



MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI

23-24 EKİM 2014



ANA SPONSOR



VEDİTEPE SAĞLIK HİZMETLERİ A.Ş.



İNNOVATİF TARIM

DESTEKLEYENLER



MİKORİZA

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI

Yer : Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkezi Kastamonu
Tarih : 23-24 Ekim 2014

ONUR KURULU

Şehmus GÜNAYDIN - Kastamonu Valisi
Masum BURAK - Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürü

DÜZENLEME KURULU

Başkan Aynur ÖZBAHÇE
Aynur DİLSİZ
Çağla ATEŞ
Derya SÜREK
Haydar POLAT
İlhan GÜNGÖR
Mehmet Ali OLGUN
Metin TURAN
Nesime CEBEL
Refik UYANÖZ
M.Taygun MERTCAN

SEKRETERYA

Dilek KAYA ÖZDOĞAN
Fahri KAYAALP
Merve AYSEL ALTUNDAĞ

İLETİŞİM

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
İstanbul Yolu No:32 PK:5 06172 Yenimahalle/ANKARA
Tel: 0312 3156560 (5hat)
Faks: 0312 3152931

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI



İÇİNDEKİLER

Mikrobiyal Gübre Olarak Kullanılabilecek Mikroorganizmaların Etki Mekanizmaları ve Özellikleri / Ramazan Çakmakçı	5
Çeşitli Bitkilerde Yapılan Mikrobiyal Gübre Uygulamalarının Verimin Yanı Sıra Bazı Moleküler Düzeydeki Etkileri / Recep Kotan	19
Mikrobiyal Gübre Sekonder Metabolitleri ve Rollerini / Hikmet KATIRCIOĞLU	29
Farklı Stres Koşullarına Karşı Mikrobiyal Gübrelerin Kullanımı / Metin TURAN¹, Adem GÜNEŞ², Leyla TARHAN¹ Fikrettin ŞAHİN	33
Bitki Gelişimini Hızlandıran Rizobakterilerin (PGPR) Mikrobiyal Gübre Olarak Etki Şekilleri / Nur OKUR	49
Mikrobiyolojik Gübre Materyali olarak “Mikoriza”;Türkiye’de Mikoriza Çalışmaların Dünü, Bugünü ve Yarını / Oğuz Can TURGAY, Ommolbanin Jafari Tarf, Ahmad Mahmud	57
Bitki Sağlığı ve Mikrobiyal Gübreler / Suat Kaymak, Ayşe Özdem, Aynur Karahan	69
Mikrobiyal Gübreler ve Uygulama Yöntemleri / Süleyman Rifat YALÇIN	75
Toprak ve Gübre Mikrobiyolojisi ve Laboratuvar Yaklaşımı / Leyla TARHAN, Metin TURAN, Fikrettin ŞAHİN	87
Mikrobiyal Gübrelemede Toprak Özellikleri ve Çevre Şartları / Serdar Bilen	95
Farklı Isıl Uygulamaların Vermikompost Kalitesi Üzerine Etkileri / Ayten NAMLI	103
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Mikrobiyal Gübre Çalışmaları / Songül Dalcı	109
Mikrobiyal Gübrelerin Mevzuattaki Yeri / Esin MERTOL	113
Mikrobiyal Gübre ve Bitki Koruma Ürünü Olarak Mikroorganizmaların Kullanımı / Ayşe AŞKIN, Yunus BAYRAM, M. Sena TURABİ	119
Laboratuvarcı Gözüyle Mikrobiyal Gübre / Gülcan AYDIN	125
Laboratuvarcı Gözüyle Mikrobiyal Gübre Gübre Üreticileri, İthalatçıları ve İhracatçıları Derneği / Levent GELGEÇ	131
Mikoriza’nın Türkiye’de Tanıtımı / Ahmet Ünlü	133
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünde Mikrobiyal Gübre Çalışmaları / Nesime CEBEL	137

ÖNSÖZ

Tarım sektörünün insan yaşamındaki önemi insanoğlunun var oluşundan günümüze kadar artarak devam etmektedir. Bilindiği üzere, toprak yenilenemeyen en değerli varlığımızdır. Diğer taraftan; doğadaki tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için doğrudan veya dolaylı olarak toprağa ve suya ihtiyaçları bulunmaktadır. Bu sayede insan yaşamının devamını sağlayan besin maddeleri tarım sektörü vasıtasıyla üretilmektedir.

Ülkemiz tarımsal üretim potansiyeli ve üretilen tarımsal ürünlerin çeşitliliği ile önemli bir tarım ülkesidir. Bu tarımsal ürünleri yetiştirirken kullanılan kimyevi gübrenin bilinçsiz ve aşırı kullanımı ekolojik dengenin bozulmasına ve insan sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilir tarımdan hedeflenen; devamlılık gösteren, verimli, kaliteli ve kâr sağlayan, çevreyle dost tarımsal üretimdir. Bu hedefe ulaşmada doğal kaynaklar ve çevreye zarar vermeyen kültürel uygulamaların kullanılması gerekmektedir. Bu bağlamda; toprak içerisinde bulunan ve topraktaki bitki besin elementlerini bitkinin kullanabileceği yararlı hale getirerek, daha az kimyasal gübre kullanımını sağlayan mikroorganizmaların kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Toprak verimliliğini artıran ve bitki gelişimine katkıda bulunan bu tip mikroorganizmalar, "biyogübreler" olarak adlandırılıp tarımda mikrobiyal aşı materyallerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır.

Kuruluş tarihi içerisinde tam 52 yıldan beri mikrobiyal gübreler konusunda çalışmalarına aralıksız devam etmiş olan Enstitümüzün Mikrobiyoloji Laboratuvarı 2014 yılında akredite olmak için yapmış olduğu başvurusunda denetçi gözlemlerinden geçmiş ve TÜRKAK onayını beklemektedir.

Her sektörde olduğu gibi bu konuda da mevcut durumun ortaya konması, teknoloji geliştirme, üretim, ithalat, analiz yöntemleri, piyasaya arz, mevzuat konularında karşılaşılan problemlerin tartışılıp çözüm odaklı fikirlerin geliştirilmesi ve uygulamaya konulması amacıyla düzenlenen çalıştayımıza yapacağınız her türlü katkı ve katılım önemli olacaktır.

Çalıştayımız 2 gün süresince 2 ana başlık altında ve 3 oturum şeklinde gerçekleştirilecektir. Çalıştayımız "Tartışma ve Genel Değerlendirme" ardından hazırlanacak olan "Sonuç Bildirgesi" ile son bulacaktır. Bu bildirgenin ülkemizdeki bilimsel çalışmalara ve sürdürülebilir tarım adına doğal kaynaklarımızın yerinde ve doğru bir şekilde kullanılmasına katkı sağlayacak farkındalığın oluşmasına hizmet etmesini temenni ederim.

Bu vesileyle tarımsal AR-GE ve üretim çalışmaları adına ülkemiz tarım sektörüne 60 yıldan beri büyük hizmet veren başta çalışma arkadaşlarıma ve sektör paydaşlarına teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Aynur ÖZBAHÇE

Enstitü Müdürü

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Mikrobiyal Gübre Olarak Kullanılabilecek Mikroorganizmaların Etki Mekanizmaları ve Özellikleri

Ramazan Çakmakçı

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum

GİRİŞ

Yüksek verim için fazla girdi kullanan tarım sistemleri çevresel problemlere ve doğal kaynakların tükenmesine yol açmaktadır. Kimyasal uygulaması ile ortaya çıkan hızlı üretim artışı giderek azalmakta ve sağlıklı bir tarım sistemi kaçınılmaz olmaktadır. Tarımsal kimyasalların kullanılmadığı temiz gıdaların üretimi, insanlığın ve doğal kaynakların geleceği için zorunlu hale gelmektedir. Çevre kirliliğinin önlenmesi ve tarımsal sürdürülebilirlik, kaynakların devamlılığının sağlanması, tarımsal maliyetin düşürülmesi ve organik tarım için azot fikseri, fosfat çözücü ve bitkisel hormon üretici bakteri kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bitki gelişmesini teşvik edici bakteriler tarım, bahçecilik, ormancılık ve çevrenin yenilenmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır. Serbest yaşayan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik mücadelede veya biyolojik gübre (BG) olarak kullanılan bakterilere bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriler (PGPR) adı verilmektedir. Bu bakteriler daha çok *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Chromatium*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine aittir. Son yıllarda bitkisel gelişmeyi teşvik edici ve artırıcı bakterilere ilave olarak bazı *Aspergillus* ve *Penicillium* gibi funguslarının biyolojik gübre olarak kullanımı üzerine yoğun araştırmalar yapılmakta ve olumlu sonuçlar alınmaktadır. Ancak, bu güne kadar yürütülen araştırmalarda özellikle *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Paenibacillus* cinslerine ait türlerin PGPR olarak öne çıktığı görülmektedir.

Biyolojik gübre (BG), tohuma, bitki yüzeyine veya toprağa uygulandığında rizosferde kolonize olan veya bitki dokularına giren, atmosferik azotu fikseden, toprak fosforunu ve bitki besin elementlerinin alımını ve bitkisel gelişmeyi artıran canlı, saf veya karışık mikroorganizma formülasyonudur. Biyolojik gübreler daha ucuz, bitkilere toksik etki göstermez, yeraltı sularını kirlilemez, toprak asitliğini artırmaz ve bitki gelişmesini olumsuz etkilemez. Biyolojik gübrelerin bitki gelişmesi ile ilgili en belirgin özellikleri simbiyotik ve simbiyotik olmayan azot fiksasyonu, bitki besin elementlerini kullanılabilir hale getirilmesi, toprak kökenli hastalıkların biyolojik kontrolü ve bitki gelişimini uyarıcı maddelerin salgılanmasıdır. Kimyasal gübre üretiminde önemli miktarda fosil enerji kullanılmakta, oysa biyolojik gübrelemede enerji gerçekte bedavadır. Genellikle bitki rizosferinden izole edilen bakteriler arasından aktif olan türler etkinlik ve ortam koşullarına adapte olabilmek özellikleri dikkate alınarak seçilmekte, tekli veya çoklu tür içeren biyolojik gübrelerde kullanılmak üzere saklanmaktadır. BG tohumlara kaplanmakta, kodlanmakta, fide, fidan, bitki yüzeyi veya toprağa uygulanabilmektedir. Aşırı kimyasal gübre kullanımının azaltılması için, potansiyel azot fiksasyon ve fosfat çözücü bakterilerin BG olarak kullanılması tarım ürünlerinde verimliliği artırmaktadır. BG rolünün artması ve yaygınlaşması, kimyasal gübre gereksinimini ve çevresel olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Ancak geniş çevre koşullarında yüksek etkinlik gösterecek özel bitki-mikroorganizma birleşimlerinin geliştirilmesi gereklidir. Biyolojik gübrelemede temel düşünce tarımsal sürdürülebilirliğin desteklenmesi, doğal kaynakların ve çevrenin korunması ve kalite-

sinin yükseltilmesi için kimyasal kullanımının azaltılmasıdır. Mevcut durumuyla BG tek başına tarım kimyasallarının yerini tutamamakta ancak kullanım oranlarını azaltmakta ve ekolojik tarımı desteklemektedir.

Bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriler (PGPR) birçok mekanizma ile gelişme ve büyümeyi etkilemektedir. Bu etki doğrudan ve dolaylı olmaktadır. PGPR ürettiği bitkisel hormon benzeri metabolit ve bileşiklerle gelişmeyi uyarmakta, dolaylı olarak verimi azaltıcı mikroorganizmaları baskı altına alma gibi rizosferdeki diğer faktörleri etkileyerek gelişmeyi teşvik etmektedir. İndol asetik asit gibi bitkisel hormonların sentezi, azot fiksasyonu, kök zarları geriliminin azaltılması, ACC deaminaz benzeri enzimlerin sentezi ile bitki hormon düzeylerinin ayarlanması, organik fosfatın mineralizasyonu ve inorganik fosfatın çözünürlüğünün artırılması ile fosfat alınabilirliğinin sağlanması gibi mekanizmalarla bitki gelişimi doğrudan bakteriler tarafından etkilenmektedir. PGPR patojenik bakterilere karşı antibiyotik üretimi, rizosferde fitopatojenlerin demir alımının azaltılması ve bitki kök ortamında zararlı mikroorganizmalar ile rekabete girme gibi dolaylı mekanizmalarla da bitkisel gelişmeyi artırmaktadır. Bakterilerin antibiyotik veya siderofor salgıları ile patojenik mikroorganizmaların kontrolü, dolaylı olarak bitki gelişimi teşvik etmektedir. Bitkisel üretim ve çiçeklenme bakımından bitki büyüme düzenleyicisi üretimi, kök uzunluğunun artırılması bakımından etilen sentezinin önlenmesi; biyokütle artışı ve besin alımının artırılması bakımından kök geçirgenliğinin artırılması; azot, kükürt ve fosfor P alımı bakımından organik maddenin mineralizasyonu; biyomas ve fosfor içeriği bakımından mikoriza ve funguslarla simbiyotik ilişkiler geliştirilmesi; bitki sağlığı bakımından sistemik dayanıklılığın teşvik edilmesi ve böcek ve zararlıların kontrolü mekanizmaları öne çıkmaktadır. Bu makalede PGPR etki mekanizmaları değerlendirilmiştir.

1. Bitki Gelişimi Üzerine PGPR Etki Doğrudan Mekanizmaları

1.1. Biyolojik Azot Fiksasyonu

Azot dünyanın hemen hemen tamamında noksanlığı duyulan ve üretimi sınırlayan temel bitki besin maddesidir. Tüm canlı formlarının temeli olan protein ve nükleik asitlerin esas kısmını azot oluşturur. Buna rağmen N_2 biyolojik sistemler tarafından doğrudan kullanılamaz. Azot mikrobiyal denitrifikasyon, toprak erozyonu, yıkanma, kimyasal buharlaşma olarak bilinen süreçler ve en önemli olarak araziden bitkisel artıkların içerdiği azotun uzaklaştırılması yoluyla sürekli tüketilmektedir. Bu nedenle tarım alanlarında azot rezervleri uygun bir bitkisel üretim düzeyinin sürdürülmesi için sürekli yenilenmelidir. Bazı mikroorganizma türleri, biyolojik azot fiksasyonu (BNF) ile atmosferik azotu (N_2) nitrogenaz enzimi yardımı ile kullanılabilir forma (NH_4^+) dönüştürmektedir. Mikroorganizmalar tarafından bitkisel gelişmenin teşvik edilmesinde temel mekanizma azot fiksasyonudur. Tarımda BNF'nin bedeli kimyasal gübrelere kıyasla daha düşüktür ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. BNF doğal ekosistemde çeşitli organizmalar tarafından gerçekleştirilir. Tarımda mümkün olduğu kadar kimyasal gübre kullanımının azaltılması ve bitki besin maddeleri sirkülasyonunun artırılması için mikroorganizmaların yaygın olarak kullanımı önemlidir.

Kültür bitkilerine bakterilerce azot sağlanmasının belirlenmesi için asetilen indirgenmesi, azot bilançosu ve ^{15}N dilüsyon ölçümleri yürütülmektedir. Bu metotlarla şeker kamışında BNF katkısının yılda 15-17 kg N/da olduğu ortaya konulmuştur. Global olarak 100-290 milyon ton/yıl arasında değişen karasal azot fiksasyonunun 40-48 milyon tonu tarla bitkileri, 83 milyon tonu ise endüstriyel olarak fiks edilmektedir. Gübre azotu imalinde önemli miktarda fosil enerji kullanılmasına karşın, BNF'nin gerektirdiği enerji fotosentez yoluyla sağlanmakta ve maliyeti bulunmamaktadır. Bu nedenle BNF çevre dostu yaklaşımlardan biri durumundadır. Yılda serbest yaşayan bakteriler hektara 15-170, asosiyatif bakteriler 36, siyanobakteriler 7-80, *Azolla/Anabaena* birlikleri

45-450, *Frankia* 2-362 ve *Rhizobium*-baklagil ortaklığı ise 24-584 kg azot katkısı sağlamaktadır. Çeltikte kullanılan fikse azotun çoğunluğunun PGPR tarafından sağlandığı ve alglerin BNF yoluyla hektara yılda 70 kg'dan fazla N fiksettiği hesaplanmıştır. PGPR şeker kamışında enerji kaynağı olarak sükrozu kullanabilmekte; şeker kamışı N ihtiyacının %60'ını (yılda 20 kg/da) karşılayabilmektedir. Azot gereksiniminin çeltikte %20-25, kallar çiminde %26, mısırdaki %60'ının BNF ile sağlandığı belirlenmiştir.

1.2. Organik ve İnorganik Fosfat Çözünürlüğü

Fosfor bitki gelişmesini sınırlayan temel elementlerdendir. Toprakta genellikle çözünemez formda olduğu için yüksek verim için alınabilir P genellikle yetersizdir. Düzenli olarak gübreleme yapılsa veya topraktaki miktarı yeterli olsa dahi, fosforun bitkilerce alım etkinliği düşük olmaktadır. Uygulanan çözünebilir inorganik P asit topraklarda Fe ve Al, kalkerli topraklarda ise Ca tarafından immobilize olmakta ve alınamaz forma dönüşmektedir. Genel olarak hakim fosfat formları asit topraklarda Fe ve Al bileşikler, kalkerli topraklarda ise Ca fosfatlar şeklindedir. İnorganik fosfatın çözünmesi ve organik fosfatın mineralizasyonu fosforu alınabilir forma dönüştürmektedir. Mineral fosfat çözünürlüğünün temel mekanizması organik asit üretimi olurken, asit fosfataz organik fosforun mineralizasyonunda önemli rol oynamaktadır. Fosfat çözücü bakteriler (PSB), organik asit salgıları ve farklı mekanizmalarla inorganik P çözünürlük ve alımını artırarak, bitki gelişmesini teşvik etmektedir. Fosfat çözücü bakteriler tarafından salgılanan asitler arasında en yaygın olan fosfat çözücü glukonik asittir. Özellikle 2-ketoglukonik asit, laktik, izovalerik, izobütirik ve asetik asit karışımları; glikolik, okzalik, malonik ve succinik asit; asetat, laktat, oksalat, tartarat, succinat, sitrat, glukonat, ketoglukonat ve glikolat; sitrik, glutamik, succinik, laktik, okzalik, maleik, fumerik, tartarik, ketobütirik, sülfürik, nitrik ve karbonik asit gibi organik asitlerin fosfat çözücü bakteriler tarafından üretildiği bilinmektedir. Mineral P çözünürlüğünde PSB'nin ürettiği organik asit ve benzeri metabolitler önemli rol oynamaktadır. Toprak pH'sı azaldıkça fosfat minerallerinin çözünmesi artmakta, ancak çözünürlüğün tek nedeni asit üretimi olmamaktadır. Bazı durumlarda pH'daki düşüşle mineral fosfatların çözünürlüğü arasında korelasyon bulunmamakta, ancak çoğunlukla fosfat çözünürlüğü ile pH arasında doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır. Fosfat çözme PSB tarafından organik asit üretimi ve proton uzaklaşması dahil çeşitli mikrobik süreçler veya mekanizmaları aracılığıyla gerçekleşir. Asit üretici PGPR fosfat kayalarının çözünürlüğünü artırmaktadır. PSB tarafından Fe ve Al fosfatların çözünmesi P iyonlarının emilimini kolaylaştırmak için adsorbe yüzeylerinin negatif yükünü azaltarak PSB tarafından proton salınması yoluyla meydana gelmektedir. Karboksilik asit Al ve Fe fosfatların çözünmesinde temel rol oynar. PGPR tarafından bitki gelişimini teşvik mekanizmalarından biri P çözücülüğüdür ve PSB bitki gelişmesini teşvik etmekte, N, P, K ve Fe alımını artırmaktadır.

Çoğu toprakta organik P toplam fosforun % 30-50' sini meydana getirmektedir. Organik P genellikle inositol fosfat, fosfomonoester veya fosfolipit, nükleik asit ve fosfotriester şeklinde bulunmaktadır. Organik P bitkiler tarafından alınabilmesi için inorganik fosfora hidrolize olması gereklidir. Çoğu organik P bileşiklerinin mineralizasyonu fosfataz enzimi yoluyla meydana gelmektedir. Toprak organik P mineralizasyonu için temel mekanizma mikroorganizmalarca asit fosfatazların üretimidir. Topraklarda önemli miktarda fosfataz enzimi ve mikrobiyal fosfataz bulunduğu ve hücre dışı toprak fosfatazlarının en büyük kısmının mikrobiyal popülasyondan kaynaklandığı bilinmektedir. Fosfataz enziminin yol açtığı organik fosfat çözünürlüğü, organik fosforun mineralizasyonu olarak adlandırılmakta ve topraktaki P içeren bitkisel ve hayvansal artıkların yıkımını ifade etmektedir. Bu yolla P çözücü bakteri veya funguslar organik P alınmasını artırmaktadır. *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinslerine ait türler önemli düzeyde asit fosfataz aktivitesi göstermektedir. Toprakta fosfataz aktivitesinin temel kaynağının mikrobiyal orijinli ol-

duğu düşünölmekte ve rizosferde fosfataz aktivitesinin arttığı bilinmektedir. Rizosferdeki bakteri topluluğu arasında *Pseudomonas* ve *Bacillus* türleri etkin fosfat çözücüler olarak öne çıkmaktadır. Bitki kökleri veya mikroorganizmalarca asit veya alkalın fosfataz ve siderofor üretimi, organik anyonların salınması, toprak organik fosforunun hidrolizi veya organik artıklardan P ayrılması organik fosforun kullanılabilir hale gelmesinde önemlidir. *Penicillium* ve *Aspergillus* fungusları ile birlikte *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Enterobacter* cinslerine ait bakteri türlerinin ve özellikle *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis*, *P. polymyxa*, *B. sircalmous* ve *Pseudomonas striata* türlerinin en yaygın fosfat çözücüler olduğu bildirilmiştir. Bakteriler dışında fungus ve aktinomisetlerin de fosforu yarıyışlı hale getirdiğı bilinmektedir. Fosfat biyolojik gübrelemesinde başarı inokulumun kalitesi, bitki çeşidi, kültür koşulları, toprak özellikleri, sıcaklık, nem rejimi, toprak yapısı, aşılama ve uygulama tekniğı, kullanılabilir maddelerin alınabilirliğı ve gübreleme düzeyine bağılı bulunmaktadıdır.

1.3. Bitkisel Hormon Üretimi

Bitkisel hormonlar bitki gelişimini düzenleyici (plant growth regulators: PGR) olarak adlandırılmakta ve bitki gelişimine etkileri bilinmektedir. Toprak mikroorganizmaları ve özellikle rizosfer mikroflorası PGR için önemli bir kaynaktır. Bakterilerce bitkisel hormon üretimi bitki gelişimini etkileyen temel mekanizmalardan biridir. PGPR sitokinin, gibberallin, oksin, etilen ve ACC deaminase üretebilmektedir. Mikrobiyal sekonder metabolit üretimi bitki gelişimine yardımcı olmakta, besin elementlerin alımını artırmakta, bitki hassasiyetini değiştirebilmekte, patojenlerin kontrolü ile bitki sağlığını geliştirmekte, hastalıklara sistemik dayanıklılık oluşturabilmekte ve bitki tesisini güvence altına almaktadır. Bakterilerce auksin/sitokinin oranlarının değiştirilmesi, kök gelişmesini teşvik etmektedir. PGPR tarafından oksin, sitokinin ve gibberellin gibi bitki gelişimini düzenleyici maddelerin salgılanması ve biyolojik olarak nitrojen fiksasyonu köklerin metabolik aktivitelerini artırmaktadır. Bakterilerce bitki büyüme düzenleyicilerinin üretimi ve salgılanması bitki bünyesinde bulunan büyüme düzenleyicilerinin miktarında değişikliklere neden olmakta ve bazı faktörlere bağılı olarak değişmektedir. Bu faktörler;

Bitki büyüme düzenleyicisinin konsantrasyonu,

Bakterilerin kök yüzeyine yakınlığı,

Gelişme düzenleyicinin toprak içinde, bitki hücre duvarları ve bitkinin hücreleri içinde veya dokularında yayılma yeteneğı,

Bakterinin kök salgı bölgesinde canlı kalma ve kolonize olabilmekdeki rekabet üstünlüğü.

1.3.1. Oksinler

PGPR oksin hormonu üreterek hücrelerin uzamasını, hücre bölünmesini ve başkalaşmasını teşvik etmektedir. Fizyolojik aktif en yaygın auksin indol asetik asit (İAA) olup hücre uzaması yoluyla gelişmeyi hızla teşvik etmekte hücre bölünmesi ve farklılaşmasında rol oynamaktadır. Oksinler hücre uzaması, hücre bölünmesi, apikal dominans, kök başlangıcı, vasküler doku başkalaşması ve etilen biosentezinde rol oynamaktadır. İAA üretici PGPR aşılması kök uzaması, kök morfolojisi, lateral köklerin formasyonu ve köklerin mineral maddeleri alımını etkilemektedir. Bakteriyel İAA üretimi, buğday köklerindeki P, Mg ve N oranını arttırmakta ve kök morfolojisini etkilemektedir. Bakteriyel oksin üretimiyle bitki gelişimi arasında yüksek pozitif korelasyon olduğı bilinmektedir. Bakteriler İAA, gibberallin, sitokinin ve etilen üretebilmekte ve baklagil-rizobium işbirliğinde rol oynamaktadır. Özellikle azot fiksasyon yeteneğı olan bakterilerin İAA ve ilgili bileşikleri ürettiğı

belirlenmiştir. İAA üretimine ilave olarak *P. polymyxa* ve *Azospirillum* sp. bakterilerinin indol bütirik asit (İBA), triptofan (Trp) ve Triptofol veya indol-3-etanol gibi bileşiklerle bitki gelişimini dolaylı olarak etkileyebildiği ortaya konulmuştur. İBA kök başlangıcını teşvik edici olarak kullanılmakta, Trp ise bitki köklerinde iç İAA sentezini artırmaktadır. Faydalı bakteriler İAA ilave olarak indol-3-piruvik asit, indol-3-bütirik asit ve indol laktik asit oksinlerini de üretebilmektedir. İAA üretici bakteri aşılama ları, bitkilerde N, P, K, Ca ve Mg alımını ve bitki gelişmesini artırabilmektedir. İAA üretici bakteri izolatları köklenme ve kök kuru madde miktarını artırabilmekte, çelik köklenmesini teşvik ederek bitki gelişmesini olumlu etkilenmektedir. Mikrobiyal İAA çimlenmeyi teşvik etmekte ve özellikle erken dönemdeki fide ve bitki gelişmesini olumlu etkilemektedir.

1.3.2. Sitokininler

Kararsız bileşiklerden olan sitokininlerin tanı ve ölçümü zor olup, hücre bölünmesi ve kök gelişimini ve kılcal kök formasyonunu etkilemektedir. Sitokininler köklerden gövdeye taşınmakta ve bitki gelişimini teşvik etmektedir. Bakteriyel sitokinin üretimiyle bitkisel verim ve gelişmenin artacağı vurgulanmıştır. Bitki ve bitki-mikroorganizma birliklerinde otuzun üzerinde sitokinin grubu bileşik bulunmuştur. *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *P. polymyxa* gibi bakterilerin sitokinin ürettiği rapor edilmiştir.

1.3.3. Giberallinler

Bitkide gövde uzamasını teşvik eden GA, özellikle *P. polymyxa*, *A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. diazotrophicus*, *H. seropedicae*, *B. pumilus* ve *B. licheniformis* bakterilerince sentezlenmektedir. Bakterilerce üretilen gibberellinlerin farklı bitkilerde kılcal kök yoğunluğunu, adventif kök uzunluğu ve sayısını artırdığı ortaya konulmuştur. PGPR GA üretimiyle tahıllarda erken dönemde gelişmeyi teşvik etmekte; tuz ve ozmotik stres koşullarında su noksanlığı etkisini azaltabilmektedir. Özellikle bazı *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerinin İAA ile birlikte GA, ACC deaminaze ve sitokinin üretebildiği bilinmektedir. PGPR tarafından gibberallin üretimi ile ilgili yayınlar yetersiz olmakla birlikte *Bacillus pumilus* ve *Bacillus licheniformis* tarafından yüksek düzeyde üretildiği ortaya konulmuştur.

1.3.3. Diğer Bitki Gelişme Promotörleri

Etilen bitkinin fizyolojik süreçlerini etkileyen diğer bir büyüme düzenleyici olarak PGPR tarafından üretilir ve etilen seviyesi değiştirilebilmektedir. Etilen büyüme, gelişme, savunma ve bitkinin strese yanıt vermesinde rol oynamaktadır. Işık, sıcaklık, tuzluluk, patojen saldırısı ve beslenme durumu gibi faktörler farklı etilen seviyeleri ile etkilenmektedir. Olgunlaşma için etilen seviyesinin artırılması mekanizmaları kullanılırken, bitki gelişmesinin teşvik edilmesi için özellikle etilen düzeyini azaltıcı PGPR kullanımı ön plana çıkmaktadır. PGPR kullanılarak etilen düzeyinin azaltılması bitkide bazı fizyolojik süreçleri iyileştirmek için önemli bir araştırma alanı ve yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bitki etilen düzeyinin azaltılması bitkilerin strese dayanma, nodül oluşumu ve mikoriza formasyonunda öne çıkan konular arasındadır. Özellikle bitki büyümesinin ilk aşamalarında PGPR tarafından etilen düzeyinin geçici olarak azaltılması faydalı olmaktadır. Birbirleri ile ilişkili büyüme düzenleyiciler olarak etilen ve oksinler arasındaki denge ve köklerin yapı ve fonksiyonu oksin üretici ve ACC parçalayıcı bakterilerin tarımda önemini artırmaktadır.

1.3.4. Aminosiklopropan Karboksilat Deaminaze (ACCD) Üretimi

Bakteriler, ACC deaminaze üretebilme özellikleriyle bitki köklerindeki etilen miktarını azaltarak kök uzama ve gelişmesini teşvik etmektedir. Bakteriler bazı enzimlere etki ederek bitkilerde moleküler düzeyde bazı fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bu enzimler içinde 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC)



deaminaze bitki etilen hormonunun ayarlanması ile bitki büyüme ve gelişimini değiştirmede önemli rol oynamaktadır. Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler; bitki besin kaynağı sağlanmasına ilave olarak, ACC deaminaze aktivitesi yoluyla bitki etilen düzeyini azaltarak, bitki gelişmesini doğrudan teşvik etmektedir. ACC deaminaze içeren bakteriler stresin neden olduğu etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Etilen bitkiler için önemli olmakla birlikte, stresin teşvik ettiği aşırı etilen gelişmeyi engellemektedir. Biyotik ve abiyotik stres koşullarına tepki olarak köklerdeki etilen üretimi artmaktadır. Yüksek miktarda etilen kök gelişimini engellemekte ve anormal gelişmeye neden olmaktadır. Bitkiler stres koşullarına maruz kaldığında genellikle “stres etileni” üreterek strese yanıt verir. Etilen stresin bir parçası olarak kök uzamasını, yumrucuk oluşumunu ve oksin taşınmasını engellemekte, bitki yaşlanması ile yaprak yaşlanma ve dökülmesini hızlandırmaktadır. Aminosiklopropan karboksilat deaminaze köklerdeki ACC’yi α -ketobütrat ve amonyuma dönüştürerek, birçok mekanizma ile bitki gelişimini engelleyen, etilen üretimini kontrol edebilmektedir. ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakteri uygulanan bitkiler özellikle düşük etilenden dolayı oransal olarak daha fazla kök geliştirmekte ve stres koşullarına daha dayanıklı olmaktadır. ACC deaminaze içeren bakteriler, farklı bitkisel süreçleri engelleyen etilen miktarını azaltmak, hücre çoğalmasına katkı yapmak ve bitki etilen seviyesi ve ACC sentez enziminin olumsuz etkisi olmaksızın kök ve gövde uzamasını sağlamak suretiyle, bitki gelişmesini olumlu etkilemektedir. Bitki gelişmesindeki artışın; bakteriyel ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakterilerin ACC’yi hidrolize edebilme özellikleri dolayısıyla dahili etilen miktarını azaltmaları sonucu, etilenin gelişmeyi engelleme özelliğinin ortadan kalkmasından kaynaklandığı yönünde bulgular ortaya konulmuştur.

Aşırı su, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, ağır metal ve tuzluluk gibi stres faktörleri bitki “stres etileni” miktarını artırmaktadır. Abiyotik stres koşullarında oluşan stres etileninin azaltılmasında en etkin strateji ACC deaminaze üretici PGPR kullanılmasıdır. Bitkiler ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakterilerle birlikte yetiştirildiğinde, bakteri ACC için alıcı işlevi görmek ve bitki etilen düzeyini azaltmaktadır. Bu yola laboratuvar ve tarla koşullarında ACC deaminaze aktivitesi gösteren PGPR kullanılarak yürütülen araştırmalarda; bitki gelişimini engelleyen strese karşı bitkilerde korunma sağlanmaktadır. ACC deaminaze aktivitesine sahip bakteriler kullanılarak tuzluluk ve kuraklık stresi başta olmak üzere, su basması veya aşırı su, sıcaklık stresi, patojen stresi, ağır metal stresi, organik kirlenici stresi, hava kirliliği stresi ve rizobiyal enfeksiyonlara karşı belli ölçüde koruma sağlanabilmektedir. Stres etileninin azaltılması ile stres koşullarına bitki dayanıklılığı artırılabilir ve çiçeklerin solmasının geciktirilmesi sağlanabilmektedir.

1.5. Besin Alımının Artırılması

PGPR farklı mekanizmalarla mineral alımını teşvik etmektedir. Ancak bitkilerce mineral alımı artışının, normal iyon alım mekanizması ile değil; kök sayısı, kök kalınlığı ve uzunluğu tarafından oluşturulan kök sisteminin hacim artışından kaynaklandığı sanılmaktadır. Yüksek K ve Fe alımının kök kalınlığı, yüksek P alımının kılcal kök uçları ile ilişkili olduğu, *Bacillus* izolatları arpa fidelerinde N, P, Mn, Zn ve Cu içeriğini, *Azospirillum* türlerinin ise bitki N, P ve K alımını artırdığı bildirilmiştir. Bakterilerce lateral kök sayısının artması ve kök uçlarının genişlemesi kök yüzey alanını artırmakta ve bitkinin daha fazla su ve besin alımına neden olmaktadır. Bakteri aşılamaalarının zar aktivitesini ve kökte proton akımını etkilediği; bakteriyel nitrat redüktazın aşılınmış bitkide N asimilasyonunda rol oynadığı belirlenmiştir. Demir PGPR siderofor üretimi yardımıyla mikrobiyal hücrelerce alınabilir forma dönüşmekte ve bitkilerce alınması artabilmektedir. Bakterilerce besin elementi alımı ve diğer mekanizmalarca bitki gelişmesinin teşvikinin nitrojen fiksasyonundan farklı mekanizmalarla daha çok ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

1.6. Siderofor üretimi

Bitkiler demir alımında PGPR tarafından üretilen siderofordan yararlanabilmektedir. Demir yeryüzünde en bol bulunan minerallerden biri olmasına rağmen mikroorganizmalar tarafından asimilasyonda doğrudan kullanılamaz. Rizosfer gibi farklı mikro-çevrelerde mikrobiyal asimilasyon için gerekli demir alınabilirliği son derece sınırlıdır. Bunun nedeni, topraklarda demirin, çoğunlukla Fe^{+3} formunun çözünürlüğü düşük olan oksidihidroksi polimerlerin temel bileşeni olarak bulunmasıdır. Bununla birlikte bakteriyel siderofor, demir alımının önemli ölçüde sınırlı olduğu alkalın ve kireçli topraklarda bitkiler için demirin önemli bir kaynağı durumundadır. Demirin sınırlı olduğu koşullarda PGPR, demir iyonu rekabeti kazanmak için, düşük molekül ağırlıklı siderofor bileşiklerini üretmektedir. Bu tür ortamlarda hayatta kalmak için organizmalar ferrik demiri bağlamak ve alınabilir hale getirmek için siderofor salgırlar. Bitki gelişmesinin teşvik edilmesinde demir bağlayıcı sideroforün rolü bilinmektedir. Mikrobiyal siderofor üretimi mineral fazdaki demirin serbest hale gelmesi ve alınabilir forma dönüşmesini sağlar. Özellikle bazı *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Pantoea*, *Rahnella* ve *Bacillus* türlerinin siderofor ürettiği bilinmektedir. Bakteri mantarlar tarafından salgılanan sideroforun bazı PGPR tarafından kullanılabildiği, özellikle doğal ortamlarında demir alımını artırmak için *Pseudomonas putida* strainlerinin diğer rizosfer organizmaları tarafından üretilen sideroforu kullanabildikleri ortaya konulmuştur. Bakteriler tarafından siderofor üretimi mineral elementlerin serbest kalması ve alımı başta olmak üzere, faydalı bakterilerin canlılık yeteneği, asimilasyon, antibakteriyel etki, nodülasyon, azot fiksasyonu ve biyolojik kontrol etkisi vardır. Azot fiksasyonu ve asimilasyonda demirin temel rol oynaması nedeniyle bakteriler tarafından siderofor üretimi ve kullanımı önemlidir.

1.7. Antioksidan Enzimlerinin ve Strese Dayanıklılığın Artırılması

PGPR kuraklık ve oksidatif strese dayanıklılık ve su kullanımını artırabilmektedir. PGPR şeker pancarı gibi bitki yapraklarında oksidatif strese karşı savunma mekanizmasını geliştirmekte; bitkilerde süperoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz aktivitesiyle klorofil ve karotenoid içeriğini artırmaktadır. Oksidatif strese dayanıklılıkla bağlantılı antioksidan enzim aktivitesi PGPR tarafından artırılabilir. Strese karşı bitki dayanıklılığının artırılması için alternatif bir yaklaşım ise bitki antioksidan enzimlerinin bakteriler kullanılarak artırılmasıdır. Nitekim bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin, ıspanak yapraklarında oksidatif pentoz fosfat yolu (6PGD ve G6PD) ve antioksidan (GR ve GST) enzimleri ile birlikte bitki gelişiminin artırılabilirliği ortaya konulmuştur.

1.8. Vitamin Üretimi

Yeşil bitkiler uygun koşullarda yeterli vitamin sentezlediği; kuraklık, uygun olmayan sıcaklıklar, mineral noksanlığı gibi stres koşullarında vitamin eksikliği görüldüğü ve verimin olumsuz etkilendiği kabul edilmekte ancak, vitamin üretici bakteri aşılmasıyla gelişimin teşvik edilmesi konusunda yeterli bulgu bulunmamaktadır. *Azotobacter* ve *Azospirillum* türlerinin B grubu niasin, pantotenik asit, tiamin, riboflavin ve biotin sentezlediği bilinmekle birlikte bitki gelişiminde vitamin etkileri araştırılmamıştır. Vitamin üretici bakteri aşılmasıyla gelişimin teşvik edilmesi konusunda yeterli bulgu bulunmamaktadır.

1.9. Toprak Agregasyonu

Bazı PGPR izolatları ürettikleri polisakarit gibi maddelerle strüktür ünitelerinin oluşumu, daha fazla por strüktür oluşumu ve agregat dağılımını olumlu etkilemektedir.

2. Bitki Gelişimi Üzerine PGPR Dolaylı Etki Mekanizmaları

Bakteriler, organik ve mineral fosfat çözünürlüğü ve diğer bitki besin maddelerinin mineralizasyonu ve alımını artırabilmekte ve siderofor, 1,3 glukanaz, kitinaz, antibiyotik ve siyanit üretimiyle patojenik mikroorganizmalara karşı etki göstererek dolaylı olarak bitki gelişmesini teşvik edebilmektedir. PGPR antibiyotik, fungusidal bileşikler ve siderofor üreterek oluşturduğu besin rekabeti, veya patojenlere karşı sistemik dayanıklılığı teşvik ederek, dolaylı yollardan patojenik organizmaların zararlı etkilerini azaltmakta veya önlemektedir. Ayrıca diğer faydalı organizmalarla etkileşerek bitkileri dolaylı yollardan etkilemektedir. Bakteriler toprak kökenli patojenlere karşı farklı mekanizmalarla antagonistik etki göstermektedir. Örneğin PGPR bakteriyel siderofor üreterek demir alımı rekabeti nedeniyle patojenleri baskılamaktadır. Özellikle fitopatojenik mantarlara karşı bakterilerin antagonistik etki gösterdiği ve mikrobiyal orijinli antibiyotik, enzim, hidrolitik enzimler, siderofor, hidrojen siyanür (HCN), katalaz, bakteriosin, toksik maddeler, uçucu madde ve benzeri maddeler ürettiği bilinmektedir. Biyolojik gübre olarak kullanılan *B. subtilis*, *B. megaterium*, *P. fluorescens*, *P. putida* ve *P. corrugata* türlerinin bazı strainleri antifungal maddeler üretebilmekte ve zararlı funguslara karşı etkili olabilmektedir. Özellikle bazı *Pseudomonas* türlerinin HCN ve siderofor üretimi ile bitki sağlığını korumada etkin olduğu ortaya konulmuştur. Patojenler tarafından salgılanan moleküllerin hidrolizi bitki ve rizosfer sağlığı bakımından önemli bir mekanizma olmakla birlikte bu konuda araştırmalar yetersizdir.

Antibiosis: Bakteriler tarafından antibiotik üretimi patojen fungus ve bakterilere karşı antibiotik etkisi göstermektedir. Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerce üretilen 2,4 diasetilfloroglusinol, fenazin bileşikler, fenazin karboksilik asit, fiyronitrin ve fiyloterin biyolojik kontrolde önemlidir. Ayrıca hidrojen siyanit (HCN) PGPR tarafından üretilen anti-fungal sekonder metabolitlerden biridir. Fenazin antibiyotikleri patojenlere karşı etkin sekonder bileşiklerdendir. *P. fluorescens* tarafından üretilen viskonsinamid gibi lipopeptitler *Pythium* ve *R. Solani* gibi hastalıklara karşı koruma sağlayabilmektedir. *Bacillus* türleri tarafından üretilen antibiotikler özellikle funguslara karşı etkin olabilmektedir. Tarım sistemlerinde yaygın olan bakterilerden *B. subtilis* türünün bazı strainleri önemli bir antibiotik üretici olarak bitki köklerine kolonize olarak, antifungal maddeler üretmekte ve özellikle toprak patojenlerine karşı etkin olmaktadır.

Köklere kolonize olma: Faydalı mikroorganizmaların köklere kolonize olmaları patojenlerin kontrolü ve bitki verimliliğini artırmanın temel yollarından biridir. Kolonize olmanın temel bileşeni inokulasyondan sonra organizmanın canlılığını sürdürebilmesi için, tohum etrafındaki salgılara yanıt olarak çoğalması, kök yüzeyine tutunma ve gelişmekte olan kök sistemine yerleşmedir.

HCN üretimi: Siyanür bakteriler tarafından üretilen toksik özelliklere sahip bir kimyasaldır. Genel olarak bakteri, alg, fungus, bitki ve böcek dahil birçok organizma tarafından metabolik inhibitör olarak sentezlenmekte, işlev yapmakta ve rekabetin ve beslenme engelini aşılması için kullanılmaktadır. Siyanit üretici bakteriler aşılandığı bitki türünü olumsuz olarak etkilemezken, yabancı otları kontrol edebilmektedir. Bazı bakteriler tarafından sekonder metabolit olarak üretilen hidrojen siyanit, kök metabolizması ve gelişmesini olumsuz olarak etkilemekte, yabancı otların biyolojik kontrolünü sağlayan potansiyel çevre ile uyumlu bir biyolojik mekanizma olarak değerlendirilmektedir. Yakın zamanda yürütülen araştırmalarda HCN üretiminin bitki tesisinin oluşturulmasında faydalı olabildiğini ve HCN üretiminin bitki gelişmesine katkısı yaptığı ortaya koymuştur. Nitekim nohut rizosferinden izole edilen birden fazla bitki gelişmesini teşvik edici özellikte olan bakterilerin, ilaveten HCN üretimi ile birlikte bitki gelişmesini, doğrudan ve dolaylı olarak veya sinerjistik olarak teşvik ettiği ortaya konulmuştur.

Antifungal madde üretimi: Biokontrol mekanizmaları olarak genellikle kök kolonizasyon, parçalayıcı paratizim, antibiyosis veya rekabetçi antagonizm öne çıkmaktadır. Patojenik olmayan mikroorganizmaların antibiyotik üretiminin diğerleri üzerine biostasis ve biosidal etki göstermesi olarak tanımlanabilecek antibiosis (1); ortam, gelişme ve besin maddesi için mikroorganizmalar arasındaki etkileşim olarak rekabet (2); patojen olmayan organizmaların toprak patojenleri üzerine doğrudan parazitik etkilerini ifade eden parazitizim (3); belli organizmalar tarafından toksik maddelerin metabolize edilmesi olarak tanımlanan detoksifikasyon (4) ve mikroorganizmalarca üretilen bileşiklerin belli metabolik yollarla diğerlerini engellemesi anlamı taşıyan inhibisyon (5) gibi mekanizmalar toprak mikrobiyolojik dengesini ve bitki sağlığını korumakta ve bitkisel gelişmeyi etkilemektedir.

PGPR tarafından antifungal metabolitlerin üretimi önemli bir biyolojik kontrol mekanizmasıdır. Genel olarak, salgılanan metabolitlerin etkinliği antagonistik faaliyetler ve rizosferde rekabet için avantaj sağlar. Patojenlere karşı bakteriyel antagonizmin mekanizması gıda için rekabet, antibiyotik ve toksin üretimi ve hücre duvarlarını bozucu-parçalayıcı enzimleri kapsar. Nitekim, β -1,3-glukanaz, selülazlar, proteazlar, lipaz, kolajenaz ve kitinazlar gibi hücre duvarlarını parçalayıcı enzimler patojenik funguslara karşı biyo-kontrol ajanlarının antagonistik aktivitesini oluşturur. Diğer mekanizmalara ilave olarak selülöz, nişasta, lipid ve ligninleri parçalayan enzimleri üreten bakteriler de biyolojik kontrol amacıyla kullanılabilir. Bazı PGPR izolatları patojenik mantar gelişmesini önleyen 2,4-diasetil phloroglucinol gibi anti-fungal antibiyotikleri üretebilmekte, bazı *Fusarium* türleri tarafından üretilen fusarik bileşikleri parçalamakta ve ürettikleri kitin ve laminarinaze yardımı ile fungus misel gelişimini engelleyebilmektedir. PGPR diasetil floroglukinol ve fenazin bileşikleri ile fungal hastalıkları önlemektedir. Bakteriler tarafından antifungal maddeler, siderofor ve antibiyotik sentezi dışında patojen gelişmesini engelleyici diğer bazı mekanizmalara daha sahip olduğu bilinmektedir. Bunlar:

1. *Pseudomonas* benzeri bazı bakterilerin hidrojen siyanit sentezlemeleri ve bu yolla mantar gelişimini engellemektedir,
2. PGPR türleri *Fusarium* enfeksiyonunda bitkiye zarar veren fusarik asit bileşiklerini hidrolize ederek, fungusların neden olduğu bitki hastalıklarını önleyebilmektedir,
3. Bazı bakteriler fungus gelişimini önleyici enzim salgılayabilmektedir,
4. Bazı bakteriler mantar misellerine zarar verebilmekte *Rhizoctonia*, *Sclerotium* ve *Pythium* patojenlerinin neden olduğu hastalıkların oranını azaltmaktadır.
5. PGPR kök yüzeyinde besin elementleri bakımından rekabete girerek bitkileri patojenlerden korumaktadır.
6. Bitki ve tohumların PGPR ile aşılınması uzun dönemde hastalıklara neden olan funguslara karşı geniş etkili bir sistemik dayanıklılığa neden olmaktadır,
7. *Pseudomonas* benzeri bakterilerle hedef doğal mikroflora arasındaki antibiyosis ve rekabete dayalı antagonistik interaksiyon ortaya çıkmaktadır,
8. Bakteriyel antibiyotik üretimi bazı patojenlerin çoğalmasını engellemekte ve biyokontrolünde rol oynamaktadır,
9. Karışık kültürlerdeki mikrobiyal etkileşim bazı türleri desteklerken bazı türlerin bastırılması ve yok olmasına neden olmaktadır.

Bitkisel gelişmenin dolaylı olarak teşvik edilmesinin bilinen bazı mekanizmaları aşağıda verilmiştir:

1. Antibiyotik üretimi
2. Antifungal metabolitlerin sentezi,
3. Patojenler tarafından salgılanan moleküllerin hidrolizi
4. Rizosferde demirin tüketilmesi
5. Fungus hücre duvarlarını hidrolize edebilen yıkıcı enzim üretimi
6. Bitki köklerine yerleşme bakımından zararlı mikroorganizmalarla rekabet
7. Rizosferde bitki patojenlerinin demir alımının azaltılması
8. Sistemik dayanıklılık
9. Siderofor, antibiyotik, hidrojen siyanit ve hücre duvarlarını yıkan enzimler,
10. Siyanhidrik asit sentezleyerek antipatojenik etki gösterme
11. PGPR tarafından üretilen ve patojenlerin gelişme ve aktivitesini azaltan metabolitler vs.
12. Rizobium ve mikorizalar ile simbiyotik ilişkiler geliştirilmesi
13. İlave olarak PGPR birçok mekanizma ile biyolojik kontrol özelliği göstermektedir.

Ekosistemlerin İyileştirilmesi ve Diğer PGPR Kullanım Alanları

PGPR ekosistemlerin iyileştirilmesi başta olmak üzere, toprak stabilizatörü bitkilerin gelişmesinin teşvik edilmesi, bitkilerin su baskını stresinden kurtarılması, asidik ve kontamine olmuş alanlarda gelişmenin teşvik edilmesi, yüksek sıcaklık stresine karşı bitkinin korunması, metal alımının artırılması ve bitkisel tedavi teknolojisinde kullanılmaktadır. Mikroorganizmalar pestisitlerin değiştirilmesi, tehlikeli hidrokarbonların karbon-dioksit ve suya dönüştürülmesi gibi sınırsız sayıda organik kirleticiyi parçalamaktadır. İyileştirme, zararlı kimyasalların daha az toksik veya toksik olmayan bileşiklere dönüştürülmesi ve temiz bir ekosistem oluşturulması amacıyla kullanılacak uygulamaları kapsamaktadır. İyileştirme teknolojisinde fiziksel, fizikokimyasal veya biyolojik olmak üzere üç temel ilke bulunmaktadır. Kirleticilerin özel olarak yok edilmesi için bakteri ve mantar enzimlerinin veya mikroorganizma ve bitkilerin kullanımı organik tarımın dayandığı iki önemli ilke durumundadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyolojik azot fiksasyonu yaygınlaştıkça ve fonksiyonu artıkça, gübre azotu ihtiyacı ve çevreye olumsuz etkileri azalacaktır. Gelecekte farklı çevre koşulları ve bitkilerde hangi bakteriyel özelliklerin kullanılacağı ve uygun PGPR seçim ve formülasyonu açıklıkla tanımlanmalıdır. Kombine uygulamaların bitki gelişimine etki ve interaksiyonlarının biyokimyasal temellerinin ortaya konulması gereklidir. Bakteriyel bitki hormonu üretimi ve BNF, bitki gelişiminde iki önemli etken olmakla birlikte, bunların bitki gelişiminde temel rol oynadığını söyleyebilmek için hala bazı engel ve sorunlar bulunmaktadır. Örneğin hormon üretiminin rizosferde ne ölçüde meydana geldiği ve bu sürecin nasıl düzenlendiği tam olarak bilinmemektedir. PGPR tarafından fiks edilen N katkısının önündeki asıl engel, bitkiye fiks edilmiş N transferinin olmayışı veya yetersiz oluşudur. Nitrojenaz sentezi ve aktivitesinin amonyum tarafından engellenmesi mekanizmasının düzenlenmesi, amonyumun varlığı

ğında bile daha yüksek BNF'ye imkan verebilir. NH_4^+ atılmasının artırılması, amonyum taşınmasını kodlayan genlerin manipasyonu, Fe ve Al fosfatların mikrobiyal olarak çözünürlüğü ve organik P rezervlerinin mobilizasyonu üzerinde araştırmalara gereksinim vardır.

PGPR uygulanmasında kültür metodunun basit, ucuz ve taşınabilir olması, yüksek metabolik aktivite göstermesi ve uzun süre depolanabilir özellikte olması gereklidir. Organik artıklar bakteri sayısını ve P çözünürlüğünü artırabildiğinden, PGPR etkinliğinin artırılabilmesi için organik enerji kaynaklarının kullanımı ve türlerin düşük rekabetle yaşama ve rizosfere yerleşmelerinin sağlanması gereklidir. Rizosfer-PGPR interaksyonu ve rizosferde PGPR ekolojisi mekanizması ile karışık kültürlerdeki çoklu etkileşimlerin araştırılması, sürdürülebilir tarım sistemlerinin geliştirilmesinde önemlidir. Gelecekte bitki yüzeyleri ve bakteri ilişkileri, bakterilerle bitki genotipi arasındaki ilişkiler, çevresel uyumluluk ve etkin türlerin izolasyonu çalışmaları artırılmalıdır. Kent sularının temizlenmesi, nitrat redüktaz aktivitesi gösteren organizmaların kullanımı, toksik fabrika artıklarının temizlenmesi, vitamin üretimi, selülotik bakterilerle selülozun parçalanması önemli adımlar olacaktır. Tarım alanlarında uygun olmayan koşullar meydana gelebilmekte ve iklim değişimleri PGPR etkinliğini değiştirebilmektedir. Tarla koşullarında büyük varyasyonlar olsa bile, kontrollü ortamlarda etkin bulunan mikroorganizmaların tarla koşullarında taşınması ve adapte edilebilmesi çalışmalarına devam edilmelidir. Türlerdeki geniş genetik varyasyon, farklı koşullara adapte olabilen yüksek potansiyele sahip mikroorganizmaların belirlenebileceğini ortaya koymaktadır. Benzer ve farklı metabolik aktiviteye sahip daha fazla mikroorganizma farklı çevre şartlarında araştırılarak etkin biyolojik gübre kombinasyonları belirlenmelidir. Gelecekte etkin ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakterilere ilave olarak, bitki gelişimini teşvik edici bakterilerle bitki antioksidan enzim aktivitesinin artırılması ve dolayısıyla bitkilerin düşük sıcaklık ve kuraklık stresine karşı dayanıklılığının artırılma olanakları üzerine yoğun araştırmalar yapılmalı ve uygun ve etkin bakteri-bitki kombinasyonları ortaya konulmalıdır.

Mikrobiyal kültürlerin uygulanmasında kültür metodunun basit, ucuz ve taşınabilir olması, yüksek metabolik aktivite göstermesi ve uzun süre depolanabilir özellikte olması gereklidir. Uzun dönemde lokal mikro flora üzerine inokulantın etkileri ve ekolojik sonuçları ortaya konulmalıdır. Farklı çevre koşullarına bağlı olarak mikroorganizmaların benzer ve farklı metabolik aktivite göstereceği dikkate alınmalıdır. Birlikte aşılama beklenen olumlu yanıtın alınabilmesi için topraklara enerji kaynağının organik madde ilavesiyle sağlanması, bakteri etkileşimlerinin ortaya konulması, alternatif enerji kaynaklarının sağlanıp antagonistik baskılar açıklığa kavuşturuluncaya kadar, farklı kombinasyonların değişik koşul ve bitkilerde denenmesi gerekmektedir. Organik artıklar bakteri sayısını ve fosfat çözünürlüğünü artırabildiğinden, PGPR etkinliğinin artırılabilmesi için gerekli organik enerji kaynaklarının kullanımı üzerine kapsamlı çalışmalara gereksinim vardır.

Gelecekte bakterilerin birlikte uygulamaları, ağaç türlerinde uygulamaların yaygınlaştırılması, bitki yüzeyleri ve bakteri ilişkileri, bakterilerle bitki genotipi arasındaki ilişkiler, çevresel uyumluluk ve etkin türlerin izolasyonu üzerinde kapsamlı araştırmalara gereksinin vardır. Kent sularının temizlenmesi, nitrat redüktaz aktivitesi gösteren organizmaların kullanımı, toksik fabrika artıklarının temizlenmesi, vitamin üretimi, selülotik bakterilerle selülozun parçalanması önemli adımlar olacaktır. Toprağa aşılacak türlerin düşük rekabetle yaşamlarının ve rizosfere yerleşmelerinin sağlanması inokulasyonun etkinliğini artıracaktır. Özellikle PGPR tarafından, bitkisel hormonsal maddelerin, bitki tarafından hormon üretimini azaltıcı enzimlerin ve flavonoid maddelerin üretimi, kök yüzey alanını artırarak kök gelişmesini ve morfolojisini değiştirme, besin alımını ve ortak yaşam ilişkilerini etkileyen mekanizmaların tam olarak açıklığa kavuşturulması gereklidir.

KAYNAKLAR

- Ahemad, M., Khan, M.S., 2011. Functional aspects of plant growth promoting rhizobacteria: Recent advancements. *Insight Microbiol.* 1, 39-54.
- Arshad, M., Frankenberger, W.T.Jr., 1998. Plant growth-regulating substances in the rhizosphere. *Microbial production and functions.* *Adv. Argon.* 62, 46-151.
- Arshad, M., Shaharoon, B., Mahmood, T., 2008. Inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of water stress on growth, yield and ripening of *Pisum sativum* L. *Pedosphere* 18,611-620.
- Aslantaş, R., Çakmakçı, R., Şahin F., 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple trees growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111, 371-377.
- Bashan, Y., 1998. Inoculations of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.* 16, 729-770.
- Bashan, Y., Holguin, G., 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.* 43, 103-121.
- Belimov, A.A., Hontzeas, N., Safronova, V.I., Demchinskaya, S.V., Piluzza, G., Bullitta, S., Glick, B.R., 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). *Soil Biol Biochem*, 37, 241-250.
- Boddey, R.M., Giller K.E., Cadisch, G., Alves B.J.R., Urquiaga S., 1998. Contribution of biological nitrogen fixation to tropical agriculture: in actual and potential. In *Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century* (Elmerich C. et al. Eds).pp. 599-604. Kluwer Academic Pub. The Netherlands.
- Canbolat, M., Bilen, S., Çakmakçı, R., Şahin, F., Aydın, A., 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biol Fertil Soils*, 42, 350-357.
- Cheng, Z., Park, E., Glick, B.R., 2007. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase from *Pseudomonas putida* UW4 facilitates the growth of canola in the presence of salt. *Can J Microbiol*, 53, 912-918.
- Cleveland, C.C., Townsend, A.R., Schimel, D.S., Fisher H., Howarth R.W., Hedin L.O., Perakis S.S., Latty E.F., Von Fischer J.C., Elseroad A., Watson M.F., 1999. Global patterns of terrestrial biological nitrogen (N₂) fixation in natural ecosystems. *Gobal Biogeochem. Cycles* 13, 623-645.
- Çakmakçı, R., 2005a. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. *S. Ü. Ziraat Fak. Derg.* 35, 93-108.
- Çakmakçı, R., 2005b. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 36, 97-107.
- Çakmakçı, R., 2009. Stres koşullarında ACC deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 40 (1), 109-125.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Algur, Ö.F., 1999. Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162, 437-442.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin, F., 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164, 527-531.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biol. Biochem.* 38 (6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Erdoğan, Ü., 2007a. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish J. Agric. For.* 31, 189-199.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez F., 2007b. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Oral, B., Erdoğan, Ü., Şahin, F., 2009. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 84, 375-380.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Ertürk, Y., Erat, M., Haznedar, A., Sekban, R., 2010. Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. *Plant and Soil*, 332 (1-2), 299-318.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü.G., 2012. Organik Tarım. 3. Baskı, Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No 236. Atatürk Üniv Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum. 367.
- De Freitas, J.R., Banerjee, M.R., Germida, J.J., 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). *Biol Fertil Soil* 24, 358-364.

- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Yaacov Okon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Rev.Plant Sci.*, 22, 107-149.
- Döbereiner, J., Baldani, V.L.D., Reis, V.M. 1995. Endophytic occurrence of diazotrophic bacteria in non-leguminous crops. In: *Azospirillum VI and Related Microorganisms* (Fendrik et al. Eds.), pp. 3-14. Springer, Berlin.
- García de Salamone, I.E., Döbereiner, J. 1996. Maize genotype effects on the response to *Azospirillum* inoculation. *Biol Fertil Soils*, 21, 193-196.
- Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.*, 41, 109-117.
- Glick, B.R., Penrose, D.M., Li, J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. *J Theor Biol* 190, 63-68.
- Honma, M., Shimomura, T., 1978. Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Agric Biol Chem*, 42, 1825-1831.
- Jenkinson, D.A., 2001. The impact of human on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. *Plant Soil* 228, 3-15.
- Joseph B, Patra RR, Lawrence R, 2007. Characterization of plant growth promoting Rhizobacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum* L). *International J. Plant Produc.* 1 (Suppl 2): 141-152.
- Kumar, V., Narula, N., 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum*. *Biol Fertil Soils*, 28, 301-305.
- Lucy, M., Reed, E. and Glick, B.R., 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004a. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance in tomato to salt stress. *Plant Physiol Biochem*, 42, 565-572.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004b. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomato and pepper. *Plant Sci.*, 166, 525-530.
- Norman, M.J.T., Pearson, C.J., Searle, P.G.E., 1995. *The Ecology of Tropical Food Crops*. 2nd ed. Cambridge University Press.
- Pal, S.S., 1999. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil* 213, 221-230.
- Patnen, C.L., Glick, B.R., 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Can. J., Microbiol.* 42, 207-220.
- Penrose, D.M., Glick, B.R., 2001. Levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) in exudates and extracts of canola seeds treated with plant growth-promoting bacteria. *Can J Microbiol*, 47,368-372.
- Reed, M.L.E., Glick, B.R., 2005. Growth of canola (*Brassica napus*) in the presence of plant growth-promoting bacteria and either copper or polycyclic aromatic hydrocarbons. *Can J Microbiol*, 51, 1061-1069.
- Roger, P.A., Ladha, J.K. 1992. Biological N₂ fixation in wetland rice fields: Estimation and contribution to nitrogen balance. *Plant Soil*, 141, 41-55.
- Safronova, V.I., Stepanok, V.V., Engqvist, G.L., Alekseyev, Y.V., Belimov, A.A. 2006. Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil. *Biol. Fertil. Soils*, 42, 267-272.
- Saharan, B.S., Nehra, V., 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. *Life Sci. Med. Res.* 2011, LSMR-21,1-30.
- Shanthaam, S., Mattoo, A.K., 1997. Enhancing biological nitrogen fixation: An appraisal of current and alternative Technologies for N input into plants. *Plant Soil*, 194, 205-216.
- Sundara, B., Natarajan, V., Hari, K., 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. *Field Crop Res.*, 77, 43-49.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil*, 265, 123-129.
- Trivedi, P., Pandey, A., 2008. Plant growth promotion abilities and formulation of *Bacillus megaterium* strain B 388 isolated from a temperate Himalayan location. *Ind J Microbiol* 48,342-347.
- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255, 571-586.
- Vyas, P., Robin, J., Sharma, K.C., Rahi, P., Gulati, A., Gulati, A., 2010. Cold-adapted and rhizospherecompetent strain of *Rahnella* sp. with broad-spectrum plant growth-promotion potential. *J Microbiol Biotechnol* 20,1724-1734.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., Frankenberger, W.T., 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81, 97-168.



CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Çeşitli Bitkilerde Yapılan Mikrobiyal Gübre Uygulamalarının Verimin Yanı Sıra Bazı Moleküler Düzeydeki Etkileri

Recep Kotan*

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, ERZURUM

E-mail: rkotan@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Tarımın en temel kaynaklarından birisi olan toprak; fiziksel ayrışmayla oluşmuş, kimyasal ayrışma ve humuslaşma olayları ile yeni özellikler kazanmış, yer kabuğunun en üstteki canlı tabakasıdır. Toprak içerisinde bitkiler için gerekli olan çok sayıdaki makro ve mikro besin elementleri bulunmakta ancak bu besin maddelerinin bir kısmı bitkilerin direk kullanabileceği formda iken, bir kısmı ise topraktaki canlı organizmalar sayesinde bitkilerin alabileceği forma dönüştürülmektedir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan yoğun kimyasal gübre ve ilaç uygulamaları, bitkilerde beslenme sorununu da beraberinde getirmekte; verim ve kalitede ciddi düşüşler yaşanmakta ve önemli çevresel sorunlara yol açmaktadır. Küresel nitrojen döngüsü ve dengesi bozulmakta, yer altı suları kirlenmekte, sera gazlarının artması sonucu iklimler değişmekte, hastalık ve zararlılarda pestisitlere karşı direnç artmakta, bitkilerde pestisit kalıntıları sağlık açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Özellikle tarım arazilerinde aşırı toksik kimyasal birikimi sonucu doğal denge bozulmakta ve topraktaki faydalı mikroorganizmalar yok olmaktadır. Öyle ki yoğun tarım yapılan bazı alanlarda sera topraklarında yapılan toprak dezenfeksiyonu yöntemi ile patojen organizmaların yanında faydalı mikrobiyal fauna da tamamen yok edilmektedir. Bu alanlarda yoğun bir kimyasal gübre ve pestisit uygulaması yapılmadan tarım yapılamaz bir hale gelmiştir. Bir başka değişle bu alanlarda artık sürdürülebilir bir tarım yapmak nerdeyse imkânsız hale gelmiştir.

Uygun bir tarım arazisinde toprağın 1 cm küpünde; ortalama olarak 90 milyon bakteri, 4 milyon aktinomiset, 200 bin fungus, 30 bin alg, 5 bin protozoa, 30 nematod ve 1'den az da solucan olması gerektiği belirtilmektedir. Tarımda kimyasal gübre ve pestisitlere alternatif olarak faydalı mikroorganizmaların kullanımı çok büyük önem arz etmektedir. Bu mikroorganizmalar içerisinde bakteriler çok önemli bir yer tutmaktadır. Bitkilerin kök bölgelerinde yoğun olarak bulunan bu faydalı bakterilere Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteriler (Plant Growth Promoting Bacteria=PGPB) adı verilmektedir. Bu bakteriler daha çok; Acetobacter, Acinetobacter, Aereobacter, Agrobacterium, Alcaligenes, Artrobacter, Azoarcus, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Beijerinckia, Bradyrhizobium, Burkholderia, Clostridium, Corynebacterium, Derrxia, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Gluconacetobacter, Herbaspirillum, Klebsiella, Micrococcus, Pantoea, Paenibacillus, Pseudomonas, Rhizobium, Rhodobacter, Rhodopseudomonas, Rhodospirillum, Serratia, Streptomyces, Xanthobacter ve Xanthomonas cinslerine ait epifitik ya da endofitik türlerden oluşmaktadır. Bugüne kadar yapılan çeşitli çalışmalarda; toprakta bulunan bu PGPR bakterilerinin mikrobiyal gübre, biyopestisit, fitostimülatör ve biyoremidatör olarak doğrudan ya da dolaylı yollarla bitki gelişimine katkıda bulundukları, hastalık ve zararlıları kontrol edebildikleri tespit edilmiştir.

Mikrobiyal gübre veya biyopestis olarak tarımda kullanılan bu biyofarmasötyasyonların; çevre (toprak, su ve hava) kirliliğine sebep olmaması, faydalı mikroorganizmalar üzerinde olumsuz etkilerinin olmaması, kimyasallardan daha ucuz olması, dayanıklılık sorununa yol açmaması, kimyasallar gibi uygulamanın çok sık tekrar edilmemesi, toprak kökenli hastalıklara karşı kimyasallardan daha çok etkili olması, doğa dostu ve uzun etkinlik sürelerinin olması, sistemik olarak etki etmeleri gibi pek çok avantajları mevcuttur.

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bazı hormon (sitokinin, auxin, giberallik asit, salisilik asit, indol asetik asit vb.), organik asit (oksalik asit, laktik asit, tartarik asit, malik asit vb.), amino asit (proline, methionine, cystine, asparagine, alanine vb.), enzim (β -1, 3-glucanase, superoxide dismutase, catalase, dehidrogenase, chalcone synthase, peroxidase, alkaline phosphatase, phosphatase, polyphenol oxidase, phenylalanine ammonia lyase, 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase, salicylic acid hydroxylase, urease vb.), fenolik madde (tannic, gallic, caffeic, cinnamic asit, flavonoid, hydroxy cinnamic), lipopolisakkarit, hidrojen siyanid üretebildikleri, simbiyotik ya da asimbiyotik olarak azotu fikse edebildikleri, mineral fosfatı ve kalsiyumu çözebildikleri, organik fosfat ve diğer bazı besin elementlerini mineralize edebildikleri, bitkilerin demir alımında rol oynayan siderofor proteinlerini üretebildikleri, bitkideki etilen sentezini önleyerek vejetasyon süresini uzatabildikleri, antifiriz proteinleri üreterek bitkileri düşük sıcaklıklara karşı koruyabildikleri, organik maddeleri parçalayabildikleri, antagonistik maddelerden antibiyotik (phenazines, pyolutearin, pyrrolnitrin, viscosinamide, butyrolactones, pentocin A ve B, oomycin A, kanosamine, zwitteramicin A, DDR, AFA, DAPG), antimikrobiyal enzim (glucanase, cellulase, protease, chitinase), antimikrobiyal toksin (thricodermin, viridin) üreterek veya yer ve besin maddeleri açısından rekabete girerek bitki patojenlerini baskılayabildikleri ve bitkilerin sistemik dayanıklılık mekanizmasında rol oynadıkları ve bu yolla hastalık, zararlı ve stres koşullarına karşı bitkileri koruyabildikleri ya da dayanıklı hale getirebildikleri tespit edilmiştir.

Bitki ve bakteriler arasındaki ilişkilerin çok karmaşık olduğu ve henüz çok az bir kısmının aydınlatılabilmiş olması da bu alanda çalışan bilim adamlarınca kabul edilen bir gerçektir. Bitki-bakteri arasındaki ilişkilerin aydınlatılması için çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmekte ve her geçen gün yeni bilgiler ulaşılmaktadır. Faydalı bakterilerin bitkiler üzerindeki etkisi sadece bitki beslenmesindeki faydaları ya da stres ve hastalıklara dayanıklılık sağlamaktan ibaret değildir. Örneğin; yapmış olduğumuz bazı çalışmalarda bakteri uygulaması ile cevizde aşı tutma oranının % 65'lerden % 98'lere kadar çıkarılabildiği, düşük sıcaklık zararı önlenmiş, muzda yaprak katlanması önlenmiş, bitkilerin vejetasyon süreleri uzatılabildiği ya da kısaltılabildiği görülmüştür.

SONUÇ

Yurt içi orijinli bakteri izolatları kullanılarak ve üretim prosesinde en son teknoloji ile üretilen **BM-Mega Flu**, **BM-Coton Plus** ve **BM-Root-Pan**; sıvı formülasyonda ve bakteriyel karışım mikrobiyal gübre olup, Biomarket Tarımsal Bioteknolojik Ürünler Pazarlama Sanayi ve Ticaret Limitet Şirketi ile birlikte yürütmüş olduğumuz çalışmalar sonucu tescillendirilmiştir. Bu ürünler; Türkiye'de farklı lokasyonlarda birçok meyve, sebze ve endüstri bitkisinde denendikten sonra alınan çok başarılı sonuçlara dayanarak tescillendirilmiş ve piyasaya sürülmüştür. Yurtdışı orijinli pek çok mikrobiyal gübre ile de kıyaslanamayacak kadar da başarılı sonuçlar alınmaktadır. Bu ürünlerin Türk Tarımına önemli katkılar sağlayacağını düşünüyorum. Bu vesile ile Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve özellikle Bitkisel Üretim Dairesi Başkanlığının tarımda biyolojik ürünlerin kullanımına yönelik olumlu yaklaşımlarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Serbest azot fikseri, hormon, amino asit ve organik asit üreten bakterilerden oluşan **BM-Coton Plus** uygulaması ile pamuk ve silajlık mısırdaki % 100'lere varan verim artışları sağlanmıştır. Meralarda yürütülen çalışmalarda gerek ot verimi gerekse de otlatma periyodu uzatılabilmiştir. Yonca, korunga ve fiğ gibi yem bitkilerinde olgunlaşma süresi kısaltılmış ve biçim sayısı artırılarak verimde ciddi artışlar sağlanabilmiştir. Ürünün içeriğindeki bakterilerin kitinaz üretiminden dolayı bazı hastalık şiddeti ve zararlı popülasyonlarında da azalmalar sağlanmıştır.

Yine serbest azot fikseri, fosfat çözücü, kalsiyum çözücü, hormon, amino asit ve organik asit üreten, demir alımında rol oynayan siderofor proteini üreten bakterilerden oluşan **BM-Mega Flu** ve **BM-Root Pan** uygulamaları ile sebze ve meyvelerde bitki beslenmesi ve kök oluşumunun teşvik edilmesine bağlı olarak çok ciddi verim artışları sağlanmıştır. **Mega Flu** uygulaması ile ceviz fidanı üretiminde aşı tutma oranında % 98'lere varan artışlar sağlanmış, muzda yaprak katlanmasının önüne geçilebilmiş, bağda demir noksanlığına bağlı kloroz hastalığı önlenebilmiştir. Çeşitli meyvelerde meyve iriliği, renk ve kalitesi artırılabilmiştir. Mikrobiyal gübre uygulamaları ile sistemik dayanıklılıkta rol alan enzim aktiviteleri miktarında artışlar sağlanabilmiş, yaşlılık hormonu olarak bilinen etilen düzeyinde artış ya da azalma sağlanarak çeşitli ürünlerde vejetasyon süresinde uzama ya da kısılma sağlanabilmiştir. Su kısıtı, tuzluluk, düşük sıcaklık gibi çeşitli stres faktörlerine karşı bitkilerin direnci artırılabilmiştir.

Uzun yıllar bitki beslemesi ve bitkilerin hastalık ve zararlı etmenlerden korunması birbirlerinden ayrı iki konuyumş gibi düşünülse de bugün artık bu iki konunun birbirleri ile çok ilişki olduğu bilinmektedir. Biyolojik mücadele ve mikrobiyal gübre konusu da sanki birbirinden bağımsız konularmış gibi düşünülmekte ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda bu iki konunun birbirlerinden bağımsız değil iç içe geçmiş iki konu olduğu ortaya çıkmaktadır. Örneğin; bir mikrobiyal ajanın azot fiske etme, hormon üretme, fosfat çözme vs. gibi mekanizmaları kullanarak bitkilerde büyümeyi teşvik ettiği aynı zamanda bitkilerde sistemik dayanıklılık mekanizmasını harekete geçirerek ya da rekabetik özelliğinden veya çeşitli enzimler üreterek hastalık ve zararlıları kontrol ettikleri de tespit edilmiştir.

ÖNERİLER

1. Ülkemizde de; TÜBİTAK'ın Vizyon 2023 Bilim ve Teknoloji Öngörüsü Projesi kapsamında Tarım ve Gıda Paneli Son Raporunda; bazı yörelerde aşırı sulama, gübreleme, kimyasal madde ve tarımsal savaşım ilaçlarının kullanımı önemli çevre ve sağlık sorunları ortaya çıkardığı belirtilmiştir. Çözüm olarak da; tarımda kullanılan kimyasal ilaçların çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerini azaltacak biyolojik ürünlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu yaklaşım, gerek sağlık açısından gerek çevresel sorunlar açısından gerekse de tarım alanlarımızın sürdürülebilirliği açısından oldukça doğru ve uygulanabilir bir yaklaşım olup ülkemizde yıllardır yürütülen biyolojik mücadele ve mikrobiyal gübre çalışmalarının sonuçları uygulamaya aktarılmalı, mikrobiyal izolatlardan elde edilen **biyolojik ürünlerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır**.

2. Mikrobiyal gübre ve biyopestisit konusunda dünyada çalışan bilim adamları geniş spektrumlu bu organizmaların tespit edilerek tarımda kullanımı açısından yoğun bir çaba sarf ederken bizde bu iki konu ilgili tescil yönetmeliklerinde bir birine engel teşkil eden iki konu haline getirilmiştir. Kesinlikle bu yaklaşım bilimsel olarak da yanlış olup bakteri ve fungal organizmalar kullanılarak yapılan çalışmalarda hem bitki gelişimi hem de özellikle de kök hastalıklarına karşı dayanıklılık sağlanabilmektedir. **Geniş spektrumlu organizmalardan oluşan biyoförmülasyonların biyopestisit ya da mikrobiyal gübre olarak kullanılması teşvik edilmelidir.**

3. Ülkemiz lokasyonlarından elde edilen yerli izolatlardan oluşturulacak biyoformülasyonların yurt dışından satın alınan mikrobiyal ürünlere göre daha avantajlı olacağı ve rekabette önemli üstünlüklere sahip olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda ülkemiz tarımında ihtiyaç duyulan mikrobiyal ürünlerin dışarıdan satın alınması yerine kendi öz kaynaklarımızın değerlendirilmesi gerekmektedir. Doğu ve Güney Komşu ülkelerimizden mikrobiyal ürün konusunda yoğun bir talep olduğu bilinmektedir. Ülkemizde bu konuda çalışan çok sayıda bilim adamı olup; özel sektörün de katkısı ile geliştirilecek **biyoformülasyonların ülkemize ihracatta çok önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.**

4. Hızlı bir şekilde gelişen organik tarımda kimyasal gübre ve pestisit kullanımının yasak olması nedeniyle bunlara alternatif ürünlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Biyolojik ürünlerin yaygınlaştırılmasının **organik tarım ve iyileştirilmiş tarımın gelişmesine de büyük katkıları olacaktır.**

5. Biyolojik ürünlerin yaygınlaşması ile kimyasal gübre ve pestisit tüketiminde belli bir oranda azalma sağlanacak, tarım alanlarında bozulan toprak yapısı uzun bir süreçte düzelme eğilimine girmiş olacaktır. Özellikle yoğun tarım yapılan alanlarda da biyolojik ürün kullanımı ile **zamanla toprak yapısında ciddi bir iyileşmenin gözleneceği düşünülmektedir.**

6. Bakanlık, Üniversite ve Özel Sektör işbirliği son yıllarda belli bir ivme kazanmış olup; bu anlamdaki işbirliği mikrobiyal ürünler konusunda da artarak devam ettirilmeli, gerekirse diğer projelerden bağımsız olarak biyolojik ürünler için ayrı bir proje fonu oluşturularak ürüne dönüşecek **çalışmalar iyi bir değerlendirme sürecine tabi tutularak mutlaka desteklenmelidir.**

7. Mikrobiyal gübre ve biyopestisit tescil yönetmelikleri diğer gübre ve pestisit yönetmeliklerinden ayrılarak **'Biyolojik Ürünler Tescil Yönetmeliği'** adı altında ayrı bir şekilde düzenlenmelidir.

8. Biyolojik ürünlerin tescillendirilmesi ile ilgili yürütülecek projeli çalışmalarda projeyi yürüten **kurumlar ve araştırmacı hakları ile ilgili düzenlemeler mutlaka yapılmalıdır.**

9. Özellikle biyopestisitlerin tescillendirilmesi ile ilgili yönetmeliklerde istenilen testler ile ilgili daha anlaşılır ve net ifadeler kullanılmalı, gerekirse ilgili bakanlık bir merkez oluşturarak tescillendirilmesi düşünülen **formülasyon ile ilgili istenilen tüm testleri bakanlık olarak kendi bünyesinde yapabilmelidir.**

10. Biyolojik ürünler ile ilgili çalışmaların ve sorunların tartışıldığı sempozyum, panel ve çalıştaylar sık sık düzenlenmeli, **ilgili tüm paydaşların görüşlerine baş vurulmalıdır.**

11. Tecil başvurusuna **araştırmacılar da bireysel olarak başvurabilmeli**, tescili alınan ürünün üretim izni daha sonra yine bakanlık onayı ve araştırmacının izni ile özel sektöre devredilebilmelidir.

12. Tesciline başvurulacak formülasyonun içeriğindeki **mikrobiyal organizmaların kaynağının mutlaka bilinmesi gerekir.** Biyolojik ürünleri yaygınlaştırma adına konu uzmanı olmayan her araştırmacı ya da özel sektörün bu işin içine dahil edilmesi biyolojik ürünlere olan güveni de zedeleyecek ve ileride ciddi sıkıntılara sebep olabilecektir.

13. Uzun yıllar yürütülen çalışmalarda binlerce izolatla yürütülerek içerisinden seçilen bir veya birkaç organizmanın ürüne dönüştükten sonra **bir başkası tarafından kopyalanmasının önüne geçilmelidir.**

KAYNAKLAR

- Aysan, Y., Karatas, A. and Cinar, O., 2003. Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. *Crop Protection*, 22(6): 807-811.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Algur, Ö.F., 1999. Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162, 437-442.
- Jeon, J.S., Lee, S.S., Kim, H.Y., Ahn, T.S., Song, H.G., 2003. Plant growth promotion in soil by some inoculated microorganisms. *Journal of Microbiology* 41, 271- 276.
- Kotan R., Sahin, F. Demirci E., Ozbek A., Eken C. and Miller, S.A., 1999. Evaluation of antagonistic bacteria for biological control of *Fusarium* dry rot of potato. *Phytopathology* 89: 41.
- Kotan, R. ve Şahin, F., 2002. Bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede bakteriyel organizmaların kullanılması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Der., 33(1): 111-119.
- Karakurt, H., Kotan, R., Daddasoglu F., Aslantas, R., and Sahin, F., 2011. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on fruit set, pomological and chemical characteristics, color values, and vegetative growth of sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Kütahya). *Turkish Journal of Biology*. 35: 283-291.
- Kotan, R., 1997. Biber ve Domatesteki bakteriyel leke hastalığı (*Xanthomonas ampestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye.)'nın biyolojik ve kimyasal kontrolü. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yüksek Lisans Tezi. 47.
- Kotan, R., 2002. Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarından izole edilen patojen ve saprofitik bakteriyel organizmaların klasik ve moleküler metotlar ile tanısı ve biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. Doktora Tezi. s 217.
- Kotan, R., Dikbaş, N. and Bostan, H., 2009. Biological control of post harvest disease caused by *Aspergillus flavus* on stored lemon fruits. *African Journal of Biotechnology*, 8 (2): 209-214.
- Özaktan, H. and Bora, T., 2006. Studies on biological control of fire blight with some antagonistic bacteria. *Proceedings of the Xth International Workshop on Fire Blight, ACTA Horticulturea*, 704: 337-340.
- Soylu, S., Soylu, E. M., Bozkurt, İ. A. ve Yiğitbaş, H., 2002. Farklı bölgelerde yetiştirilen biberlerin rhizosferlerinden izole edilen bakteri izolatlarının toprak kökenli fungal patojenlerin gelişimi üzerine olan etkinliklerinin in-vitro koşullarda belirlenmesi. *Türkiye V. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri Kitabı*. 4-7 Eylül 2002, Erzurum. S: 399-408.
- Şahin, F., Kotan, R., Esitken, A., Ercisli, S. and Miller, S. A., 2004b. Biological control of *Monilia linhartina*, causal agent of Brown rot on quince. *Proceedings of the 15th International Plant Protection Congress*. Beijing, China, (May 11-16 2004), p. 145.

ÇALIŞTAYI

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI

YERLİ MİKROBİYAL GÜBRELER İLE YAPILAN ÇALIŞMALARDAN ÖRNEKLER



Şekil 1. Mikrobiyal gübre uygulamasının mısır kök ve vejetatif gelişimi üzerine etkisi



Şekil 2. Mikrobiyal gübre uygulamasının cevizde kök, gövde gelişimi ve aşı tutmaya etkisi



Şekil 3. Mikrobiyal gübre uygulamasının muzda kök, gövde gelişimi ve yaprak katlanmasına etkisi

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI



Şekil 4. Mikrobiyal gübre uygulamasının elmada meyve iriliği ve rengine etkisi



Şekil 5. Mikrobiyal gübre uygulamasının pamukta bitki gelişimi ve verime etkisi



Şekil 6. Mikrobiyal gübre uygulamasının buğdayda kök yapısı ve başak gelişimine etkisi



Şekil 7. Mikrobiyal gübre uygulamasının çilekte kök yapısı ve bitki gelişimine etkisi



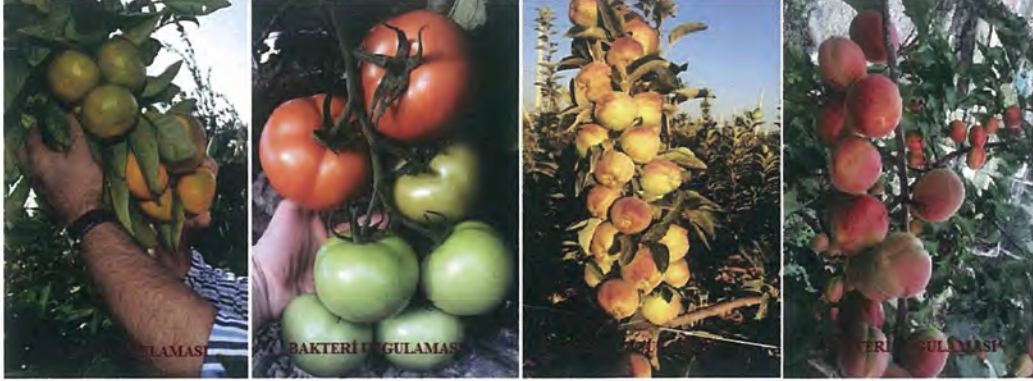
Şekil 8. Mikrobiyal gübre uygulamasının meyve fidanlarında sürgün gelişimine etkisi



Şekil 9. Mikrobiyal gübre uygulamasının hyarda çiçek ve meyve gelişimine etkisi

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI



Şekil 10. Mikrobiyal gübre uygulamasının meyve tutumu, kalitesi ve rengi üzerine etkisi



Şekil 11. Mikrobiyal gübre uygulamasının çeşitli bitkilerde yumru ve baş gelişimine etkisi



Şekil 12. Mikrobiyal gübre uygulamasının çeşitli bitkilerin kök gelişimine etkisi

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Mikrobiyal Gübre Sekonder Metabolitleri ve Roller

Hikmet KATIRCIOĞLU^{a,b}

^aGazi Üniversitesi, Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Gölbaşı-ANKARA

^bGazi Üniversitesi, OFMAE, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Teknikokullar-ANKARA

e-posta: hturk@gazi.edu.tr

GİRİŞ

Toprakların doğal yapılarında bulunan ve toprakta yetişen baklagil türleri ile ortakçı yaşayarak havanın serbest azotunu konukçu olduğu bitkinin hizmetine sunan *Rhizobium* bakterileri, yine topraklarda bulunan ve herhangi bir bitki türü ile konukçu yaşama ihtiyaç göstermeden yine havanın serbest azotunu bitkilerin hizmetine sunan azotobakteriler, toprak fosforunun elverişli hale getiren fosfat çözücü bakteriler ve siyanobakteriler vb. gibi mikroorganizmaların hepsi biyogübre (Mikrobiyal Gübre) olarak adlandırılmaktadır. Bunlar organik ve konvansiyonel tarımda kullanılan organik ve mineral gübrelerin bitki tarafından etkin şekilde alınmasını sağlayarak optimum ürün eldesi için önemlidir.

Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalar dünyada tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde sentetik gübre ve kimyasalların aşırı kullanımı insan ve çevre sağlığını tehdit ettiğini ispatlamıştır. Bu nedenle aşırı sentetik gübre ve kimyasalların tarımsal üretimde kullanılmasının insan sağlığı ve ekolojik denge üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için yeni ve alternatif tarımsal üretim sistemleri geliştirilmiştir. Tarımsal üretimde sentetik girdileri azaltan sürdürülebilir tarım veya organik tarım stratejileri önem kazanmıştır.

Tarımda biyogübre veya kontrol ajanı olarak biyogübrelerin tarımda kullanılması 1990'lı yıllardan sonra yaygınlaşmıştır. Son yıllarda biyolojik gübrelemenin kapsamı genişlemiş serbest yaşayan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik savaş ajanı veya biyogübre olarak kullanılan bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) kullanılmaya başlanmıştır. Söz konusu bakteriler *Serratia*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Alcanigenes*, *Arthrobacter*, *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Artrobacter*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum* ve *Flavobacterium* cinslerindeki ırkları içermektedir. *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus* ve *Penicillium* funguslarının biyolojik gübre olarak kullanıldığı da araştırmalarda mevcuttur. Günümüzde tüm dünyada biyogübreleme ile bitkilere yapılan azot desteğinin yaklaşık %65'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir. En etkili azot fiske eden bakteri ırkları *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* ve *Allorhizobium* cinslerinde mevcuttur. Bu bakterilerin hepsi baklagil bitkileriyle birlikte simbiyoz oluşturmaktadırlar.

Mikrobiyal Gübre Özellikleri:

Bitkilere büyüme ve gelişmeleri ile ilgili hayatsal faaliyetlerini optimum olarak yürütebilmeleri için gerekli olan besin elementlerinin sağlanması ve alınmasında rol oynayan; sekonder metabolit üretimiyle bitki gelişimini teşvik edebilen mikroorganizmaların tarımsal üretimde kullanılmak üzere hazırlanmış ticari formülasyonlarına denir. Bu gübrelerin yararları şu şekilde özetlenebilir:

- Atmosferdeki azotu toprağa organik azot formunda bağlayarak bitkilerin azot ihtiyacını karşılar.
- Toprakta birikmiş ve kullanılamaz halde bulunan fosforun bitkilerce alınabilmesini sağlar.
- Kimyevi gübre kaynaklı minerallerin ve inorganik maddelerin toprakta birikmesini önler.
- Toprağın pH'sını düzenler; topraktaki fosfor, potasyum ve azotu optimum düzeye getirir.
- Uygun iklim ve toprak şartlarında aynı derecede verim ve başarı sağlar.
- Topraktaki organik madde oranını artırır, çölleşmeyi ve erozyonu önler.
- Bitki gelişimini ve patojenlere karşı direncini uyarıcı maddeler sağlar.
- Bitkiyi patojen mikroorganizmalara karşı korur.
- Büyüme enzimlerini (auxin, indolasetik asit, gibberellik asit, vb.) kendi kendine üretir ve emilimi düzenler. Ayrıca suni enzim ilave etmeye gerek bırakmaz.
- Mikrobiyal gübre sağladığı enzimler ile hasat sonrası toprakta kalan köklerin ve organik maddelerin çürümelerini sağlayarak hasat anızlarını humus olarak toprağa kazandırır.

Sekonder Metabolitler

Doğada yaygın olarak bulunan birçok mikroorganizma ticari olarak primer (aminoasit, protein, karbonhidrat, vitaminler, aseton, etanol, organik asitler vb.) ve sekonder metabolitler (antibiyotikler, toksinler, pigmentler, bakteriosin ve benzeri ürünler, ekzopolisakkaritler, sideroforlar, hormonlar vs.) üretirler. Primer metabolitler bakteri gelişimine paralel olarak mikroorganizmanın gelişme (eksponansiyel) fazının başlangıcından itibaren oluşurken sekonder metabolitler; gelişme fazının sonuna doğru ya da durgun fazda bazı mikroorganizmalar tarafından üretilir. Bu metabolitler bakteri gelişimi ve üremesi için gerekli değildir. Sekonder metabolit üretimi başta besiyortamının bileşimi olmak üzere üreme koşullarına son derece bağlıdır.

Amino asit, etil alkol, vitamin gibi mikroorganizmaların üremek için sentezlemek zorunda oldukları ürünlerin (primer metabolitlerin) aksine, antibiyotiklerin sentezlenmesi üretici mikroorganizmanın çoğalması için şart değildir, bu nedenle de sekonder metabolitler olarak isimlendirilirler. Antibiyotik aktiviteye sahip pek çok sekonder metabolit ayrıca kolestrol düşürücü ajanları, immünosupresantları, antikanser ajanları, biyoherbisitleri, biyoinspektisitleri, bitki ve hayvan büyümesini teşvik eden ajanları içermekte olup tıp, tarım ve veterinerlikte bu aktiviteleri için kullanılırlar. Yine antibiyotik aktivitesi olmayan, ancak antihelmintik (Helmintlerin yol açtığı enfeksiyonların tedavisinde kullanılan ilaçlar) (ör. ivermektin), biyoinspektisid (ör. spinosad), bitki büyüme stimulantları (ör. giberellinler) olarak kullanılan sekonder metabolitler de mevcuttur.

Sekonder metabolitlerin temel özellikleri;

Gelişme ve reproduksiyon için gerekli olmayan özelliktedir.

Ekstra büyüme şartlarında ortam bileşimine bağlı olarak oluşur. Besin, biyosentez, indükleyicilerin ilavesi veya gelişim oranındaki azalma ile ortaya çıkar.

Bir grup ile yakından ilişkili olarak sıklıkla üretilir.

Sekonder metabolitlerin sentezi genelde kromozomal DNA ve nadiren de plazmid DNA daki genler tarafından kodlanmıştır.

Mikrobiyal Gübre İçinde Yer Alan Bazı Mikroorganizmaların Ürettiği Sekonder Metabolitler ve Roller

***Azospirillum spp.*:** İndol asetik asit, giberellin ve sitokiyonin gibi fitohormonlar üretmektedir. Ürettiği sideroforlar da çeşitli bakteri ve fungal izolatlarla karşı antimikrobiyal aktivite gösterir. Bazı çalışmalar da bakteriyosin ürettiği belirtilmektedir.

***Rhizobium spp.*, *Bradyrhizobium sp.*, *Mesorhizobium sp.*, *Sinorhizobium sp.*:** Bu bakterilerin Rhizobianın simbiyotik azot fiksasyonu için en önemli grubunu oluşturduğu bilinmektedir. Sekonder metabolit olarak *R. leguminosarum*'un bir izolatının indol asetik asit (IAA) ürettiği laboratuvar koşullarında incelenmiştir. *Rhizobium spp.* tarafından üretilen antimikrobiyal madde trifolitoksinin diğer izolatlarla rekabette etkili olduğu bulunmuştur. *Rhizobium spp.* lerin siderofor ürettiği de bulunmuş; Arora ve ark. siderofor üreten *Sinorhizobium meliloti*'nin in vitro koşullarda inhibisyon etkisi gösterdiği tespit edilmiştir.

***Pseudomonas spp.*:** Bu bakterilerin ürettiği pigmentlerin antibiyotik olarak kullanımlarının yanı sıra antibiyotik benzeri fenazin ve sideroforlar gibi maddelerin bir çok kök patojeninin baskılanmasında rol aldığı belirlenmiştir. Bu nedenle *Pseudomonas*'ların etkin biyolojik kontrol ajanı olarak kullanımı tavsiye edilmektedir. Ürettikleri EPS (ekzopolisakkaritler) ise kirli alanların temizlenmesinde (biyoremediasyonunda) rol oynarken ürettikleri ramnolipid biyosülfektanlar kirletici maddelerin parçalanmasını arttıran ve çevrenin kendisini yenilemesini sağlayan bileşiklerdir. Kirli topraklarda ramnolipid biyosülfektanların eklenmesinin biyolojik parçalanmayı arttırmasıyla ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır.

Biyodegradasyon veya biyoremediasyonda rol alan saf ve karışık kültür çalışmalarında kullanılan bakterilerin başında *Pseudomonas*lar gelirken *Arthrobacter*, *Xanthobacter* ve *Alcaligenes* cinslerine ait türler de ürettikleri sekonder metabolitleri sayesinde giderimde kullanılmaktadır.

Siyanobakteriler: Prokaryotik genom ve organizasyona sahip olmaları, fotosentez yapabilmeleri, kontaminasyon riskinin diğer bakterilere göre daha az olması, geniş spektrumlu antibakteriyal, antifungal ve antiviral aktiviteye sahip olmaları, ağır metaller ve herbisitler gibi bazı toksik maddelere ve stres şartlarına dirençli olmaları, özellikle azot fiske edebilen türler içermesi nedeniyle siyanobakteriler tüm endüstrilerde (tarımda mikrobiyal gübre preparatı olarak) tercih edilen mikroorganizmalardır. Siyanobakterilere mavi rengini veren fikosiyanın pigmenti yüksek miktarda fikobiliproteinden meydana gelmiştir ve bu proteinin potansiyel bir kemoterapötik ajan olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre bu bakteriler yağ asitleri, bromfenoller, peptidler, poliketidler, polisakkaritler ve alkoller gibi antibiyotik özellikteki bileşikler üretmektedir. Bu bakterilerin ürettiği homo ve heteropolisakkaritlerin ise retroviruslar üzerinde antiviral etkisinin olduğu rapor edilmiştir. Ürettikleri diğer bir metabolit ise EPS'lerdir. EPS olumsuz çevre şartlarına direnç sağlayarak ağır metal gibi toksik inorganik metalleri toplama özelliğine sahiptir. Bütün bu özelliklerinin yanı sıra birçok siyanobakter çevre ve canlılar tarafından risk oluşturan toksinler üretmektedir. Yaklaşık 56 siyanobakter cinsinden 13 tanesi hepatoksin, nörotoksin gibi toksinler üretmektedir. Toksin üreten bazı cinsler; *Microcystis spp.*, *Planktothrix spp.*, *Oscillatoria spp.*, *Anabaena spp.*, *Nostoc spp.*, *Anabaenopsis spp.*, *Lyngbya spp.*, *Synechococcus spp.*, *Synechocystis spp.*, vb.

***Trichoderma spp.*:** Bitki patojenlerinin gelişimini engellemesi, hormon benzeri metabolitler üretmesi ve degradasyon özellikleri ile en çok çalışılan mikroorganizmalardan biridir. Sekonder metabolit olarak, oksin benzeri bileşikler, toksin bileşik olan trikotesenler ve çeşitli antimikrobiyal maddeler üretir. *T. viridens* tarafından üretilen bazı peptitler, *T. harzianum* ürettiği 1-hidroksi ve 1,8 dihidroksi-3-metilantakuinan, *T. hamatum* trikoviridin, isosanit gibi antifungal bileşikler üretir.

Arbusküler mikorizal funguslar : Bitki patojenlerine karşı korunmada AMF simbiyozisin kullanılması olanakları hakkında halen çok az şey bilinmektedir. Bitkiler beraber oldukları bu organizmalar tarafından üretilen kimyasal uyarıcılarla konukçu bitki savunmalarını koşullandırabilirler.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Organik tarım alanlarında gerek bitki beslemesinde gerek bitki korumada sentetik girdiler yerine organik ve/veya biyolojik (mikrobiyal) gübre ve pestisitler kullanılır. Ancak bu standartlara uygun girdiler oldukça sınırlı ve kalite parametreleri tartışmalıdır. Bu nedenle bitkisel üretimde aşırı kullanılan, insan ve çevre sağlığını tehdit eden kimyasal girdilerin yerine alternatif bitki besleme ve koruma ürünlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanda görülen eksikliğin giderilmesi için çeşitli ülkelerde çok sayıda bilim insanı yeni ve kimyasal ürünlere alternatif ürün ve teknolojiler geliştirmek üzere ulusal veya uluslararası bilimsel çalışmalar yürütmektedir. Günümüzde devam eden araştırmalarla çevre dostu mikroorganizmaların endüstriyel boyutlarda üretilmeleri ile hem organik tarım hem de sürdürülebilir tarım için ve buna bağlı olarak da ekosistemin korunmasında önemli bir mesafe alınmış olacaktır. Biyogübre ve organik gübrelerin, kimyasal gübrelerle birlikte tarımda etkin şekilde uygulanmasını öngören bir anlayış ve programın yürürlüğe konulması zorunludur. Tarım ürünleri yetiştiricilerinin de bu konuda ki bilgi, beceri ve eğitimlerinin ön plana alınması gerekmektedir.

Türkiye’de bu tarz araştırmalar ve üretim yetersiz kalmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1-Yonsel, Ş., 2011, Tarım sektöründe mikrobiyolojik uygulamalar, Mikrobiyal Biyoteknoloji, 9. Ankara Biyoteknoloji Günleri, Bildiri Kitapçığı, sf. 4-13.
- 2-Onbaşılı, D., Aslım, B., 2011, Pseudomonas cinsi bakterilerin biyoteknolojik açıdan önemli bazı sekonder metabolitleri, Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, cilt:09, sayı:2. sf. 25-34.
- 3-Küçük, Ç., Güler, İ., 2009, Bitki gelişimini teşvik eden bazı biyokontrol mikroorganizmalar, Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, cilt:07, sayı:1, sf. 30-42.
- 4-Antoun, H., Prevost, D., 2006. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. PGPR:Biocontrol and Biofertilization. Edited by Zaki A. Siddiqui. S, Springer, The Netherlands, p.1-38.
- 5-Şahin, F., 2010, Organik bitkisel üretimde biyoteknoloji ve Ar-Ge, Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, Erzurum.
- 6-Öğütçü, H. 2008, The determination of symbiotic effectiveness of *Rhizobium* strains isolated from wild chickpeas collected from high altitudes in Erzurum. Turk J. Agric. Res. For. 32, 241-248.
- 7-Katırcıoğlu, H., Öğütçü, H., 2013, Biyogübreler (Mikrobiyal Gübreler) ve Türkiye’deki Durum Değerlendirmesi, İç Anadolu Bölgesi 1. Tarım ve Gıda Kongresi, Niğde Üniversitesi.
- 8-Karaman, M.R., 2012, Bitki Besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi:2, Pelin Ofset Matbaacılık, sf. 1-1066
- 9-Somers, E., Ptacek, D., Gysegom, P., Srinivasan, M., Vanderleyden, 2005, Azospirillum brasilense produces the auxin-like phenylacetic acid by using the key enzyme for indol-3-acetic acid biosynthesis, App. Environ. Microb., p. 1803-1810.
- 10- Katırcıoğlu, H., Akın, B., Atıcı, T., 2004, Microalgal toxin(s): Characteristics and importance, Afric. J. of Biotech., vol.3/12, p. 667-674.
- 11- Yoldaş, M.A., Katırcıoğlu, H., Beyatlı, 2003, Bazı mavi-yeşil bakterilerin (Cyanobacteria) PHB üretimi ve antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi, E.Ü. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, vol. 20/3-4, p. 467-471.
- 12- Biçici, M., 2011, Bitki hastalık etmenleri ile biyolojik mücadelenin başarısını arttırmada mikorizanın rolü, Türk Mikrobiyoloji Mücadele Dergisi, vol. 2/2: 139-174.

Farklı Stres Koşullarına Karşı Mikrobiyal Gübrelerin Kullanımı

Metin TURAN¹, Adem GÜNEŞ², Leyla TARHAN¹, Fikrettin ŞAHİN¹

Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biomühendislik Bölümü, Ataşehir/İstanbul

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Kayseri

GİRİŞ

Bitkiler yaşamlarını sürdürdükleri alanlarda, gelişimlerini kısıtlayıcı çeşitli olumsuz koşullara maruz kalmaktadırlar. Bitkilerde büyüme, gelişme ve metabolizmayı etkileyen ya da engelleyen durumlara stres adı verilmektedir (Gürel ve Avcıoğlu, 2001). Stres faktörleri, bitkiler üzerine etkilerini çoğunlukla, eş zamanlı ve kombine şekilde göstermektedirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Tarımsal açıdan yetiştiricilikte önemli olan yetiştirme ortamının bitkisel üretime uygun ve sürdürülebilir olmasıdır. Ülkemizde organik madde yetersizliği başta olmak üzere arazilerin üretim güçlerine göre kullanılmaması nedeniyle yüksek girdi uygulanarak düşük miktarlarda ürün elde edilmekte, optimum ürün eşikleri dünya ortalamasının çok altında kalmaktadır. Bu durum da üreticilerin rekabet gücünü ve sürdürülebilir üretimi sınırlandırmaktadır.

İşte tarımsal üretimin tüm aşamalarında karşılaşılan bu sorunların çözümüne yönelik önerilerde biyoteknolojik yaklaşımların ortaya konması, elde edilecek ürünün kalite ve sürdürülebilirliği açısından çok önemli olacaktır. Bitkisel üretimde üretim sürecini etkileyen nitelikli tohum ve fide üretiminden başlayarak bitki hastalıklarının tanısı ve biyolojik mücadele, bitki büyümesini sınırlandıran stres koşulları ve tolerans mekanizmaları, bitki besleme ve gübreleme, su ve gübre kullanım etkinliği gibi parametreler arasında dinamik bir dengenin sağlanması işletmelerin devamlılığı ve karlılığı açısından oldukça önemlidir.

Konvansiyonel tarım modellerinde optimum verim elde etmek için her dönem kimyasal gübre, pestisit, insektisit, herbisit gibi girdi uygulaması bir sorun sarmalarını beraberinde getirirken, bunun etkilerinin her geçen gün artması ise üreticileri girdi maliyeti ve işletmenin sürdürülebilirliği noktasında yol ayrımına getirmiştir. Dünyada her 10 dakikada, 10 hektar tarım alanının erozyon, tuzluluk, asitlik, kirlenme gibi nedenlerle degradasyona uğradığı düşünülürse mevcut sorunun boyutu daha iyi anlaşılmaktadır.

Tarımsal değeri olan bir toprak dinamik, doğal ve canlı ortam özelliğine sahip olmalıdır. Bu özelliklerini yitirmiş topraklar enerjisini, biyo çeşitliliğini, potansiyelini, tamponluk sistemini ve direncini kaybetmiş bir materyale dönüşmektedir. Aslında bu durum bağışıklık sistemini kaybetmiş bir canlının yaşamda yüz yüze kaldığı duruma benzerlik gösterir. Uluslararası Gıda Politikaları Araştırma Enstitüsü'ne (IFPRI) göre, dünyada gıda güvencesinin sağlanabilmesi ve açlık sorununun ortaya çıkmaması için önümüzdeki 20 yıl içinde dünyadaki tahıl üretiminin 1,7 milyar tondan 2,5 milyar tona çıkarılması gerektiği öngörülmektedir. Dünyada tarım yapılan toprakların artması söz konusu olamayacağına göre bu düzeydeki verim artışının mevcut tarım alanlarında ve yıllara bağlı olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Mevcut tabloda gelişmiş ülkelerde 203 kg kimyasal gübre tüketimiyle 49 kg verim alınmasına karşılık, gelişmekte olan ülkelere bu miktara 615 kg kim-

yasal gübre ile ulaşılabilir. Başka deyişle, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere kıyasla 3 kat daha fazla gübre tüketilmiş olmasına rağmen kişi başına düşen tahıl üretimindeki artış 10 kat daha az olmuştur. Bu yüzden, toprakların verimliliğinin yanı sıra üretim gücünün artırılmasına yönelik yaklaşımların geliştirilmesi, daha az kimyasal gübre tüketilmesini ve mücadele ilaçlarının daha az kullanılmasını sağlayacaktır. Ülkemizde böyle bir iyileştirme için gerekli organik girdi kaynaklarının yeterli düzeylerde bulunmaması ve tarımsal işletmelerin yönetiminde yeterli düzeyde yer bulamaması, bu sorunun artarak devam etmesine neden olmuştur. Ancak günümüzde toprağın verimlilik ve üretkenlik gücünü artırmaya yönelik biyoteknolojik yaklaşım ve süreçlerin kullanımı bu sorunun aşılmasında önemli dönüm noktalarından biridir (Şahin vd 2013).

Bu biyoteknolojik yaklaşımlardan biri; bitkisel üretimde verimi artırıcı mikroorganizmaların bitkileri stres koşullarına karşı da dayanıklı kılan mekanizmaları sayesinde ürünlerin raf ömrünü uzatıp kaliteli ürünlerin alınması mümkün kılmaktadır.

Bitkide Stres Koşulları

Canlılar doğaları gereği dış çevre ile sürekli ilişki halindedirler. İçinde bulundukları çevrede uygunsuz koşullar oluşması durumunda adaptasyon eksikliğine bağlı olarak stres koşullarına maruz kalırlar. Çevre şartlarının bir bitkinin normal büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyecek kadar değişmesi halinde bitkide meydana gelen duruma stres denir. Bir başka deyişle bitki üzerinde negatif etkileri olan dış faktörler olarak tanımlanır. Birçok durumda, stres bitkinin canlı kalabilmesi, ürün verebilmesi, biyokütle birikimi ve özümleme ile ilişki kurarak açıklanması gereken bir kavramdır (Büyük vd 2012).

Stres faktörleri, orijinlerine göre abiyotik ve biyotik stres faktörleri olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir. Abiyotik stres faktörleri soğuk, sıcak, kuraklık, tuzluluk, su fazlalığı, radyasyon, çeşitli kimyasallar, oksidatif stres, rüzgar ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel faktörlerdir. Biyotik stres faktörleri ise virüs, bakteri ve fungusları içeren patojenler, böcekler ve herbivorlardır (Mahajan ve Tuteja, 2005)

Stres etmeninden uzaklaşarak kaçınma gibi bir seçeneğe sahip olmayan bitkiler hayvanlardan farklı olarak strese direkt maruz kalırlar. Bu direkt etki büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilerken bitki organlarının yaşantısını yitirmesine neden olmaktadır.

Bitkide Stres Tepkileri

Stres faktörlerine maruz kalmış bitkiler Sakınma ve Tolerans Mekanizmaları olmak üzere iki şekilde strese karşı tepki gösterirler.

- Sakınma mekanizmaları; stres faktörlerinin bitkinin penetrasyonunu önleme veya korumaya yöneliktir. Sakınma mekanizmaları içinde yaprak alanı - kalınlığı, stomaların boy - yoğunluğu ve toksik maddelerin atımı gibi bitki çevre etkileşiminde, bitki morfolojisinde ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimlerdir.

Tolerans mekanizmaları; stres faktörlerinin azaltılması veya yaralanan bölgelerin tamiri ile meydana gelen değişimlerdir. Tolerans mekanizmalarına; molekül içindeki elektron değişimleri hücre komponentlerinin değişimleri, yaprak kök ve meyvelerdeki değişimler örnek olabilir.

Stres proteinleri; stres koşullarına bağlı olarak RNA sentez mekanizmasında strese özgü mRNA sentezi yoğunluk kazanır ve o strese özel stres proteinleri üretilir. Bilinen kimi stres proteinleri (Güçlü 2006);

- Osmotik stres proteinleri

- Su eksikliği stres proteinleri
- Isı şoku proteinleri
- Koruyucu stres proteinleri
- Yaralanma stres proteinleri

Bitkiler farklı stres faktörlerine karşı aynı veya benzer savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bitkiler stresi ya tolere etmekte ya da ondan kaçınmaktadırlar. Stres faktörleri yapısal ve metabolik hasarlara neden olmaktadır. Bu hasarlar tersinir ya da geri dönüşümsüz olabilirler. Bu yüzden bitkiler sekonder metabolitlerin yanı sıra başka savunma yolları geliştirmişlerdir. Bunlar dehidrin veya PR proteinleri gibi spesifik proteinler, fenilpropanoid yolunun aktivasyonu, reaktif oksijen türlerin oluşumu, antioksidanların aktivasyonu, thionin, thaumatin, kitinaz, glukanaz gibi PR proteinleri, fitoaleksinler, düşük molekül ağırlıklı fenolikler, savunma enzimleri ve düşük sıcaklık, ağır metaller, ozmotik stres, ozon ve patojen gibi stres faktörlerine karşı sentezlenen diğer savunma faktörleri, programlanmış hücre ölümü olan HR, SAR vs.'dir (Koç ve Üstün, 2008).

Stres Koşullarında Bitkilerin Verdiği Cevaplar

Halofitler (tuzcul), kserofitler (kurakçıl) veya cipsli (alçıtaşlı) topraklarda yetişenler gibi bazı bitkiler stres koşullarına doğal olarak adapte olabilmektedirler. Stres koşullarına maruz kalmalarına rağmen bu özelleşmiş bitkiler hayatta kalabilmekte ve bulundukları çevrede yaşam döngülerini tamamlayabilmektedirler (Boscalu vd 2008).

Bitkilerde stres koşullarına karşı oluşan moleküler cevap mekanizmaları makromoleküllerin ve iyonların homeostasisi, koruyucu moleküllerin sentezi, reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumu ve detoksifikasyon olmak üzere üç grupta toplanabilir. Bu mekanizmalar ile bitkiler uygun olmayan çevresel koşullara karşı dayanım sağlamaya çalışmaktadır. Bitkilerde bu mekanizmalar ile dayanım ve tolerans seviyesinin artırılması için bitki gelişimini düzenleyici bakterilerin (PGPR) kullanımı büyük önem arz etmektedir.

Bitki Gelişimini Düzenleyici Bakteriler (PGPR) ve Stresde kullanım Olanakları

Toprak çok sayıda mikroorganizma topluluklarını barındırmaktadır. Bu mikroorganizma toplulukları arasında bitki gelişimi ile ilişkili olan bakterilere “bitki gelişimini düzenleyici bakteriler” ya da PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) adı verilmektedir. Yararlı etkide bulunan bu bakterilerin bazıları bitkilerde gelişmeyi uyarıcı veya biyokontrol ajanı gibi rol oynayarak ya da her iki şekilde de davranarak bitkilere yararlı etkide bulunabilmektedirler (Romerio, 2000; Altın ve Bora 2005).

Bitki gelişimi; aşırı sıcaklıklar, yüksek ışık, su basması, kuraklık, organik kirleticiler ve toksik metallerin varlığı, radyasyon, yaralanma, böcek zararı, yüksek tuzluluk, virüs, bakteri ve mantarların dahil olduğu birçok biyotik ve abiyotik stres faktörleri tarafından engellenebilmektedir. Yetiştirme sürecinde öldürücü olmayan bir dizi bitki gelişmesini sınırlayıcı stres bitki tarafından etkisizleştirilmekte veya bitki stresle başa çıkmak için metabolizmasını ayarlayabilmektedir. Sonuçta bitki gelişimi maksimum gelişme periyodu ile engellenme periyodu tarafından belirlenmektedir. Öldürücü olmayan stres dönemlerinde gelişme durmakta veya yavaşlamakta ve sonuç olarak gelişim sürecinde gerçek verim stres faktörlerinin yoğunluğu ve sayısının direkt sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bitkilerin bir dizi savunma proteininin sentezlenmesi dahil fizyoloji ve metabolizmasını değiştirebilme özelliklerine ilave olarak, belli bakteriler de çeşitli çevresel stres faktörlerinden kaçınma ve kısmen de olsa üstesinden gelme bakımından bitkilere yardımcı olmaktadır (Çakmakçı, 2009).

Hormon ve Enzim üretimi:

Bitki gelişimini uyaran bakteriler protease, lipase gibi enzimler sentez ederek, bitkilerde uyarılmış dayanıklılığa neden olabilmektedirler (Altın ve Bora 2005). PGPR'la ACC deaminaze üretebilme özellikleriyle bitki köklerindeki etilen miktarını azaltarak kök uzama ve gelişmesini teşvik etmektedir (Penrose ve Glick, 2001).

Bakterilerce serbest azot fiksasyonu, indol asetik asit, gibberellik asit ve sitokinin gibi hormonların üretimine ilave olarak, bitki taşıma sistemi ve iyon alımının teşvik edilmesi gelişmeyi artırmaktadır (Dobbelaere vd., 2003; Çakmakçı vd., 2006, 2007). Bakteriler, organik ve mineral fosfat çözünürlüğü ve diğer bitki besin maddelerinin mineralizasyonu ve alımını artırabilmekte (de Freitas vd., 1997; Çakmakçı vd., 1999, 2001; Şahin vd., 2004) ve siderofor, 1,3 glukanaaz, kitinaz, antibiyotik ve siyanit üretimiyle patojenik mikroorganizmalara karşı etki göstererek dolaylı olarak bitki gelişmesini teşvik edebilmektedir (Dobbelaere vd., 2003).

Bakteriler bazı enzimlere etki ederek bitkilerde moleküler düzeyde bazı fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bu enzimler içinde 1- aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaze bitki etilen hormonunun ayarlanması ile bitki büyüme ve gelişimini değiştirmede önemli rol oynamaktadır. Bitki gelişimini teşvik edici bu bakteriler; bitki besin kaynağı sağlanmasına ilave olarak, ACC deaminaze aktivitesi yoluyla bitki etilen düzeyini azaltarak, bitki gelişmesini doğrudan teşvik etmektedir (Glick, 1995; Glick vd., 1999). ACC deaminaze içeren bakteriler stresin neden olduğu etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Glick vd., 1998; Safronova vd., 2006).

Aminosiklopropan karboksilat deaminaze köklerdeki ACC'yi α -ketobütrat ve amonyuma dönüştürerek, birçok mekanizma ile bitki gelişimini engelleyen, etilen üretimini kontrol edebilmektedir (Honma ve Shimomura, 1978). ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakteri uygulanan bitkiler özellikle düşük etilenden dolayı oransal olarak daha fazla kök geliştirmekte ve stres koşullarına daha dayanıklı olmaktadır (Burd vd., 2000). ACC deaminaze içeren bakteriler, farklı bitkisel süreçleri engelleyen etilen miktarını azaltmak, hücre çoğalmasına katkı yapmak ve bitki etilen seviyesi ve ACC sentez enziminin olumsuz etkisi olmaksızın kök ve gövde uzamasını sağlamak suretiyle, bitki gelişmesini olumlu etkilemektedir.

Aşırı su, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, ağır metal ve tuzluluk gibi stres faktörleri bitki "stres etileni" miktarını artırmaktadır. Abiyotik stres koşullarında oluşan stres etileninin azaltılmasında en etkin strateji ACC deaminaze aktivitesini oluşturan genin kullanılmasıdır. Bitkiler ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakterilerle birlikte yetiştirildiğinde, bakteri ACC için alıcı işlevi görmek ve bitki etilen düzeyini azaltmaktadır (Glick vd., 1998). Bu yola laboratuvar ve tarla koşullarında ACC deaminaze aktivitesi gösteren bitki gelişimini teşvik edici bakteriler kullanılarak yürütülen araştırmalarda; bitki gelişimini engelleyen aşırı su (Grichko ve Glick, 2001; Farwell vd., 2007), organik kirleticiler (Burd vd., 2000; Glick, 2003; Huang vd., 2004a, b; Reed ve Glick, 2005; Reed vd., 2005); patojen (Wang vd., 2000); stresine karşı bitkilerde korunma sağlanmaktadır. Strese karşı bitki dayanıklılığının artırılması için alternatif bir yaklaşım ise bitki antioksidan enzimlerinin bakteriler kullanılarak artırılmasıdır.

Bitkide stres koşullarına dayanıklılığın artırılması önemli bir araştırma alanı olduğu gibi, bitkilerin stres koşullarına adaptasyonunda antioksidan enzimlerinin büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir. Nitekim glutatyon metabolizmasının kilit enzimi olan glutatyon redüktaz ve glutatyon S-transferaz enzimleri serbest radikal hasarına karşı hücreleri korumakta, stres koşullarında hücrelerin zarar görmesini engellemekte, enzimlerin oksidasyonunu önlemek suretiyle düşük ve yüksek sıcaklıklara karşı bitkileri korumakta, antioksidan savunma

sisteminde anahtar rol oynamakta, düşük sıcaklık, oksijen düzeyi, hava kirliliği, ağır metaller, yüksek ışık intensitesi, magnezyum noksanlığı ve kuraklık gibi çevresel stres koşullarına dayanıklılıkla ilgili bulunmaktadır (Marrs vd., 1996; Çakmak ve Röhnheld, 1997; Anderson ve Davis 2004; Gong vd., 2005).

Biyotik ve abiyotik stres koşullarına tepki olarak köklerdeki etilen üretimi artmaktadır (Abeles vd., 1992; Arshad ve Frankenberger, 1998, 2002; Frankenberger ve Arshad, 1995). bitkilerde etilen (bitki gelişimini durduru) etilen; dormansinin kırılması, kök oluşumu ve köklerin uzaması, kök ve gövde farklılaşması, adventif kök formasyonu, yaprak ve meyve dökülmesi, çiçeklenmenin sona ermesi, dioik bitkilerde döllenmenin artması, çiçek ve yaprak yaşlanması, meyve olgunlaşması ve nodül oluşumu gibi olaylarda etkili bitkisel gelişimin fizyolojik göstergesi durumundadır (Johnson ve Ecker, 1998).

Bitki Besin Noksanlık Stresi

Toprakta sınırlı miktarda bulunan demiri alabilmek amacıyla bakteri, fungus ve bitkiler ekstraselüler olarak düşük moleküler ağırlıkta demir iyonları için yüksek uyuma sahip suda çözünebilen moleküller olan sideroforları sentez ederler (Altın ve Bora 2005). PGPR'lar bitkilerde Fe noksanlığı durumunda siderofor üretirler. Üretilen bu siderofor Fe³⁺ ile uyuma sahiptir (Leong, 1986). Bu fitosideroforların oluşturduğu Fe + şelatlar özel bir taşıyıcı sistem ile hücre içine alınır (Röhnheld ve Marschner, 1986) ve bu şekilde bitkide Fe noksanlığı giderilmektedir.

Toprakta bulunan bir kısım kök bakterileri topraktaki bu kullanılamayan fosforu çözerek bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürür. Bu şekilde de verimde artışlar meydana gelir. PGPR'ların fosfor çözünürlüğü üzerine olan etkileri daha çok toprak pH'sı üzerine olan etkilerinden kaynaklanmaktadır. Kök bakterilerinin salgılamış oldukları glukonik asit, sitrik asit gibi organik asitler ve H⁺ (proton) pompalanması sonucu toprak pH'sı etkilenecek fosfor bitkiler tarafından alınabilir forma dönüşür (Seshadri ve ark., 2000; Antoun, 2003). En iyi fosfat çözücü kök bakterileri arasında *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Rhizobium* genusları yer almaktadır (Antoun, 2003).

Simbiyotik olmayan biyolojik azot bağlama yeteneğine sahip toprakta serbest yaşayan birçok mikroorganizma vardır. Bunlar arasında *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Anabaena* ve *Nostoc*'u sayabiliriz. PGPR ile topraktaki simbiyotik olmayan azot bağlama maksimum yaklaşık 15 kg N/ha/yıl olmaktadır (Hubbel ve Kidde, 2003).

Phyllobacterium strain 29-15'in varlığında kolza bitkisinin azot alma oranı % 80 artış göstermiştir (Larcher ve ark., 2000).

Topraklara uygulanan çözünürlüğü düşük kaya fosfatının PGPR'lar tarafından çözünürlüğünün arttığı ve bitkinin daha fazla fosforu kullandığı (Güneş vd 2013), toprakta fosfor eksikliğinin giderilmesinde fosfor çözücü mikroorganizmaların kullanımı, sürdürülebilir tarım ve çevreye dost tarım sisteminde bitkinin fosfor alımına önemli derecede etki ettiği yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Narsian ve Patel, 2000; Çakmakçı vd 2006; Turan vd 2006, 2007, 2009, 2012a, b).

B. megaterium, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. cereus*, *Bacillus FS-3*, *Bacillus M3*, *Bacillus OSU-142*, *B. amyloliquefaciens* ve *Bacillus* spp, gibi *Bacillus* ırkları ile yürütülen araştırmalarda (Güneş vd., 2009; Turan vd., 2012b), çeşitli bitkilerde bakteri uygulaması ile kontrole göre gelişme ve verim ile bitkiye yarayışlı azot ve fosfor miktarında önemli düzeyde artışlar sağlandığını belirtmişlerdir.

Hastalık ve Zararlı Stresi

PGPR'lar sahip oldukları bazı mekanizmalar ile patojen mikroorganizmaların bitkilerde hastalık oluşturmalarını engelleyebilirler. Floresan *Pseudomonas*'lar toprak kökenli hastalıkların engellenmesinde en etkili rizosfer bakterileri arasında yer almaktadır. Bu bakteriler siderefor özellikleri ile patojen mikroorganizmaların topraktaki demiri kullanmalarını engelleyerek ya da antibiyotik üreterek bitkileri patojen saldırılarına karşı korurlar. Ayrıca sistemik dayanıklılığı teşvik edebilme yeteneğine sahiptirler (Ünlü, 2007).

Rhizobium ve *Bradyrhizobium* strainleri (*Sinorhizobium meliloti*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *R. leguminosarum* bv. *trifolii*, *R. leguminosarum* bv. *viciae*, *Bradyrhizobium* sp., *B. japonicum*), *Rhizoctonia solani* AG4, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* ve 2 *Fusarium* sp.'ye karşı denenmiştir. Hem *in vitro*'da hemde *in vivo*'da yapılan denemeler sonucunda *Sinorhizobium melilotii* bu 5 adet fungusa karşı antibiyosis aktivitesi göstermiştir. Azot bağlayan bu bakteri aynı zamanda bitki gelişiminde % 44 oranında artış meydana getirmiştir (Gurfinkel ve Peticari, 2000).

Soya Mısır rotasyon sisteminde çeşitli *Bradyrhizobium* strainleri denenmiştir. *Bradyrhizobium* USDA136 ve 532C strainleri mısır köklerinde kuru madde oranlarını % 8,45 ile % 6,71 oranında artırmıştır. Bu strainlerin mısır köklerinde bulunan patojenlere olan etkileri de araştırılmış ve 11 adet strainin *Sclerotinia sclerotium*'un gelişmesini engellediği tespit edilmiştir (Prevost ve ark., 2000).

PGPR'lar tarafından kök bölgesine salgılanan çeşitli antibiyotikler ile zararlı mikroorganizmaların gelişmesi engellenir. Bu zararlı mikroorganizmaların engellenmesiyle de bitki kökleri daha iyi gelişir. *Bacillus* sp.ler ürettikleri antibiyotikler ile domatesta zararlanmaya sebep olan *Rhizoctonia solani*'yi etkili bir şekilde engelleyerek zararlanma düzeyini azaltmaktadır (Asaka ve Shoda, 1996).

Yapılan bir çalışmada bitki gelişimini artıran bakterilerinden olan *Bacillus polymyxa*'nın hem *Fusarium graminearum* ve *Cochliobolus sativus* etmenlerinin neden olduğu buğdayda kök çürüklüğünü azaltmış, hem de üründe % 102 oranında artışa neden olmuştur (El-Meleigi and Hassan, 2000).

PGPR'ların kök bölgesine kolonize olmaları ile bitkide zararlanmaya sebep olan *Pythium aphanidermatum*'un gelişiminde bitkideki enzim aktivitesinin artışına bağlı olarak bir azalma meydana gelmektedir (Chen vd 2000). Domates tohumlarına PGPR uygulanması sonucunda bitki ağırlığının arttığı bununla birlikte hastalık şiddetinin ve kökteki fungal kolonizasyonunun azaldığı belirlenmiştir (Hultberg vd 2000; Siva vd 2004).

Tuz Stresi

Yüksek tuzluluk (Mayak vd., 2004; Cheng vd., 2007; Saravanakumar ve Samiyappan, 2007; Dell'Amico vd., 2008) koşullarında PGPR'lar çeşitli enzimatik ve hormonal salgılar ile bitkinin toleransını artırmaktadır. Farklı tuz stresi koşullarında yetiştirilen domates, (Mayak et al., 2004), kanola (Glick et al., 1997), fasulye (Yildirim and Taylor, 2005), marul (Barassi et al., 2006) bitkilerinde toprağa yada bitkiye enjekte edilen PGPR'ların tuz stresine karşı bitkinin dayanım mekanizmasını artırarak, verim miktarlarının kontrole oranla daha yüksek olmasını sağlamışlardır.

Tuzlu koşullarda yetiştirilmeye çalışılan turp bitkisinde, PGPR uygulaması ile bitkinin Na alımının azaldığı ve PGPR'lar tarafından kök bölgesine salgılanan salgılar ile Na'un zararlı etkisinin azaldığı ve %250 oran-

larında kuru maddede artışa neden olduğu belirlenmiştir (Yıldırım vd 2008a, b). PGPR uygulaması sonucunda tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin Na alımının azalmakta, buna karşın K ve Ca alımı artmaktadır (Yıldırım vd 2006; Singh ve Singh, 1993; Altomare vd 1999; Grichko ve Glick, 2001; Egamberdiyeva ve Hoflich, 2003; Mayak vd 2004). PGPR'lar çeşitli hormon ve enzim salgılayarak bitki gelişimine katkıda bulunmaktadırlar. PGPR ile inoküle edilen bitkilerde prolin ve glutamat gibi amino asit salınımının arttığı ve bu salgıların üretimine bağlı olarak tuzun zarar etkisinin azaldığı belirtilmiştir. (Bashan ve Holguin, 1997).

Don Stresi

Bitkilerde don stresi önemli bir problem olup, verim ve kalite açısından önemli düzeylerde azalmalara neden olmaktadır. Don stresi durumunda bitkide enzim salgısı azalmakta, bitki içerisinde bulunan su donmakta ve hücreyi geri dönüşümsüz olarak parçalayarak, proteinlerin denatüre olmasına sebep olmaktadır. PGPR uygulaması ile bitkide biriken katalaz, peroksidaz ve süperoksid dismutaz gibi enzimlerin miktarı artarak, bitkinin don stresine dayanımı artmaktadır (Turan vd 2006, 2007, 2013; Eşitken vd 2006). Bakteriler uygun olmayan çevre koşullarında özellikle don stresinde giberallik asit hormonunu üreterek, bitkinin dona dayanımı artırmaktadır (Barka vd 2006). *Pseudomonas putida*, *Micrococcus cryophilus*, *Rhodococcus erthropilis*, *Marinomonas protea*, *Moraxella species* gibi bazı PGPR bakterilerinin bitkide don zararını azaltma etkisi gösteren antifiriz protein ve antifiriz lipoproteinlere sahip olduğu pek çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Kawahara, vd 2001; Duman ve Olsen, 1983; Mills, 1999; Yamashita vd 2002). Lindow (1983) mısır, fasulye, patates, kabak, domates, portakal ve avakado bitkilerinin kullandığı bir çalışmada klasik tedbirlerle don zararından korunma metodlarına nazaran bazı PGPR bakteri uygulamalarının *Pseudomonas syringae* ve *Erwinia herbicola* gibi bakterilere antagonistik etki göstermesi ve antifiriz protein oluşumunda rol aldığını belirlemiştir.

Ağır Metal Stresi

Ağır metal stresi koşullarında, PGPR kullanımı sonucunda, Nikel, kurşun, çinko, bakır, kadmiyum, kobalt ve arsenik gibi ağır metaller (Burd vd., 1998, 2000; Belimov vd., 2001, 2005; Nie vd., 2002; Glick, 2003; Reed ve Glick, 2005; Reed vd., 2005; Farwell vd., 2006; Safronova vd., 2006) bakteriler tarafından ortamdan uzaklaştırılmakta yada yarayışlı miktarlarında azalmalar meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalarda özellikle *B. megaterium* uygulaması sonucunda toprakta toplam ağır metal içeriğinde azalma meydana geldiği, hyperakümülatör bitkilerde ise bitkilerin topraktaki ağır metalleri daha fazla almasına sebep olduğu belirlenmiştir (Esringü vd 2014). Topraklarda PGPR kullanımı ile hyper akümülatör olarak kullanılan bitkilerde etkinliği artırdığı (Whiting vd 2001) ve phytoremediasyon tekniklerinde önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (Mayak vd 2004). PGPR bakterileri özellikle organik maddeyi parçalayarak, besin elementlerinin elverişliliğini artırarak bitkinin daha iyi gelişmesini sağlamakta ve bunun sonucunda gelişen bitkinin daha fazla ağır metali topraktan uzaklaştırabildiğini göstermektedir.

Tablo 1. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşlamalarının bitkilerde neden olduğu bazı fizyolojik değişiklikler (Çakmakçı, 2009).

Bitki türü	PGPR	Etkiler	Kaynak
<i>Raphanus sativus</i>	<i>Staphylococcus kloosii</i> EY37 <i>Kocuria erythromyxa</i> EY43	Bitkide antioksidan enzim salgısını artırmakta, Na'un zararlı etkilerini azaltmakta	Yıldırım vd 2008a
<i>Raphanus sativus</i>	<i>Bacillus subtilis</i> EY2, <i>Bacillus atrophaeus</i> EY6, <i>Bacillus sphaericus</i> GC subgrup B EY30	Klorofil içeriği ve yaprak su içeriği artmakta	Yıldırım vd 2008b
<i>Brassica campestris</i>	<i>Methylobacterium fuji-sawaense</i>	Bakteri kök uzamasını teşvik etmekte	Madhaiyan vd., 2006
<i>Brassica campestris</i>	<i>Bacillus circulans</i> <i>Bacillus firmus</i> <i>Bacillus globisporus</i>	Aşlama kök ve gövde gelişimini artırmış,	Ghosh vd., 2003
<i>Brassica napus</i>	<i>Alcaligenes</i> spp. <i>Bacillus pumilus</i> <i>Variovorax paradoxus</i>	Aşlan bitki daha kuvvetli gelişmiş	Belimov vd., 2001
<i>Brassica napus</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	Kök uzunluğu ve gövde yüksekliğinde artış	Saleh ve Glick, 2001
<i>Brassica napus</i>	<i>Acinetobacter</i> spp.	Kök uzunluğunda %35-41 oranında artış	Indiragandhi vd., 2008
<i>Chamaecytisus proliferus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Kök uzaması ve nodül sayısında artış	Donate-Correa vd., 2004
<i>Dianthus caryophyllus</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>	Kök uzamasında artış	Li vd., 2005
<i>Glycine max</i>	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Erken gelişimin teşviki	Cattelana vd., 1999
<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Pseudomonas putida</i> <i>Trichoderma atroviride</i>	Kök, kök-gövde ağırlığı ve meyvede artış	Gravel vd., 2007
<i>Pisum sativum</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Nodül gelişimi teşviki	Ma vd., 2003
<i>Zea mays</i> <i>Vigna radiata</i>	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Bradyrhizobium</i> spp.	Kök uzamasında artış, Nodülasyonda artış	Shaharoona vd., 2006 a, b
<i>Vigna radiata</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	Etilen üretimi azalışı	Mayak vd., 1999
<i>Zea mays</i>	<i>Enterobacter sakazakii</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Klebsiella oxytoca</i>	Agronomik parametrel-erde artış	Babalola vd., 2003

Tablo 2. ACC deaminaze içeren PGPR tarafından bitkilerde ağır metal stresinin azaltılması (Çakmakçı, 2009).

Bitki türü	ACC deaminaze içeren PGPR	Kirletici	Kaynak
<i>Brassica napus</i> <i>Brassica juncea</i> ve <i>Lycopersicum esculentum</i>	<i>Kluyvera ascorbata</i>	Yüksek Ni ²⁺ , Pb ²⁺ , Zn ²⁺ , ve CrO ₄ ²⁻ toksiditesi yok ve normal bitki gelişimi	Burd vd., 1998, 2000
<i>Brassica napus</i>	<i>Bacillus megaterium</i>	Kurşun, kadmiyum ve bor	Esringü vd 2014.
<i>Brassica juncea</i>	<i>Variovorax paradoxus</i> , <i>Rhodococcus</i> spp.	Aşılama Cd ²⁺ ortamında gelişmeyi teşvik etmiş	Belimov vd., 2005
<i>Brassica juncea</i> ve <i>Pisum sativum</i>	<i>Bacillus pumilus</i> <i>Alcaligenes xylosoxidans</i> , <i>Pseudomonas brassicacearum</i> <i>Pseudomonas marginalis</i> , <i>Pseudomonas putida</i> <i>Pseudomonas oryzae</i> <i>Rhodococcus</i> spp. <i>Variovorax paradoxus</i>	Bakteri Cd ²⁺ toksiditesine karşı toleranslı ve 300 µM CdCl ₂ solüsyonunda kolza kök uzamasını teşvik etmiş	Belimov vd., 2001
<i>Phragmites australis</i>	<i>Pseudomonas asplenii</i>	Yüksek Cu ²⁺ ve kreozot ortamında normal gelişim	Reed vd., 2005
<i>Pisum sativum</i>	<i>Pseudomonas brassicacearum</i> <i>Pseudomonas marginalis</i>	Aşılama Cd neden olduğu köklerin besin alımının engellemesini önlemiş	Safronova vd., 2006
<i>Brassica napus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Cd ²⁺ toksik etkisine karşı koruma ve gelişme teşviki	Dell'Amico vd., 2008
<i>Brassica napus</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	Aşırı su ve Ni ²⁺ , ortamında biomas artışı	Farwell vd., 2007
<i>Helianthus annuus</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	Cd ²⁺ toksitesi azalmış, kök metal alımı % 40 artırmış	Wu vd., 2006

SONUÇ

Günümüzde tarım birçok biyotik ve abiyotik stresin etkisindedir. Mevcut verilere göre ACC deaminaze üretici bitki gelişimini teşvik eden bakteriler kullanılarak bitki gelişiminin belli ölçüde artırılabilir. Bakteri-kök birlikteliğinde bakteriler, bitkiye büyük bir fayda sağlamazsa bile, etilen düzeyinin azaltılması yoluyla, bitkilere birçok fayda sağlamaktadır. Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin yaygın olarak kullanımının önündeki en büyük engel; bu organizmaların yüksek konsantrasyonlarda tuz ve kirleticinin bulunduğu ortamlar,

aşırı pH ve sıcaklık durumu ve bu bakterilerle yarışan veya onları yok eden bakterilerin bulunması gibi sert çevre koşullarında yaşamlarını sürekli devam ettirememeleridir. Bu problemin olası çözümü, bitki gelişimini teşvik eden endofitik bakterilerin kullanımının yaygınlaştırılması olarak görülmektedir (Sturz ve Nowak, 2000). Gelecekte etkin ACC deaminaze aktivitesi gösteren bakterilere ilave olarak, bitki gelişimini teşvik edici bakterilerle bitki antioksidan enzim aktivitesinin artırılması ve dolayısıyla bitkilerin düşük sıcaklık ve kuraklık stresine karşı dayanıklılığının artırılma olanakları üzerine yoğun araştırmalar yapılmalı ve uygun ve etkin bakteri-bitki kombinasyonları ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abeles, F.B., Morgan, P.W., Saltveit, M.E., 1992. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, San Diego.
- Altın, N. ve Bora, T. 2005. Bitki Gelişimini Uyaran Kök Bakterilerinin Genel Özellikleri ve Etkileri. Anadolu, J. of AARI 15 (2): 87 – 103.
- Altomare, C., W. A. Norvell, T. Björkman, and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai strain 1295–22. Applied and Environmental Microbiology 65: 2926–2933.
- Anderson, J.V., Davis, D.G., 2004. Abiotic stress alters transcript profiles and activity of glutathione S-transferase, glutathione peroxidase, and glutathione reductase in *Euphorbia esula*. Physiol. Plant., 120: 421-433.
- Antoun, H. 2003. Field and Green house Trials Performed with Phosphate Solubilizing Bacteria and Fungi <http://www.webcd.usal.es/web/psm/abstracts/antoun.htm>.
- Arshad, M., Frankenberger, W.T., 1998. Plant growth regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. Adv. Argon., 62:146–151.
- Arshad, M., Frankenberger, Jr.W.T., 2002. Ethylene: Agricultural sources and applications. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic/Plenum Publishers New York
- Asaka, O., and M. Shode. 1996. Applied Env. Microbiology 62, 4081-4085.
- Babalola, O.O., Osir, E.O., Sanni, A.I., Odhaimbo, G.D., Bulimo, W.D., 2003. Amplification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic (ACC) deaminase from plant growth promoting rhizobacteria in Striga-infested soils. African J. Biotechnol, 2, 157–160.
- Barassi, C. A., G. Ayrault, C. M. Creus, R. J. Sueldo, and M. T. Sobrero. 2006. Seed inoculation with *Azospirillum* mitigates NaCl effects on lettuce. Scientia Horticulturae 109: 8–14.
- Barka, E. A., J. Nowak, and C. Clement. 2006. Enhancement of chilling resistance of inoculated grapevine plantlets with a plant growth-promoting rhizobacterium, *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. Applied and Environmental Microbiology 72: 7246–7252.
- Bashan, Y., ve G. Holguin. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances. Canadian Journal of Microbiology 43: 103–121.
- Belimov, A.A., Safronova, V.I., Sergeyeva, T.A., Egorova, T.N., Matveyeva, V.A., Tsyganov, V.E., Borisov, A.Y., Tikhonovich, I.A., Kluge, C., Preisfeld, A., Dietz, K.J., Stepanok, V.V., 2001. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. Can. J. Microbiol, 47: 642–652.
- Belimov, A.A., Hontzas, N., Safronova, V.I., Demchinskaya, S.V., Piluzza, G., Bullitta, S., Glick, B.R., 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). Soil Biol Biochem, 37: 241–250.
- Boscaiu M, Lull C, Lidon A, Bautista I, Donat P, Mayoral O, 2008. Plant responses to abiotic stress in their natural habitats. Bulletin UASVM, Horticulture, 65 (1): 53-8.

- Burd, G.I., Dixon, D.G., Glick, B.R., 1998. A plant growth- promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings. *Appl Environ Microbiol*, 64: 3663–3668.
- Burd, G.I., Dixon, D.G., Glick, B.R., 2000. Plant growth- promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Can J Microbiol*, 46: 237–245.
- Çakmak, I., Römheld, V., 1997. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant Soil*, 193: 71-83.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Algur, O.F., 1999. Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum* inoculation. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 162: 437-442.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin, F., 2001. Effect of N₂- fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 164 (5), 527-531.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F. 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biol. Biochem* 38: 1482–1487.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Erdoğan, U., 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish J. Agric. For.*, 31: 189-199.
- Çakmakçı, R. 2009. Stres Koşullarında ACC Deaminaze Üretici Bakteriler Tarafından Bitki Gelişiminin Teşvik Edilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Derg.* 40 (1), 109-125.
- Cattelana, A.J., Hartela, P.G., Fuhrmann, J.J., 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Sci Soc Am J*, 63:1670–1680.
- Chen. C., Belanger, R. R., Benhamou, N., and Paulitz, T. C., 2000. Defense enzymes induced in cucumber roots by treatment with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and *Pythium aphanidermatum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 56, 13-23.
- de Freitas, J.R. Banerjee M.R., Germida, J.J., 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but no phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.), *Biol. Fertl. Soils*, 24: 358–364.
- Dell'Amico, E., Cavalca, L., Andreoni, V., 2008. Improvement of *Brassica napus* growth under cadmium stress by cadmium-resistant rhizobacteria. *Soil Biol Biochem*, 40:74- 84.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Okon, Y., 2003. Plant growth- promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit Rev Plant Sci*, 22:107–149.
- Donate-Correa, J., Leon-Barrios, M., Perez-Galdona, R., 2004. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria in *Chamaecytisus proliferus* (tagasaste), a forage tree-shrub legume endemic to the Canary Islands. *Plant Soil*, 266:261– 272.
- Duman, J.G., and Olsen, T.M. 1983. Thermal hysteresis protein activity in bacteria, fungi, phylogenetically diverse plants. *Cryobiology* 30:322-328.
- Egamberdiyeva, D., and G. Hoflich. 2003. Influence of growth-promoting bac- teria on the growth of wheat in different soils and temperatures. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 973–978.
- El-Meleigi, M. A., and Z. M. Hassan. 2000. Biological Control of Common Root Rot of Spring Wheat by Coating Seeds with *Bacillus* or *Trichoderma* spp in Central Saudi Arabia. Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba-Argentina.
- Esitken, A., L. Pirlak, M. Turan, and F. Şahin. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobac- teria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae* 110: 324–327.
- Esringü, A., Turan, M., Güneş, A., Karaman, M.R. 2014. Roles of *Bacillus megaterium* in Remediation of Boron, Lead, and Cadmium from Contaminated Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45:1–19.
- Farwell, A.J., Vesely, S., Nero, V., Rodriguez, H., Shah, S., Dixon, D.G., Glick, B.R., 2006. The use of transgenic canola (*Brassica napus*) and plant growth-promoting bacteria to enhance plant biomass at a nickel-contaminated field site. *Plant Soil*, 288: 309–318.

- Farwell, A.J., Vesely, S., Nero, V., McCormack, K., Rodriguez, H., Shah, S., Dixon, D.G., Glick, B.R., 2007. Tolerance of transgenic canola (*Brassica napus*) amended with ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria to flooding stress at a metal-contaminated field site. *Environ Poll*, 147: 540-545.
- Frankenberger, W.T., Arshad, M., 1995. *Phytohormones in soil: microbial production and function*. Marcel Dekker, New York.
- Ghosh, S., Penterman, J.N., Little, R.D., Chavez, R., Glick, B.R., 2003. Three newly isolated plant growth-promoting bacilli facilitate the growth of canola seedlings. *Plant Physiol Biochem*, 41: 277-281.
- Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol*, 41: 109-117.
- Glick, B. R., C. Liu, S. Ghosh, and E. B. Dumbroff. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 1233-1239.
- Glick, B.R., Penrose, D.M., Li, J., 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. *J Theor Biol*, 190:63-68.
- Glick, B.R., Patten, C.L., Holguin, G., Penrose, D.M., 1999. *Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria*. London: Imperial College Press.
- Glick, B.R., 2003. Phytoremediation: Synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. *Biotechnol. Adv.*, 21: 383-393.
- Glick, B.R., 2005. Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. *FEMS Microbiol Lett*, 251:1-7.
- Gong, H.B., Jiao, Y.X., Hu, W.W., Pua, E.C., 2005. Expression of glutathione-S-transferase and its role in plant growth and development in vivo and shoot morphogenesis in vitro. *Plant Mol. Biol.*, 57: 53-66.
- Gravel, V., Antoun, H., Tweddell, R.J. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biol Biochem*, 39: 1968-1977.
- Grichko, V. P., and B. R. Glick. 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. *Plant Physiology and Biochemistry* 39: 11-17.
- Güçlü, A. 2006. Bitkilerde stres koşulları ve stres tepkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İzmir.
- Güneş, A., Ataoglu, N., Turan, M., Esitken, A., Ketterings, Q.M. 2009. Effects of phosphatesolubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *J. Plant Nutr. Soil Sci* 173: 385-392.
- Güneş, A., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F., Karaman, M.R. 2013. Farklı Bakteri Uygulamalarının Kaya Fosfatının Çözünürlüğü Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 2(1):53-61.
- Gürel, A., ve Avcioğlu, R. 2001. Bitkilerde Strese Dayanıklılık Fizyolojisi, 21. bölüm, Editörler: Özcan, S., Gürel, E., Babaoglu, M. 2001. "Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları", Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, 308-313,
- Gurfinkel, B. S., and A. Petricari. 2000. Nitrogen Fixing Rhizobacteria and Their Relationship with Soilborne Fungi. Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba-Argentina.
- Honma, M., Shimomura, T., 1978. Metabolism of 1- aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Agric Biol Chem*, 42: 1825-1831.
- Huang, X.-D., El-Alawi, Y., Penrose, D.M., Glick, B.R., Greenberg, B.M., 2004a. Responses of plants to creosote during phytoremediation and their significance for remediation processes. *Environ. Pollut.*, 130: 453-463.
- Huang, X.-D., El-Alawi, Y., Penrose, D.M., Glick, B.R., Greenberg, B.M., 2004b. Multi-process phytoremediation system for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated soils. *Environ. Pollut.*, 130: 465-476.
- Hubbell, D. H., and G. Kidder. 2003. Biological Nitrogen Fixation. http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_SS180.

- Hultberg M., Alsanius B., and Sundin P., 2000. In vivo and in vitro interaction between *Pseudomonas fluorescens* and *Pythium* in the suppression of damping-off in tomato seedling. *Biological Control*, 19, 1- 8.
- Indiragandhi, P., Anandham, R., Madhaiyan, M., Sa, T.M. 2008. Characterization of plant growth-promoting traits of bacteria isolated from larval guts of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Curr Microbiol.*, 56: 327-33.
- Johnson, P.R., Ecker, J.R., 1998. The ethylene gas signal transduction pathway: a molecular perspective. *Annu Rev Genet*, 32:227-254.
- Kalefetoglu, T., ve Ekmekçi, Y. 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları (Derleme), G.Ü., Fen Bilimleri Dergisi, 18 (4): 723-740.
- Kawahara, H., Li, J., Griffith, M., and Glick, B.R. 2001. Relationship between Antifreeze Protein and Freezing Resistance in *Pseudomonas putida* GR12-2. *Current Microbiology*, 43: 365-370.
- Larcher, M., H. Bertrand, S. Rapior, O. Domergue, S. Mantelin, and J. C. Cleyet- Marel. 2000. Phyllobacterium Strain with Hormonal Capacities Enhances Growth and Nitrate Uptake of Oilseed Rape (*Brassica napus*). Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba- Argentina.
- Leong, J. 1986. Siderophores: Their Biochemistry and Possible Role in the Biocontrol of Plant Pathogens. *Annual Rev. Phytopathol.*, 24: 187-209.
- Li, Q., Saleh-Lakha, S., Glick, B.R., 2005. The effect of native and ACC deaminase-containing *Azospirillum brasilense* Cd1843 on the rooting of carnation cuttings. *Can J Microbiol*, 51:511-514.
- Lindow, S.E., 1983. Methods of preventing frost injury caused by epiphytic ice-nucleation-active bacteria. *Plant Disease*, 67(3), 327-333.
- Ma, W., Guinel, F.C., Glick, B.R., 2003. The *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* ACC deaminase protein promotes the nodulation of pea plants. *Appl Environ Microbiol*, 69:4396-4402.
- Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Ryu, J., Sa, T., 2006. Regulation of ethylene levels in canola (*Brassica campestris*) by 1- aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-containing *Methylobacterium fjisawaense*. *Planta*, 224: 268-278.
- Mahajan, S. ve Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- Marrs, K.A., 1996. The functions and regulation of glutathione S- transferases in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.*, 47: 127-158.
- Mayak, S., Tivosh, T., Glick, B.R., 1999. Effect of wild type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mungbeen cuttings. *J. Plant Growth Regul.*, 18:49-53.
- Mayak, S., S. Tirosh, and B. R. Glick. 2004. Plant-growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Physiology* 166:525-530.
- Mills, S.V. 1999. Novel biochemical compounds from Antartctic microorganisms. PhD thesis, Nottingham University.
- Narsian, V., Patel, H.H. 2000. *Aspergillus aculeatus* as a rock phosphate solubilizer. *Soil Biol. Biochem* 32: 559-565.
- Penrose, D.M., Glick, B.R., 2001. Levels of 1-aminocyclopropane- 1-carboxylic acid (ACC) in exudates and extracts of canola seeds treated with plant growth-promoting bacteria. *Can J Microbiol*, 47:368-372.
- Plazek, A. 2003. Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant triticale (x *Triticosecale wittmack*). *Acta Physiologicae Plantarum*, 25(3): 29-37.
- Prevost, D., S. Saddiki, and H. Antoun. 2000. Growth and Mineral Nutrition of Corn Inoculated with Effective Strains of *Bradyrhizobium japonicum*. Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba- Argentina.
- Reed, M.L.E., Glick, B.R., 2005. Growth of canola (*Brassica napus*) in the presence of plant growth-promoting bacteria and either copper or polycyclic aromatic hydrocarbons. *Can J Microbiol*, 51: 1061-1069.

- Reed, M.L.E., Warner, B., Glick, B.R., 2005. Plant growth- promoting bacteria facilitate the growth of the common reed *Phragmites australis* in the presence of copper or polycyclic aromatic hydrocarbons. *Curr. Microbiol.*, 51 : 425-429.
- Römhild, V., and H. Marschner. 1986. Evidence for a Specific Uptake System for Iron Phytosiderophores in Roots of Grasses. *Plant Physiol.*, 80: 175-180.
- Safronova, V.I., Stepanok, V.V., Engqvist, G.L., Alekseyev, Y.V., Belimov, A.A. 2006. Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil. *Biol. Fertil. Soils*, 42: 267-272.
- Saleh, S.S., Glick, B.R. 2001. Involvement of *gacS* and *rpoS* in enhancement of the plant growth-promoting capabilities of *Enterobacter cloacae* CAL2 and *Pseudomonas putida* UW4. *Can J Microbiol/Rev Can Microbiol*, 47:698–705.
- Seshadri, S., Muthukumarasamy, R., Lakshminarasimhan, C. and Lgnacimuthu, S. 2000. Solubilization of inorganic phosphates by *Azospirillum halopraeferans*. *Current science*. 79 (5): 565-567.
- Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., Khalid, A., 2006a. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC- deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biol Biochem*, 38:2971–2975.
- Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., 2006b. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Lett Appl Microbiol*, 42:155–159.
- Singh, H. P., and T. A. Singh. 1993. The interaction of rockphosphate, brady- hizobium, vesicular arbuscular mycorrhizae and phosphate-solubilizing microbes on soybean grown in a sub-Himalayan Mollisol. *Mycorrhiza* 4: 37–43.
- Silva, H. S. A., Romeiro, R. D., Macagnan, D., Halfeld-Vieira, B. D., Pereira, M. C. B., and Mounteer, A., 2004. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: non-specific protection and increase in enzyme activities. *Biological Control*, 29, 2, 288-295.
- Turan, M., Ataoglu, N., Şahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungus different forms of phosphorus in liquid culture. *J. Sustain. Agric* 28: 99–108.
- Turan, M., Ataoglu, N., Şahin, F. 2007. Effects of *Bacillus* FS–3 on Growth of Tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) Plants and Availability of Phosphorus in Soil. *Plant Soil Environ* 53: 58–64.
- Turan, M., Eşitken, A., Şahin, F. 2009. Effects of Phosphate Solubilizing Microorganism on Soil Phosphorus Fractions. Chapter 3. Phosphate Solubilizing Microbes For Crop Improvement. Editor; Khan M.S and Almas Zaidi Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Turan, M., Eşitken, A., Şahin, F. 2012a. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Alleviators for Soil Degradation Chapter 3. Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management. Editor; Dinesh K. Maheshwari, Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- Turan, M., Güllüce, M., von Wiren, N., Şahin, F. 2012b. Yield promotion and phosphorus solubilization by plant growth–promoting rhizobacteria in extensive wheat production in Turkey. *J. Plant Nutr. Soil Sci* 75: 818–826.
- Turan, M., Güllüce, M., Çakmak, R., Şahin, F. 2013. Effect Of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Strain On Freezing Injury And Antioxidant Enzyme Activity Of Wheat And Barley. *Journal of Plant Nutrition*, 36:731–748.
- Ünlü, S. 2007. Bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii*’nin sardunyada (*Pelargonium* spp.) tanısı ve biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi.
- Wang, C., Knill, E., Glick, B.R., Défago, G., 2000. Effect of transferring 1-aminocyclopropane -1-carboxylic acid (ACC) deaminase genes into *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0 and its *gacA* derivative CHA96 on their growth promoting and disease-suppressive capacities. *Can J Microbiol*, 46: 898–907.
- Whiting, S. N., M. P. de Souza, and N. Terry. 2001. Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens*. *Environmental Science and Technology* 35:3144–3150.

- Wu, C.H., Wood, T.K., Mulchandani, A., Chen, W. 2006. Engineering plant-microbe symbiosis for rhizoremediation of heavy metal, *Appl. Environ. Microbiol.*, 72: 1129–1134.
- Yamashita, Y., Nakamura, N., Omilya, K., Nishikawa, J., Kawahara, H., and Obata, H. 2002. Identification of an antifreeze lipoprotein from *Moraxella* sp. of Antarctic origin. *Biosci Biotechnol Biochem* 66:239-247.
- Yildirim, E., and A. G. Taylor. 2005. Effect of biological treatments on growth of bean plants under salt stress. *Annual Report of Bean Improvement Cooperative* 48: 176–177.
- Yildirim, E., A. G. Taylor, and T. D. Spittler. 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. *Scientia Horticulturae* 111: 1–6.
- Yıldırım, E., Dönmez, M.F. Turan, M. 2008a. Use of Bioinoculants in Ameliorative Effects on Radish Plants Under Salinity Stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 2059–2074.
- Yıldırım, E. Turan, M., Dönmez, M.F. 2008b. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. *Roumanian Biotechnological Letters* 13(5): 39333943.

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Bitki Gelişimini Hızlandıran Rizobakterilerin (PGPR) Mikrobiyal Gübre Olarak Etki Şekilleri

Nur OKUR

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, nur.okur@ege.edu.tr

GİRİŞ

Mikrobiyal gübre veya biyogübreler; toprağa, bitki yüzeylerine ve tohuma uygulandığında rizosferde veya bitki dokusu içerisinde koloni oluşturabilen, konukçu bitkinin birincil derecede önemli besin maddelerinin yayarışlılığını veya miktarını artırmak suretiyle bitki gelişimini hızlandıran canlı mikroorganizmaları içeren maddelerdir. Biyogübre, konukçu bitki ile devam eden birlikteliği boyunca bitkinin besin madde düzeyini artıran canlı mikroorganizma içermek zorundadır. Bu tanım biyogübreleri organik gübrelerden ayırmaktadır. Bir mikroorganizmanın varlığı, topraktaki besin maddesini artırmak suretiyle (ör; biyolojik N_2 fiksasyonu ile), besin maddelerinin yayarışlılığını artırmak suretiyle (fosfatların çözünabilirliğini artırarak), besin maddelerinin bitkiye girişini artırmak suretiyle (kök yüzey alanını artırarak) bitki gelişimini artırıyor, bitkiye veya toprağa uygulanan bu madde biyogübre olarak adlandırılmalıdır. Bitki gelişimini uyarıcı rizobakteriler olarak da adlandırılan bakterilerin (PGPR) de dahil olduğu bu mikroorganizmalar, aşılınmalarından sonra konukçu bitkiye bir çok yarar sağlayarak bitkisel üretimi artırmada sürdürülebilir bir yaklaşım sağlarlar.

PGPR'lerin hepsi biyogübre olarak dikkatte alınmamaktadırlar. Zararlı mikroorganizmaları kontrol altına almak suretiyle bitki gelişimini uyan bakteriler biyopestisidlerdir. Fakat bazı PGPR'lerin hem biyogübre ve hem de biyopestisid gibi hareket ederek bitki gelişimini uyardığı bilinmektedir. Örneğin *Burkholderia cepacia* cinsleri *Fusarium* türlerine karşı biyokontrol özelliklere sahipken aynı zamanda demirce fakir koşullarda si-derefor oluşumu ile mısırın gelişimine katkıda bulunabilmektedirler (Bevivino ve ark., 1998).

Bu bildirinin konusu, gerek konukçu bitkiye besin maddesi sağlamak suretiyle doğrudan yardımcı olan veya diğer yararlı sembiyotik ilişkilerin yardımı ile kök gelişimini ve morfolojisini dolaylı yoldan pozitif bir şekilde etkileyen bir biyogübre olan PGPR'lerin etki şekilleri hakkında bilgi vermektir.

PGPR biyogübrelemesi ile konukçu bitki arasındaki ilişkiler

Rizosferik ve endofitik ilişkiler

PGPR, konukçu bitkinin besin maddelerinden yararlanması ile ilgili bir çok yararlı etkilere sahip olmasından dolayı ikisi arasında çok yakın bir ilişki vardır. Fakat bu ilişkinin derecesi, PGPR'nin konukçu bitkiye nerede ve nasıl kolonize olmasına bağlı olarak değişmektedir. PGPR ve konukçusu arasındaki ilişki iki farklı şekilde ortaya çıkabilmektedir: (1) rizosferik ve (2) endotrofik ilişki.

Rizosferik ilişkide PGPR rizosferde, kök yüzeyinde ve ölü hücre dokularında kolonize olabilmektedir. Bitki, rizosferdeki toprak özelliklerini değiştirerek, PGPR'nin bu bölgede kolonize olmasını kolaylaştırır. Bu değişiklikler toprak pH'sı, su potansiyeli, oksijenin kısmı basıncı ve bitkisel salgılardan kaynaklanan diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerde gerçekleşmektedir.

Endotrofik ilişkide PGPR, konukçu bitki hücresinin apoplastik boşlukları içerisinde bulunur. Endofitler tarafından konukçu bitkinin kolonizasyonu ile ilgili en iyi karakterize edilen sembiyozis örneği; baklagil-rhizobium ilişkisidir. Kemo-atraksiyon, tutunma ve mikrosembiyontun enfeksiyonu ile kök nodüllerinin gelişimini içeren bu kompleks ve aynı zamanda düzenli bir şekilde yürüyen birliktelik, çok sayıda makalede ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Kök nodülleri gibi özel yapıların oluşmadığı birçok endofitik ilişkide ise PGPR'nin enfeksiyon yolları ve mikrosembiyontun bulunduğu ortam koşulları hala çok iyi bilinmemektedir. Özellikle bakterinin enfeksiyon yolları hakkında çok net bilgiler yoktur. Bazı araştırmalarda PGPR'nin bitki hücresine giriş noktasının lateral köklerin birleşme yerleri olduğuna dair bilgiler vardır. Fakat Mc Cully (2001) yapısı bozulmamış bitki köklerinde bu tür giriş noktalarının bulunmadığını ve bu durumun bitki köklerinin topraktan uzaklaştırılması esnasında lateral kök birleşim yerlerindeki kırılmalardan kaynaklandığını ileri sürmüştür. Bazı PGPR endofitik türler tarafından salgılanan selüloz ve pektinaz enzimlerinin de enfeksiyona yardımcı olduğu bilinmektedir. Bazı endofitik türler ise bitkinin apoplastik boşluklarına giriş yapmak için vektör olarak diğer organizmaları kullanabilmektedirler.

Biyogübre olarak PGPR'nin etki şekilleri

PGPR'nin, konukçu bitkinin bulunduğu ortamdan besin maddelerini almada etkili olma yolları 5 başlık altında toplanabilir:

Biyolojik N₂ fiksasyonu

Rizosferdeki besin maddelerinin yarayışlılığının artırılması

Kök yüzey alanının artırılması

Konukçunun diğer yararlı sembiyozlarının artırılması ve

Yukarıdaki 4 etki şeklinin kombinasyonu ile bitki gelişiminin artırılması

Konukçu bitki için N₂ fikse eden PGPR'ler

Şimdiye kadar üzerinde en fazla çalışılan ve araştırılan PGPR'ler baklagil bitkileri için N₂ fikse etme yetenekleri olan rhizobia grubu üyeleridir (*Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* ve *Sinorhizobium*). Baklagillerde kullanım için geliştirilen ilk rhizobium aşıları 1890'lı yıllarda olmuştur. Bu organizmalar hakkında çok fazla yayın olması nedeniyle bu makalede daha çok N₂ fikse edici topluluklar üzerinde durulacaktır.

Biyolojik yolla azot fikse edebilen birçok PGPR'nin bitki gelişimini uyarıcı etki şeklinin biyolojik azot fiksasyonuna dayandırılması ile ilgili bilgilerin az olması ilginçtir. Azot fikse etme yeteneğinde olan PGPR'lerin konukçu bitinin gelişimini uyarması, *Azoarcus* sp., *Beijerinckia* sp., *Klebsiella pneumoniae*, *Pantoea agglomerans* ve *Rhizobium* sp.nin içerdiği nitrojenaz aktivitesinden kaynaklanmaktadır. 1970'li yılların sonu ve 1980'li yılların başında baklagil olmayan kültür bitkilerinin N₂ fiksasyon toplulukları ile ilgili çok sayıda yayın olmasına karşın, PGPR ile kazanılan azot miktarının agronomik önem düzeyi hakkında çok fazla bilgi yoktur. Örneğin daha önceleri baklagil olmayan bitkiler üzerinde *Azospirillum brasilense*'nin bitki gelişimi üzerinde yararlı etkilerinin sadece fikse ettiği azottan kaynaklandığına inanılırken, şu anda bu etkilerin diğer mekanizmalardan (fitohormon üretimi, kök morfolojisinin etkileri gibi) kaynaklandığı iyi bilinmektedir (Vessey, 2003).

Genellikle düşük N_2 fiksasyon kapasitesine sahip BNF (biyolojik azot fiksasyonu) topluluklarının aksine şeker kamışı ile endofitik diazotroflar arasındaki sembiyoz sonucu bitki ihtiyacı olduğu azotun % 20-60'ını mikrosembiyontundan karşılayabilmektedir (Boddey ve ark., 2001). Özellikle *Gluconacetobacter diazotrophicus*'un kontrollü şartlar altında şeker kamışının azot beslenmesine önemli katkılar sağladığı Sevilla ve ark (2001) tarafından saptanmıştır. Şeker kamışının diğer N_2 -fikse eden endofitik türü *Herbaspirillum seroepdia-ceae* 'nin de çeltik bitkisini enfekte ettiği ve bitkiye giren $^{15}N_2$ miktarını artırdığı belirlenmiştir (James ve ark., 2002).

Bazı araştırmacılar baklagil olmayan bitkiler üzerine "para nodül" oluşumunun diazotroflar için potansiyel konaklama yeri olduğu görüşündedirler. Bazı bitki köklerinin bir fitohormon olan auxin ile muamele edilmesi sonucu nodül benzeri tümörler (para nodül) oluşmuştur. Bu tümörler muhtemelen lateral kök meristemlerinden oluşmakta ve görünüşleri modifiye bir kök dokusu şeklindedir (Sprenst, 1990). Bu şekilde muamele görmüş köklerin rizosferik veya endofitik diazotroflar ile aşılınması sonucu para nodül oluşumu ve nitrogenaz aktivitesi başlamıştır. Bu tür denemeler buğday ile çeşitli diazotroflar, çeltik ile *Azorhizobium caulinodans*, kolza ile *Azotobacter nigricans* ve mısır ile *Azospirillum* sp. arasındaki birliktelikler sonucu oluşan paranodüllerin kolonizasyonu ile yürütülmüştür.

Rizosfer bölgesindeki besin maddelerinin yarayışlılığını artıran PGPR'ler

Birçok PGPR'nin etki mekanizmasının, rizosferdeki besin maddelerinin yarayışlılığını artırarak bitkilerin bu besin maddelerinden daha fazla yararlanmalarını sağlamak olduğu ile ilgili pek çok yayın mevcuttur (Glick, 1995; Rodriguez ve Fraga, 1999). Bu artışların ortaya çıkma yolları; besin maddelerinin yarayışsız formlarının eriyebilirliklerini artırmak ve/veya özellikle Fe gibi bazı besin maddelerinin transfer olanaklarına yardımcı olan siderefor üretimini gerçekleştirmek şeklindedir.

Topraktaki fosforun eriyebilirliğini artıran PGPR'ler

Topraklar geniş bir fosfor rezervine sahip olmasına karşın bitkilere yarayışlı miktarları ironik bir şekilde bu havuzun çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bitkiler fosforu sadece iki yarayışlı form olan monobazik ($H_2PO_4^-$) ve dibazik (HPO_4^{2-}) iyonları şeklinde alabilmektedirler. Topraktaki fosfat kaya ve minerallerinin eriyebilirliğini sağlayan bakteriler rizosferde yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Organik asitler ile fosfatazların bu bakteriler tarafından salgılanması ile fosforun yarayışsız formları yarayışlı formlara dönüşebilmektedir (Vessey, 2003).

Konukçu bitki için yarayışlı besin maddesi miktarını artıran PGPR'lerin en yaygın etki mekanizması; rizosferdeki fosforun eriyebilirliğini artırmalarıdır. Son yıllarda incelenen birlikteliklere örnek olarak; *Azotobacter chroococcum* ile buğday (Kumar ve Narula, 1999), *Bacillus* sp ile 5 farklı bitki türü (Pal, 1998), *Bacillus circulans* ve *Cladosporium herbarum* ile buğday (Singh ve Kapoor, 1999), *Enterobacter agglomerans* ile domates (Kim ve ark., 1998), *Pseudomonas chlororaphis* ve *P. putida* ile soya fasulyesi (Cattelan ve ark., 1999), *Rhizobium* sp. ve *Bradyrhizobium japonicum* ile turp (Antoun ve ark., 1998) ve *Rhizobium leguminosarum* ile mısır (Chabot ve ark., 1998) verilebilir.

Fosfatın eriyebilirliğini artıran bakteriler rizosferde yaygın olmasına karşın, P çözebilme yeteneği rizosferik bir bakterinin PGPR olduğunu göstermez. Örneğin Cattelan ve ark (1999), P çözünebilirliğinde pozitif etki gösteren 5 rizosferik izolattan sadece ikisinin soya fasulyesi fidesinin gelişiminde pozitif etkilere sahip olduğunu saptamışlardır.

Demirin absorpsiyonunu kolaylaştıran PGPR'ler

Bitkiler için gerekli önemli bir iz element olan Fe, toprak çözeltisinde nispeten çözünmez formlarda bulunur. Bitki kökleri daha çok indirgenmiş Fe (Ferro, Fe^{+2}) iyonunu tercih ederler fakat ferri Fe (Fe^{+3}) iyonu iyi havalanmış topraklarda daha fazladır. Bitkiler genellikle Fe^{+3} 'ü bağlayan ve toprak çözeltisinde muhafaza edilmesini sağlayan şelatlar ve fitosiderofor gibi organik eriyebilir bileşikler salgırlar. Şelatlar Fe^{+3} 'ü kök yüzeyine yönlendirir ve burada Fe^{+2} 'e indirgeyerek bitki tarafından hemen absorbe edilirler. Fitosideroforlar ise plasmalemma boyunca Fe^{+3} iyonları ile absorbe edilirler.

Bazı rizosferik bakterilerin de siderofor oluşturduğu ve bir çok bitkinin bakteriyel Fe^{+3} -siderofor komplekslerini absorbe edebildikleri kanıtlanmıştır (Bar-Ness ve ark., 1991). Bununla beraber bakteriyel Fe^{+3} -sideroforların, bitkilerin Fe alımını üzerindeki etkisi ile ilgili bir tartışma vardır. Bazı araştırmacılar bu sideroforların bitkilerin tüm Fe ihtiyacına olan katkısının çok az olduğunu (Glick, 1995), bazı araştırmacılar ise katkının önemli miktarda olduğunu hatta özellikle kireçli topraklarda hayati olduğunu ileri sürmüşlerdir (Masalha ve ark., 2000).

Kök gelişimi ve morfolojisi üzerinde etkili olan PGPR'ler

Yapılan çalışmalar çeşitli besin maddelerinin bitki tarafından alımında, kök morfolojisini önemini ortaya koymuştur. Bu durum, kök morfolojisini etkileyen ve kök yüzey alanını artıran PGPR'lerin besin maddesi alımını üzerinde büyük bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir.

PGPR biyogübrelemesinin pozitif etkileri için ortaya çıkan çok sayıda kanıt, kök gelişimi ve morfolojisinde bakteri kaynaklı değişiklikleri işaret etmektedir. Kök ağırlığında bakteri kökenli artışlar genellikle PGPR aşılamalarında ortaya çıkmaktadır. (Bertrand ve ark., 2001). Daha da önemlisi kök uzunluğu ve kök yüzey alanındaki artışlar da rapor edilmiştir (German ve ar., 2000). Fallik ve ark (1994) *Azospirillum brasilense* ile mısırın aşılama sonucu, kılcal köklerin artışına bağlı olarak kök yüzey alanının arttığını saptamışlardır. Kök ağırlığındaki artıştan daha ziyade kök uzunluğu ve kök yüzey alanının artması, etkilenen toprak hacmindeki artış göstermesi açısından daha önemlidir.

Birçok PGPR, bitki gelişimini uyarma potansiyeli olduğu düşünülen fitohormonlar salgılamaktadır. Bu fitohormonların köklerin uzaması, daha fazla dallanması ve yüzey alanının artması ile ilişkili olduğuna inanılmaktadır.

İndol-3-asetik asit (IAA) kök oluşumunun başlaması, hücre bölünmesi ve hücre büyümesi ile ilgili bir fitohormondur. Bu hormon PGPR tarafından yaygın bir şekilde üretilmektedir. Bukonuda yapılan çalışmalarda; IAA üreten PGPR'lerin kök gelişimi ve uzunluğunu artırarak daha geniş bir kök alanına neden olduğu ve böylece bitkinin topraktan daha fazla besin maddesini alabildiği gösterilmiştir (Vessey, 2003).

PGPR'lerin ürettiği başka fitohormonlar bulunmasına karşın bu hormonların etkileri hakkındaki bilgiler IAA kadar fazla değildir. Bu fitohormonlardan sitokininler, hücre bölünmesi, büyümesi ve bazı bitki kısımlarında doku genişlemesini uyaran bir hormondur. Giberellinler (giberellik asit=GA) bitki dokusunun özellikle gövde dokusunun büyümesi ile ilgili bir fitohormondur. GA üretimi yapabilen çok fazla sayıda PGPR olmasına karşın Gutierrez-Manero ve ark (2001) GA'in 4 farklı formunun *Bacillus pumilis* ve *Bacillus licheniformis* tarafından oluşturulduğunu kanıtlamışlardır.

Gaz formunda bulunan tek hormon olan etilenin bitki gelişimi ve büyümesi üzerindeki çok sayıda etkisinin yanı sıra kök gelişimini sınırlayıcı bir etkisi de bulunmaktadır. Glick ve ark (1998) bazı PGPR'ler tara-

findan salgılanan 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz aktivitesinin konukçu bitki köklerinde etilen üretimini azalttığını ve böylece bitki kökünün uzamaya devam ettiğini bildirmişlerdir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, PGPR'lerce üretilen IAA'nın konukçu bitkinin gelişimini uyarmada bir etki mekanizması olduğu uzun yıllardan beri kabul edilen bir görüştür. Bununla birlikte son yıllarda sitokininler, ACC deaminaz ve GA üreten PGPR'lerin de tanımlanması, daha fazla bitki gelişimini düzenleyici maddelerin PGPR'ler tarafından salgılanabileceği olasılığını düşündürmektedir.

Bakteriyal kökenli fitohormonların kök gelişimi üzerindeki etkilerinden başka, kök solunumunu doğrudan etkileyerek kök gelişiminde artışlara neden olabileceğine dair bazı kanıtlar da bulunmuştur. *Azospirillum* ile çeşitli bitki türlerinin aşılınması sonucu kök solunum oranlarında artışlar saptanmıştır (Sarig ve ark., 1992).

4. Konukçunun diğer yararlı simbiyozlarının artırılması: "Yardımcı" bakteriler

Rizosferde bulunan üçüncü bir mikroorganizmanın yararlı etkilerinin bir sinerji veya uyarıcı bir etki oluşturması sonucu PGPR biyogübrelemesinin yararları artabilmektedir. Bu durumlarda, diğer konukçu-sembiyont ilişkisine yardım eden PGPR'e genellikle "yardımcı" bakteri adı verilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu baklagil-rhizobium sembiyozları veya bitki-fungus sembiyozları üzerindedir.

Baklagil-rhizobium sembiyozlarının uyarılması

Baklagil-rhizobium sembiyozuna yardımcı olan PGPR bakterileri ile ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda ilk çalışanlardan Singh ve Subba Roa (1979); soya fasulyesinin nodül sayısı, nodül kuru ağırlığı ve sürgün gelişimi üzerine *A.brasilense* aşılmasının pozitif etkilerini rapor etmişlerdir.

Baklagil-rhizobium sembiyozunda PGPR'nin uyarıcı etkisi için çok fazla mekanizma vardır. Fakat en kabul gören mekanizma, kök gelişiminin fitohormon kaynaklı (Genellikle IAA) uyarılma şeklidir (Molla ve ark., 2001). PGPR kök gelişimini uyarak enfeksiyon ve nodülasyon için daha fazla kontakt yeri sağlamaktadır. Baklagil-rhizobium sembiyozlarını uyaran bazı PGPR'lerin ise sembiyoz gelişimini doğrudan etkileyebildikleri Burdman ve ark (1996) tarafından saptanmıştır. Bu araştırmacılar *Azospirillum brasilense*'nin nodülasyonu uyarıcı etkisi ile konukçu baklagilin artan flavonoid üretimi arasında bir ilişki kurmuşlardır. Flavonoidler, rhizobiumlarda nod-genlerini oluşturmak üzere konukçu baklagil tarafından salgılanan ilk kimyasal sinyaller olup böylece baklagil-rhizobium sembiyozu başlamaktadır. (Schultze ve Kondorosi, 1998).

Bitki-fungus sembiyozunun uyarılması

Bazı koşullarda PGPR ile biyogübreleme yapılması sonucu konukçu bitki ve yararlı rizosferik fungus (arbüsküler mikroiza AM gibi) arasındaki ilişkiyi uyarmak suretiyle dolaylı olarak bitki gelişimini artırmaktadır. AM'ların çeşitli besin maddelerinin (özellikle P) alımını artırdığı çok iyi bilinmesine rağmen yapılan araştırmalar bazı PGPR ile ko-aşılamanın bitki ve fungal sembiyontu arasındaki ilişkiyi artırabileceğini göstermektedir. Ratti ve ark (2001) Bir AM fungusu (*Glomus aggregatum*) ile iki PGPR (*Bacillus polymyxa* ve *Azospirillum brasilense*) kombinasyonunun aromatik palmarosa otunun biyokütle miktarını ve P içeriğini artırdığını saptamışlardır. Benzer şekilde Toro ve ark (1997) gerek *Enterobacter* sp ve gerekse *Bacillus subtilis*'un AM, *Glomus intraradices*'in gelişimini uyardığını ve sonuçta bitki biyokütlesi ile dokulardaki N ve P içeriğini artırdığını saptamışlardır. Kim ve ark (1998) *Glomus etunicatum* (EM) ve fosfor çözebilen PGPR olan *Enterobacter agglomerans*'un ayrı ayrı aşılamalarının bitkinin P içeriğini artırdığını fakat her iki organizmanın birlikte aşılınması durumunda domatestede daha yüksek P ve N alımının gerçekleştiğini saptamışlardır. Bu araştırmalarda yardımcı bakterilerin bir veya daha fazlasının P çözebilme kapasitesine sahip olduğu

fakat bakterilerin konukçu bitkinin P alınımlarını artırmak için AM ile birlikte hareket ettikleri açık bir şekilde gösterilmiştir. Bununla beraber şüphesiz fitohormon üretimi gibi diğer mekanizmalar da bu artıştan sorumludurlar.

PGPR ve AM arasındaki ilişki her zaman pozitif olmayabilmektedir. Yazlık buğday ile yapılan bir çalışmada AM fungi ve çeşitli PGPR cinslerinin ko-aşılması ile ilgili değişken sonuçlar bulunmuştur (Walley ve Germida, 1997). Sonuçlar bazı PGPR aşılama türlerinin konukçu bitki ve AM arasındaki mutualistik ilişki üzerinde negatif etkilere sahip olabileceğini göstermiştir.

5. Etki mekanizmalarının kombinasyonu

Bu derlemede; PGPR biyogübrelemesinin tek tek etki mekanizmaları verilmesine karşın aslında birçok durumda tek bir PGPR bu etki mekanizmalarından bir kaçına beraber sahip olabilmektedir. Örneğin Cattelan ve ark (1999) soya fasulyesi rizosferinden PGPR özellikleri açısından pozitif 22 izolat tanımlamışlar ve bunlardan ACC deaminaz üretimi için pozitif 6 izolatın, siderefor üretimi için pozitif 4 izolatın, β -1,3-glukonaz üretimi için pozitif 3 izolatın ve P çözünürlüğü için pozitif 2 izolatın soya fasulyesinin gelişiminin en azından bir aşamasında etkili olduklarını saptamışlardır. Antoun ve ark (1998) 266 rhizobium cinsini incelemişler ve % 83'ünün siderofor ürettiğini, % 58'inin IAA ürettiğini ve % 54'ünün de fosforu çözebildiğini saptamışlardır. Belimov ve ark (2001) ise bezelye rizosferinden 15 bakteri cinsi izole etmişler ve Cd-bulaşmış topraklarda yetişen kolzanın gelişimini uyarıcı 5 *Pseudomonas* izolatından üçünün ACC- deaminaz, fosfor çözümleri ve IAA üretimi için pozitif özellikler gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bu araştırmalar; PGPR'nin çok fazla sayıda etki mekanizmasına sahip olabileceklerini göstermektedir. Ayrıca rizosferde tek etki mekanizmasına sahip PGPR varlığının konukçu bitkinin gelişimini uyarıcı için bir sinerji yaratabileceği de bu araştırmalarla ortaya konmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmalar, çok farklı toprak ve iklim koşullarında çeşitli bitkilerde kullanılabilecek büyük bir PGPR biyogübreleme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Bir yüzyıldan beri daha fazla süredir mevcut olan rhizobium inokülanlarını bir tarafa koyarsak, PGPR biyogübrelemesinin ticarileşme düzeyinin çok fazla yükselmediği görülmektedir. Avrupa ve Afrika'da birçok bitki için kullanılabilecek *Azospirillum* inokülanları bu genellemenin dışında kalmaktadır. Şüphesiz gerek konukçu bitki çeşitlerinin ve gerekse toprak/iklim koşullarının farklılığı, PGPR'lerin ticarileşmesinde önemli kısıtlardır. PGPR biyogübrelemesinin konukçu rizosferinde başarılı bir şekilde kolonize olacağını ve bitkinin gelişimini uyaracağı konusunda ikna edici olmadan önce rizosfer ekolojisi ve rizosfer mikroorganizmalarının birbirleri arasındaki ilişkiler ile ilgili bilgilerimizi artırmamız gerekecektir. Bu da söz konusu konular üzerinde yapılacak çalışmalarla gerçekleştirilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Antoun H, Beauchamp CJ, Goussard N, Chabot R and Lalande R. 1998. Potential of Rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radishes. Plant and Soil 204, 57-67.
- Bar-Ness E, Hadar Y, Chen Y, Marschner H and Romheld V. 1991. Siderophores of Pseudomonas putida as an iron source for dicot and monocot plants. Plant Soil, 130, 231-241.
- Belimov AA, Safronova VI, Sergeyeva TA, Egorova TN, Matveyeva VA, Tsyganov VE, Borisov AY, Tikhonovich IA, Kluge C, Preisfeld A, Dietz KJ, Stepanov VV, 2001. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. Can. J. Microbiol. 47, 642-652.

- Bertrand H, Nalin R, Bally R, Cleyet-Marel JC, 2001. Isolation and identification of the most efficient plant growth-promoting bacteria associated with canola. *Bol. Fertil. Soils* 33, 152-156.
- Bevivino, A, Sarocco S, Dalmastrì C, Tabacchino S, Cantale C, Chiarini L 1998. Characterization of a free-living maize-rhizosphere population of *Burkholderia cepacia*: effect of seed treatment on disease suppression and growth promotion of maize. *FEMS Microbiol. Ecol.* 27,225-237.
- Boddey RM, Polidoro JC, Resende AS, Alves BJR ve Urquiaga S 2001. Use of the ^{15}N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N_2 fixation to sugar cane and other grasses. *Aust. J. Plant Physiol.* 28,889-895.
- Burdman S, Volpin H, Kapulnik Y, Okon Y, 1996. Promotion of nod gene inducers and nodulation in common bean root inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. *Appl. Environ. Microbiol.* 62,3030-3033.
- Cattelan AJ, Hartel PG, Fuhrmann JJ, 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1970-1980.
- Chabot R, Beauchamp CJ, Kloepper JW, Antoun H, 1998. Effect of phosphorus on root colonization and growth promotion of maize by bioluminescent mutants of phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1615-1618.
- Fallik E, Sarig S, Okon Y, 1994. Morphology and physiology of plant roots associated with *Azospirillum*. In *Azospirillum/plant associations*. Ed. Y. Okon. Pp. 77-86. CRC Press Boca Raton, FL, USA.
- German MA, Burdman S, Okon Y, Kigel J., 2000. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean under different water regimes. *Biol. Fertil. Soils* 32, 259-264.
- Glick, BR 1995. The enhancement of plant growth-promoting bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41, 109-117.
- Glick BR, Penrose DM, Li JP, 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. *J. Theor. Biol.* 190, 63-68.
- Gutierrez-Manero FJ, Ramos-Solano B, Probanza A, Mehouchi J, Tadeo FR, Talon, M. 2001. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiol. Plant.* 111, 206-211.
- James EK, Gyaneshwar P, Mathan N, Barraquio QL, Reddy PM, Iannetta PPM, Olivares FL, Ladha JK 2002. Infection and colonization of rice seedlings by the plant growth-promoting bacterium *Herbaspirillum seropedicae* Z67 Mol. Plant Microbe. Interact. 15, 894-906.
- Kim KY, Jordan D, McDonald GA, 1998. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. *Biol. Fertil. Soils* 26,79-87.
- Kumar V ve Narula N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. *Biol. Fertil. Soils* 28, 301-305.
- Masalha J, Kosegarten H, Elmacı Ö, Mengel K, 2000. The central role of microbial activity for iron acquisition in maize and sunflower. *Biol. Fertil. Soils* 30, 433-439.
- Mc Cully ME 2001. Niches for bacterial endophytes in crop plants: a plant biologist's view. *Aust. J. Plant Physiol.* 28, 983-990.
- Molla AH, Shamsuddin ZH, Halimi MS, Morzhiah M, Puteh AB, 2001. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. *Soil Biol. Biochem.* 33, 457-463.
- Ratti N, Kumar S, Verma HN, Gautam SP, 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. *motia* by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiol. Res.* 156, 145-149.
- Rodriguez H. ve Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.* 17, 319-339.

- Sarig S, Okon Y, Blum A, 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth Dynamics and hydraulic conductivity of *Sorghum bicolor* roots. *J. Plant Nutr.* 15, 805-819.
- Schultze M, Kondorosi A, 1998. Regulation of symbiotic root nodule development. *Annu. Rev. Gen.* 32, 33-57.
- Singh CS, Subba Roa NS, 1979. Associative effect of *Azospirillum brasilense* with *Rhizobium japonicum* on nodulation and yield of soybean. *Plant Soil* 53, 387-392.
- Singh S, Kapoor KK, 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular- mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol. Fertil. Soils*, 28, 139-144.
- Sprent, JI, 1990. Evolution, structure and function of nitrogen-fixing root-nodules: Confessions of ingorance. In *Nitrogen Fixation: Achievements and Objectives*. Eds. PM Gresshoff, LE Roth, G. Stacey ve WE Newton. Pp. 45-54. Chapman and hall, London, UK.
- Toro M, Azcon R, Barea JM, 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, 4408-4412.
- Vessey JK, 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255,571-586.
- Walley FL, Germida JJ, 1997. Response of spring wheat to interactions between *Pseudomonas* species and *Glomus clarum* NT4. *Biol. Fertil. Soils* 24,365-371.

Mikrobiyolojik Gübre Materyali olarak “Mikoriza”; Türkiye’de Mikoriza Çalışmaların Dünü, Bugünü ve Yarını

Oğuz Can TURGAY, Ommolbanin Jafari Tarf, Ahmad Mahmud
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

GİRİŞ

Neden Biyogübre?

Biyoloji ve Kimya Bilimlerinde geliştirilen modern yöntemlerin ve teknolojik olanakların Toprak Ekolojisi çalışmalarına yansmasıyla 2000’li yıllardan önce gizem ve bilinmezliğe atfen “kara kutu” olarak ifade edilen “toprak mikrobiyel ekolojisi”nin kapıları geçtiğimiz 10-20 yıllık dönemde aralanmaya başlamış; toprak mikroorganizmalarının çeşitliliği, çevresel koşullarla ilişkileri ve fonksiyonları ile bilgi birikimimiz giderek artmıştır. Bu gelişmelerin ışığında Toprak Biliminin en güncel araştırma alanlarından biri biyogübrelerdir.

Biyogübre tohum, bitki yüzeyleri ve toprağa uygulanabilen ve canlı mikroorganizmaları içeren gübre materyallerine verilen genel bir isimdir. İçerikte yer alan bu mikroorganizmalar bitki bünyesi veya toprak kök bölgesinde kolonize olarak bitki besinlerinin yarıyışlılığını ve/veya bitkiye alımını artırmak suretiyle bitki gelişimini ve verimini artırmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırma bu olguların gerçekleşmesini sağlayan mikroorganizmaların “azot fiksasyonu”, “fosfor ve potasyum mobilizasyonu”, “bitki-gelişim promotörlerinin sentezi” ve “patojenik “organizma baskılama” gibi süreçlerde rol aldığına; doğal besin döngülerini restore ettiğine ve toprak organik maddesi inşasına katkıda bulunduğuna işaret etmektedir (Dutta ve Podile, 2010; Saharan ve Nehra, 2011; Bhattacharyya ve Jha, 2012)

Bu özelliklerinden dolayı son zamanlarda biyogübrelerle ilgili araştırma ve proje önerilerinde en fazla vurgu yapılan husus, bu materyallerin geleneksel tarımın vazgeçilmez bileşenleri olan sentetik-kimyasal gübrelerin ve tarımsal mücadele unsurlarının kullanımını azaltarak toprak ve su kaynaklarının geleceğini tehdit eden kirlilik ve bozunum sorunlarının önünü almaktır.

Biyogübre Materyali Olarak PGPR

Biyogübre terimi son 2000’li yılların başından itibaren hem Türkiye hem de uluslararası bilimsel-tarımsal platformlarda bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri anlamına gelen PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) kısaltma terimi ile anılmaktadır. PGPR bitki gelişimi üzerinde olumlu etki ve katkıları birtakım biyokimyasal testler¹ ile sınılandıktan sonra birseysel veya karışım olarak toprağa, tohuma veya bitki organlarına uygulanmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırma *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Actinoplanes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* sp., *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Amorpho sporangium*, *Cellulomonas*, *Flavobacterium*, *Streptomyces* and *Xanthomonas* gibi toprak bakterilerinin PGPR niteliğinde olduğunu ve uygulamalarının bitki verimini artırdığını, hasatlıkların yıkıcı etkilerini azalttığını göstermiştir (Dutta ve Podile, 2010).

¹Fitohormon sentezi (IAA-indole-3-acetic acid, Gibberellic acid ve cytokinins); Enzim sentezi (ACC deaminase-1-aminocyclopropane-1-carboxylate); Siderofor sentezi (bitkinin alabiliceği organo-demir formu). Fosfat çözme yeteneği (bakterin organik asit sentezi ile inorganik fosforun çözmesi-bitkiye alınım); Azot Fiksasyon yeteneği (bakterilerin atmosferik azotu bağlayıcı yeteneği); biyofilm formasyonu (kök üzerinde gelişen madde alınımında seçilicilik yaratan canlı katman); VOC sentezi (bitki gelişimini teşvik eden uçucu hidrokarbon salınımı) gibi.

Kısaca özetlemek gerekirse etkin bir biyogübre (PGPR) uygulaması (i) rekabet düzeyi yüksek PGPR'nin kök ve köke yakın toprak yüzeylerine ilişmesi/yapışması (ii) bölünme-çoğalma süreçlerinden sonra bakteriyel agregatlar (makro koloniler) veya biyofilm tabakaları oluşturması (iii) özellikle endofitik olan PGPR'nin biyokimyasal etkileşim, tanınma, bağlanma mekanizmaları kurmak suretiyle bitki ile iletişime geçmesi (iv) bitki köklerinin endofitik PGPR'lere cevaben biyokimyasal sinyaller oluşturması ve (v) bu sinyalleri alan PGPR'lerin kök kolonizasyon sürecini başlatması gibi aşamaları içerir. Kök kolonizasyonu aşamasındaki aktif bakteriyel motilite yine bitkisel kemotaktik sinyaller ile yönlendirilmektedir (Alvarez *et al.*, 1996; Stajner *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2000; Penrose and Glick, 2001; Glick and Pasternak, 2003; Nakkeeran vd., 2006; Saharan ve Nehra, 2011; Bhattacharyya ve Jha, 2012).

Biyogübre uygulamaları adı altında tarımda PGPR kullanımı Türkiyede de artan bir ilgi görmüştür. Çeşitli PGPR formülasyonları kullanılarak buğday ve arpa (Ozturk vd. 2003 Salantur vd. 2005; Turan vd. 2013), şeker pancarı (şahin vd. 2004), çilek (Esitken vd. 2010), elma (Aslantas vd. 2007), asma (Köse vd. 2005) ve ahududu, (Orhan vd. 2006) gibi tek/çok yıllık farklı kùltür bitkileri üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar, kullanılan PGPR materyallerinin ürün miktarı, bitki verimi, gelişimi ve fizyolojisi gibi özellikler üzerinde olumlu katkıları olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesinde yer alan araştırma kurumlarında da bezelye, turunçgil ve zeytin yetiştiriciliği gibi farklı kulvarlarda PGPR alışmaları yürütölmektedir (TSKAD, 2014).

Biyogübre Materyali Olarak PGPF

Ölkemizde yürütölen bu ve benzeri çalışmalar, biyogübre formölasyon veya materyalleri üzerindeki ilginin genellikle toprak bakterileri üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Diğer yandan toprakta yaşayan mantarlar da toprak ekolojisinin bakteriler kadar önemli bir üyesi ve aynı zamanda bitki-rizosfer sisteminin önemli bir bileşenidir. Bu noktada biyogübre materyali olarak PGPR'ye ek olarak bitki gelişimini teşvik eden mantarlar anlamına gelen PGPF (plant growth promoting fungi) olgusu da vurgulanmalıdır. PGPF olarak adfedilen toprak mantarları genel olarak *ascomycetes* (*Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Phoma*, *Gliocladium*), *oomycetes* (*Pythium*, *Phytophthora*) ve *Mycorrhizae*, grubu mantarlardır (Bent, 2006). Yapılan araştırmalar *Trichoderma*, *Penicillium Phoma*, ve *Mycorrhizae* türü PGPF'lerin bitki gelişimini teşvik ettiğini ve bitki hastalıklarını basıkladığını göstermiştir (Richardson, 2001; Chandanie vd., 2006; Nzanza vd., 2011).

En Bilinen PGPF; Mikoriza

Pekçok bitki toprak mantarları ile simbiyotik ilişki kurabilmektedir. Bitki toplulukların yapısal fonksiyonel ve verim özellikleri açısından önemli olan bu ilişkiler sayesinde bitkinin stres koşullarına karşı kendini koruduğu düşünölmektedir (Morton, 2000; Redman vd., 2002). Simbiyotik toprak mantarları karşılıklı çıkarıcı (mutualistik), ortakçı (komensal) veya asalak (parazitik) yaşam biçimleri sergileyebilirler (Lewis, 1985). Bunlar arasında mutualistik grupta yer alan mikorizal mantarların bitki köklerine enfekte olan türlerini temsil eden arbusküler mikorizal mantarlar tarımsal açıdan en önemli olanıdır.

Mikoriza araştırmaları, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından özellikle endomikorizal yaşam şekilleri içinde yer alan arbusküler mikorizal mantar oluşumuna odaklanmıştır. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar arbusküler mikorizal mantarların bitki besin madde düzeylerinin kritik seviyelerde olduğu marjinal topraklarda başta fosfor olmak üzere bazı makro ve mikro besin maddelerinin bitkiye alınabilmelerini sağlamak suretiyle bitki gelişimini teşvik ettiğini göstermiştir. Arbusküler mikoriza ise bitkiden ihtiyaı olan karbondhidratları temin etmektedir (Rhodes, 1980; Li vd., 1991; Sieverding, 1991). Arbusküler mikorizanın köke nüfuz

etmesinden sonra, köklerde tepki olarak arginin, isoflavonoidler gibi bileşikler (Caron, 1989) ve sitokinin ve gibberellin gibi hormonların üretiminde artış olmaktadır (Muchovej, 2001). Daha iyi beslenen mikorizalı bitki, zayıf gelişen mikorizasız bitkiye nazaran obligat patojenlere karşı daha dayanıklı olabilmektedir (Demir ve Onoğur, 1999; Borowicz, 2001) Ayrıca arbusküler mikorizanın kök yenilenmesini teşvik ettiği, bitki büyümesini hızlandırdığı ve kimyasal gübre kullanımını azalttığı şeklinde bulgular da mevcuttur (Kara ve Tilki, 2001; Del Mar Alguacil vd. 2009).

Biyogübre Uygulaması Olarak Mikorizal Aşılama ve Türkiye'deki Geçmişi

Bitki ve mikorizal mantarlar arasındaki keşfedilen simbiyotik ilişkiler, intensif tarım uygulamalarından dolayı fizikokimyasal özelliklerini ve ekolojik vasıflarını yitirmekte olan tarım toprakların iyileştirilmesi ve tarımsal faaliyet boyunca ürün veriminin artırılabilmesi için toprak ve bitki köklerinden izole edilen mikoriza türlerinin çoğaltılarak yeniden toprağa, bitkiye veya tohumla aşılanması düşüncesini beraberinde getirmiştir. Mikorizal inokülasyon (aşılama) olarak telaffuz edilen bu yaklaşıma dayalı deneysel ıslah çalışmalarına olan ilgi dünyada giderek artan bir grafik sergilemiştir (Caravaca vd. 2002; 2002a; Wang vd. 2006; Singh vd. 2010; Pellegrino vd. 2011). Benzer şekilde Tarım ve süs bitkilerine yapılan mikorizal aşılama çalışmalarının bitki gelişimi ve verimini etkilediğine dair orijinal araştırmalar son yıllarda ülkemizde de büyük ilgi görmüş ve literatüre girmiştir. (Türkmen vd. 2008; Almaca ve Ortaş, 2010; Kaçar vd. 2010; Erman vd. 2011; Aytok vd. 2013).

Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi (ULAKBİM) Tübitak Destekli Projeler Veri Tabanı koşullarından ulaşılan kayıtlar mikorizalarla ilgili olarak 1997-2014 yılları arasında desteklenmiş (sonuçlanmış veya yürürlükte olan) 14 araştırma projesi olduğunu göstermektedir². Bu araştırmalardan 10'u mikorizal aşılama çalışmalarının etkileri üzerinedir (Özzambak, 2010; Küçükyumuk, 2013; Tüfekçi, 2013; Ortaş, 2003, 2008, 2009, 2013; Çelik 2009). Ayrıca Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Web Veri Tabanı koşullarında 1995 -2014 yılları arasında gerçekleştirilmiş toplam 64 yüksek lisans ve doktora tez çalışması tespit edilmiştir³. Her iki web portalından "mikoriza" anahtar kelimesi ile ulaşılan bu değerli çalışmalar büyük ölçüde mikorizal aşılamanın bitki gelişimi, verimi ve besin alımı üzerine etkileri ile ilgilidir.

Kronolojik açıdan değerlendirildiğinde ülkemizdeki mikorizal aşılama ile ilgili ilk tez çalışmalarının 90'lı yılların sonlarında başladığı görülmektedir. Bu çalışmalarda mikorizal aşılamanın salatalık, mısır ve buğday bitkilerinde bitki gelişimini artırdığı (Çiğşar, 1997; Albayrak, 1997), biber ve domateste hem verim hem de mikro element alınımını teşvik ettiği (Köse 1998; Aydın, 2002; Çekiç, 2008), asmada kök ve sürgün gelişimini artırdığı (Bayram, 2000) saptanırken karpuz ve şeker mısırı gibi bitkiler üzerinde mikorizal aşılamanın etkili olmadığı gözlenmiştir (Bamyacıoğlu, 1998; Çetiner, 1998). Benzer şekilde 2000'li yılların başından günümüze kadar uzanan süreçte de çeşitli kültür bitkilerinde mikorizal aşılamanın bitki gelişimi, verimi ve topraktan besin alımı üzerine etkileri ile ilgili araştırmalar devam etmiş ve sınırlı sayıda diğer bazı çalışmalar ise mikorizal uygulamaların bitkinin tuzluluk gibi stres koşullarına adapte olmasını kolaylaştırdığını göstermiştir (Şen 2008; Okkanoğlu, 2010; Kaya vd., 2009).

Mikorizal aşılama çalışmalarında darboğazlar

PGPR ve mikoriza içerikli uygulamalar ile ilgili yukarıda verilen bütün değerli çabalar kuşkusuz Türkiye'de biyogübre olgusu içinde elde edilen bilgi birikiminin bir ölçüsü olarak değerlendirilmelidir. Diğer yandan bir bütün olarak bakıldığında Türkiye'deki mikorizal aşılama çalışmaları iki önemli eksikliğe işaret etmektedir ki (i) kullanılan mikoriza materyali çoğu durumda yurtdışından temin edilen yabancı türler ve bunların kokteyl

² <http://uvf.ulakbim.gov.tr/proje/>

³ <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>

karışımlarından ibaret olmuş ve (ii) nadiren yerli mikoriza türlerine başvurulmuş, ancak çoğu durumda tanılaması yapılmamış mikoriza türleri kullanılmıştır.

Biyogübre olgusu içinde yerli bakteri ve mantar türlerinin seçimi, bitki gelişimini teşvik düzeyleri açısından en uygun biyolojik materyalin elde edilmesi ve dolayısı ile bir biyogübre uygulamasından beklenen en yüksek faydaya ulaşılması açısından önemlidir. Çünkü indijen (yerli) mikroorganizma türleri yabancı türlere kıyasla daha yüksek adaptasyon ve rekabet özelliklerine sahip olduklarından biyogübrenin uygulanacağı koşullarda daha yüksek performans sergileyebilme potansiyelindedirler (Bhattarai ve Hess, 1993).

Bu anlamda ülkemiz şartlarında biyogübre olarak kullanılabilecek indijen PGPR potansiyelimizi (bitki gelişimini teşvik eden yerli rizobakteriler) ortaya koymaya yönelik çalışmaların olması sevindiricidir (Salantur vd. 2005; Karlıdağ vd. 2007). Diğer yandan indijen PGPF potansiyelimiz (bitki gelişimini teşvik eden yerli toprak mantarları) ve özellikle yerli mikorizal türlerin biyogübre niteliği ve kapasitesi ile ilgili yeterli bilgi ve tecrübenin olmadığı söylenebilir. Bu durum kuşkusuz bakteri ve (mikorizal) mantarların doğası ve yaşamsal özellikleri arasındaki farklar ve bu farkların biyogübre veya mikrobiyal aşı eldesi sürecindeki aşamalara yansımaları ile ilgilidir (Tablo 1).

Tablo 1. Bakteriyel ve mikorizal biyogübrelerin eldesi ve uygulanması aşamaları

BİYOĞÜBRE / MİKROBİYAL AŞI		
AŞAMALAR	PGPR	PGPF (mikoriza)
1) Biyolojik materyalin kaynaktan eldesi	Topraktan genel bakteri/rizobakteri izolasyonu	Topraktan Arbusküler mikorizal spor ekstraksiyonu
2) Mikrobiyolojik Laboratuvar uygulamaları	Özelliklerine göre gruplandırma ve gram testleri	Spor-morfolojik özelliklerine göre gruplama
3) Etkinlik belirleme	PGPR testleri*	Kök enfeksiyon ölçümü
4) Tanılama	FAME** CLPP-BIOLOG*** DNA analizleri	Spor-morfolojik karakterizasyonu DNA analizi
5) Çoğaltma	Muhtelif besi ortamlarında bakteriyel gelişim	Kültür-tuzak yöntemi ile çoğaltma
6) Uygulama	Tohum kaplama, kök daldırma, bio-priming, doğrudan spreyleme	Mikoriza ile enfekte olmuş kök/toprak karışımının hedef koşullara uygulanması

*Fitohormon, enzim ve siderofor sentezi, fosfat çözme ve azot fiksasyon yeteneği, biyofilm formasyonu ve bitki gelişimini teşvik eden uçucu hidrokarbon salınımı vs; **Fatty acid methyl esters, (FAME)-hücre çeperi yağ asidi profili üzerinden mikrobiyal tanılama; ***Community Level Physiological Profiling (CLPP)-substrat olarak kullanılan karbon kaynakları üzerinden mikrobiyal tanılama.

Örneğin Tablo-1'de ifade edilen mikorizal gübre hazırlığı sürecinde yer alan laboratuvar aşamalarının, PGPR içerikli biyogübrelerin hazırlık sürecine kıyasla daha meşakatli olduğu ifade edilebilir. Mikorizal çalışmalarındaki en büyük sıkıntılardan biri bitki köklerine enfekte olan arbusküler mikorizal mantarların tanımlanmasındaki zorluklardır. Geleneksel olarak başvurulmuş yaklaşım, bitki köklerinde hangi mikorizal türlerin var ve aktif olduğunun mikoriza sporları üzerinden saptanmasıdır. Ancak spor oluşumu genellikle fungusun fizyolojik özellikleri ile ilgili olmakta diğer yandan kök kolonizasyon düzeyi ile bağlantılı olmayabilmektedir. Ayrıca kök bölgesinde tespit edilen sporların niceliksel ve niteliksel özellikleri kök sisteminde kolonize olan fungal türleri her koşulda yansıtmamaktadır (Clapp vd., 1995). Spor üzerinden tanılama yaklaşımı da birçok güçlük içermektedir. Arbusküler mikorizal mantarlar zorunlu simbiyont (ortak-yaşar) olması nedeniyle bitki köklerinde kolonize olan türleri fonksiyonel açıdan önemlidir. Köklerdeki fungal strüktür belirlenebilir olsa da farklı fungusların morfolojik özellikleri birbirine benzerdir ve tür düzeyinde tanılama yapmaya olanak sağlayacak kadar kesin olmayabilir. Bu zorluklardan dolayı mikorizal sporların topraktan toplanması, gruplandırılması ve tanımlanması aşamalarında başvurulmuş geleneksel metodoloji (spor-morfolojik karakterizasyonu) belirli düzeylerde tecrübe gerektirmektedir. Ülkemizde bu noktadaki tecrübe yetersizliği mikoriza ile ilgili yapılan çalışmalarda yerli mikorizal türler yerine tanımlanmış yurtdışı koleksiyonlarından temin edilen mikorizal bireylerin kullanımını beraberinde getirmiş ve topraklarımızın potansiyel mikorizal çeşitliliği ihmal edilmiştir.

Mikorizal aşılama çalışmalarının bugünü ve yarını

Beklentileri en üst düzeyde karşılayacak bir mikorizal aşı materyali elde etmek toprakta ve bitki köklerinde yaşam süren mikorizal mantarlar arasındaki ilginin doğru bir şekilde ortaya konmasına bağlıdır ki bu bağlantı adı geçen ekolojik nişlerdeki (rizosfer toprağı ve bitki kökleri) mikorizal tür veya izolatların tanımlanabilmesi ile kurulabilmektedir. Başka bir ifade ile herhangi bir arbusküler mikorizanın etkinliğini ortaya koymak için söz konusu mikorizal bireyin hem rizosfer koşullarında spor geliştirdiği ve hem de kök içinde enfekte olduğu bilgileri örtüşmek durumundadır.

Bu gereksinim 2000'li yılların başından itibaren DNA analizine dayalı modern moleküler biyolojik teknolojilerin toprak mikrobiyel ekolojisine girmesi ile karşılanmış ve arbusküler mikoriza çalışmalarında yeni kapılar açılmıştır. Günümüzün mikoriza çalışmalarında kullanılan moleküler teknikler, yüksek tecrübe gerektiren spor-morfolojik gözlemlere başvurulmaksızın arbusküler mikorizal türlerinin yerinde (enfekte olduğu kökçüklerde) tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. (Reddy vd., 2005).

Mikorizal genomun korunmuş ve aynı zamanda yüksek değişkenlik gösteren rDNA bölgesi mikorizaların tanımlanmasında ideal DNA lokasyonu olarak sıklıkla kullanılmaktadır ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) bu önemli aşamanın vazgeçilmez dayanağıdır (Simon, 1996; Redecker, 2000). Mikorizaların bakteriler gibi kültürel yöntemlerle çoğaltılamaması; bir mikorizal bireyin sporları ve enfekte olduğu bitki köklerinden sınırlı miktarda DNA'nın ekstrakte edilebilmesi gibi nedenlerden dolayı yeterli oranda DNA elde edilmesine olanak sağlayan PCR tabanlı teknikler neredeyse zorunlu hale gelmiştir.

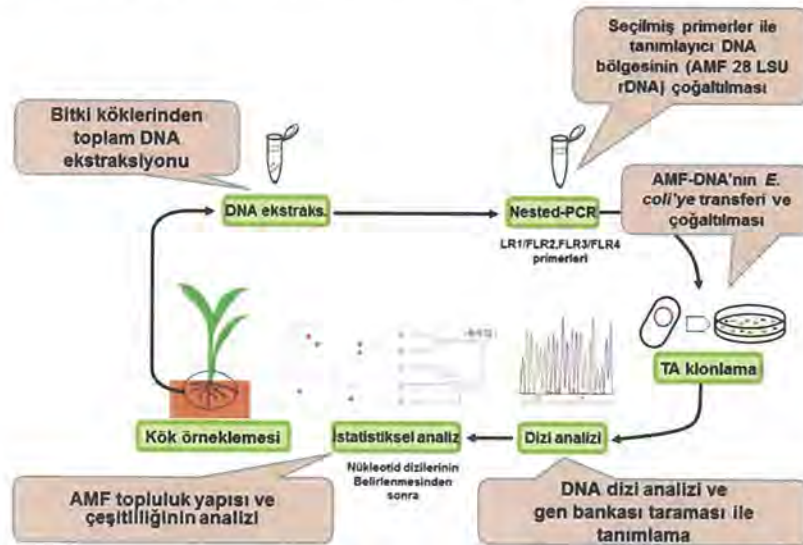
DNA tabanlı moleküler markörlerin kullanılması ile geçtiğimiz on yıllık dönemde mikorizaların filogenetik, taksonomik ve fonksiyonel simbiyotik özellikleri ile ilgili çok sayıda bilgi elde edilmiştir (Barker vd. 2002). Büyük bir olasılıkla önümüzdeki 10-20 yıllık dönem mikorizalar konusundaki bildiklerimizin moleküler düzeydeki araştırmalar sayesinde daha da arttığına tanıklık edecektir.

Bireysel arbusküler mikorizal mantar sporlarının çok çekirdekli olduğu ve rRNA genlerinin ITS (internal transcribed spacer)⁴ olarak bilinen bölgelerinde yüksek düzeyde genetik çeşitlilik sergilediği belirlenmiştir

(Lloyd-Mac Gilp vd. 1996; Antonioli vd. 2000). Ayrıca ribozomal DNA (rDNA) dizi analizleri arbusküler mikorizal türler içinde ve de arasında genetik varyasyonlar olduğunu ortaya koymuştur (Clapp vd., 1999; Lanfranco vd. 1999). SSU rDNA dizileri (16S) oldukça yavaş evrilir ve genetik olarak uzaktan ilgili organizmaları içeren çalışmalarda oldukça kullanışlıdır.

Diğer yandan mitokondriyel rDNA genleri hızlı evrilir ve tür/cins düzeyindeki çalışmalar açısından avantajlıdır. Mikrobiyal popülasyonların rDNA'larında yer alan restriksiyon bölgesi varyasyonları üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar genomda kodlama yapan bölgelerin korunurken ara-bölgelerin (spacer) değişken olduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu ara-bölgeler yüksek evrim potansiyeline sahip olup ökaryotik canlıların bilinen bütün rRNA genlerinde bulunmaktadır (White vd. 1991) ve bu nedenle birbiri ile ilgili türler arasında ve/veya bir türün farklı popülasyonları arasında gerçekleştirilecek filogenetik analizlerde kullanılmaktadır.

Şekil 1. Mikorizal toprak mantarlarının DNA analizi ile belirlenmesi (Suzuki vd. 2014)



Mikorizal DNA ile ilgili yukarıdaki bilgi aktarımının mikorizal aşılama konusu ile bağlantısını vurgulamak gerekirse, günümüzde aşı materyali olarak kullanılacak mikorizal bireylerin hedef bitkinin yetiştirildiği topraktaki varlığı (mikorizal spor DNA'sı) ve hedef bitki köklerine enfekte olup olmadığı (kök-mikorizal DNA'sı) üzerinden analiz edilebilmekte ve böylece aşı olarak kullanılabilir "etkin" mikorizal bireyler belirlenebilmektedir.

Son zamanlarda DNA analizine dayalı olarak ülkemiz koşullarında Suzuki vd (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Doğu Karadeniz, Orta Anadolu ve Akdeniz Bölgesinin farklı tarımsal koşullarından toplanan bitki kök örneklerinde gerçekleştirilen bir araştırma çay tarımı yapılan Karadeniz Bölgesi koşullarına özgü endemik mikorizaların varlığına işaret etmiş; Akdeniz Bölgesi koşullarının Orta Anadolu Bölgesine kıyasla daha yüksek bir mikorizal çeşitliliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Moleküler biyoloji teknolojisinin geldiği son nokta "yeni nesil DNA dizi analizi" (new generation DNA sequencing) olarak ifade edilebilir. Bu sistemde bir mikrobiyal genomun dizilemesi yüksek doğruluk ve hızda başka hiçbir deneysel yöntem ile elde edilemeyecek kadar zengin ve özgün bilgi sağlamaktadır. Toprak mikrobiyal ekolojisi açısından bir değerlendirme yapmak gerekirse, tek bir yeni nesil DNA dizilemesi ile birirleri ile etkileşim

* ITS; ökaryotik rRNA genlerinde 18S - 5.8S rRNA arası ve (ITS1) 5.8S - 28S rRNA arası (ITS2) bölgelerde bulunan diziler.

içinde olan farklı mikroorganizmaları irdelemek mümkün hale gelmektedir. Örneğin mikorizaların diğer rizosfer organizmaları ile ilişkileri konusundaki bilgimiz son derece sınırlıdır. Ancak yeni nesil dizileme ile Ghignone vd. (2012) arbusküler mikoriza (*Gigaspora margarita*) içinde yaşam süren endofitik bakterileri (*Glomeribacter gigasporarum*) irdeleyerek henüz keşfedilmeyi bekleyen ekolojik ilişkilere doğru yeni bir adım atmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzün mikorizal aşılama çalışmaları ve gelecekte beklenenler

Bu gelişmeler kuşkusuz ülkemizde gerçekleştirilen mikoriza çalışmaları açısından çok önemlidir. Çünkü yukarıda örnekleri verilen yerli proje ve tez çalışmalarının çoğunda kullanılan mikorizal aşı materyalleri yabancı menşelidir ve aşılama sonrası mikorizasyonun başarısı kök enfeksiyon yüzdesi ve bitki ve toprak analizleri gibi niceliksel gözlemlerle sınırlı kalmış; istatistiksel olarak yüksek enfeksiyon yüzdesi ve bitki gelişimi gözlemlenen koşullarda mikorizal aşılama etkin kabul edilmiştir. Diğer yandan çoğu durumda mikorizal enfeksiyonu sağlayan bireylerin ne düzeyde aşılama ile ilgili olduğu sorusu ihmal edilmiştir.

Bu noktada yapılması gerekenler (i) kendi toprak kaynaklarımızdan izole edilmek suretiyle gerçekleştirilen mikorizal aşılama araştırmalarının teşvik edilmesi ve böylece yerli mikorizal çeşitliliğimizi ve zenginliğimizi açığa çıkarmak suretiyle etkinliği daha yüksek mikorizal aşı materyallerinin elde edilmesi; (ii) yerli mikorizaların tanınması aşamasında modern moleküler biyolojik teknolojilerinin kullanılarak ülkemizin farklı tarımsal koşullarına özgü mikorizal topluluk yapısı, fonksiyonel çeşitliliği, enfeksiyon etkinliği, patojen baskılama özelliği gibi verilerin sağlanmasıdır.

KAYNAKLAR

- Albayrak M. 1997. Farklı dozlarda fosforla birlikte uygulanan mikorizanın buğdayda kök büyümesine etkisi. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı.
- Almaca A, Ortas I 2010: Growth response of maize plants (*Zea mays* L.) to wheat and lentil pre-cropping and to indigenous mycorrhizae in field soil. Span. J. Agric. Res., 8, 131–136. doi:10.5424/sjar/201008S1-1232
- Alvarez, M.I., R.J. Suelo and C.A. Barassi. 1996. Effect of *Azospirillum* on coleoptile growth in wheat seedlings under water stress. Cereal Res. Commun. 24: 101-108.
- Antoniolli, Z. I., Schachtman, D. P., Ophel, K. K. and Smith, S. E. 2000. Variation in rDNA its sequences in *Glomus mosseae* and *Gigaspora margarita* spores from a permanent pasture. Mycol. Res., 104, 708–715.
- Aslantas Rafet, Ramazan Cakmak, Fikrettin Sahin. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulturae 111; 371–377.
- Aydın A. 2002. Mikoriza'nın sera koşullarında domateste bitki besin maddesi alımı, fide gelişmesi ve verime etkisinin belirlenmesi. Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı.
- Aytok Ö., Yılmaz K.T., Ortaş İ., Çakan H., 2013. Changes in mycorrhizal spore and root colonization of coastal dune vegetation of the Seyhan Delta in the postcultivation phase. Turk J Agric For, 37: 52-61, TÜBİTAK, doi:10.3906/tar-1112-2
- Bamyacıoğlu Ö. 1998. Karpuz yetiştiriciliğinde VA mikorizanının bitki gelişmesi, verim ve kalite üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Barker, S. J. and Larkan, N. J., 2002. Molecular approaches to understanding mycorrhizal symbioses. Plant Soil, 244, 107–116.
- Bayram A. 2000. Bazı mikoriza türlerinin Amerikan asma fidanlarının kök ve sürgün gelişimi. Yüksek lisans tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

- Bent, E. Induced Systemic Resistance Mediated by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Fungi (PGPF). 2006. Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants, pp 225-258.
- Bhattacharyya P.N., Jha D.K. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World J Microbiol Biotechnol, 28:1327–1350 DOI 10.1007/s11274-011-0979-9.
- Bhattarai T and Hess D. 1993. Yield responses of Nepalese spring wheat (*T. aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirillum spp.* of Nepalese origin. Plant and Soil 151, 67–76.
- Borowicz, V. A. 2001. Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations? Ecology 82:3057–3068.
- Caravaca, F., Barea, J.M., Figueroa D., and Roldán A. 2002. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for reforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. Appl. Soil Ecol. 20, 107–118.
- Caravaca, F., García, C., Hernandez, M.T., Roldan, A., 2002a. Aggregate stability changes after organic amendment and mycorrhizal inoculation in the afforestation of a semiarid site with *Pinus halepensis*. Appl. Soil Ecol. 19, 199-208.
- Caron, M., 1989. Potential use of mycorrhizae in control of soil-borne diseases. Can. J. Plant Pathol., 11: 177-179.
- Chandanie, W. A., E.M. Kubota & M. Hyakumachi. 2006. Interactions between plant growth promoting fungi and arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and induction of systemic resistance to anthracnose disease in cucumber. Plant Soil, 286:209–217, DOI 10.1007/s11104-006-9038-y
- Clapp, J. P., Fitter, A. H. and Young, J. P. W., 1999. Ribosomal small subunit sequence variation within spores of an arbuscular mycorrhizal fungus *Scutellospora* sp. Mol. Ecol. 8, 915–921.
- Clapp, J. P., Young, J. P. W., Merryweather, J. W. and Fitter, A. H. 1995. Diversity of fungal symbionts in arbuscular mycorrhizae from a natural community. New Phytol. 130, 259–265.
- Çekiç F.Ö. 2008. Tuzluluk koşullarında yetiştirilen Biber (*Capsicum annuum*) Bitkisinde Arbusküler mikorizanın bazı fizyolojik Ve biyokimyasal parametreler üzerine Etkisi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Kasım 2008, Mersin, www.mitosweb.com/browse/78498/fazilet_ozlem_cekic_tez.pdf.
- Çelik, İ. 2009. Uzun Dönemli Organik Gübreleme Ve Mikoriza Kullanımının Nitrat Yıkınmasına Ve Toprak Sıkışmasına Etkileri. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 107O903.
- Çetiner B. 1998. VA mikorizanın şeker mısırında bitki gelişmesi, verim ve koçan özellikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çığır S. 1997. Hıyarda vesiküler-arbusküler mikorizanın bitki büyümesi ve verim üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı.
- Del Mar Alguacil, M., E. Diaz-Pereira, F. Caravaca, D. A. Fernandez, and A. Roldan. 2009. Increased diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment via application of organic amendments to a semiarid degraded soil. Applied and Environmental Microbiology 75: 4254–4263.
- Demir, S., Onoğur, E. 1999. Bitkilerde Vesiküler-Arbusküler Mikoriza Oluşumunun Bitki Besleme ve Bitki Korumadaki Önemi. Anadolu Dergisi, 9(2), 12-32.
- Dutta, S. Podile, A.R. 2010. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. Critical Reviews in Microbiology, 2010; 36(3): 232–244.
- Erman M., Demir S., Ocak E., Tüfenkçi Ş., Oğuz F., Akköprü A., 2011. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1—Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. Field Crops Research 122; 14–24.
- Esitken Ahmet, Hilal E. Yıldız, Sezai Ercişli, M. Figen Donmez, Metin Turan and Adem Gunes. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry Scientia Horticulturae 124, 62–66

- Ghignone S, Salvioli A, Anca I, Lumini E, Ortu G, Petiti L, Cruveiller S, Bianciotto V, Piffanelli P, Lanfranco L, Bonfante P. 2012. The genome of the obligate endobacterium of an AM fungus reveals an interphylum network of nutritional interactions, *ISME J.* 6:136–145.
- Glick, B.R. and J.J. Pasternak. 2003. Plant growth promoting bacteria. *In*: B. R. Glick and J. J. Pasternak (eds.) *Molecular Biotechnology – Principles and Applications of Recombinant DNA*, 3rd edn., ASM Press, Washington, DC. pp. 436–454.
- Kacar Y-Aka, Akpınar C, Agar A, Yalcin-Mendi Y, Serce S, Ortas I 2010: Rom. The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization. *Biotechnol. Lett.*, 15(3), 246–252.
- Kara Ö., Tilki F. 2001. Mikoriza ve Ormancılıkta Kullanımı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, Cilt: 51, Sayı:1. pp. 127-139.
- Karlıdag H, Esitken A, Turan M, Sahin F. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. *Sci Hort* 114(1):16–20.
- Kaya, C., Ashraf M., Sonmez O., Aydemir S., Tuna A.L., Cullu MA. 2009. The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae*, 121 (1), pg. 1-6.
- Köse Cafer, Muharrem Gülyüz , Fikrettin Şahin & İsmail Demirtaş. 2005. Effects of Some Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Graft Union of Grapevine, *Journal of Sustainable Agriculture*, 26:2, 139-147, DOI: 10.1300/J064v26n02_10
- Köse Ö. 1998. Mikoriza inokülasyonu, kompost ahır gübresi ve mineral gübrelemenin biber bitkisinin büyüme ve besin elementi alımı üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı.
- Küçükyumuk Z. 2013. Çinko ve Mikorizal Fungus Uygulamalarının Hıyarda Bitki Besin Elementi Alımı, Bitki Gelişimi ve *Pythium Fide Çürüklüğüne* (*Pythium deliense*) Etkileri. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 112O025.
- Lanfranco, L., Delpero, M. and Bonfante, P. 1999. Intraspore variability of ribosomal sequences in the endomycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *Mol. Ecol.*, 8, 37–45.
- Lewis, D.H. 1985. Symbiosis and mutualism: Crisp concepts and soggy semantics. *In*: *The Biology of Mutualism*. (Ed.): D.H. Boucher, London, Croom Helm Ltd. pp. 29-39.
- Li, J., D.H. Ovakim, T.C. Charles and B.R. Glick. 2000. An ACC-Deaminase minus mutant of *Enterobacter cloacae* UW4 no longer promotes root elongation. *Curr. Microbiol.* 41: 101-105.
- Li, X. L., Marschner, H. and George, E. 1991. Extension of the Phosphorus Depletion Zone in VA Mycorrhizal White Clover in a Calcareous Soil. *Plant and Soil*, Vol:135, p: 41 - 48.
- Lloyd-Mac Gilp, S., Chambers, S. M., Dodd, J. C., Fitter, A. H., Walker, C. and Young, J. P. W., 1996. Diversity of the internal transcribed spacers within and among isolates of *Glomus mosseae* and related arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*, 133, 103–112.
- Morton, J.B. 2000. Biodiversity and evolution in mycorrhizae in the desert. *In*: *Microbial Endophytes*. (Eds.): C.W. Bacon and J.F.J. White, NY, Marcel Dekker, Inc. pp. 3-30.
- Muchovej, R. M., 2001. Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops. University of Florida, Extension Institute of Food Agricultural Sciences, SS-AGR-170.
- Nakkeeran, S., W. Fernando and Z. Siddiqui. 2006. Plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. *In*: Siddiqui, Z.A. (ed.), *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*, Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp: 257-296.
- Nzanza B., Diana Marais and Puffy Soundy. 2011. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth and development as influenced by *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi. *African Journal of Microbiology Research* Vol. 5(4), pp. 425-431.

- Okkaoğlu H. 2010. Mikoriza ve tuz stresi interaksyonunun mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin erken gelişme döneminde büyüme ve diğer bazı fizyolojik özelliklerine etkisi. Doktora tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- Orhan Emine, Ahmet Esitken, Sezai Ercisli, Metin Turan , Fikrettin Sahin. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae* 111, 38–43.
- Ortaş İ. 2003. Mikorizanın Kullanımının Bitki Gelişimi ve Toprak Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 198O358.
- Ortaş İ. 2008. Mikoriza ile Aşılamanın Turuncgil Fidanlarının Adaptasyonu Üzerine Etkisi. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 104O033.
- Ortaş İ. 2009. Narenciye Bitkisinin Kök ve Kök Üstü Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Mikoriza Aşılması ve Besin Elementi Uygulamalarının Etkisi Üzerine Bir Araştırma. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 107O069.
- Ortaş İ. 2013. Biochar (Kömürleştirilmiş Bitki Materyali) ve Kompost Uygulamasının Mikorizalı ve Mikorizasız Olarak Yetiştirilen Narenciye Bitkilerinin Karbon Bağlama ve Toprakta Depolama Potansiyeli Üzerinde Bir Araştırma. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 112O785.
- Ozturk Ali, Ozcan Caglar, Fikrettin Sahin. 2003. Yeild response of wheat and Barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilizers J. Plant Nutr. SoilSci. 166, 262-266.
- Özzambak M.E. 2010. Farklı Konsantrasyonlardaki Besin Solüsyonları, Yetiştirme Ortamları ve Mikoriza Uygulamalarının Bazı Doğal Çiçek Soğanlarının Büyütülmesine Etkileri. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 107O144.
- Pellegrino E. Bedini, S. Avio L., Bonari E., Giovannetti M. 2011. Field inoculation effectiveness of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi in a Mediterranean agricultural soil. *Soil Biology & Biochemistry* 43; 367-376.
- Penrose, D.M. and B.R. Glick. 2001. Levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) in exudates and extracts of canola seeds treated with plant growth-promoting bacteria. *Can. J. Microbiol.* 47: 368-372.
- Ram Reddy, S., Pavan Pindi, K. and Reddy, S.M. 2005. Molecular methods for research on arbuscular mycorrhizal fungi in India: Problems and prospects. *Curr. Sci.* 89: 10-25.
- Redecker, D., 2000. Specific PCR primers to identify arbuscular mycorrhizal fungi within colonized roots. *Mycorrhiza*, 10, 73–80.
- Redman, R.S., K.B. Sheehan, R.G. Stout, R.J. Rodriguez and J.M. Henson. 2002. Thermotolerance conferred to plant host and fungal endophyte during mutualistic symbiosis. *Science*, 298: 1581.
- Rhodes, L.H. 1980. The use of Mycorrhizae in Crop Production systems. *Outlook on Agriculture*, 10 (6) : 275 - 281.
- Richardson, A. E., 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants, *Functional Plant Biology*, vol. 28, no. 9, pp. 897–906, 2001
- Saharan, B.S. , Nehra, V. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review Life Sciences and Medicine Research, Volume 2011: LSMR-21 1
- Salantur Ayten, Ali Ozturk, Sahin Akten, Fikrettin Sahin, Figen Donmez. 2005. Effect of inoculation with non-indigenous and indigenous rhizobacteria of Erzurum (Turkey) origin on growth and yield of spring barley. *Plant and Soil.* 275:147–156 DOI 10.1007/s11104-005-8094-z
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany 372 pp.
- Simon, L. 1996. Phylogeny of the Glomales: Deciphering the past to understand the present. *New Phytol.*, 133, 95–101.
- Singh S., Anita P., Kumar B., Palni L.M.S., 2010. Enhancement in growth and quality parameters of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] through inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in an acid soil. *Biol Fertil Soils.* 46:427–433 DOI 10.1007/s00374-010-0448-x

- Stajner, D., S. Kevrean, O. Gasaić, N. Mimica-Dudić and H. Zongli. 1997. Nitrogen and *Azotobacter chroococcum* enhance oxidative stress tolerance in sugar beet. *Biol. Plant* 39: 441-445
- Suzuki K., Turgay O.C., Akca O.M., Harada N and Nonaka M. 2014 Molecular diversity of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in three different agricultural regions of Turkey. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1-10, <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2014.890916>
- Şahin Fikrettin, Ramazan Çakmakçı, Faik Kantar. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil* 265: 123-129, 2004
- Şahin Fikrettin, Ramazan Çakmakçı, Faik Kantar. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil* 265: 123-129, 2004.
- Şen Ö. 2008. Tuz stresi altında yetiştirilen patlıcan fidelerinin gelişimi ve besin elementi içerikleri üzerine arbuscular mikorizal fungus uygulamalarının etkisi. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- TSKAD, 2014. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tagem Tarımsal Mekanizasyon ve Bilişim Araştırmaları Program Değerlendirme Toplantısı Tutanak Özetleri <http://www.tarim.gov.tr/TAGEM/Belgeler/pdgt/tskad/2014%20TSKAD%20TUTANAK.pdf>.
- Turan Metin, Medine Güllüce , Ramazan Çakmak & Fikrettin Şahin. 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria strain on freezing injury and antioxidant enzyme activity of wheat and barley. *Journal of Plant Nutrition*, 36:5, 731-748, DOI: 10.1080/01904167.2012.754038.
- Turkmen O., Sensoy S., Demir S., Erdinc C. 2008. Effects of two different AMF species on growth and nutrient content of pepper seedlings grown under moderate salt stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (4), pp. 392-396.
- Tüfekçi S. 2013. Karaçam Mikoriza Mantarlarının Tespiti ve Mikoriza Aşılmasının Tüplü Karaçam Fidanlarının Gelişimine Etkisi. TÜBİTAK TOVAG Projesi, 109O725.
- Wang, F., X. Lin, R. Yin and L. Wu, 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth of *Elsholtzia splendens* and *Zea mays* L. and the activities of phosphatase and urease in a multi-metal-contaminated soil under unsterilized conditions. *Applied Soil Ecol.*, 31: 110-119.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. 1991. In *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* (eds Innis, M. A., Gelfand, D. H. and Sninsky, J. J.), Academic Press, New York, pp. 315-322.
- ¹**Fitohormon sentezi** (IAA-indole-3-acetic acid, Gibberellic acid ve cytokinins); **Enzim sentezi** (ACC deaminase-1-aminocyclopropane-1-carboxylate); **Siderofor sentezi** (bitkinin alabileceği organo-demir formu). **Fosfat çözme yeteneği** (bakterin organik asit sentezi ile inorganik fosforun çözmesi-bitkiye alınımları); **Azot Fiksasyon yeteneği** (bakterilerin atmosferik azotu bağlayıcı yeteneği); biyofilm formasyonu (kök üzerinde gelişen madde alınımında seçilim yaratan canlı katman); **VOC sentezi** (bitki gelişimini teşvik eden uçucu hidrokarbon salınımı) gibi.
- ² <http://uvt.ulakbim.gov.tr/proje/>
- ³ <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- ⁴ ITS; ökaryotik rRNA genlerinde 18S - 5.8S rRNA arası ve (ITS1) 5.8S - 28S rRNA arası (ITS2) bölgelerde bulunan diziler.

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Bitki Sağlığı ve Mikrobiyal Gübreler

Suat Kaymak^{1*}

Ayşe Özdem¹

Aynur Karahan¹

¹Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yenimahalle-ANKARA

*Sorumlu yazar: suatkaymak@zmmae.gov.tr

GİRİŞ

Dünya nüfus artışına paralel olarak artış göstermeyen hatta azalan ekilebilir alanlar, birim alandan daha fazla ürün elde edebilmek için gübre ve pestisit gibi tarımsal girdilerin yoğun olarak kullanılmasına neden olmuştur. Bu girdilerin yoğun ve bilinçsiz kullanımı, tarımsal alanların yanı sıra diğer doğal kaynaklarda da hızlı bir kirlenmeyi beraberinde getirmiştir. Çevre ve sağlık sorunlarının ortaya çıkması ile beraber kimyasal girdilere alternatif biyolojik kökenli girdilerin kullanımı giderek artan bir önem kazanmıştır. Bunlardan biri olan mikrobiyal gübreler, sadece organik ya da ekolojik tarımda değil, konvansiyonel tarımda da yaygın olarak kullanılmakta ve sürdürülebilir tarımsal üretim için vazgeçilmez bir kaynak teşkil etmektedirler.

MİKROBİYAL GÜBRE NEDİR, HANGİ AMAÇLA KULLANILIR?

Topraklarda bakteri, mantar, aktinomiset, protozoa ve alg olmak üzere yaygın birçok mikroorganizma grubu bulunmaktadır. Serbest yaşayan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik savaş ajanı veya biyolojik gübre olarak kullanılan mikroorganizmalara bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) adı verilmektedir. Bu bakteriler daha çok *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine aittir (Çakmakçı ve Erdoğan 2006). Ayrıca *Aspergillus* ve *Penicillium* funguslarının biyolojik gübre olarak kullanıldığı araştırmalar da yapılmaktadır (Güneş ve ark. 2014). Mikrobiyal gübreler organik madde ve besin maddelerinin parçalanması ve fermentasyon işlemini zenginleştirmek için cellulase, amylase, protease ve ligninase üretimi yapan biyoparçalayıcı etkili izolatları içermektedir. Bu izolatlar arasında, kaya fosfatı ve potasyum feldispatı bitkinin adsorbe edebileceği yarayışlı hale getirmek için parçalayan etkili funguslar da bulunmaktadır. Bu funguslardan bazıları *Arthrobotrys oligospora* AO, *Aspergillus oryzae* AsO, *Aspergillus terreus* Ast, *Chaetomium lucknowensis* CL, *Emericella nivea* EN, *Emericella rogulosa* ER, *Pseudoeurotium zonatum* EC, *Mucor plumbeus* MC, *Penicillium variabile* PV, *Pseudoeurotium ovale* EH, *Trichoderma hamatum* Thm-Bio1 ve *Trichoderma harzianum* Thz-Bio2 (Soytong 2010) 'dir.

Mikrobiyal gübrelerin büyük bir çoğunluğunu oluşturan rizobakterler bitki gelişimi üzerine direkt ve dolaylı olarak etki etmektedirler. En iyi bilinen özelliklerinden biri azot bağlama kabiliyetleridir. Azot döngüsünün tamamlanmasında önemli görev üstlenmişlerdir. Sadece azotu fikse etmekle kalmayıp, aynı zamanda toprakta bulunan minerallerin çözünürlüğünü artırarak bitkiler tarafından daha kolay alınabilecek şekle getirmekte ve bu şekilde bitki gelişimi üzerine direkt olarak etki etmektedirler. Bitkiler için yarayışlı olan diğer özelliklerinden biri ise dış faktörler nedeniyle oluşan gelişme geriliği ya da belirli bazı bölgelerde bu bitkilerin yetiştirilmesini engelleyen koşulları ortadan kaldıracak şekilde, olumsuz dış faktörlerle baş edebileceği seviyeye bitkiyi çıkarmak, yani toleransını yükselterek, stres koşulları ile başa çıkabilmesini sağlamaktır. Bu olumsuz koşullar değişen iklim koşulları ve hatalı tarımsal uygulamalar nedeniyle giderek daha fazla tarımsal alanı etkileyen

kuraklık ve tuzluluk gibi stres faktörleridir. Rizobakterler bu özelliklerinin yanı sıra aktiviteleri ile bitkiyi uyarak onların savunma sistemlerini faaliyete geçirmekte ve bitkinin olumsuz dış faktörlere karşı direncini artırmaktadırlar. Diğer bir özellikleri ise onların biyopestisit olarak kullanılmalarını da sağlayan antibiyotik, siderefor, etilen gibi maddeleri bir fabrika gibi üreterek patojen mikroorganizmaların faaliyetlerini baskılamaları, bir bölümünün de besin ve yer rekabetine girerek aynı işlevi yerine getirmeleridir. Örneğin farklı *Pseudomonas* türleri değişik konukçularda oksinler ile gelişmeyi düzenleyici, etilen ile gelişmeyi teşvik edici, fillagelinler ve lipopolisakkaritler ile bitkide sistemik uyarılmış dayanım ve Pyuloteorin, Phenazin ile konukçu bitkiyi koruma gibi farklı fonksiyonlara sahiptirler (Güneş ve ark. 2014).

Rizobakterlerin bitkiler üzerindeki geliştirici ve teşvik edici etkilerinin ortaya konulmasına yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Organik veya inorganik fosfatı çözebilme potansiyeline sahip, çeşitli kültür bitkilerinin rizosferinden izole edilen 6k8-*Pseudomonas putida*, 6ba6-*Pseudomonas fluorescens*, F5-*Burkholderia cepacia*, E21-*Pseudomonas* sp., C5-*Bacillus megaterium* isimli 5 izolatın, Pamuk *Verticillium* Solgunluğu'na ve bitki gelişimine etkisi araştırılmıştır. Tohum bakterizasyonu uygulanmış Carmen çeşidi pamuk bitkilerinde F5 ve 6ba6 izolatları fosfor alımını önemli derecede artırmış, sırasıyla % 47.9 ve % 23.1 oranında bitki kuru ağırlığında artış sağlamıştır. Gövde enjeksiyon yöntemi ile inokule edilen pamuk bitkilerinde, E21 ve F5 ile tohum bakterizasyonu *Verticillium dahliae*'nin yaprak dökmeyen ırkına karşı sırasıyla % 68.4 ve % 38.9 oranında etkili olurken, yaprak döken ırka karşı hiç bir izolat etkili bulunmamıştır. Toprakta iki farklı *V. dahliae* ırkına ait mikrosklerotların (10 ms/g toprak) varlığı durumunda, E21 ve 6ba6 izolatları ile tohum bakterizasyonu, yaprak dökmeyen ırka karşı sırasıyla % 69 ve % 66, yaprak döken ırka karşı da sırasıyla % 51.4 ve % 54 oranında önemli düzeyde etkili bulunmuştur (Özyılmaz ve Benlioğlu, 2012).

Bitkisel üretimde bitki besin maddelerinin toprakta yetersiz veya fazla olmasından ya da dengesiz gübrelemeden dolayı çoğu zaman sekonder hastalık ve zararlılar sorun olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bazı zararlılarla mücadelede ağaçların bakım işlemleri ile özellikle de gübreleme ile kuvvetli tutularak ya bazı böceklerin zararlarından korunmakta ya da barınak olarak kullanılmalarının önüne geçilebilmektedir. Örneğin; Yazıcı böcekler (*Scolytus* spp.) gibi zayıf ve bakımsız ağaçları tercih eden zararlıların saldırısı engellenmiş olacak ya da Ağaç kızkılkurdu, (*Cossus cossus* L.), Elma gövdekurdu [*Synanthedon myopaeformis* (Bork.)], Erik koşnili [*Sphaerolecanium prunastri* (Boy.)] ve Meyve ağacı dipkurtları (*Capnodis* spp.) gibi zararlıların ağaçlara bulaşması sonucunda ağaçların zayıflayıp kurumaları kısmen de olsa engellenmiş olacaktır. Birçok hastalık ve zararlıyı tetikleyen önemli bir faktör de aşırı bitki besin maddesi kullanımından kaynaklanmaktadır. Örneğin; aşırı azotlu gübreleme sonucu bitkinin vejetatif aksamı artarak Yaprakbiti ve Thrips gibi zararlıların artışına neden olmaktadır (Anonim,1998). Ayrıca, bazı tarım ürünlerinde önemli derecede kalite kayıplarına neden olan ve bitkilerin kök, toprak üstü aksamı veya depolanmış ürünler üzerinde bulunan patojen mikroorganizmaların biyolojik mücadelesinde mikrobiyal organizmalar kullanılabilir (Berg 2009; Kotan ve ark., 2009; Altındag ve ark., 2006). Bu tür mikroorganizmaların bulundukları ortamlardaki patojen mikroflora ile rekabet ettikleri ve ürettikleri metabolik atıklar (antimikrobiyal kimyasallar, sideroforlar, SAR bitki aktivatörleri) ile patojenleri elemine ederek bitkilerin savunma mekanizmalarını teşvik ettikleri ve doğal dayanıklılık sağladıkları ortaya konmuştur (Şahin, 2010).

Son araştırmalara göre sistemik kazanılmış dayanıklılık (systemic acquired resistance=SAR) teşvik ediciler ile birçok bitki hastalığının kontrolü mümkündür. Bitki koruma için yeni bir kategori olan SAR reaksiyonu bitki aktivatörleri sayesinde harekete geçirilerek, hastalıklara karşı daha uzun süre dayanıklılık sağlanmaktadır. Bu ürünlerden bazıları ülkemizde de yeni bir etki mekanizmasını ve teknolojiyi temsil eden "Bitki Aktivatör-

leri” ismi altında ruhsatlandırılmaktadır. 26 Haziran 2002 Resmi Gazete de bitki aktivatörlerinin ruhsatlandırılmasında istenen bilgi ve belgeler açıklanmıştır. Bitki aktivatörleri; bitkilerin doğal savunma sistemini aktive eden, besin maddelerinden daha iyi yararlanmalarını sağlayan, stres koşulları ve benzeri dış etmen ve etkenlerden korunması için yardımcı olan ve/ veya verimini ve ürün kalitesini olumlu yönde etkileyen doğal ve/ veya kimyasal güçlendirici direnç artırıcı, toprak yapısını düzenleyici özelliklerini olan ve bu özelliklerinden birini veya birkaçını bir arada taşıyan maddelerdir. Örneğin yapılan çalışmalarda, Elma kara lekesi [*Venturia inaequalis* (CKE) WINT.] hastalığını karşı bitki aktivatörleri denenmiş, elde edilen verilere göre; bitki aktivatörlerinin sonuçları, elma kara lekesi hastalığını azaltıcı etkisiyle hastalığın mücadelesinde ümit var bulunmuşlardır (Boyras ve ark. 2006).

MİKROBİYAL GÜBRE VE BİYOPESTİSİT

Mikrobiyal gübreler; 29 Mart 2014 tarih ve 28956 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı” isimli yönetmelikte “Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri ile ilgili hayati faaliyetlerini yürütebilmeleri için gerekli olan besin elementlerinin sağlanmasında rol oynayan mikroorganizmaların ticari formülasyonlarıdır.” şeklinde tanımlanmıştır (Anonim 2014a).

Mikrobiyal gübre olarak kullanılan rizobakterlerden *Azotobacter*, *Alcaligenes*, *Rhizobium* ve buna benzer cinslerin etki mekanizmaları itibarıyla bu Yönetmelik’te yer alan mikrobiyal gübre tanımını karşıladıkları görülmektedir. Mikrobiyal gübrelerin içerisinde bulunabilen *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Burkholderia* ve *Pseudomonas* türlerinden bakteriler ile *Aspergillus* ve *Trichoderma* türleri gibi bazı fungusların gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde biyolojik mücadele ajanı olarak zararlı organizmalara karşı kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca, bu mikroorganizmaları içinde bulunduran ürünler, *Bacillus subtilis* QST713, *Agrobacterium radiobacter* strain K1026, *Trichoderma harzianum* Rifai T-22, *Bacillus thuringiensis* gibi, biyopestisit kapsamında değerlendirilmekte, denemelere tabi tutularak ve pestisit ruhsatlandırma esaslarına göre ruhsat alarak kullanıma sunulmaktadır. Bu mikroorganizmaların bazı türleri bitkiyi güçlendirici etkilerinin yanı sıra bitkide gelişimi teşvik ederek, dayanıklılığı uyatarak, antibiyotik üreterek ya da patojene karşı fiziksel bariyer oluşturarak hastalıklara karşı koruma sağlamaktadırlar. Bu gibi mikroorganizmalar, “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı” isimli yönetmelikte yer alan mikrobiyal gübre tanımını tam olarak karşılamamaktadır. Bu noktada içeriğinde mikrobiyal gübre fonksiyonuna sahip mikroorganizmaların yanı sıra biyopestisit olarak da fonksiyon gösteren mikroorganizma bulunduran ürünlerin nasıl değerlendirilmesi gerektiği sorusu karşımıza çıkmaktadır. Bakanlığımız Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı’na bu gibi ürünlerin bitki koruma ürünü olarak ruhsatlandırılması talebi ile zaman zaman başvurularda bulunulmaktadır. İçerisinde aktif madde olarak mikroorganizma bulunduran biyopestisitlerin ruhsatlandırılması ülkemizde 25.03.2011 tarih ve 27885 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmeliğe göre yapılmaktadır (Anonim 2014b). Bu denemeler sonunda biyopestisit, uygun dozda, etki gösterdiği zararlı organizmaya karşı ruhsat almaktadır.

Ruhsatlandırma aşamasında aktif madde yani içerikte yer alan mikroorganizma ile ilgili detaylı bilgiler talep edilmektedir. Bunlardan bazıları; mikroorganizmanın genel ve bilimsel adı, sinonimleri, taksonomik pozisyonu, depolandığı uluslar arası alanda tanınmış kültür koleksiyonunun ismi ve erişim numarası, mikroorganizmanın strain seviyesinde yapılmış tanısı ve kullanılan metot/metotlar, bilinen insan, hayvan ve bitki patojenleriyle akrabalık durumu, mikroorganizmanın kendisi ve ilaç olarak kullanımı ile ilgili bilgi, mikroor-

ganizmanın izole edildiği konukçu bitki, hayvan veya toprak gibi ekosistemler ve coğrafik bölgeyi belirtecek şekilde orijini ve doğal yayılışı, etkili olduğu hedef organizma veya organizmalar, etki mekanizmasıyla bağlantılı olarak ürettiği ve hedef organizma üzerinde etkisi olan toksin veya toksinler ile birlikte temel etki mekanizması, enfeksiyon potansiyeli, virülensliği, dinlenme dönemleri minimum, maksimum ve optimum gelişme sıcaklıkları, mikroorganizmanın genetik materyalini diğer organizmalara aktarma kabiliyeti olup olmadığına ilişkin bilgilerdir. Bitkiyi güçlendirici etkilerinin yanı sıra bitkide gelişimi teşvik ederek, dayanıklılığı uyarak, antibiyotik üreterek ya da patojene karşı fiziksel bariyer oluşturarak hastalıklara karşı koruma gibi mekanizmaların bir ya da bir kaçına birden sahip olan mikroorganizmaların kültür bitkilerinde zarara ve ürün kayıplarına yol açan organizmalara karşı etkileri yürütülecek biyolojik etkinlik denemeleri ile ortaya konulmalı ve deneme raporları ruhsat başvuru dosyasında bulunmalıdır.

Bu denemeler sonunda biyopestisit, uygun dozda, etki gösterdiği zararlı organizmaya karşı ruhsat almaktadır. Aktif madde açısından yapılan değerlendirme de dikkate alınan en önemli konulardan biri mikroorganizmanın pestisit olarak etkili olduğu temel etki mekanizmasının bilinmesidir. Bu amaçla; ruhsat yönetmeliğinin eklerinde yer alan kriterler göz önüne alınarak söz konusu aktif maddeler değerlendirilmeli ve aktifin temel etki mekanizması yani o mikroorganizma straininin pestisit olarak görev yaptığı mekanizmanın bu kriterlere uyup uymadığı belirlenmelidir. Ruhsat aşamasında aktif maddenin (mikroorganizma) etki mekanizması ile ilgili gönderilen bilgi ve belgeler bakterisit, fungusit, nematisit etkilerinin olup olmadığı yönünden de değerlendirilmektedir.

SONUÇ

Mikrobiyal gübre ve Biyopestisitleri oluşturan türler arasında etki ve kullanım amaçlarına göre farklar bulunmaktadır. *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma* içinde bulunduran ürünler biyopestisit kapsamında değerlendirilmektedir. Bu mikroorganizma türleri tek veya ender olarak ikili karışım şeklinde bitki koruma ürünü olarak ruhsatlandırılmaktadır. Ancak bu mikroorganizmaların biri veya birkaçını ve bunun yanı sıra etki mekanizmaları gereği bitki koruma ürünü olarak değerlendirilemeyecek ancak mikrobiyal gübre olarak adlandırılabilir bazı mikroorganizmalar ile N, P, K gibi mineralleri de içeren ürünler için de zaman zaman ruhsat başvurusunda bulunmaktadır. Bu şekildeki karışımlar bitki koruma ürünü tanımı içinde yer almamaktadır. İçeriğinde bitki koruma ürünü olarak kullanılan bir mikroorganizma bulursa dahi, çok sayıda mikroorganizma ve mineral içeren bir ürün bitki koruma ürünü olarak değerlendirilmemektedir.

Oysa biyopestisit kapsamındaki türlerin değerlendirilmesinde; denemelere tabi tutularak ve pestisit ruhsatlandırma esaslarına göre ruhsat alarak kullanıma sunulmalıdır. Bu mikroorganizmaları içinde bulunduran ürünler geniş alanlarda yaygın olarak gübre şeklinde kullanıldığında ise Bitki Sağlığı açısından doğal toprak florası için risk oluşturabilmektedir.

Sentetik gübre ve kimyasalların tarımsal üretimde yoğun kullanılmasının insan sağlığı, çevre ve doğal denge üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla alternatif girdilerin kullanımı gündeme gelmiştir. Doğal canlı organizmalardan elde edilen mikrobiyal gübrelerin kullanımı bitki sağlığı açısından bitkilerde gelişimi engelleyen veya verim kaybına neden olan hastalık etmenlerinin engellenmesinde rol oynaması bakımından önemli ve gereklidir. Ancak, Fungus ve/veya bakteriyel organizmalardan hazırlanan mikrobiyal gübrelerin (Nain ve ark., 2010) yoğun ve yaygın kullanımının toprakta mevcut mikroorganizma faaliyeti üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği göz önünde bulundurulmalı ve dengeli kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Altındağ, M., Şahin, M., Eşitken, A., Ercişli, S., Güleriyüz, M., Dönmez, M.F., Şahin, F., 2006. Biological control of brown rot (*Moniliana laxa* Ehr.) on apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloğlu) by *Bacillus*, *Burkholdria*, and *Pseudomonas* application under *in vitro* and *in vivo* conditions. *Biological Control*, **38**, 369-372.
- Anonim 2008. Ziraî Mücadele Teknik Talimatları, Cilt: 4. T.C. Tarım ve Köyîşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara, 388 s
- Anonim 2014a. <http://www.tarim.gov.tr/Sayfalar/Mevzuat.aspx?OgeId=11> (Erişim tarihi: 16.09.2014)
- Anonim2014b.<http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14850&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=bitki> (Erişim tarihi: 16.09.2014).
- Berg, G., 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology* **84** (1): 11-18.
- Boyras N., Kaymak S., Baştaş, K.K., 2006. Elma Kara Lekesi Hastalığı (*Venturia inaequalis* (CKE) Wint.)'a Karşı Bazı Bitki Aktivatörlerinin Tek Başlarına ve Fungisid Kombinasyonları ile Etkileri, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi **20** (39): (2006) 1-6, Konya.
- Güneş A., Turan M., Şahin F., Haliloğlu K., 2014. Organik Tarımda Biyogübrelerin Kullanımı. <http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/2J7CIfOf-16122012-31.pdf> (Erişim tarihi: 16.09.2014).
- Kotan, R., Şahin, F., Demirci, E., Eken, C., 2009. Biological Control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains. *Biological Control* **50**:194-108.
- Nain, L., Rana, A ., Joshi, M., Jadhav, S.D., Kumar, D., Shivay, Y.S., Paul, S., Prasanna, R., 2010. Evaluation of synergistic effects of bacterial and cyanobacterial strains as biofertilizers for wheat. *Plant And Soil* **331** (1-2) 217-230
- Özyılmaz Ü. ve Benlioğlu K. 2012. Fosfat çözen bakterilerin pamuk bitkisinin gelişimine ve *Verticillium* solgunluğu'na etkileri. *Türk. biyo. müc. derg.*, 2012, **3** (1): 47-62
- Soytong K. 2010. Microbial Products for Organic Crop Production. Proceedings 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology. "Sufficienc Agriculture". 25-27 August 2010. Bangkok, Thailand. P.
- Şahin, F. 2010. Organik Bitkisel Üretimde Biyoteknoloji ve Ar-Ge. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran - 1 Temmuz 2010, Erzurum, (Çağrılı Bildiri). Archived at <http://orgprints.org/26606>.

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Mikrobiyal Gübreler ve Uygulama Yöntemleri

Süleyman Rifat YALÇIN

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü ,
06110 Dışkapı-Ankara. ryalcin@agri.ankara.edu.tr

ÖZET

Bitkilerin büyüme ve gelişmesini teşvik etmek amacıyla tüm dünyada yıllardır aşırı bir şekilde kimyasal gübre kullanılmaktadır. Kullanılan bu kimyasal gübreler bitkilerde verim ve kaliteyi artırmakla birlikte toprak yapısında bozulmalara ve toprakta bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerinin azalmasına , biyolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bitki ve toprak mikroorganizmaları arasında olması gereken dengenin yeniden kurulmasında kullanılan alternatif metotlardan birisi de mikrobiyal gübrelemedir.

Bu gübreler topraklarda, atmosfer azotunu fikse etmek, organik atıklar ve kalıntıları parçalamak, toprak kökenli patojenleri baskılamak, bitki besin maddelerinin yarayışlılığını arttırmak ve dönüşümlerini sağlamak, pestisitler de dahil olmak üzere toksik etki yapan bileşiklerin bozunumunu sağlamak, antibiyotik ve diğer biyoaktif maddeleri üretmek, bitkilerin alabileceği basit organik molekülleri üretmek, ağır metal iyonlarını bağlayarak bitkilerce daha az alınmasını sağlamak, çözünemeyen besin kaynaklarını çözünür hale getirmek, polisakkarit üreterek toprak agregasyonunu artırmak gibi görev üstlenmişlerdir. Mikrobiyal gübrelerin uygulamaları, tarım toprağına uygulama , toprağı aşılama, tohum aşılama ve köke aşılama şeklinde uygulama yöntemleri ile uygulanırlar. Mikrobiyal gübreler yapraktan değil, kesinlikle topraktan uygulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Mikrobiyal Gübre, Verim

Microbial Fertilizers and Application Methods

ABSTRACT

Chemical fertilizers have been used excessively for many years to promote plant growth and development. While these chemical fertilizers increase yield and quality of plants they also lead deterioration of the soil structure, and reduce activity of microorganisms in the soil and cause deterioration of the biological balance. One of the alternative methods used to reestablish the balance between plants and soil microorganisms is microbial fertilization. affected plant growth and yield garden cress and arugula grown in soilless.

These fertilizers take on tasks of fixing atmosphere nitrogen, breaking organic wastes and remainders into pieces, suppressing soil originated pathogens, increasing benefits of vegetable nutrients, and providing their conversion, , providing decomposition of compounds having toxic effect including pesticides, producing antibiotics and bioactive substances, producing simple organic molecules to which plants can receive, binding heavy metal ions and thereby decreasing receiving them by plants , bringing unsolvable nutrient sources into soluble situation, increasing soil aggregation by producing polysaccharide in the soil.. Microbial fertilizers are applied by means of methods of applying to agricultural soil, injecting to soil, injecting to seed and injection to root. Microbial fertilizers should certainly be applied from soil, not from leaf.

Key Words: Microbial fertilizer, Yield

GİRİŞ

Kimyasal gübrelerin çevreye verdiği zararların çok görüldüğü Ülkemizde, insanların beslenmesi için yapılan her türlü tarımsal faaliyetlerde daha az zararlı olan, çevresel açıdan daha uygun alternatif uygulamalara geçilmesi kaçınılmaz olmuştur. Artan nüfusun yanısıra verimli toprakların azalması, insanlığın beslenmesi açısından ciddi sorunlara neden olmaktadır. Atmosferde %78 oranında en yüksek miktarda bulunan azot (N_2) canlıların gereksinim duyduğu formda yani NH_4 ve NO_3 - formunda değildir. Çevredeki bol miktarda bulunan azota rağmen birçok canlının bu azottan yararlanamaması sonucu azot noksanlığında canlılar fonksiyonlarını gerçekleştiremez ve hayatlarını kaybedebilirler. Atmosferde bulunan N_2 azotunun yarıyışlı forma geçmesi için, azotun üçlü bağının ikili bağa indirgenmesi ve azotun hidrojen ve oksijenle birleşmesi gerekir. Diğer deyişle bitkiler NH_4^+ ve NO_3 -formundaki azotu kullanabilirler (Fritsche, 1990). Doğada bunu yapabilme yeteneği sadece bakterilere verilmiştir. Bakterilerin bu işlev için sahip oldukları en önemli mekanizmaları, nitrogenaz enzim yapılarıdır. Biyolojik azot fiksasyonu nitrogenaz enzimi ile katalize edilir. Bu enzimi aktive eden metaller, demir-molibden kofaktörleri (Fe-Mo-CO)'dır. Dolayısıyla biyolojik azot fiksasyonu ortamdaki aktif demir ve molibden konsantrasyonlarından önemli derecede etkilenmektedir (Durrant, 2001). Söz konusu bu miktar, özellikle ekolojik koşullara uygun bakteri suşları ile aşılama ve uygun bitki çeşitleri seçimi ile daha da artabilmektedir (Gök ve Martin, 1993; Kahnt, 1985).

Ülkemizde türlere ve yörelere göre değişik sorunlar söz konusu olsa da, genel olarak sebze yetiştiriciliğinin önemli problemlerinden birisi, birim alandan elde edilen verimin düşük olmasıdır. Verimi arttırmanın en önemli yolu uygun çeşit seçimi, gerekli üretim girdilerinin kullanımı ve kültürel işlemlerin gerektiği şekilde yapılmasıdır. Bununla birlikte verimi arttırmada en çok başvurulan kültürel uygulama, organik ve suni gübrelerle bitkilerin gübrenmesidir Birim alandan daha fazla verim almak için yoğun olarak suni gübre, hormon ve zirai ilaçlar kullanılmaktadır (Aksoy, 1999). Modern tarımda gübreleme yapılırken sadece bitkiler ve bu bitkilerden alınacak maksimum verim amaçlanmakta ,ancak bu kimyasalların toprak ve çevreye vereceği zarar unutulmaktadır.Kullanılan kimyasal gübreler bitkilerde verim ve kaliteyi arttırmakla birlikte toprak yapısında bozulmalara ve toprakta bulunan mikroorganizma faaliyetlerinin azalmasına ve biyolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Parr ve ark., 1994). Belli gübrelerin kontrol edilmeden, fazla miktarlarda kullanılması sonucu, topraklar toksik maddelerce zenginleşebilmektedir (Aksoy ve Altındışli 1998). Bu durum hem verimin düşük olmasına hem de gübrelerin etkin olarak kullanılamamasına yol açmaktadır. Toprakta denge halinde bulunan mikroorganizma popülasyonlarının değişimiyle yararlı mikroorganizma popülasyonunun azalması, bitki patojenlerinin toprakta baskın hale gelmesine de yol açmaktadır (Vessey, 2003).

Hatalı tarımsal uygulamalar sonucu bozulan doğal dengeyi yeniden kurmak için, insana ve çevreye dost üretim sistemlerini , kimyasal tarım ilaçları ve gübrelerin kullanımını en aza indiren yöntemlerin tarımsal üretimde kullanılmasına gereksinim vardır. Bu nedenlerle birçok ülkede konvansiyonel tarımdan çevre dostu üretim tekniklerine geçilmeye başlanmıştır (Zengin, 2007). Bitki ve toprak mikroorganizmaları arasında olması gereken dengenin yeniden kurulmasında kullanılan alternatif metotlardan birisi de mikrobiyal gübrelemedir. Mikrobiyal gübreler bitki için gerekli olan bitki besin elementlerinin topraktan alınmasında rol oynayan canlı mikroorganizmaların tarımsal üretimde kullanılmak üzere hazırlanan ticari formülasyonları olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2004). Mikrobiyal gübreleme ise bu doğal mikroorganizmaların çoğaltılarak uygun bir formülasyonda bitkilere verilmesidir (Yönsel ve Batum, 2007). Mikrobiyal gübreler tarımda birçok amaçla kullanılmaktadır. Mikrobiyal gübreler bitkilerde bitki gelişimi ve verimini, bitkilerin besin elementi alımını, toprak kaynaklı hastalıkların kontrol edilmesinde, organik artıkların ayrışmasında, toprak yapısı ve verimlili-

ğinin iyileştirilmesi ile hastalık ve zararlılara dayanıklılığın artırılması gibi alanlarda kullanılmaktadır (Nishio, 1996). Bitkilerdeki dayanıklılık artışı, kimyasal gübre kullanımında, pestisit kullanılmasında azalmalara yol açmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde temiz çevre ve sağlıklı bitkisel üretim için biyolojik veya mikrobiyal gübre formülasyonları elde edilmesi amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Kucharski ve ark., 1996; Vessey, 2003). Yararlı mikroorganizmalar genellikle *Bacillus* spp., *Azotobacter* spp., *Trichoderma* spp., *Rhizobium* spp., *Azospirillum* spp ve *Saccharomyces* spp.'den oluşmaktadır. *Trichoderma* spp., özellikle fungal kaynaklı biyolojik mücadele ajanları ve aynı zamanda mikrobiyal gübre olarak kullanılan mikroorganizmalar içerisinde üzerinde en çok araştırma yapılan mikroorganizmadır. T. Harzianu, bitki gelişimini teşvik etme özelliğinin yanı sıra fungal kaynaklı birçok bitki hastalığının biyolojik mücadelesinde de yıllardan beri kullanılmaktadır (Woo ve ark., 2006). Kökte kolonize olan *Trichoderma* spp.'nin bitki hastalıklarına karşı dayanıklılığı uyarma özelliği yanında sürgün ve kök gelişimini teşvik ettiği, verimi, abiyotik stres koşullarına dayanıklılığı arttırdığı, besin alınımı ve kullanımını teşvik ettiği, fotosentezi arttırdığı bilinmektedir (Inbar ve ark., 1994; Harman, 2006).

Topraktaki tuzluluk her türlü canlı için stres oluşturan en önemli faktörlerden olup, bitki gelişme sezonu içerisinde bitki gelişiminin birçok yönden kısıtlanmasına neden olabilir. Bazı bitkiler bu ortamlara daha iyi adapte olurken, bazılarının ise stres koşullarına karşı oldukça dayanıksız olması bitkilerin çeşitli anatomik, yapısal ve biokimyasal mekanizmalarıyla ilgili olabilir. Bitkilerin tuzlu ortamlardaki stres koşullarına dayanması ve gelişimlerini zarar görmeden devam edebilmesinde geliştirdiği farklı stratejileri kullanmasının önemi azımsanamayacak kadar büyüktür. Bitkiler tuz hasarından kaçınmak için farklı tepkiler verir. Bitkiler tuz hasarından yapraklardan iyon ya da vakuollerde iyonların bölümlere ayrılmasıyla korunurlar. Aynı şekilde mikorizalı bir bitki kökü de vakuollerinde fazlaca tuz birikmesini sağlayarak bitkinin tuzdan etkilemesini en aza indirir.

Tarımsal üretimin kısıtlandığı olumsuz çevre şartlarında bitkiler tarafından kullanılan en güzel stratejilerden biri olan mikorizal enfeksiyon etkinliğinin artması bu noksanlıkların giderilmesinde en doğal ve masrafsız yardımcı yöntemlerdendir. Mikorizaların bilimsel araştırmalarda sera ve tarla şartlarında biyolojik gübre olarak kullanılmaları yaygındır. Ancak, özellikle de tuzlu koşullarda yetişen bitkilerin köklerinden ve yetiştirdiği ortamdaki topraktan izole edilen mikoriza sporlarının tuz stresinde kullanılması ile ilgili olarak yapılan çalışmalar yeterli değildir. Yapılan çalışmalarda toprakta artan miktardaki tuza bağlı olarak Sodyum (Na) ve Klor (Cl) iyonlarının mikoriza spor oluşumu ve spor çimlenmesi üzerine olumsuz etkiler yaptığı ortaya konulmuştur (Gildon ve Tinker, 1983). Bununla beraber, Mikoriza ile enfekte olmuş tuzlu alanlardaki bitkilerin tuz zararına ve dolayısıyla susuzluğa karşı mikoriza ile enfekte olmamış bitkilere göre dayanımlarının daha fazla olduğu da belirlenmiştir. Bowen (1980) mikoriza enfeksiyonunun bitki için toksik olan elementleri bertaraf edeceğini ve bünyesinde tutarak toksititeden koruyabileceğini belirtmiştir. Bu artış ya direkt hifler aracılığıyla ya da mikorizanın bitki fizyolojisi ve morfolojisi üzerine yaptığı değişikliklerden kaynaklanan kök büyümesi ve kılcal kök oluşumundan kaynaklanmaktadır (Davies ve ark., 1992). Tuzlu ya da alkali olmaları nedeniyle sorunlu olan topraklarımızın % 33 dolayında olduğu göz önünde bulundurulursa ekonomik olarak bitkisel üretime uygun olmayan bu alanlarda mikoriza aşılması yapılarak kültür bitkilerinin tuzlu ortamlara adaptasyonlarının sağlanması suretiyle bu alanlar bitkisel üretime kazandırılabilir.

MİKROBİYAL GÜBRELER:

Mikroorganizmalar, herbirinin kendine özgü oluşları, özel kültür ve çevre koşulları altında önceden tahmin edilemeyen yapı ve biyosentetik yetenekleri ile canlı bilimlerinde ve diğer bazı alanlardaki zor problemlerin çözülmesinde öncelik almışlardır. Son 50 yıl içerisinde, medikal teknolojinin gelişiminde, insan ve hayvan

sağlığında, gıda işlenmesinde, gıdaların güvenli ve kaliteli oluşlarında, genetik mühendisliğinde, çevrenin korunmasında, tarımsal biyoteknolojide ve özellikle tarımsal ve evsel atıkların değerlendirilmesinde mikroorganizmaların olumlu örneklerini görmek mümkündür. Bütün bu teknolojik gelişmeler, doğrudan kimyasal ve fiziksel mühendislik metotlarını kullanarak sağlanmamıştır. Bu nedenle mikroorganizmalar, uygulamaya dönük ve ekonomik olarak değer bulmuştur. Mikrobiyal teknolojiler, çeşitli tarımsal ve çevresel problemlerin çözümünde son yıllarda kayda değer başarılar elde etmesine rağmen bilimsel çevrelerde yaygın bir kabul görmemiştir. Çünkü, mikroorganizmaların faydalı etkilerini göstermelerinde bir süreklilik yoktur. Mikroorganizmaların etkin çalışmaları, ancak substratlarını metabolize etmeleri için uygun ve optimal koşullar olduğunda gerçekleşmektedir. Bu koşullardan bazıları yeterli su ve oksijen (mikroorganizmaların zorunlu aerob veya fakültatif anaerob olmalarına bağlı olarak değişebilir), pH ve bulundukları ortamın sıcaklığı gibi faktörlerdir. Günümüzde, yeni teknolojiler sayesinde, çok çeşitli mikrobiyal kültürler ve aşılama materyallerini piyasada ticari olarak bulabilmekteyiz. Mikroorganizmaların, kimyasal gübreler ve pestisitlerin oluşturduğu problemleri çözmede alternatif olmaları nedeni ile doğal çiftçilik ve organik tarımda kullanılmaları oldukça yaygınlaşmıştır. Toprak mikrobiyologları ve mikrobiyal ekologlar, yıllardır toprak mikroorganizmalarını faydalı ve zararlı diye sınıflandırmaya çaba harcamışlardır. Bu sınıflandırmada, mikroorganizmaların işlevleri ve toprak kalitesine, bitki gelişimi ve verimine, bitki sağlığına olan etkileri değerlendirilmiştir. Atmosfer azotunu fikseden, organik atık ve kalıntıları parçalayan, pestisitlerin zehirli etkisini yokeden, bitki hastalıklarını ve toprak kökenli patojenleri baskılayan, besin maddesi döngüsünü arttıran ve bitki gelişimini teşvik eden vitamin, hormon ve enzim gibi biyoaktif maddeleri üretenler yararlı mikroorganizmalar sınıfına; bitki hastalıklarına neden olan, toprak kökenli patojenleri teşvik eden, besin maddelerini yarayışsız hale getiren, bitki gelişimi ve sağlığını bozabilecek zehirli yani toksik ve çürütücü maddeleri üretenler zararlı mikroorganizmalar sınıfına dahil edilmişlerdir. Faydalı mikroorganizmaların kullanılması, diğer yönetim uygulamalarının yerini tutmamaktadır. Aksine bitki ekim nöbeti, organik iyileştiricilerin kullanılması, koruyucu sürüm, bitki artıklarının dönüşümü ve zararlı böceklerin biyokontrolü gibi en iyi toprak ve bitki yönetim uygulamaları başka boyutla etki yapmaktadır. Yani doğru şekilde uygulandığında, bu mikroorganizmalar, sayılan bu yönetim uygulamalarının faydalı etkilerini artırmaktadır.

Yararlı mikroorganizmaların çalışması: Atmosfer azotunu fikse etmek, Organik atıklar ve kalıntıları parçalamak, Toprak kökenli patojenleri baskılamak, Bitki besin maddelerinin yarayışlılığını arttırmak ve dönüşümlerini sağlamak, Pestisitler de dahil olmak üzere toksik etki yapan bileşiklerin bozunumunu sağlamak, Antibiyotik ve diğer biyoaktif maddeleri üretmek, Bitkilerin alabileceği basit organik molekülleri üretmek, Ağır metal iyonlarını bağlayarak bitkilerce daha az alımını sağlamak, Çözünemeyen besin kaynaklarını çözünür hale getirmek, Polisakkarit üreterek toprak agregasyonunu artırmak yararlı mikroorganizmaların işlevlerindendir.

Zararlı mikroorganizmaların çalışması: Bitki hastalıklarına neden olmak, Toprak kökenli patojenleri teşvik etmek, Bitki besin maddelerini yarayışsız hale getirmek, Tohum çimlenmesini engellemek, Bitki büyüme ve gelişmesini engellemek,

Fitotoksik maddeler üretmek gibi aktiverler, zararlı mikroorganizmaların faaliyetlerindendir. Toprak mikroorganizmaları, toprakta meydana gelen pek çok kimyasal değişimin içinde aktif rol almaktadırlar. Özel olarak ta bitki gelişmesi için gerekli olan örneğin azot ve karbon besin elementlerinin döngüsünde görev aldıkları için toprak verimliliğinin önemli unsurlarıdır. Toprak mikroorganizmaları, herhangi bir yolla toprağa dahil olan organik maddelerin parçalanmasından ve dolayısı ile besin elementlerinin döngüsünden sorumlu-

durlar. Bazıları örneğin, mikoriza mantarları bazı mineral besin maddelerinin (ör.fosfor) yararlanılabilirliğini arttırmaktadırlar. Bazıları, toprakta mevcut besin maddelerinin miktarını arttırmaktadır. Örneğin, azot fikseden bakteriler, toprak havasında gaz halinde bulunan azotu, bitkilerin gelişmesi için bitki köklerinin kullanabilecekleri çözünebilir azotlu bileşikler haline dönüştürürler. Toprak verimliliğini arttıran ve bitki gelişimine katkıda bulunan bu tip mikroorganizmalar, “biyogübreler” olarak adlandırılıp tarımda mikrobiyal aşı materyallerinin hazırlanmasında kullanılmaktadırlar. Benzer şekilde diğer bazı mikroorganizmalar da bitki sağlığını arttıran ve yüksek verim alınmasına katkı sağlayan maddeleri ,örneğin vitaminler ve bitki hormonları gibi maddeleri üretmektedirler. Bu mikroorganizmalar, “fitostimulasyonlar” olarak adlandırılmakta ve ürün verimini arttırmak için mikrobiyal aşı olarak üretimleri üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Diğer bir grup mikroorganizma, bitkinin doğal savunma mekanizmasını teşvik edecek bileşikler üreterek bitkinin patojenlere karşı direncini geliştirmektedir. Bu mikroorganizmalar da “biyopestisitler” olarak adlandırılmakta ve biyolojik kontrolü sağlamak için kullanılmaktadırlar. Rizosfer, bitki kökleri ile toprağın değinim halinde olduğu birkaç milimetrelilik bölgesi ve toprak arasında karşılıklı etkilerin (interaksiyon) yoğun olduğu kök yoresidir. Bilindiği gibi bitki kökleri, mineral bitki besin maddelerini topraktan almaktadırlar. Ayrıca kendilerini çevreleyen toprağa çok çeşitli organik bileşikler salma özellikleri de mevcuttur. Dolayısı ile “rizosfer” dediğimiz ve bitki kökü ile yakın temasta olan toprak kısmında mikrobiyal aktivite de oldukça yoğundur. Bu nedenle bitki köklerinin yüzeyinde ve rizosfer bölgesinde çok sayıda mikroorganizma bulunmasına karşılık bitki kökleri olmayan bir toprakta bu sayı oldukça azalmaktadır. Rizosfer, içerisinde yaşayan mikroorganizmalar ile bitkilerin gelişme koşullarında etkili olan çok sayıda interaksiyonların gerçekleştiği önemli bir toprak parçasıdır.

Sürdürülebilir tarım için mikrobiyal aşılarda: Günümüzün modern tarım uygulamaları olarak yoğun mineral gübre ve kimyasal pestisit kullanımı sonucunda ortaya olumsuzluklar çıkmıştır. Bunlardan özellikle azotlu gübrelerin fazla kullanımı ile toprak profilinden yıkanan nitratın yeraltı sularını kirlettiği, belli toprak koşulları altında uygulanan azotlu gübrelerin denitrifikasyonu sonucunda azotlu gazların topraktan atmosfere geçtiği ve bu gazlardan bazılarının ,örneğin nitroz oksit (NO₂) gibi,sera etkisi yarattığı ve ozon tabakasını bozduğu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde kimyasal pestisitlerin besin zincirinde ve çevrede muhtemelen varlığının bulunduğu görüşü değer kazanmaya başlamıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda mikrobiyal aşılarda gözde olmaya başlamışlardır.

Havanın serbest azotunun biyolojik yolla tespiti (Fiksasyon): Havanın hacim esasına göre % 79,08’ini azot oluşturur. Bir dekar arazi üzerindeki havada yaklaşık olarak 9 bin ton azot gazı bulunur. Bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmaların büyük bir kısmı element halindeki bu azottan yararlanamazlar. Bunlardan yararlanabilmek için gaz halindeki azotun diğer elementlerle bileşikler haline dönüşmesi gerekmektedir. Bu da az miktarda elektriksel olaylarla ve çok daha fazla miktarda ise bazı toprak mikroorganizmaları vasıtası ile azotun biyolojik yolla tespiti yoluyla sağlanmaktadır. Biyolojik azot fiksasyonu , iki grup mikroorganizma tarafından gerçekleştirilmektedir. Birinci gruba girenler, toprakta serbest yaşayarak havanın azotunu tespit ederler. İkinci grupta yer alanlar ise, bir bitki ile ortak yaşayarak azot tespit ederler. Bunlardan Rhizobium bakterileri baklagil bitkilerin köklerinde simbiyotik yaşayarak azot tespit ederler. Aktinomisetler ise orman ağaçlarından kızılâğaç, ılgın, yabani ığde gibi ağaç ve çalıların köklerinde nodozite meydana getirerek azot tespitini gerçekleştirirler.

Simbiyotik olmayan azot tespiti: Bu yolla azot tespit eden mikroorganizmalar, diğer bir canlı organizmanın yardımına gereksinim duymadan toprakta çoğalırlar. Kendileri için gerekli enerjiyi, karbonu ve diğer elementleri topraktan alırlar. Toprakta kendisi için uygun olan azot bileşiklerini bulamadığı takdirde havanın

azotunu kullanırlar. Simbiyotik olmadan azot tespit eden mikroorganizmalar aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır :Bakteriler: Aerobik olanlar:Azotobacter Anaerobik olanlar:Fotosentetik Olmayanlar:Clostridium , Desulfovibrio Fotosentetik Olanlar:Rhodospirillum ,Chromatium Algler :Nostoc, Calothrix (mavi-yeşil alg)

Bu organizmaların genel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir: Azotobacter: Aerobik bakterilerdir. Bazen çubuk bazen de yuvarlak şekilde görülürler. Ekseriya hareketlidirler. Endospor ihtiva etmezler. Fakat bazı türler, kalın duvarlı mikrosist oluştururlar. Hücreler genellikle gram negatiftir. Uygun karbonhidrat veya diğer enerji kaynakları bulunduğu takdirde aerobik şartlarda atmosferik azotu tespit etme gücüne sahiptirler. Bir gram şekerin parçalanmasına karşılık 10-20 mg azot tespit ederler. Ilıman iklim kuşağında 1 gram topraktaki Azotobacter sayısı 200 civarındadır. Optimum sıcaklık isteği 30-35°C; pH isteği 7-8 arasındadır. Bu bakterilerden A.chroococcum en önemlisidir. Yıllık azot tespit düzeyleri 2-3 kg N da-1'dır.

Clostridium: Anaerobik bakterilerdir. Spor meydana getiren, gram pozitif, çubuk şeklinde bakterilerdir. Havanın molekül halindeki azotunu tespit edebilmek için humus maddeleri, pektin bileşikleri ve selüloz gibi maddeleri karbon kaynağı olarak kullanırlar. Azot tespiti için optimum sıcaklık isteği 25°C 'dir. C.butyricum, 1 gram karbonhidratın parçalanmasına karşılık 27 mg azot tespit etmektedir. Yıllık azot tespit düzeyleri 0,5-3 kg N da-1'dır.

Diğer Bakteriler: Fotosentetik bakteriler, azot tespit etmek, topraktaki bazı toksik maddeleri absorbe ederek bitki için zararsız hale getirmek, bitkide ürün artışı sağlayan bir takım maddeler oluşturmak sureti ile toprak verimliliğini arttırmada önemli derecede etkili olmaktadır. Aerob olarak azot bağlama yeteneğinde olan diğer heterotrof bakteri grupları Pseudomonas, Bacillus, Klebsiella, Mycobacterium ve Spirillum' dur. Azot bağlama yeteneğinde olan bazı fakültatif anaerob bakteriler de vardır. Bacillus, Klebsiella, Pseudomonas ve Arthrobacter bunlara örneklerdir. Bunların azot bağlama güçleri yani tespitleri fazla değildir.

Mavi-Yeşil Algler: Azot tespit eden mavi-yeşil algler, ışık enerjisini kullanarak fotosentetik mekanizma ile enerji sağlayan ve bunun bir kısmını azot tespitinde kullanan organizmalardır. Bu organizmalar, toprak ekosistemindeki yüksek bitkilere benzer fotosentez yolu ile oksijen üreten ve karbondioksit fiksasyonu yapan ve azot fikse eden tek organizmadır. Alglerin azot bağladığı ilk kez Frank (1889) tarafından ileri sürülmüş ve 1928'de Drewes saf kültürde mavi-yeşil alglerden Nostoc ve Anabaena türlerinin azot bağladığını göstermiştir. Mavi-yeşil alglerin özellikle çeltik tarlalarında önemli rolleri vardır. Yağmurlu dönemlerde nemli pirinç tarlalarında azot miktarının 15-50 kg N ha-1 seviyeleri arasında değiştiği belirtilmektedir. Ayrıca arid bölgelerde ve çöl alanlarında gelişen alg türlerinin yılda bağladıkları atmosfer azotu 3 kg N ha-1 seviyesindedir. Mavi-yeşil algler, fotosentetik olmaları nedeni ile fotosentez koşullarına bağımlı olmaktadır. Kış koşullarında sıcaklık ve fotosentez koşulları yeterli olmadığından azot fiksasyonu çok önemsiz düzeyde gerçekleşmektedir. Bahar aylarında fiksasyonun ayda 8 kg N ha-1 seviyesine ulaştığı belirlenmiştir.

Simbiyotik Azot Tespiti: Simbiyotik yol ile azot fikse eden organizmaları iki büyük grupta toplayabiliriz. Bunlardan birincisini baklagil bitkileri ile simbiyoz oluşturan Rhizobium bakterileri, ikinci grubunu ise baklagil dışındaki ağaç türünden yüksek bitkiler ile simbiyoz oluşturan aktinomisetler oluşturmaktadır.

Rhizobium-Baklagil Simbiyozu: Baklagil (Leguminosae) familyasının türleri çok yaygın olup, kültüre alınmış 200 civarında türü bulunmaktadır. Yalnızca insan besini olarak değil, hayvan yemi, kereste, dokuma ve diğer çeşitli ürünleri veren bitkileri içerirler. Bu familyadaki bitki türleri, köklerini enfekte ederek yerleşen ve oluşturduğu kök yumruları (nodül) içinde azot fiksasyonu yapan Rhizobium bakterileri ile simbiyoz oluş-

tururlar. Bir baklagil bitkisi bu yolla bir hektar toprağa bir yılda 200-300 kg bitkiye yararışlı azot sağlar. Bazen bu miktar çok daha fazla olabilir. Ancak bu işlev, toprak azotça doğal olarak fakir ve simbiyozu oluşturacak üyeler ortamda birlikte bulunabiliyorlarsa gerçekleşir. Gerçekte baklagiller, azot gereksinimlerini iki yolla sağlamaktadır:

Toprak azotunun özümlemesi: Nitratların absorpsiyonu kökler yolu ile olur.

Atmosfer azotunun fiksasyonu: Atmosfer azotu toprak havasından nodüllere geçer ve burada nitrojenaz enzimi tarafından indirgenerek amonyağa çevrilir. Bu amonyak daha sonra amino asit ve proteinleri oluşturmak üzere bitki içindeki madde dönüşümlerine katılır. Şayet bitkiler nitrat ve moleküler azot (N₂) kaynaklarına aynı zamanda sahipseler, öncelikle nitrat kullanıldığından azot fiksasyon oranı düşer. Rhizobium bakterisi, spor oluşturmeyen bir türdür. Kültür topraklarında genellikle bulunmakla beraber topraktaki yaşam gücü pek bilinmez. Baklagil-nodül bakterisi işbirliğinin uygun ve sağlıklı gerçekleşmesi simbiyotik azot fiksasyonu çalışmalarının en önemli konusudur. Bu sistemde bakteri havadan bağlamış olduğu azotu bitki kullanımına verirken, kendisi de bitkiden karbonhidrat ve diğer bazı gelişim faktörlerini sağlamaktadır. Simbiyotik sistem yolu ile dünya azot kazanımının 80 milyon ton olduğu, bunun 35 milyon tonunun yemeklik baklagiller ve 45 milyon tonunun çayır, mera ve orman sistemindeki baklagiller ile sağlandığı hesaplanmaktadır. Buna rağmen simbiyotik sistemin her zaman sağlıklı işlediği ve gerekli azot kazancını sağladığı söylenemez. Bunun başlıca iki nedeninin olduğu söylenebilir: 1. Topraklarda yaygınlık gösteren ve azot fikse etme güçleri iyi olan bakterilerin sayısal dağılımı yeterli olmayabilir, ya da başka bir deyimle yaygın poulasyonların büyük kısmı azot fikse etme bakımından etkisiz olabilir. 2. Genellikle yeni kültüre alınan bir alanda veya ilk kez yeni bir baklagil çeşidi ekilen alanlarda bitki türünü enfekte etme veya simbiyotik azot fiksasyonunu gerçekleştirecek uyumlu bakteri türü bulunmayabilir. Her iki durumda da baklagil bitkilerinin atmosfer azotundan yeterince yararlanabilmeleri mümkün olmayacaktır. Baklagil bitkilerinde-tarım alanlarında- gelişmenin ve biyolojik azot fiksasyonunun garanti altına alınabilmesi için, doğal ortamlardan izole edilmiş bakteri soylarının mikrobiyal aşı olarak üretilmesi ve tohum aşılması yolu ile toprağa verilmesi gerekmektedir. Simbiyotik sistem yolu ile fikse edilen azot miktarı, baklagil türü ile ilgilidir. İnsan beslenmesinde kullanılan daneli baklagiller daha az azot bağladıkları gibi azotun büyük bir kısmı ürünle birlikte kaldırılır. Buna karşılık çayır baklagilleri hem kök salgıları, hem de organik kalıntıları ile ortama daha fazla azot bırakırken fiksasyon güçlerinin de daha fazla olduğu dikkat çekicidir.

Çizelge 1. Baklagil bitkilerinin azot fikse kapasiteleri , kg/ ha/1 yıl.

Baklagil Bitkileri	Azot fikse miktarı, kg/ ha/1 yıl.
Bezelye	52-57
Fasulye	97
Soya	64-121
Fiğ	100-170
Yonca	150-400

Nodül oluşum mekanizması: Baklagil bitkilerinde nodül oluşumu, bitki ile Rhizobium bakterileri arasında karşılıklı etkileşimler sonucu gerçekleşir. Rhizobium bakterileri, bitki kök sistemindeki nodülleri üç kademede oluştururlar:

1. Enfeksiyon öncesi dönem: Bu dönemde bitki ile bakteri arasında bazı interaksiyonlar gerçekleşir. Önce bitki kökünden triptofan maddesi salgılanır. Bu madde rizosferde bakteri çoğalmasını uyarırken bakteriler de indol asetik asit (IAA) üretirler. Bu bir kök gelişim hormonu olup bitki kökünün hızlı gelişmesine ve aynı zamanda kılcal köklerin özel bir şekil almasına neden olur. Daha sonra bakteri tarafından kök hücrelerini esnek duruma getiren poligalakturonaz (PG) enzimi salgılanır. Her iki metabolit kök hücrelerini bakterinin girebileceği esnek bir yapıya çevirir.

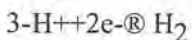
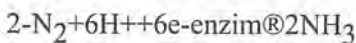
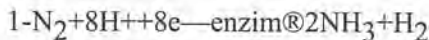
2. Enfeksiyon şeridinin oluşması: Bakterinin kök hücrelerine girmesi ile birlikte kılcal köklerde korteks hücrelerine ulaşan bir borucuk oluşur. Buna enfeksiyon şeridi veya iplikçığı adı verilmektedir. Bu oluşumun görevi kök meristem hücrelerindeki bakterileri korteks hücrelere taşımaktır. Bu sırada bakteriler hızla çoğalır ve aynı zamanda konukçu bitki hücreleri de çoğalmaya devam ederek nodül oluşumunu başlatırlar.

3. Nodül oluşumu: Enfeksiyon şeridi, korteks bölgesinde tetraploid yani genel kromozom sayısının iki kat fazla olduğu hücre hücreye ulaşır. Bu hücre ve etrafındaki komşu hücreler hızlı bir bölünme ile çoğalır ve kök yapısı şekil değiştirir. Enfeksiyon şeridinin yarılması ile bakteriler hücre sitoplazması içinde dağılırlar. Çoğalma olayından sonra bakteriler karakteristik çubuk veya kısa çubuk şekillerini kaybederek iri yapılı X, Y veya düzensiz pleoformik nitelik kazanırlar. Rhizobium bakterilerinin bu formuna bakteroid adı verilir. Bakteroidler nodül içinde bölünmeye uğramazlar. Yapay besin ortamlarında geliştirilememişlerdir. Azot fiksasyonu yalnızca bakteroid formlarda gerçekleşir. Baklagil bitkisinin kökleri üzerindeki büyük ve ana kök kısmına yakın oluşan nodüller çoğunlukla azot fiksasyonu bakımından etkin bir bakteri soyunun varlığını gösterir. Aksine olarak küçük, beyaz renkli nodül oluşumu fiksasyon yeteneği zayıf veya etkisiz bakterilerin nodül oluşturduğunu tanımlar.

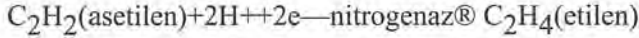
Çizelge 2. Nodul Oluşumu ile Azot Fiksasyonu Arasındaki ilişkiler.

Nodül Özellikleri	Etkili Nodüller	Etkisiz Nodüller
Büyüklik	Büyük	Küçük
Renk	Pembe	Renksiz
Sayı	Az	Çok
N-Fiksasyonu	Etkili	Etkisiz
Bakteroid	Var	Yok

Azot fiksasyonu yapabilen etkili nodüllerin rengi baklagillere has olan ve demir içeren bir hemoglobinin maddesinden kaynaklanmaktadır. Buna leghemoglobin adı verilmektedir. Nodüllerin sayısı ve büyüklüğü, etkili olma ve aktif olarak azot fiksasyonu yapabilme bakımından önemlidir. Oluşan nodüller içindeki bakteroidler, azot fiksasyonunda çalışan nitrogenaz enzimini üretirler. Bu enzim atmosfer azotunun biyolojik indirgenmesini kataliz eder:



Optimum koşullar altında indirgenen her bir molekül azot için bir molekül hidrojen sebest bırakılır. Nitrogenaz enzimi, azot ve hidrojen dışındaki bazı diğer substratları da etkileme gücündedir. Örneğin asetilen'in etilen gazına indirgenmesi yine nitrogenaz aktivitesi ile gerçekleşir. Bu nedenle belirli bir süre içinde indirgenen asetilen miktarı, nitrogenaz aktivitesinin veya diğer bir deyimle azot fiksasyon yeteneğinin ölçüsü olarak kullanılabilir. Bu yöntem ARA (asetilen redüksiyon aktivitesi) olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu ölçüt nitrogenaz yolu ile azotun redüksiyon aktivitesinin çok kesin bir ölçütü değildir.



Mikrobyyal Gübreleri Uygulama Yöntemleri:

Tarım Toprağına Uygulama :

Toprağa Aşılama:

Söz konusu mikrobiyal gübreyi temsil eden mikroorganizmaların saf kültürü toprak ile veya kil ile belirli oranda karıştırılarak toprağa ilave edilir.

Tohuma Aşılama:

Biyolojik gübre olarak hazırlanan bakteri veya mantar çözeltisine belirli oranda steril su ve sakkaroz çözeltisi ile karıştırılır ve çözelti haline getirilir. Burada sakkaroz çözeltisinin görevi bakteri veya mantar hücrelerinin tohum yüzeyine rahat yapışmasını sağlamak içindir. Bu şekilde işleme tabi tutulan tohumlar havada kurutulur ve daha sonra mibzer veya aletle tarlaya ekilir.

Köke Aşılama:

Bu uygulama özellikle saksı veya sera üreticiliğinde kullanılır. Şöyle ki daha önce saf olarak üretilmiş ve steril su ile karıştırılarak saf kültür bakteri veya mantar çözeltisi haline getirilmiş çözelti bir plastik leğene konur. Sonra fide halinde üretilmiş olan domates, patates vb. sebze fideleri yastıklardan alınarak kökleri bu biyolojik gübre çözeltisine iyice daldırılır ve sonra ekilir.

Yukarıda çeşitli amaçlar için verilen ve biyolojik gübrede kullanılan mikro/makro organizmalar arasındaki uyuma göre söz konusu mikro veya makro organizmalar mikrobiyal gübre içerisinde tek tek uygulanabilir. Azotu sağlayan *Rhizobium meliloti* + fosfor sağlayan *Glomus mosseae* + Silikal bakterileri bir arada verilerek NPK complex örnekte verildiği gibi yukarıdaki mikro/makro değişik kombinasyonları amaca uygun olarak hazırlanarak mikrobiyal gübre uygulaması yapılabilir.

Yine 5.000 m²'lik alan için 1 kg.mikrobiyal gübre yüzde elli oranında 0,5 kg. nişasta ile karıştırılarak hazır hale getirilir. Hazırlanan karışım bir bidon su içerisine konularak tamamen eriyinceye kadar çalkalanır ve varsa sulama deposunun içerisine karıştırılır. Sulama deposu yok ise bahçe musluğundan hortumla sulanıyorsa ilaçlama makinesi ile çok rahat uygulanabilir. Hazırlanan karışımı 20 lt.lik bir suyun içerisine karıştırarak mikrobiyal gübre kullanılabilir. 20 lt'lik deposu olan bir ilaçlama makinesi ile 100-120 m²'lik bir alanı eşit miktarda dağılım yapacak şekilde uygulanabilir. Önemli olan mikrobiyal gübrenin kaç litre su ile karıştırıldığı değil, uygulama yapılacak alanın metrekaresine göre doğru gramajı kullanmak ve hazırlanan karışımın bu metrekareye eşit olarak dağılımıdır.

SONUÇ:

Ülkemizde çevre kirliliğine neden olan konvansiyonel tarımın zararlarını azaltacak, organik tarımın bir parçası olan mikrobiyal gübreleri tarım alanlarımızda yeterince kullanmamız gerekmektedir. Ancak bu gübreleri topraktan uygulamamız gerekir.

Yapraktan uygulamak mikrobiyal gübrelerin hedeflerine ve amacına uygun olmayacaktır.

Çünkü topraktan uygulandıklarında atmosfer azotunu fikse etmek, organik atıklar ve kalıntıları parçalamak, toprak kökenli patojenleri baskılamak, Bitki besin maddelerinin yarayışlılığını arttırmak ve dönüşümlerini sağlamak, pestisitler de dahil olmak üzere toksik etki yapan bileşiklerin bozunumunu sağlamak, antibiyotik ve diğer biyoaktif maddeleri üretmek, bitkilerin alabileceği basit organik molekülleri üretmek, ağır metal iyonlarını bağlayarak bitkilerce daha az alımını sağlamak, çözünemeyen besin kaynaklarını çözünür hale getirmek, polisakkarit üreterek toprak agregasyonunu artırmak gibi önemli yararları olan mikroorganizmaların yapraktan uygulandıklarında bu işlevlerini yapması mümkün olmayacaktır. Yapraktan uygulamalarında mikrobiyal gübrelerin tek bir işlevleri söz konusudur. Hastalık etmenlerini baskılayarak ürünün miktar ve kalitesine olumlu etki yapacaktır. Başka bir deyişle mikrobiyal gübrelerin yapraktan uygulanmasının tek bir amacı olabilir. Pestisit olarak etkinliği söz konusu olacaktır. Bu ise mikrobiyal gübrelerin kullanım hedef ve amacına kesinlikle uygun olmayacaktır. Bu nedenle mikrobiyal gübrelerin yapraktan uygulanması 'Organik Gübre Yönetmeliği'nde serbest bırakılmıştır. Organik Gübre Yönetmeliğine 'mikrobiyal gübreler yalnız topraktan uygulanır' ifadesinin kesinlikle konulması gerekir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, U. 1999. Ekolojik Tarımdaki Gelişmeler. Ekolojik Tarım, Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği, Emre Basımevi, 30-35s. İzmir.
- Aksoy, U. 1999. Ekolojik Tarımdaki Gelişmeler. Ekolojik Tarım, Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği, Emre Basımevi, 30-35s. İzmir.
- Aksoy, U., Altındışli, A. 1998. Ekolojik (Organik, Biyolojik) Tarım. ETOD, 125s, İzmir.
- Altıntaş, S. And Bal, U., 2005. Trichoderma harzianum Application Increases Cucumber (Cucumis Sativus) Yield in Unheated Greenhouse. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 25-28.
- Anonim, 2004. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı Ve Denetimine Dair Yönetmelik. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Resmi Gazete No: 25452.
- Bal, U., Altıntaş, S. 2006. Effects Of Trichoderma harzianum On The Yield and Fruit Quality Of Tomato Plants (Lycopersicon esculentum Mill.) Grown In an Unheated Greenhouse. Australian Journal Of Experimental Agriculture, 46(1): 131-136.
- Bal, U., Altıntaş, S. 2008. Effects Of Trichoderma harzianum On Lettuce In Protected Cultivation. J. Cent. Eur. Agric., 9(1): 63-70.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron. J., 43, p 434-438.
- Buyer, J.S., Roberts, D.P., Russek-Cohen, E. 2002. Soil and Plant Effects on Microbial Community Structure, Can. J. Microbiol., 48:955-964.
- Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları:10, s 230.

- Datnoff, L.E., Pernezny, K.L. 2001. *Paenibacillus macerans* and *Trichoderma harzianum* Enhance Transplant Growth and Suppress Fusarium Crown and Root Rot On Florida Tomato Production. 2001 Caribbean Division Meeting Abstracts, June 11–15, 2001 – La Habana, Cuba. Publication No. P-2002-0025-Cra.
- Doğan K., M. Gök ve A. Coşkun. 2010. Bakteriyel Aşılama ve Demir Uygulamalarının 1. Ürün Yerfistğinde Biyomas, Tane Verimi ve Azot İçeriklerine Etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı. 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri. ISSN 1018-8851. Bornova-İzmir.
- Durrant, M.C., 2001. Controlled Protonation of Iron-Molybdenum Cofactor by Nitrogenase: A structural and theoretical Analysis. Department of Biological Chemistry, John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U.K.
- Fritsche, W., 1990. Mikrobiologie. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Eroğlu, E.B., Yun-Jeong Lee ve V. Römheld. 2010. Mikorozanın Çinko Yararlılığı Düşük Kireçli Topraklarda Buğdayların Çinko Alımı ve Çinko Etkinliği Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı. 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri. ISSN 1018-8851. Bornova-İzmir.
- Gök, M., Martin, P., 1993. Farklı *Rhizobium* Bakterileri ile Aşılamanın Soya, Üçgül ve Fıgde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etkisi. Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry 17, 753-761.
- Gök, M., K. Doğan, A. Coşkun, H. Pamiralan ve E. Güvercin. 2010. Bakteri Aşılama ve Demir Uygulamasının Yerfistği Bitkisinde Farklı Topraklarda Nodülasyon, Biyomas Verimi ve Bitkide Azot Konsantrasyonuna Etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı. 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri. ISSN 1018-8851. Bornova-İzmir.
- Hanson, L.E., 2000. Reduction of Verticillium Wilt Symptoms in Cotton Following Seed Treatment With *Trichoderma virens*. The Journal Of Cotton Science 4:224–231.
- Harman, G.E. 2006. Overview Of Mechanisms and Uses Of *Trichoderma* Spp. Phytopathology 96: 190–194. 274
- Kucharski, J., Ciecko, Z., Niewolak, T., Niklewska-Larska, T. 1996. Activity of Microorganisms in Soil Of Different Agricultural Usefulness Complexes Fertilized With Mineral Nitrogen. Acta Acad. Agric. Tech. 62, 25-35.
- Kahnt, G., 1985. Welchen Vorfruchtwert haben Körnerleguminosen. DLG Mitteilungen, Nr. 3, 138-140.
- Inbar, J., Abramsky, M., Cohen, D., Chet, I. 1994. Plant Growth Enhancement and Disease Control By *Trichoderma harzianum* In Vegetable Seedlings Grown under Commercial Conditions. European J. Pl. Pathol., 100: 337–346.
- Lo, C.T., Lin, C.Y. 2002. Screening Strains of *Trichoderma* spp. For Plant Growth Enhancement in Taiwan. Plant Pathology Bulletin, 11:215-220.
- Lynch, K.L., Wilson, M.A., Ousley And J.M. Whipps, J.M. 1991. Response of Lettuce to *Trichoderma* Treatment, Lett. Appl. Microbiol., 12: 59–61.
- Midmore, D.J. 1993. Agronomic Modification of Resource Use and Intercrop Productivity. Field Crops Research, 34: 357-380.
- Nishio, M. 1996. Microbial Fertilizers in Japan. <http://www.agnet.org/library/eb/430/>.
- Ousley, M.A., Lynch, J.M., Whipps, J.M. 2004. Potential of *Trichoderma* Spp. As Consistent Plant Growth. Biology and Fertility of Soils, 17(2): 85–90.
- Olsen, S.R., V. Cole, F.S. Watanabe And L.A. Dean, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Dept. of Agric. Circ. 939. Schlichting, E., Blume, E., 1966. Bodenkundliches Prakticum. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- Özbay, N., N. Emrebaş ve S. Akıncı. 2010. Topraksız Ortamda Roka ve Tere yetiştiriciliğinde Mikrobiyal Gübre (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Bitki Gelişimi verimi üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı. 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri. ISSN 1018-8851. Bornova-İzmir.
- Parr, J.F., Hornick, S.B. And Kaufman, D.D. 1994. Use of Microbial Inoculants And Organic Fertilizers In Agricultural Production. <http://www.agnet.org/Library/eb/394/eb394.pdf>.

- Poldma, P., Albrecht, A., Merivee, A. 2002. Influence Of Fungus *Trichoderma viride* On The Yield of Cucumber In Greenhouse Conditions, Proceedings Of The Conference On Scientific Aspects of Organic Farming Jelgava, Latvia 21–22 March 2002, Pp. 176–180.
- Poldma, P., Vabrit, S., Merivee, A. And Suigusaar, K. 2008. Influence Of *Trichoderma viride*-Inoculated Growing Substrate On The Growth And Yield Of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Acta Hort.*, 779: 85–90.
- Raviv, M., Zaidman, B.Z., Kapulnik, Y. 1998. The Use of Compost as a Peat Substitute for Organic Vegetable Transplants Production. *Compost Science & Utilization*, 6: 46–52.
- Shibata, R. and Yano, K., 2003. Phosphorus acquisition from non-labile Source in peanut pigeonpea with mycorrhizal interaction. *Science Direct. Applied Soil Ecology* 24 (2003) 113–141. U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USDA No: 6.
- Uyanöz, R., E. Karaaslan., Ü. Karaca (Çetin) ve Ö. Çelik. 2010. Tuzlu Alanlardan İzole Edilen Kikoriza Sporuyla Aşılanmış Buğday Bitkisinde Beslenme ve Gelişim Durumu. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı. 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri*. ISSN 1018-8851. Bornova-İzmir.
- Uyanöz, R., Ü. Karaca ve E. Karaaslan. 2010. Konya Yöresinden İzole Edilen Doğal *Rhizobium* Bakterilerinin Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayı. 5. Bitki Besleme ve Gübre Kongresi Bildirileri*. ISSN 1018-8851. Bornova-İzmir.
- Vessey, J. K. 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Bio Fertilizers. *Plant and Soil*. 255, 571–586.
- Woo, S.L., Scala, F., Ruocco, M., Lorito, M., 2006. The Molecular Biology Of The Interactions Between *Trichoderma* Spp., Phytopathogenic Fungi, and Plants. *Phytopathology*, 96:181–185.
- Yönsel, Ş., Batum, M.Ş. 2007. Mikrobiyal Gübreler. [Http://www.simbiyotek.com/mikrobiyal_gubreler_yonsel.pdf](http://www.simbiyotek.com/mikrobiyal_gubreler_yonsel.pdf).
- Zengin, M. 2007. Organik Tarım. Hasad Yayıncılık.

Toprak ve Gübre Mikrobiyolojisi ve Laboratuvar Yaklaşımı

Leyla TARHAN, Metin TURAN, Fikrettin ŞAHİN

Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biomühendislik Bölümü, Ataşehir/İstanbul

ÖZET

Toprağın yapısında, sadece kum, silikat, kil gibi mineral parçacıklarından ve çeşitli ayrılma fazındaki organik maddeler değil, hem mikroskobik hem de hayvan ve bitki türlerinden oluşan canlı organizmalar da bulunmaktadır. Bu kompleks yapı, içinde ortak yaşam ve karşılıklı yararlanım veya parazitik yaşamı barındırır. Tüm bunlar, toprağın oluşum ve verimliliği açısından önemli birliktelikler oluşturur. Örneğin saprofitler, topraktaki ölü bitki veya hayvan türlerini parçalayarak, çeşitli mineral, enzim veya elementlerin açığa çıkmasını sağlar. Bu metabolitlerin bir kısmı bitkiler tarafından direkt kullanılırken, bir kısmı ise diğer mikroorganizmalar tarafından kullanılır ve bu mikroorganizmaların metabolitleri de yine toprağın yapısını zenginleştirir. Biyokimyasal, mikrobiyolojik ve elementel yönden zengin toprakta, daha yüksek verimlilikte bitkiler yetişir.

Anahtar Kelimeleri;Gübre,mikrobiyoloji,donanım,altyapı

Giriş

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu C, N, P, S, Fe, Mg ve benzeri gibi elementler, mikroorganizmalar tarafından yararlı hale getirilir. Mikroorganizmalar bu tür işlemleri kendi besin ve enerji gereksinimlerini sağlarken oluştururlar. Örneğin azot tutan mikroorganizmalar, havanın serbest azotunu tutarak, bitkilerin kullanabileceği şekle çevirirler (Gök,M, P.Martin, 1993). Ya da saprofitler veya simbiyotikler (Elkoca, E., Kantar, F., 2001), kendi beslenmeleri için, bitki ve hayvan doku kalıntılarını ayrıştırarak bünyelerinde tutulan karbonu gaz halde açığa çıkarırken, diğer pekçok besin elementi de bu süreç sonunda serbest hale gelir. Yine bazı mikroorganizmalar, salgıları ile toprak taneciklerinin daha iri partiküller halinde bağlanmasına (agregat oluşması) neden olurlar (2005, 18(1), Yılmaz E., Alagöz Z.) . Toprak mikroorganizmaları içinde, canlılar için patojenite oluşturabilecek türler de bulunmaktadır. Bu türler içinde çeşitli küf, bakteri veya viruslar yer alır. Bunlar, uygun koşullarda gelişerek, bitki, insan, hayvan veya yararlı mikroorganizmaların zarar görmesine neden olur. Toprakta bulunan bazı mikroorganizmalar ise, patojen türlerin gelişimini engelleyen, çeşitli organik ve biyosidal metabolitler sağlayarak, toprağın yararlı mikroflorasını korur.

Toprak mikroorganizmalarının sayısı ve çeşitliliği, uygulanan ilaçlar, diğer çevresel etkenlerden kaynaklanan travmalar sonucunda azalır. Bu durumda verimlilik kaybı görülür. Son yıllarda giderek artan şekilde olmak üzere, kimyasal veya organomineral gübrelerin yanında, mikroorganizma içeren gübreler de kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede toprak zenginliği artırılarak, biyolojik çeşitlilik korunmakta ve verim kaybı engellenmektedir. Ancak kullanılacak gübrelerin, uygulanacak alana uygunluğu, patojen içerip içermediği, içerdiği mikroorganizmaların aktivitesi ve benzeri işlevler bakımından test edilmelidir. Bu amaçla kullanılan metodlar ve teknik teçhizat çok önemlidir.

Materyal ve Metot

1. Mikrobiyoloji Laboratuvar Altyapımız Ve Donanımımız

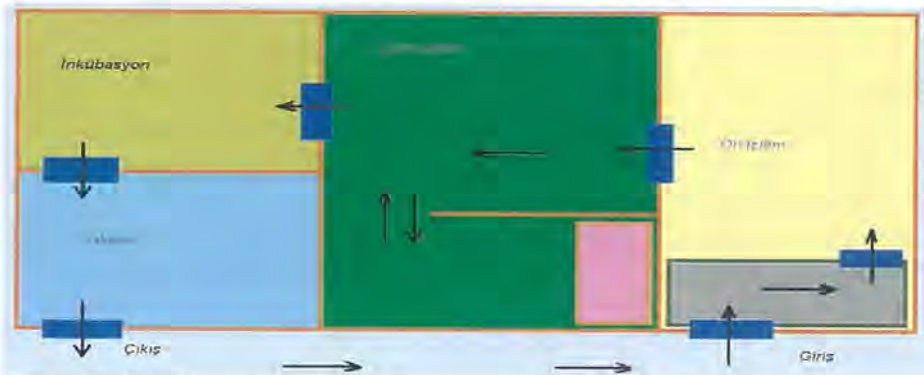
1.1. Laboratuvar Koşullarının Sağlanması

Mikrobiyoloji Laboratuvarımız, analiz kalitesi için dört bölüme ayrılmıştır. Bu plan dahilinde tek yönlü geçiş sistemi uygulanmaktadır (Resim-1). Ön hazırlık bölümünde sterilizasyon amaçlı temiz bir otoklav, yıkama bölümünde dekontaminasyon için kirli ortoklav sistemi mevcuttur ve indikatör mikroorganizmalar kullanılarak otoklav sistemi kontrol edilir ve kayıt altına alınır. (resim2). Laboratuvarımızın bölümlerindeki hava hijyenini kontrol eden ekipman kullanılmakta ve veriler kayıt altına alınmaktadır. Laboratuvarımızda kullanılan su ultra destilasyona tabi tutulur ve dezenfekte edilir. Kalite kontrol amacıyla çıkış suyu, yıllık planda belirtilen sayıda mikrobiyolojik analizden geçirilerek kayıt altına alınır. Aynı zamandakullanılan tüm cihaz sistemlerinde sinyalizasyon ve veri görüntüleme-yedekleme özelliği mevcuttur. Bu sayede, ortam koşulları uygunsuzluğu, cihaz arızaları ve teknik sorunlar hızla çözülür ve kayıt altına alınır (resim 4). L2 ve L3 seviye, güvenlik kabinleri kullanımı tercih edilmiştir (resim5). İnkübatörlerin bulunduğu ve aynı zamanda değerlendirme yapılan inkübasyon (analiz) bölümü olarak da kullanılmaktadır (resim 6). Laboratuvarımızda, işlemi tamamen bitmiş çalışma örnekleri, hijyen ve güvenlik önlemleri kapsamında dezenfeksiyona tabi tutulur ve tıbbi atık kurallarına uygun olarak atılır.

1.2. Tanımlama

Analizlerin yapılmasının yanında, elde edilen sonuçların doğruluğunun ortaya konması gerekir. Toprak veya gübre örneklerinden elde edilen izolatlarda, patojen mikroorganizma tespit edildiğinde, tanımlama basamağına geçilir. Bu basamak da çok önemli bir basamaktır ve teknik teçhizat seçimi burada da önemlidir. Laboratuvarımızda, tanı sistemlerimizi desteklemek amacıyla, yüksek performanslı görüntüleme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemleri desteklemek üzere, Biyokimyasal ve kütle spektrofotometresi kullanılmaktadır (resim 7,8,9).

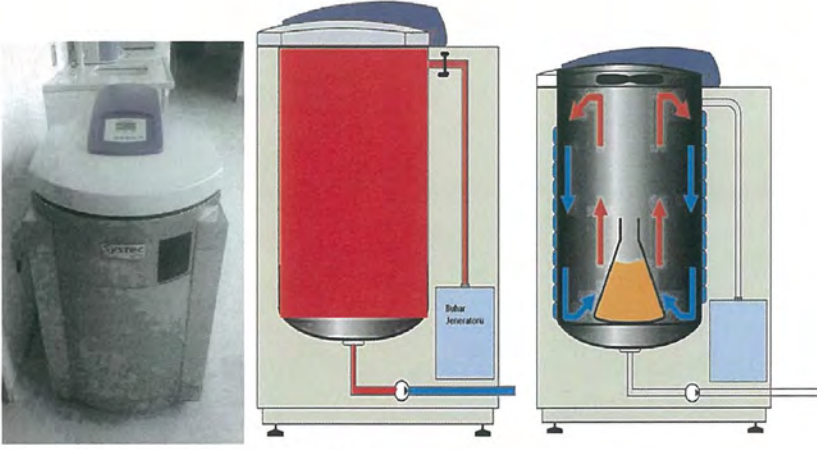
Kütle spektrofotometresi (MS Spektro), tanımlama yolu olarak, mikroorganizmaları iyonlaştırır ve kütle ölçümü gerçekleştirir. Protein, yağ asidi veya genetik materyal, mikroorganizmaya hastır. Ribozomal proteinler yoluyla (2012 Delphine Martinya at all.) yapılan tanımlama da altın standart olan moleküler yöntemlere göre daha kolay uygulanıp çok daha kısa sürede ve kesin sonuçlar elde edilmektedir. Örneğin, bir mikroorganizmanın ekimi, azaltılması, biyokimyasal reaksiyonlar, DNA veya RNA izolasyonu ve moleküler yol ile yapılan tanımlama yaklaşık on gün sürerken, kütle spektrofotometresi ile bu süre bir güne kadar düşmektedir (resim9).



Resim 1. Laboratuvar planı

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALISTAYI



Resim 2. Otoklav sistemi



Resim3. Ön hazırlık Alanı



Resim 4.Data logger

ÇALIŞTAYI

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI



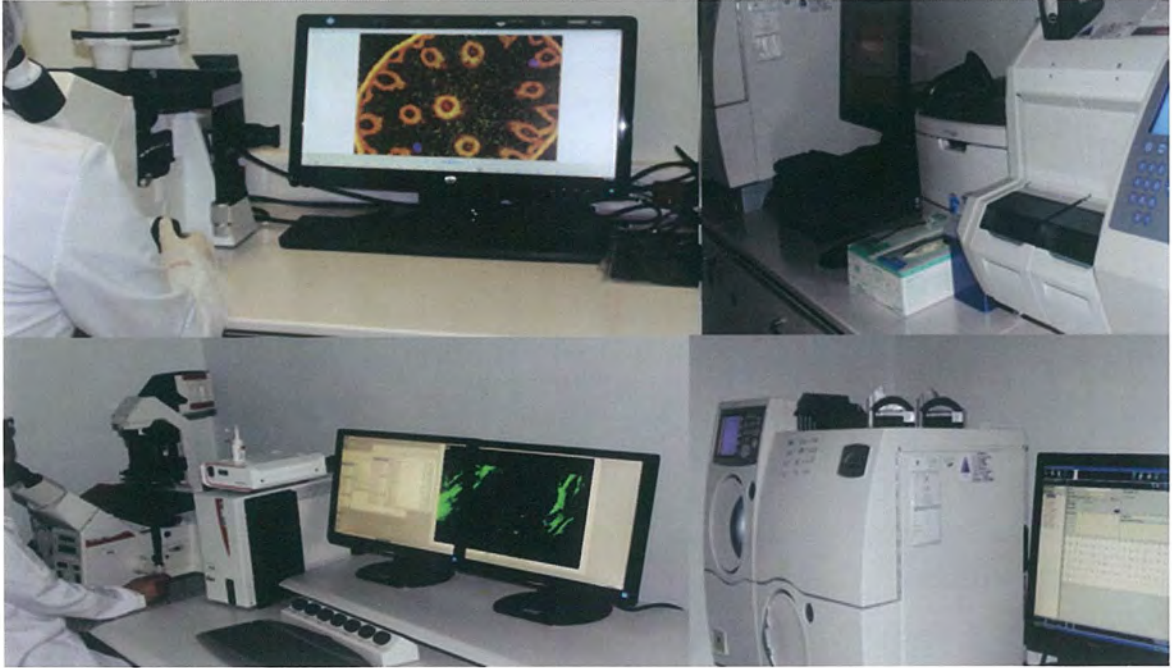
Resim5. Çalışma kabinleri

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALISTAYI



Resim 6. Inkübasyon alanı



Resim 7. Görüntüleme ve biyokimyasal tanımlama sistemi

CALISTAYI

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI



Resim 8. Spektrofotometrik sayım sistemi



Resim 9. Kütle spektrofotometre sistemi.

2. Analiz İş Akışı

Laboratuvarımızda çalışılan analizler için, numuneler, yönetmelikler, hijyen,güvenlik kuralları göz önünde bulundurularak alınmış ve taşınmış olarak kabul edilir. Uygun kriterlerde ve miktarda gelmemiş numunenin çalışması reddedilir. Kimyasal ve biyolojik hammaddeler, ulusal ve uluslararası kalite standartları onayına sahip kontrol edilebilir firmalardan temin dilmektedir. Besiyeri ve çözeltiler, sağlık-hijyen ve güvenlik önlemleri göz önünde bulundurularak hazırlanır ve uygun koşullarda depolanır.

Sonuç

Teknik ve personel deneyimi açısından, sağlıklı altyapıya sahip laboratuvarlara alınan sonuçlara göre, doğru gübre uygulanması, doğru hastalık teşhisi, gerçek eksiklik veya fazlalıkların tespit edilmesini sağlar. Böylece doğru uygulama ile verim kazancı gerçekleşir.

Kaynaklar

- Gök, M.. P. Martin, 1993. Farklı *Rhizobium* bakterileri ile aşılanan soya, üçgül ve fiğde simbiyotik azot fiksasyonuna etkisi. Doğa Tr. J. of Agricultural and Forestry, 17: 755-761.
- Elkoca, E., Kantar, F., 2001. Baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonuna etki eden faktörler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32: 197-205.
- Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005, 18(1), 131-138 Yılmaz E., Alagöz Z.
- Susan Laine, 301-796-5349 2013.
- Published ahead of print 8 February 2012, doi: 10.1128/JCM.05971-11 J. Clin. Microbiol. April 2012 vol. 50 no. 4 1313-1325 Delphine Martiny et al.

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Mikrobiyal Gübrelemede Toprak Özellikleri ve Çevre Şartları

Serdar Bilen

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 25240-Erzurum.

sbilen@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Bitkisel ve hayvansal besinlerin kaynağı topraktır. Toprağın verim gücü ise içindeki besin maddelerinin yeterli miktarda bulunmasına bağlıdır (Anon., 2014a). Tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktör düşük toprak verimliliğidir. Toprak verimliliğinin uygun seviyeye getirilmesi için bitki gelişimi için ihtiyaç duyulan besin elementlerinin gübreleme ile toprağa ilave edilmesi gerekmektedir (El Sheik *et al.*, 2005).

Toprakların besin elementi eksikliklerini gidermek ve artan nüfusu beslemek için, verim artışı sağlayan üstün nitelikli ve yüksek verim kabiliyetine sahip çeşitlerin kullanılması, sentetik kimyasal tarım ilaçları ve mineral gübrelerin kullanımı son yıllarda artmıştır. Bu girdilerin yarattığı olumsuz etkiler yoğun girdilerin kullanıldığı gelişmiş ülkelerde görülmüş, yirminci yüzyılın başlarında bu olumsuz etkiler irdelenmeye başlanmış ve alternatif tarım ve gübreleme teknikleri arayışları gündeme gelmiştir. Bu vesile ile çevre ile uyumlu tarım tekniklerini içeren Almanca ve Kuzey Avrupa dillerinde “**Ekolojik Tarım**” Fransızca, İtalyanca ve İspanyolca’da “**Biyolojik Tarım**”, İngilizce’de “**Organik Tarım**” olarak adlandırılan tarım sistemi benimsenmiştir (Kasap, 2011).

Biyolojik tarımdaki gelişmelerden sonra sürdürülebilir tarım sisteminde ürün verimini ve toprak verimliliğini artırdıkları çeşitli araştırmalarla belirlenmiş olan ve kimyasal gübrelere alternatif olarak geliştirilen **Bi-yogübreler** üretilmeye başlanmıştır. Biogübreler, özellikle kimyasal gübrelerin kullanımının az veya hiç kullanılmadığı tarım topraklarında uygulanmaya başlanmış ve bu özellikte topraklara sahip Sudan gibi bazı Afrika ülkelerinde yaygınlaşmıştır (Mahdi, 1993).

29 Mart 2014 tarih ve 28956 sayılı “*Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı ve Denetimi*”ne dair yönetmeliğine göre **Mikrobiyal Gübre**;

“**Bitki için gerekli olan bitki besin maddelerinin sağlanmasında rol oynayan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonlarını içeren simbiyotik (*Rizobium* spp.) ve zararlı olmayan asimbiyotik (serbest yaşayan bakteriler, mavi yeşil algler, mikoriza mantarları vb.) mikroorganizmaların üretimini ve kullanımını**” ifade etmektedir (Anon., 2014b).

Bugün gübre ve aşılama materyali olarak faydalı mikroorganizmaların kullanımı dünya genelinde fazlası ile ilgi görmekte ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu vesile ile birçok çeşit mikrobiyal gübreler üretilmekte ve tarım topraklarına uygulanmaktadır. **Biogübreler, mikrobiyal gübreler veya mikrobiyal aşılama materyali** olarak isimlendirilen bu gübreler bitki gelişim faktörlerini, biokontrol ajanları ve kimyasal gübrelerin alımını kolaylaştırıcı fonksiyonlara sahip yaşayan mikroorganizmaları içermektedirler (Chen, 1996).

Dünyada 1980 den beri **biogübreler** üzerine yapılan yatırımlar giderek artış göstermiştir. 30-31 Ekim, 1995’de Pekin’de yapılan **Ulusal İhtisas Konferansında biogübrelerin** ürün verimini artırdığı, toprak ve-

rimliliğini ve bio elverişliliğini geliştirdiğini, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azalttığı, organik atıkları parçalayıp besin elementlerini açığa çıkarttığı ve bunun sonucu olarak çevre kirliliğini azalttığı, ekolojik tarımda kullanımının diğer gübrelere göre ekonomik olduğu ve yeşil olarak yenen besinler için ideal gübre oldukları rapor edilmektedir. Ayrıca konferansta **biogübrelerin** kullanımını teşviş edici kararlar alınmış ve bu kararlar neticesinde şimdilerde bu gübreler daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Chen ve Xiong, 1997).

Mikrobiyal Gübrelerin Çeşitleri

Mikrobiyal gübreler, mikroorganizma içeriklerine göre ve gübrelerin etki mekanizmalarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar (Li, 2001).

Mikroorganizma içeriklerine göre mikrobiyal gübreler 3'e ayrılırlar,

- 1- Bakteri İçerikli Gübreler, (Nodul oluşturan ve azot fikse eden bakteri içeren gübreler)
- 2- Aktinomiset İçerikli Gübreler (Antibiyotik içeren gübreler)
- 3- Mantar İçerikli Gübreleri (Mycorrizal mantar içeren gübreler)

etki mekanizmalarına göre mikrobiyal gübreler;

- 1- Nodül oluşumunu sağlayan bakteri içerikli gübreler,
- 2- Azot fikse eden bakteri içerikli gübreler
- 3- Silikat minerallerini parçalayan bakteri içerikli gübreler
- 4- Fosfatı parçalayan bakteri içerikli gübreler

Yaygın Olarak Kullanılan Mikrobiyal Gübreler ve Özellikleri

A- Nodül Bakterileri İçeren Gübreler

Nodül bakteri gübreleri faydalı etkilerinden dolayı uzun zamandır kullanılan gübrelerdir (Olsen ve Rice, 1989; Song, 1994). Bu grup içerisinde bitkiye elverişli atmosferik nitrojen formunu fikse eden ve baklagillerin köklerinde nodül oluşumunu sağlayan *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* ve *Allorhizobium* bulunmaktadır (Vance, 1998; Graham ve Vance, 2000).

Özellikle bu gruplar içerisinde *Bradyrhizobium japonicum* (*Sinorhizobium fredii*/*Rhizobium fredii*), *Bradyrhizobium* sp. (*Arachis hypogaea*), *Rhizobium huakuii*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, *Rhizobium* sp. (*astraglas*), *Rhizobium meliloti*, *Rhizobium trifolii*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* ve *Bradyrhizobium* sp. (*vigna*) türleri yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Chen et al., 1981; Lou, 1962).

Nodül bakteri gübreleri ile gübreleme yapılırken; toprağın azot içeriğinin, makro ve mikro besin elementlerinin miktarının, toprak tipinin, toprak nem içeriğinin, toprak havalanma durumunun, toprak sıcaklığının, toprak reaksiyonunun, bitkisel faktörlerin ve bakteriyel faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Yapılan çalışmalara göre; toprakların azot içeriğinin 400 ppm'den yüksek olması nodül oluşumunu olumsuz etkilemektedir (Çakmakçı, 1987). Toprakta bulunan potasyum nodüllerin sayısı üzerine, kükürt ve fosfor ise hem nodül sayısına, hem de nodül büyüklüğüne etki etmektedir (Alexander, 1961). Kalsiyum toprak reaksiyonuna etki etmekte ve Mg^{+2} ise klorofil molekülünün yapısında bulunduğu için nodül oluşumunu ve azot fiksasyonunu etkilemektedir. Nitrojenaz enziminde yer alan Fe'nin topraklardaki miktarı N_2 fiksasyonunu etkilemektedir. Kobalt, leghemoglobin sentezinde görev yapmaktadır, Mn ve Cu miktarındaki artış klorofil mik-

tarı üzerine olumlu etki göstermektedir. Molibden ise nitrogenaz ve nitrat redüktaz enzimlerinin gerekli bileşeni olarak büyük öneme sahiptir (Aydemir ve İnce, 1988).

Nodül bakteri gübreleri için uygun nem düzeyi toprağın su tutma kapasitesinin % 84'ü kadar olduğu durumdur. Havaalanma koşulları iyi olan aerobik koşullarda nodül bakterileri daha aktiftirler, özellikle kaba tekstürlü topraklarda daha yüksek etki gösteriler (Ülgen, 1975). Toprak sıcaklığı bakımından nodül bakterileri 28°C'de optimum aktivite gösteriler, 40°C'nin üzerinde etkinliklerini kaybederler. Toprak reaksiyonu olarak uygun pH aralığı 4-8.5 arasındadır, optimum pH 6.8'dir (Çakmakçı, 1987).

Baklagil bitkilerine yapılacak mikrobiyal gübrelemede yerli *Rhizobia* popülasyonunun azlığı veya çokluğu da büyük önem arz etmektedir. Genellikle Alfa alfa yetiştirilen asidik topraklarda *Sinorhizobium meliloti* popülasyonu yüksek iken, Acı bakla (*Lupinus* spp.) yetiştirilen bazik topraklarda *Bradyrhizobium* sp popülasyonu daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Catroux et al., 2001).

B- Azotobacter İçeren Gübreler

Azotobacter, *Beijerinckia* ve *Clostridium* gibi birçok serbest yaşayan bakteriler atmosfer azotunu fiks etme yeteneğindedirler (Benson ve Silvester, 1993). *Azotobacter*'in azot fiksasyonunun etkinliği *Rhizobium*'lardan daha düşüktür. Doğal olarak topraklarda oluşan çeşitli *Azotobacter* türleri mevcuttur. Bunların yanısıra bazı *Azospirillum* spp gibi diazotrof bakteri türleri ve bazı fotoototrof olarak yaşayan *Rhodospirillum* ve *Cyanobacteria* türleri de azot fikse etme yeteneğine sahiptirler (Li ve Zhang, 2001).

Azotobacter'ler için optimum koşullar; toprağın havaalanma durumunun iyi olması, toprağa C/N oranının 33/1 den büyük organik materyallerin ilavesi, pH'nın 6'dan yüksek olması ve toprakta yeterli miktarda fosfor bulunmasıdır. *Azotobacter* cinsinin hücre şekli, pigment oluşturma durumu ve hareket kabiliyetine göre beş türü vardır; *Azotobacter chroococcum*, *A. beijerinckii*, *A. vinelandii*, *A. macrocytogenes*, *A. agilis*.

Tropik ve sub tropik bölgelerde bulunan *A. beijerinckii* asit koşullarda pH 3-9 aralığında iyi gelişirler ve azot fikse ederler. *A. chroococcum* ise pH 6'dan düşük topraklarda aktivite göstermezler (Alexander, 1961).

Clostridium bakterileri pH 5-9 aralığında gelişim gösterirler. Bu cinsin en önemlileri ise; *Clostridium pasterionum*, *Clostridium butylicum*, *Clostridium felsineum*, *Clostridium kluyveri*, *Clostridium beijerinckii*, *Clostridium lactoacetophilum*, *Clostridium madisonii*, *Clostridium pectinovorum*, *Clostridium tetranomorphum*, *Clostridium acetobutylicum* sayılabilir (Alexander, 1961).

Azot fiksasyon ve aktivitesi için herhangi bir mevsimsel sınırlama mevcut değildir (Li ve Zhang, 2001). Azot fiksasyonunda Nitrogenaz aktivitesi için Fe, S ve Mo kesinlikle gereklidir. Ayrıca azot bakterilerinin gelişimi için Mg, K, S, Fe ve P gerekli elementlerdir. Fotosentetik yaşayanlar dışında serbest yaşayan ve azot fikse eden bakteriler heterotrof oldukları için toprakta C bakımından zengin organik materyal olduğunda N₂ fiksasyonu artış gösterir (Alexander, 1961; Kızıloğlu, 1995).

C- Fosfat Bakterileri İçeren Gübreler

Organik fosforun inorganik formlara dönüşümü bakteri, mantar ve aktinomisetlerin aktiviteleri ile olmaktadır. Toprakta *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *B. firmus*, *B. brevis*, *Thiobacillus thiooxidans* türleri ve *Pseudomonas* and *Arthrobacter* cinsleri fosforu parçalayabilme yeteneğindedirler (Ge ve Wu., 1994). *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Penicillium*, *Sclerotium* ve *Aspergillus* gibi birçok mikroorganizmalar Ca fosfatı çözebilme yeteneğindedirler (Kızıloğlu, 1995). Bu bakterilerin ürettikleri organik

asitler yardımı ile inorganik fosfatı, fosfataz enzimleri yardımıyla da organik fosfatı çözünebilir hale getirebilme yeteneğinde oldukları bilinmektedir (Rodriguez ve Fraga 1999).

Fosforun mineralizasyonu 30 °C'den yüksek sıcaklıklarda artış göstermektedir. Fosforun serbest hale geçmesi amonifikasyon için uygun olan iyi drenaj ve yeterli havalandırmanın olduğu koşullarda daha hızlı olur. Nötr ve hafif asit reaksiyonlu topraklarda birincil ortofosfat ($H_2PO_4^-$) iyonları, alkali reaksiyonlu topraklarda ise ikincil ortofosfat (HPO_4^{2-}) iyonları fazla miktarda bulunurlar. Genellikle işlenmemiş topraklarda organik fosfor bileşiklerinin fazlalığı mineralizasyonun yüksek olmasına sebep olur (Hao et al., 2002; Gyaneshwar et al., 2002).

Bir toprakta karbonun inorganik fosfora oranı (C:P) 200:1 değerinden az ise fosfor mineralizasyonu, 300:1 oranından fazla ise fosfor immobilizasyonu gerçekleşmektedir. Toprağa organik madde ilavesi mikrobiyal popülasyonda artışa ve fosfora olan talebin artmasına sebep olur. Bunun sonucu olarak kültür bitkilerinin verimi azalır. Bu olumsuz durum fosforlu gübrelerin toprağa ilavesi ile önlenabilir (Pierzynski et al., 2000).

Fosfatı parçalayabilen, gram pozitif olan *Bacillus* türü bakteriler, mezofilik, aerobik ve heterotrofturlar. Bu bakteriler 30-45 °C'de optimum gelişme gösterirler ve çevresel şartlara adaptasyonları çok yüksektir. Toprak reaksiyonu olarak pH 2-11 arasında gelişim gösterebilirler (Optimum 5-8) (Todar, 2008).

Son yıllarda vesicular-arbuscular mycorrhizae rizosferde fosfor seviyesini artırmak için etkili phosphobacterin kaynağı olarak da kullanılmaktadır (Zhang et al., 1994; Li et al., 1994; Liang, 1994; Lin et al., 1994). Toprakta bulunan bitki köklerinde simbiyotik olarak yaşayan kök fungusları (mikorhiza) ve bir çok mikroorganizma grubu çözünemez durumunda bulunan inorganik fosfatı metabolik işlevleri sonucu çözünebilir hale getirebilmektedir (Rodriguez ve Fraga 1999).

D- Silikat Bakterileri İçeren Gübreler

Bu gübreler içerisinde bulunan bakteriler, ürettikleri mikrobiyal ürünleri ile bitki verimi üzerine olumsuz etkiye bulunan mikroorganizmaların aktivitelerini engellerler, bitki gelişimini teşvik ederler ve bitki besin elementlerini bitkiye sağlarlar (Li, 2009).

Potasyum bitki beslenmesinde esas elementlerdendir ve topraklar azot ve fosfora oranla 99'u elverişsiz formda bulunan çok fazla miktarda potasyum rezervlerine sahiptirler (Yagodin, 1984). Silikat minerallerini (feldispat ve mika gibi) çözebilen ve Al, Si ve K'u serbest hale getiren silikat bakterilerinden ibaret gübreler **Bio-potas Gübreleri** olarak bilinirler (Aleksandrov et al. 1967; He ve Sheng, 2006; Fang, 2010). Bu grup içerisinde *Bacillus mucilaginosus*, *B. circulans* ve *B. macerans* türleri yaygındır. Bunlar çözücü ortam içerisinde bulunan çözünebilir potasyum minerallerini ayrıştırırlar. Potasyum eksikliği gösteren topraklara uygulandıkları zaman ürün verimini artırdıkları ifade edilmektedir (Xiong et al., 1993; Peng ve Ye, 1995).

E- Antibiyotik Bakterilerini İçeren Gübreler

Bu tipteki mikrobiyal gübreler, toprak verimliliğini geliştirmenin yanı sıra, bitki gelişimini teşvik ederler ve ürünleri hastalıklardan korurlar. Antibiyotik üreten bakteri strainleri arasında *Actinomyces microflavus* "5406" olarak tanımlanan tür özellikle Çin'de olmak üzere yaygın olarak kullanılmaktadır (Wu et al., 1994).

Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rhizobakterler (PGPR) içerisinde mikrobiyal gübre özelliğine sahip olan bakteriler arasında *Bacillus* ve *Pseudomonas* türleri gibi birçok Gram (-) bakteriler yaygın olarak kullanılmaktadır (Weller, 1988). Bu cinsler arasında bulunanlardan bazıları PGPR bakterileri, diğerleri ise Zararlı Rhizosphere Mikroorganizmaları (DRMO) olarak tanımlanırlar (Schippers et al., 1987).

Rhizosphere mikroorganizmalarının aktivitelerinin bitki sağılığını ve özellikle bitki kök gelişimini olumlu etkilediğı bayan edilmektedir. Özellikle aktinomisetlerden, *Streptomyces* türü mikroorganizmalar, birkaç bitki patojeni mantarlarlara karşı antifungal ve antibakteriyal özelliğe ve bitki gelişimini teşvik edici özelliğe sahiptirler (Errakhi et al., 2007; Joo, 2005). Birçok önemli araştırmalar biokontrol ajanların patojenleri öldürdüğünü, bitki hastalıklarını elemine ettikleri ve bitki gelişimini teşvik ettiklerini rapor etmektedirler (Bent and Chanway, 1998; Krishnamurthy ve Gnanamanickam, 1997; Sturz and Matheson, 1996; Nandakumar et al., 2001).

E- Birden Çok Mikroorganizma İçeren Gübreler;

Son yıllarda birçok yeni birden çok mikroorganizma içeren mikrobiyal gübreler geliştirilmiştir. Bileşimlerine göre bu gübreler 3 kısma ayrılırlar;

1- Karışık Strain ihtiva eden Aşılama Materyalleri:

Bunlar aynı fonksiyona sahip bakterilerin farklı strainlerinin karışımlarından ibarettirler. Örneğin, bileşik inokulant oluşturmak için *Bacillus cereus*'un 3 farklı strainlerinin bir araya getirilerek kullanılması gibi (Xu et al., 1991).

2- Farklı Bakteriler İçeren Aşılama Materyalleri:

Azotobacter ile fosfat bakteri arasında veya *Azotobacter* ile potas bakterileri veya *Azotobacter* ile başka bakteri türleri arasındaki oluşturulan karışık inokulantlardır. Etkili Mikroorganizmalar veya EM olarak isimlendirilen aktinomiset ve mayaları, laktik asit bakterilerini veya fotosentetik bakterilerin karışık türlerini ihtiva eden karışımlar ile yeni inokulantlar oluşturmak mümkündür (Higa, 1996).

3- Kimyasal veya Organik Gübreler İçeren Bakteri Türevleri:

Bio-aktif bileşik gübreler olarak isimlendirilen mikrobiyal karşımdan oluşan bu organik gübreler, yer kabuğunda nadir olarak bulunan elementleri, makro ve mikro elementleri ve organik atıkları içerirler (Deng et al., 1993; Chen et al., 1998; Yu et al., 1998). Bu türevlerin hepsinin önemli özelliğı seçilen mikroorganizmalar arasında antagonistik bir etkinin olmamasıdır.

Sonuç

- Dünyada biyogübreler üzerine yapılan yatırımların giderek artması sonucu biyogübre üreten şirketlerin her geçen yıl artış gösterdiği ve üretim kapasitelerini artırdıkları,
- Artan kapasiteye bağılı olarak biyogübrelerin kullanımının giderek yaygınlaştığı,
- Mevcut üretilen biyogübrelerin ürün verimini artırdığı, toprak verimliliğini ve bio elverişliliğı geliştirdiğı, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azalttığı, organik atıkları parçalayıp besin elementlerini açığa çıkarttığı ve bunun sunucu olarak çevre kirliliğini azalttığı, ekolojik tarımda kullanımının diğere gübrelere göre ekonomik olduğu ve yeşil olarak yenen besinler için ideal gübre oldukları mevcut çalışmalar ile belirlenmiştir.

Öneriler

- Biogübrelerin etkilerini net olarak ortaya koyabilmek için sürekli ve düzenli olarak temel ve uygulamalı araştırmalar yapılması ve elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi,
- Biogübreler ile gübreleme yaparken; toprakların makro ve mikro besin elementlerinin miktarının, toprak tipinin, toprak nem içeriğinin, toprak havalanma durumunun, toprak sıcaklığının, toprak reaksiyonunun, bitkisel faktörlerin ve bakteriyel faktörlerin dikkate alınması,

- Biogübrelerin etkinliğinin yüksek olabilmesi için özellikle kimyasal gübrelerin kullanımının az veya hiç kullanılmadığı tarım topraklarında uygulamasının yapılması,
- Biogübrelerin çevre kirliliği üzerine olumlu etkileri konusunda kamuoyu oluşturulması ve bu özellikteki gübrelerin kullanımının yaygınlaştırılması,
- Özellikle bio-potas gübrelerinin etkileri ve etki mekanizmaları konusunda daha fazla çalışmaların yapılması,
- Baklagil bitkilerine yapılacak mikrobiyal gübrelemede yerli *Rhizobia* popülasyonunun miktarının göz önüne alınması,
- Biogübrelerin üzerine yapılacak araştırmaların amaçlarının kirliliğin sosyal etkilerini azaltmaya yönelik ve ürün artışı sağlayan noktalara yönelmesi,
- Mevcut biyogübreler haricinde yeni mikroorganizmaların ve yeni gübrelerin elde edilmesi ve çalışmaların yürütülmesi,
- Bakteri genetik mühendisliğinin geliştirilmesi ve gen aktarım çalışmalarına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

REFERENCES

- Aleksandrov, V.G., Blagodyr, R.N. İlev, I.P., 1967. Liberation of phosphoric acid from apatite by silicate bacteria. Mikrobiologichnyi Zhurnal (Kiev) 29:111-114.
- Alexander, M., 1961. Introduction to soil microbiology, Toppon Comp.Ltd. Tokyo, Japon.
- Anon., 2014a. Mikrobiyolojik Gübreleme. <http://www.bahcesel.net/forumsel/gubre-bilgisi/23208-mikrobiyolojik-gubreleme/>
- Anon., 2014b. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı ve Denetimine Dair Yönetmelik. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan, Resmî Gazete. Sayı : 28956.
- Aydemir, O. ve İnce, F., 1988. Bitki besleme, Dicle Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Yay. No:2, Diyarbakır.
- Benson, D.R., Silvester, W.B., 1993. Biology of *Frankia* strains, actinomycete symbionts of actinorhizal plants. Microbiological Reviews 57: 293-319.
- Bent, E., Chanway, C.P., 1998. The growth-promoting effects of a bacterial endophyte on lodgepole pine are partially inhibited by the presence of other rhizobacteria. Can. J. Microbiol., 44: 980-988.
- Catroux, G., Hartmann, A., Revellin, C., 2001. Trends in rhizobial inoculant production and use. Plant and Soil 230: 21-30.
- Chen, B.S., Hong, J.Z., Xu, J.P., Zhou, Y., 1998. Application of active microbial fertilizer Biol. I.F.E.t to cotton fields. Jiangsu Agricultural Sciences (in Chinese) 3: 47-49.
- Chen, C.Y., Xiong, S.G., 1997. The present and development of microbial fertilizer. Journal of China Agricultural University (in Chinese) 2:12-15.
- Chen, H.K., 1996. On the connotation of the term "microbial fertilizer"—some suggestions for the drawing up of quality standards and management of commodity production. In Production, Application and Development of Microbial Fertilizers (in Chinese), ed. C. Ge. Beijing, China: China Agricultural Science and Technology Press, p. 6.
- Chen, H.K., Li, F.L., Chen, W.X., Cao, Y.Z., 1981. Soil Microbiology (in Chinese). Shanghai, China: Shanghai Science and Technology Press, pp. 132-173.

- Çakmakçı, M.L., 1987. Biyolojik Azot tespiti ve ekolojik araştırma yöntemleri. TÜBİTAK Tarım Ormancılık Araştırma Grubu. Tarımsal Mikrobiyoloji Araştırma Grubu, Tarımsal Mikrobiyoloji Araştırma Enst. Yay. No:2, Ankara.
- Deng, B.X., Zhang, J.C., Zhou, G.L., 1993. Applied effects of biological complex fertilizers on orange. *Hubei Agricultural Sciences* (in Chinese) 8:16-19.
- Elsheikh, M.A., Eltilib, A.M.A., Elsheikh, E.A.E., 2005. A note on the effect of Phosphate Rock, Triple super phosphate, *Bradyrhizobium* and their combinations on the available soil phosphorous in Shambat clay soil. *Journal of Agricultural sciences*. University of Khartoum, (13)3:488-492.
- Errakhi, R., Bouteau, F., Lebrihi, A., Barakate, M., 2007. Evidences of biological control capacities of *Streptomyces* spp. against *Sclerotium rolfsii* responsible for damping-off disease in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 23:1503-1509.
- Fang, C.J., 2010. Screening of Silicate Mineral-solubilizing Bacteria and Their Effect on Silicon Dissolution in Soil. Master's thesis. Nanjing Agricultural College. S144.9.
- Ge, C., Wu, W., 1994. The production, application and problem of Chinese microbial fertilizer. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (in Chinese) 10: 24-28.
- Graham, P.H., Vance, C.P., 2000. Nitrogen fixation in perspective: An overview of research and extension needs. *Field Crops Research* 65: 93-106.
- Gyaneshwar, P., Kumar, N.J., Pareka, L.J., Podle, P.S., 2002. Role of Soil Microorganisms in Improving P Nutrition of Plants. *Plant and Soil*, 245(1):83-93, ISSN 1573-5036
- Hao, X., Cho, C.M., Racz, G.J., Chang, C., 2002. Chemical Retardation of Phosphate Diffusion in an Acid Soil as Affected by Liming. *Nutrient Cycling in Agro ecosystems*, 64(3):213-224, ISSN 1385-1314.
- He, L. Y., Sheng, X. F., 2006. Solubilization of potassium – bearing minerals by a wild – type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Canadian Journal of Microbiology*, (7):66-72.
- Higa, T., 1996. An Earth Saving Revolution—A Means to Resolve Our World's Problems Through Effective Microorganisms (EM). Tokyo, Japan: Sunmark Publishing Inc., 336 p.
- Joo, G.J., 2005. Production of an anti-fungal substance for biological control of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight in red-peppers by *Streptomyces halstedii*. *Biotechnol. Lett.*, 27:201-205.
- Kasap, Y., 2011. Ekolojik Tarım Bilgisi. Ravza Yayınları, İstanbul.
- Kızıloğlu, F.T., 1995. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biokimyası. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 180.
- Krishnamurthy, K., Gnanamanickam, S.S., 1997. Biological control of sheath blight of rice: induction of systemic resistance in rice by plant-associated *Pseudomonas* spp. *Curr. Sci.*, 72:331-334
- Li, J., . 2001. Microbial fertilizer research [J]. *Biology Bulletin*, 36(7):5-7
- Li, J., 2009. Research Paper Center. http://eng.hi138.com/science-papers/science-other-papers/200909/75514_the-effect-of-microbial-fertilizer-and-broad-prospects-for.asp
- Li, X. L., Zhou, W.L., Cao, Y.P., 1994. Acquisition of phosphorus by VA-mycorrhizal hyphae from soil with high compatibility. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese) 31 (supplement): 195-203.
- Li, Z., Zhang, H., 2001 Application of Microbial Fertilizers in Sustainable Agriculture, *Journal of Crop Production*, 3:1, 337-347, DOI: 10.1300/J144v03n01_28
- Liang, X.T., 1994. Investigation on ectotrophic mycorrhizal resource of main tree species in Guangxi and their application. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese) 31 (supplement): 134-140.
- Lin, X.G., Hao, W.Y., Wu, T.H., Shi, Y.Q., 1994. Biological characters of the 11 different VAM fungal species. *Acta Pedologica Sinica* (in Chinese) 31 (supplement): 114-121.

- Lou, L. H., Mei, W.A., Chen, S.F., Ye, C.C., Zhou, X.Q., 1962. Application of Microorganism on Transform of Soil Nutrition (in Chinese). Beijing, China: Science Press, pp. 186-194.
- Mahdi, A.A., Mohamed Ahmed, T.H., 2002. Growth and Multiplication of *Rhizobium leguminosarum* bv. Viceae as affected by pH, Al and Ca. Sudan journal of scientific research. (8)1:59 – 72.
- Nandakumar, R., Babu, S., Viswanathan, R., Sheela, J., Raguchander, T., Samiyappan, R., 2001. A new bio-formulation containing plant growth promoting rhizobacterial mixture for the management of sheath blight and enhanced grain yield in rice. Biocontrol, 46: 493-510.
- Olsen, P.E., Rice, W.A., 1989. *Rhizobium* strain identification and quantification in commercial inoculants by immunoblot analysis. Applied and Environmental Microbiology 55: 520-522.
- Peng, S.P., Ye, F.J., 1995. Applied effects of silicate bacterial agent on cotton. Hubei Agricultural Sciences (in Chinese) 2: 34-35.
- Pierzynski, G.M., Sim, J.T., Vance, F.G., 2000. Soil phosphorus and environmental quality. In Soils and environmental quality. 2nd Edition. New York: pp 55-202.
- Rodriguez, H., Fraga, R., 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol Adv 17:319-339.
- Schippers, B., Bakker, A.W., Bakker, P.A., 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Annual Review of Phytopathology 15:339-358.
- Song, Y.Q., 1994. The application of bio-fertilizer in Liaoning Province. Journal of Microbiology (in Chinese) 14: 45-51.
- Sturz, A.V., Matheson, B.G., 1996. Populations of endophytic bacteria which influence host-resistance to *Erwinia*-induced bacterial soft rot in potato tubers. Plant and Soil 184: 265-271.
- Todar, K., 2008. Todar's Online Textbook of Bacteriology. Madison, Wisconsin. http://textbookofbacteriology.net/kt_toc.html
- Ülgen, H., 1975. Baklagil bitkilerinin nodül bakterileri ile aşılınması. T.C. Köyışleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. Genel Yay. No:56, Teknik Yay. No:40, Ankara.
- Vance, C.P., 1998. Legume symbiotic nitrogen fixation: agronomic aspects, In H.P. Spaink, A. Kondorosi, and P.J.J. Hooykaas (eds.), *The Rhizobiaceae* (pp. 509-530). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Weller, D.M., 1988. Biological control of soil-borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology* 26: 379-407.
- Wu, G.Y., Li, H.Q., 1994. The application and function of antibiotic bacterial fertilizer. Soil Fertilizer (in Chinese) 3: 45-46.
- Xiong, C. C., Li, X., Wang, H.Q., Wu, J.C., 1993. Applied effects of biological potassium fertilizer on paddy soils of red soil in the south of Hubei. Hubei Agricultural Sciences (in Chinese) 6:11-13.
- Xu, Z.Y., Zhang, J.O., He, F.H., Zhang, C.S., Yang, A.Q., 1991. The effect of liquid preparation of *Bacillus cereus* on rape (*Brassica napus* L.). Oil Crops of China (in Chinese) 4:55-58.
- Yagodin, B.A., 1984. Agricultural chemistry, volume I. Mir Publisher, Moscow. Pp. 367.
- Yu, L. P., Cai, L.F., Wang, W.C., Lin, D.Y., Liu, Y.C., 1998. Application research on the compounded and blended biological fertilizer to groundnut. Guangxi Agricultural Sciences (in Chinese) 1: 23-24.
- Zhang, L.H., Zou, Y.Q., Lei, Z.P., 1994. The application of ectomycorrhizal preparation on cultivated seedlings of *Larix olgensis* and *Pinus koraiensis*. Acta Pedologica Sinica (in Chinese) 31 (supplement): 164-171.

Farklı Isıl Uygulamaların Vermikompost Kalitesi Üzerine Etkileri

Ayten NAMLI

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

E-posta: akaraca@ankara.edu.tr

GİRİŞ

Tüm dünyada tarımsal üretimde sürdürülebilirlik kavramına vurgu yapan ve organik üretim yöntemlerini teşvik eden yaklaşımların yaygınlaşması sürecinde yer solucanlarının, organik atık ve artıkları kısa zamanda yüksek kalitede değerli bir ürüne dönüştürebilme kapasitelerinin anlaşılması, Avrupa ülkeleri, Hindistan ve Amerika’da vermikültür (vermiculture) adı verilen yeni bir tarımsal üretim sektörünün doğmasına yol açmıştır. Vermikompost, atık dönüşüm sürecini hızlandırmak ve daha iyi bir son ürün elde etmek için belirli bir solucan türü ile oluşturulan biyoteknolojik bir kompost çeşididir. Buradaki amaç solucanların kompost içerisindeki organik maddeleri sindirmeleri sonucu açığa çıkan organik gübreden faydalanmaktır.

Organik maddenin uygun sıcaklık, nem ve havanın bulunduğu ortamda mikro canlılar tarafından biyolojik olarak ayrışma işlemine kompostlaşma denir. Organik maddenin ayrışması ve fermentasyonu ile oluşan kompost: stabil, hijyenik, humus bakımından zengindir. Kompost konusundaki çalışmalarda vermikompost; solucanlı (mezofilik) kompost yönteminin kentsel ve endüstriyel organik çöplerin geri kazanımında, hem işlem hem de ürün itibarıyla aerobik komposttan daha üstün özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir (Dominguez et al.,1997). Şöyle ki; vermikompostun eldesi, termofilik komposta göre çok daha kısa sürede gerçekleşmekte olup ürün kalitesi bakımından vermikompost ürünleri, termofilik kompost ürünlerinden fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan çok daha üstün niteliklere ve ekonomik değere sahiptir.

Vermikompost; doğada makro ve mikro besin dönüşümünü gerçekleştiren solucanların bu işlevlerini, fiziksel ve biyokimyasal yönden en yüksek verimlilik seviyesine ulaştırmayı hedeflemektedir. Vermikompost bugün için, tarımda sürdürülebilirlik özelliğini destekleyen yöntemler içinde en yüksek ekonomik fayda sağlayan yöntem olmakla beraber, aynı zamanda hızlı endüstriyel gelişme ve popülasyon artışı ile büyük bir çevre sorunu haline gelen katı organik atık ve artıkların işlenmesinde çok yoğun şekilde uygulanmaktadır (Neuhauser et al.,1988). Hem ticari hem de ekolojik açıdan yüksek değer ifade eden ürünler sağlayan vermikompost tekniği, tüm dünyada yoğun olarak uygulanmaktadır. Her türlü tarım toprağına zenginleştirici ve verim artırıcı organik madde olarak ilave edilebilmesi, aşırı erozyona maruz kalarak verimsiz hale gelmiş tarım arazilerinin tekrar verimli hale getirilebilmesi için kullanılabilmesi ve organik atıkların değerlendirilerek geri kazandırılmasını sağlaması vermikompostun temel avantajlarındanır.

Organik atık/artıkları indirgemek için yapılan vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türler *E. fetida*, *E. Andrei*, *D. Veneta*, *L. rubellus* ve *P. excavatus*’dur. Yukarıda sayılan türler içinde, ticari amaçla kurulan vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen tür *Eisenia spp* ve ikinci olarak da *Lumbricus rubellus*’tur (Dickerson, 2004). Vermikompost yapılırken kanalizasyon içeriğı, kirli su atıklarındaki katı çöpler (Neuhauser et al., 1988), bira, mantar ve kağıt endüstrisi (Butt, 1993) gibi çeşitli endüstriyel işletme atık/atık-

ları, süpermarket ve restoran atıkları işlenmiş patates artıkları, tavuk, domuz, büyükbaş, koyun, keçi, at ve tavşan yetiştiriciliğinde (Edwards and Burrows, 1988) ortaya çıkan hayvansal artıklar, bahçecilikte ortaya çıkan ölü bitki ve çim artıkları yer almaktadır. Ülkemizde vermicompost elde edilmesinde yaygın olarak ahır gübresi ve mezbaha atıkları kullanılmaktadır.

Vermicompost organik atık/artıkları kompostlaştırma işleminin solucanlara yaptırılması sonucunda elde edilen bir gübredir. Bu işlem esnasında organik atık/atıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermentasyona uğratılmakta ve daha sonrasında kompost solucanların sindirim sisteminden geçerken hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Organik atıkların gerek aerobik ve anaerobik koşullarda yapılan standart kompostlama işlemleri ve gerekse solucanlar kullanılarak yapılan kompostlama işlemleri sonunda topraklara uygulanması, toprakların başta biyolojik özellikleri olmak üzere tüm özellikleri büyük ölçüde düzenlenmektedir. Vermicompost, solucan ve mikroorganizmaların etkileşimi aracılığıyla organik materyallerin biyolojik parçalanmasıyla üretilir. Vermicompost; nitrat, fosfat, değişebilir kalsiyum ve çözülebilir potasyumu bünyesinde bulundurmaktadır. Ayrıca mikroorganizmalar tarafından salgılanan bitki büyüme teşvik edici hormonlarını da içermektedir. Ancak kompost veya vermicompost içindeki zararlı mikroorganizmaların imha edilmesi gerekmektedir. Termofilik kompost yığınlarındaki zararlı bakterileri ortadan kaldırmak için i. sıcaklık, ii. ortamda zararlı bakterilerle beslenen başka organizmaların bulunması, iii. bakterinin uygun beslenme ve yaşama ortamına sahip olamaması ve vi. anaerobik koşullar olmak üzere 4 temel koşul gereklidir. Bu koşulların beraber sağlanması, kompost içindeki bakteri sayısının düşük seviyelerde tutulmasını sağlar. Termofilik kompostta yığınlar karışıkça sıcaklıkları artar, sıcaklığın artmasıyla birlikte parçalanma hızlanır ve kompost içindeki patojenler daha çabuk yok edilir. Ancak vermicompostta gerçek anlamda bir sıcaklık gerçekleşmez. Kompostta, sıcaklıkla imha edilen patojenler, vermicompostta solucanların etkisiyle imha edilir. Solucanlar organik atıkları yerken, ortamdaki bakterileri, zararlı nematodları, yabancı ot tohumlarını ve patojenik mantarları da tüketirler. Solucanların sindirim sistemleri, bakteri ve diğer zararlı maddelerin büyük bir bölümünü imha eder. Sindirim atıklarının salgıladıkları maddelerde ortamdaki zararlıların yapılarını bozar ve diğer mikroorganizmalar tarafından daha çabuk tüketilmelerini sağlarlar.

Kompost gibi vermicompost da sıcaklığa tabi tutulabilir ancak araştırmalara göre bu vermicompostta yapılabilecek zararlı bir uygulamadır. Ingham ve Slaughter (2005)'a göre vermicompostun sterilizasyon veya pastörizasyonun yüksek sıcaklıklar altında gerçekleştirilmesi, vermicompostu bahçenizdeki topraktan daha zararlı hale getirecek iki durumun oluşmasına neden olmaktadır. İlk olarak, vermicompostun pastörize edilmesi sonucu, bulunduğu ortamdaki zararlı organizmalara besin kaynağı haline gelir. Kalan organizmalar, savaştıkları rekabete girecek düzeyde olmayan organizmalardır. İkinci olarak da, orta ısıya dayanıklı mikroorganizmaların ölmesi için sıcaklığın 70-75 °C'e çıkarılması sonucu ısı seven mikroorganizmalar kompost soğuyana kadar ölür. Bu azalma ile birlikte de vermicompost, kuşlar ve hayvanlar tarafından taşınan patojenlere açık hale gelir. Sonuçta hastalık dolu bir vermicompost oluşur. Araştırmacı sonuç olarak vermicompostu sterilize veya pastörize etmeye gerek olmadığını, herhangi bir kompost için bütün meselenin topraktaki yayayışlı mikroorganizmaları teşvik etmek olduğunu, sterilizasyonun bu yayayışlı mikroorganizmaları yok ettiğini o yüzden vermicompostta hiçbir müdahale yapılmasına gerek kalmadan solucanların kendi başına patojenler dahil her şeyi kendi başlarına yapabildiklerini belirtmiştir. Erşahin (2007)'e göre, kalitesi bakımından vermicompost ürünleri, termofilik kompost ürünlerinden fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan çok daha üstün niteliklere ve ekonomik değere sahiptir ve vermicompost son ürününde insan sağlığını tehdit eden patojenler olmadığı için uygulayıcıların ana materyal kanalizasyon atığı dahi olsa vermicompostta çıplak elle dokunabilmektedir. Ver-

mikompost, NPK, mikroelement, yarayışlı toprak mikroorganizmaları, mikorizal mantarlar ve özellikle bitki büyüme düzenleyicileri ve koruyucuları bakımından zengin, besleyici organik gübrelerdir. vermikompost; amilaz, lipaz, selüloz ve kitinaz enzimlerini yapısında bulundurur. Vermikompost, kültür bitkilerinde, çeşitli hastalık ve zararlılara karşı biyolojik direnç gücünün artmasına yardım eden bazı antibiyotik ve aktinomisetleri içerir. Tarımda vermikompost ve solucanlar kullanılarak pestisit kullanımı önemli ölçüde azaltılmıştır. Vermikompostlar, mikrobiyal çeşitlilik ile populasyon, aktinomiset, bakteri ve özellikle funguslarca zengin bir yapıya sahiptir. Teotia ve Pale'nin araştırmalarına göre, çevrelerindeki toprağın gramında 6-9 milyon olan toplam bakteri sayısı, taze vermikestin gramında 32 milyondur. Scheu (1992), taze vermikestteki mikrobiyal populasyonun artış göstermesine paralel olarak vermikestteki boşluk oranının %90'a yükseldiğini belirlemiştir. Suhane (2007), toplam bakteri sayısının vermikompostta 10^{10} 'dan fazla olduğunu; aktinomiset, azotobakter, rhizobium, nitrobakter ve fosfat çözebilen bakteri sayısını ise 10^2 - 10^6 arasında olduğunu rapor etmiştir. Bakteri, mantar, alg, aktinomiset ile oksin, giberellin, sitokin, etilen ve askorbik asit gibi bitki büyüme regülatörleri vermikompostta önemli ölçüde bulunmaktadır. Pramanik et al. (2007), ahır gübresi ve kentsel katı atıklardan elde edilen vermikompostlardaki mikrobiyal populasyon üzerine çalışmış ve ahır gübresinden elde edilen vermikompostta mikrobiyal populasyonun daha fazla olduğunu belirlemiştir. En az populasyon ise kentsel katı atıklardan elde edilen vermikompostlarda belirlenmiştir. Edward ve Arancon (2007)'a göre vermikompost kullanımı, toprak kökenli mantari hastalıkları bastırmaktadır. Ayrıca kayda değer derecede bitki parazitonik nematodları yok ettiği çilek, üzüm ve biber ile yapılan tarla denemelerinde istatistiksel olarak bulunmuştur. Bunun bilimsel açıklaması ise tarımsal açıdan yararlı mikrobiyal populasyonun vermikompostta fazla olmasıdır. Patojenler ile rekabet içine giren, mevcut alanları kaplayarak yaşam alanlarını daraltan ve patojenlerin ölmesini sağlayan mikroorganizmalar böylece bitkileri korumuş olurlar. Edwards ve Arancon (2007), ticari olarak üretilen vermikompostun küçük uygulamalarının tarımsal etkilerini araştırmak üzere sera denemelerinde salatalıkta *Phythium* mantarına ve turpta *Rhizotinia*'ya; tarla denemelerinde ise çilekte *Verticillum*'a ve üzümde *Phomopsis* ile *Sphaerotheca*'ya bakılmıştır. Vermikompost uygulanan denemelerin hepsinde hastalıkların önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Vermikompost sterilize edildiğinde ise patojen bastırma kabiliyetinin ortadan kalktığı, hastalığın arttığı görülmüştür. Bu da hastalığın bastırılmasının, biyolojik mekanizmanın mikrobiyal antagonizmayla ilişkili olduğuna kanıttır.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014 yılında yayımladığı "Hayvansal yan ürün kullanan biyogaz ve kompost tesislerinin çalışma usul ile esaslarına ilişkin talimat"ında hammadde olarak hayvansal yan ürün kullanan kompost tesislerinde, hayvansal yan ve türev ürünler için dışarıdan herhangi bir müdahaleye imkan vermeyecek şekilde bir kapalı bölüm veya kapalı kompost reaktörü bulunması gerektiği ve kompostlanacak materyalin 1 saat boyunca 70°C 'lik ısıya tabi tutulması zorunluluğu getirmiştir. Hayvansal ürünlerden vermikompost üreticileri başta olmak üzere pek çok kompost üretim firmaları bu uygulamanın başta kompostun içerdiği enzimlerin protein yapısını bozarak besin değeri ve kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceğini yanı sıra vermikompostun patojen bastırma kabiliyetini olumsuz etkileyeceğinin endişesini taşımaktadırlar. Bu endişelere cevap vermek amacıyla Bakanlık yetkililerinin de olumlu görüşleri doğrultusunda Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde tarafımızca yüksek lisans çalışması yürütülmektedir. Çalışma kapsamında hayvan gübresinden elde edilen vermikompost örnekleri mevzuata uygun şekilde 70°C ısıya tabi tutulmuş, bunun yanı sıra vermikompostlar 121°C 'de sterilizasyona tabi tutulmuştur. Hiçbir ısı işlem yapılmayan kontrol örneklerinin de analiz edildiği çalışmada, vermikompostun humik+fulvik asit içeriği, pH, EC, organik C, toplam N, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Ni, Cr kapsamları ile toplam mantar, koliform bakteri ve E. Coli sayımları ile üreaz, alkali fosfataz ve beta glukosidaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir.

SONUÇ

Farklı ısıtım işlem uygulamasının verimikompost kalite parametreleri üzerine etkisi olup olmadığını ortaya koymak amacıyla yürütülen çalışma henüz resmi olarak tamamlanmamış olduğundan burada araştırma sonuçlarına ait sayısal veriler verilmeyerek sadece sözel olarak sonuçlar ele alınacaktır.

Araştırma sonuçlarına göre; verimikompost örneğinin % HA+FA kapsamı en düşük 121⁰ ısıtım uygulamasında belirlenirken en yüksek %HA+FA ise hiç ısıtım işlem uygulanmamış örneklerde belirlenmiştir. Vermikompost örneğinin organik karbon kapsamı en düşük 70 C⁰ ve 121⁰ ısıtım işlem uygulanmış verimikompostlarda belirlenirken en yüksek %OC ise hiç ısıtım işlem uygulanmamış örneklerde belirlenmiştir. Toplam azot kapsamı açısından değerlendirildiğinde en düşük %N 70 C⁰ ısıtım işlem uygulanmış verimikompostlarda belirlenirken en yüksek hiç ısıtım işlem uygulanmamış verimikompostlarda belirlenmiştir. Farklı ısıtım işlem uygulamalarının verimikompostun pH kapsamı üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığı bulunurken, ısıtım işlem uygulanmış verimikompost örneklerinin EC kapsamının ısıtım işlem uygulanmamışa göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Vermikompost örneğine 70 C⁰ ve 121⁰ ısıtım uygulamaları verimikompostun elementel içeriğini (Pb ve Cd hariç) artırmıştır. En düşük toplam Fe, Cu, Zn, Ni ve Cr hiç ısıtım işlem uygulanmamış örneklerde, en yüksek ise genellikle 70 C⁰ ısıtım işlem uygulamasında belirlenmiştir (P>0.05). Vermikompostların toplam bakteri ve E. Coli sayımları en fazla 70 C⁰ ısıtım işlem tabi tutulmuş verimikompostlarda belirlenmiş, onu hiç ısıtım işlem uygulanmamış verimikompost örnekleri takip etmiştir. 121C⁰ ısıtım işlem uygulanmış verimikompost örneklerinde ise E. Coliye rastlanmamıştır. Vermikompost örneklerinde yapılan toplam mantar sayım sonuçlarına göre, sadece hiç ısıtım işlem uygulanmamış kompost örneklerinde mantar sayımları yapılmış, 70 C⁰ ve 121C⁰ ısıtım işlem uygulanmış verimikompost örneklerinde E. Coli ve mantar gelişimi olmamıştır. Farklı ısıtım işlemlere tabi tutulan verimikompost örnekleri enzim aktiviteleri bakımından değerlendirildiğinde ise; hiç ısıtım işlem uygulanmamış verimikompost örnekleri en yüksek enzim aktivitelerine (beta glukosidaz, alkali fosfataz ve üreaz enzim aktiviteleri) sahip olup, onu 70°C ısıtım işlem uygulanmış verimikompost örnekleri takip etmiş, en düşük enzim aktiviteleri ise 121°C ısıtım uygulamasında saptanmıştır. Vermikompost örneklerinin ısıtım işlem tabi tutulmaları enzim aktivitelerinin azalmasına neden olmuştur (P>0.05).

ÖNERİLER

Tarımsal atıklardan verimikompost eldesi, her geçen gün artan kirliliğin önüne bir duvar dikmek demektir. Vermikompost yaparak, yakarak yok ettiğimiz ya da yok edemediğimiz atıkları değerlendirmede iyi bir alternatiftir. Kompostlamada solucan kullanılmasının yararları sadece toprak mikrobiyal aktivitesini artırmaları, ağır metalleri bünyelerine katmaları ve ortamın besin elementi konsantrasyonunu artırarak, bitkisel ürünü artırması değil aynı zamanda ortamda hastalık etmeni olan patojenleri de baskılamalarıdır. Bitkisel üretimde verimikompost kullanımının artırılması toprakların sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik pek çok eksikliği de tamamlayabilecektir. Vermikompost, yavaş salınımlı olması ve kullanıldığı toprakta sağladığı fiziksel, kimyasal ve biyolojik iyileşmeler sebebiyle son zamanların en gözde organik gübresidir. Vermikompost teknikleri çok düşük maliyet gerektiren kolay uygulanabilir yöntemlerdir. Doğru uygulanmış ve iyi takip edilmiş bir verimikompost süreci sonunda, biyo-gübre ve biyo-pestisit olarak etkili, ticari değeri çok yüksek bir ürün elde edilebilir. Vermikompostun ülkemizde kullanılmasının yaygınlaştırılmasına yönelik gereken çalışmaların artırılmasının gerekliliğinin yanında mevcut mevzuatta yer alan hayvansal atıklardan elde edilen verimikompostların ısıtım işlemlere tabi tutulmasıyla verimikompostun kalite parametrelerinde meydana gelebilecek etkilerinin ve ısıtım işlem tabi tutulan verimikompostların bitkisel üretime olan etkilerinin detaylı şekilde araştırılması ve bu çalışma neticelerinden yola çıkılarak mevzuatların yeniden ele alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Butt, K.R. 1993. Utilization of solid Paper mill sludge and spent brewery yeast as a feed for soil-dwelling earthworms. *Biosource Technology*, 44: 105-107.
- Dickerson, G.W. 2004. Vermicomposting. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Available at http://www.cahe.nmsu.edu/Pubs/_h/h_164.pdf
- Dominguez, J., Edwards, C.A., and Subtler, S.1997. A Comparison of vermicomposting and composting. *Bio Cycle*: 38, No. 4: 57-59.
- Edwards, C. A. 1983. Utilization of earthworm composts as plant growth media. In: Tomati, U. and A. Grappelli (eds) *International Symposium on Agricultural and Environmental Prospects in Earthworm*. Rome, Italy, 57-62.
- Edwards, C. A. and Burrows, I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In *Earthworms in Environmental and Waste Management* Ed. C. A., Neuhauser, SPB Academic Publ. b.v. The Netherlands. 211-220.
- Edwards, C.A., and Bohlen, P.J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd. Ed. Chapman and Hall, New York.
- Edwards, C.A. 1998. Preface. In: C.A. Edwards (ed.) *Earthworm Ecology*. CRC Press, Florida, USA.
- Edwards, C.A., Arancon, N.Q. 2007. The science of vermiculture: The use of earthworms in organic waste management. *Indo-U.S. Workshop on Vermitechnology in Human Welfare*. Coimbatore, India, 12-13.
- <http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/gkgm/BiyogazKompostTalimati.pdf>
- <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.15648&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=hayvan>
- Ingham, E.R. and M.D. Slaughter. 2005. *The Soil Foodweb–Soil and Composts As Living Ecosystems*. International SoilACE Conference in Soil and Compost Eco-Biology. Leon, Spain. 1: 127-139.
- Neuhauser, E.F., Loehr, R.C., And Malecki, M.R. 1988. The Potential of earthworms for managing sewage sludge. In *earthworms and Waste Management*. C.A.Edwards and E.F. Neuhauser (ed.) SPB Academic Publishing, The Netherlands, 9-20.
- Pramanik, P., Ghosh, G.K., Chosal, P.K., Banik, P. 2007. Changes in organic - C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Biores. Technol.* 98:2485-2494.
- Price, J.S. 1987. Development of vermicompostingsystem. *Proceedings of the 4'the International CIEC Symposium on Agricultural Waste and Management Environmental Protection*, 1: 294-300.
- Scheu, S. 1992. Automated measurement of the respiratory response of soil micro compartments: active microbial biomass in earthworm faeces. *Soil Biol Biochem* 24:1113-1118
- Simsek-Ersahin, Y., 2007. Vermikest ve vermikest hümkik fraksiyonlarının hıyar (*cucumis sativus l.*) kök ve gövde çürüklük etmenleri *Rhizoctonia solani (kuhn)* ve *usarium oxysporum f.sp cucumerum* üzerindeki baskılama etkisinin belirlenmesi. Doktora Tezi. GOP Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Tokat.
- Suhane, R.K. 2007. Vermicompost. Publication of Rajendra Agriculture University, Pusa.

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Mikrobiyal Gübre Çalışmaları

Songül Dalcı

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü

e-mail: songul.dalci@gmail.com

GİRİŞ

Toprak mikroorganizmaları, günümüzde sürdürülebilir tarım araştırmalarının merkezini oluşturmaktadır. Bitki kökleriyle ortak yaşam kuran arbusküler mikoriza mantarları ticari önemi olan pek çok bitki türünü enfekte edebilmektedir. Bu mantarlar başta fosfor olmak üzere azot dahil bitkiler için gerekli mineralleri salgıladıkları ekstrasellüler enzimler yoluyla çeşitli rezervlerden çözünür hale getirerek, hifleri yoluyla bitkiye taşımaktadırlar.

Mikoriza, Yunanca mykes (mantar) ve rhiza (kök) kelimelerinden oluşan “Kök mantarı” anlamına gelen bir terimdir. İlk kez 1885 yılında orman patolojisti olan A.B. Frank tarafından mantar-ağaç ilişkisini tanımlamak için kullanılmıştır. Mikorizal ilişki, dünyadaki bitkilerin yaklaşık % 92’de görülmektedir (Isaac, 1992).

Toprak mikroflorasındaki mikroorganizmalar ile bitkiler arasındaki en yaygın simbiyotik yaşam şekillerinden biri olan mikorizal yaşam, dünya üzerindeki hemen hemen bütün kara bitkilerinde görülmektedir. Dikotiledonların %83’ü, monokotiledonların %79’u ve Gymnospermilerin hepsi bu simbiyotik yaşam şekline sahiptirler. Ancak *Cruciferae* ve *Chenopodiceae* familyasına dahil bitkilerde, her türlü çevresel koşul altında dahi mikorizal yaşam görülmez (Harley, 1975; Brundrett, 1991; Marschner, 1995).

En büyük rezervi atmosfer olan azotun yanı sıra agroekosistemlerde yine sınırlayıcı olan fosforun en önemli rezervi sediment kayalardır. Buralardan çözünen ve ayrılan fosfor canlılar tarafından kullanılabilir. Bitkiler topraktaki değişik fosfor formlarını çözerek kullanamamakta, ancak toprak mikroorganizmalarının aktiviteleri sonucu çözülmüş olan fosfor bileşiklerine gereksinme duymaktadırlar.

Ülkemiz topraklarının büyük bir kısmı kireç yönünden zengin, dolayısıyla yüksek pH’ya sahip ve kil minerallerince de oldukça zengindir. Bu tür özelliklere sahip topraklarda bir yandan fosforun diğer yandan da mikroelementlerin bitkilere olan yarayışlılıkları sınırlı olmaktadır.

Gerçekten de topraklarımızın birçoğu bitkilerce alınabilir fosfor bakımından fakir durumdadır. Bu durum optimum bir bitkisel üretim için topraklara fosforlu gübre verilmesini zorunlu kılmaktadır. Topraklara ticari gübre olarak verilen fosfor bitkiler tarafından etkin olarak alınamamakta ve ilave edilen fosforun ancak %15-20’ den faydalanmakta, geri kalan kısmı toprak kolloidlerince tutulmaktadır. Böyle bir durumda topraktaki fosforu bitkiye taşıyabilen ve ortak yaşam kurabilen VA-mikoriza mantarları büyük önem kazanmaktadır. Fosfor ve azotun biyojeokimyasal dönüşümleri aşamasında rol oynayan ve bu dönüşümleri mümkün kılan mikroorganizmaları içeren bir gübre hazırlanması yönünde çalışmalar yapılması ülkemizde sürdürülebilir tarımın gelişmesi açısından faydalı olacaktır.

Sürdürülebilir ekosistemin en önemli anahtarlarından biri olan mikorizaların, öncelikle bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri ve biyolojik kimlikleri yanında, çevre ve insan sağlığı üzerindeki koruyucu özellikleri

nedeniyle yakın bir gelecekte entegre mücadele programlarının vazgeçilmez elemanlarından biri olmaları kaçınılmazdır.

Ekolojik olarak doğal dengenin korunmasında önemli role sahip olan mikorizanın, gelişen teknoloji yardımı ile doğal gübre olarak kullanılması hem kimyasal gübre kullanımını azaltacak hem de daha fazla ve daha kaliteli ürün elde edilebilmesini sağlayacaktır.

Mikorizaların toprakların agregatlaşmasını artırması ve toprakta karbon tutulumunu sağlaması nedeniyle; küresel ısınma, iklim değişikliklerinin önemli olduğu ve araştırmaların bu yönde olması nedeniyle mikorizalar da bu alanda araştırılarak tarım alanlarında mikrobiyal gübre olarak kullanılma ve üretilme olanaklarının ortaya konulmasına ihtiyaç vardır.

Türkiye’de Mikorizanın Durumu

Dünya’da mikoriza ile ilgili araştırmalar 1885’de Frank tarafından mikorizanın tanımlanması ile başlamış ve pek çok bilim adamı tarafından bitki köklerinde ve topraklardan izolasyonla mikoriza cins ve türlerinin tanımlanması yapılmıştır. Birçok ülkede mikoriza mantarları koleksiyonu ile çalışan laboratuvarlar bulunmaktadır. Biyoçeşitliliğin sürdürülmesi ve devamı için pek çok mikoriza üretimine devam edilmektedir.

Bazı temel ve uygulamalı araştırmalar için iyi tanımlanmış ve kalite kontrol parametrelerinin oluşturulmuş olduğu iki merkez kurulmuştur. Bunlardan biri Amerika’da International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM =International Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) bir diğeri de International Bank of Glomeromycota (BEG) Avrupa laboratuvarlarına network ağıyla oluşturulmuş bir organizasyondur .

Mikorizaların saf halde üretiminde saksı kültürlerinde çoğaltılmasının olumsuzlukları nedeniyle son yıllarda monokültür üretim çalışmaları artmıştır. 2001 yılında Belçika’da GİNCO (Glomeromycota In Vitro Collection) kurulmuştur. Canada ‘da Canada Mantar kültür koleksiyonu kurulmuştur. Bunlar Dünya Kültür Koleksiyonu Federasyonuna (WFCC: World Federation of Culture Collections) resmi olarak kayıt olmuşlardır.

Yeni bulunan mikoriza türünün adlandırılması ve teşhisi bu merkezler tarafından kayıt altına alınmaktadır. Bu merkezler pek çok araştırma ve çalışma için mikoriza kültür temin edebilmektedir. Amerika, Hindistan, İtalya, Belçika, Japonya gibi ülkeler mikorizal gübre üretimi ve satışı yapan ülkelerin başında gelmektedir.

Birçok ülkede VA mikorizalardan mikrobiyal gübre üretimi yapılmakta ve bunlar sıvı, granül veya tablet şeklinde ticari amaçlı olarak satılmaktadır.

Türkiye’de mikorizalarla ilgili çalışmalar genellikle mikorizaların aşılama, verim ve bitki besin alımındaki etkileri yönünde araştırmalar şeklinde yapılmış olup; pek çok meyve, turuncgil, tahıl ve sebzelerde mikoriza aşılama yapılarak denemeler yapılmıştır. Ülkemizde üretimi olmadığından yaygın kullanılamamakta, yabancı kaynaklı mikorizalar aşılama materyali olarak kullanılmaktadır. Henüz ülkemizdeki mikorizal kaynakların elde edilmesi ve bunların teşhisi yapılabilmemiş değildir. Ülkemizde mikorizalar ile ilgili ilk çalışmalar 1970’li yıllarda araştırma amaçlı olarak bazı üniversitelerde yapılmıştır. VA mikorizalarla ilgili ülkemizde 1976 yılında Prof. Dr.Kemal GÜR sera koşullarında *G. mosseae* mantar türü ile aşılamanın soğan bitkisinin gelişmesine ve topraktan kaldırdığı fosfor miktarına etkinliğini araştırmış ve soğan gelişimine olumlu etki yaptığını bildirmiştir. Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ Çukurova Üniversitesinde mikorizalarla ilgili pekçok araştırmaya öncülük etmiştir. Farklı üniversitelerde de mikoriza ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Ancak üretime yönelik kendi öz kaynaklarımız kullanılarak elde edilmiş mikoriza içerikli ürünler ülkemizde üretilmemektedir.

Toprak Gübre Ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünde Yürütülen Mikoriza Araştırmaları

Mikorizaların ekosistem içerisinde bitkiler ile yürüttükleri ortak yaşam ve bitki açısından sağladığı yararlar nedeniyle tarım alanlarında, orman alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Dünya’da mikorizal gübrelerin üretilip satışa sunulmasıyla beraber ülkemize de bu gübreler ithal edilerek satılmaya başlanmıştır.

Mikorizanın bitkinin ihtiyacı olan bitki besin elementlerinin topraktan alınmasını sağlaması, toprağın agregatlaşmasına olan olumlu katkısı ve toprakta karbon tutulumundaki rolünün bilinmesi nedeniyle ülkemiz topraklarındaki mikorizal potansiyelin ortaya konulması ve ülkemizdeki doğal populasyonun değerlendirilerek tarıma kazandırılması amacıyla enstitümüzde mikoriza araştırma çalışmalarına 1999 yılında başlanmıştır.

Bu araştırmalarda öncelikle Orta Anadolu topraklarındaki mikorizal populasyon varlığını belirlemek amacıyla 1999-2002 yılları arasında “Orta Anadolu Topraklarında Mikorizal Potansiyel, Mikoriza İle Aşılama Ve Fosfor Uygulamasının Mısır Bitkisinin Gelişimi Ve Fosfor Alımına Etkisi” isimli çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma sonucunda Ankara, Çankırı, Çorum ve Yozgat illerinden alınan toprak örneklerinde VA –mikorizal dağılımı ve bunlara ait enfeksiyon yüzdelerini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada, toprakların doğal mikorizal populasyona (mikoriza spor sayısı ortalama 9-113 adet/10 gr toprak) sahip olduğu ve mikorizal enfeksiyon oluşumu ve enfeksiyon yüzdesi bakımından incelenmek üzere kurulan sera denemesinde kullanılan topraklarda mikorizal populasyonun, soğan bitkisi kökünde enfeksiyon yüzdelerinin % 0-62.6 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Karuç, 2002).

Mikorizanın toprak kirliliğinin azaltılmasında kullanılabilecek olanaklarının araştırılması amacı ile ağır metal kirliliğinde mikorizanın rolü araştırılmış ve yapılan çalışmada mikorizaların yulaf bitkisinde ağır metal alımına etkisini serada mikoriza ile aşıllı ve aşılsız saksılara Cu, Zn, Fe ve Cd metallerini artan dozları uygulanmış; bitki, kök ve topraktaki metal içerikleri analiz edilmiş ve mikoriza ile aşıllı konularda ağır metal içeriği en fazla köklerde bulunmuştur. Yani mikorizalar ağır metalleri bitki kökünde tutarak üst aksamı geçişini engellediği bu çalışma ile ortaya konulmuştur (Dalcı,2002).

Ankara ili topraklarında VA Mikoriza populasyonu, spor izolasyonu ve tanımlanması konusunda yapılmış alan araştırma çalışmasında Ankara ili topraklarında sporların morfolojik olarak mikroskopik incelemesinde *Acaulospora sp.*, *Gigaspora sp.* ve *Glomus sp.* cinslerine ait VAM sporları bulunmuştur. *Glomus* cinsine ait spor popülasyonunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Dalcı, 2009) .

Ülkemiz topraklarında mikoriza tanımlanması amacıyla 2009 yılında sonuçlandırılan çalışmada öncelikle mikorizaların topraktan izole edilerek laboratuvar şartlarında in vitro şartlarda çoğaltılıp, daha sonra tür teşhislerinin genetik analizlerle yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ve 2011 yılında bu projenin devamı şeklinde yeni bir araştırma projesi hazırlanmıştır. Enstitümüzde topraktan izolasyonla seçilen sporların in vitro şartlarda doku kültür ortamında sporlarının çoğaltılması ve mikrobiyal gübre olarak üretilebilmesi çalışmaları sürdürülmektedir.

Enstitümüzde halen VA mikorizalarla ilgili olarak spor sayısı, mikorizal enfeksiyon oranı, mikoriza spor canlılığı tespiti ile ilgili analizler yapılabilmektedir. Yurtdışından ithal edilecek mikorizal içerikli gübre analizlerinin ithalat firmalarının başvuruları üzerine test çalışmaları enstitümüz tarafından yapılmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz topraklarındaki mikorizal gen kaynaklarımız değerlendirilip mikrobiyal gübre olarak üretilmeli ve kullanımları yaygınlaştırılmalıdır. Ülke tarımı ve ekonomisine önemli bir katkı sağlayacak olan bu ürünlerin yurt dışından ithali yerine kendi gen kaynaklarımız değerlendirilerek organik tarıma kazandırılması sağlanmalıdır.

Tarım topraklarımızın ve çevrenin kimyasal gübrelerle kirlenmesinin önlenmesi amacıyla organik içerikli toprağa ve bitkiye faydalı mikroorganizmalar kullanılmalıdır. İthal edilen ürünlerin kontrolü ve içeriğindeki canlı mikroorganizmaların tespiti ve etkinlik testleri için kamu kurumlarında uygun birimlerin oluşturularak test ve analiz çalışmalarının bu birimlerde yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in Naturel Ecosystem. Advanced in Ecological Research, Vol (21): 171 - 313.
- Dalcı, S. 2002 Vesiküler Arbusküler Mikorizanın yulaf (*Avena sativa L*) bitkisinin gelişimi ve bazı ağır metalleri alımı üzerine etkileri. Toprak ve su kaynakları araştırma yaylığı 2002. Genel Yayın no: 121 Sf No:301
- Dalcı, S. 2009. Ankara İli Topraklarında Doğal Vesiküler Arbusküler Mikoriza Populasyonu Dağılımı, Türlerin Teşhis ve PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) ile Tanımlanması .TAGEM- BB-TOPRAKSU-2009/67, Genel Yayın No: 245 Rapor Seri No: R-157.(ANKARA)
- Harley, J.L. 1975. The Mycorrhizal Associations. Encyclopedia of Plant Physiology, Vol:17, p: 148 – 186
- Isaac, S. 1992. Fungal plant interactions. Chapman and Hall, London, UK, p. 418.
- Karuç, K., Dalcı, S. 2002. Orta Anadolu Topraklarında Mikorizal Potansiyel, Mikoriza ile Aşılama ve Fosfor Uygulamasının Mısır bitkisinin Gelişimi ve Fosfor Alımına Etkisi. Toprak ve su kaynakları araştırma yaylığı 2002. Genel Yayın No:121 Sf no:286
- Marschner, H. 1995. Mycorrhizas. Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition), Academic Press. p: 566 - 595.

Mikrobiyal Gübrelerin Mevzuattaki Yeri

Esin MERTOL

Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Bitki Besleme ve Teknoloji Geliştirme Daire Başkanlığı

29.03.2014 TARİHLİ VE 28956 SAYILI RESMİ GAZETE'DE YAYIMLANARAK YÜRÜRLÜĞE GİREN "TARIMDA KULLANILAN ORGANİK, ORGANOMİNERAL GÜBRELERVE TOPRAK DÜZENLEYİCİLER İLE MİKROBİYAL, ENZİM İÇERİKLİ VE ORGANİK KAYNAKLI DİĞER ÜRÜNLERİN ÜRETİMİ, İTHALATI, İHRACATI VE PİYASAYA ARZINA DAİR YÖNETMELİK"

MİKROBİYAL GÜBRELER İÇİN DÜZENLENEN BELGELER:

Üretim İzni

Numune İthalat İzni

İthalat İzni

Lisans Belgesi

Tescil Belgesi

ÜRETİM İZNİ:

Yönetmeliğin 7 inci Maddesi gereği; Bu Yönetmelik kapsamında yer alan hayvansal menşeli ürünler hariç, ürünleri üreterek piyasaya arz edecek firmalar, aşağıdaki belgelerle birlikte Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM)'e müracaat eder.

a) Ek-9' da yer alan Organik Gübre Üretim İzni Müracaat Formu,

b) Üretim prosesi,

c) Sanayi ve/veya Ticaret Odasınca düzenlenen kapasite raporunun firma tarafından onaylı sureti, Sanayi ve/veya Ticaret Odasınca kapasite raporunun düzenlenememesi halinde Ek-7'de yer alan ilgili il müdürlüğünce düzenlenen rapor,

ç) Sağlık Bakanlığı, Mülki İdare Amirliği veya Belediye Başkanlıklarınca düzenlenen Gayri Sıhhi Müessese Açma Ruhsatı Belgesinin veya Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca düzenlenen Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) belgesinin veya ÇED gerekli değildir belgesinin veya 3/10/2013 tarihli ve 28784 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği kapsamı dışında kaldığını belirten yazı veya belge, Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) tarafından düzenlenen yazı veya belge veya Teknoloji Geliştirme Bölgelerinde yer alan firmalar için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca verilen iznin aslı veya onaylı sureti,

d) Ürüne ait analiz sertifikası,

e) Ek-8'de yer alan, üretim tesisine il müdürlüğünce mahallinde yapılan inceleme sonunda düzenlenen uygunluk raporu,

f) Mikrobiyal gübreler için, GKGM tarafından uygulamaya konulan 25/3/2011 tarihli ve 27885

sayılı ResmîGazete’de yayımlanan Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmelik kapsamında yer almadığına dair GKGM’den alınacak yazı,

g) Mikrobiyal ürünler için ülke topraklarının uygunluğu ve verime etkisi amaçlı deneme raporları, Birinci fıkranın (g) bendinde belirtilen yurt içinde yapılacak deneme;

1) Ürünün çalıştığı toprak pH’si, toprak sıcaklığı ve toprak yapısını,

2) Depolama şartları ve süresini,

3) Yurt içi denemenin uygulanacağı uygun toprak besin maddesi içeriğini,

4) Ürünün, uygulandığı bitkiler üzerindeki verime etkisini,

5) Yapraktan uygulanması durumunda buna ait patojen testi dahil uygulanabilirlik raporunu kapsamalıdır.

ğ) Mikrobiyal ürünler dışında kalan ürünler için varsa, ürünün kullanım zamanı, uygulama dozları, kültivasyon işlemleri ve toprak işleme yöntemlerini içeren, ürünün verimliliği üzerine yapılmış denemeler, çalışmalar, testler ve uygulama süresince edinilen deneyimlere ilişkin belgeler.

Üretim iznine müracaat eden firmaların üretim tesisleri gerekli görüldüğünde yerinde incelenir.

Bu Yönetmelik ve eklerinde belirtilen şartlara uygun olarak üretilen/üretilecek ürünlere ait belgeler değerlendirilmek üzere Yetkili Komisyona sunulur. Yetkili Komisyonun kararı doğrultusunda, BÜGEM tarafından üretim izni verilir.

İTHALAT İZNİ:

Yönetmeliğin 8 inci Maddesi gereği; Bu Yönetmelik kapsamında yer alan hayvansal menşeli ürünler dışında kalan ürünlere, ithalat izni düzenlenebilmesi için aşağıdaki belgelerle birlikte BÜGEM’e müracaat edilir.

a) Ek-10’da yer alan Organik Gübre İthalat İzni Müracaat Formu,

b) Proforma fatura,

c) Ağır metal analizini de içerecek şekilde düzenlenmiş son altı aya ait analiz raporunun aslı veya firma tarafından onaylı sureti ile Türkçe tercümesi,

ç) Üretim prosesinin aslı veya firma tarafından onaylı sureti ile Türkçe tercümesi,

d) Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik eki Ek-1’inde yer alan ürünlerin ithalatı sırasında ithalatın yapıldığı ülkeye düzenlenmiş “ihracat sertifikası” veya ithalatın yapıldığı ülkenin yetkili kontrol ve sertifikasyon kuruluşunca düzenlenmiş sertifika,

e) Mikrobiyal gübreler için, GKGM tarafından uygulamaya konulan “Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmelik” kapsamında yer almadığına dair GKGM’den alınacak yazı,

f) Mikrobiyal ürünler için ülke topraklarının uygunluğu ve verime etkisi amaçlı deneme raporları.

Birinci fıkranın (f) bendinde belirtilen yurt içinde yapılacak deneme;

- 1) Ürünün çalıştığı toprak pH'si, toprak sıcaklığı ve toprak yapısını,
- 2) Depolama şartları ve süresini,
- 3) Yurt içi denemenin uygulanacağı uygun toprak besin maddesi içeriğini,
- 4) Ürünün, uygulandığı bitkiler üzerindeki verime etkisini,
- 5) Yapraktan uygulanması durumunda buna ait patojen testi dahil uygulanabilirlik raporunu kapsamalıdır.

Mikrobiyal gübrelerin numune ithalatında öncelikle, yurt içinde ülke topraklarına uygunluğu ve verime etkisi amacıyla deneme için ithalat izni düzenlenir. BÜGEM’ce mikrobiyal gübre için düzenlenen numune ithalat ön izin belgesi; ithalatın yapıldığı gümrük idaresine ve ithalatçı firmaya gönderilir.

Mikrobiyal gübrenin numune ithali, resmi araştırma kuruluşları veya üniversitelerin ilgili bölümleri tarafından öngörülen miktar üzerinden yapılır ve tamamı deneme yapacak kurum/kuruluşa teslim edilerek teslim edildiğine dair yazı BÜGEM’e ibraz edilir. Yetkili Komisyon tarafından uygun görülmesi halinde BÜGEM’ce ithalatın izin belgesi düzenlenir, düzenlenen ithalat ön izin belgesi; ithalatçı firmaya, ithalatın yapıldığı ildeki il müdürlüğüne, gümrük idaresine, TSE’ye ve nihai izin için GKGM’ne gönderilir. GKGM’nce alınan numunelerden bir tanesi bu Yönetmeliğe uygunluğunun kontrolü amacıyla TSE’ye gönderilir. TSE tarafından yapılan analiz sonuçları, nihai izin aşamasında değerlendirilmek üzere GKGM’ne gönderilir.

İHRACAT ÖN İZNİ:

Yönetmeliğin 9 uncu Maddesi gereği; Bu Yönetmeliğe uygun olan veya ürünü talep edenin isteği doğrultusunda hazırlanan ve hayvansal menşeli ürünler dışında kalan ürünlere, ihracat ön izni düzenlenebilmesi için aşağıdaki belgelerle birlikte BÜGEM’e müracaat edilir.

- a) Ek-11’de yer alan Organik Gübre İhracat Ön İzni Müracaat Formu,
- b) Sipariş mektubunun aslı veya firma tarafından onaylanmış sureti,
- c) İhraç edilecek ürün bu Yönetmelik kapsamında düzenlenen tescil belgesine sahip değilse ürüne ait analiz raporunun aslı veya firma tarafından onaylı sureti, tescil belgesine sahip ise tescil belgesinin fotokopisi veya numarası,
- ç) İhraç edilecek ürünün tip ismi, miktarı ve hangi ülkeye ihraç edileceğini, hangi ilden çıkış yapacağını belirtir dilekçe,
- d) İhraç edilecek ürün başka firma adına tescil belgesine sahip ise ürünün yurt içinde piyasaya arz edilmeyeceğine dair taahhüname.

BÜGEM’ce düzenlenen ihracat ön izin belgesi; ihracatçı firmaya, ihracatın yapıldığı ilin il müdürlüğüne ve gümrük idaresine gönderilir.

Gümrük idaresiyle elektronik ortamda veri ve belge paylaşımı sağlayıncaya kadar, ihracatçı firma, ihraç tarihinden itibaren ihracatı tamamlanan miktara ait gümrük beyannamesinin bir suretini BÜGEM’e ve firma merkezinin bulunduğu ildeki il müdürlüğüne ibraz eder.

Ürünlerin ihraç edilmesini müteakip herhangi bir sebeple iade edilmesi halinde, ürünlerin bu Yönetmelik hükümlerine uygunluğu aranır.

LİSANS BELGESİ:

Lisans Belgesi almak için aşağıdaki belgelerle BÜGEM'e müracaat edilir.

Hayvansal menşeli ürünleri üreten veya ithal eden firmalara Lisans Belgesi ve Tescil Belgesi düzenlenebilmesi için, firmalar Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü (GKGM)'nden alınan kayıt belgesinin veya çalışma izni onay belgesinin bir örneğini ibraz ederler.

- a) Ek-12'de yer alan lisans belgesi müracaat formu,
- b) Kayıtlı olduğu meslek kuruluşundan müracaat tarihi itibari ile son altı ay içerisinde alınmış kayıt belgesinin aslı,
- c) Vergi numarası beyanı,
- d) Fason üretimlerde, il müdürlüğünce onaylı fason üretim sözleşmesi,
- e) Firmayı temsile yetkili kişilerin imza sirküleri.

GEÇERLİLİK SÜRESİ 5(BEŞ) YILDIR.

TESCİL BELGESİ:

Tescil Belgesi almak için aşağıdaki belgelerle BÜGEM'e müracaat edilir.

- a) Ek-14'te yer alan tescil belgesi müracaat formu,
- b) Ağır metalleri de içerecek şekilde düzenlenmiş analiz raporu,
- İthal edilen ürünlere tescil belgesi düzenlenmesi aşamasında, TSE tarafından yapılan analize ait belgenin sureti,
- c) Üretim prosesi,
- d) Ek-15'te yer alan formata uygun olarak düzenlenmiş iki adet etiket örneği,
- e) "Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik" eki Ek-1'de yer alan ürünlere tescil belgesi düzenlenebilmesi için Bakanlık tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlarca düzenlenmiş sertifika,
- f) Mikrobiyal gübreler için resmi araştırma kuruluşları veya yetkilendirilmiş özel kuruluşlar tarafından yapılan yurt içi deneme raporu,

GEÇERLİLİK SÜRESİ 5(BEŞ) YILDIR.

******AYRICA, YÖNETMELİK EK-5 TE BİLDİRİLEN AŞAĞIDAKİ BELGELER DE İBRAZ EDİLMESİ GEREKMEKTEDİR.:**

- Mikroorganizma için gerekli pH ve sıcaklık değerleri
- Organizma tür isimleri
- Etkenlik deneme raporu
- Yapraktan uygulanması durumunda buna ait patojen testi dahil uygulanabilirlik raporu

-Kullanılan organizmanın canlılığını muhafaza edebildiği depolama şartları (sıcaklık, nem, v.b.)

ÜRÜNÜN İÇERİĞİ:

Bakteriler, algler ve/veya funguslardan oluşur.

Bakteriler için:

Canlı organizma sayısı (kob/gr veya kob/ml)

Diğer mikroorganizmalar için:

Klorofil a,

Kuru hücre ağırlığı (gr/Kg veya gr/L)

Misel ağırlığı (gr/Kg veya gr/L)

Veya Spor sayısı (adet/gr veya adet/ml)

Yapraktan Uygulanması Durumunda Buna Ait Patojen Testi ve Test Yöntemleri,

No	PATOJEN	Test Yöntemi	Var/Yok
1	Enterobactericea (Total ve Fekal Coliform)	İn-hause	Yok
2	Mycobacterium	İn-hause	Yok
3	Staphylococcus aureus	İn-hause	Yok
4	Bacillus cereus	İn-hause	Yok
5	Bacillus anthracis	İn-hause	Yok
6	Clostridium spp	İn-hause	Yok
7	Clostridium perfiringens	İn-hause	Yok
8	Listeria spp	İn-hause	Yok
9	Staphylococcal Enterotoksin	İn-hause	Yok
10	E.coli	İn-hause	Yok
11	Salmonella spp	İn-hause	Yok

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Mikrobiyal Gübre ve Bitki Koruma Ürünü Olarak Mikroorganizmaların Kullanımı

Ayşe AŞKIN¹

Yunus BAYRAM¹

M. Sena TURABI¹

Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı-ANKARA
(ayse.askin@tarim.gov.tr-yunus.bayram@tarim.gov.tr-sena.turabi@tarim.gov.tr)

GİRİŞ

Dünyada yirminci yüzyılın ikinci yarısında yaşanan hızlı sanayileşme ve nüfus artışına çözüm olarak, birim alandan yoğun girdi kullanımıyla yüksek verim alma ve yeni alanların tarıma açılmasına yönelik politikalar hedef olarak belirlenmiştir. Ancak yüksek verim almak adına yapılan yoğun ve bilinçsiz tarım ilacı/gübre kullanımı toprağın fiziksel yapısının bozulması, toprak canlılığının yitirilmesi, besin maddesi dengesinin bozulması, tuzlanma ve çoraklaşma gibi önemli çevre sorunlarını beraberinde getirmiştir.

Bütün bu sorunlar güvenilir gıda üretimi için sürdürülebilir ve sağlıklı tarım sistemini zorunlu kılmaktadır. Sistem organik atıkların geri dönüşümü, biyolojik gübrelerle toprak rizosferinin güçlendirilmesi, biyopestisit kullanımının yaygınlaştırılması ve tarımsal ekosistemdeki kirleticilerin biyolojik yollarla temizlenmesi yaklaşımlarını esas almaktadır. Bu kapsamda biyolojik gübre ve biyolojik savaş elemanı olarak kullanılabilecek mikroorganizmaların önem kazandığı görülmektedir.

Tohum, bitki yüzeyi veya toprağa uygulandığında atmosferik azotu fikse eden, organik ve inorganik kaynaklardan mineral elementlerin alınabilirliğini artırarak veya sekonder metabolit üretimiyle bitkisel gelişmeyi teşvik eden; rizosferde kolonize olabilen veya bitki dokularına girebilen, canlı mikroorganizmalardan meydana gelen materyale biyolojik gübre (BG) adı verilmektedir (Çakmakçı, 2005).

BİTKİ GELİŞİMİNİ UYARAN KÖK BAKTERİLERİ VE ETKİ MEKANİZMALARI

Topraklarda bakteri, mantar, aktinomiset, protozoa ve alg olmak üzere yaygın birçok mikroorganizma grubu bulunmaktadır. Bu canlıların içinde bakteriler en yaygın olarak bulunan türdür. Serbest yaşayan, toprakta doğal olarak bulunan, bitki köklerinde kolonize olan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik savaş ajanı veya BGD olarak kullanılan mikroorganizmalara bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR-Plant Growth Promotion Rhizobacteria) adı verilmektedir. Dünyanın bir çok bölgesinde, potansiyel kirleticiler olan endüstriyel gübre ve pestisit uygulamalarının azaltılması amacıyla, PGPR'in biyolojik gübre olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu bakterilerin daha çok *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Paenibacillus*, *Arthobacter*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Comamonas*, *Hydrogenophaga*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes variovorax*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Klebsiella*, *Xanthomonas*, *Serratia*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter* gibi genuslarda yer aldığı görülmektedir. Bu genuslar arasında özellikle *Pseudomonas* ve *Bacillus*'lar bitki gelişimini uyarıcı etkilerinin yanı sıra patojenler açısından çok iyi antagonistik özelliklere sahip olmaları nedeniyle de dikkat çekmektedirler. Azot fikse eden bakterilerden *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter* ve *Azospirillum* kök bakterileri kümesinde azot tespit eden kök bakterileri alt kümesini oluştururlar. Bunlar genelde bitki ile penetrasyona dayalı bir etkileşim içinde bulunurlar ve bunların biyokontrol etkileri çok zayıftır.

Bunun yanında bazı *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Trichoderma* funguslarının biyolojik gübre olarak kullanımı üzerine yoğun araştırmalar yapılmakta ve olumlu sonuçlar alınmaktadır (Bora ve Altın, 2005).

PGPR'lerin bitkilerdeki etki mekanizmaları doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. PGPR'ler bitki gelişimini doğrudan ;

- Havadaki serbest azotun bağlanması,
- Farklı bitki hormonlarının sentezi,
- Minerallerin çözülmesi ve

-Bitkilerde hormon seviyelerini ayarlayan enzimlerin sentezi gibi bakteri tarafından üretilen veya çevreden besin maddelerinin alımını kolaylaştıran bir bileşiği bitkiye sağlayarak gerçekleştirmektedirler.

Dolaylı olarak ise;

- Patojen için yararlı olan demirin üretilen sideroforlar yardımıyla sınırlandırılması,
- Antibiyotiklerin üretimi,
- Bitkide sistemik dayanıklılığın uyarılması,
- Fungal hücre duvarlarının üretilen litik enzimler ile parçalanması,
- Antifungal metabolitlerin üretimi ve
- Besin ve yer için rekabet ederek patojenleri önlemek şeklinde olmaktadır.

PGPR'lerin fungal, bakteriyel, viral patojenlere, kök ur nematodlarına ve ayrıca bazı böceklere karşı biyolojik savaş elemanı olarak kullanıldığı ve hastalıkları azaltmada etkili olduğu pek çok çalışmada kanıtlanmıştır. PGPR'ler hastalıkları ürettikleri sideroforlar, antibiyotikler, litik enzimler ve antifungal metabolitler ile önlerler. Ayrıca besin ve yer için rekabet ve bitkide sistemik dayanıklılığın uyarılması hastalıkların ve zararlıların baskılanmasında önemli diğer mekanizmalarındandır (Bora ve Altın, 2005; Güneş ve ark.2012).

Bu mikroorganizmaların bitki sağlığı ve bitki verimi üzerindeki önemleri son yıllarda yapılan birçok çalışma ile gösterilmiştir. Bu çalışmalar sonunda tespit edilmiş bitki gelişimini teşvik eden hem de biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılan mikroorganizmalar Tablo 1 de verilmiştir (Küçük ve Güler, 2009).

Tablo 1. Bitki gelişimini arttıran bazı mikroorganizmaların biyolojik mücadele etmeni olarak kullanımı

Antagonist	Patojen	Konukçu bitki
<i>Rhizobium spp.</i>	<i>Meloidogyne javanica</i>	Mercimek
<i>R. leguminosarum</i>	<i>Orobanche crenata</i>	Bezelye
<i>R. leguminosarum</i>	<i>Fusarium solani f. sp. pisi</i>	Bezelye
<i>R. phaseoli</i>	<i>Fusarium solani</i>	Fasulye
<i>R. meliloti</i>	<i>Fusarium solani</i>	Yonca
<i>Rhizobium spp.</i>	<i>Ascochyta rabiei</i>	Nohut
<i>R. trifolii</i>	<i>Phytophthora sp.</i>	Yonca

<i>Pseudomonas spp.</i>	<i>F. oxysporum f. sp. raphani</i>	Turp
<i>P. fluorescens Q8r1-96</i>	<i>Gaumannomyces graminis var.</i>	
<i>Tritici</i>	Buğday	
<i>P. chlororaphis MA342</i>	<i>Drechslera graminea</i>	Arpa
<i>P. fluorescens VO61</i>	<i>D. avenae</i>	Yulaf
<i>P. putida</i>	<i>Ustilago avenae</i>	Yulaf
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Phythium sp.</i>	Domates
<i>Trichoderma hamatum TR1</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Patlıcan
<i>T. harzianum T1</i>	<i>Phythium ultimum</i>	Fasulye
<i>Trichoderma (Gliocladium)</i>		
<i>Virens GL-21</i>	<i>Fusarium sp.</i>	Hıyar

BİTKİ KORUMA ÜRÜNÜ OLARAK MİKROORGANİZMALARIN RUHSATLANDIRILMASI

Biyolojik mücadele etmeni mikroorganizmaları içeren biyopreparatlar ruhsata tabi olup 25.03.2011 tarih ve 27885 sayı ile Resmi gazete de yayınlanmış olan “**Bitki Koruma ürünlerinin Ruhsatlandırılması Yönetmeliği**” kapsamında Genel Müdürlüğümüzce ruhsatlandırılmaktadır.

Yönetmelik dahilinde Mikroorganizmaları (bakteri, fungus, protozoa, virüs, viroid, vb.) içeren Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması için;

1-AKTİF MADDE

- Genel ve bilimsel adı,
- Sinonimleri,
- Taksonomik pozisyonu (familya, cins, tür, strain, serotip, pathovar veya diğer ilgili isimlendirmeler),
- Mikroorganizmanın depolandığı uluslar arası alanda tanınmış kültür koleksiyonunun ismi ve erişim numarası,
- CAS numarası,
- İmalatçı kuruluşun adı ve adresi,
- Mikroorganizmanın strain seviyesinde yapılmış tanısı ve kullanılan metot/metotlar (en son teknoloji kullanılarak yapılmış),
- Bilinen insan, hayvan ve bitki patojenleriyle akrabalık durumu,
- Mikroorganizmanın ana stoğunun virülensliğini kaybetmemesi için kullanılan metotlar,
- Genetiği Değiştirilmiş Organizma (GDO/GMO) olmadığına dair belge,
- Mikroorganizmanın kendisi ve ilaç olarak kullanımı ile ilgili bilgi,

- i) Orijini ve doğal yayılışı (mikroorganizmanın izole edildiği konukçu bitki, hayvan veya toprak gibi ekosistemler ve coğrafik bölge belirtilmeli),
- j) Mikroorganizmanın doğal ortamından izolasyon metodu,
- k) Etkili olduğu hedef organizma veya organizmalar hakkında bilgi,
- l) Temel etki mekanizması (etki mekanizmasıyla bağlantılı olarak ürettiği ve hedef organizma üzerinde etkisi olan toksin veya toksinler mevcut ise ismi ve toksinin etki mekanizması belirtilmeli),
- m) İlgili olduğu durumlarda mikroorganizmanın hedef organizmayı enfekte etme şekli ve hedef organizmanın hassas dönemleri hakkında bilgi,
- n) Mikroorganizmanın alınma yolu (kontak, solunum, mide gibi) ve mikroorganizma veya metabolitlerinin konukçu bitki içinde yer değiştirip değiştirmediğine ilişkin bilgi,
- o) Mikroorganizmanın hayat çemberi/gelişme dönemleri ile ilgili bilgi (simbiyosis, parazitizm),
- ö) Enfeksiyon potansiyeli, virülensliği, dinlenme dönemleri ile ilgili bilgi,
- p) Minimum, maksimum ve optimum gelişme sıcaklıkları,
- r) Mikroorganizmanın genetik materyalini diğer organizmalara aktarma kabiliyeti olup olmadığına ilişkin bilgi.

2 – FORMÜLASYON

Aktif maddenin veya maddelerin,

– Kimyasal adı (Mikroorganizma içeren aktif maddelerde mikroorganizmanın tam bilimsel adı (strain, serotype, pathovar gibi isimlendirmeleri de içerecek şekilde),

– Yaygın adı,

– Açık ve kapalı formülü.

Formülasyon içeriği,

– Aktif madde miktarı (% saf aktif madde eşdeğeri, sıvılarda g/l, katılarda % aktif madde, mikroorganizmalarda cfu/g, cfu/ml, IU gibi ilgili değer),

– Dolgu ve yardımcı maddeler (genel adlarla miktarı).

3 - GİZLİ REÇETE

4- TOKSİKOLOJİK ÇALIŞMALAR

5-FİRMA BİLGİLERİ

6- DÜNYADAKİ KULLANIM DURUMU

7- BİYOLOJİK ETKİNLİK DENEME RAPORLARI' na ait bilgi ve belgeler istenmektedir.

Bu kapsamda Genel Müdürlüğümüz tarafından dosyalar incelenmekte ve uygun bulunan ürünler biyop-reparat olarak ruhsatlandırılmaktadır. Bu şekilde ruhsat almış ve tavsiye konuları eklenmiş Bitki Koruma Ürünleri Tablo 2 de verilmiştir.

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Tablo 2. Ülkemizde ruhsatlı aynı zamanda bitki gelişimini artırıcı türleri de içeren Biyopreparatlar.

Bitki Koruma Ürünü Adı	Aktif Madde	Firma	Konukçu -Hastalık
SERENADE	<i>BACILLUS SUBTILIS</i> SC QST 713	BASF	DOMATES (sera)- Erken yaprak yanıklığı DOMATES (sera) Kurşuni küf DOMATES (sera) Külleme DOMATES (sera) Toprak kökenli patojenler BİBER (sera) Kurşuni küf HIYAR (sera) Kurşuni küf PATLİCAN (sera) Kurşuni küf KAYISI Monilya KİRAZ Monilya BAĞ Kurşuni küf ELMA Karaleke ARMUT Ateş yanıklığı PATATES Kök Boğazı Nekrozu ve Siyah Sigil
COMPANION	<i>BACILLUS SUBTILIS</i> SC GBO3	HEKİMOĞLU SÖZMEN	DOMATES Fidelik Fide kök çürüklüğü
BİOBAC WP	<i>BACILLUS SUBTILIS</i> Y 1336	ATLANTİK	DOMATES (sera) Kurşuni Küf BAĞ Kurşuni küf KİRAZ Çiçek monilyası ÇİLEK (sera) Kurşuni küf
NOGAL	<i>AGROBACTERIUM RADIO-</i> <i>BACTER STRAIN K1026</i>	BİOGLOBAL	KİRAZ -ŞEFTALİ Kök (kanseri)uru
SUBTILEX TM FO- LIAR	<i>BACILLUS SUBTILIS</i> MBI600	BİOGLOBAL	DOMATES (sera) Kurşuni Küf BAĞ Kurşuni küf
T-22 PLANTER BOX	<i>TRICHODERMA</i> <i>HARZIANUM RIFAI IRK KRL-</i> <i>AG2</i>	HASEL TARIM	PAMUK Fide kök çürüklüğü (<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium spp.</i>) SEBZE Fide Kök çürüklüğü (<i>Rhizoctonia spp</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Sclerotinia spp</i>) DOMATES Kurşuni küf DOMATES Kök çürüklüğü (<i>Rhizoctonia spp</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i>)
ROOTSHIELD GRANULES	<i>TRICHODERMA HARZIANUM</i> (RIFAI IRK KRL-AG2)	HASEL TARIM	HIYAR (sera) Toprak kökenli patojenler(<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium solani</i>)
TRİCHOFLOW	<i>TRICHODERMA HARZIANUM</i> 1X10 ⁸	ENERJİ TARIM	DOMATES Kök çürüklüğü (<i>Rhizoctonia spp</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i>)
REMEDIER	<i>TRICHODERMA ASPELLERUM</i> IRK ICC 012 <i>TRICHODERMA GAMSII</i> IRK ICC 080	TANCAN	DOMATES Fidelik - Fide Kök çür. (<i>Rhizoctonia spp</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Alternaria spp</i>) DOMATES (Sera) - Fide Kök çür. (<i>Fusarium oxysporum</i>) BİBER (sera) Fide Kök çür. (<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Pythium spp.</i>)
CEDRİKS	<i>PSEUDOMONAS FLUORESCENS STRAIN PFI</i>	AGROBEST	BAĞ Kurşuni küf

Firmalar ürününü Mikrobiyal gübre olarak ruhsatlandırmak istediğinde Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü (BÜGEM)' ne başvuru yapmakta, ilgili Genel Müdürlük te Genel Müdürlüğümüzden ürün içeriğinin Bitki koruma ürünü olup olmadığına dair belge talep etmektedir. Bu kapsamda adı geçen mikroorganizmaların bitki koruma ürünü olarak değerlendirilebilmesi için sunulan raporlarda bu mikroorganizmaların patojen mikroorganizmalara karşı etkili olduğunu gösteren araştırma sonuçlarının sunulmuş olması gerekir. Etki mekanizması ve ırkı o ürünün bitki koruma ürünü olarak değerlendirilmesinde önemli unsurlardır.

Uygulamadaki problem Mikrobiyal gübre olarak ruhsatlandırılan ürünlerin çeşitli hastalıklara karşı da iyileştirici etkilerinin olduğu söylenip bitki koruma ürünü olarak kontrolsüz satışlarıdır. Bu kapsamda konunun değerlendirilip çözüm yolu bulunması faydalı olacaktır.

Konu ile ilgili olarak Şubat 2014 Bitki Koruma Ürünleri Ruhsat Komisyonunda "Hem biyolojik mücadele ajanı, hem de mikrobiyal gübre olarak kullanılabilen mikroorganizmaların BKÜ olarak kullanılmamaları şartıyla, mikrobiyal gübre olarak tescil edilmek isteniyorsa kendi mevzuatınca değerlendirilmesi komisyonumuzca uygun görülmüştür" ara kararı alınmıştır.

Bu görüş BÜGEM 'in 29.03.2014 tarih ve 28956 sayı ile Resmi gazetede yayınlanmış olan yönetmeliğin taslak aşaması sırasında Üretim izni, madde 7 "**Mikrobiyal gübreler için, GKGM tarafından uygulamaya konulan 25/3/2011 tarihli ve 27885 sayılı resmi Gazete' de yayımlanan Bitki koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmelik kapsamında yer almadığına dair GKGM' den alınacak yazı**" konulu f bendi ile ilgili olarak, "Biyolojik mücadele etmeni ve Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilen mikroorganizmaların BKÜ olarak kullanılmamaları şartıyla Mikrobiyal gübre olarak tescil etmek isteniyorsa kendi mevzuatınca değerlendirilmesinin uygun olacağı görüşünde olup, bu bağlamda Mikrobiyal gübrelere konu olacak Mikrobiyal ürünler için Genel Müdürlüğümüzden pestisit olmadığına dair belgenin alınması gerekli görülmemektedir. Mikrobiyal içerikli gübre etiketlerinde görünür ve dikkati çeken şekilde kırmızı renkte büyük puntolarla "Bu ürün bitki koruma ürünü değildir" ifadesinin yer alması uygun olacaktır" şeklinde ilgili Genel Müdürlüğe bildirilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİ

Mikrobiyal gübrelerin etiketinde BK ürünü olarak ifade bulunmamasına rağmen firmalarınca veya satış noktalarında sözlü olarak bu ürünün birçok zararlı organizmayı kontrol altına aldığına dair ifadeler kullanıldığı gözlenmekte olup, Bakanlığımızca yapılacak eğitim çalışmalarında ve satış noktalarındaki denetimlerde konuya ağırlık verilmesi ve gerekli uyarılarda bulunulmasında fayda görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Altın, N ve T. Bora. 2005. Bitki Gelişimini uyaran kök bakterilerinin özellikleri ve Etkileri. Anadolu J. Of A ARI. 15(2), 87-103 MARA.
- Çakmakçı, R. 2005. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. Atatürk. Üniv. Zir. Fak. Derg. 36(1), 97-107, 1300-9036.
- Güneş, A., M.Turan, F.Şahin ve K. Haliloğlu. 2012. Organik Tarımda Biyogübrelerin Kullanımı. traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/2J7CIFof-16122012-31.pdf
- Küçük, Ç ve İ. Güler.2009. Bitki gelişimini teşvik eden bazı Biyokontrol Mikroorganizmalar. Elektronik Mikrobiyoloji dergisi TR. 07/1. 30-42. [www. Mikrobiyolojiorg/pdf/702090103.pdf](http://www.Mikrobiyolojiorg/pdf/702090103.pdf)

Laboratuvarcı Gözüyle Mikrobiyal Gübre

Gülcan AYDIN

Düzen - Norwest Gıda ve
Çevre Laboratuvarları

Dünyada havayı, suyu ve toprağı kirletmeksizin, erozyonu, toprağın tuzlulaşmasını, diğer hastalık ve zararlıların etkisini en aza indirecek tarımsal tekniklerin geliştirilmesine her geçen gün duyulan ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayacak, doğaya dost üretim metodu “Organik Tarım” olarak nitelendirilmektedir.

Organik tarım, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen ve üretimde kimyasal girdi kullanılmadan, üretimden tüketime kadar her aşaması kontrollü ve sertifikalı tarımsal üretim biçimidir.

Mikrobiyal gübre bu amaçla kullanılabilecek ürünlerin başta gelenlerindendir. Bünyesinde birçok kimyasal barındıran gübreler yerine organik gübreler ve mikrobiyal gübrelerin kullanımı yer almaya başlamıştır.

Bitki için gerekli olan bitki besin maddelerinin sağlanmasında ve biyolojik yolla yarayışlı hale gelmesinde rol oynayan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonları “MİKROBİYAL GÜBRE” olarak adlandırılır.

Mikrobiyal gübreler başlıca topraktaki biyolojik aktivitenin artırılması ve allelopatik kimyasalların parçalanması; topraktaki besin elementlerinin miktarının artırılması, azot fiksasyonu, bitki büyüme faktörü hormonların (IAA ve sitokinin) üretilmesi, toprakta minarel olarak bulunan fosfat kayalarının iyonizasyonu, bitkilerde gelişimi engelleyen veya bitkilerde verim kaybına neden olan patojen etmenlerin engellenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Mikroorganizmaların bitki gelişimi ve kalitesinde yaptıkları etki ise doğrudan ve/veya dolaylı olmak üzere iki grupta açıklanmaktadır.

Doğrudan mekanizmalar, biyolojik azot fiksasyonu, oksinler, gibberalinler, sitokininler gibi bitkisel hormonların üretilmesi, çevresel stresi azaltma, bakteri-bitki ilişkisinde uyum, inorganik fosforun çözünürlüğünün artırılması ve organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu, siderofor üretimi yoluyla demir alımının artırılması ve diğer bazı iz elementlerin oranında artış sağlama, vitamin sentezi, kök geçirgenliğini artırma etkilerini içermektedir. Dolaylı olarak da antibiyotik üretimi ile hastalıkları azaltan biyokontrol ajanları olarak rol almaları, değişik organik bileşiklerle kirlenmiş olan topraklarda engelleyici ksenobiyotikleri parçalayarak bitkileri korumaları sayılabilir.

Mikrobiyal Gübrelerin İçeriğinde Bulunan Başlıca Mikroorganizmalar

Rhizobium spp. : Bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementlerinden birisi azottur. Azot tüm bitkilerin önemli yapısal unsurlarının bileşimi olarak kabul edilen proteinin yapı taşı olmakla birlikte, klorofil, enzim ve vitaminlerinde yapısında yer alan önemli bir besin elementidir. Atmosferde %78 oranında bulunan azotu doğrudan bitkilerin faydalanabileceği forma dönüştüren mikroorganizmaların başında Rhizobiumlar gelir. Baklagil bitkilerinin köklerinde, nodozite adı verilen küçük yumrucuklar içinde yaşayarak simbiyotik azot fiske eden en önemli bakteri grubunu oluştururlar. Rhizobium, Bradyrhizobium, Mesorhizobium, Sinorhizobium cinslerini içerir.

Bradyrhizobium japonicum

Rhizobium leguminosarum

Rhizobium meliloti

Rhizobium phaseoli

Rhizobium lupini

Rhizobium trifolii

Azospirillum spp: Bitki büyümesini arttıran mikroorganizmalar arasında yer almaktadır. Azospirillum'un bitki büyümesindeki etkileri bitkinin gelişimindeki artış, kök sisteminin güçlendirilmesi, patojenlerin gelişiminin engellenmesi şeklindedir.

A.lipoferum

A.brasilense

Trichoderma spp : *Trichoderma spp.* bitki hastalık etmenlerine karşı etkili olmaktadır. Bitki kök yüzeylerine kolonize olarak bitki metabolizmasında da değişikliklere neden olmaktadır. Bitki patojenlerinin gelişimlerini engelleyerek hastalığı azaltması, hormon benzeri metabolitler üretmesi, toprak veya organik maddeden besinleri çözebilmesiyle bitki gelişiminde önemli rol oynamaktadırlar.

T. harzianum T22

T. atroviride P1

Pseudomonas spp : En temel özellikleri bitki patojenlerinin bastırılması ile meydana gelen antagonizm mekanizmalarıdır. Floresan Pseudomonadların toprak kökenli fungal patojenleri baskı altına almasının nedeni; hedef patojene karşı rekabet edebilme güçlerinin fazla olması; patojene karşı bitkiye sistemik dayanıklılık kazandırmaları; mikolitik enzime sahip olmaları ve antibiyotik veya siderefor gibi metabolitleri üretmelerindendir. Demir elementinin düşük çözünebilir özelliği nedeniyle anaerobik koşullar altında bitkiler tarafından kullanımı oldukça sınırlıdır. Bitkinin kök bölgesinde bulunan birçok mikroorganizmanın metabolik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan ve siderefor adı verilen demir elementi içerikli birincil metabolik atıklar, bitkiler tarafından besin elementi olarak kullanılırlar. Aynı zamanda Pseudomonadlar tarafından üretilen sideroforlar, fungal patojenlerinin spor çimlenmesi için gerekli olan demiri bağlayarak çimlenmeyi önlemektedir. Böylece patojenler daha zor bir şekilde enfeksiyon oluşturmaktadır. Günümüzde floresan pseudomonadlar, gerek biyolojik kontrol etmenleri olarak gerekse bitki gelişimini teşvik edici bakteriler olarak büyük ilgi görmektedir ve bu konuda birçok çalışma yapılmaktadır

P. fluorescens

P. fluorescens CHAO

P. fluorescens 113

P. putida

Pseudomonas aeruginosa 7NSK2

P. chlororaphis 1-112

Glomus spp. : Arbuskuler Mikoriza'nın, bitkiye mineral besinleri ve özellikle fosforu sağladığı, su alımını arttırdığı bilinmektedir. *Glomus spp.* Arbuskuler Mikoriza'nın en çok çalışılan üyesi olmakla birlikte, sadece bitkiye besin maddesi sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda bitkiyi hastalıklardan da korumaktadır.

Glomus intraradices

Glomus fasciculatum

G. etinicationum

Bazı alg ve funguslar

Aspergillus

Penicillium

Mavi-Yeşil algler

Ayrıca bitki gelişimini teşvik eden bakteriler Serratia, Burkholderia, Agrobacterium, Erwinia, Xanthomonas, Bacillus, Enterobacter, Alcanigenes, Arthrobacter, Acetobacter, Acinetobacter, Achromobacter, Aerobacter, Artrobacter, Azotobacter, Clostridium, Klebsiella, Micrococcus, Rhodobacter, Rhodospirillum ve Flavobacterium cinslerindeki ırkları da içermektedir.

Mikrobiyal Gübrenin Mevzuatlardaki Yeri

Şuanda kullanılmakta olan gübrelerin uygunluk değerlendirmesi “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler Ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli Ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı Ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik” kapsamında yapılmaktadır. Bu yönetmeliğin Mikrobiyal Gübre ile ilgili değerlendirmeleri ise EK-5’e göre yapılmaktadır.

Ek - 5

NO	Ürünün Tip İsmi.	Mikrobiyal gübrenin tanımı	Ürünün içeriği	Ürüne ait pH ve diğer istenen bilgiler	Etiket üzerinde beyan edilmesi gereken zorunlu içerik 1
1	Mikroorganizma içeren gübre	Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri ile ilgili hayati faaliyetlerini yürütebilmeleri için gerekli olan besin elementlerinin sağlanmasında rol oynayan mikroorganizmaların ticari formülasyonlarıdır.	-Bakteriler, algler ve/veya funguslardan oluşur. Bakteriler için: Canlı organizma sayısı (kob/gr veya kob/ml) Diğer mikroorganizmalar için: Klorofil a, Kuru hücre ağırlığı (gr/Kg veya gr/L) Misel ağırlığı (gr/Kg veya gr/L) veya Spor sayısı (adet/gr veya adet/ml)	* Mikroorganizma için gerekli pH ve sıcaklık değerleri -Organizma tür isimleri -Etkenlik deneme raporu -Yapraktan uygulanması durumunda buna ait patojen testi dahil uygulanabilirlik raporu -Kullanılan organizmanın canlılığını muhafaza edebildiği depolama şartları (sıcaklık, nem, v.b.)	- Kullanılan mikroorganizma/mikroorganizmaların isimleri - Canlı mikroorganizma miktarı - Kullanılan mikroorganizmanın canlılığını muhafaza edebildiği uygun depolama şartları (sıcaklık, nem, ışık) ve süresi - Kullanım zamanı, dozu ve şekli -Ürünün çalıştığı toprak pH sı, toprak sıcaklığı ve toprak yapısını,

MİKROBİYAL GÜBRE

Ürün içeriğinin tespiti amacıyla kullanılacak analiz metotları yönetmelik ekinde belirtilmiş olup, toplam bakteri parametresi için öngörülen metot Countplate agar veya TS 4109 analiz yöntemi olarak belirtilmiştir. Count plate agar numunedeki toplam bakteri yükünün hesaplanmasını hedef alırken TS4109 Rhizobium türlerinin sayımına yöneliktir.

Bunun yanı sıra yönetmelikte geçen diğer gübre tiplerinde ve ilgili parametrelerinde belli sınır değerler belirtilmiş olmasına rağmen mikrobiyal gübrelerle dair herhangi bir limit ve değerlendirme ölçütü belirtilmemiştir. Böyle bir ölçütün olmayışı ürün kalitesi ve güvenliği açısından sorunlar doğurabileceği düşünülebilir.

Çeşitli kaynaklarda da dikkat çekildiği üzere, ürünün kalite yönetimi çok önemlidir. Özellikle gübre müşterileri lehine, sürekli olarak mikrobiyal ürünlerin kontrolünün yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Genel bir sorun olarak, etkin bakteri düzeylerinin türden türe değişkenlik göstermesinden ötürü bu değerlerin standardize edilemeyeşinin yanı sıra, canlı hücrelerin tespitinin ürünün kalite kontrolü açısından önemine dikkat çekilmiştir. Öte yandan inokulantlardaki bakteri sayılarını belirlemek için kullanılan kalite kontrol yöntemlerinin de standardize olmayışı belirtilmektedir. Aşılama ürününün kalite kontrolü, pazar gücüne ve üreticinin takdirine bırakılmış durumdadır.

Bunun yanında canlı organizma sayısının belli bir değerde olması ve bunun laboratuvarlarca analiz edilmesi, gübredeki mikrobiyal yük hakkında bir fikir sahibi olmamıza yol açsa da hedef mikroorganizmalar hakkında yorum yapmamıza yardımcı olmayabilir. Hedef bakteri sayımına yönelik değil de toplam bakteri yüküne yönelik analizler yapmak gerçekten amaca yönelik midir? Tespit edilen bakteriyel yükün gerçekten beyan edilen bakteriye mi ait olduğunun analiz edilmeyişi belirsizliği neden olabilir.

Biyogübre üretiminde öncelikli olarak ana kültürün kalite kontrolleri yapılmasının gerekliliği birçok yayında vurgulanmaktadır. Mikroorganizmaların gelişme durumu, saflık kontrolü ve mikroskopik kontrolleri yapılacak analizlerin başında gelmektedir. Ayrıca ana kültürlerden ürün elde edilmesinin ardından biyogübrenin mevcut mikroorganizmaları içermesi ve son ürün ile aynı mikroorganizmaları içermesi yönünden kontrol noktalarının belirlenmesinin önemi vurgulanmaktadır.

Bu amaçla toplam bakteri sayımı yapmanın yanı sıra, üreticilerin beyan ettikleri mikroorganizmalar ile ürünün içindekilerin uygunluğunun test edilmesi ya da herhangi bir kontaminasyonun söz konusu olup olmadığı yönünden incelenmesi daha anlamlı olabilir. Bu uygunluğun kontrolü amacıyla ürünün içeriğinde olduğu öne sürülen bakterilerin cins ve tür ayırımına gidilmesi özellikle İthal ürünler sebebiyle gübre kullanıcılarının mağdur olmaması adına etiket ile içerik uygunluğu gösterilmesi daha faydalı olabilir.

Aynı şekilde gübrenin içeriğini oluşturan mikroorganizma türlerine yönelik canlılık tespiti ve bu mikroorganizmaların sayısal oranlarının analiz edilmesi daha işlevsel olabilir.

Bu nedenlerden ötürü örneğin gübre içeriğinde yer alan bakteri Rhizobium bakterisi olduğunda yönetmeliğin öngördüğü şekilde "TS 4109/Şubat 1984 Mikrobiyal Gübreler- Nodozite Bakteri Kültürleri (NBK)" standardına uygun şekilde bakteri sayımı yapılabilir.

Standartta belirtildiği üzere Nodozite Bakteri Kültürleri(NBK) bir gramındaki bakteri sayısına göre orta, yeterli ve çok yeterli olmak üzere 3 dereceye ayrılır ve bir gramdaki canlı nodozite bakteri sayısı imalat sırasında 10^8 'den piyasa arzda 10^7 'den az olmamalıdır. Piyasaya arz edilen NBK'ların 1g'ında orta dereceliler için 10^7 - 10^8 arasında canlı nodozite bakterisi bulunmalıdır. Bu şekilde bir değerlendirme ölçütünün varlığı, gübrenin işlevselliğini yorumlamaya yardımcı olmaktadır.

Yönetmelik Rhizobium bakterilerinin analizine yönelik yönlendirmeler yaparken diğer mikroorganizma türlerinin analizleri için herhangi bir yönlendirme yapmamaktadır. Farklı bakteriler ve risk oluşturabilecek patojenler için kriterler getirilmesinin yönetmeliği daha kapsamlı hale getireceği yönünden düşünülebilir.

Bunun yanında gübre içeriğindeki hücrelerin hayatta kalma süreleri, sıcaklık koşulları, nem durumu, pH değerleri, saflık gibi yönlerden kontrollerin yapılması konusu irdelenebilir. İnokulantların kalitesini sınırlayıcı bu faktörlerdeki değişimler ürünün performansını etkileyeceğinden stabil kalma durumları yönünden önemlidir.

Mikrobiyal gübreler için yapılan güvenlik ve kalite çalışmaları insanlar, hayvanlar ve bitkiler için patojen olmayan mikroorganizmaların kullanılmasını öngörmektedir. Bu amaçla içeriğindeki toprak kökenli faydalı mikroorganizmaların yanı sıra toprak patojenlerinin bulunup bulunmadığının araştırılmasının gerekliliği yönünden de irdelenebilir. Bunlar güvenlik açısından değerlendirilmelidir. Mevcut yönetmelikte bu patojenlere dair herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Bu yönden analizlerin de yapılması gübre üretimindeki güvenlik düzeyi ve ürün kalitesinin artmasına yardımcı olacağı öngörülebilir.

Biyogübre içeriğindeki mikroorganizmalar ile gübre kullanıcılarının ihtiyaç duydukları diğer yararlı suşlar arasında herhangi bir uyumsuzluk olup olmadığı hakkındaki bilgiler ile ayrı ayrı üretilmiş olsalar dahi içerikte kullanılan tüm mikroorganizmaların birbirleri ile uyumlu olduğu bilgisinin tercihen etiket üzerinde görünür bir şekilde belirtilmesi gerektiği çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir. Ülkemizde kullanılan yönetmelikteki esaslar doğrultusunda etiket beyanlarına bu bilginin eklenmesinin gübre kullanıcıları açısından daha bilinçli bir yaklaşım doğuracağı düşünülmektedir.

Kurumumuz Düzen Norwest Çevre, Gıda ve Veteriner Sağlık Hizmetleri Eğitim Danışmanlık Ticaret A.Ş. bünyesinde, gübre analizleri konusunda birçok alanda hizmet verilmektedir. Yürürlükte olan yönetmelik kapsamında geçen “Canlı organizma sayısı (kob/gr veya kob/ml)” analizi hizmet panelimizde yer almaktadır. Ayrıca yönetmelikte analizler için öngörülen “TS 4109/ Şubat 1984 Mikrobiyal Gübreler- Nodozite Bakteri Kültürleri (NBK)” standardı doğrultusunda Rhizobium bakterisinin sayımlarını da yapmaktayız.

Yönetmelikte yapılacak düzenlemeler doğrultusunda eklenecek parametreler olması halinde, panelimizi bu doğrultuda geliştirerek hizmet vermeye hazırız.

KAYNAKLAR

Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler Ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli Ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı Ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik

TS 4109/ Şubat 1984 Mikrobiyal Gübreler- Nodozite Bakteri Kültürleri (NBK)

http://aci.gov.au/files/node/14200/mn147_practical_methods_for_the_quality_control_o_13633.pdf

<http://www.n2africa.org/sites/n2africa.org/files/images/Isaac%20Balume%20MSc%20thesis%20UoN.pdf>

http://www.fnca.mext.go.jp/english/bf/bfm/pdf/5_Quality_Control0403.pdf

<http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/2J7CIFof-16122012-31.pdf>

<http://dergi.omu.edu.tr/omuanajas/article/viewFile/1009002417/1009001761>

http://aci.gov.au/files/node/14200/mn147_practical_methods_for_the_quality_control_o_13633.pdf

<http://eskisite.mikrobiyoloji.org/pdfler/702090103.pdf>

http://www.agri.ankara.edu.tr/ferops/10067_1380308982.pdf

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Gübre Üreticileri, İthalatçıları ve İhracatçıları Derneği

Levent GELGEÇ

Gübre Üreticileri, İthalatçıları ve İhracatçıları Derneği Başkanı

Derneğimiz Hakkında;

Derneğimiz 2003 yılında Antalya’da kurulmuştur. Sektörde faaliyet gösteren Türkiye çapında seçkin 75 üyesi bulunmaktadır.

Derneğimizin Amacı;

1. Gübre üretim, ithalat ve ihracatında uluslararası standartları ölçü alan politikalar izlemek.
2. Başta Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı olmak üzere tüm resmi kurumlar ile üyelerimiz arasında köprü olmak.
3. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nın AB uyum sürecinde yayımladığı yasa ve yönetmeliklere sektörün adaptasyonunu sağlamak ve her türlü tedbirleri almak. Üyelerin teknik bilgi düzeyini yükseltmek ve onları sürekli bilgilendirmek.
4. Bitki besleme konusunda çiftçileri, bayileri ve üyeleri eğitim yoluyla bilgilendirmek ve bu amaçla toplantı, seminerler ve eğitim çalışmaları yapmak.
5. Dernek üyelerini her türlü haksız rekabetten korumak.

MİKROBİYAL GÜBRELERİN ÜRETİM, İTHALAT VE TESCİL AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

A) Mikrobiyal gübreler ithal edilmeden veya üretilmeden önce Gıda Kontrol Müdürlüğü’ne başvuru olarak ürünün Biopestisit olmadığına dair yazı alınması gerekmektedir.

1- Gıda Kontrol Müdürlüğünün Komisyonu ayda bir toplanmaktadır. Öncelikle zirai ilaçlarla ilgili konular görüşülüp vakit kalırsa bu konuyla ilgili değerlendirme yapmaktadırlar. Şayet vakit yeterli olmaz ise konu bir sonraki aya kalmaktadır. Bu şekilde 1 veya 2 ay zaman kaybedilmektedir. Gıda Kontrol Müdürlüğünce zaman zaman karar verilemeyip ürünün yurt dışındaki orijinal etiketi istenmektedir.

2- Bazı bakterilerin, hem mikrobiyal gübre özelliği hem de biopestisit özelliği olabilmektedir. Böyle bir durumda, bu tip güzide ürünler mikrobiyal gübre olarak tescillenememektedir. Gıda Kontrol’den ürünün biopestisit olduğuna dair görüş talep edilmesinin kaldırılması gerekmektedir. Zira yeni denetim yönetmeliğimiz gereği mikrobiyal gübrelerin etiketinde, broşüründe ve firmanın internet sitesinde biopestisit ile ilgili bir ibare var ise firmaya ceza uygulanmaktadır. Dolayısıyla görüşe gerek olmadığı kanaatindeyiz.

B) Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü’nün görüşünden sonra ürün için BÜGEM’e başvurulmaktadır. Bu sefer de BÜGEM kurulunun görüşü istenmektedir. Kurul ayda bir toplandığı için bir ay da burada kaybedilmektedir. Tekrar, ikinci defa ikinci bir kurulun görüşüne gerek olmadığını düşünüyoruz. Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü görüşü yerine BÜGEM’in genel kurulunda mikrobiyal gübreler ile ilgili, konusunda uzman kişiler bulunmaktadır. Bu kişiler ürünün mikrobiyal gübre olduğuna dair raporu daha kolay verebilecektir.

C) Şayet BÜGEM danışma kurulu olumlu sonuç verir ise deneme numunesi getirmek için ön ithalat izni verilmektedir. Bu deneme izni için deneme yapılacak olan üniversiteden, numunenin kaç kg getirilmesine

dair yazılı görüş istenmektedir. Ürünün dozu ve deneme yapılacak alan belli olmasından dolayı ithal edilecek miktar bellidir. Tekrar görüş istemeye gerek olmadığını düşünüyoruz.

D) Daha sonra ürün, etkinlik denemesi için üniversite veya araştırma enstitüsüne gönderilmektedir ve bu konuda çeşitli aksamalar olmaktadır;

1- Denemeler yaklaşık bir yıl sürmekte ve bir yıl kaybedilmektedir. Bu denemeler ayrıca ciddi masrafa sebep olduğundan zaten pahalı olan bu ürünlerin fiyatını daha da arttırmaktadır.

2- Yurtdışı deneme sonuçları kabul edilmemektedir. Bu denemelerin kabul edilmesi gerektiğini düşünüyoruz.

3- Ürün mısır bitkisinde denenmiş ise sadece mısır baz alınmakta ve diğer ürünlerde kullanım için ayrıca deneme istenmektedir. Yüzlerce bitki türü için deneme mi yapılması gerekir? Bizce bir üründe denenip diğer bitki türlerine de tavsiye edilmesi gerekmektedir.

4- Deneme sonucu olumlu çıksa bile tekrar kurula gidilmektedir. Tekrar kurula gidilmesine gerek olmadığını düşünüyoruz.

E) 29.03.2014 tarih ve 28956 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yeni “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik” kapsamında 2015 Haziran ayına kadar “tüm tescil belgeleri yeni yönetmeliğe uygun hale getirilecektir” denmektedir. 2012 yılında tescil alınan bir ürün için tekrar deneme istenmektedir. Bu durum masraf ve zaman kaybına yol açacaktır. Bu tip ürünlerde tekrar deneme istenmemesi gerektiğini düşünüyoruz.

F) Zaman zaman virüsten ari olduğuna dair bir rapor istenmektedir. Zirai karantina hastalık analizi yaptığı için bu rapora gerek olmadığı düşüncesindeyiz.

Şayet her şey yolunda gider ise ürüne nihai ithalat izni verilmektedir.

G) Gümrük işlemleri: ithal edilecek olan mikrobiyal gübre gümrüğe gelince 2 ayrı grup numune alınmaktadır. 1. Grup TSE’ye, 2. grup ise hastalık analizi için Zirai Karantina’ya gitmektedir.

1- Bu analizler, minimum 30 gün olmakla beraber ortalama 45 gün sürmektedir. Bu süre zarfında ürün gümrükte beklemekte ve ciddi oranlarda ardiye ve demuraj masrafları oluşmaktadır.

2- Mikrobiyal gübrede ağır metal analizi istenmektedir. Bu tip gübrelerde ağır metal bulunmamaktadır. Bu analize gerek olmadığını düşünüyoruz.

3- Tüm sonuçlar olumlu çıkınca, bu sonuçlar Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü’ne ulaştırılmaktadır. Nihai iznini Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü vermektedir.

Mikrobiyal gübreler son derece yararlı, kalıntı bırakmayan ürünler olup verim üzerinde önemli etki yaratmaktadır. Özellikle son yıllarda oluşan ciddi kuraklık sonucu yer altı su rezervimiz kişi başına 1400 lt’nin altına düşmüştür. Mikorizalar gibi mikrobiyal gübreler daha az sulamaya imkan vermektedir. Bu nedenlerle bu ürünlerin mutlak ve mutlak desteklenmesi gerektiğini düşünüyoruz. Şayet bu kadar zorlukları uygulamaya devam edecek olursak söz konusu bu ürünler gelişemez. Zira şu anda 1 veya 2 üretici ve 4 ithalatçı olması bunun bir göstergesidir. Bu tip ürünlerin üretim, ithalat ve tescil işlemleri kolaylaştırılıp önlerinin açılması ülkemiz tarımı için son derece önemlidir.

Mikoriza'nın Türkiye'de Tanıtımı

Ahmet Ünlü

ODC Yapı Enerji ve Tarım Ürünleri Ltd.Şti.

Mikoriza Hakkında

Kelime anlamı “mantar-kök” olan Mikoriza, bitki gelişim döneminde kök korteks dokusuna yerleşen faydalı mantarlar ile bitki kökleri arasında oluşan ortak yaşamı (simbiyotik) ifade eder. Bu ilişkide mantarlar bitkiden karbon alır, bitki ise mantarların topraktan alarak bitkiye taşıdığı makro ve mikro besin elementleriyle suyu dengeli kullanır.

Ekto ve Endo olarak iki tür mikoriza vardır. Endomikoriza kökün içinde korteks hücrelerinde yayılır, vesikular (depolama organı) ve arbuskular (besin taşıyıcı kollar) oluşturarak kökün etrafında koloni halinde genişler. Shubhodaya endomikorizal etkide bulunan faydalı bir mantardır.

Mikoriza 200 yıldan beri bilinmekte ve geliştirilmektedir. Doğal ortamlarında mikoriza tüm bitkilerle ilişkiye girebilir; kuru ve ormanlardaki bitkilerin gübre veya herhangi bir destek ürünü olmadan gelişmesi ve sağlıklı biçimde yaşaması mikorizaların etkisini göstermektedir.

Mikoriza VAM Neden Kullanılmalıdır

İnce kökler ve kök tüyleri topraktaki besin maddelerini bulur ve alırlar; ancak onlara göre daha küçük ve mikroskobik boyuttaki mikorizal hifler bu işlevi çok daha iyi yapabilmektedir. Kılcal köklerin bile giremediği porlardaki besin ve suyu bitkiye taşıyarak bitki beslenme alanını genişletmiş olurlar. Böylelikle kimyasal gübre kullanımında da tasarruf sağlarlar.

Kök iletkenliği sayesinde, bitki besin maddeleri alımı P, N, Ca, K, Cu, Mb, Mg, Zn ile suyun alımı, toprak tuzluluğu ve kurak koşullar gibi patojen kaynaklı olmayan stres koşullarına dayanıklılık ile; bitki kök ve yeşil aksam morfolojisinde olumlu değişimler, erken ve yoğun çiçeklenme, yaşlanmanın gecikmesi ve vejetasyon süresinin uzaması gibi verime yansıyan parametreler ve toprak kaynaklı patojen ve hastalıklara karşı koruma sağlar.

Mikoriza Seçiminde Önemli Kriterler

Dünya’da son yıllara kadar mikoriza konusunda yapılan pek çok çalışma yanlış yaklaşımlar, hatalı üretim teknikleri ve eksik uygulamalar sebebiyle başarısız olmuştur.

Örneğin, seralarda yapılan geleneksel üretim şekli (in-vivo), mikorizanın kütsel çoğaltımını ve ürünün saflığını negatif anlamda etkilemektedir. Bu şekilde üretilen mikoriza, steril olmadığından kök kaynaklı patojenleri taşımakta, bitkiye zarar verebilmekte ve kök hastalıklarına sebep olabilmektedir.

Ayrıca yapılan araştırmalar, farklı toprak yapılarında farklı mikoriza türlerinin etkin olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, mikoriza türlerinin bitkiler üzerinde farklı sonuçlar doğurduğu ve etkinlik düzeyinin değiştiği gözlemlenmiştir.

Dolayısıyla dünyanın her yerinde ve her türlü bitkiyle simbiyotik yaşam kurabilecek ve steril koşullarda (in-vitro) üretilmiş mikoriza ürününü çiftçiye sunabilmek önem kazanmaktadır.

Halen ithalatını yapıp Türk çiftçisine tanıtmaya çalıştığımız Shubhodaya isimli mikoriza, Glomus mikorizal mantarının üç farklı türünden oluşur. Bunlar sulu ortamlarda, kurak ortamlarda ve Ph seviyesi 4 – 9 arası topraklarda yaşayan ve etken olan, genetiği oynanmamış türleridir. Bu türler, uluslararası patente haiz bir teknolojiyle üretilmektedir. Bu teknoloji, mantar sporlarının çapraz kirlenme olmadan saflığını koruyarak üretilmelerini sağlamaktadır. Üretim, modern laboratuvarlarda, steril koşullarda ve katı kalite kontrol standartlarında yapılmaktadır. İthalat ve satışını yapmakta olduğumuz ürün, mikorizal mantar ve uygulamasını kolaylaştırıcı çeşitli dolgu ve taşıyıcı maddelerden oluşmaktadır. Shubhodaya mikorizal biyogübre seralarda geleneksel yöntemlerle üretilen mikorizayla karşılaştırıldığında; patojen içermediği, üretim miktarında ve üretim tarihinde kısıtlama olmadığı, üretim için geniş alanlara ihtiyaç duyulmadığı ve raf ömrünün daha uzun olduğu görülür. Ayrıca, Shubhodaya'nın organik tarım için uygun olduğunu gösteren uluslararası sertifika da mevcuttur.

Mikoriza İthalatı Sırasında Yaşanan Sorunlar

Mikrobiyal gübre olarak sınıflandırılan mikoriza ithalatı Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayınlanan Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli Ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı Ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik kapsamında verilen ithalat izni ile yapılmaktadır.

Tescilli olan mikorizanın ithalatının tamamlanma süresi Bakanlığa ilk başvuru süresinden itibaren ortalama 5 ayı bulabilmektedir. Bu sürecin ağırlıklı bölümü ön-izin alınmasını, gümrüğe gelen ürünün analiz sürecini, nihai izin yazılarının çıkmasını kapsamaktadır. *Böylesine uzun süreçler ilave masraflar doğurmakta ve belli bir raf ömrüne sahip olan ürünün kullanılabilme süresini kısaltmaktadır.*

Her ithalat için üreticiden aynı belgeleri tedarik etmesini istemek zaman ve para israfına neden olmaktadır.

Mikrobiyal gübreler doğaları gereği uygulama metotlarına göre çok düşük miktarlarda kullanılabilir; örneğin 1 dekar alana 100,000 spor hesabıyla taşıyıcı madde ile birlikte ağırlığı 50gr olan mikoriza paketi gibi. Bir başka taşıyıcı madde ile aynı spor miktarı 1kg'lık bir paket içinde bulunabilmektedir. İthalat sırasında geçerli Numune alma ve Analiz Metotlarına göre alınan örnek alma kuralı nedeniyle, ithal edilen miktara göre çok yüksek oranlarda olabilmektedir. *Alınan bu örnek miktarının analizler sırasında gerekmediği tarafımızca tespit edilmiştir.*

Halen Hindistan'dan ithal etmekte olduğumuz Shubhodaya mikoriza ile ilgili üretici firma ile başlangıçta yapmış olduğumuz anlaşma çerçevesinde söz konusu mikorizanın kullanımı Türkiye'de belli seviyelere ulaştığında bu mikorizanın yerli üretimi planlanmaktadır. İlk aşamada Hindistan'dan anaçlar ithal edilecek ve yerel olarak çoğaltılacaktır. Örneğin 1 kg anaçtan 1'er kg'lık paketler halinde piyasaya sürülen üründen 1 ton son ürün elde edilebilmektedir. *Öte yandan, halihazırdaki mevzuatlar kapsamında anaç ithalatının nasıl yapılacağı açık değildir.*

İthalat sürecinde karşılaştığımız sıkıntılardan bir tanesi de, analiz için alınan örneklerin orijinal ambalajlarından çıkarılarak alınması ve büyük bir ihtimalle saklama koşullarına uygun olmayan şekilde Analiz Kuruluşlarına gönderilebilmesidir. *Bu olumsuz şartların analiz sonuçlarına nasıl yansıtacağı konusunda şüpheler vardır.*

Mikoriza Uygulamaları Sırasında Karşılaşılan Sorunlar

İlgili Yönetmelikle Mikrobiyal Gübre, bitki için gerekli olan bitki besin maddelerinin sağlanmasında rol oynayan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonları olarak tanımlanmaktadır.

Çiftçimiz gübre kelimesini besin olarak algıladığından mikrobiyal gübre dendiğinde bunu da besin maddesi olarak yorumlamakta, mikoriza kullandığında başka gübreye ihtiyacı olmadığını düşünmektedir. Hatalı ve eksik uygulamalar sonrasında oluşan durumlarda ilk olarak mikoriza hedef seçilmekte ve faydasız olarak nitelendirilmektedir.

Öneriler

Henüz yeni teni tanımaya başlayan Mikorizanın, doğru ve etkin bir biçimde kullanılabilmesi için tüm ilgili birimlerin mikoriza konusunda eğitilmesine ihtiyaç vardır.

Çiftçilerin mikoriza kullanmaya özendirilmesi için çeşitli kampanyalar düzenlenmeli mikoriza uygulamalarına destek verilmelidir.

İlgili kuruluşlar tarafından toprak analizi yapıldıktan sonra verilen gübreleme önerilerinde mikoriza da tavsiye edilmeli ve uygun oranlar belirtilmelidir.

Devlet kendi çiftliklerinde ve tarımsal araştırmalarda mikoriza kullanımını teşvik etmelidir.

Numune alma ve Analiz Metotları mikrobiyal gübreler için yeniden gözden geçirilebilir. Örnek olarak, ağırlık yerine canlı sayısı dikkate alınabilir.

Yönetmeliklerin uygulanması sırasında insan faktörü ön plana çıkmaktadır. Kuruluşların işlemleri yerine getirmesi gereken makul azami süreler belirlenebilir.

Mikrobiyal Gübrelerin analizini yapacak kuruluşlarının seçilmesi için kriterler Bakanlık tarafından belirlenebilir. Örneğin Ankara gümrüğüne gelmiş bir ürünün analizi Ankara'daki analiz kuruluşları tarafından yapılabilecekken, ürün analiz için Van'a gönderilmeyebilir. Böylelikle zaman kazanımı sağlanacaktır.

İthalat izni 1 yıl süreyle belli bir miktar için alınabilir ve bu miktar o yıl içinde partiler halinde ithal edilebilir. İthal edilen her parti analizlerden geçerek nihai izin verilmelidir. Böylece stok maliyetleri düşecek, mevsimsel ithalat yapılabilecek ve ürünün kullanılabilme süresi uzayacaktır.

Yanlış anlam ve algıları önleyebilme açısından Mikrobiyal Gübre isimlendirilmesinde Gübre yerine daha uygun bir kelime bulunması daha uygun olacaktır.

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünde Mikrobiyal Gübre Çalışmaları

Nesime CEBEL, Ziraat Yüksek Mühendisi, ncebel@tgae.gov.tr

Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü-ANKARA

GİRİŞ

(*Rhizobium Spp*) Mikrobiyal Gübreleri

Azotlu gübrelerin dünyadaki üretim ve kullanımı diğer bitki besin maddelerini kapsayan gübrelere nazaran çok daha fazladır. Buna rağmen; amonyum nitrat, amonyum sülfat ve üre gibi azotlu gübrelerin üretimi, bitkilerle topraktan kaldırılan azot miktarını karşılamaktan uzaktır. Aradaki fark azot fiksasyonu (tespiti) dediğimiz, havadaki serbest azotun toprağa kazandırılması ile karşılanmaktadır.

Bu yolla; yani havadaki azotun tespit edilmesi ile dünyadaki azot kazancının 90 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Baklagillerde azotun tespiti, ortak yaşama sonucu, baklagillerin köklerinde oluşan, nodozite adı verilen yumrucuklar içinde yaşayan mikroorganizmalar sayesinde gerçekleşmektedir. Bu yüzden havadaki serbest azottan yararlanmak için, baklagil bitkileri ekilirken, bu canlıların toprakta bulunması, eğer yoksa, tohumların bu canlılarla hazırlanan ve mikrobiyal gübre veya nodozite bakteri kültürü dediğimiz maddelerle kaplanması gerekir ki, bu işleme **aşılama** denmektedir.

Baklagil bitkilerinin azot ihtiyaçlarını simbiyotik azot fiksasyonu ile karşılamak için ekim sırasında uygun bir *Rhizobium* bakterisi türünden hazırlanmış bakteri kültürü ile aşılama yapılmaktadır. Aşılama kullanılan, nodozite bakteri kültürü denilen aşılama materyallerinin üretimi ve piyasaya sunuldukları anda, kalite kontrollerinde ele alınan en önemli özellik, bunların kapsadıkları *Rhizobium* sayısıdır. Her ülkede, bu aşılama materyallerinin, hem üretim aşamasında, hem de satış aşamasında, kapsamaları gerekli canlı bakteri sayısı belirlidir. Bu sayıdan az canlı içerenlerin satışına izin verilmez. Ancak, kapsadıkları bakteri sayısı ne olursa olsun, aşılama materyallerinin uygulandıktan sonraki başarılarının göstergeleri ise; kullanılan bakteri suşunun konukçu bitkiyi enfekte etmesi, iyi bir nodülasyon yapması ve bu etkilerin devamlılığıdır. Özellikle doğal bakteri varlığında, oluşan nodozitelerin ne kadarının aşılama suşu tarafından gerçekleştirildiği, aşılama materyalinin kalitesi için çok önemli bir kriterdir.

Azot tespiti açısından, düşük etkinliği olan *Rhizobium*'ların bulunduğu bir toprağa, yüksek etkinlikli olmalarına rağmen, aşılama ile verilen pek çok suşun yerleşmesi oldukça zor olmaktadır. Bu zorluğun ortadan kalkması için, aşılama materyalinin hazırlanmasında kullanılan suşun rekabet gücünün yüksek olması gerekir. Çünkü; azot tespit yeteneği oldukça yüksek suşların, rekabet yeteneklerinin zayıflığı, pratikte bunların başarısızlığına neden olmaktadır.

Bünyesinde doğal *Rhizobium* popülasyonu bulunmayan topraklarda, aşılama ile verilen suşların, genellikle aşılandıkları konukçu baklagil bitkisi üzerinde çok iyi nodülasyon yaptıkları, yapılan pek çok çalışma ile gösterilmiştir (Bromfield, 1984; Bromfield ve Ayanaba, 1980; Roughley ve diğerleri, 1976). Ancak aşılanmış tohumların ekildiği pek çok toprakta yerleşmiş bir *Rhizobium* popülasyonunun varlığı da, yapılan çeşitli çalışmalarda saptanmıştır. Bu çalışmalarda aşılama yılında oluşan nodozitelerin bir kısmının aşılama

kullanılan suşlar ile sağlandığı, ancak zamanla, aşılamaı izleyen sonraki yıllarda bu oranın azaldığı ve yerini doğal suşlara bıraktığı belirlenmiştir (Dudman ve Brockwell, 1968; Roughley ve diğerleri, 1976; Van Rensburg ve Strijdom, 1982).

Bazen doğal populasyon, aşılama ile verilen suşa karşı bir engel olarak bu suşun istenilen düzeyde toprağa verilmesini engellemekte ve dolayısı ile aşılama yılında dahi aşılama suşunun toprağa zayıf tutunmasına neden olabilmektedir (Holland, 1970; Johnson ve diğerleri, 1965; Noel ve Brill, 1980).

İnokulantta kullanılacak ideal bir suş azot fiksasyon yeteneğinin yüksek olması yanında toprakta varlığını sürdürebilmeli, toprak içinde veya bitki kökleri çevresinde gelişme yeteneğinde olmalıdır. Bunun gibi, aşılamanın başarısı üzerine pek çok faktör etkili olmaktadır. Bunlardan bazıları; rizosfer etkileri, topraktaki nem durumu, toprak pH'sı tuzluluk, sıcaklık, toksinler ve predatorlardır (Dommergues ve diğerleri, 1978; Lowendorf, 1980).

TGSKMAE Çalışmaları

Toprak mikrobiyolojisi ile ilgili çalışmalar çok sayıda ülkede çok uzun bir geçmişe sahiptir. Özellikle de baklagil tarımında nodozite bakteri kültürlerinin kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış ve uygulamaya intikal etmiştir. Yurdumuzda ise, Profesör Dr. Refik Güran ve Dr. Şefik Kolaylı tarafından 1910'da ilk defa baklagillerin nodozite bakterileri izole edilerek sakı denemesi yapılmış ve baklagillerin bu bakterilerle aşılmaları tavsiye edilmiştir. 1962'de, Tarım Bakanlığına bağlı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsünde Toprak Mikrobiyoloji Laboratuvarı kurulmuş ve bugüne kadar faaliyetlerini sürdürmeye devam etmiştir. Toprak mikrobiyolojisi laboratuvarı kurulduktan sonra 3 sene içerisinde yonca, yer fıstığı, fasulye, soya bitkileri ile simbiyotik olarak yaşayan nodozite bakterileri ve topraktaki fosforu yarayışlı hale dönüştürebilen bakteriler ile izolasyon çalışmaları yapılmış ve bir kısmının aşılama kültür preparatları hazırlanarak uygulamaya geçilmiştir (Şahinkaya, 1967).

Baklagillerin aşılanaarak ekilmesi ile önemli miktarda azot kazancı sağlanabilir. Yapılan çalışmalara göre bu kazanç; ortalama olarak, yılda dekara; yonca ile 24 kg, mercimek ile 13 kg, fiğ ile 10 kg, bezelye ile 9 kg, soya fasulyesi ile 7 kg olabilmektedir. Bu azot kazancının gübre olarak değeri, ekilen baklagilin cinsine bağlı olarak 33 ile 114 kg arasında amonyum sülfata, 27 ile 92 kg arasında amonyum nitrate eşdeğerdir.

Mikroorganizmaların kimyasal gübre ve pestisitlerin oluşturduğu problemleri çözmede alternatif olmaları nedeni ile tarımda kullanılmaları oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte ülkemiz şartlarına uygun ve denenmiş ürünlerin tercih edilmesi çiftçimizin yararına olmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de nodozite bakteri kültürleri hazırlanmakta ve istemeleri halinde çiftçilerimize verilmektedir. Türkiye'de araştırma enstitüsü ve üniversitelerin bu konularda münferit çalışmaları olmuştur. Ancak sistemli ve sürekliliği olan çalışmalar sadece TGSKMAE'de ve *Rhizobiumlar* (Kök Nodozite Bakterileri) üzerine yoğunlaşmıştır. "TOPRAKSU Araştırma Ana Projesi" olarak 1980 yılında yayınlanan "Bakteri Kültürü İle Aşılamanın Baklagil Bitkilerinin Ürün Miktarına ve Azot Kapsamına Etkisi" adlı ana proje altında bitki bazında uygulama projeleri yürütülmüştür.

Bu kültürlerin hazırlanması için öncelikle; baklagil ekimi yapılan değişik yerlerdeki tarlalardan toplanan bitkilerin köklerindeki nodozitelerden ayrıştırılan ve saflaştırılan mikroorganizmalar, laboratuvar, sera ve tarla koşullarında denenerek; rekabet ve azot tespit etme gücü yüksek olanları belirlenmekte ve saklanmaktadır. Bu işlemler her baklagil cinsi için ayrı ayrı yapılmaktadır. Daha sonra ekilecek baklagil cinsine göre bu

mikroorganizmalar, fermentörde çoğaltılmakta ve sterilize edilmiş organik bir toprağa (peat) emdirilerek gübre haline getirilmektedir. Ayrıca, bu koleksiyonları etken olarak muhafaza etmek için, sürekli olarak, izolasyon, kontrol ve deneme çalışmaları yapılmaktadır. Araştırma çalışmalarında kullanılmak üzere üniversiteler, araştırma kurumları, hem materyal temininde hem de eğitim anlamında Enstitümüzden hizmet almaktadırlar. Bir çok tez çalışmasında bakteri kültürlerimiz kullanılmıştır. Çalışmaların ürünü olarak mikrobiyal gübre üretimi ve satışı günümüze kadar yapılmaktadır.

Üreticiler, ekimden 1-2 ay önce; hangi baklagil bitkisini ekeceklerini, tohum miktarını ve ekim zamanını; Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne bağlı Ankara'daki Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü'ne bildirdikleri takdirde gerekli aşılama materyalleri hazırlanarak kendilerine verilmekte ya da adreslerine ödemeli olarak gönderilmektedir.

Enstitümüzde her yıl, yaklaşık 5 000 kg Nodozite Bakteri Kültürü üretilmekte ve bunun 3 000 kilogramı TİGEM 'e gönderilmektedir. 2014 yılı Nodozite Bakteri Kültürü kg fiyatı KDV dahil 30 TL'dir.

Günümüzde toprak verimliliğini artıran ve bitki gelişimine katkıda bulunduğu belirtilen ancak etkinlikleri ülke koşullarında belirlenmeyen çok çeşitli mikrobiyal kültürler ve aşılama materyalleri piyasada yer almaktadır. Bu nedenle ülkemiz şartlarına uygun, yerel ve denenmiş ürünlerin tercih edilmesiyle ülkemizin doğal mikrobiyal kaynaklarını korumak ve devamını sağlamak amacıyla baklagillere ait etkili yerel izolatların seçilmesi ve TGSKMAE koleksiyonunda yer alan *Rhizobium* bakterilerinin etkinliğinin kontrol edilmesi, etkinliğini kaybetmiş olanların koleksiyondan çıkarılması ve yeni seçilecek suşlarla yenilenmesi ve gen bankası oluşturmak amacı ile "Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü *Rhizobium* Koleksiyonunun Geliştirilmesi ve Yeni İzolasyonlarla Zenginleştirilerek Gen Bankası Oluşturulması" adlı ülkesel nitelikli bir projemiz de 2012 yılında başlamıştır. Hali hazırda TGSKMAE koleksiyonunda yer alan, denemeler sonucunda etkinliği tespit edilmiş ve mikrobiyal gübre üretiminde kullanılan *Rhizobium* bakteri suşlarımızın bitkiler bazında sayısı şöyledir:

Soya için 16, korunga 7, Mercimek 18, Bakla 3, Nohut 14, Yerfıstığı 9, Yonca 8, Fasulye 5, Fiğ 5 ve Bezelye için 6 adettir.

Diğer taraftan Mikrobiyal Gübreler üzerinde yaklaşık **52 yıldır araştırmalar yürüten ve konusunda uzman bir kimliğe sahip Enstitümüze** Genel Müdürlüğümüz tarafından *Rhizobium* bakterileri dışında biyolojik gübre niteliği taşıyacak diğer mikroorganizmaların tarıma kazandırılması amacı ile "**Biyolojik Gübrelerin Geliştirilmesi ve Kullanımının Yaygınlaştırılması**" adlı Entegre Proje'nin Koordinatörlüğü de verilmiştir.

Ayrıca Enstitümüz tarafından 2015 yılında iki adet proje uygulamaya konmak üzere kabul edilmiştir. Bunlar:

Ankara Yöresinden Azot Fikse Eden Bakteri Türlerinin İzolasyonu, Azot Fiksasyon Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu

Mikoriza Aşılması Ve Fosfor Uygulamalarının Aspir'in Verim Unsurları, Fosfor Alımı Ve Karbon Tutulumu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Enstitüde Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalardan Bazılarının Başlıkları:

1. Bazı anyon ve katyonların *Rhizobium* gelişmesine etkileri

(Deniz Göktan, Osman Bayhan 1972, 15. Türk Mikrobiyoloji Kongresi, Ankara)

2. Nodozite bakteri kültürü ile aşılamanın tarla şartlarında yonca mahsul verimine ve azot kapsamına etkisi. (D. Gökten, K. Madanoğlu 1975)
3. *Rhizobium cicer* ile aşılamanın iki farklı nohut varyetesinde erken nodül oluşumunun saptanması (Veliddin Gürgün 1987, 5. Kültür Koleksiyonları ve Endüstriyel Mikrobiyoloji (KÜKEM) Kongresi, Ankara)
4. Türkiye'nin çeşitli yerlerinden izole edilen *Rhizobium phaseoli* suşlarının etkenlik durumlarının saptanması (Deniz Gökten 1974, Doktora Tezi, Ankara)
5. *Rhizobium meliloti* suşlarının özellikleri ve etkenlik derecelerinin saptanması (Emel Gürbüz 1973, Doktora Tezi, Ankara)
6. Bazı *Rhizobium leguminosarum* suşlarının etkenlik derecelerinin ve etkenliği yüksek yerli suşlar ile yabancı suşların (Jensen Besin Çözeltilisinde ve Bazı Büyük Toprak Grupları Kullanılarak) nodülasyon rekabet yeteneklerinin saptanması (Dr. Koray Haktanır 1979, Doçentlik Tezi, Ankara)
7. Türkiye'nin bazı kültür topraklarından izole edilen bazı bakterilerin azot tespit güçleri ve bunlarla aşılamanın bitkilerde mahsul verimine etkisi (Hikmet Ülgen 1972, Doktora Tezi, Ankara)
8. En fazla azot tespit etme özelliği gösteren soya fasulyesi nodozite bakterilerinin seçilmesi. (E. Gürbüz, 1978)
9. İnokulant üretiminde kullanılan kalite kontrol kriterlerinin irdelenmesi ve ülkemiz için model kriterin belirlenmesi (H. Fikret Demirdöğen 1988, Yüksek Lisans Tezi, Ankara)
10. Mikrobiyal Aşı Uygulamasında Kullanılan Seçilmiş *Rhizobium japonicum* Suşlarının Nodülasyon Rekabet Yeteneklerinin Serolojik Yöntemler Kullanılarak Belirlenmesi (Nesime CEBEL 1989, Doktora Tezi).
11. Ege bölgesinde ikinci ürün soyanın karma bakteri kültürü ile aşılanmış koşullardaki azotlu fosforlu ve potasyumlu gübre ihtiyacı (Dr. Nihat Şencan 1991, KHGM Menemen araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 169, Rapor Serisi No: 110, Menemen)
12. *Rhizobium japonicum* 'dan nif genleri transfer edilen on yıllık liyofilize transforme *Agrobacterium tumefaciens* kültürleri ile aşılamanın sera ve tarla koşullarında soya (*Glycine max*)'ın mahsul verimine etkisi, (Y. Nurettin İsmailçelebioğlu 1987, 5. Kültür Koleksiyonları ve Endüstriyel Mikrobiyoloji (KÜKEM) Kongresi, Ankara)
13. Bazı baklagil tohumlarının *Rhizobium* bakterileri ile ön inokülasyon olanakları üzerinde araştırmalar (İ.Özkoç, L.Çakmakçı 1987, 5. Kültür Koleksiyonları ve Endüstriyel Mikrobiyoloji (KÜKEM) Kongresi, Ankara)
14. Değişik *Bradyrhizobium japonicum* izolatları ile aşılamanın soyada dane verimi, protein içeriği, nodülasyon ve kuru madde oluşumuna etkisi (Mustafa Gök, Kadir Yalı 1993, 8. KÜKEM Kongresi özel sayısı)
15. Çeşitli *Rhizobium cicer* suşları ile nohut bitkisinde verimliliğin artırılması (Esra Erdal, Bülent İçgen, Fadel A. Sharif, Gülay Özcengiz, N. Gürdal Alaeddinoğlu 1993, 8. KÜKEM Kongresi özel sayısı)
16. Aşılama ile verilen soya kök nodül bakterisinin nodül oluşturmadaki etkinliğinin serolojik olarak belirlenmesi. (Altuntaş, S., Cebel, N., Karuç, K., Akınbingöl, Ş. 1997, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1996. KHGM, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü. Yayın No:102. Ankara.)

17. Baklagil bitkilerinin nodül bakterileri (*Rhizobium*) ile aşılınması. (ÜLGEN, H., 1975. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. Genel yayın no: 56, Teknik yayın no:40. ANKARA.)
18. Orta Anadolu koşullarında en fazla azot tesbit etme özelliği gösteren mercimek ve nohut nodozite bakterilerinin seçilmesi. (E. Gürbüz, 1980)
19. Nodozite Bakteri Kültürlerinin Değişik Sıcaklık Derecelerinde Kullanılabilir Süreleri (1982, Dr. Emel Gürbüz, Nesime Cebel (AŞAR), Süleyman Altuntaş, Melizat Ergin)
20. Asit ve Tuzlu-Alkali Topraklarda Pelletlemenin Soya ve Yonca Bitkilerinin Simbiyotik Azot Tesbitine Etkilerinin Saptanması (1985) (Dr. Emel Gürbüz, Nesime Cebel (AŞAR), Süleyman Altuntaş, Melizat Ergin)
21. Orta Anadolu Koşullarında Korunganın Ürün Miktarında ve Azot Kapsamında En Fazla Artış Sağlayan Nodozite Bakteri Suşları (1986, Dr. Hikmet Ülgen, Nesime Cebel (Aşar), Gönül Dinçer)
22. Değişik Soya Nodül Bakteri Suşlarının Değişik Soya Çeşitlerinin Verimine ve Bitkilerin Toplam Azot Kapsamına Etkisi (1988, Nesime Cebel)
23. Tek Suşla ve Çok Suşla Hazırlanan Nodozite Bakteri Kültürlerinin Ankara Yöresinde Soya ve Nohutta Dane Verim ve Azot Kapsamları Üzerine Etkileri (1989) (Nesime Cebel, Süleyman Altuntaş, Melizat Ergin)
24. Sterilize edilen ve sterilize edilmeyen pit (organik materyal) ile hazırlanan nodozite bakteri kültürlerinin kapsadıkları *Rhizobium* sayıları. (S. Altuntaş, 1989)
25. Değişik Yerlerden Sağlanan Nodozite Bakteri Kültürleri İle Aşılamanın Soya Fasulyesinin Verimine ve Danelerin Azot Kapsamlarına Etkileri (1990), (Süleyman Altuntaş, Dr. Nesime Cebel)
26. Nodozite Bakterisi İle Hazırlanmış Peat Kültürlerinde Bakteri Sayısının Çeşitli Sayım Yöntemlerine Göre Tespit Edilmesi (1991), (Dr. Nesime Cebel, Süleyman Altuntaş)
27. *Rhizobium* bakterilerinin liyofilizasyon (dondurularak kurutma) yöntemiyle muhafazası. (K. Karuç, 1992)
28. *Rhizobium* suşlarının antibiyotiğe dirençlerinin belirlenmesi ve elde edilen dirençli mutant suşların sera koşullarında azot fiksasyon yeteneklerinin saptanması. (K. Karuç, 1992)
29. İnokülasyonun fasulye (*Phaseolis vulgaris*) ve münavebe bitkisi buğday (*Triticum aestivum*) verimi üzerine etkileri ile inokülasyon bakterisinin toprakta canlı kalma süre ve oranının belirlenmesi. (K. Karuç, 1992)
30. Isolation and Characterization of Insertion Sequence Elements from Chick-pea nodulating *Rhizobia* for identification *Rhizobium cicer* in Culture, in Inoculum and in Soil (Nesime CEBEL, Dough RICE, Padma SOMASEGARAN) (OECD-Biyolojik Kaynak Yönetimi Projesi) (1992).
31. Soya Tohumlarının Nodozite Bakteri Kültürü İle Farklı Dozlarda Aşıl原因arak Ekilmesinin Dane Verimi ve Azot Kapsamına Etkileri (1992), (Dr. Nesime Cebel, Süleyman Altuntaş)
32. Yerfıstığı Bitkisinde En Fazla Azot Tespit Eden Bakterilerin Sera ve Tarla Koşullarında Seçilmesi (1992), (Süleyman Altuntaş, Dr. Nesime Cebel)
33. Ankara İli Kazan İlçesi Topraklarının Doğal *Rhizobium* Popülasyonu (1997) (Dr. Kemal KARUÇ, Dr. Nesime CEBEL, Dr. Süleyman ALTUNTAŞ)

34. Tohumla Fungisit Uygulamanın Nohutta Nodülasyon ve Azot Fiksasyonu Üzerine Etkisi (Dr. Nesime Cebel, Süleyman Altuntaş, Dr. Kemal KARUÇ, 1997)

35. Ankara İli Topraklarının Doğal *Rhizobium* Populasyonu (2000) (Dr. Kemal KARUÇ, Dr. Süleyman ALTUNTAŞ, Dr. Nesime CEBEL)

36. GAP Bölgesi Topraklarında En Fazla Azot Tespit Etme Özelliği Gösteren *Rhizobium leguminosarum* Bakterilerinin Seçilmesi (2000) (Dr. Nesime CEBEL, Şule KAYA (AKINBİNGÖL), Leyla KARAKUŞ, Dr. Süleyman ALTUNTAŞ, Dr. Kemal KARUÇ)

37. Çukurova Koşullarında Topraktaki *Bradyrhizobium japonicum* Sayısının, Mevsimlere Ve Anız Yakılmasına Bağlı Olarak Değişimi (Dr. Nesime Cebel, Dr. Süleyman Altuntaş, 2001)

SONUÇ ve ÖNERİLER

Enstitümüzde 2004-2013 yılları arasında 34 175 kg Mikrobiyal Gübre üretilmiştir. Bu gübre ile 341 750 da tarla aşılanmıştır. Bu sayede 10 356 ton azotlu gübreden (% 33 Amonyum Nitrat Karşılığı) tasarruf edilmiş ve 2013 gübre fiyatlarına göre 8.419.477 TL ülke ekonomisine katkı sağlanmıştır. Enstitü olarak uzun yıllara dayanan konu üzerinde yapmış olduğumuz araştırmalar ışığında geliştirdiğimiz suşlar ile ürettiğimiz Mikrobiyal Gübrenin çok daha fazla alana yayılması gerekmektedir. Bunun için de bu gübrelerin ticari olarak üretilmesi gerekmektedir.

Bilindiği üzere nitrat ve nitrit kirliliği hem toprakta hem yeraltı sularında hem de bunların bulaşık olduğu ürünü tüketen insan sağlığı üzerinde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Diğer taraftan yine aşırı fosforlu gübre kullanımı sulak alanlarda ötrofikasyona neden olmaktadır. Kısacası çevre ve insanlığa etki açısından Mikrobiyal Gübrelerin yaygınlaştırılması sürdürülebilir toprak ve su yönetimi açısından da son derece önemli ve gereklidir.

Sonuç olarak, Ülkemizde bu konudaki İzolatların eldesi, moleküler karakterizasyonu gibi ileri teknoloji kullanımı, mikrobiyal gübre üretim teknolojileri, ithal edilen, üretilen ve ihraç edilen ürünlerin analizi ve test edilmeleri ile ilgili metot geliştirme, tescil ve denetime yardımcı olacak veri üretme, mikrobiyal gübre ve biyopestisit üretiminde kullanılabilecek kültür koleksiyonu oluşturmak ve özel sektör, üniversiteler ve ilgili kurumlara hizmet vermek amacıyla "Mikrobiyal Gübre Teknoloji Geliştirme ve Kültür Koleksiyonu Merkezi" oluşturmak hedeflenmiştir. İlgili Kurum ve Kuruluşlarla çözüm odaklı proje ortaklığı oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- BROMFIELD, E.S.P.1984. Variation in preference for *Rhizobium meliloti* within and between *Medicago sativa* cultivars grown in soil. Appl. Environ. Microbiol. 48:1 :2311236.
- BROMFIELD, E.S.P. ve A.A. AYANABA.1980. The efficacy of soybean inoculation on acid soil in tropical Africa. Plant and Soil. 54:95-106.
- CEBEL, N.1989. Mikrobiyal aşı uygulamasında kullanılan seçilmiş *Rhizobium japonicum* suşlarının nodülasyon ve rekabet yeteneklerinin serolojik yöntemler kullanılarak belirlenmesi. Doktora tezi.
- DOMMERGUES, Y.R., L.W.BELSER ve E.L.SCHMIT.1978. Limiting factors for microbial growth and activity in soil. M. Alexander (Ed.): Advances in microbial ecology. Vol.2. Sayfa:49-104. Plenum Publishing Corp. - New York

- DUDMAN, W. F. ,J. BROCKVEL.1968. Ecological studies of root nodule bacteria introduced into field environments. I.A survey of field performance of clover inoculants by gel immune diffusion serology.Aust.J.Agric.Res.19:739-747
- HOLLAND, A.A. 1970. Competition between soil and seed borne *Rhizobium trifolii* in nodulation of introduced *Trifolium subterraneanum*. Plant and Soil. 32:293-302.
- JOHNSON. H.W.,U.M.MEANS ve C.R.WEBER 1965. Competition for nodule sites between strains of *Rhizobium japonicum* applied as inoculum and strains in the soil.Agron.J.57: 179-185.
- NOEL,K. D. ve W.J.BRILL.1980. Diversity and dynamics of indigenous *Rhizobium japonicum* populations. Appl. Environ. Microbiol.40:931-938.
- LOWENDORF, H.S.1980. Factors affecting survival of *Rhizobium* in soil. Martin Alexander (Ed.):Advances in microbial ecology.Vol.4.Sayfa:87-124.
Plenum Publishing Corp. – NewYork.
- ROUGHLEY,R.J.,WM.BLOWES ve D.F.HERRIDGE. 1976. Nodulation of *Trifolium subterraneanum* by introduced rhizobia in competition with naturalized strains. Soil BioI.Biochem.8:403-407.
- ŞAHİNKAYA, H., 1967. Toprak mikrobiyolojisi ve memleketimiz için mikrobiyal gübrelemenin önemi. Mikrobiyoloji Bülteni. Cilt:1, Sayı:2.
- VAN RENSBURG,H.J.,B.WSTRIJDOM.1982. Competitive abilities of *Rhizobium meliloti* strains considered to have potential as inoculants. Apply. Environ.Microbiol. 4498-106.

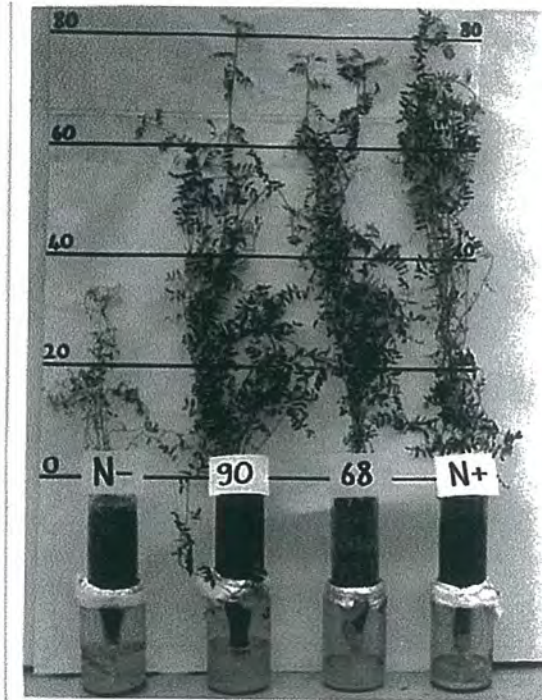
Konu ile ilgili Bazı Görseller



Şekil 1. Azot fiksasyonunda etkili mercimek nodüllerinin enine kesiti



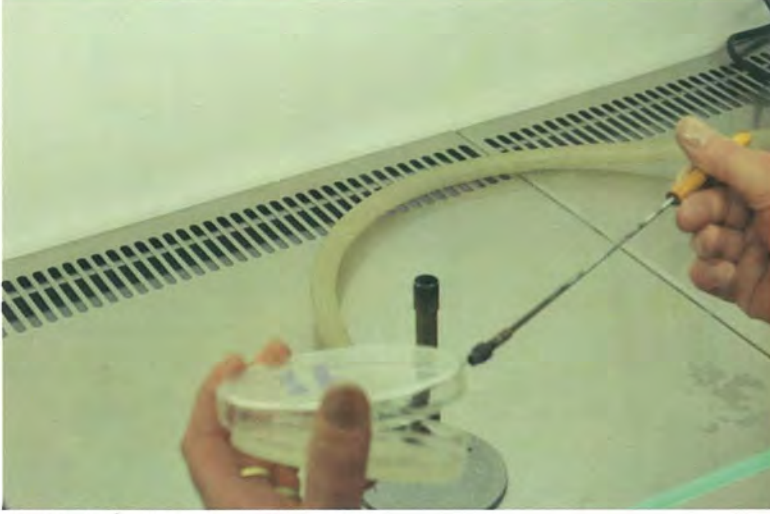
Şekil 2. Tüplerde Etkenlik kontrolü (Bitki enfeksiyon testi)



Şekil 3. Leonard kavanozlarında aşılama denemesi

ÇALIŞTAY

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI



Şekil 4. İzolasyon çalışmaları



Şekil 5. Stok Kültürler

ÇALIŞTAYI

MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI



Şekil 6. Taşıyıcı materyalin (peat) sterilizasyonu



Şekil 7. Sıvı kültürün üretildiği fermantör

CALISTAY

MİKROBİYAL GÜBRE CALISTAYI



ORGANİK GÜBRELER

LIFEBAC-N



LIFEBAC-P



LIFEBAC-NP



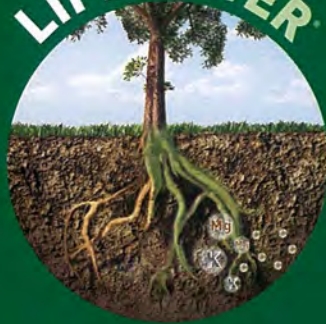
BACTOGUARD



HUMANICA



LIFEPower



Yeditepe Üniversitesi'nde yürütülen bilimsel araştırmalar sonucunda geliştirilen BACTOGEN ORGANİK (mikrobiyal) GÜBRELER, Türk bilim insanlarının katıldığı Avrupa Birliği RHIBAC Projesi'nin en başarılı ürünü olarak onaylanmıştır. BACTOGEN bu başarı öyküsünü diğer kategorilerdeki ürünlerle ulusal ve uluslararası düzeyde sürdürmek üzere yola devam etmektedir.

www.bactogen.com



powered by



YEDİTEPE SAĞLIK HİZMETLERİ A.Ş.



**Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez
Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü**

İlgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar
Araştırma ve Eğitim Merkezi