

## BİTKİLER ALEMİNDE YÜZYILIN MUCİZE MOLEKÜLÜ

# NİTRİK OKSİT

Uzun yıllar bir çevre kirleticisi olarak bilinen hep var olan ama yeni fark edilen hani derler ya “boyundan büyük işler başaran” bu küçük molekül öyle mucize işler yapmakta ki şaşırırsınız. Bu kısa derleme yazısında nitrik oksit (NO) in bitki dünyasındaki yeri ve önemi, günümüzde dahi bitmeyen hikayesine kısa bir yolculuk yapmak istedim. NO, diğer bazı moleküller gibi hem zararlı hem de faydalı özelliğe sahiptir. NO bir çevresel kirleticisi olarak değil ama hangi organizma olursa olsun görev aldığı birçok fizyolojik olay-

da başarılı sonuçlara neden olmuştur. Gerek havyan gerekse bitki fizyolojisi ile ilgilenen bilim adamlarının hakında oldukça fazla bilgiye sahip oldukları NO son yıllarda üzerinde geniş çaplı çalışmaların yapıldığı hava kirliliğine, asit yağmuruna neden olan, ozon tabakası ve ekolojik ortama zarar veren bir molekül olarak tanınmaktaydı. Bu yönüyle uzun yıllar ilgi görmeyen NO, 1992 yılında Science dergisi tarafından “Yılın Molekülü” seçilmiş ve 1998 yılında Ferid Murad, Louis J. Ignarro ve Robert Furchgott adlı 3 araş-

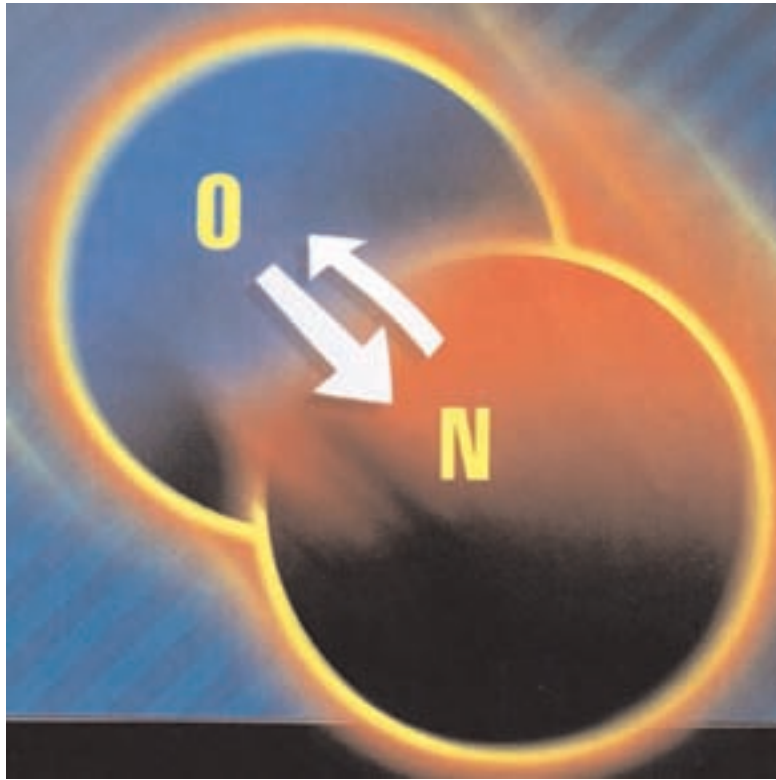
tırcıya nobel ödülü kazandırmıştır. Bu araştırmacıların nobel ödülü almasından sonra NO molekülü özellikle temel ve klinik tıp bilimlerinin hatta tüm biyolojik bilimlerin ilgi odağına yerleşmiştir. Bu araştırmacıların yapmış oldukları çalışmaların sonunda damar kaslarının gevşemesine neden olan bu maddeye “Endotel Kökenli Damar Gevşetici Faktör (Endothelium-Derived Relaxing Factor, EDRF)” adı verilmiştir. Bundan sonra Ferid Murad, Louis Ignarro ve ekibi, nitrodilatörler ve nitrik oksitle çalışırken bu maddelerin cGMP

ile ilişkili olarak düz kasları gevşettiği bulgusuna ulaşıncaya EDRF nin NO olduğu ortaya çıkmıştır. Artık endotel kaynaklı NO in, hem hayvanlarda hem de insanlarda sürekli damar gevşetici etki yaparak damarın duvar gerginliğinin fizyolojik düzenleyicisi olduğu ortaya konmuştur. Günümüzde hayvanlarda birçok hücre tipinin NO sentezlediği ve bir aracı madde olarak sinir iletimi, bağışıklık, direnç ve hücreler arası iletişimin düzenlenmesi gibi birçok fizyolojik olayda görev aldığı bilinmektedir.

NO in bilim dünyasına bu ani girişiyle birlikte yalnızca hayvanlar üzerindeki değil bitkiler üzerindeki etkileri ile de pek çok bitki fizyologunun dikkatini çekip, çalışma konuları arasında çoktan yerini almıştır. Yakın zamana kadar bitkilerde NO ile ilgili çalışmalar azot oksitler tarafından oluşturulan atmosferik kirlenme üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak son yıllarda bitkilerde de NO in var olduğu saptanmış ve bu molekülün bitki büyümesi ve gelişmesinin çeşitli yönlerini etkilediği kesin bir şekilde ortaya konmuştur. Bu konu ile çalışan Leshem ve Lamattina gibi birkaç öncü araştırmacı ve bunu takip eden diğer araştırmacılar ile NO ve bitki biyoloji ile ilgili çalışmalarda dikkate değer bir artış olmuştur.

Bitki hayat siklusunda bu kadar önemli görevleri üstlenmiş bu molekül düşük molekül ağırlıklı, renksiz, gaz yapıda ve lipofilik özelliğinden dolayı hücre membranlarından kolayca difüzyona uğrayabilen serbest bir radikaldir. Ayrıca birkaç saniye yarı ömrü olan NO tüm bu özellikleri ile bitkilerde iyi bir sinyal molekül olarak görev yapmaktadır. NO in bitki biyolojisindeki rolünün geliştirilen yeni metodlar ile kanıtlanması, bu haberci molekülün önemini gün geçtikçe arttırmaktadır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar ile bitki hücrelerinde NO in sitosol, nukleus, peroksisom matriksi ve kloroplastlarda, enzimatik ve enzimatik olmayan iki farklı metabolik yol ile sentezlendiği bilinmektedir. Ayrıca NO eksojen olarak sodyum nitropurissid (SNP) ve S-nitroso-N-asetil-penisilamin (SNAP) gibi NO vericileri şeklinde bitkilere uygulandığında da bazı fizyolojik ve biyokimyasal olayları etkilemektedir. Bitkilerde içsel NO in potansiyel kaynakları, biosentezi, metabolizması ve taşınması, bitki büyüme ve gelişmesindeki rolü, hormonlar ile etkileşimi, biyotik ve abiyotik (yaralanma, enfeksiyon, ku-



raklık, düşük ve yüksek sıcaklık, ultraviyole (UV), ozon) stres koşullarındaki cevapları ile NO sinyal iletim yolları ile ilgili olarak halen yoğun araştırmalar yapılmaktadır.

Bitki büyüme ve gelişmesindeki, metabolizmasındaki rolleri gerçekten temel bilim ile uğraşan bilim adamları için son derece önemli, ancak henüz bu molekül hakkında bilgisi olmayan, okurlarımız için daha çarpıcı, somut bazı örnekler vermenin doğru olacağı kanısındayım. Ziraat açısından da olumsuz sonuçlara neden olan patojen enfeksiyonlar bitkilerde ürün ve kalite kaybına neden olmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda bitkilerin

NO i patojenlere karşı oldukça güçlü bir silah olarak kullandıkları bilinmektedir. Örneğin, Phytophthora infestans adı verilen bir mantar tarafından patates bitkisinde oluşturulan enfeksiyonda NO enfekte olmuş hücrelerden salınmakta ve bir antioksidan ajan olarak görev yapıp zararlı etkileri minimuma indirebilemektedir. NO, bitkilerde çok yönlü ve güçlü bir efektör haberci olarak enfekte edici ajanlara karşı savunma cevapları oluşturarak bitkilerin bu yol ile kendilerini korumalarına yardımcı olabilmektedir. Ayrıca küresel ısınma sonucu dünyamızın karşı karşıya kaldığı önemli sorunlardan biri olan ku-

raklık ile başa çıkma da da NO in görev aldığı saptanmıştır. Gerçekten de tarımı yapılmakta olan önemli bitkilerimizden olan buğday (Triticum aestivum) da şiddetli kuraklık stresi altında NO in artan bir toleransa neden olabileceği bulunmuştur. Keza UV radyasyonun meydana getirdiği hasarlarda bile bitkilerin tolerans göstermesi NO in koruyucu pigmentlerin (flavonoidler ve antosiyaninler gibi) sentezini teşvik etmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu sonuçlar tarım ve ziraat için son derece önemlidir ve uygulanabilir hale

gelebilmesi için daha detaylı çalışmaların yapılmasına hala gereksinim duyulmaktadır.

Atmosferik bir kirlenici olarak hep var olan ancak gerek hayvan gerekse bitki fizyolojisinde oynadığı görevler ile son yılların oldukça popüler bir molekülü haline gelen NO ile ilgili gelişmeler devam edecek ve öyle görülmüyor ki bu sinyal molekülünün hikayesi daha uzun yıllar devam edecek ve hakkında bilinmeyen yönleri ile bilim adamlarını şaşırtacak.

Doç. Dr. Gül Cevahir ÖZ  
İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi  
Biyoloji Bölümü, Botanik Anabilim Dalı