

BÖLÜM 2

BÖCEKLERLE BİYOTEKNOLOJİK MÜCADELEDE RNAi UYGULAMALARI

Erhan KOÇAK¹

GİRİŞ

Yaklaşık 8 milyarlık küresel nüfusun önümüzdeki 50 yıl içinde 10 milyara ulaşması bekleniyor ve bu da tarımsal ürünlerin daha fazla tüketilmesine yol açacaktır. Ayrıca, çevre koşullarındaki hızlı değişimler de dahil olmak üzere birçok faktör, tarımsal ürünün kalitesinde ve veriminde düşüşe neden olmaktadır. Kültür bitkilerinde kayıplara neden olan canlı etmenlerin başında zararlı olan böcekler gelmekte olup her geçen gün daha fazla problem olmaya devam etmektedirler. Bunda kimyasal mücadele uygulamalarının yarattığı kısır döngü öne çıkmaktadır. Kimyasal mücadele, zararlı böcekler üzerindeki doğal denge ajanlarını yok etmekle kalmayıp böceklerde meydana getirdiği geri dönülmez dirençle de problemin daha fazla artmasına neden olmaktadır. Ayrıca çevre ve insanlar üzerindeki olumsuz etkileri de tartışılmaz biçimde ortadadır. Son yıllarda biyoteknoloji alanındaki gelişmeler böceklerle mücadele için de kendini göstermeye başlamış ve kimyasal mücadeleye alternatif olarak çevre dostu biyoinsektisitler olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır. Biyopestisitler, bitkinin veya ürünlerinin kalitesini etkilemeden verim üzerinde derin bir etkiye sahip olduğu bilinen canlı organizmalara veya doğal ürünlere dayanır. Bu organizmalardan izole edilen aktif moleküllerin hedefe özgü olduğu bilinmektedir. Bunların başında gelen *Bacillus thuringiensis* (Bt) ile transgenik hale getirilmiş kültür bitkilerinde de böceklerle karşı direnç gelişimi ve transgenik

¹ Prof. Dr., ISUBÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, erhankocak@isparta.edu.tr
ORCID iD: 0000-0002-9882-6569

SONUÇ VE ÖNERİLER

Nanopartikül aracılı dsRNA iletim sistemi, dsRNA stabilitesini iyileştirmek ve dsRNA alımını teşvik etmek için umut verici bir yaklaşımdır. Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera ve diğer böcek takımlarında birçok hedef gen tanımlanmıştır. Bazı hedef genler birden fazla türde iyi incelenmiştir. Ayrıca, birden fazla geni hedefleyen dsRNA'ların kullanılması veya RNAi'nin diğer mücadele yöntemleriyle (entomopatojenler, toksinler ve fitoekdisterooidler gibi) birleştirilmesi sinerjik öldürücü etkiler oluşturabilir (8). Hedef dışı organizmalar, çeşitli yollarla dsRNA'ya maruz kalabilir. Bu nedenle, dsRNA'lar hedef türlerde hedef dışı etkilerden kaçınacak şekilde türe özgü olarak tasarlanmalıdır (44). dsRNA ayrıca, dsRNA tarafından tetiklenen bağışıklık tepkileri gibi diziye özgü olmayan bir şekilde hedef dışı eklemli türlerinin biyolojisini de etkileyebilir (45). RNAi tabanlı biyolojik mücadele, kimyasal pestisitlere mükemmel bir alternatiftir ve birçok RNAi pestisiti onaylanmış olup yakında piyasaya sürülecektir. Ancak, preparatın kalıcılığını ve etkinliğini arttırılması, bitkide dsRNA emilimi ve sistemik hareketinin kolaylaştırılması, çoklu hedef gene odaklanması, diğer mücadele yöntemleriyle entegrasyonu, ürünlerin ticarileştirilmesi için bir yasal çerçeve oluşturulması, uygulama maliyetlerinin yüksek olması durumunda ülkelerin bunu sübvase etmesi gibi zorlukların üstesinden gelinmelidir.

KAYNAKLAR

1. Wingard, SA. Hosts and symptoms of ring spot, a virus disease of plants. *Journal of Agricultural Research*. 1928, 37: 127–153.
2. Napoli C, Lemieux C, Jorgensen R. Introduction of a chimeric chalcone synthase gene into petunia results in reversible co-suppression of homologous genes in trans. *Plant Cell*. 1990, 2: 279–289.
3. Fire A, Xu SQ, Montgomery MK, et al. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. *Nature*. 1998; 391: 806–811.
4. Mao YB, Cai WJ, Wang JW, et al. Silencing a cotton bollworm P450 monooxygenase gene by plant-mediated RNAi impairs larval tolerance of gossypol. *Nature Biotechnology*. 2007, 25(11): 1307–1313.
5. Sadeq S, Al-Hashimi S, Cusack CM, et al. Endogenous double stranded RNA. *Non-Coding RNA*, 2021, 7(1):15.
6. Hutvagner G, Zamore PD. RNAi: nature abhors a double strand. *Current Opinion in Genetics and Development*. 2002, 12(2): 225–232.
7. Hannon GJ. RNA interference. *Nature*. 2002. 418(6894): 244–251.
8. Lu Y, Deng X, Zhu Q. The dsRNA delivery, targeting and application in pest control. *Agronomy*. 2023, 13(3):714.
9. Schmitt-Engel C, Schultheis D, Schwirz J, et al. The iBeetle large-scale RNAi screen reveals gene functions for insect development and physiology. *Nature Communications*. 2015, 6(1): 7822.

10. Choudry MW, Nawaz P, Jahan N, et al. RNA based gene silencing modalities to control insect and fungal plant pests: challenges and future prospects. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2024; 130:102241.
11. Sang H, Kim JI. Advanced strategies to control plant pathogenic fungi by host-induced gene silencing (HIGS) and spray-induced gene silencing (SIGS). *Plant Biotechnology Reports*. 2020, 14(1): 1-8.
12. Zhang J, Khan SA, Hasse C, et al. Full crop protection from an insect pest by expression of long double-stranded RNAs in plastids. *Science*. 2015, 347(6225): 991-994.
13. Koči J, Ramaseshadri P, Bolognesi R, et al. Ultrastructural changes caused by Snf7 RNAi in larval enterocytes of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte). *PLoS One*. 2014, 9(1): e83985.
14. Adeyinka OS, Nasir IA, Tabassum B. Host-induced silencing of the CpCHI gene resulted in developmental abnormalities and mortality in maize stem borer (*Chilo partellus*). *PLoS One*. 2023;18(2), e0280963.
15. Mamta - Reddy KRK, Rajam MV. Targeting chitinase gene of *Helicoverpa armigera* by host-induced RNA interference confers insect resistance in tobacco and tomato. *Plant Molecular Biology*. 2016, 90(3): 281-292.
16. Yang J, Sun XQ, Zhu-Salzman K, et al. Host-induced gene silencing of brown planthopper glutathione S-transferase gene enhances rice resistance to sap-sucking insect pests. *Journal of Pest Science*. 2021, 94(3): 769-781.
17. Thakur N, Upadhyay SK, Verma PC, et al. Enhanced whitefly resistance in transgenic tobacco plants expressing double stranded RNA of v-ATPase A gene. *PloS One*. 2014, 9(3): e87235.
18. Zhang W, Lib S, Zhou Z, et al. The development and prospects of insect-resistant crops expressing doublestrand RNAs. *New Crops*. 2025, 2: 100061.
19. Rössner C, Lotz D, Becker A. VIGS goes viral: how VIGS transforms our understanding of plant science. *Annual Review of Plant Biology*. 2022, 73(1): 703-728.
20. Zotti M, Dos Santos EA, Cagliari D, et al. RNA interference technology in crop protection against arthropod pests, pathogens and nematodes. *Pest Management Science*. 2018, 74(6): 1239-1250.
21. Cagliari D, Dias NP, Galdeano DM, et al. Management of pest insects and plant diseases by non-transformative RNAi. *Frontiers in Plant Science*, 2019; 10: 1319.
22. Xue XY, Mao YB, Tao XY, et al. New approaches to agricultural insect pest control based on RNA interference. *Advances in Insect Physiology*. 2012, 42: 73-117.
23. Shi B, He H, Zhao C, et al. Potential of Virus-Mediated RNAi of Insect Genes in Plants to Control Aphids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2025, 73(13): 7716-7724.
24. Burch-Smith TM, Anderson JC, Martin GB, et al. Applications and advantages of virus-induced gene silencing for gene function studies in plants. *The Plant Journal*. 2004; 39(5): 734-746.
25. Vaistij FE, Jones L. Compromised virus-induced gene silencing in RDR6-deficient plants. *Plant Physiology*. 2009, 149(3): 1399-1407.
26. Zhang J, Li H, Zhong X, et al. RNA-interference-mediated aphid control in crop plants: a review. *Agriculture*. 2022, 12(12): 2108.
27. Kolliopoulou A, Taning CN, Smagghe G, et al. Viral delivery of dsRNA for control of insect agricultural pests and vectors of human disease: prospects and challenges. *Frontiers in Physiology*. 2017, 8: 399.
28. Liu J, Smagghe G, Swevers L. Transcriptional response of BmToll9-1 and RNAi machinery genes to exogenous dsRNA in the midgut of Bombyx mori. *Journal of Insect Physiology*. 2013, 59(6): 646-654.

29. Ivashuta S, Zhang Y, Wiggins BE, et al. Environmental RNAi in herbivorous insects. *Rna*. 2015, 21(5): 840-850.
30. Hunter WB, Bextine BR., Shatters Jr. RG, et al. Emerging psyllid genomes- increasing RNA-interference targets for insect management. DSP1. 93rd Annual Meeting Florida Entomological Society. 2010a, 25–28 July. <http://flaentsoc.org/2010annmeetabstracts.pdf>.
31. Hunter WB, Glick E, Bextine BR, et al. RNA-interference to reducing insect pests: plant infusions. DSP2. 93rd Annual meeting Florida Entomological Society 2010b, 25–28 July. <http://flaentsoc.org/2010annmeetabstracts.pdf>.
32. Zhu F, Xu J, Palli R, Ferguson J, et al. Ingested RNA interference for managing the populations of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Management Science*, 2011, 67(2): 175-182.
33. Luan JB, Ghanim M, Liu SS, et al.. Silencing the ecdysone synthesis and signaling pathway genes disrupts nymphal development in the whitefly. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 2013, 43(8): 740-746.
34. Li H, Guan R, Guo H, et al. New insights into an RNAi approach for plant defence against piercing-sucking and stem-borer insect pests. *Plant Cell Environment*. 2015, 38: 2277–2285.
35. San Miguel K, Scott JG. The next generation of insecticides: dsRNA is stable as a foliar-applied insecticide. *Pest Management Science*. 2016, 72(4): 801-809.
36. Camargo RA, Barbosa GO, Possignolo IP, et al. RNA interference as a gene silencing tool to control *Tuta absoluta* in tomato (*Solanum lycopersicum*). *PeerJ*. 2016; 4: e2673. doi: 10.7717/peerj.2673.
37. Majidiani S, PourAbad R, Laudani F, et al.). RNAi in *Tuta absoluta* management: Effects of injection and root delivery of dsRNAs. *Journal of Pest Science*, 2019, 92: 1409–1419.
38. Khan F, Kim M, Kim Y. Greenhouse test of spraying dsRNA to control the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, infesting hot peppers. *BMC Biotechnology*. 2023, 23(1): 10.
39. Hough J, Howard JD, Brown S, et al. Strategies for the production of dsRNA biocontrols as alternatives to chemical pesticides. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022, 10: 980592.
40. Siddique AB, Rahman MZ, Gain N, et al. Harnessing double-stranded RNA (dsRNA): a sustainable approach to pest management. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2025, 1-21.
41. Rodrigues T, Sridharan K, Manley B, et al. Development of dsRNA as a sustainable bioinsecticide: from laboratory to field. In: Brittany MR, Beth AL (eds) *Crop Protection Products for Sustainable Agriculture*. American Chemical Society, 2021. p. 65–82.
42. Khajuria C, Ivashuta S, Wiggins E, et al. Development and characterization of the first dsRNA-resistant insect population from western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *PLoS ONE*. 2018, 13:e0197059.
43. Mishra S, Dee J, Moar W, et al. Selection for high levels of resistance to double-stranded RNA (dsRNA) in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) using non-transgenic foliar delivery. *Scientific Reports*. 2021, 11: 6523.
44. Ulrich J, Dao VA, Majumdar U, et al. Large scale RNAi screen in *Tribolium* reveals novel target genes for pest control and the proteasome as prime target. *BMC Genomics*. 2015, 16: 1–9.
45. Jarosch A, Moritz RF. RNA interference in honeybees: off-target effects caused by dsRNA. *Apidologie*. 2012, 43(2): 128-138.