

YARARLI BAKTERİ UYGULAMALARININ BİTKİSEL VERİM VE DAYANIKLILIK MEKANİZMLARINA ETKİLERİ

Yusuf ÇELİK¹

Garip YARŞİ²

Adem ÖZARSLANDAN³

Özet: Dünyada nüfusun hızlı bir şekilde artması sonucunda her geçen gün besin ihtiyacı artmakta ve buna bağlı olarak tarımsal üretimin artırılması yönünde farklı uygulamaların kullanılması zorunluluk haline gelmektedir. Verimi arttırmak için kullanılan uygulamaların başında gübre ve ilaç kullanımı gelmektedir. Aşırı gübre ve ilaç kullanımı ise zaman zaman insan ve çevre sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Sürdürülebilir tarım için gübre kullanımını en aza indirmek, bitkisel üretimden maksimum seviyede yararlanmak amacıyla rizosferden elde edilen yararlı mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Son yıllarda biyolojik gübrelerin önemi artmış ve kullanım alanları genişlemiştir. Bu kapsamda serbest yaşayan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik savaş ajanı olarak ta adlandırılan veya biyogübre olarak kullanılan rizobakteriler etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Gelecekte, tarımsal alanda, farklı çevre koşullarına uyum sağlayan, adaptasyon yeteneği yüksek, hastalık ve zararlıların popülasyonlarını baskılayan mikroorganizmalara daha fazla ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sebze, bakteri, çevre, gübre, hastalık ve zararlı

EFFECTS of BENEFICIAL BACTERIA APPLICATIONS on PLANT YIELD AND RESISTANCE MECHANISMS

Abstract: As a result of the rapid increase in the population in the world, the need for food increases day by day and the use of different applications to increase agricultural production is becoming a necessity. The use of fertilizer and pesticides is one of the applications used to increase the yield. Excessive use of fertilizer and pesticides occasionally threatens human and environmental health. Use of microorganisms obtained from rhizo sphere are used in order to minimize the use of fertilizers for sustainable agriculture and to maximize plant production. In recent years, the importance of biological fertilizers has increased and their use has expanded. In this context, rhizobacteria which are free living, which are known as biological struggle agent and used as bio-fertilizers, are being used effectively. In the future, it is essential that microorganisms that adapt to different environmental conditions, have high adaptability, and suppress populations of diseases and pests will be needed in the agricultural area.

Keywords: Vegetables, bacteria, environment, fertilizer, disease and pest

¹ Silifke Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin Üniversitesi/Türkiye, Sorumlu yazar: ycelik3334@gmail.com

² Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye

³ Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye

GİRİŞ

Bitkilerde büyümeyi sağlayan rhizobacteria, bitki kök yüzeyinin etrafında veya üzerinde yaşayan ve rizosfer çevresinde çeşitli düzenleyici kimyasalların üretimi ve salgılanması yolu ile bitki büyümesini ve gelişimini desteklemede direk veya indirek olarak rol alan toprak bakterileridir. Genel olarak, bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler, ya bitki besin elementi alımında (azot, fosfor ve esansiyel mineraller) ya da bitki hormonu seviyelerinin modüle edilmesinde ya da çeşitli patojenlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki engelleyici etkilerinin azaltılması yoluyla dolaylı olarak bitki büyümesine katkı sağlar. biyokontrol ajanları ile yapılan Çeşitli çalışmalar, hem normal hem de stresli koşullar altında bitki büyümesine yardım eden rhizobacteria uygulamasıyla farklı bitki türlerinin verimliliğini artırmıştır. Bitkisel yararlı rizobakteriler, tarımsal ekosistemleri bozan tehlikeli tarım kimyasallarına_olan küresel bağımlılığı azaltmaya yardımcı olur(Ahamed ve Mulugeta.,2013) Son yıllarda rizosferde doğal olarak bulunan ve bitki kökleri ile faydalı etkileşim içinde bulunan mikroorganizmaların önemi gittikçe artmaktadır.

Toprak çok sayıda ve çeşitlilikte mikroorganizma topluluklarını barındırır. Bu mikroorganizma toplulukları arasında bitki kökleri ile ilişkili olan bakterilere kök bakterileri denir. Bu kök bakterileri bitki kökleri ile olan etkileşimleri göz önüne alındığında bir kısmının yararlı bir kısmının zararlı etkide bulunduğu görülmektedir. Yararlı etkide bulunan kök bakterilerinin bazıları bitkilerde gelişmeyi uyarıcı veya biyokontrol ajanı gibi rol oynayarak ya da her iki şekilde de davranarak bitkilere yararlı etkide bulunurlar (Romerio, 2000)

Bitki Aktivatörlerin Verim Artırıcı Etkisi

Bitki Gelişimini Artıran Kök Bakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria, PGPR) gerek antagonistik etkileri, gerekse bitki gelişimi ve veriminde artış sağlamaları nedeniyle önemli bir yere sahiptir(Gül vd 2008).

PGPR'lerin bitkilerdeki etki mekanizmaları doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki ye ayrılmaktadır. PGPR'ler bitki gelişimini doğrudan ; (1) havadaki serbest azotun bağlanması, (2) farklı bitki hormonlarının sentezi, (3) minerallerin çözülmesi ve (4) bitkilerde hormon seviyelerini ayarlayan enzimlerin sentezi gibi bakteri tarafından üretilen veya çevreden besin maddelerinin alımını kolaylaştıran bir bileşiği bitkiye sağlayarak gerçekleştirmektedirler. Dolaylı mekanizmaları ise; (1) patojen için yararlı olan demirin üretilen sideroforlar yardımıyla sınırlandırılması, (2) antibiyotiklerin üretimi, (3) bitkide sistemik dayanıklılığın uyarılması, (4) fungal hücre duvarlarının üretilen litik enzimler ile parçalanması, antifungal metabolitlerin üretimi ve (5) besin ve yer için rekabet ederek patojenleri önlemek şeklindedir. (Ahamed ve Mulugeta.,2013)

20.yy'ın ortalarında Sovyetler Birliği ve Hindistan'da PGPR'nin farklı ürünlerdeki etkileri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan farklı tarla denemelerinden elde edilen sonuçlar uyumsuzluk göstermesine rağmen, kontrole göre %50-70 verim artışlarının sağlandığı belirtilmiştir. Bu dönemde PGPR'nin bitki büyümesini arttırmadaki mekanizması iyi bilinmemesine rağmen, bu denemeler hedef bitkilerde bakteriyel kolonizasyon ve bitki büyümesi için uygun şartlar hakkında ipuçları sağlamıştır. PGPR'nin çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, krolofil içeriği, Mg, N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta kopma tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine fayda sağladığı belirlenmiştir (Lucy ve ark.,2004)

Seralarda yapılan yoğun tarım, aşırı gübre kullanımını zorunlu kılmaktadır. Yüksek verim için fazla girdi kullanan tarım sistemleri çevresel problemlere ve doğal kaynakların tükenmesine yol açmaktadır.

Gübre uygulamasını minimum, bitki gelişme ve beslenmesini maksimum düzeye çıkarmak amacıyla rizosferden seçilmiş farklı mikroorganizmalar domates ve biber küllemesi, domateste bakteriyel benek gibi çeşitli sebze hastalıklarına karşı çeşitli fungusit uygulamaları gerçekleşse de bitki aktivatörlerinin kullanılması patojenlere karşı dayanıklılığı arttırmaktadır. Yapılan testler sonucunda fitotoksik belirti gözlenmemiştir. Domates bitkisine Erysiphe sp, hıyar bitkisine Penicillium oxalicum biber bitkisine ise Xanthomonas vesicatoria inokule edilmiş ve bitki aktivatörünün Erysiphe sp. ile inokule edilmiş domates bitkilerinde hastalık gelişimini azaltmada etkili olduğu tespit edilmiştir (Anonymous, 1998). Domates bitkisinde fosfor çözücü bakterinin (Bacillus megaterium) verim ve fosfor alımı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, fosfor çözücü bakterinin bitkide verim ile fosfor, demir, çinko ve bakır gibi elementlerin alımını arttırdığı bildirilmişler (Turan ve ark., 2004).. Hıyar, domates ve biber ile yapılan bir çalışmada, sera koşullarında; test edilen PGPR'lerin bazı dönemlerde hıyar ve domateste önemli verim artışına yol açtığı belirtilmiştir. Domateste kontrole göre verim de artışı olduğu Bacillus spp. strain 66/3'de sonbaharda %36, ilkbaharda %17 düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Hıyar yetiştiriciliğinde ise, Pseudomonas putida 18/1 K, Serratiamarcescens 62 ve Pseudomonas fluorescens 70 nolu kök bakterileri Fusarium solgunluğunun ortaya çıktığı dönemde, toplam verimi kontrole kıyasla sırasıyla %42, %43 ve %20 oranında arttırdığını belirtmişlerdir(Gül ve ark., 2008c).

Tarımda biyo gübre veya kontrol ajanı olarak adlandırılan bakterilerin 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 kullanılmaya başlanmıştır.(Kotan 2014). Bakteriler bitkilerde büyüme hormonlarının üretimini artırır; fosfor gibi bazı minerallerin alımını artırır; etilen sentezini engeller; siderofor, vitamin ve antibiyotik üretirler ve bitkilerde hastalıklara karşı dayanıklılık uyarırlar (Pal et al., 2000; Chen et al., 1996; Romeiro, 2000).

Bitki Aktivatörlerinin Çevresel Stres Faktörlerine Etkisi

Kültür bitkileri verimliliği sınırlayan tuzluluk, kuraklık, yüksek veya düşük sıcaklık gibi bazı çevresel streslere maruz kaldığında mücadelesi genellikle zaman alıcı, pahalı ve uygulamada oldukça zorluklar oluşturmaktadır. Son zamanlarda, stres koşullarında yetiştirilen bitkilere tolerans kazandırmada bitki gelişimini teşvik eden bakteri kullanımı bilim insanları tarafından yoğun olarak araştırılmaktadır. Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin azot fiksasyonu, fosforun çözünürlüğünü, su kullanım etkinliğini ve bitkisel hormon üretimini (oksin, stokinin ve gibberellin) arttırarak, besin elementlerinin bitki tarafından alımını etkinleştirerek ve ya bitkide etilen seviyesinin enzimatik yolla azaltarak abiyotik stres şartlarında yetiştirilen bitkilerde bitki gelişimi ve verim üzerine olumlu etki yapabildikleri tespit edilmiştir (Samancıoğlu,A. ve Yıldırım,E.,2015)

Bitkilerde dayanıklılığın geliştirilmesi için biyotik uyarıcılar (bakteri, fungus, virüs ve nematodlar) ya da abiyotik uyarıcılar (salisilik asit, glisin, jasmonat, etilen ve bazı herbisitler) çok geniş sayıda bir patojen dizine karşı çok sayıda kültür bitkisinde kullanılmıştır (Ozeretskoykaya, 1995). Abiyotik uyarıcılar sınıfına giren Actigard veya Bion 50 WG (acidibenzolar-S-methyl) adıyla bilinen piyasa preparatın domates bitkilerinde peroxidase, glutathione peroxidase, chitinase, superoxide dismutasu ve glutathione S-transferase enzimlerinin miktarlarını artırarak Cmm'e karşı dayanıklılığı arttırdığı,ayrıca uygulamalar sonucu bitkilerde hastalık şiddetini %76, bakteriyel gelişmeyi ise %68 oranında düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır (Baysal ve ark., 2003).

Bitkilerde kurak çevre koşulların meydana getirdiği olumsuz etkinin azaltılmasında bitkiler tarafından üretilen birtakım koruma mekanizmalarının etkili olduğu görülmektedir. Bu mekanizmalardan biri de

bitkilerin bazı organik madde veya bileşikleri fazla miktarda üreterek stres faktörlerine karşı dayanıklılık sağlanmış olmasıdır. Bu tolerans mekanizmalarının oluşmasında glutamat, glutamin, prolin, alanin gibi aminoasitler; sükröz, trihaloz, poliglikosil granülleri ile glisinbetain gibi dörtlü aminleri içeren ozmolitler başta gelmektedir. (Crowe ve Crowe, 1992). Strese karşı sentezlenen bu ozmolitler, hücreleri veya dokuları su kaybına (desikkasyon) karşı koruduğundan ozmotik koruyucu(ozmoprotektan) olarak isimlendirilmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007). Yapılan çalışmalarda PGPB uygulamalarının bitkide prolin miktarını arttırabildiği bildirilmiştir (Chakraborty ve ark., 2013). Benzer çalışmalarda kuraklık şartlarında yetiştirilen pirinç bitkisine uygulanan PGPB ile kök büyümesi ve saçak kök oluşumunun arttırdığı ve bu gelişmenin prolin, glisinbetain gibi ozmolitlerin artışından kaynaklanabileceği görüşü savunulmuştur (Yuwono ve ark., 2005). Kuraklık stresi şartlarında PGPB uygulamaları prolin sentezini arttırmakta; ayrıca bitkilerin turgor durumunu koruyarak membran sağlığını korumaktadır. (Ansary ve ark., 2012; Chakraborty ve ark., 2013; Sarma ve Saikia, 2014). Maş fasulyesi tohumlarına inoküle edilen PGPB uygulaması ile kurak şartların bitki gelişimi üzerine olan olumsuz etkisi prolin birikiminin artması sonucunda zararının azaldığı görülmüştür (Sarma ve Saikia, 2014). (Kohler ve ark., 2008). Su stresine maruz bırakılan maş fasulyesinde ise kuraklığa toleranslı *P.aeruginosa* GGRJ21 uygulaması ile bitkide IAA seviyesinin arttığını sağlamıştır (Sarma ve Saikia, 2014). PGPB uygulamaları sonucunda sitokin ve IAA seviyelerinde artış, tolerans mekanizmasının geliştirilmesinde etkili olduğu bildirilmiştir.

Bitkilerin kuraklık stresine karşı dayanıklılık göstermesi antioksidan enzim aktivitesinin önemli bir fonksiyonu vardır. Özellikle stres şartlarında artan serbest radikallerin zararlı etkilerinin azaltılması ile mümkündür. Son zamanlarda yapılan araştırmalarda kurak şartların sık sık görüldüğü bölgelerde giderek yayılan PGPB uygulamaları ile stresin olumsuz etkisine karşı antioksidan enzim aktivitesindeki artış ile toleransın sağlanabileceği kaydedilmektedir(Sarma ve Saikia, 2014). Bu mekanizmanın oluşmasında glutatyon redüktaz ve glutatyonS-transferaz enzimlerinin önemli rol oynadığı bildirilmektedir (Gong ve ark., 2005). Özellikle serbest radikaller tarafından bitki hücrelerindeki DNA ve membran zararlanmalarının katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzim aktivitelerindeki etkinliğin azaldığı belirlenmiştir (Scandalios, 1994). Kuraklık stresine maruz bırakılan marulda *Pseudomonas mendocina* uygulaması ile bitkide antioksidan enzim seviyesinin artarak strese karşı toleransın arttığını gözlemlemiştir(Kohler ve ark., 2008). Kurak şartlarda yetiştirilen ıspanakta PGPB uygulamasının yapraklardaki antioksidan enzim aktivitesini arttırdığı bildirmişlerdir(Çakmakçı ve ark.,2007b). Benzer şekilde maş fasulyesinde bitki gelişimini arttıran *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21 ırkının uygulanması ile katalaz, süperoksit dismutaz ve peroksidaz aktivitelerinin arttığı ve bu durumun strese karşı toleransın artmasında katkısı olabileceği bildirilmiştir(Sarma ve Saikia, 2014).

Kurak koşullarda yetiştirilen bitkilere PGPB uygulamaları ile birtakım fiziksel ve biyokimyasal değişiklikler görülmektedir(Yang ve ark., 2009). Bu değişikliklerden birisi de içsel hormon (*indol-3-asetik asit IAA*, gibberellik asit *GA* ve *absisik asit ABA*) seviyelerindeki değişikliklerdir (Glick, 1995;Petten ve Glick, 1996). Kuraklık stresi altındaki bitkiler yapraklarında bulunan stoma açıklıklarında azalma meydana getirmektedirler. (Decoteau, 2000). Stres sonucu bitkide meydana gelen bu değişim içsel sitokin düzeyinin azalması ve ABA seviyesinin artması ile ilişkilidir. Bu durum stokininlerin ABA ile ortak biyosentetik kökene sahip olmasından kaynaklanan karşıt (antagonist) bir ilişki olarak bilinmektedir.Yapılan bir çalışmada, kurak şartlarda yetiştirilen mısır bitkisinde ABA seviyesinde yükseliş, oksin, gibberellin ve sitokin seviyelerinde ise azalış olduğu; ancak PGPB uygulamaları ile bu değişimin tersi yönde gerçekleştiği anlaşılmıştır (Cowan ve ark., 1999).(Ansary ve ark., 2012).PGPB'lerin abiyotik streslere karşı tolerans sağlamada bitkilerde meydana getirdiği fiziksel ve

biyokimyasal değişimler için "Uyarılmış sistemik tolerans" terimi kullanılmıştır (Sandhya ve ark., 2010). Kurak ya da yarı kurak koşullarda yetiştirilen bitkilerde PGPB inokulasyonu ile kuraklığa tolerans ve su kullanım potansiyelinin artırdığını saptanmıştır (Heidari ve Golpayegani, 2012; Gururani ve ark., 2013; Marcinska ve ark., 2013). Bu durumun bakterilerin IAA üreterek bitkilerde kök gelişimini arttırması neden ile gerçekleştiğini bildirmişlerdir (Marulanda ve ark., 2009). Benzer şekilde marulda kurak koşullardaki olumsuz etkinin *P.mendocina* uygulaması ile azaltıldığı, bu durumun bitki daha fazla kök gelişimine sahip olduğu ve daha fazla su ve besin alma kolaylığı geliştirerek sağladığı vurgulanmıştır (Kohler ve ark., 2008). Su stresine maruz bırakılan maş fasulyesinde ise kuraklığa toleranslı *P.aeruginosa* GGRJ21 uygulaması ile bitkide IAA seviyesinde artış gözleendiği bildirilmiştir (Sarma ve Saikia, 2014). PGPB uygulaması, sitokinin ve IAA seviyeleri artış sağlamış olup ve bu durum stress ile birlikte gelişen tolerans mekanizmasının oluşumunda etkili olduğu bil PGPR'ların neden olduğu bitki büyümesi ve gelişimi ile ilgili mekanizmalar, sitokinin (Salamone et al., 1997), IAA (Loper and Schroth, 1986; Tang, 1994) ve gibberellin (Tang, 1994; Gutierrez-Manero et al., 2001) gibi bitki hormonlarının bakteriyel sentezlemede görev aldığı, bakterilerde üretilen 1-aminocyclopropane-1-ecarboxylat deaminase isimli enzimatik madde tarafından bitkinin etilen sentezinin engellenmesinin gerçekleştiğini (Glick, 1995), azot ve fosfor gibi bazı elementlerin alınımında artışının sağlandığı belirtilmektedir (Okon et al., 1988; Larcher et al., 2000). PGPR'lar ile biyolojik kontrol; rekabet, antibiyosis ve dayanıklılığın teşvik edilmesi gibi farklı mekanizmalar sayesinde gerçekleşmektedir (Wei et al., 1991). Bazı PGPR'lar zararlı mikroorganizmalar için demir alımını engelleyen siderofor üretmekte ve bu nedenle bu zararlı mikroorganizmaların patojen etkisini azaltmanın yanında, antibiyotikler, HCN gibi patojenler için zararlı olan maddeler üreterek hastalık yapan mikroorganizmaları baskı altında almaktadır. (Maurhofer et al., 1994).

Etilen çok önemli bitki sinyal molekülü olup, tohum çimlenmesi, saçak kök gelişimi, kök nodülasyonu, çiçeklenme ve meyvelenme gibi birçok bitkisel fonksiyonda düzenleyici rolü olan bir hormondur. Ancak, abiyotik ve biyotik stres koşullarında (tuzluluk, kuraklık, su baskını, patojen saldırısı, ağır metallere maruz kalma vb) bitkide bu molekölün üretimi aşırı seviyeye çıkmakta ve bu artış bitki gelişimini engellemektedir (Yang ve ark., 2008). PGPR'ler tarafından da üretilen 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz gibi enzimler bitkide oluşan etilen hormon üretimini dengeleyerek bitki büyüme ve gelişimini sağlarlar (Glick, 1995). Böylece ACC-deaminaz aktivitesi olan PGPR'ler etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Safronova ve ark., 2008). ACC-deaminaz aktivitesinin muhtemel mekanizmasını (Ahemad ve Kibret, 2013) Etilen sinyali ACC bitkide sentezlendikten sonra bitki köklerinden bakteriler tarafından alınır ve bakterinin ürettiği enzim ile amonyağa ve 2-oxobutanoate'a hidrolize edilir. Böylece bitkide bulunan ACC konsantrasyonu seviyesi düşürülerek aşırı etilen üretiminin engellenmesi sağlanmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

1. PGPR lerin tarımsal üretim sistemlerinde kullanılması ile bitkilerin gübrelere daha etkin bir şekilde yararlandığı bildirilmiştir.
2. Günümüzde tarımsal alanlarda bitkisel üretimde bilinçsiz kimyasal gübre ve pestisit kullanımı toprak verimliliğinin kaybolmasına, çevrenin kirlenmesine, hastalık ve zararlı popülasyonlarının artmasına sebep olmuştur.
3. Tarımsal ekosistemlerde birçok toksik ve tehlikeli kimyasal madde bulunmakta ve bunlar bitki, toprak, yeraltı suları ve gıdaların içine karışmakta tehlikeli sonuçlar doğurmakta, PGPR'lerin kullanılması sonucunda bu tehlikeli durum bertaraf edilebilir.

4. Tüm dünyada yeterli miktar ve kalitede gıda temininin kirletici tarımla sağlanamayacağı endişesi yaygınlaşmakta ve sonuç olarak sağlıklı bir tarım sistemi için PGPR kullanımı ile başarılı sonuçların alınması mümkün olacaktır.
5. PGPR' lerin etki mekanizmasının kavranması ile bitki korumada pahalı ve karmaşık olan geleneksel bitki koruma yöntemlerine alternatif olarak uygulanması açısından sürdürülebilirliği avantajlı olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahemad, M. ve Kibret, M., (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science* (Article in Press).
- Anonymous, (1998). <https://www.xing.com/communities/posts/bitkisel-ueretimde-ve-tarimsal-savasimda-yeni-bir-yaklasim-olarak-bitki-aktivatoerlerinin-rolue-1005122683>
- Ansary MH, Rahmani HA, Ardakani MR, Paknejad F, Habibi D, Mafakheri S, (2012). Effect of *Pseudomonas fluorescens* on proline and phytohormonal status of maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. *Annals of Biological Research*, 3 (2):1054-1062.
- Ashraf M, Foolad, MR, (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Baysal, Ö., Soylu E. M., and Soylu S. (2003). Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-s-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*. *Plant Pathology*, 52:747-753.
- Chakraborty U, Chakraborty BN, Chakraborty AP, Dey PL, 2013. Water stress amelioration and plant growth promotion in wheat plants by osmotic stress tolerant bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29:789-803.
- Chen C, Roberson EB, (1996). Diffusion of glucose in microbial extracellular polysaccharide as affected by water potential. *Soil Biology & Biochemistry*, 28: 877-884.
- Cowan AK, Cairns ALP, Bartels-Rahm B, (1999). Regulation of abscisic acid metabolism: towards a metabolic basis for abscisic acid-cytokinin antagonism. *Journal of Experimental Botany*, 50: 595-603.
- Crowe JH, Crowe LM, (1992). Membrane integrity in anhydrobiotic organisms: toward a mechanism for stabilizing dry. In: Somero GN, Osmond CB, Bolis CL (Eds) *Water and life*, 1st ed. Springer, Berlin, pp. 87-103.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan Ü. and Dönmez, M. F., (2007b). The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 288-295.
- Decoteau DR, (2000). *Vegetable Crops*. Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA. pp.464.
- Glick B.R, (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 41: 109-117.
- Gong HJ, Zhu XY, Chen KM, Wang SM, Zhang CL, (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169:313-321..
- Gururani MA, Upadhyaya CP, Baskar V, Venkatesh J, Nookaraju A, Park SW, (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *Solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS-scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32:245-258.

- Gutierrez-Manero FJ, Ramos Solano B, Probanza A, Mehouchi J, Tadeo FR, Talon M, (2001). The plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilis* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111(2): 206-211.
- Gül, A., Kidoğlu, F., Tüzel, Y. and Tüzel, İ.H., (2008a). Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(3):422-429.
- Heidari M, Golpayegani A, (2012). Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11:57–61.
- Kohler J, Hernández JA, Fuensanta Caravaca F, Roldán A, (2008). Plant-growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in waterstressed plants. *Functional Plant Biology: FPB*, 35: 141–151.
- Kotan, R., (2014). Faydalı bakterilerin tarımda kullanımı. *Harman Time*, 11:44-48.
- Larcher MI, Bertrand HI, Rapior S, Domerque O, Mantelin S, Cleyet-Marel JC, (2000). *Phyllobacterium* strain with hormonal capacities enhances growth and nitrate uptake of oil seed rape (*Brassica rapus*). Vth International PGPR Workshop, 29 October- 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Loper JE, Schroth MN, (1986). Influence of bacterial sources of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. *Phytopathology*, 76: 386-389
- Lucy, M., Reed, E. and Glick, B.R., (2004). Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86: 1–25.
- Marcinska I, Czyczyło-Mysza I, Skrzypek E, Filek M, Grzesiak S, Grzesiak MT, Janowiak F., Hura T, Dziurka M, Dziurka K, Nowakowska A, Quarrie SA, (2013). Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Actaphysiologiae plantarum*, 35:451461.
- Marulanda A, Barea JM, Azcoñ R, (2009). Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28:115–124.
- Maurhofer M, Hase C, Meuwly P, Mettraux JP, Defago G, (1994). Induction of systemic resistance of tobacco necrosis virus by the root-colonizing *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO: Influence of the *gacA* gene and pyoverdine production. *Phytopathology*, 84: 139-146.
- Okon Y, Fallik E, Sarig S, Yahalom E, Tal S, (1988). Plant growth promoting effects of *Azospirillum*. *Nitrogen Fixation: Hundred Years After*. Gustav Fisher, Stuttgart, West Germany, 741-746 .p.
- Ozeretskovskaya, O. L., (1995). Induced resistance in the Solanaceae.: Induced Resistance to Disease in Plants. (Edts. Hammerschmidt, R. and Kuc, J.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 182 p.
- Pal, K.K., Tilak, K.V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., Singh, C.S., (2000). Antifungal characteristics of a fluorescent *Pseudomonas* strains involved in the biological control of *Rhizoctonia solani*. *Microbiol Research* 155: 233-242.
- Patten C, Glick BR, (1996). Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian Journal of Microbiology*, 42: 207–220.
- Romerio, R. S. (2000). Preliminary results on PGPR research at the Universidade federal de viçosa, Brazil. Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba-Argentina.
- 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 enotypes cultivated in cadmium supplemented soil, *Biol. Fertil. Soils*, 42:356-362.
- Salamone IEG, Nelson L, Brown G, (1997). Plant growth promotion by pseudomonas PGPR cytokinin producers. *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria - Present Status and Future Prospects*. Nakanishi Printing, Sapporo, Japan, 316 p.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E., (2015). Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Uygulamalarının Bitkilerde Kuraklığa Toleransı Arttırmadaki Etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 20(1):72-79.
- Sandhya, V., Ali, S.K.Z., Grover, M., Reddy, G and Venkatswarlu, B., (2010). Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*. 62: 21-30.
- Sarma RK, Saikia R, (2014). Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21 *Plant Soil*, 377:111-126.
- Scandalios JG, (1994). Regulation and properties of plant catalases. In: foyer ch, mullineaux pm (eds) *causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 275-315.
- Tang WH, (1994). Yield-increasing bacteria (YIB) and biocontrol of sheath blight of rice. *Improving Plant Productivity with Rhizosphere Bacteria*. Common wealth Scientific and Industrial Research Organization, Adelaide, Australia, 273 p.
- Turan, M., Ataoğlu, N. ve Sezen, Y., (2004). Fosfor çözücü bakterinin (*Bacillus megaterium*) domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisinin verimi ve fosfor alımı üzerine etkileri, Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat, 1:939-944.
- Wei G, Kloepper JW, Tuzun S, (1991). Induction of systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum orbiculare* by select strains of plant growth-promoting rhizobacteria. *Phytopathology*, 81: 1508-1512.
- Yang J, Kloepper JW, Ryu CM, (2008). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends In Plant Science*, 14,1-4.
- Yuwono T, Handayani D, Soedarsono J, (2005). The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth different drought conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 715-721.