



T.C.  
GIDA TARIM VE HAYVANCILIK  
BAKANLIĞI



# MİKROBİYAL GÜBRE ÇALIŞTAYI

23-24 EKİM 2014



ANA SPONSOR



medfarm.saglikarastirmasizd.a.g.



DESTEKLEYENLER

Biemarket

SHUBHO DAYA  
BIOFERT



## **MIKROBİYAL 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 Yeni mahalle/ANKARA

Tel: 0312 3156560 (5hat)

Faks: 0312 3152931



## Farklı Stres Koşullarına Karşı Mikrobiyal Gübrelerin Kullanımı

Metin TURAN<sup>1</sup>, Adem GÜNEŞ<sup>2</sup>, Leyla TARHAN<sup>1</sup>, Fikrettin ŞAHİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biomühendislik Bölümü, Ataşehir/İstanbul

<sup>2</sup>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 ülkelerde 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 buldukları 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
- İstihlak proteini
- 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 kaçınmaktadır. Stres faktörleri yapısal ve metabolik hasarlara neden olmaktadır. Bu hasarlar tersinir ya da geri dönüşümsüz olabilirler. Bu yüzden bitkiler sekonder metabolitlerin yanısıra başka savunma yolları geliştirmişlerdir. Bunlar dehidrin veya PR proteinleri gibi spesifik proteinler, fenilpropanoid yolunun aktivasyonu, reaktif oksijen türlerin oluşumu, antioksidanların aktivasyonu, thionin, thaumatocin, kitinaz, glukanaz gibi PR proteinleri, fitoaleksinler, düşük molekül ağırlıklı fenolikler, savunma enzimleri ve düşük sıcaklık, ağır metaller, osmotik 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 (tuzcu), kserofitler (kurakçıl) veya çipsli (alçıktaşlı) topraklarda yetişenler gibi bazı bitkiler stres koşullarına doğal olarak adapte olabilmektedirler. Stres koşullarına maruz kalmalarına rağmen bu özelleşmiş bitkiler hayatta kalabilmekte ve buldukları 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 Olanları

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 bitkilerle gelişmeyi uyandırıcı 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 baskınası, kuraklık, organik kirleticiler ve toksik metallerin varlığı, radyasyon, yaralanma, böcek zarar, 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 engellenmiş 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 kışma de olsa üstesinden gelme bakımından bitkilere yardımcı olmaktadır (Çakırakçı, 2009).



### *Hormon ve Enzim Üretimi:*

Bitki gelişimini uyarıcı bakteriler protease, lipase gibi enzimler sentez ederek, bitkilerde uyarıma dayanıklılığa neden olabilmektedirler (Altın ve Bora 2005). PGPR'la ACC deaminaze üretebilen özellikleriyle bitki köklerinde etilen miktarını azaltarak bök uzama ve gelişmesini teşvik etmektedir (Pearce ve Glick, 2001).

Bakterilerce serbest azot fiksasyonu, indol asetik asit, gibberellin asit ve sitokinin gibi hormonların üretimine ilave olarak, bitki taşıma sistemi ve iyon alımını teşvik edilmesi gelişmeyi artırmaktadır (Dobbelaere vd., 2003; Çakmakçı vd., 2006, 2007). Bakteriler, organik ve mineral fosfor 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 glukaraz, 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 ayrılması 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).

Aminoklopropan karboksilat deaminaze köklerdeki ACC'yi  $\alpha$ -ketobütilat 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 etilenler dolayısıyla oransal olarak daha fazla kök gelişmekte ve stres koşullarına daha dayanıklı olmaktadır (Burd vd., 2000). ACC deaminaze içeren bakteriler, farklı bitkisel süboçleri engelleyen etilen miktarını azaltarak, hücre çoğalmasında 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 görmektedir 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 (Gričko 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 koruma sağlamak 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. Nitelikli 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 oksidasyonuna önlenmek 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 dayanıklılıkta ilgili bulunmaktadır (Marrs vd., 1996; Çakırak ve Römheld, 1997; Anderson ve Davis 2004; Gong vd., 2005).

Biyotik ve abiyotik stres koşullarına tepki olarak köklerdeki etilen düzeyini artırmaktadır (Abeltes vd., 1992; Arshad ve Frankenberger, 1998, 2002; Frankenberger ve Arshad, 1995). bitkilerde etilen (bitki gelişimini durdurur) etilen; dormansinin kırılması, kök oluşumu ve köklerin uzaması, kök ve gövde farklılaşması, adventif kök formasyonu, yaprak ve meyve dökülmesi, çiçeklenmenin sona ermesi, diok bitkilerde döllenmenin artması, çiçek ve yaprak yaşlanması, meyve olgunlaşması ve modifi 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 çözülebilir moleküller olan sideroforları sentez ederler (Altın ve Bora 2005). PGPR'lar bitkilerde Fe noksanlığı durumunda siderofor üretirler. Üretilen bu siderofor Fe+3 ile uyuma sahiptir (Lecng, 1986). Bu fitosideroforların oluşturduğu Fe++ şelatlar özel bir taşıyıcı sistem ile hücre içine alınır (Römheld ve Marschner, 1986) ve bu şekilde bitkide Fe noksanlığı giderilmektedir.

Toprakta bulunan bir kısım kök bakterileri topraktaki bu kullanılmayan 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 salgıladığı oldukları glukonik asit, sitrik asit gibi organik asitler ve H<sup>+</sup> (proton) pompalanması sonucu toprak pH'sı etkilenerek fosfor bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştür (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/ylı olmaktadır (Hubbel ve Kiddo, 2003).

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

Topraklara uygulanan çözünürlüğü düşük kaya fosfatının PGPR'lar tarafından çözünürlüğünün artışı ve bitkinin daha fazla fosforu kullanacağı (Güneş vd 2013), toprakta fosfor eksikliğinin giderilmesinde fosfor çözücü mikroorganizmaların kullanıma, sürdürülebilir tarım ve çevreye dost tarım sisteminde bitkinin fosfor almasına önemli derecede etki ettiği yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Nassim ve Patel, 2000; Çakırak vd 2006; Tarım vd 2006, 2007, 2009, 2012a, b).

*B. megaterium*, *E. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. cereus*, *Bacillus PS-3*, *Bacillus M3*, *Bacillus OSI-142*, *B. amyloliquefaciens* ve *Bacillus* spp. gibi Bacillus ırları ile yürütülen araştırmalarda (Güneş vd., 2009; Tarım vd., 2012b), çeşitli bitkilerde bakteri uygulaması ile kontrol gübre 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 siderofor özellikleri ile patojen mikroorganizmaların topraktaki demiri kullanmalarını engelleyerek ya da antibiyotik üreterek bitkileri patojen saldırılarına karşı korurlar. Ayrıca sistematik 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* A34, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* ve 2 *Fusarium* sp.'ye karşı denemiştir. Hem *in vitro*'da herde *in vivo*'da yapılan denemeler sonucunda *Sinorhizobium meliloti* bu 5 adet fungusu 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 denemiştir. *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* etkenlerinin neden olduğu buğdayda kök çürüklüğünü azaltmış, hem de bitimde % 102 oranında artış neden olmuştur (El-Meligi and Hassan, 2000).

PGPR'ların kök bölgesine kolonize olmaları ile bitkide zararlanmaya sebep olan *Pythium aphanidermatum*'un gelişiminde bitkideki enzim aktivitesinin artmasına bağlı olarak bir azalma meydana gelmektedir (Chen vd 2000). *Domates* tohumlarına PGPR uygulanması sonucunda bitki ağırlığını artırdığı 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; Saravaniakumar ve Samiyappan, 2007; Delf Amico vd., 2008) koşullarında PGPR'lar çeşitli enzimatik ve hormonal salgılar ile bitkinin toleransına etmektedir. Farklı tuz stresi koşullarında yetiştirilen domates, (Mayak et al., 2004), karnela (Glick et al., 1997), fasulye (Yıldırım and Taylor, 2005), marul (Barassi et al., 2006) bitkilerinde toprağa yada bitkiye enjekte edilen PGPR'ların tuz stresine karşı bitkinin dayanma mekanizmasını artırarak, verim miktarlarının kontrole oranla daha yüksek olmasını sağlamışlardır.

Tuzlu koşullarla 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-



lanıca kuru maddede artışa neden olduğu belirlenmiştir (Yıldırım vd 2008a, b). PGPR uygulaması sonucunda tuzlu koşullarda yetişen bitkilerin Na alımının azalması, buna karşın K ve Ca alımı artmaktadır (Yıldırım vd 2006; Singh ve Singh, 1993; Altomare vd 1999; Cirićko ve Glick, 2001; Egamberdiyeva ve Hofflich, 2003; Mayak vd 2004). PGPR'lar çeşitli hormon ve enzim salgılayarak bitki gelişimine katkıda bulunmaktadır. PGPR ile inocüle edilen bitkilerde prolin ve glutamat gibi amino asit salınımının arttığı ve bu salgıların üretime bağlı olarak tuzun zarar etkisinin uzaldığı 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 dayanımını artmaktadır (Turan vd 2006, 2007, 2013; Eşitken vd 2006). Bakteriler uygun olmayan çevre koşullarında özellikle don stresinde gibberellik asit hormonunu üreterek, bitkinin dona dayanımını artmaktadır (Barka vd 2006). *Pseudomonas putida*, *Moraxceus cryophilus*, *Rhodococcus orthorhizis*, *Moraxceus protea*, *Moraxceola 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; Duran ve Olsen, 1983; Mills, 1999; Yamashita vd 2002). Lindow (1983) mısır, fasulye, patates, kabak, domates, portakal ve avakado bitkilerinin kullanıldığı 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 stres 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; Fairwell vd., 2006; Safronova vd., 2006) bakteriler tarafından ortamdaki uzaklaştırılmakta ya da yararlı miktarda azaltılarak meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalarda özellikle *B. megaterium* uygulaması sonucunda toprakta toplam ağır metal içeriğinde azalma meydana geldiği, hiperakümülatör bitkilerde ise bitkilerin topraktaki ağır metalleri daha fazla almasına sebep olduğu belirlenmiştir (Eseringü vd 2014). Topraklarda PGPR kullanımı ile hiperakümülatör olarak kullanılan bitkilerde etkinliği artmıştır (Whiting vd 2001) ve fytoremediasyon tekniklerinde önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (Mayak vd 2004). PGPR bakterileri özellikle organik maddeyi parçalayarak, besin elementlerinin elverişliliğini artırarak bitkinin daha iyi gelişmesini sağlamak ve bunun sonucunda gelişen bitkinin daha fazla ağır metali topraktan uzaklaştırabilmesini göstermektedir.

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

Bitki türü	PGPR	Etidleri	Kaynak
<i>Raphanus sativus</i>	<i>Staphylococcus kloosii</i> EY37 <i>Kocuria erythranayaa</i> EY43	Bitkide antioksidan enzim salgısını artırmakta, Na'un zararlı etkilerini azaltılmakta	Yıldırım vd 2006a
<i>Raphanus sativus</i>	<i>Bacillus subtilis</i> EY2, <i>Bacillus amorphoetus</i> EY6, <i>Bacillus spizantus</i> GC subgrup B EY30	Klorofil içeriği ve yaprak su içeriği artmakta	Yıldırım vd 2006b
<i>Brassica campestris</i>	<i>Methylobacterium</i> <i>uji-sawaense</i>	Bakteri kök uzamasına teşvik etmekte	Madhayan vd., 2006
<i>Brassica campestris</i>	<i>Bacillus circulans</i> <i>Bacillus firmus</i> <i>Bacillus globosporus</i>	Aşılama kök ve gövde gelişimini artırmış	Ghosh vd., 2003
<i>Brassica napus</i>	<i>Alicafigenes</i> spp. <i>Bacillus pumilus</i> <i>Paracoccus parasitaxus</i>	Aşılama 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	Indiragaodhi vd., 2008
<i>Chamaecrista pro-liferus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Kök uzaması ve nodül sayısında artış	Duarte-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	Cartelana vd., 1999
<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Pseudomonas putilla</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, Nodülleşimde artış	Shaharooda vd., 2006 a, b
<i>Vigna radiata</i>	<i>Pseudomonas putilla</i>	Etilen üretimi azalış	Miyak vd., 1999
<i>Zea mays</i>	<i>Enterobacter sakazakii</i> <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Klebsiella oxytoca</i>	Agronomik parametrelerde artış	Babalola vd., 2003



**Tablo 2.** ACC deaminaze içeren PGPR tarafından bitkilerde ağır metal stresini azaltılması (Çakmakçı, 2006).

Bitki türü	ACC deaminaze içeren PGPR	Kirlenici	Kaynak
<i>Brassica napus</i> , <i>Brassica juncea</i> ve <i>Lyceopersicon 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>Variovarax paradoxus</i> <i>Rhizobium</i> spp.	Aşırı $Cd^{2+}$ ortamında gelişmeyi teşvik etmiş	Belimov vd., 2005
<i>Brassica juncea</i> ve <i>Pisum sativum</i>	<i>Bacillus pumilus</i> , <i>Alcaligenes xyloxydans</i> , <i>Pseudomonas brassicacearum</i> , <i>Pseudomonas marginalis</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas cryohabitans</i> , <i>Rhizobium</i> spp., <i>Variovarax paradoxus</i>	Bakteri $Cd^{2+}$ toksiditesine karşı toleranslı ve 300 $\mu M$ $CdCl_2$ solüsyonunda kök uzamasına teşvik etmiş	Belimov vd., 2001
<i>Phragmites australis</i>	<i>Pseudomonas asplenti</i>	Yüksek $Cu^{2+}$ ve krezol ortamında normal gelişim	Reed vd., 2005
<i>Pisum sativum</i>	<i>Pseudomonas brassicacearum</i> , <i>Pseudomonas marginalis</i>	Aşırı $Cd$ neden olduğu köklerin besin alımının engellenmesini önlemiş	Safonova vd., 2006
<i>Brassica napus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	$Cd^{2+}$ toksik etkisine karşı koruma ve gelişme teşviki	Dell'Amico vd., 2003
<i>Brassica napus</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	$Ag^{+}$ ve $Ni^{2+}$ , ortamında biyomas artışı	Furwell vd., 2007
<i>Helianthus annuus</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	$Cd^{2+}$ toksitesi azalmış, kök metal alımı % 40 artmış	Wu vd., 2006

### SONUÇ

Günümüzde tarımı birçok biyotik ve abiyotik stresin etkisindedir. Mevcut verilere göre ACC deaminaze üreten bitki gelişimini teşvik eden bakteriler kullanılarak bitki gelişiminin belli ölçüde artırılmaktadır. Bakteri-kök birliğinde 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 kirlenimin bulunduğu ortamlar,

aşırı pH ve sıcaklık durumu ve bu bakterilerle yarışan veya onları yok eden bakterilerin bulunması gibi sert çevre koşullarında yaşamlarını sürekliliği devam ettirememeleridir. Bu problemin olası çözümü, bitki gelişimini teşvik eden endofitik bakterilerin kullanımının yaygınlaştırılması olarak görülmektedir (Starz 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., Salveit, M.E., 1992. Ethylene in Plant Biology. Academic Press, San Diego.
- Altın, N. ve Bora, T. 2015. Bitki Gelişimini Uyaran Kök Bakterilerinin Genel Özellikleri ve Etkileri. *Anadolu J. of ARI* 15 (2): 87 – 103.
- Altomare, C., W. A. Norvell, T. Bjoörkman, and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai strain 1295-21. *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.*, 130: 421-433.
- Antoun, H. 2003. Field and Green house Trials Performed with Phosphate Solubilizing Bacteria and Fungi <http://www.mohd.usg.edu/web/nsm/biouracs/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.
- Azari, O., and M. Stodie. 1996. *Applied Env. Microbiology* 62, 4081-4085.
- Babalola, D.O., Odeh, E.O., Sanni, A.I., Odhaimbo, G.D., Balina, W.D., 2003. Amplification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase from plant growth promoting rhizobacteria in Striga-infested soils. *African J. Biotechnol.* 2, 157–160.
- Barasa, C. A., G. Aymail, C. M. Urua, H. J. Suedo, and M. T. Sobrem, 2005. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* NaCl effects on lettuce. *Scientia Horticulturae* 109: 8–14.
- Barka, E. A., J. Nowak, and C. Clement. 2006. Enhancement of chilling resistance of inoculated gingerine plantlets with a plant growth-promoting rhizobacterium, *Bacillus pumilus* strain IS/IN. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 7246–7252.
- Bashir, Y., ve G. Holguin. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 103–121.
- Belinov, A.A., Safronova, V.I., Sergeyeva, T.A., Egorova, T.N., Matveyeva, V.A., Tsyganov, V.E., Borsov, A.Y., Tikhonovich, I.A., Kluge, C., Preissfeld, 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.
- Beltrov, A.A., Horrocks, N., Safronova, V.I., Dorschinskaya, S.V., Piluzza, G., Bellina, S., Glück, B.B., 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). *Soil Biol Biochem.* 37: 241–250.
- Bosaini M, Lull C, Likon A, Buitista I, Dorat P, Miquel O, 2008. Plant responses to abiotic stress in their natural habitats. *Buletin UASVM, Horticulture*, 65 (3): 53-8.



- Burl, 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.
- Burl, 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, E., Röhrlheid, V., 1997. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant Soil*, 193: 71-85.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Açar, 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 N<sub>2</sub>-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164 (5): 527-531.
- Çakmakçı, R., Döğmen, 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., Döğmez, 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 Biki Gelişiminin Tezyik Edilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 49 (1), 109-125.
- Cantlana, A.J., Harshbarger, P.G., Fuhrmann, J.J., 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Sci Soc Am J*, 63:1670-1686.
- Chen, C., Belanger, R. R., Benhamon, N., and Pawlitz, T. C., 2000. Defense enzymes induced in cucumber roots by treatment with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and *Pythium ultimum*. *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. Fertil. Soils*, 24: 358-364.
- Dell'Amico, E., Cavalco, L., Andreoni, V., 2008. Improvement of *Brassica rapus* 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.
- Donat-Correa, J., Liso-Barral, 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 Olsea, T.M. 1983. Thermal hysteresis protein activity in bacteria, fungi, phylogenetically diverse plants. *Cryobiology* 30:323-318.
- Egamberdieva, D., and G. Hoflich. 2000. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 973-978.
- El-Meligi, M. A., and Z. M. Hassan. 2006. 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, Córdoba-Argentina.
- Erdem, A., I. Pirlak, M. Turan, and F. Şahin. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae* 110: 324-327.
- Eringil, A., Turan, M., Güneç, A., Karaman, M.R. 2014. Efects 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., New, V., Rodriguez, H., Shabi, S., Dixon, D.G., Glick, B.R., 2005. The use of nitrogen-fixing canola (*Brassica napus*) and plant growth-promoting bacteria to enhance plant biomass at a nickel-contaminated field site. *Plant Soil*, 288: 309-318.



- Hultine M., Akarinc 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.
- Ishtiaqandhi, P., Anandhan, 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: 329-333.
- Johnson, P.R., Eckert, J.R., 1998. The ethylene gas signal transduction pathway: a molecular perspective. *Annu Rev Genet*, 32:227-254.
- Kalefengiz, T., ve Ekinöçü, 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.
- Larher, M., H. Bertrand, S. Rapin, O. Demergue, S. Mantelin, and J. C. Cleyet-Marel. 2000. Phyllobacterium Strain with Hormonal Capabilities Enhances Growth and Nitrate Uptake of Oilseed Rape (*Brassica napus*). Fifth International PGPB 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: 187-239.
- Li, Q., Saleh-Lakhs, S., Glick, B.R., 2005. The effect of native and ACC deaminase-containing *Azospirillum brasilense* Cd 18-1 on the rooting of carnation cuttings. *Can J Microbiol*, 51:511-514.
- Lindau, S.F. 1983. Methods of preventing frost injury caused by epiphytic ice-nucleation-active bacteria. *Plant Disease*, 67(1), 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*, 69:4196-4402.
- 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 fissiavarose*. *Planta*, 224: 268-278.
- Mahajan, S. ve Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 440: 139-158.
- Mans, 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., Tirosh, T., Glick, B.R., 1999. Effect of wild type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mungbean cuttings. *J. Plant Growth Regul.*, 11:49-53.
- 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. 1989. Novel biochemical compounds from Antarctic microorganisms. PhD thesis, Nottingham University.
- Narsian, V., Patel, H.H. 2000. *Aspergillus aculeatus* as a rock phosphate solubilizer. *Soil Biol. Biochem* 32: 559-565.
- Perrose, 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 (*Triticosecale Wittmack*). *Acta Physiologica Plantarum*, 25(3): 29-37.
- Prevost, D., S. Saddiki, and H. Amour. 2000. Growth and Mineral Nutrition of Corn Inoculated with Effective Strains of *Bradyrhizobium japonicum*. Fifth International PGPB Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba- Argentina.
- Reed, M.L.E., Glick, B.R., 2006. 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.



- 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 Pollut*, 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., Paton, C.L., Holguin, G., Penrose, D.N., 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., Pan, 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., Tweedell, 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.
- Grubb, 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. *Bikilerde stres kaynakları ve stres tepkileri*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İzmir.
- Güneş, A., Ataoğlu, N., Turan, M., Esitken, A., Ketterings, Q.M. 2009. Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on olive leafy piglet and chicken carcasses. *J. Plant Nutr. Soil Sci* 173: 385-392.
- Güneş, A., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F., Karaman, M.B. 2013. Farklı Bakteri Uygulamalarının Kaya Fosfatına Çözünürlüğü Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 2(1):53-61.
- Gürel, A., ve Arıoğlu, R. 2001. *Bikilerde Stres Dayanıklılık Fizyolojisi*, 21. bölüm, Editörler: Özcan, S., Gürel, E., Balcıoğlu, M. 2001. "Bikilerde Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları", Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, 308-315.
- Gurfiakel, B. S., and A. Petricari. 2000. Nitrogen Fixing Rhizobacteria and Their Relationship with Soilborne Fungi. *Fifth International PGPR Workshop*, 29 October - 1 November, 2000, Cordoba-Argentina.
- Horne, M., Shimomura, T., 1978. Metabolism of 1-aminocyclopropane-3-carboxylic acid. *Agric Biol Chem*, 42: 1825-1831.
- Huang, X.-D., El-Akawi, Y., Penrose, D.M., Glick, B.R., Greenberg, B.M., 2004a. Responses of plants to ozone during phytoremediation and their significance for remediation processes. *Environ. Pollut.*, 130: 453-465.
- Huang, X.-D., El-Akawi, 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.*, 120: 465-476.
- Hubbell, D. H., and G. Kidder. 2003. Biological Nitrogen Fixation. [http://edis.ifas.ufl.edu/BODY\\_55180](http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_55180).

- Hultberg M., Abouas 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.
- Indragandhi, P., Anandhan, R., Muthaiah, 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.
- Johson, P.B., Ecker, J.R., 1998. The ethylene gas signal transduction pathway: a molecular perspective. *Annu Rev Genet*, 32:227-254.
- Kalefiroglu, T., ve Eksekel, Y., 2005. Bitkide kuraklik stresinin etkileri ve dayaniklik 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. Rapin, O. Domergue, S. Mantelin, and J. C. Cleyet- Marel. 2000. Phylobacterium 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: 187-239.
- Li, Q., Saleh-Lakho, S., Glick, B.R., 2005. The effect of native and ACC deaminase-containing *Azospirillum brasilense* Cd18-3 on the rooting of carnation cuttings. *Can J Microbiol*, 51:511-514.
- Lindew, S.F. 1983. Methods of preventing frost injury caused by epiphytic ice-nucleation-active bacteria. *Plant Disease*, 67(1), 327-333.
- Ma, W., Guisel, 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.
- Madhavi, M., Poonguzhali, S., Ryu, J., Sa, T., 2006. Regulation of ethylene levels in canola (*Brassica campestris*) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-containing *Methylobacterium fissavense*. *Planta*, 224: 268-278.
- Mishra, S. ve Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- Mims, 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., Tirosh, T., Glick, B.R., 1999. Effect of wild type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mangrove 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 Antarctic microorganisms. PhD thesis, Nottingham University.
- Narsian, V., Patel, H.H. 2000. *Aspergillus aculeatus* as a rock phosphate solubilizer. *Soil Biol. Biochem* 32: 559-565.
- Peterson, 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 (*Triticosecale Wittmack*). *Acta Physiologica Plantarum*, 25(3): 29-37.
- Prewett, D., S. Saddiki, and H. Amour. 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 zopper or polycyclic aromatic hydrocarbons. *Can J Microbiol*, 51: 1061-1069.



- Reed, M.L.E., Womers, 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.
- Reinhold, V., and H. Marschner. 1986. Evidence for a Specific Uptake System for Iron Phytosiderophores in Roots of Grasses. *Plant Physiol.*, 80: 175-180.
- Safirova, V.I., Stepanok, V.V., Engqvist, G.L., Alekseyev, Y.V., Belimov, A.A. 2006. Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate desaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in calcium supplemented soil. *Biol. Fertil. Soils* 42: 267-272.
- Saleh, S.S., Glick, B.R. 2001. Involvement of *gacS* and *gacX* 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., Mahalingaswamy, R., Lakshminarasimhan, C. and Loganathan, S. 2000. Solubilization of inorganic phosphates by *Azospirillum lipoferans*. *Current Science*, 79 (5): 565-567.
- Shahzad, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., Khaliq, 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.
- Shahzad, 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.). *Let Appl Microbiol.*, 42:155-159.
- Singh, H. P., and T. A. Singh. 1993. The interaction of rockphosphate, Brady- rhizobium, vesicular arbuscular mycorrhizae and phosphate-solubilizing mi- crobes on soybean grown in a sub-Himalayan Mollisol. *Mycorrhiza* 4: 37-43.
- Silva, J. S. A., Romero, R. D., Macagnan, D., Halfeld-Vieira, B. D., Pereira, M. C. B., and Moazzes, 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., Ataglu, N., Şahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungal different forms of phosphorus in liquid culture. *J. Sustain. Agric* 28: 99-108.
- Turan, M., Ataglu, N., Şahin, F. 2007. Effects of *Bacillus* PS-3 on Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Plants and Availability of Phosphorus in Soil. *Plant Soil Environ* 53: 58-64.
- Turan, M., Ertekin, 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., Eşkek, A., Şahin, F. 2012a. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Alleviators for Soil Degradation Chapter 3. *Bacteria in Agrobiolgy: Stress Management*. Editor; Dinash K. Mahapatra, Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- Turan, M., Gökçe, M., von Wiese, 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., Gökke, 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. Bakteriyeel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii*'nin sarıyaprada (*Pelargonium* spp.) üzeri ve biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi.
- Wang, C., Knill, E., Glick, B.R., DeGago, G., 2000. Effect of transferring 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase genes into *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0 and its *gacA* derivative CHA6 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 phytoremediation of heavy metal. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72: 1129-1134.
- Yamashita, Y., Nakamura, N., Omitsu, K., Nishikawa, J., Kowahara, H., and Obara, H. 2003. Identification of an antifreeze lipoprotein from *Nanxella* 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., Döğmez, M.F. Turan, M. 2008a. Use of Biomolecules in Ameliorative Effects on Radish Plants Under Salinity Stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 2059-2074.
- Yıldırım, E. Turan, M., Döğmez, M.F. 2008b. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. *Romanian Biotechnological Letters* 13(5): 3933-3943.