



Nano-ozon Solüsyon Formülasyonun Kuru Kayıslarda Zararlı *Carpoglyphus lactis* (L.) (Acari: Carpoglyphidae)'in Biyolojik Aktivitelerine Etkisi^A

Pınar BALTA¹, Nabi Alper KUMRAL^{2*} Ahmet Ümit SABANCI³

Öz: Kuru meyvelerin önemli bir akar zararlısı olan *Carpoglyphus lactis* (L.) (Astigmata: Carpoglyphidae), kuru kayısların meyve şekerleri ile beslendiğinde ürünün bozulmasına, istenmeyen kokular salmasına ve nihayetinde pazar değerini kaybetmesine neden olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalar ozon gazının akara karşı zehirli özelliğinden dolayı kuru meyvelerde mücadele amaçlı olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, ozon gazının hızlıca O₂ ve O⁻ye parçalanması nedeniyle kısa kalıcılık özelliği, bu gazın akarın mücadelesinde kullanımını sınırlamaktadır. Bu çalışmada, yeni bir nano-ozon solüsyonu olan Genoxyn nanotech'in bu zararlı akar üzerindeki biyolojik aktiviteleri araştırılmıştır. Araştırmada formülasyonun akar üzerinde öldürücü [lethal konsantrasyonlar (LC), lethal zaman (LT)], uzaklaştırıcı ve yumurta bırakmayı engelleyici etkileri ve kalıcılığı değerlendirilmiştir. Bu çalışma, formülasyonun %0.27 konsantrasyonunun dişi akarların %90'ını 48 saat içinde öldürdüğünü göstermiştir. Probit analizi sonuçlarına göre, Genoxyn nanotech'in akara karşı 0.1, 0.2 and 0.4% oranlarda kullanılması durumunda, öldürücü zaman (LT₉₀) sırasıyla 121, 81.5 ve 66 saat olarak belirlenmiştir. Kalıcılık testlerinde, formülasyonun öldürücü etkilerinde ilk 7 gün boyunca istatistiki anlamda önemli bir

^A Bu araştırma Pınar BALTA'nın Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalında yapılan yüksek lisans çalışmasının bir bölümüdür.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ^{2*} Nabi Alper KUMRAL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, Türkiye, akumral@uludag.edu.tr, **OrcID:** 0000-0001-9442-483X

¹ Pınar BALTA, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı Bursa, Türkiye, pnr1993@hotmail.com, **OrcID:** 0000-0003-3814-9372

³ Ahmet Ümit SABANCI, Farmoksi İlaç, Kimya, Sağlık Hizmetleri San. Ltd. Şti., Osmangazi, Bursa, umitsabanci@yandex.com, **OrcID:** 0000-0003-3538-7762

değişikliğinin olmadığını göstermiştir. Ancak, 10 günden sonra öldürücü etkisinde %12-17 arasında bir düşüş saptanmıştır. Kaçırıcı etki için yapılan Pearson'ın ki-kare testine göre, formülasyonun %0.1 üzerindeki konsantrasyonlarla ilaçlanan kayıslardan *C. lactis* dişilerinin güçlü bir şekilde kaçtıkları görülmüştür. Sonuç olarak, bu çalışma sayesinde Genoxyn nanotech'in belirlenen dozlarının *C. lactis* dişilerinin toksik ve kaçırıcı etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Formülasyonun 10 gün süren kalıcılığı ile kuru kayısların ilacın burada belirlenen dozlarına maruz bırakılması durumunda *C. lactis* mücadelesinde kullanılabileceği bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akar, kaçırıcı, kayısı, nano-formülasyon, ozon, toksik.

The effect of a Nano-solution Ozone Formulation on Biological Activities of the Dried Fruit Mite, *Carpoglyphus lactis* (L.) (Acari: Carpoglyphidae) on Dried Apricots

Abstract: When the dried fruit mite, *Carpoglyphus lactis* (L.) (Astigmata: Carpoglyphidae), feeds on the fruit sugar of the dried apricot, the mite causes unwanted flavors and odors, ultimately deteriorating the product. Previous studies showed that ozone gas could be used against the mite on dried fruits due to its toxic fumigant feature. However, ozone gas shows short residual activity and quickly degraded to O₂ and O⁻. This feature of the gas occurred some disadvantages in the control of the mite. In this study, the biological effect of a new nano-solution ozone formulation, namely Genoxyn nanotech, to packaged dried apricot infested with *C. lactis* was studied. In tests, the lethal effects [lethal concentrations (LC), lethal times (LT)], persistence, repellence, and oviposition deterrent activities of the formulation were determined. The current study showed that 0.27% concentration of the formulation caused were a death rate of 90% in females within 48 h. Based on probit analysis, LT₉₀ values were estimated 121, 81.5 and 66 h when Genoxyn nanotech was applied against *C. lactis* females with concentrations of 0.1, 0.2 and 0.4%, respectively. In persistence tests, there is no significant decreasing in the lethal effects of the formulation within seven days. But, ten days after the treatment, a death rate of the females was decline with rates varied from 12 to 17%. According to Pearson's chi-squared test, *C. lactis* females demonstrated a strong aversion to dried apricots sprayed with sublethal concentration (0.1%). Thus, this study showed that determined concentrations of Genoxyn nanotech have toxic and repellent activities on *C. lactis* females. With persistence activity of the formulation more than 10 days, it could be used with residual methods for control of *C. lactis* on dried apricots.

Keywords: Apricot, mite, nano-formulation, ozone, repellent, toxic.

Giriş

Ülkemiz kuru meyve üretimi ve ihracatında dünya genelinde çok önemli bir yere sahiptir (FAO, 2018). Bu ürünler arasında kuru kayısı çok önemli bir ekonomik değere sahiptir. Rosales takımının Rosaceae familyasından olan kayısının (*Prunus armeniaca* L.) yüksek demir, A vitamini ve selüloz içeriği nedeniyle insan beslenmesinde ve sağlığında önemli katkıları bulunmaktadır (Asma ve ark., 2017). Ülkemizde kayısı başta Malatya olmak üzere Doğu ve İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde üretilmektedir. Malatya ilinde yetiştirilen kayısının önemli bir bölümü ise ihraç edilmektedir (TUİK, 2018).

Kayısı gibi kurutulmuş meyvelerde su içeriği oldukça fazla düştüğü için meyve üzerinde şeker kristalleri oluşmaktadır. Bu zengin şeker kaynağı önemli bir depo zararlısı olan Kuru meyve akarı *Carpoglyphus lactis* (L.) (Acari: Carpoglyphidae)'in gelişmesine ve üremesine olanak sağlamaktadır (Aksoy ve ark., 2004). Zararlı yüksek nem ve oda sıcaklığı ve üzerindeki sıcaklıklarda çok hızlı bir şekilde gelişmekte ve yıl boyunca çok fazla döl vermektedir. Ülkemizde farklı bölgelerde kuru incir, kuru kayısı ve kuru üzüm gibi birçok kuru meyvede belirlenmiş olup, en çok belirlendiği ürün kayısı olarak rapor edilmiştir (Özer ve Toros, 1978; Genç ve Özar, 1986; Çobanoğlu ve ark., 2004; Dizlek ve ark., 2019). Bu zararlı akarın kuru meyveler üzerinde beslenmesi sonucu tükrük bezlerindeki salgılar ve dışkıları nedeniyle üründe istenmeyen mikrobiyal gelişimlere yol açtığı belirtilmektedir. Ayrıca, bazı alerjen komponentleri taşıdığı ve mikotoksin oluşturan *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri ile ilişkisi olduğu da bildirilmektedir. Meyve üzerinde yüksek popülasyonlar oluşması ve üründe ağır bir bulaşıklılık olması durumunda, üründe istenmeyen tat ve koku oluşmakta ve ürün tüketilemeyecek duruma gelmektedir (Özer ve Toros, 1978; Genç ve Özar, 1986; Özer ve ark., 1989; Turanlı, 2003; Çobanoğlu, 1996; Öztekin ve ark., 2007; Güldalı ve Çobanoğlu, 2010; Hubert ve ark., 2011; 2015).

Bu zararlının ürünle bulaşık olmaması, gıda güvenliği ve ihracatta çok önemli bir kriterdir. Bu nedenle, zararlıyla mücadelede üründe kalıcılığı olmayan ve ani etki gösteren fumigasyon yöntemlerine başvurulmaktadır. Geçmiş yıllarda yüksek ve hızlı etkiye sahip olması nedeniyle sıklıkla metil bromür kullanılmıştır. Ancak, bu gazın ozon tabakasını inceltici bir etkisinden dolayı ultraviyole ışınların geçişini kolaylaştırıcı bir etkisi vardır. Bu nedenle Kyoto protokolü uyarınca kullanımı birçok ülkede sınırlandırılmıştır (USDA, 2018). Bunun dışında son yıllarda akarın fumigasyonunda aliminyum fosfit, magnezyum fosfit ve karbondioksit gazları yoğun olarak kullanılmaktadır (Longshu ve ark., 1992; Ferizli ve Emekçi, 2000; Emekçi ve ark., 2004; Wang ve ark., 2008; Şen ve ark., 2009; Aksoy ve ark., 2012). Bunların dışında da karbonil sülfid, sülfuril, florit, cyfluthrin ve iodomethane etken maddelerinin de etkili olduğu belirtilmektedir (Ferizli ve ark., 2004; Şen ve ark., 2009). Çevreye zarar vermeyen, kalıntı bırakmayan ve insan sağlığına etkisi olmayan alternatif bir yöntem olarak Ozon gazının farklı konsantrasyonlar ve sürelerde bu akara karşı etkili olduğu son yıllarda yapmış olduğumuz çalışmalarda gösterilmiştir (Turgu ve Kumral, 2019; Kumral ve ark., 2019). Benzer olarak, ozon gazının depolanmış bademlerdeki zararlılara karşı yüksek konsantrasyon ve kısa maruz kalma sürelerinde oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir (Işıkber ve ark., 2015). Diğer taraftan, ozonun, yüksek oksidasyon kapasitesi ile hem zararlılara hem de mikroorganizmalara öldürücü etkisi olduğu belirtilmiştir (Güzel-Seydim ve ark., 2004). Ancak, ozon gazının hızlıca O₂ ve O⁻ye parçalanması nedeniyle kısa kalıcılık

özelliği, bu gazın akarın mücadelesinde kullanımını sınırlamaktadır. Gazın çabuk parçalanması sonucu etki kalıcı olmamakta ve başarılı olmak için yüksek konsantrasyonların kısa maruz kalma sürelerinde uygulanması gerekmektedir.

Ozon gazının bu hızlı parçalanma özelliğini yavaşlatmak ve yavaş bir salınımla etkiyi daha uzun bir süreye yaymak amacıyla yeni bir nano-ozon solüsyonu olan Genoxyn nanotech geliştirilmiştir. Bu ürün tamamen yerli üretim olup, marka tescilini almış ancak henüz bitki koruma ürünü olarak dünyanın hiçbir yerinde ruhsat almamıştır. Tamamen gıdada kullanıma izin verilen katkı maddeleriyle hazırlanan bu formülasyonla yapılacak püskürtme uygulamasının zararlıya olan etkileri bu araştırma ile ortaya konulması amaçlanmıştır. Formülasyonun *C. lactis*'in dişilerine olan öldürücü (Lethal konsantrasyonlar ve Lethal zaman), yumurta bırakmayı engelleyici ve kaçırıcı etkileri bu çalışma kapsamında laboratuvar ortamında test edilmiştir. Ayrıca, akarlar üzerindeki biyolojik etkinin süreye bağlı değişimi analiz edilerek, ürünün kalıcılığı hakkında önemli bilgiler sağlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Akar Popülasyonu ve Üretimi

Bu denemede kullanılan Kuru meyve akarı popülasyonları [*Carpoglyphus lactis* (L.) (Acari: Carpo glyphidae)] Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Akaroloji laboratuvarında 2 yıldır ilaçsız ortamda üretilen ve Turgu ve Kumral (2019)'da menşei belirtilen bir koloniden alınmıştır. Akarın tür teşhisi Hughes (1976)'da belirtilen morfolojik karakterlere göre yapılmıştır. *Carpoglyphus lactis*'in popülasyonunun üretimi, uzun gün (16 saat aydınlık: 8 saat karanlık) loş ışık koşullarında 27±1°C sıcaklık ve %65±5 nem koşullarında çalışan bir iklim dolabında kuru kayısı meyveleri üzerinde yapılmıştır. Kültür ortamı olarak Turgu ve Kumral (2019)'da tarif edilen kültür kutuları kullanılmıştır.

Denemede Kullanılan Kimyasallar

Denemelerde Farmoksi İlaç, Kimya, Sağlık Hizmetleri San. Ltd. Şti. (Bursa, Türkiye) tarafından geliştirilen, formülasyon içeriği 2018-00277 TPE patenti ile koruma altına alınan ve ülkemizde Genoxyn nanotech ismiyle marka tescili yapılan bir nano-ozon solüsyon formülasyonu kullanılmıştır. Gıdada kullanılmasına izin verilen katkı maddeleri kullanılarak bileşimi hazırlanan bu formülasyonun %0.01 ile %0.4 arasında değişen 7 farklı konsantrasyonu kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan kuru kayısı örneklerinin steril hale getirilmesi için 10 sn süreyle %70'lik etanol kullanılmıştır.

Toksosite Testleri

Formülasyonun 6 farklı konsantrasyonu kuru kalıntı yöntemine göre bir ilaçlama kulesi (Burkard, İngiltere) ile 2 ml hacimde (0.35 kg/cm²) steril kayısıların her iki yüzeyine 10 atm basınçta püskürtülmüştür (Simon, 2014).

Uygulamadan sonra kayısıların kuruması için oda koşullarında 10-15 dakika bekletilmiştir. Daha sonra formülasyonun öldürücülük testlerinde yukarıda tanımlanan koloninin 3 gün yaşından genç dişi bireyler kullanılmıştır. Bu amaçla, bu kültürden temin edilen 50 dişi birey bir stereomikroskop altında (Leica, Almanya) bir fırça yardımıyla kayıslara dikkatlice bulaştırılmıştır. Üzerine formülasyon uygulanmayan akar bulaştırılmış steril kayıslar kontrol grubu olarak kullanılmıştır (Simon, 2014). Denemeler üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bulaştırma işlemi tamamlanan kayıslar Şekil 1'de gösterilen kaplara konularak $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $65\pm 5\%$ nem ve 16 saat aydınlık: 8 saat karanlık loş ışık koşullarındaki bir iklim dolabında bekletilmiştir. Bulaştırma işleminden 12 saat sonra kayısların üzerindeki dişi akarlar stereomikroskop altında incelenmiştir. Fırça ile dokunulduğunda hareket etmeyen veya vücudu kadar yürüyemeyen akarlar ölü olarak kabul edilmiştir. Sayım işlemleri sonuçlar sabitlenene kadar 12 saat arayla tekrarlanmıştır. Kontrol grubunda ölüm oranı %20'yi aştığı zaman denemeye son verilmiş ve tekrarlanmıştır. Oniki saatte bir elde edilen ölüm sonuçları Abbott (1925) formülü kullanılarak düzeltilmiş öldürücü etkiler hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ölüm} = \frac{\text{Kontroldeki canlılık oranı} - \text{Muameledeki canlılık oranı}}{\text{Kontroldeki canlılık oranı}} \times 100$$

Daha sonra, 6 farklı dozla 48. ve 72. saatlerin sonunda elde edilen (%10-90 arasındaki) ölüm değerleri probit analizine tabi tutularak lethal konsantrasyon değerleri (LC_{50} ve LC_{90}) belirlenmiştir. Ayrıca, %0.1, 0.2 ve 0.4 konsantrasyon sonuçları kullanılarak lethal zaman (LT_{50} ve LT_{90}) değerleri belirlenmiştir.



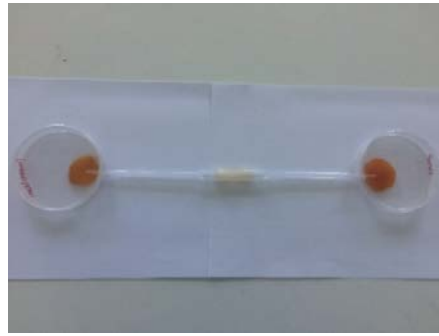
Şekil 1: Toksikolojik testlerde kullanılan kültür kapları

Kalıcılık Testleri

Yukarıda açıklanan toksisite testi prosedürü kullanılarak kalıcılık testi çalışmaları yürütülmüştür. Bu teste farklı olarak, kuru kayıslar %0.2'lik konsantrasyonla ilaçlandıktan sonra, akarlar farklı günlerde (1., 3., 7., 10. ve 14. günlerde) bulaştırılmıştır. Daha sonra, ölüm etkileri 24, 48 ve 72 saat aralıkla yukarıda tanımlandığı şekilde belirlenmiştir.

Kaçırıcılık Testi

Dişi akarların formülasyon uygulanan kayısı yüzeyine olan tepkilerini değerlendirmek amacıyla Van den Boom ve ark. (2003) tarafından geliştirilen iki seçimli düzeneğin modifiye edilmiş hali kullanılmıştır (Şekil 2). İki seçimden biri ilaçlanmış kayısı diğeri ise ilaçlanmamış temiz kayısılardır. Bu amaçla, kayısıların biri lethal ve sublethal (%0.1, 0.15 ve 0.2) konsantrasyonlarda ilaçlama kulesi ile daha önce tarif edildiği şekilde ilaçlanmıştır. Daha sonra üzerinde ufak havalandırma delikleri olan 12 cm çaplı Petri içine bir ilaçlı kayısı yerleştirilmiştir. Diğer bir Petriye ise ozon formülasyonu uygulanmamış (kontrol) steril bir kuru kayısı yerleştirilmiştir. Daha sonra Petrilere birer 1 cm genişliğinde delik açılmış ve buraya iki tarafı açık 5 cm uzunlukta plastik bir hortum yerleştirilmiştir. Her iki hortumun birleştiği noktaya 50'şer adet dişi birey fırça yardımıyla salınmıştır. Her denemede 50 birey kullanılmış ve testler 3 tekerürlü olarak yürütülmüştür. Bu birleşim yeri parafilmle sarıldıktan sonra düzenek 24 saat boyunca yukarıda tarif edilen iklim dolabında bekletilmiştir. Düzeneğin üzerine eşit miktarda ışık gelmesine dikkat edilmiştir. Yirmidört saat sonra düzenek açılarak ilaçlanan ve ilaçlanmayan kayısılar üzerindeki akar bireyler sayılmıştır.



Şekil 2: Kaçırıcılık testlerinde kullanılan düzenek

Yumurta Engelleyici Etki Testi

Bu çalışmada kuru kayısı örneklerinin üzerine formülasyonun sublethal konsantrasyonları (%0.01, 0.05, 0.1, 0.15) ilaçlama kulesi ile daha önce tarif edildiği gibi uygulanmıştır. Daha sonra akarın on genç dişisi ve erkeği her kayısıya bir dişi ve bir erkek akar olmak üzere ayrı ayrı bırakılmıştır. Kontrol grubu olarak da formülasyon uygulanmayan steril kayısılar kullanılmıştır. Bulaştırma yapılan kayısılar Şekil 1'de tarif edilen kutulara konularak, aynı koşullardaki iklim dolabına yerleştirilmiştir. Uygulamadan 48, 96 ve 120 saat sonra kayısılar steromikroskop ile incelenmiş ve kayısılar üzerindeki yumurtalar sayılarak uzaklaştırılmıştır. Deneme 10 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

İstatistik Analiz

Abbott (1925) formülü ile düzeltilmiş ölüm değerleri kullanılarak probit analizi gerçekleştirilmiştir (SPSS Statistic, 2015). Probit analizi ile lethal konsantrasyonlar ($LC_{50,90}$) ve lethal zamanlar ($LT_{50,90}$) tahminlenmiştir.

Farklı zamanlarda belirlenen LC değerleri arasındaki farklılık veya farklı dozlar için belirlenen LT değerleri arasındaki farklılık probit analizinde hesaplanan güven aralıkları karşılaştırılarak gruplandırılmıştır. Kalıcılık testinde farklı günlerde elde edilen Abbott formülü ile düzeltilmiş ölüm oranları arasındaki farklılık önemli olup olmadığı tek yönlü ANOVA analizi ile belirlenmiştir. Yüzde oran olarak elde edilen sonuçlara ANOVA uygulanmadan önce arcsin transformasyonu yapılarak değerlerin analizi yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar % 5 veya %1 düzeyinde önemli bulunması durumunda Tukey testi ile muameleler arasındaki farklılık gruplandırılarak gösterilmiştir. Kaçırıcılık testi sonuçları ise Pearson's X^2 testine göre yapılmıştır. Null hipotez olarak dişilerin formülasyon uygulanan kayısılar ve uygulanmayan kayısılar normal dağılım göstermesi (50:50) kabul edilmiştir (Van den Boom ve ark., 2003). Teste göre %1 ve %5 düzeyde normal dağılım göstermeyen deneyler önemli olarak işaretlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Formülasyonun Kalıntı Testlerinde Erginlere Karşı Gösterdiği Etki Düzeyi

Genoxyn nanotech'in farklı dozlarının kuru kalıntı yöntemi ile uygulanması sonucu elde edilen öldürücü konsantrasyonlar Çizelge 1'de verilmiştir. Probit analizinin uygun bir şekilde gerçekleştirilebildiği iki farklı zamanda 48. ve 72 saatteki LC₅₀ değerleri sırasıyla %0.12 ve 0.07 olarak belirlenmiştir. Aynı zaman dilimindeki LC₉₀ değerleri ise sırasıyla %0.27 ve 0.19 olarak belirlenmiştir. Probit analizinin güven aralığı değerlerine göre Lethal konsantrasyon değerleri zaman ilerledikçe önemli bir şekilde düşmektedir. Bu sonuçlar formülasyonun zamana bağlı olarak etkinliğinin arttığını göstermiştir. Bu doğrusal ilişki Şekil 3'de ayrıca gösterilmiştir. Grafığe göre Genoxyn nanotech'in konsantrasyonu arttıkça dişi akarların ölüm oranı lineer bir şekilde ($y = 351.83x + 20,748$; $r^2 = 0.978$) yükselmektedir. Daha önce depolanmış tahıl ürünlerinde zararlı böceklere karşı ozon gazının öldürücü etkisi bazı çalışmalarda gösterilmiştir (Kells ve ark., 2001; Işıkber ve Öztekin, 2009; Tiwari ve ark., 2010; Işıkber ve ark., 2015; Janjarasskul ve Suppakul, 2018). Ayrıca, yine ozon gazının *C. lactis*'i farklı konsantrasyonlarda kapalı kaplarda kontrol ettiği iki farklı çalışmada gösterilmiştir (Turgu ve Kumral, 2019; Kumral ve ark., 2019). Benzer olarak, Pirani ve ark. (2009), toz ve depo akarı türleri *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) ve *Tyrophagus longior* (Gervais) (Acari: Acaridae)'a ozonun gazının düşük dozlarının dahi öldürücü etki gösterdiğini kaydetmektedirler. Hansen ve ark. (2012), depolanmış tahıl ürünlerinde zarar yapan zararlı böcek türlerinden *Sitophilus* spp., (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* F (Coleoptera: Bostrichidae), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae), *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae), *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae), *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera, Silvanidae), *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) ve *Stegobium paniceum* L. (Coleoptera, Anobiidae) türlerine karşı ürüne 10–135 mg/L doz aralıklarında ve 5–8 gün boyunca uygulandığında değişen oranlarda öldürücü etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Ebihara ve ark. (2013) açık arazide ve seralarda zararlı böceklere karşı kullanılmak üzere bir ozon sisi geliştirdiklerini, serada yapılan bir denemede yaprak bitlerinin kontrolünde oldukça etkili olduğunu

belirtmektedirler. Ancak, ulaşabildiğimiz kaynaklara göre ozon içeren bu tip bir formülasyonun öldürücü etkisi ve dozları henüz belirlenmemiştir.

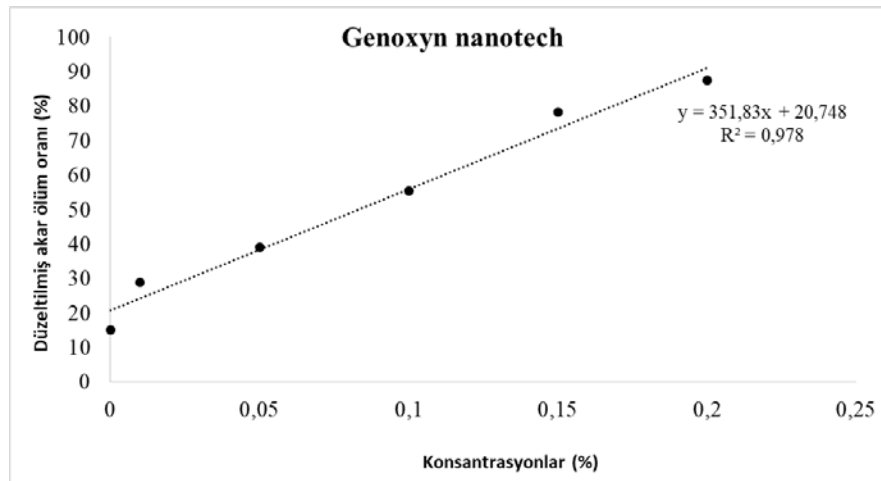
Çizelge 1. Genoxyn nanotech ile kalıntı testlerinde *Carpoglyphus lactis* dişileri için elde edilen lethal konsantrasyon değerleri

	Zaman (saat)	
	48	72
	% konsantrasyon (güven aralığı)	
¹ LC ₅₀	0.1150 (0.1040-0.1272) ^{a3}	0.0656 (0.0533-0.0780) ^b
² LC ₉₀	0.2720 (0.2457-0.3070) ^a	0.1942 (0.1729-0.2236) ^b

¹ Belirli bir zamanda akar popülasyonunun %50' sinin ölümü için gerekli konsantrasyonu,

² Belirli bir zamanda akar popülasyonunun %90' ının ölümü için gerekli konsantrasyonu,

³ Aynı satırdaki farklı küçük harfler güven aralıklarına göre istatistiksel farklılığı göstermektedir.



Şekil 3: Genoxyn nanotech ile kuru kayıslara kuru kalıntı yöntemiyle uygulanması sonucunda *Carpoglyphus lactis* dişilerinde farklı konsantrasyonlardaki ölüm oranları eğrisi ve regresyon eşitliği

Formülasyonla Kalıntı Testlerinde Erginler için Tespit Edilen LT Değerleri

Genoxyn nanotech'in üç farklı konsantrasyonunun (%0.1, 0.2 ve 0.4) kuru kalıntı yöntemi ile uygulanması sonucu elde edilen öldürücü zamanlar Çizelge 2'de verilmiştir. Probit analizi sonuçlarına göre %0.1 konsantrasyon için LT₅₀ ve LT₉₀ değerleri sırasıyla 64 ve 121 saat; %0.2 konsantrasyon için 38.5 ve 81.5 saat; %0.4 konsantrasyon için 27 ve 66 saat olarak belirlenmiştir. Probit analizinin güven aralığı değerlerine göre öldürücü zaman değerleri konsantrasyon arttıkça önemli bir şekilde düşmektedir. Bu sonuçlar formülasyonun konsantrasyona bağlı olarak etki etme zamanının kısaldığını göstermiştir. Aynı konsantrasyonların zamana karşılık akar ölümü cevapları Şekil 4'de verilmiştir. Bu eğrilere göre tüm dozlarda formülasyon polinomial bir cevap göstermektedir ($y = -0.0033x^2 + 0.9793x - 8.2951$, $r^2 = 0.98$; $y = -0.0075x^2 + 1.7227x - 6.1902$, $r^2 = 0.98$; $y = -0.0075x^2 + 1.6852x + 7.9871$, $r^2 = 0.9508$). Bu testin sonuçlarına göre, %0.1 konsantrasyonda en yüksek ölüm etkisi

%63'e ulaşmakta olup bu etki 96 saatten sonra sabitlenmiştir. Benzer olarak, %0.2 konsantrasyonda %88.68 olarak bulunmuş olup, 96 saatte en yüksek oranına ulaşmış ve daha sonraki sayımlarda artış gözlemlenmemiştir. Formülasyonun %0.4'lük konsantrasyonunda ise ölüm oranı %99.1'e kadar ulaşmış olup, yine bu etki 96 saatten sonra sabitlenmiştir. Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında tüm konsantrasyonlarda ölüm cevabı 96 saatte kadar lineer bir cevap göstermiş ancak, bir eşik zaman olarak 96 saatten sonra ölüm oranında bir değişiklik saptanmamıştır. Pirani ve ark. (2009) *T. putrescentiae* ve *T. longior*'a ozonun gaz olarak 0.4mg/L dozda uygulamaları sonucunda 15 gün ile 1 aylık periyotta akarlarda ölüm meydana geldiğini bildirmektedirler. Bizim çalışmamızda ise maksimum 96 saat içinde formülasyon maksimum etkisini göstermiştir. Bu da bizim çalışmamızla kısa zamanda öldürücü etki sağlandığını göstermiştir. Farklılıklar konsantrasyon farklılığından ve Genoxyn nanotech'in uzun süre stabilitesini koruyabilme kapasitesinden kaynaklanabilir. Turgu ve Kumral (2019)'ın çalışması ozon gazı yüksek konsantrasyonda (30 mg/L) uygulandığında *C. lactis* popülasyonunun %99'unun iki gün içinde öldüğünü göstermiştir. Hansen ve ark. (2012), depolanmış tahıllarda zararlı üç *Sitophilus* türüne ve *P. interpunctella*'ya 6 gün boyunca 35 mg/L dozunda ozon gazı uygulaması sonucunda önemli etkiler bulunduğunu ancak, zararlının tüm biyolojik dönemlerinin kontrolü için 8 gün boyunca 135 mg/L dozunda uygulama yapılması gerektiğini kaydetmektedirler. Araştırmacılara göre depo zararlılarının mücadelesinde yüksek doz ve uzun bir uygulama süresine ihtiyaç gerekmektedir. Ozon gazının kapalı bir hacme uygulandığı bu çalışmalarla karşılaştırınca, yeni geliştirilen bu formülasyon sayesinde daha düşük konsantrasyonda kısa zamanda hızlı bir öldürücü etki oluştuğu belirlenmiştir.

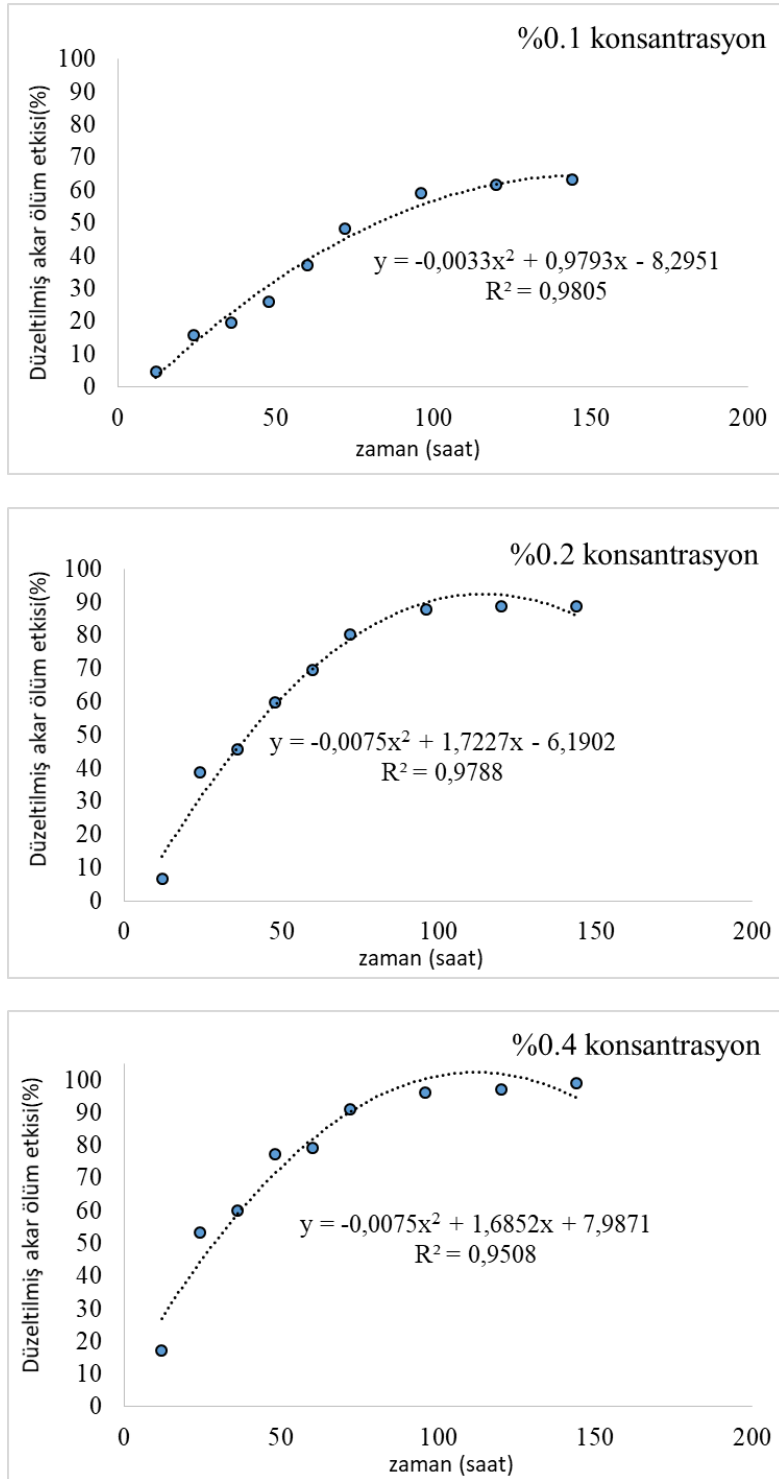
Çizelge 2. Genoxyn nanotech ile kalıntı testlerinde *Carpoglyphus lactis* dişileri için elde edilen lethal zaman değerleri

	Saat (güven aralığı)
%0.1 için LT ₅₀ ¹	64.38 (60.59-68.64)c ³
%0.1 için LT ₉₀ ²	120.72 (111.58-132.69)e
%0.2 için LT ₅₀	38.53 (34.08-42.58)b
%0.2 için LT ₉₀	81.50 (74.90-90.39)d
%0.4 için LT ₅₀	27.31 (22.50-31.33)a
%0.4 için LT ₉₀	65.79 (60.48-72.85)c

¹ Belirli bir dozda akar popülasyonunun %50' sinin ölümü için gerekli süreyi,

² Belirli bir dozda akar popülasyonunun %90' ının ölümü için gerekli süreyi,

³ Aynı sütundaki farklı küçük harfler güven aralıklarına göre istatistiksel farklılığı göstermektedir.



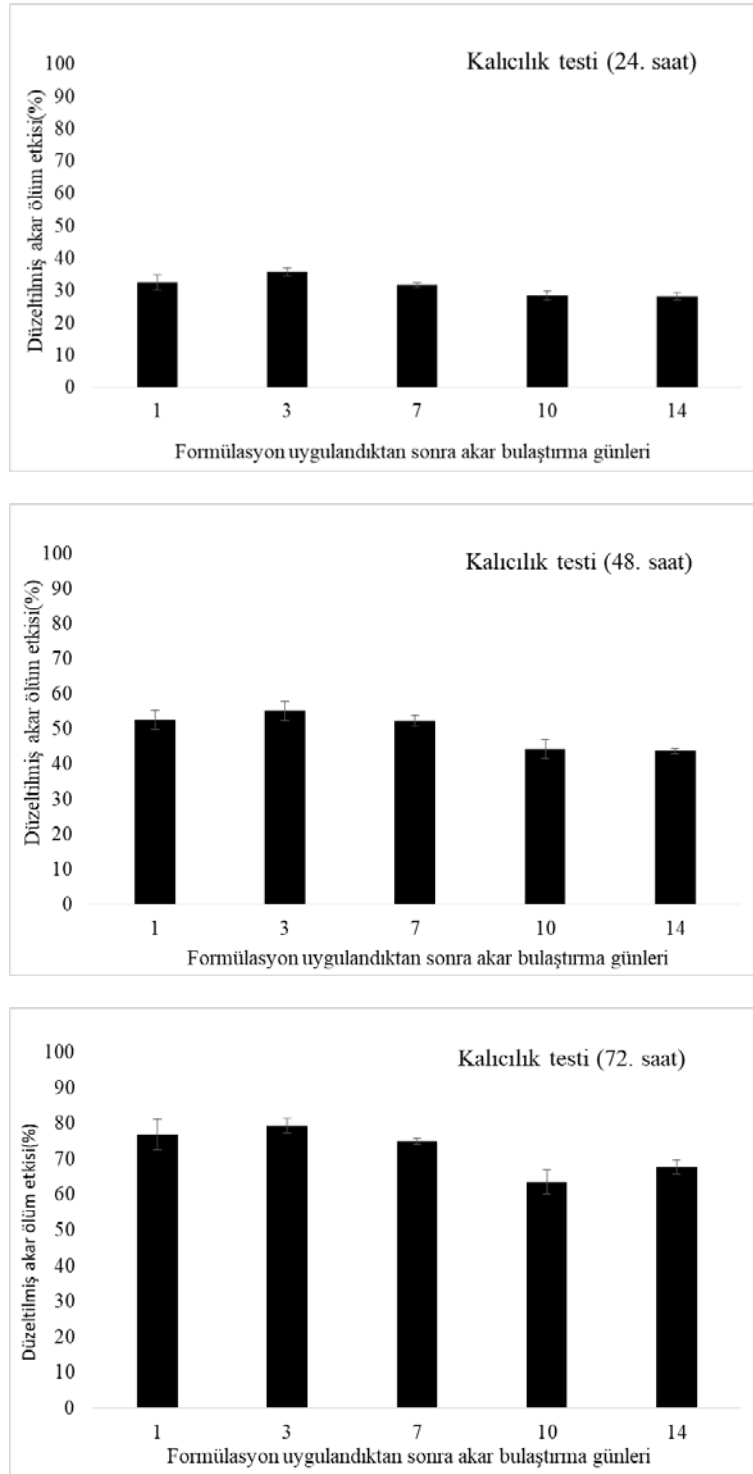
Şekil 4: Genoxyn nanotech ile kuru kayıslara kuru kalıntı yöntemiyle uygulanması sonucunda *Carpoglyphus lactis* dişilerinde farklı konsantrasyonlara karşılık farklı zamanlardaki ölüm oranları eğrisi ve regresyon eşitliği

Formülasyonun Kalıcılığı

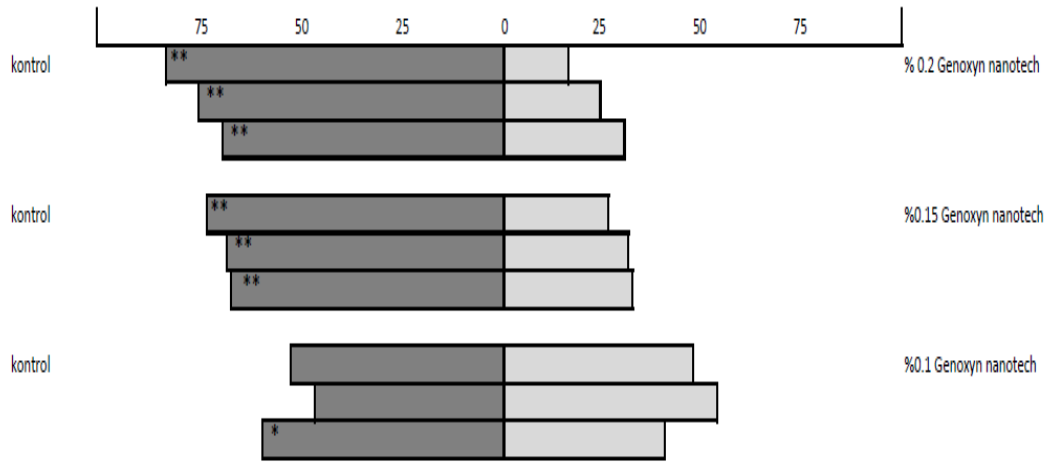
Genoxyn nanotech'in *C. lactis* için 72 saatte LC₉₀ değeri olan %0.2'lik konsantrasyonun kayıslara kuru kalıntı yöntemi ile uygulanması sonucu elde edilen kalıcılık testi sonuçları Şekil 5'de verilmiştir. Abbott formülü ile düzeltilmiş ölüm etkilerine göre formülasyon uygulandıktan 1 gün sonra akar bulaştırılan örneklerle, 3 ve 7 gün sonra bulaştırılan örneklerin 24., 48. ve 72. saatte elde edilen sonuçları arasında istatistiki anlamda bir farklılık bulunmamıştır. Ancak, formülasyon uygulanan kayısı yüzeylerine 10 gün ve 14 gün sonra akar bulaştırıldığında etkiler sırasıyla 24. saatte %12-13; 48. saatte %16-17 ve 72. saatte %17-12 oranlarında düşüş göstermiştir (24. saat $F_{4,10}= 4.24$, $P=0.029$; 48. saat $F_{4,10}= 5.51$, $P=0.013$; 72. saat $F_{4,10}= 5.39$, $P=0.014$). Güzelseydin ve ark. (2004), ozon gazının oda koşullarında ve sıcak suda çok hızlı bir şekilde O₂ ve O⁻ 'ye parçalandığını, bu nedenle gıda üzerinde kalıntı bırakmadığını kaydetmektedirler. Ozon gazının bu hızlı parçalanma süreci her ne kadar gıdada kalıntı bırakmaması nedeniyle avantajlı olsa da, diğer residual insektisitler gibi kullanılmasına imkan vermemektedir. Bu çalışma ile Genoxyn nanotech'in tarımda kullanılan insektisit ve akarisitler gibi orta vadede etki gösterdiği belirlenmiştir.

Formülasyonun Kaçırıcı Etkisi

Genoxyn nanotech'in üç farklı konsantrasyonunun (% 0.1, 0.15 ve 0.02) kuru kayısı yüzeyine kuru kalıntı yöntemiyle uygulamasından sonra iki seçimli olfaktometre düzeneğinde *C. lactis* dişilerinin tercihleri Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre formülasyonun %0.1'lik konsantrasyonu sadece bir tekrerrürde %5 düzeyinde formülasyon uygulanmayan yüzeyi tercih etmiştir. Buna karşılık hem %0.15 hem de %0.2'lik konsantrasyonlarda tüm tekrerrürlerde dişi akarlar Genoxyn nanotech uygulanan kayısı yüzeylerinden güçlü bir kaçma eğilimi göstermişlerdir. Tüm denemelerde %1 önemlilik düzeyinde akarlar formülasyonun uygulanmadığı yüzeyleri tercih etmişlerdir. Bu testin sonuçlarına göre %0.15'lik dozun üzerindeki konsantrasyonlar *C. lactis* için repellent (kaçırıcı etki) göstermektedir. Benzer olarak, Beard (1965) birçok böcek türüne karşı ozon gazının kaçırıcı etkisi olduğunu kaydetmektedir. Wan-Norafikah ve ark. (2016), bazı sivrisinek, karasinek ve hamam böceği türlerine karşı %68-83 arasında değişen oranlarda ozonun kaçırıcı etkisini göstermişlerdir. Bizim çalışmamız ulaşılabildiğimiz kaynaklara göre ozonun akar kaçırıcı etkisine dair ilk kayıt olmuştur.



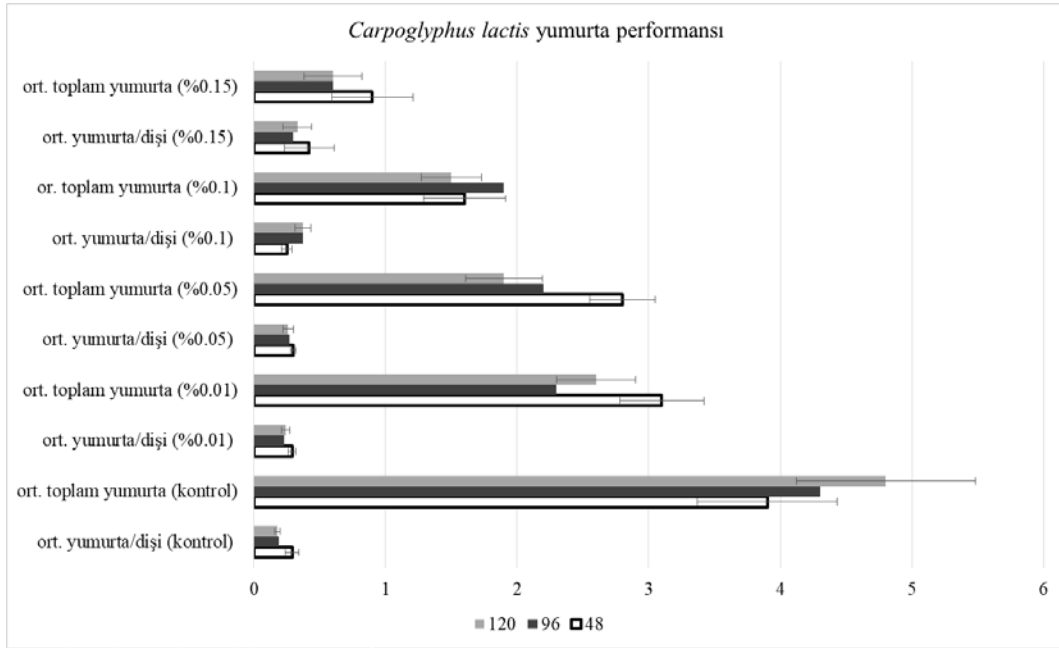
Şekil 5: Genoxyn nanotech'in kuru kayısı yüzeyine kuru kalıntı yöntemi ile uygulanmasından 1, 3, 7, 10 ve 14 gün sonra *Carpolyphus lactis* dişilerinin bulaştırması sonucunda görülen ölüm oranları



Şekil 6: Genoxyn nanotech'in kuru kayısı yüzeyine kuru kalıntı yöntemi ile uygulanması sonucu *Carpoglyphus lactis* dişilerinin yönelim tercihleri (*, ** Pearson'ın X^2 testine göre sırasıyla %1 ve %5 düzeyde önemli şekilde yönelim gösterdiğini göstermektedir)

Formülasyonun Yumurta Bırakmayı Engelleyici Etkisi

Genoxyn nanotech'in sublethal konsantrasyonları (%0.01, 0.05, 0.1, 0.15) *C. lactis*'in yumurta bırakmasına olan etkileri Şekil 7'de verilmektedir. Denemede kullanılan dişilerin toplam yumurta koyma sayısına bakıldığında formülasyonun uygulanmadığı kayıslarda toplam yumurta sayısı diğer tüm ozon uygulanan dozlardan önemli düzeyde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu sayısal fazlalık aslında formülasyonun uygulandığı kayıslarda meydana gelen dişi ölümleri ile ilişkilidir. Eğer toplam yumurta sayısı canlı dişi sayısına bölünürse dişi başına ortalama yumurta sayısı kontrolde 0.18-0.29 (yumurta/dişi) arasında değişirken; denenen yüksek dozda 0.30-0.42 (yumurta/dişi) sayılarına ulaşmaktadır. Ancak bu farklılıklar kontrole göre istatistiki anlamda önemli bulunmamıştır (48. saat $F_{4,45} = 0.53$; $P=0.71$; 72. saat $F_{4,45} = 1.15$; $P=0.35$; 96. saat $F_{4,45} = 0.56$; $P=0.69$). Bu da aslında canlılarda ölüm stresine bağlı olarak üremenin tetiklenmesi ile açıklanabilir (Youngman ve ark., 1988). Hormoligosis olarak isimlendirilen bu durum, böceklerin ve akarların düşük dozda stres faktörleri (sublethal pestisit dozları gibi) nedeniyle zararlının üreme ve gelişmesinin artışı olarak açıklanmaktadır (Abivardi 2005). Nitekim, Hummel ve ark. (1998), sera ortamında yerfıstığındaki zararlı akar türü *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae)'ye karşı ozon gazı stresi altında zararlının yumurta veriminin arttığını ve ergin öncesi dönemlerinin gelişmesinin daha kısa zamanda meydana geldiğini göstermiştir. Ozon gazının akarlar ve böceklerin üreme ve gelişmesine etkisi üzerine bazı araştırmalar bulunmaktadır. Sonuçlarımızı benzer olarak, Beard (1965), ev sineklerine karşı ozon gazı uygulandığında, sineğin ergin ömrünün kısalması ve ölümleri nedeniyle toplam yumurta koyma miktarında önemli bir düşüş olduğunu belirlemiştir. Çalışmamıza benzer olarak, Jones ve Coleman (1988), akarlar gibi böcek zararlılarında da ozon miktarında artışa bağlı olarak benzer bir üremede azalmayı rapor etmişlerdir.



Şekil 7: Genoxyn nanotech'in kuru kayısı yüzeyine kuru kalıntı yöntemi ile uygulanması sonucu *Carpoglyphus lactis* dişilerinin yumurta bırakma sayısına etkisi

Sonuç

Bu çalışmanın sonucunda ozon gazının nano-solüsyon bir formülasyonu olan Genoxyn nanotech'in kuru kayıslara uygulanması sonucunda *C. lactis* dişilerinin belirlenen konsantrasyonlarda ve zaman dilimlerinde öldükleri tespit edilmiştir. Konsantrasyon artışına ve zamana bağlı olarak akarın ölüm cevabı artış göstermiştir. Etkinlik testlerinde 96 saate kadar akar üzerinde en yüksek etkisini gösterdiği ve bu zamandan sonra etkinin sabitlendiği belirlenmiştir. Kalıcılık testlerinde formülasyonun ilk 7 gün içinde öldürücü etkisinde farklılık olmadığı, 10 günden sonra %12-17 oranlarında bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmayla formülasyonun akarın dişilerini kaçırıcı etkisi de gösterilmiş olup, ilacın öldürücülüğünün yanında zararlı bulaşmasını engelleyici yani koruyuculuk etkisi de ispatlanmıştır. Tüm bu kombine etkiler birlikte düşünüldüğünde formülasyonun öldürücü ve uzaklaştırıcı etkileri sayesinde *C. lactis* mücadelesinde başarı ile kullanılabileceği kanısına varılmıştır. Gelecekte bu formülasyonun sahada kullanılabilmesi için, farklı zararlı etmenleri üzerindeki etkisi, akarın taşıdığı mikrobiyal etmenlere olan etkileri, bitki ve gıdaya olan etkileri ve gıdanın duyuşal özelliklerine etkisi ayrıntılı bir şekilde çalışılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma Farmoksi İlaç, Kimya, Sağlık Hizmetleri San. Ltd. Şti., Osmangazi, Bursa, Türkiye tarafından desteklenmiştir. Çalışmada deney tasarlaması ve istatistikî analizi N. A. KUMRAL tarafından, tüm analizleri

Pınar BALTA tarafından, Genoxyn nanotech formülasyonunun ve farklı konsantrasyonlarının hazırlanması A.Ü. SABANCI tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kaynakça

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economical Entomology*, 18(2): 265-267.
- Abivardi, C. 2005. Pesticide Hormoligosis. *Encyclopedia of Entomology*. Springer press. 233p.
- Aksoy, U., Meyvacı, B.K., Sen, F. and Altindisli, A. 2004. Impact of fumigants applied to control storage pests on fruit quality of dried figs. *Integrated Protection of Stored Products IOBC Bulletin/WPRS*, 27: 203-208.
- Aksoy, U., Sen, F. and Meyvacı, K.B. 2012. Effect of post-harvest carbon dioxide application on storage pests and fruit quality of dried figs. 9th. International Conference on Controlled atmosphere and Fumigation in Stored Products, 15-19 October 2012, Antalya, Turkey. p: 166-171.
- Asma, B.M., Karaat, F.E., Çuhacı, Ç., Doğan, A. ve Karaca, H. 2017. Türkiye'de Kayısı Islah Çalışmaları ve Islah Edilen Yeni Çeşitler. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 5(11): 1429-1438.
- Beard, R.L. 1965. Observations on house flies in high-ozone environments. *Annals of the Entomological Society of America*, 58(3): 404-405.
- Çobanoğlu, S. 1996. Edirne İlinde Depolanmış Ürünlerde Saptanan Zararlı ve Yararlı Acarina Türleri ve Konukçuları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 20(3): 199-210.
- Çobanoğlu, S. Artık, N. ve Bayındırlı, L. 2004. Malatya, Elazığ ve İzmir illerinde depolanmış kuru kayısılarda zarar yapan Acarina takımına bağlı türlerin tanımı, yoğunlukları yayılışlarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. TÜBİTAK TOGTAG TARP proje no: 2573-6. 1-119.
- Dizlek, H., Karagoz, M., Faraji, F. and Cakmak, I. 2019. Mites in dried figs of Turkey: diversity, species composition and density. *Systematic and Applied Acarology*, 24(6): 992-997.
- Ebihara, K., Mitsugi, F. Ikegami, T., Nakamura, N., Hashimoto, Y., Yamashita, Y., Baba, S., Stryczewska, H.D., Pawlat, J., Teii, S. and Sung, T.L. 2013. Ozone-mist spray sterilization for pest control in agricultural management. *The European Physical Journal Applied Physics*, 61(2): 24318.
- Emekçi, M., Ferizli, A.G., Tütüncü, S. and Navarro, S. 2004. The efficacy of modified atmosphere applications against dried fruit pests in Turkey. *IOBC-WPRS (OILB SROP) Integrated Protection of Stored Products*, 27(9): 227-231.
- FAO 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 26.08.2019)
- Ferizli, A.G. and Emekci, M. 2000. Carbon dioxide fumigation as a methyl bromide alternative for the dried fig industry. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. 6-9 November 2000, Orlando, Florida. p:81.

- Ferizli, A.G., Emekci, M., Tütüncü, S. and Navarro, S. 2004. Studies of phosphine as a fumigant for dried fruit under tarpaulin covers. International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation. 8- 13th August 2004, Gold Coast, Australia. p: 477-484.
- Genç, H. ve Özar, A.İ. 1986. İzmir ilinde ambarlanmış ürünlerde bulunan akarlar üzerinde ön çalışmalar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 103: 175-183.
- Güldalı, B. ve Çobanoğlu, S. 2010. Kuru meyve akarı *Carpoglyphus lactis* (L.)(Acari: Carpoglyphidae)'in farklı sıcaklık ve nem ortamlarındaki gelişme eşiği ve yaşam çizelgeleri üzerine araştırmalar. *Turkish Journal of Entomology*, 34(1): 53-65.
- Güzel-Seydim, Z.B., Greeneand, A.K. and Seydim, A.C. 2004. Use of ozone in the food industry. *LWT-Food Science and Technology*, 37(4): 453-460.
- Hansen, L.S., Hansen, P. and Jensen, K.M.V. 2012. Lethal doses of ozone for control of all stages of internal and external feeders in stored products. *Pest Management Science*, 68(9): 1311-1316.
- Hubert, J., Erban, T., Nesvornaand, M. and Stejskal, V. 2011. Emerging risk of infestation and ontamination of dried fruits by mites in the Czech Republic. *Food Additives and Contaminants*, 28 (9): 1129–1135.
- Hubert, J., Nesvorna, M., Kopecký, J., Ságová Marečková, M. and Poltronieri, P. 2015. *Carpoglyphus lactis* (Acari: Astigmata) from various dried fruits differed in associated micro organisms. *Journal of Applied Microbiology*, 118(2): 470-484.
- Hughes, A.M. 1976. The mites of stored food and houses (No. 2nd edition). Her Majesty's Stationery Office., London, UK., 400p.
- Hummel, R.L., Brandenburg, R.L., Heagle, A.S. and Arellano, C. 1998. Effects of ozone on reproduction of two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on white clover. *Environmental Entomology*, 27(2): 388-394.
- Işıkber, A.A. and Oztekin, S. 2009. Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. *Journal of Stored Products Research*, 45(3): 159-164.
- Işıkber, A.A., Öztekin, M.S., Dayısoylu, K.S., Duman, A.D. and Eroğlu, S. 2015. Efficacy of gaseous ozone at high concentrations against *Plodia interpunctella* (Hübner) and *Ephestia cautella* (Walker) in Almond. *Turkish Journal of Entomology*, 39(2): 187-198.
- Janjarasskul, T. and Suppakul, P. 2018. Active and intelligent packaging: the indication of quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(5): 808-831.
- Jones, C.G. and Coleman, J.S. 1988. Plant stress and insect behavior: cottonwood, ozone and the feeding preference of a beetle. *Oecologia*, 76: 51-56.
- Kells, S.A., Mason, L.J., Maier, D.E. and Woloshuk, C.P. 2001. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, 37(4): 371-382.
- Kumral, A.Y., Turgu, V., Yıldız, E., Kumral, N.A., Çevik, R.N., Sevinç, İ., Karapapak, G., Yüksel, A.N. ve Ersöz, E. 2019. Kuru kayısılarda ferrik oksit ve ozon gazı uygulamalarının, kuru meyve akarı *Carpoglyphus*

- lactis* (L.) (Acari: Carpoglyphidae) kaynaklı mikrobiyal bulaşma yüküne ve meyve kalite parametrelerine etkisinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 67-82.
- Longshu, L., Xiaowei, Z. and Yiquan, G. 1992. The acute lethal effects of low oxygen and high carbon dioxide on *Tyrophagus putrescentiae* at different temperatures. *J. Grain Storage*, 5: 3-7.
- Pirani, S., Bersani, C. and Cantoni, C. 2009. Ozone: alternative method for mite control on speck. *Italian Journal of Food Safety*, 1(6): 83-84.
- Özer, M. ve Toros, S. 1978. Kuru Meyve Akarı *Carpoglyphus lactis* (L.). *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 2(4): 223-230.
- Özer, M., Toros, S., Çobanoğlu, S., Çınarlı, S. and Ekmekçi, M. 1989. The description, distribution and habitats of Acarina species harmful to stored grains and grain products and dried fruits in Izmir Province. *DOĞA, Türk, Tarım ve Ormanlık Dergisi*, 13(3b): 1154-1189.
- Öztekin, S., Işıkber, A.A., Zorlugenç, B., Zorlugenç, F.K., Ulusoy, R. Satar, S. ve Fenercioğlu, H. 2007. Ozon uygulamasının kuru incirde mikrobiyel flora, aflatoksin B1 ve değirmen güvesi (*Ephesia kühniella* Zeller) üzerine etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3: 169-177.
- Simon, J.Y. 2014. The toxicology and biochemistry of insecticides. CRC pressbook, UK. 380 p.
- SPSS, 2015. SPSS Statistical Software 23.0. IBM, USA.
- Şen, F., Meyvaci, K.B., Aksoy, U., Emekçi, M. and Ferizli, A.G. 2009. Effects of the post-harvest application of methyl bromide alternatives on storage pests and quality of dried fig. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(4): 403-412.
- Tiwari, B.K., Brennan, C.S., Curran, T., Gallagher, E., Cullen, P.J. and O'Donnell, C.P. 2010. Application of ozone in grain processing. *Journal of Cereal Science*, 51(3): 248-255.
- TUİK 2018. Türkiye İstatistik Kurumu <https://www.turkiye.gov.tr/turkiye-istatistik-kurumu-baskanligi-tuik> (Erişim tarihi: 26.08.2019)
- Turanlı, F. 2003. Studies on infestation levels of pests on dried fig in Aydın and Izmir provinces. *Turkish Journal of Entomology*, 27: 171-180.
- Turgu, V. and Kumral, N.A. 2019. Alternative control agents of the dried fruit mite, *Carpoglyphus lactis* (L.) (Acari: Carpoglyphidae) on dried apricots. *Acarological Studies*, 1(2): 59-64.
- USDA 2018. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/ods-phaseout/methyl-bromide> (Erişim tarihi: 26.08.2019).
- Van den Boom, C.E.M., Van Beek, T.A. and Dicke, M. 2003. Differences among plant species in acceptance by the spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology*, 127(3): 177-183.
- Wang, B.M., Wang, Z.Q., Wu, Z.Y., Wangand, X.W. and Fan, Q.H. 2008. The occurrence and control of *Carpoglyphus lactis* (Linnaeus) (Acari: Carpoglyphidae). *Entomological Journal of East China*, 17(2): 156-160.

- Wan-Norafikah, O., Lee H.L., Norazizah, A. and Mohamad-Hafiz, A. 2016. Research Note Repellency effects of an ozone-producing air purifier against medically important insect vectors. *Tropical Biomedicine*, 33(2): 396-402.
- Youngman, R.R., Sanderson, J.P. and Barnes, M.M., 1988. Life history parameters of *Tetranychus pacificus* McGregor (Acari: Tetranychidae) on almonds under differential water stress. *Environmental Entomology*, 17(3): 488-495.