

Araştırma Makalesi

## Ham Fosfat, Humik Asit ve Fosfor Çözücü Bakteri Uygulamalarının Sakız Fasulyesi Bitkisi Gelişim Özelliklerine Etkileri

Ali Karaca<sup>1</sup>  Cafer Türkmen<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Çanakkale  
\*Sorumlu yazar: turkmen@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.07.2024

Kabul Tarihi: 22.08.2024

### Öz

Çalışmamız; yerli ham fosfat (HP) kaynaklarından Mazıdağı (Mardin-Türkiye) ham fosfatının çözünürlüğüne humik asit (HA) ve fosfor çözücü bakterisi (FB) uygulamalarının (UYG) etkisini belirlemek için serada ve alkalın toprak şartlarında yapılmıştır. Çalışmada sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) bitkisinin ekildiği saksılara 20 kg da<sup>-1</sup> P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Mazıdağı ham fosfatı, sıvı humik asit (TKİ-HUMAS; 5 L da<sup>-1</sup>) ve fosfor çözücü bakteri karışımı (S2-RC210; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida*) preparatları ayrı ayrı ve birlikte uygulanmıştır. Ham fosfat ve diğer uygulamaların bitki gelişim özelliklerine (bitki boyu, gövde çapı, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, bitki başına tane verimi, bitki gövde ve bitki kök kuru ağırlığı) etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; ham fosfat ve diğer uygulamaların birlikte etkisi (HP X UYG interaksyonu) bakımından; bitki çapı, baklada tane sayısı, bitki gövde ağırlığı ve bitki kök ağırlığındaki değişimler önemsiz olmuştur. Uygulamaların tek başlarına etkisiyle bitki boyu, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı önemli derecede değişmiştir. Bitki çapındaki değişimler ise sadece ham fosfat uygulanmış saksılarda önemsiz bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, ham fosfat uygulanan saksılara eklenen fosfor bakterileri ve humik asit uygulanmasıyla genel olarak bitki büyüme özelliklerinin olumlu etkilendiği ve bu etkilerin farklı seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ham fosfat, Sakız fasulyesi, Fosfor çözen bakteri, Humik asit, Verim.

### Effects of Crude Phosphate, Humic Acid and Phosphorus Solubilizing Bacteria Applications on Gum Bean Plant Growth Characteristics

#### Abstract

Our study was conducted in a greenhouse under alkaline soil conditions to investigate the impact of humic acid (HA) and phosphorus-solubilizing bacteria (FSB) applications (APPL) on the solubility of Mazıdağı (Mardin, Turkey) crude phosphate, which is one of the local raw phosphate sources. In the study, 20 kg de<sup>-1</sup> P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) from Mazıdağı crude phosphate (CP), liquid humic acid (TKİ-HUMAS; 5 L de<sup>-1</sup>) and a mixture of phosphorus-solubilizing bacteria preparations (S2-RC210; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*, and *Pseudomonas putida*) were applied individually and in combination to the pots where the gum bean plant was planted. The effects of crude phosphate and other applications on plant development characteristics, such as plant height, stem diameter, number of side branches per plant, number of pods per plant, number of grains per pod, grain yield per plant, and dry weight of plant stem and roots, were determined. According to the results obtained, the combined effect of crude phosphate and other applications (CP X APPL interaction) did not significantly affect changes in plant diameter, number of grains per pod, plant stem weight, and plant root weight. With the effect of the applications alone, plant height, number of side branches per plant, number of pods per plant, and number of grains per plant changed significantly. Changes in plant diameter showed insignificant differences, except in pots treated with raw phosphate ( $p < 0.05$ ). When all the results were evaluated together, it was observed that plant growth characteristics were generally positively affected by the application of phosphorus bacteria and humic acid added to the pots where raw phosphate was applied, and these effects were observed at different levels.

**Keywords:** Raw phosphate, Gum bean, Phosphorus-solubilizing bacteria, Humic acid, Yield.

## Giriş

Günümüzde dünya nüfusunun %75'i karasal ekosistemlerden üretilen ürünlerle beslenmektedir. Bu ekosistemin en önemli bileşeni ise topraktır. Tarım toprakları binlerce yılda oluşup olgunlaşan sınırlı bir kaynaktır. Ancak artan nüfusu besleyebilmek için yapılan verim artırıcı (organik ve inorganik gübreler), koruyucu (pestisitler) kimyasal girdiler ve çevreye verilen diğer endüstriyel atıklar bu sınırlı kaynak kirlenmekte, hızla yapısı bozulmakta ve üretkenliği azalmaktadır (FAO, 2017; 2019). Tarımda sürdürülebilir toprak yönetimi ve verimlilik kapsamında; bitki büyümesini teşvik eden bakteri (BBTB) preparatlarına yönelik çalışmalar, nano kompozit gübre materyalleri, organik gübreler, yavaş salınımlı/akıllı gübreler, organo-mineral gübreler, mikrobiyal gübreler, tarımda dijital uygulamalar ve hassas tarım teknikleri gibi konular Dünya'da olduğu gibi son yıllarda ülkemizde de artan ilgi uyandırmış, ancak çalışmalar henüz yeterli çözümler üretecek seviyelerde bulunmamaktadır.

Sürdürülebilir toprak kalitesinin korunabilmesi için organik maddelerin önemi uzun zamandır bilinen bir gerçektir. Özellikle aşırı mineral gübrelemenin yapıldığı tarlalarda toprak organik maddesinin artırılması; hayvan gübreleri, kompost, vermikompost, yeşil gübreleme, biyokömür ve organo-mineral gübreler gibi organik gübre/materyal uygulamaları ile gerçekleştirilen ve toprak kalitesinin iyileştirilmesi için vazgeçilmez olan uygulamalar olarak görülebilir, ancak organik maddelerin tarımda aşırı kullanımı bazı çevresel yüklerle de neden olabilmektedir (Asghar vd., 2022).

Toprak organik maddesinin yaklaşık %5'i canlı kısım kabul edilmekte bu canlıların büyük bölümü mikroorganizmalardan oluşmaktadır (Buscot ve Varma, 2005). Toprak organik maddesinin canlılar dışındaki en önemli bileşeni ise "Humus" tur. Humus; çok karbonlu, ancak belirli bir kimyasal formülü bulunmayan (Sutton ve Sposito, 2005), karmaşık yapılı, toprak organik maddesinin %65-85'ini oluşturan artık ayrışıp parçalanamayacak kadar stabilleşmiş (Gerke, 2018) humik-fulvik asitler ve diğer hümin maddelerden oluşan bir materyaldir (MacCarthy, 2001).

Toprak organik maddesinin canlı ve cansız kısımlarının tümü topraklarda sürdürülebilir tarım için çok önemli olup, özellikle toprak mikroorganizmaları besin maddesi döngülerinde, toprak verimliliğinde ve ürün kalitesinde hayati roller oynarlar (Wang vd., 2021). Bu nedenle topraktan izole edilen mikroorganizmalardan mikrobiyal gübre özellikleri gösteren izolatlarla çalışmalar önem kazanmış; özellikle de toprağa azot bağlayan ve topraktaki yarayışsız fosforu çözen bakterilerin önemi giderek artmıştır (Bala, 2022). Artık günümüzde bitki patojenleri için toksik olan biyopestisitler, antibiyotikler ve hidrojen siyanür gibi bazı metabolitlerin salgılanmasında da mikroorganizmalar kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür araştırmalarla tarımsal verim ve sürdürülebilirlik için mikrobiyal kaynakların kullanılacağı çevre dostu tarım tekniklerinin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Kimyasal gübreler ve pestisitlere iyi bir alternatif olarak; bitki büyümesini teşvik eden, patojenlerin kontrolünü sağlayan çeşitli mikrobiyal metabolitleri içeren modern teknikler, tarımı sürdürülebilir şekilde geliştirebilecek en önemli kaynaklar haline gelmiştir (Adeleke ve Babalola, 2021).

Fosfor çözünürlüğüne yönelik çalışmalarda özellikle alkali topraklar için son zamanlarda fosfor çözücü bakteri uygulamaları, çeşitli organik madde katkıları ve humik asit uygulamalarının denendiği çalışmaların artmasına rağmen, bu çalışmaların farklı topraklar ve bakteriyel ürünlerle çoğaltılması önerilmektedir. Ülkemiz açısından humik asit ham maddesi olan ve olgunlaşmamış kömür olarak nitelenen "leonardit" kaynaklarının bolluğu dikkate alındığında humik asit ile ilgili çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda BBTB ve humik asit uygulamalarının biyolojik açıdan doğal aktif maddeleri kullanan etkili yöntemler arasında olduğu (Ekin, 2019), ancak birçok araştırmacıya göre humik asidin düşük ve normal dozlarda kullanımının bitki gelişimini olumlu etkilediğini, ancak yüksek dozlarda uygulandığında olumsuz ya da etkisiz kaldığını bildirmiştir (Chen vd., 1990; Çimrin vd., 2001; Padem ve Ocal, 1999). Humik asit kullanımının toprak organik maddesine dolaylı etkileri ve organik maddenin toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu (Usta vd., 1996), inkübasyon şartlarında yapılan bir çalışmada ise artan humik asit dozlarına ve zamana bağlı olarak alınabilir mikro element miktarlarında farklılıklar olduğunu bildirmiştir (Türkmen ve Sungur, 2014).

BBTB'ler özellikle sağlıklı bitkilere uygulandığında sistemik dayanıklılığı harekete geçirerek kimyasal uygulamalardan, özellikle de bakırlı bileşik uygulamalarından daha etkin sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Kuc, 2001). Mikrobiyal biyogübreler, sürdürülebilir tarımda çok önemli bir rol oynamaktadır. Mikrobiyal gübrenin ana rolü, bitkinin besin elementlerini almasına yardımcı olmak ve strese karşı bitki toleransını artıran, çiftlik ürünlerinin kalitesini iyileştiren ve kimyasal gübre

uygulamalarını azaltan çeşitli fizyolojik aktif maddeler üretmektedir (Jian vd., 2001). Bitki köklerinde simbiyotik olarak yaşayan bakterilerin, fosfatı çözerek çeşitli şekillerde bitki büyümesini teşvik ettikleri, metabolik fonksiyonları sayesinde çözünmeyen fosforu çözebildikleri ve bu bakterilerin salgıladığı glukonik asit, sitrik asit gibi organik asitlerin H<sup>+</sup> protonları pompalaması nedeniyle toprak pH'sı etkilenmekte ve topraktaki fosfor bitkilerin alabileceği formlara dönüştürülmektedir (Antoun, 2005; Seshadri vd., 2000).

Bu çalışmada; son zamanlarda tarımda kullanım alanı ve çeşitleri giderek artan fosfor çözücü bakteri gübresi olarak *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida* izolatları karışımından oluşan özel bir mikrobiyal preparat "S2-RC210" kullanılmıştır. Bu preparat, son 20 yılda kullanımı oranı artan humik asit (TKİ-HUMAS) ile birlikte kullanılarak sera koşullarında denenmiştir. Denemede tescillenme çalışmaları devam eden "Genotip 23" kodlu sakız fasulyesi ve fosfat kayasından zenginleştirilerek standardize edilmiş ve "Mazıdağı Metal Geri Kazanım ve Entegre Gübre Tesisleri" tarafından üretilmiş olan ham fosfat kullanılmıştır. Bu materyallerin ayrı ayrı ve birlikte etkilerinin incelendiği bu çalışmada uygulamaların bitki gelişim ögelerine etkileri araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Deneme materyalleri

Deneme toprakları ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos yerleşkesi arazisinden alınarak gölgede kurutulmuş, ufalanmış ve 2 mm'lik elekten geçirilerek temel verimlilik analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). Saksılarda yetiştirilen sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) bitkisinin (Genotip 23) temel ihtiyacı kadar (20 kg da<sup>-1</sup>) ham fosfat karıştırılmış topraklara daha sonra, sıvı humik asit (5 L da<sup>-1</sup> TKİ-HUMAS) ve fosfor çözücü özel bir bakteri karışımı (S2-RC210; *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida*) birlikte ve ayrı ayrı uygulanmıştır.

Çalışmamızda, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından yürütülen 1170068 nolu TÜBİTAK Projesindeki incelenen farklı genotiplerdeki guar tohum materyalleri içerisinde seçilen 23 nolu (COMUZF 011 G T IND 18/4) sakız fasulyesi genotipi (Genotip 23) seçilerek kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneme toprağı temel özellikleri\*  
Table 1. Basic properties of trial soil.

Özellik	Birimi	Değeri	Yöntemi
Organik Madde	(%)	1.53	Yaş yakma ile (Jackson, 1958; Schulte ve Hoskins, 1995)
pH	--	8.44	1:2.5 (Toprak:Su) karışımında pH Metre ile (Richards, 1954)
EC	(%)	0.03	1:2.5 (Toprak:Su) karışımında EC Metre ile (Richards, 1954)
CaCO <sub>3</sub>	(%)	12.92	Kalsimetre yardımıyla (Allison ve Moodie, 1965).
Bünye	CL (Killi Tın)	Kum:%41.21, Kil:%34.47, Silt:%24.32	Hidrometre yardımıyla (Bouyoucos, 1951)
Toplam N	(%)	0.08	Sülfirik asitle yaş yakma (Bremner, 1965)
Alınabilir P	(kg da <sup>-1</sup> )	3.78	AB-DTPA Ekstraktında ICP-OES cihazıyla (Soltanpour, 1991)
Alınabilir K	(kg da <sup>-1</sup> )	12.25	AB-DTPA Ekstraktında ICP-OES cihazıyla (Soltanpour, 1991)
Tarla Kapasitesi	(%)	22	Basınçlı membran aletinde 1/3 atmosfer basınçta (Klute, 1986)

\*: Analizler ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme laboratuvarlarında yapılmıştır.

Ham fosfat, fosfat kayasından zenginleştirilerek standardize edilmiş ve "Mazıdağı Metal Geri Kazanım ve Entegre Gübre Tesisleri" tarafından üretilmiştir. Ham fosfatın temel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmada, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu tarafından ticari olarak üretilen TKİ-HUMAS markalı humik asit kullanılmıştır. Ticari TKİ-HUMAS gübresinin etiketinde Buğdaygiller için dekara 2-6 litre önerilmektedir. Çalışmamızda firmanın uygulama önerisi aralığında olan 5 L da<sup>-1</sup>

dozu uygulanmıştır. TKİ-HUMAS leonardit kullanılarak üretilen humik asit ve fulvik asit içeren doğal organik bir toprak düzenleyicisi olan TKİ-HUMAS'ın garanti edilen içerik bilgisinde %5 oranında organik madde, %12 oranında toplam humik asit + fulvik asit, %2 oranında suda çözünür K<sub>2</sub>O bulunmaktadır. TKİ-HUMAS'ın pH değeri 11 ile 13 arasında değişmektedir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan ham fosfatın özellikleri\*

Table 2. Properties of the crude phosphate which used in the trial.

Element	Oranı/Miktarı
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	31.39
Na (%)	0.540
K (mg kg <sup>-1</sup> )	470.0
CaO (%)	54.39
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	1770
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	2615
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	440.0
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	120.0
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	68.00

\*Mazıdağı Metal Geri Kazanım ve Entegre Gübre Tesisleri Laboratuvarında analiz ettirilmiştir.

Fosfor çözen bakteri suşları, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI koleksiyonundan temin edilmiş yerli bakteri suşları karışımından elde edilmiştir. Bu preparat "S2-RC210" kodu ile etiketlenmiş ve fosfor çözücü bakterilerden *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pseudomonas putida* izolatlarından oluşmuştur. Çalışmada kullanılan bu dondurulmuş (-80°C) bakteri izolatları önce nutrient agar (NA) besi ortamı içeren petrilere ekilerek 27 °C'de inkübasyona bırakılmış ve 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir. Gelişen bu taze kültürlerden ayrı ayrı birer parça steril öze ile alınarak 250 ml'lik nutrient broth (NB) içeren sıvı besi ortamına aktarılmış ve yatay çalkalayıcı inkübatörde 150 rpm dk<sup>-1</sup> da 27 °C'de 24 saat bekletilmiştir. Bu sıvı kültürlerdeki mikroorganizma sayılarını belirlemek için önceden hazırlanan steril NA katı besi ortamına gerekli dilüsyonlardan (10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup>) ekimler yapılarak kalan sıvı kültürler hemen +5°C'deki buzdolabına alınmıştır. Ekimi yapılan kültürlerin 48 saat 27 °C'de inkübasyonu sonrası koloni sayıcı cihaz yardımıyla koloni sayımları yapılarak sıvı kültürlerin her bir ml'sindeki canlı bakteri sayıları kontrol edilmiş ve canlı bakteri sayılarının elde edilen kültürlerin her bir ml'sinde en az 10<sup>8</sup> olduğu tespit edilmiştir. Sıvı kültürlerin yeterli sayıda bakteri içerdiklerinden emin olunduktan sonra buzdolabında bekletilen sıvı kültürlerden eşit sayılarda canlı bakteri içerecek kadar hacimler alınarak karıştırılmış ve "S2-RC210" kodlu karışık kültür elde edilmiştir. Elde edilen bu sıvı kültürden; hazır halde bekletilen ilgili saksılardaki topraklara gölge şartlarda 2 L da<sup>-1</sup> dozunda homojen olarak verilmiş ve saksılar hemen tarla kapasitesine kadar sulanmıştır.

#### **Denemenin kurulması ve yürütülmesi**

Hava kuru toprakların nem içerikleri ile tarla kapasitesiteleri belirlendikten sonra kuru toprak ağırlığı üzerinden saksılara doldurulmuştur. Denemede sakız fasulyesi ekilecek saksılara 12.5 kg kuru toprak doldurulmuş, bitki ekimi ve deneme desenine göre yapılması gereken ham fosfat miktarı karıştırılarak (1 g saksı<sup>-1</sup> = 20 kg da<sup>-1</sup>) saksılar hazır hale getirilmiştir. Hazır haldeki saksılara sakız fasulyesi tohumu 2021 yılı haziran ayı içerisinde her bir saksıya 3 adet tohum olmak üzere yüzeyden aşağıya yaklaşık 2-4 cm derinliğe elle yapılmıştır.

Ekimle birlikte saksılara humik asit (0.25 ml saksı<sup>-1</sup> = 5 L da<sup>-1</sup>) ve her ml'sinde en az 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> adet canlı mikroorganizma bulduran fosfor bakterisi karışık kültür (0.10 ml saksı<sup>-1</sup> = 2 L da<sup>-1</sup>) uygulamaları yapılarak bu uygulamaların üzerine toprakların tarla kapasitesini geçmeyecek kadar dinlendirilmiş can suyu verilmiştir. Dinlendirilmiş can suyu ile birlikte verilen HA ve FB uygulamalarının toprağa homojen dağılımı sağlanmıştır. Denemede ham fosfat uygulanan ve uygulanmayan her bir grup için dörder uygulama olmak üzere (Kontrol, FB, HA ve HA + FB) toplam sekiz uygulama yapılmıştır. Her bir uygulama beş tekerrürlü olacak şekilde konular saksılara tesadüf parselleri deneme desenine göre dağıtılmıştır. Bu şekilde toplam: 8 konu x 5 tekerrür = 40 saksılık bir deneme kurulmuştur.

Saksılarda tohumların çimlenmesi tamamlandıktan 7 gün sonra bitkilerde seyreltme yapılmış ve her saksıda gelişimleri dengeli ve sağlıklı olan iki bitki bırakılmıştır. Tüm saksılar hava sıcaklığına



göre belirli aralıklarla tartılmış ve eksilen nem seviyeleri tarla kapasitesi düzeyine tutulacak şekilde sulanmıştır. Bitkilerin temel azot ihtiyacını karşılayabilmek için tüm saksılara 80 ppm Amonyum Nitrat (%33 N içeren) gübresi tek seferde uygulanmıştır. Denemede çiçeklenme öncesi kısa bir dönem yaprak biti zararlısı görülmüş, bertarafı için piyasa adı DECAN 2.5 EC olan ve formülasyonu gereği emülsiyeye olabilen, konsantr ve aktif maddesi 25 g L<sup>-1</sup> Deltamethrin olan bu insektisit 50 ml da<sup>-1</sup> oranında kullanılmıştır.

#### **Verilerin elde edilişi ve istatistik analizler**

Ham fosfat (HP) uygulanmış ve uygulanmamış saksılara HA+FB, HA ve FB uygulamaları yapıldıktan sonra sakız fasulyesi ekilmiş, hasat olgunluğuna kadar yetiştirilmiş ve hasat öncesi bitki gelişim özelliklerini gösteren veriler alınmıştır. Her bir saksıda hasat olgunluğuna gelen sakız fasulyesi bitkilerinin aşağıda belirtilen büyüme ve gelişme parametreleri ölçülerek, sayılarak veya tartılarak elde edilmiştir.

Bitki boyu; bitkilerin kök boğazından ana dal tepe büyüme noktasına kadar olan kısım mm taksimatlı metre ile ölçülerek belirlenmiştir.

Gövde çapı; bitkilerin gövdesi kök boğazından hasat öncesinde dijital kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülerek belirlenmiştir.

Bitkilerin yan dal sayıları, bakla sayıları ve baklalarındaki tane sayıları; saksılardaki bitkilerde ayrı ayrı sayıldıktan sonra bitkilerin ortalamaları alınarak verilmiştir.

Bitki başına tane verimi; her saksıdaki bitkilerin hasadından elde edilen toplam baklalardaki taneler baklalarından el ile ayrılarak harman edildikten sonra miktarları hassas teraziyle tartılmıştır.

Bitki kök ve gövde kuru ağırlıkları; bitkilerin hasat sonunda köklerinin ve gövdesinin yıkanıp 80 °C'de kurutulması sonucu hassas teraziyle tartılarak elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler üzerinde bilgisayar tabanlı istatistiksel paket programı (JMP Ver.13) yardımıyla faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi (VA) yapılmıştır. Sonuçlar arasındaki önemli farklılıklar ( $\alpha=0.05$ ) Student's-t testi ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Düzgüneş vd., 1987).

#### **Bulgular ve Tartışma**

Ham fosfat varlığında veya yokluğunda uygulamaların etkisiyle bitki gelişim özelliklerindeki önemli değişimlerle ilgili istatistiksel farklar Çizelge 3'te verilmiştir.

Sakız fasulyesinin incelenen bitki gelişim özelliklerinden bitki boyu, en yüksek ham fosfat varlığında 70.6 cm ile HA+FB uygulamasında; en düşük ise ham fosfat yokluğunda 57.3 cm ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Ham fosfat yokluğunda bitki boyları çoktan aza doğru HA+FB uygulamasında 65.2 cm, FB uygulamasında 61.1 cm, HA uygulamasında 57.6 cm şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde ham fosfat varlığında bitki boyları çoktan aza doğru FB uygulamasında 69.8 cm, HA uygulamasında 69.7 cm ve kontrol uygulamasında 63.1 cm olacak şekilde takip etmiştir. Bitki boy uzunluklarının genel olarak HP eklenen saksılarda daha yüksek olduğu görülmüştür. HP uygulamasından bağımsız olarak diğer uygulamalardaki bitki boyları da kontrole göre daha fazla olmuştur. Sakız fasulyesi ile ilgili tarla şartlarında çalışan Cebeci (2016), farklı ekim sıklığının herba verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada uygulamaların bitki boyunda farklı etkileri olduğunu ve bitki boylarının 93.7 cm ile 101.77 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Denemelerinde sakız fasulyesinin farklı bir genotipini (Genotip 12) ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde tarla şartlarında kullanan Müftüoğlu vd. (2021) yaptıkları çalışmalarında; farklı dozlarda molibden uygulamasının bitki boyunda farklar oluşturduğunu ve bitki boylarının 66.7 cm ile 73.8 cm arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Farklı genotipteki bitkiler ve tarla şartlarındaki denemeden elde edilen bu değerlerle sakı denememizdeki bitki boyları uyumlu görülmektedir (Çizelge 3).

Ham fosfat ve diğer uygulamalar arasındaki interaksiyonun (HP x UYG) gövde çapı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çizelge 3 incelendiğinde sakız fasulyesinin en büyük gövde çapı, ham fosfat varlığında 6.19 mm ile HA+FB uygulamasında; en düşük gövde çapı ise yine ham fosfat varlığında 5.46 mm ile HA uygulaması ile elde edilmiştir. Ancak bitki çapında oluşan bu farklar istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Sakız fasulyesi bitkisi verim ve kalitesine farklı dozlarda molibden uygulamalarının etkisini araştıran Müftüoğlu vd. (2021), çalışmalarında uygulama dozunun bitki çapında farklar oluşturduğunu ve gövde çapının 8.0 mm ile 9.4 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen bitki çapı değerleriyle bildirilen değerler arasında farklılıklar

vardır. Bu farklılıkların bitkinin yetiştirme ortamlarına (sera/saksı/tarla), genotiplerine veya yapılan uygulamalara göre değişebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Ham fosfat, Humik asit ve Fosfor çözücü bakteri karışımı uygulamaların bitki gelişim özelliklerine etkileri

Table 3. Effects of raw phosphate, humic acid and phosphorus solubilizing bacteria mixture applications on plant growth characteristics

Ham Fosfat Uygulamaları	Uygulamalar				
	Kontrol	HA+FB	FB	HA	Ortalama
<i>Bitki Boyu (cm)</i>					
Ham Fosfat (-)	57.30±0.27 f*	65.20±0.27 c	61.10±0.22 e	57.60±0.22 f	<b>60.30±3.29 B</b>
Ham Fosfat (+)	63.10±0.22 d	70.60±0.42 a	69.80±0.57 b	69.70±0.27 b	<b>68.30±3.12 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>60.20±3.07 D</b>	<b>67.90±2.87 A</b>	<b>65.45±4.60 B</b>	<b>63.65±6.38 C</b>	
<i>Gövde Çapı (mm)</i>					
Ham Fosfat (-)	5.81±0.31 öd	5.6300.55 öd	5.76±0.23 öd	5.66±0.73 öd	<b>5.71±0.46 ÖD</b>
Ham Fosfat (+)	5.74±0.09 öd	6.20±0.32 öd	6.12±0.45 öd	5.46±0.32 öd	<b>5.88±0.43 ÖD</b>
<b>Ortalama</b>	<b>5.77±0.22 ÖD</b>	<b>5.91±0.52 ÖD</b>	<b>5.94±0.39 ÖD</b>	<b>5.56±0.54 ÖD</b>	
<i>Bitki Yan Dal Sayısı (adet)</i>					
Ham Fosfat (-)	3.40±0.10 c	3.42±0.13 bc	3.30±0.27 cd	3.06±0.13 d	<b>3.30±0.22 B</b>
Ham Fosfat (+)	3.70±0.27 b	4.72±0.27 a	3.57±0.25 bc	4.70±0.27 a	<b>4.17±0.61 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>3.55±0.25 B</b>	<b>4.07±0.71 A</b>	<b>3.43±0.29 B</b>	<b>3.88±0.89 A</b>	
<i>Bitkide Bakla Sayısı (adet)</i>					
Ham Fosfat (-)	67.2±0.27 c	63.1±0.22 d	58.3±0.25 e	62.7±0.57 d	<b>62.8±3.26 B</b>
Ham Fosfat (+)	74.5±0.50 a	74.8±0.45 a	74.6±0.14 a	72.4±0.22 b	<b>74.1±1.05 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>70.9±3.87 A</b>	<b>69.0±6.18 B</b>	<b>66.4±8.61 D</b>	<b>67.6±5.13 C</b>	
<i>Bitkide Tane Sayısı (adet)</i>					
Ham Fosfat (-)	307±0.650 e	328±0.50 b	283±0.45 g	264±0.57 h	<b>296±24.7 B</b>
Ham Fosfat (+)	315±0.760 d	338±0.35 a	319±0.45 c	291±0.001 f	<b>316±17.0 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>311±3.960 B</b>	<b>333±5.02 A</b>	<b>301±18.7 C</b>	<b>278±14.10 D</b>	
<i>Bitkide Tane Ağırlığı (g/bitki)</i>					
Ham Fosfat (-)	8.69±0.24 öd	8.82±0.07 öd	8.41±0.39 öd	8.03±0.45 öd	<b>8.49±0.43 B</b>
Ham Fosfat (+)	9.30±0.60 öd	9.54±0.29 öd	9.35±0.23 öd	9.12±0.20 öd	<b>9.33±0.37 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>8.99±0.54 A</b>	<b>9.18±0.43 A</b>	<b>8.88±0.58 AB</b>	<b>8.58±0.66 B</b>	
<i>Bitki Üst Aksam Kuru Ağırlığı (g)</i>					
Ham Fosfat (-)	23.56±0.44 öd	26.44±0.37 öd	24.57±0.44 öd	24.05±0.49 öd	<b>24.65±1.19 B</b>
Ham Fosfat (+)	25.95±0.51 öd	28.00±0.11 öd	26.85±0.54 öd	26.53±0.34 öd	<b>26.83±0.85 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>24.76±1.34 D</b>	<b>27.22±0.86 A</b>	<b>25.71±1.29 B</b>	<b>25.29±1.37 C</b>	
<i>Bitki Kök Kuru Ağırlığı (g)</i>					
Ham Fosfat (-)	1.71±0.17 öd	1.76±0.28 öd	1.60±0.31 öd	1.50±0.32 öd	<b>1.64±0.28 B</b>
Ham Fosfat (+)	1.56±0.30 öd	1.94±0.03 öd	1.88±0.14 öd	1.81±0.10 öd	<b>1.80±0.21 A</b>
<b>Ortalama</b>	<b>1.64±0.24 ÖD</b>	<b>1.85±0.21 ÖD</b>	<b>1.74±0.27 ÖD</b>	<b>1.66±0.27 ÖD</b>	

\*: Aynı sütun ve satırlardaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar, istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Küçük harfler uygulamalar arasındaki değişimleri, büyük harfler ise ortalamalar arasındaki değişimleri gösterir. ÖD, öd; Önemli değil. .

Sakız fasulyesi yan dal sayısı en yüksek ham fosfat varlığında 4.72 adet ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 3.06 adet ile HA uygulaması grubunda elde edilmiştir. Ham fosfat yokluğunda bitki yan dal sayısı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 3.42 adet, Kontrol uygulamasında 3.40 adet, FB uygulamasında 3.30 adet şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde Ham Fosfat varlığında bitki yan dal sayısı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla HA uygulamasında 4.70 adet, kontrol uygulamasında 3.70 ve FB uygulamasında 3.5 adet olacak şekilde takip etmiştir. Bitki yan dal sayısının genel ortalamalara göre yüksek olan değerleri ham fosfat eklenen uygulamalardan elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan HA+ FB ve HA uygulamaları aynı grupta, kontrol ve FB uygulamaları da aynı grupta ve daha düşük seviyede yer

almıştır. Cebeci (2016), çalışmalarında sakız fasulyesinin farklı sıra arası ile ekiminin bazı tarımsal karakterler üzerindeki etkileri belirledikleri çalışmalarında bitki yan dal sayısının 4.53 adet ile 8.73 adet arasında olduğunu bildirmişlerdir. Şanlıurfa ekolojik koşullarında farklı ekim sıklıklarının sakız fasulyesinin tarımsal karakterlere etkilerini araştıran Okant ve Karagözlü (2019), çalışmalarında sakız fasulyesi bitki yan dal sayısını 6.20 adet ile 8.60 adet arasında elde etmişlerdir. Abo El-Ezz (2019), yaptığı çalışmada guar bitkisinde (*Cyamopsis tetragonoloba* L., Taub.) bazı elementlerin NPK gübrelemesinden ve kasaba çöpü kompostu uygulamasından nasıl etkilendiğini araştırmış ve araştırmasında bitki yan dal sayısının 5.33 adet ile 11.33 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Sakız fasulyesi bitkilerinin yan dal sayıları başta genotipleri olmak üzere farklı topraklar, iklimler ve uygulamalardan kaynaklanabilir.

Sakız fasulyesi bitkide bakla sayısı en yüksek ham fosfat varlığında 74.80 adet ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 58.27 adet ile FB uygulaması grubunda elde edilmiştir. HP yokluğunda bitkide bakla sayısı çoktan aza doğru sırasıyla kontrol uygulamasında 67.2 adet, HA + FB uygulamasında 63.10 adet, HA uygulamasında 63.10 adet şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde ham fosfat varlığında bitkide bakla sayısı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 74.6 adet, kontrol uygulamasında 74.50 ve HA uygulamasında 72.4 adet olacak şekilde takip etmiştir. Bitkide bakla sayısı yüksek olan değerler genel ortalama bakımından ham fosfat eklenen uygulamalardan elde edilmiştir. Ancak uygulamalar ayrı ayrı ele alındığında bitkide bakla sayısının kontrol grubunda daha yüksek olmuş, bu durum bitkide dane ağırlığına da yansımıştır (Çizelge 3). Müftüoğlu vd. (2021), sakız fasulyesine Mo uygulaması yaptıkları çalışmalarında uygulama dozunun bitki bakla sayısında farklar oluşturduğunu ve bitki bakla sayısının 43.6 adet ile 66.2 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Filiz (2020), farklı bitki büyümesini teşvik edici bakteriler ve fosforlu gübre uygulamalarının fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini incelediği yüksek lisans tezinde bitkide bakla sayısının 16.50–36.82 adet arasında değiştiğini bildirmiştir. Naseri vd. (2013), farklı bakteri uygulamalarının bitkide bakla sayısını artırdığını bildirirken; Fayetörbay vd. (2014), yaptıkları çalışmada bitkide bakla sayısının bakteri uygulamasıyla önemli düzeyde etkilenmediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sakız fasulyesi genotipi üzerinde başka çalışmaya rastlanmamış olsa da genel anlamda elde edilen veriler, benzer bitkilerle ilgili önceki çalışmalara uyumlu elde edilmiştir. Sakız fasulyesi genotip farkları ve yetiştirme şartlarındaki farklılıklar bitkide bakla sayısı değerlerindeki değişimlerin temel nedeni olarak görülebilir.

Seçilen sakız fasulyesi genotipinde en yüksek tane sayısı ham fosfat varlığında 337.5 adet ile HA+FB uygulamasında en düşük tane sayısı ise ham fosfat yokluğunda 264.3 adet ile HA uygulamasından elde edilmiştir. Ham fosfat yokluğunda bitki tane sayısı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 328 adet, kontrol uygulamasında 307.4 adet, FB uygulamasında 283.3 adet şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde Ham fosfat varlığında bitki tane sayısı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 318.8 adet, kontrol uygulamasında 314.8 ve HA uygulamasında ise 291.0 adet ile takip etmiştir. Bitki tane sayısı ortalamalarına göre, yüksek tane sayıları ham fosfat eşliğinde yapılan uygulamalardan elde edilmiştir (çizelge 3). Bitkide tane sayısı bakımından çalışmamızla ilişkili ve tartışabileceğimiz HP ve diğer uygulamalar ve bunların interaksiyon durumunun (HP x UYG) incelendiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Sakız fasulyesi bitki üst aksam ağırlığı en yüksek ham fosfat varlığında 27.99 g ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 23.56 g ile kontrol uygulaması grubunda elde edilmiştir. HP yokluğunda bitki üst aksam ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 26.43 g, FB uygulamasında 24.56 g, HA uygulamasında ise 24.04 g şeklinde azalarak takip etmiştir. Benzer şekilde Ham fosfat varlığında bitki üst aksam ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 26.84 g, HA uygulamasında 26.52 g ve kontrol uygulamasında ise 25.95 g şeklinde takip etmiştir. Genel ortalamalara göre HP uygulanan saksılarda üst aksam ağırlıkları yüksek olmuştur. Uygulama ortalamalarına göre ise HA+ FB uygulamasında en yüksek değerler alınırken kontrol grubunda en az üst aksam ağırlıkları elde edilmiştir (çizelge 3). Abo El-Ezz (2019), yaptığı çalışmada guar bitkisinde üst aksam ağırlığını 14.39 g ile 20.72 g arasında değiştiğini bildirmiş olup, bu değerler çalışmamızda elde edilen bitki üst aksam kuru ağırlıklarından düşük olmuştur. Genel anlamda diğer bitkilerde saksı denemelerinden elde edilen üst aksam ağırlıklarının tarla denemelerine göre yüksek seyrettiği bilinen bir durumdur. Çalışmamızda kullanılan genotipin üst aksam ağırlıkları ile ilgili başka bir çalışmaya rastlanmamıştır, ancak diğer bitkilerle ilgili genel görüşe uyumlu olduğu belirtilebilir.

Sakız fasulyesi bitki kök kuru ağırlığı en yüksek ham fosfat varlığında 1.93 g ile HA+FB uygulamasında en düşük ham fosfat yokluğunda 1.50 g ile HA uygulaması grubunda elde edilmiştir. Ham Fosfat yokluğunda bitki kök kuru ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla HA+FB uygulamasında 1.75 g, kontrol uygulamasında 1.71 g, FB uygulamasında 1.60 g şeklinde azalarak takip etmiştir. Ham fosfat varlığında ise bitki kök kuru ağırlığı çoktan aza doğru sırasıyla en fazla FB uygulamasında 1.87 g, HA uygulamasında 1.80 ve kontrol uygulamasında ise 1.56 g ile takip etmiştir. Genel ortalamalara göre HP uygulaması kök kuru ağırlığını önemli derecede artırırken, diğer uygulamalar arasında önemli farklar olmadığı görülmüştür (çizelge 3). Abo El-Ezz (2019), yaptığı çalışmada guar bitkisinde bitki kök ağırlığını 4.38 g ile 7.06 g arasında değiştiğini bildirmesine rağmen çalışmamızda elde edilen bitki kök kuru ağırlığı ile karşılaştırıldığında farklılıklar görülmüştür. Hussein ve Alva (2014), bitkilerin yeterli düzeyde fosfor alması durumunda hastalıklara dayanımı, kök gelişimi, tohum üretimi, tohum kalitesi ve sap uzunluğu arttığını bildirmişlerdir. Bitki kök ağırlığında oluşan farklılıkların; yetiştirme ortamlarına, bitki genotiplerine ve yapılan uygulamalara göre değişebileceği düşünülmektedir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada yerli ham fosfat kaynaklarımızdan Mazıdağı (Mardin-Türkiye) ham fosfatının işlenmiş ve homojenize edilmiş temsili bir örneği, alkalın pH'lı bir toprağa karıştırıldıktan sonra sera şartlarındaki saksılarda sakız fasulyesi yetiştirilerek test edilmiştir. Ham fosfat uygulanmış topraklara ek olarak humik asit ve fosfor çözen bakteri uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte uygulanmaları durumunda yetiştirilen sakız fasulyesinde bitkisi gelişim özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir.

Uygulamaların birlikte etkisi ile (HP x UYG interaksyonu) bitki çapı, bitkideki tane ağırlığı, bitki üst aksam ağırlığı ve bitki kök ağırlığındaki değişimler istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Uygulamaların birlikte etkisiyle bitki boyu, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı gibi bitki gelişim özellikleri önemli derecede değişmiştir. Uygulamalardan elde edilen verilere göre ham fosfat uygulanmasıyla bitki çapı dışındaki tüm bitki gelişim özelliklerini (Bitki boyu, bitkide tane sayısı, bitkide tane ağırlığı, üst aksam kuru ağırlığı, bitkide yan dal sayısı, bitkide bakla sayısı) önemli derecede ve olumlu yönde değiştirmiştir. Genel ortalamalar bazında tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, ham fosfat uygulanmış saksılara ilave edilen fosfor bakterileri ve humik asitin bitki gelişim özelliklerine genel olarak olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

Fosfor çözücü olarak çalışmamızda da kullanılan ve olumlu sonuçlar veren bitki gelişimini teşvik edici bakteri preparatlarının yaygınlaştırılması için, sakız fasulyesinin farklı varyetelerinde ve farklı bitki türlerinde denemeleri önerilebilir. Farklı ve yerli bakteri suşlarının farklı bitkilerde kullanılarak araştırmaları teşvik edilmelidir. Bu çalışmada kullanılan humik asit ve mikrobiyal gübrelerin topraklara aynı anda birlikte uygulanmaları durumundaki toprak verimliliği ve biyokimyasal özelliklerindeki olumlu/olumsuz değişimlerin; farklı bitkiler, topraklar ve mikroorganizma şartlarında denenerek derinleştirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda mikrobiyal gübrelerin kullanımı giderek artmakta ve farklı organik maddelerin mikrobiyal gübrelerin yayınlığına olumlu/olumsuz etkilerine dair çalışmalara sık rastlanmaktadır. Ancak bu tür çalışmalarda; bitki ekilen ve ekilmeyen topraklar, sera ve tarla şartları, onlarca organik madde ve binlerce mikroorganizma çeşitliliği dikkate alındığında çok daha fazla bilimsel araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Son olarak Dünya besin ihtiyacının halen büyük oranda üretilen mineral gübrelere bağımlı olduğu gerçeğini dikkate aldığımızda, çeşitli organik ve mikrobiyal gübrelerin/preparatların ticari gübrelere veya kendi başlarına kullanılmalarının etkileri ürün verimi, çevre ve ekolojik açılardan sorgulanmalıdır. Tarımsal üretimde ürün verimi ve kalitesinin sürdürülebilir olarak artırılabilmesi için; yetiştirme ortamlarına uygulanacak farklı mikroorganizmaların besin maddelerinin yayınlılığını artırması ile mümkün olabileceği göz ardı edilmemelidir. Benzer çalışmaların sera ve tarla şartlarında yaygınlaştırılması ve bu tür araştırmaların yapılabileceği kurum, kuruluş ve işletmelerin mikrobiyal gübrelere ilgili çalışma altyapılarının güçlendirilmesi gerekmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2021-3653 nolu proje ile Desteklenen Ali KARACA'nın Yüksek Lisans tez çalışması verilerinin bir kısmından üretilmiştir. İlgili kuruma desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.



**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

**Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Kaynaklar**

- Abo El-Ezz, S.F., 2019. Translocation of some elements in guar plant (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) as affected by NPK-fertilization and compost of town refuse. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 10(3): 173-177.
- Adeleke, B.S., Babalola, O., 2021. Roles of plant endosphere microbes in agriculture-A review. *Journal of Plant Growth Regulation*. 1-18.
- Antoun, H., 2005. Field and greenhouse trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi. Department of Soil and Agrifood Engineering, Faculty of Agriculture and Food. Science, Canada.
- Allison, L.E. ve Moodie, C.D., 1965. Carbonate. *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. 9: 1379-1396.
- Asghar, W., Akça, M.O., Akça, H., Tarf, O.J., Kataoka, R., Turgay, O.C., 2022. Alternative strategies to synthetic chemical fertilizers; revitalization of soil quality for sustainable agriculture using organic-based approaches. In: *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*, Elsevier Science, Oxford/Amsterdam, pp.1-30.
- Bala, K., 2022. Microbial Fertilizer as an Alternative to Chemical Fertilizer in Modern Agriculture. In: *Beneficial Microorganisms in Agriculture* (pp. 111-130), Springer Nature Singapore.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bremner, J.M., 1965. "Inorganic forms of nitrogen In: C.A. Black et al(ed)". *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1179-1237*. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Buscot, F., Varma, A., 2005. *Microorganisms in Soils. Roles in Genesis and Functions*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Printed in Germany
- Cebeci, G., 2016. Çanakkale koşullarında sakız fasülyesinde (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) farklı sıra aralıklarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Chen, Y., Aviad, T., 1990. Effect of humic substances on plant growth. In *Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, pp. 161-189.
- Çimrin, K.M., Karaca, S., Bozkurt, M.A., 2001. Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine humik asit ve NPK uygulamalarının etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 7(2): 95-100.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları*. A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ders Kitabı:296.
- Ekin, Z., 2019. Integrated use of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria to ensure higher potato productivity in sustainable agriculture. *Sustainability*. 11(12): 3417.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2017. *Water for Sustainable Food and Agriculture. A Report Produced for the G20 Presidency of Germany*, Rome.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. J. Bélanger ve D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome.
- Fayetörbay, D., Daşcı, M., Çomaklı, B., 2014. Fosfor çözücü bakteri, fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının macar fiğinde (*Vicia Pannonica* Roth) tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*. 20(4): 345-357.
- Filiz, O., 2020. Farklı bitki büyümesini teşvik edici bakteriler ve fosforlu gübre uygulamalarının fasülye'nin (*Phaseolus vulgaris* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Gerke, J., 2018. Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: A review. *Agronomy*. 8 (5): 76.
- Hussein, M.M., Alva, A.K., 2014. Growth, yield and water use efficiency of forage sorghum as affected by NPK fertilizer and deficit irrigation. *American Journal of Plant Sciences*. 5(13): 2134-2140.
- Klute, A., 1986. *Water Retention: Laboratory Methods*. *Methods of Soil Analysis Part1.2nd Ed*. Agronomy 9. Am. Soc. Argon., 635-660, Madison, USA.
- Kuc, J., 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. *European Journal of Plant Pathology*. 107:7-12.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA

- Jian, L., Li, J., Ge, C., 2001. Advance in role mechanism of microbial fertilizer. *Journal of Microbiology*. 21: 33-37.
- MacCarthy, P., 2001. The principles of humic substances. *Soil Science*. 166(11): 738-751.
- Müftüoğlu, N.M., Çıkkılı, Y., Türkmen, C., Akçura, M., 2021. Sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) bitkisi verim ve kalitesine farklı dozlarda molibden uygulamalarının etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 9(2): 309-315.
- Naseri, R., Maleki, A., Naserirad, H., Shebibi, S., Omidian, A., 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on reduction nitrogen fertilizer application in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*. 14(2): 213-220.
- Okant, M., Karagözü, Z., 2019. Şanlıurfa ekolojik koşullarında farklı ekim sıklıklarının guar fasulyesi (*Cyamopsis Tetragonobla* L. Taub.)'nin tarımsal karakterlere etkilerinin araştırılması. *Ejons Uluslararası Dergisi*. 3 (11):135-140.
- Padem, H., Ocal, A., 1998. Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. In VI International Symposium on Processing Tomato and Workshop on Irrigation and Fertigation of Processing Tomato. 487: 159-164.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook, (pp. 60-94).
- Seshadri, S., Muthukumarasamy, R., Lakshminarasimhan, C., Lgnacimuthu, S., 2000. Solubilization of inorganic phosphates by *Azospirillum halopraeferans*. *Current Science*. 79 (5): 565-567.
- Schulte, E.E. ve Hoskins, B., 1995. Recommended soil organic matter tests. Recommended Soil Testing Procedures for the North Eastern USA. Northeastern Regional Publication. 493: 52-60.
- Soltanpour, P.N., 1991. Determination of nutrient availability and elemental toxicity by AB-DTPA soil test and ICPS. In *Advances in Soil Science* (pp. 165-190). Springer, New York, NY.
- Sutton, R., Sposito, G., 2005. Molecular structure in soil humic substances: the new view. *Environmental Science & Technology*. 39 (23): 9009-9015.
- Türkmen, C., Sungur, A., 2014. Influence of humic acid on availability of Zn, Cu, Mn, Fe in soils. *Asian Journal of Chemistry*. 26(13): 3977.
- Usta, S., Sözüdoğru, S., Çaycı, G., 1996. Ülkemizdeki bazı peat ve peat benzeri materyallerin kimyasal özellikleri ile humik ve fulvik asit kapsamları üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 20:27-33.
- Wang, X., Lu, X., Yi, X., Li, Z., Zhou, Y., Duan, G., Lei, M., 2021. Changes in soil available cadmium and bacterial communities after fallowing depend on contamination levels. *Journal of Soils and Sediments*. 21: 1408-1419.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.