



TOROS TARIM

AR-GE BÜLTENİ

Eylül 2024 / Sayı 11

Merhaba,

Toros ARGE Bülteni'nin yeni sayılarında birbirinden farklı ve dopdolu içerikleri sizler için ele almaya devam ediyoruz. Bu sayımızda "CRISPR-Cas Sistemi: Genom Düzenlemede Yenilikçi Yaklaşımlar ve Tarımsal Potansiyeli", "Pestisitlerin Çevreyle Etkileşimleri ve Tarım Zararlılarına Karşı Çevre Dostu Yaklaşımlar", "Yavaş Salınlı Üre için Biyopolimer Kaplama Stratejilerinin Geliştirilmesi" ve "Tehlikeli Kimyasalların İşlendiği, Depolandığı ve Elleçlendiği Tesislerde Kestirimci Bakımın Önemi" gibi birbirinden farklı konulara yer verdik.

Bülten çalışmalarını ile ilgili katkı, soru ve önerileriniz için info.arge@toros.com.tr üzerinden bizlere ulaşabilirsiniz.

Keyifli okumalar dileriz.



CRISPR-Cas Sistemi: Genom Düzenlemede Yenilikçi Yaklaşımlar ve Tarımsal Potansiyeli

Asena Akköse Baytar, Anne Frary, Sami Doğanlar
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

CRISPR-Cas sistemi, ilk olarak 1987 yılında Japonya'da Yoshizumi Ishino ve arkadaşları tarafından *Escherichia coli* genomunda keşfedilmiştir (Ishino ve ark., 1987). İlk yıllarda işlevi tam olarak anlaşılamamış olsa da, sonraki araştırmalar bu moleküllerin, bakteriler ve arkeaların istilacı nükleik asitlere karşı geliştirdiği adaptif bağışıklık sistemlerinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Bu bağışıklık mekanizmasında bakteriler, istilacı virüslerin DNA parçalarını CRISPR lokusu olarak adlandırılan genom bölgesinde depolayarak, bu parçaları gelecekte tanıyıp hedefi yok etme yeteneği kazanır. Aynı virüs hücreye tekrar girdiğinde, CRISPR dizileri transkribe edilir ve enzimatik olarak işlenerek olgun kısa crRNA'lar üretilir. crRNA'lar, Cas proteinleriyle birleşerek, hedef RNA veya DNA dizilerini spesifik olarak tanıyıp kesebilen bir ribonükleoprotein (RNP) kompleksi oluşturur. Bu kompleks, istilacı genetik materyali spesifik olarak hedef alıp parçalar. Bu prensipten yola çıkarak, CRISPR-Cas mekanizmaları, hedefe yönelik tasarımıyla etkin ve esnek gen düzenleme araçları olarak hızla geliştirilmiştir.

CRISPR-Cas sistemleri, efektör protein sayılarına göre iki ana sınıfa ve efektör modüllerine göre altı tipe ayrılmaktadır. Sınıf 1 (Tip I, III ve IV), genellikle 3-6 cas geni tarafından kodlanan çok alt birimli efektör proteinleri içerirken, Sınıf 2 (Tip II, V ve VI) çok işlevli tek bir efektör proteininden oluşur. Yaygın olarak kullanılan Cas efektör protein sistemleri Cas9 (Tip II), Cas12 (Tip V), Cas13 (Tip VI) ve Cas14'tür (Tip V) (Chaudhuri vd., 2022). Cas9, ökaryotik hücrelerde gen düzenleme aracı olarak tasarlanan ilk CRISPR sistemidir. CRISPR/Cas9, hedef DNA dizisinde bulunan protospacer bitişik motifinin (PAM, -NGG-) üç nükleotid yukarısını HNH ve RuvC enzim bölgeleri aracılığıyla keserek kör uçlu çift zincirli kırklar oluşturur. Ökaryotik hücrelerde, çift zincirli kırklar onarmak için iki ana yol vardır: homolog DNA şablonunu kullanan homolog rekombinasyon (HR) ve hataya açık, şablondan bağımsız klasik non-homologous end joining (cNHEJ) yöntemleri. Ayrıca, mikrohomoloji aracılı end joining (MMEJ veya alt-EJ) ve tek sarmallı eşleşme (SSA) yolları da bulunmaktadır (Sfeir ve Symington, 2015; Chang vd., 2017;

Sugawara vd., 2000). Bu alternatif yollar genellikle hata yapma potansiyeli taşır ve DNA zincirindeki kırıkların hücrenin tamir mekanizmalarıyla onarılmaya çalışıldığı süreçte çeşitli mutasyonlar meydana gelebilir. Temelde genom düzenleme aracı olarak tasarlanan CRISPR sistemleri, bu prensiplere dayanarak mutasyon oluşturmaktadır.

Efektör proteinler, hedef genetik materyallere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Sınıf 2 CRISPR-Cas sistemlerinden Cas9 ve Cas12, RNA-rehberli DNA nükleazları olarak işlev görürken, Cas13, RNA-rehberli RNA nükleazı olarak görev yapmaktadır. Öte yandan, Sınıf 1'e ait Cas10 (Tip III) hem DNA hem de RNA kesim aktivitesine sahiptir (Schwartz vd., 2023). Cas proteinleri, bu özellikleri sayesinde geniş bir uygulama yelpazesi sunar ve çeşitli genom düzenleme uygulamalarında kullanılmasını mümkün kılar.

CRISPR/Cas sistemleri günümüzde, biyotik (virüsler ve bakteriler gibi) ve abiyotik stresler (ısı, sıcaklık ve soğuk gibi) karşısında dirençliliğin artırılmasından, gıda endüstrisinde besin ve verim kalitesinin iyileştirilmesine, tıbbi alanlarda baz değişimleri sağlanarak tedavi yöntemlerinin geliştirilmesinden epigenetik araştırmalara kadar birçok alanda genom düzenleme teknolojisi olarak kullanılmaktadır (Chaudhuri vd., 2022). Ayrıca, CRISPR/Cas sistemlerinin gıda kaynaklı mikrobiyolojik, kimyasal ve biyokimyasal tehlikeleri tespit etmek için kullanılabilirliği rapor edilmiştir. Cas12'nin dikkat çekici bir özelliği, hedef DNA'nın varlığında çevresindeki ssDNA'yı ayrım gözetmeksizin kesen trans-kesme aktivitesidir. Bu özellik, 2018'den itibaren sinyal amplifikasyonu için analitik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Cas13 ise hedef RNA bağlandıktan sonra RNA üzerinde etkili bir trans-kesme aktivitesi sergiler. Bu özelliği sayesinde Cas13, RNA tespiti için biyomoleküler analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Liu vd., 2024; Mao vd., 2022; Li vd., 2022; Chen vd., 2018).

Cpf1 (Cas12a) CRISPR sistemi, Cas9 sistemine kıyasla daha etkili bir genom düzenleme aracı olarak öne çıkmakta ve giderek daha fazla ilgi görmektedir. Cpf1, Cas9'a göre daha küçük bir yapıya sahip olup, daha kısa crRNA gereksinimi duyar. Cpf1, hem hedef DNA'yı hem de kendi crRNA'sını kesme yeteneğine sahiptir. Cas9'un aksine, Cpf1 crRNA'nın olgunlaşması sırasında tracrRNA desteğine ihtiyaç duymaz. Bu sistemin başlıca avantajı, Cpf1'in PAM'den uzak bölgelerde, hedef DNA'nın her iki sarmalını aralıklı bir şekilde keserek yapışkan uçlar oluşturabilmesidir (Jinek vd., 2012; Zetsche vd., 2015; Li vd., 2020). Bu özellik, Cpf1'i in vitro DNA montajı için restriksiyon enzimlerine benzer şekilde hassas bir araç haline getirir. Cpf1 endonükleazının yapışkan uçları sayesinde daha az hata ve daha kontrollü insersiyonlar sağlanmaktadır. Bu nedenle, Cpf1 aracılığıyla yapılan düzenlemelerin HDR sıklığını NHEJ'ye kıyasla artırabileceği öngörülmektedir (Li vd., 2020).

CRISPR/Cas9 teknolojisi, tarımda çeşitli amaçlar için

kullanılarak bitki karakterlerini geliştirmekte önemli bir rol oynamıştır. Bu teknoloji, ürünlerin fiziksel görünümünü iyileştirmek, renk değişiklikleriyle pazar çekiciliğini artırmak, doku kalitesini yükseltmek, tat kalitesini iyileştirmek ve besin değerlerini artırmak gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. Örneğin, pirinçte amyloz içeriği ayarlanarak tat profili iyileştirilmiş ve karotenoid içeriğinin artırılması gibi biyofortifikasyon stratejileri uygulanmıştır (Xu vd., 2021; Huang vd., 2020; Akama vd., 2020; Ashokkumar vd., 2020). Laboratuvarımızda yürütülen bir çalışmada, biberde acılık sağlayan Pun1 geni düzenlenmiş ve acı biberler tatlı hale getirilmiştir.

Ayrıca, Avustralya'da CRISPR teknolojisi kullanılarak buğdayın verimliliği artırılmış ve gübreye olan ihtiyacı azaltılmıştır; bu da çevresel etkileri azaltarak daha sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlamaktadır (Smith et al., 2024). Hollanda'da, patateslerde CRISPR kullanılarak çeşitli hastalıklara karşı dayanıklılık artırılmış ve zararlı patojenlere karşı dirençli türler geliştirilmiştir (van der Meer et al., 2023). Çin'de yapılan bir çalışma, CRISPR teknolojisi kullanarak pirincin kuraklığa dayanıklılığını artırmış ve su stresine dayanıklı genlerin düzenlenmesini sağlamıştır (Li et al., 2023). ABD ve Avrupa'da, CRISPR teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş domatesler hem tat hem de besin değerleri açısından iyileştirilmiş; domateslerin daha tatlı ve besleyici hale getirilmesi amacıyla gen düzenlemeleri yapılmıştır (Zhu et al., 2023). Japonya'da, CRISPR kullanılarak soya fasulyesinin yağ asidi kompozisyonu değiştirilmiş ve omega-3 yağ asidi içeriği artırılarak sağlık açısından daha faydalı hale getirilmiştir (Nishizawa et al., 2022).

Genetik düzenlemeler sayesinde tarımda verimliliğin artırılması, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik değerlerin iyileştirilmesi gibi alanlarda büyük potansiyel bulunmaktadır. Bu tür çalışmalar, CRISPR-Cas teknolojisinin gelecekteki tarımsal uygulamalarda önemli bir araç olarak kullanılmaya devam edeceğini göstermektedir.

Kaynaklar:

- Ashokkumar S, Jaganathan D, Ramanathan V, Rahman H, Palaniswamy R, Karnale R, Muthurajan R. 2020. Creation of novel alleles of fragrance gene OsBADH2 in rice through CRISPR/Cas9 mediated gene editing. PLoS ONE. 15:e0237018. doi: 10.1371/journal.pone.0237018.
- Akama K, Akter N, Endo H, Kanesaki M, Endo M, Toki S. 2020. An in vivo targeted deletion of the calmodulin-binding domain from rice glutamate decarboxylase 3 (OsGAD3) increases γ -aminobutyric acid content in grains. Rice. 13:20. doi: 10.1186/s12284-020-00380-w.
- Aznar-Moreno, J.A.; Durrett, T.P. 2017. Simultaneous targeting of multiple gene homeologs to alter seed oil production in *Camelina sativa*. Plant Cell Physiol. 58, 1260–1267.
- Chang HHY et al. 2017 Non-homologous DNA end joining and alternative pathways to double-strand break repair. Nat Rev Mol Cell Biol 18 (8), 495–506.
- Chaudhuri, A., Halder, K ve Datta, A.2022. Classification of CRISPR/Cas system and its application in tomato breeding. Theor Appl Genet 135, 367–387 <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03984-y>
- Chen, C., X.-N. Li, G.-X. Li, L. Zhao, S.-X. Duan, T.-F. Yan, Z.-S. Feng, and X.-J. Ma. 2018. Use of a rapid reverse-transcription re-combinase aided amplification assay for respiratory syncytial virus detection. Diagnostic Microbiology and Infectious Disease 90 (2):90–5. doi:

- 10.1016/j.diagmicrobio.2017.10.005.
7. Deng L, Wang H, Sun C, Li Q, Jiang H, Du M, Li C-B, Li C. 2018. Efficient generation of pink-fruited tomatoes using CRISPR/Cas9 system. *J. Genet. Genom.* 45:51–54. doi: 10.1016/j.jgg.2017.10.002.
 8. Dong OX, Yu S, Jain R, Zhang N, Duong P.Q., Butler C., Li Y., Lipzen A., Martin J.A., Barry K.W. 2020. Marker-free carotenoid-enriched rice generated through targeted gene insertion using CRISPR-Cas9. *Nat. Commun.* 11:1–10. doi: 10.1038/s41467-020-14981-y.
 9. Huang L, Li Q, Zhang C, Chu R, Gu Z, Tan H, Zhao D, Fan X, Liu Q. 2020. Creating novel Wx alleles with fine-tuned amylose levels and improved grain quality in rice by promoter editing using CRISPR/Cas9 system. *Plant Biotechnol. J.* doi: 10.1111/pbi.13391
 10. Hu C, Sheng O, Deng G, He W, Dong T, Yang Q, Dou T, Li C, Gao H, Liu S. 2020. CRISPR/Cas9-mediated genome editing of MaACO1 (aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase1) promotes the shelf life of banana fruit. *Plant Biotechnol. J.* 1–3. doi: 10.1111/pbi.13534
 11. Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, et al. 2012. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science.* 337:816–821. doi: 10.1126/science.1225829
 12. Li D, S. Ling, H. Wu, Z. Yang, and B. Lv. 2022. CRISPR/Cas12a-based biosensors for ultrasensitive tobramycin detection with single- and double-stranded DNA activators. *Sensors and Actuators B: Chemical* 355:131329. doi: 10.1016/j.snb.2021.131329.
 13. Li P, Zhang L, Li Z, Xu C, Du X, & Wu S. 2020. Cas12a mediates efficient and precise endogenous gene tagging via MITI: microhomology-dependent targeted integrations. *Cellular and molecular life sciences : CMLS*, 77(19), 3875–3884. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03396-8>
 14. Liu, J, Wu, D, Chen, J, Jia, S, Chen, J, Wu, Y, & Li, G. 2022. CRISPR-Cas systems mediated biosensing and applications in food safety detection. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(10), 2960–2985. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2128300>
 15. Mao, Z, R. Chen, X. Wang, Z. Zhou, Y. Peng, S. Li, D. Han, S. Li, Y. Wang, T. Han, et al. 2022. CRISPR/Cas12a-based technology: a powerful tool for biosensing in food safety. *Trends in Food Science & Technology* 122:211–22. doi: 10.1016/j.tifs.2022.02.030.
 16. Sánchez-León, S.; Gil-Humanes, J.; Ozuna, C.V.; Giménez, M.J.; Sousa, C.; Voytas, D.F.; Barro, F. 2018. Low-gluten, nontransgenic wheat engineered with CRISPR/Cas9. *Plant Biotechnol. J.* 16, 902–910.
 17. Schwartz, E. A, Bravo, J. P. K, Ahsan, M, Macias, L. A, McCafferty, C. L, Dangerfield, T. L, Walker, J. N, Brodbelt, J. S, Palermo, G, Fineran, P. C, Fagerlund, R. D., ve Taylor, D. W. 2023. Type III CRISPR-Cas complexes act as protein-assisted ribozymes during target RNA cleavage. *Research square*, rs.3.rs-2837968. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2837968/v1>
 18. Sfeir A ve Symington LS 2015 Microhomology-Mediated End Joining: A Back-up Survival Mechanism or Dedicated Pathway? *Trends Biochem Sci* 40 (11), 701–714
 19. Shan, Q.; Wang, Y.; Li, J.; Gao, C. 2014. Genome editing in rice and wheat using the CRISPR/cas system. *Nat. Protoc.* 9, 2395–2410.
 20. Sugawara N et al. 2000 DNA length dependence of the single-strand annealing pathway and the role of *Saccharomyces cerevisiae* RAD59 in double-strand break repair. *Mol Cell Biol* 20 (14), 5300–9.
 21. Sun, Y.; Jiao, G.; Liu, Z.; Zhang, X.; Li, J.; Guo, X.; Du, W.; Du, J.; Francis, F.; Zhao, Y.; et al. 2017. Generation of high-amylose rice through CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of starch branching enzymes. *Front. Plant Sci.* 8.
 22. Xu Y., Lin Q., Li X., Wang F., Chen Z., Wang J., Li W., Fan F., Tao Y., Jiang Y., et al. 2021. Fine-tuning the amylose content of rice by precise base editing of the Wx gene. *Plant Biotechnol. J.* 19:11–13. doi: 10.1111/pbi.13433.
 23. Xue, C., ve Greene, E. C. 2021. DNA Repair Pathway Choices in CRISPR-Cas9-Mediated Genome Editing. *Trends in genetics: TIG*, 37(7), 639–656. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2021.02.008>
 24. Yu Q.-H., Wang B., Li N., Tang Y., Yang S., Yang T., Xu J., Guo C., Yan P., Wang Q. 2017. CRISPR/Cas9-induced targeted mutagenesis and gene replacement to generate long-shelf life tomato lines. *Sci. Rep.* 7:1–9. doi: 10.1038/s41598-017-12262-1.
 25. Yang T., Deng L., Zhao W., Zhang R., Jiang H., Ye Z., Li C.-B., Li C. 2019. Rapid breeding of pink-fruited tomato hybrids using the CRISPR/Cas9 system. *J. Genet. Genom.* 46:505. doi: 10.1016/j.jgg.2019.10.002.
 26. Yuyu C., Aike Z., Pao X., Xiaoxia W., Yongrun C., Beifang W., Yue Z., Liaqat S., Shihua C., Liyong C., et al. 2020. Effects of GS3 and GL3.1 for grain size editing by CRISPR/Cas9 in Rice. *Rice Sci.* 27:405–413. doi: 10.1016/j.rsci.2019.12.010. *Kaynaklar*
 27. Zhang, Y.; Li, D.; Zhang, D.; Zhao, X.; Cao, X.; Dong, L.; Liu, J.; Chen, K.; Zhang, H.; Gao, C.; et al. 2018. Analysis of the functions of TaGW2 homologs in wheat grain weight and protein content traits. *Plant J.* 94, 857–866
 28. Zetsche B, Gootenberg JS, Abudayyeh OO, et al. 2015. Cpf1 is a single RNA-guided endonuclease of a class 2 CRISPR-Cas system. *Cell.* 163:759–771. doi: 10.1016/j.cell.2015.09.038
 29. Zsögön, A., Čermák, T., Naves, E. R., Notini, M. M., Edel, K. H., Weigl, S., Freschi, L., Voytas, D. F., Kudla, J., & Peres, L. E. P. 2018. De novo domestication of wild tomato using genome editing. *Nature biotechnology*, 10.1038/nbt.4272. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/nbt.4272>



Pestisitlerin Çevreyle Etkileşimleri ve Tarım Zararlılarına Karşı Çevre Dostu Yaklaşımlar

Taner Bozkurt
Tekfen Tarım, Adana, Türkiye
Ar-Ge Şefi

Günümüzde artan nüfus ve beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için tarım alanlarının sınırlı olması insanoğlunun karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir. Nüfus artışı, yeni yerleşim yerlerinin kurulması, beraberinde yeni yollara ve sanayi bölgelerine olan ihtiyacı getirmiş ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda birçok tarım alanı daralmıştır. Bir de bunun yanında iklim değişikliğinin meydana getirdiği sorunlar tarım ürünlerine ve dolayısı ile besinlere olan erişimi oldukça kısıtlamaktadır. Bu durumda ihtiyaçları karşılamak için birim alandan elde edilecek ürün miktarının artırılması birincil öncelik haline gelmiştir.

Tarım alanlarındaki bu olumsuzlukların yanı sıra, insanlar yüzyıllardır tarım alanlarında önemli tahribata yol açan böcekler, hastalıklar ve daha birçok sorunla mücadele etmek zorunda kalmışlardır. Bu mücadele yöntemleri arasında kimyasal mücadele yöntemleri (yani pestisitler) önemli bir yere sahiptir.

Pestisit kelimesi Latince kökenli olup "hastalıkları yok eden" anlamına gelir. Pestisitlerin tarihi çok eski zamanlara dayanır ve günümüzde hala en etkili yöntem olarak kullanılmaktadır. Hz. İsa'dan yaklaşık 1000 yıl önce Homeros, kükürt fümigasyonundan bahsetmiştir. Bu konudaki ilk belge Homeros'a aittir. Democraticus, bitki küfünü önlemek için yaprakları, zeytin ekstreleri ile yağlamıştır (M.Ö. 470). İsa'dan önce Cato, bağlarında kükürt kullanmıştır.

Pestisit olarak kullanılan ilk maddeler arsenik ve kükürttür. Daha sonra bitkisel kökenli nikotin kullanılmaya başlandı. Bazı bölgelerde hala çok yüksek riskli olan nikotin, balıkçılıkta da kullanılır.

Pestisitler, atmosfer, su, toprak ve pestisitlerin yapımı veya yoğun kullanımı sonucunda çevreye bulaşır [1,2]. Pestisitlerin kullanımı, yoğunluğu ve formülasyon türü, hava koşulları ve iklim bu kimyasalların çevreye yayılmasını etkilemektedir. Özellikle püskürtülen pestisitlerin bir kısmı dağılma nedeni ile atmosfere taşınırken diğer kısmı bitki ve

toprakta kalmaktadır. Atmosferdeki pestisitler yağmur ve kar ile tekrar yeryüzüne dönmektedir. Gereğinden fazla biriken pestisitler uzun vadede hedef dışı bitki ve organizmaları olumsuz etkilemektedir. Pestisit uygulamalarının bitkilere getirdiği morfolojik ve anatomik farklılıkların yanı sıra bitkinin geliştiği topraktaki bakteri, aktinomiset ve fungusları da etkilemektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda organik klorlu pestisitlerin %50'den fazlasının toprağa uygulanması halinde 15-16 yıl toprakta kalabildiği tespit edilmiştir [3]. Ayrıca bitkinin yeşil aksamında bulunan pestisitler de sulama ve yağmur suları ile toprağa ulaşabilmektedir.

Böylece toprak için faydalı olan birçok mikroorganizma grubu da pestisitlerden olumsuz etkilenmektedir [4, 5, 6]. Miles ve Harris [7] pestisitlerin suya nasıl karıştığını özetlemektedir. Pestisitlerin suda yaşayan bitkilere ve zararlı böceklere doğrudan pestisit uygulamasının yanı sıra, pestisit uygulanan bitkilerden toprağa, toprak altı sularına ve ayrıca su ekosistemine ve atmosferden yağmurla sulara taşınması olarak tanımlanmıştır [1, 7].

Kaynaklar:

1. Kurutaş, E. B., and Kilinc, M. "Pestisitlerin Biyolojik Sistemler Üzerine Etkisi". Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, vol. 12 (3), 2003.
2. Anonymous E: Report of the secretary's Commission on pesticides and Their Relationship to Environmental Health". U.S. Depart Health, London, vol. 17-31, 1969.
3. Chisholm D, Macphee AW: Persistence and effects of some pesticides in soil. Econ J Ent., vol. 65, pp. 1010-1013, 1972.
4. Oorschot, J. I. P., "Types of Selective Action by Herbicides Which Inhibit Photosynthesis". Naturforsch, 34 C: 900-904, 1979.
5. Ozorgucu, B., Tort, N., Turkan, İ., Demiray, H., "Antrakol'un Tutun Üzerindeki Etkileri". X. National Biology Congress, 2: 43-53, 1990.
6. Ozorgucu, B., Tort, N., Gonuz, A., "Antrakol'un Tutunde Stomalar Üzerine Etkileri". Milli Tutun Komitesi. Bilimsel Araştırma Alt Komitesi. 10. Toplantısı, 1991.
7. Miles JR, Harris CR. "Insecticide residues in a stream and a controlled drainage system in agriculture areas of southwestern ontario". Pest monitor J., vol. 5 (3), pp. 289-294, 1971.



Yavaş Salımlı Üre için Biyopolimer Kaplama Stratejilerinin Geliştirilmesi

Tuba Demirci
Toros Tarım ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye
Ar-Ge Uzmanı

Günümüzde yaklaşık 8,0 milyara ulaşan ve 2050 yılına kadar 9,5 milyara yaklaşması beklenen dünya nüfusunda üstel artış yaşanmaktadır [1]. Artan dünya nüfusuyla birlikte küresel gıda ihtiyacı da artmış olup, kişi başına düşen gıda ihtiyacının 2050 yılına kadar iki katına çıkacağı öngörülmektedir [2].

Son yıllarda dünya çapında yaşanan şiddetli yağışlar ve seller, orman yangınları, farklı patojenler ve virüsler tarafından yeni hastalıkların ortaya çıkması ve yayılması, anormal bakteri üremesi, böcek zararlılarındaki artış, ciddi çevresel değişikliklerin doğrudan göstergeleridir. Sera gazı emisyonlarının küresel düzeyde iklim değişikliğinin ana nedeni olduğu artık kanıtlanmıştır. Tarım sektörünün sıcaklık, yağış ve atmosferdeki karbondioksit (CO₂) konsantrasyonundaki değişikliklerden doğrudan etkilendiği de iyi bilinmektedir [3].

Mineral gübreler, tarım endüstrisinin en önemli ürünlerinden bazılarıdır. Besin sağlarken mahsullerin büyümesini artırır ve ayrıca hem pH'ın hem de toprak verimliliğinin düzenlenmesinde önemli rol oynarlar. İnsan nüfusunun artması ve gıda üretimine duyulan ihtiyacın artmasıyla birlikte mineral gübrelerin üretimi ve tüketimi de artmıştır [4].

Üre, amonyak ve karbondioksit gazının belirli basınç ve sıcaklık altında reaksiyona girmesiyle oluşan, %46 azot oranı ile en yüksek azot oranına sahip gübre çeşididir. Beyaz renkli ve kokusuz olup, pril veya granül yapıdadır [5]. Üre gübresi suda çok kolay çözünen gübre türüdür. Hızlı çözünme durumunda azotun büyük kısmı toprağa ve bitkiye faydalı olamadan yeraltı suyuna karışmaktadır [6]. Ayrıca azot bakteriler tarafından bitkiler tarafından alınabilecek amonyum formuna dönüştürülürken, amonyak gazı şeklinde atmosfere karışabilmektedir [7].

Sağladıkları besin kaybını azaltmak ve kimyasal gübrelerin verimliliğini artırmak için yavaş ve kontrollü salımlı gübrelerin (SRF, CRF) geliştirilmesine odaklanılmıştır [2].

Kontrollü ve yavaş salımlı gübrelerin sentezlenmesi süreci, çeşitli fiziksel yöntemleri veya gübrelerin daha büyük bileşik içinde kapsüllenmesi gibi kimyasal yöntemleri içerir. Her iki yöntem de difüzyon veya çözünme yoluyla besin maddelerinin salınımını yavaşlatmayı amaçlamaktadır [8].

Üre gübresinin mümkün olduğunca verimli olması için bitkilere kontrollü şekilde verilmesi gerekir. Aksi takdirde, buharlaşma ve yeraltı sulama karışma yoluyla azot kayıpları %70'e kadar ulaşabilir [9]. Son yıllarda, salınımı kontrol etmek için üre gübresinin yavaş salımlı polimerlerle kaplanması üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Bu şekilde kaplanan üre gübresinin kullanımı ile sadece azot kayıplarının azaltılması değil, aynı zamanda bu gübrenin yüksek tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının da önüne geçilmesi hedeflenmektedir [10]. Daha önce yapılan çalışmalarda toprakta çok hızlı salınan üre gübresinin üzerine çeşitli polimerler kaplanarak topraktaki salınımı araştırılmıştır.

Çevre dostu gübrelerin geliştirilmesi için gübreler çeşitli doğal polimerler ile kaplanmaktadır. En yaygın kullanılan doğal polimer ucuz ve kolay ulaşılabilir olması açısından nişastadır [11]. Kitosan, yengeç ve karides gibi kabukluların dış iskeletinin temel bir bileşeni olan kitinin deasetilasyonundan elde edilen doğrusal bir amino polisakkarittir (Rinaudo, 2006). Kitosan, biyoyumluluk, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve düşük toksik etki gibi özellikleriyle jel, film, nano/mikropartiküller gibi çeşitli formlarda geliştirilebilen çok yönlü bir biyopolimer olarak kabul edilmektedir.13

Meyve suyu endüstrisinin bir yan ürünü olan pektin, ısıya duyarlı bir malzemedir ve kaliteli bir ürün elde etmek için pektin ekstraksiyonu sırasında sıcaklığın izlenmesi çok önemlidir.14

Ksantan gam, xanthomonas campestris bakteri türünün şekerinin aerobik fermantasyonu ile oluşan bir polisakkarittir ve hidrokolloid reoloji değiştirici özellikleri

nedeniyle gıda katkı maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.15 Ksantan gam, geniş bir sıcaklık ve pH aralığında yüksek stabilitesi nedeniyle çok çeşitli uygulamalar için uygundur.16

Bu çalışmada, üre gübresinin toprakta yavaş salınımı için uygun biyopolimerin ve uygun dozun seçilmesi amacıyla 3 farklı biyopolimer tipi ve bu biyopolimerlerin 2 farklı dozu kaplanmıştır. Bu kaplamalardan sonra, üre gübresinin toprakta hangi biyopolimer ve hangi dozda yavaş salındığını belirlemek için bir dizi deney gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar:

1. R. Al Rawashdeh, World peak potash: An analytical study. *Resources Policy*, 69 (2020) 101834. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101834>
2. E. Al Shamaileh, A. E. Al-Rawajfeh, M. Alrbaihat, Mechanochemical Synthesis of Slow-release Fertilizers: A Review, *The Open Agriculture Journal*, 12(1) (2018) 11–19. doi: 10.2174/1874331501812010011
3. Yadav, Shyam Singh., *Crop wild relatives and climate change*, Eds. Robert Redden, et al. Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell, 2015
4. L. Xie, M. Liu, B. Ni, X. Zhang, Y. Wang, Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgit, *Chemical Engineering Journal*, 167(1) (2011) 342–348, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.12.082>
5. F. C. Boswell, J. J. Meisinger, N. L. Case, Production, marketing, and use of nitrogen fertilizers, *Fertilizer technology and use*, (1985) 229–292.
6. G. Hazra, Different types of eco-friendly fertilizers: An overview, *Sustainability in Environment*, 1(1) (2016) 54, doi: <https://doi.org/10.22158/se.v1n1p54>
7. M. J. Kampschreur, N. C. Tan, R. Kleerebezem, C. Picioreanu, M. S. Jetten, M. C. V. Loosdrecht, Effect of dynamic process conditions on nitrogen oxides emission from a nitrifying culture, *Environmental science & technology*, 42(2) (2008) 429–435, doi: <https://doi.org/10.1021/es071667p>
8. M. Teodorescu, A. Lungu, P. O. Stanescu, Preparation and Properties of Novel Slow-Release NPK Agrochemical Formulations Based on Poly(acrylic acid) Hydrogels and Liquid Fertilizers, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(14) (2009) 6527–6534, doi: <https://doi.org/10.1021/ie900254b>
9. M. Y. Naz, S. A. Sulaiman, Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review, *Journal of Controlled Release*, 225 (2016) 109–120, doi: 10.1016/j.jconrel.2016.01.037
10. T. P. Costa, G. Westphalen, F. B. D. Nora, B. de Zorzi Silva, G. S. da Rosa, Technical and environmental assessment of coated urea production with a natural polymeric suspension in spouted bed to reduce nitrogen losses, *Journal of Cleaner Production*, 222 (2019) 324–334, doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.069
11. O. León, D. Soto, J. González, C. Piña, A. Muñoz-Bonilla, M. Fernandez-García, Environmentally friendly fertilizers based on starch superabsorbents. *Materials*, 12(21) (2019) 3493, doi: 10.3390/ma12213493
12. M. Rinaudo, Chitin and chitosan: properties and applications, *Prog. Polym. Sci.* 31 (2006) 603–632, doi: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>
13. D. Elieh-Ali-Komi, M. R. Hamblin, Chitin and chitosan: production and application of versatile biomedical nanomaterials, *International journal of advanced research*, 4(3) (2016) 411.



Tehlikeli Kimyasalların İşlendiği, Depolandığı ve Elleçlendiği Tesislerde Kestirimci Bakımın Önemi

Ardan Güneş
Toros Tarım, Mersin, Türkiye
Kontrol Mühendisi

Tehlikeli kimyasalların işlendiği, depolandığı ve elleçlendiği tesisler, endüstrinin en yüksek risk seviyelerine sahip çalışma alanlarındandır. Bu tür tesislerde çalışan personelin, ekipmanların ve çevrenin güvenliği, doğru bakım stratejilerinin uygulanmasına bağlıdır. Kestirimci bakım, bu riskli ortamlarda kullanılan ekipmanların arıza yapmadan önce bakım ihtiyaçlarını tahmin ederek önceden müdahale edilmesini sağlayan proaktif bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın önemi, sadece tesislerin verimliliği ve maliyet yönetimiyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda insan sağlığı, çevresel sürdürülebilirlik ve yasal uyumluluğu da doğrudan etkiler.

Kestirimci bakım, arıza ve sorunların gerçekleşmeden önce tahmin edilmesine dayalı, veri odaklı bir bakım stratejisidir. Geleneksel bakım yöntemlerinde olduğu gibi sadece arıza sonrası müdahale yerine, kestirimci bakım sayesinde ekipmanların çalışma durumu sürekli olarak izlenir [1]. Bu izleme, sensörler aracılığıyla elde edilen gerçek zamanlı verilerle gerçekleştirilir. Analiz edilen veriler, arızaların ne zaman ve nerede gerçekleşebileceğine dair kesin tahminler sunarak plansız duruş sürelerini ve beklenmedik arızaları önler. Böylece, bakım faaliyetleri proaktif bir yaklaşımla planlanır ve arızalar gerçekleşmeden önce müdahale edilme şansı doğar.

Tehlikeli Kimyasalların Depolandığı Tesislerde Kestirimci Bakım Stratejileri

Kimyasal tesislerde kullanılan malzemeler ve üretim süreçleri, diğer endüstrilere kıyasla daha yüksek riskler taşır. Bu riskler nedeniyle, bu tesislerdeki ekipmanların kusursuz çalışması ve herhangi bir arıza durumunda hızlıca müdahale edilmesi zorunludur [2]. Kestirimci bakım, tam da bu noktada hayati bir rol oynar.

1. Olası Felaketlerin Önlenmesi

Tehlikeli kimyasalların depolanması ve taşınması sırasında yaşanacak en küçük bir sızıntı bile ciddi felaketlere yol açabilir. Örneğin, yanıcı veya zehirli bir kimyasalın sızması, sadece çalışanları değil çevreyi de tehdit edebilir. Kestirimci bakım ile ekipmanların düzenli izlenmesi, sızıntı riski

taşıyan bir valf veya bağlantının arızalanmadan önce tespit edilmesini sağlar. Bu da olası bir felaketin önüne geçerek insan hayatını ve çevreyi korur.

2. İş Güvenliğinin Sağlanması

Kimyasallarla çalışan tesislerdeki iş güvenliği, ekipmanların sorunsuz çalışmasıyla doğrudan bağlantılıdır. Bir reaktörün basınç kontrolünde yaşanacak bir sorun ya da bir boru hattında meydana gelecek bir aşınma, aniden büyük çaplı kazalara neden olabilir. Kestirimci bakım, bu tür sorunların önceden tespit edilmesine olanak tanır. Örneğin, sıcaklık ya da titreşim verilerinde görülen bir anormallik, reaktörün aşırı ısınma riski taşıdığını gösterebilir ve gerekli önlemler hızlıca alınabilir. Bu sayede iş kazalarının büyük oranda önüne geçilir.

3. Operasyonel Verimlilik ve Sürekliliğin Sağlanması

Tehlikeli kimyasalların işlendiği tesislerde operasyonel süreklilik, güvenlik kadar önemlidir. Plansız duruşlar sadece mali kayıplara değil, aynı zamanda tesisin genel üretim zincirine de ciddi zararlar verebilir. Kestirimci bakım ile ekipmanların sağlıklı çalışması, plansız arızaların neden olacağı duruşların önlenmesiyle sonuçlanır. Bu da tesisin üretim kapasitesini maksimize ederken, bakım maliyetlerini de optimize eder.

4. Çevre Koruma ve Yasal Uyumluluk

Kimyasal tesislerde çevreye duyarlı olmak, sadece etik bir zorunluluk değil, aynı zamanda yasal bir yükümlülüktür. Kimyasalların doğaya sızması, su kaynaklarının, toprağın ve havanın kirlenmesine neden olabilir. Bu durumlar hem uzun vadede çevresel tahribata hem de yüksek yasal cezalara yol açar. Kestirimci bakım sayesinde, çevreye zarar verme riski taşıyan arızaların önüne geçilir ve tesislerin çevresel düzenlemelere uygun şekilde faaliyet göstermesi sağlanır.

Kestirimci Bakımın Teknolojik Alt Yapısı ve Uygulama Zorlukları

Kestirimci bakımın etkili bir şekilde uygulanabilmesi için gelişmiş teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler,

Özellikle sensörler, veri analitiği ve yapay zekâ gibi alanlarda büyük gelişmeler kaydetmiştir. Sensörler: Ekipmanlara yerleştirilen sensörler, sıcaklık, basınç, titreşim gibi kritik parametreleri sürekli izler. Bu veriler, olası bir arızanın önceden tespit edilmesi için kullanılır.

Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi: Toplanan veriler, yapay zeka algoritmaları ile analiz edilerek ekipmanların arıza olasılıkları tahmin edilir. Makine öğrenimi, sistemin zamanla daha doğru tahminler yapmasına olanak tanır [3]. IoT (Nesnelerin İnterneti): Kestirimci bakımda kullanılan sensörler, IoT teknolojisi ile birbirine bağlıdır [4]. Bu sayede ekipmanlar uzaktan izlenebilir ve anında müdahale edilebilir.

Kestirimci bakımın en büyük avantajlarından biri, gelişmiş teknolojilerin kullanılmasıyla daha kesin ve etkili sonuçlar elde edilebilmesidir. Ekipmanlara yerleştirilen sensörler, titreşim, sıcaklık, basınç gibi çeşitli parametreleri sürekli izler. Bu veriler, büyük veri analitiği ve yapay zekâ yardımıyla değerlendirilerek, ekipmanların olası arızaları hakkında tahminler yapılır. Ancak bu teknolojilerin uygulanması, bazı zorlukları da beraberinde getirir. Özellikle eski tesislerde, mevcut sistemlerin modern kestirimci bakım teknolojilerine uyumlu hale getirilmesi maliyetli olabilir. Ayrıca, toplanan büyük verilerin doğru analiz edilmesi ve ekipmanların sürekli izlenmesi, tesis yönetiminden ekstra bir dikkat ve yatırım gerektirir.

Sonuç

Tehlikeli kimyasalların işlendiği tesislerde kestirimci bakımın uygulanması, sadece kısa vadede maliyet ve güvenlik avantajları sağlamaz; uzun vadede tesisin güvenliğini, sürdürülebilirliğini ve yasal uyumluluğunu da güvence altına alır. Kestirimci bakım sayesinde hem operasyonel verimlilik artar hem de büyük felaketlerin önüne geçilir.

Tehlikeli kimyasallarla çalışan tesisler, bu proaktif bakım stratejisiyle, insan sağlığını ve çevreyi koruma konusundaki sorumluluklarını daha etkili bir şekilde yerine getirirken, aynı zamanda rekabet avantajı da sağlar. Bu nedenle, bu tür tesisler için kestirimci bakım, geleceğe yapılacak en önemli yatırımlardan biridir.

Kaynaklar:

- Ötleş, S. (2019) Endüstri İçin Kestirimci Bakım. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(1), 56-66.
- Ceyhan, H., & Kasapbaşı, M. C. (2022). Üretim sistemlerinde makine öğrenmesi ile kestirimci bakım uygulaması ve modellemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 167-175.
- Dündar, D. R., Sançıçek, İ., Çınar, E., & Yazıcı, A. (2021). Kestirimci Bakımda Makine Öğrenmesi: Literatür Araştırması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2), 256-276.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 192-204.