

Derleme (Review)

Kestane Gal Arısı, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)'nin larva parazitoiti *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) ve biyolojik mücadelede kullanım olanakları

Rearing and releasing *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae), larval parasitoid of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)

Kahraman İPEKDAL¹ Akın EMİN² Ali Şahin KUZUCU³ Metin KARADAĞ²
Murat KOÇLUK⁴ Özden AÇICI³ Selim ŞAH² Yaşar AKSU⁵ Fernanda COLOMBARI⁶

Abstract

The most effective control measure against the Asian chestnut gall wasp (ACGW), *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), the most dangerous insect pest of the chestnut worldwide, is classical biological control by using *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae), which is a larval parasitoid specific to the ACGW in its native range, China. In Turkey, this parasitoid was imported from Italy, and introduced to the affected areas in 2015 and 2016. The relevant literature constitutes a vast knowledge on *T. sinensis*. Additionally, a significant amount of experience has been obtained since 2014 when the pest was first recorded in Turkey. In this review, we aim to bring this knowledge and experience into Turkish, and to present them to the researchers and practitioners in Turkey. Biological control might bear some ecological risks just like natural invasion. In this review, we particularly aim to present information on the ecological risks of introducing *T. sinensis* to a new environment and measures to lessen these risks. Finally, we aim to designate important unknown aspects of *T. sinensis* biology and ecology that might have consequences for the biological control efforts in Turkey and in the world.

Keywords: Chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, classical biological control, *Torymus sinensis*, parasitoid

Öz

Kestanenin en önemli böcek zararlısı olarak bilinen kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)'ye karşı şimdiye kadar denenen mücadele yöntemleri arasında en etkili, doğal yayılış alanı olan Çin'de konağına özgü bir parazitoit olan *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) kullanılarak yapılan klasik biyolojik mücadeledir. Bu parazitoit 2015 ve 2016'da Türkiye'ye İtalya'dan getirilmiş ve zararlının etkili olduğu alanlarda salımı yapılmıştır. Literatürde *T. sinensis* ile ilgili olarak oldukça geniş bir bilgi birikimi bulunmaktadır. Bunun dışında zararlının ilk kaydının yapıldığı 2014 senesinden itibaren Türkiye'de de yapılan çalışmalarla da bir deneyim birikimi oluşmuştur. Bu derlemenin amaçlarından biri bu bilgi ve deneyim birikimini bir araya getirerek, Türkiye'deki araştırmacı ve uygulayıcıların faydasına sunmaktır. Biyolojik mücadele birtakım riskler taşıyabilmektedir. Bu derlemenin amaçlarından biri de kestane gal arısı ile biyolojik mücadelede *T. sinensis* kullanımında söz konusu olabilecek ekolojik riskler ve bunların en aza indirilmesi ile ilgili bilgi vermektir. Son olarak bu derleme, *T. sinensis*'in biyolojisi ve ekolojisi ile ilgili, Türkiye ve dünya genelindeki biyolojik mücadele uygulamaları açısından önemli olabilecek bilgi eksikliklerine işaret etmeyi de amaçlamaktadır.

Anahtar sözcükler: Kestane gal arısı, *Dryocosmus kuriphilus*, klasik biyolojik mücadele, *Torymus sinensis*, parazitoit

¹ Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 40100, Kırşehir

² Orman Genel Müdürlüğü Orman Zararlılarıyla Mücadele Daire Başkanlığı, 06560, Yenimahalle, Ankara

³ Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Orman Zararlılarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü, 16250, Osmangazi, Bursa

⁴ Bursa Orman Bölge Müdürlüğü Yalova Orman İşletme Müdürlüğü, Yalova

⁵ Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Orman Zararlılarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü, 08000, Artvin

⁶ Padova Üniversitesi Tarım, Gıda, Doğal Kaynaklar, Hayvan ve Çevre Bölümü, Agripolis, 35020, Legnaro, İtalya

* Sorumlu yazar (Corresponding author) email: kipekdal@gmail.com

Alınış (Received):26.07.2016

Kabul edilmiş (Accepted):08.11.2016

Çevrimiçi Yayın Tarihi (Published Online):17.10.2017

Giriş

Biyolojik mücadelede esas, zararlının popülasyon yoğunluğunun baskı altına alınması ya da olumsuz etkisinin giderilmesi amacıyla predatör ya da parazitoit gibi organizmaların ya da entomopatojen mikroorganizmalardan fungusların, virüslerin, bakterilerin kullanılmasıdır (Debach, 1974; Eilenberg et al., 2001). Bu konuda klasik, inokulatif (aşılama), inundatif (boğma) ve koruyucu biyolojik mücadele adı altında dört yöntem benimsenmiştir. Bunların ilk üçü zararlının bulunduğu alana bir canlının mücadeleyi etmeni olarak salınmasına, sonuncusu ise zararlının bulunduğu alandaki mevcut doğal düşmanların korunması ve sayılarının artırılmasına dayanmaktadır (Eilenberg et al., 2001).

Klasik biyolojik mücadelede egzotik ve genellikle zararlıyla birlikte evrilmiş bir mücadele etmeni, zararlının bulunduğu alana kalıcı olarak yerleşmesi amacıyla salınır (Eilenberg et al., 2001). Bu yöntem, zararlı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak ortaya koyulacak şekilde, 120 yıldan daha uzun bir süredir uygulanmaktadır (Cock et al., 2010). Biyolojik mücadelenin genellikle hedef dışı organizmalarda görülen bir takım yan etkileri olabilmektedir (Howarth, 1983; van Lenteren et al., 2006). Mücadele çalışmaları planlanırken bunların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

İstila ekolojinin en ilgi çeken konularındandır ve bu konuda üretilen bilgi, zararlı mücadelesi çalışmalarında doğrudan uygulamaya yönelik olarak kullanılmaktadır. Klasik biyolojik mücadele de planlanmış bir biyolojik istila gibi düşünülebilir (Mack et al., 2000). Bu bağlamda biyolojik mücadele programları, mücadeleye yönelik hedeflerinin yanı sıra, aslında kuramsal istilacı popülasyon çalışmaları açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır (Fauvergue et al., 2012). Bu bakımdan biyolojik mücadele çalışmalarının geniş bir araştırmacı grubu tarafından takip edilerek, çalışmanın her aşamasının titizlikle incelenmesinin kuramsal ve uygulamaya yönelik pek çok faydası olacaktır.

Bu derlemede, önemli bir kestane zararlısı olan kestane gal arısına [*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)] karşı dünya genelinde başarıyla yürütülen ve ülkemizde de 2015 yılında başlamış olan biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılan *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) adlı parazitoitin tanıtılması, üretimi ve doğaya salımı hakkında bilgi verilmesi, biyolojik mücadelede başarı elde etmek ve mücadele uygulamasının çevresel risklerini en aza indirmek için dikkat edilmesi gereken hususların sıralanması amaçlanmıştır.

Kestane Gal Arısı, *Dryocosmus kuriphilus*

Cynipini tribüsündeki gal arılarının dünya geneline yayılmış olan yaklaşık 1000 türü bulunur (Stone et al., 2002) ve bunların sadece dört türü meşe (*Quercus* spp.) (Fagaceae) dışındaki konukçuları kullanır (Buffington & Morita, 2009). Bu dört türden biri olan kestane gal arısı (Şekil 1) Paleartik'te kestane (*Castanea* spp.) (Fagaceae) gal yapan tek türdür (Acs et al., 2007). Kestanenin en önemli böcek zararlısıdır (Payne et al., 1983). Avrupa ve Anadolu orman ekosistemlerine yakın zamanlarda bulaşmış ve yayılış alanını hızla genişletmektedir (Aebi et al., 2006; Seljak, 2006; Forster et al., 2009; Çetin et al., 2014).

Doğal yayılış alanı Çin olan (Oho & Shimura, 1970) kestane gal arısı sonradan bulaştığı alanlarda %80 seviyelerinde ürün kaybına neden olabilmektedir (EFSA, 2010). Avrupa Bitki Koruma Organizasyonu (EPPO) tarafından 2003 yılında karantina listesine alınmıştır (EPPO, 2005). Kestane gal arısı, yeni yayıldığı alanda popülasyonunu kontrol eden etmenlerin bulunmaması nedeniyle zararını çok hızlı bir şekilde gösterebilmektedir. 1940'larda önce Çin'den Japonya'ya, sonra da pek çok ülkeye yayılmış (Brussino et al., 2002; Aebi et al., 2007; Quacchia et al., 2008), Türkiye'de ise 2014 yılında Yalova ve Bursa'da kaydedilmiştir (Çetin et al., 2014).

Dryocosmus kuriphilus univoltin bir zararlı olup telitoki göstermektedir. Bahar başında sürgünlerde gal oluşumuna neden olmaktadır (Şekil 1). Bu galler toplam fotosentetik alanı düşürmekte ve sürgünlerin uzamasını engellemektedir. Epidemide bitki gelişimi büyük ölçüde yavaşlamakta (Kato & Hijii, 1997) ve meyve üretimi belirgin bir biçimde düşmektedir (Moriya et al., 1992). Çiçek sayısı da

azaldığından kestane balı üreticisi de dolaylı olarak zarar görmektedir. Bitki, kestane kanseri gibi enfeksiyonlara açık hale gelmekte ve ölebilmektedir. Mücadelesi zor olan bu zararlının genel özellikleri ile birlikte bu zararlıya karşı dünya genelinde kullanılan yöntemler İpekdal et al. (2014)'te ayrıntılı bir şekilde verilmektedir. Bu yöntemler arasında etkili olan ve etkisini uzun vadede koruyan tek yöntem kestane gal arısının larva parazitoiti olan *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae)'nin biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılmasıdır (Moriya et al., 1989; Cooper & Rieske, 2007; Quacchia et al., 2008; Gibbs et al., 2011).



Şekil 1. Kestane gal arısı, *Dryocosmus kuriphilus*.

Kestane Gal Arısının larva parazitoiti, *Torymus sinensis*

Batı Palearktik'te meşelerde gal oluşturan cynipid gal arılarının parazitoiti olan yerel chalcid türlerinin (Hymenoptera: Chalcidoidea) 100 kadarı meşe gallerini parazitlemektedir (Askew et al., 2013). Bu parazitoitlerin, yayılış gösterdikleri alana istilacı bir cynipid girdiğinde bu yeni türü de parazitlemeleri beklenmektedir. Bununla birlikte bunların çoğunun yeni istilacı konakları parazitlemesi, yaşam döngülerinin uygun olmaması ve ovipozitörlerinin kısa olması gibi nedenlerle mümkün olmamaktadır (Bailey et al., 2009). Ancak tür çeşitlilikleri yüksek olduğu için, görece az bir kısmı dahi konak değişimi yapıp yeni türe uyum sağlasa, söz konusu yeni türle ilişkili kalabalık bir parazitoit komünitesi oluşabilmektedir. Yerel parazitoitler, kestane gal arısının yeni bulaştığı alanlarda zararlıya hızla ulaşmaktadır (Aebi et al., 2007; Cooper & Rieske, 2007; Doğanlar, 2014). İtalya'ya ilk girdiği 2002 yılından bu yana 6 chalcid ailesinden (Eurytomidae, Pteromalidae, Torymidae, Eupelmidae, Ormyridae ve Eulophidae) 32 yerel parazitoit türü, kestane gal arısını parazitler hale gelmiştir (Quacchia et al., 2013). Japonya, Güney Kore, ABD ve İtalya'da yerel parazitoitlerle parazitlenme oranı %2 ile %32 arasında değişmektedir (Cooper & Rieske, 2007; Gibbs et al., 2011; Santi & Maini, 2011; Quacchia et al., 2013). Kestane gal arısı Hırvatistan'a girdikten sonraki birkaç yıl içinde 15 yerel parazitoit türü tarafından parazitlenir hale gelmiştir (Matosevic & Melika, 2013). Ancak doğal yayılış alanı olan Çin dışındaki hiçbir yerde, yerel parazitoitler kestane gal arısı populasyonlarını ekonomik zarar seviyesinin altına düşürecek kadar baskılayamamıştır (Colombari & Battisti, 2016a). Bunun üzerine kestane gal arısının Çin'deki doğal düşmanları arasında, populasyon büyüklüğünü baskı altında tutmada en etkili tür olan *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera, Torymidae) adlı parazitoitin kestane gal arısı zararının tespit edildiği hemen her ülkede klasik biyolojik mücadelede kullanılmak üzere getirilip salınması yoluna gidilmiştir (Ferracini et al., 2015).

Torymus cinsi dünya genelinde yayılış gösteren yaklaşık 400 tür içermektedir (Grissell, 1995; Noyes, 2011). *T. sinensis* bu cins içerisinde yer alan ve yakın akrabalarından oluşan taksonomik olarak karmaşık bir tür grubunun üyesidir ve bu grubun diğer türlerinden morfolojik olarak ayırt edilmesi zordur (Yara et al., 2000; Yara, 2004). *T. sinensis* tıpkı konağı olan kestane gal arısı gibi doğal yayılış alanı Çin olan bir türdür (Şekil 2). Çin'de kestane gal arısına özgü davranış gösterdiği varsayılmakla beraber literatür bu konuda çelişkilidir (Stone et al., 2002; Aebi et al., 2007; Quacchia et al., 2008, 2009). Çin'de yürütülecek çalışmalarla *T. sinensis*'in doğal yayılış alanındaki konak özgüllüğü araştırılmalıdır.

Erginler parlak mavimsi yeşil küçük vücutlu (2,5 mm) arılardır. Dişiler (1,9-2,7 mm) genellikle erkeklerden (1,7-2,1 mm) daha iridir ve abdomenlerinin sonunda bulunan ovipozitör ile erkeklerden ayırt edilebilirler. Yumurtalar ve larvalar beyazdır. Gelişmiş larvada abdomende kahverengi şeritler bulunur (Kamijo, 1982). Pupanın rengi başta beyaz olup, zamanla siyaha döner. Bunun dışında literatürde *T. sinensis*'in gelişiminin ayrıntıları ile ilgili bilgi bulunmamaktadır. Bu araştırılması gereken bir konudur.

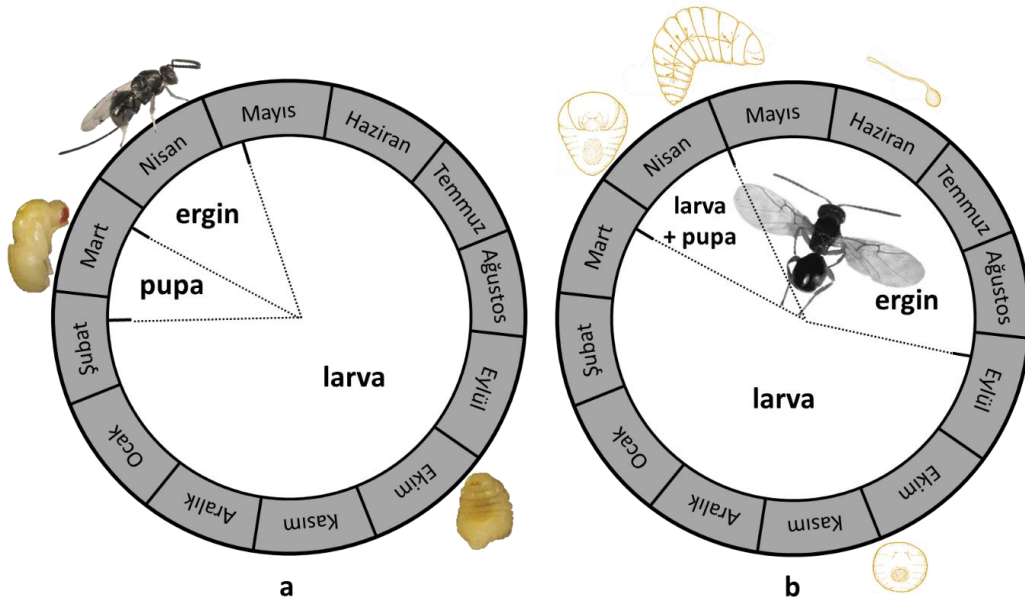


Şekil 2. Kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus*'un larva parazitoiti olan *Torymus sinensis*'in ergin dişi bir kestane gali üzerinde.

Yaşam döngüsü kestane gal arısınınki gibi bir yıllıktır ve kestane gal arısının yaşam döngüsüyle tam bir uyum göstermektedir (Şekil 3). Ayrıca kestane gal arısının tüm parazitoitleri arasında konağına özgü davranış gösterdiği düşünülen tek türdür (Kamijo, 1982; Moriya et al., 1989; Piao & Moriya, 1999). Erginleri bahar başında, tomurcukların patlaması ve gallerin oluşmaya başlaması ile eş zamanlı olacak şekilde (örneğin Yalova'da nisan başında), kurumuş gallerden çıkmakta ve çiftleşmektedir. Dölllenme olmasa da ovipozisyon gerçekleşmekte ancak bunlardan partenogenetik olarak sadece erkekler meydana gelmektedir (Piao & Moriya, 1999). Dişiler yumurtalarını yeni oluşmakta olan gallerin içine, ya konak larvanın vücut yüzeyine ya da galdeki larva odasının duvarına bırakmaktadır. Piao & Moriya (1999)'a göre yumurta genellikle konak larvanın vücut yüzeyine bırakılmaktadır. Diğer *Torymus* türlerinde yapılan gözlemler dişilerin yumurtalarını gal içindeki odacık duvarına bıraktığını göstermiştir ancak, büyük bir ihtimalle, *T. sinensis*'te ovipozitör uzunluğu *D. kuriphilus* galinin yapısına iyi uyum sağladığından, *T. sinensis* dişileri yumurtalarını doğrudan konak larva üzerine bırakabilmektedir. Bir dişi tarafından bırakılan yumurta sayısı ortalama 70'tir (Matosevic et al., 2014). Yumurtalar genellikle konak larva başına bir adet olacak şekilde bırakılmaktadır. Doğal koşullarda bir larva odasında birden fazla yumurtaya da rastlanmış, ancak *T. sinensis* larvaları arasındaki kanibalizmden ötürü bunlardan sadece birinin gelişebildiği görülmüştür (Piao & Moriya, 1999). Yumurtadan çıkan parazitoit larvası zararlının olgun larvası üzerinde ektoparazitoit olarak beslenmektedir. Sonbaharda galler kurumakta ve *T. sinensis* larvaları bu kuru gallerin içerisinde yaşamaya devam etmektedir. Gelişmekte olan larva genellikle kış sonu pupaya girmektedir. Yani *T. sinensis* yazı larva evresinde, kışı ise ya son larva evresinde ya da ilk pupa evrelerinde geçirmektedir (Shiga, 2009). Pupanın gelişim süresini çevresel sıcaklık belirlemekte, sıcaklık arttıkça gelişim süresi de kısalmaktadır (Otake, 1989). Ferracini et al. (2015) az sayıda *T. sinensis*

ergininin diyapozu uzatarak, bir yıl sonra da çıkabildiğini bildirmiştir. Bahar başında gelişimini tamamlayan pupalardan erginler çıkmakta ve döngü yeniden başlamaktadır.

Otake et al. (1989) içinden kestane gal arısı çıkmış gallerle *T. sinensis* çıkmış gallerin birbirinden ayırt edilemediğini belirtmişse de Panzavolta et al. (2013) İtalya'da yaptıkları araştırmada bu ayrımı yapabildiklerini ileri sürmüş ancak bu konuda ayrıntı vermemiştir. Bu bakımdan ilgili literatürdeki mevcut bilgiye ve kendi deneyimlerimize de dayanarak, bu ayrımın en azından kaba morfolojik incelemeyle yapılamadığını söylemek doğru olacaktır. Gallerden çıkan *T. sinensis* erginlerinin eşey oranı genelde %50 civarındadır. Erkekler dişilerden birkaç gün önce çıkmaktadır (Quacchia et al., 2008). Dişinin ovipozisyon öncesi dönemi 6 gün sürmektedir. Dişi bu süre zarfında yumurta gelişimi için gerekli olan besinleri almaktadır. Dişilerin arazi koşullarındaki ömür uzunluğunun 37 gün (Piao & Moriya, 1999), bu sürenin laboratuvar ortamında genel olarak erginler için 45 gün olduğu bildirilmiştir (Borowiec et al., 2014). Matosevic et al. (2014) ise *T. sinensis* erginlerinin 15°C'de bal ile beslenerek 4 ay kadar yaşatılabildiğini bildirmiştir. Ancak bu değerler ortalama değil, maksimum değerler olmalıdır çünkü Türkiye'deki gözlemlerimize göre *T. sinensis* erginlerinin laboratuvar koşullarındaki ömür uzunluğu 30 günü aşmamakta, dahası 30. güne doğru sağ kalan birey oranı %3 ile %7 arasında olmaktadır. Yani 30 güne kadar sağ kalımdan söz edilebilse de ortalama ömür uzunluğu değerleri çok daha kısa olmalıdır. Bununla birlikte bu ömür uzunluğu, erginleri doğaya salmadan önce laboratuvarda yetiştirmeye uygundur.



Şekil 3. *Torymus sinensis* (a) ve konukçusu olan *Dryocosmus kuriphilus*'ün yaşam döngüsü (b) (İpekdal et al., 2014'ten değiştirilerek).

Torymus sinensis uygun konağının olmaması durumunda pupa diyapozunu 2 yıl kadar uzatabilmektedir (Quacchia et al., 2013). Bu durum *T. sinensis*'in konağına özgü davranışının fazlaca esnek olmadığı, Cynipidae'nin diğer üyelerini (örneğin meşe gal arılarını içeren Cynipini grubunu) parazitleme olasılığının düşük olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Matosevic et al., 2014).

Yapılan gözlemler *T. sinensis*'in rüzgar gibi başka bir etken olmaksızın, sadece aktif uçma ile yayılış alanını bir yılda 650 m genişletebildiğini göstermiştir (Moriya et al., 2003; Colombari & Battisti, 2016b). Rüzgarın etkisiyle ise bir günde 70 km'den fazla mesafe katedebilmektedir (Colombari & Battisti, 2016b). *T. sinensis* konağının yayılışını takip etmede oldukça yüksek bir başarıya sahiptir (Quacchia et al., 2008). Bunun en önemli nedenlerinden biri *T. sinensis*'in konağını bulmak için taze gal ve kestane yapraklarına ait görsel ipuçları ve koku ipuçlarını birlikte kullanıyor oluşudur (Graziosi & Rieske, 2013).

***Torymus sinensis*'in biyolojik mücadele etmeni olarak kullanımı**

Yukarıda sıralanan özellikleri *Torymus sinensis*'i kestane gal arısı ile mücadele için uygun bir biyolojik etmen haline getirmektedir. Bu nedenle de dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kestane gal arısı 1940'larda Japonya'daki kestane türü olan *Castanea crenata* Siebold & Zucc.'u istila edip, kestane üretiminde önemli kayıplara neden olmaya başladığında önce kimyasallar, sonra yerli doğal düşmanlar, son olarak da dirençli kestane çeşitleri denenmiş, ancak uzun vadede başarı elde edilemeyince farklı bir yol aramaya başlanmıştır (Murakami, 1981). Bu arayış kapsamında, Japon araştırmacılar kestane gal arısının bulunduğu ancak önemli bir zararının gözlenmediği Çin'de bu türün populasyonlarını baskı altında tutan etmenleri araştırmışlardır. 1979 ve 1981 yıllarında Çin'den toplayıp Japonya'ya getirdikleri toplam 5000 adet kestane galinden elde ettikleri 11 chalcid türünden, yaşam döngüsü bakımından kestane gal arısı ile mücadelede kullanılmaya en uygun tür olduğunun saptanması üzerine, biyolojik mücadele etmeni olarak *T. sinensis*'i seçmişlerdir. 1982 yılında toplam 260 adet çiftleşmiş dişi Ibaraki'de (Japonya) kestane ağaçlarına salınmıştır (Aebi et al., 2006). Her ne kadar populasyonlarının farklı bölgelerdeki yerleşme zamanları farklılık gösterse de (Murakami & Gyoutoku, 1995) bu ilk salımı takip eden 10 yıl içerisinde *T. sinensis* kestane gal arısının yayılış gösterdiği tüm alanlara yayılmış, 1989 yılına gelindiğinde populasyon büyüklüğü 25 katına çıkmış ve kestane gallerindeki en yaygın parazitoit haline gelmiştir (Aebi et al., 2006). Böylece kestane gal arısı kaynaklı zarar oranı hoşgörülebilir zarar seviyesi olarak kabul edilen %30'un altına düşmüştür (Gyoutoku & Uemura, 1985; Moriya et al., 1989; Murakami et al., 2001). *T. sinensis* 1977 yılında ABD'nin Georgia eyaletinde de oradaki yaygın kestane türü olan *C. dentata* (Marshall)'ı istila eden kestane gal arısı ile mücadele amacıyla salınmış ve burada da kestane gal arısı populasyonlarını kontrol altına almıştır (Cooper & Rieske, 2007; Rieske, 2007). *C. sativa* Mill.'i istila eden kestane gal arısına karşı, *T. sinensis* Avrupa'ya 2003 yılında Japonya'dan getirilmiştir. Önce, taşıma ve yetiştirme sırasındaki sıcaklık koşulları nedeniyle erginlerin çıkışı ile yerel kestane gallerinin gelişimi arasında fenolojik bir uyumsuzluk yaşanmış, parazitoitin salımı gerçekleştirilememiştir. Bunun üzerine bu *T. sinensis* erginleri davranış çalışmalarında kullanılmış ve bu çalışmaların sonuçları daha sonraki ergin yetiştirme sürecini kolaylaştırmıştır (Quacchia et al., 2008). 2005 yılında Japonya'dan daha fazla kestane gali getirilmiş ve gelişimleri soğutma uygulayarak yavaşlatılmıştır. Bu da *T. sinensis* ergin çıkışının kestane gal arısı populasyonu ile eşzamanlı olmasını sağlamıştır. Toplam 90 dişi:80 erkek kestane gal arısının yaygın olduğu üç sahaya salınmış, *T. sinensis*'in bu alanlara yerleştiği görülünce İtalya'da kestane gal arısı bulunan diğer sahalara da *T. sinensis* salımı yapılması amacıyla bir yetiştirme programı başlatılmıştır. Günümüzde *T. sinensis* neredeyse tüm İtalya'ya yayılmış (Quacchia et al., 2008), kararlı populasyonlar kurmuş ve kestane gal arısı populasyonlarını kontrol altına almış durumdadır. Yerel parazitlerin kestane gal arısını parazitleme oranı %3-5 iken, *T. sinensis*'in İtalya'nın birçok yerindeki parazitleme oranı %85-90 düzeyini bulmuştur (Bosio et al., 2013). Parazitoit 2011 senesinde biyolojik mücadele kapsamında Fransa'da da doğaya salınmıştır (Borowiec et al., 2014). Ülkede ilk salımların yapıldığı 23 sahanın 18'inde, ertesi yıl gallerden *T. sinensis* çıkışı tespit edilmiştir. Klasik biyolojik mücadele çalışmalarının geneline bakıldığında (%10-30), bu oranın (%78,2) yüksek bir oran olduğu görülmektedir (Hopper & Roush, 1993; Bellows, 2001). İlk iki yıl boyunca Fransa genelinde toplam 42 salım yapılmıştır (alan başına iki yıl ardarda 50 erkek ve 100 dişiden oluşan birer salım veya 25 erkek ve 50 dişiden oluşan ikişer salım). 2014 Mayıs ayında Macaristan'da İtalya'dan getirilen 300 çiftleşmiş dişinin salımı yapılmıştır (Matosevic et al., 2014; Szabo et al., 2014). Hırvatistan'da da ilk salım 2014'te yine İtalya'dan getirilen 1.300 kuru galden çıkan 600 erkek:1.200 dişi ile yapılmıştır. Hırvatistan, Macaristan ve Slovenya'da 2014 ve 2015 yıllarında toplam 10.590 dişi:5.295 erkek salınmıştır (Matosevic et al., 2015).

Zararlıının uzamsal dağılımına uyum sağlaması etkin bir doğal düşmanın sahip olması gereken önemli özelliklerdendir (Colombari & Battisti, 2016b). *T. sinensis* bu özelliğe sahip olmakla birlikte, yayılma hızı, salındıktan sonraki ilk yıllarda oldukça düşüktür (1 km/yıl) ancak yıllar geçtikçe üssel olarak artmaktadır (60 km/yıl). Arasında 8 km mesafe bulunan iki sahada salınan parazitoit popülasyonlarının 5 yıl, 20 km uzaktakilerin ise 7 yıl sonra birbirine karıştığı gözlenmiştir (Moriya et al., 1989a; Shiga, 1999; Murakami et al., 2001). Matosevic et al. (2015) İtalya'da 6-7 senede ulaşılan parazitlenme oranlarına Hırvatistan'ın Pazin bölgesinde iki senede ulaşıldığını, bunun aynı bölgede üst üste yapılan salımlarla sağlandığını bildirmiştir. Paparella et al. (2015) de yaptıkları bir matematiksel modelleme ile *T. sinensis*'in kestane gal arısı popülasyonlarını etkin bir şekilde baskı altına alabileceğini göstermişlerdir.

Torymus sinensis'in kestane gal arısı ile mücadelede kullanımı, Japonya'daki biyolojik mücadele uygulamalarının en ünlülerinden biri olarak kabul edilmektedir (Murakami et al., 2001). Başarının nedeni *T. sinensis*'in yüksek konak özgüllüğü göstermesidir. Genelde çoğu gal arısı parazitoitinin nesil süresi konak türünden daha kısadır; bu nedenle bir dizi başka konağı da kullanmak zorundadır (Washburn & Cornell, 1981; Hanson, 1992). Oysa *T. sinensis* fenolojisi konağıninkıyla eşzamanlı olduğundan, herhangi bir ara konağa gereksinim duymamaktadır. ABD'deki salım alanlardaki meşe gallerinde de *T. sinensis*'e rastlanmamıştır (Cooper & Rieske, 2011). Son 50 yıla yayılmış olan çalışmalar *T. sinensis*'in kestane gal arısına karşı kullanılabilir en güvenilir biyolojik mücadele etmeni olduğunu göstermektedir.

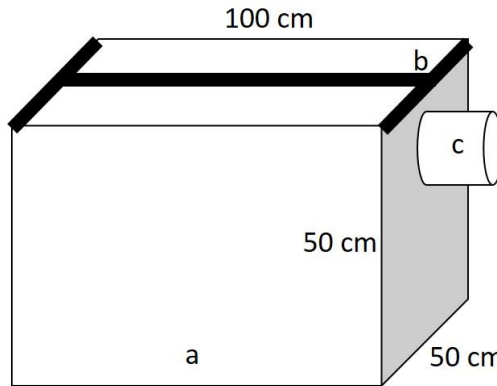
Torymus sinensis'in üretimi ve doğaya salım yöntemi genel olarak son derece kolaydır. Zor olanı tüm sürecin kapsamlı bilimsel çalışmalarla sistemli bir şekilde izlenmesidir ki bu, mücadele çalışmasının uzun vadede başarılı olabilmesi için gerklidir.

***Torymus sinensis*'in kitle halinde üretimi ve doğaya salınması**

Torymus sinensis'in üretiminde ilk adım olarak, bu parazitoitin yayılış gösterdiği bir kestanelikten kurumuş kestane gallerinin sonbahar aylarında toplanarak laboratuvar ortamına getirilmesi gerekir. Toplanması gereken gal sayısı elde edilmek istenen *T. sinensis* ergin sayısına ve gallerin toplandığı alandaki *T. sinensis* popülasyon büyüklüğüne bağlıdır. Örneğin bir alandaki *T. sinensis* popülasyon büyüklüğü gallerdeki odaların %80-90'ını parazitleyecek kadar artmışsa, bu alandan toplanacak 20.000 galden yaklaşık olarak 5.000 *T. sinensis* ergini çıkmaktadır. Ancak popülasyon büyüklüğü küçüldükçe, toplanması gereken gal sayısı da artmaktadır. Salımın ilk yıllarında popülasyon büyüklüğü düşük olacağından, salım yapılan alanlarda 100.000 civarında gal toplamak gerekmektedir. Galler laboratuvara getirildiğinde yapılması gereken ilk iş gallerin yaprak ve dallardan temizlenmesidir. Küflenmeyi engellemek için gal dışındaki tüm dokuları uzaklaştırmak gerekmektedir. Temizlenen galler karton kutular içerisinde (Şekil 4), açık alana kurulacak bir çardağa yerleştirilecek raflarda bekletilir. Çardağın çatısı dışında kapalı olmaması, iyi bir şekilde havalanması gerekmektedir. Bu sayede gallerin içindeki *T. sinensis* larvalarının gelişimi ortam şartlarına göre ayarlanmakta ve kestane gal arısı erginlerinin fenolojisi ile uyumlu hale gelmektedir. Galler ve karton kutular kesinlikle ıslanmamalıdır. Aksi takdirde galler hızlıca küflenip, içindeki *T. sinensis* larvalarıyla birlikte çürüyecektir. Uygun bir çardağın olmaması halinde ya da iklimsel dalgalanmalar nedeniyle *T. sinensis* erginlerinin erken çıkmasının engellenmesi için iklim dolapları kullanılabilir. Bu durumda galler mart başına kadar +5°C, mart başında ise 15°C ve 12 sa. karanlık/12 sa. aydınlık fotoperiyot koşullarında bekletilir. Arazide galler görülmeye başladığında sıcaklığı, parazitoit salımının yapılacağı alanın sıcaklığına göre ayarlamakta fayda vardır. Burada, *T. sinensis* ergin çıkışının kestane gal arısı gallerinin oluşumu ile eşzamanlı olması gerektiği unutulmamalıdır. Bir bölgeden toplanan ve içinde *T. sinensis* bulunan gallerin mücadele amacıyla iklimsel farklılıklara sahip başka bir bölgeye nakli gerektiğinde bu husus göz önünde bulundurulmalı, gelişim yavaşlatılmak isteniyorsa soğutma, hızlandırılmak isteniyorsa ısıtma işlemleri uygulanmalıdır. Isıtma işlemi uygulandıktan sonra

gelişimin hızlanacağı ve soğutma işlemi uygulansa bile ergin çıkışlarının önüne geçilemeyeceği unutulmamalıdır.

Gallerin içine konduğu karton kutular 50x50x100 cm ebatında olmalı ve içlerine en fazla 1.000 adet gal (kutunun hacmen $\frac{1}{4}$ 'ini dolduracak şekilde) yerleştirilmelidir. Gallerden çıkan canlıların kolaylıkla toplanabilmesi için bu kutuların bir yüzüne yuvarlak bir delik açılır. Bu deliğe idrar kabı olarak da bilinen kapaklı şeffaf örnek kaplarının, kapaklarının orta kısımları, sadece vidalı olan yan kısımları kalacak şekilde kesilip atılarak yerleştirilir. Kapağın karton kutuda açılan deliğe yapıştırılmalıdır. Böylece kutuya sabitlenmiş vidalı bir delik elde edilir. Bu deliğe örnek kabı takılır. Gallerden çıkan canlılar ışığa doğru yöneleceklerinden, aydınlık olan bu toplama haznesine toplanırlar. Gallerden çıkan canlılar bu kabın sökülüp çıkarılmasıyla kolaylıkla taşınabilmektedir. Kutunun, bu toplama haznesi hariç, ışık alması muhtemel kısımları siyah renkli bantlarla kapatılarak, ışık alan tek kısmının toplama haznesi olduğundan emin olunmalıdır. Bunun dışında kutunun iç cidarındaki birleşim yerleri ve kapakların kenarlarındaki oluk açıklıkları da kağıt bantla kapatılmalıdır çünkü *T. sinensis* erginleri bu noktalarda sıkışıp zayi olabilmektedir. Kutularda örümcek ve karınca gibi avcılarının saldırısı düzenli kontrollerle engellenmelidir. Bu amaçla kutular haftada bir açılarak kontrol edilmeli ve varsa örümcek ve karıncalar uzaklaştırılmalıdır. Ergin parazitoitler çıkmaya başladıktan sonra kutular hergün kontrol edilir. Çıkan *T. sinensis* erginleri bir stereomikroskop altında teşhis edilir. Şüpheli örnekler ayıklanmalıdır. Canlı *T. sinensis* bireyleri salım kaplarına 100 dişi:50 erkek olacak şekilde aktarılır ve salımları yapılarına kadar iklim kabininde (14°C ve 14/10 saat fotoperiyot) tutulmalıdır. Erginlerin cinsiyetlerine göre ayrılması abdomen sonunda bir ovipozitör bulunup bulunmamasına göre kolaylıkla yapılabilmektedir (ovipozitör sadece dişilerde bulunmaktadır). Erginler oldukça hareketlidir. Sayımı ve cinsiyet ayırımını doğru bir şekilde yapabilmek için erginler karbondioksit kullanılarak bayıltılmalıdır. Salım kaplarına alınan erginler salınmalarına kadar bal ile beslenmelidir (Şekil 5). Bu amaçla ergin kaplarına üzerinde damlalar halinde akışkan olmayan koyu kıvamlı bal bulunan asetat kartlar yerleştirilmelidir. Bal damlaları besleme kartı üzerine bir toplu iğne başı ile yerleştirilebilir. Damlaların fazlaca büyük olmaması gerekmektedir çünkü erginler büyük bal damlalarına yapışarak ölmektedir. Bir damladan mümkün olan en fazla sayıda erginin aynı anda beslenebilmesi için damlaların birbirinden uzaklığı 1 cm'den daha az olmamalıdır. Ergin çıkışı gerçekleştikten iki gün sonrasına kadar erginler kestane gallerinin bulunduğu yerlerdeki ağaçların dalları üzerine salınır. Beslenmeye alınan erginler 48 saat içerisinde salınmalıdır. Yağmur ve rüzgarın, aşırı olmadığı sürece, *T. sinensis*'in salındığı noktada yerleşik bir populasyon kurmasını engellemediği gözlenmişse de çiftleşmiş erginlerin salım işleminin sakin ve güneşli günlerde, sabah saatlerinde yapılması daha sağlıklı bir yoldur.



Şekil 4. *Dryocosmus kuriphilus* gallerinin içine yerleştirilerek kışı açık hava koşullarında geçirmesi sağlanacak karton kutu (a), Kutu içerisine ışık sızabilecek kısımların siyah renkli bantla kapatılması (b), Gallerden çıkacak *Torymus sinensis* erginlerinin ve diğer canlıların toplanacağı şeffaf plastik toplama kabı (c).

Torymus sinensis'in salındığı alana başarılı bir şekilde yerleşmesi için kestane gal arısının bulaşma oranı en az %50 olmalıdır. Bu durumda *T. sinensis*'i 100 dişi:50 erkek oranıyla salmak, bir popülasyon kurabilmesi için yeterli olmaktadır (Aebi et al., 2011). Salım, kabı sarsarak değil, erginlerin kaptan kendiliğinden çıkacağı şekilde yapılmalıdır. Salım yapılan nokta, kestanenin yayılışı bakımından süreklilik arz eden ve kestane gal arısının yoğun olarak bulunduğu bir nokta olursa salımı yapılan parazitoitin yayılması daha rahat gerçekleşmektedir. Parazitoitin bir tepeye yayılması isteniyorsa salımın olası en yüksek noktaya yapılması gerekir (Aebi et al., 2011). Ancak parazitoit popülasyonunun belli bir alanda hızlı bir şekilde artması isteniyorsa, o zaman yalıtılmış bir alan tercih edilmelidir. Böyle bir alanda böceğin dışarıya hareketi kısıtlanacağından yoğunluğu hızlı bir şekilde artabilir (Moriya et al., 1992; Aoto & Murakami, 1992). Böyle bir alan diğer bölgelere yapılacak sonraki salımlar için parazitlenmiş gal kaynağı olarak da kullanılabilir. Bu alanın kısa boylu, genç ağaçlardan oluşması gal toplama işini oldukça kolaylaştırır. Gallerden *T. sinensis* dışında parazitoitlerin çıkması durumunda bunların bir kısmının doğaya geri salınması, bir kısmının da *T. sinensis* ve kestane gal arısının komünite düzeyindeki ilişkilerini anlamak üzere %90'lık alkolde tür teşhislerinin yapılması tavsiye edilmektedir. *T. sinensis*'in teşhisinde morfolojik yöntemler her zaman doğru sonuç vermediği için tercihen moleküler yöntemler kullanılabilir (Şekil 6). Örneğin Aebi et al. (2007) kestane gallerinde tespit edilen ve morfolojik tür tayini ile *Eupelmus urozonus* (Dalman) (Hymenoptera: Eupelmidae) olarak adlandırılan örnekler arasında en az üç farklı türün bulunduğunu genetik yöntemlerle tespit etmiştir. Birbirine morfolojik olarak çok benzeyen *T. sinensis* ve *T. beneficus* ve hatta bunların melezleri çekirdek DNA'sının ITS2 bölgesi için geliştirilen primerlerin kullanımı ve jel elektroforezi ile ayırt edilebilmektedir (Yara, 2006).

***Torymus sinensis*'in biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar**

Biyolojik mücadelede başarı elde etmek için biyolojik mücadele etmeninin başarısını düşürme olasılığı olan etkenler doğru bir şekilde değerlendirilmelidir (Legner & Bellows, 1999). Fenolojik uyum bunların en önemlilerindedir. Bir alana salınan *Torymus sinensis*, o alandaki kestane gal arısı ile uyumlu bir döngüye sahip olmalıdır. *T. sinensis* erginleri kestane galleri oluşmadan önce çıkarsa parazitleyecek kestane gal arısı larvası bulamazlar. Kestane galleri oluşup, iyice kalınlaşıp sertleştikten sonra çıkarsa, bu sefer de ovipozitörleri sert gal duvarını delemeyecek, her iki durumda da mücadele çalışması başarısız olabilecektir. *T. sinensis* erginlerinin kestane gallerinin yeni oluşmaya başladığı zamanlarda çıkması gerekmektedir. İlk uygulamada fenolojii uyumlu hale getirmede bazı sıkıntılar yaşanabilir. O nedenle parazitoit salım uygulamasının ilk yılı mücadeleden ziyade deneme olarak düşünülmelidir.

Biyolojik mücadele amacıyla salınan böcek ile yerel türler arasında melezleşme olması biyolojik mücadelenin olası çevresel etkilerinden biridir (Hopper et al., 2006; Havill et al., 2012). Bir ortama sonradan sokulan doğal düşmanlar kuramsal olarak yerel yakın akraba türleri ya da alttürleri melezleşme yoluyla etkileşime girebilmektedir. Bu durum hedef olmayan türler açısından çevresel bir risk ve söz konusu türün biyoçeşitliliğe karşı bir tehdittir (Rhymer & Simberloff, 1996; Perry et al., 2002; Hajek et al., 2016). Benzer şekilde kestane gal arısına karşı *Torymus sinensis* kullanımı da bazı riskler taşıyabilir. Bunların başında, *T. sinensis* ile doğal faunanın birer parçası olan parazitoitler arasında ortaya çıkabilecek rekabet gibi ilişkiler ya da *T. sinensis*'in bu yerel türlerle melezleşmesi sonucunda doğal parazitoitlerin yok olma riski gelmektedir (Yara et al., 2007; Gibbs et al., 2011). Nitekim bu tip yan etkilerin ortaya çıkabildiği gösterilmiştir. Japonya'da *T. sinensis*'in, doğaya salınmaya başladıktan sonra zamanla *T. beneficus*'un yerini almaya başladığı tespit edilmiş, bunun nedeninin kısmen *T. sinensis* ile melezleşme olduğu gösterilmiştir (Yara, 2006; Yara et al., 2007). Aslında *T. beneficus*'un ilkbahar başında ve sonunda uçan iki ayrı soyu bulunmaktadır. *T. sinensis* ilkbahar sonunda çıkan soy ile melezleşerek bu soyun yerini almış ve bu soya kestane gallerinde rastlanmaz olmuştur. Bununla birlikte, ilkbahar başında çıkan soya da rastlanmaz olmuştur. Ancak fenolojik farktan ötürü bunun nedeninin melezleşme olması mümkün değildir. Bu durumla ilgili olarak *T. sinensis* ve başka türler arasında da geçerli olabilecek şu hipotezler

ileri sürülmüştür: Piao & Moriya (1992)'ye göre *T. sinensis* ve *T. beneficus*'un üreme yetenekleri birbirinden farklıdır. *T. sinensis* dişi doğal koşullarda *T. beneficus* dişisinden 2,7 kat daha fazla sayıda yumurta bırakmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri daha uzun bir ovipozitöre sahip olan *T. sinensis*'in, diğer gal etmeni böceklerin parazitoit türlerinde de olduğu gibi (Weis & Abrahamson, 1985; Price & Clancy, 1986; Stone et al., 2002) daha büyük gallere de yumurta bırakabilmesi olarak gösterilmektedir. Bunun dışında, galdeki kısıtlı konak kaynağı için iki türün larvası arasındaki rekabet türlerden birinin (bu örnekte *T. beneficus*'un ilkbahar başında çıkan soyunun) kaybetmesiyle sonuçlanmıştır.



Şekil 5. Salım kaplarına alınan *Torymus sinensis* erginlerin bal ile beslenmesi.



Şekil 6. *Dryocosmus kuriphilus*, *Torymus sinensis* ve *Ormyrus labotus*'un ITS2 adlı gen bölgesi için jel elektroforezi yöntemiyle ayrımı (Cooper & Rieske, 2007'den).

Bu çalışmaların söz konusu diğer *Torymus* türlerinin tamamen yok olduğunu değil, sadece bunlara kestane gallerinde artık rastlanmadığını gösterdiği unutulmamalıdır. Bu parazitoitler meşe gallerinde de bulunabilmektedir. Bu durumda *T. sinensis*'in, sonradan kestane gal arısını parazitlemeye başlayan parazitoitleri eski konaklarına dönmeye ittiğini söylemek daha doğrudur. Bu durumun biyolojik çeşitliliğe doğrudan olumsuz bir etkisinin olacağı söylenemez çünkü bu örneklerde *T. sinensis* *T. beneficus*'un yok

olmasına değil, *T. beneficus*'un konaklarından biri olan, üstelik sonradan konağı haline gelmiş kestane gal arısından “vazgeçmesine” neden olmuştur. Biyolojik çeşitlilik ile ilgili bir çıkarımda bulunabilmek için *T. sinensis*'in diğer gallerdeki *Torymus* türleri ile olan ilişkisini ortaya koymak gerekmektedir.

Melezleşme ile ilgili olarak şimdiye kadar sadece iki vaka tespit edilmiştir. Bunlardan biri Japonya'da *T. sinensis* ve yerli bir tür olan *T. beneficus* arasındaki melezleşmedir. Bu durum önce laboratuvarda gözlenmiş; *T. sinensis* ve *T. beneficus* laboratuvar ortamında başarılı bir şekilde çiftleştirilmiştir (Moriya et al., 1992). Daha sonra melezler doğada da bulunmuştur. Bu bireylerin melez olduğu moleküler çalışmalarla tespit edilmiştir (Toda et al., 2000; Yara, 2004). Ancak bu melezleşme olayına 9 yıl boyunca toplanıp analiz edilen 418 bireyin sadece birinde rastlanmıştır. Bu bireyin çekirdek DNA'sının *T. sinensis*, mitokondriyel DNA'sının ise *T. beneficus*'a ait olduğu görülmüş; böylece bu bireyin iki tür arasındaki melezleşme sonucu ortaya çıktığı anlaşılmıştır (Yara et al., 2007). İkinci melezleşme vakası ise İsviçre ve İtalya'da toplanan kestane ve meşe gallerinden çıkan *Torymus* türlerinin moleküler olarak analiz edilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, sadece bir bireyde *T. sinensis* ile *T. cyaneus* arasında bir melezleşme tespit edilmiştir (Aebi et al., 2013). Melezleşmenin uygulama açısından da bir sonucu olabilir. Örneğin *T. sinensis* ile *T. beneficus*'un erkeklerini morfolojik olarak ayırt etmek mümkün değildir; dişileri ayırt etmede kullanılan morfolojik karakterler (ovipozitör kılıf uzunluğunun toraks uzunluğuna oranının *T. sinensis*'te *T. beneficus*'unkinden daha fazla olması [Otake, 1987]) ise her zaman sağlıklı sonuç vermemektedir (Yara, 2004). Dolayısıyla Japonya'dan getirilerek İtalya'da salınan *Torymus* erginlerinin her iki türe ve bunların melezlerine ait olması mümkündür. Bu durumun biyolojik mücadele programına olumsuz bir etkisinin olup olmayacağı bilinmemekle birlikte, eğer salım yapılan erginler çoğunlukla *T. beneficus* ya da bunun melezleri ise yukarıda anlatılan sebeplerle, biyolojik mücadelenin başarı oranında düşüşler söz konusu olabilir. Bununla birlikte, Japonya'da *T. sinensis* büyük ölçüde *T. beneficus*'un yerine geçmiş durumdadır (Yara et al., 2007). Dolayısıyla İtalya'ya getirilenler de çoğunlukla *T. sinensis* olmalıdır (Quacchia et al., 2008). Bu durumda, 2014 ve 2015 yıllarında İtalya'dan (Veneto bölgesi) Türkiye'ye getirilmiş olan parazitoitin de büyük ölçüde *T. sinensis* olması beklenir. Bunun dışında, Veneto'daki program başarılı olmuştur. Bu nedenle de melezleşme konusunun mücadele programı için şu ana kadar bir risk oluşturmadığı düşünülebilir. Ancak *T. sinensis* ile melezleşme potansiyeline sahip türler ortaya çıkarılarak, *T. sinensis* ile melezleşme durumları araştırılmalıdır.

Torymus sinensis salımından önce olası riskleri belirlemek için iki işlem yapılmalıdır: İlk olarak, *T. sinensis*'in konak özgüllüğü söz konusu çevredeki meşe gal arısı türlerine dikkat edilerek incelenmeli ve ikinci olarak da yerel torymid türleri ile *T. sinensis* arasında melezleşme olup olmadığı gözlenmelidir. Bunları sırasıyla ele alalım.

Torymus sinensis'in konağına özgü olduğu düşünülmektedir ancak şimdiye kadar bu parazitoit için kapsamlı bir konak özgüllüğü değerlendirmesi yapılmamıştır. Çin'de ve Japonya'da konağına özgü davranış sergilediği gözlenmiştir (Moriya et al., 2003; Stone et al., 2002). Çin zaten doğal yayılış alanı olduğundan, orada konak özgüllüğü göstermesi beklenebilir. Panzavolta et al. (2013)'e göre Japonya'da da konak özgüllüğü gösteriyor olması ise konak popülasyonunun çok yoğun olması ile ilgili olabilir. Yani birincil konağından o kadar bol bulunmaktadır ki olası ikincil konakları aramasına gerek kalmamaktadır. Dolayısıyla bu parazitoit başka konakların bol olduğu ekosistemlerde onlara da yönelebilir. Bununla birlikte, ABD'de *T. sinensis*'in yayıldığı bölgelerden toplanan diğer gallerde şimdiye kadar *T. sinensis* larvalarına rastlanmamıştır (Cooper & Rieske, 2011). Bu konuyla ilgili olarak tek deneysel çalışma Quacchia et al. (2008) tarafından İtalya'da yürütülmüştür. Bu çalışmada *Mikiola fagi* (Hartig) (Diptera: Cecidomyiidae), *Cynips quercusfolii* Linnaeus (Hymenoptera: Cynipidae) ve *Andricus kollari* (Hartig) (Hymenoptera: Cynipidae) galleri *T. sinensis*'e sunulmuştur. Buradaki amaç *T. sinensis*'in bu gallerden hangisini tercih ettiğini gözlemektir. Sonuç olarak, *T. sinensis*'in bu gal yapıcı böceklerin hiçbirinin galine yumurta bırakmadığı görülmüştür. Ancak bu türlerin potansiyel konaklar olarak seçilip test edilmesi pek

uygun görünmemektedir. Çünkü bu türlerden *M. fagi* hem gal arılarına filogenetik olarak uzaktır, hem de *T. sinensis* ile aralarında fenolojik uyumsuzluklar bulunmaktadır. Bu türün konak özgüllüğü bulunmayan diğer *Torymus* türleri tarafından bile çekici bulunmadığı bilinmektedir. Benzer şekilde, *A. kollari* ve *C. quercusfolii* gallerinde bahar aylarında gelişmekte olan, yani *T. sinensis* dışısının yumurta bırakabileceği bir larva bulunmaz. Dolayısıyla *T. sinensis*'in konak özgüllüğüne ilişkin daha uygun konak türlerle yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. EFSA Bitki Sağlığı Paneli (2010) Kuhlmann et al. (2006)'nın önerileri doğrultusunda gal arısı parazitoiti *T. sinensis*'in konak özgüllüğünün test edilmesi için bir tür listesi hazırlamıştır. Bu listede yer alan ve *T. sinensis*'in konak olarak kullanıp kullanmadığının araştırılması için uygun görülen türler şunlardır: *Andricus curvator* Hartig, *A. cydoniae* Giraud, *A. grossulariae* Giraud, *A. inflator* Hartig, *A. lucidus* (Hartig), *A. multiplicatus* Giraud, *Biorhiza pallida* (Olivier), *Dryocosmus cerriphilus* Giraud, *Neuroterus quercus-baccarum* Linnaeus (Hymenoptera: Cynipidae). Bu türlerin tamamı meşelerde görülen gal arısı türleridir. Türkiye için de söz konusu liste değerlendirilmeli, gerekli olması halinde benzer listeler hazırlanmalıdır. Quacchia et al. (2013) bu türlerden *A. cydoniae*, *B. pallida* ve *D. cerriphilus* gallerine *T. sinensis*'in ovipozitörünü batırdığını ancak herhangi bir yumurtlamanın gerçekleşmediğini gözlemiştir.

Torymus sinensis üretilip salınmasında dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de *T. sinensis* dişilerinin partenogenetik özelliğidir. Döllenmemiş yumurtalardan erkek bireylerin oluşması, mücadele çalışmasının ilk yıllarında başarı oranını ciddi bir şekilde düşürebilir. Salınan her dişinin çiftleştiğinden emin olmak için salım için bekletilen erginlerin 1 erkek:2 dişi oranında olmasına özen gösterilmelidir. Erkek:dişi oranı ile ilgili diğer bir önemli husus da erkeklerin pupadan, dolayısıyla gallerden çıkışının dişilere göre birkaç gün önce başlamasıdır. Bu nedenle, salım tüpleri hazırlanırken 1:2 oranına özen gösterildiğinde elde fazlaca erkek kalmaktadır. Bunlar çıkışları sonradan artmaya başlayacak dişilerle çiftleştirilmek üzere 15°C'de, bal ile beslenerek saklanmalıdır. Aksi takdirde sonradan çıkacak çok sayıdaki dişi çiftleşmeden doğaya salınmak zorunda kalacak ve yukarıda da bahsedildiği gibi, bu dişiler sadece erkek bireyleri meydana getirerek populasyon büyümesine katkı sağlayamayacaktır.

Biyolojik mücadele çalışmalarında sürecin psikolojik boyutu da önem arz etmektedir. Bu süreç ancak uygulayıcı, yetiştirici ve araştırmacıların işbirliği ile başarıya ulaşabilecek uzun bir süreçtir. Bu bileşenlerden birinin sürecin uzunluğundan ötürü mücadeleye olan inancını yitirerek süreçten çekilmesi, mücadele çalışmasının başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olmaktadır. Mücadele çalışmasının tüm unsurları bu konuda bilgilendirilmeli ve uzun bir sürece hazırlıklı olmaları sağlanmalıdır. İlk olumlu etkilerin görülmesi için *T. sinensis* populasyonunun kendi kendini devam ettirebilecek yerleşik ve büyük bir populasyon haline gelmesi gerekir. Japonya'da ilk salımı yapıldığında *T. sinensis*'in yayılış alanını yılda 1 km artırdığı, ancak yedi yıl sonra bu hızın 60 km/yıl'a çıkarak sabitlendiği tespit edilmiştir (Moriya et al., 2003). Colombari & Battisti (2016) *T. sinensis*'in bu yayılma hızına birkaç sene içerisinde erişebildiğini bildirmiştir. İtalya'da *T. sinensis*'in ilk salımı 2006'da yapılmış ve zararlıdaki ilk düşüş 2010'da görülmüştür. Parazitoitin yerleşme sürecinde yerel parazitoit türlerinin neden olduğu olumsuz etkiler (örn. rekabet) yerleşme hızını azaltabilmektedir (Cooper & Rieske, 2011). Tüm bunlar göz önüne alındığında salımın başarısı hakkında güvenle konuşabilmek için salımdan sonra 10-15 yıllık bir izleme sürecine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kestane gal arısı ile mücadelede dirençli kestane soylarının kullanımı gündeme gelebilmektedir. Gal arısına dirençli tek çeşidin Bouche de Betizac olduğu tespit edilmiştir (Sartor et al., 2007). Ancak Aebi et al. (2011) bu çeşidin de kestane gal arısı tarafından istilaya uğrayan bir populasyonunu bildirmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda bunun gibi dirençli soylar tespit edilebilir ve hatta kestane gal arısı, düşük bir ihtimal olmakla birlikte, bu soylara hiç bulaşamayabilir. Ancak Quacchia et al. (2008)'in de belirttiği gibi, kestane çeşit mirasının önemi ve zenginliği nedeniyle, tek ya da birkaç çeşidin yaygınlaştırılması, hele bunun Türkiye gibi, kestanenin gen merkezi olan bir coğrafyada yapılması düşünülmemelidir. Bu nedenle biyolojik mücadele şimdilik, başvurulabilecek tek yol gibi görünmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) "International Technical Assistance to Control Gall Wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Turkey's Chestnut Forests (TCP/TUR/3501 Baby 3)" isimli projesi ve Orman Genel Müdürlüğü Orman Zararlılarıyla Mücadele (OZM) Daire Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. FAO yetkililerine ve OZM Daire Başkanı Polat Pamuk başta olmak üzere, Daire'nin tüm çalışanlarına ve derlemeyi gözden geçiren iki anonim hakeme teşekkür ederiz.

Yararlanılan Kaynaklar

- Acs, Z., G. Melika, Z. Penzes, J. Pujade-Villar & G.N. Stone, 2007. The phylogenetic relationships between *Dryocosmus*, *Chilaspis* and allied genera of oak gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae: Cynipini). *Systematic Entomology*, 32: 70-80.
- Aebi, A., K. Schönrogge, G. Melika, A. Alma, G. Bosio, A. Quacchia, L. Picciau, Y. Abe, S. Moriya, K. Yara, G. Seljak & G.N. Stone, 2006. "Parasitoid Recruitment to the Globally Invasive Chestnut Gall Wasp *Dryocosmus kuriphilus*, 103-121". In: *Ecology and Evolution of Galling Arthropods and Their Associates* (Ed: Ozaki, K, J. Yukawa, T. Ohgushi & P.W. Price), Springer-Verlag, Tokyo, Japan, 308 pp.
- Aebi, A., K. Schönrogge, G. Melika, A. Quacchia, A. Alma & G.N. Stone, 2007. Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, 37: 166-171.
- Aebi, A., K. Schönrogge & F. Bigler, 2011. Evaluating the use of *Torymus sinensis* against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in the Canton Ticino, Switzerland. *Agroscope Rekenholz-Taenikon*, 72 p.
- Aebi, A., K. Schönrogge & F. Bigler, 2013. Towards an environmental risk assessment of *Torymus sinensis* against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in Switzerland. Report for the FOEN, 34 pp.
- Aoto, I. & Y. Murakami, 1992. Dispersion of a *Torymus (Syntomaspis) sinensis* population in Fukuoka Prefecture (Hymenoptera: Torymidae). *Proceedings of The Association for Plant Protection of Kyushu*, 38: 193-196.
- Askew, R., 1961. On the biology of the inhabitants of oak galls of cynipidae (Hymenoptera) in Britain. *Transactions of the Society for British Entomology*, 14: 237-268.
- Askew, R.R., G. Melika, J. Pujade-Villar, K. Schönrogge, G.N. Stone & J.L. Nieves-Aldrey, 2013. Catalogue of parasitoids and inquiline in cynipid oak galls in the West Palaearctic. *Zootaxa*, 3643(1): 1-133.
- Bailey, R., K. Schönrogge, J.M. Cook, G. Melika, G. Csóka, C. Thuroczy & G.N. Stone, 2009. Host niches and defensive extended phenotypes structure parasitoid wasp communities. *PLoS Biology*, 7(8): e1000179.
- Bellows, T.S., 2001. Restoring population balance through natural enemy introductions. *Biological Control*, 21: 199-205.
- Bigler, F., D. Babendreier & U. Kuhlmann, 2006. *Environmental Impact of Invertebrates for Biological Control of Arthropods: Methods and Risk Assessment*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 229 pp.
- Borowiec N., M. Thaon, L. Brancaccio, S. Warot, E. Vercken, X. Fauvergue, N. Ris & J.-C. Malausa, 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29(1): 7-10.
- Bosio, G., M. Armando & S. Moriya, 2013. Verso il controllo biologico del cinipide del castagno. *L'Informatore Agrario*, 14: 60-64.
- Brussino, G., G. Bosio, M. Baudino, R. Giordano, F. Ramello & G. Melika, 2002. Dangerous exotic insect for the European chestnut. *Informatore Agrario*, 58: 59-61.
- Buffington, M.L. & S.I. Morita, 2009. Not all oak gall wasps gall oaks: the description of *Dryocosmus rileypokei*, a new, apostate species of Cynipini from California. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 111: 244-253.
- Cock, M.J.W., J.D. van Lenteren, J. Brodeur, B.I.P. Barratt, F. Bigler, K. Bolckmans, F.L. Consoli, F. Haas, P.G. Mason & J.R.P. Parra, 2010. Do new access and benefit sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control? *Biocontrol*, 55: 199-218.
- Colombari, F. & A. Battisti, 2016a. Native and introduced parasitoids in the biocontrol of *Dryocosmus kuriphilus* in Veneto (Italy). *EPPO Bulletin*, 46 (2): 275-285.

- Colombari, F. & A. Battisti, 2016b. Spread of the introduced biocontrol agent *Torymus sinensis* in north-eastern Italy: dispersal through active flight or assisted by wind? *BioControl*, 61(2): 127-139.
- Cooper, W.R. & L.K. Rieske, 2007. Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Eastern North America. *Annals of Entomological Society of America*, 100: 236–244.
- Cooper, W.R. & L.K. Rieske, 2010. Gall structure affects ecological associations of *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Environmental Entomology*, 39: 787-797.
- Cooper, W.R. & L.K. Rieske, 2011. A native and an introduced parasitoid utilize an exotic gall-maker host. *BioControl*, 56(5): 725-734.
- Csóka, G., F. Wittmann & G. Melika, 2009. The oriental sweet chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951) in Hungary. *Növényvédelem*, 45(7): 359-360.
- Çetin, G., E. Orman & Z. Polat, 2014. First record of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Turkey. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(4): 303-309.
- Debach, P., 1974. *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 323 pp.
- De Clercq, P., P.G. Mason & D. Babendreier, 2011. Benefits and risks of exotic biological control agents. *BioControl*, 56(4): 681-698.
- Doğanlar, M., 2014. Yalova'da (Türkiye) Kestane gal arısı, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)'nin doğal düşman faunası hakkında ilk kayıtlar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1): 67-74.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2010. Risk assessment of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* for the EU territory and identification and evaluation of risk management options. *EFSA Journal* 8(6): 1-114.
- Eilenberg, J., A. Hajek & C. Lomer, 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46: 387-400.
- EPPO (European Plant Protection Organization), 2005. Data sheets on quarantine pests – *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, 35: 422-424.
- Fauvergue, X., E. Vercken, T. Malausa & R.A. Hufbauer, 2012. The biology of small, introduced populations, with special reference to biological control. *Evolutionary Applications*, 5: 424-443.
- Ferracini, C., E. Gonella, E. Ferrari, M.A. Saladini, L. Picciau, F. Tota, M. Pontini & A. Alma, 2015. Novel insight in the life cycle of *Torymus sinensis*, biocontrol agent of the chestnut gall wasp. *BioControl*, 60: 169-177.
- Forster, B., T. Castellazzi, L. Colombi, E. Fürst, C. Marazii, F. Meier, G. Tettamanti & G. Moretti, 2009. Die Edelkastaniengallwespe *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) (Hymenoptera, Cynipidae) tritt erstmals in der Südschweiz auf. *Mitteilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft*, 82: 271-279.
- Gibbs, M., K. Schönrogge, A. Alma, G. Melika, A. Quacchia, G.N. Stone & A. Aebi, 2011. *Torymus sinensis*: a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe? *BioControl*, 56: 527-538.
- Graziosi, I. & L.K. Rieske, 2013. Response of *Torymus sinensis*, a parasitoid of the gallforming *Dryocosmus kuriphilus*, to olfactory and visual cues. *Biological Control*, 67: 137-142.
- Grissell, E.E., 1995. Toryminae (Hymenoptera: Chalcidoidea: Torymidae): a redefinition, generic classification, and annotated world catalog of species. *Memoirs on Entomology, International Volume 2*, Associated Publishers, Florida, 470 pp.
- Gyoutoku, Y. & M. Uemura, 1985. Ecology and biological control of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). *Proceedings of The Association for Plant Protection of Kyushu*, 31: 213-215.
- Hajek, A.E., B.P. Hurley, M. Kenis, J.R. Garnas, S.J. Bush, M.J. Wingfield, J.C. van Lenteren & M.J.W. Cock, 2016. Exotic biological control agents: A solution or contribution to arthropod invasions? *Biological Invasions*, 18: 953-969.
- Hanson, P., 1992. The Nearctic species of *Ormyrus* Westwood (Hymenoptera, Chalcidoidea, Ormyridae). *Journal of Natural History*, 26: 1333-1365.

- Havill, N.P., G. Davis, D.L. Mausel, J. Klein, R. Mc Donald, C. Jones, M. Fischer, S. Salom & A. Caccone, 2012. Hybridization between a native and introduced predator of Adelgidae: an unintended result of classical biological control. *Biological Control*, 63: 359-369.
- Hopper, K.R. & R.T. Roush, 1993. Mate finding, dispersal, number released, and the success of biological control introductions. *Ecological Entomology*, 18: 321-331.
- Hopper, K.R., S.C. Britch & E. Wajanberg, 2006. "Risks of Interbreeding Between Species Used in Biological Control and Native Species, and Methods for Evaluating Their Occurrence and Impact, 78-97". In: *Environmental Impact of Invertebrates for Biological Control of Arthropods: Methods and Risk Assessment* (Ed: Bigler, F., D. Babendreier & U. Kuhlmann). CABI Publishing, Wallingford, UK, 299 pp.
- Howarth, F.G., 1983. Classical biocontrol: panacea or Pandora's box. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 24: 239-244.
- İpekdal, K., K.S. Coşkuncu, F. Aytaç & M. Doğanlar, 2014. Kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): Geçmisten günümüze dünyada ve Türkiye'deki son durumu ve mücadelesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(4): 241-257.
- Kamijo, K., 1982. Two new species of *Torymus* (Hymenoptera, Torymidae) reared from *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in China and Korea. *Kontyû*, 50: 505-510.
- Kato, K. & N. Hiji, 1997. Effects of gall formation by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hym., Cynipidae) on the growth of chestnut trees. *Japanese Journal of Applied Entomology*, 121: 9-15.
- Kuhlmann, U., U. Schaffner & P.G. Mason, 2006. "Selection of Non-target Species for Host-specificity Testing, 15-37". In: *Environmental Impact of Invertebrates for Biological Control of Arthropods: Methods and Risk Assessment* (Ed: Bigler, F., D. Babendreier & U. Kuhlmann). CABI Publishing, Wallingford, UK, 299 pp.
- Legner, E.F. & T.S. Bellows, 1999. "Exploration for Natural Enemies, 87-101". In: *Handbook of Biological Control* (Ed: Bellows, T.S., T.W. Fisher, L.E. Caltagirone, D.L. Dahlsten, G. Gordh & C.B. Huffaker). Academic Press, San Diego, 1046 pp.
- Mack, R.N., D. Simberloff, W. Mark Lonsdale, H. Evans, M. Clout & F.A. Bazzaz, 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10: 689-710.
- Matosevic, D. & G. Melika, 2013. Recruitment of native parasitoids to a new invasive host: first results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 66(2): 231-238.
- Matosevic, D., A. Quacchia, E. Kriston & G. Melika, 2014. Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae): an overview and the first trials in Croatia. *SEFOR*, 5(1): 3-12.
- Matosevic, D., N. Lackovic, G. Melika, K. Kos, I. Franic, E. Kriston, M. Bozso, G. Seljak & M. Rot, 2015. Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary. *Periodicum Biologorum*, 117(4): 417-477.
- Moriya, S., K. Inoue & M. Mabuchi, 1989. The use of *Torymus sinensis* to control chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, in Japan. *Food and Fertilizer Technology Center (FFTC) Technical Bulletin*, 118: 1-12.
- Moriya, S., K. Inoue, M. Shiga & M. Mabuchi, 1992. Interspecific relationship between an introduced parasitoid, *Torymus sinensis* Kamijo, as a biological control agent of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, and an endemic parasitoid, *T. beneficus* Yasumatsu et Kamijo. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 27: 479-483.
- Moriya, S., M. Shiga & I. Adachi, 2003. "Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan, 407-415p". 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods (14-18 January 2002, Honolulu, Hawaii, USA), (Ed: Van Driesche, R.G.). US Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, USA.
- Murakami, Y. & Y. Gyoutoku, 1995. A delayed increase in the population of an imported parasitoid, *Torymus (Syntomaspis) sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) in Kumamoto, Southwestern Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 30: 215-224.
- Murakami, Y., 1981. Comparison of the adult emergence periods between *Torymus (Syntomaspis) beneficus* a native parasitoid of the chestnut gall wasp and a congeneric parasitoid imported from China (Hymenoptera: Torymidae). *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu* 27: 156-158.

- Murakami, Y., N. Ihkubo, S. Moriya, Y. Gyoutoku, C.H. Kim & J.K. Kim, 1995. Parasitoids of *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in South Korea with particular reference to ecologically different types of *Torymus* (*Syntomaspis*) *sinensis* (Hymenoptera: Torymidae). *Applied Entomology and Zoology*, 30: 277-284.
- Murakami, Y., S. Toda & Y. Gyoutoku, 2001. Colonization by imported *Torymus* (*Syntomaspis*) *sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) of the chestnut gall wasp (Hymenoptera: Cynipidae). Success in the eighteenth year after release in Kumamoto. *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu* 47: 132-134.
- Noyes, J.S., 2011. Universal Chalcidoidea database. (<http://www.nhm.ac.uk/chalcidooids>), (Erişim tarihi: Ocak 2016).
- Oho, N. & I. Shimura, 1970. Process of study on *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) and several problems about recent infestation. *Plant Protection*, 24: 421-427.
- Otake, A., 1987. Comparison of some morphological characters among two strains of *Torymus beneficus* Yasumatsu & Kamijo and *T. sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae). *Applied Entomology and Zoology* 22: 600-609.
- Otake, A., 1989. Chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): analysis of records on cell contents inside galls and emergence of wasps and parasitoids outside galls. *Applied Entomology and Zoology*, 24(2): 193-201.
- Panzavolta, T., U. Bernardo, M. Bracalini, M. Cascone, F. Croci, M. Gebiola, L. Iodice, R. Tiberi & E. Guerrieri, 2013. Native parasitoids with *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66(2): 195-201.
- Paparella, F., C. Ferracini, A. Portaluri, A. Manzo & A. Alma, 2015. Biological control of the chestnut gall wasp with *T. sinensis*: a mathematical model. *Quantitative Biology - Populations and Evolution*, 1-43.
- Payne, J.A., R.A. Jaynes & S.J. Kays, 1983. Chinese chestnut production in the United States: practice, problems and possible solutions. *Economic Botany*, 37: 187-200.
- Perry, W.L., D.M. Lodge & J.L. Feder, 2002. Importance of hybridization between indigenous and nonindigenous freshwater species: an overlooked threat to North American biodiversity. *Systematic Biology*, 51: 255-275.
- Piao, C. & S. Moriya, 1999. Oviposition of *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) under natural conditions. *Entomological Science*, 2: 329-334.
- Price P.W. & K.M. Clancy, 1986. Interactions among three trophic levels: gall size and parasitoid attack. *Ecology*, 67: 1593-1600.
- Quacchia, A., C. Ferracini, J.A. Nicholls, E. Piazza, M.A. Saladini, F. Tota, G. Melika & A. Alma, 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in North-western Italy. *Insect Conservation and Diversity*, 6: 114-123.
- Quacchia, A., C. Ferracini, S. Moriya, & A. Alma, 2009. "Italian experience in biological control of *Dryocosmus kuriphilus*, 14-17". Japan-Italy Joint International Symposium (24-25 November 2009, Tsukuba, Japan) (Ed: Moriya, S., A global serious pest of chestnut trees, *Dryocosmus kuriphilus*: yesterday, today and tomorrow), National Agricultural Research Center, Tsukubap.
- Quacchia, A., S. Moriya, G. Bosio, I. Scapin & A. Alma, 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Biocontrol*, 53: 829-839.
- Rhymer, J.M. & D. Simberloff, 1996. Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 83-109.
- Rieske, L.K., 2007. Success of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus*, on chestnut in the USA: a historical account. *EPPO Bulletin*, 37: 172-174.
- Santi, F. & S. Maini, 2011. New association between *Dryocosmus kuriphilus* and *Torymus flavipes* in chestnut trees in the Bologna area (Italy): first results. *Bulletin of Insectology*, 64(2): 275-278.
- Sartor, C., M.G. Mellano, A. Quacchia, A. Alma & R. Botta, 2007. Cinipide galligeno del castagno: prospettive di impiego di strategie da affiancare alla lotta biologica. *Riassunto dei lavori, VIII giornate scientifiche SOI. Italus Hortus*, 14: 130-133.
- Seljak, G., 2006. Chestnut gall wasp - *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. Report. Phytosanitary Administration of the Republic of Slovenia. (<http://www.furs.si>), (Erişim tarihi: Şubat 2015).
- Shiga, M., 1999. "Classical Biological Control of the Chestnut Gall Wasp, *Dryocosmus kuriphilus*: Present Status and Interactions Between an Introduced Parasitoid, *Torymus sinensis*, and Native Parasitoids, 175-188". In:

Biological Invasions of Ecosystem by Pests and Beneficial Organisms (Ed: Yano, E., K. Matsuo, M. Shiyomi & D.A. Andow). NIAES, Tsukuba.

- Shiga, M., 2009. "Life history of an introduced parasitoid, *Torymus sinensis*, and dynamics of the host-parasitoid system, 21-22". Japan-Italy Joint International Symposium (24-25 November 2009, Tsukuba, Japan) (Ed: Moriya, S., A global serious pest of chestnut trees, *Dryocosmus kuriphilus*: yesterday, today and tomorrow), National Agricultural Research Center, Tsukubap.
- Stone, G.N., K. Schönrogge, R.J. Atkinson, D. Bellido & J. Pujade-Villar, 2002. The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual Review of Entomology*, 47: 633-668.
- Szabo, G., E. Kriston, B. Bujdosó, M. Bozso, L. Krizbai & G. Melika, 2014. The sweetchestnut gallwasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951) (Hymenoptera: Cynipidae): current distribution in Hungary and its natural enemies. *Növényvédelem*, 50(2): 49-56.
- Toda, S., M. Miyazaki, M. Osakabe & S. Komazaki, 2000. Occurrence and hybridization of two parasitoid wasps, *Torymus sinensis* Kamijo and *T. beneficus* Yasumatsu et Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) in the Oki islands. *Applied Entomology and Zoology*, 35(1): 151-154.
- van Lenteren, J.C. & A.J.M. Loomans, 2006. "Environmental Risk Assessment: Methods for Comprehensive Evaluation and Quick Scan, 254-272". In: *Environmental Impact of Invertebrates for Biological Control of Arthropods: Methods and Risk Assessment* (Ed: Bigler, F., D. Babendreier & U. Kuhlmann). CABI Publishing, Wallingford, UK, 299 pp.
- van Lenteren, J.C., D. Babendreier, F. Bigler, G. Burgio, H.M.T. Hokkanen, S. Kuske, A.J.M. Loomans, I. Menzler-Hokkanen, P.C.J. van Rijn, M.B. Thomas, M.G. Tommasini & Q.-Q. Zeng, 2003. Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control. *BioControl*, 48: 3-38.
- van Lenteren, J.C., J. Bale, F. Bigler, H.M.T. Hojkkanen & A.J.M. Loomans, 2006. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. *Annual Review of Entomology*, 51: 609-634.
- Washburn, J.O. & H.V. Cornell, 1981. Parasitoids, patches, and phenology: their possible role in the local extinction of a cynipid gall wasp population. *Ecology*, 62: 1597-1607.
- Weis, A.E. & W.G. Abrahamson, 1985. Potential selective pressures by parasitoids on a plant-herbivore interaction. *Ecology*, 66: 1261-1269.
- Yara, K., 2004. Relationship between the introduced and indigenous parasitoids *Torymus sinensis* and *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) as inferred from mt-DNA (COI) sequences. *Applied Entomology and Zoology*, 39: 427-433.
- Yara, K., 2006. Identification of *Torymus sinensis* and *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae), introduced and indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), using the ribosomal ITS2 region. *Biological Control*, 36: 15-21.
- Yara, K., E. Yano, T. Sasawaki & M. Shiga, 2000. Detection of hybrids between introduced *Torymus sinensis* and native *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) in central Japan, using malic enzyme. *Applied Entomology and Zoology*, 35: 201-206.
- Yara, K., K. Matsuo, T. Sasawaki, T. Shimoda & S. Moriya, 2012. Influence of the introduced parasitoid *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) on *T. koreanus* and *T. beneficus* as indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) on chestnut trees in Nagano Prefecture, Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 47: 55-60.
- Yara, K., T. Sasawaki & Y. Kunimi, 2007. Displacement of *Torymus beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) by *T. sinensis*, an indigenous and introduced parasitoid of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Japanese chestnut fields: Possible involvement in hybridization. *Biological Control*, 42: 148-154.