

Orijinal araştırma (Original article)

Turunçgil yaprak galerigüvesi, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) ile parazitoiti *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan (Hymenoptera: Eulophidae) arasındaki konukçu-parazitoit ilişkileri¹

Host-parasitoid relations between Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoid *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan (Hymenoptera: Eulophidae)

Naime Z. ELEKÇİOĞLU^{2*}

Summary

In this study, larval stages of Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), which *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan (Hymenoptera: Eulophidae) prefers for parasitization and its functional and numerical responses were studied in 2008-2009. The larval stage preference studies were conducted in conditions with I., II. and III. larval stages of the pest together and each larval stages separately in the cages. Determination of functional response was studied with mated one day old female parasitoids with 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 *P. citrella* larvae density. In numerical response studies, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 individuals of mated one day old *C. phyllocnistoides* females were released to potted seedlings which had 30 *P. citrella* larvae on it. It was conducted that *C. phyllocnistoides* mostly preferred the III. larval stage for egg laying both all *P. citrella* larval stages separate or together. In reply to increasing host population density, the number of eggs laid by parasitoid increased parallel to increasing host density until 30 host individuals. The speed of the laying egg became slower over this level. It was determined that the parasitoid demonstrated a Holling type II functional response to increasing host density. According to Holling's disk equation, searching rate (*a*) and the handling time (*Th*) coefficients of the parasitoid were 0.571 h⁻¹ and 0.0997 h, respectively. In numerical response studies, the maximum parasitization was determined at six parasitoid density with 16.53±0.22 individuals.

Key words: Citrus leafminer, *Citrostichus phyllocnistoides*, functional response, numerical response

Özet

Bu çalışmada, *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan (Hymenoptera: Eulophidae)'in konukçusu Turunçgil yaprak galerigüvesi, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae)'nın parazitlemek için hangi larva dönemini tercih ettiği ile işlevsel ve sayısal tepkileri 2008-2009 yıllarında araştırılmıştır. Larva dönemi tercih çalışmaları, *P. citrella*'nın I., II. ve III. larva dönemlerinin ayrı ayrı ve bir arada bulunduğu kafes çalışmalarıyla yürütülmüştür. İşlevsel tepkinin belirlenmesi *C. phyllocnistoides*'in çiftleşmiş bir günlük dişi parazitoitleriyle, *P. citrella*'nın 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 larva yoğunluklarında çalışılmıştır. Sayısal tepki çalışmalarında ise *P. citrella*'nın 30 adet larvasının bulunduğu fidanlara *C. phyllocnistoides*'in çiftleşmiş bir günlük dişilerinden 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 adet bırakılmıştır. *C. phyllocnistoides*'in, *P. citrella*'nın larva dönemlerinin ayrı ayrı ve bir arada bulunduğu durumda yumurta bırakmak için konukçusunun en fazla III. larva dönemini tercih ettiği saptanmıştır. Parazitoitin bıraktığı yumurta sayısı artan konukçu yoğunluğuna paralel olarak 30 konukçu yoğunluğuna kadar artmış, bu yoğunluktan sonra yumurta bırakma hızı azalmıştır. Parazitoitin artan zararlı yoğunluklarına gösterdiği işlevsel tepki tipinin, Holling'in tip II modeline uyumlu olduğu belirlenmiştir. Holling'in disk denkleminde göre parazitoitin arama (*a*) ve parazitleme kapasitesi (*Th*) değerleri sırasıyla 0.571 sa.⁻¹ ve 0.0997 sa. olarak bulunmuştur. Sayısal tepki denemelerinde en yüksek parazitlenme altı parazitoit yoğunluğunda 16.53±0.22 birey olarak belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Turunçgil yaprak galerigüvesi, *Citrostichus phyllocnistoides*, işlevsel tepki, sayısal tepki

¹ Bu çalışma TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenen 104O526 nolu projenin bir bölümüdür

² Biyolojik Mücadele Araştırma İstasyonu, Köprüköy, 01321, Adana, Turkey

* Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: nelekcioğlu@yahoo.com

Alınış (Received): 22.05.2013

Kabul ediliş (Accepted): 31.10.2013

Giriş

Turunçgillerin önemli zararlılarından biri olan Turunçgil yaprak galerigüvesi, *Phyllocnistis citrella*, Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), özellikle genç bahçelerde, mücadeleyi gerektiren zararlı etmenlerin başında gelmektedir. Zararlı epidermis tabakasında hücre özsuğu ile beslenip yaprak ve sürgünlerde galeriler açarak zarar vermektedir. Galerilerin oluştuğu kısımlarda yapraklar kıvrılmakta, kahverengileşmekte ve ilaç yanıklığına benzeyen görüntüler ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak da bitkide gelişme yavaşlamaktadır. Zararlanma sürgün ve yapraklarda olduğundan, gelişmesini henüz tamamlamamış, yeni tesis edilmiş bahçelerde ve fidanlıklarda populasyon yoğunluğuna bağlı olarak zarar daha da fazla olmaktadır.

Turunçgil yaprak galerigüvesi'nin ülkemizde çeşitli parazitoit ve predatörleri bulunmakla birlikte parazitoitlerinden *Citrostichus phyllocnistoides* Narayanan (Hymenoptera: Eulophidae), en yaygın tür olarak belirlenmiştir (Elekçioğlu & Uygun, 2006). *C. phyllocnistoides* bir dış parazitoit olup konukçusunun larva dönemlerini parazitlemektedir (Subba Rao & Ramamani, 1965; Bouček, 1988; Neale et al., 1995). *C. phyllocnistoides* ile ilgili çalışmalar daha çok parazitoitin biyolojisi ve gelişimi üzerine olup (Ding et al., 1989; Pena et al., 1996) konukçusu ile ilişkisi yönündeki çalışmalar sınırlıdır. Konukçu-parazitoit ilişkisinin bilinmesi parazitoitin biyolojik mücadelede etkinliğinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Çeşitli ülkelerde yapılan bazı çalışmalarda *C. phyllocnistoides*'in parazitlenmede *P. citrella*'nın II. dönem larvalarını daha çok tercih ettiği bildirilirken bazılarında III. dönem larvaları tercih ettiği bildirilmektedir (Ding et al., 1989; Garcia-Marí et al., 2004; Kalaitzaki et al., 2011). Parazitoitin parazitlenmede tercih ettiği dönemin bilinmesi yapılacak olası bir mücadele programında salım zamanının belirlenmesinde önemli bir kriterdir (Pena et al., 1996).

Parazitoitlerin konukçular üzerindeki etki gücünün güvenilir bir şekilde tahmin edilmesinde, bunların işlevsel ve sayısal tepkilerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Davis et al., 1976; Trexler et al., 1988). Konukçu-parazitoit ilişkilerinin belirleyici olduğu populasyon değişimlerinde ana faktör olarak etkili olan bir parazitoitin işlevsel tepkisi, sözkonusu parazitoitin değişen av yoğunluklarında parazitlediği konukçu oranına ve onun konukçu populasyonunu önlemedeki etki gücünü gösterir (Murdoch & Oaten, 1975). Sayısal tepki ise, parazitoitlerin değişen av yoğunluklarındaki üreme yeteneklerinin bir göstergesi olarak bilinmekte ve artan konukçu populasyonlarını, yüksek sayısal tepkiye sahip parazitoit türlerin baskı altında tutabildikleri bildirilmektedir (Davis et al., 1976). Hassell & May (1973), parazitlenmenin konukçu ve parazitoitin her ikisinde yoğunluğundaki değişime bağlı olarak değiştiğini belirtmektedirler. *C. phyllocnistoides*'in işlevsel ve sayısal tepkilerinin belirlenmesi konusunda farklı ülkelerde laboratuvar ve doğa koşullarında sınırlı çalışmalar bulunmakla birlikte parazitoit böceklerin farklı coğrafik ırklar, deneme koşulları, bitki kültürü, konukçu türü ve yoğunluğu vb. nedeniyle farklı işlevsel tepkiler gösterebileceği bildirilmektedir (Bernal et al., 1994; Coll & Ridgway, 1995; Messina & Hanks, 1998; Fathipour et al., 2001).

Bu çalışmada, özellikle beş yaşından küçük turunçgil ağaçlarının önemli bir zararlısı konumundaki Turunçgil yaprak galerigüvesi'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olarak bulunan parazitoitlerinden *C. phyllocnistoides*'in, parazitlenme için *P. citrella*'nın hangi larva dönemini tercih ettiği ve artan konukçu yoğunluğuna bağlı olarak işlevsel tepkisi ile artan parazitoit yoğunluğuna bağlı olarak sayısal tepkisinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmalar 2008-2009 yıllarında, taze sürgün vermiş turunç (*Citrus aurantium* L.) fidanları üzerinde üretilen *P. citrella* ile *P. citrella* üzerinde üretilen *C. phyllocnistoides* bireyleri ile sürdürülmüştür. Çalışmada kullanılan zararlı ve parazitoit üretiminde Argov & Rossler (1998)'den yararlanılmıştır.

***Phyllocnistis citrella* üretimi**

Konukçu bitki üretim odasında yeni sürgün vermiş taze yapraklı fidanlar *P. citrella* üretimi için hazırlanmış ayrı bir odaya alınmıştır. Daha sonra doğadan üzerinde *P. citrella* pupaları bulunan sürgün ve yapraklar toplanıp önce kağıt sonra polietilen torbalara konularak laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarında ergin elde etmek amacıyla bu yaprak ve sürgünler şeffaf polietilen torbalara yerleştirilmiştir. Oluşabilecek nem nedeniyle yaprak ve sürgünlerdeki çürümelere engellemek için ise torbaların içerisine ayrıca kurutma kağıdı konularak torbalar ağız yoluyla üflenerek şişirilmiş ve paket lastiği ile sıkıca bağlanmıştır. Günlük kontrollerle pupadan çıkan erginler ağız aspiratörüyle toplanmış ve *P. citrella* üretim kafeslerine salınmıştır. Bu şekilde ilk bulaştırma ve üretime başlandıktan sonra üretimin sürekliliğini sağlamak amacı ile *P. citrella* üretim kafeslerine gerektiğinde yeter sayıda taze sürgün vermiş turunç fidanı yerleştirilmiştir. Zararlı üretimi ilk olarak kafeslerde başlatılmış daha sonra iklim odasında üretime geçilmiştir. Böylece *P. citrella* ile ilgili denemeleri yapabilmek için zararlı devamlı olarak elde bulundurulmuştur. Erginlerin beslenebilmeleri, daha uzun yaşayabilmeleri ve dolayısıyla daha çok yumurta bırakabilmeleri için ballı su emdirilmiş sünger parçacıkları (1x1cm ebatlarında) hazırlanmış ve fidanların gövdeleri üzerinde uygun yerlere yerleştirilmiştir.

Phyllocnistis citrella üretimi 30±1°C sıcaklık, %80±5 orantılı nem ve 12 saat aydınlık (8000 lx), 4 saat alaca karanlık (50 lx) ve 8 saat karanlık koşullardaki iklim odasında yürütülmüştür.

***Phyllocnistis citrella* parazitoiti, *Citrostichus phyllocnistoides* üretimi**

Citrostichus phyllocnistoides'in başlangıç üretimini sağlamak amacıyla doğadan *P. citrella*'nın larva ve pupaları ile bulaşık turunçgil sürgünleri toplanmıştır. Toplanan bu sürgünler üzerinden *P. citrella* dışındaki zararlılar uzaklaştırılmıştır. Sürgünler içerisine su konan kavanozlara, kavanozlar da büyük plastik kovalar içerisine yerleştirilmiştir. Kovaların kapak kısmı, içerisine hava girişinin sağlanması için tülbentle kapatılmıştır. Parazitoidlerin ışığa yönelme davranışından yararlanılarak kovaların etrafı siyah kumaş ile karartılmıştır. Buradan çıkan parazitoidlerin toplanması için açık tarafı kovanın içine gelecek şekilde her bir kovaya bir cam tüp yerleştirilmiştir (Anonymous, 2011). Tüpler günlük olarak kontrol edilerek pupalardan çıkan *C. phyllocnistoides* erginleri emgi tüpü yardımıyla alınmıştır. Bu yöntemle elde edilen parazitoit erginleri başlangıçta içerisinden *P. citrella*'nın değişik dönemleri ile bulaşık fidanların bulunduğu kafeslere salınmış ve parazitoit erginlerinin *P. citrella* üzerine yumurta bırakmaları sağlanmıştır. Başlangıç popülasyonu sağlandıktan sonra iklim odasında üretime geçilmiştir.

***Citrostichus phyllocnistoides*'in *Phyllocnistis citrella*'yı parazitlemeye tercih ettiği dönemin ve bu döneme bıraktığı yumurtadan gelişen parazitoit sayısının saptanması**

Phyllocnistis citrella'nın farklı larva dönemlerinin (I., II. ve III. dönem) ayrı ayrı ve bir arada bulunduğu koşullarda *C. phyllocnistoides*'in, parazitlemeye konukçusunun hangi dönemini tercih ettiğini belirlemek üzere bu çalışma yapılmıştır.

Bu amaçla üzerinde *P. citrella*'nın I., II. ve III. dönem larvalarını ayrı ayrı bulduran turunç fidanları (her bir larva dönemi için 10'ar adet) ayrı kafesler (40 cm x 40 cm x 80 cm h) içerisine konulmuştur. Her kafese pupadan henüz çıkmış (1 saatlik) 10'ar adet (5 ♂, 5 ♀) parazitoit erginleri bırakılmıştır. Yirmidört saat kafeste tutulan erginler daha sonra ortamdaki uzaklaştırılarak her bir fidan larva dönemlerine göre 20 cm Ø, 30 cm h ebatlarında ayrı kafeslere aktarılmıştır. Çalışmada her dönem için 100 adet *P. citrella* larvasının bulunmasına dikkat edilmiş, bunu sağlamak için de fazla olan larvalı yapraklar koparılmış veya bu sayıyı sağlamak için gerektiğinde aynı yaprak üzerindeki fazla larvalar toplu iğne ile öldürülmüştür. Kafesler günde bir kez kontrol edilmiş ve paraziti bireylerde gelişmesini tamamlayan *C. phyllocnistoides* erginleri emgi tüpüyle alınarak ortamdaki uzaklaştırılmıştır.

Aynı çalışma kapsamında *P. citrella*'nın I., II. ve III. dönem larvalarının bir arada bulunduğu durumda, hangi larva döneminin daha fazla parazitlendiğini belirlemek amacıyla *P. citrella*'nın I., II. ve III. dönem 100'er larvasının bulunduğu turunç fidanları (10 adet) aynı kafeste denemeye alınmıştır. Her kafese yine 10'ar adet (5 ♂, 5 ♀) parazitoit salınmış ve 24 saat sonra ortamdan uzaklaştırılmıştır. Daha sonra zararlının farklı larva dönemlerine sahip olan bu fidanlar ayrı ayrı kafeslere aktarılmış ve günde bir kez kontrol edilmiştir. Parazitli bireylerde gelişmesini tamamlayan parazitoit erginleri sayılarak kaydedilmiş ve ortamdan uzaklaştırılmıştır.

Her iki deneme de, beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

***Citrostichus phyllocnistoides*'in işlevsel tepkisinin belirlenmesi**

Çalışma, *P. citrella*'nın 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 adet parazitlenmede tercih ettiği dönemdeki (bir önceki çalışma sonucuna göre – III. dönem larva) konukçu yoğunluklarını içeren fidanlar üzerinde yürütülmüştür. Bu amaçla öncelikle turunç fidanlarına *P. citrella* erginlerinin yumurta bırakmaları sağlanmıştır. Fidanlar üzerindeki bireyler III. larva dönemine gelinceye kadar bekletilmiş ve daha sonra her bir larva yoğunluğunu içeren bu fidanlar farklı kafeslere ayrı ayrı yerleştirilmiştir. Bu sayıları kapsaması amacıyla gerektiğinde yapraklar koparılmış veya aynı yaprak üzerindeki fazla larvalar toplu iğne ile öldürülmüştür. Değişik sayıdaki larvaları içeren fidanların bulunduğu her bir kafese bir günlük çiftleşmiş bir dişi parazitoit salınmıştır. Dişi parazitoit 24 saat süre ile kafeslerde tutulmuş, daha sonra kafesten uzaklaştırılmıştır. Fidanlar her gün kontrol edilerek yumurta bırakılan larvalarda parazitoitin gelişmesi binoküler mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Parazitoitli bireylerde gelişmesini tamamlayan *C. phyllocnistoides* erginleri ve parazitlenmemiş konukçu larvalarından çıkan *P. citrella* erginleri sayılarak kaydedilmiş ve ortamdan uzaklaştırılmıştır. Denemeler her zararlı yoğunluğu için beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

***Citrostichus phyllocnistoides*'in sayısal tepkisinin belirlenmesi**

Citrostichus phyllocnistoides'in sayısal tepkisinin belirlenmesi çalışmalarında, işlevsel tepki çalışması sonuçlarına göre en yüksek parazitlenmiş konukçu yoğunluğunun elde edildiği 30 adet *P. citrella*'nın III. larva dönemine ait bireylerinin bulunduğu fidanlar ayrı ayrı kafesler içerisine alınmıştır. Kafesler içerisine *C. phyllocnistoides*'in çiftleşmiş bir günlük dişilerinden 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 adet bırakılmıştır. Parazitoitler kafes içerisinde 24 saat bekletildikten sonra emgi tüpü ile ortamdan uzaklaştırılmıştır. Daha sonra fidanlar günlük olarak binoküler mikroskop ile kontrol edilerek parazitlenen *P. citrella* larvaları kaydedilmiştir. Denemeler her parazitoit yoğunluğu için beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Citrostichus phyllocnistoides üretimi, larva dönemi tercih denemeleri ile işlevsel ve sayısal tepki belirleme denemeleri, 30°C sıcaklıkta, orantılı nemi %60±5 olan 16 saat aydınlatmalı iklim odalarında yürütülmüştür.

İstatistiksel analiz

Citrostichus phyllocnistoides'in parazitlenmede tercih ettiği *P. citrella* larva dönemini belirleme çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmeleri SPSS 16.0 (2006) programında One-Way ANOVA'ya göre yapılmış ve karakterler arasındaki fark Duncan (%5)'a göre değerlendirilmiştir.

Citrostichus phyllocnistoides'in işlevsel tepkisi ve parazitlenme oranı belirleme çalışmalarından elde edilen sonuçlar, polinom, doğrusal, logaritmik ve üssel regresyon modelleri ile değerlendirilmiş ve R² değerleri içerisinden ilişkiyi en iyi temsil eden logaritmik ve doğrusal regresyon eğrisi seçilmiştir.

Parazitoitin işlevsel tepkisi Holling'in kullanmış olduğu aşağıdaki formül aracılığı ile hesaplanmıştır (Holling, 1959 a,b).

$$Na = aTNP / (1 + aThN)$$

Burada;

Na = Parazitlenen konukçu sayısı

T = Parazitoit ve konukçunun bir arada tutulma süresi (1 gün)

P = Parazitoit yoğunluğu (1 adet)

N = Konukçunun başlangıç yoğunluğu

a = Arama kapasitesi

Th = Parazitleme kapasitesi

Formülde yer alan, parazitoitin arama (a) ve parazitleme kapasitesi (Th) Holling'in disk denkleminde göre hesaplanmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Citrostichus phyllocnistoides'in *Phyllocnistis citrella*'yı parazitlemede tercih ettiği dönemin ve bu döneme bıraktığı yumurtadan gelişen parazitoit sayısının belirlenmesi

Citrostichus phyllocnistoides'in parazitlemede konukçusu *P. citrella*'nın I., II. ve III. larva dönemlerinden hangisini tercih ettiğini belirlemek üzere yapılan çalışma sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. *Phyllocnistis citrella*'nın farklı larva dönemlerinin ayrı ayrı ve bir arada bulunduğu koşullarda *Citrostichus phyllocnistoides*'in, konukçusuna bıraktığı yumurtalardan gelişen ortalama parazitoit sayısı

Konukçu dönemi	Konukçu dönemleri ayrı ayrı*	Konukçu dönemleri bir arada*
I. dönem	6.7 (± 0.73) c	1.4 (± 0.73) c
II. dönem	34.1 (± 1.10) b	40.1 (± 1.10) b
III. dönem	43.3 (± 0.84) a	47.6 (± 0.84) a

*Aynı sütun içerisinde farklı harf alan ortalamalar arasındaki fark Duncan (0.05) testine göre önemli bulunmuştur.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi *P. citrella*'nın farklı larva dönemlerinin ayrı ayrı bulunduğu koşulda *C. phyllocnistoides* her döneme değişik sayıda yumurta bırakmış ve bu yumurtalardan parazitoit gelişmiştir. Birinci dönem larvalardan gelişen parazitoit sayısı ortalama 6.7 iken II. ve III. larvalarda gelişen parazitoit sayısı sırasıyla ortalama 34.1 ve 43.3 olarak saptanmış ve bu üç değer farklı istatistiksel grupta yer almıştır ($F=26393.983$; $sd=2$; $P<0.05$). Bu çalışmada parazitoitin yumurta bırakmak için konukçusunun öncelikle III. larva dönemini tercih ettiği, bununla birlikte II. larva dönemine de yumurta bıraktığı saptanmıştır. Parazitoitin I. larva dönemindeki konukçusuna da yumurta bıraktığı ve parazitoitin geliştiği görülmektedir. Ancak bu sonuç, uygun larva döneminin (II. ve III. dönem) olmadığı durumlarda parazitoitin zorunlu olarak I. döneme yumurta bıraktığını açıklamaktadır. Nitekim, bu dönemde gelişen parazitoit sayısı da II. ve III. döneme göre daha az olmuştur. Bu çalışmaya paralel olarak yürütülen diğer çalışmada bu durum daha açık olarak ortaya konulmuştur (Çizelge 1). *P. citrella*'nın her üç dönem larvasını bir arada bulunduran kafese parazitoit salındığında I. dönem larvalara hemen hemen hiç yumurta bırakılmamıştır (Ort.: 1.4 birey). Bırakılan bu az sayıdaki yumurtanın da I. dönemin sonlarına doğru (geç I. dönem) bırakıldığı kaydedilmiştir. Oysa II. ve III. dönem konukçudan gelişen parazitoit sayısı sırasıyla 40.1 ve 47.6 birey olmuştur. Her iki çalışmada da II. ve III. dönem larvalardan parazitoit gelişmesi daha yüksek olmuş ancak elde edilen değerler de istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($F=23371.948$; $sd=2$;

$P<0.05$). Bu bilgiler dikkate alındığında, bu çalışmada *C. phyllocnistoides*'in konukçusunun I. larva dönemi dışında II. ve III. larva dönemlerine yumurta bıraktığı ve her iki dönemden parazitoitin geliştiği sonucuna varılmaktadır. Bu çalışmanın sonucuna göre parazitoit gelişmesini sürdürebilmek için *P. citrella*'nın öncelikle III. larva dönemine, daha sonra II. larva dönemine gereksinim duyduğu, zorunlu olmadıkça I. larva dönemine yumurta bırakmadığı anlaşılmıştır. *C. phyllocnistoides*'in konukçusunun öncelikle III. dönem larvalarını tercih ettiği bulgusu literatür bildirişleriyle de uyumludur (Ding et al., 1989; Argov & Rossler, 1998; Garcia-Marí et al., 2004; Wang et al., 2006). Bunun yanında Kalaitzaki et al., (2011), doğa koşullarında yaptıkları çalışmalarında, *C. phyllocnistoides*'in *P. citrella*'nın öncelikle II. larva dönemindeki bireyleri, daha sonra III. larva dönemindeki bireyleri parazitlediğini bildirmektedir. Zappala (2010), *C. phyllocnistoides*'in *P. citrella*'nın II. ve III. dönem larvalarını parazitleyerek ölümlerine neden olduğunu bildirmektedir.

***Citrostichus phyllocnistoides*'in işlevsel tepkisinin belirlenmesi**

P. citrella'nın artan yoğunluğuna bağlı olarak *C. phyllocnistoides*'in parazitlenme davranışını belirlemek amacı ile yapılan çalışma sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

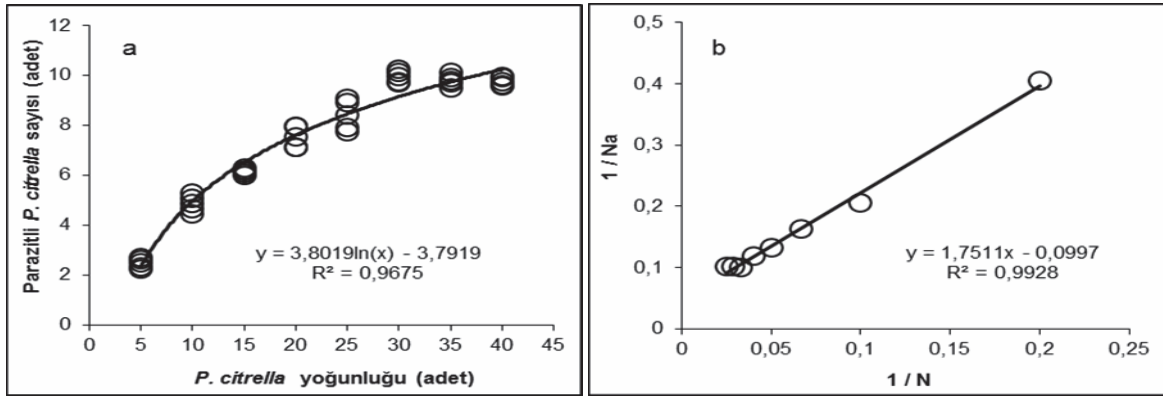
Çizelge 2. *Citrostichus phyllocnistoides*'in farklı konukçu yoğunluklarındaki *Phyllocnistis citrella*'ya bıraktığı yumurtadan gelişen parazitoit sayısı

Konukçu yoğunluğu	Parazitlenmiş <i>P. citrella</i> adedi*	<i>P. citrella</i> parazitlenme oranı (%)
5	2.47±0,089 a	49.40
10	4.87±0,147 b	48.70
15	6.15±0,051 c	41.00
20	7.53±0,183 d	37.65
25	8.41±0,262 e	33.64
30	9.93±0,099 f	33.10
35	9.80±0,100 f	28.00
40	9.76±0,074 f	24.40

*Aynı sütun içerisinde farklı harf alan ortalamalar arasındaki fark Duncan ($P<0.05$) testine göre önemli bulunmuştur.

Çizelge 2'den anlaşılacağı üzere bir adet *C. phyllocnistoides* dişisinin 24 saat boyunca bıraktığı yumurtalardan gelişen parazitoit sayısı ortalama 2.47 adet ile 5 konukçunun bulunduğu ortamda en az, ortalama 9.93 adet ile 30 konukçunun bulunduğu ortamda en fazla olmuştur. Konukçu yoğunluğu 5 bireyden 30 bireye kadar artırıldığında parazitoitin bıraktığı yumurta sayısında, dolayısıyla bırakılan yumurtalardan gelişen parazitoit sayısında artış olmuş ve yapılan istatistiki değerlendirmede de farklı grup içerisinde yer almışlardır ($F=364.654$, $sd=7$, 32 , $P<0.0001$). *C. phyllocnistoides*'in bu özelliği konukçusu üzerindeki etkinliği için oldukça önemlidir. Çünkü parazitoit konukçusunu hem parazitlenme ve hemde beslenme yoluyla öldürerek baskı altına alabilmektedir. Konukçu yoğunluğu 35 ve 40 birey olduğunda, elde edilen parazitoit sayısı ile 30 konukçu yoğunluğunda gelişen parazitoit sayısı hemen hemen aynı düzeyde olmuş ve yapılan istatistiki değerlendirmede de aynı grup içerisinde yer almışlardır. Elde edilen sonuçlara göre birim zamanda (24 saat) konukçu yoğunluğuna bağlı olarak parazitoitin bırakacağı yumurta sayısının artacağı, ancak belirli bir yoğunluktan sonra (30 birey) konukçu yoğunluğuna artsa da bırakılan yumurta sayısında önemli bir artış olmayacağı anlaşılmaktadır.

Artan konukçu yoğunluğuna bağlı olarak *C. phyllocnistoides*'in parazitlediği toplam *P. citrella* sayılarını gösteren verilere uygulanan analiz sonuçları Şekil 1'de verilmiştir.

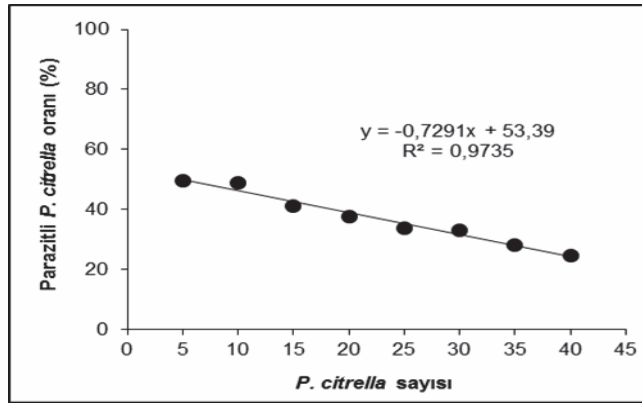


Şekil 1. *Citrostichus phyllocnistoides*'in, (a) artan konukçu yoğunluğunda parazitlenme sonucunda öldürdüğü konukçu sayısı, (b) işlevsel tepkisi.

Şekil 1 a incelendiğinde 5 adet konukçu yoğunluğundan 30 adet konukçu yoğunluğuna kadar parazitlenen konukçu sayısında doğrusal bir artış olduğu görülmektedir. Bu yoğunluktan 40 konukçu yoğunluğuna kadar ise bu artış yavaşlayarak sürmüştür. *C. phyllocnistoides*'in konukçu yoğunluğuna bağlı olarak parazitlediği birey sayısını gösteren bu eğri Holling'in tip II eğrisine benzemektedir. Bu durum *C. phyllocnistoides*'in parazitlediği bireylerin belirli bir konukçu yoğunluğuna kadar artan konukçu yoğunluğu ile birlikte artış gösterdiğini belirtmektedir. *C. phyllocnistoides*'in artan konukçu yoğunluğunda parazitlediği birey sayısına bağlı olarak elde edilen regresyon katsayısı $R^2 = 0.9675$ olarak saptanmıştır (Şekil 1 a). Şekil 1 b, konukçu yoğunluğu ile parazitlenen birey sayısı arasında kuvvetli bir ilişki (doğrusal) olduğunu, konukçu yoğunluğunun artmasına bağlı olarak parazitlenen birey sayısında da artış olduğunu açıklamaktadır. Disk denklemine göre parazitoitin arama kapasitesi (a) 0.571 sa.^{-1} , parazitlenme kapasitesi (Th) 0.0997 sa. ve günlük en fazla parazitlenen konukçu sayısı (T/Th) $10.03 \text{ birey/24 sa.}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 1 b). Wang et al. (2006), bir adet parazitoitin günlük en fazla 10.0 birey parazitlediğini saptamışlar ve bu çalışmaya yakın sonuçlar elde etmişlerdir. *C. phyllocnistoides*'in gösterdiği tepki tipi, tarımsal zararlıların parazitoitleri arasında yaygın olarak görülen tepki tipine uymaktadır (Holling, 1970). Chen & Lou (1986), *C. phyllocnistoides*'in sinonimi olan *Elachertus* sp.'nin doğa koşullarında *P. citrella*'ya Holling II tip işlevsel tepki gösterdiğini kaydetmişlerdir. Ding et al. (1989), *P. citrella*'nın başka bir parazitoiti olan *Cirrospilus quadristriatus* (Subba Rao and Ramamani) (Hym.: Eulophidae)'un yine Holling II tip işlevsel tepki gösterdiğini saptayarak benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ancak, Wang et al. (2006), *C. phyllocnistoides*'in *P. citrella*'ya Holling III tip işlevsel tepki gösterdiğini kaydetmişlerdir. İşlevsel tepki eğrisindeki bu farklılığın çalışmanın yapıldığı laboratuvar koşullarındaki sıcaklık (25 ± 0.5), nem (%80 RH), konukçu yoğunluğu, bitki kültürü vb. özelliklerin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Parazitoitlerin konukçu aramaları belirli bir zamanla sınırlandırıldığında davranış olarak genellikle yavaşlayan (II. tip) işlevsel tepki eğrisi sergiledikleri bildirilmektedir (Burnett, 1951; Griffiths, 1969; Allen & Gonzalez, 1975; van Lenteren & Bakker, 1978). Konukçu türü, konukçu yoğunluğu, deneme koşulları (sıcaklık, nem), parazitoitlerin farklı coğrafik ırkları gibi çeşitli faktörler parazitoitlerin işlevsel tepki tiplerini etkileyen faktörler olarak gösterilmektedir (Juliano & Williams, 1985; Coll & Ridgway, 1995; Messina & Hanks, 1998; Wang & Ferro, 1998; Moezipour et al., 2008). Bununla birlikte bazı çalışmalarda bir doğal düşmanın aynı konukçu türün farklı biyolojik evreleri üzerinde (Kasap & Atlıhan, 2009) veya bir doğal düşmanın farklı biyolojik evrelerinin aynı konukçu türü üzerinde iki farklı işlevsel tepki tipini gösterdiği bildirilmektedir (Koch et al., 2003). Bu nedenle daha kesin yargılar için doğa koşullarında gerekli çalışmaların yürütülerek verilerin desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Denemede *P. citrella* yoğunluğu arttıkça parazitlenen birey sayısında artış olmuş ancak parazitlenme oranında (%) düşük yoğunluklarda yüksek parazitlenme, yüksek yoğunluklarda ise daha

düşük parazitlenme ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Parazitlenme oranı 5 konukçu yoğunluğunda %49.40 olarak saptanırken konukçu yoğunluğu arttıkça bu oran düşmüş ve 40 konukçu yoğunluğunda %24.40 olmuştur. Bunun esas nedeni olarak parazitoitin düşük konukçu yoğunluğunda neslini devam ettirmek için öncelikle yumurta koymayı tercih etmiş olduğu düşünülebilir. Çünkü yüksek konukçu yoğunluğunda yumurta koyma için yeterli miktarda birey bulunmaktadır. Ayrıca artan konukçu yoğunluğunda parazitoitin parazitlenmiş ve parazitlenmemiş *P. citrella* larvalarını ayıt edebilmek için daha çok zaman harcadığı bu nedenle de parazitlenme oranının düştüğü düşünülmektedir. Çizelge 2’de de görüldüğü üzere düşük konukçuda ölümün azlığı, yüksek yoğunluktaki konukçuda ise ölümün çokluğu bu durumu daha iyi açıklamaktadır. *C. phyllocnistoides*’in artan konukçu yoğunluğundaki parazitlenme oranına bağlı olarak elde edilen regresyon katsayısı $R^2=0.9735$ olarak saptanmıştır (Şekil 2). Bu durum, konukçu yoğunluğu ile parazitlenme oranı arasında negatif bir ilişki olduğunu, konukçu yoğunluğunun artmasına bağlı olarak parazitlenme oranının azaldığını açıklamaktadır.



Şekil 2. *Citrostichus phyllocnistoides*’in artan *P. citrella* yoğunluğuna karşı parazitlenme oranı (%).

Ulusoy (1994), *Eretmocerus debachi* Rose and Rosen (Hym.: Aphelinidae)’nin *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Hom.: Aleyrodidae) yoğunluğuna bağlı olarak parazitlenme gücünü incelediği çalışmada, konukçu yoğunluğu arttıkça parazitlenen birey sayısında belirgin bir artış olduğunu ancak parazitlenme oranında ise konukçu artışına bağlı olarak düşme olduğunu saptamıştır. Öktem (1999), *Leptomastix dactylopii* How. (Hym.: Encyritidae)’nin konukçu yoğunluğu [*Planococcus citri* Risso (Hem.: Pseudococcidae)]’na bağlı olarak parazitlenme oranını belirlediği çalışmada konukçu yoğunluğu arttıkça parazitlenen birey sayısının arttığını ancak parazitlenme oranının her konukçu yoğunluğunda giderek azaldığını bildirmektedir. Tarla & Yiğit (1999), süne *Eurygaster integriceps* Put. (Hem.: Pentatomidae) yumurtalarında parazitoitler *Trissolcus* spp.’nin farklı konukçu yoğunluklarında parazitlenme oranlarını incelemişler ve konukçu yoğunluğunun artışı ile parazitlenme oranının düştüğünü bildirmişlerdir.

***Citrostichus phyllocnistoides*’in sayısal tepkisinin belirlenmesi**

Citrostichus phyllocnistoides’in artan yoğunluğuna bağlı olarak *P. citrella*’yı parazitlenme davranışını belirlemek için yapılan çalışma sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. *Citrostichus phyllocnistoides*’in farklı yoğunluklarının *Phyllocnistis citrella*’ya bıraktığı yumurtadan gelişen parazitoit sayısı

Parazitoit yoğunluğu (adet)	Parazitlenmiş konukçu sayısı
2	11.42±0.29
4	14.24±0.51
6	16.53±0.22
8	14.95±0.63
10	14.71±0.55
12	13.72±0.84

Çizelge 3 incelendiğinde 2'den 12'ye kadar olan parazitoit yoğunluğunda, parazitlenmiş konukçu sayısı 11.42 ile 16.53 adet arasında değişmiştir. En yüksek parazitlenme 6 parazitoit yoğunluğunda 16.53 birey olarak saptanmıştır. Buna göre parazitoit yoğunluğu artışıyla beraber parazitlenmiş konukçu sayısının da 6 parazitoit düzeyine kadar arttığı ve artan bu yoğunluğa kadar *C. phyllocnistoides*'in doğrudan sayısal tepki gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu sonuç, parazitoitin düşük yoğunlukta bile etkili olduğunu ve doğada düşük konukçu yoğunluklarında varlığını sürdürebileceğini göstermektedir. *C. phyllocnistoides*'in gösterdiği bu sayısal tepki tipi, zararlıların doğal düşmanları arasında aranan bir özelliktir. Gerek parazitoit gerekse de predatör türlerin düşük yoğunluklarında varlıklarını sürdürebilmeleri, zararlı tür popülasyonlarının yükselmelerinin başlangıç döneminde önlenmesi ačiusından önemlidir. Çalışmada altı parazitoit yoğunluğundan sonra ise parazitlenmiş konukçu sayısında düşüş belirlenmiştir. Bu da parazitoit popülasyonunun artmasına bağlı olarak belirli bir alanda ve sabit sayıdaki konukçu yoğunluğunda tür içi rekabetin artacağını ve buna bağlı olarak ta parazitlenme oranının azalacağını düşündürmektedir.

Yararlanılan Kaynaklar

- Allen, J. C. & D. Gonzalez, 1975. The effects of temperature and host refuge on insect host-parasitoid models. *Environmental Entomology*, 4: 57-65.
- Anonymous, 2011. Turunçgil Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, 161 s.
- Argov, Y. & Y. Rössler, 1998. Rearing methods for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton and its parasitoids in Israel. *Biological Control*, 11: 18-21.
- Bernal, J. S., T. S. Bellows & D. Gonzalez, 1994. Functional response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Aphidiidae) to *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hom., Aphididae) hosts. *Journal of Applied Entomology*, 118: 300-309.
- Bouček, Z., 1988. Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). A biosystematic revision of genera of fourteen families, with a reclassification of species. CAB International: Wallingford, 832 pp.
- Burnett, T., 1951. Effects of temperature and host density on the rate of increase of an insect parasite. *American Naturalist*, 85: 337-352.
- Chen, M. S. & X. N. Lou, 1986. Preliminary studies on *Elcheetus* sp. an exparasite of the citrus leaf-miner (*Phyllocnistis citrella* Stainton). *Journal of Fujian Agricultural College*, 15: 123-130.
- Coll, M. & R. L. Ridgway, 1995. Functional and numerical response of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) to its prey in different vegetable crops. *Annals of the Entomological Society of America*, 88: 732-738.
- Davis, D. E., K. Myers & J. B. Hoy, 1976. "Biological Control Among Vertebrates, 501-519". In: *Theory and Practice of Biological Control* (Eds: C.B. Huffaker & P.S. Messenger). Academic Press, New York, 1047 pp.
- Ding, Y., M. Li & M. D. Huang, 1989. "Studies on Biology of Two Species of Parasitoids, *Tetrastichus phyllocnistoides* and *Cirrospilus quadristriatus* and Their Parasitization on the Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton, 106-113". In: *Studies on the Integrated Management of Citrus Insect Pests* (Ed. M. D. Huang). Academic Book and Periodical Press, Beijing, 185 pp.
- Elekçioğlu, N. Z. & N. Uygun, 2006. Parasitoid complex of the Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) in east Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 30: 155-160.
- Fathipour, Y., K. Kamali, J. Khalghani & G. Abdollahi, 2001. Functional response of *Trissolcus grandis* (Hym., Scelionidae) to different egg densities of *Eurygaster integriceps* (Het., Scutelleridae) and effects of wheat genotypes on it. *Applied Entomology and Phytopathology*, 68: 123-136.
- Garcia-Marí, F., R. Vercher, J. Costa-Comelles, C. Marzal & M. Villalba, 2004. Establishment of *Citrostichus phyllocnistoides* (Hymenoptera: Eulophidae) as a biological control agent for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Spain. *Biological Control*, 29: 215-226.
- Griffiths, K. J., 1969. The importance of coincidence in the functional and numerical responses of two parasites of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer*. *Canadian Entomologist*, 101: 673-713.
- Hassell, M. P & R. M. May, 1973. Stability in insect host-parasite models. *Journal of Animal Ecology*, 42: 693-726.
- Holling, C. S., 1959a. The components of predation as revealed by a study of small mammal-predation of the European pine sawfly. *Canadian Entomology*, 91: 293-320

- Holling, C. S., 1959b. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91: 385-398.
- Holling, C. S., 1970. "The Components of Predation as Revealed by a Study of small-mammal predation of the pine sawfly, 232-259". In: *Readings in Population and Community Ecology* (Ed. W. E. Hazen). W. B. Saunders Company, Philadelphia, 388 pp.
- Juliano, S. A. & F. M. Williams, 1985. On the evolution of handling time. *Evolution*, 39: 212-215.
- Kalaitzaki, A. P., A. E. Tsagkarakis & D. P. Lykouressis, 2011. Population fluctuation of *Phyllocnistis citrella* and its parasitoids in two citrus species in Western Crete (Greece). *Entomologia Hellenica*, 20: 31-44.
- Kasap, İ. & R. Atıhan, 2009. "Avcı akar *Typhlodromus athiasae*'nin İki Noktalı Kırmızıörümcek (*Tetranychus urticae*) üzerinde işlevsel tepkisi, 125-125". Türkiye IV. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri (28-30 Haziran 2011), Kahramanmaraş.
- Koch, R. L., W. D. Hutchison, R. C. Venette & G. E. Heimpel, 2003. Susceptibility of immature monarch butterfly, *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Nymphalidae: Danainae), to predation by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 28: 265-270.
- Messina, F. J. & J. B. Hanks, 1998. Host plant alters the shape of functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 27: 1196-1202.
- Moezipour, M., M. Kafil & H. Allahyari, 2008. Functional response of *Trichogramma brassicae* at different temperatures and relative humidities. *Bulletin of Insectology*, 62 (2): 245-250.
- Murdoch, W. W. & A. Oaten, 1975. Predation and population stability. *Advances in Ecological Research*, 9: 1-131.
- Neale, C., D. Smith, G. A. C. Beattie & M. Miles, 1995. Importation, host specificity testing, rearing and release of three parasitoids of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) in Eastern Australia. *Journal of the Australian Entomological Society*, 34: 343-348.
- Öktem, S., 1999. Turunçgil Unlubiti, *Planococcus citri* Risso (Hom.: Pseudococcidae) ile Bazı Doğal Düşmanları Arasındaki Av/avcı ve Konukçu/parazitoit İlişkileri. M. K. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 62 s.
- Pena, J. E., R. Duncan & H. Browning, 1996. Seasonal abundance of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoids in south Florida citrus. *Environmental Entomology*, 25: 698-702.
- SPSS, 2006. SPSS Base 15.0 User's Guide, Chicago: Prentice Hall.
- Subba Rao, B. R. & S. Ramamani, 1965. Biology of *Cirrospiloideus phyllocnistoides* (Narayanan) and description of a new species, *Scotolinx quadristriata* (Hymenoptera: Eulophidae) as parasites of *Phyllocnistis citrella* Stainton. *Indian Journal of Entomology*, 27: 408-413.
- Tarla, Ş. & A. Yiğit, 1999. "*Trissolcus semistriatus* Nees (Hymenoptera: Scelionidae)'un Süne, *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae) yumurtalarını parazitlenme gücü ve bazı yumurta parazitoitlerinin işlevsel tepkileri, 121-130". Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi (26-29 Ocak 1999), Adana..
- Trexler, J. C., E. M. Charles & J. Travis, 1988. How can the functional response best be determined. *Oecologia*, 76: 206-214.
- Ulusoy, M. R., 1994. Doğu Akdeniz Bölgesi Turunçgillerinde Zararlı Defne Beyazsineği, *Parabemisia myricae* (Kuwana) (Homoptera: Aleyrodidae)'nin Doğal Düşmanı *Eretmocerus debachi* Rose and Rosen (Hymenoptera: Aphelinidae) Üzerinde Araştırmalar. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Doktora Tezi, Adana, 107 s.
- van Lenteren, J. C. & K. Bakker, 1978. Behavioural aspects of the functional responses of a parasite (*Pseudeucoila bochei* Weld) to its host (*Drosophila melanogaster*). *Netherlands Journal of Zoology*, 28: 213-233.
- Wang, B. & D. N. Ferro, 1998. Functional response of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory and field conditions. *Environmental Entomology*, 27: 752-758.
- Wang, L., D. H. B. Bisseleua, M. You, J. Huang & B. Liu, 2006. Population dynamics and functional response of *Citrostichus phyllocnistoides* (Narayanan) (Hymenoptera.: Eulophidae) on citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Stainton) (Lepidoptera: Phyllocnistidae) in Fuzhou region of south-east China. *Journal of Applied Entomology*, 130 (2): 96-102.
- Zappala, L., 2010. "Citrus Integrated Pest Management in Italy, 73-100". In: *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases* (Eds: A. Ciancio & K. G. Mukerji). Springer, Netherlands, 5, 366 pp.