



TOROS TARIM



Bülteni

Kasım 2025
Sayı: 17

Ar-Ge Bülteni

Kasım 2025
Sayı: 17

Merhaba,

Toros ARGE Bülteni'nin yeni sayılarında birbirinden farklı ve dopdolu içerikleri sizler için ele almaya devam ediyoruz. Bu sayımızda "Hassas Tarımda Büyük Veri ve Yapay Zeka Devrimi ve Karşılaşılan Zorluklar", "CRISPR-Cas9 Teknolojisinin Tarımsal Bitkilerde Genetik İslah Uygulamaları", "Kritik Minerallere Genel Bakış: Nadir Toprak Elementlerinin Yakın Gelecekteki Önemi" ve "Yeşil Korozyon Önleyiciler" gibi birbirinden farklı konulara yer verdik.

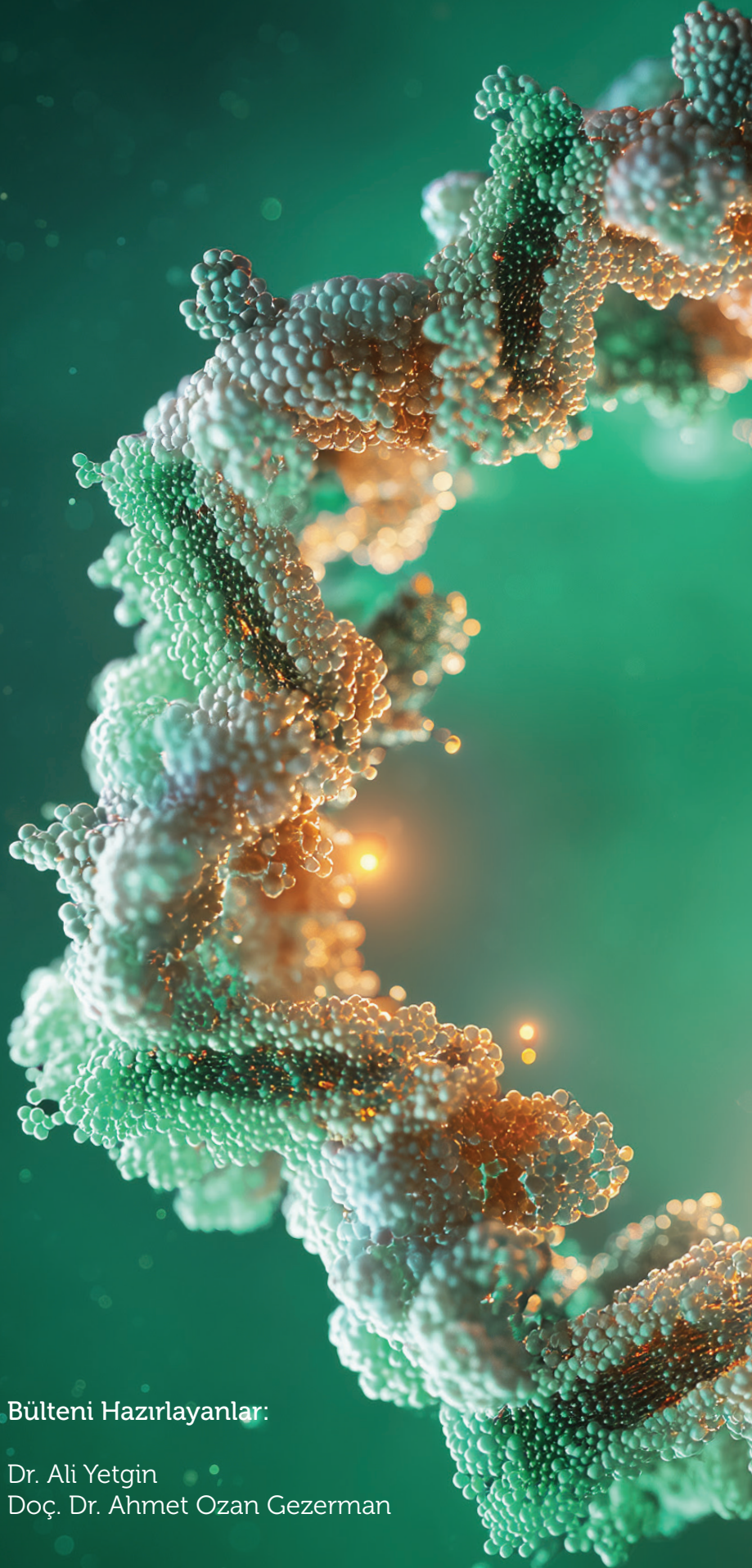
Bülten çalışmalarını ile ilgili katkı, soru ve önerileriniz için info.arge@toros.com.tr üzerinden bizlere ulaşabilirsiniz.

Keyifli okumalar dileriz.

Bülteni Hazırlayanlar:

Dr. Ali Yetgin
Doç. Dr. Ahmet Ozan Gezerman

ISSN numarası: 3108-4923





TOROS TARIM

03

Hassas Tarımda Büyük Veri ve
Yapay Zeka Devrimi ve
Karşılaşılan Zorluklar

05

CRISPR-Cas9 Teknolojisinin
Tarımsal Bitkilerde Genetik
İslah Uygulamaları

07

Kritik Minerallere Genel Bakış:
Nadir Toprak Elementlerinin
Yakın Gelecekteki Önemi

10

İmalat Endüstrisinde
Yeşil Korozyon Önleyiciler



Hassas Tarımda Büyük Veri ve Yapay Zeka Devrimi ve Karşılaşılan Zorluklar

Sürdürülebilir tarımsal kalkınma, hızlı nüfus artışıyla artan gıda talebini karşılamak için hassas tarımda bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) etkin kullanımına dayanan önemli bir çözümdür. Bu teknoloji, iklimi korurken tarımı daha verimli ve iyi düzenlenmiş hale getirmek için yeni yöntemler üretmiştir [1]. Büyük veri analitiği; makine öğrenimi, derin öğrenme gibi yöntemler kullanılarak önemli bilgilerin soyutlanmasına ve tarım uygulayıcılarının iyi tarım uygulamalarını anlamalarına, doğru kararlar almalarına yardımcı olan kritik bir BİT bileşenidir. [2].

Akıllı tarımdaki en son Büyük Veri uygulamaları hakkında bilgi edinmek ve odaklanılması gereken ilgili sosyal ve finansal zorluklara aşina olmak ve veri oluşturma yöntemleri, teknolojiye erişilebilirlik, cihazlara, yazılım araçlarına ve veri analitik yöntemlerine erişilebilirlik ve hassas tarımda büyük verinin uygun uygulamaları hakkında bilgi verilmektedir. Ayrıca, büyük veri teknolojisinin tarımda yaygın olarak uygulanmasının hala karşılaştığı bazı zorluklar bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler tahminlerine göre, Kasım 2020'de açıklanan toplam nüfus 7,8 milyardır. Bu sayının 2030 yılına kadar 8,5 milyara, 2050 yılına kadar ise 9,9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Toplam nüfustaki hızlı artışla birlikte, gıda tüketimi de dünya çapında hızla artmaktadır. Tarım, yalnızca otuz yıl öncesine göre yaklaşık %17 daha fazla ürün üretmektedir [3].

Ancak, dünyada yaklaşık 821 milyon insan gıda güvencesi eksikliğinden mustarıdır. Artan gıda arzı taleplerini karşılamak için tarımı veya gıda üretimini hızla artırmak kolay bir iş değildir. On yıllardır uygulanan tarım uygulamaları, yetersiz depolama, pazar yerleri ve siyasi çalkantılar gibi çeşitli faktörler bu soruna katkıda bulunmaktadır. Küresel nüfus arttıkça, gıda ve tarım örgütleri, artan dünya nüfusunu beslemek için tarımsal üretimin 2050 yılına kadar %70 oranında artması gerektiğini hesaplamaktadır [4].

Mesele sadece insanları beslemek değil; çevreye zarar vermeden onlara yüksek besleyiciliğe sahip gıdalar sağlamamız gerekiyor. Ekilebilir arazi hacmi artmadığı, yeraltı suyu seviyeleri düştüğü ve toprak kalitesi iyileşmediği için, tarımsal üretimi sorumlu bir şekilde

artırmamız gerekiyor. Sürdürülebilir tarımsal üretim sağlamak için tarım sektörünün blok zinciri, Nesnelerin İnterneti ve yapay zeka gibi en son teknolojileri kullanması gerekiyor [5].

Bu teknolojilerle veri odaklı tarım, mevcut ve gelecekteki sorunları çözmek için en umut verici yaklaşımdır. Çiftlikten büyük miktarda veri üretebilir ve bu verileri bazı tarımsal kararları yönlendirmek için kullanabilirse, küresel çapta bu gıda sorunlarının çoğunun çözülmesine yardımcı olunabilir. Örneğin, çiftliklerin bölgedeki toprak nemi, sıcaklık ve nem, su bulunabilirliği ve çiftlik çevresindeki diğer çevresel faktörler için veri kümeleri veya haritalar oluşturması sağlanabilirse, akıllı tarım, hassas tarım [4], dikey tarım vb. gibi teknikler mümkün olacaktır. Veri odaklı tarımın ürün verimini artırdığı, maliyeti düşürdüğü ve sürdürülebilirliği sağladığı gösterilmiştir [6].

Bunlar sadece tarımla sınırlı değildir, aynı zamanda hayvancılığın karşılaştığı çeşitli zorluklar için de potansiyel çözümler sunar. Dijital tarım, üretici yazılımı, yapay zeka, uydu görüntüleri ve blok zinciri teknolojisiyle desteklenen IoT giyilebilir cihazlara dayalı kapsamlı izleme çözümleri sunmanın yanı sıra, hayvancılık çiftliğinin verimliliğini, sürdürülebilirliğini ve hayvan refahını artırmayı hedefleyen bir şirkettir ve çiftçilere hayvanlarının sağlığı, konumu, beslenmesi ve üreme koşulları hakkında bilgi sağlar.

Teknoloji tabanlı tarım tekniklerinin uygulanması, verimi artırır, maliyetleri düşürür ve çiftçilerin gelirini iyileştirerek yaşam kalitelerini artırır [7].

Akıllı tarım, ekimden ürün sulamaya, sağlıktan hasada ve tedarik zinciri yönetiminde izlenebilirliğe kadar teknolojik açıdan büyük ilgi gören bu sorunları ele almayı gerekli görmektedir. Şekil 1, akıllı tarım ekosistemiyle ilgili bu teknolojilere genel bir bakış sunmaktadır.



Şekil 1. Akıllı tarım ekosisteminin çizimi [8].

Kaynakça:

- [1] El Bilali, H., Bottalico, F., Ottomano Palmisano, G., & Capone, R. (2019, September). Information and communication technologies for smart and sustainable agriculture. In Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry (pp. 321-334). Cham: Springer International Publishing.
- [2] Woźniak, M., & Ijaz, M. F. (2024). Recent advances in big data, machine, and deep learning for precision agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1367538.
- [3] Alston, J. M., & Pardey, P. G. (2014). Agriculture in the global economy. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 121-146.
- [4] Byrnes, B. H., & Bumb, B. L. (2017). Population growth, food production and nutrient requirements. In *Nutrient use in crop production* (pp. 1-27). CRC Press.
- [5] Goyal, H. R., & Sharma, S. (2024, December). Blockchain, IoT and Artificial Intelligence Technologies Enabled Precision Farming for Sustainable Agriculture 4.0. In 2024 International Conference on Emerging Technologies and Innovation for Sustainability (EmergIN) (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Tantalaki, N., Souravlas, S., & Roumeliotis, M. (2019). Data-driven decision making in precision agriculture: The rise of big data in agricultural systems. *Journal of agricultural & food information*, 20(4), 344-380.

Büyük veri, tarım uygulayıcılarının ve ilgili sektörlerin tarımsal üretimi etkileyen farklı faktörler hakkında bilgi edinmelerini ve günlük tarımda verimli kararlar almalarını sağlar. Piyasa fiyatı, belirli bir ürünün talebi ve tarım sektöründeki yeni teknolojiler hakkında güncel kalmalarını sağlar. Son zamanlarda, büyük fabrika çiftlikleri, tarım uygulamalarında daha fazla üretim sağlamak amacıyla Nesnelerin İnterneti (IoT) ve blok zinciri gibi farklı teknolojileri benimsemiştir [9].

Blok zinciri teknolojisi, tüm operasyonların şeffaflığı, güvenliği, değişmezliği ve güvenilirliği gibi özellikleri kullanılabilir kılmak için tarımsal gıda tedarik zincirinin yönetiminde uygulanmaktadır [9]. Blok zinciri ayrıca çeşitli Nesnelerin İnterneti (IoT) güvenlik ve güvenilirlik zorluklarının ele alınmasına da yardımcı olur. IoT, tarımsal üretim ve tedarik zincirinin her aşamasında veri toplanmasına yardımcı olur [11]. Bu nedenle, tarım, işleme, lojistik ve pazarlama sırasında toplanan veriler üzerinde büyük veri analitiği yapmak da değerli olacaktır.

Bilgi odaklı tarım sektörü, tarım ve müşteri davranışlarında önemli bir devrim yaratacaktır [12]. Örneğin, mobil tarım uzman sistemleri ve tarımsal tahmin analitiği, üreticilere hassas tarıma yönelik akıllı öneriler sunmak için büyük verilere dayanmaktadır. Hassas risk değerlendirmesi, tarım uygulayıcılarının üretim, pazar, kurumsal riskler ve bunlara eşlik eden bireysel ve parasal risklerle ilgili tarımsal riskleri daha iyi yönetmelerine yardımcı olabilir.

Ayrıca, büyük veri, gıda güvenliği, tedarik yönetimi, gıda güvencesi ve gıda kaybı ve israfı gibi çeşitli zorlukların üstesinden gelmek için kullanılabilir. Diğer sektörlerle benzer şekilde, tarım sektörü de yakınsama teknolojilerini kullanarak yeniliklerin peşinden gitmiştir. Büyük veri ve yapay zeka, sektör genelindeki potansiyellerini ve kullanım alanlarını kanıtlamıştır [12].

Bu sınırlamalar, gelecek nesiller için doğru tarımsal çözüm metodolojisini sunmak amacıyla ele alınmalıdır. Bu nedenle, teknolojik yeniliklerin en son gelişmeleri, trendleri ve potansiyeli incelenerek gelecekteki ilerleme için bir strateji ve plan belirlenmelidir. Tarımda toprak haritalama, ürün izleme ve tahmini, sürdürülebilir kaynak kullanımı, hastalık ve yabancı ot tespiti, hava durumu izleme vb. için gerçek tarla verilerinin işlenmesinde büyük veri ve yapay zekadan yararlanma olasılığı son derece umut vericidir [13].

- [7] Reddy, P. K., & Ankaiah, R. (2005). A framework of information technology-based agriculture information dissemination system to improve crop productivity. *Current Science*, 88(12), 1905-1913.
- [8] Bhat, S. A., & Huang, N. F. (2021). Big data and ai revolution in precision agriculture: Survey and challenges. *Ieee Access*, 9, 110209-110222.
- [9] Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural systems*, 153, 69-80.
- [10] Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2023). The role of blockchain technology in promoting traceability systems in agri-food production and supply chains. *Sensors*, 23(11), 5342.
- [11] Anim, P. A., Mahmoud, M. A., & Odoom, R. (2025). Technology meets agriculture: will green knowledge management and green intellectual capital be the game changer for sustainable farming among rural women. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- [12] Jagatheesaperumal, S. K., Rahouti, M., Ahmad, K., Al-Fuqaha, A., & Guizani, M. (2021). The duo of artificial intelligence and big data for industry 4.0: Applications, techniques, challenges, and future research directions. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(15), 12861-12885.
- [13] Ramesh, K. V., Rakesh, V., & Rao, E. P. (2020). Application of big data analytics and artificial intelligence in agronomic research. *Indian Journal of Agronomy*, 65(4), 383-395.



CRISPR-Cas9 Teknolojisinin Tarımsal Bitkilerde Genetik İslah Uygulamaları

Nüfus artışı, iklim değişikliği ve gıda kıtlığı günümüzde küresel toplum için ciddi tehditler oluşturan başlıca sorunlar arasındadır. Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,7 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Büyüyen nüfusu beslemek, toplumların çözmesi gereken temel sorunlardan biri hâline gelmiştir. Mevcut ekilebilir arazilerin giderek azalması ve iklim değişikliğine bağlı olarak ürün verimlerinde beklenen düşüş bu durumu daha da karmaşıktırmaktadır.

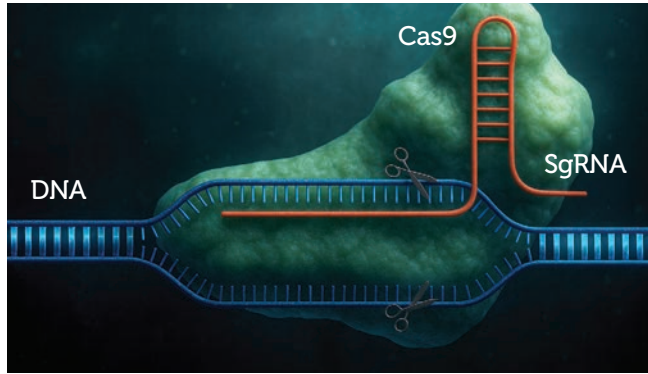
İklim değişikliği, yalnızca değişen hava koşulları aracılığıyla değil; aynı zamanda artan toprak tuzluluğu, kuraklık ve yeni hastalık ile zararlı türlerinin ortaya çıkması gibi çevresel stres faktörleri yoluyla da mahsul üretimini olumsuz etkilemektedir. Geleneksel ıslah yaklaşımlarının sınırlamalarını aşmanın başlıca yollarından biri, ürün geliştirmeye süreçlerinde biyoteknolojik uygulamaların kullanılmasıdır.

Son yıllarda, diziye özgü genom düzenleme teknolojileri, bitki ıslahında devrim niteliğinde araçlar olarak dikkat çekmektedir. Özellikle kümelenmiş, düzenli aralıklarla yerleştirilmiş kısa palindromik tekrarlar (CRISPR) ve CRISPR ilişkili protein 9 (Cas9) sisteminde oluşan CRISPR-Cas9 genom düzenleme teknolojisi, tarımın karşı karşıya olduğu zorlukların aşılmasında şimdiye kadarki en umut verici yaklaşımlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

1. CRISPR-Cas9 Sisteminin Mekanizması

CRISPR-Cas sistemi, bakteri ve arkelerde yabancı plazmitlerin veya viral DNA'nın istilasına karşı koruma sağlayan adaptif bir bağışıklık mekanizmasına dayanmaktadır. CRISPR-Cas9 ise CRISPR ile ilişkili protein 9 (Cas9) ve tek kılavuz RNA'dan (sgRNA) oluşan iki bileşenli bir genom düzenleme sistemidir. sgRNA, CRISPR aktivitesi için gerekli olan iki RNA türünün -hedef DNA dizisine tamamlayıcı CRISPR RNA'sı (crRNA) ile trans-aktivatör crRNA'nın- sentetik bir birleşimidir. sgRNA'nın 5' ucundaki 20 bazlık hedef tanıma bölgesi, genomdaki özgül diziyi seçer ve bu hedef dizinin bitişiğinde mutlaka protospacer bitişik motifinin (PAM) yer alması gerekmektedir. PAM dizisinin uzunluğu genellikle 2-5 baz çifti arasında olup türler arasında farklılık gösterebilir.

Cas9 proteini, genomdaki hedef DNA bölgesini kesmekten sorumlu, 1368 amino asit uzunluğunda, çok alanlı bir DNA endonükleazdır ve kesim sonucunda künt uçlu çift zincirli kırılma oluşur. Bu kırılma daha sonra konak hücrenin doğal DNA onarım mekanizmaları tarafından düzenlenir.



Şekil 1. CRISPR-Cas sisteminin bileşenleri (Ansori et al., 2023).

2. Tarımsal Bitkilerde Uygulama Alanları

CRISPR-Cas9 teknolojisi, mahsullerde hassas ve etkili genetik modifikasyonlara olanak sağlayarak tarımda umut vaat etmektedir. Mahsul iyileştirme, tarımsal uygulamalarda CRISPR-Cas9 teknolojisinin temel odak noktasını oluşturmaktadır. Bitki genomlarını hassas bir şekilde düzenleme yeteneği, hastalık direnci, verim, besin içeriği, stres toleransı, raf ömrü ve kalite gibi istenen özelliklerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bitki genomlarını değiştirerek, zararlılara, hastalıklara ve çevresel streslere karşı daha dirençli bitkiler geliştirerek verimliliği artırmak ve verim kayıplarını azaltmak mümkündür. Bu yönleriyle CRISPR-Cas9, yalnızca mevcut tarımsal üretim süreçlerini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda geleceğin tarımsal biyoteknoloji yaklaşımlarının da temelini oluşturmaktadır.

3. CRISPR-Cas9 Kullanımının Avantajları

CRISPR-Cas9 teknolojisi, önceki gen düzenleme yöntemlerine ve geleneksel ıslah tekniklerine kıyasla birçok önemli avantaj sunmaktadır. Geleneksel ıslah yöntemlerinde istenen fenotipik özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesi çoğunlukla birden fazla nesil gerektirir ve süreç 8–12 yıla kadar uzayabilmektedir. Bu durum, iklim değişikliği ve artan gıda talebi gibi hızlı çözümler gerektiren küresel sorunlar karşısında ciddi bir kısıtlılık oluşturmaktadır.

CRISPR-Cas9 ile genetik modifikasyonlar, doğrudan bitkinin germ hattı hücrelerine uygulanabildiği için ıslah süreci büyük ölçüde hızlanmakta, birkaç nesil beklenmesine gerek kalmadan hedeflenen genetik değişiklikler kısa sürede elde edilebilmektedir. Bu teknoloji aynı zamanda bitki genomu boyunca tek gen düzeyinde hassas ve hedefe yönelik mutasyonlar yapılmasına olanak tanımaktadır. Diğer mutagenез yöntemlerine göre daha kontrollü, uyarlanabilir ve yüksek doğruluk oranına sahip olması nedeniyle istenen özelliklerin bir sonraki nesillere aktarılmasını sağlamak çok daha kolaydır. Bu avantajlar, CRISPR-Cas9'u modern bitki ıslahında vazgeçilmez bir araç haline getirmekte, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği destekleyen yenilikçi bir teknoloji olarak öne çıkarmaktadır.

4. Etik ve Yasal Boyutlar

Etik ve ahlaki açıdan bakıldığında, CRISPR-Cas9 teknolojisinin tarımsal uygulamaları önemli fırsatlar sunmakla birlikte çeşitli tartışmaları da beraberinde getirmektedir. İlk olarak, toplum genelinde genetiği düzenlenmiş bitkilerin güvenliğine ilişkin yaygın bir tereddüt bulunmaktadır. Her ne kadar bilimsel araştırmalar, genom düzenleme yoluyla elde edilen ürünlerin geleneksel yöntemlerle üretilen bitkiler kadar güvenli olduğunu ortaya koysa da, uzun vadeli tüketimin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri tam olarak bilinmediği için kamuoyunda tereddütlere neden olmaktadır.

İkinci olarak, gen düzenleme teknolojilerinin sosyoekonomik eşitsizlikleri daha da derinleştirebileceği yönünde kaygılar mevcuttur. CRISPR tabanlı uygulamalar yüksek maliyetli Ar-Ge altyapısı gerektirdiğinden yalnızca sınırlı sayıda kurum tarafından erişilebilir olacaktır. Bu da gelişmekte olan ülkelerin teknolojiye uzak kalmasına ve küresel ölçekte yeni bir biyoteknolojik uçurumun oluşmasına yol açabilir.

Üçüncü olarak, bir diğer tartışma konusu genetik düzenlemelerin ekosistemler üzerindeki muhtemel etkileridir. Bitki genomunda yapılan yapay değişiklikler, kontrolsüz yayılma durumunda doğal popülasyonların genetik yapısını etkileyebilir, yerel türleri baskılayabilir veya biyoçeşitlilik üzerinde istenmeyen sonuçlar doğurabilir.

Sonuç

CRISPR-Cas9 teknolojisi, tarımda sürdürülebilirlik, verimlilik ve kalite artışı açısından kritik bir araç olarak öne çıkmakla birlikte, beraberinde çeşitli etik tartışmaları da gündeme getirmektedir. Pek çok ülkede genomu düzenlenmiş ürünler, genetiği değiştirilmiş organizmalar ile benzer düzenlemelere tabi tutulsa da bu yaklaşımın ne kadar doğru olduğu hâlâ tartışmalıdır. Gelecekte, genom düzenleme teknolojilerinin yaygınlaşması ve yeni ürünlerin geliştirilmesiyle birlikte bu alandaki düzenlemelerin gelişmesi beklenmektedir. Bu süreçte karar alıcıların, genomu düzenlenmiş ürünlerin güvenliğini garanti altına almak ile inovasyonu ve ekonomik büyümeyi desteklemek arasında dengeli bir yaklaşım benimsemesi kritik önem taşımaktadır. Sonuç olarak, düzenleyici çerçevelerin, strese dayanıklı ürün çeşitleri geliştirme konusunda büyük potansiyel barındıran bu teknolojinin hem fırsatlarını hem de beraberinde getirdiği olası riskleri bütüncül bir şekilde değerlendirmesi gerekmektedir.

Kaynakça:

- Ansori, A. N., Antonius, Y., Susilo, R. J., Hayaza, S., Kharisma, V. D., Parikesit, A. A., ... & Burkov, P. (2023). Application of CRISPR-Cas9 genome editing technology in various fields: A review. *Narra J*, 3(2), e184.
- Eş, I., Gavahian, M., Marti-Quijal, F. J., Lorenzo, J. M., Khaneghah, A. M., Tsatsanis, C., ... & Barba, F. J. (2019). The application of the CRISPR-Cas9 genome editing machinery in food and agricultural science: Current status, future perspectives, and associated challenges. *Biotechnology advances*, 37(3), 410-421.

- Haque, E., Taniguchi, H., Hassan, M. M., Bhowmik, P., Karim, M. R., Śmiech, M., ... & Islam, T. (2018). Application of CRISPR/Cas9 genome editing technology for the improvement of crops cultivated in tropical climates: recent progress, prospects, and challenges. *Frontiers in plant science*, 9, 617.

- Kumar, M., Prusty, M. R., Pandey, M. K., Singh, P. K., Bohra, A., Guo, B., & Varshney, R. K. (2023). Application of CRISPR/Cas9-mediated gene editing for abiotic stress management in crop plants. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1157678.

- Yang, H. (2025). Application and Prospect of CRISPR-Cas9 Gene Editing Technology in Agricultural Breeding. *Life Studies*, 1(1), 56-69.



Kritik Minerallere Genel Bakış: Nadir Toprak Elementlerinin Yakın Gelecekteki Önemi

Dünyada stratejik olarak bilinen hammadde kaynaklarından biri de nadir toprak elementleridir. Nadir toprak elementleri (NTE) lantanitler grubu olarak adlandırılan lantanyum (La), seryum (Ce), praseodimyum (Pr), neodimyum (Nd), prometyum (Pm), samaryum (Sm), evropiyum (Eu), gadolinyum (Gd), terbiyum (Tb), disprosyum (Dy), holmiyum (Ho), erbiyum (Er), tulyum (Tm), iterbiyum (Yb) ve lutesyum (Lu) elementlerine ek olarak kimyasal açıdan benzerlikleri sebebiyle skandiyum (Sc) ve itriyum (Y) elementlerini kapsayan 17 adet elementin oluşturduğu grup olarak tanımlanmaktadır.

Hava ile temas ettiğinde hızlı kararma özelliği gösteren, yumuşak ve kolay şekil alabilen yapıya sahip, parlak, demir grisi- gümüş renge sahip bu element grubu üyelerinin karakteristik manyetik ve optik özellikleri bulunmaktadır. Element grubunun atom ağırlıkları 57-71 arasındadır, Sc ve Y ise sırasıyla 21 ve 39 atom ağırlığına sahiptir. Atom numarası 57-64 aralığında olan elementler ile Sc hafif NTE olarak kategorize edilmekte; 65-71 arası atom numarasına sahip elementler ve Y ise ağır NTE'ler olarak sınıflandırılmaktadır. Yer kabuğunda bakır ve kurşun kadar bol bulunabilen NTE'ler genellikle oksitli bileşikler halinde ve bir arada bulunmaktadır. Oksitli bileşiklerin metallerle indirgenmesi prosesinin zorlu olması sebebiyle "nadir toprak elementi" olarak adlandırılmaktadır. Yüksek enerji fiziği, havacılık ve uzay teknolojisi, nükleer santraller, kalıcı mıknatıs ve savunma sanayi alanlarında uygulamaları bulunmakta olup, kritik mineraller olarak değerlendirilmektedirler.

Anahtar Kelimeler: Kritik mineraller, ekstraksiyon, lantanitler

Maden emtiaları savunma sanayi, iletişim, ulaşım, sağlık sektörü, yenilenebilir enerji üretimi gibi kritik sektörlerde gelişen teknoloji ile birlikte daha yaygın kullanıma sahip olan değerler olarak kabul görmüş olup, ekonomik büyüme için vazgeçilmez oldukları bir gerçektir. Maden rezervleri dünyanın farklı bölgelerinde yoğunlaşmıştır, dolayısıyla birçok hammadde üretimi belirli ülkeler arasında yoğunlaşmıştır.

Elementlerik elementleri (NTE'ler) atom numarası 57 (lantanyum) ile 71 (lütseyum) arasında değişen 15 element grubuna ek olarak kimyasal benzerlikleri ve doğada beraber bulunmaları sebebiyle atom numarası 39 olan itriyum ile 21 olan skandiyumu kapsayan lantanitler grubu elementleri olarak tanımlanmaktadır. NTE'ler

yeryüzü kabuğunda yeterli bulunmalarının aksine konsantre ve saf birikintilerinin nadir bulunması sebebiyle nadir toprak elementi olarak adlandırılmaktadırlar [1].

Yaklaşık 250'den fazla mineral içerisinde oksitli yapıda bulunmalarına rağmen ekonomik anlamda işlenebilen maden sayısı yaklaşık 10 civarındadır, dünya genelinde NTE üretiminin %95'i bastnazit, monazit ve ksenotim mineralleri ile gerçekleştirilmektedir.

Periyodik Cetvel

Şekil 1. Periyodik tabloda lantanitler (NTE) grubu [2]

Dünyada NTE piyasası Çin hakimiyetindedir, arz hususunda söz sahibi olan Çin'deki sosyal, çevresel ve politik parametrelerdeki değişiklikler piyasa fiyatlarına dalgalanmalara sebep olmakta ve buna paralel olarak arz güvenliğini de tehdit etmektedir [3]. Madencilik faaliyetleri çevre ve insan sağlığı üzerinde bıraktığı olumsuz etki ile de giderek gündeme gelmektedir, bu sebeple kısa vadede kritik ve stratejik madenler arasında bulunan NTE'lerin arzı hususunda muhtemel kısıtlamalar söz konusudur. Dünya NTE piyasasını etkileyen bir diğer husus ise Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa Birliği (AB) gibi gelişmiş ülkelerde sürdürülmemekte olan kritik ve stratejik maden çalışmalarının ülkelerin kısa ve orta vadeli planlarının belirlenmesi üzerindeki rolüdür. Bu çalışmalar ile ülkeler bazında NTE rezerv ve üretim kapasitesi analiz edilerek ithalat ve ihracat durumları değerlendirilmektedir.

Kullanım Alanları

NTE'ler oksit, karbonat, nitrat, fosfat, hidrat, karbonat, klorür ve florür gibi formlarda, yüksek saflıkta veya mischmetal formlarda kullanım alanlarına sahiptirler [4]. NTE'ler ile birlikte kullanıldığında malzemenin mekanik, elektrik, kimyasal, optik ve termal özelliklerinde belirgin şekilde gelişme meydana gelmektedir. Olağanüstü fiziksel ve kimyasal özellikleri sebebiyle NTE'ler genellikle savunma sanayi, enerji, endüstriyel faaliyetler ve askeri teknoloji alanlarında çeşitli uygulamalara sahiptir.

Cam endüstrisi, cam parlatma ve cama renk ve optik özellikler kazandıran katkı maddelerinin kullanımı ile NTE'lerin tüketiminde uzun yıllar öncü sektör olmuştur. Nd ve/veya Pr elementleri kullanılarak camın renklendirme işlemi yapılmakta, cam yüzeyindeki rengin giderilmesi ise Ce⁴⁺ oksidasyonu ve düşük konsantrasyonda Nd ve Pr içeren Ce karışımlarının cam eriyiklerine eklenmesi ile yapılmaktadır. La₂O₃ ise yüksek kırılma indeksi ve renksiz özelliği sebebiyle cam uygulamalarında optik camlarda korozyona karşı direnç sağlamak için kullanılabilir. Optik alanında ilk kullanım örnekleri Auer ışıltayan fitiller ve ark ışın karbonlardır. Renkli televizyon ekranları için Y ve Eu kırmızı fosfor olarak kullanılmıştır. Renkli TV'lerin yaygınlaşması ve NTE endüstrisinin gelişmesinin ilk büyük adımı bu uygulama olarak tarihe geçmiştir. Oksit formda bulunan Gd elementinin X-ışını yoğunlaştırıcı alanında kullanımı da röntgen uygulamalarında minimum radyasyon ile röntgen çekimi gerçekleştirilebilmektedir. Cilt kanseri tedavisinde Nd:YAG lazerleri, diş sağlığı uygulamalarında Er esaslı lazerler, MRG ve radyoterapi uygulamalarında La ve Pr nanooksitler, biyo görüntüleme uygulamalarında ise Eu kullanılmaktadır.

Lantan bazlı katalizörler petrol artırımında, seryum bazlı katalizörler ise otomotiv katalitik konvertörlerinde kullanılmıştır. Egzos emisyonu için kullanılan katalizör ürünlerinde La ve Ce kullanımı ön plana çıkmaktadır, daha az yaygın olarak da Pr ve Tb kullanılmaktadır. Günümüzde modern malzeme ve enerji teknolojilerindeki gelişmeler ile NTE'lerin kullanım alanı kalıcı mıknatıs uygulamalarına doğru eğilim göstermiştir [5]. Kalıcı mıknatıs üretiminde ağırlıkça kullanım oranı düşük olmasına rağmen malzemeye kazandırdığı mekanik, manyetik, elektronik ve optik özellikler sebebiyle gün geçtikçe modern teknolojinin vazgeçilmezi olmaktadır.

Günümüz koşullarında ülkeler enerji alanında dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla alternatif enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Rüzgâr enerjisi ise yeşil ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak ön plana çıkmakta olup, rüzgâr türbinlerine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Enerji sektöründe rüzgâr türbinleri ve elektrikli araç bataryalarında kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu alanda NdFeB mıknatıslarının kullanımı ön plandadır, bu mıknatısların kullanımı ile düşük hızlı jeneratör tasarımları mümkün olmaktadır. Böylelikle kalıcı mıknatıs jeneratörleri titreşimleri ve hareketli parça sayısını yarı yarıya azaltarak türbin güvenilirliğini ve ömrünü artırmakta, bakım ve onarım oranı da azalmaktadır.

Savunma sanayi uygulamaları ise stratejik bir öneme sahiptir. Gece görüş sistemleri, lazer mesafe ölçerler, güdüm sistemleri, hassas güdümlü silahlar ve radara yakalanmayan gizlilik teknolojilerinde kullanımı sebebiyle savunma sanayide de NTE ihtiyacı yaygınlaşmaktadır. Hedeflerin işaretlenmesi için lazer üretimi, hassas güdümlü mühimmat üretimi, askeri iletişim sistemleri, elektronik savaş teçhizatlarının yapımında, radar ve gece görüş sistemlerinde kullanılmaktadırlar.

Rezerv Bilgileri

Dünya NTE rezervlerinin %33'ü Çin'de bulunmaktadır, bunu Vietnam, Brezilya, Rusya, Hindistan, Avustralya, ABD, Danimarka, Tanzanya, Kanada, Güney Amerika ve diğer ülkeler izlemektedir. Ülkemizde Eskişehir/Beylikova'da bulunan 685 Mton rezerv ile Türkiye rezerv sıralamasında Çin'den sonra gelme potansiyeli bulunmaktadır.



Şekil 2. v[6].

Güncel Durum ve İleri Vade Projeksiyonları

NTE'lerin işletimi alanında ise Çin önde gelmekte olup, kullanım alanı olarak kalıcı mıknatıs üretimi ile rüzgâr türbinlerinde kullanım başta gelmektedir. Dünya NTE üretiminde on yıllardır lider konumda olan Çin, son on yılda ortalama olarak küresel üretim ve arzın %90'ından fazlasını karşılamıştır. Sınırlı NTE kaynaklarını iç talebi karşılamak için muhafaza etme gerekliliğini ve madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerine ilişkin endişeleri gerekçe göstererek, Çin 2010 yılından itibaren lisans ve vergi uygulaması ile kota uygulamaları yoluyla NTE arzına kısıtlama getirmeye başlamıştır.

NTE üretim ve fiyat değişimleri ise sürekli dalgalanma göstermekte olup, Çin'de neodimyum-praseodimyum oksit ihracat fiyatının 2022'den günümüze %30 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Yine Çin, 2023 yılı sonunda NTE çıkarma ve ayırma teknolojisinin ihracatını yasaklamıştır. Gelişen NTE teknolojisi ve milli güvenlik hususunda AB, ABD başta olmak üzere ülkemizde de birtakım kritik önlemler alınmıştır. AB, global nadir toprak elementi endüstrisi birliğini kurmuş olup, Estonya'da NTE ve mıknatıs üretim tesisi kurulmuştur. ABD ise ülke içerisinde NTE teknolojisinin gelişimi teşvik etmiş ve NTE hususunda Çin'e bağımlılığı azaltmaya yönelik önlemler almıştır.

Çin'in büyük NTE rezervleri, rekabetçi fiyatları, düşük işgücü maliyetleri, ucuz kamu hizmetleri ve minimum çevre izni gereklilikleri nedeniyle dünya NTE pazarında rekabetçi olarak kalmaya devam etmesi beklenmektedir. Ayrıca, birçok gelişmekte olan ülkelerde gözlemlenecek olan ekonomik büyüme, Güneydoğu Asya ve Doğu Avrupa'da yeni ve potansiyel pazarlar yaratacağı ön görülmektedir. Uzun vadeli projeksiyonlara göre, giderek daha rekabetçi ve çeşitli NTE tedarikçi grubunun olacağı yönündedir. Araştırma ve teknoloji, NTE'ler ve bu grup elementlerinin diğer elementlerle etkileşimleri hakkındaki bilgiler ilerlemeye devam ettikçe NTE endüstrisinin ekonomik tabanının büyümeye ve yeni NTE uygulamalarının geliştirilmeye devam etmesi beklenmektedir.

Ülkemizde ise 12. Kalkınma Planı ve 2023-2025 orta vadeli planda NTE'lere yer verilmiştir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2025 yılında hazırlanan Türkiye Kritik ve Stratejik Madenler Raporu ile NTE'lerin tedarik, fiyat ve talep riskleri, geri dönüşüm ve yeniden kullanım potansiyeli, çevresel riskleri, üretim ve ihracat potansiyellerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Sonuç

Yeşil enerji uygulamaları, ileri teknoloji ve savunma sanayi gibi stratejik sektörlerin ülkemiz nezdinde gelişimi ve tedarik zincirinde güvenliğin sağlanması, stok planlaması, cevher ihracat standartlarına uyum, üretim planlaması için teşvik mekanizmalarının gerekliliği de kaçınılmazdır. Alınan önlemler doğrultusunda stratejik ve kritik minerallerin arama çalışmaları hızlandırılacak, yurtiçinde işlenerek ara veya nihai ürünlere dönüştürülmesi yoluyla katma değer artacaktır. NTE ve Li üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu alanda büyük ölçekli üretim tesislerinin faaliyete geçirilmesi sağlanacaktır. Yenilenebilir enerji ve elektrikli araç bataryalarında kullanılan Ni, Li, Co, NTE'lerin arz güvenliğinin sağlanmasına yönelik önlemler alınacaktır. Dijital ve yeşil dönüşüm olmak üzere ithalata bağımlılığı azaltmaya ve arz güvenliğini temin etmeye yönelik ulusal kritik hammaddeler stratejisi hazırlanacaktır.

Kaynakça:

1. Van Gosen, B.S., Verplanck, P.L., Seal, R.R., II, Long, K.R., and Gambogi, Joseph, 2017, Rare-earth elements, chap. O of Schulz, K.J., DeYoung, J.H., Jr., Seal, R.R., II, and Bradley, D.C., eds., Critical mineral resources of the United States—Economic and environmental geology and prospects for future supply: U.S. Geological Survey Professional Paper 1802, p. O1–O31, <https://doi.org/10.3133/pp1802O>.
- 2.URL:<https://naten.tenmak.gov.tr/tr/nte-hakkinda/nadir-toprak-elementleri.html> (Erişim tarihi: Kasım 2025)
- 3.URL:https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/TKDB/tr/Belgeler/Tu%CC%88rkiye_Kritik_ve_Stratejik_Madenler_Raporu.pdf (Erişim tarihi: Kasım 2025)

- 4.Aslan, N., Say, Y. (2022). Nadir toprak elementlerinin uygulama alanları, Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 8(1), 148-178.

- 5.URL:<https://enerji.gov.tr/bilgimerkezi-tabii-kaynaklar-nadirtoprakelementleri> (Erişim tarihi: Kasım 2025)

- 6.URL:https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/17448/1/Rare_Earth_Elements_profil_e%5B1%5D.pdf (Erişim tarihi: Kasım 2025)



İmalat Endüstrisinde Yeşil Korozyon Önleyiciler

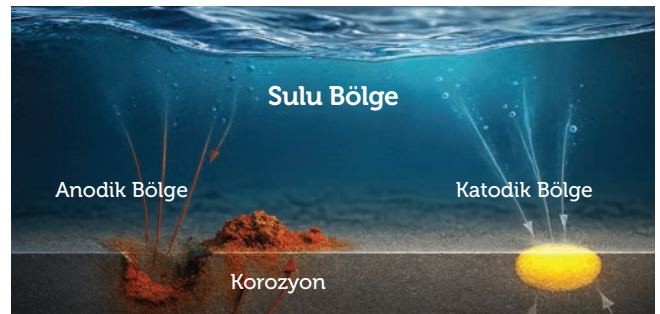
Korozyon, metallerin kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda bozulması ve işlevlerini kaybetmesinden kaynaklanır. Bu reaksiyonlar, metallerin oksijen, su veya diğer kimyasallar ile etkileşime girmesi sonucunda oluşur. Korozyon, metalin yüzeyinde bir oksit tabakası oluşturur. Bu tabaka, metalin mekanik mukavemetini ve esnekliğini azaltır. Ayrıca, metalin boyutunda ve şeklinin değişmesine de yol açabilir. Beton korozyonu, metallerde çatlamalara, deliklere ve hatta kırımlara neden olabilir.

Gelişen dünyada kullanımı giderek artan metaller çevrenin etkisi ile korozyona uğrarlar. Bütün metaller ve alaşımları dünya atmosferinde kararsızdır ve bunun sonucu olarak korozyon kaçınılmazdır. Korozyonun çevreye yaptığı zararlarla bütün canlılar olumsuz etkilendiği gibi korozyonun sebep olduğu olumsuzluklar ülkelere ciddi maddi kayıplara sebep olmaktadır. Korozyonun önlenmesi için çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan bazıları; metal yüzeyini boyamak, yüzeye koruyucu kaplama yapmak, koroziif ortamı değiştirmek, inhibitör kullanımıdır.

Bütün ülkelerde metallerin kullanım miktarları farklılık gösterse de en çok kullanılan ortak metal özelliği uzun ömürlü olması, mukavemetinin yüksek olması ve kullanım çeşitliliği ile çeliktir. Çelik; inşaat sektöründe, köprü yapımında, yüksek ısıya dayanıklı ekipmanlarda, kimya sanayiinden, mutfak eşyalarında kullanılmaktadır. Ancak çelik asidik ortamlarda korozyona dayanıksızdır. Bu etkiyi azaltmak için inhibitör kullanımı pratik ve ekonomik bir metot olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır.

Korozyon Nasıl Önlenir?

Uygun malzeme seçimi, alaşım elementi katma, ısıtıl işlem, uygun tasarım, katodik koruma, inhibitör kullanımı, yüzey kaplama, anodik koruma



Korozyon çeşitleri:

- Üniform Korozyon (Homojen Dağılımlı – Eşit Dağılımlı)
- Galvanik Korozyon
- Çukurcuk Korozyonu
- Aralık Korozyonu
- Seçimli Korozyon
- Taneler Arası Korozyon
- Erozyonlu Korozyon

1. Üniform Korozyon (Homojen Dağılımlı-Eşit Dağılımlı)

Bu korozyon türü, aynı zamanda basit korozyon ya da genel korozyon olarak da adlandırılmaktadır. Üniform korozyonda metalin tüm yüzeyinde eşit miktarda korozyon dağılımı görülmektedir. Alüminyum malzemelerde ya da içerisinde alüminyum bulunan alaşımlarda üniform korozyon görülmeye ihtimali çok düşüktür. Genellikle paslanmaz niteliği olmayan çeliklerde ve demirlerde görülmektedir. Üniform korozyona neden olan etkenlerin başında, metalin doğrudan hava, su ya da toprak ile temas etmesi bulunmaktadır.

2. Galvanik Korozyon

Birbirleriyle etkileşim halinde olan ve birbirlerinden farklı elektrot potansiyeline sahip olan malzemelerin yarattığı korozyon, galvanik korozyon olarak adlandırılmaktadır. Standart elektrot potansiyeli düşük olan metallerin galvanik korozyona uğrama riski daha yüksektir. Tersi durumda ise galvanik korozyon yaşanma sıklığı artmaktadır. Metalin kullanıldığı ortamdaki sıvılar ya da nem bir elektrolit görevi görmek ve bu durum da galvaniz korozyon hücreleri oluşmasına yol açmaktadır. Özellikle metalik malzeme çiftlerinin bağlantı noktalarında galvanik korozyona daha sık bir şekilde rastlanmaktadır.

3. Çukurcuk Korozyon

Metal yüzeyinin bazı noktalarında çukur oluşturarak meydana gelen türüdür. Bu korozyon türünde metal yüzeyindeki çukurlar giderek büyümekte ve zaman içerisinde metalin kırılmasına ya da işlevinin tamamen kaybolmasına yol açmaktadır. Çukur korozyon, metalin en iç kısımlarına kadar etki edebilecek güce sahiptir.

4. Aralık Korozyonu

Metal yüzeyinde üretim ya da kullanım esnasında meydana gelen yarı ve aralıklara yüksek korozif özellikli maddelerin girmesiyle oluşan korozyon türüdür. Bu yarı ve aralıklar herhangi bir sıvıyı yüzeyine alacak kadar açık ancak akıp gitmesine engel olacak kadar da dar aralıklardır.

5. Seçimli Korozyon

Korozyon sadece metalin kendi yapısında gerçekleşen bir durum olmamakla beraber alaşımlı metallerde hem metal hem de elementler korozyona uğrayabilir. Seçimli korozyon alaşımlı metallerde elementin ve metalin alaşımdan uzaklaşmasına neden olan korozyon türüdür.

Seçimli korozyon en çok pirinç alaşımlı metallerde meydana gelir. Pirinç alaşımlarda çinkonun alaşımdan uzaklaşmasıyla seçici korozyon meydana gelir. Korozyon türleri içerisinde seçimli korozyonun görülme sıklığı çok yüksek değildir.

6. Taneler Arası Korozyon

Metaller katı kristal halinde bulunur. Metal atomları bu kristal yapısı içinde düzgün olarak dağılmışlardır. Demir ve çelik kübik merkezli kristal yapısındadır. Ostenitik paslanmaz çelikler yüzeyel merkezli kristal yapısındadır. Kristal yapıları metallerin taneleri arası korozyonunda etkilidir. Metaller eritilerek soğumağa terkedildiğinde birbirine bitişik kristaller halinde katılaşır. Çok sayıda kristalden oluşan taneler, sınır çizgileri ile birbirinden ayrılırlar. Taneler arasındaki dar bölgelerde kristal yapısı düzensiz durumdadır. Bu bölgeler metalin korozyona en dayanıksız olduğu yerlerdir.

7. Erozyonlu Korozyon

Korozif özellik gösteren akışkanın metal yüzeyinden hızla akması halinde, korozyon olayı yanında erozyon da meydana gelir. Hem kimyasal bir etkileşim hem de mekanik aşınmanın sebep olduğu bu korozyon türü erozyon korozyonu olarak adlandırılır. Borular, dirsekler, valfler, pompalar, pervaneler, karıştırıcılar, kondenserler, türbin paletleri gibi malzemeler kullanılarak yapılan taşıma sistemlerinde sıklıkla karşılaşmakta olup bu türü etkileyen en önemli faktör akışkanın akış hızıdır (debisi). Akış hızı arttıkça erozyon etkisi de artar.

Yeşil İnhibitör Kullanımı

Yeşil korozyon inhibitörleri biyolojik olarak parçalanabilir ve ağır metaller veya diğer toksik bileşikler içermez. Bazı araştırma grupları, asidik ve alkali ortamlarda metallerin korozyonunu engellemek için doğal olarak oluşan maddelerin başarılı bir şekilde kullanıldığını belirlenmiştir.

Korozyondan korunma için kullanılan inhibitörler organik ve inorganik inhibitörler olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların birçoğunun zararlı etkileri nedeniyle günümüzde daha çok yeşil inhibitör adıyla anılan çevre dostu inhibitör kullanımına yönelim artmıştır. İnhibitörlerin korozyondan koruma etkinlikleri adsorpsiyon özellikleri ile ilgilidir. İnhibitörlerin, metal yüzeyine adsorbe olmasını fiziksel adsorpsiyon ve kimyasal adsorpsiyon olarak iki şekildedir. Fiziksel adsorpsiyonda, adsorbe olan türlerdeki iyonik yükler ile metal yüzeyi arasında bir elektrostatik etkileşim vardır ve daha çok düşük sıcaklıklarda etkilidir. Kimyasal adsorpsiyonda ise yükün paylaşımı veya inhibitörden metal yüzeyine transferi söz konusudur. Bu nedenle kimyasal adsorpsiyon fiziksel adsorpsiyona göre daha kuvvetlidir ve yüksek sıcaklıklarda daha kararlıdır. Kükürt, azot, fosfor ve hidroksil grupları gibi yapılar bulunduran inhibitörler içerdikleri bu polar gruplar yardımıyla metal yüzeyine kuvvetli adsorpsiyon yaparlar.

Korozyonu önleme çalışmalarında inhibitör uygulamalarının önemi çok büyüktür. Birçok kimyasal madde, bazı teknik metal ve alaşımların korozyona karşı korunmasında kullanılmaktadır. Etkin inhibitörler, korozyon araştırmaları sırasında, belirli kimyasal maddeler deneyerek tespit edilmiştir.

İnhibitörlerin etki mekanizmaları bilinmediği sürece yeni inhibitörlerin bulunması zor ve çoğunlukla şansa bağlıdır. Kimyasal maddelerin yapısal özellikleri düşünülerek yapılan birçok inhibitör araştırması, inhibitör etkinliklerinin, moleküllerin yapılarına ve molekül üzerinde bulunan polar guruplara bağlı olduğunu göstermiştir. Kullanılan inhibitörler, seçilen ortam ve metale göre aşağıdaki gibi bazı etkilere bulunurlar;

1. Metal yüzeyinde koruyucu tabaka oluşturarak,
2. Metalle reaksiyon verip yüzeyde adsorplanarak,
3. Metalle reaksiyon vermeyip yüzeyde adsorplanarak,
4. Metal yüzeyinde reaksiyon ürünleri ile çökelek oluşturduğu bulunurlar.

Ölçümler

1. Polarizasyon Ölçümleri

Potansiyodinamik polarizasyon, organik inhibitörlerin metal korozyonunu azaltmadaki etkinliğini değerlendirmek için güvenilir bir yöntemdir. Bu teknik, inhibitör ve referans elektrot içeren bir çözeltiye daldırılmış metal yüzeye kontrollü bir potansiyel uygulanmasını içerir. Akım tepkisi düzenli aralıklarla izlenir ve veriler, korozyon potansiyeli ve akımını belirlemek için analiz edilir. Akım ve potansiyeldeki değişim, inhibitörün korozyon hızını düşürmedeki etkinliği hakkında bilgi sağlar. Bu yöntemin sonuçları, inhibitör konsantrasyonunu ve korozyon koruma koşullarını optimize etmeye yardımcı olabilir.

2. Elektrokimyasal Empedans Ölçümleri

EIS, organik bir inhibitörün varlığında bir metalin empedansını ölçmek için kullanılan değerli, tahribatsız bir yöntemdir. Metal yüzeyine küçük bir sinüzoidal voltaj uygulanmasını ve ortaya çıkan akım tepkisinin ölçülmesini içerir ve metal inhibitör sisteminin empedansını hesaplamak için kullanılır. Sistemin karmaşık empedansını ölçerek EIS, çeşitli inhibitörlerin etkileri, korozyon hızları ve mekanizmaları ve metal yüzey ile inhibitör molekülleri arasındaki etkileşimler de dahil olmak üzere korozyon sürecinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Bu yöntem, sulu veya aşındırıcı ortamlar gibi farklı türdeki ortamlarda kullanılabilir ve ayrıca inhibitörlerin etkinliğini zaman içinde izleyebilir ve koruyucu kaplamalardaki potansiyel bozulmaları belirleyebilir.

Sonuç

Yeşil inhibitörlerle korozyon koruması, korozyon ölçümleri çalışma elektrodu olarak yumuşak çelik, karşıt elektrot olarak da platin levha kullanılarak yapılır. Polimerle kaplanan yumuşak çelik, hazırlanan yeşil inhibitör ve asitten (genellikle HCl) oluşan çözeltiye daldırılır ve ölçümler alınır. Bu ölçümler, polarizasyon ölçümleri, tafel ekstapolasyonu, doğrusal polarizasyon direnci (LPR), elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) ölçümleridir. Bu ölçümler sonucunda elde edilen veriler incelenerek kullanılan yeşil inhibitörün korozyona karşı koruma sağlayıp sağlamadığı tespit edilir.

Kaynakça:

1. Goni, L. K. M., & Mazumder, M. A. (2019). Green corrosion inhibitors. In Corrosion inhibitors. IntechOpen.
2. Asa, G. (2023). The effect of Nicotinamide, the green inhibitor, to the corrosion of stainless steel in acidic media. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38(3), 1431-1437.

3. Rani, B. A., & Basu, B. B. J. (2012). Green inhibitors for corrosion protection of metals and alloys: an overview. International Journal of corrosion, 2012(1), 380217.

4. <https://pulsar.com.tr/kimya/korozyon-nedir-nasil-olusur-nelerdir/>

5. Al-Amiery, A. A., Isahak, W. N. R. W., & Al-Azzawi, W. K. (2023). Corrosion inhibitors: natural and synthetic organic inhibitors. Lubricants, 11(4), 174.



TOROS TARIM