

Süne (*Eurygaster integriceps* Put.)’de *Wolbachia* Varlığının Belirlenmesi

İlyas KARAMAN¹ Erhan KOÇAK¹

¹ISUBÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bl.-ISPARTA

Sorumlu yazar: erhankocak@isparta.edu.tr

Geliş tarihi:25/11/2019, Yayına kabul tarihi:30/12/2019

Özet: Türkiye’de buğdayın en önemli zararlısı olan süne *Eurygaster integriceps* ülkemizde Marmara, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde yayılış göstermektedir. Çalışma kapsamında bu bölgelerde her ilden 10 adet olmak üzere toplam 15 ilden (Adıyaman, Ağrı, Bingöl, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Kahramanmaraş, Kırklareli, İçel, Sakarya, Siirt, Şırnak ve Tunceli) toplam 150 adet erkek süne bireyi toplanmıştır. Bu bireylerde endosimbiont bakteri olan *Wolbachia*’nın varlığı ve bulunma oranı *wsp* primerleriyle? modifiye edilmiş ve elde edilen PCR reaksiyonlarından sekans yapılarak belirlenmiştir. *Wolbachia* bulunma oranının bölgeler düzeyinde %85-98 düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, *Wolbachia*’nın *E. integriceps* türünde yaygın olarak (%94.6) bulunduğu görülmüştür. Bu çalışma dünyada Süne - *Wolbachia* ilişkisinin belirlendiği ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: *Wolbachia*, First record, *wsp*, *Eurygaster integriceps*, Türkiye.

Determination of *Wolbachia* Infection in Sunn Pest (*Eurygaster integriceps* Put.)

Abstract: Sunn pest *Eurygaster integriceps* is the most important pest of wheat in Turkey and it has distribution in Marmara, Southeastern Anatolia, Eastern Anatolia and Eastern Mediterranean region. In this study, totally 150 pest individuals, 10 males of them from each of 15 provinces (Adıyaman, Ağrı, Bingöl, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Kahramanmaraş, Kırklareli, İçel, Sakarya, Siirt, Şırnak and Tunceli) were collected from the regions. The presence and availability rates of the endosymbiont bacterium *Wolbachia* were determined by modifying the *wsp* primers and by sequencing the obtained PCR reactions. The availability rates of *Wolbachia* infection are found to be on average 85-98% according to the regions. As a result, *Wolbachia* was found to be common (94.6%) in *E. integriceps* specimens across the country. This is the first study determining the relationship between Sunn pest and *Wolbachia* in the world.

Keywords: *Wolbachia*, İlk kayıt, *wsp*, *Eurygaster integriceps*, Turkey.

Giriş

Buğday dünyada ve ülkemizde en yaygın yetiştirilen, adaptasyon yeteneği sayesinde her türlü iklim ve yörede varlığını sürdüren gıda kaynağıdır. Geçmişte ve günümüzde değerli bir besin kaynağı olduğu kadar gelecekte önemi daha da artacaktır (Akkaya, 1994). Dünya nüfusunun gün geçtikçe artışı gıda ihtiyacının da artmasına sebep olmaktadır (Donahaye ve Messer, 1992). Türkiye, tahıl üretimi ve tüketimi bakımından dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer

almakta (Akova, 2009) olup, 2014 yılında ki verilerine göre, yaklaşık 80 milyon dekar alanda, 22,6 milyon ton buğday üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2015).

İnsanların beslenmesinin temel kaynağı olan buğdayda önemli kayıplara yol açan önemli etmenlerden birisi de Süne [*Eurygaster* spp. (Hemiptera: Scutelleridae)]’dir. Literatürde sunn pest, suni bug, cereal bug veya wheat bug gibi değişik isimler ile anılan süne, ülkemizin hemen hemen tüm buğday ekili alanlarında görülmektedir (Lodos, 1961). Dünya’da

sünenin 15, Türkiye’de yedi türü bulunmaktadır. Bunların yayılış ve zarar yönüyle en önemlileri sırasıyla *Eurygaster integriceps* Put., *E. maura* ve *E. austriacus* türleridir. (Lodos, 1961; Dörtbudak, 1974; Koçak, 2006). Süne, ülkemizin de içinde bulunduğu 25°-55° kuzey enlemleri ile 20°-80° boylamları arasında kalan Avrupa’nın kuzeyi hariç diğer bölgelerinde Orta ve Yakın Doğu ile Kuzey Afrika ülkelerinde yaygındır (Paulian ve Popov, 1980; Boyacıoğlu, 1998). Popov vd. (1980), Romanya’da bulunan Süne türlerinin %79.4’ ünü *E. integriceps*’in oluşturduğunu, *E. maura* ve *E. austriacus*’nın da Romanya’da bulunduğunu ancak, bu türlerin ekonomik zarar oluşturmadıklarını belirtmektedir. Ülkemizde ise Güneydoğu Anadolu, Trakya Bölgesi’nde hakim tür *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera: Scutelleridae) olup, Orta Anadolu Bölgesi’nde ise *E. maura*’dır (Koçak vd., 2014). *E. Integriceps*’in süne türleri içerisinde en epidemik ve zararlı olan tür olduğu bildirilmektedir (Koçak, 2008). Bu zararlılara karşı ülkemizde ve dünyada büyük oranda kimyasal mücadele yapılmaktadır. İnsektisit kullanımı insan sağlığı ve çevreye olumsuz etkileri gibi birçok sorunu da beraberinde getirmesi, yoğun ve bilinçsiz bir şekilde kullanılmaları sonucunda gıdalarda, toprak, su ve havada insektisit kalıntısı ya da dönüşüm ürünleri kalabilmektedir. Bu durum insan yaşama standartlarını olumsuz etkilemekte, ekosistemin de büyük ölçüde bilinçsiz bir şekilde kirletilmesine sebep olmaktadır. Alternatif olarak zararlı ile mücadele yöntemlerinden birisi de biyolojik mücadele (BM)’dir. BM doğal dengeyi koruması, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkisinin olmaması ve sürdürülebilir olması nedeniyle diğer mücadele sistemlerine göre üstünlük sağlamaktadır. Bu nedenle, BM çalışmalarına önem verilmeli ve desteklenmelidir (Aydoğdu, 2009).

Biyolojik mücadelede simbiyotik canlıların da önemi çok büyüktür. Simbiyotik yaşam çok hücreli birçok canlıda görülen ortak yaşam şeklidir. Yapılan çalışmalara bakıldığında zaman canlılarda üreme bozukluğuna neden olan *Wolbachia* üzerinde yoğunlaşıldığı görülmektedir. *Wolbachia*, ilk olarak 1924 yılında Herting ve Wolbach tarafından sivrisineğin (*Culex pipiens* L.)

üreme dokularında belirlenmiştir. İlk tanımlamanın yapılması ise 1936 yılında *Wolbachia pipiens* olarak Herting tarafından belirlenmiştir (Werren, 1997). *Wolbachia* cinsine ait bireyler, α -Proteobacteria sınıfının Rickettsiales takımının Rickettsiaceae familyasına ait gram negatif bakterilerdir (Dumler vd., 2001). *Wolbachia* (Rickettsiaceae), obligat hücre içi bir organizma olup Arthropodların üreme dokularında bulunur. Coccoid veya bacilliform şeklinde olup, iki membranlı ve ortalama uzunlukları 0.8-1.5 μ M’dir. Ayırıcı bir özelliği de insanlarda hastalığa neden olmamasıdır. Bu bakterilerin endosimbiont veya parazitik etkileri omurgasız hayvanlarda görülmektedir (Sinkins ve O’neill, 2000).

Wolbachia ile enfekteli tür sayısı henüz tam olarak belirlenememiş ve gizemini korumaya devam etmektedir (Gotoh vd., 2003; Werren, 1997). *Wolbachia* nadiren horizontal taşınmasına rağmen anadan yavruya vertikal olarak taşınmakta konukçularının üremesine müdahale ederek, sitoplazmik uyumsuzluk, partenogenesis, erkek öldürücülük ve feminizasyon şeklinde üreme değişikliklerine neden olmaktadır (Doran ve Moore, 2001). Konukçu popülasyonunda hızlı şekilde yayılması ve konukçularının üremesi üzerine olan etkisi nedeniyle *Wolbachia*, bitki zararlıları ve vektör mücadelesinde güçlü bir potansiyel olarak görülmektedir (Dunn vd., 2001; Sinkins ve O’Neill, 2000). *Wolbachia*’nın bu öneminden dolayı ülkemizde hububat alanlarında en zararlı ve epidemik tür olan *E. integriceps*’te bu bakterinin varlığı ve yaygınlığı araştırılmıştır. Bu çalışma ile *E. Integriceps* türünde *Wolbachia* varlığı dünyada ilk kez araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyalini *Eurygaster integriceps* Put.’in tür teşhisinin kesin olması nedeniyle erkek bireyleri oluşturmaktadır. Zararlının erkek bireyleri Doğu Anadolu (Ağrı, Bingöl, Elazığ ve Tunceli), Güneydoğu Anadolu (Adıyaman, Diyarbakır, Siirt ve Şırnak) Akdeniz Bölgesi (Kahramanmaraş ve İçel) ve Marmara Bölgesi (Bursa, Çanakkale, Edirne, Kırklareli ve Sakarya)’nden Nisan - Haziran 2017

döneminde hububat alanlarından toplanmış ve canlı olarak -80°C'de muhafaza edilmiştir.

Genomik DNA izolasyonu: çalışmada, her ilden 10 erkek birey olmak üzere toplam 15 ilden 150 erkek bireyde *Wolbachia* varlığı araştırılmıştır. Genomik DNA izolasyonu için Saghai-Marooof vd. (1984)'nin kullandığı CTAB solüsyonu yöntemi modifiye edilerek izolasyon yapılmıştır. DNA'nın uygunluğunu kontrol etmek için genomik DNA'lar %1'lik agaroz jelle yüklenmiştir. Daha sonra, 80 voltda 10 dakika koşturularak spektrofotometre cihazı ile görüntü alınmıştır. Nanodrop cihazında da genomik DNA miktarı nanogram değerinden tespit edilmiştir. Değerler yaklaşık olarak 500 ila 1800 nanogram arasında olduğu gözlemlenmiştir.

PCR amplifikasyonu: Genomik DNA örneklerinde endosimbiont *Wolbachia*'nın taranması amacıyla *Wolbachia wsp* genini çoğaltan spesifik primerler [*wsp* 81F (5'TGG TCC AAT AAG TGA TGA AGA AAC) ve *wsp* 691R (5' AAA AAT TAA ACG CTA CTC CA)] kullanılmıştır (Zhou vd. 1998). Ancak PCR jel görüntülerinde net bant görüntüleri elde etmek için *wsp* primerleri *E. integriceps* türünün gen diziliminden faydalanarak yeniden modifiye edilerek aşağıdaki yeni dizilimi oluşturulmuştur.

*Ei**wsp*F2 5'- TAT CGA AAT TAG CAC CAT AAG AAC CG - 3',
*Ei**wsp*R2 5'- CGA CAT CAG GGT TGA TGT TGA AGG AG - 3'

Böylelikle jel görüntülerinde 350 bp'lık net bantlar elde edilmiştir. PCR için kullanılan 0.2'lik PCR tüplere sırası ile 10 µl 2X AmpMaster Taq Mix., 5 µl ultra saf su, 1 µl *Ei**wsp*F1 primer, 1 µl *Ei**wsp*R2 primer, (her primer çiftinden 10 pmol), 1 µl genomik DNA eklenerek PCR cihazına tüpler yerleştirilmiştir. Zhou vd. (1998)'nin PCR döngü programını modifiye edilerek, 95°C 2 dakika, 95°C 10 saniye, 65°C 15 saniye, 72°C 15 saniyede 35 döngü ve son olarak 72°C'de 2 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. PCR ürünleri PRONASAFE ile boyalı %1.5'lik agaroz jelle yürütüldükten sonra UV transilluminatör yardımı ile

görüntülenmiştir. *Eurygaster integriceps* bireylerinde *Wolbachia* taraması için yapılan PCR döngü programı şu şekildedir;

Tablo 1. PCR döngüsü
Table 1. PCR cycle

PCR döngüsü	Sıcaklık (°C)	Süre	Döngü
Ön denatürasyon	95	2 dk	1
Denatürasyon	95	10 sn	
Bağlanma	65	15 sn	35
Uzama	72	15 sn	
Son uzama	72	2 dk	1

Elde edilen PCR reaksiyonlarından sekans reaksiyonu hazırlanmıştır. Bu reaksiyonda kullanılan malzemeler; 5 µl premix, 1 µl *Ei**wsp*F1, 2,5 µl (Şırnak ♂ 4. Örnek) temiz PCR DNA'sı ve son olarak da 1,5 µl ultra saf su, eklenerek sekans PCR'ı konulmuştur. Temizlenen sekans PCR'ı sekans cihazına yerleştirilerek analiz edilmiştir.

Bulgular

Ülkemizde Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Marmara ve Akdeniz Bölgelerinden 15 il'den (Adıyaman, Ağrı, Bingöl, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Elazığ, Kahramanmaraş, Kırklareli, İçel, Sakarya, Siirt, Şırnak, Tunceli) toplanan *E. integriceps*'e ait erkek bireylerde yapılan genomik DNA izolasyonunu izleyen PCR reaksiyonları yeni modifiye edilen *Ei**wsp*F2 ve *Ei**wsp*R2 primerleri ile taranmış ve agaroz jelde *Wolbachia* görüntülenerek elde edilen PCR reaksiyonlarından sekans yapılarak *Wolbachia*'nın varlığı kesin olarak ortaya konulmuştur.

Sekans PCR'ından analiz edilen sonuçlara göre elde edilen dizi şu şekilde olmuştur:
AATTGAAAATTTGCCTATCACTCCAT
ATGTTGGTGTGGTGTGGTGCAGCG
TATATTACCACTCCTTTGAAAAACCC
TGTGAATGATCAAAAAGTAAATTTG
GTTTCTGCTGGTCAAGTAAAAGCTGG
TGTTAGTTATGATGTAAGTCCAGAAA
GTCAAACCTTTATGCTGGAGCTCGTTA
TTGCGGTTCTTATGGTGCTAATTTCTGA
TAAAAGCGT.

Jel görüntülerine göre, taranan 150 örneğin 142 tanesinde (%94.66) *Wolbachia* enfeksiyonu saptanmıştır. *Wolbachia* enfeksiyonunun bölgelere göre bulunma oranının ise, Marmara Bölgesinde ortalama %98, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde ortalama %95 ve Akdeniz Bölgesinde ise ortalama %85 olduğu tespit edilmiştir. Ağrı, Bursa, Çanakkale, Edirne, Elazığ, Kırklareli, Siirt, Şırnak ve Tunceli illerinden elde edilen bireylerdeki bulunma oranı %100 olarak gerçekleşirken, Adıyaman, Diyarbakır, İçel ve Sakarya'da %90; Bingöl ve Kahramanmaraş'ta %80 oranında *Wolbachia* enfeksiyonu belirlenmiştir. *Eurygaster integriceps* Put. türünde *Wolbachia* varlığının ve yayılış oranının belirlenmesi amacıyla dünyada yapılan bu çalışma ilk olma özgünlüğüne sahiptir. Çalışma sonucunda, dört bölgeden toplanan örneklerdeki *Wolbachia* enfeksiyon oranı ortalaması %94.6 olarak belirlenmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Kikuchi ve Fukatsu (2003), Japonyada Scutelleridae familyasından, yedi türde *Wolbachia* (*wsp*) enfeksiyonunu taramak için Takara TaqDNA polymerase kitini kullanmışlar ve hiçbir örnekte *Wolbachia* enfeksiyonuna rastlamamışlardır. Ancak, yaptığımız çalışmada 2X AmpMaster Taq Mix kiti kullanarak Türkiye'de Scutelleridae familyasından *E. integriceps* türünde 150 tane örnekten 142 tanesinde ilk kez *Wolbachia* enfeksiyonu belirlenmiştir. İki çalışma arasındaki tek fark olarak bizim araştırmamızda *wsp* primerinin yeniden modifiye (*Eiwsf2-Eiwsr2*) edilerek taranmış olmasıdır. Spesifik *wsp* gen parçaları modifiye edilmeden yapılan deneylerde de aynı oranda *Wolbachia* enfeksiyonu olduğu belirlenmiş ancak bant oluşumları zayıf olmuştur. Hoffmann vd. (1990) ve Sinkins vd. (1995) simbiyot yoğunluğunun; besin kalitesi ve bolluğu ile sıcaklık ve coğrafik konum gibi çevresel faktörlerden etkilendiğini belirtmişlerdir. Bu durumda simbiyotların yoğunluğu açısından coğrafik konumun da ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. *E. integriceps*'in Türkiye'de yayılış alanı güneydoğu Anadolu ve Trakya bölgesi (Koçak, 2014) olmasına karşılık,

yaptığımız çalışmada, Marmara bölgesinden de toplanan örneklerde yüksek oranda *Wolbachia* enfeksiyonu belirlenmiştir. Marmara Bölgesinde ortalama %98, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde ortalama %95 ve Akdeniz Bölgesinde ise ortalama %85 oranında *Wolbachia* enfeksiyonu tespit edilmiştir.

Werren vd. (1995a), *Wolbachia* enfeksiyonunun Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Homoptera, Lepidoptera ve Orthoptera takımları dahil böcek türlerinin %20'sinden fazlasında olduğunu; Rowley vd. (2004)'e göre %50, Zug ve Hammerstein (2012)'e göre %40, Hilgenboecker vd. (2008) ve Simões (2012)'e göre ise Arthropoda şubesinde %66 olduğu belirtilmektedir. Ancak bizim çalışmamız tür bazında dünyada ilk olmakla beraber *Wolbachia* enfeksiyon oranının beklentinin de üstünde (%94.6) olduğu belirlenmiştir. Heteroptera takımında *Wolbachia* enfeksiyonu ile ilgili çok az sayıda çalışmanın olması da bu çalışmanın önemini ortaya koymaktadır.

Xu vd. (2013) Amerika'da *Halyomorpha halys* Stal, 1855 (Heteroptera: Scutelleridae) türünde *Wolbachia* enfeksiyonunu taramak için *wsp81F/wsp691R* ve *FtsZ-F/FtsZ-R* primerleri kullanmış, ayrıca farklı PCR kit yöntemlerini denemelerine rağmen pozitif bir sonuç elde edemediklerini bildirmiştir.

Coleoptera takımında yapılan bir çalışmada ise insektisitlere dirençli popülasyonlarda *Wolbachia* oranının fazla olduğu belirtilmiştir. Konukçu üzerinde *Wolbachia* enfeksiyonunun olması, insektisitlere karşı dirençli olduğunu ve *Wolbachia*'nın yok edilmesi durumunda, insektisit direncinin azaldığı belirtilmiştir (Berticat vd., 2002). Bu durumu destekleyen bir çalışma yapan Duron vd. (2006), sivrisineklerde organofosfat insektisitlerine karşı dirençli olanların, insektisitlere duyarlı sivrisineklere göre daha çok *Wolbachia* yoğunluğu olduğunu bildirmiştir. Ülkemizde süne mücadelesinde yaklaşık 70 yıldır kapama şeklinde uygulanan kimyasal mücadele (Koçak, 2008) akla böyle bir ilişki olduğunu getirmektedir.

Dokuzuncusu düzenlenen Uluslararası *Wolbachia* konferansında (2016) *Wolbachia*'nın önemi ve üzerinde uygulamaya yönelik çalışmalar yapılması

gerektiğini belirtilmiştir. *Wolbachia*, böcekler üzerindeki etkilerinden dolayı süne için de biyolojik mücadelede kullanım olanakları araştırılmalıdır. Biyolojik Mücadele (BM)'nin doğal dengeyi koruması, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkisinin olmaması ve sürdürülebilir olması nedeniyle diğer mücadele sistemlerine göre üstünlük sağlamaktadır. Bu nedenle, BM çalışmalarına önem verilmeli ve desteklenmelidir.

Sonuç olarak simbiyotik bakterilerin konukçu fizyolojisindeki etkisi pek çok çalışmada vurgulanmıştır. Bu bakterilerin önemi; konukçu beslenmesinden, savunma reaksiyonlarına, direnç mekanizmasından üreme değişimlerine kadar geniş kapsamlıdır. Moleküler biyoloji ve fonksiyonel genom bilim çalışmalarındaki hızlı ilerlemeler bitki-böcek-simbiyont ilişkisinin daha iyi anlaşılmasına olanak vermektedir. Böcek endosimbiyotlarının konukçularında meydana getirdiği değişimlerin detaylandırılmasıyla bu mikroorganizmaların zararlı mücadelesinde kullanım olanaklarının artırması beklenmektedir.

Kaynaklar

- Akkaya, A. 1994. Buğday Yetiştiriciliği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ders Kitapları Yayın No:1, Kahramanmaraş, 225s.
- Akova, Y. 2009. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi Raporu, 6.
- Aydoğdu, M. 2009. Çevre Bilimi. Anı Yayınevi. 232 sf. Ankara.
- Berticat, C., Rousset, F., Raymond, M., Berthomieu, A. and Weill, M., 2002. High *Wolbachia* density in insecticide-resistant mosquitoes. The Royal Society. London, 269, 1413–1416.
- Boyacıoğlu, M.H. 1998. Böcek Zararı Görmüş Buğdaylar: Problemin Tarihçesi, Etki Alanı, Etki Mekanizması ve Zararın Tahminlenmesinde Kullanılan Yöntemler, Un Mamülleri Dünyası, 7(1), 34-47.
- Doran, T. and Moore, R. 2001. Application of the Reproductive Parasite *Wolbachia* to the Biological Control of Flystrike. CSIRO Livestock Industries, Private Bag 24, Geelong, VIC. 241-244.
- Dörtbudak, Y. 1974. Güney Doğu Anadolu'da *Eurygaster* Türleri Tanınmaları, Yayılış Alanları ve Popülasyon Yoğunlukları Üzerinde Araştırmalar, T.C. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Araştırma Eserleri Serisi, Yenigün Matbaası, Ankara, 40s.
- Dumler, J. S., Barbet, A. F. and Bekker, C. P. 2001. Reorganization of genera in the families Rickettsiaceae and Anaplasmataceae in the order Rickettsiales: unification of some species of *Ehrlichia* with *Anaplasma*, *Cowdria* with *Ehrlichia* and *Ehrlichia* with *Neorickettsia*, descriptions of six new species combinations and designation of *Ehrlichia equi* and 'HGE agent' as subjective synonyms of *Ehrlichia phagocytophila* International. Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 51, 2145–2165.
- Dunn, A. M., Hurst, G. D. and Rigaud, T. 2001. Inherited Microorganisms, Sex-specific Virulence and Reproductive Parasitism. Trends in Parasitology, 17(2), 88-94.
- Duron, O., Labbe, P., Berticat, C., Rousset, F., Guillot, S., Raymond, M. 2006. High *Wolbachia* density correlates with cost of infection for insecticide resistant *Culex pipiens* mosquitoes. Evolution, 60, 303–314.
- Gotoh, T., Noda, H. and Hong, X. Y. 2003. *Wolbachia* Distribution and Sitolasmic Incompatibility Based on a Survey of 42 Spider Mite Species (Acari: Tetranychidae) in Japan. Heredity, 91, 208-216.
- Hilgenboecker, K., P. Hammerstein, P. Schlattmann, A. Telschow and J.H. Werren. 2008. How many species are infected with *Wolbachia*?—A statistical analysis of current data. FEMS Microbiology Letters, 281, 215–220.
- Hoffmann, A. A., Turelli, M. and Harshman, L. G. 1990 Factors affecting the distribution of cytoplasmic

- incompatibility in *Drosophila simulans*. *Genetics*, 126, 933–948.
- Kikuchi, Y. and Fukatsu, T. 2003. Diversity of *Wolbachia* Endosymbionts in Heteropteran Bugs. *Appl Environ Microbiology*. 69, 6082–6090.
- Koçak, E. 2006. Süne Mücadelesinde Zamanlamanın Önemi. *Türktarım*, 168, Mart-Nisan, 42-45.
- Koçak, E. 2008. Türkiye’de Süne Mücadelesinde 80 Yıl (1928 – 2007). Ülkesel Tahıl Sempozyumu. 2-5 Haziran. Konya. 354-361.
- Koçak, E., S. Bilginturan, E., Kaya, C., Gözüaçık, N., Babaroğlu, M., İslamoğlu, G., Çetin, A., 2014. Türkiye Hububat Alanlarındaki Süne (*Eurygaster* spp.) Türlerinin Dağılımı. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi, Sayfa 115, 3-5 Şubat 2014, Antalya.
- Lodos, N. 1961. Türkiye, Irak, İran ve Suriye’de Süne (*Eurygaster Integriceps* Put.) Problemi Üzerinde İncelemeler, No:51, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 115.
- Paulian, F. and Popov, C. 1980. Sunn pest or cereal bug, Wheat Technical Monograph. Ciba-Geigy Ltd. Switzerland, 69-74. Basel.
- Popov, C., Fabritius, K., Enica, D., Banita, E., Rosca, I., Sandru, I.S. and Sapunaru, T. 1980. Preliminary Data on the Composition and Proportion of the Populations of Cereal Bug Egg Parasites in Romania. *Probleme de protecția plantelor*, 8(3), 59-165.
- Rowley, S. M., Raven, R. J. and McGraw, E. A. 2004. *Wolbachia pipientis* in Australian spiders. *Current Microbiology*, 49, 208–214.
- Simões, P. M. 2012. Diversity and dynamics of *Wolbachia*-host associations in Arthropods from the Society archipelago, French Polynesia. l’Université Claude Bernard. Doktora tezi. 66s. Lyon.
- Sinkins, S. P., Braig, H. R. and O’Neill, S. L. 1995. *Wolbachia* superinfections and the expression of cytoplasmic incompatibility. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 261, 325–330.
- Sinkins, S. P. and O’Neill, L. S. 2000. *Wolbachia* as a Vehicle to Modify Insect Populations. In: *Insect Transgenesis – Methods and Applications* (Eds: Handler, A. M., James, A. A.). Boca Raton, CRC Press., 271-284.
- Tunçbilek, A.S., Bakir, S., Derin, I. and Bilbil, H. 2015. Screening of reproductive symbionts of *Sitophilus granarius*, *Sitophilus zeamais* and their parasitoid *Lariophagus distinguendus*. *Integrated Protection of Stored Products IOBC-WPRS Bulletin*, Vol. 111, 511-517.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). 2015. Türkiye’de toplam buğday üretim alanı ve toplam ürün miktarı. Erişim Tarihi: 08.05.2017. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001.
- Xu, J., Fonseca, D. M., Hamilton, G. C., Hoelmer, K. A. and Nielsen, A. L. 2013. Tracing the origin of US brown marmorated stink bugs, *Halyomorpha halys*. *Biological Invasions*, Volume 16(1), 153–166.
- Werren, J.H. 1997. *Biology of Wolbachia*. *Annual Review of Entomology*, 42, 587-609.
- Werren, J. H., Windsor, D. and Guo, L. 1995. Distribution of *Wolbachia* Among Neotropical Arthropods. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 262, 197-204.
- Zhou, W., Rousset, F. and O’Neill, S. 1998. Phylogeny and PCR-based classification of *Wolbachia* strains using *wsp* gene sequences. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 265, 509-515.
- Zug, R. and Hammerstein, P. 2012. Still a Host of Hosts for *Wolbachia*: Analysis of Recent Data Suggests That 40% of Terrestrial Arthropod Species Are Infected. *PLoS ONE*, 7(6), e38544.