

Polinatör Hymenopterler (Arthropoda: Insecta)

Aysel Kekillioğlu ^{1*}, Ömer Eren Bostan ²

¹Nevşehir HBV Üni. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, Türkiye

²Nevşehir HBV Üni. Fen Bil. Enst. Biyoloji ABD, Türkiye

*(akekillioglu@nevsehir.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 20 Temmuz 2023, Kabul Tarihi: 24 Temmuz 2023)

(5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2023, July 10 - 12, 2023)

ATIF/REFERENCE: Kekillioğlu, A. & Bostan, Ö. E. (2023). Polinatör Hymenopterler (Arthropoda: Insecta). *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 402-409.

Özet – Polinatör böcekler, ekosistemlerin işleyişinde ve bitki çeşitliliğinin korunmasında büyük öneme sahiptir. Bitki türlerinin devamlılığı ve ekosistem dengesinin korunması, bitkiler ve tozlaşmalarını sağlayan polinatör böcekler arasındaki ilişkinin sürdürülebilmesine bağlıdır. Bitkilerin tozlaşmasında hymenopterler büyük öneme sahiptir. Polinatör hymenopterler, bitkilerin üremesinde kritik bir rol oynar ve tarım ürünlerinin verimliliğini artırır. Bitki çiçeklerinin polinasyonu, tohum oluşumu ve bitki üremesi için temel bir adımdır. Bu nedenle, polinatör böceklerin ekosistemlerdeki varlığı ve sağlıklı popülasyonları, bitki topluluklarının ve doğal habitatların devamlılığını sağlamak açısından büyük önem taşır. Habitat kaybı, polinatörlerin yaşam alanlarının azalmasına ve besin kaynaklarının sınırlandırılmasına neden olabilir. İklim değişikliği nedeniyle polinatörlerin göç davranışlarını ve fenolojilerini etkilenerek polinasyon etkinliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Tarım uygulamaları, pestisit kullanımının yaygınlaşması da polinatör popülasyonları üzerindeki baskıları artırmaktadır. Bunlar arasında habitat koruma, doğal yaşam alanlarının restore edilmesi, ekolojik tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve pestisit kullanımının azaltılması gerekmektedir. Polinatörlerin korunması, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işlevleri için kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, tarım ürünlerinin sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği açısından da büyük bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada polinatör hymenopterlerin ekosistemdeki önemi vurgulanarak, biyolojik çeşitlilik ve tarımsal üretim üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Polinatörlerin korunması için alınabilecek önlemler de belirtilerek, polinatör böceklerin ekolojik öneminin ve korunmalarının önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Tozlaşma, Hymenoptera, Biyoçeşitlilik, Ekoloji, Tarım

I. GİRİŞ

Zar kanatlılar (Hymenoptera) oldukça zengin tür çeşitliliğine sahip bir böcek takımını oluşturur. Takım içerisinde karıncalar, arılar, yaban arıları ve testere sineği (yaprak arıları) gibi böcekler bulunur.

Arılar, Hymenoptera takımında Apoidea üst familyasının Apiformes grubunu oluşturan böceklerdir [1]-[9]. Yeryüzünde 25.000 kadar tanımlanmış arı türü bulunmaktadır [1]. Ülkemizin iklim koşulları, topoğrafik yapısı ve coğrafik

konumu, bitki örtüsünün zenginliği arı faunasının da fazla olmasına imkan sağlamıştır[1]-[5]. Bitkilerde “polinasyon” adı verilen tozlaşma olayı, türlerin devamlılığının sağlanmasında hayati bir önem taşımaktadır. Bu da büyük oranda “polinatör” adı verilen canlılar sayesinde gerçekleşiyor. Arılar ise en aktif polinatörler olarak doğal ekosistemin ve tarımın önemli bir parçasıdır çünkü bitkilerin tozlaşmasında kritik bir rol oynarlar [2], [3]. Bitkinin meyve ve tohum üretiminde çok önemli bir süreç olan tozlaşma, çiçeğin erkek organlarındaki polenlerin dişi organlara taşınması işlemidir. Bu süreç, bitkilerin üremesi için hayati önem taşır ve meyve, sebze ve diğer bitki ürünlerinin verimli bir şekilde yetişmesini sağlar. Bu sürece pek çok böcek, polen, nektar, bitkisel besin arayan diğer hayvanlar hizmet ederler [4], [5]. Ancak son yıllarda, Türkiye dahil olmak üzere birçok ülkede arı popülasyonları üzerinde düşüşler yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu durum, arıların hayatta kalmasını ve doğru şekilde tozlaşma yapmalarını engelleyebilir. Arılar üzerinde etkili olan faktörler arasında çevre kirliliği, bilinçsiz zirai ilaç kullanımı, habitat kaybı, pestisitler, iklim değişikliği ve hastalıklar pek çok polinatörle birlikte arıların yaşamını da tehlikeye atmaktadır. Bu tehdit hem doğrudan hem de dolaylı bir şekilde, bitki türlerinin soylarının tamamen tükenmesine varıncaya dek büyük sorunlara zemin hazırlıyor. Bu yüzden Türkiye’de arılar ve tozlaşma sorunuyla mücadele etmek için bazı önlemler alınmalıdır. Bunlardan biri, arıcılığın teşvik edilmesi ve arıların eğitilmesidir. Arı yetiştiriciliği, arı popülasyonlarını koruma ve çoğaltma açısından önemlidir [6]. Ayrıca, tarım ilaçlarının ve pestisitlerin dikkatli bir şekilde kullanılması ve doğal tozlaşma sağlamak için çevreye zarar vermeyen yöntemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Doğal yaşam alanlarının korunması da arıların hayatta kalması için önemlidir. Arılar, çeşitli bitki türlerine ve çiçeklere ihtiyaç duyarlar, bu nedenle doğal ekosistemlerin korunması, arıların beslenme ve üreme alanlarına erişimini sağlar. Bu yönden tozlaşma, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve insan toplulukları için hayati önem taşımaktadır. Ekosistem dengesinin korunması, bitkiler ve tozlaşmalarını sağlayan polinatör böcekler arasındaki ilişkinin sürdürülebilmesine bağlıdır [7].

II. HYMENOPTERA

2.1 Taksonomi

Arılar Insecta sınıfı ve Hymenoptera ordosu içerisinde bulunur. Hymenoptera taksonomisinde, sınıflandırma genellikle morfolojik, anatomik, moleküler ve davranışsal özelliklere dayanır. Morfolojik özellikler, vücut yapısı, anten şekli, kanat özellikleri ve ağız parçaları gibi dış görünüş özellikleri incelenerek taksonomik gruplandırmaya katkıda bulunur. Anatomik özellikler, iç organların yapısı ve özellikleri üzerinde odaklanır ve taksonomik ilişkileri belirlemede önemli bir rol oynar. Son yıllarda, moleküler yöntemlerin kullanımı Hymenoptera taksonomisinde büyük önem kazanmıştır. DNA dizileme ve filogenetik analizler, genetik benzerlikleri ve evrimsel ilişkileri inceleyerek taksonomik gruplamaları destekler. Moleküler veriler, bazen morfolojik benzerliklerin yetersiz olduğu durumlarda taksonomik ayrımı sağlamada yardımcı olur. Hymenoptera ordosu temel olarak Apocrita ve Symphyta olmak üzere iki alt takıma ayrılırlar [4]. Symphyta alt takımı, genellikle bitki saplarında veya gökyüzünde yaşayan ve bitki öz suyunu besin olarak kullanan "talaş sinekleri" olarak da bilinen testere sineklerini içerir. Genellikle belirgin bir "bel" bölgesine sahip deşillerdir ve dişilerin dışarıya doğru uzanan bir ovipositoru vardır. Apocrita alt takımı, daha karmaşık bir yapıya sahip olan ve yüklemenin yayılmasını içeren bir gruptur. Tarihi ve geleneksel olarak Aculeata ile Parasitica olarak iki ana gruba ayrılırlar. En gelişmiş zar kanatlılar olan Aculeata grubu monofiletiktir ve bal ve yaban arıları ile karınca türlerinden oluşur. Ufak sinek benzeri asalak arıların toplandığı Parasitica grubu parafiletiktir ve nispeten daha ilkel zar kanatlılardan oluşur. Ichneumonoidea bu üst familya, en çok parazitoit yaşam tarzı sergileyen ve diğer gelenlerin larvalarını veya yumurtalarını konukçu olarak kullanarak üreyen birçok türü içerir. Bu üst familyaları barındırmak, Ichneumonidae ve Braconidae familyaları arasında yer alır. Apoidea üst familyası, arıları içerir. Arılar, çiçek nektarı ve polenle beslenen, sosyal organizasyona sahip olan ve kolonilerde yaşayan yayılımdır. Bu üst familya hayvanları barındırmak arasında Apidae (bal arıları), Halictidae (çekirge arıları), Andrenidae (çamur arıları) ve

Megachilidae (yaprak kesen arılar) familyaları yer alır. Hymenoptera taksonomisi, türlerin biyolojik ve ekolojik özelliklerinin anlaşılmasına da katkıda bulunur. Örneğin, sosyal böcekler olan arılar ve karıncaların sosyal organizasyonları, koloni yapısı ve iş bölümü gibi konular, taksonomik çalışmalara dayanarak araştırılır. Ayrıca, parazitoit türlerin konakçılar üzerindeki etkisi, polinasyonun ekosistem hizmetleri, etçil beslenme stratejileri ve habitat tercihleri gibi konular da Hymenoptera taksonomisinin incelendiği alanlardır. Hymenoptera taksonomisi, çeşitli böcek türlerinin sınıflandırılması ve taksonomik ilişkilerin belirlenmesi için önemli bir disiplindir. Morfolojik, anatomik, moleküler ve davranışsal özelliklere dayanan çalışmalar, Hymenoptera taksonomisinin temelini oluşturur. Bu taksonomik çalışmalar, Hymenoptera takımının biyolojisi, ekolojisi ve evrimi hakkında önemli bilgiler sağlar ve doğal kaynakların korunması ve böcek biyolojisi alanında ilerlemeler için temel oluşturur [8], [9].

2.2. Biyomorfoloji

Hymenoptera'nın biyomorfolojik özellikleri, bu türlerin fiziksel adaptasyonlarını ve çevreleriyle olan etkileşimlerini anlamamızı sağlar. Hymenoptera'nın vücudu üç bölümden oluşur; baş, göğüs ve abdomen. Baş bölgesinde antenler, gözler ve çiğneme aletleri bulunur. Göğüs bölgesinde üç çift bacak ve iki çift kanat yer alır. Abdomen ise sindirim, üreme ve solunum sistemlerini içerir. Bu bölümler arasındaki yapı ve oranlar türler arasında farklılık gösterebilir. Hymenoptera'nın antenleri, genellikle ince ve uzun yapıdadır. Antenler, çevreyi algılamak ve iletişim kurmak için kullanılır. Kokuları ve titreşimleri algılamak, besin kaynaklarını bulmak, eşleri bulmak ve koloniler arasında iletişim sağlamak gibi görevlerde önemli bir rol oynarlar. Hymenoptera'nın genellikle karmaşık gözleri vardır. Bu gözler, çevredeki hareketleri algılamalarını ve yönlerini belirlemelerini sağlar. Bazı türlerde gözlerin yapısı, gece veya gündüz aktivitelere uyum sağlamak için farklılık gösterebilir. Hymenoptera'nın ağız parçaları, türe bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Genellikle çiğneme tipi ağız parçaları vardır, ancak

bazı türlerde emme veya sokma yapabilen ağız parçaları da bulunabilir. Bu adaptasyonlar, beslenme ve yaşam tarzlarına göre değişiklik gösterir. Hymenopterlerin genellikle iki çift kanadı vardır. Kanatlar, uçuş için kullanılır ve çiftleşme, beslenme ve tehlikeden kaçma gibi davranışları gerçekleştirmelerine yardımcı olur. Bacaklar, türlerin yaşam tarzına göre farklılaşabilir. Örneğin, arılar polenleri taşımak için arka bacaklarında polen sepetlerine sahiptir. Hymenoptera takımı içinde sosyal organizasyon gösteren türler bulunur. Özellikle arılar ve karıncalar, karmaşık sosyal yapılarla yaşarlar. Bir kolonide kraliçe, işçi ve erkek bireyler bulunur ve belirli görevleri yerine getirirler. Sosyal davranış, koloni organizasyonu, iş bölümü ve koloni içi iletişim gibi unsurları içerir. Hymenopterlerin vücut yapıları, antenler, gözler, ağız parçaları, kanatlar ve bacaklar, türlerin yaşam tarzlarına, beslenme alışkanlıklarına ve çevresel etkileşimlerine uyum sağlamalarında önemli bir role sahiptir. Bu biyomorfolojik özellikler, Hymenoptera takımının ekolojisi, davranışları ve evrimsel süreçleri üzerinde derinlemesine çalışmalar yapmamıza yardımcı olur [8]- [10].

2.3. Ekoloji

Hymenoptera takımı, geniş bir ekolojik çeşitlilik gösterir. Arılar, yaban arıları, karıncalar ve diğer Hymenoptera türleri, farklı habitatlarda bulunabilir ve çeşitli ekolojik roller üstlenebilir. Hymenoptera'nın ekolojisi, doğal döngülerde önemli bir yere sahiptir ve ekosistemlerin sağlığı ve işleyişi için kritik bir rol oynar. Hymenoptera takımının birçok türü, polinasyonun önemli birer aktörüdür. Arılar ise en bilinen polen taşıyıcılarıdır. Çiçeklere ziyaret ederek polenleri taşırlar ve bitki üremesinde önemli bir rol oynarlar. Polen toplama ve nektar emme yoluyla beslenirken bitkiler arasında polen transferi gerçekleştirirler. Bu, bitki çeşitliliği ve ekosistemlerin işleyişi için kritik bir ekolojik süreçtir. Hymenoptera takımında parazitoit olarak bilinen türler, diğer böcek türlerine yumurtalarını bırakarak veya larvalarını

konakçı böceklerin içinde geliştirerek yaşarlar. Parazitoitler, özellikle tarımsal zararlı böceklerin biyolojik mücadelesinde önemli bir rol oynarlar. Bu türler, ekosistemde zararlı böcek popülasyonlarını kontrol etmeye yardımcı olur ve tarım ürünlerinin korunmasına katkı sağlar. Hymenoptera takımının bazı türleri sosyal organizasyon gösterir. Arılar ve karıncalar, karmaşık sosyal yapılarla yaşarlar. Kolonilerde kraliçe, işçi ve erkek bireyler bulunur ve belirli görevleri yerine getirirler. Bu sosyal davranışlar, koloni içinde iş bölümünü sağlar, yuva savunmasını organize eder ve besin kaynaklarını topluca kullanmayı mümkün kılar. Ayrıca hymenoptera takımı, toprak ekosistemlerinde önemli bir role sahiptir. Özellikle karıncalar, toprakta yuva yaparak toprak yapısını etkileyebilir ve toprak ekosistemlerinin biyolojik döngülerinde görev alabilir. Toprakta yaşayan karıncalar, organik malzeme parçalayarak ayrıştırmaya katkıda bulunur ve toprak verimliliğini artırır. Hymenoptera takımı, besin zincirinde farklı rollere sahiptir. Hem polinasyon sürecinde bitki besinlerinin taşınmasında hem de parazitoit olarak diğer böceklerle besin zincirinin üst kademelerinde yer alır. Aynı zamanda bazı Hymenoptera türleri etçil beslenir ve diğer böcekleri avlayarak beslenirler. Polinasyon süreci, biyolojik mücadele, toprak ekosistemleri ve sosyal davranışlar gibi faktörler, Hymenoptera'nın ekolojik önemini vurgular. Bu takımın ekosistemlerdeki varlığı, ekolojik dengenin sağlanması, bitki üremesi ve besin ağının işleyişi için kritik bir role sahiptir.

III. POLINASYON BİYOEKOLOJİSİ

Polinasyon biyolojisi, bitkilerin üreme sürecinde polenin taşınması ve tohum oluşumu için önemli olan etkileşimleri inceler. Bu süreç, bitki çeşitliliğinin sürdürülmesi ve ekosistemlerin işleyişi açısından hayati bir öneme sahiptir. Bitkiler, çeşitli polen taşıyıcıları aracılığıyla polenlerini diğer bitkilere aktarır ve tozlaşma gerçekleştirir. Polen taşıyıcıları, bitkilerin

polenlerini diğer bitkilere taşıyan organizmalardır. Bu organizmalar arasında böcekler (arılar, kelebekler, sinekler), kuşlar, yarasalar ve rüzgar yer alır. Böcekler, polinasyonun en yaygın taşıyıcılarıdır ve bitki böcek etkileşimleri büyük bir çeşitlilik gösterir. Arılar ve bazı kelebekler, nektar ve polen için çiçeklere ziyaretler yaparken, diğer böcekler polenleri tüyleri veya vücut yapıları üzerinde taşıyarak polinasyona katkıda bulunurlar. Kuşlar ve yarasalar, bazı bitki türlerinin polenlerini uzak mesafelere taşırlar, özellikle tropikal bölgelerde önemli polen taşıyıcılarıdır. Rüzgar ise, bazı bitki türlerinin polenlerini havada taşıyarak polinasyonu gerçekleştirir. Polinasyon ise bitki ve polen taşıyıcıları arasında karşılıklı bir etkileşimdir. Bitkiler, polen taşıyıcılarını çekmek ve onları polenleri taşımaya teşvik etmek için çeşitli adaptasyonlara sahiptir. Çiçeklerin renkleri, kokuları ve şekilleri, polen taşıyıcıların dikkatini çekmeyi ve doğru şekilde polenleri taşımalarını sağlamayı amaçlar. Polen taşıyıcılar, besin kaynağı (nektar veya polen) elde etmek için bitkileri ziyaret ederken polenleri taşır ve bitki çeşitliliğinin sürdürülmesinde kritik bir role sahiptir. Polinasyon biyolojisi, bitki üremesi, genetik çeşitlilik, bitki çeşitliliği ve ekosistemlerin işleyişi açısından önemli bir konudur. Polinasyon, bitki popülasyonlarının korunmasına, bitki türlerinin yayılmasına ve tohum oluşumuna katkıda bulunur. Ayrıca, polinasyon, besin zincirinin işleyişinde de önemli bir rol oynar. Böceklerin ve diğer polen taşıyıcılarının popülasyonlarındaki değişiklikler, polinasyon hizmetlerini etkileyebilir ve ekosistem sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Sonuç olarak polinasyon biyolojisi, bitkilerin üreme sürecinde polen taşıyıcılarıyla olan etkileşimleri ve ekosistemlerdeki önemli rolünü inceler. Polinasyon, bitki çeşitliliğinin sürdürülmesi, genetik çeşitlilik, tohum oluşumu ve ekosistem işleyişi için hayati bir süreçtir. Bitkiler, çeşitli adaptasyonlarla polen taşıyıcılarını çekerken, polen taşıyıcıları da bitkilerin besin kaynaklarından yararlanırken polenleri taşır ve

bitki popülasyonlarının ve ekosistemlerin sağlığını korur [11]-[14].

3.1 Etki- Önem

Arılar, çiçeklerin büyüleyici dünyasında önemli bir rol oynar. Görevleri arasında polen taşıma ve bitkilerin tozlaşması yer alır. Arıların bu görevleri, doğal ekosistemlerin işleyişinde ve tarımsal üretimde hayati bir öneme sahiptir [1]- [5]. Dünya üzerindeki bitkilerin % 70'inin polinasyonu arılar tarafından sağlanmakta, gerçekleşen polinasyonun % 80'inden fazlası da bal arılarınca yapılmaktadır [15], [16]. Bu nedenle arıların böceklerle tozlaşan bitkilerin üremesindeki rolü çok önemlidir. Dünya gıda tüketiminin yüzde 90'ını sağlayan besin çeşitlerinden 82'si, büyük oranda arılar aracılığıyla yetişiyor. Bu bitkilerin tozlaşmasında toplam yüzde 63'lük paya sahip olan arılar, özellikle de bazı sık tüketilen bitki çeşitlerinde bu oranın çok daha üstüne çıkabiliyor [17], [18]. Arılar olmadan, bitki türlerindeki verimliliğin yüzde 90'a kadar düşeceği öngörülmüyor. Bu da gösteriyor ki bu canlılar, belki de kendileri bile farkında olmadan tarımsal faaliyetlerde en az gübre ve su kadar büyük bir önem taşıyor. Seçici olmayan polinatör böceklerle tozlaşan bitkilerde %62-73 arasında tozlaşmada sınırlanma gözlenmiştir. Belirli bir polinatör böcekle tozlaşan bitkilerde ise, polinatörün yok olması bitkinin yok olması anlamına gelmektedir [7]. Tarımda kullanılan kimyasallar başta olmak üzere yapılan pek çok insan müdahalesi, arıların doğal yaşam alanlarından uzaklaşmasına ve dolayısıyla bitkisel üretimde verimin düşmesine yol açabiliyor. Polinatörleri tehdit eden unsurlar, sadece zirai ilaçlamaların ve endüstriyel tarımın yaygınlaşmasıyla sınırlı kalmıyor. Bölgesel habitat ve iklim değişikliği gibi sorunlar da tozlaşmanın azalmasında büyük bir etkiye sahip [3]. Arıların tozlaşmadaki önemi, ekosistemler ve tarım açısından vazgeçilmezdir. Arıların polen taşıma faaliyetleri, bitkilerin üremesini sağlar, genetik çeşitliliği artırır ve ekosistemlerin dengesini korur. Ayrıca, tarımsal üretimde verimliliği artırır ve

ekonomik değer yaratır. Arıların tozlaşma hizmetlerine yönelik koruma çabaları, doğal yaşam alanlarının korunması ve tarımsal uygulamalarda sürdürülebilirlik esaslarının benimsenmesi gereklidir [15]. Arıların hayatta kalması ve tozlaşma faaliyetlerinin devamı, insanların ve doğanın refahı için hayati bir önem taşımaktadır.

3.2. Etkin Pollinatör Taksonlar

Pollinatör böcekler, bitkilerin çiçeklerinden nektar ve polen alarak bu materyalleri farklı bitki çiçeklerine taşıyan ve polinasyona önemli katkıda bulunan böceklerdir. Pollinatör böceklerin çeşitliliği oldukça geniştir. Arılar, polinasyonun en önemli ve etkin pollinatörleridir. Özellikle bal arıları, yaban arıları ve diğer arı türleri, çiçeklerden nektar ve polen alırken polenleri tüylerine ve vücutlarına yapıştırarak farklı bitki çiçeklerine taşırlar. Renkli çiçeklerle olan ilişkileriyle bilinen kelebekler, polinasyona önemli bir katkı sağlar. Uzun dilleriyle nektarı alırken çiçeklerin polenlerini taşıyarak farklı bitki türlerine transfer ederler. Kelebekler, özellikle çiçeklerin parlak renklerini ve tatlı kokularını algılayarak polen taşırlar. Sinekler, polinasyonun bir diğer önemli gruplarından. Bazı sinekler, çiçeklerin kötü kokularını algılayarak ve nektarını tüketerek polen taşıma işlevini gerçekleştirir. Özellikle çürümüş materyallerin bulunduğu veya diğer pollinatörlerin bulunmadığı alanlarda önemli birer polen taşıyıcıdır. Diğer böcek grupları da polinasyona katkıda bulunabilir. Örneğin, bazı çekirgeler, bitkiler arasında polen transferi yaparken polenleri tüylerine yapıştırır ve taşır. Benzer şekilde, bazı bitki bitleri ve yaprak bitleri de polen taşıyıcıdır. Farklı böcek türleri, farklı bitki türleriyle ilişkilidir ve ekosistemlerin polinasyon süreçlerinde kritik bir rol oynarlar. Pollinatör böceklerin korunması ve yaşam alanlarının sağlanması, bitki üremesinin devamlılığı ve bitki çeşitliliğinin sürdürülmesi açısından büyük öneme sahiptir.

3.3. Polinasyon Sürecinde Kayıp ve Verimsizlik

Polinasyon süreci, bitkilerin üreme hücreleri olan polenlerin transfer edilmesi ve tohum oluşumunun gerçekleşmesi için önemli bir süreçtir. Ancak polinasyon sürecinde bazen kayıp ve verimsizlikler yaşanabilir. Bu kayıplar, polen transferinin yetersiz olması, polenin doğru çiçeklere taşınmaması veya polenin başarılı bir şekilde döllenme yapamaması gibi nedenlerden kaynaklanabilir.

Polinasyon Sürecindeki Kayıp ve Verimsizlik Nedenleri:

- 1. Polen Taşıyıcılarının Azalması:* Polen taşıyıcılarının sayısının azalması, polen transferinin yetersiz olmasına neden olabilir. Özellikle arılar gibi önemli polen taşıyıcılarının habitat kaybı, tarım ilaçları ve hastalıklar gibi faktörlerle popülasyonları azalabilir, bu da polen transferinin etkinliğini azaltır. Örneğin, polen taşıyıcıların çiçeklerle uyumlu zamanlarda bulunmasını ve polen transferini etkileyebilir.
- 2. İklim Değişiklikleri:* İklim değişiklikleri, polinasyon sürecini etkileyen önemli bir faktördür. Hava sıcaklıklarının artması veya yağış düzenindeki değişiklikler, polinasyon sürecini olumsuz etkileyebilir. İklim Değişikliği arıların tozlaşma faaliyetlerini etkileyen bir diğer önemli faktördür. İklim değişikliği, çiçeklenme dönemlerini etkileyebilir ve arıların besin kaynaklarının uygun zamanlarda mevcut olmamasına neden olabilir. Ayrıca, iklim değişikliği, arıların göç dönemlerini etkileyebilir ve göç eden türlerin tozlaşma hizmetlerinin azalmasına yol açabilir [19].
- 3. Polen Uyumsuzluğu:* Bazı bitki türleri, kendi polenlerini kullanarak öz döllenme yapabilir. Ancak bu durum, genetik çeşitlilik azalması ve bitki popülasyonlarının sağlığına zarar verebilir. Ayrıca bazı bitki türleri, çapraz döllenme yapmak için farklı bitki bireylerine ihtiyaç duyarlar.

Uyumsuzluk durumunda, polenler çiçeklerde döllenme yapamaz ve tohum oluşumu gerçekleşmez.

- 4. İletişim Eksikliği:* Bitkilerin doğru polen taşıyıcılarıyla iletişim kurmada zorluk yaşaması, polenin doğru çiçeklere taşınmasını engelleyebilir. Polenin yanlış yerlere taşınması veya hiçbir çiçeğe ulaşmaması gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu iletişim eksikliği, bitkilerin polen transferinde verimsizliklere neden olabilir.

Polinasyon Sürecindeki Kayıp ve Verimsizliklerin Ekolojik Etkileri:

- 1. Bitki Çeşitliliği Azalması:* Polinasyon sürecindeki kayıp ve verimsizlikler, bitki çeşitliliğinin azalmasına yol açabilir. Çapraz döllenme olmaması veya polen transferinin yetersiz olması, bitki türlerinin yayılımını ve çeşitliliğini etkileyebilir.
- 2. Tohum Üretiminde Azalma:* Polinasyon sürecindeki kayıp ve verimsizlikler, tohum üretiminin azalmasına neden olabilir. Döllenme başarısızlığı, tohum oluşumunu etkileyerek bitki popülasyonlarının sağlığını tehdit edebilir.
- 3. Besin Zinciri Etkileri:* Polinasyon süreci, besin zincirinin işleyişinde önemli bir rol oynar. Polen taşıyıcılarının kaybı veya verimsizlikleri, bitkilerin tohum üretimi ve meyve oluşumu üzerinde olumsuz etkileri nedeniyle besin zincirindeki diğer organizmalara da yansır.
- 4. Ekosistem İşleyişi:* Polinasyon sürecindeki kayıp ve verimsizlikler, ekosistemlerin sağlığını ve işleyişini etkileyebilir. Polinasyonun azalması, bitki çeşitliliği, tohum üretimi ve besin zincirinin bozulmasına ve ekosistem hizmetlerinin azalmasına yol açabilir.
- 5. Habitat Kaybı:* Arıların doğal yaşam alanlarına yönelik habitat kaybı, tozlaşma

sorunlarının başlıca nedenlerinden biridir. Kentsel genişleme, tarım alanlarının genişlemesi ve ormansızlaşma gibi faktörler, arıların beslenme ve üreme alanlarının azalmasına neden olur. Bu da arıların popülasyonlarının azalmasına ve tozlaşma hizmetlerinin etkilendiği anlamına gelir.

6. *Tarım İlaçları ve Pestisitler:* Tarımsal uygulamalarda kullanılan tarım ilaçları ve pestisitler, arılar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Pestisitler, arıların sinir sistemini etkileyebilir ve tozlaşma yeteneklerini azaltabilir. Aşırı kullanım, ilaçların arıların beslenme kaynaklarına ve kovanlarına yayılmasına yol açabilir. Bu da arıların ölümüne ve tozlaşma hizmetlerinin azalmasına yol açmaktadır.
7. *Hastalıklar ve Parazitler:* Arıları etkileyen hastalıklar ve parazitler, tozlaşma sorunlarına katkıda bulunabilir. Varroa akarı gibi zararlı parazitler, arıların bağışıklık sistemini zayıflatarak popülasyonlarının azalmasına neden olabilir. Ayrıca, koloni kaybına yol açan hastalıklar da tozlaşma hizmetlerini olumsuz etkileyebilir.
8. *Genetik Yoksunluk:* Arı popülasyonlarının genetik çeşitliliğinin azalması, tozlaşma sorununa neden olmaktadır. Aşırı ticari arıcılık ve arıların göç etmelerinin engellenmesi gibi faktörler, arıların genetik çeşitliliğini azaltabilir. Düşük genetik çeşitlilik, arıların adaptasyon yeteneklerini zayıflatır ve tozlaşma hizmetlerinin etkililiğini azaltır.

Bu nedenler arıların tozlaşma sorunları ile karşılaşmasına yol açan önemli faktörlerdir. Bu sorunlar arı popülasyonlarının azalmasına, tozlaşma hizmetlerinin eksikliğine ve doğal ekosistemlerin dengesinin bozulmasına neden olabilir. Bu nedenle, Pollinatör böcekler, bitki üretimi, bitki çeşitliliği ve ekosistemlerin işleyişi açısından büyük bir öneme sahiptir. Pollinasyonun sürdürülebilirliği için pollinatör

böceklerin yaşam alanlarının korunması ve popülasyonlarının desteklenmesi büyük önem taşır [11] [9].

IV. SONUÇ- ÖNERİLER

Arılar ve diğer polinatör böcekler tarım ve gıda üretiminde kritik rol oynarlar. Ancak, endüstriyel tarım çabaları ve kullanılan kimyasallar polinatör böcek popülasyonlarını yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Dünya biyoçeşitliliğinin habitat kaybı, zararlı istilası, tozlaşma eksikliği ve hastalıklar sebeplerden dolayı azaldığını bildirmektedir. Polinatör böceklerin dünyada önemi giderek daha fazla anlaşılmakta, ürünlerin korunmasında gösterilen hassasiyetin polinatör böceklerin korunmasında da gösterilmesi gerekmektedir. Türkiye'de de arılar ve tozlaşma sorunu, diğer ülkelerde olduğu gibi dikkate alınması gereken bir konudur. Arıların hayatta kalması ve doğru şekilde tozlaşma yapması için arıcılığın teşvik edilmesi, tarım ilaçlarının dikkatli kullanılması ve doğal yaşam alanlarının korunması önemlidir. Bu önlemler, arı popülasyonlarının korunmasına ve bitki yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunacaktır. Ülkemiz ise bitkisel üretim ve arıcılık yönünden çok yüksek bir potansiyele sahip olmasına karşın her ikisi ile ilgili üretimin arzu edilen düzeyde değildir. Ek olarak tarımda gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de balıncısının tarımın vazgeçilmez unsuru olarak görülmesi ve tozlaşmada başarılı bir şekilde kullanılmasının gerçekleştirilmesi zorunludur. Bu durum, bitkisel üretimin kalite ve miktarını artıracaktır.

Bu Bağlamda; ekolojik ve ekonomik değer ve göstergelerin bilimsel verilerle paralel değerlendirildiklerinde öncelikle;

- Ulusal ve uluslararası düzeyde polinatör böceklerin önemi daha etkin ortaya konulmalı,
- Biyoteknolojik çalışmalarla yeni zararlı kontrol yöntemleri geliştirilmeli,

- Çeşitli zararlılar için geliştirilen kontrol stratejileri arılar için güvenli hale getirilmeli,
- Arılara zarar veren kimyasalların kullanımı yasaklanmalı,
- Polinatör böceklerin etkin ve karşılıklı ekolojik fayda esaslı tarımsal sistemler geliştirilmeli,
- Tarımsal alanlarının çevresinde bulunan doğal ve yarı doğal alanların korunmasına özen gösterilmeli,
- Ve ağırlıklı olarak süregelen yaşamın her alanındaki ekonomik önceliklendirme düşüncesi terkedilerek, ilgili alanlardaki tüm karar alma ve uygulama sürecine dahil olanlar tarafından, gerek doğal alanlarda gerekse tarımsal alanlarda geleneksel uygulamalar göz ardı edilmeksizin; çevresel ve tarımsal sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda ekolojik yaklaşımlar esas alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] H. Özbek , «Arılar ve Doğa,» *Uludağ Arıcılık Dergisi*, pp. 22-25, 2002.
- [2] A. Kekillioğlu ve E. Kunduracı «*B. terrestris* L. 1758 (Insecta: Hymenoptera) Türünün Boraginaceae Familyasındaki Polinasyon Biyolojisi ve Morfolojisinin Araştırılması,» *Avrupa Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, pp. 13-16, 2022.
- [3] Anonim, «Bal Parmak,» 2021. <https://www.balparmak.com.tr/bitkilerde-tozlasma-ve-cesitleri>. [%1 tarihinde erişilmiştir Haziran 2023].
- [4] A. Kekillioğlu, «Ankara, Kırıkkale Ve Kırşehir İlleri Apidae (Insecta:Hymenoptera) Türleri Üzerine Faunistik, Sistemik Araştırmalar ve Bazı Ekolojik Gözlemler,» *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, pp. 1-31, 2005.
- [5] Tarım ve Orman Bakanlığı, «Polinasyon,» *Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, 2019.
- [6] B. Gökteş, «Türkiye'de ve Dünya'da Arıcılık Faaliyetlerinin Ekonomisi,» *Arıcılık Üzerine Bilimsel Araştırmalar*, pp. 173-200, 2020.
- [7] N. Bağrıaçık, «Polinatör Böcekler ve Küresel Tozlaşma Krizi,» *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, pp. 38-41, 2017.
- [8] B. Hölldobler ve E. O. Wilson, *The Ants*, 1990.
- [9] C. D. Michener, *The Bees of the World*, 2007.
- [10] P. Gullan ve P. Cranston, *The Insects: An Outline of Entomology*, 2014.
- [11] J. Ollerton, «Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation,» *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* , pp. 353-376, 2017.
- [12] S. Buchman, *The Forgotten Pollinators*, 1996.
- [13] C. Kearns ve D. Inouye, *Techniques for Pollination Biologists*, 1993.
- [14] «Science Summary – SEEDS - Ecological Society of America,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.esa.org/seeds/toolkits/pollinator/science-summary/>.
- [15] A. Tüzün ve G. Bilgili, «Tarımsal Ekosistemde Arıların Önemi,» *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, pp. 92-95, 2013.
- [16] R. Sıralı ve Ş. Cımbırtoğlu, «Bal Arılarının Tozlaşmadaki ve Bitkisel Üretimdeki Önemi,» *Arıcılık Araştırma Dergisi*, pp. 28-33, 2018.
- [17] T. Çeter, «Türkiye'nin Nektarlı Bitkileri ve Tozlaşma Dönemleri,» *Kastamonu'da Arıcılık ve Arı Ürünleri Çalıştayı*, pp. 42-53, 2021.
- [18] H. Özbek, «Türkiye'de Arılar ve Tozlaşma Sorunu,» *Uludağ Arıcılık Dergisi*, pp. 41-44, 2003.
- [19] A. Kekillioğlu ve Ö. E. Bostan, «İklim Değişikliği ve Hymenoptera Taksonlarına Etkileri Üzerine İnceleme,» *Uluslararası Son Akademik Çalışmalar Konferansı*, pp. 151-155, 2023.