

Nanocarrier-Assisted Foliar Applications in RNAi-Based Plant Protection Systems

Sener Cintesun^{1,2*}, Ozlem Sefer^{1,3}, Emre Yoruk³, Sevgi Marakli²

¹Yildiz Technical University, Graduate School of Science and Engineering, Program of Molecular Biology and Genetics, 34220, Istanbul, Türkiye.

²Yildiz Technical University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, 34220, Istanbul, Türkiye.

³Istanbul Yeni Yüzyıl University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Türkiye.

Abstract

RNA interference (RNAi) is a highly effective gene-silencing mechanism that provides sequence-specific protection in plants against viruses, fungal pathogens, and insect pests. Based on this natural defense system, spray-induced gene silencing (SIGS) utilizes the exogenous application of nucleic acid molecules onto plant surfaces to suppress pathogen-derived genes. As this approach does not require the development of transgenic plants, it has emerged as a promising and environmentally friendly strategy for sustainable crop protection. Despite its considerable potential, the practical implementation of SIGS in agriculture remains challenging. The effectiveness of double-stranded RNA (dsRNA) is often constrained by environmental and physicochemical factors, including rainfall, ultraviolet radiation, temperature fluctuations, enzymatic degradation, and limited retention on leaf surfaces, all of which reduce RNA stability and biological efficacy under field conditions. These limitations represent major barriers to the successful application of RNA-based gene-silencing technologies in crop protection. In recent years, nanoparticle-based delivery systems have gained considerable attention as potential tools to address these challenges by enhancing dsRNA stability, prolonging its persistence on leaf surfaces, and improving its biological activity following application. Nevertheless, the successful implementation of RNA-based crop protection strategies requires a comprehensive understanding of the interactions among nanocarriers, dsRNA molecules, plant surfaces, and environmental factors, together with careful evaluation of their biosafety and agricultural applicability.

Keywords: RNA interference, spray-induced gene silencing, nanocarrier systems, sustainable agricultural practices

This research was funded by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK) through the 1001 - Scientific and Technological Research Projects Support Program (Project No. 124O467).

RNAi Temelli Bitki Koruma Sistemlerinde Nanotaşıyıcı Destekli Yaprak Uygulamaları

Özet

RNA interferans (RNAi), bitkilerde virüsler, fungal etmenler ve böcek zararlılarına karşı dizi-spesifik koruma sağlayan oldukça etkili bir gen susturma mekanizmasıdır. Bu doğal savunma sistemine dayanarak geliştirilen spray aracılı gen susturma (SIGS), patojen kökenli genleri baskılamak amacıyla nükleik asit moleküllerinin bitki yüzeylerine eksojen olarak uygulanmasını temel alır. Bu yaklaşım, transgenik bitkilerin geliştirilmesini gerektirmediği için sürdürülebilir bitki koruma stratejileri açısından umut vadeden ve çevre dostu bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, SIGS'in tarımsal uygulamadaki pratik kullanımı halen çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Çift iplikli RNA (dsRNA)'nın etkinliği; yağmur, ultraviyole radyasyon, sıcaklık dalgalanmaları, enzimatik yıkım ve yaprak yüzeyinde sınırlı tutunma gibi çevresel ve fiziko-kimyasal faktörlerden sıklıkla kısıtlanmaktadır. Bu durum, RNA stabilitesini ve biyolojik etkinliği tarla koşullarında önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu sınırlamalar, RNA temelli gen susturma teknolojilerinin bitki korumada başarılı şekilde uygulanmasının önündeki temel engelleri oluşturmaktadır. Son yıllarda nanopartikül tabanlı taşıma sistemleri, bu zorlukların aşılmasında potansiyel araçlar olarak önemli bir ilgi odağı haline gelmiştir. Bu sistemler, dsRNA stabilitesini artırarak, yaprak yüzeyinde kalıcılığını uzatarak ve uygulama sonrası biyolojik etkinliğini artırarak bu sorunların giderilmesine katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, RNA temelli bitki koruma stratejilerinin başarılı şekilde uygulanabilmesi için nanotaşıyıcılar, dsRNA molekülleri, bitki yüzeyleri ve çevresel faktörler arasındaki etkileşimlerin kapsamlı şekilde anlaşılması ve bunların biyogüvenlik ile tarımsal uygulanabilirlik açısından dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: RNA interferans, spreylili gen susturma, nanotaşıyıcı sistemler, sürdürülebilir tarım uygulamaları

Bu araştırma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 1001 - Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projeleri Destek Programı (Proje No: 124O467) kapsamında desteklenmiştir.

