

BİYOĞÜBRE

Prof. Dr. Burhan KAÇAR*

Dünya nüfusunun artışına koşut olarak, gıda üretimindeki artışlar önemli boyutlara ulaşmıştır. Örneğin, geçen 20 yılda dünya nüfusu yaklaşık % 48 artarken tahıl üretimi % 77, kimyasal gübre tüketimi ise % 200 artmıştır. Gelişmiş ülkelerde kişi başına tahıl üretiminde 49 kg, kimyasal gübre tüketiminde ise 203 kg artış olmasına karşın, gelişmekte olan ülkelerde bu artış kişi başına, tahıl üretiminde 5 kg ve kimyasal gübre tüketiminde ise 615 kg olmuştur. Bir başka deyişle, gelişmekte olan ülkelerde, gelişmiş ülkelere oranla 3 kat daha fazla gübre tüketilmiş olmasına karşın kişi başına tahıl üretiminde sağlanan artış 10 kat daha az olmuştur. Yapılan oranlamalara göre 2000 yılında, gelişmekte olan ülkelerdeki insanların beslenmeleri için bugün kullanılan kimyasal gübre miktarının en az 3 kat fazlasının kullanılması gerekecektir. O nedenle, bugünden başlayarak biyogübre ve organik gübrelerin, kimyasal gübrelerle birlikte tarımda etkin şekilde uygulanmasını öngören bir anlayış ve programın yürürlüğe konulması zorunludur.

Biyogübre dendiği zaman, bitkiye yararlı besin maddeleri miktarını artırmak amacıyla toprağa verilen ya da tohumla karıştırılan mikroorganizmalar akla gelir. Sözü edilen mikroorganizmalar, havanın serbest azotunu tutarak (fikse ederek) ya da topraktaki fosfatı çözümlü şekle dönüştürerek bitkilerin yararlanmasına sunarlar. Esas olarak biyogübre, özel toprak mikroorganizmalarının yardımıyla atmosferden toprağa aktarılan gübre olup, bunların başında atmosferden serbest azotundan tutularak bitkilerin yararına sunulan azit (N)

DEĞİŞİK EKOSİSTEMLERDE BİYOLOJİK YOLLA SAĞLANAN AZOT [N] MİKTARLARI

Ekosistemler	N kg/ha - Yılda
Ekilip biçilen arazi	7 - 28
Çayır-mera (baklagil bitkisi yok)	7 - 114
Çayır-mera (çayır ve baklagil bitkileri karışık)	73 - 865
Orman	58 - 594

* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi ve TÜBİTAK Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu Yürütme Komitesi Sekreteri.

Çağımızda yaygın şekilde uygulanan yoğun tarımın, kimyasal gübre tüketimini hisla artırdığı yadsınamaz bir gerçektir. Ancak, üretimi yenilenebilir enerjiye dayalı olan ve giderek pahalılaştan kimyasal gübrelerin yeterli miktarda sağlanabilmesi, gelişmekte olan ülkeler gibi, ülkemiz için de her geçen yıl ekonomik açıdan daha güç olmaktadır. O nedenle kimyasal gübre kullanımının, biyogübre ve organik gübrelerle etkin şekilde desteklenmesi gerekir. Bu yazımızda, biyogübrenin ne olduğu ve nasıl üretildiğini açıklamaya çalışacağız.

gelir. Havanın serbest azotunu tutan mikroorganizmalar ise toprağa özgür şekilde ya da bitkilerle yaşamlarını ortaklaşa sürdürürler.

Çevremizdeki atmosfer; azotun tükenmez bir kaynağı ve miktarı sınırsız bir deposudur. Ancak yüksek bitkiler bu azottan doğrudan yararlanamazlar. Yararlanabilmesi için atmosfer azotunun (N₂), öncelikle yükseltgenerek nitrat (NO₃) azotuna ya da indirgenerek amonyak (NH₃) azotuna dönüştürülmeleri gerekir. Yapay yoldan gerçekleştirilmesi halinde enerji gereksinimi yüksek olan bu karmaşık dönüşüm işlevini çeşitli mikroorganizmalar kolayca gerçekleştirebilirler. İşte atmosferde bulunan azotun çeşitli mikroorganizmalar aracılığıyla bitkiler tarafından yararlanılabilir hale dönüştürülmesi olgusuna *Biyolojik Azot Tutulması* denir.

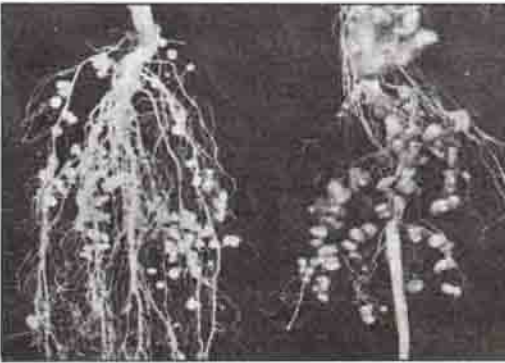
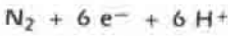
Yapılan hesaplamalara göre, bir yılda dünyada biyolojik yolla toprağa sağlanan toplam azot miktarı 17.5 × 10⁷ tondur. Kimyasal olarak azotlu gübreye dönüştürülen azot miktarı ise yılda 4.0 × 10⁷ tondur. Görüldüğü gibi, doğanın yardımıyla ve biyolojik yolla sağlanan azot, kimyasal yolla üretilen azotlu gübrelerin 4 katından daha fazladır. Bundan da açıkça anlaşılacağı gibi, bitkilerin azot gereksinimlerinin karşılanmasında biyogübrenin katkısı çok büyüktür. Üstelik bu katkı, yenilenebilir enerji kullanımını da gerektirmemektedir.

Biyolojik yolla sağlanan azot miktarı üzerine toprak asitliği ve nemi, toprağın yararlı fosfor, potasyum kapsamı yanısıra da demir, bakır, çinko vb. ağır metal kapsamları da önemli etki yapar. Ekilip biçilen topraklar arasında ve özellikle baklagillerin bulunduğu çayır-mera toprakları ile orman topraklarında biyolojik yolla sağlanan azot miktarı çok yüksektir.

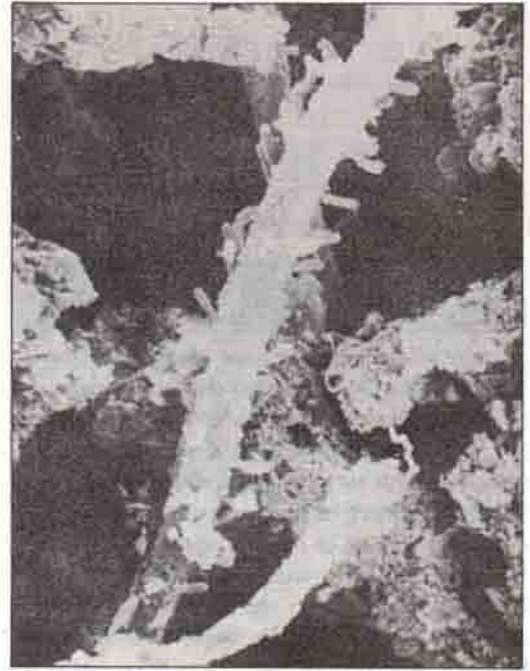
Araştırmalar, 47 bakteri familyasından 11'nin ve 8 *Cyanophyceae* familyasından da 6'sının, atmosfer azotunu tutarak bitkilerin yararına sunduğunu göstermiştir. Bu mikroorganizmalardan kimileri bağımsız biçimde ve kimileri de baklagil bitkileri ile ortak yaşayarak işlevlerini sürdürürler. Bağımsız yaşayan bitkilerden *Azotobakter* ve *Nostok* en önem-

lileridir. Koşullara da bağlı olarak bağımsız yaşayan bakterilerle bir yılda atmosferden 5-10 kg/ha azot tutulur. Tropik bölgelerde bu miktar 60-90 kg'a ulaşır.

Toprakta bulunan ve *Rizobiyum* adı verilen bakteriler ise yaşamlarını baklagil bitkileriyle ortaklaşa sürdürürler. Rizobiyum ile aşılansız baklagil bitkisinde bakteri, kök tüyü hücresinden köke girerek işlevlerini başlatır. Bakteri, kök hücresinde bir membran (zar) ile çevreye sarılır ve bu aşamada kökün dışına doğru bir büyüme başlar. Membrandan kökün içine doğru uzanan bakteri ise korteks hücrelerine ulaşır. Baklagil bitkisi kökünde yumru (nodül) oluşturma bu aşamada başlar ve infekte olmuş hücrelerin hızlı bir şekilde çoğalmalarıyla yumrular oluşur. Bakteroid'e dönüşen bakteriler, orijinal büyüklüklerinden 40 kat daha büyüklük kazanırlar. İşte bakteroid'lerin oluşumu, atmosferdeki azotun tutularak bitkilerin yararlanmasına sunulmasında temel olgudur. Kök hücresi içerisinde ve bakteroid'in çevresinde yer alan membran, hücrenin öteki enerji dönüştüren organları gibi hareket eder. Membran kısa sürede fotosentez ürünlerinin içeri girişi ve çıkışlarını kontrol altına alır. Fotosentez ürünleri membrandan içeri alındıktan sonra trikarboksilik asit (TKA) dönüşümüne dahil olur ve NADH oluşur. Trikarboksilik asit dönüşümü evresinde oluşturulan ve indirgeyici olarak görev yapan NADH ise ferrodoksin ile daha sonraları membranda yer alacak olan solunum halkası için gereklidir. Şekilden görüldüğü gibi solunum halkası, ATP'yi oluştururken ferrodoksin ya da flavodoksin nitrogenaz sistemi için elektronları hizmete sunar. Daha sonra formülde de gösterildiği şekilde atmosfer azotu (N), amonyaka (NH₃), indirgenin Atmosfer azotundan amonyaka dönüştürülen azotun yaklaşık % 90'ı ortak yaşamın sürdürüldüğü baklagil bitkilerinin hızına sunulur.



Baklagil bitkilerinin yumru oluşmuş kök sistemleri



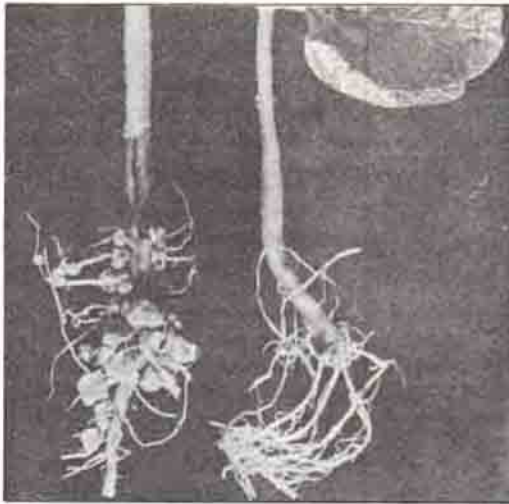
Elektron mikroskobu ile çekilen bu resimde bakla köküne giren bakteriler görülmüştür.

Öteki bitki organlarıyla kıyaslandığında bitki köklerinde oluşan yumruların çözünebilir amino asitlerce varlığı görülür. Enfeksiyonu izleyen ilk günlerde bakteri, yaşamını ortaklaşa sürdürdüğü baklagil bitkisine muhtaçtır. Bu süreçte sentezlenen amino asitleri tümüyle yumru oluşumu ve gelişimi için kullanılır. İzleyen dönemde ise sentezlenen amino asitlerinin çok büyük bölümü yaşamın ortaklaşa sürdürüldüğü baklagil bitkisinin kullanımına verilir. Bu durum bitkinin çiçeklenme dönemine değin kesintisiz olarak karşılıklı yararlanma şeklinde sürer gider.

Rizobiyum bakterilerinin değişik türleri vardır ve bunlar belli baklagil bitkilerine yumru oluştururlar. Örneğin *R. japonicum* soya fasulyesinde, *R. meliloti* yoncada, *R. phaseoli* fasulyede, *R. lupinii* baklada, *R. trifolii* ve *R. leguminosarum* fiğ bitkisinde yumru oluşturarak havanın serbest azotunu tutarlar.

Uygun koşullar altındaki kültür topraklarında Rizobiyum bakterileri doğal olarak bulunur. Baklagil bitkilerinin yetiştirildiği topraklarda ise Rizobiyum miktarı hızla artar. Bir başka şekilde ise baklagil tohumları Rizobiyumlarla aşılansız şekilde yumru oluşturan bakterilerle yapay yolla toprağa verilir.

Rizobiyum bakterilerin toprak asitliği pH 5.5 - 7.0 aralığında olduğu zaman en yüksek düzeyde etkinlik gösterirler. Toprak pH'sı 4.0'in altına düştüğü ya da pH 9.0 - 10.0'un

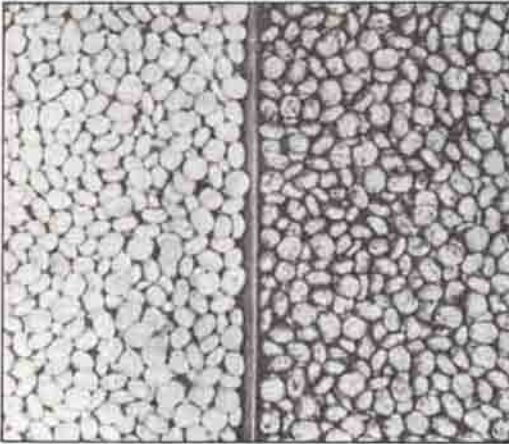


ATMOSFER AZOTUNU TUTARAK BİTKİLERİN YARARINA SUNMA YÖNÜNDEN BAKLAGİL BİTKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Baklagil Bitkileri	Azot miktarı%kg
Yonca	100
Taş yoncası	67
Çayır uçgulu	60
Melez uçgul	56
Soya fasulyesi	42
Tuyulı fiğ	27
İkiz kuru bakla	23
Yeşil bezelyesi	19

Bakteri verilen soya fasulyesi kökündeki yumru oluşumunun normal kökle kıyaslaması.

üzene çıktığında Rizobiyumların etkinlikleri büyük ölçüde sınırlanır. Bu arada gelişme ortamında yeterli kadar kalsiyum, fosfor ve molibdenin bulunmaması, toprağın kuru olması,



(a) FASULYE (b) ADI KUŞ AYIĞI
Bakteri ile aşılanmış (a) ve aşılanmamış (b) Sarı Acı Sakla tohumu.

kotu havalanması, sıcaklığın 0°C'dan düşük ve 50°C'dan yüksek olması da aşılan bakterilerin etkinliklerini olumsuz yönde etkiler.

Yaşamlarını baklagil bitkileriyle ortak sürdüren Rizobiyum bakterilerince bir yılda bitkilerin yararına sunulan azot miktarı 100-400 kg/ha arasında değişir. Baklagil bitkileri arasında da atmosfer azotunu bitkilerin yararına sunma yönünden önemli ayrımlılık vardır. Yonca bitkisi tarafından bitkilerin yararına sunulan azot miktarı 100 olarak kabul edilirse bu miktar yem bezelyesinde yaklaşık 5 kat daha azdır.

Çayır bitkileri ile baklagil bitkilerinin birlikte yetiştirilmeleri yararlı olmakta ve kazanç sağlamaktadır. Baklagil bitkileri ile birlikte yetiştirilen çayır bitkileri toprakta kendileri için daha fazla yararlı azot bulabilmektedir. Burada akla gelen soru şudur: Acaba baklagil bitkileri, yumruları aracılığıyla toprağa bitki tarafından yararlanılabilir halde azot mu vermektedir? Yoksa baklagil bitkilerinin dokularının parçalanması sonunda azot serbest hale mi geçmektedir? Genel kaniya göre olağanüstü koşullar dışında baklagil bitkilerinin köklerindeki yumrulardan toprağa azot geçmez. Büyük olasılıkla topraktaki yararlı azot, baklagil bitkilerinin ölmüş köklerinde bulunan dokuların parçalanmaları sonunda oluşur. Böylece açığa çıkan azottan da bitkiler yararlanır.

Üstün nitelikli bol miktarda tarım ürünlerinin elde edilmesinde, azotlu kimyasal gübrelerin rolü büyüktür. Dünyada azotlu gübre tüketimi de bu nedenle yüksektir. Yenilenebilir enerji gereksinimi çok az olan biyogübrenin kullanımı arttıkça kimyasal azotlu gübre tüketiminin azalması doğal bir olgudur. Bundan da özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler sayılamayacak kadar yarar sağlayacaklardır.

Hırsların sonuna erişmek, gökkuşağının ucuna erişmeye benzer: Biz ulaştırırken, onlar kaçıp gider.

E. BURKE