

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Sağlık ve İlk Yardım/Afet Yönetimi/Sosyal İnovasyon/Engelli Dostu

PROJE ADI: Bitkiye Yararlı Mikroorganizmaların Ürettiği Metabolitleri Kullanılarak Yeni Nesil Metabolit Temelli Biyogübre Formülasyonunun Geliştirilmesi

TAKIM ADI: MikroHobist

Başvuru ID: #82728

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite



İçindekiler

1. Proje Özeti / Tanımı.....	2
2. Problem /Sorun.....	2
3. Çözüm.....	3
4. Yöntem.....	4
5. Yenilikçi Yön.....	5
6. Uygulanabilirlik	6
7. Tahmini Maliyet ve Zaman Planlaması.....	6
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi.....	8
9. Riskler.....	8
10. Kaynakça.....	10

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bu proje temel olarak bitki verimliliğini arttıran biyogübre üretmeyi hedeflemektedir. Mikroorganizmaların konak canlılar ile etkileşimleri son yıllarda ilgi çeken bir araştırma konusu olmuştur. Bitki ve toprak mikrobiyotası da bu alanda önemli bir yer tutmaktadır. Toprak mikrobiyotası, toprakta organik-inorganik bileşiklerin dengesinin sağlanmasında ve bitki gelişiminde önemli bir role sahiptir [1]. Verim artırmak için üretilen ürünlerden istenilen etkiler alınamamakta hatta ekosistem bu ürünler sonucu zarar görmektedir. Bu alanda üretilen ürünleri bir adım ileri taşıyarak, verimli toprakta bulunan mikroorganizmaların ürettiği metabolit profilini taklit ederek bitki ürün kalitesini artırmak hedeflenmektedir.



2. Problem/Sorun:

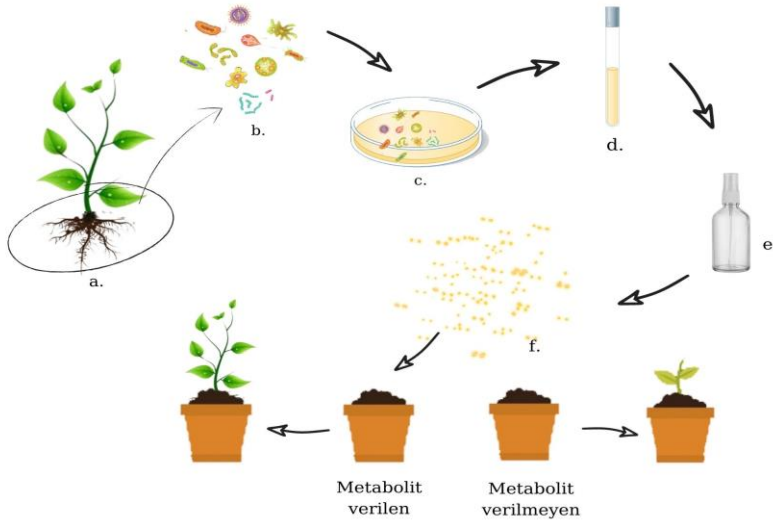
- Tarım topraklarının veriminin zamanla azalması.
- Verimlilik ve ürün kalitesini arttırmak için geliştirilen ilaç ve gübrelerin kontrolsüz bir şekilde kullanımı.
- Gübre ve tarım kimyasallarının verimi arttırırken, çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemesi [5],[6].
- Gereğinden fazla ve uzun süreli gübre kullanımının; toprak kirliliği, toprak kalitesinin azalması, mikrobiyal dengenin bozulması, suların kirlenmesi, hava kirliliği, küresel ısınma gibi çevresel problemlere neden olması [6].
- Var olan ürünlerin, bitki için yararlı görevleri olan çeşitli bakteri, arke, mantar, virüs ve hayvan topluluklarında önemli değişikliklere yol açması [7].

Günümüz tarımının önemli sorunlarından biri, artan nüfusun besin ihtiyaçlarını minimum kimyasal kullanımı ile karşılamaktır. [8], [9]. Var olan yöntem ve ürünler; sürdürülebilir olmaması, çevreye zararlı yan ürünler oluşturması, canlılar üzerinde toksik etkiler meydana getirmesi, ekosistemi tahrip etmesi gibi sonuçları dolayısı ile yetersiz kalmaktadır [1]. Bu ve bu gibi pek çok olumsuz sonuçlar dolayısıyla bilim insanları hem toprak ve bitki verimini arttıracak hem de ekosistemde hasara neden olmayacak ürünler üzerinde çalışmaktadır

Sürdürülebilirlik açısından uygulanmaya açık, çevre dostu, doğa ile uyumlu, ekonomik, kullanımı kolay, canlı tabiatına uygun zirai ürünler geliştirilmesi gerekmektedir.

3. Çözüm

Organik gübre sınıfına ait biyogübrelerin, sürdürülebilir tarımda ürün verimini ve toprak verimliliğini artırdıkları kanıtlanmıştır [7]. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda, canlı mikroorganizmaların toprağa direkt olarak verildiği biyogübrelerde, iklim ve çevre şartlarına adapte olamayan mikroorganizmaların öldüğü ve ürün etkinliğinin azaldığı görülmektedir [9]. Bu nedenle biyogübre geliştirme çalışmalarının odağı, mikroorganizmaların ürettiği ürünlerin (metabolitler) kullanıldığı biyogübrelere kaymıştır [11], [12].



Verimli toprağın kök mikrobiyotası, bitkinin; besin döngüsü ve alımı, kök ve sürgün büyümesi, hastalıklardan korunması gibi temel süreçlerin düzenlenmesi yoluyla bitkilerin gelişmesinde önemli rol oynar [10]. Kök mikrobiyotası bu yararlı etkilerini ürettikleri metabolitler ile sağlar. Bitkiye yararlı mikroorganizmaların bu özellikleri biyogübre olarak kullanılabilir. Gübre olarak kimyasal ürünler yerine doğal etkileşimin kullanıldığı biyogübreler, bahsedilen sorunların çözümünde önemli

bir rol oynamaktadır [7].

Bu proje ile geliştirilen ürün, verimli toprak metabolit profilini taklit edeceğinden bitki beslenmesi, büyümesi ve hastalıklardan korunmasında destekleyici rol oynamaktadır. Şu anda Yurtiçinde metabolit temelli biyogübre üretimi yapan bir firma bulunmamaktadır. Geliştirilen ürünün pazardaki yerli üretim açığını kapatması planlanmaktadır. Dünyada ise metabolit temelli biyogübre geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

Geliştirilen ürün canlı mikroorganizmaların ürettiği metabolitleri içerdiği için biyogübrelerin çevreye adaptasyon sorununu ortadan kaldırmaktadır.

Her bitkinin ihtiyaç duyduğu mikroorganizma ve metabolit; bitki biyolojik ihtiyaçları, gelişim evreleri ve çevre koşullarına göre değişim gösterir. Bu nedenle metabolit temelli biyogübre geliştirilirken, bitki türünün kök ve gövdesinde doğal olarak bulunan ve bitkiye yarar sağlayan mikroorganizmalar kullanılacak; yani biyogübre formülasyonu her bitki türü için özel olarak geliştirilecektir. Burada amaç, **bitkiye özel terapi** yaklaşımının geliştirilmesidir. Aynı yöntem kullanılarak farklı bitkiler için ihtiyaca özel formülasyon geliştirilebilecektir. Böylelikle daha etkin ve bitki yarar seviyesinin en yüksek olması amaçlanmaktadır.

4. Yöntem

Metabolit temelli biyogübrelerin içeriği, bitkiye yarar sağlayan mikroorganizmaların ürünlerinden oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu metabolitleri üretecek mikroorganizmalar, bitki köklerinden elde edilmiş ve bir nevi doğal ortam taklit edilmiştir.

Bu proje boyunca da aynı yöntem kullanılmıştır.

Biyogübre üretimi için kullanılan yöntem basamakları şu şekildedir:

- 1- Verimli ortamda yetişmiş nohut bitkisinin köklerinden alınan toprak örneğinden, bitki gelişimini destekleyen mikroorganizmalar elde edildi.
- 2- Mikroorganizmaların, kontrollü koşullar altında, bitkiye yarar sağlayan metabolitler üretmesi sağlandı.
- 3- Mikroorganizmaların ürettiği metabolitler faz ayrımı sağlayan bir çözücü kullanılarak Evaporatör cihazı ile saflaştırıldı ve saf su ile çözüldü [kaynak].
- 4- Üretilen metabolit temelli biyogübre nohut bitkisi üzerinde denendi. Bu amaçla aynı şartlar altında (toprak, su, güneş ışığı, saksı) büyüyen dört adet nohut bitkisinden; metabolit verilen, metabolit verilmeyen, steril edilmiş toprakta metabolit verilen, steril edilmiş toprakta metabolit verilmeyen deneme grupları oluşturuldu.

Ürün 23 Haziran tarihinden itibaren üç gün ara ile bitkilere uygulanarak bitkilerdeki değişimler fotoğraflandı. Deney bitkilerinde yedi günde görülen değişimler şu şekildedir:

Steril edilmemiş, yani doğal bileşimi korunmuş deney grubunda;

- Metabolit verilen bitki, verilmeyen bitkilere göre daha hızlı gelişim gösterdi. İki grup arasında önemli farklar gözlemlendi.
- Metabolit verilen bitkide yaprak sayısı verilmeyene kıyasla %20 daha fazla idi.
- Metabolit verilen bitki boy uzunluğu yedinci günde 10 cm iken metabolit verilmeyen bitki boy uzunluğu 8 cm idi.
- Metabolit verilen ve verilmeyen bitkilerin yaprak genişliğinde önemli bir fark yoktu.

Steril edilmiş toprakta, yani doğal bileşimin bozulduğu deney grubunda;

- Metabolit verilen ve verilmeyen bitkilerin büyüme hızı çok yavaştı ve iki grup arasında önemli bir fark yoktu.
- Metabolit verilen bitki boy uzunluğu yedinci günde 4 cm iken metabolit verilmeyen bitki boy uzunluğu 3 cm idi.
- Metabolit verilen bitkide yaprak oluşumu henüz başlamadığından bu parametreler değerlendirilemedi.

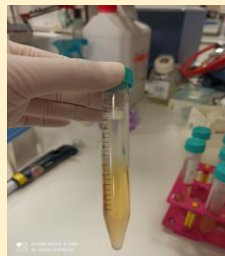
Yaptığımız ön denemeler ile ürettiğimiz metabolit temelli biyogübrenin bitki büyüme ve gelişimini desteklediğini gördük. Fakat ürünün etkinliğinin tam olarak gözlemlenebilmesi için 90 gün boyunca bitki takibinin yapılması, bitki boyu, yaprak sayısı, çiçek sayısı, tohum sayısı gibi önemli parametrelerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Detaylı rapor teslimi sonrasında da siz değerli jüri üyeleri ile bu sonuçlarımızı paylaşmak isteriz.

Metabolit temelli biyogübre üretim sürecinde yapılan deneyler

toplanan örnekteki mikroorganizmaların elde edilmesi



mikroorganizmaların metabolitler üretmesi















etil asetat çözücüsü ile metabolitlerin ortamdan ayrıştırılması



evaporatör cihazı ile metabolitlerin saflaştırılması



DENEY GRUPLARI	1. GÜN	3. GÜN	7. GÜN
Metabolit verilen			
Metabolit verilmeyen			
Steril toprakta metabolit verilen			
Steril toprakta metabolit verilmeyen			

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Var olan verim arttırıcılardan; kimyasal gübreler çevreye zararlı etkiler açığa çıkmakta biyogübreler ise çevreye zararsız olsa da içeriğindeki canlı mikroorganizmalar çevre koşullarına adapte olamadığından istenilen etki alınamamaktadır [9]. Bu proje ile bitkiye yararlı mikroorganizmaların ürettiği metabolitlerin kombinasyonundan oluşturulan bir biyogübre üretildi. Mikrobiyal metabolit temelli biyogübreler yeni ve olumlu sonuçlar veren bir çalışma alanıdır. Bu alanda ülkemizde ilk kez ürün odaklı bir çalışma yapılacak olması bu projenin özgün yönüdür [11,12].

- Rakip ürünler canlı mikroorganizma içermektedir. MikroHobist ürünü ise canlı mikroorganizmaların ürettiği ürünleri (metabolitleri) kullanmaktadır. Ürünümüz canlı mikroorganizma içermediği için farklı çevre koşullarına adaptasyon kolaylaşmaktadır.
- Bitkinin çevresel stres koşullarına karşı dayanıklılığının artırılması sağlanmaktadır.
- Bitkiye hasar vermemekle birlikte kolay uygulanabilmektedir.

- Toprağın bozulmuş mineral dengesini düzenleyerek bitkiye özgü tedavi sağlamaktadır.
- Patojen bakteriler, fungal hastalıklar, parazitler v.b. zararlılardan korunmaktadır.
- Biyoaktif maddeler (fitohormonlar, enzimler, küçük kimyasal moleküller) ürünümüzde direkt olarak verilmektesyken rakip üründe bu süreç mikroorganizmalara ürettirilmektedir. Böylece MikroHobist ürününde bioaktif süreç daha hızlı gerçekleştirilir ve adaptasyon koşulu aranmaz.
- Var olan ürünlerin aksine, ürünümüz doğaya uyumlu olduğu için sürdürülebilir özelliktedir.

6. Uygulanabilirlik

Proje fikrinin şu anki mevcut konumu değerlendirildiğinde Teknolojik Olgunluk Seviyesi (TRL) 2 olarak tespit edildi. Proje fikri sonunda geliştirilecek ürün mikroorganizma ürünleri (metabolitler) olduğu için laboratuvar koşullarında belirli protokoller ile üretildi. Yurt içi ve yurt dışı pazarda sekonder metabolitleri içerebilecek ürünler Eranet ve Türk Patent ile araştırıldı. Araştırma sonucunda geliştirilen bir ürünün piyasada verimlilik artırıcı olarak yer almaması nedeniyle proje fikrinin sonucunda oluşacak metabolit gübrenin, patent ile güvence altına alınması planlandı. Ardından ürünün deneysel çalışmalar ile kanıtlanması bunun sonucunda prototipin onaylanarak TRL 6'ya ilerlemesi söz konusu olacaktır. Bunun devamında Ar-Ge projesi ile prototipi tamamlanan ürün, piyasada ticarileşme ve seri üretime geçme konusunda ilerleyebilir.

Gübre pazarının %1'lik bir kısmını hedefleyen metabolit temelli biyogübrelerin piyasadaki mevcut riskleri, diğer gübre çeşitlerine olan güven ve bağlılık nedeniyle istenen pazar payının elde edilememesi olarak düşünüldü. Ancak ürünün, verimli-verimsiz veya soğuk-sıcak iklim gibi değişken koşullarda yürütülen deneyleri sonucunda ve pazar araştırmasının kontrollü bir şekilde gerçekleşmesiyle riskin minimuma indirilmesi planlandı.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tablo 1: Proje Adımları

Projenin Adımları	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Durum
1: Örnek Toplanması							
1.1	Verimli ortamda büyümüş <i>Cicer arietinum</i> bitkisinin kök dokusundan ve etrafındaki topraktan örnekler toplanması						Tamamlandı
2: Toplanan örneklerden bitkiye yarar sağlayan mikroorganizmaların izolasyonu ve biyogübre üretimi							
2.1	Mikroorganizmaların çoğalabildiği uygun ortamın hazırlanması ve toplanan örneğin bu ortam ile buluşturulması						Tamamlandı
2.2	Mikroorganizmaların ürettiği ürünlerin saflaştırılması ve uygun metabolit formülasyonunun oluşturulması						Tamamlandı

İş Paketi 3: Oluşturulan metabolit formülasyonunun nohut bitkisi deney gruplarında denenmesi							
3.1	Deney gruplarının oluşturularak bitki büyümesi için uygun koşulların oluşturulması						Devam ediyor
3.2	Bitkiye tohum aşamasından itibaren günlük belirlenen dozlarda formülasyonun uygulanması						Devam ediyor

Tablo 2: Hammadde/ Teçhizat

Prototip Üretim: 1 Adet							
Sıra No	Malzeme Adı	Ölçü	Miktar	Birim fiyat (₺)	Toplam	Malzemenin kullanılacağı	hangi dönem
1	Nutrient Agar	gram	500	1.4	700	Tablo 1 - 2.1	
2	Nutrient Broth	gram	500	1.5	750	Tablo 1 - 2.1	
3	Actidione	gram	10	340	3.400	Tablo 1 - 2.1	
4	Petri kabı	adet	100	3	300	Tablo 1 - 2.1	
5	15 ml falkon	adet	100	3	300	Tablo 1 - 2.1	
6	50 ml falkon	adet	75	4	300	Tablo 1 - 2.1	
7	Etil Asetat	litre	6	50	300	Tablo 1 - 2.1	
8	İnkübatör	adet	1	6000	6.000	Tablo 1 - 2.1,2.2,3.1	
9	Evaporatör Hizmet alımı	-			1.000	Tablo 1 - 2.2	
10	Temizlik giderleri	-			250	Tablo 1 - 2.1,2.2,3.1,3.2	
11	Toprak	kg	30	3,5	100	Tablo 1 - 1.1,2.1,,3.1,3.2	
12	Saksı	adet	8	15	120	Tablo 1 - 1.1,2.1,,3.1,3.2	
13	Sprey Şişesi	adet	6	15	90	Tablo 1 - 3.2	
	Toplam tutar				13.610,00		

Yukarıda belirtilen tutarlar malzemelerin prototip için gerekli ortalama fiyatlarıdır. Çoğu malzemenin toplu alınması gerektiği ve bazılarının hizmet tutarları kesin olmadığı için ortalama fiyatlar verilmiştir.

MikroHobist	90 tl	1 litre
Rakip Ürünler	Satış fiyatı	Birim miktarı
Novozymes A/S	560 tl	1 litre
Symborg S.L. Vitasolin	450 tl	1 litre
BMUSA	160 tl	1 litre
Saion Emtech	180 tl	5 litre

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Tarımda verimlilik arttırmak öncelikle üreticilerin sonra da tüm insanlığın problemidir. Ürünümüz ziraatle uğraşan tüm sektörleri kapsadığı için hedef kitlemiz;

- Tarım ve Orman Bakanlığı
- Çiftçiler
- Tarımla uğraşan bireyler
- Hobi Bahçeleri Sahipleri
- Zirai ürün satışı yapan distribütörler
- Arboretumlar (Belediyelere ait)'dir.

Zirai bir ürün olan metabolit biyogübreler, toprak verimliliğini sağlamanın yanı sıra bozulmuş toprak mineral dengesinin de yeniden düzenlenmesini sağlamaktadır.

8. Riskler

Projeyi olumsuz yönden etkileyecek unsurlar;

- Gerekli unsurların olacağı donanımlı bir laboratuvar koşulunun sağlanamaması,
- Yeterli mali desteğin bulunmaması yahut verilecek desteğin yeterli olmaması,
- Alıcılar olan çiftçilerin alışlagelmiş ürünlerden harici ürün denemek istememeleri,
- Zirai ürün üreten büyük şirketlerle oluşabilecek rekabet,
- Yeni bir ürün olması nedeniyle güven sağlanamaması,
- Pazarda beklenen ilginin olmaması,
- Üretim hızının pazar beklentilerinin gerisinde kalması,
- Üretilecek Metabolit solüsyonunun bitkinin ilgili ihtiyacını karşılayamaması.

Proje hayata geçirilirken oluşabilecek problemler;

- Kullanılacak suş tayininin iyi belirlenememesi,
- Elde edilen metabolit solüsyonunun yeterli konsantrasyonlarda verilememesi ve verilme sıklığının belirlenememesi,
- Elde edilen metabolit solüsyonunun uygun çözücüde hazırlanamaması,
- Elde edilen metabolitlerin raf ömrünün belirsizliği,
- Laboratuvar koşullarında karşılaşılabilecek kontaminasyon riskleri,
- Belirtilen model bitki örneğinde istenen verimin alınamaması.

Bu problemlere karşı tedbir ve çözüm önerilerimiz;

- Tayin edilen suş çeşidinin bitkiye özel olarak ve etkili bir başka suş ile değiştirilmesi.
- Ürün yeni oluştuğu için solüsyon konsantrasyonunun optimizasyonu tarafımızca ön çalışmalarla belirlenecek ve verilme sıklığı da ilgili ön çalışmalar sırasında belirlenecektir.
- Solüsyonun yine toprak yapısına, metabolit üzerindeki etkisine göre en uygun olabilecek bir diğer çözücüde çözüldürülmesi.
- Metabolitlerin devamlılığını oluşturabilecek en uygun koşullarda saklanmasını sağlamak. Bu amaçla ortam koşullarının optimizasyonunu sağlamak ve mümkün olabilecek en kısa sürede bitkiye verebilmek.
- Oluşabilecek kontaminasyon riskleri adına steril koşullarda çalışmak ve kullanılacak ürünleri iyi muhafaza etmek.
- Belirtilen bitkide verim alınmadığı takdirde uygulama standartlarını değiştirmek yahut bir başka hassas bitki türü denemek.

İş Tanımları

İş Paketi 1:Örnek Toplanması

Verimli ortamda büyümüş *Cicer arietinum* bitkisinin kök dokusundan ve etrafındaki topraktan örnekler toplanması.

İş Paketi 2:Toplanan örneklerden bitkiye yarar sağlayan mikroorganizmaların izolasyonu ve biyogübre üretimi.

- Mikroorganizmaların çoğalabildiği uygun ortamın hazırlanması ve toplanan örneğin bu ortam ile buluşturulması,
- Mikroorganizmaların ürettiği ürünlerin saflaştırılması ve uygun metabolit formülasyonunun oluşturulması.

İş Paketi 3: Oluşturulan metabolit formülasyonunun nohut bitkisi deney gruplarında denenmesi

- Bitkiye tohum aşamasından itibaren günlük belirlenen dozlarda formülasyonun uygulanması
- Deney gruplarının oluşturularak bitki büyümesi için uygun koşulların oluşturulması.

Zamanlama konusunda zaman aralıkları belirtilerek riskler en aza indirgenmiştir. Maliyet noktasındaki riskli durumlar henüz ön görülememekte olup hazırlanan prototipin kullanımı sırasında ve sonrasında netleşecektir.

9. Kaynaklar

- [1] Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı Çalışma Grubu Raporu, *T. C. Kalkınma Bakanlığı Tarım Özel İhtisas Komisyonu*, Ankara 2014. ISBN 978-605-4667-58-1
- [2] F. Eraslan, A. İnal, A. Güneş, A. Coşkan, “Türkiye’de Kimyasal Gübre Üretim ve Tüketim Durumu, Sorunlar, Çözüm Önerileri ve Yenilikler”, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. 11- 15 Ocak 2010, Ankara, 1-21.
- [3] Besset-Manzoni, Y., Rieusset, L., Joly, P. *et al.* “Exploiting rhizosphere microbial cooperation for developing sustainable agriculture strategies”. *Environ Sci Pollut Res* 25, 29953–29970 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1152-2>
- [4] N. Tunç, “Avrupa Birliği’nde Kullanılan Biyolojik Gübreler ve Biyolojik Gübre Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı , Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, 2017, Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Link/37/Ab-Uzmanlik-Tezleri>
- [5] T. Chaudhary et al., “Techniques for improving formulations of bioinoculants,” *3 Biotech*, vol. 10, no. 5. Springer, May 01, 2020, doi: 10.1007/s13205-020-02182-9.
- [6] H.Y.Abuomarsa, “ Verimliliğe Etki Eden Faktörler”, Mart 2015. https://www.researchgate.net/publication/273456074_VERIMLILIGE_ETKI_EDEN_FAKTORLER
- [7] R. Gerçekcioğlu, A. Ertürk, Ö. Atasever, “Bitki Büyümesini Teşvik Edici Rizobakteri (PGPR) Uygulamasının Eşme Ayva Çeşidinde (*Cydonia vulgaris L.*) Bitki Gelişmesi Üzerine Etkileri”, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, (2018) 35 (Ek sayı) 89-96. Doi:10.13002/jafag4506 (<http://ziraatdergi.gop.edu.tr/>)
- [8] Chaudhary, T., Dixit, M., Gera, R. *et al.* Techniques for improving formulations of bioinoculants. *3 Biotech* 10, 199 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02182-9>
- [9] Zhou Y, Coventry DR, Gupta VVSR, et al. “The preceding root system drives the composition and function of the rhizosphere microbiome”, *Genome Biol.* 2020;21(1):89. Published 2020 Apr 6. doi:10.1186/s13059-020-01999-0.
- [10] Ismail, M. A., Amin, M. A., Eid, A. M., Hassan, S. E., Mahgoub, H., Lashin, I., Abdelwahab, A. T., Azab, E., Gobouri, A. A., Elkelish, A., & Fouda, A. (2021). Comparative Study between Exogenously Applied Plant Growth Hormones versus Metabolites of Microbial Endophytes as Plant Growth-Promoting for *Phaseolus vulgaris L.* *Cells*, 10(5), 1059. <https://doi.org/10.3390/cells10051059>