



**İNORGANİK FOSFAT ÇÖZÜCÜ ve
BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDİCİ
BAZI MİKROFUNGUSLARIN
MAZIDAĞI KAYA FOSFATI EŞLİĞİNDE
SALATALIK BİTKİSİNİN (*Cucumis sativus L.*)
BÜYÜME ve GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Kağan VERYER

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Biyoloji Ana Bilim Dalı

2021

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

**İNORGANİK FOSFAT ÇÖZÜCÜ ve BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDİCİ BAZI
MİKROFUNGUSLARIN MAZIDAĞI KAYA FOSFATI EŞLİĞİNDE SALATALIK
BİTKİSİNİN (*Cucumis sativus L.*) BÜYÜME ve GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

(The Effect of Inorganic Phosphate Solubilizing and Plant Growth Promoter Microfungi on
The Growth and Development of Cucumber Plant (*Cucumis Sativus L.*) In The Presence of
Mazıdağı Rock Phosphate)

Yüksek lisans Tezi

Kağan VERYER

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN

ERZURUM
Şubat, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Kağan VERYER tarafından hazırlanan “İnorganik fosfat çözücü ve bitki büyümesini teşvik edici bazı mikrofungusların Mazıdağı kaya fosfatı eşliğinde salatalık bitkisinin (*Cucumis sativus* L.) büyüme ve gelişimi üzerine etkisi” başlıklı çalışması 26 / 01 / 2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Biyoloji Ana Bilim Dalı, Genel Biyoloji Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN Atatürk Üniversitesi	
Danışman:	Doç. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN Atatürk Üniversitesi	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Serkan ÖRTÜCÜ Erzurum Teknik Üni.	
Jüri Üyesi:	Unvan Ad SOYAD Üniversite Adı	
Jüri Üyesi:	Unvan Ad SOYAD Üniversite Adı	

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Doç. Dr. Mehmet Nuri Aydoğan danışmanlığında sunulan “İnorganik fosfat çözücü ve bitki büyümesini teşvik edici bazı mikrofungusların Mazıdağı kaya fosfatı eşliğinde salatalık bitkisinin (*Cucumis sativus L.*) büyüme ve gelişimi üzerine etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı %	Maksimum Oran (%)
Giriş	17	30
Kuramsal Temeller	9	30
Materyal ve Yöntem	13	35
Bulgular	8	20
Tartışma	4	20
Tezin Genelİ	13	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Kağan VERYER	Doç. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN
22.2.2021	22.2.2021
İmza:	İmza:

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☒ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu araştırma, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji Laboratuvarı ve İklimlendirme odasında yapılmıştır. Öncelikle beni yoktan var eden ve her ihtiyacımı karşılayan Rahman ve Rahim olan Allah'ıma sonsuz hamd ederim.

Tezin ortaya çıkmasında yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN hocama desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Çalışmalarında destekleriyle daima yanımda olan değerli arkadaşım Özge'ye teşekkürü borç bilirim. Motivasyonum düştüğünde beni yeniden motive eden saygın hocam Prof. Dr. Evren CABİ'ye de teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Dr. Murat ÖZDAL ve Dr. Özlem GÜR ÖZDAL hocalarıma Mikrobiyoloji Laboratuvarındaki desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Prof. Dr. Ökkeş ATICI hocama Bitki fizyolojisi Laboratuvarındaki malzemeleri, cihazları ve iklimlendirme odasını kullanmama izin verdiği için teşekkür ederim.

İstatistik Programını bana öğreten ve her türlü destekte bulunan değerli hocam Dr. Kübra Koç'a teşekkür ederim.

Canım annem Sevil AÇIKBAŞ ve sevgili teyzem Hülya ÖZTÜRK'e her daim yanımda olup beni destekledikleri için teşekkürlerimi arz ederim.

Kağan VERYER

OCAK 2021

ÖZET

Yüksek lisans Tezi

İNORGANİK FOSFAT ÇÖZÜCÜ ve BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDİCİ BAZI MİKROFUNGUSLARIN MAZIDAĞI KAYA FOSFATI EŞLİĞİNDE SALATALIK BİTKİSİNİN (*Cucumis sativus L.*) BÜYÜME ve GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kağan VERYER

Danışman: Doç. Dr. Memet Nuri AYDOĞAN

Amaç: Toprakta ve özellikle bitki köklerinin yayıldığı rizosfer bölgesinde doğal olarak birçok mikroorganizma bulunmaktadır. Bunların çoğu patojen olmayıp, azot fiksasyonu, inorganik fosfat çözünürlüğü, siderofor üretimi, şelatlama, hormon üretimi, adsorpsiyon yüzeyini artırma, patojenlere engel olma gibi özellikleriyle bitkilere faydalı olmaktadır. Bu mikroorganizmalar arasında üzerinde en çok çalışılan ve en iyi bilinenler; bakteriler ve mikrofunguslardır. Literatüre baktığımızda bu mikroorganizmaların tek tek veya ko-kültür şeklinde çeşitli kültür bitkileri köklerine aşılandığı çok sayıda deneme görmekteyiz. Bu çalışmada kaya fosfatını çözebilen iki farklı mantar türünün *Aspergillus niger MT-4* (F1), *Penicillium canescens PSF77* (F2) sporları, ülkemizin tek fosfat cevheri olan Mazıdağı fosfat kayası eşliğinde salatalık bitkisinin (*Cucumis sativus L.*) köklerine aşılanmış ve bitkinin büyüme ve gelişimi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Yöntem: *Aspergillus niger MT-4* (F1) ve *Penicillium canescens PSF77* (F2) türlerinin sporları yeni çimlendirilmiş salatalık (*Cucumis sativus L.*) fidelerinin köklerine aşılanmış ve Mazıdağı fosfat kayası ilaveli kum ihtiva eden saksılarda bitkiler 21 gün süreyle iklim odasında büyütülmüştür. Süre sonunda bitkilerin kök, gövde uzunlukları, yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil miktarı gibi parametreleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: Büyüme parametrelerine göre en iyi sonuçlar *Aspergillus niger MT-4* (F1) ile yapılan uygulamadan elde edilmiş, bunu *Penicillium canescens PSF77* (F2) takip etmiştir. Her iki tür ile yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlar, pozitif kontrol olarak kullanılan Hoagland çözeltilisinden daha yüksek olmuştur. Doğal olarak negatif kontrol örneklerinin büyüme parametrelerine ilişkin sonuçları; F1, F2 ve Hoagland çözeltilisi uygulamalarının altında kalmıştır.

Sonuç: Bu tür biyogübre araştırma ve uygulamalarının, tarım topraklarının ıslahı ve organik gıda üretimi için çok yararlı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyogübre, Fosfat çözücü mikrofunguslar, Fosfat kayası, Gübre, *Cucumis*
Ocak 2021, 61 sayfa

ABSTRACT

M. S.c Thesis

THE EFFECT OF INORGANIC PHOSPHATE SOLUBILIZING AND PLANT GROWTH PROMOTER MICROFUNGI ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CUCUMBER PLANT (*Cucumis sativus* L.) IN THE PRESENCE OF MAZIDAGI ROCK PHOSPHATE

Kağan VERYER

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN

Purpose: There are naturally many microorganisms in the soil and especially in the rhizosphere where plant roots spread. Most of them are not pathogens, and they are beneficial to plants with their properties such as nitrogen fixation, inorganic phosphate solubility, siderophore production, chelating, hormone production, increasing the adsorption surface, and preventing pathogens. Among these microorganisms, the most studied and well-known ones are; bacteria and microfungi. When we look at the literature, we see many research in which these microorganisms were inoculated into roots of various cultivated plants either individually or as co-culture. In these applications, significant positive changes were recorded in the growth and development parameters of the target plant. In this study spores of the F1, F2 species were inoculated into the roots of the Cucumber plant (*Cucumis sativus* L.) with Mazıdagı rock phosphate, is the only phosphate mine of our country, was used as a phosphate source. After these the under the explained conditions effects of F1, F2 species on the growth and development of cucumber plant were determined.

Method: Spores of *Aspergillus niger* MT-4 (F1) and *Penicillium canescens* PSF77 (F2) species were inoculated into the roots of newly germinated *Cucumis sativus* L. and the plants were grown in the climate chamber for 21 days in pots containing sand with the addition of Mazıdagı rock phosphate. At the end of the period, parameters such as root, stem length, wet and dry weight, chlorophyll content of the plants were measured and the results obtained were evaluated statistically.

Findings: According to growth parameters, the best results were obtained from the application with *Aspergillus niger* MT-4 (F1), followed by *Penicillium canescens* PSF77 (F2). The measurement results obtained from the applications with both species were higher than the Hoagland solution used as positive control. Naturally, the results of negative control samples for growth parameters; F1, F2 and Hoagland solution fell under their applications.

Results: It is thought that such bio-fertilizer research and applications will be very beneficial for agricultural land improvement and organic food production.

Keywords: Bio-fertilizer, fertilizer, Rock Phosphate, Phosphate solubilizing, manure, *Cucumis*

January 2021, 61 Pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLOLAR DİZİNİ	x
GİRİŞ	1
Ekosistem.....	1
Bitkiler	2
Fotosentez	4
Besin tuzları	5
Gübre ve Gübre Çeşitleri	7
Mardin Mazı Dağı.....	9
Hıyar Bitkisi.....	10
KAYNAK ÖZETLERİ.....	12
MATERYAL ve METOD	21
Materyal.....	21
Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar	21
Çalışmada kullanılan mikroorganizmalar ve Mazıdağı fosfatı.....	22
Çalışmada kullanılan çözeltiler.....	22
Yöntem	24
PDA hazırlanması ve mikrofungus ekimi.....	24
Tohumların temini	25
Tohumların yüzey sterilizasyonu.....	26
Hıyar bitkisinin çimlendirilmesi	27

Kullanılacak inşaat kumunun sterilizasyonu	28
Saksı deneylerinde kullanılan düzenek.....	28
Bitkilerin büyütülmesi	29
Hıyar bitkilerinin morfolojik parametreleri	30
Fotosentetik pigment tayini	33
İstatistiksel analiz.....	34
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	35
Gelişim Parametreleri	35
Hıyar bitkisinin kök ve gövde uzunlukları	35
Hıyar bitkisinin kök ve gövde boylarına ait istatistik tabloları.....	37
Hıyar bitkisi kök ve gövde yaş ağırlıkları.....	39
Hıyar bitkisi kök ve gövde yaş ağırlıkları istatistik tabloları.....	40
Hıyar bitkisi kök ve gövde kuru ağırlıkları.....	42
Hıyar bitkisi kuru ağırlık istatistik tablosu	43
Hıyar bitkisi klorofil pigment tayini	45
Hıyar bitkisi klorofil pigmentinin miktarına (mg/g) ait istatistik tablolar ...	46
TARTIŞMA ve SONUÇ	49
Kök ve Gövde Uzunluğunda Mikrofungusların Etkileri	51
Kök ve Gövde Yaş ve Kuru Ağırlığında Mikrofungusların Etkileri	51
Fotosentetik Pigment İçeriğine Mikrofungusların Etkisi	51
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

g	: Gram
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
%	: Yüzde
cm	: Santimetre
PSM	:Fosfat çözücü mikroorganizma
PSF	:Fosfat çözücü funguslar
PSB	: Fosfat çözücü bakteriler
PK+	: Pozitif kontrol
F1	: F1 kodlu mikrofungus (<i>Aspergillus niger</i> MT-4) + MFK'lı deneme
F2	: F2 kodlu mikrofungus (<i>Penicillium canescens</i> PSF77)+MFK'lı deneme
NK+	: Hoaglandlı negatif kontrol
NK-	: Hoaglandsız negatif kontrol
PDA	: Patates dekstroza agar
K.Y.A	: Kök yaş ağırlığı
G.Y.A	: Gövde yaş ağırlığı
K.K.A	: Kök kuru ağırlığı
G.K.A	: Gövde kuru ağırlığı
Toplam K	: Toplam klorofil miktarı mg/g doku cinsinden
MFK	: Mazı dağı fosfat kayası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Besin zinciri.....	1
Şekil 2. Bitkiler alemi.....	2
Şekil 3. Bitki ve bazı kısımları.....	3
Şekil 4. Genel fotosentez denklemi ve klorofilin ışıkla etkileşimi.....	4
Şekil 5. Klorofil molekülü.....	4
Şekil 6 Besin tuzlarının dönüşümü.....	6
Şekil 7. Türkiye fosfat araştırma haritası.....	9
Şekil 8. Mardin Mazıdağı haritası.....	10
Şekil 9. Hıyar bitkisi.....	11
Şekil 10. Hazır PDA.....	24
Şekil 11. Nokta yöntemi ile ekilmiş tanımlanmamış F2 mantarı.....	25
Şekil 12. Eşit boyutta seçilmiş hıyar tohumları.....	25
Şekil 13. UV ışığı altında steril edilen malzemeler ve steril kabindeki ekim işlemi....	26
Şekil 14. Etüve konulmadan önceki steril tohumlar.....	27
Şekil 15. Gruplar ve 3 günlük bitkiler.....	28
Şekil 16. Üç yaprakları çıkmış, uygulamaya hazır bitkiler.....	29
Şekil 17. Hasat edilmeden önceki 5.gün hıyar bitkileri.....	30
Şekil 18 Pozitif kontrol ve F1'in hasattan önceki görünüşleri.....	31
Şekil 19. F2 ve NK + deney bitkilerinin hasattan önceki görünüşleri.....	32
Şekil 20. NK- Hasattan önceki görünüşü.....	33

TABLÖLAR DİZİNİ

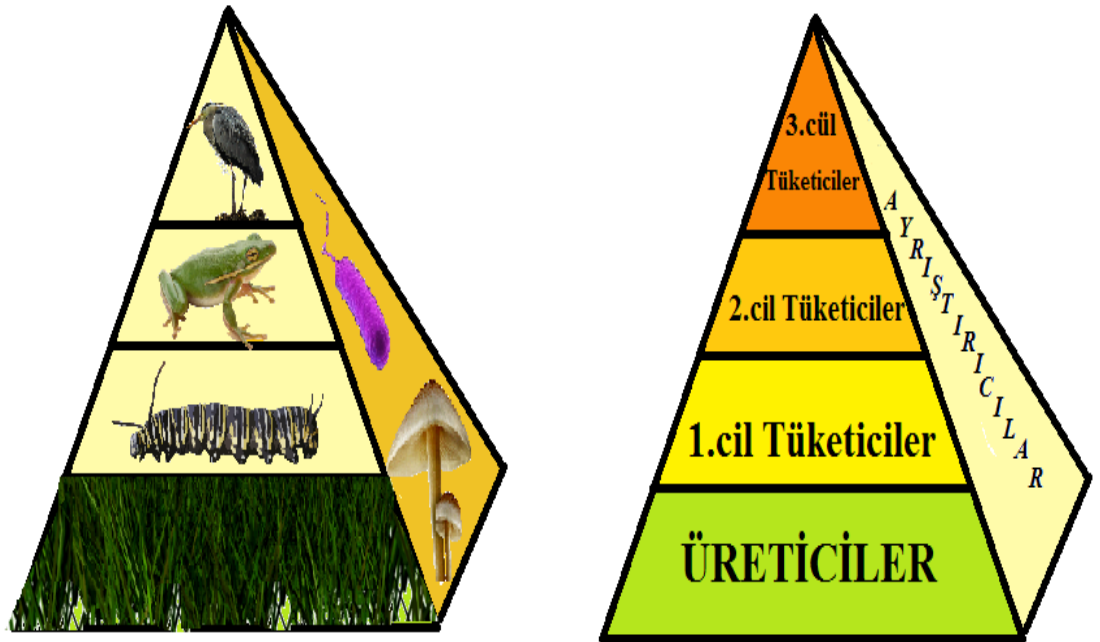
Tablo 1. Makro ve mikro elementler.	5
Tablo 2. Bitkisel besin tuzları.	6
Tablo 3. Kök ve gövde uzunluğu ortalama değerler tablosu	36
Tablo 4. Kök uzunluğu istatistik tablosu	37
Tablo 5. Gövde uzunluğuna ait istatistik tablosu.....	38
Tablo 6. Kök ve gövde yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler.....	39
Tablo 7. Kök yaş ağırlığı istatistik tablosu	40
Tablo 8. Gövde yaş ağırlığı istatistik tablosu	41
Tablo 9. kök ve gövde kuru ağırlık ortalamaları	42
Tablo 10. Kök kuru ağırlığına ait istatistik tablosu	43
Tablo 11. Gövde kuru ağırlığına ait istatistik tablosu.....	44
Tablo 12. Klorofil a, b ve toplam klorofil ortalama değerler mg/g	45
Tablo 13. Klorofil a miktarına (mg/g) ait istatistik tablosu	46
Tablo 14. Klorofil b miktarına (mg/g) ait istatistik tablosu	47
Tablo 15. Toplam klorofil miktarına (mg/g) ait istatistik tablosu	48

GİRİŞ

Canlılar beslenme şekillerine göre; ototrof, heterotrof ve hem ototrof hem heterotrof olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Ototrof canlılar (bitkiler vb.) kendi besinlerini fotosentezle yani ışık enerjisiyle sentezlerken, nitrat bakterileri vb. kimyasal yöntemlerle yani kemosentezle yapmaktadırlar. Heterotrof canlılar ise besin ihtiyaçlarını organik maddelerden karşılamaktadırlar. Hem ototrof hem heterotrof olan canlılar (*Euglena*, *Elysia chlorotica* vb.) ise uygun şartlarda kendi besinini kendileri üretmekte ve diğer durumlarda ihtiyaçlarını organik materyallerden sağlamaktadırlar (West 1981).

Ekosistem

Ekosistem canlı (üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar) ve cansız (topoğrafya, toprak ve iklim) varlıkların karşılıklı ilişki kurdukları sistemlerdir. Bu sistemler, sınırları belli olmayan açık, dinamik ve doğal sistemlerdir (Odum 1976; Çepel 2000; Dindaroğlu 2017). Her ekosistem, kendine özgü bir biyolojik çeşitliliğe sahip olmakla birlikte bütün ekosistemlerde beslenme zinciri daima üreticiler denilen kendi besinini kendileri üreten canlılar ile başlamaktadır (Şekil 1) (Akdemir ve Özdemir, 2015).

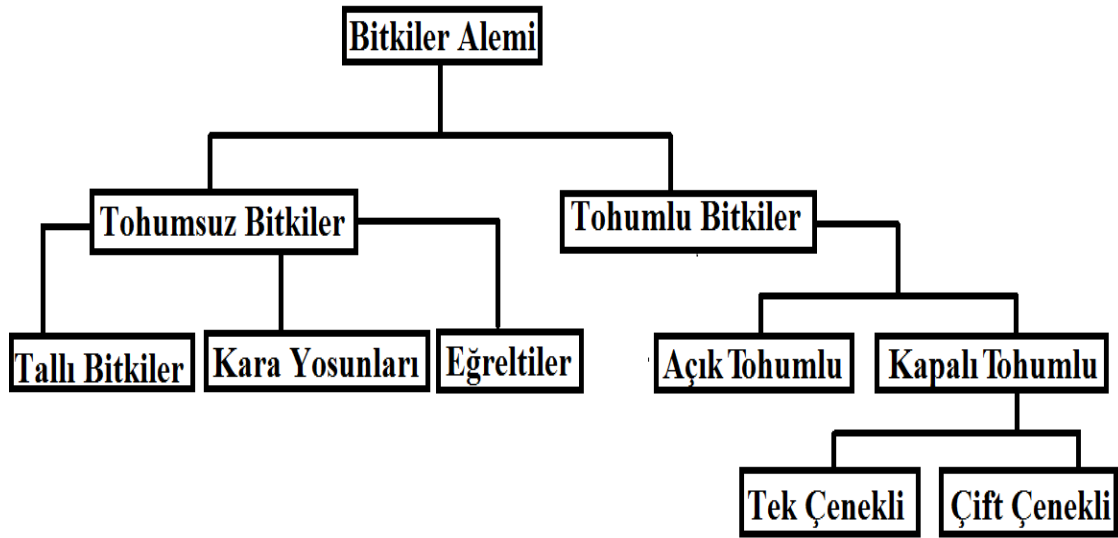


Şekil 1. Besin zinciri (Anonymus 2017).

Genellikle ekosistemlerin üreticileri, yeşil yapraklı bitkilerdir. Doğadaki canlıların önemli bir bölümünü oluşturan bitkiler, canlı yaşamının devamlılığı açısından ekosistemin temel elemanları ve üreticileri konumundadırlar (Korkmaz ve Turgut 2008). Yaşadıkları ortamdan aldıkları hammaddeleri (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum gibi besin elementleri, su ve karbondioksit) kullanarak kendileri ve diğer canlıların yaşamaları için gerekli olan besinleri sentezlemektedirler (Turgut 2012). Canlılar arasındaki beslenme ilişkisi ise bir zincirin halkaları gibidir ve her canlı bu zincirde çok önemli bir yer tutmaktadır (Çakır 2019).

Bitkiler

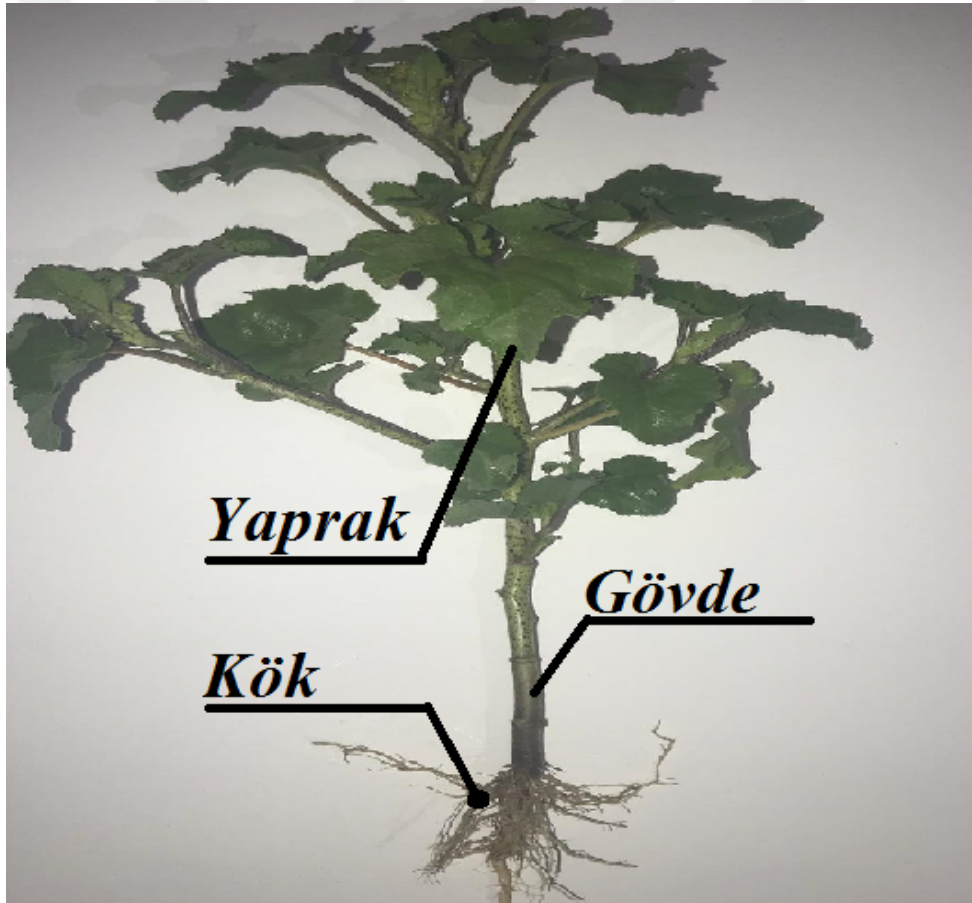
Bitkiler alemi kendi besinlerini üretebilen ökaryot organizmalar olup, tohumlular (Algler, Kara Yosunları, Eğreltiler) ve tohumlu bitkiler (Açık Tohumlular, Kapalı Tohumlular) içinde bulunduran oldukça büyük bir âlemdir (Şekil 2). Bitkiler biyosferin en önemli canlı grubudur ve diğer birçok canlı grubu için yaşamsal öneme sahiptirler. Dünyadaki canlı yaşamı bitkilere bağlıdır (Yiğit vd 2014; Yiğit 2016; Zeren vd 2017).



Şekil 2. Bitkiler alemi (Orijinal).

Dünya üzerinde yedi yüz elli bin ila bir milyon arasında bitki türünün yaşadığı tahmin edilmektedir. Bunlardan beş yüz bin kadarı tanımlanmıştır. Her yıl iki bin kadar yeni tohumlu bitki türü tanımlanıp, isimlendirilmekte ve literatüre kaydedilmektedir. (Malyer vd 2004).

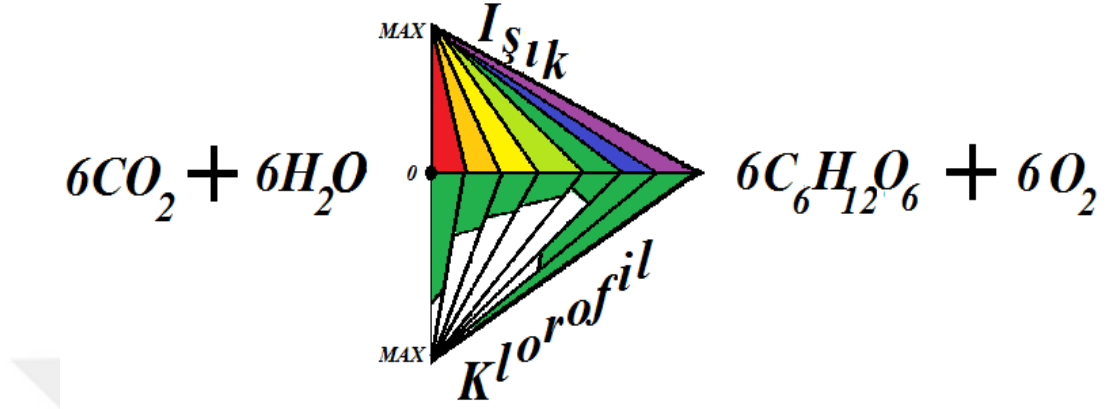
İnsanlar bitkilerle daima iç içe olmuş, faydalı gördükleri bitkileri tanımış ve tanıtmıştır. Eski zamanlardan beri insanlar temel ihtiyaçlarını daima çevredeki bitkileri kullanarak karşılamışlardır. Zamana bağlı olarak ve farklı kültürlerde değişikliğe uğrasa da insanlar bitkilerden genellikle yemek, tıbbi tedavi, alet edevat yapımı, baharat, parfüm, yakıt, hayvan yemi, boyar madde, büyü, nazar gibi dinsel amaçlar uğrunda veya güzel bir hediye olarak faydalanmışlardır. Bu uygulamalar kullanım şekillerinde ki bazı değişiklik ve gelişmelerle birlikte onbinlerce yıldır nesilden nesile aktarılarak günümüze kadar ulaşabilmiştir (Altan vd 1999; Baytop 1999; Lev and Amar 2000; Tütenocaklı 2002).



Şekil 3. Bitki ve bazı kısımları (Orijinal).

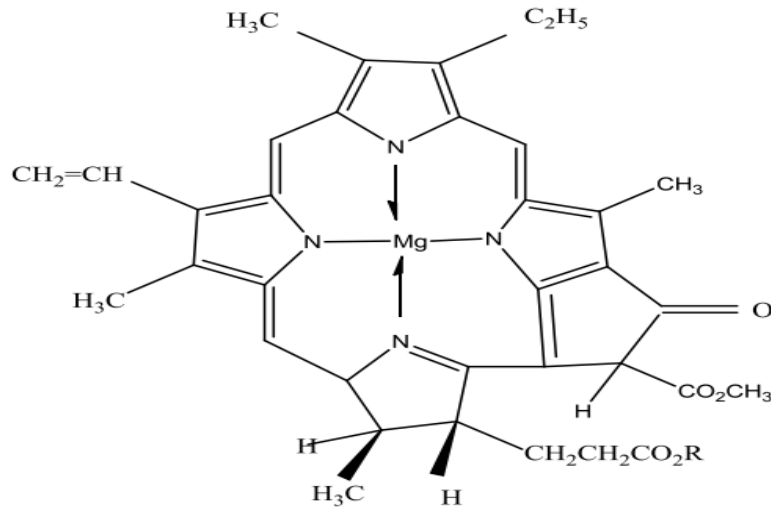
Fotosentez

Bitkiler başta yaprakları olmak üzere klorofil pigmentine sahip toprak üstü yeşil görünümlü doku ve organlarıyla ışık enerjisini soğurarak organik bileşiklere dönüştürürler.



Şekil 4. Genel fotosentez denklemi ve klorofilin ışııkla etkileşimi (Orijinal).

Yukarıda genel formülü verilen bu olaya fotosentez denilmektedir (Yakar ve Bilge 1987; Çetin 2016). Bitkiler fotosentezde güneş ışııkı kullanarak besin ve oksijen üretebildikleri için yeryüzünde yaşamsal döngü bu fotosentez olayına bağılı olmaktadır (Sevik vd 2016; Zeren vd 2017). Bitkiler genellikle fotosentezi kloroplast denilen özel organellerinde gerçekleştirmelerine rağmen fotosentezde etken molekül esas itibariyle klorofildir (Çetin 2016). Yeşil bitkilere rengini veren klorofil molekülünün merkezinde Mg atomu bulunur (Yazgan 1991; Pond et al. 1995; Kaplan ve Avcı 2012; Kasım 2016) (şekil 5).



Şekil 5. Klorofil molekülü (Gündem vd 2017).

Yeşil yapraklı bitkisel organizmalar büyümek, gelişmek ve üremek gibi çeşitli metabolik faaliyetler için su (H₂O), karbondioksit (CO₂), ışık enerjisi ve belli başlı elementlere ihtiyaç duymaktadırlar (tablo 2). Bu elementlerin bazılarını sudan, bazılarını havadan ve bir kısmını da suda çözünmüş tuzlardan almaktadırlar (Öztürk 2016).

Besin tuzları

Bitkisel organizmalar da; magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), gümüş (Ag), kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) vb. altmıştan fazla element gözlemlenmiştir. Ancak bütün bu elementler bitkisel organizmalar için olmazsa olmaz değildirler. 18. ve 19. yüzyılda yapılan çalışmalar sonucunda bitkisel organizmaların sağlıklı bir şekilde büyüüp gelişmeleri için 17 çeşit elementin gerekli olduğu deneylerle kanıtlanmıştır (Öztürk 2016). Şekil 5. Bitkiler kökten aldıkları su molekülünü, fotosentezin ışık safhasında hidroliz ederek hidrojen ve oksijen moleküllerine ayırırlar. CO₂, yapraklardaki stoma adı verilen gözeneklerden alınır ve suyun hidrolizi ile açığa çıkan hidrojen ile tepkimeye sokulur. Karanlık safha reaksiyonları olarak tanımlanan bir seri enzimatik tepkime sonucunda başta glikoz ve fruktoz monosakkaritleri olmak üzere çeşitli karbohidratlar ve diğer organik bileşikler sentezlenirler. Bu organik maddeler bitki kuru ağırlığının yaklaşık yüzde doksanını oluştururlar (Gardiner and Miller 2008; Bolat ve Kara 2017). Şekil 4. Bitkiler, karbon, oksijen dışında diğer ondört esansiyel elementi suda çözünmüş olarak kökleriyle topraktan almaktadırlar. Bitkisel organizmalar tarafından elementler, katyon ile anyon halde alınabildiği gibi çeşitli bileşikler halinde de alınıp kullanılırlar ve suda çözünebilir elementler farklı oranlarda alınmaktadırlar (Bolat ve Kara 2017) (Tablo 1, tablo 2).

Tablo 1. Makro ve mikro elementler (Bergmann 1992; Kaçar ve Katkat 2010; Bolat ve Kara 2017).

Organik Maddede Bulunan Temel Elementler	Makro Besin Elementleri	Mikro Besin Elementleri
C	N	B Cu (Al)*
H	P	Cl Fe (Co)
O	S	Mo Mn (Na)
	K	Zn (Ni)
	Ca	(Si)
	Mg	(V)

Tablo 2. Bitkisel besin tuzları (Çepel 1988; Jones and Jacobsen 2001; Epstein and Bloom 2005; Bolat ve Kara 2017).

Elementin Adı	Kimyasal Simgesi	Atomik Ağırlığı	Kuru Maddedeki İçeriği %	ppm	Bitkiye Yararışlı Şekli
Hidrojen	H	1.0	6		H ₂ O
Karbon	C	12.0	45		CO ₂
Oksijen	O	16.0	45		O ₂ , H ₂ O
Azot	N	14.0	1.5 (1-5)		NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Potasyum	K	39.1	1.0		K ⁺
Kalsiyum	Ca	40.1	0.5 (0.2-1)		Ca ²⁺
Magnezyum	Mg	24.3	0.2 (0.1-0.4)		Mg ²⁺
Fosfor	P	30.1	0.2 (0.1-0.5)		H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻
Kükürt	S	32.1	0.1 (0.1-0.4)		SO ₄ ²⁻
Klor	Cl	35.5		100 (100-1000)	Cl ⁻
Bor	B	10.8		20 (6-60)	BO ₃ ³⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻
Demir	Fe	55.8		100 (50-250)	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
Mangan	Mn	54.9		50 (20-200)	Mn ²⁺
Çinko	Zn	65.4		20	Zn ²⁺
Bakır	Cu	63.5		6	Cu ⁺ , Cu ²⁺
Nikel	Ni	58.7		0.05	Ni ²⁺
Molibden	Mo	95.9		0.01	MoO ₄ ²⁻

<i>Bitkinin Besin elementlerini topraktan alma yöntemleri</i>
<i>1- Tuzlar.</i>
<i>2- Kil minerallerinin ara tabakalarından</i>
<i>3- Organik madde içerisinde</i>
<i>4- Toprak biyokütlesi içerisinde</i>
<i>Elementlerin topraktan azalması durumları</i>
<i>1- Bitkilerin elementleri alması yolu ile azalır.</i>
<i>2- Toprağın aşırı yıkanması yolu ile azalır.</i>
<i>3-Toprağın erozyona uğraması ile azalır.</i>
<i>4-Denitrifikasyon olayı sonucunda azalır.</i>

Şekil 6. Besin tuzlarının dönüşümü (Özbek vd 2001; Bolat ve Kara 2017).

Gübre ve Gübre Çeşitleri

Şekil 6. da gösterildiği gibi bitki besin elementleri, sürekli bir döngü halindedirler. Bitkiler topraktan inorganik madde alır ve bunu organik maddeye çevirirler ve öldükleri zaman toprağın organik maddesi olurlar ancak eğer ürünler hasat edilirse belli bir zaman sonra toprakta organik ve inorganik madde eksikliği gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, toprak verimliliğini sürekli kılmak için toprağa verilen her türlü besin elementleri (Tablo 1.) gübre olarak adlandırılmaktadır. Toprak yapısının korunması ve tarımın devamlılığının sağlanması için gübreleme oldukça önemlidir.

Tarımda gübre kullanılması birkaç bin yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Çin İmparatoru Huan M.Ö. 3000 yıllarında, sarayın etrafındaki hayvansal atıkları Sarı Nehrin suları ile uzaklaştırarak tarım topraklarına yönlendirmiştir. Bu uygulama sonrası bitki gelişiminin arttığı görülmüş ve sulamayla beraber gübrelemenin önemi anlaşılmaya başlanmıştır (Demirbaş 2012; Özdemir 2014). Türkiye’de ilk gübre üretimi, 1939 yılında Karabük Demir Çelik Fabrikalarında taş kömürünün koklaşması sırasında elde edilen gazlar arasında ki amonyak gazının sülfürik asit ile tepkimesinden elde edilen Amonyum Sülfat (%21 N) ile gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de bugün toplam yedi gübre üreticisi kuruluş bulunmaktadır. Toplam 5.596.900 ton gübre üretim kapasitesi mevcuttur (Goral 2013; Özdemir 2014).

Organik ve suni olmak üzere iki çeşit gübre grubu bulunmaktadır (Asri vd 2011). Organik gübreler, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini, organik bileşikler olarak içeriğinde bulunduran gübrelerdir. Bunlar canlılara ait organik atıklardan oluşurlar ve uygulandığı topraklarda mikroorganizmaların sayısında artışla beraber bitkiye uzun vadede destek olurlar (Yetgin 2010).

Suni gübreler ise yapay olarak hazırlanmış element tuzları şeklindedirler ve bitkiler bu elementleri direkt kullanabilirler. Ancak toprağın mikrobiyomuna etki etmediği için topraktaki madde döngüsüne yardımcı olmazlar ve bitkilere kısa vadede yardım ederler. Bununla beraber organik gübrelerden daha düşük maliyetle ve ihtiyacı karşılayacak oranda üretilip kullanılabilmeleri sebebiyle tarımda genelde bu tür gübreler kullanılmaktadır (Ceritoğlu vd 2019).

Gübrelerin bilinçsiz kullanımı ve buna benzer faaliyetler çevre kirliliği sorununu gitgide arttırmakta ve gün geçtikçe birçok zararlı atığın oluşumuna yol açmaktadır (Esen 2019). Bazı elementlerin toprakta yoğun olarak birikmesi bitkiler için toksik etkilere sebebiyet vermektedir.

Suni gübre kullanımı, zirai ilaçlama gibi uygulamalarla çiftçi daha çok ürün alma peşinde koşarken toprağın ve bütün bir ekosistemin zehirlenmesine sebep olmaktadır (Arslan ve Baş 2020).

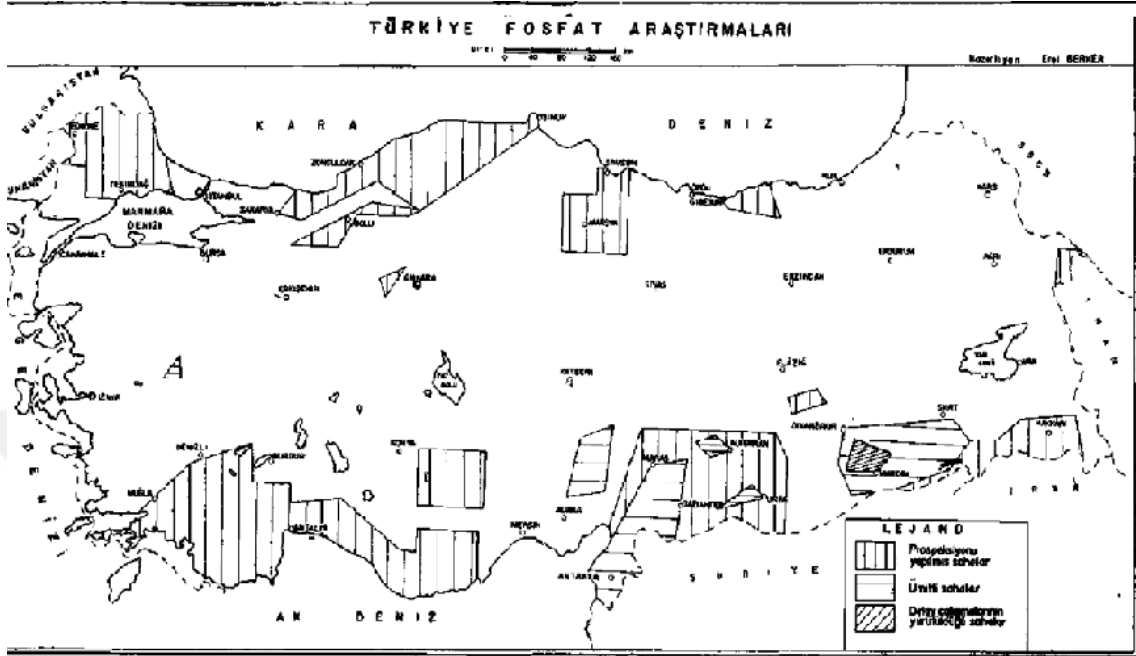
Bu durumda sürdürülebilir tarım için hızlı sonuçlar verebilecek hem ucuz hem de mikrobiyom dostu gübreler gerekmektedir. Tabiatı çok sayıda faydalı mikroorganizma olduğu ve bunların çeşitli özellikleriyle bitki büyüme ve gelişmesini teşvik ettikleri on yıllardır bilinmektedir. Özellikle bakteri ve mikrofunguslardan oluşan bu mikroorganizmaların, bulundukları ortamdan izolasyonu, saflaştırılması ve aşı kültürlerinin hazırlanması sağlanır. Sonrasında bu mikroorganizmalara ait inokülüm kültürü, bir kısım tekniklerle hedef bitkinin tohumlarına, köklerine ya da rizosfer toprağına aşılanır. Bu aşılama ile birlikte bitki beslenmesinde en önemli makro elementlerden birisi olan fosfat ihtiyacını karşılamak üzere inorganik fosfat bileşikler veya fosfat kayası gibi materyaller kullanılır. Doğada kendiliğinden çözünmeyen bu bileşiklerin, hedef bitkiye aşılama mikroorganizmaları sayesinde çözündürülmesi ile birlikte söz konusu mikroorganizmaların diğer faydalı etkinliklerinin de devreye girmesiyle, bitki büyüme ve gelişmesinde ve verimde önemli miktarda artışlar sağlandığını rapor eden çok sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Biyogübre adı verilen ve son yıllarda giderek yaygınlaşan bu uygulamalarda daha çok yararlı özellikleri saptanan çeşitli bakteri ve mikrofungus türleri kullanılmaktadır (Reddy 2014; Parlak vd 2018).

Biyogübreler saçak kök oluşumunu teşvik etmesinden dolayı fide tutma ve yaşama oranlarını da artırmaktadır (Benitez et al. 2004; Contreras-Cornejo et al. 2009; Parlak vd 2018). Biyogübreler toprakta bulunan zararlı patojenleri baskılayarak, faydalı bakterilerin de etkinliğini hızlandırır. Bitkilere faydası olan bu bakterilerin etkinliklerinin hız kazanması ile bitkilerin biyokütlesi önemli derecede artış gösterir (Siddiqui 2006; Parlak vd 2018). Bu etkinliklerin başında azot ve fosfor alımının artırılması (Hasrat 2006; Parlak vd 2018), kök gelişiminin teşvik edilmesi ve absorpsiyon yüzeyinin genişlemesi gibi özellikler sayılabilir. Bu sayede ürün miktarı da artar (Owen et al. 2015; Parlak vd 2018).

Sürdürülebilir ve daha sağlıklı bir ekosistem için bu tür biyolojik ıslah çalışmalarının devam ettirilmesi gerekmektedir. Türkiye’de araştırılması bitmemiş pek çok element kaynağı bulunmaktadır. (Şekil 7) Bu kaynaklardan da biyogübre uygulamalarında yararlanılabilir.

Toprağın fazla gübrelenmesinin ekosisteme zararı olduğu bilinmektedir. Fosfat ise fazla olması durumunda bitkiye zararı az olan elementlerden biridir. Bu durum mikroflorası zarar görmüş toprakları canlandırmak için fosfat gübresini iyi bir seçim yapmaktadır. Dünya gübre tüketiminin yaklaşık 1/3’ünü oluşturan fosforlu gübre üretiminde tek kaynak kaya fosfatları olup, kaya fosfatlarının yerini alabilecek başka kaynak bulunmamaktadır (Erdal ve

Hatipoğlu 1996). Söz konusu olan bu çalışmada fosfat kaynağı olarak tenörü çok yüksek olmasa da ülkemizin en önemli ve yegane fosfat madeni olan Mardin Mazıdağı Kaya Fosfatı ve bu fosfatı çözebilen toprak mikrofunguslarından *Aspergillus niger* MT-4 (F1) ve *Penicillium canescens* PSF77 (F2) türleri kullanılmıştır.



Şekil 7. Türkiye fosfat araştırma haritası (Berker 1972).

Türkiye'nin en önemli fosfat cevheri yatakları Güneydoğu Anadolu Bölgesinde; Mardin, Gaziantep, Antakya, Bingöl-Muş ve Bitlis illeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Bunların dışında birçok yerde de halen ekonomik olmayan fosfat kaynakları bulunmaktadır (Aydoğan 2004; Kayhan 2007; Sınırkaya 2008; Naktiyok 2008; Özdemir 2014). Mardin Mazıdağı ise Güneydoğu Anadolu Bölgesinin önemli fosfat kaynaklarındandır.

Mardin Mazı Dağı

Mardin Mazıdağı bölgesi fosfat kayası bakımından oldukça zengindir (Aydoğan 2004; Özdemir 2014). Söz konusu olan bu çalışmada Mardin Mazıdağı bölgesinden alınan fosfat kayası toprağı, fosfor kaynağı olarak kullanılmıştır (Şekil 7). Bu kayaçlardaki fosforun bitkilerin kullanabileceği forma girebilmeleri için fosfat çözücü funguslardan yararlanılmıştır.



Şekil 8. Mardin Mazıdağı haritası

Hıyar Bitkisi

Bitkiler aleminde (Plantae), Tohumlu bitkiler (Spermatophita) bölümünün Kapalı tohumlular (Angiospermae) alt bölümü, Çift çenekliler (Dicotyledoneae) sınıfı, Kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasında yer alan hıyar (*Cucumis sativus L.*), çok eski zamanlardan bu yana tarımı yapılan, oldukça sulu ve lezzetli bir bitki olarak bilinmektedir. Hıyarın sarılgan özellikte boğumlu bir gövdesi, beş köşeli ya da 3-5 loplu tüylü yaprakları ve büyük sarı renkli çiçekleri vardır. Kimi zaman dikenli, parlak yeşil renkli bir kabukla örtülü ince uzun ve silindirimsi meyvelerinin içinde çok sayıda tohum bulunur (Şekil 9)



Şekil 9. Hıyar bitkisi (Orijinal).

Türkiye'nin her tarafında yetiştirilmekle beraber İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde daha yaygın olan hıyar (*Cucumis sativus L.*) bitkisinin ülkemizdeki üretimi, Çin ve Rusya'dan sonra dünyada 3. sırada yer alır (Özalp 2008; Tepe vd 2008). Seralarda en fazla üretilen sebze domates olup, toplam üretimdeki payı %47 leri bulmaktadır. Bunu hıyar %32, biber %9, patlıcan %7 ve diğerleri %5 oranla izlemektedir. Hıyar ülkemizde en fazla üretimin gerçekleştirildiği ikinci sebzedir (Titiz, 2004; Apan vd 2005). *Cucumus sativus L.* ismi ile bilinen hıyar, gıda maddesi olmasının yanı sıra kozmetik sanayiinde ve deri merhemlerinin yapımında da kullanılan önemli bir tarım ürünüdür (Akyazı ve Ecevit 2008). Bu çalışmada kaya fosfatını çözebilen iki farklı mantar türünün *Aspergillus niger MT-4* (F1), *Penicillium canescens PSF77* (F2) sporları, ülkemizin tek fosfat cevheri olan Mazıdağı fosfat kayası eşliğinde *Cucumis sativus L.*(salatalık) bitkisinin köklerine aşılanmış ve bitkinin büyüme ve gelişimi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

KAYNAK ÖZETLERİ

Tarım arazilerinde birim alandan en yüksek verimi almak amacıyla yapılan bilinçsiz ve aşırı gübrelemeye rağmen arzu edilen sonuca ulaşamadığı, üstelik toprakların giderek çoraklaştığı ve verimsizleştiği görülmektedir. Bu nedenle alternatif çözümler araştırılmış ve bu kapsamda pek çok biyogübre çalışması yapılmış bulunmaktadır. Söz konusu araştırmalarda sıklıkla azot ve fosfat çözücü mikroorganizmaların kullanıldığı görülmektedir. Aşağıda, inorganik fosfat ve kaya fosfatını biyolojik olarak çözebilme potansiyelleri olan mikroorganizmaların kullanıldığı ve biyogübre olarak değerlendirilmelerine ilişkin bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Zineb et al. (2019) yaptıkları çalışmada, Tunus topraklarında yüksek miktarda fosfat çözebilen 8 adet bakteri suşu izole etmişlerdir. Bunların 16s rDNA dizilimi ile *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia* ve *Burkholderia* cinslerine ait olduklarını belirlemişlerdir. Bitki büyümesini destekleme yeteneklerini gözlemlemek adına hem nicel hem de nitel testler yapmışlardır. Bunlardan üçünün kaya fosfatından, kullanılabilir fosfat sentezlediğini belirlemişlerdir. *Pseudomonas koreensis* LT62, *Pseudomonas corrugata* SP77 ve *Pseudomonas frederiksbergensis* G62 suşlarının da önemli miktarda fosfat çözebildikleri ve en iyi sonucu *Pseudomonas corrugata* SP77 izolatının verdiği belirlenmiştir. Bu mikroorganizmaların kimyasal gübrelere, çevre dostu bir alternatif oluşturacağını belirtmişlerdir.

Hamim et al. (2019) yaptıkları çalışmada, pek çok toprak mikroorganizmasının fosfatı bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürdüğünü ve indol asetik asit (IAA), Hidrojen siyanür (HCN) gibi maddeler sentezleyerek bitki beslenmesine katkıda bulunduklarını açıklamışlardır. Bu doğrultuda *Calluna vulgaris* (Süpürge otu) ve rizosferik topraklarından mantar, aktinobakteri ve eriköz familyaya ait izolatlar yapmışlardır. Tüm izolatların çözünmeyen fosfatı çözebildiğini ve PVK katı ortamı üzerinde şeffaf çözünme hareleri ürettiğini kanıtlamışlardır. Aktinobakteriler arasında AH6 izolatı diğerlerinden daha verimli olmuştur. Mantar izolatlarında ise kontrol grubu olan ve iyi bir yan ürün üreten S1 ile karşılaştırıldığında, S2 ve S3 ün daha yüksek konsantrasyonda IAA ürettiğini belirlemişlerdir. Aktinobakteri izolatlarının *Streptomyces* cinsine ait olduğunu, mantarları ise ericoid mikorizal mantarlar ile ilişkili olarak tanımlamışlardır. Bu cinslerin biyolojik gübrelerde rol alabileceklerini doğrulamak üzere bitkiler üzerinde daha çok deney yapılmasını önermişlerdir.

Chakma et al. (2019) yaptıkları çalışmada, tarım topraklarından malathion (böcek ilacı) indirgeyici ve fosfat çözen bakteri izolasyonu yapmışlar ve bunları NBRIP ortamı kullanarak tanımlamışlar ve elde ettikleri 4 izolatın, nitel ve nicel bir seri deney sonunda fosfat çözebilen

bakteriler olduklarını bulmuşlardır. 4 izolatın hepsi malathionin pestisiti ile alakadar edilmiştir. İzolatların tümünün inorganik fosfat çözebilme yeteneğine sahip olduklarını göstermişlerdir. Bu bakterilerle hazırladıkları bir biyogübre ile çevre kirliliğini iyileştirme hedefli bir çalışma yapmışlardır.

Biswas et al. (2018) çalışmalarında, *Metaphire posthuma* (toprak solucanı) bağırsağından 3 adet fosfat çözebilen bakteri izole etmişlerdir. Bunlar PSB 1, PSB 2 ve PSB 3 olarak kodlanmış ve 16S rRNA gen dizilimi ve biyokimyasal karakterizasyon yoluyla *Bacillus megaterium* (MF 589715), *Staphylooccus haemolyticus* (MF 589715) ve *Bacillus licheniformis* (MF589720) olarak tanımlanmıştır. Suşlar önemli konsantrasyonlarda ki Cu ve Zn metallerine direnç göstermiş ve bu durumda bile fosfat çözünürlüğü gerçekleşmiştir. Suşlar; I-triptofan varlığında indol asetik asit (IAA) üretmişler ve amonyum iyonu üretim potansiyelleri sırasıyla PSB3> PSB1> PSB2 şeklinde belirlenmiştir. Maş fasulyesi (*Vigna radiata*) bakteri bakımından zengin koşullar altında daha yüksek çimlenme oranı ve daha hızlı büyüme göstermiştir. Suşların tohum çimlenmesi üzerine etkili oldukları ve sırlamanın PSB3> PSB1> PSB2 şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarında metal stresi altında bile bitki gelişimi artmıştır. Araştırmacılar, bu bakterilerin biyolojik gübre olarak kullanılması ile hem bitki gelişiminin teşvik edileceğini hem de biyolojik iyileşme sürecinin hızlanacağını belirtilmiştir.

Kuo et al. (2018), kimyasal gübrelerin olumsuz çevre etkilerini azaltmak için bitkilerin fosfat çözücü mikroorganizmalar ile aşılanaileceğini bildirmişler ve kalsiyum fosfatı çözmek için mayaları seçmişlerdir. Mayalar, sıvı ortam ve katı agar plaklarda yapılan testler sonunda seçilmiş ve ardından *Arabidopsis thaliana* bitkisine aşılantmıştır. *Cryptococcus laurentii*'nin (JYC370) kalsiyum fosfatı çözüp, bitki büyümesini desteklediği görülmüştür. Bu suşların gelecekte biyogübre ajanı olarak ticari kullanım potansiyellerinin olduğu belirtilmiştir.

Alaylar et al. (2018) çalışmalarında, yeni tasarlanmış bir gen olan PQQ kullanılmışlar ve Erzurum tarım topraklarından izole edilen suşların, kaya fosfatı çözebilme yeteneklerini araştırmışlardır. Yeni tasarlanmış primer setlerin (PqqA2F, PqqA2R, Pqq5F, Pqq5R, PqqF2, PqqF2R) fosfat çözme yetenekleri eski yöntemlerle kanıtlanmış izolatlarla karşı test edilmiştir. Fosfat çözemeyen bakteriler negatif kontrol olarak seçilmiştir. Sonuçlara göre PqqA2F, PqqA2R ile on fosfat çözen bakteri, Pqq5F ile beş fosfat çözen bakteri, Pqq5R primer seti ile on iki fosfat çözen bakteri, PqqF2F ve PqqF2R ile on fosfat çözen bakteri başarılı bir şekilde deneyimlenmiştir. Fosfat çözemeyen bakteriler ise besi yerinde çoğalmamıştır. Sonuç olarak fosfat çözebilen bakteri türlerinin hızlı, ekonomik ve kullanışlı olan bu yöntemle saptanabileceği rapor edilmiştir.

Wei et al. (2018) çalışmalarında, kadmiyum karbonat ve kadmiyumu (Cd) çözebilecek birkaç FÇB (fosfat çözücü bakteri) suşu elde etmişlerdir. Bunlar arasında *Pseudomonas fluorescens* gim-3 ve *Bacillus cereus* qh35, izolatlarının 34 farklı metabolit salgıladığı belirlenmiştir. Bunlardan glukonik asit, Cd nin çözünmesine katkı sağlamıştır (%42,4). Metabolik yol analizi, glukonik asidin oksidasyon yolu ile üretildiğini göstermiştir. Doğrudan oksidasyon yoluna sahip olan fosfat çözücü bakterilerin yüksek Cd mobilize etme kapasitesine sahip olmasının muhtemel olduğu saptanmıştır.

Li et al. (2017) yaptıkları çalışmada, mısır rizosferinden, bir *Paenibacillus* sp. B1 suşu ve dört adet *Pseudomonas* sp. suşu (B10, B14, SX1 ve SX2) ve bir adet te *Sphingobium* sp. SX14 suşu izole etmişlerdir. Suşlar 16S rRNA sekanslarına dayanarak tanımlanmış ve tümünün; Ca_3PO_4 , $FePO_4$ ve $AlPO_4$ gibi inorganik fosfat bileşiklerini çözebildikleri, B1 ve B10 suşlarının ayrıca organik fosfatı (lesitin) çözebildiği belirlenmiştir. SX1 hariç tüm suşlar IAA yüksek seviyede IAA üretmiştir. B1 suşu kök ve sürgün uzunluğunda en yüksek artışa neden olmuştur. B1 olumsuz koşullar altında sporlar oluşturarak hayatta kalabilmektedir. Bu durumda B1 ile yapılacak bir biyogübreinin garanti süresinin daha uzun olacağı ve sürdürülebilir tarım için iyi bir alternatif olacağı saptanmıştır.

Behera et al. (2017); araştırmalarında fosfat kaynağı olarak trikalsiyum fosfat içeren NBRIP-agar ve NBRIP-BPB sıvı besiyeri kullanmışlardır. Mahanadi deltasında ki bir Mangrovdan FÇB izole edilmiş ve PSB-26 olarak kodlanmıştır. Fenotipik ve moleküler karakterizasyona göre türün; *Alcaligenes faecalis* olduğu belirtilmiştir. İzolatın maksimum fosfat çözündürme aktivitesinin 48 µg / ml olduğu bulunmuştur. Fosfat çözünürlüğü sırasında 289 mg / L oksalik asit, 0,2 mg / L sitrik asit, 0,3 mg / L malik asit, 0,5 mg / L süksinik asit ve 0,4 mg / L asetik asitleri ürettiği saptanmıştır. Bakterinin *Arabidopsis thaliana* üzerinde ki etkisi büyümeyi pozitif yönde etkilemiştir. Bu durumda bakterinin fosfat çözücü özelliği ve alkalın fosfotaz üretim aktivitesi ile gelecekte biyoteknolojik uygulamalar için kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Bahadur et al. (2017) çalışmalarında, Hindistan'daki Indo-Gangetic ovasındaki mahsullerin, rizosferinden izole etmiş oldukları 10 rizobakteriyel suşun mineral çözme yeteneklerini değerlendirmişlerdir. Bu suşların trikalsiyum fosfat (TCP) ve atık olarak kullanılan muskoviti önemli ölçüde çözdüğü tespit edilmiştir. Rizobakteriyel suşların bazılarının; IAA, amonyak ve hidrojen siyanür (HCN) ürettiği gözlemlenmiştir. 16 S rDNA gen sekansını temel alan tanımlamada türlerin; *Bacillus subtilis* (BRHU01, BRHU03 ve BHU20), *Bacillus tequilensis* (BRHU02), *Bacillus licheniformis* (BRHU02), *Bacillus licheniformis* (BRHU02) olduğu tanımlanmıştır. *Bacillus* ve *Brevibacillus* cinsine ait *Bacillus pumilus*

(BRHU05), *Bacillus flexus* (BHU02), *Brevibacillus formosus* (BHU16), *Bacillus metilotrofik* (BHU29) ve *Bacillus amiloliquefaciens* (BHU30) türlerinin inorganik P ve K çözme potansiyelleri sırasıyla 0.52 ila 14.49 ve 1.62 ila 8.60 µg mL⁻¹ arasında farklılıklar göstermiştir. *Bacillus* ve *Brevibacillus* türlerinin inorganik fosfat ve potasyum bileşiklerini asitoliz mekanizmalarıyla çözdükleri belirlenmiştir.

Satyaprakash et al. (2017)' in yaptıkları derlemeye göre fosfor, bitkiler için azottan sonra gelen en önemli elementtir. Bitkiler fosfatı topraktan alırlar ve diğer elementlere göre fosfor toprakta akıp gitmez. Al ve Fe oksitler tarafından emilir ve çökelek oluşturur. Genellikle fosfat çözücü mikroorganizmalar (PSM) tarafından, bitkinin kullanabileceği şekle dönüştürülürler. Bitkinin fosfor talebini yerine getirmek için, bitkilere kimyasal formda ek bir fosfor kaynağı uygulanır. Bu gübreler Fosfatın en yaygın biçimlerinden biri, kaya fosfatı veya süper fosfat formundaki gübrelerdir. Ancak bu gübreler kullanılmamalıdır. Zira sürekli kullanılması halinde bu gübreler pek çok çevre sorununa sebep olmaktadır. Araştırmacılar bunlar yerine biyogübrelerin ve mikrobiyal aşılamanın çok daha ekonomik ve çevre dostu uygulamalar olduğunu belirtmişlerdir.

Ordoñez et al. (2016), arbüsküler mikorizal mantarlar (AMF) ve fosfat çözücü bakterilerin (PSB) sinerjistik yaşayabileceğini belirtmişlerdir. PSB nin çözdüğü fosfatı, AMF nin absorbe edip bitkiye taşıyabildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte bu iki mikroorganizma grubu arasındaki etkileşimler ve birbirlerinin büyümesini nasıl etkiledikleri hakkında çok az şey bilinmektedir. Fosfat çözebilen bakterilerin, AMF hifleri ile birlikte büyüüp büyümediği, in vitro olarak PSB nin; patates ve havuç köklerinde AMF'nin büyümesini etkileyip etkilemediği test edilmiştir. Sonuç olarak AMF birçok bakteri suşunun gelişmesine iyi yönde etki etmiştir. Aynı şekilde bakteri suşları da AMF nin hif gelişimi üzerinde iyi yönde etki etmiştir. Bu iki grup organizma arasında sinerjik etkiler bulunmakta olduğu saptanmıştır.

Joe et al. (2016) çalışmalarında, tuza toleranslı iki endofitik ve fosfat çözücü bakteri türünü *Phyllanthus amarus*'tan izole etmişler ve 16s rRNA gen sekansına göre bakterilerin *Acinetobacter sp.* ve *Bacillus sp.* oldukları saptanmıştır. Her iki suşun da bitki büyümesini teşvik edici özelliklerinin pozitif olduğu belirlenmiştir. 160 mM NaCl'deki in vitro koşullar altında hem tek başına hem de kombinasyon halinde, bu suşların *Bacillus megaterium*'a kıyasla daha yüksek bir çimlenme indeksi, bitki biyokütlesi oluşturduğu ve bitkinin fosfat içeriğini artırdığı kanıtlanmıştır.

Oteino et al. (2015), üç tür endofitik ve fosfat çözücü bakteri kullanılmışlar ve bunların yüksek oranlarda Glukonik asit (GA) sentezledikleri ve fosfat çözme becerilerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu suşlar *Psium sativum L* bitkisine aşılansın ve bitkilerin gelişimi önemli

ölçüde artış göstermiştir. Araştırmacılar canlı mikroorganizmalar ile yapılan biyogübrelerin, kimyasal gübrelerle ve böcek ilaçlarına karşı önemli bir alternatif olacağını belirtmişlerdir.

Kaur and Reddy (2015); iki yıllık alan çalışmasında, fosfat çözücü *Pantoea cypripedii* (PSB-3) ve *Pseudomonas plecoglossicida* (PSB-5) bakteri türlerini kullanmıştır. Bu suşlar ve kaya fosfatı eşliğinde bitkilere aşılanmıştır. Bununla birlikte bitkilerin bir kısmına kimyasal fosfat gübresi olan diamonyum fosfat (DAP) verilmiştir. Bu biyogübre, Tahıl verimi, toprak verimi ve ekonomik olarak kimyasal gübreyle kıyasla daha yüksek oranlarda başarı sağlamıştır. PSB nin kaya fosfatı ile birlikte verilmesi diğer yöntemlere oranla daha başarılı bulunmuştur. PSB aşılmasının, kaya fosfatı gübrelemesi ile birlikte, sürdürülebilir tarım sistemlerinde kimyasal gübre uygulamasına uygun bir alternatif olacağı gösterilmiştir.

Sane and mehta (2015), Vadodara ve çevresindeki topraklardan rastgele mantar suşları izole etmiş ve bunlardan üçünün maksimum fosfat kayası çözme yeteneği olduğunu belirlemişlerdir. Bu 3 suş *Pennisetum glaucum* üzerinde ayrı ayrı aşılanmıştır ve Bajra doğal çevre koşullarında saksılarda yetiştirilmiştir. Hepsinde de biyolojik parametreler yüksek çıkmıştır. Kaya fosfatının bol bulunan ucuz bir fosfat gübresi olduğunu ancak suda kendiliğinden çözünmediği için bitkiler bunu kullanamadıklarını, bu durumda çözünürlüğü sağlayacak mikroorganizmalar ile birlikte biyogübre olarak kullanılabileceğini kanıtlamışlardır.

Özdemir (2014) çalışmasında, Mardin Mazıdağı'nda fosfat kayası cevherinin bulunduğu bölgede çeşitli bitkilerin rizosferinden 147 adet mikrofungus izolasyonu yapmıştır. İzolasyon prosedüründen sonra bu suşların Trikalسيوم fosfatı (TCA) çözme yetenekleri, nitel ve nicel olarak belirlenmiştir. Bu suşlardan 32 tanesi fosfatı çözebilmiş ve 5 tanesi en yüksek seviyede fosfat çözmüştür. Beş izolattan üçü (PSF47, PSF71 ve PSF77) *Penicillium canescens*, diğer ikisi (PSF46 ve PSF72) ise sırasıyla *P. glabrum* ve *Mucor hiemalis* olarak teşhis edilmiştir. Bu izolatların her birinden 2×10^6 /ml yoğunlukta spor süspansiyonları hazırlanmış ve yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra çimlendirilmiş mısır (*Zea mays L.*) ve nohut (*Cicer arietinum L.*) tohumları bu süspansiyonlar ile aşılanmıştır. Sonuç olarak araştırmacı, kontrol gruplarına oranla büyüme ve gelişme parametrelerinin daha yüksek çıktığını rapor etmiştir.

İmriz vd (2014) bu derlemede, bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) genel özelliklerinden ve PGPR' nin, bitki köklerinde yaşayan canlılar olduğunu ve atmosfer azotunu bitki köklerine bağlayabildiklerini, kaya fosfatı gibi bitkilerin kullanamayacağı formdaki fosfatı çözerek bitkinin kullanabilmesi için uygun hale getiren canlılar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca PGPR'lerin, bitkinin işine yarayacak enzim ve fitohormon ürettikleri, PGPR'lerin ilk uygulamalarında bitki gelişimini destekleyici amaçlı olmasına rağmen, sonraki

yıllarda yapılan çalışmalarda PGPR'lerin bitkisel üretimde biyolojik kontrol ajanı olarak da kullanılabileceğinin gösterildiğini rapor etmişlerdir.

Dursun (2014) çalışmasında, azot fikseri ve fosfat çözücü çeşitli bakterilerin, bazı lale çeşitlerinde bitkisel gelişime etkisini incelemiştir. Araştırmada *Tulipa gesneriana* L. türüne ait ülkemizde park ve bahçelerde yaygın olarak kullanılan; Pink Impression, Blue Aimable ve Golden Parade çeşitlerine ait lale soğanları kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda formülasyon A (*Pantoea agglomerans* RK-79 + *Pantoea agglomerans* RK-92), formülasyon B (*Pantoea agglomerans* RK-79 + *Pantoea agglomerans* RK-92 + *Bacillus megaterium* TV-91C + *Bacillus subtilis* TV-17C), formülasyon C (*Pantoea agglomerans* RK-79 + *Pantoea agglomerans* RK-92 + *Bacillus megaterium* TV-3D + *Paenibacillus polymyxa* TV-12E) ve formülasyon D (*Pantoea agglomerans* RK-79 + *Pantoea agglomerans* RK-92 + *Bacillus megaterium* TV-6D + *Pseudomonas putida* TV-42A) bakteri formülasyonları kullanılmıştır. Ortalama en fazla yavru soğan sayısı formülasyon C uygulamasında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda da çeşit faktörüne bağlı olarak bakteri formülasyon uygulamalarıyla soğan sayısı ve kalitesinin arttırılabileceği sonucuna varılmıştır.

Aydoğan vd (2013) çalışmalarında; sıcaklık, pH ve tuzluluk gibi çeşitli özellikler bakımından farklılık gösteren habitatlardan bitkilere ait kök ve rizosfer toprakları almıştır. Bu örneklerden, bakteri ve mikrofunguslar için önerilen genel besi yerlerine ekim yapılmıştır. İnkübasyon sonunda 300 bakteri ve 34 mikrofungus türü izole edilerek saflaştırılmış ve bunlardan 24 bakteri ve 6 mikrofungusun tri kalsiyum fosfatı çözebilme yeteneğinde oldukları saptanmıştır. Sonuç olarak bakterilerden; *Bacillus megaterium*, *Enterobacter agglomerans*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter radioresistens*, *Arthrobacter agilis*, *Serratia grimesii*, *Cedecea davisae*, *Pseudomonas viridiflava*, *Vibrio furnissii*, *Brewibacillus brevis*, *Photobacterium leiognathi*, *Chromobacterium violaceum*, *Acinetobacter Iwoffii*, *Erwinia chrysanthemi*, *Paenibacillus polymyxa*, *Aeromonas salmonicida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Serratia fonticola*, *Brewibacillus agri*, *Acinetobacter radioresistens* ve *Pseudomonas syringae* türleri, mikrofunguslardan ise; *Gliocladium roseum*, *Penicillium jensenii*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus oryzae*, *Mucor hiemalis* ve *Trichoderma aureoviride* türlerinin trikalsiyum fosfat çözdükleri belirlenmiştir.

Bashan et al. (2013) bu çalışmada, literatür taramalarının aksine fosfat çözücü bakterileri (PSB) ayırt etmek için kullanılan, trikalsiyum fosfat (TCP) ihtiva eden modifiye besiyerlerinin aslında yeterli bir ayırım yapamadığını, fosfat çözücü bakterileri izole etmek için kullanılan, bu yöntemin zayıf ve güvenilmez olduğunu belirtilmişlerdir. TCP izolasyonu sayesinde sözde binlerce tür izolasyon yapılabilmektedir, ancak gerçekte fosforun bitkilere

doğrudan katkısı için test edildiğinde çok azının gerçek PSB olduğunu, esas olarak Fe-P, Al-P ve Ca-P bileşiklerinin suda TCP den daha az çözünür olduklarını ve testlerin bu bileşikler ile yapılmasının daha doğru olacağını öne sürmüşlerdir.

Saxena et al. (2013) çalışmalarında, iki PSB (*Pseudomonas fluorescens* BAM-4 ve *Burkholderia cepacia* BAM-12) ve bir adet arbusküler mikorizal fungi (AMF) (*Glomus etunikatumun*) kullanmış ve PSB ve AMF nin sinerjistik ilişkisini araştırmıştır. Her iki PSB suşu da AMF ile ayrı ayrı etkileşime girmiştir. Saksılardaki fosfatı TCP ile değiştirdikten sonra bu besin eksikliğinde yetiştirilen buğday bitkilerinin, büyümesinde, besin verimliliklerinde ve tohum veriminde deney gruplarında dikkate değer bir artış bulunmuştur. Toprakta AMF ve PSB popülasyonunun, kök kolonizasyonunda zamanla bir artış sağladığı belirtilmiştir.

Panhwar et al. (2012) çalışmalarında, Malezya’da yetişen aerobik pirinçten fosfat çözücü bakteri (PSB) izole edilmiştir. Ayrıca bunların IAA ve siderofor üretimi araştırılmıştır. *Pseudomonas* spp. türlerinin organik asit üretimini yüksek performansla gerçekleştirdikleri belirlenmiş ve en yüksek fosfat çözünürlüğünü PSB9 suşu sağlamıştır. PSB aşılmasının, faydalı özellikleriyle sürdürülebilir aerobik pirinç yetiştirmede potansiyel biyogübre olarak kullanılabilecekleri belirtilmiştir.

Walpola and Yoon (2012) bu derlemede, çeşitli bakteri (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Enterobacter*) ve mantar suşlarının (*Aspergillus* ve *Penicillium*) güçlü fosfat çözücü organizmalar olduğu belirtilmiştir.

Gomashe et al. (2012) bu çalışmada, *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus niger* suşlarının fosfat çözebilme yetenekleri olduğunu; vitamin, amino asit ve hormon üretiminde bitkilere yardımcı olarak mikoriza kök kolonizasyonunu arttırdığını belirtmişlerdir.

Park et al. (2011)’in araştırmalarına göre, kurşun (Pb) çok toksik bir metal olarak toprakta fosfor (P) ile stabil bileşikler oluşturmaktadır. Fosfat çözücü bakterilerin (PSB) Pb yi ve fosfatı çözüldürme yetenekleri ile kurşunu immobilize etme potansiyelleri test edilmiştir. Bunun için kurşun ile kirletilmiş olan tarım topraklarından 18 adet farklı PSB suşu izole edilmiştir. Bu suşların fosfat çözme, bitki büyümesini artırma ve Pb yi immobilize etme yetenekleri olduğu bulunmuştur. Pb ile kirlenmiş tarım topraklarında iyileştirme için PSB’lerin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Singh and Reddy (2011) bu çalışmada, alkali toprak rizosferinden, *Penicillium oxalicum* izole edilmiştir. Bu PSB, kaya fosfatını çözme ve kaya fosfatının çözünürlüğünü arttırması için teste tabi tutulmuştur. Toprakta yetişen mısır ve buğdayın besi yerindeki fosfat, kaya fosfatı ile değiştirilmiş ve Ardından tohumlara *P. Oxalicum* aşılanmıştır. Uygulama sonunda Mısır ve

buğdayın büyümesi ve verimin önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. *P. oxalicum*'un RP ile birlikte alkali topraktaki kimyasal gübrenin, yerini alabileceği ve mahsul üretimini iyileştirmede yardımcı olduğu saptanmıştır.

Yu et al. (2011) bu çalışmalarında, ceviz ağaçlarından çeşitli bakteriler izole etmişlerdir. Bu izolatlardan 34 tanesinin fosfat çözücü bakteri (PSB), olduğu görülmüş ve 16S ribozomal DNA analizine göre bunlar, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Bacillus*, *Cupriavidus*, *Agrobacterium*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Pantoea* ve *Rhodococcus* cinsleri olarak tanımlanmıştır. Bu izolatların TCP yi katı ve sıvı ortamda çözebildikleri gözlemlenmiş ve bunlardan 3 suşun (W34, W9 ve W12) yüksek fosfat çözme yeteneğine sahip oldukları bulunmuş ve denemeye alınmışlardır. Gölge ev koşullarında W24 ve W12 nin uygulanması, ceviz bitkisinde boy uzunluğu, sürgün ve kök kuru ağırlığını ve azot alımını önemli ölçüde iyileştirdiği saptanmıştır. PSB' büyüme teşvik edici etkisi TCP ilavesi ile daha da yüksek çıkmıştır. Buna karşılık W9 izolatının bitkilerdeki besin seviyelerini arttırmadığı ve bitki büyümesini desteklemediği görülmüştür. Bu durum seracılıkta fosfat çözme kabiliyeti olan mikroorganizmaların kullanılabileceğini göstermiştir.

Ogbo (2010) çalışmasında çürüten manyoklardan, *Aspergillus fumigatus* ve *Aspergillus niger* izole etmiştir. İzolatlar asit üretimi ile birlikte sıvı pikovskaya ortamında $Ca_3(PO_4)_2$, $AlPO_4$ ve $FePO_4$ ü çözebilmeyi başarmıştır. Bununla beraber bitkilerin ihtiyaç duyduğu birçok özelliği de taşımaktadır. *Aspergillus niger* kullanılarak üretilen bu biyogübre uygulaması; *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. bitkisinin büyüme ve gelişiminde olumlu etkiler yaptığı gözlemlenmiştir.

Rahi et al. (2010) çalışmalarında 4 fosfat çözücü bakteri suşu izole etmişler ve bunlar 16s rRNA gen sekansı tanılamasında, *Burkholderia gladioli* 10216, *Burkholderia gladioli* 10217, *Enterobacter aerogenes* 10208 ve *Serratia marcescens* 10238 olarak tanımlanmıştır. Araştırmada *Stevia rebaudiana*'nın toprağına TCP eklenmiş ve ardından bu suşlar ile aşılantmıştır. Bundan sonra bakteriler P çözme yeteneğı ve IAA üretimi açısından test edilmiştir. *B. Gladioli* 10216 en umut verici tepkiyi göstermiştir. Bitkilerin kuru ağırlığı, sürgün biyokütlesi, sürgün uzunluğu, yaprak kuru ağırlığında artış gözlemlenmiştir.

Ahemad and Kahn (2010) araştırmalarında hardal bitkisinin rizosferinden *Enterobakter asburiae* suşu izole edilmiştir. Bu izolatın bitki büyümesinin teşviki, fungusite karşı yüksek bir direnç oluşturduğu ve in vitro koşullarda denemelere tabi tutulması gereken bir organizma olduğu belirtilmiştir. Denemede bitkilere 4 adet fungusit, (tebuconazole, hexaconazole, metalaxyl ve kitazin) uygulanmış ve ardından bu bitkilere *E. asburiae* aşılantmıştır. Fungisitli ortamda bile *E. asburiae*, bitkilerin büyümesini destekleyici aktiviteler göstermiş ancak fungusit

miktarı arttıkça bu aktivitelerde düşüş gözlenmiştir. Fungisit stresli topraklarda ürün verimini artırmak için yapılacak biyogübrelerde *Enterobakter asburiae* suşunun kullanışlı olacağı saptanmıştır.

Zaidi et al. (2009) çalışmalarında, tarım topraklarının çoğunda büyük miktarda fosfor (P) bulunduğunu ancak çözünebilir fosfatın; Ca, Fe, Al, Mg gibi elementlerle birleşerek çözünmez forma dönüşmesi ve çökmesi nedeniyle toprakta P eksikliği durumu oluştuğunu ve sonuç olarak bitkilerin büyümesinin sınırlandığını belirtmişlerdir. Fosfor takviyesi sürdürülebilir üretim sistemlerinde esas olarak kimyasal gübreye bağımlı olduğu için sorun olmaya devam etmektedir. Rizosfer de bulunan bazı mikroorganizmalar bağlı haldeki bu fosfatları çözebilmektedirler. Bunlara fosfat çözücü mikroorganizmalar (PSM) denilmektedir. Bu canlılar bitkiye kullanılabilir P sağlamanın yanında bitki gelişimini olumlu yönde etkileyen bileşikler de oluşturmaktadırlar. PSM ler ileride biyogübre olarak ve çeşitli nedenlerle bozulan toprak durumunu iyileştirmede kullanılabilecekleri saptanmıştır.

Oliveira et al. (2009) çalışmalarında, fosfat (P) eksikliği olan Cerrado biyomunda yetişen mısır bitkisi rizosferinden 371 tür mikroorganizma izole etmişlerdir. Bunlar arasından inorganik ve organik fosfat kaynaklarını kullanmada en iyi olan 45 izolat seçilmiştir. Mikroorganizmaların seçiminde Pikovskaya'nın; fitik asit, soya fasulyesi lesitini, alüminyum fosfat ($AlPO_4$) ve trikalsiyum fosfat ($Ca_3 (PO_4)_2$) içeren modifiye sıvı kültür ortamı kullanılmıştır. Araştırmada verimli mısır genotiplerinin rizosferinde daha fazla çeşitte P çözücü mikroorganizma olduğu gözlemlenmiş ve bu mikroorganizmaların ileride çeşitli uygulamalarda kullanılabilme potansiyellerinin olduğu belirtilmiştir.

Hariprasad and Niranjana (2009) çalışmalarında, Karnataka'nın domates yetiştirme bölgelerinden alınan rizosferik toprak örneklerinden, 43 tane PSRB izolatu elde etmişler ve bunlardan 33 tanesinin hem organik hem de inorganik fosfat bileşiklerini çözme yeteneğinde olduğu belirlenmiştir. Bunlar tohum kalitesini arttırma ve köklerdeki kolonileşme parametreleri doğrultusunda teste tabi tutulmuştur. Yukarıdaki kriterlere dayanılarak ileri çalışmalar için 16 izolat seçilmiştir. Seçilen izolatlarla domates bitkileri üzerinde denemeler yapılmış ve çeşitli derecelerde filiz uzunluğu, taze ağırlık, kuru ağırlık ve fosfor içeriği üzerine olumlu etkileri olduğu kanıtlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar

Çeşitli cam ve plastik malzemeler	Beher, erlenmayer, petri kabı, saksı, pipet, vb.
Otomatik pipet	Socorex ve Nichipet EX
Spektrofotometre	Shimadzu, UVmini, -1240
Saf Su Cihazı	GFL, GERMANY, 2004
Manyetik Karıştırıcı	Nüve, TÜRKİYE, MK-418, SN 05-1083
Otoklav	Hirayama, JAPAN, HVE 50, SN 030787253
Hassas Terazı	Mettler Toledo, CHINA, AL204
İnkübatör	Binder, GERMANY, BD53
Derin Dondurucu	Nuaire, U.S.A
Derin dondurucu (-80°C)	Harris, İngiltere
Buzdolabı	Arçelik, TÜRKİYE, 8190NF
Steril Kabin	Esco, SINGAPORE, AC2-4E1
Vortex	IKA, U.S.A, MS2
Soğutmalı santrifüj	Hettich Micro 22 R
Etüv	Memmert INBE 410158P20199
Çalkalayıcı	Zheheng ZHVY-200B Incubator Shaker
Kurutma kâğıdı	

Çalışmada kullanılan mikroorganizmalar ve Mazıdağı fosfatı

Bu çalışmada 2 adet fosfat çözücü olduğu bilinen fungus kullanılmıştır. Bunlar F1 ve F2 olarak kodlandırılmıştır. F1 kodlu mikrofungus; *Aspergillus niger* MT-4 Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümünde Prof. Dr. Mesut TAŞKIN'dan temin edilmiştir. (Taskin et al. 2013) F2 kodlu mikrofungus; *Penicillium canescens* PSF77 ise doktorasını Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünde yapmış olan Dr. Mustafa ÖDEMİR' in koleksiyonundan alınmıştır. (Özdemir (2014) Bu çalışmada kullanılan Mardin Mazıdağı fosfat kayası ise Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü akademik personeli danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Nuri AYDOĞAN'dan temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan çözeltiler

PDA besi yeri: PDA litreye 39 g olacak şekilde tartılıp agar çözününceye kadar ısıtılmış ve 121°C'de 15 dakika 1,5 atm. basıncında otoklavlanarak hazırlanmıştır.

Şekerli su: %2 lik şekerli su çözeltisi hazırlamak için 1000 ml suda 20 gram şeker çözündürülmüştür. Bu uygulama yeni çimlenen bitkilerin, aşıl原因an mikrofunguslar tarafından sindirilmesini önlemek ve sporların tohum yüzeyine bağlanması amacı yapılmıştır. Spor süspansiyonu içerisine 25 ml %2'lik şeker çözeltisi ilave edilerek uygulama yapılmıştır.

Spor süspansiyonu: PDA ortamı üzerinde gelişen funguslardan 2×10^6 / mL yoğunluğunda spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Ardından hazırlanan süspansiyon uygulama esnasında bitkilerin köklerine 25 ml hacimde püskürtme yolu ile sıkılmıştır.

Arnon ve Hoagland: besi çözeltisi: 1,02 g KNO₃, 0,492 g Ca (NO₃)₂.4H₂O, 0,23 g NH₄H₂PO₄, 0,49 g MgSO₄.7H₂O, 2,86 g H₃BO₃, 1,81 g MnCl₂.4H₂O, 0,08 mg CuSO₄.5H₂O, 0,22 mg ZnSO₄.7H₂O, 0,6 mg FeSO₄, 0,6 mg tartarik asit saf su içerisinde çözündürülmüş ve hacim 1 litreye tamamlanarak hazırlanmıştır.

Modifiye Hoagland: Besi çözeltisinde Hoagland çözeltisi formülasyonu aynen hazırlanmış ancak fosfat kaynağı olarak NH₄H₂PO₄ yerine aynı oranda fosfat içeren Mazıdağı fosfat kayası konularak modifiye Hoagland çözeltisi hazırlanmıştır.

Modifiye Hoagland çözeltisine ilave edilecek fosfat kayası miktarının hesaplanması

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ Molekül ağırlığı (N: 14 H: 1 P: 30 O: 16)



$$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 = 14 \times 1 + 6 \times 1 + 30 \times 1 + 16 \times 4 = 114 \text{ g/mol dür.}$$

$$114 \text{ g/mol} \quad 30 \text{ g P var ise}$$

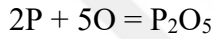
$$0.23 \text{ g/mol} \quad X \text{ g P vardır.}$$

$$X = 0.0605 \text{ g P vardır.}$$

Hesaplamaya göre hoagland çözeltisinde 0,0605 g P vardır.

Aynı şekilde Mazı dağı fosfat kayasında (P_2O_5) bulunan P miktarı da hesaplanır. Bu sayede 2 hoagland çözeltisinde P içeriği olarak denk olmuştur.

P_2O_5 Molekül ağırlığı (P: 30, O: 16)



$$60 + 80 = 140 \text{ g/mol}$$

Modifiye Hoagland'daki P sayısının Hoagland'dakine denk olabilmesi için Hoagland'da bulunan P kadar, yani 0.0605 g P olabilmesi için X gram Mazı dağı fosfat kayası koymalıyız.

$$140 \text{ g/mol} \quad 60 \text{ g P var ise}$$

$$X \text{ g/mol} \quad 0.0605 \text{ g P vardır.}$$

$$X = 0.1411 \text{ gr Fosfat kayası eklenmesi gerekmektedir.}$$

Yapacağımız deneydeki Mardin mazı dağı kayacı düşük tenörlüdür, yani 100 gramın, 10 gramı P_2O_5 tir, bu sebeple;

$$100 \text{ gr} \quad 10 \text{ gr P}_2\text{O}_5 \text{ ise}$$

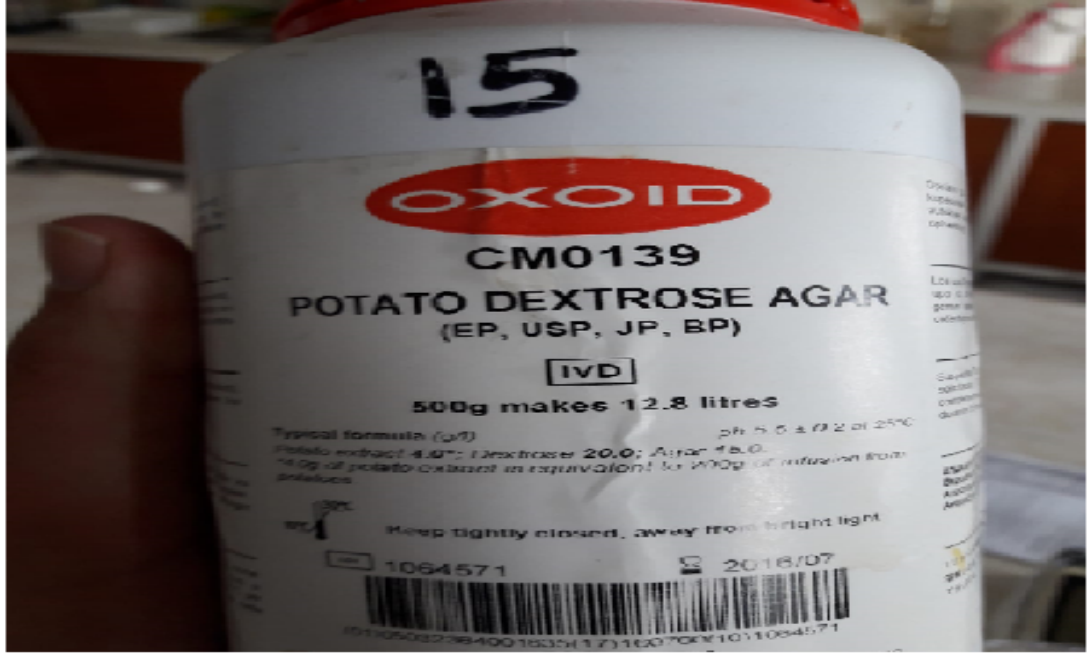
$$X \text{ gr} \quad 0.1411 \text{ gr P}_2\text{O}_5 \text{ olması için}$$

Bizim 1.411 g/L Mazı dağı fosfatı kullanmamız gerektiği hesaplanmıştır.

Yani modifiye Hoagland hazırlarken içeriğine 0,23 g $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ yerine 1.411 gr mazı dağı fosfatı konulur ve P miktarı normal Hoagland ile eşitlenir.

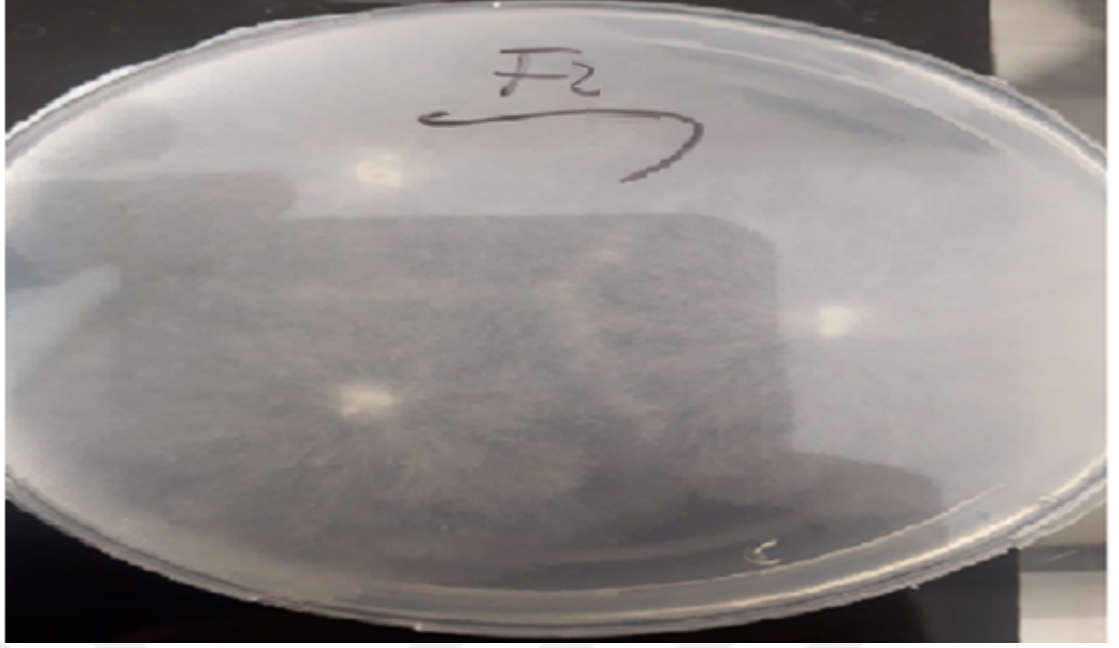
Yöntem

PDA hazırlanması ve mikrofungus ekimi



Şekil 10. Hazır PDA (Orijinal).

Yatık agardaki mikrofungusların canlandırılması ve yenilenmesi için hazır PDA besi yeri kullanılmıştır. Bunun için saf su ile 39 g/L PDA hazırlanarak kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda az sayıda fungus olduğu için 100 ml suda 3,9 gram PDA çözündürülüp, manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve ardından besiyeri otoklavda 121 °C derecede, 1.5 atm basınçta, 15 dakika steril edildikten sonra 50-55 °C derece ye kadar soğuması beklenmiş ve steril kabin ortamında, bunzen alevi yanında steril petrilere dökülmüştür. Katılaşmanın ardından mikrofunguslar bu petrilere ekilmiştir. Daha sonra 30 derecedeki etüvde büyümeleri için 5 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Nokta yöntemi ile ekilmiş tanımlanmamış F2 mantarı (Orijinal).

Tohumların temini

Hıyar bitkisi (*Cucumis sativus* L.) tohumları Erzurum Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Bunlardan eşit boylu olan tohumlar seçilip işleme tabi tutulmuştur. Boyut olarak tohumların enleri ortalama 1 cm, boyları ise 2 cm dir (Şekil 12).



Şekil 12. Eşit boyutta seçilmiş hıyar tohumları (Orijinal).

Tohumların yüzey sterilizasyonu

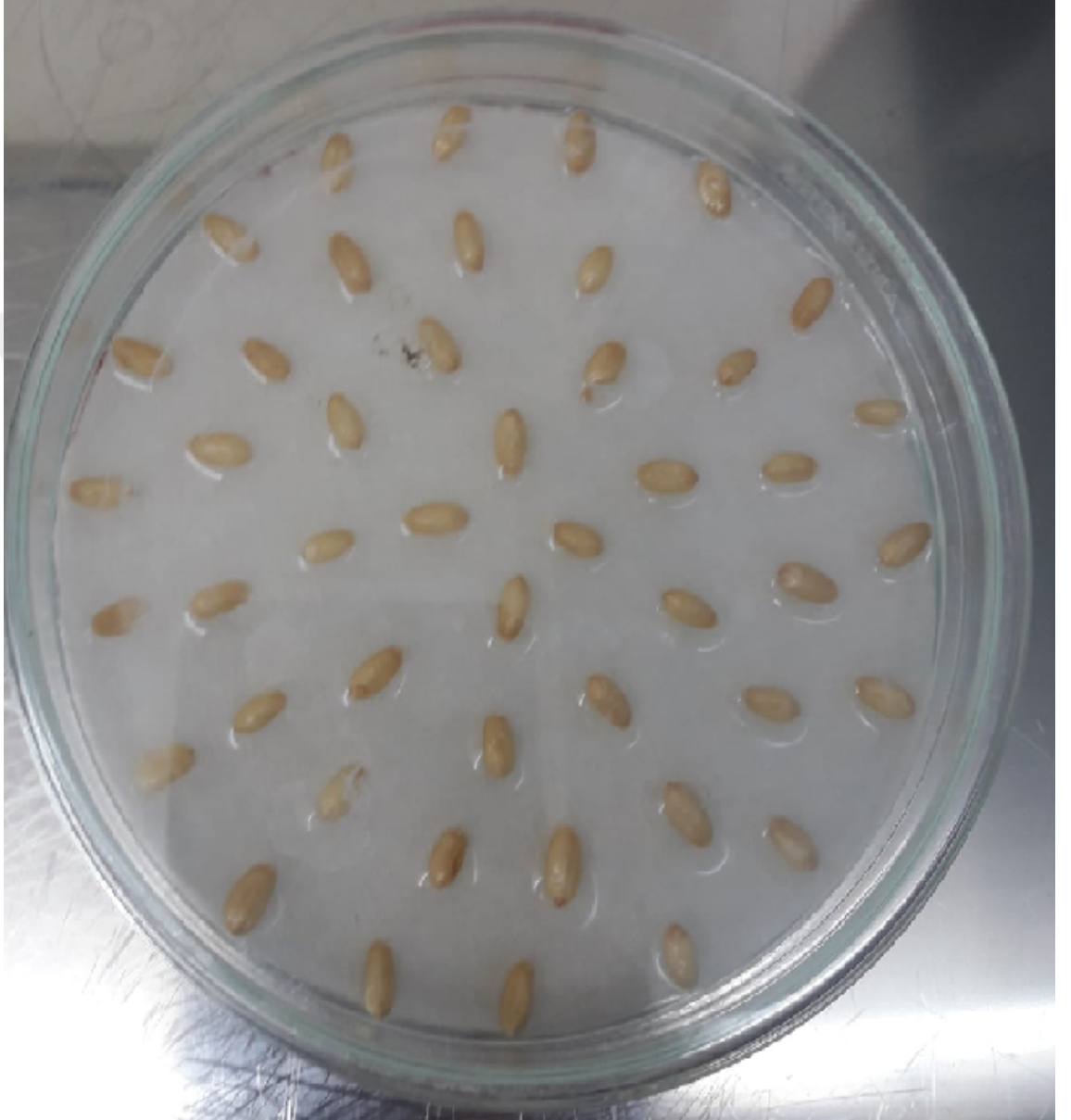
Hıyar bitkisi tohumları ekilmeden önce %96'lık alkol ile hızlıca yıkanmış ve %5'lik sodyum hipoklorit içerisinde 5 dk steril bir kaşıkla karıştırılarak yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur (Özdemir 2014) (şekil 13).



Şekil 13. UV ışığı altında steril edilen malzemeler ve steril kabindeki ekim işlemi (Orijinal).

Hıyar bitkisinin çimlendirilmesi

Sterilize edilmiş hıyar tohumları, oda şartlarında, saf su içerisinde yaklaşık 5 saat şişmeye bırakılmış ve steril kurutma kağıtları ile kaplanıp steril su ile nemlendirilmiş kaplarda 3 gün boyunca karanlık ve steril bir ortamda oda sıcaklığında bekletilmiştir (Zengin ve Munzuroğlu 2006; Özdemir 2014) (şekil 14).



Şekil 14. Etüve konulmadan önceki steril tohumlar (Orijinal).

Kullanılacak inşaat kumunun sterilizasyonu

Bitkilerin büyümesi için kullanılan kum, suyu berraklaşınca kadar musluk suyuyla yıkandıktan sonra 1M HCl (Hidroklorik asit) çözeltisi içerisinde bir gün süre ile bekletilmiştir. Böylece kumun sahip olduğu düşük miktardaki besleyiciler, uygulama sonunda uzaklaştırılmıştır. Daha sonra saf su ile iyice yıkanıp, otoklavda 121°C’de 2 saat süreyle steril edilmiş ve seyreltik %1’lik HCl çözeltisinden geçirildikten sonra üç defa da saf sudan geçirilerek sterilizasyonu sağlanmıştır. %95’lik alkolle steril edilmiş saksılar bu kum ile doldurulmuştur (Çöğender 2011; Sezen 2012).

Saksı deneylerinde kullanılan düzenek

Her biri 3 saksı içeren 5 grup hazırlanmıştır. Toplam 15 saksı kullanılmıştır.

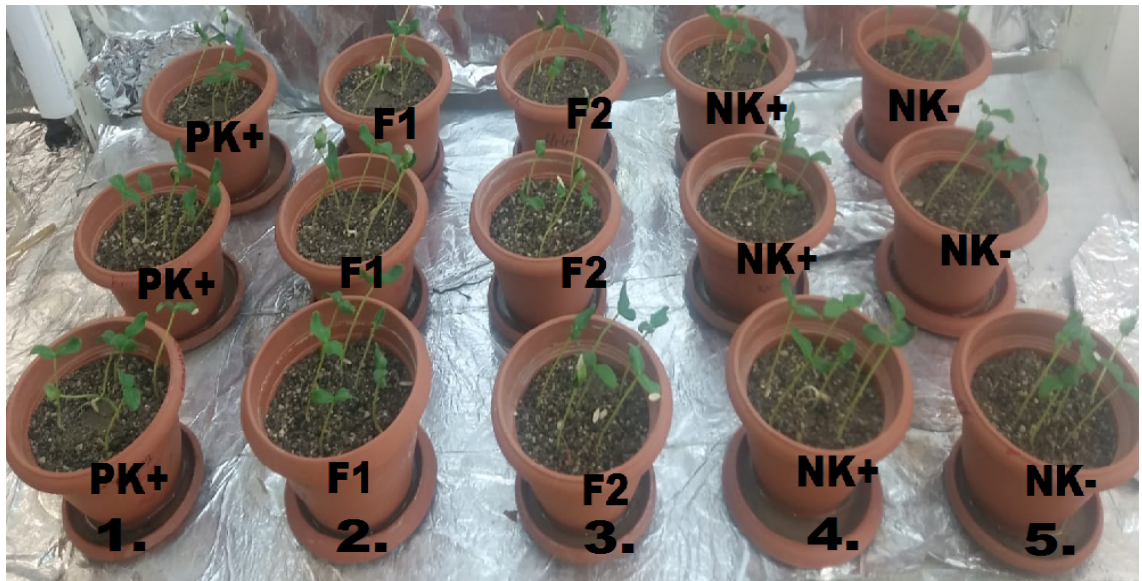
1. Grup pozitif kontrol: Hoagland çözeltisi, saf su ve (PSF) aşılammamış hıyar tohumları kullanılmıştır.

2. Grup F1 deneği: Mazıdağı fosfatı (1.411 gr), saf su, P’sız modifiye Hoagland, F1 (PSF) ile aşılammış hıyar tohumları kullanılmıştır.

3. Grup F2 deneği: Mazıdağı fosfatı (1.411gr), saf su, P’sız modifiye Hoagland, F2 (PSF) ile aşılammış hıyar tohumları kullanılmıştır.

4. Grup negatif kontrol: Mazıdağı fosfatı (1.411gr), saf su, P’sız modifiye Hoagland, aşılammamış hıyar tohumları kullanılmıştır.

5. Grup hoaglandsız negatif kontrol: Mazıdağı fosfatı (1.411gr), saf su, aşılammamış hıyar tohumları kullanılmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Gruplar ve 3 günlük bitkiler (Orijinal).

Bitkilerin büyüülmesi

Steril haldeki, eşit boyda çimlenmiş tohumlar, steril edilmiş 15 saksıya, 5-6 adet olmak koşulu ile ekilmiştir. Ardından 3. Yaprakları çıkana kadar iki günde bir eşit miktarda, 100 ml saf su ile sulanmışlardır. 3 yaprakları çıktıktan sonra (5-7 gün) (şekil 16.) uygulamalara başlanmıştır.



Şekil 16. Üç yaprakları çıkmış, uygulamaya hazır bitkiler (Orijinal).

Pozitif kontrole 1 litrelik Hoagland çözeltisinden 100 ml eklenmiştir. Ayrıca o gün 50 ml saf su ile sulanmıştır.

F1 Deneyi: 1 litrelik modifiye Hoagland çözeltisinden 100 ml eklenmiştir. Ayrıca o gün, %2 lik şekerli sudan 25 ml, 1 litrelik, F1 spor süspansiyonundan da 25ml eklenmiştir. O gün saf su ile sulanmamıştır.

F2 Deneyi: 1 litrelik modifiye Hoagland çözeltisinden 100 ml eklenmiştir. Ayrıca o gün %2 lik şekerli sudan 25 ml, 1 litrelik, F2 spor süspansiyonundan da 25 ml eklenmiştir. O gün saf su ile sulanmamıştır.

Negatif kontrol: 1litrelik modifiye Hoagland çözeltisinden 100 ml eklenmiştir. Ayrıca o gün 50ml saf su ile sulanmıştır.

Hoaglandsız negatif kontrol: Sadece 150 ml saf su ile sulanmıştır.

Ardından deneme grupları arasında gözle görülebilir farklılık oluştuğunda (21. Gün) bitkiler hasat edilmiştir. (Şekil 17).



Şekil 17. Hasat edilmeden önceki 5.gün hıyar bitkileri (Orijinal).

Hıyar bitkilerinin morfolojik parametreleri

Hıyar bitkisinin büyüme ve gelişme parametreleri olarak; kök, gövde uzunluğu, yaprak sayısı, kök, gövde ve yaprak kuru ağırlıkları ve klorofil ölçümlerine bakılmıştır (Koç 2008; Tuna 2011; Özbağ 2013; Özdemir 2014). Ölçümlerde her grubun en başarılı bitkileri seçilmiştir.

Kök uzunluğu (cm): Bitkinin kök boğazından başlanarak en uç kısmına kadar olan kısım cetvel ile ölçülerek belirlenmiştir.

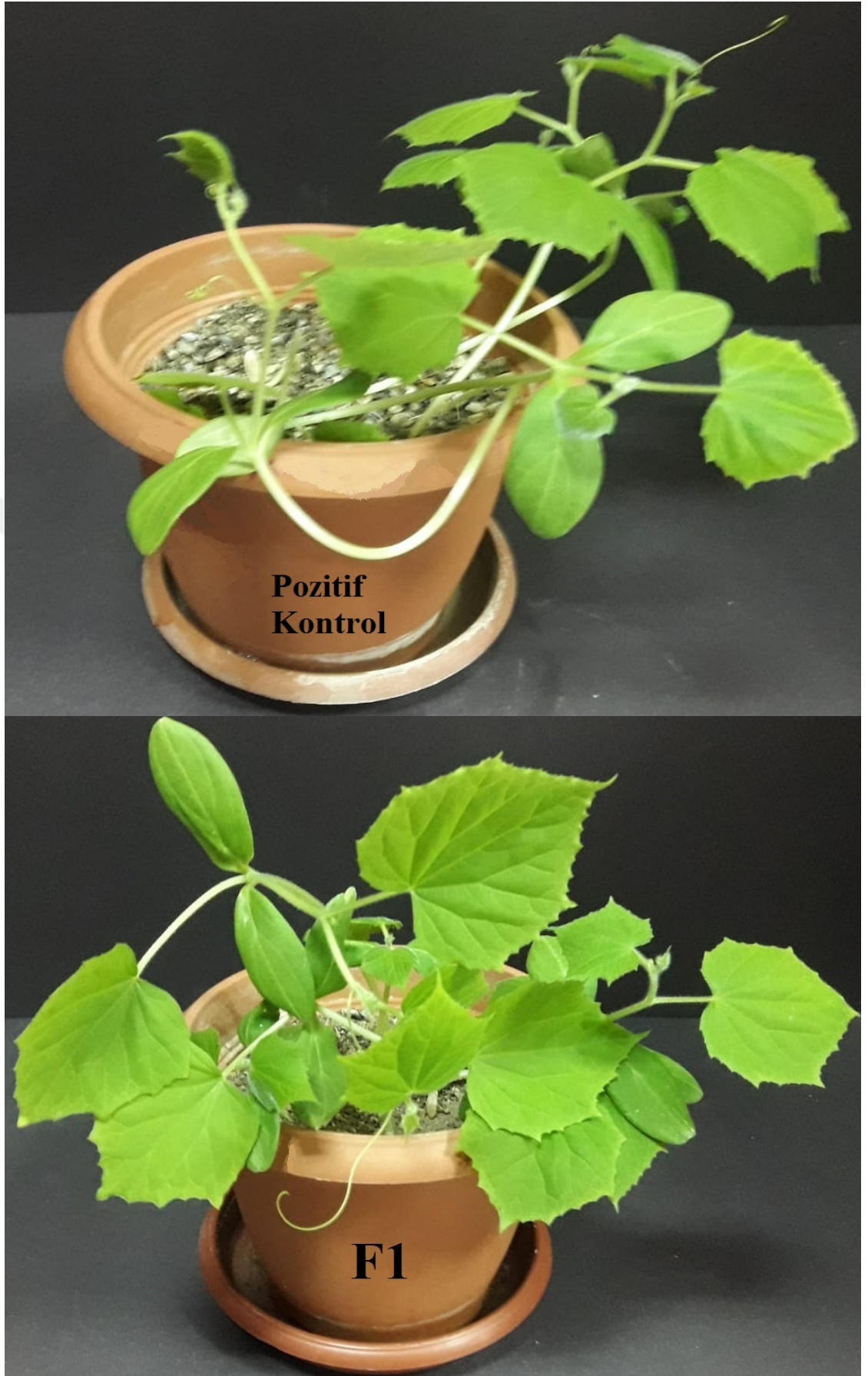
Gövde uzunluğu (cm): Bitkinin kök boğazından tepe büyüme noktasına kadar olan kısım cetvel ile ölçülerek belirlenmiştir.

Kök Yaş ağırlığı (g): Kök hasat edildikten sonra kök boğazından kesilmiş ve ardından hassas tartıda ölçülmüştür.

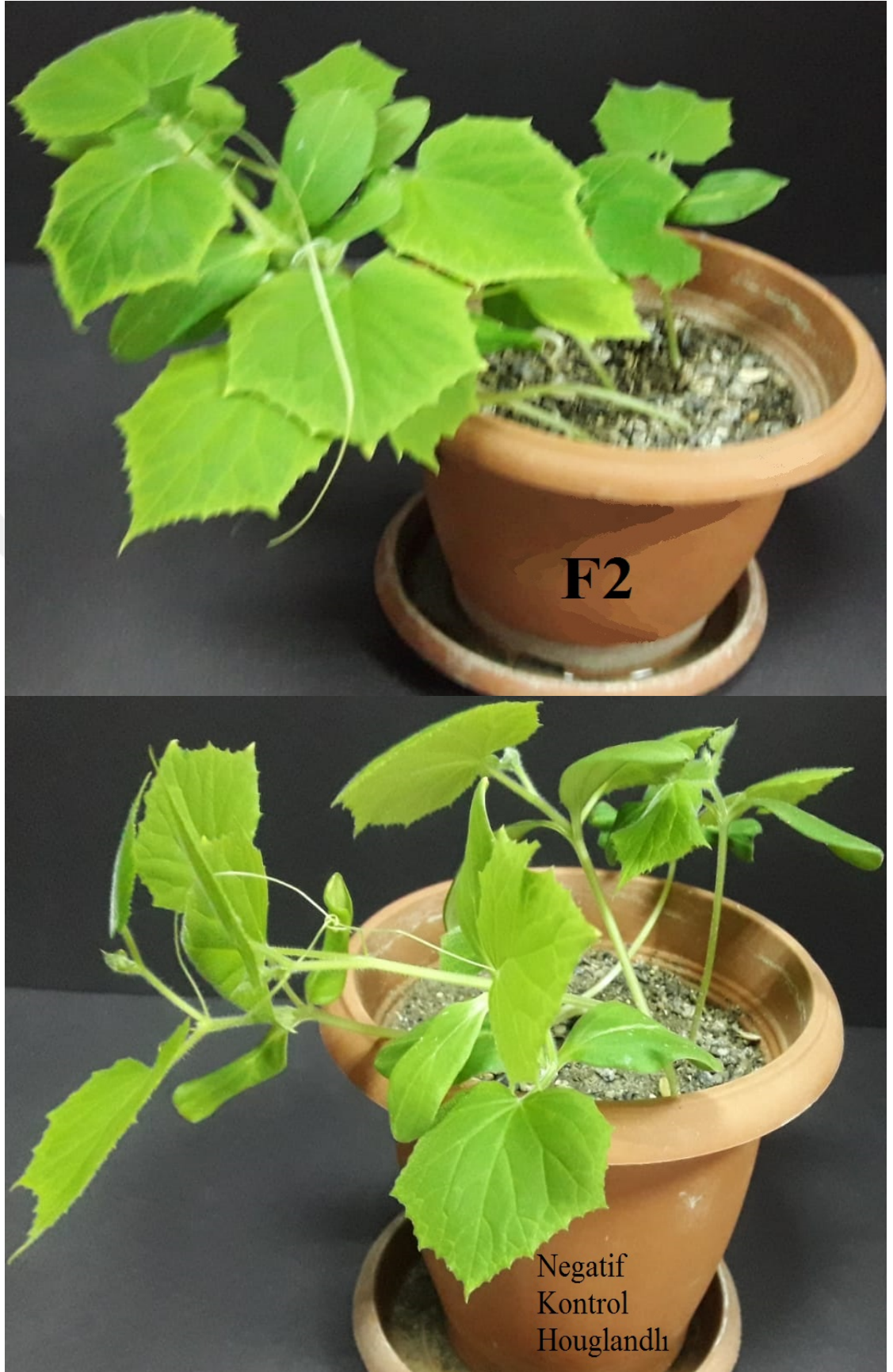
Gövde yaş ağırlığı (g): Gövde hasat edildikten sonra kök boğazından kesilmiş ve hassas tartıda tartılarak ağırlığı tespit edilmiştir.

Kök kuru ağırlığı (g): Kök yaş ağırlığı tespit edilen fideler etüvde ağırlık sabitleninceye kadar kurutulduktan sonra hassas terazi ile tartılarak tespit edilmiştir.

Gövde kuru ağırlığı (g): Gövde yaş ağırlığı ölçüldükten sonra, etüvde ağırlık sabitleninceye kurutulmuş ve sonra hassas terazi ile tartılarak tespit edilmiştir. (Şekil 18, şekil 19, şekil 20).



Şekil 18 Pozitif kontrol ve F1'in hasattan önceki görünüşleri (Orijinal).



Şekil 19. F2 ve NK + deney bitkilerinin hasattan önceki görünüşleri (Orijinal).



Şekil 20. NK- Hasattan önceki görünümü (Orijinal)

Fotosentetik pigment tayini

Hıyar bitkisindeki klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil sayısını bulmak için *Cucumis sativus* L'un yapraklarından 1 gram alınmıştır. Ardından 80 ml soğuk aseton (%80) ile ekstre edilmiş ve son hacim 10 ml ye tamamlanmıştır. Daha sonra homojenat filtre kâğıdından geçirilmiş ve ekstrakt 3000 rpm de, 5 dakika santrifüj edilmiş ve spektrofotometrede süpernatantların sırasıyla 450 nm, 645 nm ve 663 nm de absorbens değerleri not edilmiştir. Süpernatantların üç farklı dalga boyunda kaydedilen absorbens değerleri aşağıda verilen eşitliklerde yerine konulmasıyla, bitki yaprak dokusunun 1 g 'da bulunan klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları mg/doku cinsinden ölçülmüştür.

$$\text{mg klorofil a /g doku} = ((12,7 \times (D663) - 2,69 \times (D645)) \cdot (V/1000 \times W))$$

$$\text{mg klorofil b /g doku} = ((22,9 \times (D645) - 4,68 \times (D663)) \cdot (V/1000 \times W))$$

$$\text{mg toplam klorofil /g doku} = ((20,2 \times (D645) + 8,02 \times (D663)) \cdot (V/1000 \times W))$$

Eşitliklerde: D, klorofil ekstraktının belirtilen dalga boylarındaki absorbens değerini; V, %80'lik asetonun son hacmini; W, ekstre edilen dokunun gram olarak yaş ağırlığını göstermektedir. (Witham et al. 1971)

İstatistiksel analiz

Tez içerisinde sunulan sonuçlar, 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar GraphPad Prism 9.0.0 versiyon programı kullanılarak Duncan'ın çoklu karşılaştırma (One way ANOVA) testine göre belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel hesaplamalar ortalamanın, standart hatasına (SEM) göre hesaplanmıştır. Bu istatistiksel tablolar belirli koşullara bağlı olarak yapılmıştır. Yapılan istatistiksel tablolarda ki koşullar;

Harfler, (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'nın diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla NK+'nın diğer gruplar ile karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise;

1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ / 0,0001; standart hatanın (SEM) en düşük seviyede neredeyse kesin olduğu anlamına gelmektedir. 0.05 standart hata ise kabul edilebilen minimum standart hatadır (SEM). Bu koşullar aşağıdaki bütün istatistiksel tablolarda temel alınmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Gelişim Parametreleri

Hıyar bitkisinin kök ve gövde uzunlukları

Hıyar bitkisi üzerinde yapılan bu araştırmada, deney gurupları gövde boyu açısından, düşünüldüğü gibi anlamlı farklar oluşturmuştur. Buna göre en iyi sonucu veren deney grubumuz F1 olmuş ve ardından sırasıyla F2, Pozitif kontrol, Negatif kontrol ve Hoaglandsız negatif kontrol gelmiştir.

Normal durumlarda bütün elementleri verdiğimiz kontrol grubunun, en yüksek seviyede PK+ nın gövde büyümesini sağlaması beklenirken, F1 suşu kök gelişiminde açıkça pozitif kontrolü geçerek bitkiye destek olmuştur. F2 ise Pozitif kontrolle, F1 arasında bir gelişim göstermiştir. Deney gruplarından en kötü gelişim gösteren gurub ise Negatif kontrol ve Hoaglandsız negatif kontrol olmuştur. Bu iki grubun sonuçları birbirine yakın bulunmuştur (Şekil 19, Şekil 20).

Sonuçlar:

	Gövde
F1:	28,5 cm
F2:	27,0 cm
PK+:	26.5 cm
NK+:	24,0 cm
NK-:	22,5 cm

Hıyar bitkisinde yapılan bu deneyde, deney gurupları kök ve gövde boyu açısından, düşünüldüğü gibi anlamlı farklar oluşturmuştur. Buna göre en iyi sonucu veren deney grubumuz F1 olmuş ve ardından sırasıyla F2, Pozitif kontrol, Negatif kontrol ve Hoaglandsız negatif kontrol gelmiştir.

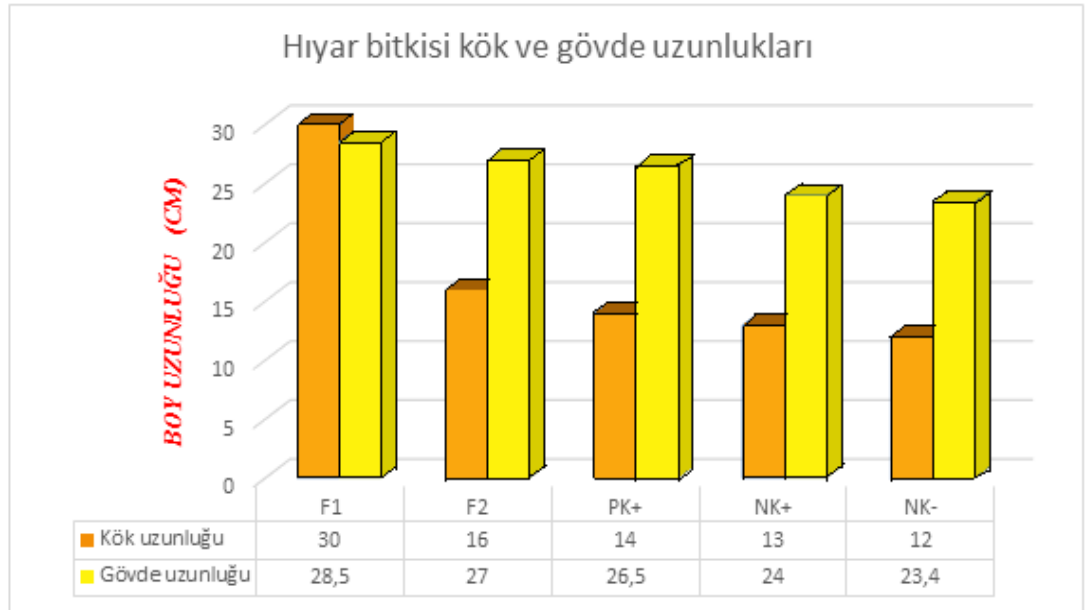
Normal durumlarda her elementi verdiğimiz kontrol grubunun, en yüksek seviye kök büyümesini sağlaması beklenen sonuç iken, F1 suşu pozitif kontrolü geçerek kök gelişiminde bitkiye yardımcı olmuştur.

F2 ise Pozitif kontrolle, F1 arasında bir gelişim göstermektedir. Deney gruplarından en kötü gelişim gösteren gruba ise Negatif kontrol ve Hoaglandsız negatif kontrol olmuştur. Bu iki grubun sonuçları birbirine yakın bulunmuştur (Tablo 3).

Sonuçlar:

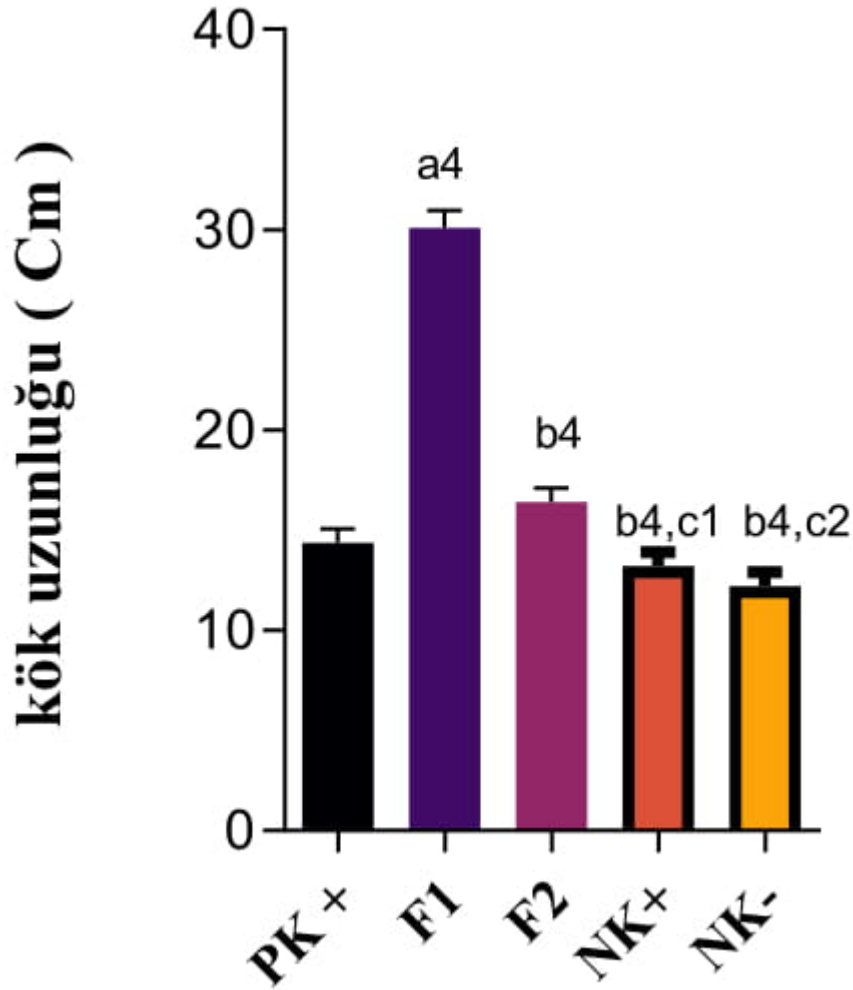
	Kök
F1:	30,0 cm
F2:	16,0 cm
PK+:	14,0 cm
NK+:	13,0 cm
NK-:	12,0 cm

Tablo 3. Kök ve gövde uzunluğu ortalama değerler tablosu



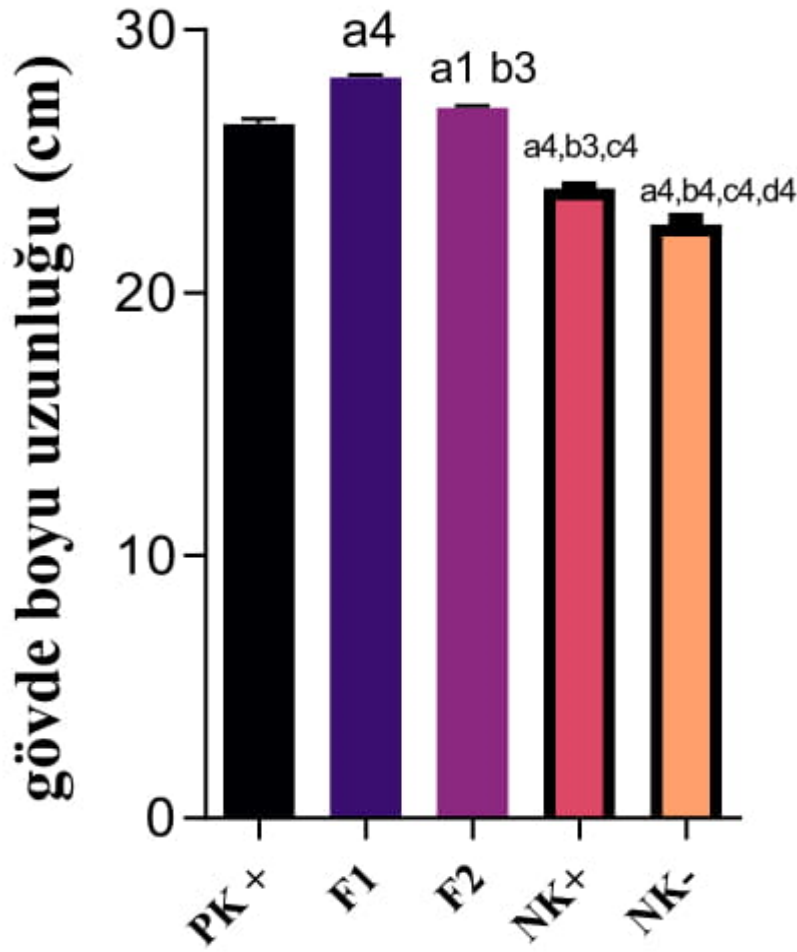
Hıyar bitkisinin kök ve gövde boylarına ait istatistik tabloları

Tablo 4. Kök uzunluğu istatistik tablosu



Yapılan istatistiksel tabloda harfler (a, b, c,) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunuldu. Normalde Hoaglandlı bileşiği alan PK+, gruplar arası en büyük kök uzunluğuna sahip olması beklenmekteydi fakat F1 grubunun, PK+ ve diğer gruplara göre oldukça anlamlı fark ($P < 0,0001$) oluşturduğu belirlenmiştir. F2 grubu ise normalde en uzun olması gereken PK+ 'un uzunluğuna yetişmiş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$). Ayrıca F2 grubunun kökü, NK+ grubundan daha fazla uzamıştır ($p < 0,05$). F2 grubunun kökünün NK- grubundan daha uzun olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,01$). NK+ ve NK- grupları aralarında anlamlı bir sonuç elde edilememiştir ($p > 0,05$).

Tablo 5. Gövde uzunluğuna ait istatistik tablosu



Yapılan istatistik tablosunda ki harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ 'dir. Bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoaglandlı bileşiği alan PK+, gruplar arası en büyük gövde uzunluğuna sahip olması beklenmekteydi fakat F1'in boy uzunluğu PK+ dan daha fazla olmuştur. Aralarındaki fark önemlidir. ($P < 0,0001$) F1 aynı zamanda F2 ve NK+ dan daha uzun bir gövdeye sahip olup aralarındaki fark önemlidir ($P < 0,001$). Bununla beraber F1, NK- den daha uzundur ve aralarındaki fark önemlidir ($P < 0,0001$). F2'nin boy uzunluğu PK+ dan daha fazla olmuştur ve aralarındaki fark önemlidir ($P < 0,05$). F2 aynı zamanda NK+ ve NK- den daha uzun bir boya sahiptir aralarındaki fark önemlidir ($p < 0,0001$) NK+ grubu NK- den daha uzun bir boya sahip olduğu gözlemlenmiştir ve aralarındaki fark önemlidir ($0,0001$). PK+ grubu ise NK+ ve NK- gruplarından daha uzun bir boya sahiptir ve aralarındaki fark önemlidir ($p < 0,0001$).

Hıyar bitkisi kök ve gövde yaş ağırlıkları

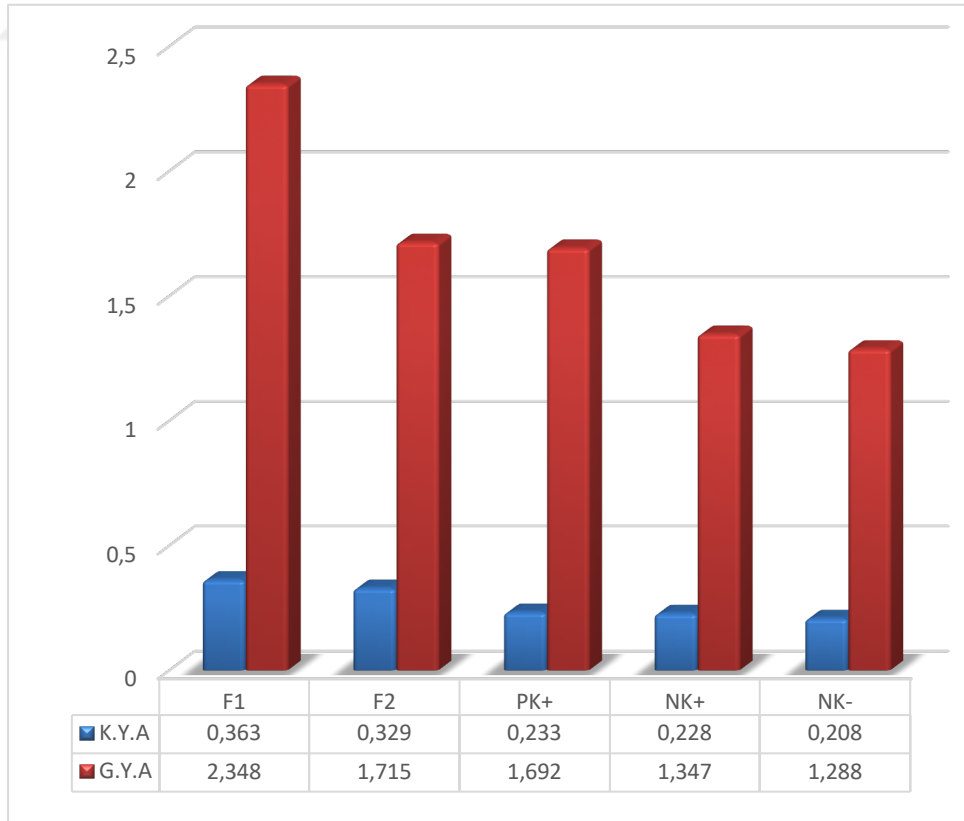
Hıyar bitkisi, hasat edildikten hemen sonra kök boğumundan kesilmiştir. Ardından bitki gövdesi hassas terazide tartılmıştır. Sonuçlara bakıldığında kök ve gövde yaş ağırlığının en fazla olduğu grup F1 olmuş bunu sırasıyla F2, PK+, NK+ ve NK- takip etmiştir.

Normal durumda pozitif kontrolün hepsini geçmesi beklenirdi fakat F1 deneyimizde *Aspergillus niger* MT-4 ile aşılınmış olan bitkimiz önemli bir gelişme sergilemiştir.

Sonuçlar:

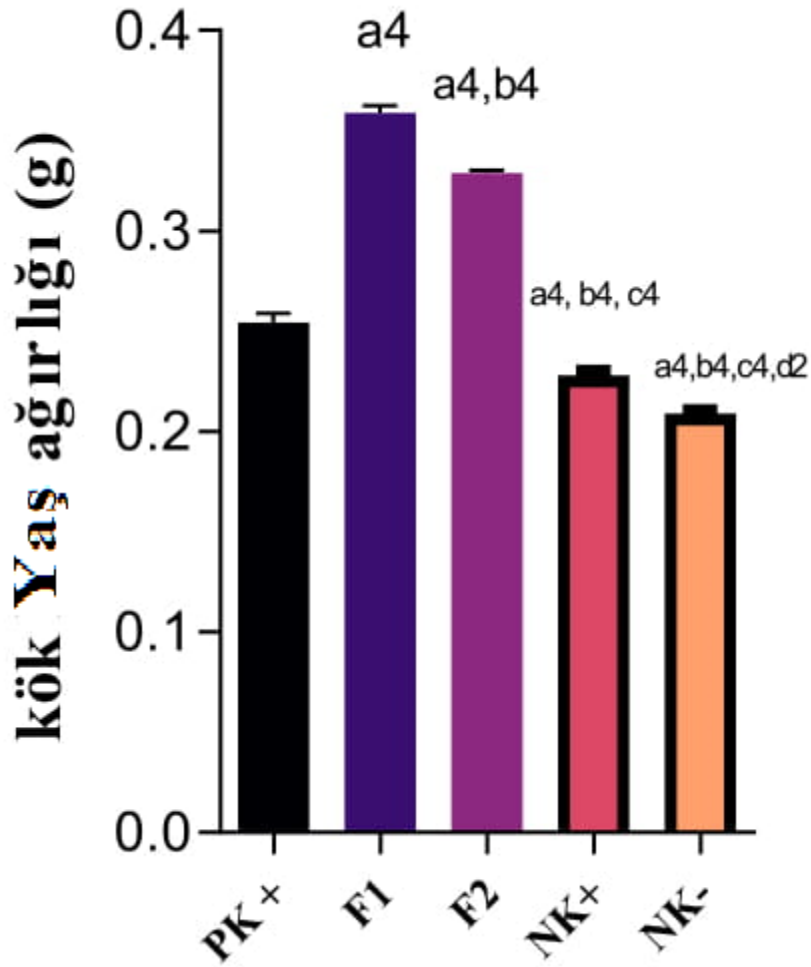
	Kök	Gövde
F1:	0.363 g	2.348 g
F2:	0.329 g	1.715 g
PK+	0.257 g	1.692 g
NK+	0.228 g	1.347 g
NK-	0.209 g	1.298 g

Tablo 6. Kök ve gövde yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler



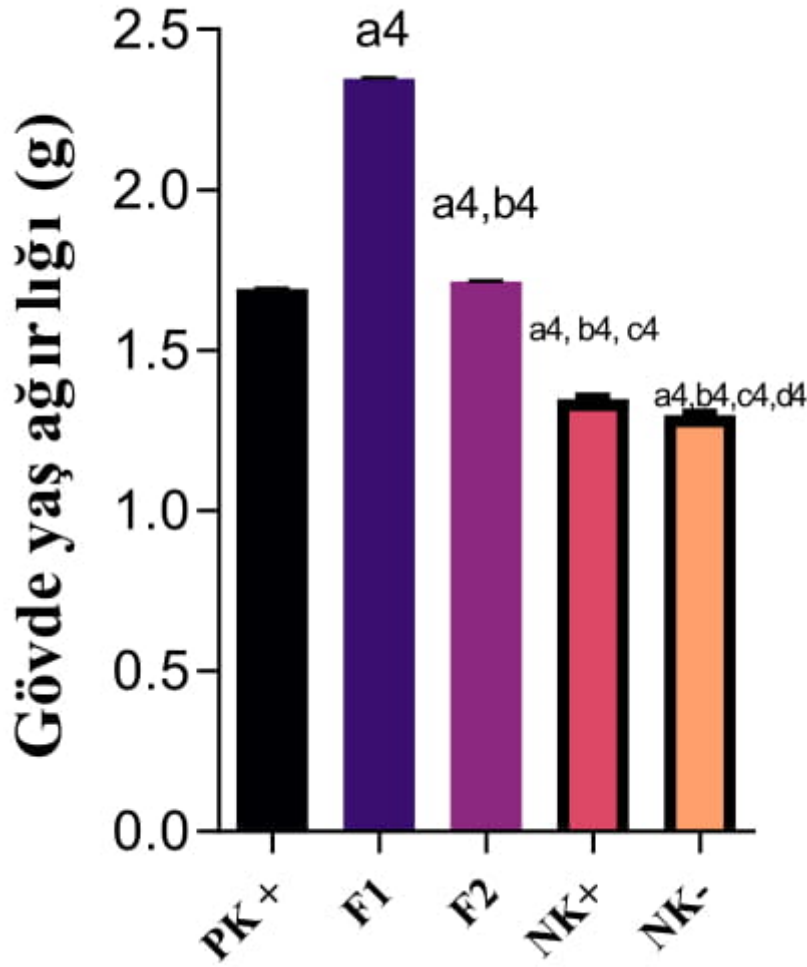
Hıyar bitkisi kök ve gövde yaş ağırlıkları istatistik tabloları

Tablo 7. Kök yaş ağırlığı istatistik tablosu



Yapılan istatistik tablosun da harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoagland besin solüsyonu verilen PK+ grubu bitkilerin kök, gövde ağırlıkları diğer gruplara göre en ağır olması gerekirken F1 grubu diğer bütün gruplardan daha ağır olup aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). F2 grubu F1 dışındaki bütün gruplardan daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). PK+ ise NK+ ve NK- gruplarından daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). NK+ ise NK- den daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,01$).

Tablo 8. Gövde yaş ağırlığı istatistik tablosu



Yapılan istatistik tablosun da harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoaglandlı bileşiği alan PK+ bitkilerinin, gruplar arasında en ağır olması beklenirken F1 suşu ile aşılanmış bitkiler diğer tüm gruplardan daha ağır olmuş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemli bulunmuştur ($p < 0,0001$). F2 suşu ile aşılanan grupta aynı şekilde F1 hariç tüm gruplardan daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). PK+ ise NK+ ve NK- gruplarından daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). NK+ ise NK- grubundan daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$).

Hıyar bitkisi kök ve gövde kuru ağırlıkları

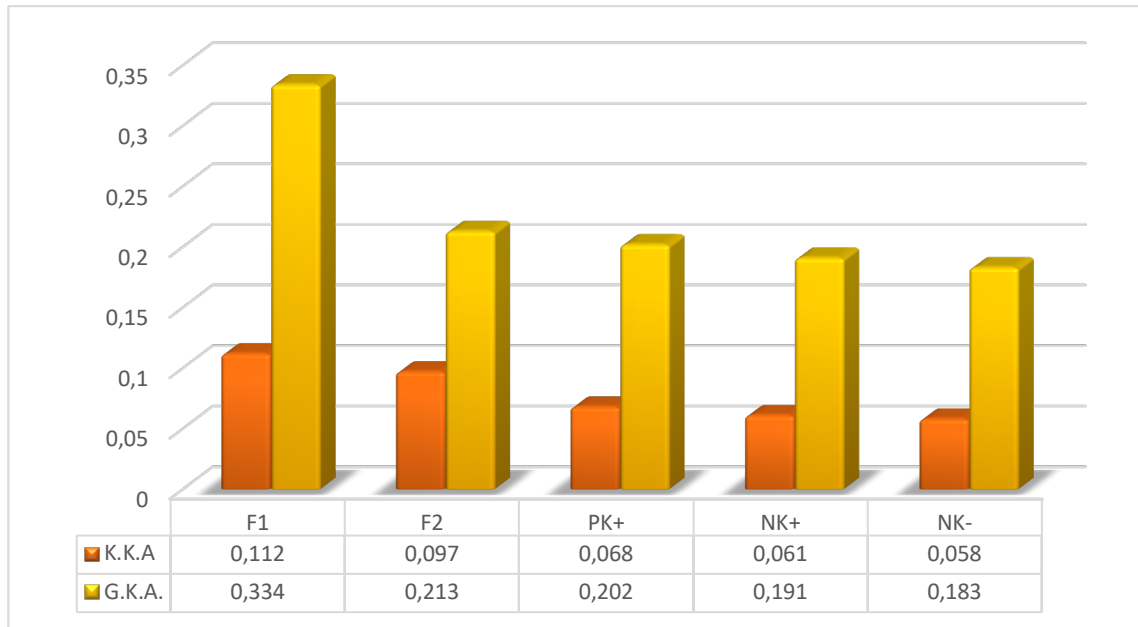
Hıyar bitkisi hasatından sonra kesilmiş ve yaş ağırlıkları bulunmuş olan, kök ve gövde örnekleri, 50-55 °C'de 3 gün etüvde bekletilmiş, sabit bir ağırlığa ulaştıktan sonra hassas tartıda bir kez daha tartılmışlardır.

Bu deney serisindeki en başarılı suşumuz F1 olmuş, ardından sırayla F2, PK+, NK+ ve NK- grupları gelişim göstermiştir (Tablo 9).

Sonuçlar:

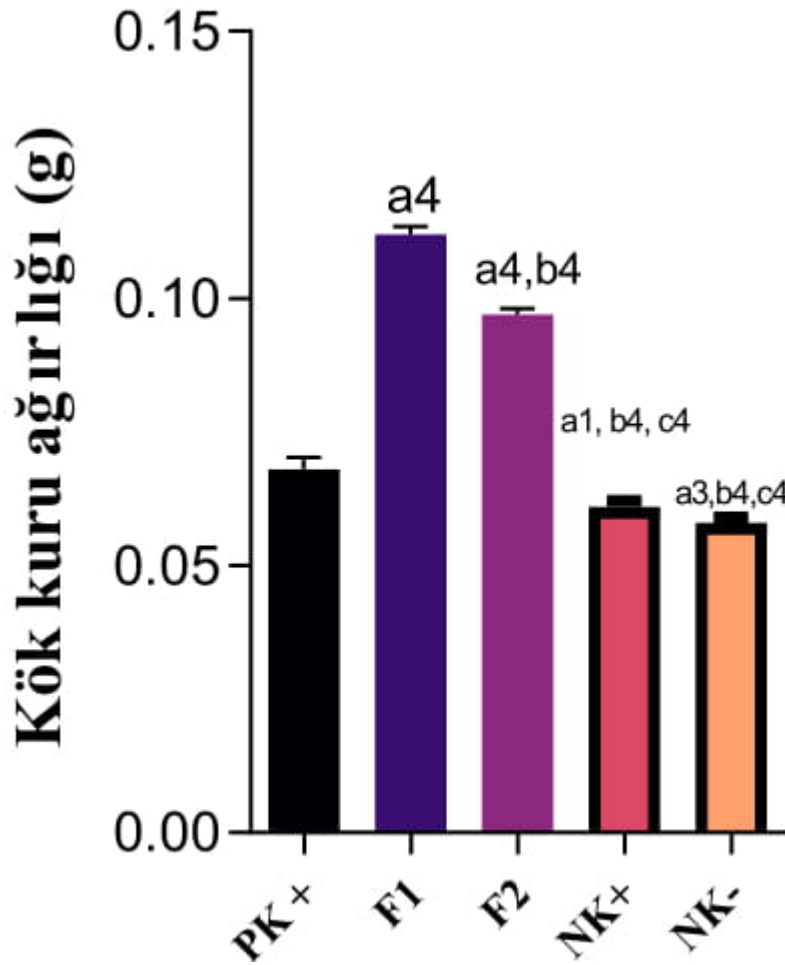
	Kök	Gövde
F1:	0.112 g	0.334 g
F2:	0.097 g	0.213 g
PK+	0.068 g	0.202 g
NK+	0.061 g	0.191 g
NK-	0.058 g	0.183 g

Tablo 9. kök ve gövde kuru ağırlık ortalamaları



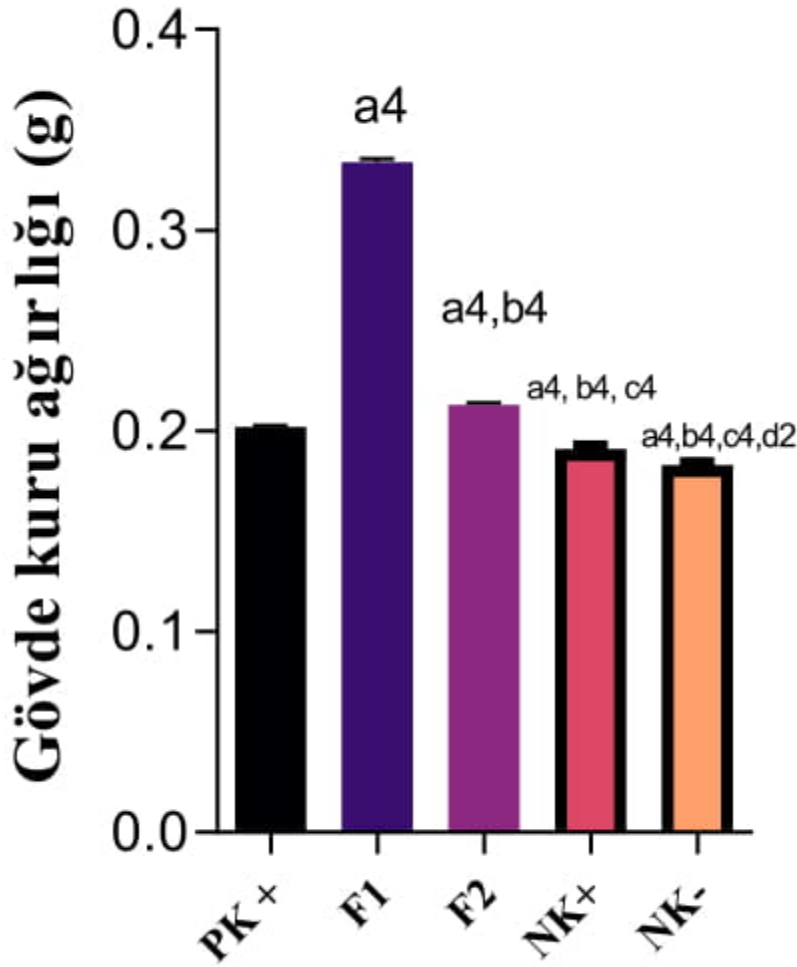
Hıyar bitkisi kuru ağırlık istatistik tablosu

Tablo 10. Kök kuru ağırlığına ait istatistik tablosu



Yapılan istatistik tablosun da harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoagland solüsyonu verilen PK+ grubunun, diğer gruplardan daha ağır olması beklenirken, F1 grubu diğer tüm gruplardan daha ağır gelmiş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemli bulunmuştur ($p < 0,0001$). F2 grubu ise F1 hariç diğer tüm gruplardan daha ağır ölçülmüş ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,0001$). PK+ grubu NK+ grubundan daha ağırdır ve aralarındaki fark önemlidir ($p < 0,05$) ayrıca PK+ grubu NK- grubundan daha ağırdır ve aralarındaki fark önemlidir ($p < 0,001$) NK+ ve NK- grubu hemen hemen yakın ağırlıktadırlar ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemsizdir ($p > 0,05$).

Tablo 11. Gövde kuru ağırlığına ait istatistik tablosu

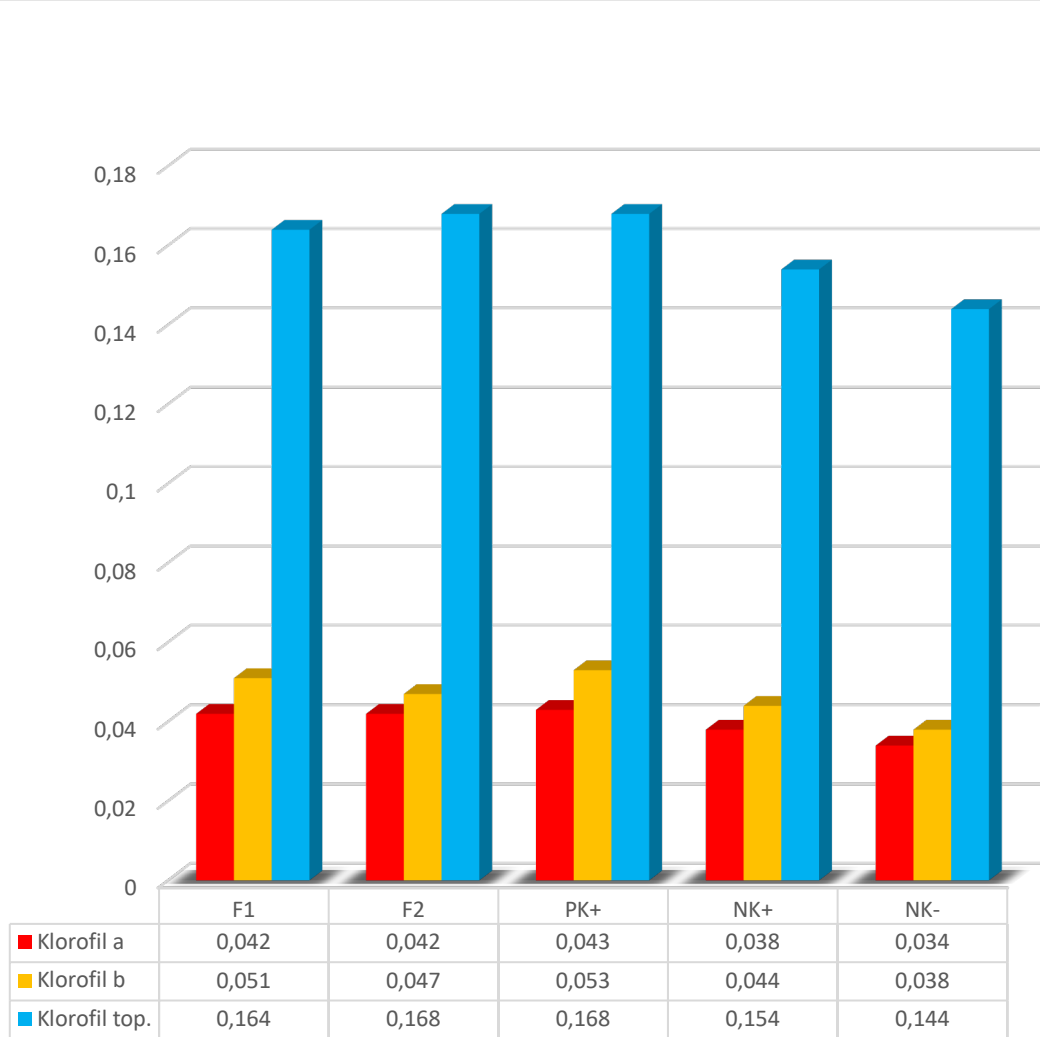


Yapılan istatistik tablosunda harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoagland solüsyonu verilen PK+ grubunun, diğer gruplardan daha ağır olması beklenirken, F1 grubu diğer tüm gruplardan daha ağır gelmiş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemli olmuştur ($p < 0,0001$). F2 grubu da F1 hariç diğer tüm gruplardan daha ağır ölçülmüş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemli çıkmıştır ($p < 0,0001$). PK+ ise NK+ ve NK- den daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$) NK+ ise NK- den daha ağırdır ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,01$).

Hıyar bitkisi klorofil pigment tayini

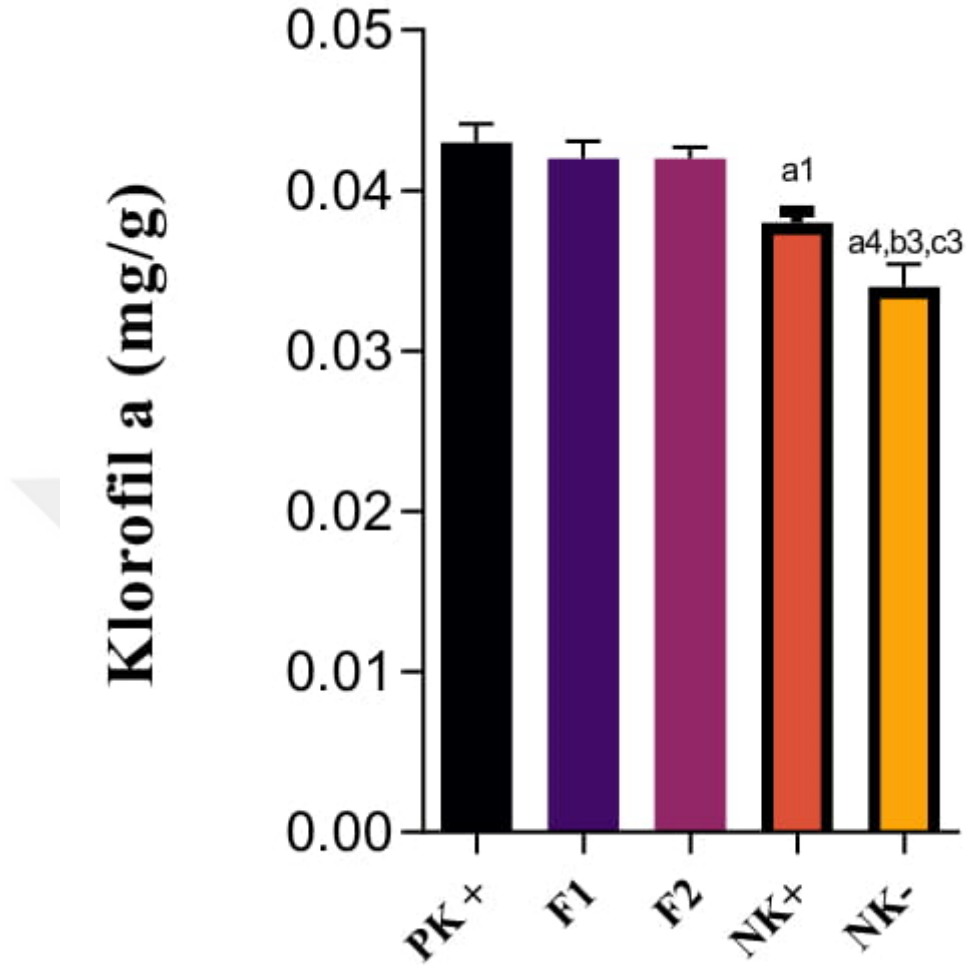
Hıyar bitkisinin absorbans değerleri formülde olduğu gibi yerine konulmuştur, olayın sonunda çıkan sonuçlar aşağıdaki grafikte belirtilmiştir. Kırmızı, sarı ve mavi sütunlar sırasıyla klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarını mg/g göstermektedir.

Tablo 12. Klorofil a, b ve toplam klorofil ortalama değerler mg/g



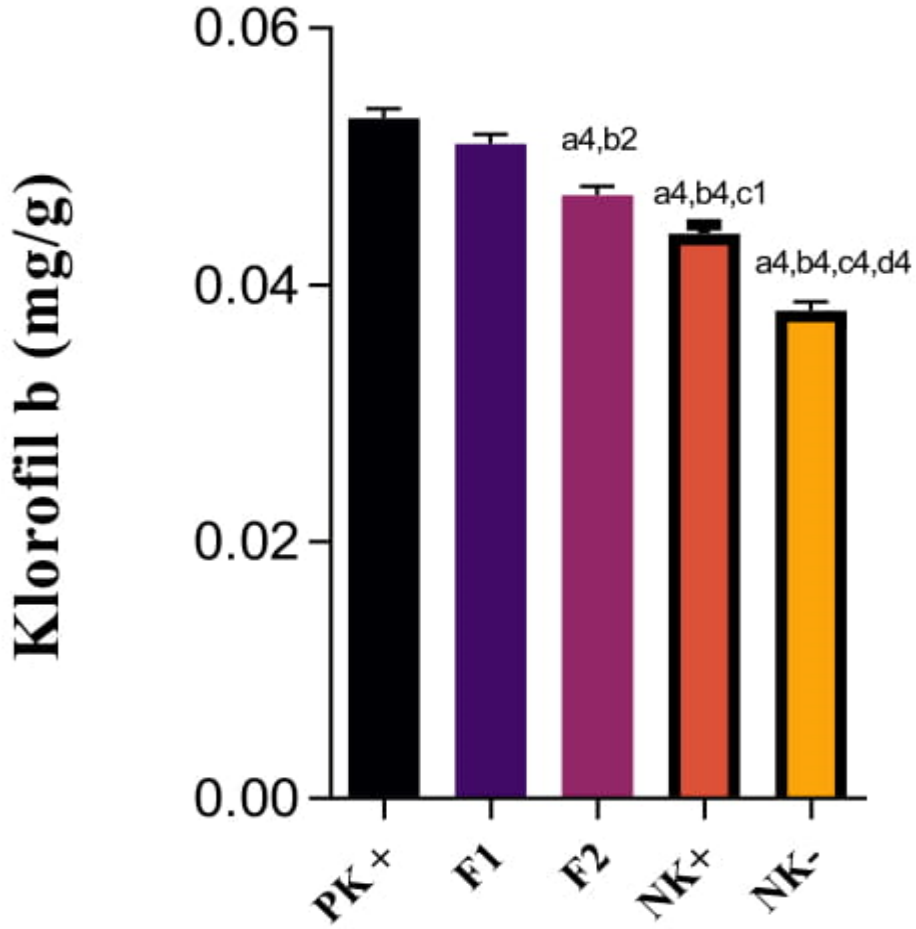
Hıyar bitkisi klorofil pigmentinin miktarına (mg/g) ait istatistik tablolar

Tablo 13. Klorofil a miktarına (mg/g) ait istatistik tablosu



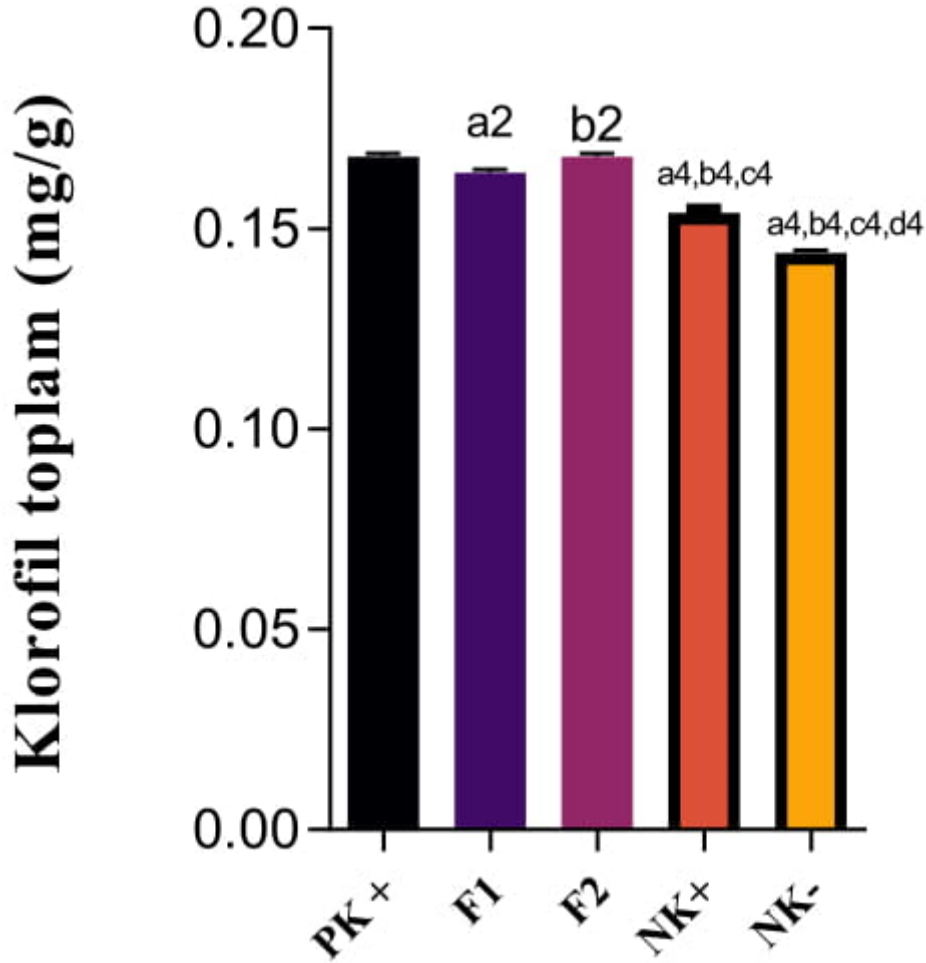
Yapılan istatistik tablosun da harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoagland solüsyonu verilen PK+ grubunun, diğer gruplara göre en yüksek klorofil a oranına sahip olması beklenirken F1, F2 gruplarının değerleri PK+ 'a oldukça yakın ölçülmüş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). PK+ grubu beklenildiği gibi NK+ dan daha fazla klorofil a miktarına sahiptir ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,05$). PK+, NK- den daha fazla klorofil a miktarına sahiptir aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). F1 ve F2 gruplarının NK- grubundan daha fazla klorofil a miktarına sahip olduğu görülmüş ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemli bulunmuştur ($p < 0,001$).

Tablo 14. Klorofil b miktarına (mg/g) ait istatistik tablosu



Yapılan istatistik tablosun da harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Harflerin yanındaki sayılar ise; 1 ifade eder $P < 0,05$ / 2 ifade eder $P < 0,01$ / 3 ifade eder $p < 0,001$ / 4 ifade eder $p < 0,0001$ bu koşullara bağlı olarak veriler, ortama $\pm$ SEM olarak sunulmuştur. Normalde Hoagland solüsyonu verilen PK+ grubunun, diğer gruplara göre en yüksek klorofil b oranına sahip olması beklenirken F1 grubunun klorofil b değerleri PK+ grubunun değerleri ile yakın çıkmış ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemsiz olmuştur ($p > 0,05$). PK+ grubunun, F1 hariç diğer tüm gruplardan daha fazla klorofil b miktarına sahip olduğu ve aralarındaki farkın istatistiğe göre önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,0001$). F1 grubu, F2 den daha fazla klorofil b'ye sahiptir ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,01$). F1 grubu NK+ ve NK- gruplarından daha fazla klorofil b miktarına sahiptir ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,0001$). F2 grubu, NK+ grubundan daha fazla klorofil b miktarına sahiptir ve aralarındaki fark istatistiğe göre önemlidir ($p < 0,05$). F2 ve NK+ gruplarının NK- grubundan daha fazla klorofil b miktarına sahip olduğu ve aralarındaki farkın istatistiğe göre önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,0001$).

Tablo 15. Toplam klorofil miktarına (mg/g) ait istatistik tablosu



Yapılan istatistik tablosun da harfler (a, b, c, d) sırasıyla PK+ 'in diğer gruplarla, F1'in diğer gruplarla, F2'nin diğer gruplarla, NK+'nın diğer gruplarla karşılaştırmasını göstermektedir. Kıyaslanan gruplarda harf bulunmuyorsa kıyaslama yapılan grupla aralarındaki fark önemsiz demektir. Normalde Hoaglandlı solüsyon verilen PK+ grubunun, diğer gruplar arasında en çok toplam klorofil miktarına (mg/g) sahip olması beklenirken F2 grubu ile toplam klorofil miktarları yakın çıkmış ve istatistiğe göre aralarındaki fark önemsiz olmuştur ($p>0,05$). PK+ grubu, F1 grubundan daha fazla toplam klorofil miktarına sahip olmuş ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). PK+, F1 ve F2 gruplarının NK+ ve NK- gruplarından daha fazla toplam klorofil miktarına sahip olduğu ve aralarındaki farkın önemli olduğu görülmüştür ($p<0,0001$). F2 grubu, F1 den daha fazla toplam klorofil miktarına sahip olup aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) NK+ grubu, NK- grubundan daha fazla toplam klorofil miktarına sahip olmuş ve aralarındaki fark yüksek hassasiyetle önemli olmuştur ($p<0,0001$).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Tarih öncesi çağlardan başlayarak devam eden süreçte insanlar ihtiyaç duydukları bitkileri ve bitkisel ürünleri yetiştirirken birim alandan daha çok verim alabilmek için gübrelemenin önemini keşfetmişlerdir. Bu amaçla başta organik hayvan gübreleri olmak üzere bilinçli veya bilinçsiz çeşitli gübreleri kullanmışlardır. Özellikle 20. yüzyılda kimyasal gübrelerin keşfi ve oldukça yoğun bir şekilde kullanımı, tarım topraklarında çoraklaşmaya ve verimsizliğe yol açmıştır. Bu probleme karşı geliştirilen çeşitli uygulamalar ve çözüm arayışları devam ederken gübrelemede alternatif olarak doğa dostu biyogübrelerin keşfi ve kullanılması önemli olmaya başlamıştır (Chen et al. 2018; Zineb et al. (2019).

Toprak mikro florası ve ekosistemdeki rolleri araştırılırken pek çok mikroorganizmanın özellikle bitkilerin kök bölgesi toprağında (Rizosferde) bulunanların, birçok yönden bitki büyüme ve gelişimine iyi düzeyde katkı sağladıkları anlaşılmıştır. Toprak mikroorganizmalarının yararlılıkları arasında başta gelen ikisi azot fiksasyonu ve fosfat çözünürlüğüdür. Toprakta bulunan çözünmez formdaki inorganik fosfat bileşikleri, bunları çözme yeteneği olan mikroorganizmalar tarafından HPO_4 , H_2PO_4 gibi suda çözünebilir, dolayısıyla bitkilerin kullanabileceği fosfat bileşiklerine dönüştürülmektedir. Üstelik bu mikroorganizmaların bitki büyüme hormonlarını sentezleme, etilen seviyesini düşürme, bitkileri patojen organizmalara karşı koruma, siderofor üretme, toprakta biriken zararlı kimyasalları parçalama gibi özelliklerinden de günümüzde yaygın bir şekilde istifade edilmektedir (Gyaneshwar *et al.* 2002; Ahemad and Kibret 2014; Özdemir 2014; Yang et al. 2018; Hamim et al. 2019). Bir kısım araştırmacı ise çeşitli tarım ilaçları ve ağır metallerle zehirlenmiş tarım topraklarının mikrobiyal yolla iyileştirilebileceği konusunda araştırmalar yapmıştır (Park et al. 2011; Liu et al. 2017; Biswas et al. 2018; Chakma et al. 2019).

Gübreleme, yetiştirilmek istenilen bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementlerinin ve minerallerin topraktaki miktarını arttırma amacı ile yapılan her türlü uygulamaya verilen addır. Günümüzde bu amaçla kullanılan gübreler organik ve kimyasal olmak üzere iki çeşittir. İster organik olsun ister suni her iki çeşitte de bitki büyüme ve gelişiminde makro elementler olan azot (N) ve fosfor (P) içerikli gübreler en çok kullanılanlardır. Makro element fosfor (P) toprakta bol olmasına rağmen, genellikle kalsiyum (Ca), demir (Fe), Alüminyum (Al), Magnezyum (Mg) vb. metallerle bağlı, çözünmez fosfat bileşikleri halinde olması ve çökmesi sebebiyle bitkiler için büyümeyi sınırlandırıcı elementtir (Walpola and Yoon, 2012; Özdemir 2014; Satyaprakash et al. 2016).

Toprağa veya hedef bitkinin tohum yüzeyine, köklerine aşıl原因 fosfat çözücü mikroorganizmaların topraktaki çözünmüş fosfor miktarını artırarak, bitkilerde fosfor alımını desteklediği ve dolayısıyla bitki gelişimine olumlu yönde katkı yaptığı belirtilmektedir (Johri et al. 1999; Özdemir 2014). Fosforun çözünebilir hale getirilmesinde ise mikroorganizmaların üretmiş oldukları organik asitler, sideroforlar, mineral asitler, protonlar, karbondioksit ve hidrojen sülfür etkili olmaktadır. (Ivanova et al. 2006; Song et al. 2008; Özdemir 2014;) Mikroorganizmaların, inorganik fosfat bileşiklerini çözme özellikleri bakımından taranması ve çeşitli bitkilerde denenmesini konu alan yüzlerce, binlerce araştırma bulunmaktadır. Çoğu çalışmada; *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Chryseobacterium*, *Gordonia*, *Phyllobacterium* ve *Delftia* gibi birçok bakteri cinsinin fosfat çözme yeteneğine sahip olduğu rapor edilmiştir (Rodríguez and Fraga 1999; Yu et al. 2011; Walpola and Yoon 2012; Panhwar et al. 2012; Minaxi et al. 2013; Aydoğan vd 2013 Özdemir 2014; Dursun 2014; Kaur and Reddy 2015; Liu et al. 2017; Yang et al. 2018; Zineb et al. 2019). Yukarıda yer alan bakteri cinslerinin yanı sıra çalışmalarda ayrıca *Aspergillus* ve *Penicillium* cinsleri başta olmak üzere birçok fungusun da fosfat çözme yeteneğine sahip olduğu gösterilmiştir (ALAM et al. 2002; Noor et al. 2013; Aydoğan vd 2013; Özdemir 2014; Mazrou et al. 2020). Bu çalışmada da inorganik fosfat çözücü özelliği bilinen ve toprak mikrofunguslarının en yaygınlarından olan; F1 kodlu *Aspergillus niger* MT-4, ve F2 kodlu *Penicillium canescens* PSF77 türleri kullanılmıştır.

Literatürde, pek çok araştırmacı kaya fosfatı ve fosfat çözücü mikroorganizmayı birlikte gübre olacak şekilde kullanmış ve oldukça başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (Singh and Reddy 2011; Özdemir 2014; İmriz vd 2014; Kaur and Reddy 2015; Sane and mehta 2015; Zineb et al. 2019).

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi fosfat madeni bakımından en zengin bölge olup rezervlerinin yaklaşık olarak %98'lik kısmı burada bulunmaktadır. Özellikle Mardin Mazıdağı bölgesi fosfat kayası bakımından son derece zengindir (Aydoğan 2004; Özdemir 2014). Bu çalışmada Mardin Mazıdağı fosfat kayası kullanılmıştır. Kayacın çözünmesi ve bitkiler için kullanılabilir forma dönüştürülmesi için iki tür fosfat çözücü fungus kullanılmıştır. Türkiye'de sera bitkileri arasında domatesten sonra 2. sırada gelen hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus* L), büyüme ve gelişim parametreleri üzerine söz konusu iki fosfat çözücü mikrofungus türünün etkileri bu çalışmada araştırılmıştır. Çalışma sonucunda fosfat çözücü mikrofunguslar (PSM) ve kaya fosfatlı biyogübrelerin seracılıkta ve hıyar bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılabileceği görülmüştür. Daha önceki literatür çalışmaları da bizim bulgularımızı desteklemektedir.

Kök ve Gövde Uzunluğunda Mikrofungusların Etkileri

İnorganik fosfat çözücü mikrofunguslar; F1 kodlu *Aspergillus niger* MT-4, ve F2 kodlu *Penicillium canescens* PSF77 ile aşıl原因an hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus* L.) büyüme ve gelişmesi kapsamında kök ve gövde uzunlukları ölçülmüş ve tablo 3 ve 4'te görüldüğü gibi; fosfat çözücü funguslarla (PSF) aşıl原因mış olan hıyar bitkisinin kök ve gövde boyları beklenildiği gibi negatif kontrollerden pozitif olarak önemli ölçüde ayrılmıştır. Üstelik Hoagland solusyunu ile desteklenmiş pozitif kontrole göre de kök, gövde uzunluklarında ($p<0,05$) seviyesinde daha iyi gelişme gözlemlenmiştir. Negatif kontrol ve Hoaglandsız negatif kontrol örnekleri, beklenildiği gibi hem PK+, hem de F1 ve F2 deney gruplarının büyüme parametrelerine kıyasla daha az gelişim göstermiştir. Normalde Hoaglandlı bileşiğı alan PK+ grubunun, diğer gruplar arasında en uzun kök ve gövde uzunluğuna sahip olması beklenmekteydi fakat F1 grubunun, diğer tüm gruplara göre oldukça anlamlı fark ($P<0,0001$) oluşturduğu belirlenmiştir.

Kök ve Gövde Yaş ve Kuru Ağırlığında Mikrofungusların Etkileri

Kök ve gövde uzunluklarında olduğu gibi F1 ve F2 gruplarında hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus* L) kök, gövde yaş ve kuru ağırlıkları da pozitif etkilenmiştir. Tablo 6, 7, 8 ve 9 incelendiğinde; PSF ile aşıl原因mış olan hıyar bitkisinin, pozitif kontrole karşı önemli farkla ($p<0,05$) kök, gövde yaş ve kuru ağırlıkların da artış olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde negatif kontrol ve Hoaglandsız negatif kontrol gruplarında, beklenildiği gibi ağırlık değerleri; PK+, F1 ve F2 gruplarına kıyasla daha az olmuştur. Kök ve gövde ağırlıklarına göre de F1 grubu en yüksek seviyede gelişim göstermiştir.

Fotosentetik Pigment İçeriğine Mikrofungusların Etkisi

F1 kodlu *Aspergillus niger* MT-4, ve F2 kodlu *Penicillium canescens* PSF77 ile aşıl原因an hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus* L.) büyüme ve gelişme parametreleri içerisinde değerlendirilen klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil sonuçları ölçülmüş ve deney grupları arasında mukayeseli değerlendirme yapılmıştır. Tablo 13 incelendiğinde PSF ile aşıl原因mış bitkilerin sahip olduğu klorofil a pigment seviyesinin, pozitif kontrolle kıyaslandığında önemsiz bir farkla ($p>0,05$) birbirlerine yakın değerde olduğu gözlenmiştir. Tablo 14'e bakıldığında F1 ile aşıl原因mış hıyar bitkisinin klorofil b pigment seviyesi, pozitif kontrole karşı önemsiz farkla ($p>0,05$) eşit miktarlarda oldukları gözlenmiştir. Tablo 15'te ise F2 ile aşıl原因mış olan hıyar bitkisinin, sahip olduğu toplam klorofil miktarı bakımından, önemsiz bir farkla ($p>0,05$) pozitif kontrol (PK+) grubuyla eşit değere ulaştığı görülmektedir. NK+ ve NK- gruplarının sahip

olduğu klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları (mg/g), beklenildiği gibi PK+, F1 ve F2 gruplarının gerisinde kalmıştır.

Yukarıda verilen bilgilerden de anlaşıldığı gibi fosfat içerikli kimyasal gübrelerin, tarımdaki rolü oldukça önemlidir. Bu nedenle canlıların gelişmesinde etkin bir besin maddesi olan fosfata, dünyadaki açlığın ortadan kaldırılmasında önemli stratejik bir ham madde olarak bakılmaktadır (İmamoğlu 2001).

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında inorganik fosfat kaynağı olarak Mazıdağı Kaya Fosfatı kullanılmış ve fosfat çözücü özellikleri olduğu bilinen *Aspergillus niger MT-4*, ve *Penicillium canescens PSF77* türleri ile aşılanan hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus L.*); kök ve gövde uzunlukları, yaş ve kuru ağırlıklar, klorofil miktarı (mg/g) gibi büyüme ve gelişme parametrelerine bakılmıştır. Saksı denemeleri aşamasında toprağa, gübre anlamına gelecek herhangi bir katkı vermeden çalışmalar sürdürülmüş ve böylece mikrofunguslar dışındaki faktörlerin verim üzerinde ki muhtemel etkisi dışlanmaya çalışılmıştır.

Özetlemek gerekirse; bu tez çalışması ile elde edilen temel sonuçlar ve ileriye dönük öneriler aşağıda ki gibi sıralanabilir:

1. Saksı denemeleri yapılan hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus L.*) fosfat ihtiyacını herhangi bir işleme tabi tutulmamış doğal haldeki Mazıdağı Kaya Fosfatından karşılayıp karşılamayacağını belirlemek amacıyla tohumları, fosfat çözücü özellikleri bilinen *Aspergillus niger MT-4*, ve *Penicillium canescens PSF77* ile aşılanan bitkinin, kök ve gövde uzunlukları, yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil miktarı (mg/g) gibi büyüme ve gelişme parametrelerine bakılmıştır.

2. Toprak mikrofunguslarından *Aspergillus niger MT-4*, ve *Penicillium canescens PSF77* türlerinin, bitki büyüme ve gelişmesini desteklemede pozitif kontrolle (Hoagland solüsyonu) yarıştıkları, bazı parametrelerde daha iyi oldukları bazı değerlerde eşdeğer oldukları ve dolayısıyla gelecekte bu türlerle daha fazla çalışmalar yapılması bakımından umut verici oldukları anlaşılmaktadır.

3. Çalışmada kullanılan ve benzer özellikte olan türlerin tek tek olduğu gibi 2'li, 3'lü karışık kültürleri ile de uygulama çalışmaları yapılmalı ve sonuçlar tekli kültürlerle karşılaştırılarak en yüksek verimin elde edilebildiği kombinasyonlar belirlenmelidir.

4. Kültür ortamında Mazıdağı fosfatını çözdükleri ve hıyar bitkisinin (*Cucumis sativus L.*) büyüme ve gelişmesinde etkili oldukları belirlenen bu türlerin, bundan sonraki aşamalarda sera ve tarla şartlarındaki etkinliklerini ve rekabet yeteneklerini belirlemek amacı ile çeşitli çalışmaların planlanması ve yapılmasına ihtiyaç vardır.

5. Sera veya tarla çalışmalarında toprağa Mazıdağı kaya fosfatı ilavesinin, bu mikroorganizmalarla birlikte diğer mikroflora üzerinde olumlu veya olumsuz etkilerinin olabileceği varsayımı ile bu konuda da gerekli araştırmalar yapılmalıdır.

Devam edecek araştırmalar ile MFK ve topraktaki diğer inorganik fosfat bileşiklerini etkili bir şekilde çözebilen mikroorganizmaların tek veya karışık kültürlerinden oluşan çeşitli biyogübrelerin elde edilmesi ve kimyasal gübrelere alternatif olarak kullanılması ile hem organik tarıma hem de ülke ekonomisine önemli katkı sağlaması mümkün olacaktır.



KAYNAKLAR

- Ahemad, M. and Khan M. S., 2010. Plant growth promoting activities of phosphate-solubilizing *Enterobacter asburiae* as influenced by fungicides. *EurAsian J BioSci*, 4, 88-95.
- Akdemir, D. ve Özdemir İ., 2015. Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki kızılçam ormanlarında uygulanan tıraşlama kesimlerinin kuşlar üzerindeki etkileri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 16(2), 102-110.
- Akyazı, R. ve Ecevit O., 2008. Samsun ili hıyar seralarında predatör akar *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae)'in dağılımı. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13, 73-85.
- Alaylar, B., Güllüce, M., Karadayı, M., ve Isaoglu, M., 2019. Rapid detection of phosphate-solubilizing bacteria from agricultural areas in Erzurum. *Current microbiology*, 76(2), 1-6.
- Altan, Y., Uğurlu, E. ve Gücel, S., 1999. Şenkaya (Erzurum) ve çevresinin etnobotanik özellikleri. 1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehlrami Karaçam, Kütahya-Türkiye.
- Arslan, A. ve Mesut, B.A.Ş., 2020. Yarasa Gübresi (Guano). *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 478-486.
- Asri, F.Ö., Demirtaş, E. I., Özkan, C.F. ve Arı, N., 2011. Organik ve kimyasal gübre uygulamalarının hıyar bitkisinin verim, kalite ve mineral içeriklerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 139-143.
- Aydoğan, M.N., Algur, Ö. F., Özdemir, M. ve Biyolo, E. F., 2013. Isolation and characterisation of some bacteria and microfungus solving tricalcium phosphate. *Adyütayam*, 1(1), 11-20.
- Bahadur, I., Maurya, B. R., Meena, V. S., Saha, M., Kumar, A. and Aeron, A., 2017. Mineral release dynamics of tricalcium phosphate and waste muscovite by mineral-solubilizing rhizobacteria isolated from indo-gangetic plain of India. *Geomicrobiology Journal*, 34(5), 454-466.
- Bashan, Y., Kamnev, A. A. and de-Bashan, L. E., 2013. Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. *Biology and Fertility of Soils*, 49(4), 465-479.

Baytop, T., 1999. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün). Nobel Tıp Kitabevleri, 480 s, İstanbul.

Behera, B. C., Yadav, H., Singh, S. K., Sethi, B. K., Mishra, R. R., Kumari, S. and Thatoi, H., 2017. Alkaline phosphatase activity of a phosphate solubilizing *Alcaligenes faecalis*, isolated from Mangrove soil. *Biotechnology Research and Innovation*, 1(1), 101-111.

Biswas, J. K., Banerjee, A., Rai, M., Naidu, R., Biswas, B., Vithanage, M. and Meers, E., 2018. Potential application of selected metal resistant phosphate solubilizing bacteria isolated from the gut of earthworm (*Metaphire posthuma*) in plant growth promotion. *Geoderma*, 330, 117-124.

Bolat, İ. ve Ömer, K., 2017. Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.

Ceritoğlu, M., Şahin, S. ve Erman, M., (2019). Vermikompost üretim tekniği ve üretimde kullanılan materyaller. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 230-236.

Chakma, P., Chowdhury, S., Bari, L. and Hoque, S., 2019. A feasible way of degrading malathion pesticide under laboratory condition using phosphate solubilizing bacteria. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7(1), 1-12.

Çakır, A., 2019. Maden İlçesi (Elazığ) geometridae (lepidoptera) faunası ve ekolojisi üzerine araştırmalar. Master's Thesis, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.

Çepel, N., 1988. Orman Ekolojisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. 536 s, İstanbul.

Çetin, M., 2016. Peyzaj çalışmalarında kullanılan bazı bitkilerde klorofil miktarının değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1), 0-0.

Çöğender, M.E., 2011. İnorganik fosfat çözücü bazı bakterilerin nohut bitkisinin (*Cicer arietinum L.*) büyüme ve gelişimi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Dindaroğlu, T., 2017. Doğa-İnsan etkileşiminde yabancılaşıma ve paraekolojik yaklaşım. IV. Ulusal Ormancılık Kongresi, Antalya.

Dursun, D.A., 2014. Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin lale çeşitlerinin bitkisel gelişimi, soğan sayısı, kalitesi ve mineral madde içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Esen, M., 2019. Toprak yıkama yöntemiyle Cd ve Pb ile kirlenmiş tarımsal toprakların iyileştirilmesi. Master's Thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Erdal, İ. ve Hatipoğlu, F., 1996. Mardin-Mazıdağı ham fosfat atıklarının gübre olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(3), 221-225.

Gündem, M. ve Nartop, D., 2017. İndol içeren polimerik-schiff bazları. Master's Thesis, Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir.

Gomashe, A., Suriya, S. And Dharmik, P., 2012. Isolation and identification of phosphate solubilizing fungi from rhizospheric soil. International Journal of Science Innovations and Discoveries, 2(2), 310-315.

Hamim, A., Boukeskase, A., Ouhdouch, Y., Farrouki, A., Barrijal, S., Miché, L. and Hafidi, M., 2019. Phosphate solubilizing and PGR activities of ericaceous shrubs microorganisms isolated from Mediterranean forest soil. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 19(8), 11-28.

Hariprasad, P. ve Niranjana, S. R., 2009. Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. Plant and Soil, 316(1-2), 13-24.

İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M. N., Yakışır, E. ve Okur, O., 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 12(2), 1-19.

Joe, M. M., Devaraj, S., Benson, A. and Sa, T., 2016. Isolation of phosphate solubilizing endophytic bacteria from Phyllanthus amarus Schum & Thonn: Evaluation of plant growth promotion and antioxidant activity under salt stress. Journal of applied research on medicinal and aromatic plants, 3(2), 71-77.

Kahveci, E., Malkoçoğlu, S., Yeşilkaya, M. ve Kahveci, S. N. İ., 2017. Tokat il merkezi ve ilçelerinde yetişen bazı odunsu bitkilerin etnobotanik özellikleri. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6(2), 62-75.

Kaplan, O. ve Avcı, M., 2012. Bildircin karma yemlerine katılan organik ve inorganik magnezyum katkılarının yumurta verimi ve kalitesi üzerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 23(2), 77-81.

Kaptan, M. A. ve Sarı, H., 2019. Yapraktan farklı gübre uygulamalarının karnabahar (Brassica oleracea L.) gelişimi üzerine etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(4), 512-516.

Kasım, Ö., 2016. Magnesium's functions and metabolism in poultry nutrition. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(2), 165-173.

Kaur, G. ve Reddy, M. S., 2015. Effects of phosphate-solubilizing bacteria, rock phosphate and chemical fertilizers on maize-wheat cropping cycle and economics. *Pedosphere*, 25(3), 428-437.

Korkmaz, M. ve Turgut, N., 2008. Biological Diversity and Conservation. Erzincan binali yıldırım üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, www.biodicon.com (26.01.2021)

Kuo, C. Y., Fu, S. F., Chou, F. C., Chen, R. Y. and Chou, J. Y., 2018. Phosphate-solubilizing characteristics of yeasts. *Mycosphere*, 9(6), 1117-1131.

Lev, E. and Amar, Z., 2000. Ethnopharmacological survey of traditional drugs sold in Israel at the end of the 20th century. *Journal of Ethnopharmacology*, 72, 191-205.

Li, Y., Liu, X., Hao, T. and Chen, S., 2017. Colonization and maize growth promotion induced by phosphate solubilizing bacterial isolates. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1253.

Malyer, H., Aydın, S. Ö., Tümen, G. ve Er, S., 2004. Tekirdağ ve çevresindeki aktarlarda satılan bazı bitkiler ve tıbbi kullanım özellikleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (7), 103-11.

Mazrou, Y.S., Makhlouf, A.H., Elbealy, E.R., Salem, M.A., Farid, M.A., Awad, M.F., Hassan, M.M. and Ismail M., 2020. Molecular characterization of phosphate solubilizing fungi *Aspergillus niger* and its correlation to sustainable agriculture. *J. Environ. Biol.*, 41, 592-599.

Odum, H.T. and Odum, E.C., 1976. *Energy Basis for Man and Nature*. Mc Graw-Hill Book Company, 297 p, USA.

Ogbo, F. C., 2010. Conversion of cassava wastes for biofertilizer production using phosphate solubilizing fungi. *Bioresource Technology*, 101(11), 4120-4124.

Oliveira, C.A., Alves, V.M.C., Marriel, I. E., Gomes, E.A., Scotti, M.R., Carneiro, N. P. and Sa, N.M.H., 2009. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(9), 1782-1787.

Ordoñez, Y. M., Fernandez, B. R., Lara, L. S., Rodriguez, A., Uribe-Velez, D. and Sanders, I. R., 2016. Bacteria with phosphate solubilizing capacity alter mycorrhizal fungal growth both inside and outside the root and in the presence of native microbial communities. *Plos One*, 11(6), 10-13.

Otieno, N., Lally, R.D., Kiwanuka, S., Lloyd, A., Ryan, D., Germaine, K.J. and Dowling, D.N., 2015. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. *Frontiers in Microbiology*, 6, 745.

Özdemir, M., 2014. Fosfat çözücü bazı mikrofungusların Mazıdağı fosfatı eklenmiş ortamda mısır (*Zea mays* L.) ve nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkilerinin büyüme ve gelişimi üzerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.

Öztürk, L., (2016). Bitki besleme ve topraklar. Raven Bitki Biyolojisi, Türkan., İsmail., Palme Yayıncılık, Ankara, 683-707.

Panhwar, Q.A., Othman, R., Rahman, Z.A., Meon, S. and Ismail, M.R., 2012. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from aerobic rice. *African Journal of Biotechnology*, 11(11), 2711-2719.

Park, J. H., Bolan, N., Megharaj, M. and Naidu, R., 2011. Isolation of phosphate solubilizing bacteria and their potential for lead immobilization in soil. *Journal of Hazardous Materials*, 185(2-3), 829-836.

Parlak, S., Yılmaz, M. ve Özgün, O., 2018. Biyogübre uygulamasının *Cupressus arizonica* ve *Acer saccharum* L. fidanlarının bazı morfolojik özelliklerine etkisi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 5(2), 117-122.

Rahi, P., Pathania, V., Gulati, A., Singh, B., Bhanwra, R. K. and Tewari, R., 2010. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing bacteria on plant growth, stevioside and rebaudioside-A contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Applied Soil Ecology*, 46(2), 222-229.

Salcan, S., 2012. *Ergan dağı (Erzincan)'nın florası*. Master's Thesis, Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.

Sane, S.A. and Mehta, S.K., 2015. Isolation and evaluation of rock phosphate solubilizing fungi as potential biofertilizer. *J Fertil Pestic*, 6(2), 156-160.

Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E.U.B., Sadhana, B. and Vani, S.S., 2017. Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(4), 2133-2144.

Saxena, J., Chandra, S. and Nain, L., 2013. Synergistic effect of phosphate solubilizing rhizobacteria and arbuscular mycorrhiza on growth and yield of wheat plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(2), 511-525.

Sezen, A., 2012. Bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin izolasyonu, identifikasyonu ve nohut (*Cicer arietinum* L. cv. Aziziye-94) bitkisinde biyogübre ajanı olarak kullanılabilme potansiyellerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Singh, H. and Reddy, M.S., 2011. Effect of inoculation with phosphate solubilizing fungus on growth and nutrient uptake of wheat and maize plants fertilized with rock phosphate in alkaline soils. *European Journal of Soil Biology*, 47(1), 30-34.

Tepe, A., Ertok, R. ve Yılmaz, M., 2008. Bazı hıyar (*Cucumis sativus* L.) genotiplerinin fide döneminde tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Derim*, 25(2), 35-43.

Tütenocaklı, T., 2002. Ayvacık (B1, Çanakkale) ve çevresinin etnobotanigi. Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Walpol, B.C. and Yoon, M.H., 2012. Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 6(37), 6600-6605.

Wei, Y., Zhao, Y., Shi, M., Cao, Z., Lu, Q., Yang, T. and Wei, Z., 2018. Effect of organic acids production and bacterial community on the possible mechanism of phosphorus solubilization during composting with enriched phosphate-solubilizing bacteria inoculation. *Bioresource Technology*, 247, 190-199.

West, H.H., 1981. Chloroplast symbiosis and development of the ascoglossan opisthobranch *Elysia chlorotica*. MS Thesis, Northeastern University, USA.

Witham, F. H., Blaydes D.F. and Devlin. R.M., 1971. Experiments in plants physiology. van nostrand reinhold co. 245 p, New York.

Yetgin, M.A., 2010. Samsun'da Organik Tarım Çalışmaları. Samsun Tarım İl Müdürlüğü yayını, 20s, Samsun.

Yu, X., Liu, X., Zhu, T.H., Liu, G.H. and Mao, C., 2011. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization. *Biology and Fertility of Soils*, 47(4), 437-446.

Zaidi, A., Khan, M., Ahemad, M. and Oves, M., 2009. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 56(3), 263-284.

Zeren, I., Cantürk, U. ve Yaşar, M.O., 2017. Bazı peyzaj bitkilerinde klorofil miktarının değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 174-182.

Zineb, A.B., Trabelsi, D., Ayachi, I., Barhoumi, F., Aroca, R. and Mhamdi, R., 2019. Inoculation with elite strains of phosphate-solubilizing bacteria enhances the effectiveness of fertilization with rock phosphates. *Geomicrobiology Journal*, 37, 1-9.



ÖZGEÇMİŞ

Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 2016 yılında mezun oldu. 2019 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

