

BİTKİ KORUMADA

MODERN YAKLAŞIMLAR 3



EDİTÖR

Prof. Dr. Esin BASIM

ARALIK 2025

YAYLIK 3022

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı

Birinci Basım / Aralık 2025 - Ankara
ISBN / 978-625-8570-63-2

© copyright

Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

BİTKİ KORUMADA MODERN YAKLAŞIMLAR 3

EDİTÖR

Prof. Dr. Esin BASIM

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

ORGANİK TARIMDA ARICILIĞIN EKOLOJİK ROLÜ VE ÖNEMİ

Alper POLAT7

BÖLÜM 2

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE BUĞDAYDA ZARARLI *HAPLOTHRIPS TRITICI KURDJ.* (THYSANOPTERA: PHLAEOTHIRIPIDAE)'NİN BİYOLOJİSİ VE ZARAR DURUMU ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR

Celalettin GÖZÜAÇIK, Vedat KARACA19

BÖLÜM 3

AMARYLLIDACEAE ALKALOİDLERİNİN HERBİSİT ETKİNLİĞİ

Seçil EKER, Muhammed Akif AÇIKGÖZ31

BÖLÜM 1

ORGANİK TARIMDA ARICILIĞIN EKOLOJİK ROLÜ VE ÖNEMİ

Alper POLAT¹

¹ Bingöl Üniversitesi Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye, alperpolat25@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4574-8333.

Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve bunun beraberinde getirdiği teknolojik gelişmeler, insanları beslenme ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için, tarımsal üretimde birim alandan elde edilen ürünlerin maksimum düzeye çıkarılması hedefine yöneltmiştir. Bu hedefin gerçekleştirilebilmesi için de tarım üretiminde verimlilik ve kârlılığı artırabilmek, bitki ve hayvanların hızlı büyümesi, bitki zararlıları ve hastalık etmenlerinin kontrol edilip önlenmesi için geçmişten günümüze daha yüksek oranlarda kimyasallar kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu hızlı verim artışı ekolojik, ekonomik, tarımsal ve sosyal problemleri de beraberinde getirmiştir. Tarımsal üretimde, doğanın ve doğal dengenin bozulması, çevre kirliliğine yol açarak ve besin zinciri yoluyla bütün canlıları etkileyen düzeylere ulaşarak küresel bir sorun halini almıştır.

Entansif ve konvansiyonel tarım uygulamalarının, bu uygulamalardan beklendiği gibi açlık sorununu çözemediği, hatalı uygulamalarla doğal dengeyi bozduğu, tarımsal uygulamalardaki aşırı ve yoğun kimyasal kullanımının insan, bitki ve hayvan sağlığını tehdit eder duruma gelmesine ve zaman içinde üretimde girdi ve maliyet artışına yol açtığı anlaşılmıştır. Geldiğimiz noktada entansif ve konvansiyonel tarımda görülen bütün bu olumsuzlukların ortadan kaldırılabilmesi için insanların, hayvanların ve diğer tüm canlıların yaşamını tehdit etmeyen sağlıklı üretim modelleri önem kazanmaya başlamıştır. Bu üretim modellerinin en önemlilerinden bir tanesi de organik tarımdır (Çakmakçı ve Erdoğan, 2015).

Organik tarım, ekolojik dengeyi gözetken, bitki, zararlı ve hastalık etmenlerini kontrol altına alarak doğal dengeye zarar vermeyen ve koruyan, tarım topraklarının ve enerjinin uygun şekilde kullanıldığı, ekolojik süreçleri, doğal döngüleri ve ekosistemin sağlıklı olmasını esas alan, insanları ve diğer canlıları önceleyerek sürdürülebilir ve ekonomik üretim yapma fırsatı sunan entegre bir üretim sistemidir. Organik tarım üretim esasları gereğince kimyasal girdilerin kullanımı, minimal seviyede tutulmakta, bunların yerine organik kökenli girdiler kullanılarak, zararlı kullanımlar sonucunda bozulan doğal denge tekrar kurulmakta, çevreci üretimin hedeflendiği, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı bir üretim sistemidir.

Organik tarım, bir ürünün ekim veya dikiminden sonra kendi haline bırakılması veya eskimiş ve modası geçmiş bir üretim sistemi değildir. Aksine geleceğin ihtiyaçlarına odaklanan, dikkat, bilgi, deneyim ve özveri gerektiren çevre dostu bir sistemdir. Organik tarımın bir başka hedefi ise insan, bitki, hayvan ve ekosistem gibi birbiriyle bağlantılı olan ve birbirini etkileyen toplulukların üretkenliğinin en üst düzeye çıkarılmasıdır. Organik tarım çevresel, sosyal ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir tarım sistemi oluşturma yaklaşımı olarak, üretim sistemi dışındaki veya çiftlik dışındaki tarımsal girdilere olan bağımlılığı da en aza indirerek biyolojik ve yerel koşullara uygun döngülere dayanan bir üretim sistemi oluşturmayı amaçlamaktadır (Çakmakçı ve Erdoğan, 2015).

Organik tarımın kendi kendine yetebilen ve biyolojik döngülere dayalı bütünsel bir üretim sistemi olmasına yardımcı olan canlılardan bir tanesi de arılardır. Organik tarımın bu yapısı arı kolonilerine daha sağlıklı ve güvenilir bir yaşam ortamı sunarken, arıların organik tarımsal üretimde verimliliği artırıcı ve destekleyici olmalarına da katkıda bulunmaktadır.

Arıcılık, organik tarım sistemi içerisinde kritik bir rol oynar. Arılar, bal, balmumu, arı sütü, propolis ve polen gibi değerli ürünler sağlamalarının yanında, organik tarım ve konvansiyonel

tarım için oldukça önemli ve vazgeçilmez ekolojik bir görev olan tozlaşmayı da gerçekleştirerek ekosistemlerin devamlılığını sağlamaktadırlar (Kaftanoğlu, 2003; Klein et al., 2007). Son yıllarda iklim değişikliğinin getirdiği sorunlar, küresel ısınma, habitat ve yeşil örtüde meydana gelen kayıplar, yoğun-gereksiz pestisit ve insektisit kullanımı gibi sebeplerle tozlayıcı türlerin azalması, küresel düzeyde bir sorun halini almış bu durumda arıcılığın organik tarımdaki yerini daha da önemli hale getirmiştir. Bütün bu sebeplerden dolayı arılar, hem biyolojik çeşitliliğin korunması, hem de verim artışını sağlamaları sebebiyle organik tarımın en önemli tamamlayıcı unsurlarından birisi olma özelliklerini sürdürmektedirler.

Organik Tarım Üretimi ve Arıcılığın Ekonomik Rolü

Dünya’da 1999 yılı itibari ile 11 milyon hektar olan organik tarım alanları, 2019 yılına gelindiğinde yaklaşık 6.57 katlık bir artış göstererek 72.3 milyon hektar üretim alanına ulaşmış olup, organik tarım alanlarının toplam tarım üretimi içerisindeki payı ise %1.5 düzeyindedir (FIBL-IFOAM, 2021).

FIBL-IFOAM (2021) verilerine göre 2019 yılında dünyada 72 milyon hektar alanda yaklaşık 3 milyon çiftçi organik üretim yaparken, Türkiye’de 383 bin hektar alan içerisinde yaklaşık 53 bin çiftçi organik üretim yapmaktadır. Dünya’da üretilen organik ürünlerin ulaştığı pazar payına bakıldığında 2019 yılında bu miktar 106 milyar Euro’ya ulaşmıştır. TOB (2021a) verilerine göre, 2019 yılında Türkiye’de üretilen organik ürünlerin ihracat değeri ise 177 milyon Euro’yu bulmaktadır. FIBL-IFOAM (2023) verilerine göre Türkiye, yaklaşık 155.000 ton ile Avrupa ülkelerine en fazla organik ürün ihracatı yapmış olan 6. ülkedir. Türkiye’nin 2022 yılı verilerine bakıldığında ise organik tarım alanı sıralamasında dünyada 26. sırada yer alırken, organik tarım üretimi yapan üretici sayısında dünyada 13. ve Avrupa’da ise 4. sıradadır.

Organik olarak üretilen ürünler arasında ise, arıcılık tarıma ve ekonomiye katkı sunan bir alan olup toprağa bağlı olmaması, çok maliyetli olmaması ve kısa sürede gelir getirebilmesi gibi avantajlarından dolayı da sosyo-ekonomik boyutu da olan bir alandır. Bunlardan dolayı, doğal mera alanlarında yapılan arıcılık faaliyetleri organik bal üretimi açısından oldukça önem taşımaktadır.

Dünya’da organik tarım üretimi yapılan alanların dışında diğer faaliyetler için ayrılmış organik arazilerden en büyük kısmı yaklaşık 35.000 bin hektarlık alanda, doğadan toplananlarla birlikte yapılmakta olan arıcılık faaliyetleridir. Arıcılık faaliyetlerinin dışında, ayrıca su ürünleri yetiştiriciliği yapılan alanlar (107 bin ha) ve orman alanları da (110 bin ha) organik tarım üretimi dışındaki alanlar olarak değerlendirilmektedir. Organik tarım üretimi dışındaki alanların hepsi birlikte düşünüldüğünde toplam 35 milyon hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Doğrudan organik tarım üretimi yapılan alanlar ve doğrudan üretim yapılmayan alanlar birlikte ele alındığında dünyadaki organik tarım alanlarının miktarının yaklaşık 107 milyon hektarı bulduğu bilinmektedir (FIBL-IFOAM, 2021).

2007 yılında 535.000 âdeti aşan dünyadaki toplam organik kovan sayısı, 2019 yılına gelindiğinde dünyadaki toplam kovan varlığının %3.4’üne karşılık gelen 3 milyon adet organik arı kovanına ulaşmıştır. Organik arı kovanlarının büyük kısmı ise %47 oranında Avrupa’da ve %30 oranında Latin Amerika’da bulunmaktadır. En fazla organik arı kovanına sahip ilk üç ülke ise, sırasıyla Brezilya (yaklaşık 630.000 adet kovan), Zambiya (368.000 bin kovan) ve Bulgaristan (264.000 bin kovan)’dır (FIBL-IFOAM, 2021). Buradaki rakamlar incelendiğinde

organik arıcılığa olan talebin artmaya ve organik arıcılık sektörünün büyümeye devam edeceği beklenmektedir.

Ülkemize bakıldığında ise 2005 yılında organik arıcılık yapan üretici sayısı 370 kişi, kovan sayısı 50.486 adet, bal üretim miktarı ise 573 tondur. 2020 yılında ise üretici sayısı %34 oranında artarak 494 kişi, kovan sayısı %77 oranında artarak 89.128 âdete ulaşmış, üretim miktarı ise %79 oranında artarak 1028 ton olmuştur (Çizelge 1). İşletmelerde baldan sonra en fazla üretimi yapılan organik arı ürünleri ise polen, propolis, balmumu ve arı sütüdür (Kılıçin et al., 2019; TOB, 2021b). Türkiye’de yapılan organik arıcılık faaliyetleri sonucunda organik üretim miktarları artmakta yanı sıra sağlık açısından da değerli ürünler ortaya çıkmaktadır.

Çizelge1. Türkiye’de Organik Arıcılık Yapan Üretici Sayısı, Kovan Adeti ve Bal Üretim Miktarı (Geçiş Süreci Dahil)

Yıllar	Üretici Sayısı	Kovan (Adet)	Bal Üretim Miktarı (Ton)
2005	370	50486	573
2020	494	89128	1028
% Değişim (2005- 2020)	34	77	79

Kaynak: TOB, 2021b

Türkiye, ülke geneline yayılmış dokuz milyondan fazla kovana ev sahipliği yapmakta olup, bu rakam Amerika Birleşik Devletleri’nde bulunan kovan sayısının üç katı ve AB ülkelerindeki kovan sayısının yarısına eşittir (FAO, 2022).

Organik olarak üretilmiş olan ballar, tüketiciler için güvenilir ve sağlıklı olmaları sebebiyle yüksek pazar değerine sahiptir. Örneğin, Avrupa Birliği ülkelerinden olan Hırvatistan’da yapılan bir araştırmada, daha yüksek üretim maliyetleri ve tüketicilerin daha sağlıklı bir seçenek olarak algılaması sebebiyle organik ballar 11 euro civarında satılırken, konvansiyel balların 5 euro civarında satıldığı belirlenmiştir (Ministry of Agriculture, 2019).



Organik Tarım Üretiminde Arıcılığın Ekolojik Rolü

Organik tarım üretim sistemi içerisinde, doğal tozlayıcıların ve özellikle de arıların korunması ve desteklenmesi, arıların ürün verimliliğine doğrudan doğruya pozitif katkıda bulunmalarını sağlayan ekolojik bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Arıların organik tarıma olan ekolojik katkıları şu şekildedir;

Arıların Biyoçeşitliliğe Olan Etkileri

Apis mellifera Linnaeus, 1758'nin yiyecek arama davranışı ekolojik açıdan da hayati önem taşır ve karasal ekosistemlerin biyolojik çeşitliliğine ve doğal yaşam alanlarının sürdürülebilirliğine katkıda bulunur (Klein et al., 2007).

A. mellifera'nın küresel dağılımının, benzersiz ekolojik koşulların çeşitli flora ve fauna topluluklarını beslediği çok sayıda biyoçeşitlilik merkeziyle de örtüştüğü anlaşılmaktadır (Myers vd., 2000). Bu bölgelerde bal arıları, olağanüstü çeşitlilikteki bitki türleriyle etkileşime girerek karmaşık tozlaşma ağları oluşturmaktadır. Bal arıları ve yerel bitki örtüsü arasındaki ortak ve karşılıklı ilişkiler, bu merkezlerin genel biyoçeşitliliğine katkıda bulunmasının yanı sıra, *A. mellifera*'yı bu alanların ekolojik dinamiklerinde sadece bir faydalanıcı değil, aynı zamanda kilit bir oyuncu haline getirmektedir.

Dünya'nın biyolojik çeşitliliğini ve gıda güvenliğini korumak için hayati önem taşıyan tozlaşma, öncelikle arılar ve diğer polinatör böcekler tarafından gerçekleştirilir. Polinatörler, milyonlarca yıldır yalnızca meyve, sebze, kuruyemiş ve tohum gibi besin açısından zengin gıdaların üretiminin yanı sıra canlı ekosistemlerinin korunması için de hayati bir rol oynamaktadır. Küresel gıda mahsul türlerinin yaklaşık %75'i tozlayıcılara bağımlıdır (FAO, 2025).

Polinatör (tozlayıcı) özelliğe sahip böcekler arasında en önemlileri arılar olup, Dünya'da mevcut bulunan 250 binden fazla çiçekli bitki türünden 20 bin kadarı arılar tarafından tozlanmaktadır (Kaufman, 1989). Arıların çiçekleri ziyaret etmelerindeki temel amaç nektar ve polen toplamak olup polenleri genellikle protein kaynağı olarak, nektarları ise karbonhidrat kaynağı olarak kullanılmaktadırlar (Öder, 1989). Bundan dolayı polenlerin zenginliği, polen akımının süresi ve kalitesi arıların gelişim ve çoğalmalarında belirleyici besin kaynaklarından. Bal arılarının polen toplarken tek kaynakları doğal floradır. Floranın polen değerinin yüksek olup olmaması, bulunduğu konumda barındırmış olduğu polenli bitki çeşidi, bitkilerin yoğunluğu, zenginliği ve çiçeklenme periyodunun uzunluğuna bağlıdır. Polen toplama aktivitesi bal arılarınca doğal floradan kovana taşınan polen yükü olarak bilinmekte ve bu faaliyet bitki örtüsünün yoğunluğu ve niteliğine göre değer kazanmaktadır (Cengiz, 2013).

Arılar kültür bitkilerinin yanı sıra, yabani bitkilerin tozlaşmasını da sağlayarak organik tarım yapılan alanlarda da biyoçeşitliliğin zenginleşmesine ve korunmasına katkıda bulunmaktadırlar.

Yoğun ve aşırı yapılan tarımsal faaliyetlerin giderek artan oranlara ulaşması doğal habitatlara zarar verirken aynı zamanda bitki ve hayvan biyoçeşitliliğini de olumsuz yönde etkilemektedir (Gabriel and Tschardtke, 2007; Andersson et al., 2012).

Biyoçeşitliliğin azalmasının sonuçları tarımsal zararlıların yönetiminde diğer alanlara göre daha belirgin olarak görülmektedir. Böcek zararlılarının etkilerini arttırması, tarımsal ekosistemleri istikrarsızlığa sürüklediği gibi, giderek artan oranlarda tarımsal üretimde monokültür üretim

tarzının artmasına ve dolayısıyla yerel habitat çeşitliliğinin azalmasına neden olmaktadır (Altieri and Letourneau, 1982).

Arıların Tozlaşmaya Olan Katkıları:

Arılar, tozlayıcı rolleriyle canlıların biyoçeşitliliğinin korunması ve devam ettirilmesinde önemli katkılarda bulunurken aynı zamanda florayı ve habitatı koruyucu görevler de üstlenmektedirler.

Bal arıları (*A. mellifera*)'nın bitkisel üretime olan katkıları arı ürünlerine olan katkıları ile kıyaslandığında oldukça fazladır. Dünya'da insan gıdasının %30'luk kısmının arıların tozladığı bitkilerden elde edildiği, yine dünya genelinde insanların tüketmiş oldukları gıdanın %90'nına karşılık gelen 82 bitki türünden, 63 türün (%77) arılar tarafından tozlandığı belirlenmiştir. ABD'de bal arılarının bitkilerin %80'inde tozlaşmayı sağladığı ve 2000 yılında ABD tarımına 15 milyar dolarlık bir katkı sağladığı bilinmektedir (Yıldırım, 2012).

Bal arıları ve özellikle de *A. mellifera* dünya çapında monokültür tarım yapılan alanlarda ekonomik açıdan en değerli tozlayıcı olmaya devam etmektedir (Watanabe, 1994; Roubik, 2002). Bu tozlayıcılar olmadan bazı meyve, tohum ve sert kabuklu yemiş ürünlerinin verimi %90'dan fazla düşmektedir (Southwick and Southwick, 1992). Yabani arılar tarım alanlarında bulunmadığında, çiftçilerin ürün tozlaşmasını sağlamaları için genellikle tek çözüm, bal arılarının mevcut alana insan eliyle yerleştirilmesidir. Birçok yabani arıyla karşılaştırıldığında, bal arıları çok yönlü, ucuz ve kullanışlıdır (Torchio, 1990; Richards, 1996; Westerkamp and Gottsberger, 2000)

Dünya'da tarımsal üretimde tozlaşma yapması amacıyla kullanılan arılar; bal arıları (*Apis* sp.), bombus arıları (*Bombus* sp.), *Osmia* spp., *Megachile rotundata* (Fabricius, 1787) türü ve *Nomia melanderi* Cockerell, 1906 türleri'dir (Free, 1993; Dabak ve Özenirler, 2016).



Şekil 3. Bal arısı (Anonymous, 2025), Şekil 4. Arılar tarafından tozlanan ve tozlanmayan alanların farkı (Anonim, 2025d).

Sonuç ve Öneriler

Türkiye'nin coğrafi açıdan kavşak görevi gören bir konumu ve bu konumun getirdiği zengin biyoçeşitliliği, birçok ülkeye göre halen daha kirlenmemiş toprak ve su kaynaklarına sahip olması, organik tarıma ilişkin güçlü bir ulusal mevzuatının bulunması, geleneksel ve köklü bir üretim hafızasına sahip olması, organik tarım ve organik arıcılık yönünden ülkemizi avantajlı kılan özellikleridir. Ülkemizin organik tarım yönünden dezavantajları ise, organik üretim ve organik arıcılık girdilerinin pahalı olması, organik ürün arzının bütün bir yıla yayılamamış olması, organik ürünlerin ve organik arıcılığın tüketici ve üreticiler tarafından henüz tam olarak bilinmemesi ve benimsenmemesi, kimyasal girdiler yerine organik tarımda kullanımına izin verilen yerli ürünlerin az olması gibi nitelikleridir. Organik tarım ve organik arıcılık açısından gerekli olan durumlar ise, yüksek teknolojik yaklaşımlarla maliyetleri düşürücü tedbirlerin alınması gerekliliği, tedarik zincirlerinin kısalması, ürün kayıpları ve israfın önüne geçilmesi, ıslah çalışmaları yapılarak hastalık ve zararlılara dayanıklı çeşitler üretilebilmesi için çok disiplinli ve yenilikçi yöntemler ortaya konulması şeklindedir.

Sürdürülebilir bir gıda sistemi, AB Yeşil mutabakatının en önemli esaslarından birisidir. AB Yeşil mutabakatının çiftlikten çatala stratejisi çerçevesinde, 2030 yılına kadar AB'ne dahil olan tarım arazilerinin en az %25'lik bir kısmının organik tarım alanlarından oluşması amaçlanmaktadır (European Commission, 2021). Türkiye'nin en fazla organik ürün ihraç ettiği ülkeler, Avrupa Birliği ülkeleri, ABD ve Japonya olurken, bu ülkelerde her geçen gün artan organik ürün taleplerinden dolayı ülkemizde de organik üretimin yaygınlaşacağı öngörülmektedir. 2030 yılına kadar ise organik gıda pazarında büyüme oranının yıllık %15-20 oranlarında olacağı düşünülmektedir (Marangoz and Kumcu, 2018).

Türkiye'nin biyoçeşitliliğinin yüksek olması, toprak ve su yapısının organik tarıma uygunluğu ülkemizi organik tarım açısından yüksek potansiyelli hale getirmektedir. Özellikle COVID-19 pandemisi ve sonrasında yaşanan süreçler sağlıklı beslenmeye olan ihtiyacın her geçen gün artması, kaliteli ve kontrollü üretime yani organik tarıma ve organik ürünlere ve bu kapsamda organik arıcılığa olan ilgi ve ihtiyacı da arttırmıştır. Ülkemizin şu an mevcut olan organik ürün pazarının korunabilmesi ve geliştirilebilmesi, üretimin sürdürülebilir olmasını, dolayısıyla organik üretime olan tüketim talebinin ve üretimin arttırılmasını gerektirmektedir. Ülkemizde 2030 yılına kadar organik üretimde artış sağlanabilmesi için, organik tarım yapılan alanlarda artışa gidilmeli, organik gıda zincirinin geliştirilmesi, üretim artışı için gereken kısa, orta ve uzun vadeli hedeflerin belirlenmesi, uygulanması ve organik üretimde temel darboğazlar olan yerli tohum ve girdilerin artırılması gerekmektedir. Organik ürün yetiştiriciliğinde ucuz ve kolay girdi temin edilmesi üretim maliyetlerinin düşmesine yol açarak, üretimi arttırabilecektir. Bunun yanı sıra, devletin organik üretimi desteklemesi ve ihracatın kolaylaştırılması da sürdürülebilir üretimi arttıracak faktörlerdendir. Sonuçlara bütüncül olarak bakıldığında, arıcılığın organik tarımın ayrılmaz bir parçası olduğu anlaşılmaktadır. Arıcılığın düzenleyici olarak ekolojiye katkısı, ekonomiye ve sürdürülebilir gıda sistemlerindeki rolüne de katkı yapar durumdadır. Arıların pestisitlerden korunması, küresel ısınma ve iklim değişikliği için güçlü bir silahımız olan organik tarım ve bunu destekleyici nitelikteki organik arıcılığa yapılan teşvik ve desteklerin sürdürülmesi, artırılması ve buna yönelik politikaların güçlendirilmesi, hem tarımın hem de biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği için kritik önemdedir.

Türkiye'nin organik tarım üretimi yapma ve bu konuda arıcılığın katkılarıyla ilgili olarak alınabilecek bazı tedbirler bulunmaktadır. Bu tedbirler şunlar olabilir;

-Organik üretimde Ata tohumlarının kullanılması ile yerli tohum üretiminin yurt içinde artırılması ve bunun sonucu olarak da ülkemiz koşullarına uyum sağlamış yerli tohumların yaygınlaştırılması

-Organik üretimde ve organik arıcılıkta küçük üreticilerin yaptıkları masrafları ve sertifika ücretlerini rahat karşılayabilmeleri için küçük işletmelerin faaliyetlerinin desteklenmesi ve teşvik edilmesi

-Organik yetiştiricilik ve organik arıcılık yapan üreticilerin, teknik bilgilerinin artırılması ve organik üreticiliğin teşvik edilmesi için üreticilere ve tüketicilere organik ürünlerin tanıtımının yapılması, faydalarının aktarılması ve tüketicilerin sağlıklı gıdalara ulaşımının kolaylaştırılması

-Organik üretim ve organik arıcılık yapan çiftçi, işletmeler ve işleme sanayi için organik pazarlar kurularak, pazar desteği sağlanmalıdır. Ayrıca, ürünlerin pazarlanmasında ortaya çıkan sorunların aşılabilmesi için kooperatif kurulumu ve e-ticaretin yaygınlaştırılması, sektör ve devlet tarafından yardımcı olunması ve böylelikle ürünlerin katma değerli olarak satılabilmesinin önünün açılması

-Organik ürünlerde maliyetleri azaltıp, verimde artışı sağlayacak yerli üretim girdileri, biyolojik gübre ve biyolojik mücadele preparatları v.b. için AR-GE faaliyetlerinin devlet ve özel sektör tarafından sağlanması veya teşvik edilmesi

-Organik tarım ve organik arıcılık yapan üreticilere, yapılan ödeme ve desteklerde, AB teşviklerinin esas alınması, üreticilerin üretim kapasitelerinin artırılması ve karşılaşmış oldukları yapısal sorunların ortadan kaldırılması, organik olmayan ürünlerin, organikmiş gibi satılmasının önüne geçilmesi, böylece üreticilerin kazandıkları gelirlerin onları tatmin edecek düzeye ulaştırılması

-Organik üretim ve organik arıcılık veri tabanlarının oluşturulması, ayrıca farklı paydaşlar tarafından toplanan verilerin tek bir çatı altında toplanarak sağlıklı veri akışının sağlanması, yeterli istatistiki verilerin elde edilmesi ve bu verilerin sürekli olarak güncellenmesi

-Organik tarım ve organik arıcılık konularında yer alan bütün paydaşların; Organik Tarım Komiteleri, İl Tarım ve Orman Müdürlükleri, STK'lar, Belediyeler, Üretici Örgütleri (Ziraat Odaları, dernekler vb.) , ve üreticilerin işbirliği yapması ve koordine şekilde çalışması

-Çiftçilere danışmanlık yapabilecek tarımsal danışmanlık firmalarının kurulumunun kolaylaştırılması ve desteklenmesi

-Organik tarımla birlikte yapılabilecek, agroturizm, ekoturizm, organik pazarlar, işlenmiş organik ürünler v.b. gibi alternatif gelir kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve çoğaltılması

-Organik üretimde ve organik arıcılıkta karşılaşılan büyük sorunlardan biri olan hastalık ve zararlıların mücadelesinde yerli çözümlerin geliştirilmesi, böylece pestisit-insektisit kullanımının azaltılarak, çevre kirliliğinin de önüne geçilmesi

-Ülkemizin organik ürün ihracatında önemli bir yer tutan Avrupa Birliği ülkelerine ihracatta sorun yaşanmaması için AB mevzuatına uyumlu hareket edilmesi ve Türkiye'nin yeşil mutabakat planına uyum çabalarının sürdürülmesi

-Organik üretimde üreticilerin, alıcıların ve tüketicilerin zarar görmemesi için mutlaka üretim planlamalarının yapılması, bu düzenlemelere göre desteklenmesi ve ihraç edilen organik ürünlere marka özelliği kazandırılarak ihracat yapılması

-Organik üretim ve organik arıcılıkta görülen bir eksiklik olan kalifiye işgücü eksikliğinin giderilmesi

-İklim değişikliğine ve kuraklığa adapte olabilecek organik ürünlerin yetiştiriciliğinin de dikkate alınması, ayrıca organik tarım yapılan arazilerde tozlayıcı türler için ve özellikle de arılar için çeşitli alanlar oluşturulması

-Organik tarım üretimi yapılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, üretimden tüketim aşamasına kadar ürün ve gıda kayıplarının minimum düzeye düşürülmesi

-Koloninin genel durumu ve arıların sağlığının anlaşılabilmesi için kovanlarda dijital izleme sensörlerinin kullanılması

-Organik ürünlerin satış ve ihracatında rekabet ettiğimiz Balkan ülkeleri, Doğu Avrupa ülkeleri ve Akdeniz ülkelerindeki gelişmelerin yakından takip edilmesi, ülkemizde yapılacak yasal düzenlemelerle kontrol/sertifikasyon ve denetim mekanizmalarının geliştirilerek uygulanması, böylelikle ürünlerimizin ihracattan geriye dönmesinin önlenmesi

KAYNAKLAR

- Altieri, M.A. and Letourneau, D.K., (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- Andersson, G.K.S., Rundlöf, M. and Smith, H.G. (2012). Organic farming improves pollination success in strawberries. *Plos One*, 7 (2): 31599.
- Anonim. (2025a). <https://www.tarimhukuku.org/organik-tarim-mevzuati-ve-sertifikasyon-surecleri/> (Erişim Tarihi:21.11.2025)
- Anonim. (2025b). <https://seeklogo.com/vector-logo/174790/organik-tarim> (Erişim Tarihi:18.11.2025)
- Anonim. (2025c). <https://www.octoen.com/tr/blog/organik-tarim-nedir-nasil-yapilir> (Erişim Tarihi:21.11.2025)
- Anonim. (2025d). <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5965/Kuresel-Iklim-Degisikliginin-Aricilik-Uzerindeki-Etkileri-Mercek-Altina-Alindi> (Erişim Tarihi:04.12.2025)
- Anonymous. (2025). <https://www.beenomix.com/en/> (Erişim Tarihi:05.12.2025)
- Cengiz, M.M. (2013). Doğal mera alanlarının arıcılık ve organik bal üretimi açısından önemi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, Aralık. 14-16 s.
- Çakmakçı, R. ve Erdoğan, Ü. (2015). Organik Tarım. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No: 236 (3), 369 pp.
- Dabak, T. and Özenirler, Ç. (2018). Using commercial cumblebees in the pollination of field grown tomatoes a case study: “Caged Tomatoes in Open Fields”. *Mellifera*, 18 (1): 15-21.
- European Commission. (2021). Organic action plan. European Commission:<https://ec.europa.eu/info/food-farmingfisheries/farming/organicfarming/organic-action-planen> (Erişim Tarihi:30.10.2025)
- FAO. (2022). Food and agriculture organization of the United Nations. (2022). Faostat statistical database. [Rome] (Erişim Tarihi:1.12.2025)
- FAO. (2025). https://www.fao.org/pollination/about/?utm_source (Erişim Tarihi:16.09.2025)
- FIBL-IFOAM. (2021). The world of organic agriculture. Statistics and Emerging Trends 2021. (H. Willer, J. Travnicek, C. Meier, & B. Schlatter, Dü) IFOAM, Bonn and FIBL, Frick.
- FIBL-IFOAM. (2023). The world of organic agriculture statistics and emerging trends 2023. (H. Willer, B. Schalatter, & J. Travnicek). Research Institute of Organic Agriculture FIBL, Frick, and IFOAM-Organics International, Bonn. Online Version 2 of February 23.
- Free, J. (1993). Insect pollination of crops. Academic Press, London-New York. 172-180 pp.
- Gabriel, D. and Tschardtke, T. (2007). Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118: 43-48.
- Kaftanoğlu, O. (2003). Ekolojik ve organik arı ürünleri üretimi. 2. Marmara Arıcılık Kongresi Bildiri Kitabı. Yalova, 209 p.

- Kaufman, P.B. (1989). *Biology and Importance*. Haber & Row Publisher, New York, 757 p.
- Kılıçın, T., Akdeniz, G., Aktürk, S., Kabakçı, D., Karataş, Ü., Özkaya, Y., Ceyhan, V., Kısaç, A. ve Çankaya, S. (2019). Türkiye’de organik arıcılık işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısının incelenmesi. Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Ekonomisi Araştırmaları Grubu Proje Değerlendirme Toplantısı Kararları (Tagem/Tead/17/A08/P01/003).
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. and Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: biological sciences*, 274 (1608), 303-313.
- Marangoz, M. and Kumcu, E. (2018). Organic products market structure and development potential. 1st International Economics and Business Symposium “Sustainable Development in All Dimensions” Proceeding and Abstract Book. Gaziantep, Turkey.
- Ministry of Agriculture. (2019). Nacionalni pcelarski program za razdoblje od 2020.do 2022. Godine (in Croatian). Ministry of Agriculture, pp. 1-37. <https://www.apprrr.hr/wp-content/uploads/2019/10/Nacionalni-p%C4%8Delarski-program-2020.-2022.pdf>.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A. and Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853-858.
- Öder, E. (1989). *Bal Arılarının Beslenmesi*. Hasad Yayıncılık, Sultanahmet-İstanbul, 327 s.
- Richards, K.W. (1996). Comparative efficacy of bee species for pollination of legume seed crops. In *The conservation of bees* (ed. A. Matheson, S. L. Buchmann, C. O’Toole, P. Westrich & J. H. Williams), pp. 81-103. London, UK: Academic Press.
- Roubik, D.W. (2002). The value of bees to the coffee harvest. *Nature* 417: 708. (doi:10.1038/417708a)
- Southwick, E.E. and Southwick, Jr.L. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*. 85, 621-633.
- TOB. (2021a). İhracat verileri. BÜGEM (Bitkisel Üretim Daire Başkanlığı).
- TOB. (2021b). Organik Tarım İstatistikleri. Tarım ve Orman Bakanlığı: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler> (Erişim Tarihi:25.09.2025)
- Torchio, P.F. (1990). Diversification of pollination strategies for U.S. crops. *Environmental Entomology*. 19, 1649-1656.
- Watanabe, M.E. (1994). Pollination worries rise as honey bees decline. *Science* 265, 1170.
- Westerkamp, C. and Gottsberger, G. (2000). Diversity pays in crop pollination. *Crop Sci.* 40, 1209-1222.
- Yıldırım, E. (2012). Arılar (Apidae: Hymenoptera) Tozlaşma ve Pestisitlerin Etkileri. *Ekonomik ve Teknik Dergisi*, Sayı: 601, 90-93.

BÖLÜM 2

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE BUĞDAYDA ZARARLI *HAPLOTHRIPS TRITICI* *KURDJ.* (THYSANOPTERA: PHLAEOTHIRIPIDAE)'NİN BİYOLOJİSİ VE ZARAR DURUMU ÜZERİNDE ARAŞTIRMALAR¹

Celalettin GÖZÜAÇIK², Vedat KARACA³

¹ Bu çalışma TAGEM-BS-11 / 07-01 / 01-19 nolu projenin 2011-2012 yılları arasında yapılan çalışmaları içermektedir. Aynı zamanda özet olarak VII International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2016" Jahorina, October 06-09, 2016, Bosnia and Herzegovina kongresinde sunulmuştur.

² Prof. Dr. Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Iğdır, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-5643-7663 cgozuacik46@gmail.com

³ Zir. Yük. Müh. Ziraî Mücadele Araştırma Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-1144-047x vedatkaraca@hotmail.com

GİRİŞ

Buğday, insanoğlunun önemli temel besin kaynaklarından biri olup, Türkiye’de çok geniş alanlarda yetiştirilmektedir. TÜİK (2024) 2024 yılı verilerine göre, 70,2 milyon dekar alanda buğday üretimi yapılmış ve toplam 20,8 milyon ton ürün elde edilmiştir. Çalışmaların yürütüldüğü Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde (Diyarbakır, Mardin ve Şanlıurfa) ise yaklaşık 16 milyon dekar alanda hububat ekimi yapılmaktadır. Hububatın birçok zararlısı bulunmakta ve bunlar içerisinde ilk sırayı Süne (*Eurygaster* spp.)’dir almaktadır. Ancak bunun dışında çok geniş alanlarda olmasa da bazı yıllar buğdayda beslenen thripslerin zararıyla ilgili üretici şikâyetleri olmaktadır. Ülkemizde, Orta Anadolu Bölgesinde buğdaylarda *Haplothrips tritici* Kurdj., *Sitothrips arabicus* Priesner, *Frankliniella tenuicornis* (Uzel), *Thrips tabaci* Lindeman, *Aptinothrips rufus* (Gmelin), *Anaphothrips obscurus* (Müler), *Taeniothrips meridionalis* Priesner, *Limothrips denticornis* Haliday, *Limothrips angulicornis* Jablonowski, *Aeolothrips collaris* Priesner ve *Chirothrips manicatus* Haliday thrips türleri tespit edilirken bu türler içerisinde *H. tritici*’nin en önemli ve hakim tür olduğu bildirilmiştir (Tunç, 1975). Güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılan çalışmalarda ise, thripsler içerisinde en yaygın ve hakim türün buğday tripsi, *Haplothrips tritici*’nin olduğu belirtilmiştir (Karaca ve ark., 2007). Bu türün, Türkiye’de neredeyse tahıl üretimi yapılan tüm alanlarda en yaygın baskın olduğu kaydedilmiştir (Özsisi, 2011, Tunç ve ark., 2012a, Tunç vd. 2012b, Demirözer ve Bilginturan, 2014). Tripsler genellikle bayrak yapraklarının kınlarının altında, gövde üzerinde, yapraklarda ve başaklarda beslenirler. Ergin ve nimflerinin sayısının yoğun bir şekilde artması durumunda, beslendikleri bitki kısımlarının hücre içeriklerini emerek gümüşü bir zarar şekline neden olurlar (Larsson, 2005, Gaafar & Volkmar, 2010). Aynı zamanda, buğday taneleriyle beslenerek tanelerin deforme olmasına, büzülmesine ve dökülmesine neden oldukları (Lewis, 1973), ekonomik zarar eşiğinin Bielza et al. (1998), İspanya’da başak başına 17 larva olduğunu belirtirken, Freier et al. (1982) ve Seidel et al. (1983) ise, eşiğin 5-10 trips/başak ve 30’dan fazla larva ve ergin/başak olarak bildirilmiştir.

Ülkemizde *Haplothrips tritici* ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, popülasyon gelişimi, bazı biyolojik özellikleri, bitki fenolojisiyle ilişkileri ve zararı üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmalar, 18.04.2011-17.06.2011 ve tarihleri arasında Şanlıurfa (Bozova - Çatak ve Viranşehir-Gönüllü) ve Mardin (Mazıdağ - Arıköy) illerinde, 18.04.2012-02.06.2012 ve tarihleri arasında ise Mardin (Kızıltepe – Alakuş, Ortaköy) ilinde insektisit uygulanmayan buğday tarlalarında yürütülmüştür.

***Haplothrips tritici*’nin doğada biyolojisi, popülasyon değişimi ve bitki fenolojisi ile olan ilişkilerin belirlenmesi**

Çalışmalar Şanlıurfa (Bozova - Çatak ve Viranşehir-Gönüllü) ve Mardin (Mazıdağ - Arıköy) illerinde farklı ekosistemlerde insektisit uygulanmayan 1’er dekarlık buğday tarlalarında bitkinin kardeşlenme döneminden buğday hasadına kadar 7 gün aralıklarla yürütülmüştür. Her tarlanın 10 farklı noktasından tesadüfi olarak 10 bitki; başaksız dönemde bitkinin tamamı, başaklı dönemde ise sadece başak makasla bitkinin üst internodininin biraz altından kesilerek kağıt torbalara alınmış, torbaların ağzı tel zımba ile kapatılarak polietilen torbalarda ve etiket bilgileri ile bitkinin fenolojik dönemi kaydedildikten sonra buz kabı içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda önce beyaz leğen içerisine silkeyerek ve

daha sonrada stereo-mikroskop altında başaklar pens yardımıyla açılarak incelenmiş ve böceğin biyolojik gelişim dönemleri ve sayıları kaydedilmiştir.

***Haplothrips tritici*'nin zararını belirlemesi**

Denemeler, Alakuş ve Ortaköy'de (Mardin – Kızıltepe) yer alan buğday tarlalarında biri kontrol olmak üzere her biri 0.5 dekarlık parsellerden oluşan toplam 2,5 dekarlık alanlarda kurulmuştur. Kontrol parseli sapa kalkma döneminden hasada kadar bitkinin fenolojik dönemleri dikkate alınarak “çiçek oluşumu – süt olum dönemi”, “süt olum – hamur olum dönemi” ve sarı olum dönemlerinde Gamma-Cyhalothrin 60 g/l (CS) (7.5 ml/da) ile ilaçlanmıştır. Parsellerdeki örneklemeler haftada bir olmak üzere tesadüfi olarak parselin 5 farklı noktasına 1/4m²'lik demir çerçeve bırakılmış ve her çerçeve içerisinde yine tesadüfi olarak 5 başak makasla buğdayın üst internodunun biraz altından kesilerek polietilen torbalara alınmıştır. Örnekler buz kabı içerisinde laboratuvara getirilerek sayım işlemleri yapılana kadar buzdolabında +4 C°'de bekletilmiştir. Sayımlar stereo-mikroskop altında yapılmıştır. Sayımlara hasada kadar devam edilmiş ve hasatla birlikte bu alanların her parselinden tesadüfi olarak 5 farklı noktasında ¼ m²'lik demir çerçeve içerisine giren bitkiler biçilerek analizleri için laboratuvara getirilmiştir. Buğday başaklarındaki tane sayıları, Zeleny sedimentasyon ve Gluten indeks (%) analizleri ile lekeli tane sayıları belirlenmiştir.

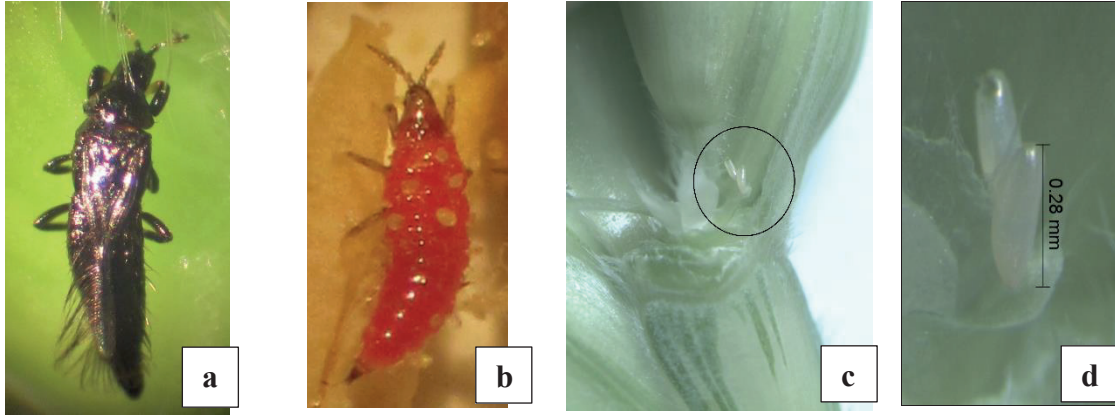
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

***Haplothrips tritici*'nin doğada biyolojisi ve popülasyon gelişimi**

a) Biyolojisi

Ergin vücudu uzun, ince ve siyah-kahverengi ile siyahtır (Şekil 1a). Dişi 1,5-2,2 mm ve erkek uzunluğu 1,2-1,3 mm uzunluğundadır. Antenin apikal kısmındaki 2. anten segmenti sarımsı kahverengi; 3.sü sarı, uçta kararmış, iki sensilla taşır; 4.sü tabanda ve her iki yanda sarımsı; 5. segment sadece en uç tabanda sarımsı kahverengidir. Ön tibia taban ve kenarlar hariç sarı, ön tarsus sarıdır. Kanatlar 5-8 kirpikli, şeffaf, tabanda kararmıştır (AgroAtlas, 2025). Yumurta, bizim ölçümlerimizde ortalama 0,3 mm uzunluğunda şeffaf görünümündedir (Şekil 1d). Hasattan sonra ilkbahara kadar larva döneminde toprakta ve anızların arasında geçirirler. İlkbaharda yüzeye çıkarlar ve burada karmaşık bir metamorfoz geçirirler (pronimf, nimf I, nimf II, ergin). Larva gelişiminin bir kısmı toprak içerisinde gerçekleşir. Yetişkinlerin yumurtalıkları henüz olgunlaşmamıştır ve bu yüzden beslenmeye ihtiyaç duyarlar. Dişilerin yumurta sayısının 13-30 olduğu tahmin edilmektedir. Yumurtalar 6-11 gün içinde gelişir. Birinci dönem larvalar yumurtadan ilk çıktıklarında yeşilimsi sarı renktedir, birkaç saat sonra kırmızımsı bir renk alır ve ilk gömlek değiştirdikten sonra parlak kırmızıya döner (Şekil 1b). Yılda bir nesil oluştururlar (AgroAtlas, 2025).

Ergin bireyler buğdayın kardeşlenme-sapa kalkma dönemleri arasında görülmüş, dişi bireyler yumurtalarını buğdayın başaklanma döneminden süt olum dönemi başlangıcına kadar serbest olarak kavuz aralarına (özellikle dip kısmına) bıraktığı tespit edilmiştir (Şekil 1c). Yumurta sayımlarında en fazla yumurta 02.05.2012 tarihinde Ortaköy deneme alanında buğdayın süt olum dönemi başlangıcında ortalama 9,2 yumurta/başak olarak kaydedilmiştir.

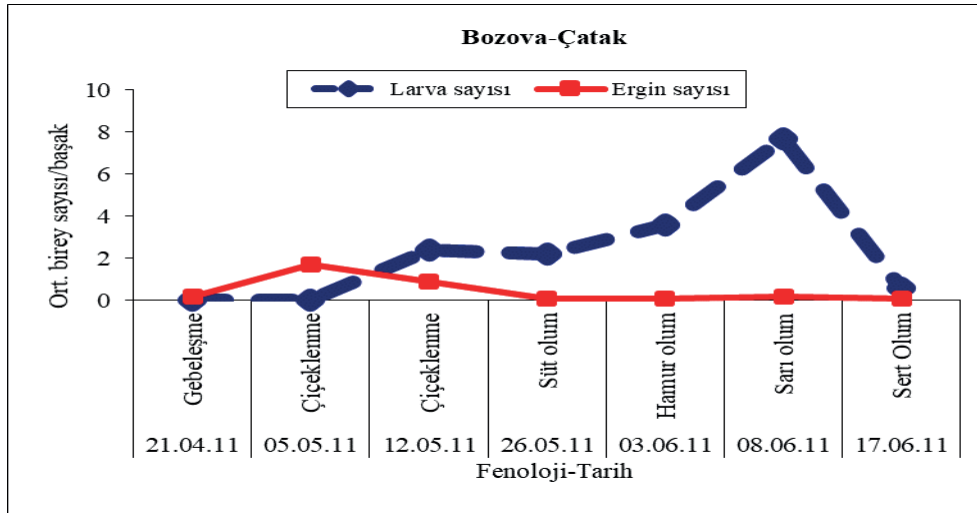


Şekil 1. *Haplothrips tritici*'nin a) ergini, b) larvası c, d) yumurtası (Foto: C.GÖZÜAÇIK®)

Çalışma alanlarında böceğin ovipozisyon süresi iklim koşullarına bağlı olarak ortalama bir hafta sürdüğü görülmüştür. Larvalar yaklaşık bir haftada yumurtadan çıkış yapmışlardır.

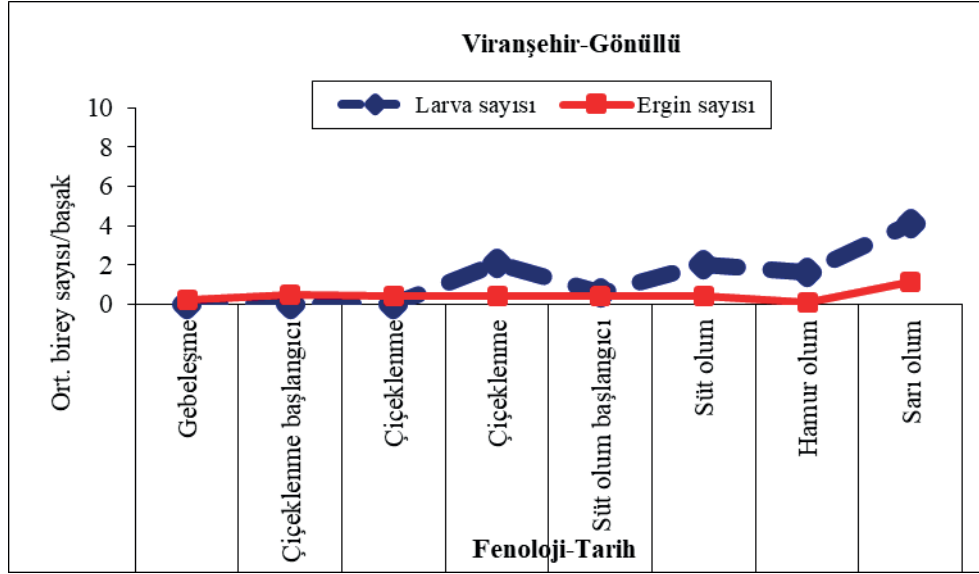
b) Popülasyon gelişimi

Buğday tripsinin başaktaki popülasyon gelişimleri 2011 yılında Şekil 2, 3, 4 ve 2012 yılında Şekil 5 ve 6 gösterilmiştir.



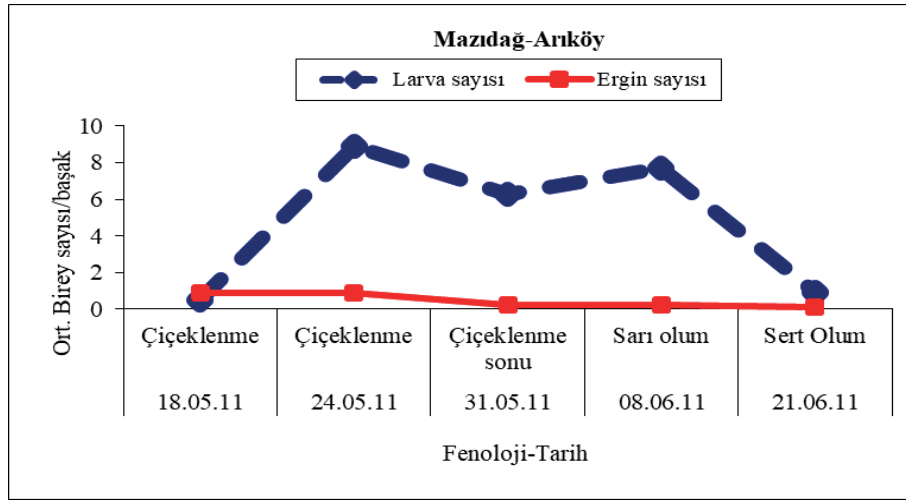
Şekil 2. Çatak'ta (Şanlıurfa - Bozova) 2011 yılı *Haplothrips tritici*'nin ergin ve larva popülasyon gelişimleri

Çatak'ta (Şanlıurfa – Bozova), erginler buğdayın gebeleşme döneminden sert olum dönemine kadar ki sürede görülmüştür. En yüksek sayı 5 Mayıs'ta bitkinin çiçeklenme döneminde (1,7 ergin/başak) kaydedilmiştir. Larvalar ise çiçeklenme sonunda (12 Mayıs) görülmüş, en yüksek sayıya ise bitkinin sarı olum döneminde (7,7 larva/başak) ulaşmıştır (Şekil 2).



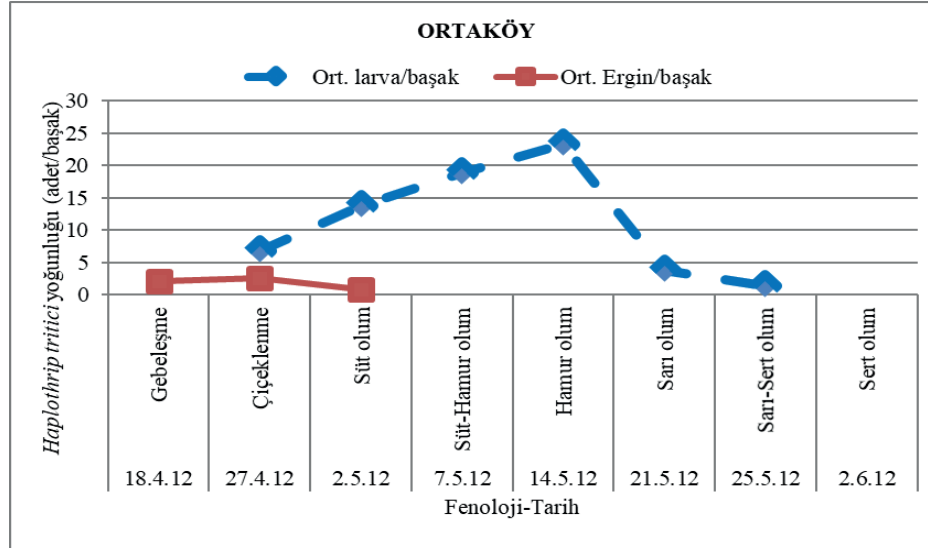
Şekil 3. Gönüllü’de (Şanlıurfa –Viranşehir) 2011 yılı *Haplothrips tritici*’nin ergin ve larva popülasyon gelişimleri

Gönüllü’de (Şanlıurfa-Viranşehir), erginler buğdayın çiçeklenme döneminden sert olum dönemine kadar ki sürede görülmüştür. En yüksek sayı 8 Haziran’da bitkinin sarı olum döneminde (1,1 ergin/başak) kaydedilmiştir. Larvalar ise çiçeklenme sonunda (12 Mayıs) görülmüş, en yüksek sayıya ise bitkinin sarı olum döneminde (4,1 larva/başak) ulaşmıştır (Şekil 3).



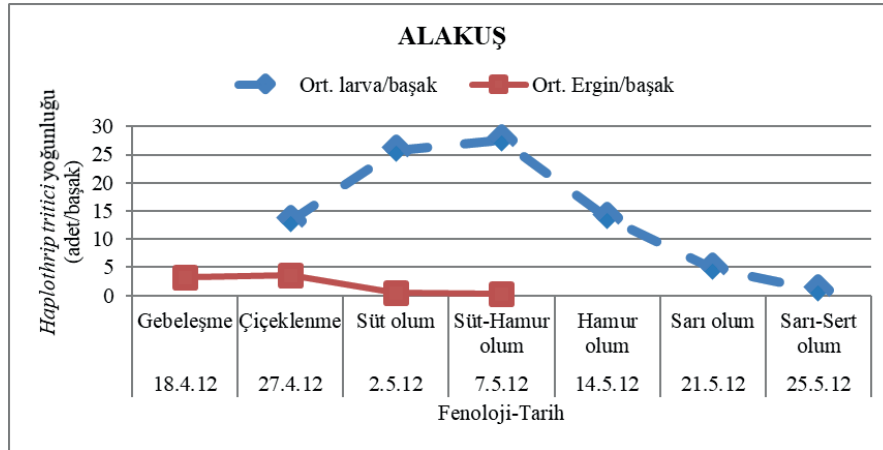
Şekil 4. Arıköy’de (Mardin – Mazıdağ) 2011 yılı *Haplothrips tritici*’nin ergin ve larva popülasyon gelişimleri

Arıköy’de (Mardin-Mazıdağ), erginler buğdayın çiçeklenme döneminden sert olum dönemine kadar ki sürede görülmüştür. En yüksek sayı 18 Mayıs’ta bitkinin çiçeklenme döneminde (0,9 ergin/başak) kaydedilmiştir. Larvalar ise çiçeklenme sonunda (24 Mayıs) görülmüş, en yüksek sayıya, bitkinin sarı olum döneminde (8,9 larva/başak) ulaşmıştır (Şekil 4).



Şekil 5. Ortaköy’de (Mardin-Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*’nin ergin ve larva popülasyon gelişimleri

Ortaköy’de (Mardin-Kızıltepe), erginler buğdayın çiçeklenme döneminden süt olum dönemine kadar ki sürede görülmüştür. En yüksek sayı 27 Nisan’da bitkinin çiçeklenme döneminde (2,2 ergin/başak) kaydedilmiştir. Larvalar ise çiçeklenme sonunda (27 Nisan) görülmüş, en yüksek sayıya ise 14 Mayıs’ta bitkinin sarı olum döneminde (21,2 larva/başak) ulaşmıştır (Şekil 5).



Şekil 6. Alakuş’ta (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*’nin ergin ve larva popülasyon gelişimleri

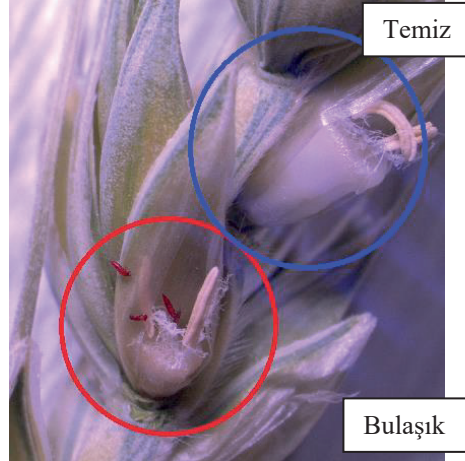
Alakuş’ta (Mardin - Kızıltepe), erginler buğdayın çiçeklenme döneminden süt olum dönemine kadarki sürede görülmüştür. En yüksek sayı 2 Nisan’da bitkinin çiçeklenme döneminde (0,5 ergin/başak) kaydedilmiştir. Larvalar ise çiçeklenme sonunda görülmüş, en yüksek sayıya ise 2 Mayıs’ta bitkinin süt olum döneminde (24,6 larva/başak) ulaşmıştır (Şekil 6).

Çalışmaların her iki yılda da erginler bireyler en fazla buğdayın çiçeklenme, larvalar ise tanenin sarı olum döneminde tespit edilmiştir. *Haplothrips tritici*’nin biyolojisiyle buğdayın fenolojik dönemleri arasında bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Başağın teşekkül etmesiyle ergin thripslerin buralarda beslendiği, çiçeklenme-süt olum dönemleri boyunca kavuzun iç kısmına yumurta bıraktığı, tane teşekkül etmeye başladığı çiçeklenme sonunda larvaların çıktığı ve tanelerin sertleşmeye başlamasıyla da, taneleri terk ettiği anlaşılmıştır. *H. tritici* yoğunluğunun genellikle buğday hamur – sarı olum döneminde en yüksek sayıya ulaşmıştır. Birinci yılda başaktaki ortalama trips sayıları dikkate alındığında yeterli böcek yoğunluğunun oluşmadığı

görülmektedir. Birinci yılda mart, nisan ve mayıs aylarındaki yağış ortalamasının (93,7 mm), ikinci yılda (42 mm) daha az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yağışın düşük, toprağın hafif ve kuru olduğu yıllarda trips yoğunluğunun ve zararının daha fazla olduğu (Lodos, 1993) yukarıda belirtilen bulguları güçlendirmektedir.

Haplothrips tritici'nin zararı

Haplothrips tritici'nin larvaları buğdayın embriyo gelişimi sonrası tohum taslağı kısmında (carpel) beslenerek tane oluşumunu engellemektedir. Beslenme sonucu bu tanelerin gelişmedikleri (kör tane) ve başakta tane kayıplarına neden oldukları görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. *Haplothrips tritici*'nin döllenme sonrası oluşturduğu zarar (Foto: C.GÖZÜAÇIK®)

Alakuş ve Ortaköy'deki deneme parsellerindeki çalışmalarda başaktaki trips yoğunluklarının; ürün (tane) kayıplarına (Çizelge 1 ve 2), Gluten indeks (%) ve Sedimentasyon (ml) değerlerine (Çizelge 3 ve 4), bin tane ağırlığına, lekeli tane oranlarına (%) (Çizelge 5 ve 6) değerlendirilmiştir.

a) Ürün kayıpları (%)

Çizelge 1. Alakuş'ta (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*'nin parsellerdeki yoğunlukları ve ürün kayıpları (%)

Parseller	Başakta (ort.) larva+ergin sayısı	Başakta ort. tane sayısı	m ² 'de ürün (gr)	M ² 'de ürün kaybı (gr)	Dekarda ürün kaybı (kg)	Dekarda ort. ürün kayıp oranı (%)
1	15,2	27,73	233,75	17,28	17,28	6,9
2	22,2	26,04	222,54	28,49	28,49	11,4
3	16,9	26,66	224,73	26,30	26,3	10,6
4	17,4	26,61	225,57	25,46	25,46	10,1
Kontrol	0,0	29,78	251,03	0,00	0,0	0,0
Ort.	17,93±2,93	26,76±0,34	226,65±1,56	24,38±1,56	24,4±1,56	9,75±0,66

Çizelge 1'de, buğday tarlasında çiçek - süt olum dönemlerinde 27.04.2012 ve 07.05.2012 tarihleri arasındaki sayımlarda ortalama 17,93 (larva+ergin/başak) *H. tritici*'nin 1 dekada

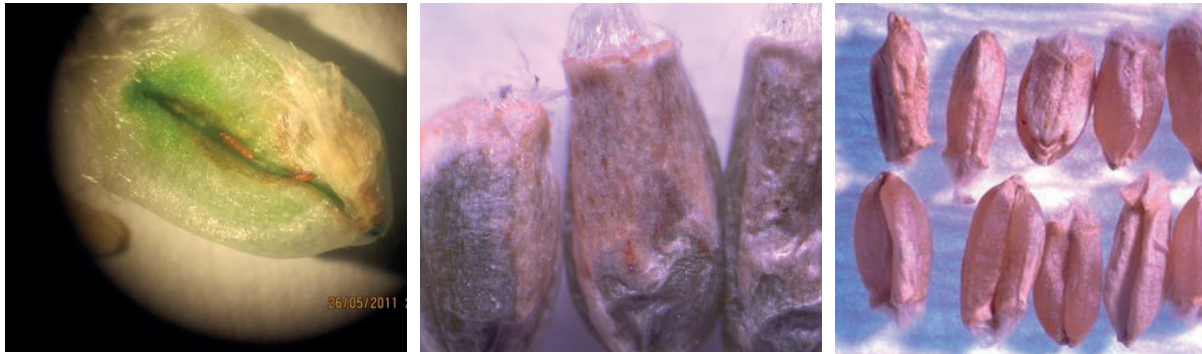
ortalama % 9,75 (24,4 kg/Da) oranında ürün (tane) kaybına neden olduğu belirlenmiştir (m²'deki başak sayısı 408,8 adet).

Çizelge 2. Ortaköy'de (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*'nin parsellerdeki yoğunlukları ve ürün kayıpları (%)

Parseller	Başakta (ort.) larva+ergin sayısı	Başakta ort. tane sayısı	M ² 'de ort. ürün (gr)	M ² 'de ort. kayıp ürün (gr)	Dekarda ort. ürün kaybı (kg)	Dekarda ort. ürün kayıp oranı (%)
1	10,3	24,7	327,49	14,99	14,99	4,4
2	11,5	24,68	327,23	15,25	15,25	4,4
3	7,4	24,95	330,81	11,67	11,67	3,4
4	6,5	25,25	334,79	7,69	7,69	2,2
Kontrol	0,0	25,83	342,48	0,0	0,0	0,0
Ort.	8,9±2,67	22,9±2,29	330,08±3,78	12,4±3,78	12,4±3,78	3,6±1,10

Çizelge 2'de, buğday tarlasında çiçek - süt olum dönemlerinde 27.04.2012 ve 07.05.2012 tarihleri arasındaki sayımlarda ortalama 8,9 (larva+ergin/başak) *H. tritici*'nin ortalama %3,6 (12,4 kg/Da) oranında, ürün kaybına neden olmuştur (m²'deki başak sayısı 534,2).

b) Kaliteye etkisi



Şekil 8. *Haplothrips tritici*'nin buğday tanesindeki zarar şekilleri (Foto: C.GÖZÜAÇIK®)

Çizelge 3. Alakuş'ta (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*'nin parsellerdeki yoğunlukları Gluten indeks (%) ve Sedimentasyon (ml) değerleri

Parseller	<i>H. tritici</i> sayısı/başak	Glüten index (%)	Sedimentasyon (ml)
1	13,4	93,6	71,0
2	27,2	90,6	69,0
3	22,1	88,3	69,0
4	19,5	97,3	65,5
Kontrol	0,0	90,6	70,0
Ortalama	20,6±3,92	92,5±3,89	68,6±2,87

Çizelge 3'te, Glüten indeks %92,5 ve sedimentasyon 68,6 ml olarak tespit edilmiş, kontrolle kıyasladığımızda tripsin (20,6 trips/başak) tane de beslenmesinin bu değerler üzerinde etkisi olmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 4. Ortaköy’de (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*’in parsellerdeki yoğunlukları, Gluten indeks (%) ve Sedimentasyon (ml) değerleri

Parseller	<i>H. tritici</i> sayısı/başak	Glüten index (%)	Sedimentasyon (ml)
1	13,8	97,3	69,5
2	18,5	99,5	65,5
3	7,9	82,0	68,0
4	6,8	95,7	65,0
Kontrol	0,0	99,8	68,5
Ortalama	11,8±6,46	93,6±7,91	67,0±2,12

Çizelge 4’te, Glüten indeks %93,6 ve sedimentasyon 67,0 ml olarak belirlenmiştir. Bu değerler kontrol değerleriyle karşılaştırdığımızda tripsin (11,8 trips/başak) buğday tanesinde beslenmesinin önemsiz olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 5. Alakuş’ta (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*’in parsellerdeki yoğunlukları ile buğday lekeli tane oranları (%)

Parseller	<i>H. tritici</i> sayısı/başak	Başaktaki lekeli tane (%)
1	13,4	49,8
2	27,2	81,7
3	22,1	82,4
4	19,5	70,1
Kontrol	0,0	0,0
Ortalama	20,6±3,92	71,0±6,91

Çizelge 5’te, Alakuş’ta buğday tarlasında bir başakta süt olum-sarı olum dönemlerindeki 02.05.2012 - 25.05.2012 tarihleri arası örneklemelerde ortalama 20,6 adet *H. tritici*’nin ortalama lekeli tane %71 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6. Ortaköy’de (Mardin – Kızıltepe) 2012 yılı *Haplothrips tritici*’in parsellerdeki yoğunlukları ve buğday lekeli tane oranları (%)

Parseller	<i>H. tritici</i> sayısı/başak	Başaktaki lekeli tane (%)
1	13,8	53,3
2	18,5	62,6
3	7,9	65,0
4	6,8	44,9
Kontrol	0,0	0,0
Ortalama	11,8±6,46	56,5±10,98

Çizelge 6’da, Ortaköy’de buğday tarlasında bir başakta süt olum-sarı olum dönemlerindeki 02.05.2012 - 25.05.2012 tarihleri arası örneklemelerde ortalama 11,8 adet *H. tritici*’nin ortalama lekeli tane %56,5 olarak tespit edilmiştir.

Haplothrips tritici dişileri yumurtalarını çiçeklenme dönemi başlarından itibaren kavuz içlerine bıraktığı, larvaların çiçeklenme sonu tanelerin oluşmaya başladığı dönemde görüldüğü, bu dönemde larvaların beslenme sonucu tane gelişimlerini engellediği (kör tane), tane teşekkülünden itibaren tanenin perikarpinde beslenmeye devam ederek tanelerin şeklinin bozulmasına neden olduğu, ileri dönemlere doğru kavuz içerisinde özellikle orta boşluklarda beslenerek lekeler oluşturduğu (Şekil 8), bu lekeler süt olum döneminde daha belirgin hale gelirken daha sonraki dönemlerde sadece tanenin yivinde beslenmeye devam ettiği belirlenmiştir. Czencz (1992), *H. tritici* yoğunluğunun buğday çeşitlerinde farklılık

gösterdiğini, başaktaki larva sayısı ile tohum oluk derinliği (yiv) arasında ilişki olduğunu ve yiv derinliği arttıkça trips sayısının arttığını bildirmiştir.

Buğdayın çiçek-süt olum dönemlerinde arasında başaktaki *H. tritici* sayısı_dikkate alındığında, Ortaköy’de bir başakta ortalama 8,9 14,3 (larva+ergin/başak) tripsin ortalama % 3,6 (12,4 kg/Da) oranında; Alakuş’ta ise, bir başakta yaklaşık 18 (larva+ergin/başak) tripsin ortalama %9,75 (24,4 kg/Da) oranında, ürün kaybına neden olduğu belirlenmiştir. Trips sayısı arttıkça zarar oranının arttığı görülmüştür.

Buğdayı süt olum - sarı olum dönemlerinde Alakuş’ta bir başakta ortalama 20,6 tripsin beslendiği tanelerde Glüten indeks %92,5 ve sedimentasyon 68,6 ml olarak tespit edilmiş, Ortaköy ise, bir başaki ortalama 11,8 tripsin beslendiği tanelerde Glüten indeks %93,6 ve sedimentasyon 67,0 ml olarak belirlenmiştir. Bu değerler kontrol değerleriyle karşılaştırdığımızda tripsin buğday tanesinde beslenmesinin önemsiz olduğu anlaşılmıştır. *H. tritici*’nin buğdayın un kalitesi üzerinde zararının olmadığı zarar görmüş tanelerde yapılan glüten ve sedimentasyon testlerinden anlaşılmıştır. Glüten hamurun iskeletini meydana getirir ve maya tarafından oluşturulan gazı tutarak ekmeğin meydana gelmesini sağlar (Elgün ve ark. 2001), buğday unundaki gluten miktarı ve kalitesi en önemli ekmeklik kalite parametresi olarak kabul edilmektedir (Curic ve ark. 2001). Alakuş’ta başakta ortalama 20,6 (trips/başak) trips bulunan buğdayda glüten indeksi %92,5 ve sedim oranı 68,6 ml, Ortaköy’de başakta ortalama 11,8 (trips/başak) trips bulunan buğdayda ise glüten indeksi %93,6 ve sedim oranı 67,0ml olarak belirlenmiştir. Elgün ve ark. (2002)’a göre, glüten indeks değerinin ekmeklik unlarda %60-90 ve sedimentasyon değerinin 36 ml’den yüksek değere sahip olması durumunda bu unların çok iyi gluten kalitesine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu durum dikkate alındığında tripsin buğdayın un kalitesi üzerinde bir etkisinin olmadığı kanısına varılmıştır.

Buğdayın süt olum-sarı olum dönemlerinde Ortaköy’de bir başakta 11,8 adet *H. tritici*’nin ortalama lekeli tane sayısı %56,5; Alakuş’ta ise, 20,6 adet *H. tritici*’nin ortalama lekeli tane oranı %71 olarak belirlenmiştir. Beslenme sonucu oluşan lekeli ve buruşuk taneler görünüş olarak bazı durumlarda çıplak gözle Süne (*Eurygaster* spp.) zararına benzetilebilir bu da ürünün pazar değerini düşürebilir.

Çalışmalar sonucunda, buğdayın başaklanma, çiçeklenme, süt olum, hamur olum, sarı olum ve sert olum dönemlerindeki trips sayıları dikkate alınarak yapılmıştır. Tane oluşumundan (dölllenme), tanelerin sertleşme dönemine kadar tanelerdeki hassasiyet değişmekte ve trips zararının da bu dönemlere göre farklı olduğu çalışmalardan anlaşılmıştır. *H. tritici*, zararı buğdayın fenolojik dönemleri dikkate alındığında buğday tripsinin çiçek-süt olum dönemindeki zararın süt-hamur ve süt-sarı olum dönemlerine göre daha önemli olduğu belirlenmiştir. Birinci aşamada çiçeklere ve yeni oluşan tanelere zarar verdiği ve tane oluşumunu engellediği için başakta tane kayıplarına neden olmuştur. Tanenin normal şekil ve büyüklüğünü aldığı diğer dönemlerde ise (süt-hamur-sarı olum) tanede şekil bozukluğu ve lekeler oluşturduğu, ancak tanede ekonomik olarak ağırlık kaybı oluşturmadığı ve un kalitesini bozmadığı analiz sonuçlarından anlaşılmıştır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- AgroAtlas, 2025. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Haplothrips_tritici/index.html. (Erişim: 14.09.2025)
- Bielza P., Torres-Vila-LM., Lacasa-A. 1998. Effect of cultivation on the survival of overwintering larvae of *Haplothrips tritici* Kurd. (Thysanoptera: Phlaeothripidae) Boletin-de-Sanidad-Vegetal,-Plagas. 1996, 22:2, 289-295; 15 ref.
- Czencz, K., 1992. A comparative investigation of the infestation of some winter-wheat types by *Haplothrips tritici* Kurd (Thysan, Phlaeothripidae). - Journal of Applied Entomology 113 (2): 209-213.
- Curic, D., Karlovic, D., Tusak, D., Petrovic, B., Dugum J., 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. Food Technology & Biotechnology, 39:353-361.
- Demirözer, O. & Bilginturan, S. 2014. Insect species associated with cereals in Lakes region of Turkey with distributional remarks and a new record. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(1): 3-13.
- Elgün, A., S. Türker ve N. Bilgiçli. 2001. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, Konya Ticaret Borsası, Yayın No: 2, Konya.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G., 2002. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu (Düzeltilmiş 3. Baskı). Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82, 245 s., Erzurum.
- Freier, B., Volkmar, C., Lübke, M. & Wetzel, T. 1982. Zur wirtschaftlichen bedeutung der ahrenschädlinge im getreidebau. *Wissensch Beitr*, 37: 116-127.
- Gaafar, N. & Volkmar, C. 2010. Evaluation of wheat ear insects in large scale field in central Germany. *Agricultural Sciences*, 1(2): 68-75.
- Karaca V., Gözüaçık C., Duman M., Mutlu Ç. 2004. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Buğdayda Zararlı Trips Türleri, Yayılış Alanları, Yoğunlukları, Konukçuları, Doğal Düşmanları ve Bazı Buğday Çeşitlerinin Reaksiyonunun Belirlenmesi. Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü, Diyarbakır, (Yayınlanmamış) 2005.
- Larsson, H. 2005. Aphids and Thrips: The dynamics and bio-economics of cereal pests. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 119: 7-42.
- Lewis, T. 1973. *Thrips, their Biology, Ecology and Economic Importance*. Academic Press, London and New York, 349 pp.
- Lodos N. 1993. Türkiye Entomolojisi III Genel, Uygulamalı ve Faunistik. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 456. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, p. 150.
- Özsisli, T. 2011. Population densities of wheat thrips, *Haplothrips tritici* Kurdjumov (Thysanoptera: Phlaeothripidae), on different wheat and barley cultivars in the province of Kahramanmaraş, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(36): 7063-7070.
- Seidel D., Wetzel, T. & Bochow, H. 1983. Pflanzenschutz in der pflanzenproduktion. *Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag*, 79-80.
- TUİK, 2025. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>, Tahıllar (Erişim tarihi: 14.09.2025)
- Tunç, İ., Ünal Bahşi, Ş. & Göçmen, H. 2012a. Thysanoptera fauna of the Aegean region, Turkey, in the spring. *Turkish Journal of Zoology*, 36(5): 592-606.
- Tunç, İ., Ünal Bahşi, Ş. & Sümbül, H. 2012b. Thysanoptera fauna of the Lakes region, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 36(4): 412-429.
- Tunç İ., 1975. Orta Anadolu Bölgesinde Buğdaylara Zarar Yapan Thrips Türleri ve *Haplothrips tritici* Kurdjumov'nin Biyo-ekolojisi Üzerinde Araştırmalar, Doktora Tezi, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Ankara, 120s.

BÖLÜM 3

AMARYLLIDACEAE ALKALOİDLERİNİN HERBİSİT ETKİNLİĞİ

Seçil EKER¹, Muhammed Akif AÇIKGÖZ²

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Orcid: 0000-0002-5409-6226

² Doç. Dr., Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Orcid: 0000-0003-2436-5605

GİRİŞ

Amaryllidaceae familyası, monokotiledon çiçekli bitkiler sınıfına ait, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak dağılım gösteren geniş bir taksonomik gruptur. Bu bitkiler yalnızca süs bitkisi olmalarıyla değil, aynı zamanda zengin alkaloid içerikleriyle de dikkat çekmektedir. Liycoreine, galantamine ve crinine gibi yapısal açıdan çeşitlilik gösteren alkaloidler, bu familyaya özgü biyolojik olarak aktif bileşikler arasında yer almaktadır (He ve ark., 2015; Bastida Armengol ve ark., 2011). Son yıllarda Amaryllidaceae alkaloidlerinin antimikrobiyal, antiparaziter ve nörolojik hastalıklara karşı etkileri gibi farmakolojik özellikleri ayrıntılı biçimde belgelenmiştir (Ka ve ark., 2020; Nair ve Van Staden, 2019). Bununla birlikte, bu alkaloidlerin fitotoksik ve potansiyel herbisidal etkilerine yönelik çalışmalar da giderek artmaktadır. Söz konusu bileşiklerin bazı bitki türlerinde çimlenmeyi inhibe ettiği, kök ve gövde gelişimini yavaşlattığı ve hücre bölünmesini bozduğu rapor edilmiştir (Masi ve ark., 2017; Soto-Vásquez ve ark., 2022). Günümüzde yaygın olarak kullanılan kimyasal herbisitlerin çevresel toksisiteleri, toprak mikrobiyotası üzerinde oluşturdıkları olumsuz etkiler ve hedef dışı organizmalara zarar verme potansiyelleri, bitkisel kökenli herbisitlere olan ilgiyi artırmıştır (Tripathi ve ark., 2020; Bhat ve ark., 2025; Swaine ve ark., 2025). Bu bağlamda Amaryllidaceae familyası, doğal ürünler açısından dikkate değer bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Galantamine türevleri ve sarniensine gibi bazı alkaloidlerin, hem böcek zararlıları hem de yabancı ot türleri üzerinde seçici fitotoksikite gösterdiği bildirilmiştir (Masi ve ark., 2017; Souto ve ark., 2021; Lyubenova ve ark., 2023). Son yıllarda, Amaryllidaceae familyasına ait çeşitli türler tarafından üretilen alkaloidlerin fitotoksik etkileri daha ayrıntılı biçimde incelenmeye başlanmıştır. Örneğin *Ismene* cinsine ait alkaloidlerin, bazı yabancı ot türlerinde çimlenmeyi doza bağlı olarak baskıladığı gösterilmiştir (Soto-Vásquez ve ark., 2022). Bu bulgular, Amaryllidaceae alkaloidlerinin seçici herbisit geliştirilmesi açısından dikkate değer adaylar olabileceğini göstermektedir. Ayrıca Souto ve ark. (2021), bu bileşiklerin tarımsal zararlıların kontrolünde kullanımına yönelik potansiyel mekanizmaları ayrıntılı biçimde analiz etmiştir (Aremu ve ark., 2024).

Bu çalışma, 2005–2025 yılları arasında yayımlanan bilimsel literatürün kapsamlı bir değerlendirmesini sunmayı ve Amaryllidaceae alkaloidlerinin herbisidal etkilerine odaklanmayı amaçlamaktadır. Derlemede alkaloidlerin kimyasal sınıflandırılması, etki mekanizmaları, ekotoksikolojik yönleri ve tarımsal uygulamalara potansiyel katkıları ele alınacaktır. Böylece, bu bileşiklerin botanik kökenleri ve sürdürülebilir tarıma entegrasyon olanakları bilimsel bir çerçevede tartışılacaktır. Amaryllidaceae familyası; *Narcissus* (nergis), *Galanthus* (kardelen), *Leucojum* (karçiçeği), *Crinum*, *Hippeastrum* ve *Lycoris* gibi cinsleri içermekte olup, bu bitkiler yalnızca süs bitkisi özellikleriyle değil, aynı zamanda zengin alkaloid içerikleriyle de öne çıkmaktadır.

1.1. Kimyasal Sınıflandırma

Amaryllidaceae familyasına ait alkaloidler, temel yapısal çekirdeklerine göre sınıflandırılan doğal bileşiklerdir. Bu sınıflandırma, yalnızca kimyasal benzerlikleri değil, aynı zamanda biyolojik aktivitelerle olan ilişkileri de ortaya koymaktadır. Liycoreine, galantamine, tazettine, crinine ve mesembrenone gibi başlıca yapılar, herbisidal potansiyelleriyle birlikte yapısal düzeyde belirgin bir çeşitlilik sergilemektedir. Bu alkaloidler, bitki büyümesini durdurarak ya da oksidatif stres indükleyerek fitotoksik etki gösterebilmektedir. Liycoreine tipi bileşikler ribozomal aktiviteyi inhibe ederek hücresel büyümeyi sınırlandırırken, galantamine tipi alkaloidler nörotransmisyon mekanizmalarını etkileyebilmektedir. Crinine ve tazettine türevleri ise mikrotübül yapıları üzerinden etki ederek hücre bölünmesini baskılamaktadır (Fattorusso ve Taglialatela-Scafati, 2007).

Amaryllidaceae familyasına ait *Narcissus*, *Crinum*, *Lycoris* ve *Hippeastrum* gibi cinslerde bu sınıflara dahil çok sayıda aktif bileşik tanımlanmıştır. 2005–2025 yıllarını kapsayan kapsamlı derlemeler, bu alkaloidlerin herbisidal etkilerle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Söz konusu bileşikler, hem yabancı otları doğrudan baskılayıcı etkiler göstermekte hem de seçici toksisiteyi sayesinde tarımsal uygulamalar açısından umut vadeden özellikler sergilemektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Alkaloidler ve Herbisidal veya Fitotoksik Aktiviteleri

Alkaloid Adı	Alkaloid Sınıfı / Kaynak	Herbisidal veya Fitotoksik Aktivitesi
Lycorine	Lycorine-tip / <i>Narcissus</i>	Fide gelişimi ve protein biyosentezini engeller.
Anhydrolycorine	Lycorine-tip	Protein biyosentezini engeller.
1-O-acetyllycorine	Lycorine-tip	Çimlenmeyi engeller.
Hippeastrine	Lycorine-tip / <i>Hippeastrum</i>	Tarla denemelerinde herbisit potansiyeli vardır.
Jonquilitine	Lycorine-tip / <i>Narcissus</i>	Fide gelişimini engeller.
Galantamine	Galanthamine-tip / <i>Galanthus</i>	Nematodlar ve yabancı otlar üzerine nörotoksik etkisi vardır.
Narwedine	Galanthamine-tip	Kolinesteraz inhibitörü.
Lycoramine	Galanthamine-tip	Fide kök inhibisyonu.
Caranine	Galanthamine-tip / <i>Crinum</i>	Kolinerjik bozulması.
Crinine	Crinine-tip / <i>Crinum</i>	Kök uçlarında mitozun engellenmesi.
Hamayne	Crinine-tip	Hücre bölünmesinin engellenmesi.
Undulatine	Crinine-tip	Mitozu engelleme potansiyeli.
Tazettine	Tazettine-tip / <i>Narcissus</i>	Fidelerde oksidatif stresin tetiklenmesi.
Vittatine	Tazettine-tip	Meristem dokusunun baskılanması.
Pancracine	Tazettine-tip	Bitki hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin üretimini etkiler.
Zephyranthine	Tazettine-tip / <i>Zephyranthes</i>	Test türlerinde büyümenin baskılanması.
Sarniensine	Mesembrine-tip / <i>Nerine</i>	Yabancı ot fidelerinin baskılanması.
Mesembrenone	Mesembrine-tip	Çimlenme yollarını engeller.
Homolycorine	Homolycorine-tip	Solunum engellenmesi.
O-methyllycorine	Homolycorine-tip	ROS üreten etmene etki eder.
11-hydroxyvittatine	Homolycorine-tip	Fotosentezi engeller.
Haemanthamine	Haemantamine-tip / <i>Haemanthus</i>	Ribozomun işlevini bozar.
Narciclasine	Haemantamine-tip	Güçlü herbisit etkisi vardır.
11-hydroxyhaemanthamine	Haemantamine-tip	Uzama bölgesini baskılar.
Montanine	Montanine-tip	Nükleik asit metabolizmasını değiştirir.
11-hydroxymontanine	Montanine-tip	Hücre uzamasını engeller.
Powelline	Montanine-tip / <i>Nerine</i>	Kök hücrelerini bozar.
Cherylline	Cherylline-tip	Allelopatik potansiyelini etkiler.
3-epicherylline	Cherylline-tip	Yabancı otların çıkışını geciktirir.
Isemine	Ismine-tip	Hipokotil uzamasını baskılar.
Isemine-N-oxide	Ismine-tip	Kotiledonların genişlemesini engeller.

1.2. Biyolojik Aktivite Mekanizmaları

Son dönem araştırmalar, Amaryllidaceae alkaloidlerinin belirli bitki türleri üzerindeki biyolojik etkilerinin test edilmesi yoluyla daha hedefe yönelik ve seçici etki mekanizmalarının ortaya konduğunu göstermektedir. Bu bağlamda model bitkiler, fitotoksik etkilerin ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Liycoreine ve tazettine gibi alkaloidlerin kök uzunluğu, hipokotil gelişimi ve çimlenme oranı üzerinde doza bağlı baskılayıcı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. İn vitro deneyler, bu bileşiklerin ribozomal protein sentezini inhibe ettiğini ve hücre bölünmesini engellediğini ortaya koymuştur (Matsuura ve Fett-Neto, 2015). *Lactuca sativa* L., allelopatik etkilerin değerlendirilmesinde geniş yapraklı bir model bitki olarak kullanılmaktadır. Haemanthamine gibi alkaloidlerin, bu türde özellikle meristematik dokularda mitotik aktiviteyi azaltarak hücrel farklılaşmayı baskıladığı gösterilmiştir. Aynı zamanda bu etkilerin oksidatif stres aracılığıyla gerçekleştiği ve artmış reaktif oksijen türleri (ROS) üretimine bağlı olduğu saptanmıştır (Motmainna ve ark., 2021). *Arabidopsis thaliana* bitkileriyle yürütülen çalışmalar, Amaryllidaceae alkaloidlerinin etkilediği genetik yolların tanımlanmasına katkı sağlamıştır. Narciclasine'ın yapıyı etkileyerek kök yönelimini bozduğu ve oksin taşınımında dengesizliğe yol açtığı belirlenmiştir. Bu etkinin, hormonal düzenleyicilerin (örneğin PIN proteinleri) ekspresyonunun etkilenmesi yoluyla ortaya çıktığı bildirilmiştir (Kempthorne ve ark., 2023). Amaryllidaceae familyasına ait alkaloidlerin herbisidal etkileri, klasik pestisitlerden farklı olarak çok yönlü biyolojik hedeflere yöneliktir. Bu bileşiklerin bitkilerde oluşturduğu etkiler genel olarak aşağıdaki biyolojik mekanizmalarla açıklanmaktadır: Özellikle liycoreine ve haemanthamine gibi alkaloidler ribozomal alt birimlere bağlanarak translasyon sürecini inhibe etmekte; bu durum hücre bölünmesini durdurarak kök ve sürgün uzamasını baskılamaktadır (He ve ark., 2015; Cimmino ve ark., 2023). Crinine ve pancracine gibi alkaloidlerin mikrotübül organizasyonunu bozarak mitotik bölünmeyi durdurduğu ve bunun özellikle meristematik dokularda büyümenin inhibisyonuna yol açtığı gösterilmiştir (Masi ve ark., 2017). Bazı bileşiklerin (örneğin tazettine ve homolikorine) reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu tetikleyerek bitki hücrelerinde oksidatif strese neden olduğu ve hücrel hasara yol açtığı belirlenmiştir (Nair ve Van Staden, 2019). Galantamin ve homoliycoreine gibi bazı alkaloidlerin ise hücrel solunumu ve ATP üretimini inhibe ederek, özellikle kök sisteminde hızlı enerji tükenmesine neden olduğu rapor edilmiştir (Soto-Vásquez ve ark., 2022). Amaryllidaceae familyasına ait alkaloidlerin fitotoksik ve herbisidal potansiyeli, son yıllarda çevre dostu tarım teknolojilerinde dikkat çeken bir araştırma odağı haline gelmiştir. Bu bileşiklerin doğal kökenli olması, kimyasal pestisitlere güçlü bir alternatif olarak öne çıkmalarını sağlamaktadır. Liycoreine, narciclasine ve haemanthamine gibi alkaloidlerin belirli yabancı ot türlerine karşı seçici etki gösterdiği bildirilmiştir. Soto-Vásquez ve ark. (2022), *Ismene* alkaloidlerinin çimlenen yabancı ot türlerinin büyümesini baskımlarken domates fidelerine zarar vermediğini rapor etmiştir. Bu alkaloidlerin düşük çevresel kalıcılığı ve biyobozunabilir olmaları, organik tarım sistemlerinde kullanımını desteklemektedir. Abeed ve ark. (2021), *Calotropis procera* yaprak ekstraktının *Catharanthus roseus*'un tarımsal ve tıbbi potansiyelini artıran etkili bir biyostimülant olduğunu; büyüme ve ilaç açısından önemli ikincil metabolitlerin üretimini teşvik ettiğini ve çevre dostu, sürdürülebilir tarımsal uygulamalar için umut vadeden bir yöntem sunduğunu bildirmiştir. Amaryllidaceae alkaloidlerinin yalnızca fitotoksik değil, aynı zamanda antimikrobiyal ve antifungal özelliklere de sahip olduğu ortaya konmuştur (Ay ve ark., 2023; Kırgeç ve ark., 2023). Kempthorne ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışma, bu bileşiklerin çok yönlü biyopestisit formülasyonlarına entegre edilebileceğini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, birçok alkaloidin fitotoksik etkileri tanımlanmış olmasına rağmen, etki mekanizmaları henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Bu durum, yeni formülasyonların geliştirilmesini sınırlandırmaktadır (Motmainna ve ark., 2021). Ayrıca, Amaryllidaceae bitkilerinin çoğu yavaş büyümekte ve düşük alkaloid verimine sahiptir; bu nedenle büyük ölçekli üretim için sürdürülebilir tarım tekniklerine veya biyoteknolojik

üretim sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Bastida ve ark., 2006). Seçici toksisiteye sahip bazı bileşiklerin, kimi kültür bitkileri üzerinde istenmeyen etkilere yol açabildiği de rapor edilmiştir. Örneğin Galán-Perez ve ark. (2021), bazı Amaryllidaceae ekstraktlarının çimlenmiş sebze tohumlarının büyümesini inhibe ettiğini bildirmiştir. Doğal kökenli olmalarına rağmen, bu bileşiklerin tarımsal biyopestisit olarak ruhsatlandırılması zaman alıcı ve maliyetli bir süreçtir. Ayrıca, toksikolojik profillerinin kapsamlı biçimde karakterize edilmesi gerekmektedir (Matsuura ve Fett-Neto, 2015).

1.3. Çevresel Etkiler ve Ekotoksisite

Amaryllidaceae familyasına ait alkaloidlerin çevresel etkilerine yönelik araştırmalar; bu bileşiklerin doğada parçalanabilirliği, toprak mikrobiyotası üzerindeki etkileri ve hedef dışı organizmalara yönelik toksisiteleri gibi konuları kapsamaktadır. Elde edilen bulgular, bu doğal bileşiklerin sentetik herbisitlere çevre dostu alternatifler olabileceğini düşündürmektedir. Oladipo ve ark. (2022), poliaromatik hidrokarbonlar gibi biyobozunur organik bileşiklerin enzimatik yıkımı yoluyla tarımsal kalıntıların azaltılabildiğini belirtmiştir (Senko ve ark., 2024). Pfadenhauer ve ark. (2020), bitkiler arası kök düzeyindeki etkileşimler ve ikincil metabolitlerin (örneğin alkaloidler) çevresel etkilerini inceledikleri çalışmalarında, alkaloidlerin özellikle ephedrine'in mikroorganizma aktiviteleri üzerinde belirgin etkilere sahip olduğunu vurgulamıştır. Boshra ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, *Narcissus* soğanı ekstraktları çeşitli hücre hatları (Caco-2, MCF-7) üzerinde test edilmiş, ancak hepatotoksik etki göstermediği (HepG-2 hücrelerinde inaktif olduğu) saptanmıştır. Bu durum, söz konusu ekstraktların seçici antiproliferatif etkilere sahip olduğunu ve sistemik toksisite potansiyelinin düşük olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bazı alkaloidlerin hedef dışı bitkilerde büyümeyi baskılayıcı etki gösterebildiği de belirlenmiştir. Khanh ve ark. (2007), marul ve tere gibi sebze türlerinde doz aşımı durumlarında çimlenme oranlarında azalma olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca Yan ve ark. (2019), rizosferden salınan bazı bileşiklerin aynı tür üzerinde toksik etkilere yol açarak tarımsal verimi düşürebildiğini ve bu etkilerin kimyasal olarak tanımlanabilir nitelikte olduğunu bildirmiştir. Ayllón-Gutiérrez ve ark. (2024), Amaryllidaceae alkaloidlerinin solucanlar ve arılar gibi faydalı organizmalar üzerinde belirgin bir toksisite göstermediğini rapor etmiş; ancak uzun süreli maruziyet testlerinin eksikliğine dikkat çekilmiştir (Mondédji ve ark., 2021). Amaryllidaceae alkaloidlerinin toksikolojik profili, hem insan hem de hayvanlar açısından LD₅₀ değerleri, sitotoksik etkiler, karaciğer ve böbrek fonksiyonları üzerindeki etkiler ile genotoksisite gibi parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Biyogüvenlik açısından, bazı bileşiklerin düşük sistemik toksisiteye sahip olduğu, ancak yüksek dozlarda nörotoksik etkiler gösterebildiği bildirilmiştir. Amaryllidaceae alkaloidlerinin yapısal olarak farklı toksisite mekanizmaları sergilediği belirtilmektedir (Sun ve Shahrajabian, 2023). Örneğin narciclasine yüksek sitotoksisiteye sahipken, galantamine daha düşük bir toksik profile sahiptir ve hatta Alzheimer hastalığının tedavisinde onaylanmış bir bileşiktir. Trujillo ve ark. (2023), alkaloid fraksiyonlarının bazı hücre hatlarında hücre canlılığını %50'nin altına düşürdüğünü (IC₅₀ < 30 µg/mL) rapor etmiştir. Moleküler modelleme çalışmaları, bu alkaloidlerin özellikle mikrotübül destabilizasyonu veya apoptoz indüksiyonu yoluyla etkili olduğunu ve normal hücreler üzerinde düşük toksisite gösterdiğini ortaya koyarak seçici antikanser etkiyi desteklemiştir. Araújo ve ark. (2016), özellikle *Haemanthus* alkaloidleri başta olmak üzere bazı Amaryllidaceae türlerinde Ames testi ve kromozom aberasyonu analizleri sonucunda genotoksisite saptamamıştır. Ancak yüksek konsantrasyonlarda mikronükleus oluşumunda artış belirlenmiş ve bu durum araştırmacılar tarafından subletal etkiler olarak değerlendirilmiştir. Likorinin, hayvan modellerinde yüksek dozlarda motor koordinasyon ve davranış değişikliklerine neden olduğu bildirilmiştir (Zhu ve ark., 2021; Hasriadi ve ark., 2024). Bu etkilerin düşük dozlarda geri dönüşümlü olduğu ifade edilmektedir.

UYGULAMALAR

Amaryllidaceae alkaloidlerinin tarımsal uygulamalarda etkin biçimde kullanılabilmesi amacıyla çeşitli formülasyon ve uygulama stratejileri geliştirilmiştir. Bu stratejiler arasında mikroenkapsülasyon, nanoformülasyonlar, taşıyıcı sistemler, kontrollü salım yaklaşımları ve yapraktan emilimi artırmaya yönelik teknikler yer almaktadır. Amaryllidaceae alkaloidlerinin çevresel koşullarda hızlı bozunmaya uğrayabilmesi nedeniyle, bu bileşiklerin stabilitesini artırmak amacıyla özellikle mikroenkapsülasyon gibi yöntemler geliştirilmiştir. Narciclasine ve lycorine gibi bileşikler için nanoemülsiyon sistemleri tasarlanmış olup, Kyriakoudi ve ark. (2021) bu sistemlerin bitki yapraklarına penetrasyonu artırarak biyoyararlanımı yükselttiğini bildirmiştir. Chandrasekaran ve Paramasivan (2023), kitosan bazlı biyopolimerlerle formüle edilen haemanthamine'in hem çözünürlüğünü hem de fitotoksik aktivitesini artırdığını vurgulamıştır. Alkaloidlerin bitki yüzeyine tutunması ve bitki dokularına absorpsiyonu, etkinliğin sürekliliği açısından kritik öneme sahiptir. El-Bably ve Nahed (2017), yapraktan uygulamalarda yüzey aktif maddelerin ilavesinin lycorine türevlerinin absorpsiyonunu %60 oranında artırdığını göstermiştir. Son dönem çalışmalarda, alkaloidlerin mikroorganizma kaynaklı bioformülasyonlar veya diğer bitkisel ekstraktlarla sinerjik kombinasyonlar halinde kullanımı da değerlendirilmiştir (Yakhin ve ark., 2017). Amaryllidaceae alkaloidlerinin etkinliği ile yaygın olarak kullanılan sentetik herbisitler (örneğin glifosat, glufosinat ve 2,4-D) arasında yapılan karşılaştırmalar, doğal bileşiklerin tarımsal kullanımına yönelik umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır. Motmainna ve ark. (2021), Amaryllidaceae alkaloidlerinin özellikle tohum çimlenmesinin baskılanmasında glufosinat ve glifosat ile benzer etkinlik gösterdiğini bildirmiştir. Narciclasine'in *Cyperus rotundus* L. gibi yaygın yabancı otlar üzerinde özellikle etkili olduğu rapor edilmiştir. Berestetskiy (2023), Amaryllidaceae alkaloidlerinin bazı kültür bitkilerine zarar vermeksizin geniş yapraklı yabancı otlara karşı seçici etki gösterdiğini bildirmiştir. Bu özellik, sentetik herbisitlere kıyasla daha hedefe yönelik çözümler geliştirme potansiyelini yansıtmaktadır. Sentetik herbisitlere karşı direnç gelişimi tarımda ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Deng (2005), 2,4-D'nin uzun süreli kullanımının *Datura stramonium* L.'da alkaloid biyosentezini baskılayarak direnç gelişimine yol açtığını ortaya koymuştur. Bu açıdan Amaryllidaceae alkaloidlerinin direnç baskısı oluşturma potansiyelinin daha düşük olduğu değerlendirilmektedir. Doğal alkaloidlerin etkinlik düzeyi, sentetik herbisitlere kıyasla daha yüksek dozlar gerektirebilmekle birlikte, çevresel güvenlik ve biyobozunabilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Amaryllidaceae alkaloidlerinin yapısal çeşitliliği ve fonksiyonel grupların herbisidal etkiyle ilişkisi, sentetik türevlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalarla son yıllarda daha ayrıntılı biçimde ortaya konmuştur. Özellikle haemantamine, lycorine ve narciclasine gibi başlıca Amaryllidaceae alkaloidlerinde bulunan hidroksil, metoksi ve lakton halkalarının fitotoksik etkilerin belirleyicileri olduğu saptanmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Amaryllidaceae familyası, uzun süredir botanik ve farmakolojik alanda tıbbi alkaloidleriyle tanınmakla birlikte, son yıllarda bu bileşiklerin herbisidal potansiyeli yoğun bir bilimsel ilgi odağı haline gelmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen kapsamlı literatür taramaları ve değerlendirmeler, Amaryllidaceae alkaloidlerinin yüksek çevresel güvenliğe sahip, seçici ve etkili doğal herbisit adayları olabileceğini güçlü biçimde ortaya koymaktadır. *Narcissus* spp., *Lycoris* spp. ve *Haemanthus* spp. gibi çeşitli türlerden izole edilen alkaloidlerin; özellikle çimlenmeyi baskılayıcı, hücre döngüsünü inhibe edici ve yapraktan absorpsiyonu artırıcı etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Çok sayıda deneysel bulgu, doğal bileşiklerin sentetik herbisitlere kıyasla daha güvenli, daha hedefe özgü ve direnç gelişimi açısından daha avantajlı olduğunu; aynı zamanda çevrede kalıntı bırakmadan etki gösterdiğini desteklemektedir. Özellikle lycorine, narciclasine, haemanthamine ve galantamine gibi bileşiklerin:

- Tohum çimlenmesini baskıladığı,
- Bitkilerde hücre bölünmesini inhibe ettiği,
- Geniş yapraklı yabancı otları seçici olarak hedeflemeye etkili olduğu ortaya konmuştur.

Ayrıca, bu alkaloidlerin mikroenkapsülasyon, nanoformülasyon ve biyoemülsiyon gibi ileri formülasyon teknikleriyle stabilize edilebildiği ve bu sayede tarımsal uygulamalar için daha uygun hale getirilebildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, bazı yüksek derecede aktif bileşiklerin belirli dozların üzerinde nörotoksik veya sitotoksik etkiler gösterebileceği göz önünde bulundurulmalı; bu nedenle biyogüvenlik değerlendirmelerinin ayrıntılı ve sistematik biçimde yapılması gerekmektedir. Sentetik türevlerin geliştirilmesi, QSAR analizleri ve kombinasyon stratejilerindeki ilerlemelerle birlikte, bu moleküllerin herbisit teknolojilerine entegrasyonu giderek artmaktadır. Amaryllidaceae alkaloidleri, kimyasal sentetik herbisitlere alternatif olarak doğal, seçici ve çevre dostu çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için aşağıdaki hususların yerine getirilmesi gerekmektedir:

- Hedef dışı etkilerin uzun dönemli olarak izlenmesi,
- Tarla koşullarında gerçekleştirilen saha denemeleri,
- Mevzuat gereklilikleri doğrultusunda biyolojik formülasyonlara ilişkin onay süreçlerinin tamamlanması.

Gelecekte, bu alkaloidlerin sürdürülebilir tarım stratejilerinin önemli bir bileşeni haline gelmesi yüksek olasılık taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Abeed AH, Ali M, Ali EF, Majrashi A, Eissa MA. (2021). Induction of *Catharanthus roseus* secondary metabolites when *Calotropis procera* was used as bio-stimulant. *Plants*, 10(8), 1623.
- Araújo SDS, Fernandes TC, Marin-Morales MA, Brasileiro-Vidal AC, Benko-Iseppon AM. (2016). Mutagenicity, genotoxicity and cytotoxicity assays of medicinal plants: first step for drug development. *Therapeutic medicinal plants: From lab to the market*, 130-153.
- Aremu AO, Omogbene TO, Fadiji T, Lawal IO, Opara UL, Fawole OA. (2024). Plants as an alternative to the use of chemicals for crop protection against biotic threats: trends and future perspectives. *European Journal of Plant Pathology*, 1-56.
- Ay EB, Açıkgöz MA, Kocaman B, Güler SK. (2023). Effect of jasmonic and salicylic acids foliar spray on the galanthamine and lycorine content and biological characteristics in *Galanthus elwesii* Hook. *Phytochemistry Letters*, 57, 140-150.
- Ayllón-Gutiérrez R, Díaz-Rubio L, Montaña-Soto M, Haro-Vázquez MDP, Córdova-Guerrero I. (2024). Applications of Plant Essential Oils in Pest Control and Their Encapsulation for Controlled Release: A Review. *Agriculture*, 14(10), 1766.
- Bastida Armengol J, Berkov S, Torras Claveria L, Pigni NB, Andrade JPD, Martínez V, Viladomat Meya F. (2011). Chemical and biological aspects of Amaryllidaceae alkaloids. *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences*, 2011, Chapter 3, p. 65-100.
- Bhat MM, Bashir Z, Hamid B, Nisa M. (2025). Impact of the Synthetic Fertilizer Pesticides on Soil Health and Soil Microbiology. In *Organic Farming* (pp. 282-302). CRC Press.
- Boshra YR, Attia EZ, Darwish AG, Boshra MR, Amin MN, Hamed ANE, Fahim JR. (2023). *Narcissus pseudonarcissus* L. (Amaryllidaceae) bulb metabolite profiling and biological activities. *South African Journal of Botany*, 160, 633-644.
- Chandrasekaran M and Paramasivan M. (2024). Chitosan derivatives act as a bio-stimulants in plants: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132720.
- Deng F. (2005). Effects of glyphosate, chlorsulfuron, and methyl jasmonate on growth and alkaloid biosynthesis of jimsonweed (*Datura stramonium* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 82(1), 16-26.
- El-Bably SM and Nahed MR. (2017). Effect of Kinetin and Zinc Foliar Spray on Growth Performance of *Clivia miniata* L. *Plant. Alexandria Journal of Agricultural Sciences*, 62(6), 356-381.
- Fattorusso E and Tagliatela-Scafati O. (Eds.). (2007). *Modern alkaloids: structure, isolation, synthesis, and biology*. John Wiley & Sons.
- Hasriadi H, Wasana PWD, Thongphichai W, Sukrong S, Towiwat P. (2024). Exploring the safety of lycorine in the central nervous system and its impact on pain-like behaviors in mice. *Scientific Reports*, 14(1), 16856.
- He M, Qu C, Gao O, Hu X, Hong X. (2015). Biological and pharmacological activities of Amaryllidaceae alkaloids. *Rsc advances*, 5(21), 16562-16574.

- Ka S, Koirala M, Mérindol N, Desgagné-Penix I. (2020). Biosynthesis and biological activities of newly discovered Amaryllidaceae alkaloids. *Molecules*, 25(21), 4901.
- Kempthorne CJ, Borra S, Kumar M, Dokuburra CB, Liscombe DK, McNulty J. (2023). Identification of haemanthamine as a phytotoxic alkaloid in *Narcissus pseudonarcissus* L.(Daffodil) emerging buds. *Natural Product Research*, 37(24), 4232-4238.
- Khanh T, Chung I, Tawata S, Xuan T. (2007). Allelopathy for weed management in sustainable agriculture. *Cabi Reviews*, (2007), 17-pp.
- Kırgeç Y, Batı-Ay E, Açıkgöz MA. (2023). The effects of foliar salicylic acid and zinc treatments on proline, carotenoid and chlorophyll content and anti-oxidant enzyme activity in *Galanthus elwesii* Hook. *Horticulturae*, 9(9), 1041.
- Kyriakoudi A, Spanidi E, Mourtzinis I, Gardikis K. (2021). Innovative delivery systems loaded with plant bioactive ingredients: Formulation approaches and applications. *Plants*, 10(6), 1238.
- Lyubenova A, Georgieva L, Antonova V. (2023). Utilization of plant secondary metabolites for plant protection. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 37(1), 2297533.
- Masi M, Van der Westhuyzen AE, Tabanca N, Evidente M, Cimmino A, Green IR, Evidente A. (2017). Sarniensine, a mesembrine-type alkaloid isolated from *Nerine sarniensis*, an indigenous South African Amaryllidaceae, with larvicidal and adulticidal activities against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia*, 116, 34-38.
- Matsuura HN and Fett-Neto AG. (2015). Plant alkaloids: main features, toxicity, and mechanisms of action. *Plant toxins*, 2(7), 1-15.
- Mondédji AD, Silvie P, Nyamador WS, Martin P, Agboyi LK, Amévoin K, Glitho IA. (2021). Cabbage production in West Africa and IPM with a focus on plant-based extracts and a complementary worldwide vision. *Plants*, 10(3), 529.
- Motmainna M, Juraimi AS, Uddin MK, Asib NB, Islam AKMM, Hasan M. (2021). Assessment of allelopathic compounds to develop new natural herbicides: A review. *Allelopathy Journal*, 52(1), 21-40.
- Nair JJ and Van Staden J. (2019). Antiplasmodial lycorane alkaloid principles of the plant family Amaryllidaceae. *Planta medica*, 85(08), 637-647.
- Oladipo A, Enwemiwe V, Ejeromedoghene O, Adebayo A, Ogunyemi O, Fu F. (2022). Production and functionalities of specialized metabolites from different organic sources. *Metabolites*, 12(6), 534.
- Pfadenhauer JS, Klötzli FA, Pfadenhauer JS, Klötzli FA. (2020). Zonal vegetation of the tropical-subtropical dry zone. *Global Vegetation: Fundamentals, Ecology and Distribution*, 325-403.
- Senko O, Maslova O, Stepanov N, Aslanli A, Lyagin I, Efremenko E. (2024). Role of Humic Substances in the (Bio) Degradation of Synthetic Polymers under Environmental Conditions. *Microorganisms*, 12(10), 2024.

- Soto-Vásquez MR, Rodríguez-Muñoz CA, Tallini LR, Bastida J. (2022). Alkaloid Composition and Biological Activities of the Amaryllidaceae Species *Ismene amancaes* (Ker Gawl.) Herb. Plants, 11(15), 1906.
- Souto AL, Sylvestre M, Tölke ED, Tavares JF, Barbosa-Filho JM, Cebrián-Torrejón G. (2021). Plant-derived pesticides as an alternative to pest management and sustainable agricultural production: Prospects, applications and challenges. Molecules, 26(16), 4835.
- Sun W and Shahrajabian MH. (2023). The application of arbuscular mycorrhizal fungi as microbial biostimulant, sustainable approaches in modern agriculture. Plants, 12(17), 3101.
- Swaine M, Bergna A, Oyserman B, Vasileiadis S, Karas PA, Screpanti C, Karpouzas DG. (2025). Impact of pesticides on soil health: identification of key soil microbial indicators for ecotoxicological assessment strategies through meta-analysis. FEMS Microbiology Ecology, 101(6), fiaf052.
- Tripathi S, Srivastava P, Devi RS, Bhadouria R. (2020). Influence of synthetic fertilizers and pesticides on soil health and soil microbiology. In Agrochemicals detection, treatment and remediation (pp. 25-54). Butterworth-Heinemann.
- Trujillo L, Bedoya J, Cortés N, Osorio EH, Gallego JC, Leiva H, Osorio E. (2023). Cytotoxic activity of Amaryllidaceae plants against cancer cells: biotechnological, in vitro, and in silico approaches. Molecules, 28(6), 2601.
- Yakhin OI, Lubyanov AA, Yakhin IA, Brown PH. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. Frontiers in plant science, 7, 2049.
- Yan Z, He X, Guo K, Li X, Yang X, Jin H, Qin B. (2019). Allelochemicals from the rhizosphere of Lanzhou lily: Discovery of the autotoxic compounds of a bulb crop. Scientia horticulturae, 250, 121-126.
- Zhu Q, Zhuang XX, Chen JY, Yuan NN, Chen Y, Cai CZ, Lu JH. (2021). Lycorine, a natural alkaloid, promotes the degradation of alpha-synuclein via PKA-mediated UPS activation in transgenic Parkinson's disease models. Phytomedicine, 87, 153578.