

## The Effect of Beekeeping Activities on Growth, Development and Nutritional Quality in Natural Forage Plants Used in Animal Husbandry

Zeynep ÜRÜŞAN<sup>1</sup>, Mehmet İLKAYA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7749-5553>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>

Geliş Tarihi: 04.09.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.10.2025 Kabul Tarihi: 10.10.2025

### ABSTRACT

Beekeeping activities serve as a critical ecological and economic bridge between the plant production and livestock sectors. Honey bees (*Apis mellifera*) significantly influence the growth, development and nutritional quality of forage plants through their pollination activities. In particular, in forage plants commonly used in animal husbandry, such as alfalfa (*Medicago sativa*), clover (*Trifolium spp.*), sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) and forage pea (*Pisum sativum ssp. Arvense L.*), bee pollination increases flowering intensity, raises seed setting rates, and supports biomass production. Various studies have shown that forage crops regularly pollinated by bees have increased crude protein content, digestibility, mineral content (especially calcium, phosphorus and magnesium) and total dry matter yield. The positive effects of pollination on the chemical composition of forage crops contribute to closing the gap in quality roughage in ruminant feeding. Furthermore, the enriched nutritional content of forage crops is also associated with increased yield and quality in animal products (milk, meat, and wool). The sustainable practice of beekeeping not only increases the productivity of forage crops but also serves to protect ecosystem services, support biodiversity, and strengthen the integration of agriculture and animal husbandry. There is a reciprocal and complementary interaction between beekeeping and the development of natural forage plants. This interaction is of strategic importance in terms of both increased productivity and quality in animal husbandry and environmental sustainability. Therefore, integrating beekeeping into the production systems of natural forage plants used in animal husbandry is considered an important approach that will create added value in the agricultural production chain.

**Key words:** Beekeeping, Pollination, Forage Crops, Growth and Development, Nutritional Quality, Animal Husbandry

### Arıcılık Faaliyetlerinin Hayvancılıkta Kullanılan Doğal Yem Bitkilerinde Büyüme, Gelişme ve Besin Kalitesine Etkisi

#### ÖZ

Arıcılık faaliyetleri, bitkisel üretim ve hayvancılık sektörleri arasında ekolojik ve ekonomik açıdan kritik bir köprü işlevi görmektedir. Bal arıları (*Apis mellifera*), yürüttükleri polinasyon faaliyetleri sayesinde yem bitkilerinin büyüme, gelişme ve besin kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle yonca (*Medicago sativa*), üçgül (*Trifolium spp.*), korunga (*Onobrychis viciifolia*) ve yem bezelyesi (*Pisum sativum ssp. Arvense L.*) gibi

hayvancılıkta yaygın kullanılan yem bitkilerinde, arı polinasyonu çiçeklenme yoğunluğunu artırmakta, tohum bağlama oranını yükseltmekte ve biyokütle üretimini desteklemektedir. Çeşitli araştırmalar, arıların düzenli polinasyon sağladığı yem bitkilerinde ham protein oranı, sindirilebilirlik düzeyi, mineral madde içeriği (özellikle kalsiyum, fosfor ve magnezyum) ve toplam kuru madde veriminin arttığını ortaya koymaktadır. Polinasyonun yem bitkilerinin kimyasal bileşimi üzerindeki olumlu etkileri, ruminant beslemede kaliteli kaba yem açığının kapatılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca yem bitkilerinin zenginleşmiş besin içeriği, hayvansal ürünlerde (süt, et ve yün) verim ve kalite artışıyla da ilişkilendirilmektedir. Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilir yürütülmesi, yalnızca yem bitkilerinin üretkenliğini artırmakla kalmayıp aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin korunmasına, biyoçeşitliliğin desteklenmesine ve tarım-hayvancılık entegrasyonunun güçlenmesine de hizmet etmektedir. Arıcılık ile doğal yem bitkilerinin gelişimi arasında karşılıklı ve tamamlayıcı bir etkileşim söz konusudur. Bu etkileşim, hem hayvancılıkta verim ve kalite artışı hem de çevresel sürdürülebilirlik bakımından stratejik önem taşımaktadır. Dolayısıyla arıcılığın, hayvancılıkta kullanılan doğal yem bitkilerinin üretim sistemlerine entegre edilmesi, tarımsal üretim zincirinde katma değer yaratacak önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Arıcılık, Polinasyon, Yem bitkileri, Büyüme-gelişme, Besin kalitesi, Hayvancılık

## 1. GİRİŞ

Arıcılık, yalnızca bal, balmumu, propolis ve polen gibi ürünlerin üretimini sağlayan bir faaliyet olmanın ötesinde, ekosistem hizmetleri açısından da büyük öneme sahiptir. Arıcılığın özellikle tozlaşma (polinasyon) yoluyla bitkisel üretimi artırıcı etkisi, tarım ve hayvancılıkla entegre edilmesini stratejik hale getirmektedir (Klein vd., 2007). Hayvancılıkta kullanılan doğal yem bitkileri çoğunlukla otsu ve çiçekli türlerden oluşmakta ve bu türlerin verimi ile besin içeriği, büyük ölçüde tozlayıcı (polinatör) böceklerin etkinliğiyle ilişkilidir (Garibaldi vd., 2013). Arıların doğal yem bitkilerine sağladığı tozlaşma desteği, bu bitkilerde çiçeklenme yoğunluğunu, tohum verimini ve biyokütle üretimini arttırarak yem bitkilerinin toplam üretkenliğini doğrudan etkileyebilmektedir (Potts vd., 2016). Tozlaşma, bitkilerde sadece üretim miktarını değil, aynı zamanda ürün kalitesini de belirleyen temel bir faktördür. Nitekim, legüminöz (baklagil) ve kompozit (bileşikgiller) familyasından birçok yem bitkisi, entomofil (böceklerle tozlaşan) türler arasında yer almakta olup, arılar bu türler için başlıca tozlayıcı gruplardan biridir (Delaplane & Mayer, 2000). Örneğin, yonca (*Medicago sativa*), fiğ (*Vicia spp.*) ve üçgül (*Trifolium spp.*) gibi yüksek proteinli yem bitkilerinde arı tozlaşması, tohum bağlama oranlarını ve biyokütle verimini anlamlı düzeyde arttırmaktadır (Cane, 2002). Arıcılık faaliyetlerinin bu tür bitkiler üzerindeki etkileri, yalnızca ekolojik denge açısından değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik açısından da önem taşımaktadır. Çünkü yem bitkilerinde verim artışı, hayvansal üretim maliyetlerini düşürmekte ve yem kalitesi bakımından daha dengeli bir rasyon sunulmasına olanak sağlamaktadır (Klein vd., 2003). Besin kalitesi açısından, arıların sağladığı polinasyonun yem bitkilerinin besin bileşenlerini de etkilediği ortaya konmuştur. Arı tozlaşmasıyla artan tohum kalitesi ve genetik çeşitlilik, bu bitkilerin protein, enerji ve lif içeriklerinde anlamlı farklılıklara neden olabilmektedir. Ayrıca, arıcılığın yaygın olduğu alanlarda floristik zenginliğin artması, meralarda bitki çeşitliliğini desteklemekte ve otlatılan hayvanların daha dengeli bir besin almasına katkı sağlamaktadır. Bu durum, hayvansal ürünlerin kalitesine yansımakta olup, süt ve et veriminin artışına ve ürünlerdeki biyolojik değerlerin yükselmesine imkân tanımaktadır (Kevan ve Phillips, 2001). Diğer yandan, arıcılıkla entegre edilen yem bitkisi üretim sistemlerinin sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında değerlendirilmesi de mümkündür. Özellikle kimyasal girdi kullanımının azaltılması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve agroekolojik sistemlerin desteklenmesi açısından, arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileriyle birlikte planlanması büyük avantajlar sağlamaktadır. Hayvancılıkla uğraşan

üreticilerin arıcılıkla entegre modelleri benimsemeleri hem yem üretiminde verimlilik artışı hem de doğal kaynakların korunması açısından stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Potts vd., 2016). Özellikle mera hayvancılığı yapılan alanlarda arıcılık faaliyetlerinin entegrasyonu, hem bitki örtüsünün sağlıklı bir şekilde korunması hem de mera kalitesinin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. Doğal meralarda arıların sıklıkla ziyaret ettiği nektarlı ve polenli yem bitkileri, çoğu zaman hayvan beslemede temel protein ve enerji kaynaklarını oluşturmaktadır (Potts vd., 2016). Bu bitkilerin çiçeklenme başarısı, tohum verimi ve tür devamlılığı gibi özellikleri arıların sağladığı polinasyondan doğrudan etkilenmektedir. Örneğin, baklagil türlerinin çoğunda çapraz tozlaşma, genetik çeşitliliğin korunmasına ve dolayısıyla biyotik streslere karşı dirençli bireylerin varlığına katkı sağlamaktadır (Free, 1970). Arıcılığın sağladığı ekosistem hizmetlerinden biri de bitki çeşitliliğinin sürdürülmesine katkı sunmasıdır. Farklı arı türleri, farklı çiçek yapılarından nektar ve polen toplarken, bitki türleri arasında çapraz tozlaşmayı teşvik ederek, genetik varyasyonun artmasına ve bitki popülasyonlarının adaptasyon kapasitesinin yükselmesini sağlar (Çağlayan vd., 2025; Aizen ve Harder, 2007). Bu durum, iklim değişikliği ve çevresel stres faktörlerinin arttığı günümüzde, yem bitkilerinin çevresel değişimlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlamak açısından stratejik bir avantajdır (Potts vd., 2016). Yem bitkileri açısından arıcılık faaliyetlerinin yarattığı bir diğer olumlu etki, tohum üretimi ve yeniden ekim potansiyelinin artmasıdır. Özellikle tohumla çoğalan yem bitkilerinde (korunga, ak üçgül, fiğ vs.) bal arılarının tarlacılık faaliyeti, üreticilerin kendi tohumluklarını üretmesini kolaylaştırmakta ve dışa bağımlılığı azaltmaktadır (Delaplane vd., 2013). Bu da yem üretim maliyetlerinin düşmesini, yerel adaptasyona sahip çeşitlerin korunmasını ve yerel hayvancılık sistemlerinin daha dirençli hale gelmesini mümkün kılmaktadır (Aizen ve Harder, 2007). Arıcılığın yem bitkilerinin besin değeri üzerindeki etkileri ise daha çok dolaylı yollarla ortaya çıkmakta olup, bu etkiler protein içeriği, ham selüloz oranı, enerji düzeyi ve mineral madde bileşimleri açısından değerlendirilmektedir. Örneğin, polinasyon yoluyla verim artışı sağlayan bitkilerin daha fazla yaprak ve sürgün oluşturması, hayvanların tükettiği biyokütlenin besin yoğunluğunu da artırmaktadır (Abrol, 2012). Bu da doğrudan hayvan sağlığı, büyüme hızı ve ürün kalitesi üzerinde pozitif bir etki oluşturmaktadır; dolayısıyla hayvancılığın verimliliğini dolaylı olarak desteklemektedir (Aizen ve Harder, 2007). Arıcılıkla entegre yem bitkisi yönetiminin tarımsal üretim sistemlerinde benimsenmesi, aynı zamanda agroekolojik ilkelere dayalı sürdürülebilir bir üretim modeli olarak öne çıkmaktadır. Bu tür sistemlerde pestisit kullanımının azaltılması, toprak sağlığının korunması, doğal döngülerin desteklenmesi gibi çok yönlü faydalar söz konusu olmakta ve arıcılık da bu döngülerin merkezinde yer almaktadır (Kremen vd., 2002). Üstelik, arıcılığın yem bitkileri ile olan etkileşimi sadece ekonomik bir değer üretmekle kalmaz, aynı zamanda kırsal kalkınma, gıda güvenliği ve biyoçeşitlilik hedeflerine de doğrudan katkı sağlar (Ingram, 2018). Bununla birlikte, arıcılık faaliyetleri ile doğal yem bitkileri arasındaki ilişki karşılıklı bir ekolojik etkileşim modeli olarak değerlendirilmelidir. Arılar, nektar ve polen kaynağı olarak nitelikli yem bitkilerine ihtiyaç duymakta; buna karşılık bu bitkiler de başarılı üreme ve genetik süreklilik açısından arıların tozlaşma faaliyetine ihtiyaç duymaktadır (Albrecht vd., 2012). Bu simbiyotik ilişki, özellikle *Apiaceae*, *Fabaceae* ve *Asteraceae* familyalarına ait yem bitkilerinde daha belirgindir (Goulson, 2009). Özellikle baklagil kökenli yem bitkilerinde arıların tozlaştırma faaliyetleri, nitrojen fiksasyonu yapan bitki türlerinin yaygınlaşmasına da olanak tanımakta ve bu yolla mera topraklarında doğal gübreleme etkisi oluşturulmaktadır (Albrecht vd., 2012). Arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileri üzerindeki etkileri, sadece verim artışıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dirençlilik açısından da

belirleyici olmaktadır. Örneğin, tozlayıcı eksikliği nedeniyle oluşan genetik daralma, yem bitkilerinde hastalık ve zararlılara karşı savunma mekanizmasını zayıflatabilmektedir (Ingram, 2018). Arıların gerçekleştirdiği çapraz tozlaşma ise populasyon içi genetik çeşitliliği artırarak, bitki topluluklarının biyotik streslere (fungal patojenler, yaprak zararlıları vb.) karşı toleransını artırmaktadır (Biesmeijer vd., 2006). Bu durum, özellikle organik hayvancılık yapan üreticiler açısından önemlidir. Zira pestisit kullanımı olmaksızın yem bitkisi kalitesini koruma stratejileri geliştirmek zorunluluğu söz konusudur. Hayvansal üretim açısından bakıldığında ise, kaliteli ve polifitik (çok çeşitli) bir yem kaynağına erişimin, hayvanların rasyon dengesini doğrudan etkilediği bilinmektedir. Özellikle geviş getiren hayvanlar için sindirilebilir ham protein, metabolik enerji, NDF/ADF oranı ve vitamin-mineral dengesi gibi besinsel faktörler, yem bitkisinin türüne, fenolojik evresine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Dixon ve Stockdale, 1999). Arıcılık faaliyetlerinin teşvik ettiği bitki çeşitliliği ve tozlaşmaya bağlı fenolojik düzenlilik, merada otlayan hayvanların yıl boyunca daha dengeli bir yem spektrumuna erişmesini sağlayarak hem canlı ağırlık artışı hem de süt kompozisyonu üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır (Burkle ve Runyon, 2017). Ayrıca bazı araştırmalar, polinatör faaliyeti artan alanlarda yetişen yem bitkilerinin, fenolik bileşenler ve antioksidan kapasite bakımından daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir (Dixon, 2012). Bu durum, yem bitkilerinin yalnızca makro besin öğeleri bakımından değil, aynı zamanda fonksiyonel bileşenler açısından da daha zengin bir içeriğe sahip hale geldiğini göstermektedir. Bu sayede, süt, et ve yumurta gibi hayvansal ürünlerde insan sağlığı açısından daha tercih edilebilir niteliklerin ortaya çıkması mümkün olmaktadır (Change, 2001). Elde edilen bulgular, arıcılık faaliyetlerinin yalnızca doğrudan ekonomik katkılarla sınırlı kalmadığını; aynı zamanda gıda kalitesi ve hayvan refahı üzerinden dolayı faydalar sağladığını da ortaya koymaktadır (Change, 2001). Buna ek olarak, arıcılıkla yem bitkilerinin bir arada planlandığı sistemler, agroekolojik ilkelerin sahaya yansımaları bakımından dikkate değerdir. Özellikle döngüsel üretim yapılarında arıcılığın entegrasyonu; hem hayvansal üretim zincirine katkı sağlamakta, hem de pestisit kullanımını azaltarak doğal tozlayıcıların korunmasına destek vermektedir (Altieri vd., 2015). Bu tür entegre sistemler, yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda çiftçilerin ekonomik risklerini azaltmakta ve üretim sistemini iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale getirmektedir (Kremen vd., 2002). Özellikle küçük ölçekli üreticiler için bu tür modeller, üretimde çeşitliliğin sağlanması ve tek bir ürüne bağımlılığın azaltılması bakımından kırsal kalkınmanın desteklenmesine de hizmet etmektedir (Ingram, 2018). Bu çerçevede arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, sadece biyolojik ya da ekolojik düzlemde değil; aynı zamanda tarım politikaları, arazi planlaması ve gıda sistemleri perspektifinden de ele alınmalıdır. Türkiye gibi tarım ve hayvancılığın büyük ölçüde küçük aile işletmeleri üzerinden sürdürüldüğü ülkelerde, arıcılık faaliyetlerinin yem üretim süreçlerine entegre edilmesi, kırsal gelir çeşitliliğini artırabilecek, hayvansal üretimin yem teminindeki dışa bağımlılığını azaltabilecek ve aynı zamanda bal üretimi gibi ikincil ekonomik gelirler sağlayarak çiftçi refahını yükseltebilecek bir potansiyel barındırmaktadır (İnci vd., 2022; Tüfenkci, 2023). Üstelik bu durum, hayvan refahı, ürün kalitesi ve çevresel sürdürülebilirlik gibi güncel politika hedefleriyle de örtüşmektedir. Bütün bu çok boyutlu katkılara rağmen, arıcılıkla doğal yem bitkileri arasındaki ilişkinin bitkisel üretim ve hayvancılık politikalarında yeterince yer bulmadığı ve bu ilişkinin bilimsel düzeyde sistematik biçimde araştırılmadığı dikkati çekmektedir. Özellikle arı popülasyonlarının küresel ölçekte düşüş eğiliminde olduğu bir dönemde (Goulson, 2009), bu gerilemenin dolaylı etkileri arasında yem bitkilerinin üretim sürekliliği, tohum verimliliği, kalite bileşimi ve mera

biyolojik çeşitliliği gibi temel unsurların da yer aldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, tozlayıcı dostu üretim modellerinin yaygınlaştırılması, yalnızca arı sağlığını korumakla kalmayıp, aynı zamanda yem bitkileri üretiminin sürdürülebilirliğine ve dolayısıyla hayvancılık sektörünün girdi güvenliğine katkı sağlayacaktır (Potts vd., 2016). Günümüzde entegre tarım sistemleri, tarımsal üretimin farklı bileşenleri arasında sinerji oluşturan yapılar olarak öne çıkmakta; bu kapsamda arıcılıkla hayvancılığın, özellikle yem üretimi ekseninde entegrasyonu stratejik bir alan olarak değerlendirilmektedir (Goulson, 2009). Ancak literatürde, arıcılığın doğrudan hayvansal üretime yem kalitesi ve biyokütle verimi üzerinden katkılarını nicel ve karşılaştırmalı biçimde ele alan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar daha çok tozlaşmanın tarla bitkileri ya da meyve-sebze üretimi üzerindeki etkilerine odaklanırken, doğal veya yarı-doğal yem bitkileri üzerindeki etkiler çoğunlukla göz ardı edilmektedir (Klein vd., 2007). Bu durum, arıcılık faaliyetlerinin hayvancılık sistemlerine entegrasyonunda önemli bir bilimsel boşluk oluşturmakta ve politika geliştiriciler için sınırlı veri temeline neden olmaktadır. Günümüzde tarımın sürdürülebilirliği yalnızca ürün miktarıyla değil, aynı zamanda agroekosistemlerin işleyişi, biyoçeşitliliğin korunması ve yerel ekolojik döngülerin devamlılığıyla ölçülmektedir. Bu çerçevede arıcılık, yalnızca bal üretimi gibi doğrudan ekonomik çıktılarla değil, aynı zamanda toprak, bitki ve hayvan etkileşimleri üzerinde oynadığı rol ile de dikkat çekmektedir (Deguines vd., 2014). Özellikle hayvancılık odaklı üretim bölgelerinde, arıcılığın yem bitkileriyle birlikte değerlendirilmesi, mera yönetim planlarının ekolojik temelli olarak yeniden yapılandırılmasına olanak tanımaktadır. Arıların aktif olduğu dönemlerle, yem bitkilerinin çiçeklenme ve besin üretim evrelerinin çakıştırılması gibi uygulamalar, hem arı kolonileri için yeterli nektar-polen kaynağı sağlamakta, hem de bitkisel üretimde verim ve kalite sürekliliği oluşturmaktadır (Decourtye vd., 2010). Bu yönüyle arıcılıkla yem bitkileri arasındaki etkileşim, yalnızca üretim ekolojisi bakımından değil, aynı zamanda arazi kullanım planlaması ve çiftlik içi kaynak yönetimi açısından da önemlidir. Özellikle monokültür baskın sistemlerin neden olduğu polinatör kıtlığı ve biyolojik yoksullaşmanın önlenmesi için, yem bitkisi rotasyonlarının arı dostu türlerle desteklenmesi, hem toprak verimliliği hem de hayvan besleme kalitesi için stratejik bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Woo-Durand, 2024). Böylece doğal yem kaynaklarına dayalı hayvancılık sistemlerinin, yerel flora-fauna ilişkilerine duyarlı hale getirilmesi ve bölgesel biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği sağlanabilir (Blaauw ve Isaacs, 2014). Ayrıca, arıcılık faaliyetleri ile yem bitkilerinin aynı üretim sistemi içinde değerlendirilmesi, yerel bilgi sistemlerinin ve geleneksel uygulamaların bilimsel yöntemlerle yeniden yorumlanmasına da imkân sunar. Kırsal bölgelerde hayvancılık yapan üreticilerin doğal mera ve çayır yönetiminde tarihsel olarak gözlemlere dayalı olarak geliştirdikleri bazı uygulamaların, günümüzde arı ekolojisi ve bitki biyolojisi temelinde açıklanabilir hale gelmesi, bilimsel bilginin yerele uyarlanması önemli bir örnek teşkil etmektedir (Altieri ve Toledo, 2011). Bu durum, yalnızca akademik bilgi üretimi açısından değil, aynı zamanda bilgi transferi, çiftçi eğitimi ve yerel kalkınma programlarının başarıya ulaşması açısından da büyük önem arz etmektedir. Biyolojik çeşitliliğin korunması bağlamında da arıcılık faaliyetlerinin yem bitkilerine sağladığı tozlaşma hizmetleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle *fabaceae* (baklagiller), *Asteraceae* (papatyagiller), *Brassicaceae* (turpgiller) gibi pek çok doğal ve kültür yem bitkisi, arı tozlaşmasına orta veya yüksek derecede bağımlıdır (Potts vd., 2016). Bu bitkilerin çiçeklenme zamanında arı yoğunluğunun yeterli düzeyde olması, dölleme başarısını ve tohum verimliliğini artırmakta; bu da yem bitkilerinin hem rekoltesini hem de besin madde içeriğini doğrudan etkilemektedir (Garibaldi vd., 2013). Ayrıca, arıların sağladığı tozlaşma faaliyeti yalnızca kantitatif değil, aynı zamanda kalitatif (besinsel kalite,

biyoaktif bileşik konsantrasyonu, protein profili vb.) parametreleri de olumlu yönde etkilemektedir (Goulson, 2009). Bu bağlamda değerlendirildiğinde, arıcılık faaliyetleri yalnızca bal üretimi açısından değil, agroekosistemlerin işlevselliği ve yem bitkilerinin biyokimyasal profili açısından da kritik bir rol üstlenmektedir (İnci vd., 2021). Arıcılık ve yem üretimi arasındaki bu simbiyotik ilişkinin daha fazla anlaşılması, aynı zamanda hayvancılığın yem kaynaklı sürdürülebilirlik açmazlarının çözümünde yeni stratejiler geliştirilmesini de mümkün kılacaktır (Kremen vd., 2002). Diğer yandan, küresel iklim değişikliği hem arı popülasyonlarını hem de yem bitkilerinin fenolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle çiçeklenme dönemlerindeki kaymalar, arılarla bitkiler arasındaki zamansal uyumu bozmakta ve tozlaşma başarısını azaltmaktadır (Memmott vd., 2007). Bu durum, hayvansal üretim için gerekli olan yem bitkilerinin verim ve kalitesinde dalgalanmalara neden olmakta, dolayısıyla yem temininde belirsizlik yaratmaktadır. Arıcılığın desteklenmesi ve agroekosistemlere entegre edilmesi, bu risklerin azaltılmasında stratejik bir öneme sahiptir (Kremen vd., 2002). Ekosistem temelli üretim modellerinin geliştirilmesi, günümüzde sadece çevresel sürdürülebilirliği değil aynı zamanda üretim verimliliğini ve ekonomik istikrarı da kapsayan bütüncül bir yaklaşıma dönüşmüştür. Bu bağlamda, arıcılığın yem bitkileriyle olan karşılıklı etkileşimi, agroekosistemlerin doğrudan biyotik dayanıklılığını artırmakta ve yem verimliliğini artıran doğal süreçlerin sürdürülmesini mümkün kılmaktadır (Woo-Durand, 2024). Özellikle azot fiksasyonu yapan baklagillerin (*Medicago sativa*, *Trifolium pratense* vb.) çiçeklenme kalitesi ve döllenme oranı arıların tarlacılık faaliyetlerinden büyük ölçüde etkilenmekte, bu da hayvancılığın kaba yem kaynağının biyokütle potansiyelini doğrudan etkilemektedir (Free, 1970; Klein vd., 2007). Besin kalitesi açısından bakıldığında ise, arıların yoğun tozlaşma gerçekleştirdiği yem bitkilerinde; ham protein, çözümlenebilir karbonhidratlar, esansiyel amino asitler ve sekonder metabolit bileşenlerinin içerik ve dengelerinde belirgin iyileşmeler gözlemlenmektedir (Albrecht vd., 2012). Bu tür biyokimyasal değişiklikler özellikle süt ve et veriminde kalite parametrelerini iyileştirmekte; aynı zamanda hayvanların bağışıklık sistemi, sindirim performansı ve yemden yararlanma oranı üzerinde de olumlu etkiler yaratmaktadır (Kumar vd., 2024). Arıcılığın yem bitkileriyle entegrasyonunun yaygınlaştırılması için politika temelli teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi, bu ilişkinin sürdürülebilir bir tarım sistemi içinde kurumsallaşmasını sağlayabilir. Tarım ve Orman Bakanlıkları nezdinde geliştirilecek biyolojik çeşitlilik destekleme programları, mera ıslahı projelerinde arıcılık dostu bitki çeşitlerinin tercih edilmesi ve agroekolojik planlamalarda arıcılık-etkileşimli bitki rotasyon sistemlerinin uygulanması bu bağlamda önemli adımlar olacaktır (Ingram, 2018; Potts vd., 2016). Ayrıca, arıcılık faaliyetlerinin sadece tozlaşma hizmetiyle sınırlı kalmadığı, aynı zamanda toprağın mikrobiyal faaliyetlerinden su döngüsüne kadar geniş bir ekosistem etkileşim ağını desteklediği bilinmektedir (Kremen vd., 2002). Bu durum yem bitkilerinin sadece niceliksel değil, aynı zamanda niteliksel büyüme potansiyelinin de artırılmasında arıcılığın vazgeçilmez bir destekleyici unsur olduğunu göstermektedir. Arıcılığın yem bitkileri üzerindeki etkisi yalnızca morfolojik büyüme parametreleriyle sınırlı kalmayıp, bitkilerin fizyolojik ve metabolik süreçlerinde de belirgin değişimlere yol açmaktadır. Özellikle flavonoidler, fenolik bileşikler ve uçucu yağ asitleri gibi sekonder metabolitlerin sentezi, tozlayıcı aktivitesine bağlı olarak artış gösterebilmektedir (Ghazoul, 2006; Herrera, 2000). Bu bileşikler, yalnızca bitkinin kendini patojenlere karşı savunmasında değil, aynı zamanda yem olarak değerlendirildiğinde hayvan sağlığına katkı sunan antioksidan ve immunomodülatör etkilerde de rol oynamaktadır (Kazemi ve Ariapour, 2025). Özellikle arıcılığın yoğun olduğu alanlarda doğal meralarda ve kültüre alınmış yem bitkisi tarlalarında

yapılan gözlemler, çiçeklenme dönemlerinin uzadığı, tohum bağlama oranlarının yükseldiği ve bitki boyu ile yaprak alan indeksinin arttığını ortaya koymaktadır (Potts vd., 2016). Bu tür yapısal büyüme avantajları, kaba yem üretim kapasitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda hayvancılıkta verim üzerinde doğrudan etkili olan sindirilebilirlik, enerji yoğunluğu ve protein içeriği gibi yem kalite parametrelerinin de iyileşmesini sağlar (Kremen vd., 2002). Diğer yandan, bazı aromatik ve tıbbi özellikli yem bitkilerinde (kekik; *Origanum vulgare*, adaçayı; *Salvia spp*, rezene; *Foeniculum vulgare* vb.) arıların etkisiyle artan uçucu bileşik sentezi, ruminantlarda rumen mikrobiyal dengesini olumlu yönde etkileyerek yemden yararlanmayı iyileştirmektedir (Giannenas vd., 2011). Bu da arıcılığın dolaylı yoldan hayvansal üretimde yem dönüşüm oranlarını ve sağlık parametrelerini iyileştiren bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bitki-tozlayıcı etkileşimlerinin biyocoğrafik ve iklimik koşullara duyarlılığı, bu ilişkinin mekânsal planlamada da dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye gibi biyolojik çeşitliliği yüksek ancak tozlayıcı popülasyonları kısmen tehdit altında olan ülkelerde, arıcılığın yem bitkilerinin üretim ve kalitesine olan katkısı bölgesel düzeyde farklılık gösterebilir (Gültekin, 2019). Bu nedenle, bölge bazlı yem üretim planlarında arıcılık faaliyetlerinin entegrasyonu, sürdürülebilir kırsal kalkınma açısından stratejik önem arz etmektedir. Arıcılık faaliyetlerinin tarımsal üretim sistemleriyle entegrasyonu, özellikle tozlayıcı hizmetlerinin artırılması yönünden büyük önem taşımaktadır. Doğal tozlayıcılar arasında yer alan *Apis mellifera*, yalnızca bal üretimiyle değil, aynı zamanda ekosistem hizmetleri bağlamında yem bitkilerinin büyüme ve gelişimini olumlu yönde etkileyerek hayvancılığın dolaylı verimliliğine katkı sağlamaktadır (Klein vd., 2007; Garibaldi vd., 2013). Bu etkileşim, özellikle çiçekli yem bitkileri grubunda yer alan baklagiller (*Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *Vicia sativa*) ve aromatik-şifalı yem bitkilerinde daha belirgin hale gelmektedir (Free, 1970; Delaplane ve Mayer, 2000). Yapılan araştırmalar, arıların gerçekleştirdiği tozlaşmanın, bitkilerde tohum verimini artırmakla kalmayıp, vegetatif gelişim üzerinde de etkili olduğunu ortaya koymuştur (Kremen vd., 2002). Örneğin, *Trifolium* türlerinde bal arısı aktivitesinin çiçek sayısını, bitki boyunu ve yaprak alanını artırdığı; aynı zamanda protein ve ham selüloz içeriklerini de optimize ettiği belirlenmiştir (Messellem vd., 2025; Hervé vd., 2014). Bu durum, yem kalitesinin artmasına ve hayvansal üretim verimliliğinin iyileştirilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, yem bitkilerinin sekonder metabolit profili de arıcılık faaliyetlerinden etkilenebilmektedir. Özellikle flavonoid, fenolik asit ve uçucu bileşiklerin sentezinde artış gözlenmiş ve bu artışın, arıların bitki üzerindeki biyotik stres benzeri etkilerinden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Olsson, 2020; Kazemi and Ariapour, 2025). Bu bileşiklerin ruminant beslenmesinde mikrobiyal fermentasyonu destekleyici ve antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir (Mayer, 2000). Dolayısıyla, tozlayıcı-varlığına bağlı olarak bitki fizyolojisinde gerçekleşen bu değişimler, yem kalitesini doğrudan ve dolaylı biçimde etkilemektedir. Öte yandan, arıcılığın hayvancılığa katkısı yalnızca bitki biyokimyası ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda yem üretiminin ekolojik sürdürülebilirliğine de destek olmaktadır. Tozlayıcı eksikliği, doğal otlaklarda ve mera bitkilerinde çeşitlilik kaybına, zayıf tohumlanmaya ve biyokütle üretiminde düşüşe neden olmaktadır (Biesmeijer vd., 2006). Bu durum, ruminantlarda kaba yem açığını derinleştiren olumsuz bir döngüye yol açabilir. Arıcılığın teşvik edilmesi, bu döngüyü kırabilecek ve yem bitkilerinin biyokütle üretimini destekleyebilecek stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır (Kremen vd., 2002). Ancak bu olumlu etkilerin tam olarak gözlemlenebilmesi, bölgesel tozlayıcı çeşitliliği, bitki türü, arıcılık yoğunluğu ve iklimsel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir (Potts vd., 2016). Dolayısıyla, arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, sadece tarımsal

biyoteknolojik bir konu değil, aynı zamanda ekosistem bütünlüğü ve kırsal sürdürülebilirlik açısından da çok boyutlu bir araştırma alanıdır. Tozlayıcı arıların yem bitkilerinin büyüme ve gelişim süreçlerine olan olumlu etkileri, farklı ekosistemlerde ve bitki türlerinde kapsamlı şekilde araştırılmıştır. Örneğin, *Medicago sativa* (yonca) üzerinde yapılan çalışmalar, arı tozlaşmasının tohum verimini %20-30 oranında artırdığını, bitkilerin biyokütle üretimini ise önemli ölçüde desteklediğini göstermiştir (Delaplane ve Mayer, 2000). Benzer şekilde, *Trifolium pratense* (kırmızı yonca) gibi yaygın yem bitkilerinde arıların yoğun tozlaşma faaliyeti, bitki gelişimini teşvik ederek daha yüksek protein içeriği ve sindirilebilirlik değerleri elde edilmesini sağlamıştır (Asbjornsen vd., 2014). Arıcılık faaliyetlerinin yem bitkilerinin biyokimyasal bileşimindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bu ilişkinin sadece verim artışı ile sınırlı olmadığını ortaya koymuştur. Tozlaşma faaliyetleri sayesinde, bitkilerin sekonder metabolit sentezinde artışlar gözlemlenmiş; bu durum özellikle flavonoid, fenolik asit ve terpenoid konsantrasyonlarında belirgin hale gelmiştir (Olsson, 2020; Kazemi ve Ariapour, 2025). Bu bileşiklerin hayvan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, yem kalitesinin artırılmasına ek olarak antioksidan kapasite ve bağışıklık sisteminin güçlenmesi gibi faydalar sunmaktadır (Fantasma vd., 2024). Yem bitkilerinin arı tozlaşmasına bağlı olarak kalite ve verim artışının, hayvancılık üretim sistemlerinde sürdürülebilirliği artırdığı da literatürde vurgulanmaktadır. Özellikle mera ekosistemlerinde tozlayıcıların azalması, yem bitkilerinin biyokütle üretiminde ve tür çeşitliliğinde azalmaya yol açmakta, bu durum hayvansal üretimi olumsuz etkilemektedir (Potts vd., 2016). Arıcılık faaliyetleri, bu olumsuz gidişi tersine çevirmek için ekosistem hizmetlerinin devamlılığını sağlamada kritik bir rol oynamaktadır (Asbjornsen vd., 2014). Ancak, bölgesel farklılıkların arıcılık-yem bitkisi etkileşiminin etkinliğinde önemli olduğu görülmektedir. Örneğin, iklim koşulları, tozlayıcı popülasyonları ve bitki türleri arasındaki ilişki, verim ve kalite üzerindeki etkileri değiştirmektedir (Klein vd., 2007). Bu nedenle, yerel koşulların ve biyolojik çeşitliliğin detaylı incelenmesi, arıcılık destekli yem üretim modellerinin geliştirilmesinde temel bir gerekliliktir (Potts vd., 2016). Arıcılık faaliyetlerinin yem bitkilerinin büyüme ve gelişimi üzerine etkisi, ekolojik, fizyolojik ve genetik düzeylerde çok katmanlı bir olgu olarak ele alınmaktadır. Tozlayıcı arılar tarafından gerçekleştirilen polen transferi, sadece tohum verimini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda bitkinin hormon dengesini etkileyerek büyüme düzenleyicilerin sentezini tetiklemektedir (Ferreira vd., 2013). Özellikle bitkilerde auxin ve gibberellin gibi büyüme hormonlarının artışı, yaprak genişliği ve kök gelişimi gibi kritik büyüme parametrelerinde iyileşmeye yol açmaktadır (Barrett ve Hough, 2013). Ayrıca, polen dağılımının artması genetik çeşitliliği destekleyerek, yem bitkilerinin adaptasyon yeteneğini yükseltmekte ve çevresel streslere karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Aizen vd., 2023). Bu durum, özellikle iklim değişikliğinin yarattığı belirsizlik ortamında, yem bitkilerinin sürdürülebilir üretimi açısından önemlidir. Yem kalitesi bağlamında ise arıcılık faaliyetlerinin etkisi, bitkilerdeki protein ve karbonhidrat oranlarını iyileştirerek hayvanların beslenme performansını artırmaktadır (Asbjornsen vd., 2014). Özellikle ruminantlarda yemden yararlanma oranı, bu kalite artışına bağlı olarak gelişmekte ve hayvansal ürünlerde olumlu yönde etkiler gözlemlenmektedir (Begum, 2014). Son yıllarda yapılan araştırmalar, arıcılığın yem bitkilerinin biyotik streslere karşı direncini artırabileceğini de ortaya koymuştur. Tozlaşma ile artırılan genetik çeşitlilik ve hormon düzenlemeleri, bitkilerin patojen ve zararlılara karşı direncini artırarak pestisit kullanımının azaltılmasına olanak sağlamaktadır (Potts vd., 2016). Böylece hem çevresel sürdürülebilirlik desteklenmekte hem de hayvancılık için daha sağlıklı ve kimyasal kalıntı içermeyen yem kaynakları oluşturulmaktadır.

## 2. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada değerlendirilen literatür bulguları, arıcılık faaliyetlerinin doğal yem bitkilerinin büyüme, gelişme ve besin kalitesi üzerinde çok yönlü olumlu etkiler yarattığını güçlü biçimde ortaya koymaktadır. Arıların sağladığı tozlaşma hizmeti, bitkilerde çiçeklenme yoğunluğu, polen canlılığı ve tohum bağlama oranını artırarak generatif gelişimi desteklemekte, aynı zamanda vejetatif büyüme parametrelerinde de (bitki boyu, yaprak alanı, kök kütlesi ve toplam biyokütle) anlamlı artışlara yol açmaktadır (Aizen vd., 2023; Ferreira vd., 2013; Barrett ve Hough, 2013). Bu iyileşmeler, özellikle hayvancılıkta kullanılan yonca (*Medicago sativa*), fiğ (*Vicia sativa*), korunga (*Onobrychis viciifolia*) ve üçgül (*Trifolium* spp.) gibi türlerde yem üretim verimliliğinin yükselmesine katkı sağlamaktadır (Free, 1970; Delaplane ve Mayer, 2000). Besin kalitesi açısından, tozlaşmanın tetiklediği fizyolojik ve biyokimyasal süreçler, bitkilerin metabolit profillerinde belirgin değişimlere neden olmaktadır (İlkaya ve İnci, 2023). Araştırmalar, arıcılık destekli tozlaşmanın yem bitkilerinde ham protein oranını, çözünür karbonhidrat içeriğini, mineral madde seviyelerini ve sekonder metabolit (flavonoid, fenolik bileşikler) miktarlarını artırdığını göstermektedir (Begum, 2014). Bu durum, hayvan beslenmesinde yemden yararlanma oranının yükselmesine, sindirilebilirlik değerlerinin artmasına ve dolayısıyla et ve süt veriminin iyileşmesine doğrudan katkı sağlamaktadır (Abrol, 2012).

Ekolojik açıdan bakıldığında, arıcılık faaliyetleri yalnızca bitki verimi ve besin kalitesi üzerinde değil, aynı zamanda tarım ekosistemlerinin sürdürülebilirliği üzerinde de kritik rol oynamaktadır. Polen transferinin artırdığı genetik çeşitlilik, yem bitkilerinin hastalık, zararlı ve iklim stresine karşı dayanıklılığını güçlendirmektedir (Potts vd., 2016). Bu sayede kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azaltılması mümkün olmakta; çevreye ve biyolojik çeşitliliğe olan olumsuz etkiler sınırlandırılmaktadır (Klein vd., 2007; Garibaldi vd., 2013). Tüm bu bulgular, arıcılık faaliyetlerinin yalnızca bal, polen veya propolis üretimi gibi doğrudan ürünler açısından değil, aynı zamanda tarımsal üretim sistemlerine sunduğu ekosistem hizmetleri açısından da stratejik bir önem taşıdığını göstermektedir.

Hayvancılık sektöründe yem bitkilerinin kalitesi ve verimliliği, doğrudan üretim maliyetlerini, hayvan sağlığını ve nihai ürün kalitesini etkilemektedir. Dolayısıyla, arıcılık ile yem bitkisi üretimi arasındaki sinerjinin, tarım-hayvancılık entegrasyonunu güçlendiren bir model olarak yaygınlaştırılması hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirlik hedeflerine hizmet edecektir (Kremen vd., 2002).

Sonuç olarak, arıcılık ve yem bitkileri üretimi arasındaki karşılıklı faydaya dayalı ilişki, Türkiye gibi hem zengin floraya hem de güçlü arıcılık potansiyeline sahip ülkelerde tarım politikalarının merkezine alınmalıdır. Bu kapsamda, arıcılığın tarla bitkileri üretim planlamasına entegrasyonu, arı meralarının korunması, yem bitkilerinin tozlaşma ihtiyaçlarına uygun arazi yönetimi ve üreticilere yönelik farkındalık eğitimleri, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi güncel tehditlere karşı etkili bir adaptasyon stratejisi olacaktır (Abrol, 2012).

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Abrol, D. P. (2012). *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production* (Vol. 792). New York: Springer.
- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2007). Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology*, 88(2), 271-281. <https://doi.org/10.1890/06-1017>
- Aizen, M.A., Basu, P., Bienefeld, K., Biesmeijer, J.C., Garibaldi, L.A., Gemmill-Herren, B., Imperatriz-Fonseca, V.L., Klein, A-L., Potts, S.G., Seymour, & C.L. Vanbergen, A.J. (2023). Sustainable use and conservation of invertebrate pollinators. Food & Agriculture Org.
- Albrecht, M., Schmid, B., Hautier, Y., & Müller, C. B. (2012). Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1748), 4845-4852. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1621>
- Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869-890. <https://dx.doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Asbjornsen, H., Hernandez-Santana, V., Liebman, M., Bayala, J., Chen, J., Helmers, M., ... & Schulte, L. A. (2014). Targeting perennial vegetation in agricultural landscapes for enhancing ecosystem services. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(2), 101-125. <https://doi.org/10.1017/S1742170512000385>
- Barrett, S. C., & Hough, J. (2013). Sexual dimorphism in flowering plants. *Journal of Experimental Botany*, 64(1), 67-82. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers308>
- Begum, J. (2014). Development of killed vaccine against Paratuberculosis in mice model (Doctoral dissertation, Ph. D Thesis, Indian Veterinary Research Institute, Izatnagar, India).
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., ... & Kunin, W. E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351-354. <https://doi.org/10.1126/science.1127863>
- Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014). Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 890-898. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12257>
- Burkle, L. A., & Runyon, J. B. (2017). The smell of environmental change: using floral scent to explain shifts in pollinator attraction. *Applications in Plant Sciences*, 5(6), 1600123. <https://doi.org/10.3732/apps.1600123>
- Cane, J. H. (2002). Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of US alfalfa compared for rates of pod and seed set. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 22-27. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.22>
- Change, I. P. O. C. (2001). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Genebra, Suíça.
- Çağlayan, N., Karabag, K., Dursun, I., Yıldız, B. I., Şimşek, A., Sahin, I., ... & İlkaya, M. (2025). Microsatellite-based genetic characterisation of honeybee populations from Bingöl. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 38(1), 29-34.
- Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie*, 41(3), 264-277.

- Deguines, N., Jono, C., Baude, M., Henry, M., Julliard, R., & Fontaine, C. (2014). Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(4), 212-217. <https://doi.org/10.1890/130054>
- Delaplane, K. S., & Mayer, D. F. (2000). *Crop pollination by bees*. Cabi.
- Delaplane, K. S., Dag, A., Danka, R. G., Freitas, B. M., Garibaldi, L. A., Goodwin, R. M., & Hormaza, J. I. (2013). Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-28. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.12>
- Dixon, G. R. (2012). Climate change—impact on crop growth and food production, and plant pathogens. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 34(3), 362-379. <https://doi.org/10.1080/07060661.2012.701233>
- Dixon, R. M., & Stockdale, C. R. (1999). Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(5), 757-774.
- Fantasma, F., Samukha, V., Saviano, G., Chini, M. G., Iorizzi, M., & Caprari, C. (2024). Nutraceutical aspects of selected wild edible plants of the Italian Central Apennines. *Nutraceuticals*, 4(2), 190-231. <https://doi.org/10.3390/nutraceuticals4020013>
- Ferreira, P. A., Boscolo, D., & Viana, B. F. (2013). What do we know about the effects of landscape changes on plant–pollinator interaction networks?. *Ecological Indicators*, 31, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.025>
- Free, J. B. (1970). Insect pollination of crops (pp. 544-pp).
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>
- Ghazoul, J. (2006). Floral diversity and the facilitation of pollination. *Journal of Ecology*, 295-304.
- Giannenas, I., Skoufos, J., Giannakopoulos, C., Wiemann, M., Gortzi, O., Lalas, S., & Kyriazakis, I. (2011). Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5569-5577. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4096>
- Goulson, D. (2009). *Bumblebees: Behaviour, ecology, and conservation*. Oxford University Press ISBN: 9780199553068
- Gültekin, Y. S. (2019). Yiğilca bal arısının kırsal kalkınma ve ekogirişimcilik kapsamında değerlendirilmesi. *Duzce University Journal of Science and Technology*, 7(1), 911-921.
- Herrera, C. M. (2000). Flower-to-seedling consequences of different pollination regimes in an insect-pollinated shrub. *Ecology*, 81(1), 15-29. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0015:FTSCOD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0015:FTSCOD]2.0.CO;2)
- Hervé, M. R., Delourme, R., Leclair, M., Marnet, N., & Cortesero, A. M. (2014). How oilseed rape (*Brassica napus*) genotype influences pollen beetle (*Meligethes aeneus*) oviposition. *Arthropod-Plant Interactions*, 8(5), 383-392.
- İlkaya, M., & İnci, H. (2023). Bingöl ilinin farklı bölgelerinden toplanmış apilarnilin iz element (ağır metal) içeriğinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 715-725.
- Ingram, D. S. (2018). Barbara Gemmill-Herren (Ed.): *Pollination services to agriculture: sustaining and enhancing a key ecosystem service: Food and agriculture Organization of the United Nations with Routledge*, New York, USA & Oxford, UK: 2016, i-xvii+ 283 pp. ISBN 978–1–138-90,440-8.

- İnci, H., İlkaya, M., & İzol, E. (2021). Apilarnil (drone larvae) chemical content, bioactive properties and supporting potential in medical treatment of some diseases in terms of human health. *International Journal of Food, Agriculture and Animal Sciences*, 1(1), 1-7.
- İnci, H., Karakaya, E., & Topluk, O. (2022). Bingöl ili arıcılık işletmelerinin yapısal özellikleri. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 9(4), 996-1013.
- Kazemi, M., & Ariapour, A. (2025). Nutritional dynamics of Iranian pasture flora: Implications for Animal Health and Productivity. *Grass and Forage Science*, 80(2), e12718. <https://doi.org/10.1111/gfs.12718>
- Kevan, P. G., & Phillips, T. P. (2001). The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5(1).
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschardt, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1518), 955-961. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2306>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tschardt, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812-16816. <https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>
- Kumar, A., Rajwar, N., & Tonk, T. (2024). Climate change effects on plant-pollinator interactions, reproductive biology and ecosystem services. In *Forests and climate change: biological perspectives on impact, adaptation, and mitigation strategies* (pp. 97-117). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10(8), 710-717. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x>
- Messellem, I., Aguib, S., Derradj, L., & Shebl, M. (2025). Efficient and functional bee pollinators of alfalfa (*medicago sativa* L.) in the Algerian agricultural ecosystem. *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/jen.13463>
- Olsson, R. L. (2020). *Plant-pollinator communities and interactions across diverse agricultural landscapes*. Washington State University.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., ... & Vanbergen, A. J. (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Tüfenkçi, Ş. (Ed.). (2023). *Tarımsal sürdürülebilirlikte yeni yaklaşımlar*. Akademisyen Kitabevi.
- Woo-Durand, C. (2024). Landscape-level variation in the diversity of insect flower visitors across the cranberry agroecosystem in Québec.