

Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bazı Biyokontrol Mikroorganizmalar

Çiğdem Küçük¹, İnci Güler

Özet

Bitki gelişimini arttıran *Rhizobium* spp. , *Azospirillum* spp. ve *Glomus* spp. gibi mikroorganizmalar hastalık kontrolünde de etkili olmaktadır. *Pseudomonas* spp. ve *Trichoderma* spp. gibi biyolojik mücadele etmenlerinin ise bitki gelişimini teşvik ettikleri son yıllarda yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Tarımsal ürünleri hastalıklara karşı korumak ve gelişimlerini arttırmak için, bu mikroorganizmaların uygun zamanda ve miktarlarda kullanımları sağlanmalıdır. Böylece kimyasal gübrelerin kullanımları sonucu oluşan problemler azaltılabilir.

Bu derlemede, biyolojik gübre etmeni olarak kullanılan mikroorganizmaların hem bitki gelişimini teşvik etmeleri hem de biyolojik mücadelede kullanılmaları ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Giriş

Tarımsal üretimin ana amacının, hızla artan dünya popülasyonu için verimli, kaliteli ve güvenilir ürünlerin üretimi olduğu bildirilmiştir [1]. Ticari olarak üretilen çeşitli kimyasallar, bitki verimini artırmak ve bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasallara karşı; mikroorganizmaların dirençlilik kazanması, çevre kirliliği yaratması, bitki, hayvan ve insan sağlığını olumsuz etkilemesi, pahalı olması gibi olumsuzluklar yararlı mikroorganizmaların kullanımına alternatif bir uygulama olmuştur [1, 2].

Saprotitler, epifitler, endofitler, patojenler ve yararlı mikroorganizmalar rizosferdeki mikrobiyal komüniteyi oluştururlar [3]. Toprakta denge halinde bulunan bu mikroorganizma popülasyonlarının değişimiyle, yararlı mikroorganizma popülasyonunun azalması, bitki patojenlerinin toprakta baskın hale gelmesi sonucu bitki üretimi, dolayısıyla bitki verimi olumsuz etkilenmektedir [4].

Yararlı rizosfer mikroorganizmalar iki ana sınıfta gruplandırılmıştır [4];

- Bitki gelişimini direkt olarak etkileyen mikroorganizmalar (bitki gelişimini teşvik eden mikroorganizmalar; PGPM)
- Biyolojik kontrol ajanları (BCA); bitki patojenlerini kontrol etmenleriyle bitki gelişimine dolaylı olarak yardım etmektedirler.

¹ Yrd. Doç. Dr. Harran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa.
Yazışmalardan sorumlu yazarın E-posta adresi: cdmkucuk@yahoo.com

Bu mikroorganizmaların bitki sağlığı ve verimleri üzerindeki önemleri son yıllarda yapılan çalışmalarla gösterilmiştir [5-9]. Bu derlemede, hem bitki gelişimini teşvik eden hem de biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılan bazı mikroorganizmalarla ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Bitki Gelişimini Teşvik Eden ve Biyokontrolde Kullanılan Bazı Mikroorganizmalar

***Azospirillum* spp**

Azospirillum, bitki büyümesini arttıran mikroorganizmalar arasında yer almaktadır. *Azospirillum*'un bitki büyümesindeki etkileri Döbereiner ve ark. [10] tarafından iki ana grupta değerlendirilmiştir.

- a) Bitkinin gelişimindeki artış,
- b) Kök sisteminin güçlendirilmesi, patojenlerin gelişiminin engellenmesi şeklindedir.

Azospirillum spp. indol asetik asit, gibberellin ve sitokiyonin gibi fitohormon üretmektedir [11, 12]. Bitkinin topraktaki mineral maddeleri alımına yardımcı olurlar [5, 13]. Bitki hücre duvarını geçen, bitki membranı tarafından tanınan ve bitki metabolizmasında değişikliklere neden olan bazı sinyal moleküller salgırlar [14]. Ayrıca bitki patojenlerine karşı bitkiyi korudukları da yapılan çalışmalarda saptanmıştır [14, 15].

A. lipoferum M izolatının ürettiği sideroforların çeşitli bakteri ve fungal izolatlara karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir [13]. Serada yapılan bir denemede, *A. brasilense* Cd izolatının *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun infeksiyonuna karşı domates fidelerini koruduğu rapor edilmiştir [15]. Ayrıca *Azospirillum* izolatlarının baklagillere uygulanması ile baklagillerde nodül sayısı, ağırlığı ve bitkide fikse edilen azot miktarının arttığı incelenmiştir [17, 18].

***Rhizobium* spp.**

Baklagil bitkileriyle ortak yaşıyan *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*'u içeren Rhizobianın simbiyotik azot fiksasyonu için en önemli grubu oluşturduğu bilinmektedir [19]. Bu bakterilerin organik fosfatı çözererek bitki gelişimlerini arttıran bir aktivite gösterdikleri yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [20, 21]. Toprak solüsyonunda bulunan hareketsiz fosfordan dolayı tarım alanlarına fosfatlı gübreler uygulanmaktadır. Topraklarda fosforun büyük kısmı (%20-80 oranında) organik formda depolanmakta ve bu fosforun çözünerek bitki tarafından kullanılabilmesi mikrobiyal aktivite ile gerçekleşmektedir. Topraklarda önemli miktarlarda fosfataz enzimi [22] ve mikrobiyal fosfataz [1] bulunmaktadır. Organik fosfat bileşiklerinin mineralizasyonun ise fosfataz yoluyla oluştuğu saptanmıştır. Toprak bakterilerinden *Rhizobium* cinslerine ait bakterileri de önemli düzeylerde asit fosfataz aktivite göstererek organik fosfatı çözebilmektedir [23, 24]. Fosforu çözebilen mikroorganizmalarla bitkilerin aşılması sonucunda, çözünen fosforun bitki tarafından alımıyla bitki gelişimi olumlu olarak etkilemiştir [22].

Abd-Alla [24] fosfatın serbest kalmasında da *R. leguminosarum viciae*'nin önemli rolü olduğunu belirlemiştir.

Chabot ve ark. [25], *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* inokulasyonunun tarla koşullarında mısır ve marulun gelişimini arttırarak, aşılı marulların kontrollere oranla %6 oranında daha fazla fosfor içerdiğini belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar, *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* ile aşılı mısırın kuru ağırlığında önemli artış saptamışlardır. Pena-Cabridles ve Alexander [26] yaptıkları çalışmada; ayrı ayrı *Rhizobium* sp. ve *Bradyrhizobium* sp. aşılmasının soya fasulyesi, fasulye, yonca, yulaf, buğday ve mısırın kök gelişimini olumlu etkilediği, ayrıca tohum çimlenmesinde de etkili olduğunu bulmuşlardır.

Wiehe ve Höflich [27]'in *R. leguminosarum* bv. *trifolii*'nin tarla koşullarında dayanıklılığını belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada ise, bakterinin doğal koşullarda da uzun süre canlı kalabildiğini, baklagil olmayan mısır, buğday ve turp'un gelişimini olumlu etkilediğini incelemişlerdir. *Rhizobium* bakterilerinin fitohormon üreterek bitki gelişimini direkt olarak etkiledikleri bilinmektedir [28, 29]. *Rhizobium leguminosarum*'un bir izolatının indol asedik asit (IAA) ürettiği laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Bu izolat marul ve kanolanın erken çimlenmesini sağlamıştır [29]. *R. phaseoli*'nin P noksanlığı gösteren ve kaya fosfatı uygulanan toprakta ise mısır ve marul verimini, bitkilerin P alımını arttırmıştır [25]. Hücre çoğalması, hücre genişlemesi ve belli bitkilerde doku genişlemesi üzerine etki gösteren sitokin, marul ve kolzada *Rhizobium leguminosarum* tarafından üretildiği ortaya konulmuştur [29]. *Rhizobium* bakterileri gerçekleştirdiği simbiyotik ilişki ile de bitki gelişmesini arttırmaktadır. *Rhizobium* bakterileri ile yapılan aşılama ile mercimek [20, 30, 31], soya [32], nohut [33] ve fasulyenin [34, 35] ürün verimi ve azot içeriğinde artış olduğu çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır.

Rhizobium bakterilerinin toprak kökenli patojenik mikroorganizmalara karşı biyolojik mücadele etmeni olarak görev yaptığı, böylece bitkiyi koruyarak direncini de arttırdığı rapor edilmiştir [36, 37]. *R. meliloti* 49 nolu izolat ile aşılı yoncanın, *Fusarium oxysporum*'a karşı yoncanın direncinin arttırmış [38], *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* ile aşılı fasulye tohumlarının *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*'nin neden olduğu kök çürüklüğünü %50 oranında azaltmıştır [39]. *Rhizobium* spp.'nin bazı bitki patojenlerine olan antagonistik etkileri Tablo 1'de verilmiştir. *Acacia pulchella*'nin kök nodüllerinden izole edilen *Rhizobium* izolatları *Phytophthora cinnamoni* zoosporlarını azaltmıştır [40]. Nohut nodüllerinden izole edilen *Rhizobium* spp. izolatlarının ise *Ascochyta rabie*'nin gelişimini *in vitro* olarak sınırlandırmıştır [34]. Tarla denemelerinde de, tohumla kaplanan *Rhizobium* ve *Bradyrhizobium* bakterilerinin *Marcophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium* spp. 'nin popülasyonunu azaltarak antagonistik özellik gösterdikleri yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır [37, 39]. *Rhizobium* spp. , bitki savunma mekanizmalarını teşvik ederek dolaylı olarak hastalığı azaltmış, rekabet ve antibiosis ile patojenin gelişimini yavaşlatarak direkt hastalık üzerine etkili olabilmıştır [4, 41, 42]. *Rhizobium* bakterilerinin çoğunun ekstrasellüler bileşimleri üreterek bitki patojenlerinin gelişimini engelledikleri saptanmıştır [43]. *Rhizobium* spp. tarafından üretilen, antimikrobiyal aktivite gösteren, ekstrasellüler bir bileşik olan trifolitoksinin biyolojik mücadelede etkili olduğu Triplett ve Barta [44], Triplett [45] tarafından yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Ancak bu bileşiklerin *Rhizobium* izolatlarına göre spesifik olduğu, nodül oluşumunda da topraktaki diğer izolatlarla rekabette etkili olduğu incelenmiştir [46].

Tablo 1. Bitki gelişimini arttıran bazı mikroorganizmaların biyokontrol olarak kullanımı

Antagonist	Patojen	Konukçu bitki	Kaynak
<i>Rhizobium</i> spp.	<i>Meloidogyne javanica</i>	Mercimek	[50]
<i>R. leguminosarum</i>	<i>Oröbanche crenata</i>	Bezelye	[53]
<i>R. leguminosarum</i>	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>lisi</i>	Bezelye	[53]
<i>R. phaseoli</i>	<i>Fusarium solani</i>	Fasulye	[39]
<i>R. meliloti</i>	<i>Fusarium solani</i>	Yonca	[38]
<i>Rhizobium</i> spp.	<i>Ascochyta rabiei</i>	Nohut	[34]
<i>R. trifolii</i>	<i>Phytophthora</i> sp.	Yonca	[40]
<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>	Turp	[72]
<i>P. fluorescens</i> Q8r1-96	<i>Gaumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	Buğday	[72]
<i>P. chlororaphis</i> MA342	<i>Drechslera graminea</i>	Arpa	[72]
<i>P. fluorescens</i> VO61	<i>D. avenae</i>	Yulaf	[72]
<i>P. putida</i>	<i>Ustilago avenae</i>	Yulaf	[72]
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Phythium</i> sp.	Domates	[4]
<i>Trichoderma hamatum</i> TR1	<i>Rhizoctonia solani</i>	Patlıcan	[58]
<i>T. harzianum</i> T1	<i>Phythium ultimum</i>	Fasulye	[58]
<i>Trichoderma (Gliocladium) virens</i> GL-21	<i>Fusarium</i> sp.	Hıyar	[59]

Bakteriler tarafından üretilen sideroforların bitki patojenleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir [47], Antoun ve ark. [48] izole ettikleri *Rhizobium* spp. 'nin 196 izolatından 181'inin siderofor ürettiğini, Arora ve ark. [49] ise, siderofor üreten *Sinorhizobium meliloti*'nin *in vitro* koşullarda *Macrophonia phaseolina*'yı inhibe ettiğini ve yer fıstığının çimlenmesini arttırdığını bildirmişlerdir [49].

Tablo 2. Bitki gelişimini teşvik eden bazı biyokontrol mikroorganizmalar tarafından üretilen fitohormonlar

Mikroorganizma	Konukçu	Fitohormon	Kaynak
<i>Azospirillum brasilense</i>	Buğday	IAA	[11]
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Turp	IAA	[48]
<i>Bradyrhizobium</i>	Turp	IAA	[48]
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Soya fasulyesi	Sitokinin	[87]
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Turp ve marul	Sitokinin	[29]
<i>Trichoderma viride</i>		Sitokinin	[42]
<i>P. cepacia</i>	Soya fasulyesi	ACC deaminaz	[88]
<i>P. putida</i>	Fasulye	ACC deaminaz	[88]
<i>Pseudomonas</i> sp.	Kanola	ACC deaminaz	[89]

Atmosferik azotu fikse edebilen kök nodül bakterileri toksik metabolitler üreterek nematod popülasyonunu [50] ve birçok bitki patojeninin gelişmesini engellemişlerdir [51]. *Rhizobium* spp. 'nin rizobiyotoksin salgıladığı [52], *R. leguminosarum*'un ise bezelyede fitoaleksinin düzeyini arttırdığı belirlenmiştir [52]. Roslcky [54], *Rhizobium*

bakterileri tarafından üretilen, antibiyotik özellik gösteren bakteriyosinin, isolatlar arasında rekabeti etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğunu bildirmiştir [55-57].

***Trichoderma* spp**

Trichoderma spp. bitki hastalık etmenlerine karşı etkili olmaktadır. Bitki kök yüzeylerine kolonize olarak bitki metabolizmasında da değişikliklere neden oldukları yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur [58-60].

Bitki patojenlerinin gelişimlerini engelleyerek hastalığı azaltması, hormon benzeri metabolitler üretmesi, toprak veya organik maddeden besinleri çözebilmesiyle bitki gelişiminde önemli rol oynamaktadırlar [60-63]. *Trichoderma* türleri en çok çalışılan biyokontrol mikroorganizmalarıdır [64] ve biyokontrolde etkili olan mekanizmalarının mikoparazitizm, antibiosis, rekabetlilik olduğu rapor edilmiştir [60, 63, 64].

Bazı isolatlar bitki gelişimini teşvik ederek, ürün verimini arttırmaktadır. İzolatların bitkiyi hastalıklara karşı dirençli hale getirdiği bildirilmiştir [64]. Yapılan çalışmalarda *T. harzianum* T22, *T. atroviride* P1 izolatlarının sera koşullarında, marul gelişimi üzerine; tarla koşullarında domates ve biber bitkileri üzerine etkileri araştırılmıştır [63]. Araştırmacılar, *T. harzianum* uygulanmış parsellerde kontrollere göre biber ve domateste ürün veriminin arttığı, bitki boyu, yaprak sayısı, meyve sayısının %300 oranında bir artış gösterdiği belirlenmiştir [65].

Trichoderma tarafından üretilen metabolitler bitki gelişimini arttırmaktadır [66, 67]. *Trichoderma* isolatları tarafından üretilen sekonder metabolitlerin oksin benzeri bileşikler olarak görev yapabildiği, 10^{-5} ile 10^{-6} M arasında optimum aktivite gösterebildiği açıklanmıştır [60]. Ayrıca *Trichoderma* izolatlarınca üretilen glukonik, sitrik, fumarik asit gibi organik asitlerin toprak pH'ını düşürdüğü, bitki metabolizmasında kullanılan mangan, magnezyum, demir gibi mikroelement ve minerallerin katyonlarla fosfatın çözünmesinde rol oynadığı bildirilmiştir [62, 66, 68]. Toprakta bulunan organik besinlerin biyokontrol etmeni olan *Trichoderma*'nın aktivitesini etkilediği belirlenmiştir [69].

Ganesan ve ark., [70] tarafından yapılan bir çalışmada *Trichoderma harzianum* (ITCC-457) ile *Rhizobium* bakterisinin beraber uygulanmasıyla yer fıstığının gelişiminin arttığı, bu uygulamanın *Sclerotium rolfsii*'nin neden olduğu kök çürüklüğünü azalttığı saptanmıştır.

Altomare ve ark. [62], tarafından yapılan bir çalışmada ise, bitki gelişimini teşvik eden ve biyokontrol etmeni olan *T. harzianum* Rifaii 1295-22 (T22)'nin *in vitro* olarak bazı mikro besinleri ve fosfatı çözebilirliği araştırılmış, bu izolatın MnO_2 , metalik çinko ve kalsiyum fosfatı çözebildiği incelenmiştir. Küçük ve ark. [71], tarafından yapılan bir çalışmada da, İç Anadolu Bölgesi topraklarından izole edilen *Trichoderma harzianum* T1'in Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} ve Ca^{+2} 'un farklı konsantrasyonlarına olan dirençlilikleri incelenmiş, izolatın Fe^{+2} 'e toleranslı, Ca^{+2} içeren ortamda ise düşük toleranslı olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar T1 izolatın MnO_2 ve metalik çinkoyu sıvı ortamda çözebildiğini belirlemişlerdir.

***Pseudomonas* spp**

Toprakta ve rizosfer bölgesinde oldukça yaygın olarak bulunan *Pseudomonas* bakterilerinden özellikle *P. fluorescens* ve *P. putida*'nın birçok bitkinin gelişimini teşvik ederek önemli oranda bitki verimini artırmışlardır [4]. Bu bakteriler Kloepper ve ark. [3] tarafından bitki gelişimini teşvik edici bakteriler olarak tanımlanmıştır. Yararlı etkilerinin ise özellikle, bitki patojenlerinin bastırılması ile meydana gelen antagonizm olduğu açıklanmıştır [3, 72]. *Pseudomonas* bakterilerinin bitkiler üzerine etkilerini araştıran Dileep Kumar [78]; *Pseudomonas* izolatlarının tarla koşullarında nohut, patlıcan, soya fasulyesi ve domatesin kök ve yeşil aksam ağırlıklarını ve tohum çimlenmesini teşvik ettiğini bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise, *Pseudomonas putida*'nın domateste *Phytophthora ultimum*'un neden olduğu zararı azalttığı [8], hastalık etmenlerinin bulunduğu toprakta, sağlıklı bitkilerin gelişimini arttırdığı incelenmiştir [8]. Ayrıca hıyar ve kanolanın gelişiminde *P. putida*'nın etkisini bildiren çalışmalar yapılmıştır [7, 74, 75]. *Fusarium* sp. 'e karşı *P. putida*'nın antagonistik özelliği araştırılmış, *P. putida* ile aşılanmış mısır bitkilerinin kök ve yeşil aksam ağırlıklarının arttığı belirlenmiştir [76]. Arpa ve buğdayda zor olum hastalığının (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) ve bazı bitkilerde *Fusarium* solgunluklarının (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) engellenmesinde de fluorescent *Pseudomonas*'ın sideroforlarının rolü olduğu saptanmıştır [76].

Pseudomonas tarafından üretilen sideroforlar, patojen için gerekli olan demiri (III) bağlayarak, fungal patojenlerinin spor çimlenmesini engellemekte böylece çimlenmedeki azalışla daha az kolonizasyon meydana gelmektedir. Böylece patojenler daha zor bir şekilde enfeksiyon oluşturmaktadır [3, 4, 76].

Pseudomonas aeruginosa 7NSK2 izolatının bitki gelişimini uyarıcı bir rizosfer bakterisidir. Domateste fungal kök patojeni *Pythium splendens*'e karşı etkili bir biyolojik mücadele etmeni olduğu yapılan çalışmada ortaya konmuştur [77]. Demirin kısıtlı olduğu koşullarda bu izolat piyoverdin, piyoçelin ve salisilik asit olmak üzere üç siderofor üretmiştir [77]. *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2'nin *Pythium* ile demir için rekabete girerek biyolojik mücadelede etkili olmakta, salisilik asit ise bitkide dayanıklılığı uyararak çökerten hastalığını önleyebilmektedir [4, 77].

***Glomus* spp**

Yeryüzündeki bitki topluluklarının %95'inin Arbuskuler Mikorizal (AM) fungi ile işbirliği oluşturduğu açıklanmıştır [78]. Arbuskuler Mikoriza'nın, bitkiye mineral besinleri ve özellikle fosforu sağladığı, su alımını arttırdığı bilinmektedir [79]. *Glomus* spp. Arbuskuler Mikoriza'nın en çok çalışılan üyesi olmakla birlikte, sadece bitkiye besin maddesi sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda bitkiyi hastalıklardan da korumuştur [2, 80]. Yapılan çalışmalarda, *Glomus intraradices* ve *Glomus fasciculatum*'un domateste *Alternaria solani*'nin neden olduğu hastalığı önemli ölçüde azalttığı incelenmiştir [79, 80].

Suresh ve Bagyaraj [82], *G. fasciculatum*'un kök ur nematoduna karşı etkili olup olmadığını belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, *G. fasciculatum* aşılanmış domates bitkisinde kök ur nematodunun (*Meloidogyne javanica*) populasyonunda önemli ölçüde bir azalma belirlemişlerdir. Domates bitkilerinin *G. mossea* ile

aşılmasıyla *Pseudomonas syringae*'nin neden olduğu bakteriyel kara leke hastalığını azaltmış, rizosferdeki *P. syringae* popülasyonunda düşüş olmuştur [83]. *G. etinacatunium* ile aşılı patlıcan bitkisinin *Verticillium*'a karşı dayanıklılığı artmıştır [84].

Tablo 3. Arbuskuler mikorizanın bazı tarımsal ürünlere etkisi

Bitki	Etki	Kaynak
Patlıcan	Verim artışı	[90]
Hıyar	Verim artışı	[90]
Pırasa	Verim artışı	[90]
Domates	Verim artışı, kuraklığa dayanıklılık	[80]
Marul	Bitki gelişimini teşvik etme	[90]
Kuşkonmaz	Bitki gelişimini teşvik etme	[84]
Patlıcan	Hastalıklara karşı dayanıklılık	[91]

Powell [85], arpada tohum verimi üzerine *G. mosseae* ve *G. fasciculatum*'un etkisini araştırmak için yaptığı denemede, inokulasyon sonunda tohum veriminin %27, tohumdaki P içeriğinin %35 arttığını bulmuştur. Wacker ve ark. [86], kuşkonmaz fidelerini *Glomus fasciculatum* ve *Fusarium oxysporum* ile inokule ederek, sera ve tarla koşullarında etkilerini araştırmışlar, deneme sonucunda ise, *G. fasciculatum* ile inokuleli bitkilerin sürgün hacimlerinin daha fazla olduğunu incelemişlerdir. P eksikliği görülen topraklarda ise *Glomus* spp.'i N, K, Mg, Fe ve Zn alımını arttırmıştır.

Sonuç

Tarımsal uygulamalarda yüksek oranda verimin sağlanması için, fazla miktarda kimyasal gübreler uygulanmaktadır. Bu tür uygulamaların oluşturduğu olumsuz etkiler, göz önünde bulundurularak detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle azot başta olmak üzere mineral gübre uygulamalarının toprak profilinden yıkanarak yeraltı sularında kirliliğe yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca belirli şartlarda da kimyasal bileşiklerin sera etkisine ve ozon tabakasındaki değişime katkı yaptığı da düşünülmektedir. Bunlar sonucunda, çevreye dost ve toprakta ekolojik dengeyi bozmayan tarımsal uygulamalar gerekmektedir. Bu bağlamda, son yıllarda mikrobiyolojik etmenler olan biyolojik gübreler, bitki uyarıcılar ve biyolojik pestisidler bitkinin gerek duyduğu besin maddelerini karşılayacak olan kaynaklar olarak düşünülmektedir. Biyolojik gübre olarak kullanılacak mikroorganizmaların; üretilmesinin basit olarak uygulanması, ucuz olması, yüksek metabolik aktivite göstermesi ve uzun süre depolanma imkânı sağlaması gerekmektedir. Biyogübrelerin birden fazla yararlı organizma içermesi için araştırmalar yapılmalı ve yeni kombinasyonlarının oluşturulması ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmelidir.

Yapılacak çalışmalarla, çevreye dost olan bu mikroorganizmaların ve metabolitlerinin, endüstriyel olarak büyük miktarlarda üretilerek tarımda kullanılması ekosistemin devamı için çevre dostu bir yaklaşım imkânı sunabilir.

Kaynaklar

- [1] 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.
- [2] Avis, T. J. , Gravel, V. , Antoun, H. , Tweddell, R. J. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. *Soil. Biol. Biochem.* 40, 1733- 1740.
- [3] Kloepper, J. W. , Lifshitz, R. , Zablotowicz, R. M. 1989. Free living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.* 7, 39- 44.
- [4] Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as bio fertilizers. *Plant and Soil.* 255, 571-586
- [5] Öğüt, M. , Akdağ, C. , Düzdemir, O. , Sakin, M. A. 2005. Single and double inoculation with *Azospirillum/Trichoderma* the effects on dry bean and wheat. *Biol. Fertil. Soils.* 41, 262-272.
- [6] Ortaş, İ. , Oratçı, D. , Kaya, Z. 2002a. Various mycorrhizal fungi propagated on different hosts have different effect on citrus growth and nutrient uptake. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 33, 259-272.
- [7] Mehnaz, S. , Lazarovits, G. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans* and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. *Microbiol. Ecol.* 51, 326- 335.
- [8] 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.
- [9] Siddiqui, Z. A. , Baghel, G. , Akhtar, M. S. 2007. Biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Rhizobium* and plant growth-promoting rhizobacteria on lentil world J. *Microbiol Biotechnol.* 23, 435-411.
- [10] Döbereiner, J. , Baldoni, V. L. D. , Reis, V. M. , 1995. Endophytic occurrence of diazotrophic bacteria in non-leguminous crops. In. *Azospirillum VI* and related microorganisms, pp. 3-14. Springer-Verlag, Berlin.
- [11] Iospenko, A. , Ignatov, V. , 1995. Physiological aspects of phytohormon production by *Azospirillum brasilense* Sp7. *NATO ASIScr. G.* 37, 307-312.
- [12] Patten, C. L. , Glick, B. R. , 1996. Bacterial bio-synthesis of indole-3-acetic acid. *Can J. Microbiol.* 42, 207-220.
- [13] Bashan, Y. , 1990. Short exposure to *Azospirillum brasilense* Cd inoculation enhanced proton efflux in intact wheat roots. *Can J. Microbiol.* , 3, 419-425.
- [14] Bashan, Y. , Levanony, H. , 1991. Alternations in membrane potential and in proton efflux in plant roots induced by *Azospirillum brasilense*. *Plant Soil.* 137, 99-103.
- [15] Bashan, Y. , de-Bashan, L. E. 2002. Protection of tomato seedlings against infection by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* by using the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. *Appl. Environ. Microbiol.* , 6, 2637-2643.
- [16] Shah, S. , Varkhanis, V. , Desai, A. , 1992. Isolation and characterization of siderophore with antimicrobial activity from *Azospirillum lipoferum* M. *Curr. Microbiol.* 25, 347-351.
- [17] Burdman, S. , Kigel, J. , Okan, Y. , 1997. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Soil. Biol. Biochem.* 29, 923-929.

- [18] Tchebotar, V. K. , Kong, U. G. , Asis, C. A. , Akao, S. 1998. The use of GUS reporter gene to study effect of *Azospirillum-Rhizobium* coinoculation on nodulation of white clover. *Biol. Fertil. Soils.* 27, 349-352.
- [19] Prell, J. , Poole, P. 2006. Metabolic changes of rhizobia in legume nodules. *Trends in Microbiol.* 14, 161- 168
- [20] Peix, A. , Rivas-Boyer, A. A. , Mateos, P. F. , Rodriguez-Barrueco, C. , Martinez-Molina, E. , Velazquez, E. 2001. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. *Soil. Biol. Biochem* 33, 103-110.
- [21] Halder, A. K. , Mishra, A. K. , Chakrabarty, P. K. , 1990b. Solubilization of phosphoric compounds by *Rhizobium*. *Indian J. Microbiol.* 30, 311-314.
- [22] Sarapatka, B. and Kraskova, M. 1997. Interactions between phosphatase activity and soil characteristics from some locations in the Czech Republic. *Rostiinna-Vyroba.* 43, 415-419.
- [23] Hader, A. K. , and Chakrabarty, P. K. 1993. Solubilization of phosphate by *Rhizobium*. *Folia Microbiol.* 38, 325-330.
- [24] Abd-Alla, M. H. 1994. Use of organic phosphorus by *Rhizobium leguminosarum* biovar. *viceae* phosphatases. *Biol. Fertil Soils.* 18, 216-218.
- [25] Chabot, R. , Antoun, H. , Cescas, M. P. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. *Plant and Soil.* 184, 311-321.
- [26] Pena-Cabriales, J. J. and Alexander, M. 1983. Growth of *Rhizobium* in unamended soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 81-84.
- [27] Wiehe, W. , Hecht-Buchholz, C. H. , Hoeflich, G. 1994. Electron microscopic investigations on root colonization of *Lupinus albus* and *Pisum sativum* with two associative plant growth promoting rhizobacteria, *Pseudomonas fluorescens* and *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*. *Symbiosis.* 17, 15-31.
- [28] Wang, T. L. , Wood, E. A. , Brewin, N. J. 1982. Growth regulators, *Rhizobium* and nodulation in peas. Indole-3-acetic acid from the culture medium of nodulating and non-nodulating strains of *R. leguminosarum* Plant 155, 343-349.
- [29] Noel, T. C. , Sheng, C. , Yost, C. K. , Pharis, R. P. , Hynes, M. F. 1996. *Rhizobium leguminosarum* as a plant growth promoting rhizobacterium: direct growth promoting of canola and lettuce. *Can. J. Microbiol.* 42, 279-283.
- [30] Athar, M. 1998, Drought tolerance by lentil rhizobia (*Rhizobium leguminosarum*) arid and semiarid areas of Pakistan. *Lett. Appl. Microb.* 26, 38-42.
- [31] Gahoonia, T. S. , Ali, O. , Sarker, A. , Rahman, M. M. , Erksine, W. 2005. Root traits nutrient uptake, multi-location grain yield and benefit cost ratio of two lentil (*Lens culinaris*, Medicus.) varieties. *Plant and Soil.* 272, 143-161.
- [32] Lodeiro, A. R. , Favelukes, G. 1998. Early interaction of *Bradyrhizobium japonicum* and soybean roots, specificity in the process of adsorption. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1405-1411.
- [33] Ögütçü, H. , Algur, Ö. F. , Elkoca, E. , Kantar, F. 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.
- [34] Küçük, Ç. , Kıvanç, M. 2008. Preliminary Characterization of *Rhizobium* Strains Isolated from Chickpea Nodules. *Afr. Journal of Biotechnology.* 7(6): 772-775.

- [35] Önder, M. , Özkaynak, İ. 1994. Bakteri aşılması ve azot uygulanmasının bodur kuru fasulye çeşitlerinin tane verimi ve bazı özellikleri üzerine etkileri. Tr. J. Agric. For. 18, 463-471.
- [36] Reitz, M. , Oger, P. , Meyer, A. , Niehaus, K. , Farrand, S. K. , Halmann, J. , Sikora, R. A. 2002. Importance of the O-antigen, core-region and Ripid A of rhizobial lipopoly saccharides for the induction of systemic resistance in potato to *Globodera pallida*. Nematology. 4, 73-79.
- [37] Arora, N. K. , Kahg, S. C. , Maheswari, D. K. 2001. Isolation of siderophore producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. Curr. Sci. 81, 673-677.
- [38] Viands, D. R. , Barnes, D. K. , Frosheiser, F. I. 1980. An association between resistance to bacterial wilt and nitrogen fixation in alfalfa. Crop Sci. 20, 699-703.
- [39] Dar, G. H. , Zagar, M. Y. , Bleight, G. M. 1997. Biocontrol of *Fusarium* root rot in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using symbiotic *Glomus mosseae* and *Rhizobium leguminosarum* Microbiol Ecol. 34, 74- 80.
- [40] Simpfendorfer, S. , Harden, T. J. , Murry, G. M. 1999. The *in vitro* inhibition of *Phytophthora clandestina* by some rhizobia and the possible role of *Rhizobium trifolii* in biological control of *Phytophthora* root rot of clover. Austr. J. Agric. Res. 50, 1469-1474.
- [41] Breil, B. T. , Borneman, J. , Triplett, E. W. 1996. A newly discovered gene, *tfuA*, involved in the production of ribosomally synthesized peptide antibiotic trifolitoxin. J. Bacteriol. 178, 4150-4156.
- [42] Tsavkelova, E. A. , Yu, S. , Cherdyntseva, T. A. , Netrusov, A. I. 2006. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: a review. Appl. Microbiol Biotechnol. 71, 137-144.
- [43] Omar, S. A. , Abd- Alla, M. H. 1998. Biocontrol of fungal root rot diseases of crop plants by the use of rhizobia and bradyrhizobia Folia Microb. 43, 431- 437.
- [44] Triplett, E. W. , Barta, T. M. 1987. Trifolitoxin production and nodulation are necessary for the expression of superior nodulation competitiveness by *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* strain T24 on clover. Plant Physiol. 85, 335-342.
- [45] Triplett, E. W. 1990. Construction of a symbiotically effective strain of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* with increased nodulation competitiveness. Appl. Environ. Microbiol. 56, 98-103.
- [46] Nirmola, J. , Gaur, Y. D. 2000. Detection of bacteriocinogenic strains of Cicer – *Rhizobium* by modified simultaneous antagonism method. Current Scien. 79, 287-288.
- [47] Buyer, J. S. , Sikora, L. J. 1990. Rhizosphere interactions and siderophores. Plant and Soil. 129, 101-107.
- [48] Antoun, H. , Beauchamp, C. J. , Goussard, N. , Chabot, R. , Lalande, R. 1998. Potential of *Rhizobium* ve *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil. 204, 57-67.
- [49] Arora, N. K. , Kang, S. C. , Maheswari, D. K. 2001. Isolation of siderophore producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. Curr. Sci. 81, 673-677.
- [50] Siddiqui, Z. A. , Baghel, G. , Akhtar, M. S. 2007. Biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Rhizobium* and plant growth promoting rhizobacteria on lentil. World J Microbiol. Biotechnol. 23, 435-441.
- [51] Haque S. E. , Gaffar, A. 1993. Use of rhizobia in the control of root rot disease of sunflower, okra, soybean and mungbean. Phytopathol. Z. 138, 157. 163.

- [52] Chakraborty, U. , Purka Yastha, R. P. 1984. Role of rhizobitoxine in protecting soybean roots from *Macrophomina phaseolina* infection. Can J. Microbiol. 30, 285- 289.
- [53] Chakraborty, U. , Chakraborty, B. N. 1989. Interaction of *Rhizobium leguminosarum* and *Fusarium solani* f. sp. *pisi* in pea affecting disease development and phytoalexin production. Can J. Bot. 67, 1698- 1701.
- [54] Roslycky, E. B. 1967. Bacteriocin production in the rhizobia bacteria. Can J. Microbiol. 13, 431.
- [55] Oresnik, I. J. , Twelker, S. , Hynes, M. F. 1999. Cloning and characterization of *Rhizobium leguminosarum* gene encoding a bacteriocin with similarities to RTX toxin. Appl Environ. Microbiol. 65, 2833-2840.
- [56] Hafeez, F. Y. , Naeem, F. F. , Naeem, R. , Zaidi, A. H. , Malik, K. A. 2005. Symbiotic effectiveness and bacteriocin production by *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* isolated from agriculture soils in Faisalaba Environ. Exper. Bot. 54, 142-147.
- [57] Siddiqui, Z. A. , Mahmood, I. 1999. Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes, Bioresour Technol. 69, 167- 179.
- [58] Howel, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the of biological control disease the history and evolution current concepts. Plant Dis. 87, 4-10.
- [59] Hanson, L. E. , and Howell, C. R. 2004. Elecitors of plant defense response from biological strains of *Trichoderma virens*. Phytopathol. 4, 171-176
- [60] Kleifeld, O. , and Chet , I . 1992. *Trichoderma harzianum* interaction with plants on effect on growth response. Plant Soil 144, 267-272.
- [61] Yedidia, I. , Storesh, M, Kerem, Z. , Berhamou, N. , Kapulnik, Y. , Chet I. 2003. Concomitant induction systemic resistance to *Pseudomonas syringae* p. v *lachrymans* in cucumber by *Trichoderma asperellum*(T-203) and accumulation of Phytoalexins. Appl. Environ Microbiol, 69, 7343-7353.
- [62] Altomare, C. , Norvell, W. A, Björkman, J. , Harman, G. E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth promoting and Biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Apple Environ. Microbiol. I 65, 2926-2933 .
- [63] Vinale, F. R, Scala, F. , Ghisalberti, E. L. , Lorito, M. , Sivasithamparam, K. 2006. Major secondary school metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active againts different Phytopathogens Lett Appl. Microbiol. 43, 143-148 .
- [64] Harman, G. E. , Howell, C. R. , Viterbo, A. , Chet, I. , Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Rew. Microbiol. 2, 43- 56.
- [65] Vinale, F. , D'Ambrosio, G. , Abadi, K. , Scala, F. , Marra, R. , Tura, D. , Woo, S. L. , Lorito, M. 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters and their compatibility with copper oxychloride. J. Zhejiang University Sci. 30, 2-8.
- [66] Benitez, T. , Rincon, A. M. , Limon, M. C. , Codon, A. C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. Int. Microbiol. 7, 249- 260.
- [67] Cutler, H. G. , Himmetsbach, D. S. , Arrendale, R. F. , Cole, P. D. , Cox, M. 1989. Koninginin A: a novel plant regulator from *Trichoderma koningii*. Agr. Biol. Chem. 53, 2605-2611.
- [68] Benitez, T. , Rincon, A. M. , Limon, M. C. , Codon, A. C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. Int. Microbiol. 7, 249-260.
- [69] Hoitink, H. A. J. , Boehm, M. J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. Ann. Rew. Phytopathol. 37, 427- 446.

- [70] Ganesan, S. , Ganesh Kuppasamy, R. , Sekar, R. 2007. Integrated management of stem rot disease (*Sclerotium rolfsii*) of groundnut using *Rhizobium* and *Trichoderma harzianum* (ITCC-4572). Turk J. Agric. Sci. 31, 103-108.
- [71] Küçük, Ç. , Kıvanç, M. , Kınacı, E. , Kınacı, G. 2008. Determination of the growth and solubilization capabilities of *Trichoderma harzianum* T1. Biologia, 63: 167-170
- [72] Weller, D. M. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Annu. Rev. Phytopathol. 26, 379- 407.
- [73] Dileep Kumar, B. S. 1998. Disease suppression and crop improvement through fluorescent Pseudomonads isolated from cultivated soils. World J. Microbiol. Biotechnol. 14, 735- 741.
- [74] Anuer, G. A. , Utkhede, R. S. 2000. Development of formulations of biological agents for management. of root rot of lettuce and cucumber. Can J. Microbiol. 46, 809-816.
- [75] Xie, H. , Pasnerek, J. J. , Glick, B. R. 1996. Isolation and characterization of mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 that overproduce indoleacetic acid. Curr. Microbiol. 32, 67- 71.
- [76] Leong, J. 1986. Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. Annu Rew. Phytopathol. 24, 187- 209.
- [77] Buysens, S. , Heungens, K. , Poppe, J. , Höfte, M. 1996. Involvement of pyochelin and pyoverdinin in suppression of *Pythium* induced damping off tomato by *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2. Appl. Environ. Microbiol. 62, 865- 871.
- [78] Bonfante, P. , Perotto, S. 1995. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting hostplants. New Phytol. 130, 3- 21.
- [79] Selosse, M. A. , Richard, F. , Ac, X. , Simard, S. W. 2006. Mycorrhizal net Works: Trends Ecol. Ev. 21, 621- 628.
- [80] De la Noval, B. , Perez, E. , Martinez, B. , Leon, O. , Martinez-Gallardo, N. Delano- Frier, J. 2007. Exogenous systemin has a contrasting effect on disease resistance in mycorrhizal tomato (*Solanum lycopersicum*) plants infected with necrotrophic or hemibiotrophic pathogens. Mycorrhiza. 17, 449- 460.
- [81] Fritz, M. , Jakobsen, I. , Lyngkjaer, M. F. , Thordal-Christensen, H. , Pons-Kühnemann, J. , 2006. Arbuscular mycorrhiza reduces susceptibility of tomato to *Alternaria solani*. Mycorrhiza. 16, 413- 419.
- [82] Suresh, C. K. , Bagyaraj, D. J. 1984. Interaction between a vesicular arbuscular mycorrhiza and a root knot nematode and its effect on growth and chemical component of tomato. Nematol. Med. 12, 31-39.
- [83] Garcia-Garrido, J. M. , Ocampo, J. A. 1988. Interaction between *Glomus mossea* and *Pseudomonas syringae* in tomato plants. Agrobiol. 47, 1679-1685.
- [84] Matsubara, Y. , Harada, T. , Yakuwa, T. 1994. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on seedling growth in several species of vegetable crops. J. Japan. Hort. Sci. 63, 619-628.
- [85] Powell, C. L. 1981. Inoculation of barley with efficient mycorrhizal fungi stimulates seed yield. Plant. Soil. 92, 387-397.
- [86] Wacker, T. L. , Safir, G. R. , Stephens, C. T. 1990. Evidence for succession of mycorrhizal fungi in Michigan *Asparagus* fields. Acta Hort. 271, 273- 279.
- [87] De Salamone, I. E. G. , Hynes, R. K. , Nelson, L. M. 2001. Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. Can. J. Microbiol. 47, 404-411.

- [88] Mayak, S. , Tirosh, T. , Glick, B. R. 1999. Effect of wild type and mutant plant growth promoting rhizobacteria on the rooting of mung bean cutting. J Plant Growth Regul. 18, 49-53.
- [89] 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, 793-800.
- [90] Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. FEMS Microbiol. Ecol. 32, 91-96.
- [91] Karagiannidis, N. , Bletsos, F. , Stavropoulos, N. 2002. Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. Scientia Hort. 94, 145-156.