



Biyostimulantların Sınıflandırılması ve Türkiye'deki Durumu

Barkın KÜLAHTAŞ^{1*}

Burçin ÇOKUYSAL¹

Özet

Biyostimülanlar, bitki gelişimini, bitkilerin beslenmesini, ürün kalitesini ve verimini olumlu yönde etkilemek; bitkilerin strese dayanıklılığını arttırmak amacıyla; bitkilere yaprakтан, topraktan veya tohuma uygulanan, içeriğinde organik veya inorganik bileşikler, mikroorganizmalar bulundurabilen, ayrıca bazılarının toprak yapısını düzenleyici etkileri de bulunan materyallerdir. Sözü edilen materyaller Türkiye'de 2002 yılından itibaren izinli olarak tüketilmekte olup, dünya çapında pazarının 2016-2021 yılları arasında, yıllık % 10.4 artış ile 2.91 milyar Amerikan Doları olması beklenmektedir. Anılan ürünlerin endüstrileri özellikle Amerika ve Avrupa kıtalarında bulunmaktadır. Biyostimülanlar; genel olarak değerlendirildiğinde zararlılar üzerine doğrudan etkili olmadıkları için pestisit sınıfına dâhil edilmemektedirler. Ülkemizde ise, 17/2/1999 tarihli ve 23614 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmeliğin 4 üncü maddesinde yer alan "Pestisit Benzeri Maddeler" tanımına "tuzaklar" ifadesinden sonra gelmek üzere "bitki aktivatörleri" ifadesi eklenmiştir. Ancak bununla birlikte sözü edilen ürünler; içeriklerinde bitki besin elementi bulunmasına bakılmaksızın gübre sınıfına da dâhil edilmemektedirler. Biyostimülanların sınıflandırmaları tamamen kesinleşmemekle birlikte, bazı araştırmacılar tarafından önemli kategorileri belirlemiştir. Bu kategoriler; humik ve fulvik asitler, amino asitler ve diğer azotlu bileşikler, deniz yosunu ve bitki ekstraktları, kitin ve kitosan benzeri polimerler, inorganik bileşikler, yararlı mantarlar ve yararlı bakteriler şeklindedir. Bu çalışmada biyostimülanlar, belirtilen kategoriler altında incelenmiş olup, biyostimülan uygulamalarının bitki fizyolojisine, bitkilerin besin elementi alımlarına ve stres toleransına etkileri derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Amino Asit, Bitki Aktivatörü, Biyostimülan, Fulvik Asit, Humik Asit.

Categoryzation of Biostimulants: Current Situation in Turkey

Abstract

Biostimulants are the substances that are applied to plants as root, foliar and seed applications, which are enhancing plants' growth, nutritional status, stress resistance, quality and yield. Biostimulants may contain organic, inorganic compounds and microorganisms together or as individual. Some of the ingredients of biostimulants maintain soil structure. Biostimulants are permitted to use in agriculture in Turkey since 2002, also their global market is estimated 2.91 USD by 2021, at a compound annual growth rate of 10.4% from 2016 to 2021. Most of the industries of mentioned products are located in USA and Europe. In general; biostimulants do not directly affect pests, so they are not classified as pesticides. In Turkey; these products are added to Official Newspaper's (17th of February 1999, Issue No: 23614) "Pesticide Like Materials" definition, following the signification of "insect traps" as "plant activators" in 2002. Biostimulants are not classified as fertilizers regardless of they comprise nutrients or not. Their classification is still uncertain although some researchers specified the important categories. These categories are; humic and fulvic acids, amino acids and other N containing compounds, seaweed and plant extracts, chitin and chitosan biopolymers, inorganic compounds, beneficial fungi and beneficial bacteria. This review examines the biostimulants under the mentioned categories and their effects on plants' physiology, nutrient uptake and stress tolerance.

Keywords: Amino acid, Plant Activator, Biostimulant, Fulvic Acids, Humic Acids.

¹Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova-İZMİR

Giriş

Tarımsal üretimde verim ve kalite, karşılaşılan biyotik ve abiyotik stres etmenleri, üretim maliyetlerinin düşürülmesi için gübre ve ilaç uygulamalarının kısıtlanması nedeniyle olumsuz etkilenmektedir. Öte yandan, üretimi yapılan yeni çeşitlerin besin elementi ihtiyacındaki artış, ek olarak, artan gübre ve pestisit uygulamaları sonucunda hem doğal kaynaklarda hem de üretimi yapılan tarımsal bitkilerde kalıntılar bulunmakta, bu durum kaliteyi etkilediği kadar, halk sağlığını da etkilemektedir. Biyostimülantlar; bitki gelişimini, bitkilerin beslenmesini, ürün kalitesini ve verimini olumlu yönde etkilemek; bitkilerin strese dayanıklılığını arttırmak amacıyla; bitkilere yapraktan, topraktan veya tohuma uygulanan, içeriğinde organik veya inorganik bileşikler, mikroorganizmalar bulundurabilen, ayrıca bazılarının toprak yapısını düzenleyici etkileri de bulunan materyallerdir (EBIC, 2013). Biyostimülantların sınıflandırmaları tamamen kesinleşmemekle birlikte, kimi araştırmacılar (du Jardin 2015) tarafından önemli kategorileri belirlemiştir. Bu kategoriler; humik ve fulvik asitler, amino asitler ve diğer azotlu bileşikler, deniz yosunu ve bitki ekstraktları, kitin ve kitosan benzeri polimerler, inorganik bileşikler, yararlı mantarlar ve yararlı bakteriler şeklindedir. Öte yandan Kauffman ve ark. (2007) biyostimülantları ürettikleri kaynaklara ve içeriklerine göre humik bileşenler, deniz yosunu ekstraktları ve amino asit içeren ürünler olmak üzere üç başlıkta sınıflandırmışlardır. Bu derlemede biyostimülantların önemli kategorileri incelenmiş olup, bitkilerin beslenmeleri ve kimi fizyolojik özellikleri üzerine etkileri açıklanmıştır.

İnokulantlar (Aşı Materyalleri)

Tarımda kullanılan mikrobiyal inokulantlar; biyopestisitler ve biyolojik gübreler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Özellikle biyolojik gübreler biyostimülant grubuna girmektedir. Biyolojik gübreler; içerisinde canlı mikroorganizmalar bulduran tarımsal girdiler olup, tohuma, bitkilerin farklı yüzeylerine ve toprağa uygulanabilmektedirler.

Sözü edilen girdilerin kullanımı durumunda bitkilerde besin elementi alımında, kök biyokütlesinde, kök alanında ve bitkilerin besin elementlerini topraktan kaldırma kapasitelerinde artış gözlenmektedir (Vessey, 2003). Anılan biyostimülant grubunun içeriğinde yararlı bakteriler, mantarlar, mikoriza mantarları bulunmaktadır. Bu mikroorganizmalar toprak, bitki artıkları, su ve kompostlaştırılmış organik gübrelerden izole edilmektedirler. Öte yandan, biyolojik gübreler arasında bulunan PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria, bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler) ve PGPB (plant growth promoting bacteria, bitki gelişimini teşvik eden bakteriler) bitkilerin kök çevresinde bulunan rizosfer bölgesinden izole edilmişlerdir. Mikrobiyal inokulantların geliştirilmesindeki anahtar faktör onların ticari formülasyonlarıdır. Seçilerek inoküle edilmiş mikroorganizmalar ticari formülasyonlarda canlılıklarını korumalı ve aşılandıkları tarlalarda da beklenen etkiyi göstermelidirler. Benzer şekilde; tohumdan veya yapraktan uygulanan bu preparatların kimyasal gübreler ve bitki koruma ürünleri ile uyumlu olmaları da son derece önemlidir.

Mikrobiyolojik Gübreler

Biyogübreler toprağı N fiksasyonu, P ve K mineralizasyonu yoluyla bitki besin elementleri ile zenginleştirirken; bitki büyüme düzenleyicileri ile bitki gelişimini teşvik etmektedirler. (Sinha ve ark. 2014) Mikroorganizmaların aktivatör olarak çalışması; asimbiyotik N fiksasyonu, bitki besin elementi çözünürlüğündeki artış, siderofor üretimi ile Fe'in alınımındaki artış ve uçucu organik bileşiklerin üretimi şeklindedir. Bu bakterilerin ait oldukları cinsler daha çok *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas*'tır (Çakmakçı 2005). *Azotobacter* bakterileri sahip oldukları farklı metabolik fonksiyonları ile N döngüsünde

önemli bir yere sahiptirler (Sahoo ve ark.2013). Sözü edilen bakterilerin N fiksasyonundaki görevlerine ek olarak, tiamin, riboflavin gibi vitaminler ve oksin, giberellin, sitokinin gibi hormonları da sentezlemektedirler (Abd El-Fattah ve ark. 2013). *A. Chroococcum* bitki kökü etrafındaki patojen mikroorganizmaları baskılayarak (Mali ve ark. 2009); tohum çimlenmesini ve kök gelişimini teşvik etmektedir (Gholami ve ark. 2009).

Azospirillum spp. bakterileri de bitki kökleri ve hatta kök içindeki dokular ile ilişki içerisinde bulunmaktadır. Farklı araştırmalarda *Azospirillum* türlerinin bitkilerdeki N içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Buğdayda *A. Brasilense* ve *A. Lipoferum*'un etkinliği ile toplam N'un %7-12'si (Malik et al. 2002), şeker kamışında ise toplam N içeriğinin %60-80'nin *A. Diazotrophicus*'un N fiksasyonu ile meydana geldiği bildirilmiştir (Boddey et al. 1991). Özellikle mısır, sorgum ve darı gibi C-4 bitkilerine tavsiye edilen bu mikrobiyal gübreler yılda 2-4 kg N da⁻¹ N fikse edebilmelerinin yanında, metabolik aktiviteleri sonunda bitki gelişim düzenleyici maddeleri de üretmektedirler (Okur ve Ortaş 2012). Öte yandan bu bakteri cinsi, bitki köklerinde nodül oluşturmazlar.

Rhizobium bakterilerinin, bitkiler ile simbiyotik kurdukları yaşam sonucu, atmosferde bulunan N'u bitkiler için kullanılabilir N formlarına dönüştürdükleri, bu sayede tarımı yapılan bitkilerde verimi arttırdıkları uzun yıllardır bilinmektedir (Sharma ve ark. 2011). Farklı sıcaklıklara dayanıklı olan bu bakteriler, genellikle kök tüylerinden köke girerek, çoğalırlar ve kökte nodüller oluştururlar (Nehra ve ark. 2007).

Öte yandan, su baskınına uğramış çeltik tarlalarında kullanılan bir diğer önemli biyolojik gübre ise; siyonobakteri grubundan *Anabena*'dır. *Anabena* ile ortak yaşayan su eğreltisi *Azolla*'nın anılan simbiyotik ilişkisi sonucu, topraklara önemli miktarda N kazanımı sağladığı farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Okur ve Ortaş 2012; Taiz ve Zeiger 2008).

Bazı mikroorganizmalar toprakta bulunan besin elementlerinin, gelişme ortamındaki alınabilirliğini arttırmaları, böylelikle bitkilerin bu

elementleri daha verimli bir şekilde alabilmesine olanak sağlarlar. *Pseudomonas* spp. (Malboobi ve ark. 2009), *Bacillus* spp. (de Freitas ve ark., 1997; Sahin ve ark., 2004), *Burkholderia* spp. (Tao ve ark., 2008), *Streptomyces* spp. (Chang ve Yang, 2009), *Achromobacter* spp. (Ma ve ark., 2009), *Micrococcus* spp. (Dastager ve ark., 2010), *Flavobacterium* spp. (Kannapiran ve Ramkuma, 2011), *Erwinia* spp. (Rodriguez ve ark., 2001), ve *Azospirillum* spp. (Rodriguez ve ark., 2004) bakterilerinin topraktaki P'u alınabilir formlara dönüştürdüğü farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Mikroorganizmaların P'u çözündürmede en çok kullandıkları mekanizmalar; organik asitlerin üretimi (Goldstein, 1995) ve fosfatazların üretimi mekanizmalarıdır (Rodriguez ve ark. 2006). Organik asitler bitkiler tarafından alınamayan P formlarından alınabilir P formlarına hidroksil ve karboksil grupları vasıtası ile dönüşürler (Kpombekou ve Tabatabai, 1994).

Fosfora benzer şekilde toprakta bulunan K da özellikle *Bacillus* bakterileri tarafından alınabilir K⁺a dönüştürülmektedir. Sözü edilen bakteriler toprakta bulunan mika, illit ve ortoklas kil minerallerini, ürettikleri organik asitlerin yardımıyla parçalayarak K⁺ iyonlarını açığa çıkarmaktadırlar (Sheng ve He 2006).

Tarımda bitkilerin gelişimini destekleyen bakterilerin kullanımı sadece bitkilerin beslenme durumunu olumlu yönde etkilemekle kalmayarak, bitkilerin strese karşı korunmalarına da olanak sağlamaktadır. Paul ve Nair (2008) *Pseudomonas fluorescens* bakterilerinin ürettiği ozmolit ve tuz stresi ile uyarılan proteinler ile bitkilerin tuz stresinden daha az etkilendiğini bildirirler iken, Baharlouei ve ark. (2011) bazı *Pseudomonas* bakteri suşlarının kanola ve arpada IAA, siderofor ve ACC deaminaz enzimi üretimi ile bitkileri ağır metal stresinden koruduklarını belirtmişlerdir.

Mikorizalar

Mikorizalar, bazı bitki türlerinin kökleri ile simbiyotik ilişki kurarak, bitkilerin topraktan besin elementlerini daha fazla almalarını sağlayan, bitkiye parazit olmaktan çok, destekçi olarak rol üstlenen mantar türleridir.

Mikorizaların anılan etkileri yardımıyla, bitkilerde büyümenin, gelişmenin, patojenlerden ve çevresel stres etmenlerinden korunmalarının teşvik edildiği saptanmıştır (Lamabam ve ark. 2011). Sözü edilen mantarlar toprakta bitkilerin alamadıkları özellikle P, Zn ve diğer mikro besin elementlerini hifleri aracılığıyla alarak, misellerinin yardımıyla kökteki korteks hücrelerine kadar taşıdıkları çalışmalar ile ortaya konmuştur (Smith ve ark. 2011). Doğadaki bitki türlerinin %96'sından fazlası mikoriza mantarları ile simbiyotik yaşam ilişkisi içindedirler (Ortaş ve ark. 1999). Mikoriza mantarlarının, yararlı bakteriler ile ortak uygulanması, bitkilerin beslenme durumlarını olumlu yönde etkilemektedir (Bhardwaj ve ark., 2014). Toprak işleminin yapılmadığı veya minimum düzeyde yapıldığı koşullarda, toprakta bulunan *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Cyanobacter*, grubu bakteriler topraktaki P ve K'u alınabilir hale getirirken, mikorizalar da bu elementlerin alınımını arttırmaktadır (Doğan ve ark. 2011; Aziz ve ark. 2012). *Pseudomonas* spp. ve *Acinetobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Bacillus* spp., ile uygulanan mikorizanın bitkilerde Zn alımında artış sağladığı gözlenirken (Yazdani ve Pirdashti, 2011); farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda sözü edilen bakteriler ve mikoriza uygulamalarının Cu, Mn (Liu ve ark., 2000), Ca, Mg (Giri ve Mukerji, 2004; Khan, 2005), ve S (Banerjee ve ark. 2006) konsantrasyonlarını da arttırdığı bildirilmiştir.

Humik Bileşenler

Humik bileşenler; bitki besin elementi yarayışlılığını kontrol etmek, toprak ve atmosfer arasındaki C ve O değişimini sağlamak, toksik kimyasalların farklı bileşenlere dönüşmesini veya taşınmasını sağlamak gibi görevler üstlenmişlerdir (Piccolo ve Spiteller 2003). Kelleher ve Simpson (2006)'ya göre, topraklardan ekstrakte edilen humik bileşenler, bitkiler ve toprakta yaşayan mikroorganizmaların mutlak ihtiyaçları olan proteinleri, karbonhidratları, alifatik biyopolimerleri ve lignini içermektedir. 1980'li yıllardan itibaren fulvik asitlerin ve düşük moleküllü humik asitlerin hormon benzeri

etkileri kabul edilmektedir (Albuzio ve ark. 1989). Humik bileşenler yapılarında bulunan fonksiyonel grupların yardımıyla metal iyonları ile kompleks oluşturabilirler. Böylece bitkilerin beslenme durumunu da olumlu yönde etkilemektedirler.

Humik Asitler

Yapılan çalışmalar humik asitlerin farklı bitkilerde bitki gelişimi, verim ve kalite üzerine etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Domateste (Adani ve ark. 1998, Canellas ve ark. 2011), buğdayda (Tahir ve ark. 2011), mısırdaki (Canellas ve ark. 2002, Canellas ve ark. 2009, Eyheraguibel ve ark. 2008), biberde (Cimrin ve ark. 2010) humik asit uygulamalarının lateral kök veya genel olarak fide köklerinin gelişimlerinin olumlu etkilendiği saptanmıştır. Humik asit uygulamaları şaraplık bağlarda (Morad ve ark. 2011) tadım kriterlerini iyileştirirken, fesleğende yapraktan uygulanması durumunda yağ içeriğinin arttığı saptanmıştır (Befrozfar ve ark. 2013). Sözü edilen, fesleğende yapılan çalışmada, bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin de humik asitler ile beraber uygulanması durumunda, yağ içeriği artmıştır. Verim ve çiçek sayısı, bitki başına meyve sayısı, meyve oluşumu, ortalama meyve ağırlığı, uzunluğu, çapı gibi verim ile ilgili özellikler humik asit uygulamalarından olumlu yönde etkilenmektedirler. Topraklı serada iki yıl süre ile, biber üzerinde yapılan çalışmalarda humik asit uygulamalarının verim ve kalite üzerine olumlu etkileri saptanmıştır (Karakurt ve ark. 2009).

Humik asitlerin tarımdaki etkisi sadece toprağın fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri üzerine olmamakla beraber, bitkilerin strese dayanıklılıkları üzerine de yapılan çalışmalar; humik asitlerin olumlu etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan bazı çalışmalarda humik asit uygulamalarının fasulyede (Aydın ve ark. 2012), mısırdaki (Mohamed 2012), krizantemde (Mazhar ve ark. 2012) ve fıstık ağaçlarında (Moghaddam ve Soleimani 2012) tuz stresinden korunmada etkili olduklarını göstermiştir. Ayrıca Garcia ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda su kıtlığı koşullarında, çeltikte, humik asit

uygulamalarının klorofil, karotenoid, protein ve karbonhidrat içeriği gibi fotosentetik kapasite ile ilişkili fizyolojik parametrelerde olumlu sonuçlar saptamışlardır.

Çoğu humin bileşenler bitki hücrelerinin hücre duvarlarına tutunarak kökten alınır ve gövdeye taşınırlar (Nardi ve ark. 2009). Bu sayede bitkilerde oksin benzeri etkilerde bulunarak lateral kök gelişimine katkıda bulunurlar. Canellas ve ark. (2009)'ın yaptığı bir çalışmada humik asitler kök hücrelerinde ATPaz aktivitesini artırarak kök alanını ve kök yoğunluğunu olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca humik bileşenlerin uygulanması durumunda, artan reaktif oksijen türevleri (ROS) oksin metabolizmasını harekete geçirerek, kök gelişimini hızlandırmaktadır. Böylece bitkilerin gelişimleri, biyotik ve abiyotik stres etmenlerine karşı dayanımı artmaktadır (Suzuki et al. 2012). Öte yandan, yüksek oranda humik bileşenlerin uygulandığı çalışmalarda ise; artan ROS seviyeleri lipid peroksidasyonuna dolayısıyla kök büyümesi ve gelişiminde gerilemeye neden olmaktadır.

Fulvik Asitler

Fulvik asitler; daha fazla içerdikleri karboksil grupları nedeniyle humik asitlere göre daha yüksek kation değişim kapasitesine sahip olarak, daha fazla kasyonu adsorbe edebilmektedirler (Bocanegra ve ark. 2006). Küçük molekül boyutuna sahip olmalarından ötürü; fulvik asitler biyolojik membranlardan geçebilmektedirler. Fulvik asitlerin sözü edilen hem şelatlayıcı özellikleri hem de hücre membranlarından geçme özelliklerinden dolayı, Fe ve diğer mikroelementlerin yararlılığı ve taşınması üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır (Bocanegra ve ark. 2006).

Humik asitlere benzer şekilde, fulvik asitlerin de kök gelişimi üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır (Dobbss ve ark. 2007, Lulakis ve Petsas 1995). Ayrıca fulvik asit uygulamalarının kök üstü organlara da olumlu etkileri gözlenmiştir. Domateste sürgün gelişimi (Lulakis ve Petras 1995), buğday ve mısırdaki sap kuru ağırlığının artışı (Anjum ve ark. 2011, Eyheraguibel ve ark. 2008, Dunstone ve ark. 1988) ve hıyarda (Rauthan ve Schnitzer 1981)

çiçek sayısında artış fulvik asit uygulamaları ile sağlanmıştır.

Rauthan ve Schnitzer (1981)'in yaptıkları çalışmalarda, Hoagland çözeltisinde yetiştirilen hıyarda fulvik asitlerin N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe ve Zn alımını arttırdığı bulunmuştur. Xudan (1986) ise fulvik asitlerin buğdayda ³²P alımını arttırdığını bildirmiştir. Esteves da Silva ve ark. (1998) yürütmüş oldukları modelleme çalışmasında fulvik asitlerin Fe⁺³ ile kompleks oluşturarak bitkiler tarafından alınabilir hale getirdiğini belirtmişlerdir.

Fulvik asitlerin bir diğer önemli etkisi de bitkilerin stres koşullarında gelişimlerine etkileridir. Asp ve Berggren (1990); Al'un bitkilerin Ca yönünden beslenmesini kısıtladığını, yetiştirme durumunda Fulvik asit bulunması durumunda ise; bitkilerin Ca alımlarının arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar; sözü edilen durumun, yetiştirme ortamında bulunan fulvik asitlerin Al ile kompleks oluşturduğunu, bu sayede bitkilerin Ca yönünden beslenmesinin olumlu etkilendiğini dile getirmişlerdir. Shadid ve ark. (2012) baklada yürüttükleri çalışmada, yetiştirme ortamında düşük konsantrasyonlarda uygulanan fulvik asitlerin, yetiştirme ortamında bulunan Pb²⁺ ile kompleks oluşturarak bitkileri toksisiteden koruduklarını gözlemlemişlerdir. Anjum ve ark. (2011a) tarafından mısırdaki kuraklık stresinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise püskül oluşumu sırasında yaprakta uygulanan fulvik asitler bitki gelişimi ve verim ile ilgili parametrelerde artış göstermiştir. Aynı araştırmacıların yayınlamış oldukları bir başka çalışmada (Anjum ve ark. 2011b) ise, fulvik asitlerin bitki fizyolojisi üzerine etkileri, bitki gelişimini ve stres toleransını teşvik eden özellikleri ortaya konmuştur. Fulvik asitlerin fotosentez, solunum oranı ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonunu arttırdığı gözlenmekle beraber, kuraklığın uygulandığı ve uygulanmadığı bitkilerde prolin artışı da görülmüştür.

Protein Hidrolizatları ve Amino Asitler

Bitkiler gelişimleri ve stres etmenlerine dayanıklılıklarını arttırmak amacıyla amino asitleri ve peptidleri doğrudan

kullanabilmektedirler (Ertani ve ark. 2009, Watson ve Fowden 1975). Sözü edilen bu bileşenler bitkiler tarafından kökten (Soldal ve Nissen 1978) alınabildikleri gibi yapraklardan da alınabilmektedirler (Maini 2006, Stiegler ve ark. 2013).

Yapısında protein içeren bu ürünler iki grupta toplanmışlardır. Bunlardan ilki farklı bitkisel ve hayvansal kaynaklardan enzimatik, kimyasal veya termal yollarla ayrılmış protein hidrolizatları olurken, ikinci grup ise glutamat, glutamin, prolin ve glisin betain gibi amino asitlerdir. Genellikle piyasada bulunan amino asitler alanin, arjinin (arginin), glisin, prolin, glutamat, glutamin, valin ve lösindir (Ertani ve ark. 2009, Garcia-Martinez ve ark. 2010).

Protein hidrolizatları

Protein hidrolizatları, içeriğinde bulunan peptidler sayesinde bitki gelişim düzenleyicileri olarak görev görmektedirler. Bitkilerin yapılarında bulunan bazı peptidlerin hücre farklılaşması, hücre bölünmesi, proteaz enzimi inhibisyonu ve polen uyumsuzluğuna verilen tepkide görevli oldukları bilinmektedir (Ryan ve ark. 2002).

Ticari olarak ilk satışı yapılan protein hidrolizati, İtalya'da 1969 yılında, hayvanların epitel dokularından üretilen ve yapraklardan uygulanan Siapton'dur (Maini 2006).

Protein hidrolizatları bitkilerde C ve N metabolizmasını teşvik ederek, bitkilerin daha fazla N kaldırmalarına yardımcı olmaktadır. Maini'ye (2006) göre mısırdaki hayvansal dokulardan elde edilmiş bir protein hidrolizatının uygulanması durumunda, bitkilerde glutamat dehidrogenaz, nitrat redüktaz ve malat dehidrogenaz enzimlerinde artış olmaktadır. Schiavon ve ark. (2008)'e göre ise, alfalfa bitkisinden elde edilen bir protein hidrolizatının uygulandığı mısırdaki enerji metabolizmasında görevli olan malat dehidrogenaz, sitrat sentaz, izositrat dehidrogenaz enzimleri ve N metabolizmasında görevli enzimlerin aktivitelerinde artış gözlenmektedir.

Cavani ve ark. (2006)'ya göre, protein hidrolizatları bitki beslemede şelatlayıcı olarak ve hatta bitki koruma ürünleri ile birlikte kullanılabilir.

Colla ve ark. (2014) yürüttükleri çalışmada bitkisel kaynaklı bir protein hidrolizat ürününü dört farklı denemede araştırmışlardır. Elde ettikleri verilere göre, kullanılan ürünün mısırdaki koleoptil uzaması, domates aşalarının köklenmesi, bodur bezelyede sürgün uzaması ve domateste toplam kuru ağırlık, klorofil içeriği, yaprak N içeriği üzerine önemli seviyede olumlu etkileri bulunmuştur.

Protein hidrolizatlarının biyostimülant etkileri dışında, hayvansal dokulardan elde edilen bu bileşenlerin bitkilerde toksisite ve dolayısıyla gelişimde gerileme meydana getirebileceği belirtilmiştir (Ruiz ve ark. 2000, Lisiecka ve ark. 2011). Sözü edilen durum bu bileşenlerin bitkilerden elde edilen protein hidrolizatlarına göre yüksek oranda glisin ve prolin gibi amino asitleri ve tuz içermesi ile açıklanmaktadır (Colla ve ark. 2014). Öte yandan; Corte ve ark. (2014)'na göre hayvansal dokulardan elde edilen protein hidrolizatları bitkilerin kromozom ve DNA'larında veya fizyolojilerinde, ayrıca ekolojik olarak da bir toksisiteye neden olmamaktadır. Buna rağmen; Avrupa'da 354/2014 numaralı AB komisyonu uygulama tüzüğüne göre hayvansal dokulardan elde edilen protein hidrolizatlarının organik tarımda üretilen bitkilerin yenilen kısımlarına uygulanması yasaklanmıştır (du Jardin 2015, Colla ve ark. 2014).

Protein hidrolizatlarının bitkilere doğrudan olduğu gibi dolaylı etkileri de bulunmaktadır. du Jardin'e (2015) göre, sözü edilen ürünlerin kullanımı durumunda, topraklarda mikrobiyal dinamik olumlu yönde etkilenmektedir.

Amino Asitler

Yapısında amino asit içeren biyostimulantların içeriğinde 20 yapısal amino asitler bulunmaktadır. Bu amino asitler bitkilerde protein yapısına katılabildikleri gibi, protein yapısında olmayan amino asitler olarak da bulunabilmektedirler. Glutamat, histidin, prolin ve glisin betain gibi protein yapısında olmayan amino asitlerin dışarıdan uygulandığı çalışmalarda, sözü edilen amino asitlerin bitkileri abiyotik stres etmenlerinden korudukları veya bitkilerde metabolik sinyal mekanizmalarını uyardıkları belirtilmektedir (Sharma ve Dietz 2006, Forde ve Lea 2007,

Vranova ve ark. 2011). Amino asitler ile yapılan çalışmalar sonucunda, bu monomerlerin bitkilerde N alımına yardımcı olan sinyaller olarak rol aldıkları görülmüştür.

Glutamat amino asidinin uygulanması durumunda, bitkilerde primer kök gelişimi yavaşlarken, kök dallanması artmaktadır. Bu durum, bitkilerde glutamatın sinyal rolü üstlendiğini ve köklerin toprakta besin elementlerinin daha yararışlı olduğu kısımlara gelişmesine teşvik ettiği şeklinde açıklanmaktadır (Walch-Liu ve ark. 2006a, b; Forde ve Lea 2007).

Anılan ürünler bitkilerin abiyotik stres etmenlerine ve oksidatif koşullara dayanıklılık ve savunma mekanizmalarında destekleyici görev üstlenmektedirler. Glisin betain ve prolin, amino asitleri, enzimleri ve hücre membranlarını yüksek tuz konsantrasyonları ve bitki gelişimini sekteye uğratan sıcaklık koşullarında dengede tutan osmotik düzenleyicilerdir (Ashraf ve Foolad 2007, dos Reis ve ark. 2012, Ahmad ve ark. 2013). Anılan etkilerinin dışında, glisin betain ve prolinin reaktif oksijen türlerini uzaklaştırdığı ve tuz stresi ile ilgili genleri uyardığı da bilinmektedir (Kinnersley ve Turano 2000, Ashraf ve Foolad 2007, Anjum ve ark. 2011a, dos reis ve ark. 2012).

Bitkilere uygulanan diğer amino asitlerin de stres dayanıklılığında etkileri bulunmaktadır. Lea ve ark. (2006) arjininin, bitkilerin biyotik ve abiyotik stres koşullarında N depolamasında ve taşınımında etkili olduğunu belirtmiştir.

Protein yapısına katılmayan diğer amino asitler olan beta-aminobütirik asit (BABA) ve gama-aminobütirik asit (GABA) da bitkilerin biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılıkları ile ilgili sinyal molekülleridirler (Kinnersley ve Turano 2000). Shang ve ark. (2011)'e göre, şeftalide GABA uygulaması sonucunda, meyvelerde hasat sonrası üşüme stresinin etkileri azalmakla beraber GABA ve prolin birikimi artmaktadır.

Prolin bitkilerde sadece tuz ve kuraklık stresinde etkili olmamakta, ayrıca ağır metal stresinde de bitkilere dayanıklılık konusunda yardımcı olmaktadır. Ağır metallerle dayanıklı bitkilerde de buna kanıt olarak yüksek oranda prolin birikimi gözlenmektedir (Sharma ve

Dietz 2006). Osmoregülasyon görevinin yanında, bitkilerin ağır metalleri almaları durumunda, ksilem iletim borularında ve hücre içinde sözü edilen metal iyonlarını şelatlayarak antioksidan görevi görmekte, ağır metal iyonlarının alımı ile bitkilerde oluşan reaktif oksijen türlerini uzaklaştırarak bitki gelişimini düzenlemektedir (Sharma ve Dietz 2006).

Deniz Yosunu Ekstraktları

Deniz yosunlarının organik madde ve gübre olarak kullanımı tarımda çok eskiye dayanmakta olsa dahi biyostimülant etkilerinin farkına yeni varılmaya başlanmıştır. İçeriğinde polisakkaritleri, alginatları, karragenan ve bunların yan ürünlerini bulundurmaları, deniz yosunlarının tarımda kullanımını ön plana çıkarmıştır.

Sözü edilen bu ekstraktlarının bitki besin elementlerinin alımını kolaylaştıran şelatlayıcı özelliklerinin yanı sıra, toprak yapısı ve havalanmasını da etkileyerek, bitki gelişimini olumlu etkilediği Milton (1964) tarafından saptanmıştır. Deniz yosunu ekstraktları, tohum çimlenmesi, tohum gelişimi, bitki gelişimi, verim, çiçek ve meyve oluşumu, biyotik ve abiyotik stres etmenlerine dayanıklılık ayrıca hasat sonrası raf ömrünü gibi önemli kriterleri iyileştirdiği için biyostimülant olarak da kabul edilmektedirler (Mancuso ve ark. 2006, Rayorath ve ark. 2008; Khan ve ark. 2009; Craigie 2011). Bitki büyümesinde faydası olan bu bileşenlerin arasında mikro ve makro besin elementleri, steroller, betain gibi N içeren bileşikler ve hormonlar bulunmaktadır (Craigie 2011; Khan ve ark. 2009). Bu yosun türlerinin çoğu kahverengi deniz yosunları olan *Askofillum* spp., *Fucus* spp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp., ve *Turbinaria* spp. cinsleridir (Khan ve ark. 2009), ancak karragenan farklı bir tür olan kırmızı deniz yosunu türündendir. Bitki büyümesini destekleyen biyostimülant olarak kullanılan 20'den fazla deniz yosunu ürününün adları Khan ve ark. (2009) tarafından listelenmiştir.

Deniz yosunları kökten uygulamak amacıyla toprağa veya gübre çözeltilerine uygulanabildikleri gibi yaprak uygulamaları da yapılmaktadır. Sahip oldukları negatif yükler ile toprakta bulunan ağır metaller gibi katyonların

bağlanmasına neden olarak toprakların remediasyonunu olumlu yönde etkilemektedirler. Patojenlerin bulunduğu topraklarda, patojen mikroorganizmalar ile antagonistik etkileşime girerek, bitki gelişimini teşvik eden bakterileri teşvik ederler.

Her ne kadar bitkilerde oksin, sitokinin, giberellin ve absisik asit gibi hormon etkileri görülse de (Craigie 2011), özellikle bir kahverengi yosun türü olan *Ascophyllum nodosum*'un bitkilerdeki hormon biyosentezi ile ilgili genleri de uyardığını belirtilen çalışmalar (Wally ve ark. 2013a,b; Calvo ve ark. 2014) son yıllarda dikkati çekmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, deniz yosunu ekstraktlarının yaprakтан uygulanması durumunda mısırdada (Jeannin ve ark. 1991), domateste (Crouch ve van Staden 1992), bağda (Mancuso ve ark. 2006), çilekte (Alam ve ark. 2013) kök gelişimi artmaktadır. Anılan durumda ortaya çıkan lateral kök gelişiminin artışı, toplam kök hacim ve uzunluğundaki artış, Khan ve ark. (2011a, 2011b) tarafından deniz yosunu ekstraktlarında bulunan oksin, sitokinin gibi fitohormonlar ile ilişkilendirilmiştir. Öte yandan, Kuwada ve ark. (1999)'a göre yosun ekstraktlarının uygulandığı topraklarda gözlenen kök gelişimi, bu topraklarda mikroorganizma dinamiğinin de olumlu yönde etkilenmesi ile dolaylı şekilde açıklanmıştır.

Deniz yosunu ekstraktlarının uygulanması ile bitkilerde yaprak klorofil içeriği artmaktadır (Fan ve ark. 2013, Jannin ve ark. 2013). Sözü edilen artış klorofil bozulmasının azalması (Blunden ve ark. 1997), fotosentez oranındaki artıştan çok, olgunlaşmanın ertelenmesi (Jannin ve ark. 2013) ile açıklanmaktadır.

Fan ve ark. (2013)'e göre, kahverengi deniz yosunlarının ekstraktlarının uygulandığı ıspanakta toplam çözünebilir protein içeriği, antioksidan kapasitesi, fenolik ve flavonoid bileşenlerin içerikleri artmaktadır. Jannin ve ark. (2013) ise, kanolada yaptıkları analizlerde, deniz yosunu ekstraktlarının uygulandığı bitkilerde C ve fotosentez, hücre metabolizması, N ve S metabolizması ve stres tepkileri ve oksin taşınması ile ilgili genlerin ifadelerinin arttığını kaydetmişlerdir. Kahverengi deniz yosunlarından elde edilen

oligo-alginatlar, bitkilerde N metabolizmasını ve bazal metabolizmayı etkilerler iken (Khan ve ark. 2011a), kırmızı yosunlardan elde edilen oligo-karragenanlar ise bitkilerde fotosentez oranını, N asimilasyonunu, bazal metabolizmayı, hücre bölünmesini, patojenlere karşı korunmayı arttırmaktadır (Bi ve ark. 2011, Vera ve ark. 2012).

Deniz yosunu ekstraktları bitkilerde kuraklık, tuzluluk, yüksek sıcaklık gibi kimi abiyotik stres etmenlerinin etkilerini hafifletmektedir (Khan ve ark. 2009, Craigie 2011).

Kitin ve Kitosan Biyopolimerleri

Kitosan doğal ve ticari olarak üretilen kitin biyopolimerinin deasetile edilmiş halidir. Anılan bileşen gıda, kozmetik, medikal ve tarım sektörlerinde kullanılmaktadır. Kitosan oligomerlerinin bitkilerdeki fizyolojik etkileri iyonik yapısının, DNA, plazma membranı, hücre duvarı gibi hücre kısımları ve stres etmenlerinden korunma ile ilgili genlerin aktivasyonu ile ilgili özelleşmiş bölgeler ile birleşmesi ile meydana gelmektedir. (Hadwiger, 2013; Katiyar ve ark., 2015). Kitin ve kitosanların belirgin reseptörler ve sinyal yolları kullandığı görülmüştür. Kitosanın bazı özelleşmiş hücre reseptörlerine az veya çok bağlanmasının sonucunda, hücrede stres tepkilerinin sinyali ve gelişim düzenlenmesini etkileyen önemli fizyolojik değişimlere yol açabilen H₂O₂ birikimi ve Ca⁺² sızıntısı gözlemlenmiştir. Kitosanın fungal patojenlerden korunma, ayrıca abiyotik stres etmenlerine dayanıklılık ve kalite kriterlerini artırması amacıyla tarımda uygulanması gün geçtikçe artmaktadır. Kitosan uygulanması durumunda, bitkilerde absisik asite bağımlı olarak stomaların kapanması (Iriti ve ark. 2009), anılan bileşenin çevresel stres etmenlerinden savunmada katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Biyostimulantların Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu

Her ne kadar sözü edilen girdiler tarımda uzun yıllardır kullanılsa da, anılan bu içeriklerin biyostimulant başlığı altında, yeni bir yaklaşımla incelenmeye başlanması yakın zamanda gerçekleşmiştir. Dolayısıyla konu ile

ilgili hem Dünya’da hem de Türkiye’de kesin istatistiksel bilgiye ulaşılamamaktadır. Avrupa’da 2011 yılında kurulan Avrupa Biyostimülant Endüstrisi Konseyi (EBIC), kütadaki biyostimülant sektörünün ihtiyaç ve sorunlarına çözümler üretmeyi hedeflemektedir. EBIC yayınlamış olduğu raporda istatistiksel verilere ulaşamadığı için, kütadaki biyostimülant şirketleri ile iletişime geçerek, bu şirketlerin her yıl satılan ürün miktarları, kullanılan alanlar, sektörde yapılan araştırmalar ile ilgili tahminlerde bulunmaktadır. EBIC’in 2013 yılında yayınlamış olduğu rapora göre, Avrupa’da en az 3 milyon hektarlık alanda biyostimülantlar kullanılmaktadır ve biyostimülant pazarı yıllık %10 büyüme göstermektedir. Biyostimülantlar öncelikle organik tarımda sonrasında ise meyve ve sebze üretiminde kullanılmıştır. Ekonomi ve sürdürülebilirlik ile ilgili güçlüklerden dolayı, geleneksel bitki üretiminde hala daha üreticilere tanıtımı devam etmektedir. EBIC, Avrupa’daki yıllık toplam biyostimülant satışlarına göre, Avrupa’da 2013 yılında 500 milyon Euro’luk bir pazarın olduğunu tahmin etmiştir. Ayrıca EBIC’in 2013 yılında üretici şirketlere uygulamış oldukları anketlerin sonucunda, cevap veren şirketlerin, yıllık kazançlarının %3-10’unu araştırma geliştirme çalışmalarına geri döndürdüklerini, bu yatırımları üniversiteler ve araştırma enstitüleri ile yapılan ortak çalışmalar ile bilimsel yönden de destekledikleri öğrenilmiştir. Sözü edilen bu araştırma kuruluşları sadece Avrupa’da olmayıp, Avustralya, Brezilya, Kanada, Şili, Gana, Meksika, Yeni Zelanda, Türkiye ve ABD’de bulunmaktadır (Anonymous, 2013).

Amerika Birleşik Devletleri’nde de durum benzer şekildedir. 2011 yılında biyostimülant sektöründe yaşanan sorunların çözümü ve yasal düzenlemelerin gerçekleştirilmesi amacıyla kurulan Biyostimülant Koalisyonu (Kim ve Chojnacka, 2015) 2013 yılında yayınlamış oldukları makalede, Amerika’da her eyaletin gübre mevzuatlarının farklı olduğunu, dolayısıyla gübreler, toprak düzenleyicileri ve biyostimülantlar ile ilgili ortak bir düzenlemenin bulunmadığını bildirmişlerdir (Beaudreau Jr., 2013). Öte yandan Biyostimülant Konseyi tarafından yayınlanan

makalede, ABD’de kullanılan biyostimülant miktarı ve kullanılan toplam alan hakkında bir tahmin bulunmamaktadır. Yazılanlara ek olarak, biyostimülantlar hakkında yapılan bir uluslararası pazar araştırmasında, küresel biyostimülant pazarının 2016-2021 yılları arasında, yıllık 10,4 bileşik büyüme oranı artış ile 2021 yılında 2,91 milyar Amerikan Doları olması beklenmektedir (Anonymous, 2016).

Günümüzde hem Avrupa’da hem de Amerika’da uyumlu bir yaklaşımın bulunmayışı nedeniyle, biyostimülantların mevzuattaki yerleri karışık bir hal almıştır. Sözü edilen tarımsal girdilerin Avrupa pazarında bulunuşu iki yolla mümkün olmaktadır. Birincisi, Avrupa’da bulunan her üye ülkenin gübreler ile ilgili mevzuatları olurken; diğer yol ise, AB’nin pestisitler ile ilgili mevzuatıdır (Avrupa Komisyonu Mevzuat No: 1107/2009).

Ülkemizde ise, 17/2/1999 tarihli ve 23614 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmeliğin 4 üncü maddesinde yer alan “Pestisit Benzeri Maddeler” tanımına 26/06/2002 tarihli ve 24797 sayılı Resmi Gazete’de “tuzaklar” ifadesinden sonra gelmek üzere “bitki aktivatörleri” ifadesi eklenmiştir ve söz konusu tarihten itibaren Türkiye’de biyostimülantlar kullanılmaya başlanmıştır. Biyostimülantların Türkiye’de ruhsatlandırılması halen sözü edilen yönetmeliğe göre gerçekleşmektedir. Anılan ürünlerin ruhsatlandırılması hakkında istenen belgeler 12/09/2009 tarihinde yayınlanan 27347 sayılı Resmi Gazete’de listelenmiştir.

Sonuç

Derlemede ele alınan çalışmalara dikkat edildiğinde, biyostimülantların ürün verimine, bitki gelişimine ve stres etmenlerine dayanıklılık üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu görülmektedir. Artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanmaya çalışıldığı bu süreçte, biyostimülantların kullanımı ile pestisit ve gübre gibi tarımsal girdilerin aşırı ve bilinçsiz kullanımında azalmaya gidilmesi, dolayısıyla tarım kimyasalları ile meydana gelen çevre kirliliğinin önüne geçilmesi mümkündür.

Kullanılan bileşenlerin ve mikroorganizmaların biyostimülant adı altında yeni bir yaklaşımla

incelenmesi yakın zaman önce başlamıştır. Konu ile ilgili çalışmalar ve gelişmeler her geçen gün artmakta, sektörde bulunan şirketlerin üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile ortak yürüttüğü projeler, anılan gelişmelerin artışı büyük rol oynamaktadır. Öte yandan konunun yeni olması ve yasal düzenlemelerin halen tamamlanmamış bulunması ve ülkelere göre ciddi farklılıklar gösteriyor oluşu, biyostimulantların kullanım miktarı ve kullanıldığı alanlar ile ilgili kesin bilgiye ulaşmayı güçleştirmektedir.

Teşekkür

Bu derlemenin hazırlanması sırasında sağlanmış olduğu bilgilerden dolayı Valagro Tarım Tic. Ltd Şti.'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abd El-Fattah, D. A., Ewedab, W. E., Zayed, M. S., Hassaneina, M. K. Effect of carrier materials, sterilization method, and storage temperature on survival and biological activities of *Azotobacter chroococcum* inoculants. *Ann Agric Sci* 2013, 58:111–118.
- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P., Zocchi, G. (1998) The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J Plant Nutr* 21:561–575.
- Ahmad, R., Lim, C., J., Kwon, S., Y. (2013) Glycine betaine: a versatile compound with great potential for gene pyramiding to improve crop plant performance against environmental stresses. *Plant Biotechnol Rep* 7:49–57. doi:10.1007/s11816-012-0266-8.
- Alam, M., Z., Braun, G., Norrie, J., Hodges, D., M. (2013) Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Can J Plant Sci* 93:23–36.
- Albuzio, A., Nardi, S., Gulli, A. (1989) Plant growth regulator activity of small molecular size humic fractions. *Sci Total Environ* 81(82):671–674.
- Anjum, S., A., Farooq, M., Wang, L., C. (2011a) Gas exchange and chlorophyll synthesis of maize cultivars are enhanced by exogenously-applied glycinebetaine under drought conditions. *Plant Soil Environ* 57:326–331.
- Anjum, S., A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L., Ali, S. (2011b) Fulvic acid application improves the maize performance under wellwatered and drought conditions. *J Agron Crop Sci* 197: 409–417.
- Anonymous, (2016) <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/biostimulant.asp>
- Anonymous, EBIC (2013). Economic overview of the biostimulants sector in Europe. www.biostimulants.eu/2013/04/2013-overview-of-the-european-biostimulants-market/
- Ashraf, M., Foolad, M., R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ Exp Bot* 59:206–216.
- Asp, H., Berggren, D., (1990) Phosphate and calcium uptake in beech (*Fagus sylvatica*) in the presence of aluminium and natural fulvic acids. *Physiol Plant* 80:307–314.
- Aydin, A., Kant, C., Turan, M. (2012) Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *Afr J Agric Res* 7:1073–1086.
- Aziz, G., Bajsa, N., Haghjou, T., Taule, C., Valverde, A., Mariano, J., Arias, A. (2012) Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop–pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay. *Appl Soil Ecol* 2012, 61:320–326.
- Baharlouei, K., Pazira, E., Solhi, M. (2011) Evaluation of Inoculation of plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Cadmium. Singapore: International Conference on Environmental Science and Technology IPCBEE vol.6 IACSIT Press.
- Banerjee, M., R., Yesmin, L., Vessey, J., K. (2006) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticide. In: Rai MK (ed) Handbook of microbial biofertilizers. Food Products Press, New York, pp 137–181.
- Beaudreau, Jr., D., G. (2013) Biostimulants in Agriculture: Their Current and Future Role

- in a Connected Agricultural Economy. Biostimulant Coalition, 2pp.
- Befrozfar, M., R., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Sadeghi-Shoae, M., Tookallo, M., R. (2013) Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil (*Ocimumbasilicum* L.). *Ann Biol Res* 4:8–12.
- Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., Tuteja, N., (2014) Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories* 2014, 13:66 <http://www.microbialcellfactories.com/content/13/1/66>. 10pp.
- Bi, F., Iqbal, S., Arman, M., Ali, A., Mu H. (2011) Carrageenan as an elicitor of induced secondary metabolites and its effects on various growth characters of chickpea and maize plants. *J Saudi Chem Soc* 15:269–273.
- Blunden, G., Jenkins, T., Liu, Y., W. (1997) Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *J Appl Phycol* 8: 535–543.
- Bocanegra, M., P., Lobartini, J., C., Orioli, G., A. (2006) Plant uptake of iron chelated by humic acids of different molecular weights. *Commun Soil Sci Plant Anal* 37:1–2.
- Boddey, R., M., Urquiaga, S., Reis, V., Döbereiner, J. (1991) Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. *Plant Soil* 137: 111–117.
- Çakmaç, R. (2005). Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. *Atatürk Üniv. Zir.Fak.Derg.* 36 (1), 97-107, 2005 ISSN 1300-9036.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J. W., (2014) Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* (2014) 383:3-41 DOI 10.1007/s11104-014-2131-8, 38pp.
- Canellas, L., P., Dantas, D., J., Aguiar, N., O., (2011) Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants. *Ann Appl Biol* 159:202–211.
- Canellas, L., P., Olivares, F., L., Okorokaova-Façanha, A., L., Façanha, A., R. (2002) Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺ - ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol* 130:1951–1957.
- Canellas, L., P., Spaccini, R., Piccolo, A. (2009) Relationships between chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from Brazilian oxisols. *Soil Sci* 174: 611–620.
- Cavani, L., Halle, A., T., Richard, C., Ciavatta, C., (2006) Photosensitizing properties of protein hydrolysate-based fertilizers. *J Agric Food Chem* 54:9160–9167.
- Cerdán, M., Sánchez, A., Oliver, M., Juárez, M., and Sánchez-Andreu, J.J. (2009). Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants. *Acta Hort.* 830, 481–488.
- Chang, C., H., Yang, S., S. (2009) Thermotolerant phosphate solubilizing microbes for multi-functional biofertilizer preparation. *Bioresour Technol* 100:1648–1658.
- Cimrin, K., M., Önder, T., Turan, M., Burcu, T. (2010) Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *Afr J Biotechnol* 9:5845–5851.
- Colla, G., Roupheal, Y., Canaguier, R., Svecova, E., Cardarelli, M., (2014) Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front. Plant Sci.* 5, 1–6.
- Corte, L., Dell'Abate, M., T., Magini, A., (2014) Assessment of safety and efficiency of nitrogen organic fertilizers from animal-based protein hydrolysates – a laboratory multidisciplinary approach. *J Sci Food Agric* 94:235–245.
- Craigie, J., S. (2011) Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol* 23:371–393.
- Crouch, I., J., van Staden, J. (1992) Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *J Appl Phycol* 4:291–296da Rocha IMA, Vitorello VA.
- Silva, J., S. (2012) Exogenous ornithine is an effective precursor and the δ -ornithine amino transferase pathway contributes to

- proline accumulation under high N recycling in salt-stressed cashew leaves. *J Plant Physiol* 169:41–49.
- Dastager, S., G., Deepa, C., K., Pandey, A. (2010) Isolation and characterization of novel plant growth promoting *Micrococcus* sp NII-0909 and its interaction with cowpea. *Plant Physiol Biochem* 48:987–992. doi:10.1016/j.plaphy. 2010.09.006.
- de Freitas, J., R., Banerjee, M., R., Germida, J., J. (1997) Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus*). *Biol Fertil Soils* 36:842–855.
- Dobbss, L., B., Medici, L., O., Peres, L., E., P. (2007) Changes in root development of *Arabidopsis* promoted by organic matter from oxisosis. *Ann Appl Biol* 151:199–211.
- Doğan, K., Çelik, I., Gok, M., Coşkan, A., (2011) Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation, biomas and nitrogen content of second crop soybean. *Afr J Microbiol Res* 2011, 5:3186–3194.
- dos Reis, S., P., Lima, A.,M., de Souza, C.,R.,B. (2012) Recent molecular advances on downstream plant responses to abiotic stress. *Int J Mol Sci* 13:8628–8647.
- du Jardin, P. (2015). *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae* 196 (2015) 3–14.
- Dunstone, R., L., Richards, R., A., Rawson, H.,M. (1988) Variable responses of stomatal conductance, growth, and yield to fulvic acid applications to wheat. *Aust J Agric Res* 39:547–553.
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D. (2009) Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *J Plant Nutri Soil Sci* 172:237–244.
- Esteves da Silva, J., C., G., Machado, A., A., S., C., Oliveira, C., J., S., (1998) Effect of pH on complexation of Fe(III) with fulvic acids. *Environ Toxicol Chem* 17:1268–1273.
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J., Morard, P. (2008) Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresour Technol* 99: 4206–4212.
- Fan, D., Hodges, D., M., Critchley, A., T., Prithiviraj, B. (2013) A commercial extract of *BrownMacroagla* (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Commun Soil Sci Plant Anal* 44:1873–1884.
- Forde, B., G., Lea, P., J. (2007) Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. *J Exp Bot* 58:2339–2358.
- García, A., C., Berbara, R., L., L., Fariás, L., P. (2012) Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. *Afr J Biotechnol* 11: 3125–3134.
- García-Martínez, A., M., Díaz, A., Tejada, M. (2010) Enzymatic production of an organic soil biostimulant from wheat condensed distiller solubles: effects on soil biochemistry and biodiversity. *Process Biochem* 45:1127–1133.
- Gholami, A., Shahsavani, S., Nezarat, S. (2009) The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Germination seedling Growth and Yield of Maize. *Int J Biol Life Sci* 2009, 5:1.
- Giri, B., Mukerji, K., G. (2004) Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza* 14:307–312. doi:10.1007/s00572-003-0274-1.
- Goldstein, A., H. (1995) Recent progress in understanding the molecular genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by Gram negative bacteria. *Biol Agric Hort* 12: 185–193.
- Hadwiger, L., A., (2013) Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. *Plant Sci.* 208, 42–49.
- Iriti, M., Picchi, V., Rossoni, M., Gomasasca, S., Ludwig, N., Gargano, M., Faoro, F., (2009) Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Environ. Exp. Bot.* 66, 493–500.
- Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P. (2013) *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed

- extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. *J Plant Growth Regul* 32: 31–52.
- Jeannin, I., Lescure, J., C., Morot-Gaudry, J., F. (1991) The effects of aqueous seaweed sprays on the growth of maize. *Bot Mar* 334:469–473.
- Kannapiran, E., Ramkuma, V., S. (2011) Isolation of phosphate solubilizing bacteria from sediments of Thondi coast, Palk Strait, Southeast Coast India. *Ann Biol Res* 2:157–163.
- Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., Padem, H. (2009) The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agric Scand Sect B* 59:233–237.
- Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Singh, B., (2015) Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian J. Plant Physiol.* 20, 1–9.
- Kauffman, G., L., Kneivel, D., P., Watschke, T., L., (2007) Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci.* 47,261–267.
- Kelleher, B., P., Simpson, A., J. (2006) Humic substances in soils: are they really chemically distinct? *Environ Sci Technol* 40: 4605–4611.
- Khan, A., G., (2005) Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *J Trace Elements Med Biol* 18:355–364.
- Khan, W., Hiltz, D., Critchley, A., T., Prithiviraj, B. (2011a) Bioassay to detect *Ascomyces nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *J Appl Phycol* 23:409–414.
- Khan, W., Rayirath, U., P., Subramanian, S. (2009) Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J Plant Growth Regul* 28:386–399.
- Khan, Z., H., Kahn, M., A., Aftab, T., Idrees, M., Naeem, M. (2011b) Influence of alginate oligosaccharides on growth, yield and alkaloid production of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Front Agric China* 5:122–127.
- Kim, S., K., Chojnacka, K., (2015). *Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications*. John Wiley & Sons, 784pp.
- Kinnersley, A., M., Turano, F., J. (2000) Gamma Aminobutyric Acid (GABA) and plant responses to stress. *Crit Rev Plant Sci* 19: 479–509.
- Kpombekou, K., Tabatabai, M., A. (1994) Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Sci Soc Am J* 158:442–453.
- Kuwada, K., Ishii, T., Matsushita, I., Matsumoto, I., Kadoya, K. (1999) Effect of seaweed extracts on hyphal growth of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and their infectivity on trifoliolate orange roots. *J Japan Soc Hort Sci* 68:321–326.
- Lamabam, P., S., Gill, S., S., Tuteja, N. (2011) Unraveling the role of fungal symbionts in plant abiotic stress tolerance. *Plant Signal Behav* 2011, 6:175–191.
- Lea, P., J., Sodek, L., Parry, M., A., J., Shewry, P., R., Halford, N., G. (2006) Asparagine in plants. *Ann Appl Biol* 150:1–26.
- Lisiecka, J., Knaflewski, M., Spizewski, T., Fraszczak, B., Kaluzewicz, A., and Krzesinski, W. (2011). The effect of animal protein hydrolysate on quantity and quality of strawberry daughter plants cv. 'Elsanta'. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 10, 31–40.
- Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R., I., Ma, B., L., Smith, D., L. (2000) Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza* 9:331–336. doi:10.1007/s005720050277
- Lulakis, M., D., Petsas, S., I., (1995) Effect of humic substances from vine-canes mature compost on tomato seedling growth. *Bioresour Technol* 54:179–182.
- Ma, Y., Rajkumar, M., Freitas, H. (2009) Inoculation of plant growth promoting bacterium *Achromobacter xylosoxidans* strain Ax10 for the improvement of copper phytoextraction by *Brassica juncea*. *J Environ Manage* 90:831–837. doi:10.1016/j.jvman.2008.01.014.

- Maini, P. (2006) The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. *Fertilitas Agrorum* 1:29–43.
- Malboobi, M., A., Behbahani, M., Madani, H. (2009) Performance evaluation of potent phosphate solubilizing bacteria in potato rhizosphere. *World J Microbiol Biotechnol* 25:1479–1484.
- Mali, G., V., Bodhankar, M., G. (2009) Antifungal and phytohormone production potential of *Azotobacter chroococcum* isolates from Groundnut (*Arachis hypogea* L.) rhizosphere. *Asian J Exp Sci* 2009, 23:293–297.
- Malik, K., A., Mirza, M., S., Hassan, U., Mehnaz, S., Rasul, G., Haurat, J., Bauy, R., Normanel, P. (2002) The role of plant associated beneficial bacteria in rice-wheat cropping system. In: Kennedy IR, Chaudhry A (eds) *Biofertilisers in action*. Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra, pp 73–83.
- Mancuso, S., Azzarello, E., Mugnai, S., Briand, X. (2006) Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Adv Hortic Sci* 20:156–161.
- Mazhar, A., A., M., Shedeed, S., I., Abdel-Aziz, N., G., Mahgoub, M., H. (2012) Growth, flowering and chemical constituents of *Chrysanthemum indicum* L. plant in response to different levels of humic acid and salinity. *J Appl Sci Res* 8:3697–3706.
- Milton, R., F. (1964) Liquid seaweed as a fertilizer. *Proc Int Seaweed Symp* 4:428–431.
- Moghaddam, A., R., L., Soleimani, A. (2012) Compensatory effects of humic acid on physiological characteristics of pistachio seedlings under salinity stress. *Acta Horti* 940:252–255.
- Mohamed, W., H. (2012) Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. *Aust J Basic Appl Sci* 6:597–604.
- Morard, P., Eyheraguibel, B., Morard, M., Silvestre, J. (2011) Direct effects of humic-like substance on growth, water, and mineral nutrition of various species. *J of Plant Nutr* 34:46–59.
- Nardi, S., Carletti, P., Pizzeghello, D., Muscolo, A. (2009) Biological activities of humic substances. In: Senesi N, Xing B, Huang PM (eds) *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*. Wiley, Hoboken, pp 305–339.
- Nehra, K., Yadav, S., A., Sehrawat, A., R., Vashishat, R., K. (2007) Characterization of heat resistant mutant strains of *Rhizobium* sp. [Cajanus] for growth, survival and symbiotic properties. *Indian J Microbiol* 2007, 47:329–335.
- Okur, N. ve Ortaş, İ. (2012) *Mikrobiyolojik Gübreler ve Tarımda Mikorizalar: Bitki Besleme M. Rüştü Karaman (Ed.), 555-599, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi: 2, Ankara.*
- Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S., Köse, Ö., (1999). *Mikoriza Sporlarının Üretim Tekniği ve Tarımda Kullanım Olanakları*. Tr. *J. of Agriculture and Forestry* 23 (1999) Ek Sayı 4, 959-968.
- Paul, D. and Nair, S. (2008) Stress adaptations in a plant growth promoting *Rhizobacterium* (PGPR) with increasing salinity in the coastal agricultural soils. *J Basic Microbiol* 2008, 48:1–7.
- Piccolo, A and Spittler, M. (2003) Electrospray ionization mass spectrometry of terrestrial humic substances and their size fractions. *Anal Bioanal Chem* 377:1047–1059.
- Rauthan, B., S. and Schnitzer, M. (1981) Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil* 63:491–495.
- Rayorath, P., Jithesh, M., N., Farid, A., Khan, W., Palanisamy, R., Hankins, S., D., Critchley, A., T., Prithiviraj, B. (2008) Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *J Appl Phycol* 20:423–429.
- Rodríguez, H., Fraga, R., Gonzalez, T., Bashan, Y. (2006) Genetics of phosphate solubilization and its potential applications

- for improving plant growth-promoting bacteria. *Plant Soil* 287: 15–21.
- Rodríguez, H., Gonzalez, T., Goire, I., Bashan, Y. (2004) Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growthpromoting bacterium *Azospirillum* spp. *Naturwissenschaften* 91:552–555.
- Rodríguez, H., Gonzalez, T., Selman, G. (2001) Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. *J Biotechnol* 84:155–161.
- Ruiz, J., M., Castilla, N., and Romero, L. (2000) Nitrogen metabolism in pepper plants applied with different bioregulators. *J. Agric. Food Chem.* 48, 2925–2929. doi: 10.1021/jf990394h.
- Ryan, C., A., Pearce, G., Scheer, J., and Moura, D., S. (2002). Polypeptide hormones. *Plant Cell* 14, S251–S264. doi:10.1105/tpc.010484.
- Sahin, F., Cakmakci, R., Kantar, F. (2004) Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil* 265:123–129.
- Sahoo, R., K., Ansari, M., W., Dangar, T., K., Mohanty, S., Tuteja, N. (2013) Phenotypic and molecular characterization of efficient nitrogen fixing *Azotobacter* strains of the rice fields. *Protoplasma* 2013, doi:10.1007/s00709-013-0547-2.
- Schiavon, M., Ertani, A., Nardi, S. (2008) Effects of an alfalfa protein hydrolysate on the gene expression and activity of enzymes of the tricarboxylic acid (TCA) cycle and nitrogen metabolism in *Zea mays* L. *J Agric Food Chem* 56:11800–11808.
- Shahid, M., Dumat, C., Silvestre, J., Pinelli, E. (2012) Effect of fulvic acids on lead-induced oxidative stress to metal sensitive *Vicia faba* L. plant. *Biol Fertil Soils* 48:689–697.
- Shang, H., Shifeng, C., Yang, Z., Cai, Y., Zheng, Y. (2011) Effect of exogenous γ -aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. *J Agric Food Chem* 59:1264–1268.
- Sharma, P., Sardana, V., Kandola, S., S. (2011) Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to Rhizobium Inoculation. *Libyan Agric Res Centre J Int* 2011, 2:101–104.
- Sharma, S., S., Dietz, K., J. (2006) The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *J Exp Bot* 57:711–726.
- Sheng, X., F., He, L., Y. (2006) Solubilization of potassium-bearing minerals by a wild-type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Can J Microbiol* 52:66–72.
- Sinha, R., K., Valani, D., Chauhan, K., Agarwal, S. (2014) Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *Int J Agric Health Saf* 2014, 1:50–64.
- Smith, S., E., Jakobsen, I., Grønlund, M., Smith, F., A. (2011) Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant Physiol* 156:1050–1057.
- Soldal, T., Nissen, P. (1978) Multiphasic uptake of amino acids by barley roots. *Physiol Plant* 43:181–188.
- Stiegler, J., C., Richardson, M., D., Karcher, D., E., Roberts, T., L., Norman, R., J. (2013) Foliar absorption of various inorganic and organic nitrogen sources by creeping bentgrass. *Crop Sci* 52:1148–1152.
- Suzuki, N., Koussevitzky, S., Mittler, R., Miller, G. (2012) ROS and redox signaling in the response of plants to abiotic stress. *Plant Cell Environ* 35:259–270.
- Tahir, M., M., Khurshid, M., Khan, M., Z., Abbasi, M., K., Hazmi, M., H. (2011) Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere* 2:124–131.
- Taiz, L. ve Zeiger, E. (2008). *Bitki Fizyolojisi*. Palme Yayın, 690s.
- Tao, G., C., Tian, S., J., Cai, M., Y., Xie, G., H. (2008) Phosphate solubilizing and –

- mineralizing abilities of bacteria isolated from soils. *Pedosphere* 18:515–523.
- Vera, J., Castro, J., Contreras, R., González, A., Moenne, A. (2012). Oligo-carrageenans induce a long-term and broad-range protection against pathogens in tobacco plants (var. Xanthi). *Physiol Mol Plant Pathol* 79:31–39.
- Vessey, J., K. (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255:571–586. doi:10.1023/a:1026037216893.
- Vranova, V., Rejsek, K., Skene, K., R., Formanck, P. (2011) Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant Soil* 342:31–48.
- Walch-Liu, P., Ivanov, I., I., Filleur, S. (2006a) Nitrogen regulation of root branching. *Ann Bot* 97:875–881.
- Walch-Liu, P., Liu, L., H., Remans, T., Tester, M., Forde, B., G. (2006b) Evidence that L-Glutamate can act as an exogenous signal to modulate root growth and branching in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol* 47:1045–1057.
- Wally, O., S., D., Critchley, A., T., Hiltz, D., Craigie, J., S., Han, X., Zaharia, L., I., Abrams, S., R., Prithiviraj, B., (2013a) Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *ascophyllum nodosum*. *J. Plant Growth Regul.* 32,324–339.
- Wally, O., S., D., Critchley, A., T., Hiltz, D., Craigie, J., S., Han, X., Zaharia, L., I., Abrams, S., R., Prithiviraj, B., (2013b) Erratum to: regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *ascophyllum nodosum*. *J. Plant Growth Regul.* 32,340–341.
- Watson, R., Fowden, L. (1975) The uptake of phenylalanine and tyrosine by seedling root tips. *Phytochemistry* 14:1181–1186.
- Xudan, X. (1986) The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. *Aust J Agric Res* 37:343–350.
- Yazdani, M., Pirdashti, H. (2011) Efficiency of co-inoculation phosphate solubilizer microorganisms (psm) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on micronutrients uptake in corn (*Zea mays* L.). *Int Res J Appl Basic Sci* 2:28–34.