

“Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran - 1 Temmuz 2010, Erzurum, (Çağrılı Bildiri)”

## Organik Bitkisel Üretimde Biyoteknoloji ve Ar-Ge

**Fikrettin ŞAHİN\***

Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak., Genetik ve Biyomühendislik Böl., Kayışdağı, Ataşehir, İstanbul

**Özet:** Dünyada tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı ülke veya bölgelerde sentetik gübre ve kimyasalların aşırı kullanımı insan ve çevre sağlığını tehdit ettiği çok sayıda bilimsel araştırmalar ile ortaya konulmuştur. Bu nedenle aşırı sentetik gübre ve kimyasalların tarımsal üretimde kullanılmasının insan sağlığı ve ekolojik denge üzerindeki olumsuz yan etkilerini azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için yeni ve alternatif tarımsal üretim sistemleri geliştirilmiştir. Tarımsal üretimde sentetik girdileri azaltan sürdürülebilir tarım veya reddeden (mümkünse) organik tarım stratejileri önem kazanmıştır. Organik tarım daha çok doğal girdilerin kullanılması önerilmektedir. Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi tehdit eden sorunların (beslenme ve koruma) çözümünde ise mikrobiyal temelli biyoteknolojik yöntem ve ürünlerin alternatif olarak sunulmaktadır. Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda çok sayıda mikroorganizmanın organik tarımda başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu amaçla kullanılan mikroorganizmaların, topraktaki bitki kalıntılarının ve organik atıkların parçalanması, biyolojik azot fiksasyonu, kaya veya mineral fosfat bileşiklerinin parçalanması, bitki büyüme hormonlarının üretimi, bitki patojenlerinin kontrolü ve besin elementlerinin bitkiler tarafından alınımının teşvik edilmesi üzerine önemli etkilerinin olduğu yapılan AR-GE çalışmaları ile belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik tarım, biyolojik gübre, mikrobiyal pestisit, bitki gelişimini teşvik edici bakteri, azot fiksasyonu, fosfat çözücülüğü, biyolojik kontrol, fitohormon üretimi.

### Agricultural Biotechnology For Organic Plant Production, and R&D

**Abstract:** It is well documented in the literature that extensive use of synthetic fertilizers and chemical pesticides in many parts of the World is causing a number of environmental and human health problems. In order to avoid these adverse effects of synthetic inputs used in modern agriculture, alternative agricultural systems such as sustainable (reduced chemical inputs allowed) and/or organic (no chemical intakes) have been developed. Organic farming relies on natural ingredients. Lower yield and quality problems in organic agriculture production system due to unbalanced nutrients and pest/pathogen attacks are generally solved by using microbial-based biotechnological methods and products derived from sources of biological wealth of non-synthetic. Recent studies showed that many microorganisms in the nature have a profitable role for agriculture. Scientific studies demonstrated that these microbes play an important role in degrading organic waste, agricultural waste, re-plant nutrient cycling, biological fixation of nitrogen from the air, dissolving phosphate, stimulating plant growth, phytohormone production, plant pathogens biocontrol and stimulate nutrient (macro and micro) uptake in the soil.

**Keywords:** Organic agriculture, biological fertilizer, microbial pesticide, plant growth stimulating rhizobacteria, nitrogen fixation, phosphate dissolving, biocontrol, phytohormone production.

\* (Sorumlu Yazar) Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak., Genetik ve Biyomühendislik Böl., Kayışdağı, Ataşehir, İstanbul

## GİRİŞ

Organik Tarım: Sentetik pestisit ve gübre kullanılmadan yapılan tarımsal üretim olarak bilinir. Daha geniş tanımı ile biyolojik çeşitlilik, biyolojik aktivite ve döngülerin korunması ve artırılması, minimum düzeyde tarımsal girdi ve kontrol yöntemleri ile ekolojik dengenin korunmasını hedefleyen tarımsal üretim sistemidir. İlk defa 1940 yılında J. I. Rodale tarafından Fact Digest dergisinde yayınlanan bir makalede kullanmıştır. Sonrada Organic Farming and Gardening adlı bir magazin ile devam etmiştir (Heckman, 2006). Organik Tarım'ın önemi ise ilk defa 1962 yılında Rachel Carson tarafından yazılan Silent Spring adlı kitap ile tarımda kullanılan kimyasalların insan sağlığına olan yan etkileri dramatik bir dille ifade edilmesi ile başlar (Carson, R. 1962.). 1960 lı yıllarda başlayan anti-pestisit akımları ile bir romantik organik anlayışı ortaya çıkmıştır. 1980 yıllardan itibaren kimyasalların yan etkilerinin iyice anlaşılması ile organik tarıma verilen önem artmıştır. 1990 lı yılların başlarından itibaren organik tarımda sertifikasyon sistemine geçilmiştir. Bunun için organik tarım yapmak isteyen üreticiler veya tarafsız girişimcilerin kurmuş oldukları sertifika dernekleri ile sözleşme imzalamaları gerekiyor. Bu üreticilerin ürün yelpazeleri ve ürünlerin organik olup olmadığı sertifika kuruluşları tarafından kontrol ediliyor ve zaman zaman denetleniyor. Sonuç olarak üretilen ürünlere pazara sunulmadan önce organik logosu vuruluyor. Bu sistemin temel prensipleri arasında biyolojik çeşitliliğin korunması, entegrasyon, sürdürülebilirlik, naturel pest (böcek, hastalık, yabancı ot) kontrol, naturel bitki besleme ve kayıtlı üretim sıralanabilir. Organik tarım alanlarında gerek bitki beslemesinde gerekse bitki korumada sentetik girdiler yerine organik ve/veya biyolojik (mikrobiyal) gübre ve pestisitler kullanılır. Ülkelere göre kullanılan organik gübre veya pestisitlerin miktar ve maliyetleri ile ilgili istatistiksel veriler mevcut değildir. Avrupa Birliği tarafından organik tarımda gübre veya pestisit olarak kullanımına müsaade edilmiş olan ürünlerin listesi aşağıda sıralanmıştır.

Genel olarak Organik Gübre Kaynakları:

1. Hayvansal Atıklar
2. Kompost
3. Örtü Bitkileri
4. Humik Asit ve Türevleri
5. Hidrojen peroksit
6. Hidroponik Gübre
7. Deniz Ürünleri
8. Mikrobiyal Inokulantlar
9. Mikro Besin Elementeri
10. Mikorhizalar
11. Bitkisel Ürünler
12. Minarel Kayalar
13. Worms

Organik Pestisitler

1. Mikrobiyal Pestisitler (Fungus, maya, bakteri, virus veya protozoa)
2. Bitkisel ekstraktlar, yağlar ve infuzyonlar
3. Sabunlar
4. Feramonlar

Türkiye'de organik gübre ve pestisitlerin üretimi, formülasyonları, ve içerikleri ile ilgili organik tarım kanunu 10 Haziran 2005 tarihinde resmi gazetede yayımlanmıştır (<http://www.organiktarimturkiye.net>).

Tarımsal girdilerin yerine kullanılabilen potansiyel doğal (genetiği değiştirilmemiş) canlı organizmaların (bitki, hayvan ve mikroorganizma) belirlenmesi ve bunlardan mikrobiyal temelli gübre ve pestisitlerin geliştirilmesi ise son yıllarda tarımsal biyoteknolojinin en önemli atılımlarından birisi kabul edilmektedir (Çakmakçı ve ark., 2009; Canpolat ve ark., 2006). Bu alanda yapılan çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

## MİKROBİYAL GÜBRELER

Bitki yetiştiriciliğinde üreticilerin hedefi birim alandan maksimum verim ve en yüksek kalitede ürün elde etmektir. Bitkisel üretimde kalite ve verimi kontrol eden en önemli faktör beslemedir. Bitkiler yaşamları için gerekli olan besin elementlerini topraktan alırlar. Toprakta (makro ve mikro) besin elementlerinin bulunma oranları, eksikliği veya fazlalığı bitkilerin dengeli beslenmesini ve buna bağlı olarak ta verim ve kalitesini etkilemektedir. Yoğun üretim yapılan tarım alanlarında yetiştirilen kültür bitkileri toprakta bulunan besin elementlerini kullandıkları için miktarlarını miktarlarını azaltarak fakirleştirirler. Bu durum sürekli artarak devam eden toprak verimsizliğine neden olur. Bu nedenle üreticiler, bitkilerin büyüme ve gelişmeleri kontrol eden hayatsal faaliyetlerin optimum olarak yürütebilmeleri için gerekli olan ve toprakta miktarları azalan besin elementlerinin dışardan toprağa takviye ederler. Bu tür katkı besin elementlerinin (N, P, K, S, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, Cu, Mo, B, ve Cl) toprağa ilave edilmesine GÜBRELEME denir. Günümüze kadar bitki beslemede kimyasal (sentetik) gübreler kullanılmaktaydı. Food and Agriculture Organization (FAO) nun 2001 yılı istatistiklerine göre, dünyada her yıl ortalama 136.5 M (Milyon) ton sentetik gübre kullanılmaktadır. Bu miktarın 82 M tonu azotlu, 32.3 M tonu fosfatlı ve 22.2 M tonunu ise potasyumlu gübrelerin oluşturduğu belirlenmiştir. Ancak organik tarım sentetik gübrelerin kullanımını yasakladığı için bunların yerine kullanılacak alternatifler arasında mikrobiyal temelli gübreler yer almaktadır (Elkoca ve ark., 2008; Şahin ve ark., 2004; Öztürk ve ark., 2003).

Bitkilere, büyüme ve gelişmeleri ile ilgili hayatsal faaliyetlerini optimum olarak yürütebilmeleri için gerekli olan besin elementlerinin sağlanması ve alınmasında rol oynayan mikroorganizmaların tarımsal üretimde kullanılmak üzere hazırlanan ticari formülasyonlarına mikrobiyal gübre denir.

Mikrobiyal Gübreler fungus ve/veya bakteriyel organizmalardan hazırlanır (Nain ve ark., 2010).

Fungal izolatlardan hazırlanan formülasyonlara Mycorhiza, bakteriyel organizmalardan hazırlanan preparatlara ise bakteriyel gübre denir (Singh ve ark., 2008).

Mikrobiyal gübrelerin çalışma mekanizmaları 6 temel prensibe dayanır.

1. **Topraktaki biyolojik aktivitenin artırılması ve allelopatik kimyasalların parçalanması:** Uygun olmayan toprak işleme teknikleri ile uzun yıllar tarımsal üretim yapılan toprakların biyolojisi, fiziksel yapısı ve kimyası bozulması sonucu toprak yorgunluğu adı verilen verimsizleşme problemi ile karşılaşılır. Bu tür toprakların yeniden kazanılması ancak topraklardaki mikrobiyal aktivitelerin artırılması ile mümkündür. Ayrıca, sürekli aynı tür bitkilerin monokültür olarak ekildiği bölgelerde toprakta allelopatik denilen kimyasalların birikmesi söz konusudur. Bu kimyasallar ekim nöbetinde bir sonraki yıl ekilecek bitkilere toksik etki gösterirler ve kimyasal yorgunluğa neden olurlar. Bazı mikroorganizmalar allelopatik kimyasalları substrat olarak kullandıkları için parçalarlar ve bitkilere faydalı hale dönüştürürler. Bu nedenle yoğun tarım yapılan topraklardaki yorgunluğun ortadan kaldırılmasında mikrobiyal gübrelerin kullanılması tavsiye edilir (Aslantaş ve ark., 2007).
2. **Topraktaki besin elementlerinin miktarının artırılması:** Mikroorganizmalar toprakta bir flora olarak yaşarlar. Yaşamlarını sürdürmek için toprakta bulunun kompleks organik maddeleri parçalayarak karbon kaynağı olarak kullanırlar. Bu parçalanmadan ortaya çıkan basit yapıları organik ürünler bitkiler tarafından besin kaynağı olarak kullanılırlar (Şahin ve ark., 2004).
3. **Azot fikzasyonu.** Toprakta bazı bakteriyel organizmalar (*Rhizobium* spp.) bazı bitkiler (Baklagil türlerine ait bitkiler) ile simbiyotik ilişkide yaşarlar. Bu bitkilerin kök bölgelerinde nodül oluştururlar ve atmosferdeki serbest azotu (N<sub>2</sub> formunda) fikse ederek bitkilerin kullanabileceği foruma (amonyak=NH<sub>3</sub> ; nitrat=NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dönüştürürler. Böylece bu tür bitkiler yetiştikleri ortamda azot içeren gübreler ile takviye edilmeye ihtiyaç duymadıkları gibi kendilerinden sonra aynı topraklarda yetiştirilecek olan bitkiler içinde azot yönünden zengin bir toprak bırakırlar. Buna ilaveten bazı bakteriyel organizmalarda topraklarda serbest olarak, düşük konsantrasyonlarda bulunurlar ve baklagil bitkileri ile simbiyotik ilişkide olmadan azot fikse etme kabiliyetine sahiptirler (Elkoca ve ark., 2008; Şahin ve ark., 2004). Bu tür bakterilerin topraktaki popülasyonlarının artırılması veya olmayan topraklara bulaştırılması ile yetiştirilecek bitkilerin azotlu gübrelere olan sürekli bağımlılığı ortadan kaldırmak mümkündür. Ancak bu bakteriler toprakta serbest yaşadıkları için kış sezonlarında popülasyonlarında tamamen veya kısmen azalma olur. O nedenle yıllık veya sezonluk uygulamalar ile topraktaki popülasyonları sürekli desteklenir.

4. **Bitki büyüme faktörü hormonların (IAA ve sitokinin) üretilmesi:** Bitkilerde kök ve gövde gelişim hızı bitkinin büyümesini regüle eden hormonlar ile kontrol edilir. Bu hormonların miktarındaki artış bitkilerde hücre bölünmesini ve dolayısıyla büyümesinde hızlandırır. Bitkiler ile beraber yaşayan bazı bakteri suşları sekonder metabolit olarak IAA ve sitokinin türevlerini üretirler (Çakmakçı ve ark., 2009; Orhan ve ark., 2007; Ercişli ve ark., 2004). Eğer bu organizmalar bitkilerin kök bölgesinde kolonize olurlar ise bitkilerde kök gelişimini hızlandırır ve indirekt olarak bitkinin topraktan iyon ve su alım yüzey alanı artmış olur. Bu tür bitkilerde besin elementi eksikliği görülmez. Bu organizmalar bitkilerin toprak üstü kısımlarına sprey edildiğinde daha hızlı gövde gelişimi, erken çiçek ve meyveye yatma görülür. Bu tür bakterilerin doğadaki konsantrasyonları çok düşük olduğu için mikrobiyal gübreleme ile popülasyonları artırılır. Bu bakteriler tarımda hormon kullanımının alternatifi olarakta görülür.
5. **Toprakta minarel olarak bulunan fosfat kayalarının iyonizasyonu:** Tarım toprakları genellikle inorganik fosfatlar (kaya) olarak zengindirler. Ancak bitkiler inorganik kaya fosfatlarından faydalanamazlar. Toprak bakterilerinden bazıları inorganik kaya fosfatlarını fosfatase enzimleri ve organik asit metabolitleri ile çözerek iyonize ederler (Malboobi ve ark., 2010; Turan ve ark., 2006). Bitkilerde fosfat iyonlarını besin elementi olarak kökleri vasıtasıyla alırlar. Ayrıca sentetik fosfat gübrelerinin bitkiler tarafından alımı yine bu bakteriler tarafından hızlandırılır. Bu nedenle gerek sentetik ve gerekse organik gübre kullanılan tarım alanlarının sürekli bu tür fosfat iyonize eden bakteriler ile zenginleştirilmesi tavsiye edilir.
6. **Bitkilerde gelişimi engelleyen veya bitkilerde verim kaybına neden olan patojen etmenlerin engellenmesi:** Tarım ürünlerinde yıllara, bölgelere, iklim şartlarına, ekim materyali, uygulanan tarım teknik ve pratiklerine bağlı olarak bitki hastalıklarından dolayı ortalama verim kaybı %25-30 olarak bilinmektedir. Buna ilaveten bazı bitki hastalıkları tarım ürünlerinde önemli derecede kalite kayıplarına neden olurlar. Bu hastalıklara neden olan patojen etmenler bitkilerin kök, toprak üstü kısmı veya depolanmış ürünler üzerinde bulunur ve enfeksiyon oluştururlar. Bu tür patojen mikroorganizmaların biyolojik mücadelesinde mikrobiyal organizmalar kullanılabilir (Berg 2009; Kotan ve ark., 2009; Altındag ve ark., 2006). Bu tür mikroorganizmalar buldukları ortamlardaki patojen mikroflora ile rekabet eder ve ürettikleri metabolik atıklar (antimikrobiyal kimyasallar, sideroforlar, SAR bitki aktivatörleri) ile patojenleri elemine eder ve bitkilerin savunma mekanizmaları teşvik edilerek doğal dayanıklılık sağlarlar. Mikrobiyal gübrelerin bu tür organizmaları içermesi hastalıklardan dolayı oluşacak tarımsal üretimde karşılaşılabilecek verim kayıplarını güvence altına alır.

#### MİKROBİYAL PESTİSİTLER

Kötü çevre koşulları (don, dolu, rüzgar, kuraklık vs.) ve/veya patojenik mikroorganizmaların (fungus, bakteri, virüs, viroid, ve fitoplazma gibi) saldırısına maruz kalan bitkilerin normal hayatsal faaliyetlerindeki bozulma ve buna bağlı olarak gelişen, doğrudan veya dolaylı zararlanmalar bitki hastalığı olarak tanımlanmaktadır. Mikroorganizmalardan, bakteri ve fungal etmenlerin birçoğu hasattan sonra depolanmış tarım ürünleri üzerinde ve endüstriyel gıda ürünleri üzerinde de mikrobiyal bozulmalar sonucu ilgili ürünlerin verim ve kalitelerinde önemli kayıplarına neden olurlar. Nitekim, günümüzde tarım ürünlerinde görülen verim ve kalite kayıplarının en önemli sebeplerinden biri mikrobiyal etmenlerdir. Food and Agriculture Organization (FAO) tarafından yayınlanan 1993 yılı istatistiklerine göre, her yıl dünya tarım ürünlerinin en az %12'lik bir bölümü (tarla ve depo şartlarında) patojen mikroorganizmaların neden olduğu bitki hastalıklarından dolayı kaybedilmektedir (Anonymous, 1993). Bu oran, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde daha da fazladır (Agrios, 1997). Ayrıca, bazı bitki patojenleri ile bulaşık tarım ürünleriyle beslenen insan ve hayvanlarda gıda zehirlenmeleri görülmektedir (Agrios, 1997). Yapılan araştırmalar, bitki hastalıklarına % 60-75 oranında fungus ve bakteriler, % 10-15 oranında virus ve viroidler, % 10 oranında ise diğer patojenler ve çevresel faktörlerin sebep olduğunu göstermektedir (Agrios, 1997). Diğer taraftan, işlenmiş et ve süt ürünlerindeki mikrobiyal bozulmalar sonucu verim kaybının %20-45 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Dünyada sürekli artış gösteren insan nüfusuna paralel olarak artan gıda açığını karşılamak amacıyla mevcut tarımsal ürünlerin verim kapasitesinin artırılmasının yanı sıra, bu ürünlerin verim ve kalitesini azaltan faktörlerin de mümkün olduğunca asgariye indirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Mikrobiyal etmenlere bağı olarak tarım ürünlerindeki nicelik ve nitelikteki azalmayı ortadan kaldırmak için, etkili mücadele metotlarının uygulanması zorunludur. Yaygın olarak kullanılan yöntemleri dört ana başlık (kimyasal, kültürel, dayanıklılık ve biyolojik mücadele) altında incelenebilir (Regnault-Roger ve Philogene, 2008).

Kültürel ve dayanıklılık metotlarının sınırlı kullanım alanının olması, kimyasal mücadelenin insan ve hayvan sağlığı ile çevre üzerindeki olumsuz etkileri her geçen gün daha iyi anlaşılması, tarımsal savaş stratejileri içerisinde biyolojik mücadelenin önemini artırmıştır (Kotan ve ark., 2009; Altındag ve ark., 2006).

Biyolojik mücadelenin temel prensibi ve hedefi; insan ve çevre üzerine olumsuz etkileri olmayan, maliyeti düşük, geniş spektrumlu ve her türlü çevre şartlarında kullanım imkanı olan biyolojik ajanların belirlenmesi ve bunların işlenmiş gıda üretim birimlerinde, tarla, sera ve depo koşullarında bitki hastalıklarının kontrol edilmesinde veya proses edilmiş gıdaların bozulmadan muhafaza edilmesinde kullanılmasıdır. Bu nedenle, özellikle gelişmiş ülkelerde biyolojik kontrol ajanlarının tespiti ve bu ajanların değişik çevre şartlarına adaptasyonu, sera ve tarla şartlarında etkinlikleri, uzun vadeli depolama ve taşıma şartlarına dayanıklı formülasyonların geliştirilmesi üzerine çok sayıda bilimsel çalışmalar yapılması dikkat çekmektedir (Cook ve Baker, 1983; Papavizas, 1985; Chet vd., 1993; Cartwright ve Benson, 1995; Haddad vd., 2009; Lumsden vd., 1995; Şahin vd., 1999; Şahin ve ark., 2000). Ülkemizde, organik tarım yapmak veya tarımsal üretimde kimyasal kullanımını azaltacak entegre hastalık mücadele programları oluşturmak için biyolojik savaş stratejilerini geliştirmeyi hedefleyen bilimsel çalışmaların sınırlı sayıda olduğu dikkat çekmektedir (Kotan vd., 2009; Altındag vd., 2006; Eşitken vd., 2002).

Biyolojik mücadelenin dört temel prensibi vardır: Biyokontrol organizma ile patojen ve çevredeki diğer mikrobiyal organizmalar arasındaki ilişkiye göre; 1) Antibiyosis, 2) Besin elementleri ve yaşama yeri yönünden rekabet, 3) Hiperparazitizm, 4) Konukçu bitkilerin sistemik dayanıklılık mekanizmalarının teşvik edilmesi olarak sınıflandırılır (Kotan vd., 2009; Handelsman ve Stabb, 1996).

Son yıllarda dünyada olduğu gibi Türkiye’de de biyolojik mücadele ile ilgili çalışmaların sayısı artmaktadır. Ülkemizde çeşitli konukçu bitki türleri üzerinde bakteriyel ve fungal hastalıkların biyolojik mücadelesi için seçilen biyokontrol ajanların hem hastalığı önlemede başarılı olduğu hem de bitki gelişimini hızlandırdığı saptanmıştır (Kotan vd., 2000, 2009; Altındag vd., 2006; Eşitken vd., 2002; Şahin vd. 2000). Patateste kuru çürüklüğe sebep olan fungal patojenlerden *Fusarium* spp. *Pythium* spp izolatlarına ve bakteriyel yaş çürüklük etmeni *Erwinia carotovora* strainlerine karşı *in-vitro*’da test edilerek etkili oldukları gözlenen biyoajanların depo şartlarında denenmesi sonucu BA-7 bakterisinin %100 hastalığı önlediği görülmüştür (Kotan vd., 2000). Türkiye’de yapılmış olan biyolojik mücadele çalışmalarının sonuçları maalesef pratik olarak uygulamaya konulmuş değildir. Aynı bakteri ile yapılan diğer çalışmalarda taş çekirdekli ve yumuşak çekirdekli meyvelerde ekonomik kayıplara neden olan çil, monilya, acı benek, erken yanıklık, geç yanıklık hastalık etmenlerinin etkili bir şekilde kontrol edildiği görülmüştür (Eşitken vd., 2002).

Türkiye’de Yeditepe Üniversitesi ve Atatürk Üniversitesi bilim insanları tarafından yürütülen projeler sonucu iki adet mikrobiyal gübre formülasyonu geliştirilmiştir. Farklı bakteri türlerine ait ve daha önce tanılanmamış bakteri kültürlerinin karışımından oluşan bu formülasyonlar, dünyada çeşitli ülkelerde ve Türkiye’nin birçok üniversitesinde çalışan araştırmacılar tarafından laboratuvar, sera ve tarla koşullarında yürütülen denemelerde test edilmiştir (Cakmakçı vd., 2009; Kotan vd., 2009). Elde edilen bilimsel bulgulara göre geliştirilen bu formülasyon ile toprakta bulunan minarel ve/veya çözülemez forumdaki fosfat bileşikler çözölebilmekte ve havadaki serbest azot hiçbir bitki türüne bağımlı olmadan fikse edilerek toprağa bağlanabilmektedir (Elkoca vd., 2008; Turan vd., 2006; Canbolat vd., 2006; Şahin vd., 2004; Öztürk vd., 2003). Bu organizmalar topraktaki organik atıkları parçalayarak veya bitki metabolitleri ile beslenerek toprağın kimyasal ve fiziksel yapısının düzelmesinde katkıda bulunmaktadır. Bu organizmalardan bazıları hormon benzeri metabolitler üreterek bitkilerde çelik köklenmesini, çiçek döllenmesini ve bitki gelişimini teşvik ettiği gibi çeşitli patojenik bakteri ve funguslara karşı bitkileri koruduğu gözlenmiştir (Cakmakçı vd., 2009; Kotan vd., 2009; Orhan vd., 2007; Altındag vd., 2006; Ercişli vd., 2004). Bu organizmaların bazıları, spor oluşturma özelliğine sahiptirler. Bu nedenle, uygulanma alanlarındaki kötü iklim koşullarından çok fazla etkilenmeden toprakta uzun süre canlılıklarını sürdürebilmektedirler. Ayrıca ticari preparatlarının hazırlanmasında kullanılan fermantasyon işlemi ve uzun süreli depolanma koşullarına dayanıklıdır. Bilimsel çalışmaları tamamlanan mikrobiyal formülasyonlardan hazırlanan iki adet

ticari preparat (Agrobac ve Biodecal), ilk defa Türkiye de Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü tarafından 05.04.2010 tarihi itibariyle tescil edilmiştir. Bu formülasyonların uluslararası arenada da kabulünü sağlamak ve dünyada geliştirilmiş diğer muadil ürünler ile performanslarının karşılaştırılabilmesi için Türkiye ninde içerisinde yer aldığı 9 farklı ülkeden bilim insanlarının ortaklaşa hazırladığı ve sunduğu bir “STREP FP6-FOOD-CT-2006-036297; Rhizobacteria for reduced fertilizer inputs in wheat” Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı (FP6) projesi kapsamında tarla denemeleri tamamlanmıştır. Mayıs 2010 tarihinde Masstock Arable Ltd, Throws Farm, Essex, UK’de yapılan son proje toplantısı ile Rhibac projesinin çeşitli ülkelerde yürütülen araştırma sonuçları proje taraftarı ülkelerin bilim insanlarına ve basına sunulmuştur (<http://www.fwi.co.uk>; <http://meatradenewsdaily.co.uk>; <http://www.stackyard.com>). İngilterede Masstock Arable Ltd firması tarafından basına yapılan açıklamada büyük tarla parsellerinde test edilen mikrobiyal gübre preparatlarından en başarılısı Türkiye tarafından ticarileştirilen Agrobac formülasyonu içerisinde yer alan OSU-142 kodlu bakteri bulunmuştur. Sadece azot gübreleri yerine kullandırıldığı taktirde ortalama 50-100kg/ha azot girdisinde azaltma yaparken %7-10 oranında verim artışı sağlamıştır. Bu sonuca göre OSU-142 içerikli bir biyolojik gübrenin farklı ülkelerin toprak koşullarında başarı ile çalıştığı ve tarımsal üretimin olmazsa olmaz girdilerinden kimyasal gübrelerin yerine başarılı bir şekilde kullanılabileceği ve market değerinin ise Milyar USA doları üzerinde olacağı ortaya konulmuştur.

### KAYNAKLAR

- Agrios, G. N., 1997, Plant Pathology. Department of Plant Pathology, University of Florida, Academic Press, p 635.
- Altındağ, M., Şahin, M., Eşitken, A., Ercişli, S., Güteryüz, M., Dönmez, M.F., Şahin, F., 2006. Biological control of brown rot (*Moniliana laxa* Ehr.) on apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloğlu) by *Bacillus*, *Burkholdria*, and *Pseudomonas* application under *in vitro* and *in vivo* conditions. *Biological Control*, **38**, 369-372.
- Anonymous, 1993, Food and Agricultural Organization (FAO). 1993. Production year book. FAO. Rome.
- Aslantaş, R., Çakmakçı, R., Şahin F., 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple trees growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulture* 111: 371-377.
- Berg, G., 2009. [Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture](#). *Applied Microbiology and Biotechnology* 84 (1): 11-18.
- [Cakmakci, R., Erat, M., Oral, B., Erdogan, U., Sahin, F., 2009. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria](#). *J. Horticultural Science and Biotechnology* 84 (4):375-380.
- Canbolat, M.Y., Barik, K., Çakmakçı, R., Şahin, F., 2006. Effects of mineral and bio-fertilizers on barley growth in compacted soil. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Plant Soil Science* 56, 324-332.
- Carson, R., 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston.
- Cartwright, D.K., Benson, D.M., 1995, Optimization of biological control of Rhizoctonia stem rot of poinsettia by *Paecilomyces lilacinus* and *Pseudomonas cepacia*. *Plant Dis.*, 79, 301-308.
- Chet, I., Barak, Z., Oppenheim, A., 1993, Genetic engineering of microorganisms for improved biocontrol activity. *Biotechnology in Plant Disease Control*, J. Wiley (ed), New York, (1) p 397.
- Cook, R. J., Baker, K. F., 1983, The nature and practice of biological control of plant pathogens. APS, St Paul, Minn., p 539.
- 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.* 164:527-531.
- Elkoca, E., Kantar, F., Sahin, F., 2008. [Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea](#), *Journal of Plant Nutrition* 31 (1) 157-171.

- Ercişli, S., Eşitken, A., Şahin, F., 2004. Application of exogenous IBA and inoculation with *Agrobacterium rubi* stimulate adventitious root formation among stem cuttings of two rose hip genotypes. HortScience 39:533-534.
- Eşitken, A., Karlıdağ, H., Ercişli, S., Şahin, F., 2002. Effects of foliar application of *Bacillus* OSU-142 on the yield, growth and control of shot-hole disease (*Coryneum* blight) of Apricot. Gartenbauwissenschaft 67 (4): 139-142.
- [Haddad, F., Maffia, L.A., Mizubuti, E.S.G., Teixeira, H., 2009. Biological control of coffee rust by antagonistic bacteria under field conditions in Brazil. Biological Control 49 \(2\) 114-119.](#)
- Handelsman, J., and Stabb, E. V., 1996, Biocontrol of soilborne plant pathogens. The Plant Cell, 8, 1855-1869.
- Heckman, J., 2006. A History of Organic Farming: Transitions from Sir Albert Howard's War in the Soil to USDA National Organic Program, " *Renewable Agriculture and Food Systems*, 21: (3) pp143.
- [http://meatradenewsdaily.co.uk/news/250510/uk\\_grain\\_research.aspx](http://meatradenewsdaily.co.uk/news/250510/uk_grain_research.aspx)
- <http://www.fwi.co.uk/Articles/2010/05/20/121349/Soil-bacteria-trials-show-yield-increases-in-wheat.htm>
- <http://www.organikturkiye.net>. 2005. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Organik Tarım Kanunu
- [http://www.stackyard.com/news/2010/05/arable/05\\_masstock\\_rhizobacteria.html](http://www.stackyard.com/news/2010/05/arable/05_masstock_rhizobacteria.html)
- Kotan, R., Sahin, F., Demirci, E., Ozbek, A., Eken, C., Miller, S. A., 2000, Evaluation of Antagonistic Bacteria for Control of Fusarium Dry Rot of Potato. Phytopathology, 89:41.
- Kotan, R., Sahin, F., Demirci, E., Eken, C., 2009. Biological Control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains. Biological Control 50:194-108.
- Lumsden, R. D., Lewis, J. A., Fravel, D. R., 1995, Formulation and delivery of biocontrol agents for use against soilborne plant pathogens. Biorational Pest Control Agents. Formulation and Delivery. F. H. Hall and J. W. Barry (ed). American Chemical Society, Washington. DC, p 166-182.
- [Malboobi, M.A., Owlia, P., Behbahani, M., Sarokhani, E., Moradi, S., Yakhchali, B., Deljou, A., Heravi, K.M., 2010. Solubilization of organic and inorganic phosphates by three highly efficient soil bacterial isolates. World Journal Of Microbiology And Biotechnology 25 \(8\): 1471-1477.](#)
- [Nain, L., Rana, A., Joshi, M., Jadhav, S.D., Kumar, D., Shivay, Y.S., Paul, S., Prasanna, R., 2010. Evaluation of synergistic effects of bacterial and cyanobacterial strains as biofertilizers for wheat. Plant And Soil 331 \(1-2\) 217-230](#)
- Orhan, E., Eşitken, A., Ercişli, S., Sahin, F., 2007. Effects of indole 3-butyric acid (IBA), bacteria and radicle tip-cutting on lateral root induction in *Pistacia vera*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 82 (1): 2-4.
- Öztürk, A., Çağlar, Ö., Şahin, F., 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166: 262-266.
- Papavizas, G.C., 1985, *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, Ecology, and potential for biocontrol. Phytopathology, 23, 23-54.
- Regnault-Roger, C., Philogene, B.J.R., 2008. [Past and current prospects for the use of botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management](#) . Pharmaceutical Biology 46 (1-2): 41-52.
- Singh, S., Pandey, A., Palni, L.M.S., 2008. [Screening of arbuscular mycorrhizal fungal consortia developed from the rhizospheres of natural and cultivated tea plants for growth promotion in tea \[Camellia sinensis \(L.\) O. Kuntze\]](#). Pedobiologia 52 (2): 119-125.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil. 265:123-129.
- Şahin, F., Kotan, R., Demirci, E., Miller, S.A., 2000. Domates ve biber bakteriyel leke hastalığı ile biyolojik savaşta Actigard ve bazı antagonistlerin etkinliği. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Derg., 31: (1) 11-16.

Turan, M., Ataoglu, N., Sahin, F., 2006. [Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture](#). Journal of Sustainable Agriculture 28 (3): 99-108.