

BÖLÜM 1

BÖCEK-BAKTERİ ETKİLEŞİMLERİNİN TARIMSAL EKOSİSTEMLERE ETKİLERİ

Serdar BİLGİNTURAN¹

Melis BİLGİNTURAN²

GİRİŞ

Hızla çoğalan dünya nüfusunun ihtiyacı olan gıda talebini karşılamak için ürün veriminin artırılması tarımsal üretimde yenilikçi uygulamaları zorunlu kılmaktadır. Bu uygulamalar ile üretimin ilk basamağından tüketiciye ulaşana kadar gıda güvenliğini sağlayarak oluşacak kayıpların en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Ürünlerin yetiştirilmesi ve tüketiciye ulaşana kadar geçen depolama süreçlerinde kayba neden olan en temel organizmalardan birisi böceklerdir. Zararlı böceklerin mücadelesinde yaygın olarak kullanılan kimyasal pestisitler çevreye ve hedef dışı türler üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (1). Bu durum, tarımsal üretimde ekosistemlerin bütünlüğüne zarar vermeden gıda güvenliğini sağlayabilecek çevre dostu yöntemlerin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Mikroorganizmalar, tarımsal uygulamaları ve çevreyi iyileştirmek için sürdürülebilir ve ekonomik açıdan avantajlı çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bakteriler, farklı çevre koşullarında yaygın olarak bulunan ve böcekler de dahil olmak üzere farklı türlerle çeşitli etkileşimler geliştirmiş mikroorganizmalardır. Diğer canlı organizmalarda olduğu gibi böcekler de

¹ Dr., Bağımsız Araştırmacı, smallpire@gmail.com, ORCID iD: 0000-0001-8898-0506

² Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, meliskarapire@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-4351-7646

Endosimbiont bakterilerin, böceklerin yaşam tarzları ve popülasyonları üzerinde meydana getirdikleri olağanüstü etki göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir. Bu etkiler, endosimbiontların uygun şartlarda üretilmesi ve böcek dışında yaşamlarını devam ettirebilmelerini sağlayacak yeniliklerin tespit edilmesini takiben zirai mücadelede oldukça geniş bir kullanım alanı olarak karşımıza çıkacaktır.

Bitkiler, ilişkili mikroorganizmalar ve böcekler arasındaki etkileşimlerin önemli araçlarıdır (49, 50). Bir tür tarafından bitkilerde meydana getirilen değişiklikler, diğer türlerle olan etkileşimler üzerinde zincirleme etkiler yaratmakta ve bu etkileşimler türlerin bolluklarını ve popülasyon yapılarını şekillendirmektedir (51). Bu tür dolaylı etkileşimlerin popülasyon yapısı üzerindeki sonuçları çoğunlukla bitkiye bağlı böcek popülasyonları içerisinde incelenmişken (52, 53, 54), bitkiler aracılığıyla mikroorganizmalar ve böcekler arasındaki etkileşimlerin benzer topluluk genelindeki etkilerine dair günden güne artan kayıtlar bulunmaktadır (55, 56, 57, 58). Bu durum, bitkiler, mikroorganizmalar ve böcekler arasındaki üçlü etkileşimlerin ekolojik önemini vurgulamaktadır. Vektörel etkileşimlerin bu bölümde ele alınmayan, ancak zirai anlamda büyük bir etkiye sahip olan bitki-mikrobiyot-böcek ilişkileri kısmının ayrı bir başlık olarak ele alınması uygun olacaktır.

Dünyadaki yaşam formları içerisinde en yoğun popülasyonlara ve en zengin tür çeşitliliğine sahip bu iki grup arasındaki etkileşimlerin sadece zirai anlamda irdelenmesi, yalnızca ufak bir pencereden büyük bir manzaraya bakmak olarak nitelendirilebilir. Yeryüzünde daha keşfedilmemiş yeni türlerin bilime kazandırılması ve sonrasında yaşamımıza katacağı değişiklikler neticesinde bir kısmına değinebildiğimiz etkileşimler ve ilişki ağları değişebilecektir.

KAYNAKLAR

1. Nesler A, Perazzolli M, Puopolo G, Giovannini O, Elad Y, Pertot I. A complex protein derivative acts as biogenic elicitor of grapevine resistance against powdery mildew under field conditions. *Front Plant Sci.*; 2015; 6:715. doi: 10.3389/fpls.2015.00715.
2. Jurat-Fuentes JL, Jackson TA. Bacterial Entomopathogens In: Vega FE, Kaya HK (eds.) *Insect Pathology*. 2nd ed. Academic Press; 2012. p. 265-349.
3. Oliver KM, Martinez AJ. How resident microbes modulate ecologically important traits of insects. *Curr Opin Insect Sci.* 2014;4:1-7. Doi:10. 1016/j. cois. 2014. 08. 001.
4. Sanchez-Contreras M, Vlisidou I.. The Diversity of Insect-bacteria Interactions and its Applications for Disease Control. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*; 2008; 25: 203-244. doi: 10.5661/bger-25-203
5. Priest FG, Dewar SJ. Bacteria and Insects. In: Priest, F.G., Goodfellow, M. (eds) *Applied Microbial Systematics*. Springer, Dordrecht.; 2000. p. 165-202.
6. de Bary HA. *Die Erscheinung der Symbiose*. Verlag von Karl J. Trübner, Strassburg; 1879

7. Moya A, Pereto J, Gil R, Latorre A,. Learning how to live together: genomic insights into prokaryote-animal symbioses. *Nature Review Genetics*; 2008; 9, 218-229. doi: 10.1038/nrg2319
8. Dillon RJ, Dillon VM. The gut bacteria of insects: nonpathogenic interactions. *Annual Review Entomolgy*; 2004; 49; 71-92. doi: 10.1146/annurev.ento.49.061802.123416
9. Moran NA. Symbiosis. *Curr Biol*. 2006;16(20),866-871. doi: 10. 1016/j. cub. 2006. 09. 019. PMID: 17055966.
10. Jing TZ, Qi FH, Wang ZY. Most dominant roles of insect gut bacteria: digestion, detoxification, or essential nutrient provision?. *Microbiome*; 2020; 8; 38. doi: 10.1186/s40168-020-00823-y
11. Bucher C. (1981). Identification of bacteria found in insects. In: Burges HD (ed), *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*. London: Academic Press; 1981. p. 7-33.
12. Davidson EW. Biochemistry and mode of action of the *Bacillus sphaericus* toxins. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*; 1995; 90: 81-86. doi: 10.1590/s0074-02761995000100018
13. Gill SS. Biochemistry and mode of action of *Bacillus thuringiensis* toxins. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*; 1995; 90: 69-74. doi: 10.1590/s0074-02761995000100016.
14. Charles JF, Nielsen Leroux, C. Delecluse A. *Bacillus sphaericus* toxins: molecular biology and mode of action. *Annual Review of Entomology*; 1996; 41: 451-472. doi: 10.1146/annurev.en.41.010196.002315
15. Kumar PA, Sharma RP, Malik VS.. The insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Advances in Applied Microbiology*; 1996; 42: 1-43. doi: 10.1016/S0065-2164(08)70371
16. Hurlburt, R.E. Investigations into the pathogenic mechanisms of the bacterium-nematode complex: the search for virulence determinants of *Xenorhabdus nematophilus* ATCC 19061 could lead to agriculturally useful products. *ASM News*; 1994; 60:473-478.
17. Forst S, Nealson K. Molecular biology of the symbiotic pathogenic bacteria *Xenorhabdus* spp. and *Photorhabdus* spp. *Microbiological Reviews*; 1996; 60: 21-43. doi: 10.1128/mr.60.1.21-43.1996
18. Gordon RE, Haynes WC, Pang CHN. The genus *Bacillus*. *Agriculture Handbook*. Washington DC; 1973.
19. Ash C, Farrow JA, Wallbanks S, Collins MD. Phylogenetic heterogeneity of the genus *Bacillus* revealed by comparative analysis of small subunit ribosomal RNA sequences. *Letters in Applied Microbiology*; 1991; 13: 202-206. doi: 10.1111/j.1472-765X.1991.tb00608.x
20. Rainey FA, Fritze D, Stackebrandt E. The phylogenetic diversity of thermophilic members of the genus *Bacillus* as revealed by 16S rDNA analysis. *FEMS Microbiology Letters*; 1994; 115; 205-212. doi: 10.1111/j.1574-6968.1994.tb06639.x.
21. Nielsen P, Rainey FA, Outtrup H, Priest FG, Fritze D. Comparative 16S rDNA sequence analysis of some alkaliphilic bacilli and the establishment of a sixth rRNA group within *Bacillus*. *FEMS Microbiology Letters*; 1994; 117: 61-66. doi: 10.1016/0378-1097(94)90171-6
22. Ash C, Priest KG, Collins MD. Molecular identification of rRNA group 3 bacilli (Ash, Farrow, Wall banks and Collins) using a PCR probe test. *Antonie van Leeuwenhoek*; 1993; 64: 253-260. doi: 10.1007/BF00873085

23. Shida O, Takagi H, Kadowaki K, Komagata K.. Proposal for two new genera, *Brevibacillus* gen. nov. and *Aneurinibacillus* gen. nov. International Journal of Systematic Bacteriology; 1996; 46: 939-946. doi:10.1099/00207713-46-4-939
24. Favret ME, Yousten AA. Insecticidal activity of *Bacillus laterosporus*. Journal of Invertebrate Pathology; 1985; 45: 195-203. doi: 10.1128/aem.64.7.2723-2725.1998
25. Singer S. The utility of strains of morphological group II *Bacillus*. Advances in Applied Microbiology; 1996; 42: 219-261. doi:10.1016/S0065-2164(08)70374-5
26. Falkow S. What is a pathogen? ASM News; 1997; 63: 359-365.
27. Buchner P. *Endosymbiosis of Animals with Plant Microorganisms*. New York: Interscience; 1965.
28. Douglas AE, Prosser WA. Synthesis of the essential amino acid tryptophan in the pea aphid (*Acyrtosiphon pisumi*) symbiosis. Journal of Insect Physiology; 1992; 38: 565-568. doi: 10.1016/0022-1910(92)90107-O
29. Schröder D, Deppisch H, Obermayer M, Krohne G, Stackebrandt E, Hölldober B, Goebel W, Gross R. Intracellular endosymbiotic bacteria of *Camponotus* species (carpenter ants): systematics, evolution and ultrastructural characterization. Molecular Microbiology; 1996; 21: 479-489. doi: 10.1111/j.1365-2958.1996.tb02557.x
30. Aksoy S. *Wigglesworthia* gen. nov. and *Wigglesworthia glossinidia* sp. nov., taxa consisting of the mycetocyte-associated, primary endosymbionts of tsetse flies. International Journal of Systematic Bacteriology; 1995; 45: 848-851. doi: 10.1099/00207713-45-4-848
31. Hertig M. The rickettsia, *Wolbachia pipientis* (gen. nov. et sp. nov.) and associated inclusions of the mosquito *Culex pipiens*. Parasitology; 1936; 28: 453-486.
32. Yen JH, Barr AR. New hypothesis on the cause of cytoplasmic incompatibility in *Culex pipiens*. Nature; 1971; 232 (5313): 657-658. doi: 10.1038/232657a0
33. Hart S. When *Wolbachia* invades, insect sex lives get into a spin. BioScience; 1995; 45 (1): 4-6. doi: 10.2307/1312527
34. Rigaud T, Rousset F. What generates the diversity of *Wolbachia* - arthropod interactions? Biodiversity and Conservation; 1996; 5: 999-1013. doi: 10.1007/BF00054417
35. Whitfield AE, Falk BW, Rotenberg D. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. Virology; 2015; 479-480: 278-289. doi:10.1016/j.virol.2015.03.026
36. Perilla-Henao L, Casteel C. Vector-borne bacterial plant pathogens: interactions with hemipteran insects and plants. Front Plant Sci.; 2016; 7: 1163. doi:10.3389/fpls.2016.01163
37. Huang W, Reyes-Caldas P, Mann M, Seifbarghi S, Kahn A, Almeida RPP, Béven L, Heck M, Hogenhout SA, Coaker G. Bacterial Vector-Borne Plant Diseases: Unanswered Questions and Future Directions. Molecular Plant; 2020; 13(10): 1379-1393. doi: 10.1016/j.molp.2020.08.010.
38. Eigenbrode SD, Bosque-Pérez NA, Davis TS. Insect-borne plant pathogens and their vectors: ecology, evolution, and complex interactions. Annual Reviews Entomology; 2018; 63: 169-191. doi:10.1146/annurev-ento-020117-043119
39. Ng JCK, Perry KL. Transmission of plant viruses by aphid vectors. Molecular Plant Pathology; 2004; 5: 505-511. doi:10.1111/j.1364-3703.2004.00240.x
40. Nault LR. Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis. Annals of the Entomological Society of America; 1997; 90: 521-541. doi:10.1093/aesa/90.5.521

41. Eigenbrode SD, Ding H, Shiel P, Berger PH. 2002 Volatiles from potato plants infected with potato leafroll virus attract and arrest the virus vector, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Proc. R. Soc. Lond. B* 269, 455–460. doi:10.1098/rspb. 2001.1909
42. Luan JB, Yao DM, Zhang T, Walling LL, Yang M, Wang YJ, Liu SS. Suppression of terpenoid synthesis in plants by a virus promotes its mutualism with vectors. *Ecology Letters*; 2013; 16: 390–398. doi:10.1111/ele.12055
43. Santiago MFM, King KC, Drew GC. Interactions between insect vectors and plant pathogens span the parasitism–mutualism continuum. *Biology Letters*; 2023; 19: 20220453. doi: 10.1098/rsbl.2022.0453
44. Ruiui L. Insect Pathogenic Bacteria in Integrated Pest Management. *Insects*; 2015; 6: 352–367; doi:10.3390/insects6020352
45. Morris, O.N. Susceptibility of some forest insects to mixtures of commercial *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides, and sensitivity of the pathogen to the insecticides. *Can. Entomol.*; 1972; 104: 1419–1425.
46. Seleena P, Lee HL, Chiang YF. Compatibility of *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* and chemical insecticides for the control of *Aedes* mosquitoes. *J. Vector Ecol.*; 1999; 24: 216–223.
47. Musser FR, Nyrop JP, Shelton AM. Integrating biological and chemical controls in decision making: European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) control in sweet corn as an example. *J. Econ. Entomol.*; 2006; 99: 1538–1549. doi: 10.1603/0022-0493-99.5.1538
48. Karabörklü S, Azizoglu U, Azizoglu ZB. Recombinant entomopathogenic agents: a review of biotechnological approaches to pest insect control. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*; 2018; 34: 14. doi:10.1007/s11274-017-2397-0
49. Van der Putten WH, Vet LEM, Harvey JA, Wackers FL. Linking above- and belowground multitrophic interactions of plants, herbivores, pathogens, and their antagonists. *Trends in Ecology & Evolution*; 2001; 16: 547–554. doi:10.1016/S0169-5347(01)02265-0
50. Ohgushi T. Indirect interaction webs: herbivore-induced effects through trait change in plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*; 2005; 36, 81–105. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.36.091704.175523
51. Ohgushi T. Herbivore-induced indirect interaction webs on terrestrial plants: the importance of non-trophic, indirect, and facilitative interactions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*; 2008; 128: 217–229. doi:10.1111/j.1570-7458.2008.00705.x
52. Van Zandt PA, Agrawal AA. Community-wide impacts of herbivore-induced plant responses in milkweed (*Asclepias syriaca*). *Ecology*; 2004; 85: 2616–2629. doi: 10.1890/03-0622
53. Poelman EH, Broekgaarden C, Van Loon, JJA, Dicke M. Early season herbivore differentially affects plant defence responses to subsequently colonizing herbivores and their abundance in the field. *Molecular Ecology*; 2008; 17: 3352–3365. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.03838.x.
54. Utsumi S. Eco-evolutionary dynamics in herbivorous insect communities mediated by induced plant responses. *Population Ecology*; 2011; 53: 23–34. Doi:10.1007/s10144-010-0253-2
55. Kluth S, Kruess A, Tschardt T. Interactions between the rust fungus *Puccinia punctiformis* and ectophagous and endophagous insects on creeping thistle. *Journal of Applied Ecology*; 2001; 38: 548–556. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00612.x

56. Omacini M, Chaneton EJ, Ghersa CM, Muller CB. Symbiotic fungal endophytes control insect host-parasite interaction webs. *Nature*; 2001; 409: 78–81. doi: 10.1038/35051070
57. Katayama N, Zhang ZQ, Ohgushi T. Community-wide effects of below-ground rhizobia on above-ground arthropods. *Ecological Entomology*; 2011; 36: 43–51. doi: 10.1111/j.1365-2311.2010.01242.x
58. Tack AJM, Gripenberg S, Roslin T. Cross-kingdom interactions matter: fungal-mediated interactions structure an insect community on oak. *Ecology Letters*; 2012; 15: 177–185. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01724.x.