,6 ± 0,5 <sup>abB</sup>	19,4 ± 0,4 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
100 MG		1,2 ± 0,4 <sup>abF</sup>	3,6 ± 0,5 <sup>aE</sup>	7,2 ± 0,7 <sup>aD</sup>	13,2 ± 0,6 <sup>aC</sup>	15,6 ± 0,5 <sup>aB</sup>	19,2 ± 0,3 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
125 MG		2,0 ± 0,3 <sup>aDE</sup>	4,4 ± 0,2 <sup>aD</sup>	8,2 ± 0,5 <sup>aC</sup>	12,6 ± 0,6 <sup>aB</sup>	17,4 ± 0,5 <sup>aA</sup>	17,8 ± 1,9 <sup>abA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>	20,0 ± 0,0 <sup>aA</sup>
KONTROL		0,0 ± 0,0 <sup>c</sup>	0,0 ± 0,0 <sup>b</sup>	0,8 ± 0,3 <sup>b</sup>	1,6 ± 0,6 <sup>c</sup>	3,2 ± 0 <sup>c</sup>	4,4 ± 1,3 <sup>c</sup>	7,0 ± 1,4 <sup>b</sup>	9,8 ± 1,3 <sup>b</sup>

Bir sütunda bulunan küçük harfler aynı ise istatistiki olarak bir farklılık yoktur; bir satırda bulunan büyük harfler aynı ise istatistiki olarak bir farklılık yoktur.

### Doz-tepki biyoanalizleri

Zamana bağlı olarak farklı zeolit uygulamaları (3A, 4A ve 5A) ve dozlarında (25 mg, 50 mg, 75 mg, 100 mg ve 125 mg) *A. obtectus* popülasyonlarının %50'sinin öldüğü saatleri gösteren LT<sub>50</sub> eğrileri Şekil 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir. Bu eğrilerden yola çıkarak farklı doz ve uygulamaların LT<sub>50</sub> değerleri ise Tablo 3'de toplu olarak verilmiştir.

**Tablo 3.**

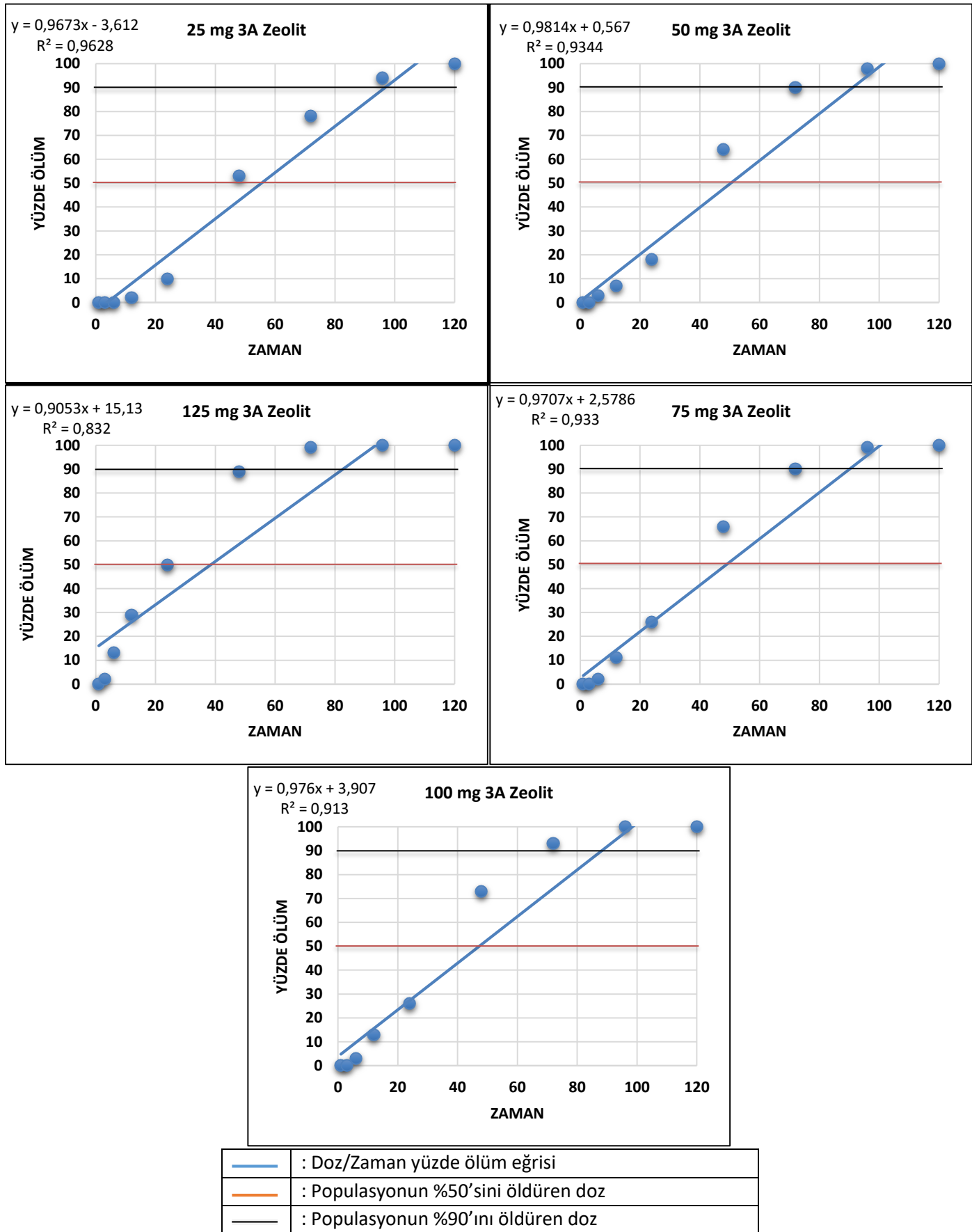
Farklı doz ve zeolit uygulamalarının *Acanthoscelides obtectus* popülasyonlarının %50'sini öldürdüğü zaman

Doz	Zaman (saat)		
	3A ZEOLİT	4A ZEOLİT	5A ZEOLİT
25 mg	55,4	80,6	79,7
50 mg	50,3	73,3	73,5
75 mg	48,8	67,3	69,4
100 mg	47,2	61,0	52,6
125 mg	38,5	54,7	50,9

Zeolitlerin farklı dozlarının *A. obtectus* erginlerinde meydana getirdiği ölüm (%) oranları incelendiğinde, maruz bırakma süresine bağlı olarak böcek ölüm oranlarında artış gözlenmiştir. Aynı şekilde her maruz bırakma süresinde de doz artışına bağlı olarak ölümlerde artış olmuştur (Şekil 5). Yüksek dozlarda maruz kalma süresi daha kısa, düşük dozlarda maruz kalma süresi daha fazla olduğu için veriler %100 ölüm görülen zamana kadar kaydedilmiştir.

Zeolit uygulamaları sonucunda elde edilen verilere göre ağırlık kaybı incelendiğinde ise, doz miktarı arttıkça böceklerde ağırlık kaybının arttığı gözlenmiştir. Uygulama gruplarında veriler; her bir dozda %100 ölümün görüldüğü zaman kaydedilirken kontrol gruplarında takip süresi 10-12 gün sürmüştür. Zeolitin nem tutucu özelliğinden dolayı farklı dozlarda maruz kalma süresine bağlı olarak daha fazla ağırlık kaybı görülmüştür (Şekil 6).

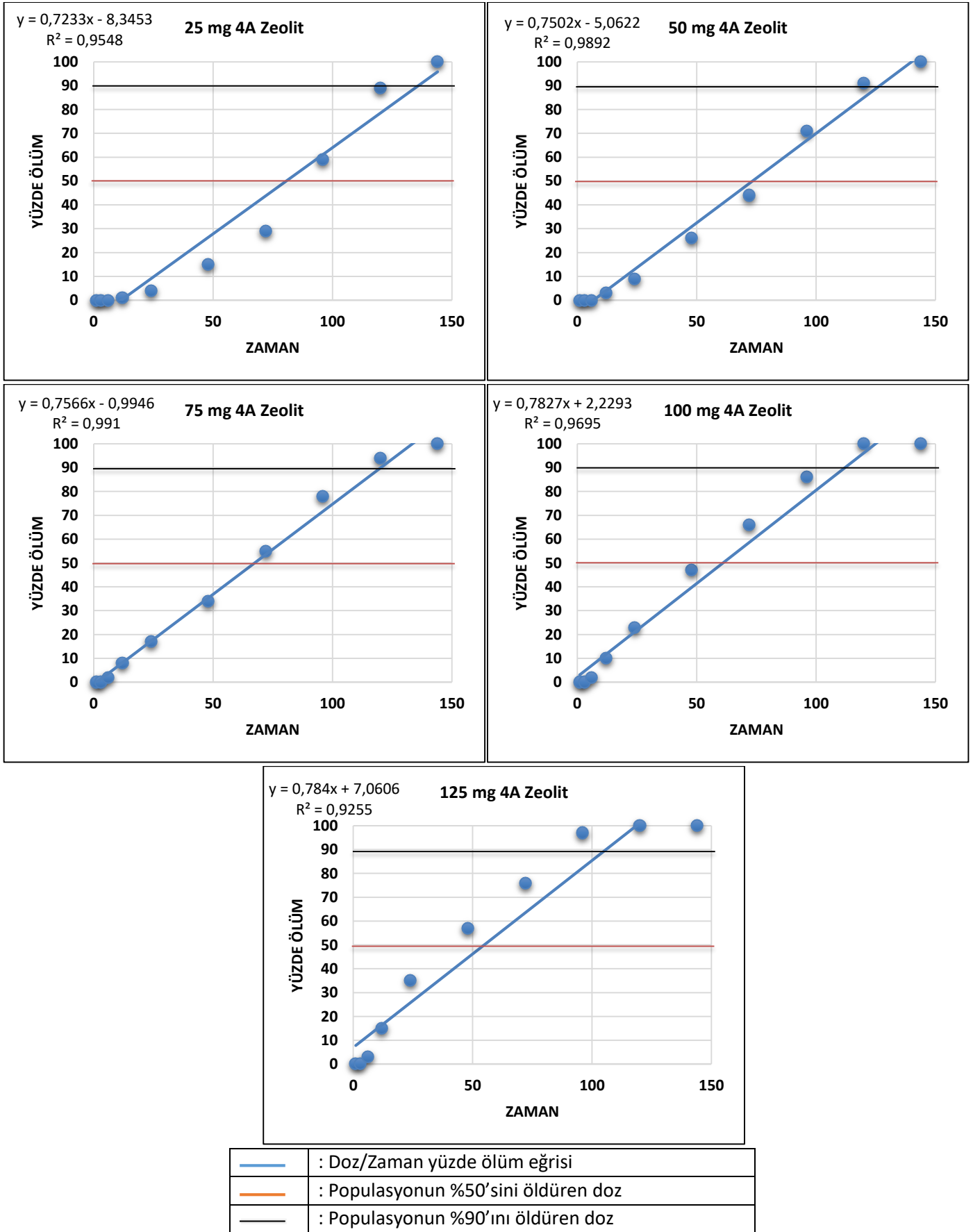
Elde edilen sonuçlar doğrultusunda üç farklı zeolit arasında değerlendirme yapıldığında en etkili dozun 125 mg olduğu belirlenmiştir. Zeolitler içerik özellikleri bakımından karşılaştırıldığında benzer insektisidal etki göstermiştir.



Şekil 2.

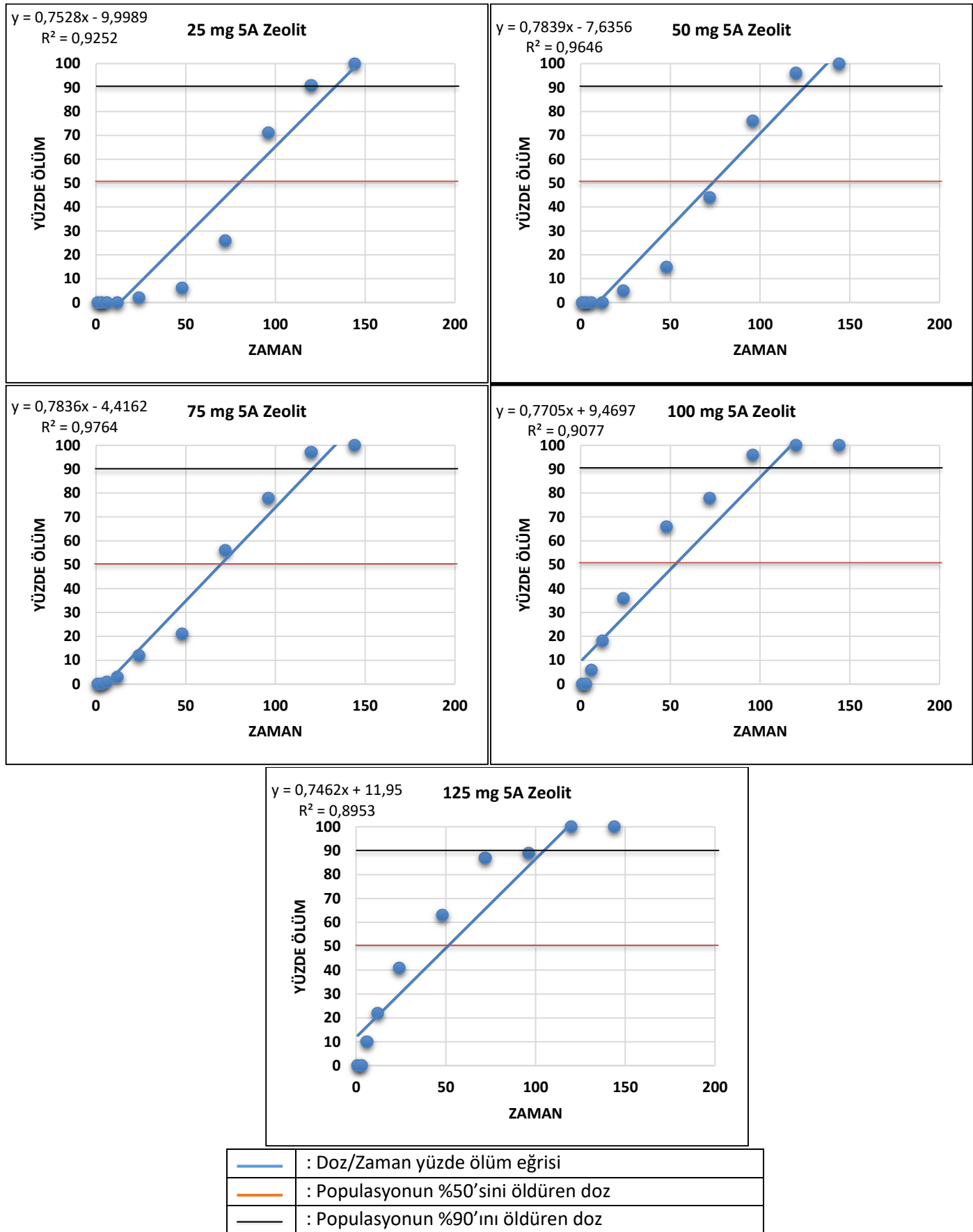
3A zeolitin farklı dozlarının *Acanthoscelides obtectus* erginlerinde meydana getirdiği ölüm oranı.





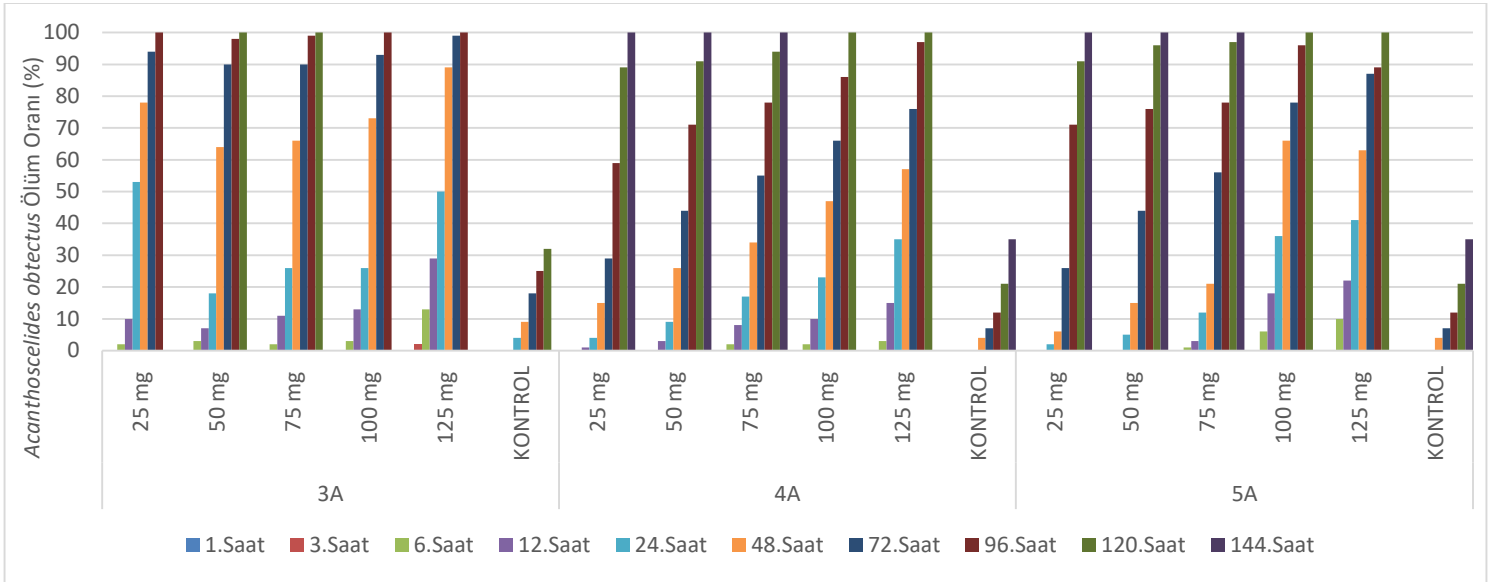
Şekil 3.

4A zeolitin farklı dozlarının *Acanthoscelides obtectus* erginlerinde meydana getirdiği ölüm oranı.



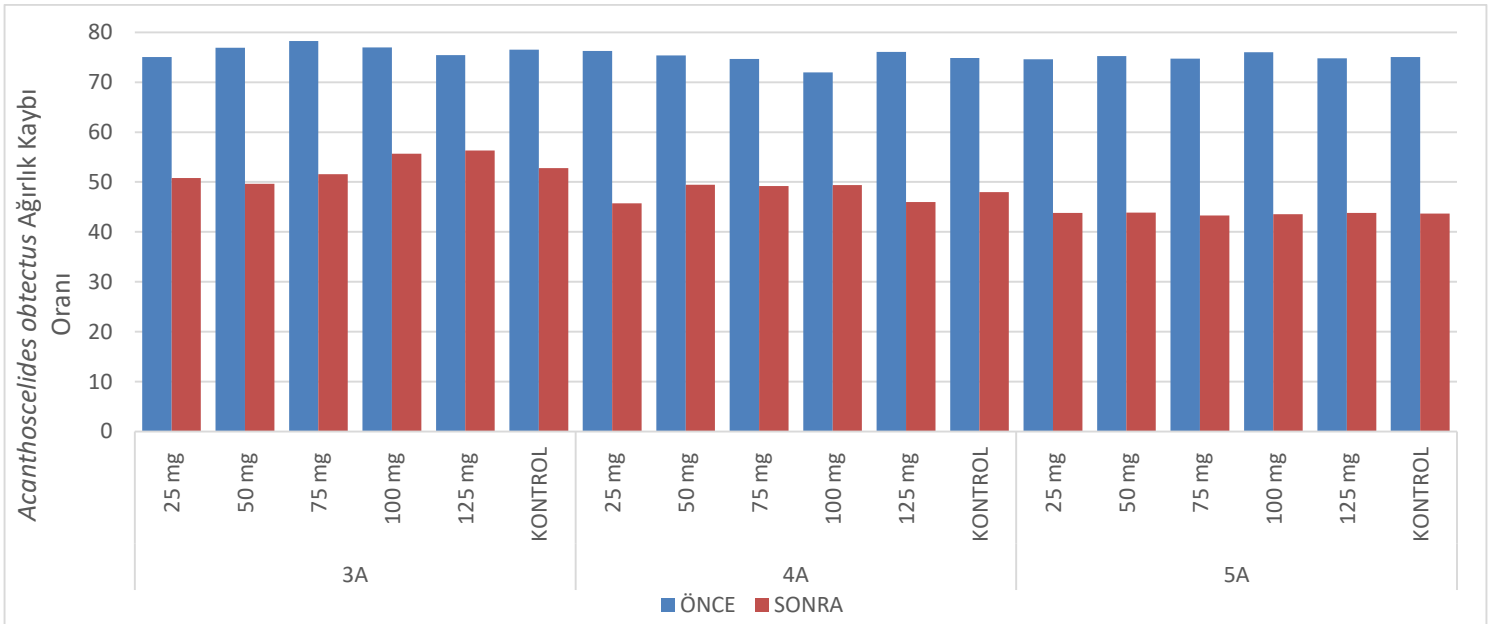
Şekil 4.

5A zeolitin farklı dozlarının *Acanthoscelides obtectus* erginlerinde meydana getirdiği ölüm oranı.



Şekil 5.

3A, 4A ve 5A zeolit uygulanan *Acanthoscelides obtectus* erginlerinin doz ve zamana bağlı ölüm oranları.



Şekil 6.

3A, 4A ve 5A zeolit uygulanan *Acanthoscelides obtectus* erginlerinin uygulama öncesi ve sonrası ağırlık kaybı oranları.

Nem tutucu özellikleri nedeniyle zeolitler böceğin vücut sıvısını emerek ağırlık kaybına sebep olmuştur. Zeolit uygulanmamış ve 125 mg 3A zeolit uygulanmış *A. obtectus*'a ait stereomikroskop ve elektron mikroskop görüntülerinde bu durum açıkça görülmektedir (Şekil 7, 8).

Literatür incelendiğinde, farklı zeolitlerin (doğal veya sentetik) farklı depo zararlıları üzerindeki insektisidal etkileri ile ilgili çalışmaların sonuçlarının bu çalışmayla benzerlik gösterdiği ve yüksek ölüm oranları ile sonuçlandığı görülmektedir (Kljajić vd., 2010a, b; Bodroza-Solarov vd., 2011; Andrić vd., 2012; Perez vd., 2012; Liska vd., 2017; Lü vd., 2017; Eroğlu vd., 2019; Işıklı, 2019).

Floros vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, kuru fasulye üzerine uygulanan çok yüksek kaliteli doğal zeolitlerin (ağırlıkça %92 klinoptilolit içeren zeolitik kaya) farklı dozlarının böcek öldürücü aktivitesi araştırılmış ve düşük dozlardaki doğal zeolitinin farklı sıcaklık ve bağıl nem rejimlerinde *A. obtectus*'un kontrolü için umut verici olduğu bildirilmiştir. Kljajić vd. (2010a), doğal zeolitinin (Minazel SP) *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica* ve *Tribolium castaneum*'a karşı böcek öldürücü etkinliğini araştırmışlardır. Elde edilen verilere göre; yedi günlük uygulamanın ardından 1 g'lık en yüksek uygulama oranında en yüksek etkinlik %62 ile *S. oryzae*'de görülmüştür. 14 ve 21 gün sonra en yüksek etkinliğe aynı uygulama oranıyla *T.*



*castaneum* (%100), *S. oryzae* (%96-98) ve *R. dominica*'da (%70-82) ulaşılmıştır.

Zeolitlerin diatom toprağı ile beraber kullanımları da depo zararlılarına karşı oldukça etkilidir. Kljajić vd. (2010b), buğdaya 0,25, 0,50 ve 0,75 g/kg seçilmiş oranlarda uygulanan iki doğal zeolit formülasyonunun (Minazel plus ve Minazel) ve önerilen oranlarda uygulanan diatomlu toprak formülasyonunun (DE) (Protect-It™) böcek öldürücü etkinliğini test etmişlerdir. En yüksek yetişkin ölüm oranı en uzun maruz kalma süresinden sonra gözlenmiş; bu dönemde, üç zeolit dozaj oranının tümü ve önerilen DE dozajı, *S. oryzae*'de %97-100 ve *T. castaneum*'da %94-100 ölüme neden olmuştur.

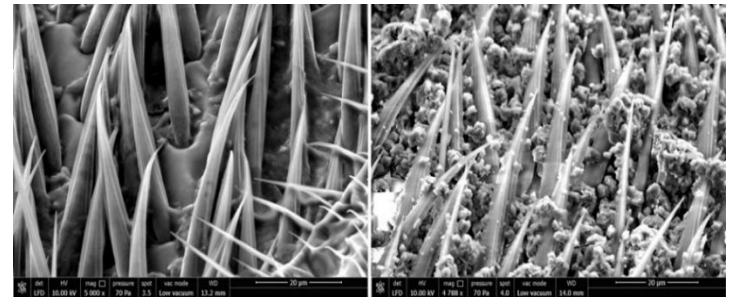
Rumbos vd. (2016), ticari olarak temin edilebilen üç zeolit (Zeoprofeed Land 93, Zeofeed ve yığın zeolit) formülasyonunun buğdaydaki *S. oryzae*, *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) ve *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) erginlerine karşı insektisidal potansiyelini araştırmıştır. Zeolitler, 250, 500 ve 1000 ppm olmak üzere üç doz oranında uygulanmış ve böcek ölümü, maruziyetten 2, 7, 14 ve 21 gün sonra değerlendirilmiştir. Zeolit uygulamasına en duyarlı tür *O. surinamensis*, en dirençli olan tür *T. confusum* olarak tespit edilmiştir. Test edilen üç zeolit formülasyonu arasında etkinlik bakımından önemli bir fark görülmemiştir. Zeolit parçacıklarının buğday, mısır, arpa ve pirinç tanelerinde farklı yapışma özelliği gösterdiği vurgulanmıştır.



**Şekil 7.** Zeolit uygulanmamış (solda) ve 125 mg 3A zeolit uygulanmış (sağda) *Acanthoscelides obtectus*'a ait stereomikroskop fotoğrafları (Foto: T. Sariçam, 2023).

Çalışmamızdaki sonuçlara benzer şekilde, Ibrahim & Salem (2019)'in yaptıkları çalışmada, nano zeolitin *T. confusum* ve *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae)'a karşı böcek öldürücü potansiyeli araştırılmıştır. Nano zeolit ile muamele edilen buğday ve börülce tohumlarına maruz kalan *T. confusum* ve *C. maculatus* erginlerinin mortalitesinin yüksek doz ve maruz kalma süresine bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Nano zeolit kutikuladaki çizik ve yarıkların içine girmek suretiyle böceğin

tüm vücudunu kaplayarak dehidrasyon yoluyla su kaybına yol açmaktadır. Sürücü (2020), bazı inert tozların (bentonit, halloysit, nobleit, kaolin, sepiolit, zeolit) buğday taneleri üzerinde laboratuvar koşullarında *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)'a karşı toksik ve davranışsal etkilerini araştırmıştır. Elde edilen veriler, nobleit ve kaolin inert tozlarının *S. granarius* üzerinde toksik ve davranışsal etkisi olduğunu göstermiştir.



**Şekil 8.** Zeolit uygulanmamış (solda) ve 3A zeolit uygulanmış (sağda) *Acanthoscelides obtectus*'a ait taramalı elektron mikroskop görüntüleri.

## Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, zeolitlerin yemeklik tane baklagillerde depo zararlılarına karşı kullanımına yönelik araştırmalar yeni başlamış bir konu olmasına rağmen yapılan çalışmalar oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada kullanılan zeolitlerin nem tutucu özelliği, maruz kalma süresine bağlı olarak böceklerde ağırlık kaybına neden olmuş ve böceğin vücut sıvısını azaltarak dehidrasyon yoluyla ölümüne sebep olmuştur. 3A, 4A ve 5A zeolitler por yapılarından dolayı farklılık gösterdikleri için böcek vücudunda bulunan farklı büyüklükteki moleküllerin geçişini engellemektedir. Çalışmada kullanılan zeolitler arasında en küçük çapa sahip olan ve yoğun yapışma özelliği gösteren 3A zeolit çeşidinin diğer zeolitlere kıyasla oldukça etkili bir öldürme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Zeolitlerin, vücut yüzeyine yapışarak böceklerin hareketini kısıtladığı, normal yaşamsal faaliyetlerini ve uçmalarını zorlaştırdığı gözlenmiş, bu durum dişilerde yumurta bırakma davranışını da olumsuz etkilemiştir. Depo zararlılarının popülasyonlarını kontrol altına almada 3A, 4A ve 5A zeolitlerin etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği bu çalışma ile tespit edilmiştir. Türkiye'nin doğal zeolit (Klinoptilolit) rezervlerine sahip olması depo zararlıları ile mücadelede yapılacak olan çalışmalar açısından oldukça önemlidir. Ülkemizde ve dünyada depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kalıntı bırakmayan, toksisitesi düşük ve hastalık oluşturmeyen uygulamaların geliştirilmesinde ve özellikle tahıl ürünlerinin muhafaza edilmesinde kullanılacak etmenler büyük önem taşımaktadır. Baklagil tohum böceklerine karşı doğal inert tozların kullanımı sayesinde, çevreyle dost alternatif bir yol

oluşturularak zararlıların popülasyonlarının kontrol altına alınması sağlanabilecektir. Bu durum gıda güvenliğini de olumlu yönde etkileyen önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Zeolitler, çevre dostu olarak gıdalarda kalıntı sorunlarına neden olmamaktadırlar. Kodeks Alimentarius Komisyonu (KAK), gıdalarda zararlı böcekler ile mücadelede zeoliti tavsiye etmiştir. Bitki zararlıları ve hastalık kontrolü için izin verilen maddeler içinde zeolit de yer almaktadır. İleride yapılacak benzer çalışmaların sayısının artması ile depo zararlıları ile mücadelede umut verici sonuçlar elde edilecektir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Konsept - T.S., E.G.A.; Tasarım - T.S., E.G.A.; Denetleme - E.G.A.; Kaynak Sağlama - T.S.; Materyaller - T.S., E.G.A.; Veri Toplama ve/veya İşleme - T.S.; Analiz ve/veya Yorumlama - T.S., E.G.A.; Literatür Taraması - T.S., E.G.A.; Yazım - T.S., E.G.A.; Eleştirel İnceleme - E.G.A.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

**Teşekkür:** Elektron mikroskop görüntüleri için SDÜ Yenilikçi Teknolojiler Araştırma ve Uygulama Merkezine teşekkür ederiz.

**Finansal Destek:** Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2022-8781 kodlu proje ile desteklenmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept - T.S., E.G.A.; Design - T.S., E.G.A.; Supervision - E.G.A.; Funding - T.S.; Materials - T.S., E.G.A.; Data Collection and/or Processing - T.S.; Analysis and/or Interpretation - T.S., E.G.A.; Literature Review - T.S., E.G.A.; Writing - T.S., E.G.A.; Critical Review - E.G.A.

**Conflict of Interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Acknowledgments:** We thank SDU Innovative Technologies Research and Application Centre for electron microscope images.

**Funding:** Supported by Süleyman Demirel University Scientific Research Projects Coordination Unit with the project coded FDK-2022-8781.

## Kaynaklar

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Abdelgaleil, S. A. M., Gad, H. A., Ramadan, G. R. M., El-Bakry, A. M., & El-Sabrou, A. M. (2021). Monoterpenes: chemistry, insecticidal activity against stored product insects and modes of action- a review. *International Journal of Pest Management*, 2, 1-23.
- Andrić, G. G., Marković, M.M., Adamović, M., Daković, A., Golić, M. P., & Kljajić, P. J., (2012). Insecticidal potential of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) and red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(2), 670-678.

- Anonim (2020). <https://www.jalonzeolite.com/whats-different-molecular-sieve-3a-4a-5a-13x>
- Breck, D. W. (1974). *Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use*. John Wiley & Sons Inc., New York, 771 p.
- Bodroža-Solarov, M., Kljajić, P., Andrić, G., Filipčev, B., Šimurina, O., Pražić-Golić, M., & Adamović, M. (2011). Application of principal component analysis in assessment of relation between the parameters of technological quality of wheat grains treated with inert dusts against rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Pesticidi i fitomedicina*, 26(4), 385-390.
- de Oliveira Vilela, A., Faroni, L. R. D., Gomes, J. L., de Sousa, A. H., & Cecon, P. R. (2021). Allyl isothiocyanate as a fumigant in the cowpea and its effect on the physical properties of the grain. *Revista Ciencia Agronomica*, 52(3), e20207287.
- DPT, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu, DPT Ankara, 75 s. <http://ekutup.dpt.gov.tr>
- Eroglu, N. (2014, November). A review: Insecticidal potential of Zeolite (Clinoptilolite), toxicity ratings and general properties of Turkish Zeolites. In *11th International Working Conference on Stored Product Protection* (pp. 755-767). DOI: 10.14455/DOA.res. 2014.116.
- Eroğlu, N., Sakka, M. K., Emekci, M., & Athanassiou, C. G., 2019. Effects of zeolite formulations on the mortality and progeny production of *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis* at different temperature and relative humidity levels. *Journal of Stored Products Research*, 81, 40-45.
- Floros, G. D., Kokkari, A. I., Kouloussis, N. A., Kantiranis, N. A., Damos, P., Filippidis, A. A., & Koveos, D. S. (2018). Evaluation of the natural zeolite lethal effects on adults of the bean weevil under different temperatures and relative humidity regimes. *Journal of Economic Entomology*, 111(1), 482-490.
- Gottardi, G., & Galli, E. (1985). Natural Zeolites Springer-Verlag. *Berlin-Heidelberg, Germany*, 256-305.
- Golob, P. (1997). Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 69-79.
- Ibrahim, S. S., & Salem, N. Y. (2019). Insecticidal efficacy of nano zeolite against *Tribolium confusum* (Col., Tenebrionidae) and *Callosobruchus maculatus* (Col., Bruchidae). *Bulletin of the National Research Centre*, 43:92.
- Ikeda, S., Inoue, Y., & Yamamoto, N. (1996). Zeolite insecticide for termites, Google Patents.
- İşikli, K. Ş. (2019). *Zeolitin insektisidal, akarisidal ve sinerjistik etkisi üzerinde araştırmalar* [Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Selçuk Üniversitesi.
- Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., & Golić, M. P. (2010a). Laboratory evaluation of insecticidal effectiveness of a natural zeolite formulation against *Sitophilus oryzae* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) in treated wheat. *10th International Working*

- Conference on Stored Product Protection*, Julius-Kühn-Archiv, 425, 863-868.
- Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Bodroža-Solarov, M., Marković, M., & Perić, I. (2010b). Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*, 46(1), 1-6.
- Liska, A., Korunic, Z., Rozman, V., Halamic, J., Galovic, I., Lucic, P., & Balicevic, R. (2017). The effect of inert dust on wheat bulk density and effectiveness against rice weevil *Sitophilus oryzae* L. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(7), 277-289.
- Lü, J., Sehgal, B., & Subramanyam, B. (2017). Insecticidal potential of a synthetic zeolite against the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 72: 28-34.
- Masoumi, Z., Shahidi Noghabi, S., & Izadi, H. (2021). Trehalose and proline failed to enhance cold tolerance of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 93, 101853.
- Mssillou, I., Agour, A., Allali, A., Saghrouchni, H., Bourhia, M., El Moussaoui, A., Salamatullah, A. M., Alzahrani, A., Aboul-Soud, M. A. M., Giesy, J. P., Lyoussi, B., & Derwich, E. (2022). Antioxidant, antimicrobial, and insecticidal properties of a chemically characterized essential oil from the leaves of *Dittrichia viscosa* L. *Molecules*, 27.
- Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., & Hens, L. (2016). Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4, 148.
- Opit, G. P., Thoms, E., Phillips, T. W., & Payton, M. E. (2016). Effectiveness of sulfuryl fluoride fumigation for the control of phosphine-resistant grain insects infesting stored wheat. *Journal of Economic Entomology*, 109(2), 930-41.
- Perez, J., Pino, O., Ramirez, S., & Suris, M. (2012). Evaluation of natural products in the control of *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) in chickpea under laboratory conditions. *Revista de Protección Vegetal*, 27(1), 26-32.
- Rumbos, C. I., Sakka, M., Berillis, P., & Athanassiou, C. G. (2016). Insecticidal potential of zeolite formulations against three stored-grain insects, particle size effect, adherence to kernels and influence on test weight of grains. *Journal of Stored Products Research*, 68, 93-101.
- Subramanyam, Bh., & Roesli, R. (2000). Inert dusts, In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. *Kluwer Academic Publishers*, Boston, USA, pp. 321-380.
- Sürücü, M. (2020). Bazı inert tozların *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera Curculionidae) üzerindeki toksik ve davranışsal etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 52 s.
- Şen, K., Koca, A. S., & Kaçar, G. (2020). Fasulye Tohum Böceği *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'un Önemi, Biyolojisi, Zararı ve Mücadelesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3): 1518-1527 DOI: 10.21597/jst.705681.
- Yılmaz Doğu, Ö., & Emekci, M. (2023). Depolanmış ürün zararlıları ile savaşmada zeolit kullanım olanakları. *Agro Science Journal of Iğdır University*, 1(2), 71-77.