

**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UZUN YILLAR İŞLENEN VE İŞLENMEYEN TOPRAKLARDA  
FARKLI FOSFOR FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ**

**Esmâ ALTUĞ KARAKAŞ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2018**



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UZUN YILLAR İŞLENEN VE İŞLENMEYEN TOPRAKLARDA  
FARKLI FOSFOR FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ**

**Esmâ ALTUĞ KARAKAŞ**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2018**

Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ danışmanlığında, Esmâ ALTUĞ KARAKAŞ'ın hazırladığı “Uzun yıllar işlenen ve işlenmeyen topraklarda farklı fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi” konulu bu çalışma 24/09/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman :Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ .....

Üye : Doç. Dr. Abdulkadir SÜRÜCÜ .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Alper YORULMAZ .....

**Bu Tezin Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.**  
**Proje no: 13128**

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

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Toprakta Fosfor .....	3
1.1.1 İnorganik fosfor bileşikleri .....	4
1.1.2. Organik fosfor bileşikleri.....	6
1.2. Toprakta Fosfor Döngüsü.....	7
1.3. Toprakta Fosfor Fiksasyonu .....	9
1.3.1 Fosfor fiksasyon çeşitleri.....	9
1.4. Fosfor Fiksasyonunu Etkileyen Etmenler.....	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal .....	23
3.1.1. Araştırma alanının coğrafi konumu .....	23
3.1.2 Araştırma alanının doğal coğrafya özellikleri.....	24
3.1.2.1. Araştırma alanının toprak özellikleri .....	24
3.2 Yöntem .....	26
3.2.1. Kullanılan analiz yöntemleri.....	26
3.2.2. Toprakta yarayışlı fosfor tayini.....	27
3.2.3. Topraklarda fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi .....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	29
4.1. Araştırma Alanının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	29
4.2. Saturasyon (%) ve Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki .....	33
4.3. pH ve Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki .....	36
4.4. Kireç Miktarı ile Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki .....	39
4.5. Organik Madde ve Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki .....	43
4.6. Toprak Tekstürü ile Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki .....	48
4.7. İşlenmiş ve İşlenmemiş Topraklarda Fosfor Fraksiyonlarının Dağılımı .....	56
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	62
5.1. Sonuçlar.....	62
5.2. Öneriler.....	64
KAYNAKLAR .....	65
ÖZGEÇMİŞ .....	70

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### UZUN YILLAR İŞLENEN VE İŞLENMEYEN TOPRAKLARDA FARKLI FOSFOR FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Esmâ ALTUĞ KARAKAŞ

Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ  
Yıl: 2018, Sayfa: 70

Topraklarda fosfor fraksiyonlarının esas alındığı bu çalışmada, Mardin ilinin Nusaybin ilçesinde mayından temizlenmiş alanların ve bu alanların hemen karşısında yer alan işlenmiş arazilerin yüzey toprak derinliğindeki (0-20 cm) P fraksiyonları ve bu alanların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Toprak özellikleri ve farklı fosfor fraksiyonları arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Yarayışlı fosfor miktarı genel olarak, işlenmiş topraklarda (ort. 4.57 ppm) işlenmemiş topraklara (ort. 4.2 ppm) oranla daha yüksek bulunmuştur. Labil fosfor sonuçları değerlendirildiğinde, 1 ve 2 numaralı alanlarda işlenmemiş arazideki labil fosfor miktarı (ort. 3.23-3.90 ppm), işlenmiş arazideki labil fosfor (ort. 3.99- 5.99 ppm) miktarına göre daha düşük, 3 ve 4 numaralı işlenmemiş alanlarda labil fosfor miktarı (ort. 2.83 – 5.5 ppm) işlenmiş alanlara göre (ort. 2.43 – 2.90 ppm) daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebinin, bu iki alanda da işlenmemiş arazilerdeki OM miktarının işlenmiş alana göre daha yüksek olması ve organik madde miktarının labil fosforu arttırmış olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Fe'e bağlı ve Ca'a bağlı fosfor genel itibariyle işlenmemiş alanlarda (Fe'e bağlı P ort. 83.33 ppm, Ca'a bağlı P ort. 295.62 ppm) işlenmiş alanlara (Fe'e bağlı P ort. 94.75 ppm, Ca'a bağlı P ort. 318.33 ppm) oranla daha az olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin fosforlu gübrelemeyle, gübrenin toprağa verilme şekliyle, gübrenin toprakla reaksiyon hızıyla ve buna bağlı olarak toprak sıcaklığı ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanının fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakıldığında pH arttıkça genel olarak her iki alanda da yarayışlı P miktarı azalırken, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında da azalma olmuştur. Organik madde miktarı arttıkça yarayışlı ve labil P oranında artış meydana gelirken, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında azalma olduğu dolayısıyla organik madde miktarının toprak yarayışlılığı üzerine pozitif yönde etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen verilere göre topraktaki % kireç miktarı arttıkça yarayışlı fosfor miktarında azalma olmuş, Fe'e ve Ca'a bağlı fosfor fraksiyonunda artış olmuştur. Çalışma alanı topraklarının genel itibariyle killi bir bünyeye sahip oldukları belirlenmiştir. Kil miktarı arttıkça, labil P miktarında önemli bir değişiklik gözlenmezken, yarayışlı P miktarında azalış olduğu, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında ise artış olduğu ve dolayısıyla yarayışlılığı negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Mardin, işlenmiş toprak, işlenmemiş toprak, fosfor fraksiyonu

## **ABSRACT**

**MSc Thesis**

### **DETERMINATION OF DIFFERENT PHOSPHORUS FRACTIONS OF LONG TERM CULTIVATED AND UNCULTIVATED SOILS**

**Esmā ALTUĞ KARAKAŞ**

**Harran University  
Gradute School of Natural and Applied Sciences  
Depertmant of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ  
Year:2018, Page:70**

In this study phosphorous (P) fractions and some physical and chemical properties of surface soils (0-20 cm) of the lands located in Mardin city, Nusaybin country that were cleaned from mines (uncultivated) and cultivated areas which are located across them were determined. Correlations between soil properties and different phosphorous fractions were investigated. Compare to agricultural soils, P content in uncultivated soils were found to be lower. Average plant available P content (4.57 ppm) were higher in cultivated agricultural soils than uncultivated soils (4.2 ppm). Labile P were higher in some samples taken from uncultivated soils while in some cases it was higher in agricultural soils. Relatively higher soil organic matter content of uncultivated soils may have increased labile P. According to the results obtained, Fe and Ca - bound P concentrations were less in uncultivated soils (Fe-bound P 83.33 ppm in average; Ca- bound P 295.62 ppm in average) compare to agricultural soils (Fe-bound P 94.75 ppm in average; Ca- bound P 318.33 ppm in average), which can be due to the factors such as application of phosphorous fertilizer, the P fertilizer application style, reaction speed of fertilizer in soil and soil temperature. In the study area, as pH increased P content decreased while Fe and Ca- bound P contents decreased in both sides (agricultural and uncultivated land). As soil organic matter content increased, plant available and labile P contents increased and Fe and Ca-bound P contents decreased showing the positive impact of soil organic matter on phosphorous availability in soil. In addition, as CaCO<sub>3</sub> content increased in soils investigated, labile P contents increased while Fe and Ca-bound P contents decreased. As clay contents of soils increased labile P contents did not change while available P decreased and Fe and Ca-bound P contents showed increment.

**KEY WORDS:** Mardin, cultivated soil, uncultivated soil, phosphorous fractions

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın planlanması ve yűrűtűlmesinde hibir konuda yardımını, desteęini ve deęerli dűőűncelerini esirgemeyen, çalıőmamın her aőamasında bilgisinden ve tecrűbesinden faydalandıęım danıőman hocam Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ'ye, bu sűrete bana her konuda destek olan ve kolaylık saęlayan műdűrűm İlhan SARIGŪL'e, tez ve laboratuvar çalıőmalarım boyunca bilgisini ve yardımını esirgemeyen eősiz dostum Harika KAAN'a, Burak DURGUN'a ve Onur ŐZBEK'e , bu çalıőmada emeęi geçen dięer çalıőma arkadaőlarım, manevi desteęini her zaman hissettięim canımdan Őte aileme, benim için eősiz bir sevgisi olan manevi annem Gűlsűm PŪRSAL'a, çok kıymetli dostum Derya YILMAZ'a, biricik ablam Esra ALTUę'a ve çok kıymetli eőim Zeynel KARAKAő'a en içten teőekkűrlerimi sunarım.



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Toprakta fosfor döngüsü .....	8
Şekil 1.2 pH'ya bağımlı olarak fosfor yarayırlılığı .....	14
Şekil 3.1. Nusaybin haritası .....	23
Şekil 3.2. Nusaybin yöresinin jeoloji haritası .....	24
Şekil 4.1. Saturasyon (%) -Yarayışlı fosfor (ppm) grafiği .....	34
Şekil 4.2. Saturasyon (%) - Labil P(ppm) grafiği .....	35
Şekil 4.3. Saturasyon (%) - Fe'e bağılı P(ppm) grafiği .....	35
Şekil 4.4. Saturasyon (%) - Ca'a bağılı P(ppm) grafiği.....	36
Şekil 4.5. pH - Yarayırlı P(ppm) grafiği .....	37
Şekil 4.6. pH - Labil P grafiği .....	38
Şekil 4.7. pH - Fe'e bağılı P (ppm) grafiği .....	38
Şekil 4.8. pH - Ca'a bağılı P (ppm) grafiği.....	39
Şekil 4.9. Kireç (%) - Yarayırlı P (ppm) grafiği.....	40
Şekil 4.10. Kireç (%) - Labil P (ppm) grafiği.....	41
Şekil 4.11. Kireç(%) - Fe'e bağılı P (ppm) grafiği .....	41
Şekil 4.12. Kireç(%) - Ca'a bağılı P (ppm) grafiği.....	42
Şekil 4.13. OM (%) - Yarayırlı P (ppm) grafiği .....	44
Şekil 4.14. OM (%) - Labil P (ppm) grafiği .....	45
Şekil 4.15. OM (%) - Fe'e Bağılı P (ppm) grafiği.....	46
Şekil 4.16. OM (%) - Ca'a bağılı P (ppm) grafiği .....	47
Şekil 4.17. Kum (%) - Yarayırlı P (ppm) grafiği .....	49
Şekil 4.18. Kum (%) - Labil P (ppm) grafiği.....	49
Şekil 4.19. Kum (%) - Fe'e bağılı P (ppm) grafiği .....	50
Şekil 4.20. Kum (%) - Ca'a bağılı P (ppm) grafiği.....	50
Şekil 4.21. Silt (%) - Yarayırlı P (ppm) grafiği.....	51
Şekil 4.22. Silt (%) - Labil P (ppm) grafiği .....	52
Şekil 4.23. Silt (%) - Fe'e bağılı P (ppm) grafiği .....	52
Şekil 4.24. Silt (%) - Ca'a bağılı P (ppm) grafiği .....	53
Şekil 4.25. Kil (%) - Yarayırlı P (ppm) grafiği .....	54
Şekil 4.26. Kil (%) - Labil P (ppm) grafiği.....	54
Şekil 4.27. Kil (%) - Fe'e bağılı P (ppm) grafiği .....	55
Şekil 4.28. Kil (%) - Ca'a bağılı P (ppm) grafiği .....	55
Şekil 4.29. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda yarayırlı fosfor.....	57
Şekil 4.30. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda labil fosfor .....	57
Şekil 4.31. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda Fe-P .....	58
Şekil 4.32. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda Ca-P .....	58

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Kalsiyum içeren başlıca fosfor bileşikleri .....	6
Çizelge 1.2. Çeşitli mikroorganizmalar tarafından fikse edilen fosfor miktarı .....	12
Çizelge 1.3. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınan topraklarda fosfor fiksasyonu .....	12
Çizelge 4.1. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	29
Çizelge 4.2. Toprakların fosfor fraksiyonları .....	30
Çizelge 4.3. Organik madde miktarı yeterlilik sınır değerleri .....	31
Çizelge 4.4. Toprak özellikleri ve farklı fosfor fraksiyonları arasındaki korelasyonlar .....	32
Çizelge 4.5. Saturasyon ve fosfor fraksiyon değerleri.....	33
Çizelge 4.6. pH ve fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki .....	37
Çizelge 4.7. Kireç miktarı (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki .....	40
Çizelge 4.8. Organik madde ve fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki .....	43
Çizelge 4.9. Kum (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki.....	48
Çizelge 4.10. Silt (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki .....	51
Çizelge 4.11. Kil (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki.....	53
Çizelge 4.12. İşlenmiş ve işlenmemiş topraklarda fosfor fraksiyonlarının dağılımı .....	56
Çizelge 4.13. İşlenmiş ve işlenmemiş alanların fosfor fraksiyonları.....	60

## SİMGELER DİZİNİ

A	Alüminyum
AEM	Anyon Değişim Membranları
ATP	Adenozin Trifosfat
dS m <sup>-1</sup>	Desisimens /Metre
Ca	Kalsiyum
EC	Elektriksel İletkenlik
Fe	Demir
K	Potasyum
N	Azot
Na	Sodyum
OM	Organik Madde
pH	Hidrojen İyon Konsantrasyonu
P	Fosfor
Pi	İnorganik Fosfor
Po	Organik Fosfor
Ppm	Herhangi bir madde miktarının milyonda biri (mg/kg <sup>-1</sup> )
Pr	Toplam Fosfor
Pγ	Yarıyışlı Fosfor

## 1. GİRİŞ

Fosforun bitki gelişmesi üzerine vazgeçilmez şekilde bilinen etkisi 1860'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. İlerleyen zamanlarda tarımsal araştırmaların çoğunlukla fosfor elementi üzerinde durulmuştur. Bilim adamlarının fosfor elementi üzerine yoğunlaşmasının temel nedenleri; fosfor kimyasının çok karmaşık olması, tarım topraklarının fosfor elementi bakımından fakir olması, toprak-bitki-fosfor arasındaki ilişkilerin açıklanmasının yetersiz kalmasıdır. Topraklarda diğer bitki besin elementlerine karşı fosforun büyük oranda fikse edilmesi ve uygulanan fosfor gübrelere bitkilerin % 20-30 civarında yararlanabilmeleri nedeniyle tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de fosfora olan ilgiyi artırmıştır.

Bitkilerde verimliliğin artırılması yönünden ülkemiz topraklarında azottan sonra noksanlığı en çok görülen bitki besin elementi fosfordur. Bitkilerin kuru madde içeriklerinin yaklaşık olarak % 0.3 -0.5'ini oluşturan fosfor ayrıca bitkilerde nükleik asitlerin, fosfolipitlerin, ATP reaksiyonlarının ve anahtar enzimlerin yapısında bulunur (Schachtman 1998; Ragothama, 1999; Smith, 2002).

Fosfor yer kürenin üst kabuğunda ortalama % 0.1 oranında, topraklarda ise yaklaşık olarak % 0.06 oranında bulunmaktadır (Brinck, 1978; Lindsay, 1979). Tarım topraklarında fosfor miktarının yeterli düzeyde olmaması ve toprak içerisinde farklı şekillerde reaksiyona girmesi sonucu önemli bir bölümünün Ca fosfatlar Fe ve Al oksitler tarafından bitkilere yararlı formda tutulması sebebiyle ihtiyaç duyulan en önemli bitki besin elementlerindedir (Bertrand ve ark., 1999; Dodor ve ark., 2003; Alam ve Ladha, 2004). Ülkemizin sahip olduğu jeolojik yapı, coğrafi konumu ve sahip olduğu iklim kuşağı nedeniyle toprakların yüksek oranda kireç, kil pH ve düşük organik madde içeriğine sahiptirler (Dinç ve ark., 1988). Toprakta bulunan bu tür kimyasal özellikler fosforun bitkiler açısından yararlılığını önemli düzeyde azaltmaktadır (Mengel ve Kirkby, 1987; Rodriguez ve ark., 2000, Gallet ve ark., 2003; Fransson ve ark., 2003). Bu nedenle hem dünyada hem de ülkemizde fosfora

olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan araştırmalar dikkate alındığında fosforun bitki gelişimi üzerine oldukça büyük etkisi vardır.

Fosfor kullanımının her geçen gün artması ve topraklarda bitkiye yararlı fosfor miktarının düşük olması nedeniyle, bitkisel üretim için gereken fosfor kaynaklarında zamanla sürekli azalma meydana gelmektedir (Gahoonia ve ark., 1999)., Toprağa uygulanan fosfor diğer BBE'den farklı olarak önemli bir kısmı toprak tarafından yüksek bir kuvvetle fikse edilmekte ve topraklara uygulanan P içerikli gübrelerin çok büyük bölümü tutulma ve çökme yoluyla veya organik bileşikler meydana getirerek bitkiler için yararlı formda dönüşmektedir (Holford,1997; Richardson, 1994; Daroub ve ark., 2003; Leytem ve Westermann 2003; Shibata ve Yano 2003; Shin ve ark., 2004).

Topraklarda fosfor fraksiyonlarının esas alındığı bu çalışmada toprakta fosfor bileşikleri, fosfor fraksiyonları, toprakta fosfor döngüsü, fosfor fiksasyonu, fosfor fiksasyonuna etki eden etmenler, bitkiler açısından fosforun önemi, fosforun alınması ile ilgili mekanizma, fosfor alımına etki yapan etmenler üzerinde durulmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Mardin ilinin Nusaybin ilçesinde mayından temizlenmiş alanların ve bu alanların hemen karşısında yer alan işlenmiş arazilerin yüzey toprak derinliğindeki (0-20 cm) P fraksiyonlarını belirlemektir ve elde edilen sonuçların kıyaslanması ve toprak özelliklerinin farklı fosfor fraksiyonlarına etkilerini araştırmaktır. Ülkemizde P ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, P fraksiyonları ile ilgili yeterli bir çalışma olmaması bu çalışmanın önemini artırmaktadır.

## 1.1 Toprakta Fosfor

Fosfor (P), 1669 yılında alman kimyager Dr. Hennig Brand tarafından bulunan bir elementtir. Üre ile karıştırılmış beyaz maddenin ısıtılması ve ürenin uçması sonucunda kalan beyaz katı maddenin karanlıkta parlaması ve hava ile temasıyla sürekli parçalandığı görülmüş ve bu maddenin karanlıkta parlaması nedeniyle Yunanca 'ışık' anlamını taşıyan (P) ismi verilmiştir. Yunanca'da "fos" ışık, "for" taşımak anlamına gelmektedir. Fosfor'un başlıca beyaz (sarı P), kırmızı P, siyah P, violent olmak üzere dört allotropik formu bulunmaktadır (Kacar ve Katkat, 1997). Fosfor periyodik cetvelin VA grubunda bulunan bir elementtir. Atom ağırlığı 30.98 g'dır. Nükleer bombardımana tutulmak suretiyle P'nin dört radyoizotopu (34P, 32P, 30P ve 29P) elde edilmiştir. Genelde bu izotoplardan bitki ve toprakla ilgili araştırmalar için yarılanma ömrü en uzun olan (32P) izotopu kullanılmaktadır (Kacar ve Katkat, 1997). Fosfor yer kabuğunun üst katmanında % 0.1 (Brinck, 1978), topraklarda ise % 0.06 oranında bulunmaktadır (Lindsay, 1979).

Ülkemizde en çok eksikliği görülen bitki besin elementi P'dir. Fosfor tarımsal ekosistem için mutlak gerekli olan bir makro besin elementi olup bitkilerin büyümesi, bitki bünyesinde enerji taşınması, enzimatik reaksiyonlar, çiçek ve meyve oluşumu ve kalitesinde önemli rol oynadığından, P'nin yetersiz olduğu alanlarda P'li gübrelerin kullanılması, sağlıklı bitkiler ve ürünlerin geliştirilmesi için son derece önem taşımaktadır (Brady ve Weil, 1999).

Yarayışlı P ( $P_Y$ ), bitki için en gerekli P formunu temsil eder. Kireçli topraklarda  $P_Y$  yetersizdir. Bunun nedeni verilen P'li gübrelerin kalsiyum (Ca), ya da demir (Fe) ve alüminyum (Al) oksitlerle tutulmasıdır. Bu nedenle çiftçiler  $P_Y$  içeriğinin yetersiz olduğu kireçli topraklarda amonyum sülfat gübresi uygulamak suretiyle toprak pH'sını düşürerek  $P_Y$  miktarını artırmaktadır. Ayrıca aşırı miktarlarda uygulanan P'li gübrelerin çevre kirliliğine ve ekonomik zarara yol açtığı belirlenmiştir (FAO, 2000). Organik P ( $P_o$ ) toprakta az miktarda bulunur. Organik gübre verilerek hem toprağın organik madde (OM) içeriğini, hem de  $P_o$  miktarını artırmak mümkündür. Organik madde ile toprakta P miktarı artacağından, toprak verimliliği de artmaktadır (Güzel ve ark., 2002).

P bitkilerin gelişimi için en gerekli olan bitki besin elementlerindedir. Azot (N) ve potasyum (K) gibi toprakta fazla miktarda bulunmadığını ve toprak yüzeyinin 20 cm derinliğinde ortalama toplam fosfor ( $P_T$ ) içeriği % 0.005-% 0.15 arasında değişir (Güzel ve ark., 2002). Toprağın üst kısmında  $P_V$  miktarının alt kısmına göre daha fazladır. Kültüre alınmış topraklarda bu birikmelerin daha fazla olmasının nedeni ise toprağın üst kısmında uygulanan P'li gübreler ve bitki kalıntılarında kaynaklanmaktadır (Özbek ve ark., 1993).

Bhadoria ve ark. (2002), topraklarda P etkinliğini: I) topraktaki P konsantrasyonunu bitkinin maksimum ürün alabileceği bir seviyede tutarak, II) fosforu topraktan alabilecek etkin kök sistemine sahip bitkiler kullanılarak ve III) yüksek gelişim potansiyeline sahip bitkilerin kullanımı ile bitkilerin kök kısımlarının daha iyi gelişeceğini belirtmişlerdir.

Genel olarak 10 cm'lik derinlikteki bir toprak 200-2200 ppm organik ve inorganik fosfor  $P_i$  içerir. Bu fosfor içeriğinin büyük kısmı fiksasyona uğramış halde ve bitkiler için yararlı formdadır (Scheid ve ark., 2000). Topraklarda toplam P miktarı yüksek olsa bile yüksek kil ve yüksek kireç içeriği, yetersiz nem gibi koşullar sebebiyle yararlı fosfor kapsamı düşüktür. Yapılan birçok çalışma neticesinde ülkemiz topraklarımızın % 74.8'i  $P_V$  bakımından zayıf olduğu belirlenmiştir.

Fosfor bileşikleri toprak içerisinde 1. İnorganik ve 2. Organik fosfor bileşikleri olmak üzere iki şekilde bulunur.

### 1.1.2 İnorganik fosfor bileşikleri

İnorganik fosfor bileşikleri; toprakta toprak pH'sı ve diğer toprak koşullarına bağlı olarak çökelme- çözünme ve bağlanma-serbest kalma gibi önemli fiziko kimyasal olayların etkisi altında kalır. Bu olaylara bağlı olarak toprakta; çözünebilir ve güç çözünür fosfor bileşikleri (Fe, Al, Ca ve diğer elementlerin bileşikleri) olmak üzere farklı inorganik fosfor bileşikleri ortaya çıkar. İnorganik fosfor bileşikleri toprak toplam fosforunun yaklaşık olarak % 60-80'ini oluşturur ve bu oran toprak

koşullarına ve toprak değişikliğine bağlı olarak ciddi değişkenlik gösterir. Genellikle alt topraklara oranla üst topraktaki  $P_o$  seviyesi  $P_T$ 'nin büyük bir kısmını meydana getirir. Toprak derinliği arttıkça bu oranda azalma meydana gelmektedir.

#### a. Çözünbilir inorganik fosfor bileşikleri

Çözünbilir başlıca inorganik fosfor formları; primer ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ) ve sekonder ortofosfat ( $HPO_4^{2-}$ ) iyonlarıdır. Bu iyonlar yüzey toprağın kil parçacıkları tarafından kolayca absorbe edilerek ya da diğer bir kısım elementler ile çözünmez bileşikler oluşturarak bitkiye yararlısız forma dönüşür. Söz konusu bu iyonların toprak çözeltisinde bulunma oranları pH ile doğrudan ilgilidir. pH 7.2'de her iki iyon ortamda eşit miktarlarda bulunurken, pH 6.2'de  $H_2PO_4^-$ :  $HPO_4^{2-}$  oranı 10:1, buna karşılık pH 8.2'de bu oran 1:10'dur. Dolayısıyla toplam fosfor içerisindeki çözünbilir fosfor oranı çok düşüktür. Toprak çözeltisinde çözülmüş fosfor miktarı dekara 0.55 kg'dan daha azdır. Bu değer bitkinin ihtiyaç duyduğu miktardan oldukça azdır. Bu nedenle bitkiler için yararlı fosfor miktarı, mineral parçacıklardan toprak çözeltisine fosforun serbest kalma oranına bağlıdır.

#### b. Zor çözünür ve çözünmez inorganik fosfor bileşikleri

Genel olarak alkalın topraklarda Ca-fosfatlar şeklinde, asit karakterli topraklarda ise Fe-Al-fosfatlar şeklinde çökme ve fiksasyon sonucu oldukça zor çözünür mineral fosfor bileşikleri oluşur (Barak, 1999). Mineral fosfor bileşiklerinin toprak içerisindeki oranları genellikle kil minerallerinin tipi, çeşidi, miktarı ve toprak pH'sı gibi çeşitli etmenlere bağlı olarak önemli derecede değişiklik gösterir.

Fe-Al oksit ve alümino silikatlar toprak çözeltisindeki fosfatlarla reaksiyona girmek suretiyle Fe-Al fosfatların izomorf serilerini oluştururlar. Özellikle düşük pH koşullarında fosfat iyonları serbest hale geçen demir ve alüminyum ile bileşikler meydana getirirler. Fosfat anyonlarının Fe-Al hidroksitler tarafından tutulması basit bir değişim reaksiyonu olmayıp, kimyasal bir tutulma reaksiyonudur.

Düşük pH koşullarında ( $\text{pH} < 6$ ) değişim yüzeylerinden OH iyonlarının ayrılması ile pozitif yüklerin oranı artmakta, böylelikle Fe ve Al iyonları fosfat anyonlarını bağlamaktadır. Özellikle serbest kalsiyum karbonat içeren ve düşük pH'ya sahip ( $\text{pH} > 7$ ) topraklarda di- ve tri-kalsiyum fosfatlar ortaya çıkar. Kalsiyum içeren başlıca fosfor bileşikleri çizelge 1.1'de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Kalsiyum içeren başlıca fosfor bileşikleri

Fosfor Bileşiği	Kimyasal Formülü
Flor apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$
Karbonat apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$
Hidroksi apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$
Oksi apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$
Trikalsiyum fosfat	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Dikalsiyum fosfat	$\text{CaHPO}_4$
Monokalsiyum fosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

Bu bileşikler içerisinde tri-kalsiyum fosfat ve diğer kalsiyum içeren fosfor bileşikleri hemen hemen hiç çözünmezken mono- ve di-kalsiyum fosfatlar çözünebilir özelliktedir. Aynı zamanda fosfor kil-fosfat kompleksleri şeklinde killerle reaksiyona girerek çok sıkı bir şekilde tutulan inorganik kompleksler halinde bulunur.

### 1.1.2. Organik fosfor bileşikleri

Toprak içerisinde yer alan başlıca organik fosfor bileşikleri; a. İnositol fosfatlar (fitik asit ve inositol heksafosfatlar), b. Nükleik asitler ve c. Fosfolipidlerdir. Organik fosfor bileşiklerinin topraktaki oranı toprağın organik madde içeriğine bağlı olarak değişir ve toplam fosforun % 15-80'ini oluşturur.

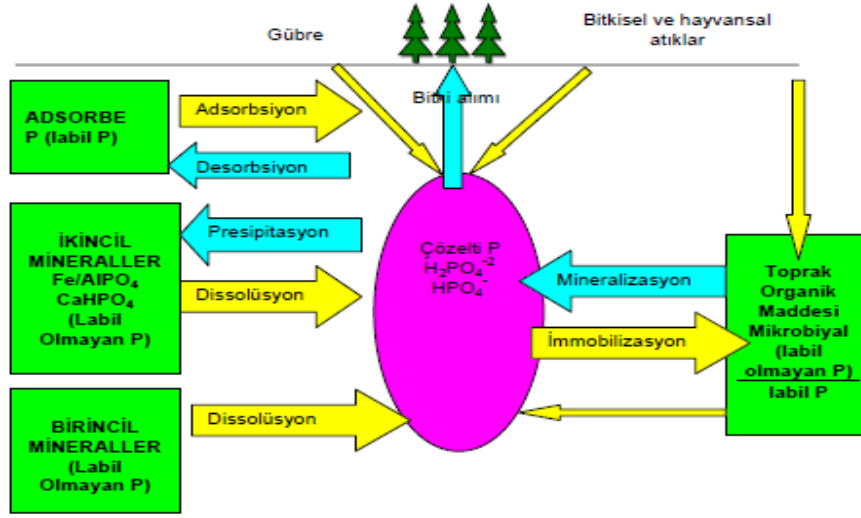
Organik topraklarda önemli ölçüde organik fosfor mevcuttur. Bununla beraber mineral topraklarda organik bağlı fosfor genellikle toprak profilinin üst kısımlarında biriktiğinden dolayı yüzey horizonlarında daha fazla miktarda bulunur.

İnositol fosfatlar toprakta oldukça yaygındır ve toplam organik fosforun % 50-80'ini oluşturur (Dahal, 1977; Holford, 1997). İnositol fosfatlar; fitik asit ve inositol hekzafosfat türevleri olup, bunlar içerisinde en yaygın olanı fitik asit esterleridir. fosfolipidler ise toplam organik fosforun ortalama % 1'ini oluşturur.

Toprakta fosfolipidlerin kaynağı bitki kalıntıları, hayvan artıkları ve mikrobiyal aktivite ürünleridir. Fosfolipidler topraktaki oranlarından ziyade fosfor döngüsü ve bitki besini oluşturma özellikleri açısından ciddi önem taşır (Syers ve Cornforth, 1983). Organik fosfor bileşikleri orman vejetasyonunda (% 24), çayır vejetasyonuna (% 14) daha fazladır. Toprak pH'sı arttıkça her iki vejetasyonda organik fosfor miktarı azalır. Buna karşılık toprakta organik madde miktarı arttıkça PO oranında da artış meydana gelir. Kumlu toprak çözeltisindeki P'nin % 90'ını organik fosfatlar oluşturduğu belirlenmiştir.

## **1.2. Toprakta Fosfor Döngüsü**

Fosfor doğada; toprak, mineraller, yaşayan organizmalar, okyanus, göl ve nehirler olmak üzere geniş bir alanı kaplamaktadır. Fosfor atmosferde çok küçük toz parçaları halinde bulunur. Tarım topraklarında fosfor döngüsü aşamaları aşağıdaki şekildedir.



Şekil 1.1. Toprakta fosfor döngüsü (Güzel ve ark., 2002)

Bitkiler tarafından topraktan alınan fosfor, toprakta bitki ve mikroorganizmaların çürümeleri sonucu tekrar toprağa karışır. Çiftlik gübresi ve bitkisel kaynaklı artıklar yeniden toprağa karıştığında organik fosfat bileşikleri yavaş yavaş ayrışır ve toprakta stabil organik bileşiklere (humusa) dönüşür. Organik fosforun mikroorganizmalar tarafından inorganik fosfora dönüşmesine “fosfor mineralizasyonu” denir.

Çözünme, mineralizasyon veya kimyevi gübrelerle torağa ilave edilen fosfor; fiksasyon, çökme veya immobilizasyon reaksiyonları sonucu hızla yarıyışsız formlara dönüşür. Fosfor suda çok fazla çözünemediği için toprak çözeltisi ve yüzey sularında çözünebilir fosfor konsantrasyonu oransal olarak düşüktür. Bu nedenden dolayı inorganik fosforun topraktan yıkanma yoluyla kaybı neredeyse yok denecek kadar azdır. Fosfor topraktan sadece yüzey akış, erozyon ve bitkiler tarafından alınmak suretiyle uzaklaştırılır.

Toprakta fosfor kaybında ve topraktan fosfor kazancında organik fosfor bileşikleri önemli bir yere sahiptir. Organik maddeden organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu önemli ölçüde organik maddenin C:N:P oranına bağlıdır. Organik fosfor mineralizasyonu için en ideal oran 100:10:1'dir. C:P oranı 200:1'den az

olduğu durumlarda fosfor mineralizasyonu, 300:1'den fazla olduğu durumlarda fosfor immobilizasyonu gerçekleşmektedir.

### 1.3. Toprakta Fosfor Fiksasyonu

Fosfor toprağa karıştıktan kısa bir süre sonra toprak parçacıklarının temas yüzeyleri ile reaksiyona girerek daha az çözünür ve daha az yararlı bileşikler formuna dönüşür. Ayrıca fosfat iyonları toprakta Ca, Mg, Al ve Fe gibi elementlerle birleşerek çökelti oluşturarak yararlı hale geçer. Bitkilerce alınabilir formdaki serbest fosforun, bitkilerce alınmaz haldeki yararlı forma dönüşmesi olayına "fosfor fiksasyonu" denilmektedir. Fiksasyon olayının ilk aşamasında fosfor bileşikleri kısmen bitkiler için yararlı formdadır. Fakat fiksasyonun ilerleyen aşamasında fosfor bileşikleri bitkiler için tamamen alınmaz forma dönüşmektedir.

#### 1.3.1 Fosfor fiksasyon çeşitleri

Başlıca fosfor fiksasyon çeşitleri şu şekilde sıralanabilir.

##### 1) Asit tepkimeli topraklarda P fiksasyonu

- a) Aktif şekilde bulunan Demir, Alüminyum ve Mangan gibi katyonlarla çökelti oluşturarak meydana gelen P fiksasyonu
- b) Demir, Alüminyum ve Mangan'ın sulu oksitleriyle reaksiyona girmesiyle meydana gelen fosfor fiksasyonu
- c) Silikat killeri vasıtasıyla meydana gelen P fiksasyonu.

##### 2) Kireçli alkalın topraklarda P fiksasyonu

##### 3) Po'nun fiksasyonu

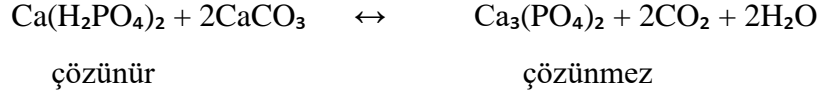
##### 4) Biyolojik fosfor fiksasyonu

##### 1) Asit tepkimeli topraklarda P fiksasyonu

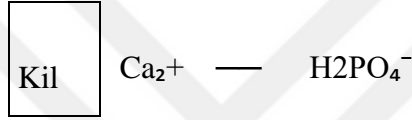
- a) **Aktif haldeki Demir, Alüminyum ve Mangan gibi katyonlarla çökelti oluşumu:** Genellikle asit özellikteki topraklarda Fe, Al, Mn gibi iyonlar serbest haldedir ya da değişebilir halde her an toprak çözeltisine geçebilir. Bu tür koşullarda



b) Çözünür formda P içerikli süperfosfat kireçli alkalın toprağı uygulama yapıldığı zaman P aşağıdaki formülde belirtildiğı şekliyle çözünmez  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 'a dönüşür ve toprakta fiksasyona uğrar.



c) Kireç içeriğı yüksek alkalın karakterdeki topraklarda P, Ca ile sature olmuş killer tarafından fiksasyona uğramaktadır.



Yaklaşık olarak pH'sı 7.0 olan topraklarda, belirtilen şekildeki fiksasyon daha sık meydana gelir. Toprak pH'sının 7.0'den fazla olduğu durumlarda çözünmeleri çok az olan dikalsiyum fosfat ve  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  oluşur.

### 3. P<sub>o</sub> fiksasyonu

Topraktaki inorganik fosfora P<sub>i</sub>'ye benzer şekilde organik bir fosfor olan fitinin de, toprakta fiksasyona uğradığı belirlenmiştir (Bower, 1949).

### 4. Biyolojik fosfor fiksasyonu

Mikroorganizmaların toprak içerisinde mobil durumda bulunan P'yi alarak bünyelerinde organik forma dönüştürmelerine "biyolojik fosfor fiksasyonu" denir.

Çizelge 1.2. Çeşitli mikroorganizmalar tarafından fikse edilen fosfor miktarı (Spector 1956)

Mikroorganizmaları grubu ya da adı	Toplam P(mg 100 g <sup>-1</sup> doku)
<b>Mantar</b>	
A. niger	100-300
A. oryzae	1720
Yeast	2380
<b>Bakteri</b>	
B. subtilis	3100
B. subtilis spores	1800
Brucella abortus	1200
Brucella suis	1400

Kacar ve ark. (1997), yaptığı çalışmalar sonucunda Türkiye topraklarında P üzerine yapılan araştırmalarda en yüksek P fiksasyonunun Çukurova yöresi topraklarında % 75.3 ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi topraklarında ise bu oranın % 67.6 olarak tespit etmişlerdir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınan topraklarda fosfor fiksasyonu (Kacar ve ark.,1997)

Bölgeler	Fosfor fiksasyonu %		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Orta Anadolu	12.0	82.5	55.1
Doğu Anadolu	28.2	71.1	54.5
Güneydoğu Anadolu	30.2	95.1	67.6
Güney Anadolu	41.6	73.6	64.4
Kuzey Anadolu	31.5	83.3	54.6
Trakya Bölgesi	8.3	69.5	40.5
Çukurova Bölgesi	28.4	90.4	75.3

#### 1.4. Fosfor Fiksasyonunu Etkileyen Etmenler

- Kilin tipi
- Kilin miktarı
- Reaksiyon süresi
- Gübrenin verilme şekli
- Toprak reaksiyonu

□ Toprağın sıcaklık değeri

□ Organik madde miktarı

**1.4.1. Kilin cinsi:** Kil tipi 1:1 toprakların yapısında demir ve alüminyum oksitler daha sık bulunduğundan dolayı P fiksasyonu kil tipi 2:1 topraklara göre daha fazladır. Kilin sıcak iklim bölgelerinde daha yüksek oranda parçalandığı değerlendirildiğinde güney kısımlarında kil tipi 1:1 olan topraklar daha sık görüldüğünden güney kısımlarında P fiksasyonun daha fazla olduğu görülmektedir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

**1.4.2. Kil miktarı:** Topraklarda kil içeriği yükseldikçe fiksasyona uğrayan P oranı da artış göstermektedir. Bunun sebebinin yüzey genişliğinin fazla olmasıdır. Toprak fraksiyonlarında parça boyutu artış gösterdikçe fiksasyon azalır (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

**1.4.3. Tepkime süresi:** Topraklara uygulanan P'li gübre miktarı ile toprak arasında tepkime süresi arttıkça toprakta P fiksasyonu artmaktadır. Yaklaşık olarak 4 ile 6 gün içinde fiksasyon en üst seviyeye ulaşmaktadır. P'li gübrelerin ekimle birlikte toprağa uygulanması toprakta meydana gelecek olan P fiksasyonunun azalması açısından önem taşımaktadır (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

**1.4.4. Gübrelerin toprağa uygulama şekli:** P içerikli gübrelerin toprağa verilmesi sırasında banda verilmesi fosfor fiksasyonunu en az seviyeye indirmektedir. Bunun nedeni toprağın gübre ile temas yüzeyi azaltılmış olmasıdır. P içerikli gübreler toprağa uygulanırken serpme yöntemi kullanılırsa tepkime süresi uzayacağından P fiksasyonu artmaktadır (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

**1.4.5. Toprak reaksiyonu:** Toprak pH'sının 6.5 ile 7 olduğu aralık bitkinin fosfor içerikli gübrelerden maksimum düzeyde faydalandığı aralıktır. Toprak pH'sının bu seviyenin altında ve üzerinde olduğu durumlarda P, yüksek miktarda ve farklı şekillerde fiksasyona uğramaktadır. Toprak pH'sı 8.5 ve üzerinde olduğu durumlarda fosfor fiksasyonu azalmaktadır. Bunun sebebi ise pH'nın 8.5'in üzerinde olduğunda

Na iyonlarının yüksek oranda devrede olmasıdır. Na iyonları fosfat ile birleşip suda çözünebilen  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 'u meydana getirir. Fakat bununla beraber pH 8.5'in üzerine çıktığında bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Bunun sebebi toprağın alkali veya tuzlu yapıda olmasıdır (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).



Şekil 1.2 pH'ya bağımlı olarak fosfor yararlılığı (Korkmaz, 2005)

**1.4.6. Toprağın sıcaklığı:** Kimyasal reaksiyonların hızı sıcaklığa bağlı olarak arttığından sıcak iklim koşullarında fosfor fiksasyonu daha fazladır. Bunun sebebinin bu tür sıcak iklim topraklarında kil tipinin 1:1 (kaolonit) olması ve alüminyum ve demir oksitlerin daha fazla bulunmasının olduğu düşünülmektedir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

**1.4.7. Organik madde:** Genellikle topraklarda OM'nin fazla olduğu durumlarda P fiksasyonunda azalma meydana gelmektedir. Bunun nedeni OM'nin toprakta ayrışması sonucu karbondioksit gazının açığa çıkmasıdır.  $\text{CO}_2$  gazı suda çözünerek  $\text{H}_2\text{CO}_3$ 'ü oluşturur ve karbonik asit P'li bileşiklerin çözünürlüğünü artırarak bitkileri için yararlı forma çevirir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012). Topraklarda meydana humus da P'nin bitkiler tarafından kolayca alınabilmesini sağlamaktadır. P ile Humus birleşip suda iyi çözünebilen fosfo-humik bileşiklerini oluşturmaktadır. OM'nin ayrışması sonucunda meydana gelen tartarat, humat, oksalat, sirat, malat gibi iyonlar, toprak kolloidlerine bağlı halde fosfat iyonlarıyla

yer değiştirir ve P serbest kalır. Humus, demir ve alüminyum oksitlerin etrafını kaplar ve bu iyonların fosfat iyonlarıyla değinimini engeller. Böylelikle fosfat iyonları demir ve alüminyum oksitlerle reaksiyona girmeyerek toprak çözeltisi içerisinde kalır (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

**1.4.8. Fosforlu gübreleme:** Toprağa uygulanan fosfor miktarı arttıkça P fiksasyonu artarak, bitkiye yararlılık oranı azalır. Fosfor fiksasyonunun yüksek olduğu topraklarda fosforun yüzeye serpilerek uygulanması fosfor fiksasyonunu artırır. Uygulanan fosforun tanecik büyüklüğünün azalmasıyla fosfor fiksasyonu artmaktadır. Bununla beraber toprak parçacıklarının fosforlu gübre ile temas süresi uzadıkça P fiksasyonu artmaktadır.

Bütün bu faktörlerin fosfor fiksasyonu üzerine etkileri ayrı ayrı olabildiği gibi bazı durumlarda farklı şekillerde birleşerek ortak bir etki oluşturabilmektedirler. Mesela organik maddenin etkisi, sıcaklık ve nem koşullarıyla doğrudan etkilidir. Bununla beraber ortamda mikrobiyal faaliyetlerin yeterli olduğu koşullarda organik maddenin parçalanması ve humifikasyon süreci devam etmektedir. Dolayısıyla birden çok faktörün bir aradaki etkileri nedeniyle kültür toprakları fosfor fiksasyon kapasiteleri ve toprakta fosfor birikimi açısından büyük farklılıklar göstermektedir. Bu durum tarım topraklarında fosfor idaresi bakımından hususi bir dikkat gerektirmektedir (Tisdale ve ark., 1993, Karaman ve ark., 2008, 2010).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ivanov (1986), 7 ayrı inorganik fosfor fraksiyonlamasını 12 toprak örneğinde (4'ü uzun süreli gübreleme denemesinin toprağı) karşılaştırdığı çalışmasında, metodların hepsinin birbirinden farklı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Araştırmalar sonucunda en fazla değişimin çözünebilir veya yarayışlı fosfat fraksiyonlarında ve Al-P fraksiyonlarında olduğunu tespit etmiştir. Çalışma yaptığı bütün topraklarda Fe ve Al-P fraksiyonlarının Ca-P fraksiyonundan daha fazla olduğu belirlerken kireçli topraklarda bu durumun olmadığı gözlemlemiştir.

O'Halloran (1993), mısır tarımı yapılan bir alanda, konvansiyonel tarım (CT) , toprak işlemez tarım (NT) ve azaltılmış toprak işleme (RT) yapılan parsellerden 0 – 10 ve 10 – 20 cm derinlikten toprak örnekleri olarak fosfor fraksiyonlarını belirlemek üzerine yaptığı çalışmasında, 5 yıl süren tarla denemesi sonucunda, killi topraklarda toprak işleminin azaltılmasıyla 0 – 10 cm toprak katmanında  $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$  ve toplam fosfor fraksiyonlarında artış olduğunu, 10 – 20 cm toprak katmanında ise Res-P fraksiyonunun arttığını belirlemiştir. Kumlu toprakta ise toprak işleminin azaltılması neticesinde 0 – 10 cm toprak katmanında Resin-P ve toplam fosfor miktarında artış olduğunu, 10 – 20 cm toprak katmanında ise  $\text{NaOH-Po}$  fraksiyonunun arttığını belirlemiştir. Sonuç olarak araştırmacı, azaltılmış toprak işleme sonrasında toprakların organik ve inorganik fosfor fraksiyonlarının arttığını ve yıkanmanın azaldığını belirlemiştir.

Zhang ve Mackenzie (1997), ticari gübre ( $44 \text{ kg P ha}^{-1}$ ) ve çiftlik gübresi uygulamasının mısır tarımı yapılan alanda fosfor fraksiyonlarının zamana bağlı değişimini incelediği çalışmasında, Hedley fraksiyonlaması tekniğini kullanmışlardır. Uygulamaların labil inorganik fraksiyonunu arttırırken, orta dereceli yarayışlı fosforun ise azaldığını gözlemlemiştir.  $132 \text{ kg P/ha}$  ticari gübre ve çiftlik gübresi uygulaması  $\text{Pi}$  miktarını bikarbonat-Pi,  $\text{NaOH-Pi}$  ve  $\text{Ca-Pi}$  üzerinde arttırdığını saptamışlardır. Çiftlik gübresiyle birlikte uygulanan her iki ticari gübre

dozu orta derecede yarayışlı NaOH-P<sub>o</sub>'yu azalttığını, yarayışlı bikarbonat-P<sub>o</sub>'yu ise arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Zhang ve Mackenzie (1997), 5 yıl sürekli mısır tarımı yapılan bir killi toprakta fosfor fraksiyonlarındaki değişimleri incelediği çalışmasında, P gübrelemesi yapılmayan kısımda organik P fraksiyonunda % 14' lük bir azalma gözlemlerken; inorganik fraksiyonda önemli bir değişim meydana gelmediğini gözlemlemişlerdir. P gübrelemesi yapıldığında ise inorganik fraksiyonlar ile residual fraksiyonda artış belirlenmiş; düşük dozun uygulandığı parsellerde organik fraksiyonun çok az azalırken yüksek dozlarda ise organik fosfor fraksiyonunun değişim göstermediğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, uzun dönemde bikarbonat ve NaOH ile ekstrakte edilebilen inorganik en önemli P fraksiyonları olduğu sonucuna varmışlardır.

Sui ve ark. (1999), farklı dozlarda organik katı atık uygulanmış Mollisollerde organik ve inorganik P fraksiyonlarını inceledikleri çalışmalarında, 6 yıllık uygulamadan sonra bütün P fraksiyonlarının miktarının 0-5 cm derinlikte önemli derecede arttığını; 5-20 cm derinlikte bazı fraksiyonların arttığını; 20-35 cm' lik derinlikte ise herhangi bir değişim olmadığını gözlemlemişlerdir. 0-5 cm derinlikte NaHCO<sub>3</sub>-IP<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub>O-P artarken; HCl-P ve NaOH-P<sub>0</sub> ve kalıntı-P miktarları azaldığını gözlemlemişlerdir.

Yaobing vd. (1999), bitki örtüsünün ve anaerobik olarak kompostlanmış atık çamurun dozlarının fosfor fraksiyonlarına etkisini araştırdığı çalışmasında, Hedley fraksiyonlama tekniğini kullanmışlardır. 6 yıllık sürekli atık çamur uygulamasından sonra Kanada kavağı örtüsü altındaki toprakta çözünebilir, NaHCO<sub>3</sub>' ta çözünen organik ve inorganik P, NaOH-P<sub>i</sub> ve -P<sub>o</sub>, HCl'de çözünen ve kalıntı-P miktarları 0 – 5 cm' lik derinlikte arttığını, 5 -20 cm' de bazı fraksiyonlar artarken 20 cm' den daha derinde herhangi bir değişiklik olmadığını gözlemlemişlerdir. HCl-P, NaOH-P<sub>o</sub> ve kalıntı-P fraksiyonlarının oransal miktarlarında azalmalar meydana geldiğini ve HCl-P nin yarayışlılığı daha yüksek olan fraksiyonlara dönüştüğünü belirlemişlerdir.

Thomas ve ark. (1999), orman topraklarında fosforun kimyasal fraksiyonlarını modifiye edilmiş Hedley fraksiyonlamasıyla incelemiştir. Toprakların çoğunda fosforun labil olmayan formlarda (organik veya ikincil toprak minerallerinin yapısında), yaklaşık % 20' lik bir kısmı resin-P veya bikarbonat ile ekstrakte edilen fraksiyonda bulunduğunu belirlemiştir. Resin-P'nin toprakların organik madde içeriğiyle ilişkili olduğunu rapor etmiştir. Fosforun labil formlarının farklı orman örtüleri altında oluşan topraklarda önemli ölçüde değişmediğini ve resin-P ile bikarbonat-P (organik ve inorganik) arasında yüksek bir korelasyon olduğunu belirlemiştir.

McDowell ve Condron (2000), Yeni Zelanda ve İngiltere'nin farklı miktarlarda ticari gübre, organik gübre ve kireç uygulanmış mera topraklarında yaptıkları çalışmada ardışık ekstraksiyon yöntemiyle Al, Fe ve Ca bağlı P miktarını belirlemiştir. Ardışık ekstraksiyonla toplam fosforun % 80 - 94' lük bir kısmını ekstrakte etmiştir. Ekstrakte edilen organik ve inorganik fraksiyonların toplam P' ye oranının, sırasıyla % 31 - 51 ve % 40 - 52 olduğunu bildirmiştir. Topraktaki farklı organik ve inorganik fraksiyonların miktarının inorganik P'yi tutan sorpsiyon yüzeylerinin miktarına ve doğasına bağlı olduğu belirtilmektedir. Araştırmacılar, topraktaki mobil P fraksiyonunun ( $\text{CaCl}_2$  ile ekstrakte edilebilen)  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{NaOH}$  1 ve  $\text{H}_2\text{SO}_4$  inorganik fraksiyonlarla yüksek korelasyon verdiğini rapor etmiştir.

Miller ve ark. (2001), orman topraklarında, fosfor fraksiyonlarının yağışa bağlı değişimlerini incelemiştir. Yağıştaki artışa bağlı olarak inorganik labil fraksiyonda önce bir azalma daha sonra ise (yağış > 300 cm) bir artış meydana gelmiştir. Bu artışın sebebini yüksek yağışa bağlı olarak organik madde birikimindeki artışa bağlamışlardır. Azalmayı ise P adsorpsiyonunda önemli rol oynayan seskioksitlerin oransal miktarındaki artış ile ilişkilendirmişlerdir.

Pinerro ve Navarro (2001), İspanya'nın güney batısındaki Vertisol toprakların P statüsü, inorganik P fraksiyonlarını ve bunların bitki alımıyla olan ilişkilerini incelemiştir. İnorganik fraksiyonları ardışık ekstraksiyon yöntemiyle belirlemiştir. İnorganik fraksiyonların büyük çoğunluğu yarayışsız olan Ca-P

fraksiyonunda olduğunu tespit etmişlerdir. Organik karbon, KDK ve Jackson-P' nin bitkinin alabildiği P'nin % 91'ini açıklayabildiğini rapor etmişlerdir. Sonuçta Vertisollerde fosforun yayırlılığı ve dinamiğinde organik madde ve kil minerallerinin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Bertrand ve ark. (2003), Kuzey Avustralya bölgesinde alkali toprak çeşitlerinde fosforun kimyasal davranışlarını araştırmışlardır. Fosfor tampon kapasitesi (PBCs) kireçli topraklarda yüksek ve diğer alkali topraklarda ise orta derecedir. Kireçli topraklarda fosfor adsorpsiyon davranışı tamamen CaCO<sub>3</sub> miktarı, alkali topraklarda amorf alüminyum ve demir oksitler sorpsiyon davranışını belirlediği bulunmuştur. Kireç içeriği yüksek kireçli topraklarda hem bikarbonat hem de Ca-laktat ekstraksiyonları labil olmayan fosforu çözerken, anyon değişim membranları (AEM) ile yapılan ekstraksiyon sadece yüzeydeki absorbe edilmiş fosforu çözmüştür. Bikarbonatla ekstrakte edilen toprakların fosfor tamponlama kapasitesi ve Freundlich izoterminin eğimi ile ( $K_f > 10$  olduğunda) pozitif ilişki vermiştir. Araştırmacılar AEM ile ekstrakte edilen fosforun kireçli topraklardaki yayırlılığının diğer yöntemlere göre daha iyi tahmin edildiğini belirtmişlerdir.

Bilgili ve ark. (2004), kireç içerikleri % 1-35.5, kil içerikleri % 17.3-37.2, arasında olan 8 farklı toprağın P adsorpsiyonu üzerine yapmış oldukları çalışmalarında Langmuir izotermi yöntemiyle, çözelti konsantrasyonlarını 0-1 µg ml<sup>-1</sup> arasında 1. bölge ve 1-150 µg ml<sup>-1</sup> arasında 2. bölge olarak tanımlamış; 1. bölgede en yüksek adsorpsiyon oranının b<sub>1</sub>'in 625-1250 µg ml<sup>-1</sup> arasında olduğunu, adsorpsiyon enerji katsayısı olan k<sub>1</sub>'in 0.159-0.800 µg ml<sup>-1</sup> arasında olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla beraber araştırmacılar yüksek oranda bulunan 2. bölgede b ve k değerlerinin ve Langmuir izoterminin uyumunda azalma olduğunu belirlemişler. Özellikle P'nin tutulması ile toprakların kil ve kireç içerikleri arasında ve bununla beraber demir ve alüminyum oksitlerce P adsorpsiyonunda artış meydana getirdiklerini belirlemişlerdir.

Barroso ve Nahas (2005), Brezilya'nın Fe ve Al oksitlerce zengin çayır mera, orman ve tarım alanlarında toprakların fosfor fraksiyonlarının durumunu

belirlemişlerdir. Çalışma topraklarında fosfor fraksiyonlarının Fe - P > oklude olmuş P> oklude olmuş Al - P > Ca - P şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Karabatak (2006), yaptığı çalışmada kireç miktarı yüksek ve düşük olan iki farklı toprağa uygulamış olduğu farklı organik atıkların ve iki kompostun kireçli topraklardaki P fraksiyonları üzerine olan etkilerini, bunun yanı sıra organik gübre ve mineral gübre halinde verilen P' nin farklı fraksiyonlara dağılımını incelemiştir. Çalışmasında organik gübre kaynağı olarak çiftlik gübresini, kompostlaşmış odun kırıntısını, prina, ve iki farklı bileşimde kompost kullanmış ve bu gübreleri kontrol dahil dört ayrı dozda uygulamıştır. Yaptığı uygulamaların toprakların yarayırlılığı yüksek labil P (NaOH + NaCl-P), orta dereceli yarayırlı (CBD-P) ve yarayırlılığı düşük (Ca-P) fraksiyonlara olan etkisini ardışık ekstraksiyonlamayla belirlemiştir. Çalışmasının sonucunda organik gübre uygulamalarının labil fosfor, orta dereceli labil fosfor ve yarayırsız fosfor'un miktarını ciddi düzeyde etkilemiş olduğunu ve yüksek dozda uygulamış olduğu organik gübrenin yarayırlı P miktarında artış meydana getirdiğini belirlemiştir. Organik madde ve inorganik P ilavesinden sonra CBD-P fraksiyonunun arttığını ancak daha sonra yarayırsız fraksiyona dönüştüğü saptamıştır. Yarayırsız-P fraksiyonunda bulunan P miktarının (Ca-P) toprakların karbonat içeriğiyle ilişkili olduğu sonucuna varmıştır. Organik gübrelerden yarayırlı P miktarını en fazla arttıranın çiftlik gübresi olduğu sonucuna varmış ve bunu sırasıyla EBT (elma + mısır + buğday karışımı), TED (tütün + deri + buğday + mısır karışımı), prina ve kompostlaşmış odun kırıntısının takip ettiğini belirlemiştir. Ayrıca mineral şekilde uygulanan fosforun farklı fraksiyonlardaki oranlarının toprak özellikleri, fosfor içeriği, dozu ve organik gübre çeşidinden etkilendiğini belirlemiştir.

Saygan (2007), Harran Ovasındaki bazı toprak serilerinin fosfor fraksiyonları üzerine yaptığı çalışmada Harran Ovası'nda 16 noktadan farklı toprak derinliklerinde (0-20, 20-40, 40-60 cm) yapılan genel toprak analizlerinde yüksek pH değerine (7.6-8.7), düşük organik madde (OM) (% 0.1-1.6) ve tuz içeriğine (0.5-15.4 dS m<sup>-1</sup>), yüksek kireç (%14-38) ve kation değişim kapasitesi bakımından incelemiş ve (34-66 cmol kg<sup>-1</sup>) sahip olduklarını belirlemiştir. İncelediği alanın tekstür bakımından ise

killi bir bünyeye sahip olduğunu tespit etmiştir. Yaptığı analizler sonucunda  $P_T$  içeriğinin sırası ile 0-20 cm'de 343-894 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm'de 313-881 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm'de 298-551 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği,  $P_i$ 'nin 0-20 cm'de 307-835 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm'de 281-847 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm'de 280-539 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği,  $P_o$ 'nın 0-20 cm'de 17-60 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm'de 15-38 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm' de 7-39 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği,  $P_Y$ ' nin 0-20 cm'de 2-36 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm' de 1-23 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm' de 0.2-21 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirlemiştir. Çalışmasında bütün serilerden elde edilen sonuçlarda, genel olarak üst katmandan derinlere inildikçe P içeriklerinde azalma olduğunu gözlemlemiş ve bunun P'lu gübrelemenin toprak katmanının il 0-20 cm derinliğine yapıldığıyla ilişkili olduğuna bağlamıştır.

Derici ve Çevik (2008), Seyhan Baraj Gölü (Adana) Sedimentinin fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, Seyhan Baraj Gölü'nün sedimentinin,  $P_T$  ve fosfor fraksiyonları ile tekstür, OM, sıcaklık ve toprak reaksiyonunu Aralık 2005-Ekim 2006 tarihleri arasında incelenmiştir. Çalışma sonucunda Seyhan Baraj Gölünün araştırma bulgularına göre  $P_T$ 'nin % 84'ünün inorganik, % 16'lık kısmının ise  $P_o$ 'dan oluştuğu, tüm P fraksiyonlarının içinde % 68 oranında apatit P'nin baskın olduğunu belirlemiştir.  $P_o$  hariç diğer fosfor fraksiyonlarında mevsimsel değişimin pek etkili olmadığını,  $P_T$  ve tüm fosfor fraksiyonlarında ise istasyonlar arasındaki farklılıkların önemli düzeyde olduğunu saptamıştır. Ayrıca fosfor fraksiyonlarının kil ve organik madde ile ilişkisinin önemli düzeyde olduğunu, kum ile ilişkisinin olmadığını belirlemiştir.

Durgun (2016), farklı toprak ordolarında fosfor fraksiyonlarının profil bazlı değişimini incelediği çalışmasında, karasal iklim koşulları ile Akdeniz iklim koşulları gibi değişen şartlar altında farklı ana materyallerden meydana gelmiş dört farklı ordoya ait 16 toprak serisinden profil bazlı toprak örnekleri almıştır. Toprak örneklerinde çözünürlükleri ve bitkiye yararlılıklarını yararlı, Al ve Fe oksitlere bağlı, kirece bağlı ve bakiye P fraksiyonları kademeli olarak belirlemiştir. Yaptığı analizler sonucunda fraksiyonlardaki fosfor miktarının toprakların ana materyaline, fiziko-kimyasal özelliklerine, toprak ordosuna ve arazinin kullanım şekline göre değişimler gösterdiğini belirlemiştir. Sonuç olarak, genel itibariyle organik maddenin

topraklarda fosforun yarayırlı fraksiyonlarını arttırıcı etkisi olduğunu gözlemlerken; kireç, amorf demir oksitler, kil içeriği, pH'nın yarayırlılığı azaltma etkisinin olduğunu gözlenmiştir. Toprak tekstürünün, organik maddesinin, toprakların hacim ağırlıklarının fosforun toprak alt katmanlarına doğru yıkanmasında etkili olduğu belirlenmiştir. Kireç miktarının fazla olduğu topraklarda Ca-P fraksiyonunun yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Mahdi (2018), Atabey Ovası topraklarında fosfor fraksiyonlarının toprak özellikleriyle ilişkisini incelediği çalışmasında, çalışma alanının her serisinin en az 3 farklı noktasından 71 adet yüzey toprak örnekleri (0-20 cm) almıştır. Aldığı toprak örnekleri üzerinde tanımlayıcı fizikokimyasal analizler ve kademeli fosfor fraksiyonlaması yapmıştır. Fosfor fraksiyonlarının toprak özellikleri ile olan ilişkilerini Pearson korelasyon analizi, varyans analizi ve kemometrik analizlerle ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışma alanının topraklarında fraksiyonların ortalama dağılım sırasının büyükten küçüğe doğru Ca-P (% 50.36) > Res-P (% 19.94) > CBD-P (% 12.17) > NaOH-Pt (% 6.94) > NaOH-Pi (% 6.24) > NaHCO<sub>3</sub>-Pt (% 1.82) > NaHCO<sub>3</sub>-Pi (% 1.57) > NaOH-Po (% 0.71) > NaHCO<sub>3</sub>-Po (% 0.25) şeklinde olduğunu belirlemiştir. Belirlediği bu fraksiyonların oransal dağılımının arazi kullanım şekline göre değiştiğini saptamıştır.

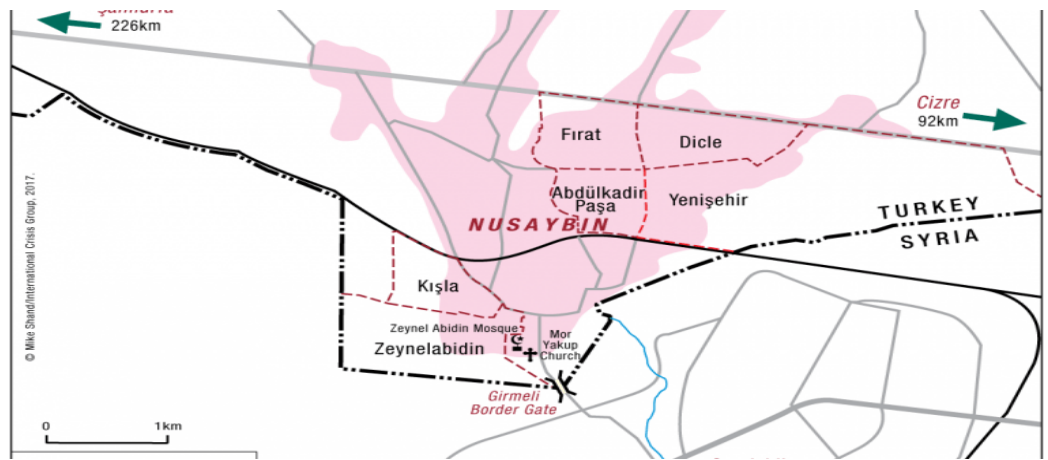
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak GAP alanında yer alan Mardin ili Nusaybin ilçesinde Suriye sınırı boyunca döşenmiş mayınlı alanlardan temizlenmiş işlenmemiş ve hemen karşısında yer alan işlenmiş arazilerden 0-20 cm de alınan toprak örnekleri kullanılmıştır. Arazinin toprak tipi ve topoğrafya gibi faktörlerce farklılık gösteren alanlarından araziyi temsilen rastgele örnekleme sistemi kullanılarak toplam 8 örnek alınmıştır (2 farklı alan;  $4 \times 2 = 8$  toprak). Alınan örnekler laboratuvarında verimlilik analizlerine ve toprak fosfor fraksiyonlarının tayin işlemlerine tabi tutulmuştur.

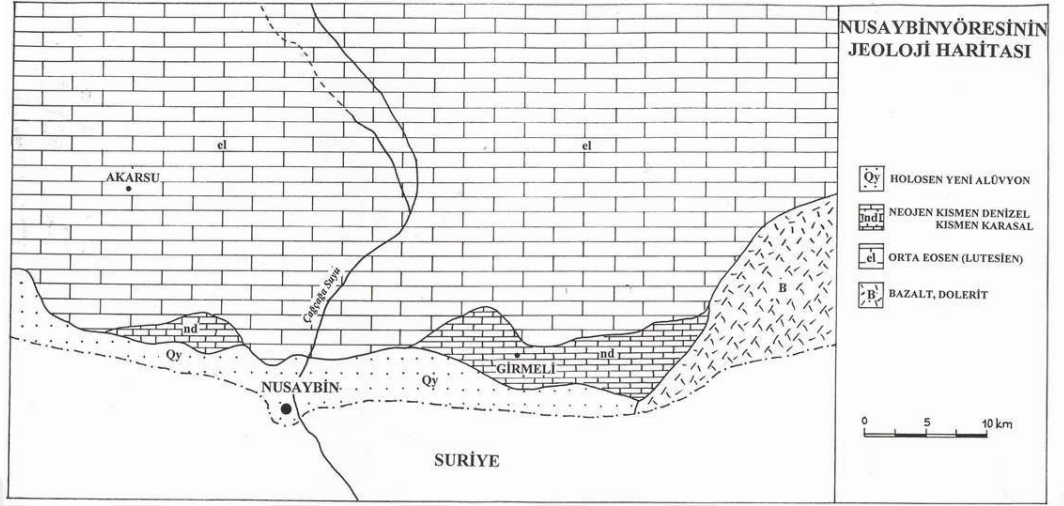
#### 3.1.1. Araştırma alanının coğrafi konumu

Mardin iline bağlı Nusaybin ilçesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde,  $41^{\circ} 03' - 41^{\circ} 45'$  doğu boylamları ile  $37^{\circ} 02' - 37^{\circ} 13'$  kuzey enlemleri arasında, Mardin İli'nin güneydoğusunda yer alır. Nusaybin ilçesi Mardin İli yüz ölçüm alanının ( $8891 \text{ km}^2$ ) % 13.2'sini meydana getirir ( $1177 \text{ km}^2$ ). Batı yönünde Mardin, kuzeyinde Midyat İlçesi kuzeybatısında Ömerli İlçesi, doğusunda Şırnak ili ve güneyde de Suriye ile çevrilidir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Nusaybin haritası

### 3.1.2 Araştırma alanının doğal coğrafya özellikleri



Şekil 3.2. Nusaybin yöresinin jeoloji haritası

Nusaybin yöresinde büyük bir alan kalkerlerden oluşmuş bir yapı göstermesine rağmen, karstik şekiller çok fazla gelişme gösterememiştir. Bunun nedeni kalkerlerin killi-kireçtaşı içermesi ve ince ara tabakalı bantlar halinde bulunmasıdır. Karstik şekil olarak en yaygın olanlar dolin, lapyra ve mağaralardır. Eğimi yüksek olan yerlerde genellikle Lapyalar genellikle gelişmişlerdir. Nemli iklim şartlarından sonra kurak bir döneme geçilmiş olması sebebiyle mağaralar gelişme göstermemiştir. Mağaraların derinliği ve büyüklüğü fazla değildir. Bir veya iki küçük galeriye sahiptirler. Dolinler ise küçük tarım alanları şeklinde kullanılmaktadır ve derin olmayan bir toprak yapısı gösterirler.

#### 3.1.2.1. Araştırma alanının toprak özellikleri

Yeni toprak sınıflandırma sistemine göre Nusaybin Yöresinde Kırmızı Akdeniz, kolüvyal ve alüvyal topraklar mevcuttur (Dinç ve ark.,1999).

**a) Kırmızımsı Akdeniz toprakları**

Bu yörede en sık görülen toprak grubudur. Genel olarak kireçtaşı, ot ve çalı örtüsü altında oluşmuşlardır. Kırmızı rengin oluşması sıcak iklim koşulları nedeniyle topraktaki Fe'in oksitlenmesinden kaynaklanmaktadır. Genellikle düz bazen de hafif eğime sahip olan bu toprakların büyük bir bölümünün toprak derinliği 50 cm'den daha fazladır. Belirli bir bölümünün taşlı yapıya sahip olan bu toprakların verimlilik durumları yüksektir. Bu alanların kullanımı büyük oranda bağ, kuru tarım ve otlaklar şeklindedir. Sulanabilen alanlarda ise genellikle pamuk yetiştiriciliği yapılmaktadır (Mardin İli Toprak Kaynağı Envanter Raporu; Dinç ve ark., 1999). Bu topraklarda kalsifikasyon yaygındır. Bu sebeple genellikle toprağın alt katmanlarında yoğun kireç birikimi görülmektedir (Atalay, 2006).

**b) Kolüvyal topraklar**

Bu topraklar genellikle yan derelerle ve yüzeysel akımla, kısa mesafeye sahip olan alanlardan taşınarak, eğimin azaldığı yerlerde depolanan materyallerden oluşan genç topraklardır. Toprak özellikleri, en çok yakınındaki yüksek arazi topraklarla aynı özellikleri gösterir. Bu toprakların işlenebilir olan kısımlarında, bostan tarımı meyvecilik, sebzeçilik ve kavakçılık ile uğraşılmaktadır.

**c) Alüvyal topraklar**

Çoğunlukla ince yapıda olan (kum ve mil) ve akarsu boylarında görülen genç topraklardır. Kırmızımsı Akdeniz topraklar, Kolüvyal topraklarının dışında çıplak kayalık ve molozlardan oluşan arazi tipi de görülmektedir. Bu alanlar parçalanmış sert kayalarla veya iri kaya bloklarıyla kaplı alanlardır. Kalker yapıda olan bu arazi tarım için elverişli değildir. Bu kısımlarda toprak birikmesinden ziyade erozyon daha fazladır. Bu alanlardan genellikle taş ocağı olarak faydalanılmaktadır. Bu kısımlardaki bitki örtüsü zayıftır (Dinç ve ark.,1999).

### 3.2 Yöntem

#### 3.2.1. Kullanılan analiz yöntemleri

**a) Toprakta yarayırlı fosfor analizi:** Olsen yöntemi ile belirlenmiştir. Toprak içeriğindeki P'yi 0.5 M Sodyumbikarbonat (pH 8.5) çözeltisi ile açığa çıkarıp, çözeltiliye geçirilmiştir, çözeltiliye geçen fosfor mavi renk elde edilen bir ortamda bağlanıp indirgenerek oluşturulan mavi rengin yoğunluğu, aynı koşullarda hazırlanmış ve içerisinde belli oranlarda P içeren standartlarla, spektrofotometrede 880nm dalga boyunda okunmuştur (Olsen ve ark.,1954).

**b) Fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi:** Chang ve Jackson'in 1957'de geliştirmiş olduğu, 1972'de Syres ve ark. tarafından değiştirilen yönteme göre topraklarda fosfor fraksiyonları ve toprağın apatit, variskit ve strengit gibi minerallerinde bulunan fosfatı çözündürme güçleri farklı bir seri ekstrakt çözeltilerinde çözündürerek, çözeltiliye geçen fosfor molibdofosforik mavi renk esasına göre belirlenmiştir (Chang ve Jackson, 1957; Syres ve ark., 1972).

**c) Toprakta organik madde analizi:** Modifiye Walkley-Black Yöntemi ile; yaş yakma yapılarak belirlenmiştir (Nelson, 1982).

**d) Toprakta kireç analizi:** Scheibler kalsimetresiyle ölçüm yapılarak belirlenmiştir (Nelson, 1982).

**e) Toprak reaksiyonu:** Saturasyon çamuru 24 saat bekletildikten sonra, süzük çıkarma setinden çıkarılarak pH metre ile okuma yapılarak belirlenmiştir (Thomas, 1996).

**f) Elektriksel iletkenlik (EC):** Saturasyon çamurundan elde edilen süzükten EC okuması yapılmıştır (Rhoades, 1996).

**g) Tekstür:** Numune kaplarına 50 g toprak tartılır. Üzerine 10 ml % 10'luk kalgon (sodyum heksametafosfat) ve 150 ml saf su ilave edilir. Karıştırılır ve 24 saat

bekletilir. 40.saniye ve 2.saat hidrometre okumaları yapılır. Daha sonra hesaplama yapılarak tekstür belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

### 3.2.2. Toprakta yarayışlı fosfor tayini

Kurutulmuş ve 2mm'lik elekte elenmiş 5 gr toprak örneği 250 ml'lik erlene konur. Üzerine 100 ml 0.5 M Sodyum Bikarbonat eklenir ve çalkalama makinasında 30 dk. çalkalanır. Elde edilen çözelti Whatman filtre kağıdından süzülür. Süzüntüden 5 ml alınır ve 25ml'lik ölçü balonuna konur. Çözeltinin pH 'ının ayarlanabilmesi için 0,430 ml 5N Sülfürük Asit çözeltisi ilave edilir. Ölçü balonu arı su katılarak 20 ml'ye getirilir. Üzerine 4 ml Askorbik Asit eklenir ve elle hafif çalkalanır. Süzük arı su ile 25 ml derecesine tamamlanır, 10 dk bekletilir ve 880nm dalga boyunda spektrofotometrede okunur.

### 3.2.3. Topraklarda fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi

Chang ve Jackson'ın 1957'de geliştirmiş olduğu, 1972'de Syres ve ark. tarafından değiştirilen yönteme göre topraklarda fosfor fraksiyonları ve toprağın apatit, variskit ve strengit gibi minerallerinde bulunan fosfatı çözündürme güçleri farklı bir seri ekstrakt çözeltilerinde çözündürerek, çözeltiliye geçen fosfor molibdofosforik mavi renk esasına göre belirlenir.

#### I. Aşama (Labil P fraksiyonu)

0,1 N NaOH + 1 M NaCl çözeltisi ile ekstrakte edilen fosfor fraksiyonu: inkübe edilen topraktan 1 g fırın kuru toprağa eşdeğer olacak şekilde tartım alınarak 0,1 N NaOH + 1 M NaCl çözeltisinin 50 ml'si ile 17 saat çalkalanır. Elde edilen ekstrakt 100 ml' lik volümetrik ölçü balonuna konur. Ardından toprak örneği 2 defa daha 1 M NaCl' ün 25 ml'si ile yıkanarak ölçü balonunda toplanır ve son hacim 100 ml'ye molar NaCl ile tamamlanır.

## II. Aşama (Fe-bağlı P fraksiyonu) CBD-P

I. aşamadan geri kalan toprak örneği üzerine 0.3 M'lık Sodyum Sitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) çözeltisinden 40 ml, 0.1 M  $\text{NaHCO}_3$  çözeltisinden 5 ml ilave edilir ve süspansiyon su banyosunda 85 °C'de ısıtılır. Üzerine 1g Sodyum Dithionit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) ilave edilir ve hızlıca karıştırılır. Isıtma işlemine 15 dakika daha devam edilir. Santifrüjlemeden sonra ekstrakt 100 ml' lik ölçü balonuna aktarılır. Doymuş NaCl çözeltisi ile 2 defa yıkanır. Elde edilen ekstrakt ölçü balonunda toplanır ve son hacim 100 ml'ye tamamlanır.

## III. Aşama (Ca-bağlı P fraksiyonu)

II. aşamadan kalan toprak örneğindeki bakiye  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  ün oksidasyonu için çözelti hava ile temasa geçirilir. Daha sonra toprak örneği üzerine 50 ml 0,5 M HCl ilave edilir ve çalkalanır. Santrifüjlemeden sonra elde edilen ekstrakt 100 ml'lik ölçü balonuna konur ve 25 ml doymuş NaCl çözeltisiyle 2 defa yıkama yapılarak son hacim doymuş NaCl ile hacmine tamamlanır.

## Ekstraktlarda P içeriğinin belirlenmesi

Yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen ekstraktların P konsantrasyonu, 2 - 40  $\mu\text{g}$  P içeren alikot alınarak askorbik asit metoduna göre (Kuo 1996) renklendirilerek ve 880 nm dalga boyunda UV / VIS spektrofotometrede belirlenir. I. ve III. aşamanın renklendirmesi yapılırken p-nitrofenol indikatörüyle 2 N HCl ve NaOH çözeltisi kullanılarak pH ayarlaması yapılır. I. aşamada renk, ayarlama sonunda sarı, III. aşamada ise renksiz olması gerekmektedir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Araştırma Alanının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

GAP alanında yer alan Mardin İli Nusaybin ilçesinde Suriye sınırı boyunca döşenmiş mayınlı alanlardan temizlenmiş, işlenmemiş ve hemen karşısında yer alan işlenmiş arazilerden 0-20 cm de alınan toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 4.1. ve 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

	SATURASYON (%)	EC (mmhos/cm)	Tuz (%)	pH	KİREÇ (%)	OM (%)	KUM(%)	SİLT(%)	KİL(%)	Bünye Sınıfı
<b>1</b>	52	1.67	0.055	7.86	20.3	1.08	18	18	64	kil
<b>1P</b>	56.4	1.87	0.067	7.66	21.4	1.5	14	18	68	kil killi
<b>2</b>	46.8	1.79	0.054	7.59	42.6	2.3	40	20	40	tn killi
<b>2P</b>	53.6	3.4	0.117	7.76	46.9	3.3	36	8	56	tn
<b>3</b>	60	2.19	0.084	7.64	14.9	2.3	28	20	52	kil
<b>3P</b>	86.4	1.92	0.106	7.88	13.7	1.4	16	16	68	kil
<b>4</b>	56.4	2.79	0.101	7.7	28.6	2.2	26	24	50	kil
<b>4P</b>	54.4	2.56	0.089	7.57	29.8	1.1	18	30	52	kil

Çizelge 4.2. Toprakların fosfor fraksiyonları

	YARAYIŞLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
<b>1</b>	2.42	3.23	79.33	283.33
<b>1P</b>	5.37	3.99	114.0	393.33
<b>2</b>	3.69	3.9	78.0	235.0
<b>2P</b>	4.5	6.0	70.67	236.67
<b>3</b>	3.25	2.83	76.67	305.83
<b>3P</b>	3.7	2.43	83.67	265.83
<b>4</b>	7.46	5.5	99.33	358.33
<b>4P</b>	4.7	2.9	110.67	377.5

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilen 1P, 2P, 3P ve 4P değerleri işlenmemiş alanların paralelindeki işlenmiş alanları ifade etmektedir. Toprakların tekstür tayinlerinden alınan sonuçlar değerlendirildiğinde, bu topraklar killi bünye sınıfına girmektedir. Toprakların kum içerikleri % 18-40 arasında, silt içerikleri % 8-30 arasında, kil içerikleri ise % 40-68 arasında değişmektedir.

Toprakların saturasyon değerleri incelendiğinde, % 58.25 civarında olduğu gözlemlenmiştir. Elektrik kondaktivitelerinin ise 2.27 mmhos/cm olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu değerlere göre araştırma alanının topraklarının tuzsuz olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1.).

Toprakların ortalama pH değerleri 7.7 olup hafif alkali karakter göstermektedir. Ortalama CaCO<sub>3</sub> içeriği 27.27 civarında olduğu bu değerlere göre kireç oranının yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.3. Organik madde miktarı yeterlilik sınır değerleri (Anonim, 1988)

<b>Organik Madde Miktarı Yeterlilik Sınır Değerleri</b>	
<b>Sınır Değeri (%)</b>	<b>Değerlendirme</b>
<1	Çok Az
1 - 2	Az
2 - 3	Orta
3 - 4	İyi
>4	Yüksek

Toprakların organik madde içerikleri değerlendirildiğinde, % 1.08 – 3.3 arasında olduğu, ortalama değerinin 1.89 olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1.). Belirlenen değerlere göre araştırma alanının toprakları az seviyede organik madde ihtiva etmektedir (Çizelge 4.3., Akça ve ark., 2017)

Araştırma alanının yarayışlı fosfor değerlerine bakıldığında ise, işlenmemiş ilk üç alandan alınan örneklerde ortalama değerler birbirine yakın olup 2.42 – 3.69 ppm arasında olduğu, 4. alandan alınan toprak örneğinin yarayışlı fosfor içeriği ise ortalama 7.46 ppm civarında olduğu belirlenmiştir. İşlenmemiş arazilerin karşısındaki işlenmiş alanlardan alınan örneklerin değerlerinde kısmen birbirine yakın olduğu ve 3.7-5.3 ppm arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.).

Toprakların labil P değerleri incelendiğinde 2.43 – 6 ppm arasında olduğu olduğu belirlenmiştir. Toprakların Fe'e bağlı fosfor fraksiyonları incelendiğinde değerlerin 70.67-114 ppm arasında olduğu, Ca'a bağlı fosfor fraksiyonları ele alındığında 235 – 393.33 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.4.'te farklı toprak özellikleri ile incelenen fosfor fraksiyonları arasındaki korelasyon seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Toprak özellikleri ve farklı fosfor fraksiyonları arasındaki korelasyonlar

	Sat.	EC	tuz	ph	CaCO <sub>3</sub>	OM	kum	silt	kil	Py	Pl	Fe-P	Ca-P
<b>Sat.</b>	1	-0.15	0.49	0.56	-0.61	-0.25	-0.47	-0.16	0.57	-	-0.42	-0.05	-0.06
<b>EC</b>	-0.15	1	0.79*	-0.11	0.56	0.66	0.38	-0.19	-0.25	0.51	0.74*	-0.08	-0.02
<b>tuz</b>	0.49	0.79*	1	0.24	0.11	0.43	0.05	-0.26	0.11	0.48	0.39	-0.11	-0.06
<b>Ph</b>	0.56	-0.11	0.24	1	-0.34	-0.14	-0.32	-0.57	0.68	-	-0.05	-0.42	-0.42
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	-0.61	0.56	0.11	-0.34	1	0.64	0.76*	-0.23	-0.60	0.21	0.70	-0.19	-0.43
<b>OM</b>	-0.25	0.66	0.43	-0.14	0.64	1	0.83*	-0.57	-0.46	0.20	0.72*	-0.54	-0.45
<b>kum</b>	-0.47	0.38	0.05	-0.32	0.76*	0.83*	1	-0.30	-	-	0.50	-0.60	-0.61
<b>silt</b>	-0.16	-0.19	-0.26	-0.57	-0.23	-0.57	-0.30	1	-0.35	0.79*	0.02	0.64	0.65
<b>kil</b>	0.57	-0.25	0.11	0.68	-0.60	-0.46	-	-0.35	1	-	-0.25	0.18	0.19
<b>Py</b>	-0.08	0.51	0.41	-0.29	0.21	0.20	0.79*	-0.2	0.27	1	0.63	0.58	0.52
<b>Pl</b>	-0.42	0.74*	0.39	-0.05	0.70	0.72*	0.50	-0.37	-0.25	0.63	1	-0.07	-0.12
<b>Fe-P</b>	-0.05	-0.08	-0.11	-0.42	-0.19	-0.54	-0.60	0.64	0.18	0.58	-0.07	1	0.86**
<b>Ca-P</b>	-0.06	-0.02	-0.06	-0.42	-0.43	-0.45	-0.61	0.65	0.19	0.52	-0.12	0.86**	1

\*Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir.

\*\*Korelasyon 0,01 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.4.'e göre toprak özellikleri ve farklı fosfor fraksiyonları arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; saturasyon (%) ile fosfor fraksiyonları arasında önemsiz ve negatif bir ilişki söz konusudur. Elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında EC ile yarıyışlı fosfor arasında pozitif fakat önemsiz bir ilişki varken, labil fosfor ve elektriksel iletkenlik arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmuştur. Bununla beraber EC ile Fe'e ve Ca'a bağlı fosfor arasında negatif ve önemsiz bir ilişki bulunmuştur. Toplam tuz miktarına bakıldığında tuz ile fosfor fraksiyonları arasında önemsiz bir ilişki belirlenmiştir. pH değerine bakıldığında fosfor fraksiyonları arasında istatistiksel olarak negatif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Korelasyon tablosuna göre topraktaki kireç miktarı ile Fe'e bağlı fosfor ve Ca'a bağlı fosfor arasında negatif bir ilişkinin olduğu görülür. Kireç miktarı arttıkça fiksasyonun arttığı gözlemlenmiştir. Tabloya göre organik madde ile yarıyışlı fosfor arasında pozitif bir ilişki olduğu, labil fosfor ile organik madde

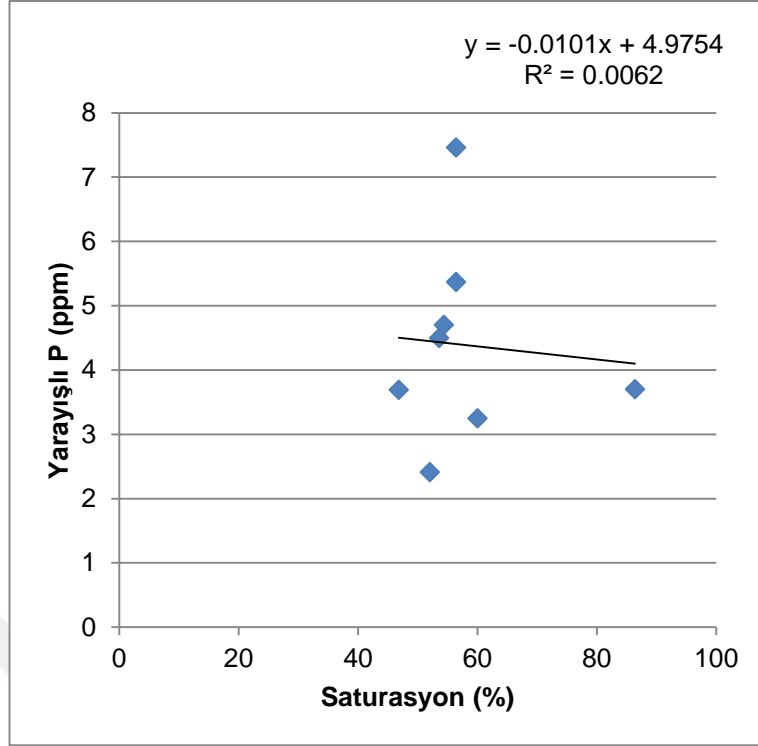
arasında istatistiksel olarak önemli ve pozitif bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir. Bununla beraber Fe'e ve Ca'a bağlı fosfor ile organik madde arasında istatistiksel olarak negatif bir ilişki söz konusudur. OM'nin arttığı durumlarda Fe'e ve Ca'a bağlı fosfor miktarında azalış meydana gelmektedir. Toprakların bünyesi ile fosfor fraksiyonları değerlendirildiğinde kum ve silt miktarları dışında kil miktarı ile fosfor fraksiyonları arasında istatistiksel olarak negatif ve önemli bir ilişkinin olduğu söz konusudur. Verilen tabloya göre Ca'a bağlı fosfor ile Fe'e bağlı fosfor arasında istatistiksel olarak pozitif önemli bir ilişki bulunmuştur. Genel olarak fosfor fraksiyonları kendi arasında kıyaslandığında Fe'e bağlı P ve Ca'a bağlı P arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu, yarıyıllı P ve labil P fraksiyonlarının değerlerinin arasında değişkenlik gösteren önemsiz bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.2. Saturasyon (%) ve Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki

Saturasyon (%) ve fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki Çizelge 4.5.'te ve Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te verilmiştir.

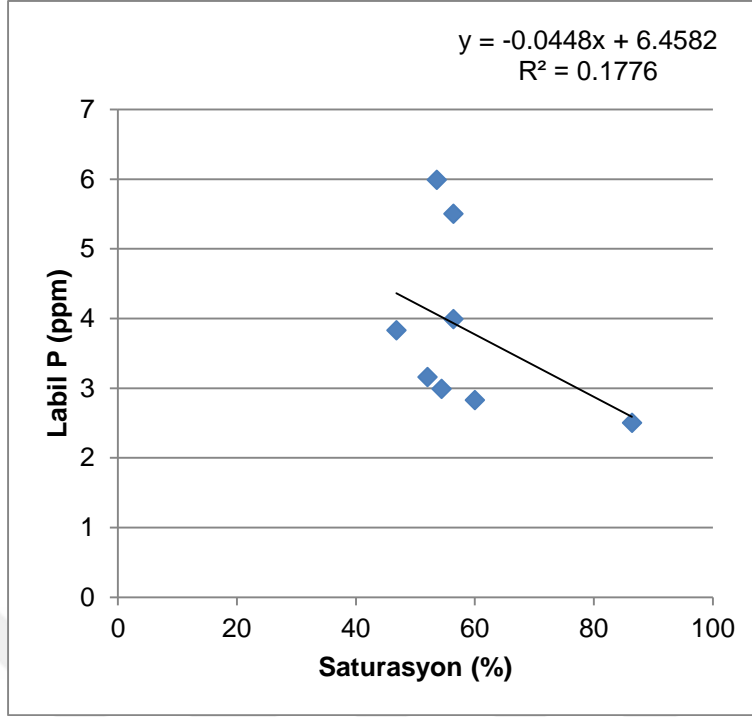
Çizelge 4.5. Saturasyon ve fosfor fraksiyon değerleri

	SATURASYON (%)	YARAYIŞLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
<b>1</b>	52	2.42	3.23	79.33	283.33
<b>1P</b>	56.4	5.37	3.99	114.0	393.33
<b>2</b>	46.8	3.69	3.9	78.0	235.0
<b>2P</b>	53.6	4.5	6.0	70.67	236.67
<b>3</b>	60	3.25	2.83	76.67	305.83
<b>3P</b>	86.4	3.7	2.43	83.67	265.83
<b>4</b>	56.4	7.46	5.5	99.33	358.33
<b>4P</b>	54.4	4.7	2.9	110.67	377.5



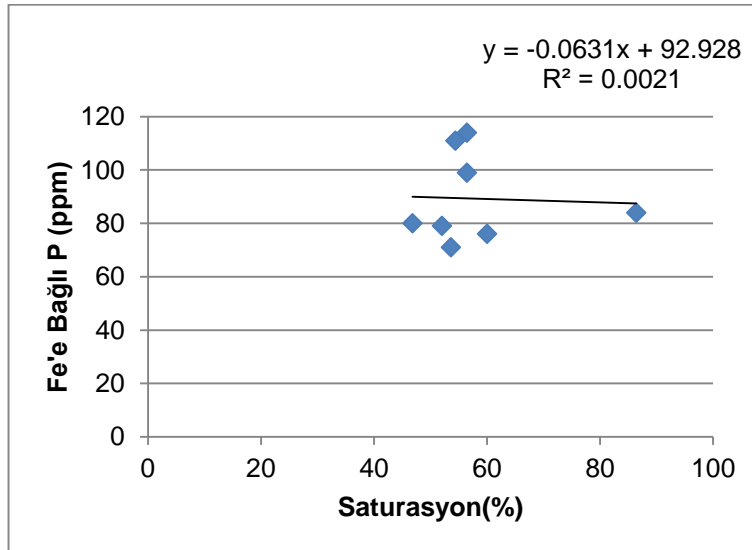
Şekil 4.1. Saturasyon (%) -Yarayışlı fosfor (ppm) grafiği

Şekil 4.1’de verilen saturasyon ve yarayışlı P değerleri incelendiğinde, bu iki değişken arasında bağımsız bir ilişki olup değerler arasında değişkenlikler gözlemlendiği ve saturasyonun yarayışlı fosfor üzerine ciddi bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

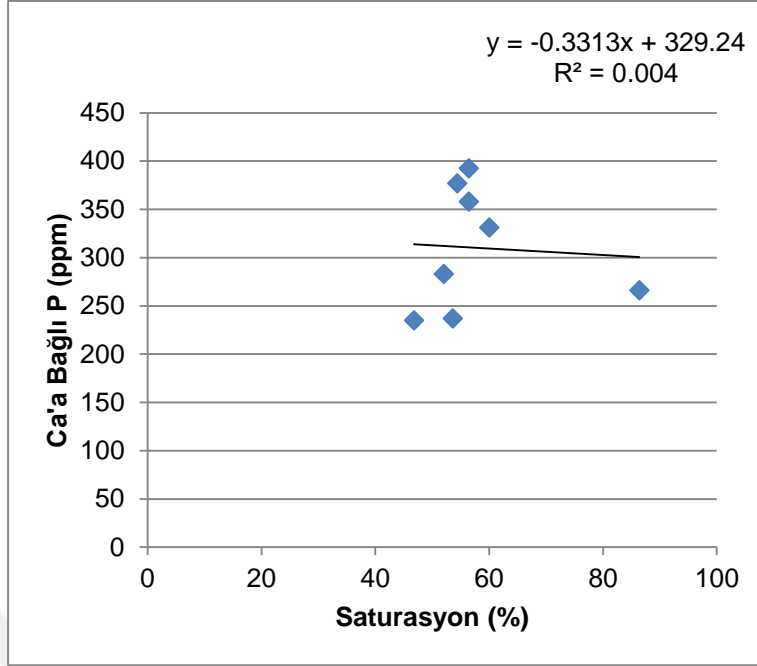


Şekil 4.2. Saturasyon (%) - Labil P(ppm) grafiği

Verilen grafiğe göre 3 ve 3P alanındaki topraklarda saturasyon değeri arttıkça labil P değerinde azalış gözlemlenirken diğer alanlarda saturasyon ve labil P değişkenleri arasında doğru orantılı bir ilişki olmadığı dolayısıyla toprak saturasyonunun labil P üzerine önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.



Şekil 4.3. Saturasyon (%) - Fe'e bağlı P(ppm) grafiği



Şekil 4.4. Saturasyon (%) - Ca'a bağlı P(ppm) grafiği

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4. Saturasyon oranının Fe'e bağlı fosfor ve Ca'a bağlı fosfor üzerine etkisi incelendiğinde bu değişkenler arasında pozitif bir ilişki olmadığı gözlemlenmektedir.

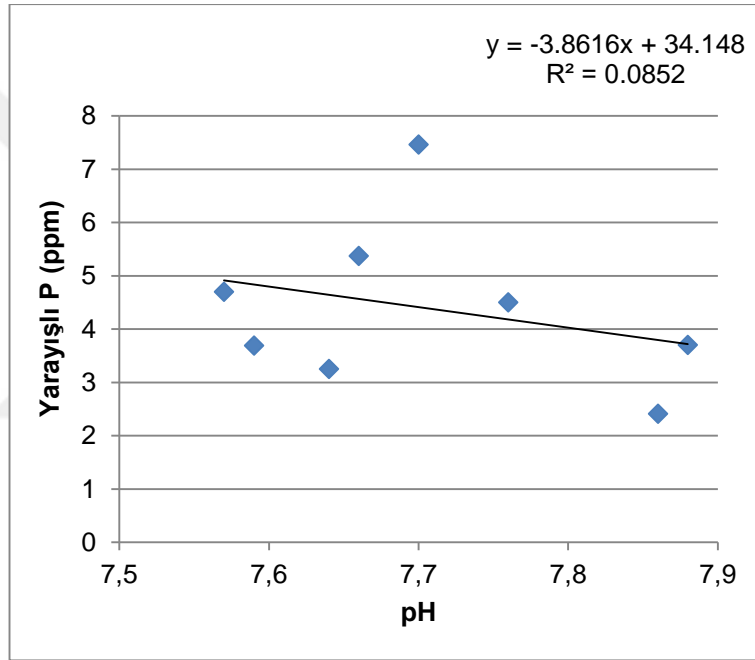
Miller ve ark. (2001), orman topraklarında, fosfor fraksiyonlarının yağışa bağlı değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, yağıştaki artışa bağlı olarak inorganik labil fraksiyonda önce bir azalma daha sonra ise (yağış > 300 cm) bir artış meydana geldiğini ve bu artışın sebebinin yüksek yağışa bağlı olarak organik madde birikimindeki artışa bağlamışlardır. Meydana gelen azalmayı ise P adsorpsiyonunda önemli rol oynayan seskioksitlerin oransal miktarındaki artış ile ilişkilendirmişlerdir.

### 4.3. pH ve Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki

ph ile farklı fosfor fraksiyonları arasındaki ilişkiler Çizelge 4.6. ve Şekil 4.5., Şekil 4.6., Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'te verilmektedir.

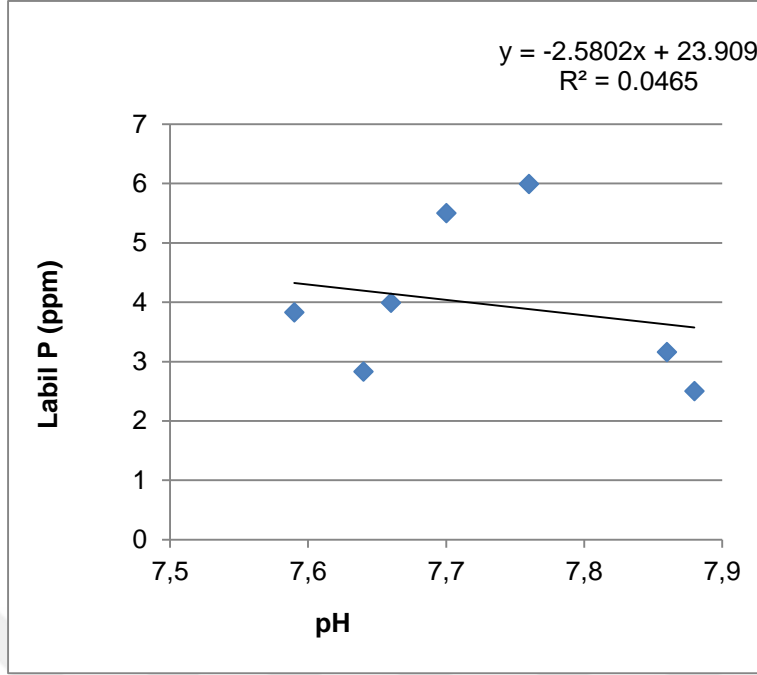
Çizelge 4.6. pH ve fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki

	pH	YARAYIŞLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
1	7.86	2.42	3.23	79.33	283.33
1P	7.66	5.37	3.99	114.0	393.33
2	7.59	3.69	3.9	78.0	235.0
2P	7.76	4.5	6.0	70.67	236.67
3	7.64	3.25	2.83	76.67	305.83
3P	7.88	3.7	2.43	83.67	265.83
4	7.7	7.46	5.5	99.33	358.33
4P	7.57	4.7	2.9	110.67	377.5



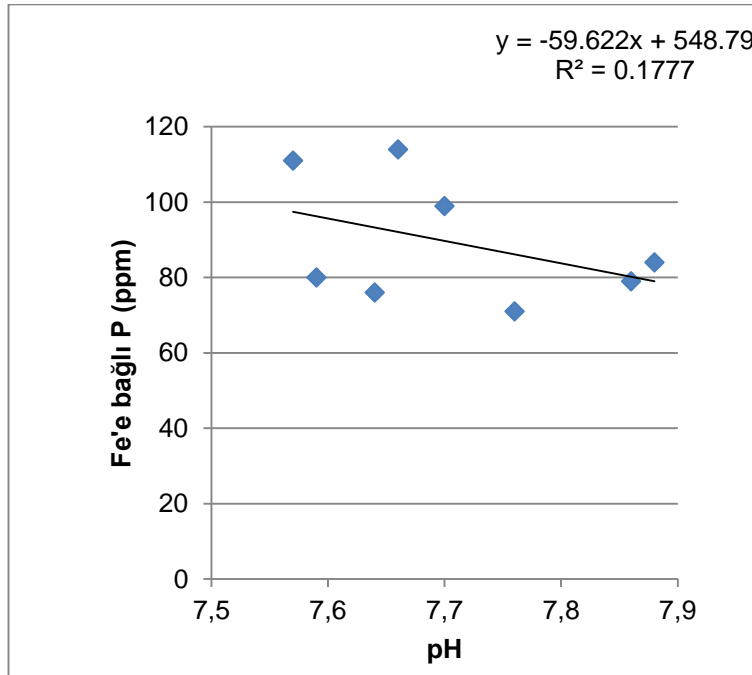
Şekil 4.5. pH - Yarayışlı P(ppm) grafiği

Yarayışlı fosfor ve pH arasındaki ilişki incelendiğinde 4 ve 4P alanındaki topraklar dışında diğer topraklarda genel olarak yarayışlı P miktarı pH arttıkça azalma eğilimi göstermiştir.

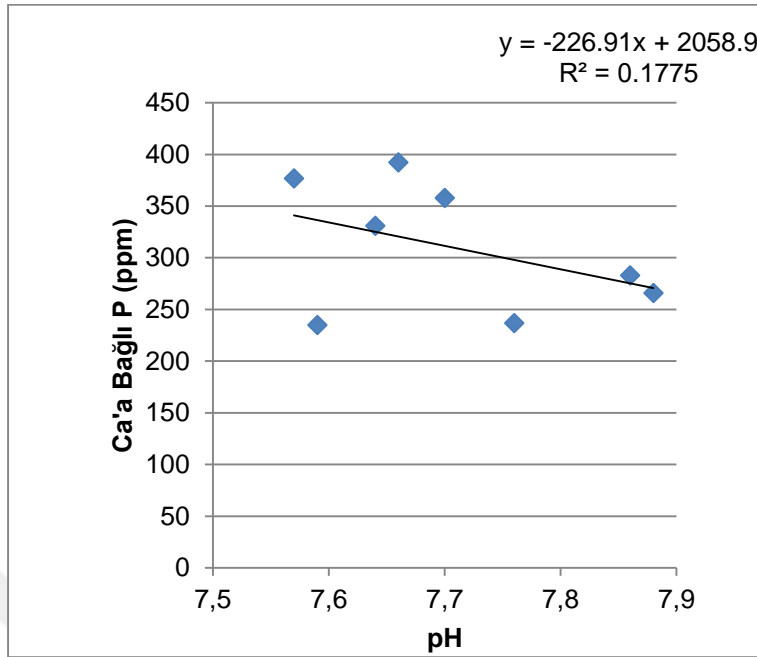


Şekil 4.6. pH - Labil P grafiği

Labil P (ppm) ve pH grafiği incelendiğinde pH'nın labil P üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, değişkenler arasında önemsiz bir artış azalış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7. pH - Fe'e bağlı P (ppm) grafiği



Şekil 4.8. pH - Ca'a bağlı P (ppm) grafiği

Verilen grafiklere göre pH miktarının genel olarak Fe'e ve Ca'a bağlı P üzerinde negatif yönde bir ilişkisinin olduğu, pH'nın arttığı durumlarda Ca'a ve Fe'e bağlı P'da düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Oskay ve Hatipoğlu (1985), Orta Anadolu topraklarında yaptıkları bir çalışma sonucunda toprakların fosfor adsorbsiyon değerleri ile toprak pH'sı arasında önemli ve pozitif bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır.

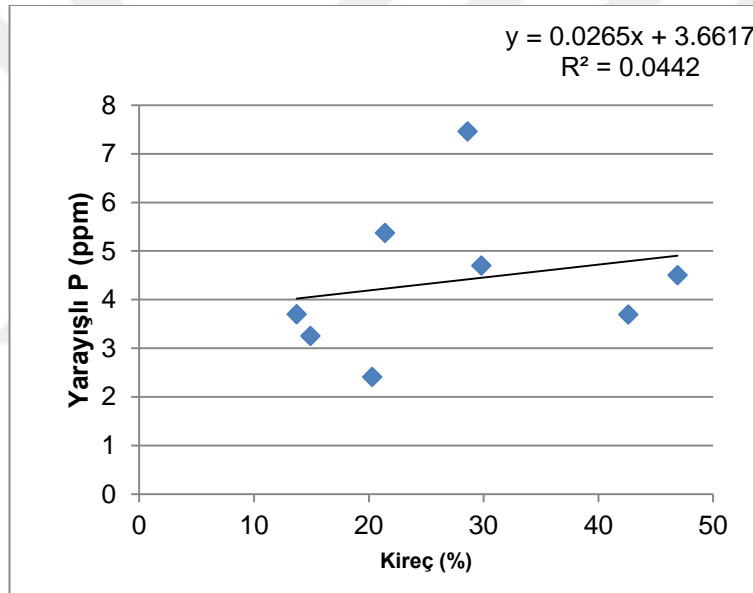
Akay (1991), aynı şekilde Çomaklı Köyü Araştırma ve Uygulama Çifliğinde toprakların fosfor durumları üzerine yaptığı çalışmasında fosfor fiksasyon miktarları ile toprak pH'sı arasında önemli ve pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmiştir.

#### 4.4. Kireç Miktarı ile Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki

Kireç miktarı ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki Çizelge 4.7 ve Şekil 4.9., Şekil 4.10., Şekil 4.11. ve Şekil 4.13.'te verilmiştir.

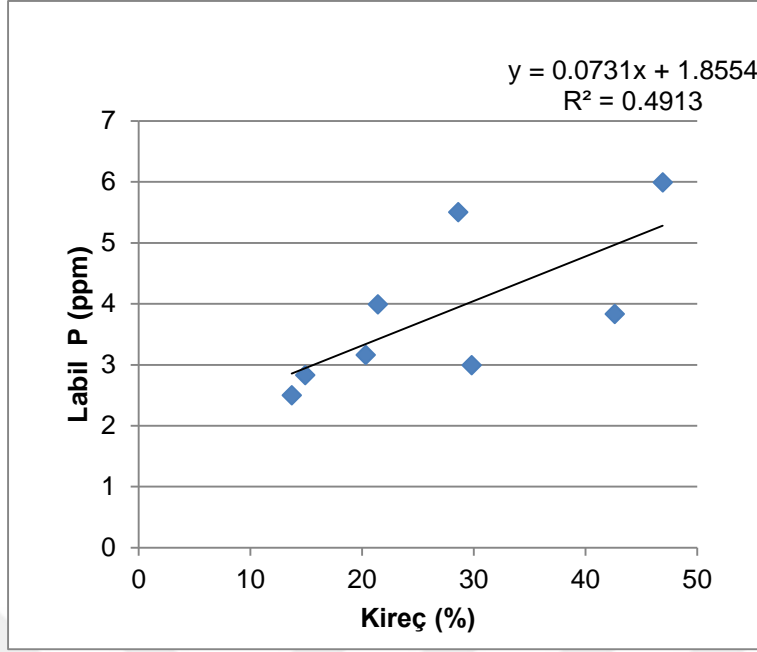
Çizelge 4.7. Kireç miktarı (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki

	KİREÇ (%)	YARAYIŞLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
<b>1</b>	20.3	2.42	3.23	79.33	283.33
<b>1P</b>	21.4	5.37	3.99	114.0	393.33
<b>2</b>	42.6	3.69	3.9	78.0	235.0
<b>2P</b>	46.9	4.5	6.0	70.67	236.67
<b>3</b>	14.9	3.25	2.83	76.67	305.83
<b>3P</b>	13.7	3.7	2.43	83.67	265.83
<b>4</b>	28.6	7.46	5.5	99.33	358.33
<b>4P</b>	29.8	4.7	2.9	110.67	377.5



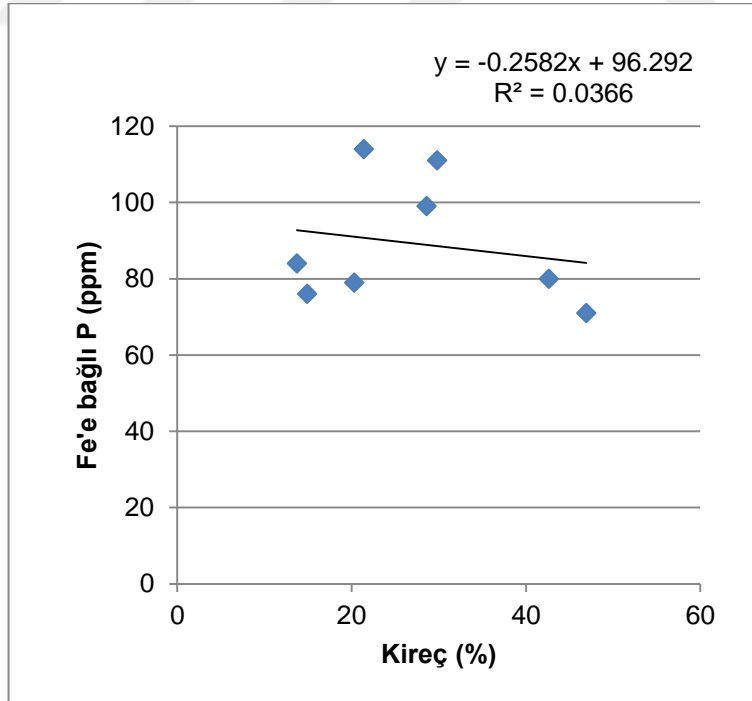
Şekil 4.9. Kireç (%) - Yarayışlı P (ppm) grafiği

Verilen grafik incelendiğinde ilk dört örnekte topraktaki % kireç miktarı arttıkça yarayışlı fosfor miktarı artarken, son dört örnekte ters orantılı şekilde topraktaki % kireç arttıkça yarayışlı fosfor miktarında azalma olduğu belirlenmiştir.



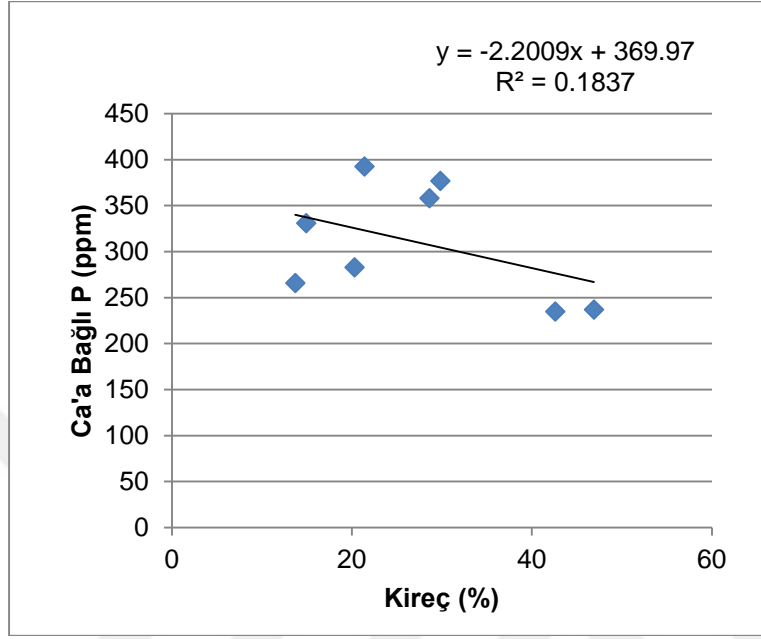
Şekil 4.10. Kireç (%) - Labil P (ppm) grafiği

Topraktaki % kireç miktarı ile labil P (ppm) grafiği incelendiğinde genel olarak kireç miktarı arttıkça labil P miktarında aynı şekilde artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11. Kireç(%) - Fe'e bağlı P (ppm) grafiği

Verilen grafik incelendiğinde genel itibariyle topraklardaki % kireç miktarı arttıkça Fe'e bağlı P miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.12. Kireç(%) - Ca'a bağlı P (ppm) grafiği

Verilen grafik incelendiğinde genel itibariyle topraklardaki % kireç miktarı arttıkça Ca'a bağlı P miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak topraklarda % kireç miktarının fosfor fraksiyonları üzerine önemli düzeyde etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Bertrand ve ark. (2003), Kuzey Avustralya bölgesinde alkali toprak çeşitlerinde fosforun kimyasal davranışlarını araştırdıkları çalışmalarında, fosfor tampon kapasitesinin (PBCs) kireçli topraklarda yüksek ve diğer alkali topraklarda ise orta dereceli olduğunu, Kireçli topraklarda fosfor adsorpsiyon davranışının tamamen CaCO<sub>3</sub> miktarı, alkali topraklarda amorf alüminyum ve demir oksitler sorpsiyon davranışını belirlediğini bulmuşlardır. Kireç içeriği yüksek kireçli topraklarda hem bikarbonat hem de Ca-laktat ekstraksiyonları labil olmayan fosforu çözerken, anyon değişim membranları (AEM) ile yapılan ekstraksiyon sadece yüzeydeki absorbe edilmiş fosforu çözdüğünü belirlemiştirlerdir. Araştırmacılar AEM ile ekstrakte edilen

fosforun kireçli topraklardaki yayarışlılığının diğer yöntemlere göre daha iyi tahmin edildiği belirtmişlerdir.

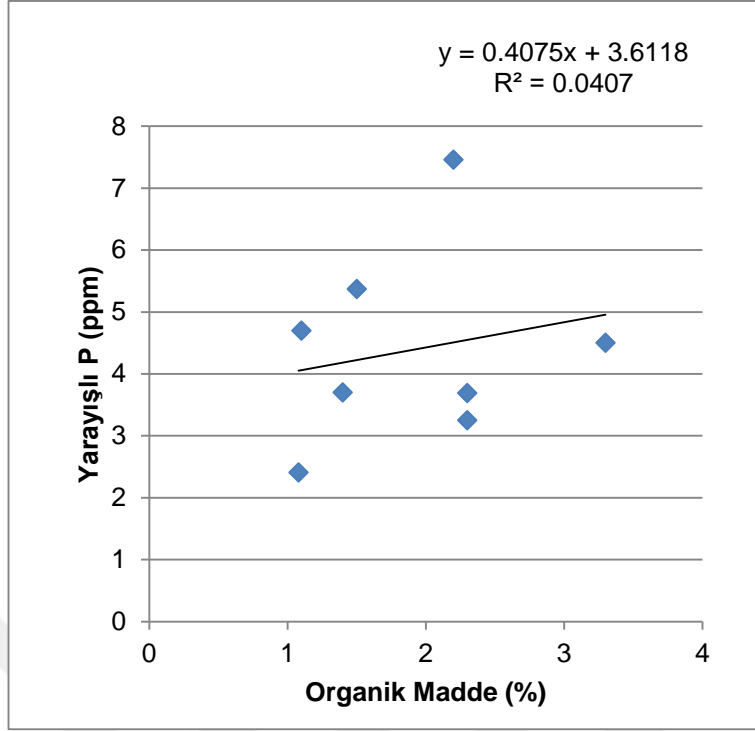
Kaçar (1968) ve Akay (1991), topraktaki kireç miktarının fosfor fiksasyonu üzerine yaptıkları çalışmalarında, kireç miktarı arttıkça toprakta fosfor fiksasyonunun arttığını dolayısıyla kireç miktarının fosfor fraksiyonları üzerine önemli bir etkisinin bulunduğu sonucuna varmışlardır.

#### 4.5. Organik Madde ve Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki

Organik madde ve fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki Çizelge 4.8. ve şekil 4.13., şekil 4.14., şekil 4.15ve şekil 4.16.'da verilmiştir.

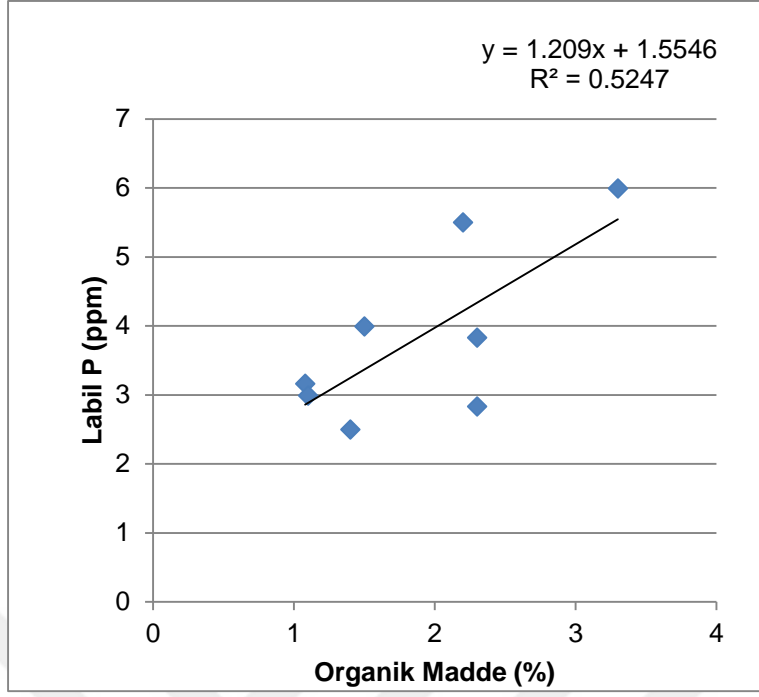
Çizelge 4.8. Organik madde ve fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki

	OM (%)	YARAYIşLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
<b>1</b>	1,08	2.42	3.23	79.33	283.33
<b>1P</b>	1,5	5.37	3.99	114.0	393.33
<b>2</b>	2,3	3.69	3.9	78.0	235.0
<b>2P</b>	3,3	4.5	6.0	70.67	236.67
<b>3</b>	2,3	3.25	2.83	76.67	305.83
<b>3P</b>	1,4	3.7	2.43	83.67	265.83
<b>4</b>	2,2	7.46	5.5	99.33	358.33
<b>4P</b>	1,1	4.7	2.9	110.67	377.5



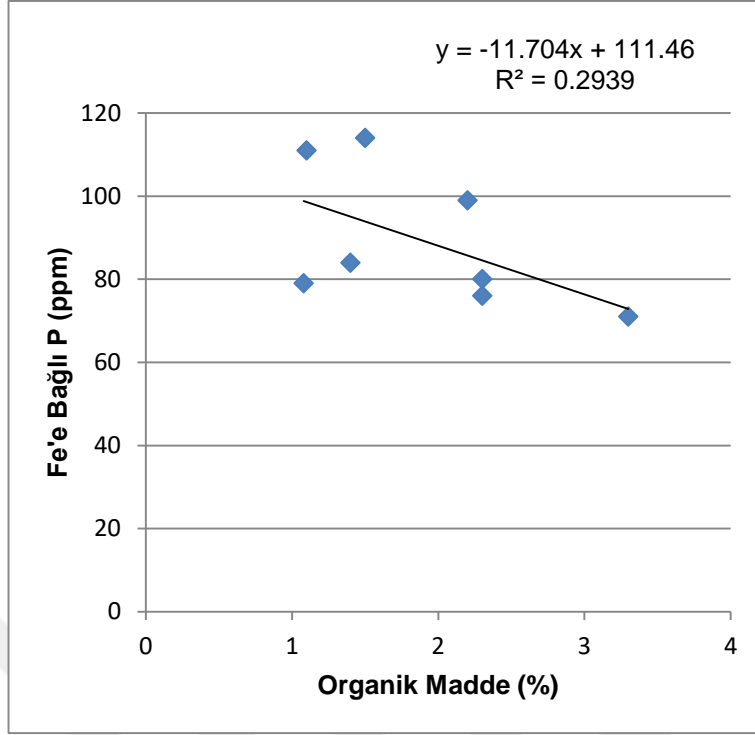
Şekil 4.13. OM (%) - Yarayışlı P (ppm) grafiğı

Verilen organik madde miktarının yarayışlı fosfor üzerine etkisi incelendiğinde 3P ve 4 numaralı toprak örnekleri dışında, diğér toprak örneklerinde organik madde miktarı arttıkça yarayışlı fosfor miktarında artış olduğı gözlemlenmiş ve organik maddenin yarayışlı fosfor üzerinde önemli ve pozitif bir ilişkinin olduğı sonucuna varılmıştır.



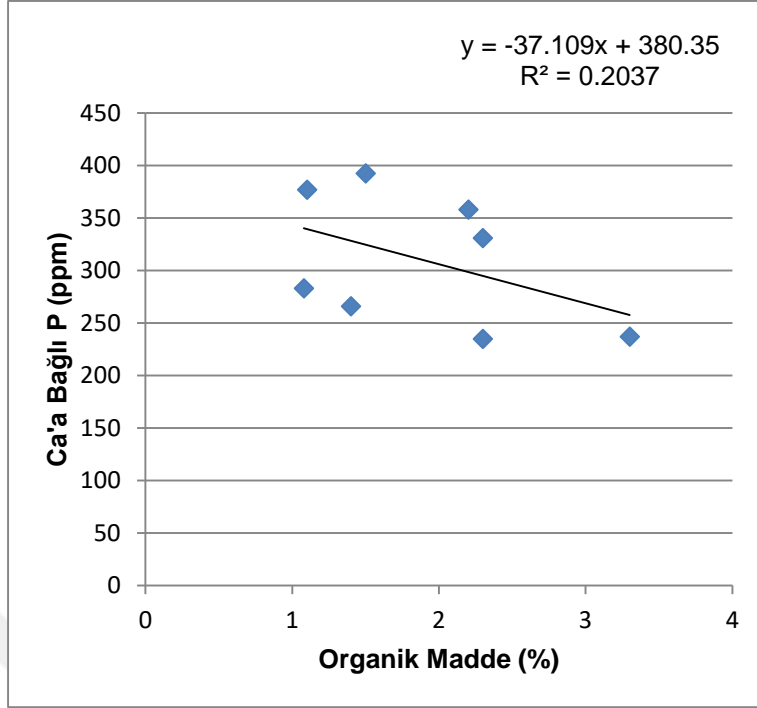
Şekil 4.14. OM (%) - Labil P (ppm) grafiği

Organik maddenin labil P arasındaki ilişkinin verildiği grafikte 3 ve 3P dışındaki topraklarda organik madde miktarı arttıkça labil P miktarında artış olduğu dolayısıyla organik maddenin labil fosfor üzerine pozitif yönde bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.15. OM (%) - Fe'e Bağlı P (ppm) grafiği

Şekil 4.15.'te verilen grafiğe göre organik madde miktarı ile Fe'e bağlı fosfor arasındaki ilişki incelendiğinde 1 ve 1P no'lu toprak dışında diğer topraklarda organik madde miktarı arttıkça Fe'e bağlı P miktarında azalış olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuca bakılarak organik maddenin Fe'e bağlı P üzerinde olumlu etkisinin bulunduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.16. OM (%) - Ca'a bağlı P (ppm) grafiği

Şekil 4.16'da verilen grafik incelendiğinde genel itibariyle organik madde miktarı ile Ca'a bağlı P arasında önemli ters yönde bir ilişki olduğu, organik madde miktarı arttıkça Ca'a bağlı P oranında düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Sui ve ark. (1999), farklı dozlarda organik katı atık uygulanmış topraklarda organik ve inorganik P fraksiyonlarını inceledikleri çalışmada 6 yıllık uygulamadan sonra bütün P fraksiyonlarının miktarının 0 - 5 cm derinlikte önemli derecede arttığı; 5 - 20 cm derinlikte bazı fraksiyonların arttığı; 20 - 35 cm'lik derinlikte ise herhangi bir değişim olmadığı sonucuna varmışlardır.

Erich ve ark. (2002), patates tarımı yapılan topraklarda fosfor kimyasına organik madde ilavesinin etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada suda çözünebilir fosforun, çözünebilir karbona bağlı fosforun, Morgan fosforunun ve resinle desorbe olabilen fosforun miktarını belirlemişlerdir. Organik madde ilave edilmiş topraklarda bitkiye yararlı ve desorbe olabilen fosfor miktarı uygulanmamış topraklara göre daha yüksek bulunmuşlardır. Çözülebilir organik karbon miktarı da organik madde uygulanmış parsellerde daha yüksek bulunmuş, fosfor

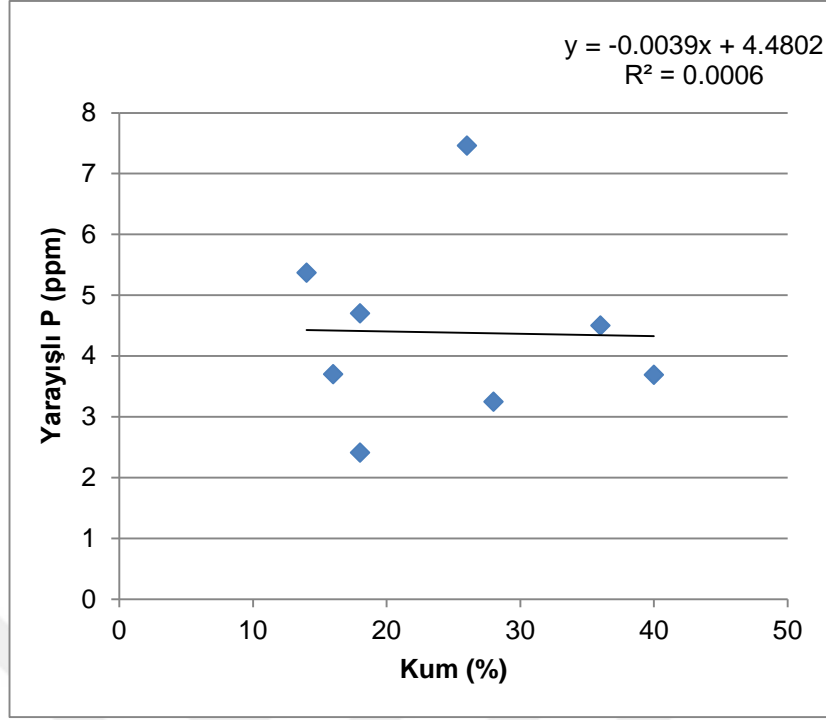
adsorpsiyonu sırasında çözülebilir organik karbonun çözelti fazına geçtiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak organik madde uygulamalarının fosforun bitkiye olan yarayırlılığını önemli düzeyde olumlu yönde artırdıklarını rapor etmişlerdir.

#### 4.6. Toprak Tekstürü ile Fosfor Fraksiyonları Arasındaki İlişki

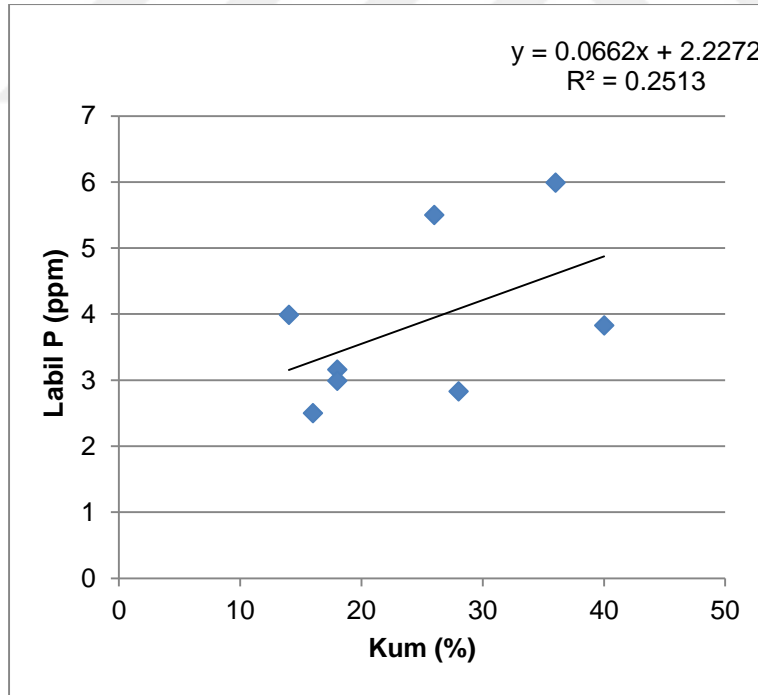
Toprak tekstürü ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki Çizelge 4.9. - Çizelge 4.11. ve Şekil 4.17.- 4.28. arasında verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kum (%) İle fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki

	KUM(%)	YARAYIŞLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
<b>1</b>	18	2.42	3.23	79.33	283.33
<b>1P</b>	14	5.37	3.99	114.0	393.33
<b>2</b>	40	3.69	3.9	78.0	235.0
<b>2P</b>	36	4.5	6.0	70.67	236.67
<b>3</b>	28	3.25	2.83	76.67	305.83
<b>3P</b>	16	3.7	2.43	83.67	265.83
<b>4</b>	26	7.46	5.5	99.33	358.33
<b>4P</b>	18	4.7	2.9	110.67	377.5

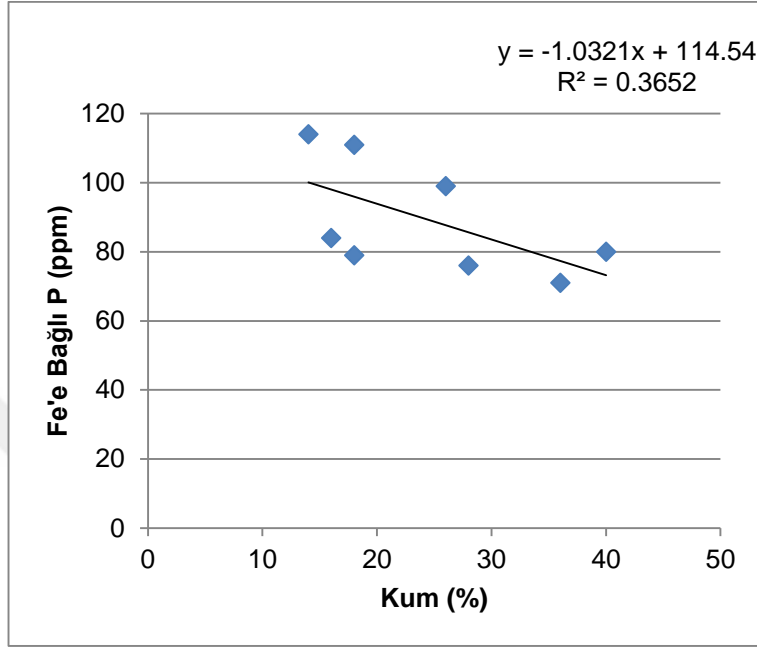


şekil 4.17. Kum (%) - Yarayışlı P (ppm) grafiği

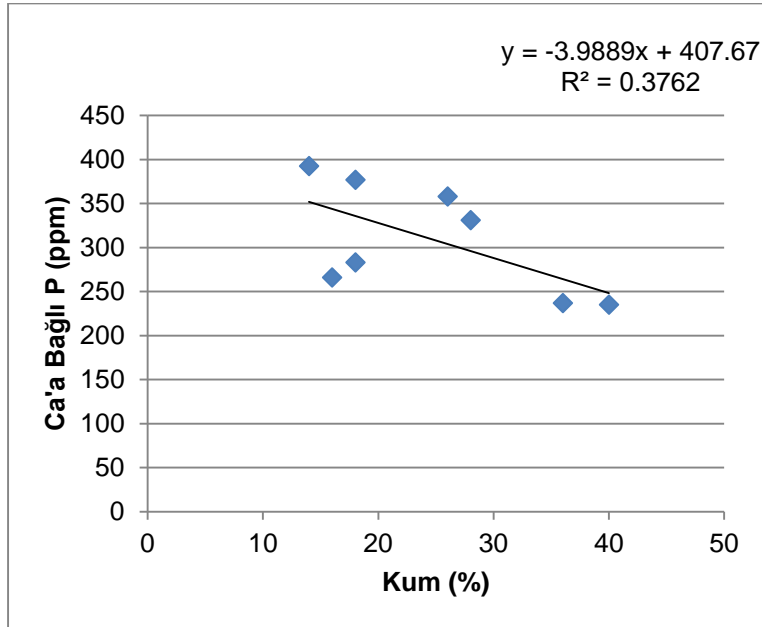


şekil 4.18. Kum (%) - Labil P (ppm) grafiği

Topraktaki % kum miktarının yarıyılı fosfor ve labil P üzerine etkisi incelendiğinde topraktaki % kum miktarının bu değişkenlerin üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.19. Kum (%) - Fe'e bağlı P (ppm) grafiği

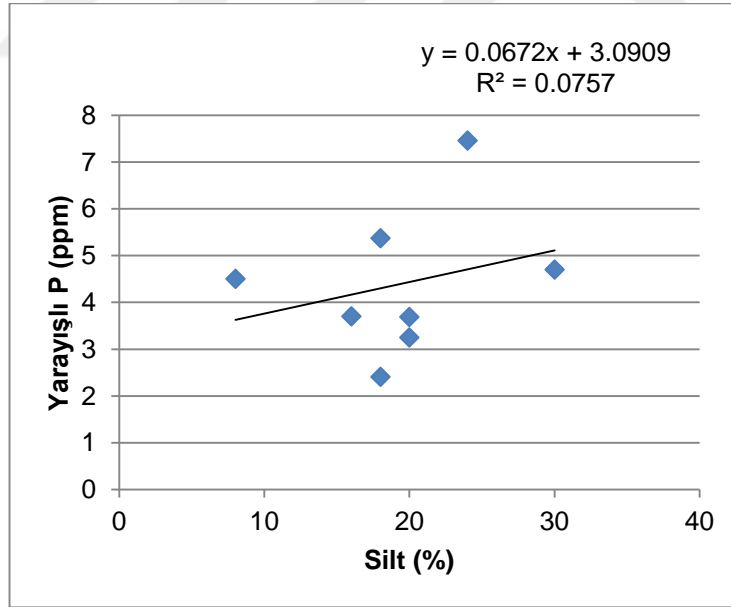


Şekil 4.20. Kum (%) - Ca'a bağlı P (ppm) grafiği

Topraktaki % kum miktarının Fe'e bağılı P ve Ca'a bağılı P miktarına üzerine etkisinin incelendiği grafikte topraktaki % kum miktarının bu iki değişken üzerine önemli etkisinin olduğu ve genel itibarıyla kum miktarı azaldıkça bu iki değişkenin oranlarında artış meydana geldiği saptanmıştır.

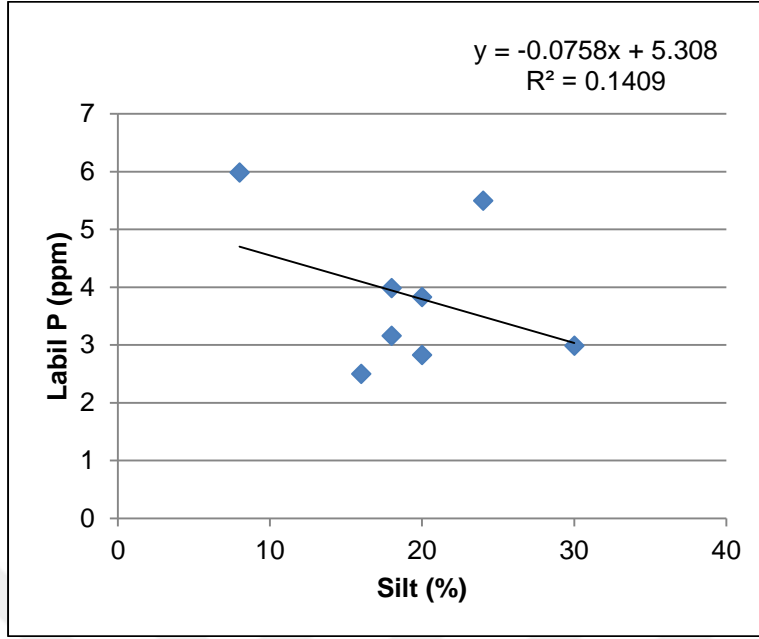
Çizelge 4.10. Silt (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki

	SİLT(%)	YARAYIŞLI P (ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
<b>1</b>	18	2.42	3.23	79.33	283.33
<b>1P</b>	18	5.37	3.99	114.0	393.33
<b>2</b>	20	3.69	3.9	78.0	235.0
<b>2P</b>	8	4.5	6.0	70.67	236.67
<b>3</b>	20	3.25	2.83	76.67	305.83
<b>3P</b>	16	3.7	2.43	83.67	265.83
<b>4</b>	24	7.46	5.5	99.33	358.33
<b>4P</b>	30	4.7	2.9	110.67	377.5



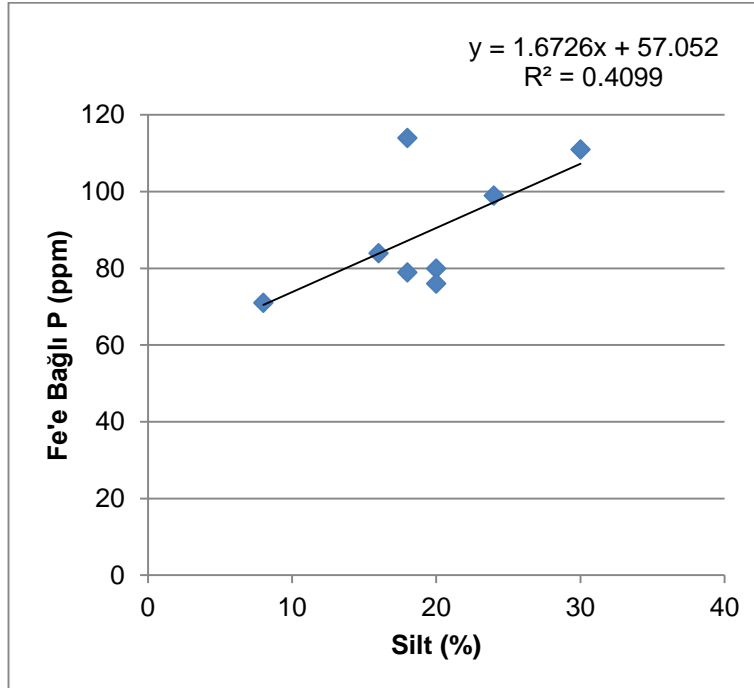
Şekil 4.21. Silt (%) - Yarayışlı P (ppm) grafiği

Şekil 4.21.'de verilen grafik incelendiğinde 1 ve 1P toprakları dışında topraktaki % silt miktarı ile yarayışlı P arasında önemli ve ters yönde bir ilişki olduğu, silt miktarı azaldıkça yarayışlı fosfor miktarının arttığı gözlemlenmiştir.

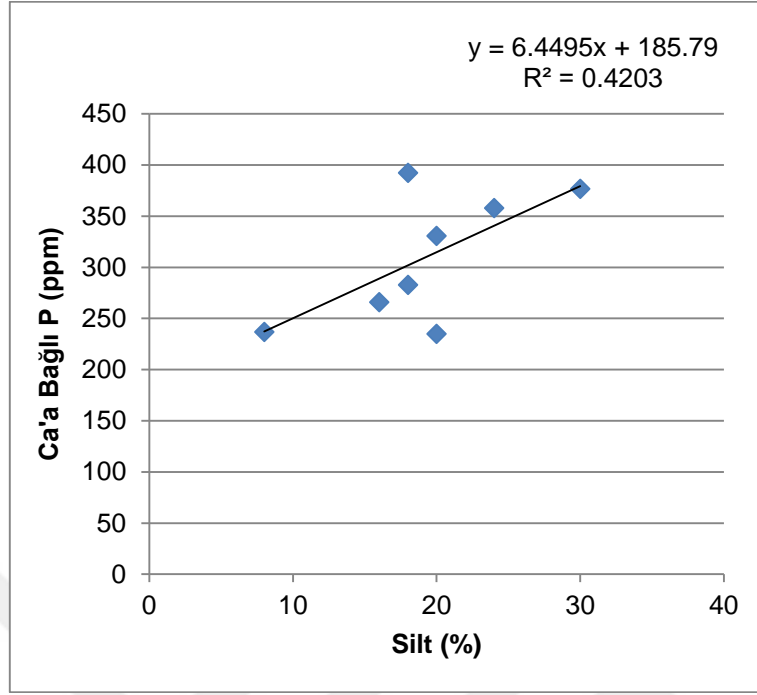


Şekil 4.22. Silt (%) - Labil P (ppm) grafiği

Şekil 4.22.'de verilen grafik incelendiğinde topraktaki % silt miktarı değişikliğinin labil P üzerine önemli düzeyde bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.23. Silt (%) - Fe'e bağlı P (ppm) grafiği

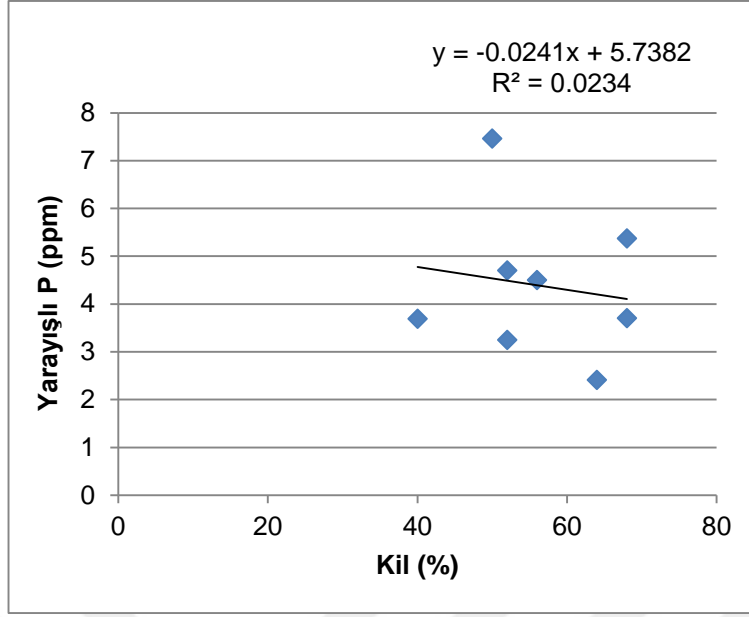


Şekil 4.24. Silt (%) - Ca'a bağlı P (ppm) grafiği

Verilen grafiklere göre topraktaki % silt oranının genel itibariyle Fe'e bağlı P ve Ca'a bağlı P üzerine önemli düzeyde bir etkisinin olmadığı değerler arasında düzensiz şekilde artış ve azalış olduğu belirlenmiştir.

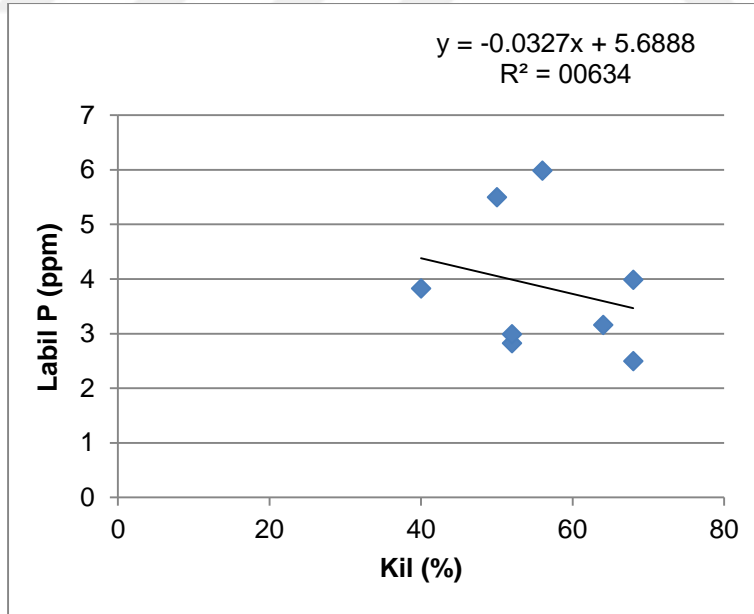
Çizelge 4.11. Kil (%) ile fosfor fraksiyonları arasındaki ilişki

	KİL(%)	YARAYIŞLI P			
		(ppm)	LABİL P (ppm)	Fe-P (ppm)	Ca-P (ppm)
1	64	2.42	3.23	79.33	283.33
1P	68	5.37	3.99	114.0	393.33
2	40	3.69	3.9	78.0	235.0
2P	56	4.5	6.0	70.67	236.67
3	52	3.25	2.83	76.67	305.83
3P	68	3.7	2.43	83.67	265.83
4	50	7.46	5.5	99.33	358.33
4P	52	4.7	2.9	110.67	377.5



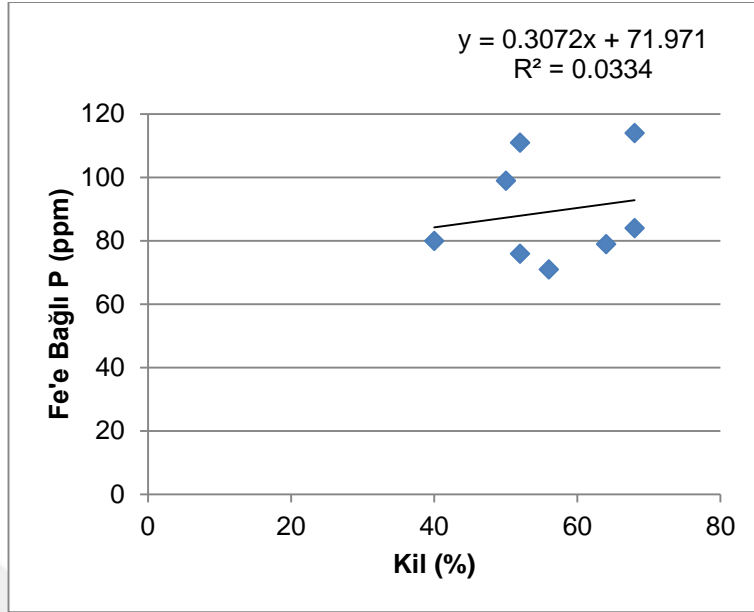
Şekil 4.25. Kil (%) - Yarayışlı P (ppm) grafiğı

% Kil oranının yarayışlı P arasındaki ilişkinin verildiğı grafiğıe göre genel itibariyle kil miktarı arttıkça yarayışlı P miktarında azalma olduğı ve kil içeriğıyle yarayışlı P arasında önemli bir ilişkinin olduğı sonucuna varılmıştır.

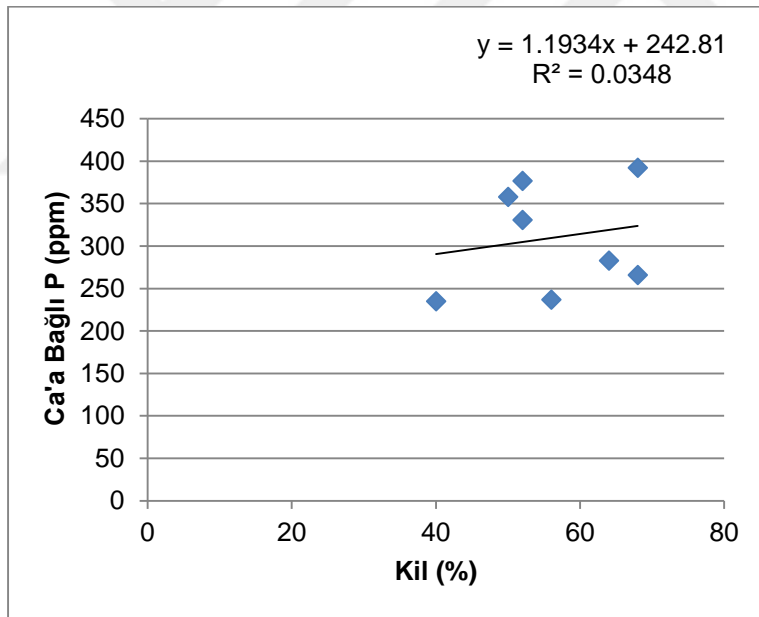


Şekil 4.26. Kil (%) - Labil P (ppm) grafiğı

Şekil 4.26.'da verilen grafiğıe göre labil P ile % kil arasında önemli bir ilişki olmadığı, değerlerin sürekli değışkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.27. Kil (%) - Fe'e bağlı P (ppm) grafiği



Şekil 4.28. Kil (%) - Ca'a bağlı P (ppm) grafiği

Topraklardaki % kil miktarı ile Fe'e bağlı P ve Ca'a bağlı P fraksiyonlarının arasındaki ilişkinin verildiği grafiklerde genel olarak kil miktarı arttıkça aynı oranda bu iki değişkenin artış gösterdiği dolayısıyla bu değerler arasında önemli bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Kil miktarı arttıkça Fe ve Ca'a bağlı P miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Pinerro ve Navarro (2001), İspanya'nın güney batısındaki Vertisol toprakların P statüsü, inorganik P fraksiyonlarını ve bunların bitki alımıyla olan ilişkilerini inceledikleri çalışmalarında inorganik fraksiyonları ardışık ekstraksiyon yöntemini kullanmışlardır. İnorganik fraksiyonların büyük çoğunluğunun yarayışsız olan Ca-P fraksiyonunda olduğunu tespit etmişlerdir. Netice olarak Vertisollerde fosforun yarayışlılığı ve dinamiğinde organik madde ve kil minerallerinin önemli olduğu sonucuna varmışlardır.

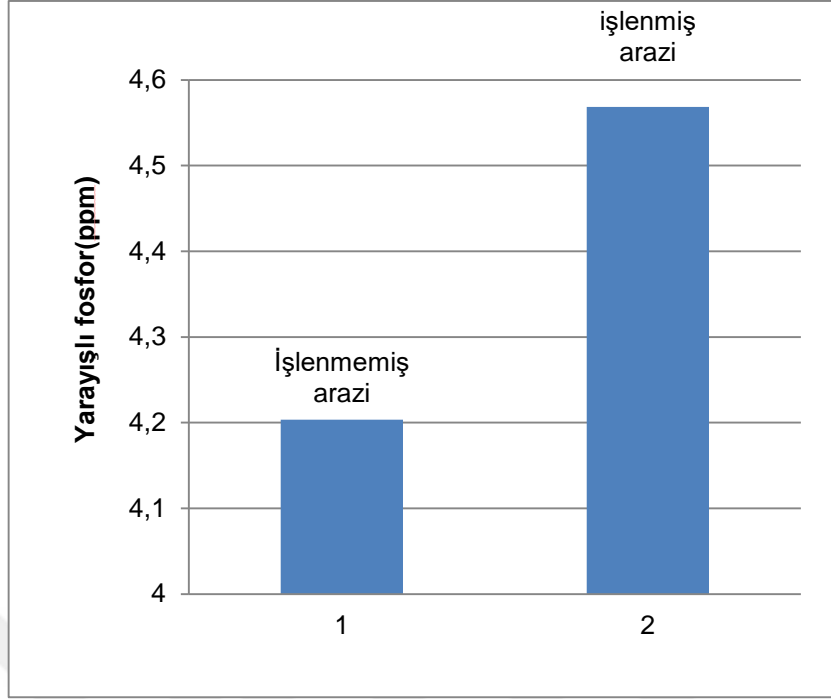
#### 4.7. İşlenmiş ve İşlenmemiş Topraklarda Fosfor Fraksiyonlarının Dağılımı

İşlenmiş ve işlenmemiş topraklarda fosfor fraksiyonlarının dağılımı Çizelge 4.11. de verilmiştir.

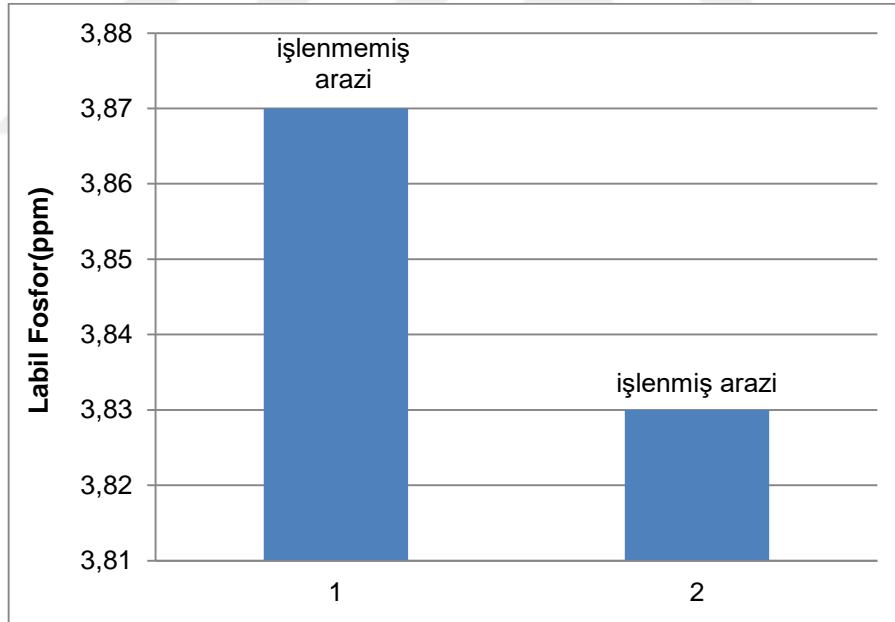
Çizelge 4.12. İşlenmiş ve işlenmemiş topraklarda fosfor fraksiyonlarının dağılımı

	Yarayışlı P (ppm)		Labil P (ppm)		Fe-P (ppm)		Ca-P (ppm)	
	ort.	stdsapma	ort.	stdsapma	ort.	stdsapma	ort.	stdsapma
<b>1 işlenmemiş</b>	2.42	0.19	3.23	0.06	79.33	17.5	283.33	7.64
<b>işlenmiş</b>	5.37	0.31	3.99	0	114.0	11.53	393.33	12.58
<b>2 işlenmemiş</b>	3.69	0.35	3.9	0.35	78.0	10.58	235.0	7.5
<b>işlenmiş</b>	4.5	0.2	6.0	0.43	70.67	5.51	236.67	31.65
<b>3 işlenmemiş</b>	3.25	0.06	2.83	0.06	76.67	10.02	305.83	24.28
<b>işlenmiş</b>	3.7	0.27	2.43	0.11	83.67	18.77	265.83	25.66
<b>4 işlenmemiş</b>	7.46	0.2	5.5	0.2	99.33	5.77	358.33	46.79
<b>işlenmiş</b>	4.7	0.21	2.9	0	110.67	2.31	377.5	25

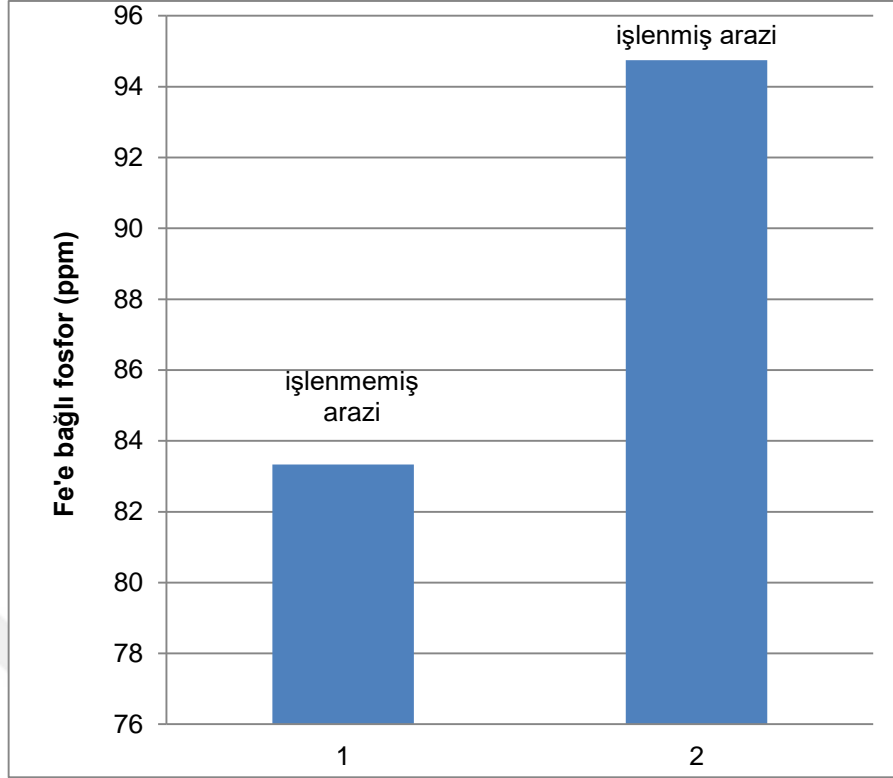
İşlenmiş ve işlenmemiş topraklarda yarayışlı fosfor miktarları Şekil 4.29.'da verilmiştir.



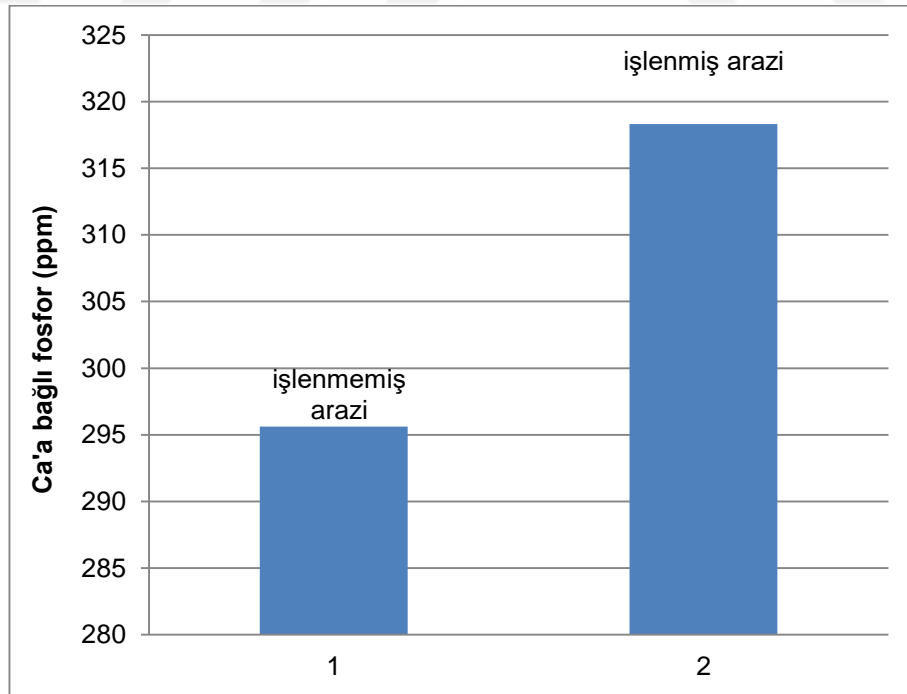
Şekil 4.29. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda yarayışlı fosfor



Şekil 4.30. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda labil fosfor



Şekil 4.31. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda Fe-P



Şekil 4.32. İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda Ca-P

Fosfor fraksiyon değerlerinin verildiği tablo ve grafikler incelendiğinde yarayışlı fosfor ve labil fosfor fraksiyonları arasında önemli bir ilişki olmadığı, birbirlerinden bağımsız olarak artış ve azalış gösterdikleri gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.12.). Mayından temizlenmiş alanlarda ve işlenmiş alanlarda yarayışlı P değerleri 4 no'lu alan dışında yakınlık göstermektedir. Labil P miktarları incelendiğinde değerler arasında farklılıklar gözlemlendiği 1 ve 2 no'lu alanların değerleri yakınlık gösterirken, diğer alanlarda labil P kapsamalarında farklılıklar söz konusudur. Verilen tabloya ve grafiklere bakıldığında her iki alanda Fe'e bağlı P ve Ca'a bağlı P değerleri birbirleriyle doğru orantılı şekilde artış ve azalış göstermişlerdir (şekil 4.31, şekil 4.32.). Dolayısıyla bu iki fraksiyon arasında istatistiksel anlamda önemli ve pozitif bir ilişki vardır (Çizelge 4.4.).

İşlenmiş ve işlenmemiş alanlarda fosfor fraksiyonlarını değerlendirecek olursak 1,2 ve 3 no'lu işlenmemiş alanlarda fosfor fraksiyonlarında fosfor miktarları işlenmiş alanlara oranla daha düşüktür. Yarayışlı fosfor miktarı 4 numaralı alan dışında, işlenmemiş topraklara oranla daha yüksek bulunmuştur. Labil fosfora bakacak olursak 1 ve 2 numaralı alanlarda işlenmemiş arazideki miktarı işlenmiş araziye göre daha düşüktür. 3 ve 4 numaralı işlenmemiş alanlarda işlenmiş alanlara göre labil fosfor değerleri daha yüksektir (Çizelge 4.12.). Bunun sebebinin bu iki alanda da işlenmemiş arazilerdeki OM miktarının işlenmiş alana göre daha yüksek olması ve dolayısıyla organik madde miktarının labil fosforu arttırdığı düşünülebilir. Labil fosfor ile organik madde arasında istatistiksel olarak önemli ve pozitif bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4.). Verilen tablo ve grafiklerde Fe'e bağlı ve Ca'a bağlı fosfora bakıldığında genel itibariyle işlenmemiş alanlarda, işlenmiş alanlara oranla fikse edilen fosfor miktarının daha az olduğu görülür (şekil 4.31, şekil 4.32.). Bunun sebebinin fosforlu gübrelemeyle doğrudan ilişkili olduğu düşünölmektedir. Ayrıca fosforlu gübrenin verilme şekli, kil tipi, toprak sıcaklığı, organik madde miktarı, topraklara uygulanan P'li gübreleri ile toprak arasındaki tepkime süresi, toprak pH'sı gibi etkenler toprakta daha fazla fosforun fiksasyona uğramasına sebep olduğu bilinmektedir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012). Elde edilen sonuçlara bakıldığında organik madde miktarının işlenmiş alanda daha yüksek olması Fe ve Ca tarafından fosforun daha az fikse edildiği sonucuna

ulaşılabilir. Genellikle O.M'nin fazla olduğu topraklarda P fiksasyonunda azalma meydana gelmektedir. Bunun sebebi O.M'nin toprakta ayrışması sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazının suda çözünerek H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ü oluşturması ve karbonik asitin P'li bileşiklerin çözünürlüğünü artırarak bitkiler için yararlı formaya çevirmesidir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).

Çizelge 4.13. İşlenmiş ve işlenmemiş alanların fosfor fraksiyonları

	Yarayışlı P (ppm)		Labil P (ppm)		Fe-P (ppm)		Ca-P (ppm)	
	ort.	stdsapma	ort.	stdsapma	ort.	stdsapma	ort.	stdsapma
<b>işlenmemiş</b>	4.2	2.03	3.87	1.07	83.33	13.94	295.62	51.68
<b>işlenmiş</b>	4.57	0.66	3.83	1.45	94.75	21.37	318.33	74.19

Çizelge 4.13.'de verilen tabloya bakılarak işlenmiş ve işlenmemiş alanlarda fosfor miktarları için genel bir ortalamanın verildiği değerlere göre değerlendirme yapacak olursak; yarayışlı fosfor miktarı işlenmiş arazilerde daha fazla olduğu, labil fosfor oranında değerler birbirine yakın olmakla beraber işlenmiş alanlarda organik madde miktarının daha düşük olmasına bağlı olarak labil fosfor oranı işlenmemiş olan alanlarda daha yüksektir. Fe ve Ca'a bağlı fosfor miktarı işlenmiş alanlarda işlenmemiş alanlara göre daha fazladır.

Genel itibariyle toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önünde bulundurularak analiz sonuçları değerlendirildiğinde topraktaki kireç miktarı, kilin tipi, ve demiroksitler ile fosforun tutulması arasında önemli ilişkiler olduğu (Korkmaz, 2005), genel olarak organik maddenin topraklarda fosforun yarayışlı fraksiyonlarını arttırıcı etkisi olduğunu gözlemlenirken; kireç, amorf demir oksitler, kil içeriği, pH'nın yarayışlılığı azaltma etkisinin olduğunu gözlenmiştir. Toprak tekstürünün, organik maddesinin, toprakların hacim ağırlıklarının fosforun toprak alt katmanlarına doğru yıkanmasında etkili olduğu ve kireç miktarının fazla olduğu topraklarda Ca-P fraksiyonunun yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Durgun, 2016).

Verilen grafiklerin sonucuna bakarak diyebiliriz ki; toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve fosforlu gübrelemenin fosfor fraksiyonları üzerine doğrudan ve önemli etkilerinin olduğu söz konusudur.



## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

GAP alanı içerisinde yer alan Mardin ilinin Nusaybin ilçesine bağlı Suriye sınırında, işlenmeyen mayından temizlenmiş alanlar ve hemen karşısında işlenmiş alanlardan alınan tüm toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analiz sonuçlarının verildiği grafikler incelenip, genel olarak değerlendirildiğinde suyla doygunluk değerlerinin mayından temizlenmiş alanlarda birbirlerine yakın oldukları, işlenmiş arazilerde kısmen yakınlık olsa bile farklılıklar olduğu gözlemlenmiş ve saturasyon yüzde miktarının topraktaki fosfor fraksiyonları üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Öte yandan hem işlenmemiş alanlarda hem işlenmiş alanlarda toprak reaksiyon değerleri birbirine yakın olup hafif alkali özelliği gösterdikleri ve fosfor fraksiyonları üzerine önemli etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Toprak pH'sı arttıkça genel olarak her iki alanda da yarayışlı P miktarı azalırken, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında da azalma olmuştur. Toprak reaksiyonundaki artışın labil P üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Her iki alanın toprak kireç kapsamı incelendiğinde kireç oranlarının yüksek olduğu ve yarayışlılığı doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere göre topraktaki % kireç miktarı arttıkça yarayışlı fosfor miktarında azalma olmuş, Fe'e ve Ca'a bağlı fosfor fraksiyonunda artış olmuştur. Bu durum yarayışlılık açısından olumsuz netice vermektedir.

Organik maddenin işlenmemiş alanlar ve karşısındaki işlenmiş alanlar üzerine etkisi incelendiğinde, organik madde miktarı arttıkça yarayışlı ve labil P oranında artış meydana gelirken, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında azalma olduğu dolayısıyla organik madde miktarının toprak yarayışlılığı üzerine pozitif yönde etki yaptığı sonucuna ulaşılmıştır.

Her iki alanda toprak tekstürü incelendiğinde, toprakların genel itibariyle killi bir bünyeye sahip oldukları belirlenmiştir. Verilere göre topraktaki % kum miktarı arttıkça Fe ve Ca'a bağlı P fraksiyonlarında artış meydana gelirken yarayışlı ve labil P'da önemsiz bir değişkenlik gözlemlenmiştir. Toprakların silt miktarı incelendiğinde ise, % silt oranının artmasıyla yarayışlı P miktarında azalma olurken, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında ve labil P miktarında önemli bir değişiklik söz konusu olmamıştır. Toprakların kil içerikleri incelendiğinde % kil miktarının yarayışlılık üzerine önemli bir etkisinin olduğu, kil miktarı arttıkça labil P miktarında önemli bir değişiklik gözlenmezken, yarayışlı P miktarında azalış olduğu, Fe ve Ca'a bağlı P miktarında ise artış olduğu ve dolayısıyla yarayışlılığı negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan analiz çalışmaları sonucunda işlenmiş ve işlenmemiş alanların fosfor fraksiyonları kıyaslandığında labil fosfor dışında diğer fosfor fraksiyonlarında fosfor miktarları işlenmiş alanlarda daha fazladır. Yarayışlı fosforun işlenmiş alanda daha yüksek çıkmasının sebebinin, işlenmiş alanlarda fosforlu gübrelemenin yapılmış olma ihtimalinin yüksek olması olarak düşünülmektedir. Fe'e bağlı fosfor ve Ca'a bağlı fosfor miktarının yine işlenmiş alanlarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin yine fosforlu gübrelemenin yapılmış olması, fosforlu gübrenin verilme şekli, kil tipi, toprak sıcaklığı, organik madde miktarı, topraklara uygulanan P'li gübreleri ile toprak arasındaki tepkime süresi, toprak pH'sı gibi etkenlerin sonucunda Fe ve Ca iyonları tarafından daha fazla fosforun fikse edilmesi olarak düşünülmektedir (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012). Kilin sıcak iklim koşullarında daha fazla parçalandığı düşünülürse, bu bölgelerde fosforun daha fazla fiksaasyona uğradığı sonucuna ulaşılabilir. Toprağa uygulanan fosforlu gübrenin toprakta tepkime süresi uzadıkça meydana gelen fiksasyon artacağından dolayı, fosforlu gübrelerin ekimle beraber toprağa uygulanması fosfor fiksasyonunun azalması açısından önemlidir. Ayrıca fosforlu gübrelerin banda verilmesi, gübrenin toprakla temas yüzeyini azaltacağından dolayı, fosfor fiksasyonunu önemli ölçüde azaltmış olacaktır. Serpme yöntemiyle verilen gübre tepkime süresini uzatacağından P fiksasyonunu artırmış olacaktır. Ayrıca kimyasal reaksiyonların hızı sıcaklıkla doğru orantılı olduğundan dolayı, fosfor fiksasyonu açısından önemlidir. Çünkü

sıcak iklim koşullarında kil tipinin 1:1 olması ve buna bağlı olarak Fe oksitlerin fazla olması fosfor fiksasyonunu artıracaktır (Kacar ve Katkat, 2009; Karaman, 2012).Araştırma alanının % kireç içeriklerinin yüksek olması Ca'a bağlı fosfor fiksasyonun artırmış olduğu sonucuna ulaşılabilir. Son olarak diyebiliriz ki; yarayışlı fosfor ve labil fosfor arasında yapılan araştırmalar neticesinde istatistiksel olarak önemsiz bir ilişki bulunmuştur, öte yandan Fe'e ve Ca'a bağlı fosfor arasında istatistiksel olarak pozitif ve önemli bir ilişki bulunduğu birinin arttığı durumlarda diğerinde de artış olduğu sonucuna varılmıştır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde pamuk ve buğday tarımının yaygın olması sebebiyle fosfor içeriği yüksek gübrelerin tercih edilmesi fosfor fraksiyonlarındaki miktar üzerinde doğrudan etkilidir.

## 5.2. Öneriler

Sonuç olarak; tüm veriler değerlendirildiğinde toprakların % kireç, % kil, % organik madde ve pH 'nın fosfor fraksiyonları üzerine önemli düzeyde etkilerinin olduğu bilinmektedir. İşlenmeyen alanların ve karşısındaki işlenmiş alanların organik madde miktarları az, % kireç içeriklerinin yüksek ve bünye sınıfının killi olması sebebiyle çeşitli tekniklerle organik madde ilavesi yapılarak, Ca içeren gübre kullanımını azaltılarak, uygulanan fosforlu gübrelerin ekimle beraber banda verilmesi sağlanarak ve doğru toprak işleme teknikleri kullanılarak fosfor fraksiyonları üzerine olumlu etkiler oluşturacak şekilde tarım yapılması gerektiği söz konusudur. Bununla beraber tarım yapılmadan önce mutlaka toprak analizlerin yapılması ve çıkan analiz sonuçlarına göre gübre uygulanması fosfor fiksasyonu ve fosfor yarayışlılığı açısından önem taşımaktadır. Ayrıca doğru teknikler kullanılarak mayından temizlenmiş arazilerin organik tarıma açılmasının ülkemize olumlu yönde getirilerinin olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- ANONİM, 2017. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkiselzul>. Erişim Tarihi 20.07.2017
- AKAY, A., 1991, Çomaklı Köyü Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Fosfor Durumları Hakkında Bir Araştırma, s.11-32.
- AKÇA, H., TABAN, N., TURAN, M.A., TABAN, S., OUEDRAGO, A.R.ve TÜRKMEN, N., 2017. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. Ankara, 5 (2): 93-100.
- ALAM, M. M., and LADHA, J. K., 2004. Optimizing Phosphorus Fertilization in An Intensive Vegetable-Rice Cropping System. Biol Fertil Soils, 40: 277–283.
- ATALAY, İ. 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. Meta Basım, İzmir, 584s.
- BARAK, P., 1999. Plant Nutrient. University of Winconsin. www.soils.wisc.edu.
- BAROSSO, C.B., NAHAS, E., 2005. The Statues of Soil Phospate Fractions and The Ability of Fungi to Dissolve Hardly Soluble Phospates. Applied SoilEcology, 29:73-83.
- BERTRAND, I., HOLLOWAY, R.D., ARMSTRONG, R.D., MCLAUGHLIN, M.J. 2003. Chemical Characteristics of Phosphorus in Alkaline Soils From Southern Australia. Australian Journal of Soil Research, 41:61-76.
- BHADORIA, S. P., STERINGROBE, B., CLAASEN, N., and LIEBERSBACH H. 2002. Phosporus Efficiency of Wheat and Sugar Beet Seedlings Grown in Soils with Mainly Calcium, or Iron and Aliminium Phospate. Plant and Soil 246:41-52.
- BILGİLİ, A. V., KARACA, S., USTA, S., DENGİZ, O. 2004. A Study on Phosphorus Adsorption in Some Great Soil Groups of Semi-arid Region of Turkey.Proceedings of The International Soil Congresss. (CD-Book). Erzurum, Turkey.
- BRADY, N. C. and WEIL, R. R., 1999. The Nature and Properties of Soils by Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- BRINCK, J. N., 1978. World Resources of Phosphorus. In: Phosphorus in The Environment: Its Chemistry and Biochemistry. Ciba Foundation Sym., 57:23-63.
- BOUYOCOUS, G.L., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron. J., 43:434-438.
- BOWER, C. A., 1949. Studies on the Forms and Availability of Soil Organic Phosphorus. Iowa Agr. Expt. Sta. Research Bull, s.362.
- CHANG, S. C. and JACKSON, M. L., 1957. Fractionation of Soil Phosphorus. Soil Sci., 84:134-144.
- DAHAL, R. C., 1977. Soil Organic Phosphorus. Advances in Agronomy, 28:83-117.
- DAROUB, S. H., GERAKIS, A., ITCHIE, J. T., FRIESEN, K. D., RYAN, J., 2003. Development of A Soil-Plant Phosphorus Simulation Model for Calcareous and Weathered Tropical soils. Agricultural Systems, 76 (3): 1157-1181.

- DERİCİ, O. B., ve Çevik, F.,(2008), Seyhan Baraj Gölü (Adana) Sedimentinin Fosfor Fraksiyonları III. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, 20 s.
- DİNÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S., GÜZEL, N., 1988. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) I. Harran Ovası, TÜBİTAK, Tarım Ormancılık Araştırma Grubu, Gündümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, TAOG, Adana, 534s.
- DİNÇ, U., Atalay, İ., Şenol, S., Kapur, S., Cangir, C. (1999) Türkiye Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fak.Gen.Yay No: 51, Ders Kitapları Yay No: A-12, Adana.
- DODOR, D. E. and TABATABAI, M. A., 2003. Effect of Cropping Systems on Phosphatases in Soils. J. Plant Nutr. Soil Sci., 166:7-13.
- DURGUN, B., 2016, Farklı Toprak Ordolarında Fosfor Fraksiyonlarının Profil Bazlı Değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 99s.
- ERICH, M.S., FITZGERALD, B., PORTER, G.A., 2002. The Effect of Organic Amendments on Phosphorus Chemistry in a Potato Cropping System. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88:79-88.
- FRANSSON, A., AARLE, I. M., OLSSON, P. A., TYLER, G., 2003. Plantago Lanceolata L. and Rumex Acetosella L. Differ in Their Utilisation of Soil Phosphorus Fractions. Plant and Soil, 248: 285-295.
- GAHOONIA, T. S., NIELSEN, E. N., and OLE, B. L., 1999. Phosphorus Acquisition of Cereal Cultivars in The Field at Three Levels of Phosphorus Fertilization on Crop Yield and Soil Phosphorus Status. J. Plant Nutr.Sci, 166:568-578.
- GALLET, A., FLISH, R., RYSER, J., FROSSARD, E. and SINAJ, S., 2003. Effect of Phosphate Fertilization on Crop Yield and Soil Phosphorus Status. J. Plant Nutr.Sci, 166:568-578.
- GÜZEL, N., GÜLÜT, Y. K., ve BÜYÜK, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:246, Ders Kitapları Yayın No:A-80, Adana, 654s.
- HOLFORD, I. C .R., 1997. Soil Phosphorus- its Measurement and its Uptake by Plants. Aust. J. Soil Res. 35 (2), 227-239.
- IVANOV, P., 1986. A Comparative Evaluation of Some Methods for Soil Phosphate: Fractionation. Pochvoznanie, Agrokhimiya I Rastitelna Zashchita, 21(1):7-18.
- KAÇAR, B., 1968. Türkiyenin Bazı Topraklarında Fosfor Fiksasyonu ve Fosfor Fiksasyonuna Tesir Eden Faktörler Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üni. Zir. Fak. Yıllığı, Yıl:17, Fasikül:2' den Ayrı Basım.
- KACAR, B., KATKAT, V.A, 1997. Tarımda Fosfor. Bursa Ticaret Borsası Yayınları No:5, Bursa.
- KACAR, B., KATKAT, V.A, 2009. Bitki Besleme Kitabı. Nobel Yayınları. Ankara, 849:254-257.
- KARABATAK, İ., 2006. Organik Madde Uygulamalarının Kireçli Topraklarda Mineral Fosfor Fraksiyonlarına Etkisi, s.3-15.
- KARAMAN , M.R. and DURSUN, M., 2008.Estimation of Site Specific Phosphorus on the Vineyard Area Using the Model of Artificial Neural Networks (ANN). 17th International Symposium of CIEC. International Symposium of Plant Nutrition Management Under Stres Conditions. Proceed. Book, Cairo, Egypt pp.82-92.

- KARAMAN, M. R., SUSAM, T., ER, F., YAPRAK, S. and OĞUZ, İ., 2010. Mapping Strategies of Site Specific Phosphorus Contaminations In The Barley Field Using The GIS based İnterpolatin Methods. Proceedings of the Fourth Central Asia GIS Conference – GISCA'10 'Water:Life, Risk, Energy and Land Use, 27-28 May. pp.87-94.
- KARAMAN, M. R., 2012. Bitki Besleme Kitabı. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 2:179-181.
- KORKMAZ, K., 2005. Kireçli Toprakların Fosfor Durumlarının Belirlenmesi ve Fosfor Uygulamasının Mısır Verimine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, s.2.
- LEYTEM, A. B., WESTERMANN, D. T., 2003. Phosphate Sorption by Pacific Northwest Calcareous Soils. Soil Science, 168 (5): 368-375.
- LINDSAY, W. L., 1979. Chemical Equilibriain Soils. John Wiley and Sons. New York.
- MAHDI, H. H. H. ,2018, Atabey Ovası Topraklarında Fosfor Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 94s.
- MARDİN İLİ TOPRAK KAYNAĞI ENVANTER RAPORU VE HARİTASI. Köy İşleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müd. Yay No:131. Ankara.
- MCDOWELL, R.W. CONDRON, L.M., 2000. Chemical Nature and Potential Mobility of Phosphorus in Fertilized Grassland Soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 57: 225-233.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A., 1987. Principles of Plant Nutrition 4. ed. Int. Potash. Inst. Bern, Switzerland, 655p.
- MILLER, A.J., SCHUUR, E.A.G., CHADWICK, O.A., 2001. Redox Control Phosphorus Pools in Hawaiian Montane Forest Soils. Geoderma, 102:219-237.
- NELSON, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.), Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Agronomy Series No:9. Am. Soc. Of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA, pp. 181-196.
- O'HALLARON, I. P. 1993. Effect of tillage and fertilization on inorganic and organic soil phosphorus. Can. J. Soil Sci., 73:359–369.
- OLSEN, S. R., COLE, C.V., WATANABE, F.S., and DEAN, I.A.,1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. Usda, Circ., 939, Washington, D.C.
- OSKAY, K.S., HATİPOĞLU, F., 1985. Orta Anadolu Kahverengi Topraklarının Fosfor Adsorpsiyon Özellikleri ve Buğday Bitkisinin Fosfor Gereksinmesinin Temkin Adsorpsiyon İzotermleriyle Belirlenmesi. Doğa Bilim Dergisi, Tarım ve Ormancılık, Cilt: 11 Sayı: 1, 1987.
- ÖZBEK, H., KAYA, Z., GÖK, M. ve KAPTAN, H., 1993. Toprak Bilgisi Kitabı. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73 Ders Kitabı:16, Ankara.
- PINERRO, L., NAVARRO, G., 2001. Phosphata Fractions and Avability in Verisols of South-Western Spain. Soil Science, 166(8):548-556.
- RAGOTHAMA, K. G., 1999. Phosphate Acquisition. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:665-693.

- RICHARDSON, A. E., 1994. Soil Microorganisms and Phosphorus Availability. *Soil Biota*, 17: 50-62.
- RHOADES, J.D., 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. In. D.L. Sparks et. al., (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA, pp. 417-436.
- RODRIGUEZ, D., ANDRADE, F. H. and GOUDRIAAN, J., 2000. Does Assimilate Supply Limit Leaf Expansion in Wheat Grown in The Field Under Low Phosphorus Availability. *Field Crops Research*, 67:227-238.
- SAYĞAN, E.P., 2007. Harran Ovasındaki Bazı Toprak Serilerinin Fosfor Fraksiyonları, s.1-15.
- SCHACTMAN, P. D., REID, J. R., and AYLING, S. M., 1998. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology*, 116:447-453.
- SCHEIDT, D., STOBER, J. JONES, R. and Thornton, K., 2000. South Florida Ecosystem Assessment. Eutrophication and Habitat. Report No. 904, U.S. Environ. Protection Agency, Florida.
- SHIBATA, R., YANO, K., 2003. Phosphorus Acquisition From Non-Labile Sources in Peanut and Pigeonpea with Mycorrhizal Interaction. *Applied Soil Ecology* 24: 133-141.
- SHIN, H., SHIN, H. S., DEWBRE, G. R., and HARRISON, M., 2004. Phosphate Transport in Arabidopsis: Pht1;1 and Pht1; 4 Play A Major Role in Phosphate Acquisition from Both Low and High Phosphate Environments. *The Plant Journal*, 39:629-642.
- SMITH, F. W., 2002. The Phosphate Uptake Mechanism. *Plant and Soil*. 245:105-114.
- SUI Y., THOMPSON L.M., SHANG, C., 1999. Fractionation of Phosphorus in a Mollisol Amended with Biosolids. *Soil Science Society of American Journal*, 63:1174-1180.
- SPECTOR, W. S., 1956. *Handbook of Biological Data*. Philadelphia, Saunders and Co. New York.
- SYERS, J. K. and CORNFORTH, I. S., 1983. Chemistry of Soil Fertility Read at the New Zealand Institute of Chemistry Annual Conference, Hamilton.
- THOMAS, G.W., 1996. Soil pH and Soil Acidity. In. D.L. Sparks et. al., (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp. 475-490.
- THOMAS, S.M., JOHNSON, A.H., FRIZANO, J., VANN, D.R., ZARIN, D.J., AMISHI, J., 1999. Phosphorus Fractions in Montane Forest Soils of The Cordillera De Piuchue, Chile: Biogeochemical Implications. *Plant and Soil*, 211(2):139-148.
- TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J.D. and HAVLIN, J. L., 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*. Fifth Edition. McMillian Publishing Company. New York.
- YAOBING, S., THOMPSON, M.L., CHAO, S., 1999. Fractionation of Phosphorus in a Mollisol Amended with Biosolids. *Soil Science Society of American Journal*, 63(5):1174-1180.

ZHANG, T. Q., MACKENZIE, A. F., 1997. Phosphorus in Zero Tension Soil Solution as Influenced by Long-Term Fertilization of Corn (*Zea mays* L.). *Canadian Journal of Soil Science*, 77 (4):685-691

ZHANG, T.Q., MACKENZIE, A.F., 1997b. Changes of Phosphorous Fractions under Continuous Corn Production in a Temperate Clay Soil. *Plant and Soil*, 192:133- 139.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Esmâ ALTUĞ KARAKAŞ  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri** : SURUÇ  
**Telefon** : 0 5534837375  
**e-mail** : [ealtug02@gmail.com](mailto:ealtug02@gmail.com)

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Viranşehir Anadolu Lisesi/Viranşehir-ŞANLIURFA	2002
Üniversite	: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü/ŞANLIURFA	2011
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü/ŞANLIURFA	2018

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-2010	ÇEKA Toprak ve Bitki Analiz laboratuvarı	Teknik Personel
2011	ARGE Toprak Analiz Laboratuvarı	Laboratuvar Sorumlusu
2012 -	Tarım Kredi Kooperatifi	Yetkili Ziraat Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

Bitki Besleme ve Gübreleme Teknikleri, Toprak Analizleri ve Yorumlama

### YABANCI DİLLER

İngilizce