



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

**KİREÇLİ TOPRAKLARDA K-HUMAT  
UYGULAMALARININ FARKLI  
FORMLARDAKİ FOSFORUN  
HAREKETLİLİĞİ VE FOSFOR  
FRAKSİYONLARINA ETKİLERİ**

**Sena ILDIRAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

**Ocak-2023**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Sena ILDIRAR tarafından hazırlanan “KİREÇLİ TOPRAKLARDA K-HUMAT UYGULAMALARININ FARKLI FORMLARDAKİ FOSFORUN HAREKETLİLİĞİ VE FOSFOR FRAKSİYONLARINA ETKİLERİ” adlı tez çalışması 19/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

#### Danışman

Prof. Dr. Sait GEZGİN

#### Üye

Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Fatma GÖKMEN YILMAZ

### İmza

.....

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Sait GEZGİN  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 21201049 no’lu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Sena ILDIRAR

Tarih:

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# KİREÇLİ TOPRAKLARDA K-HUMAT UYGULAMALARININ FARKLI FORMLARDAKİ FOSFORUN HAREKETLİLİĞİ VE FOSFOR FRAKSİYONLARINA ETKİLERİ

Sena ILDIRAR

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

Danışman: Prof. Dr. Sait GEZGİN

2023, 66 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Sait GEZGİN

Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

Dr. Öğr. Üyesi Fatma GÖKMEN YILMAZ

Bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan katı fosforlu kimyasal gübreler ile toprağa uygulanan fosforun toprak özelliklerine, gübre özelliklerine, gübrenin uygulama zamanı ve şekli gibi faktörlere bağlı olarak hareketinin kısıtlı olması ve yarayışlı olmayan fraksiyonlara dönüşümü gibi nedenlerle önemli düzeyde kayıpların olduğu bilinmektedir. Fosfor kaynaklarının sınırlı olduğu düşünüldüğünde fosforlu gübrelerin etkin bir şekilde kullanılması, meydana gelen kayıpların azaltılması ve bitkilerin alım etkinliğinin artırılması oldukça önemlidir. Bu nedenle çalışmamızda kireçli ve bazik reaksiyonlu bir toprağa, farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formda fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP) ve K-Humat uygulamalarının fosforun toprakta hareketliliği, toprağın 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm ve 15-20 cm derinliklerindeki toprak çözelti P içeriği, uygulamaların toprağın farklı derinliklerindeki (0-5 cm ve 5-20 cm) fosfor fraksiyonlarına (labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P ve organik-P) dönüşümü ve fosfor fraksiyonlarının dağılımlarına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, katı fosforlu gübre (katı MAP ve katı DAP) uygulamaları yerine sıvı fosforlu gübre (sıvı MAP, sıvı DAP ve APP) uygulamalarının toprakta fosforun hareketliliğini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca yarayışlı yapıdaki labil-P fraksiyon içeriği ve topraktaki fosforun hareketi en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiş olup, K-Humat uygulaması ile artmıştır. Sonuç olarak, bitkisel yetiştiricilikte verim ve kalitenin artırılması yanında fosfor fiksasyonun azaltılmasında, kireçli ve alkalin reaksiyonlu topraklarda öncelikle polifosfat ya da birincil ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ) iyonu şeklinde fosfor içeren sıvı gübrelerin kullanılmasını önerebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Fosfor fraksiyonları, fosfor hareketliliği, K-Humat, katı gübre, sıvı gübre

## ABSTRACT

### MS THESIS

# THE EFFECT OF K-HUMATE ON MOBILITY OF DIFFERENT FORMS OF PHOSPHORUS AND PHOSPHORUS FRACTIONS IN CALCAREOUS SOILS

Sena ILDIRAR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

Advisor: Prof. Dr. Sait GEZGİN

2023, 66 Pages

Jury

Prof. Dr. Sait GEZGİN

Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ

Assist. Prof. Dr. Fatma GÖKMEN YILMAZ

It is known that there are significant losses due to the limited movement of the solid phosphorus chemical fertilizers, which are widely used in crop production, and the phosphorus applied to the soil, due to factors such as soil properties, fertilizer properties, application time and form of the fertilizer, and its conversion to unsuitable fractions. Considering that phosphorus resources are limited, it is very important to use phosphorus fertilizers effectively, to reduce losses and to increase the uptake efficiency of plants. Therefore, in our study, different phosphorus fertilizers (solid and liquid MAP containing phosphorus in primary orthophosphate form, solid and liquid DAP containing phosphorus in the form of secondary orthophosphate, APP containing phosphorus in the form of polyphosphate) and K-Humat applications on a calcareous and basic reaction soil, the mobility of phosphorus in the soil, the soil The soil solution P content at 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm and 15-20 cm depths depends on the phosphorus fractions (labile-P, Fe-dependent- P, Ca-bound-P, total-P and organic-P) conversion and the effects of phosphorus fractions on their distribution were aimed. As a result of the study, it was determined that liquid phosphorus fertilizer (liquid MAP, liquid DAP and APP) applications instead of solid phosphorus fertilizer (solid MAP and solid DAP) applications increased the mobility of phosphorus in the soil. In addition, the labile-P fraction content in the useful structure and the movement of phosphorus in the soil were determined by the application of APP containing phosphorus in the highest polyphosphate form, and increased with the application of K-Humat. As a result, we can recommend the use of liquid fertilizers containing phosphorus in the form of polyphosphate or primary orthophosphate ( $H_2PO_4^-$ ) ion in calcareous and alkaline reaction soils, in order to increase yield and quality as well as to reduce phosphorus fixation in plant cultivation.

**Keywords:** Phosphorus fractions, phosphorus mobility, K-Humate, solid fertilizer, liquid fertilizer

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, kendimi yetiştirmemde büyük katkıları olan, çalışmalarımın sürdürülmesi ve değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen, her daim desteğini hissettiğim değerli danışman hocam S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. Sait GEZGİN'e teşekkür ederim.

Eğitimim süresince yanımda olduğunu hissettiren, manevi desteğini benden esirgemeyen, çalışmalarımın sürdürülmesinde, literatür taramalarının ve istatistiksel analizlerin değerlendirilmesinde tecrübeleri ile bana yol gösteren Dr. Öğr. Üyesi Fatma GÖKMEN YILMAZ'a, bilgi ve deneyimleri ile kendimi geliştirmemde yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Nesim DURSUN'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Zir. Yük. Müh. Nazlı Can AYDENİZ'e, Dr. Zir. Müh. Duygu AKÇAY KULLUK'a, Zir. Müh. Şerife AVCI'ya ve Zir. Yük. Müh. Ayşegül KORKMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının bir kısmını kapsayan 121R104 no'lu 1002-Hızlı Destek projesi ile TÜBİTAK ve 21201049 no'lu proje ile S.Ü. BAP Koordinatörlüğüne finansal destekleri için teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yolumu aydınlatan, desteklerini esirgemeyen, daima yanımda olduklarını hissettiren, her zaman bana inanan ve güvenen, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan canım annem Yasemin ILDIRAR'a, canım babam Muammer ILDIRAR'a ve daima hayatımı güzelleştiren yaşamım boyunca en büyük destekçim olan biricik abim Sefa ILDIRAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Sena ILDIRAR  
KONYA-2023

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>17</b>
3.1. Materyal .....	17
3.1.1. Toprak materyali .....	17
3.1.2. Gübre materyalleri .....	17
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi .....	17
3.2.2. Deneme toprağının analize hazırlanması, bazı fiziksel ve kimyasal analiz metotları .....	20
3.2.3. Deneme sonrası toprak çözelti örneklerinde ve toprak örneklerinde yapılan analizler.....	21
3.2.3.1. Toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriğinin belirlenmesi .....	21
3.2.3.2. Toprak örneklerinin analize hazırlanması.....	21
3.2.3.2.1. Toprak örneklerinde toplam fosforun belirlenmesi .....	21
3.2.3.2.2. Toprak örneklerinde inorganik fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi .....	22
3.2.3.2.3. Toprak örneklerinde organik fosfor fraksiyonunun belirlenmesi ...	24
3.2.4. İstatistik analiz yöntemleri .....	24
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI</b> .....	<b>25</b>
4.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları .....	25
4.2. Farklı Fosforlu Gübre ve K-Humat Uygulamalarının Toprağın 0-5 cm Derinliğindeki Fosfor Fraksiyonlarına Etkileri.....	26
4.3. Farklı Fosforlu Gübre ve K-Humat Uygulamalarının Toprağın 5-20 cm Derinliğindeki Fosfor Fraksiyonlarına Etkileri.....	32
4.4. Farklı Fosforlu Gübre ve K-Humat Uygulamalarının Fosforun Topraktaki Hareketine Etkileri .....	40
4.4.1. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine etkileri .....	40
4.4.2. Farklı fosforlu gübre ile birlikte K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine etkileri .....	45

4.4.3. Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerde toprak çözeltisindeki fosfor dağılımına etkisi.....	50
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>54</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>60</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>61</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>66</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
Al	: Alüminyum
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
da	: Dekar
EC	: Elektriksel kondaktivite
Fe	: Demir
g	: Gram
ha	: Hektar
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molarite
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
Mn	: Mangan
N	: Azot
nm	: Nanometre
P	: Fosfor
pH	: Toprak reaksiyonu
PSI	: Basınç
rpm	: Devir
Zn	: Çinko

### Kısaltmalar

APP	: Amonyum Polifosfat
Ca bağlı-P	: Kalsiyuma bağlı fosfor
DAP	: Diamonyum Fosfat
Fe bağlı-P	: Demire bağlı fosfor
HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	: İkincil ortofosfat
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	: Birincil ortofosfat
ICP-OES	: Inductively Coupled Plasma Optic Emission Spectrometer
Labil-P	: Labil fosfor
MAP	: Monoamonyum Fosfat
Organik-P	: Organik fosfor
Toplam-P	: Toplam fosfor
Toprak çözelti-P	: Toprak çözelti örneklerindeki fosfor

## 1. GİRİŞ

Bitki yetiştiriciliğinde verim ve kalitenin artırılmasında ki en önemli faktörlerden biriside gübreler ve gübrelemedir. İnsanların beslenmesi ve yaşamını devam ettirmesinde bitkisel üretim önemli bir yere sahiptir ve bitkisel üretimin devamlılığı ise ancak gübreler ve gübreleme ile mümkündür. Nitekim 2030 yılına kadar kişi başına düşen üretimin aynı düzeyde korunabilmesi için kimyasal gübre kullanımının büyük olasılıkla iki katı düzeylere çıkabileceği (Gilland, 1993) bildirilmiştir. Bunların yanında ekonomik açıdan bitkisel üretimin sürdürülebilirliğini ve gelişmesini kısıtlayan en önemli faktörlerden biriside besin elementlerinin yetersiz olmasıdır (Fageria ve Baligar, 2005). Besin elementlerinin yetersizliği ise ancak dengeli ve bilinçli gübreleme yapılarak önlenmektedir. Özellikle bitki, toprak ve gübre özellikleri, gübrenin uygulama miktarı ve şekli gibi faktörlere bağlı olarak yapılan bilinçli ve dengeli gübreleme ile bitkilerin verim ve kalitelerinde yüksek oranlara varan artışlar olmakta, buna karşıt olarak yanlış gübreleme uygulamalarıyla ise çok önemli seviyelerde verim ve kalite kayıpları meydana gelmektedir. Sezen (1991) ve Sağlam (1992), çalışmaları sonucunda gübrelemenin verim artmasında en büyük paya sahip olduğunu ve gübreleme ile verimde %50-60'lara varan oranlarda artışların sağlandığını bildirmişlerdir.

Sürekli bir değişimin parçası olan Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de nüfusun hızla artması, önemli bir yere sahip olan doğal kaynakların bilinçsizce kullanılmasından kaynaklı olarak iler ki yıllarda beslenme yetersizliği ile ilgili sorunların meydana gelmesi olasıdır. Bu nedenle iler ki zamanlarda beslenme sorunlarının yaşanmaması ve mevcut bitkisel verimliliğin korunması için kullanılabilir alanlardan hem daha fazla verim elde edilmeli hem de kalitenin üst düzeylere çıkarılması hedeflenmelidir. Bitkisel verimliliğin korunması için öneme sahip olan doğal kaynaklardan biriside mutlak gerekli besin elementlerinden fosfordur. Tarımda gübre olarak kullanılan fosforun diğer mutlak gerekli besin elementlerine kıyasla azottan sonra en çok kullanılan gübre olduğu bilinmektedir (Brady ve Weil, 2008). Bunun yanında bitkiler için mutlak gerekli besin elementi olan fosforun toprakta hareketi sınırlı olup, yüksek oranlarda fiksasyona uğraması nedeniyle bitkilerin fosfordan yeterli düzeyde faydalanması oldukça zordur.

Bitkilerin fosfordan yeterince yararlanamaması ve bitkisel üretimdeki artışlarla beraber fosfor tüketimindeki ihtiyaç her geçen gün artmakta ve bitkisel üretimde önemli bir yer teşkil eden Dünya fosfor rezervlerinde zamanla azalmalar meydana gelmektedir

(Gahoonia ve ark., 1999). Günümüz tarımının yenilenemeyen bir kaynak olan fosfat kayasından elde edilen fosfora oldukça ihtiyacı olduğu, bağımlı olduğu düşünüldüğünde (Cordell ve ark., 2009) bu durum büyük bir sorun teşkil etmektedir. Nitekim bazı araştırmacılar bu önemli mevcut küresel rezervlerin 50-100 yıl içinde tükenebileceği belirtilmiştir (Cordell ve ark., 2009). Topraklarımızda genel itibari ile mevcut bulunan toplam fosfor miktarı yüksektir. Ancak bitkiler için yararlı olan fosforun az olması ve fosforun fazla miktarda fikse olması sonucunda yetersiz verim ve kalitede ürün elde edilmektedir. Verim ve kalitenin artırılması için daha fazla fosforlu gübre kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmakta, bu durumda hem ekonomik kayıpları hem de çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir.

Gübreler ile toprağa uygulanan fosfor miktarının bitkilerin topraktan kaldırdığı fosfor miktarına göre çok fazla olmasının nedeni fosfor alım etkinliğinin genel olarak %10-30 arasında değişmesinden kaynaklandığı yapılan araştırmalarda bildirilmiştir (Balemi ve Negisho, 2012; Cordell ve White, 2013). Fosfor alım etkinliğinin düşük düzeylerde olmasının sebebi olarak genel itibari ile ülkemiz tarım topraklarının kil tipi ve miktarı, kireç, pH, organik madde gibi toprak özellikleri (Dinç ve ark., 1988; Fransson ve ark., 2003; Gallet ve ark., 2003), kullanılan gübrenin özellikleri, uygulama şekli ve zamanına bağlı olarak uygulanan fosforun büyük bir kısmının fikse olması, ayrıca bitkiler için gerekli olan mevcut gelişme dönemindeki düşük toprak nemi ve toprak sıcaklığı (Suriyagoda ve ark., 2014; Roberts ve Johnston, 2015) ve bitki kök sisteminin iyi gelişim göstermemesine bağlı olarak difüzyon katsayısının düşmesi sonucu, bitki kök etki alanına yeterli düzeyde fosforun ulaşamamasından kaynaklanmaktadır (Alicı, 2010). Bu durum fosforun toprakta hareketini ve bitkiler tarafından kullanılabilirliğini sınırlandırmaktadır.

Tarım topraklarında sürekli fosfor uygulamaları yapıldığı halde toprakların fosfor düzeyi bitki gelişimi açısından kritik seviyededir (Smith, 2001; Zhu ve ark., 2003). Fosforun topraktaki sınırlı hareketi ve toprağa verilen fosforun farklı fraksiyonlara dönüşmesi durumu özellikle bu dönüşümün kireçli topraklarda bitkilerin yararlanamayacağı fraksiyonlara olması fosfordan yeterince fayda sağlanamamasına sebebiyet vermektedir. Toprakta bulunan fosforun organik ve inorganik formlarda olduğu bilinmektedir (Chacon ve Dezzo, 2004). Topraklarda ki fosforun büyük bir kısmı demir, alüminyum, kalsiyum gibi inorganik formlarda bulunur ve bu inorganik fosforun farklı formlarının bulunuş miktarı pH, kireç, organik madde, kil tipi gibi çeşitli toprak özelliklerine bağlıdır (Singh ve Pathak, 1973). Farklı inorganik

fosfor formlarının değişik toprak koşullarında farklı çözünlüklere sahip oldukları düşünöldüğünde, bu formların değerlendirilmesi fosforun topraktaki mevcut varlığı hakkında bilgi verebilir (Yang ve Jacobsen, 1990; Chand ve ark., 1991). Bu nedenle fosforun farklı fraksiyonlara dönüşümü fosforun fiksasyonunu ve yarayışlılığını etkilemektedir. Kireçli topraklara verilen fosforun Ca bağlı-P fraksiyonlarına dönüşmesi fosforun kullanılabilirliğini sınırlandırmaktadır ve bitkilerin fosfordan yeterince yararlanamamasına sebep olmaktadır. Ancak toprağa verilen fosforun toprakta düşük enerji ile tutulan ve yarayışlı yapıdaki labil-P fraksiyonlarına dönüşümünün arttırılması ile bitkiler fosfordan daha etkin bir şekilde yararlanabilmektedir. Fosforun toprakta fraksiyonlara dönüştüğü düşünölererek buna uygun bilinçli uygulamaların yapılması hem bitki gelişimi açısından hem de ömrü kısa olan fosforun uygun kullanımı ve devamlılığı için tarımda oldukça önemli bir yere sahiptir. Bunların yanında toprakta hareketliliği sınırlı olan fosforun toprağa bir organik madde kaynağı ile birlikte uygulanmasının fosforun topraktaki hareketliliğini arttırabileceği bilinmektedir. Organik asitlerin fosforu harekete geçirmede etkili olabileceği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Hill ve ark., 2015). Organik materyallerin ve bunların bozulma ürünlerinin topraklarda P fiksasyonunu azaltabileceğini yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Sibanda ve Young, 1986; Kwabiah ve ark., 2003). Delgado ve ark. (2002) hümik ve fulvik asit karışımından oluşan organik değişikliklerin fosforun geri kazanımını arttırdığını bildirmişlerdir. Bunun nedeni olarak organik değişikliklerle zayıf çözünebilir durumdaki Ca fosfatın çökelme hızındaki azalmalar olabileceği belirtilmiştir (Halajnia ve ark., 2009). Ayrıca katı fosfor içerikli kimyasal gübreler yerine sıvı fosfor içerikli kimyasal gübrelerin kullanılmasının hem fosforun hareketliliğine hem de bitkilerin fosfor alım etkinliğine olumlu yönde etki ettiği bilinmektedir. Sıvı ve katı fosforlu gübrelerin karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmalarda kireçli topraklarda sıvı fosforlu gübre uygulamalarının bitki büyümesinde ve P alımını teşvik etmede daha etkili olduğu bilinmektedir (Holloway ve ark., 2001; Zhao ve ark., 2021). Sıvı gübre uygulamalarının Ca-P bileşikleri halinde çözünlüğü düşük tuzların oluşmasını azaltarak fiksasyonun azalmasına yarar sağladığı belirtilmiştir (Bertrand ve ark., 2006). Kireçli topraklarda sıvı fosforlu gübre uygulamalarının katı fosforlu gübre uygulamalarına göre daha fazla hareketlilik gösterdiği bildirilmiştir (Lombi ve ark., 2005).

Anlaşılabacağı üzere kireçli ve bazik reaksiyonlu topraklarda kullanılan fosforlu gübrenin formu, katı veya sıvı şekillerde olma durumu, gübre uygulamalarına ilave olarak organik materyallerin kullanılması veya kullanılmaması gibi nedenlere bağlı

olarak fosforun hareketliliği ve bitkiler tarafından alım etkinliğinde önemli düzeylerde farklılıklar meydana gelmektedir. Gübrelere toprağa uygulanan fosforun hareketliliğinin artırılması ile çözünürlüğü düşük tuzlar oluşturularak fikse edilmesinde azalmalar meydana gelebilecek ve böylelikle bitkiler tarafından fosfor alımının artması ve bitkisel üretimde kimyasal gübre kullanımının da azalması sağlanabilecektir. Bu nedenle fosforun hareketliliği ve bitkilerce etkin kullanımı üzerine çalışmalar yapılarak sonuçlarının gübre sektörü ve ilgililere aktarılması oldukça önemlidir. Tüm bu bilgiler ışığında çalışmamızda, sıvı ve katı şekillerdeki farklı fosfor formlarının [birincil ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ), ikincil ortofosfat ( $HPO_4^{2-}$ ), polifosfat ( $H_4P_2O_7$ ,  $H_5P_3O_{10}$ ..... $H_nP_nO_n$ )] kireçli ve bazik reaksiyonlu topraklarda hareketliliğinin belirlenmesi, ayrıca toprağa uygulanan fosforun toprakta hangi fosfor fraksiyonlarına (labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P, organik-P) dönüştüğü ve K-Humat uygulamalarının farklı formlardaki fosforun hareketliliğine ve fosfor fraksiyonlarına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kireçli ve bazik reaksiyonlu topraklarda fosforlu gübrelerin geri kazanımı ve etkin bir şekilde kullanımını oldukça güçtür. Bitkilerin fosfor ihtiyacı, azot ihtiyacının 1/5'i civarında olmasına rağmen, bitkisel üretimde azotlu gübrelerden sonra en fazla fosforlu gübreler tüketilmektedir. Gübreler ile toprağa uygulanan fosfor miktarının bitkilerin topraktan kaldırdığı fosfor miktarına göre çok fazla olmasının nedeni birçok araştırmada (Hinsinger, 2001; Holloway ve ark., 2001; McBeath ve ark., 2007; Balemi ve Negisho, 2012; Cordell ve White, 2013; Kusi ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021) bildirildiği gibi fosfor alım etkinliğinin genel olarak %10-30 arasında değişmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum ülkemiz tarım toprakları göz önünde bulundurulduğunda kireç, pH, kil tipi ve miktarı, organik madde miktarı gibi toprak özelliklerine (Mengel ve Kirkby, 1987; Dinç ve ark., 1988; Eyüpoğlu, 1999; Rodriguez ve ark., 2000; Fransson ve ark., 2003; Gallet ve ark., 2003), gübre özellikleri, uygulama zamanı ve şekli gibi özelliklere bağlı olarak uygulanan fosforun büyük bir kısmı fikse olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle kireçli ve bazik reaksiyonlu, organik maddece fakir topraklarda, fosfor topraktaki Ca ve Mg gibi iki değerlikli elementler ile çözünürlüğü düşük tuzlar oluşturarak ve/veya 1:1 tipi kil minerallerinin kırılmış köşe ve kenarlarına güçlü bir şekilde bağlanarak toprakta fikse edilmektedir (McLaughlin ve ark., 1986; Lombi ve ark., 2005). Bunların yanında bitkilerin gelişme döneminde düşük toprak sıcaklığı ve nemi (Suriyagoda ve ark., 2014; Roberts ve Johnston, 2015) ve bitki kök sisteminin iyi gelişmemiş olmasına bağlı olarak difüzyon katsayısının düşmesi sonucu, kök etki alanına yeterli düzeyde fosfor ulaşamaması (Clarkson ve Mitchell, 1981; Alıcı, 2010) gibi nedenlere bağlı olarak da fosfor alım etkinliği düşük olmaktadır. Bu durum fosforun topraktaki hareketini ve bitkilerce kullanımını sınırlandırmaktadır. Fosforun alım etkinliği, topraktaki hareketi ve farklı fosfor fraksiyonlarına dönüşümü üzerine toprağa uygulanan fosforlu gübrelerin şekli (katı, sıvı), formu (birincil ortofosfat, ikincil ortofosfat, polifosfat vb.) ve organik madde uygulamalarının yapılması etkili olabilmektedir. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda hümik asit gibi organik madde içeren kaynakların fosfor üzerine etkileri incelenmiştir (Erdal ve ark., 2000; Çimrin, 2001; Zhen-Yu ve ark., 2013; Mtua ve ark., 2015; Do Nascimento ve ark., 2018; Erenoğlu ve ark., 2020). Karaçal ve Tüfenkçi (2010) humin maddelerin özellikle azotlu ve fosforlu gübrelerin parçalanmasını sağlayarak bu gübrelerden yararlanma oranını arttırması ile bitki beslenmesinde önem taşıdığını belirtmişlerdir. Ayrıca bitkisel

üretimde meydana gelen artışlar ve topraklarda ki bitkiye yarayışlı fosfor düzeyinin düşük olması gibi nedenlerle fosfor tüketimi her geçen gün artmakta ve buna bağlı olarak da bitkisel üretim için gerekli olan Dünya fosfor rezervlerinde zamanla azalmalar meydana gelmektedir (Gahoonia ve ark., 1999). Tüm bu nedenlere bağlı olarak fosfor alım etkinliğinin arttırılması sağlanarak hem fosforlu gübre kullanımının azaltılması sağlanacak hem de fazla gübre kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunlarının önüne geçilebilecektir. Bu zamana kadar yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Erdal ve ark. (2000) Van'da yaptıkları bir çalışmada kireçli bir toprakta değişik dozlarda uygulanan hümik asit ve fosforun mısır bitkisi gelişimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Toprağa 4 dozda P (0, 20, 40, 80 mg kg<sup>-1</sup>) ve 3 dozda hümik asit (0, 250, 500 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması yapmışlardır. Araştırma sonucunda hümik asit uygulamalarının bitki kuru ağırlığını, bitki P konsantrasyonunu, bitki tarafından alınan P miktarı ile toprakta kalan yarayışlı P konsantrasyonunu arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca hümik asidin P ile uygulanması durumunda tek başına uygulanmasına göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ek olarak araştırmanın yürütüldüğü bölge gibi, P yarayışlılığı açısından her türlü olumsuzluğun bulunduğu topraklarda, fosforlu gübrelemeye ilaveten toprağa hümik asit uygulanmasının fosforun yarayışlılığını arttırarak ürün ve kalite üzerine olumlu etki yapacağını belirtmişlerdir.

Holloway ve ark. (2001) tarafından Avusturalya'da yapılan bir çalışmada kireçli ve bazik reaksiyonlu toprağa 8 kg P ha<sup>-1</sup> olacak şekilde sıvı monoamonyum fosfat (TGMAP, 12-26-0) ve katı monoamonyum fosfat (MAP, 10-22-0) uygulamaları yapılarak, buğday bitkisinin verimi ve fosfor alımına etkileri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, sıvı gübre uygulamalarının daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiş ve sıvı fosforlu gübre uygulamasının katı fosforlu gübre uygulamalarına göre fosfor alımını %25, bitki verimini ise %45 oranında arttırdığını bildirmişlerdir.

Çimrin (2001) yaptıkları bir çalışmada toprağa uyguladıkları azot, fosfor ve potasyumlu gübre kombinasyonları ile hümik asit uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimine ve mineral beslenmesine etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak gübreler ile birlikte hümik asit uygulamalarının, bitki kuru ağırlığını ve N, P, K içeriklerini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca gübresiz olarak sadece hümik asit uygulamaları bitki kuru ağırlığı ile bitkinin P içeriği arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Birçok besin elementi açısından olumsuz koşulların bulunduğu topraklarda N, P, K gübrelemesi ile birlikte hümik asit uygulaması yapılmasının ürün ve kaliteyi arttırabileceğini bildirmişlerdir.

Lombi ve ark. (2005) Avusturalya’da yaptıkları bir çalışmada petri kaplarında, 5 haftalık inkübasyonda, üç farklı toprağa (Gri Kireçli, Kırmızı Kireçli, Vertisol) granül [monoamonyum fosfat (MAP), monoamonyum fosfat (MAP-US), diamonyum fosfat (DAP), Triple süper fosfat (TSP)] ve sıvı [monoamonyum fosfat (TG-MAP), amonyum polifosfat (APP), fosforik asit (PA)] şekillerdeki gübreleri uygulayarak gübrelerin fosfor hareketliliği üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonunda granül gübrelerin çözünme derecesinin toprak tipinden bağımsız olurken, bunun tersine sıvı gübreler kalkerli topraklara uygulandığında P çözünürlüğü ve difüzyonu önemli ölçüde daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sonuç olarak sıvı ve granül gübreler arasında P dağılımı önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini ve sıvı gübre uygulamalarının daha etkin P hareketliliği sağladığını belirtmişlerdir. P’nin sıvı gübrelerden çözünürlüğü, kararsızlığı ve difüzyonu granül ürünlere kıyasla yüksek oranda P fikse edici kireçli topraklarda arttığını bildirmişlerdir. Bunun aksine, kalkerli olmayan alkali bir toprakta P davranışı kullanılan gübre P formuyla ilişkili bulunmadığını belirtmişlerdir.

McBeath ve ark. (2005) Avusturalya’da yaptıkları çalışmada farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip 29 tane toprağa katı (triple süper fosfat-TSP) ve sıvı (fosforik asit, amonyum polifosfat-APP) fosforlu gübreler ile fosfor (0 ve 12 mg saksı<sup>-1</sup>) uygulamalarının buğday bitkisinin kuru madde veriminin ve fosfor konsantrasyonunun sıvı gübre uygulamaları ile katı gübre uygulamalarına göre daha fazla bulunduğu belirtilmiştir. Topraklarda bitkiye elverişli-P, toplam-P, Ca bağlı-P ve <sup>32</sup>P (E-değeri) içeriklerinin gübre uygulamaları ile bitki kuru madde değişimi arasındaki ilişkiler değerlendirildiğinde Ca bağlı-P ile bitki kuru madde verimindeki değişim diğer metotlara göre daha fazla ilişkili bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma neticesinde bazı reaksiyonlu topraklarda sıvı fosforlu gübre uygulamalarının katı fosforlu gübre uygulamalarına göre P alımında ve bitki kuru madde veriminde daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Korkmaz (2005) tarafından yapılan çalışmada sera şartlarında GAP bölgesinde yaygın olan 3 toprak serisine ait topraklar kullanılarak 0, 25, 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup> dozlarında P uygulamaları yapılmış ve bölgede yaygın olarak kullanılan 10 mısır çeşidinin fosfor etkinlikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda fosfor uygulamalarının bitki kuru madde verimini ve fosfor alımını önemli derecede etkilediğini bildirilmiştir. Ayrıca deneme topraklarında P fraksiyonları belirlenmiş ve topraklardaki toplam-P’nin Ca-P (kalsiyuma bağlı fosfor) > CBD-P (demir oksitler ile hidroksi oksitler içerisinde

oklude olmuş fosfor > CB-P (karbonatlar tarafından tutulmuş fosfor) > Al-P+Fe-P (alüminyum ve demire bağlı oklude fosfor) şeklinde dağılım gösterdiği belirtilmiştir.

Bertrand ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada 4 farklı toprağa (gri kireçli toprak, kırmızı kireçli toprak, vertisol ve sodosol), katı [monoamonyum fosfat (MAP), diamonyum fosfat (DAP) ve triple süper fosfat (TSP)] ve sıvı [monoamonyum fosfat (TGMAP), amonyum polifosfat (APP) ve fosforik asit] fosforlu gübre uygulamalarının buğday bitkisinin kuru ağırlığına ve fosfor alımına etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda bitki kuru ağırlığının farklı topraklara ve uygulanan gübre kaynağına göre değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Buğday bitkisinin kuru ağırlığında en fazla artışın vertisol toprağa sıvı TGMAP uygulamasıyla elde edildiğini bildirmişlerdir. Bitkinin fosfor alımı ise katı gübre uygulamalarına göre sıvı gübre uygulamaları ile daha fazla olduğu ve en fazla artışın vertisol toprağa sıvı APP uygulamasıyla olduğunu belirtmişlerdir.

Karabatak (2006) tarafından yapılan çalışmada kireç içeriği düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı toprağa, 4 farklı dozda (%0, %2.5, %5 ve %10), farklı organik materyal [çiftlik gübresi (ÇG), kompostlaşmış odun kırıntısı (OK), prina (P), tütün+elma+deri karışımı (TED) ve elma+mısır+buğday karışımları (EBT)] uygulamalarının kireçli topraklarda fosfor fraksiyonları üzerine etkileri, bunlara ilave olarak organik gübre ve mineral gübre halinde uygulanan fosforun farklı fraksiyonlara [Labil-P (yarayışlılığı yüksek), Fe bağlı-P (orta dereceli yarayışlı), Ca bağlı-P (yarayışlılığı düşük)] dağılımı incelenmiştir. Çalışma sonucunda, organik gübre uygulamalarının labil-P, Fe bağlı-P ve Ca bağlı-P miktarlarını önemli derecede etkilediği ve yüksek dozlarda organik gübre uygulamalarının bitkiler için yarayışlı olan fosfor fraksiyonlarında artışa neden olduğu bildirilmiştir. Yarayışlı P miktarını en fazla arttıran organik gübre çiftlik gübresi (ÇG) olurken bunu sırasıyla elma + mısır + buğday karışımı (EBT), tütün+deri + buğday + mısır karışımı (TED), prina (P) ve kompostlaşmış odun kırıntısının (OK) takip ettiği belirtilmiştir. Bunların yanında mineral formda uygulanan fosforun farklı fraksiyonlardaki dağılımının organik gübrenin çeşidi, dozu, P içeriği ve toprak özelliklerine bağlı olarak etkilendiği bildirilmiştir. Ca-bağlı P fraksiyon miktarının toprakların karbonat içeriği ile ilişkili bulunduğu ve kireçli topraklara organik materyal uygulamalarının bitkilerin fosfor beslenmesini iyileştirebileceği belirtilmiştir.

McBeath ve ark. (2007) tarafından Avusturalya'da yapılan bir çalışmada farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip 28 farklı toprakta buğday bitkisinin fosfor alım

etkinliğine ve bitki kuru madde verimine, katı (monoamonyum fosfat-MAP) ve sıvı (monoamonyum fosfat-TGMAP ve amonyum polifosfat-APP) fosforlu gübreler ile fosfor (0 ve 16.7 mg saksı<sup>-1</sup>) uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda sıvı fosforlu gübre uygulamaları ile bitki fosfor alımının ve bitki kuru madde veriminin katı fosforlu gübre uygulamalarına göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Saygan (2007) tarafından yapılan çalışmada Harran Ovasındaki bazı toprak serilerinin fosfor fraksiyonları belirlenmiştir. Çalışmada Harran Ovası'nda 16 noktadan 0-20, 20-40, 40-60 cm toprak derinliklerinde genel toprak analizleri yapılmış olup, toprakların düşük organik madde (%0.1-1.6) ve tuz içeriğine (0.5-15.4 dS m<sup>-1</sup>), yüksek pH değerine (7.6-8.7), yüksek kireç (%14-38) ve kation değişim kapasitesine (34-66 cmol kg<sup>-1</sup>) ve killi tekstüre sahip oldukları bildirilmiştir. Çalışma sonucunda yarayıklı fosfor içeriğinin (P<sub>Y</sub>) 0-20 cm toprak derinliğinde 2-36 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm toprak derinliğinde 1-23 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm toprak derinliğinde 0.2-21 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği; toplam fosfor içeriğinin (P<sub>T</sub>) 0-20 cm toprak derinliğinde 343-894 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm toprak derinliğinde 313-881 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm toprak derinliğinde 298-551 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği; inorganik fosfor içeriğinin (P<sub>i</sub>) 0-20 cm toprak derinliğinde 307-835 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm toprak derinliğinde 281-847 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm toprak derinliğinde 280-539 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği; organik fosfor içeriğinin (P<sub>o</sub>) ise 0-20 cm toprak derinliğinde 17-60 mg kg<sup>-1</sup>, 20-40 cm toprak derinliğinde 15-38 mg kg<sup>-1</sup>, 40-60 cm toprak derinliğinde 7-39 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilmiştir. Genel itibari ile toprağın üst kısmından derinliklere doğru inildikçe P içeriklerinde azalmanın gözlemlendiği belirtilmiştir.

McBeath ve ark. (2009) polifosfatlı gübrelerin ortofosfat, pirofosfat ve diğer yoğunlaştırılmış P türevlerini içerdiklerini belirtmişlerdir. Yaptıkları inkübasyon çalışmasında ortofosfat veya pirofosfat olarak fosfor uygulamaları yapıldıktan sonra 0, 3 ve 7 gün süreyle inkübe edilen topraklarda izotopik olarak değişebilen P ölçümünü incelemişlerdir. Çalışma sonucunda pirofosfat uygulaması başlangıçta ortofosfat uygulamasından daha az izotopik olarak değişebilir P ile sonuçlandığının, ancak 7 günlük inkübasyondan sonra iki farklı fosfor kaynağı için toplam izotopik olarak değişebilir P'de önemli bir fark oluşturmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca pirofosfat uygulaması ile toprak çözeltisinde demir, alüminyum ve çözünmüş organik karbondaki artışa ve toprak çözeltisinde kalsiyum konsantrasyonunda bir azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle sıvı polifosfatlı gübrelerin kireçli topraklarda yetiştirilen ürünler için tarla deneylerinde avantajlarının olduğunu belirtmişlerdir.

Sims (2010) ABD’de yaptığı çalışmada düşük fosfor içeriğine sahip topraklara 0, 14 ve 18 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> olacak şekilde katı monoamonyum fosfat (MAP) ve sıvı amonyum polifosfat (APP) gübreleri uygulayarak şeker pancarı bitkisi yetiştirmiş ve çalışma sonucunda, katı MAP uygulamasına göre sıvı APP uygulaması ile verimin %13 oranında arttığını bildirmişlerdir. Bunun yanında ortofosfat formunda fosforlu gübre uygulamasına göre polifosfat formunda fosforlu gübre uygulamalarının verimi arttırdığını belirtmişlerdir.

Korkmaz ve İbrikçi (2010) Güney Doğu Anadolu bölgesinde bulunan ve yaygın olarak tarım yapılan yüksek kil ve kireç içeriğine sahip 3 toprak serisine ait topraklarda P fraksiyonlarını incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak bölge topraklarında P’nin büyük çoğunluğu Ca-P’nin oluşturduğunu bunu sırasıyla CDB-P (demir oksitler ile hidroksi oksitler içerisinde oklude olmuş fosfor) > CB-P (karbonatlar tarafından tutulmuş fosfor) > Al-P+Fe-P (alüminyum ve demire bağlı oklude fosfor) takip ettiği belirtilmiştir.

Zhen-Yu ve ark. (2013) monokalsiyum fosfat gübresi (MCP) ile birlikte uygulanan ticari bir hümik asit ürününün, kalkerli bir toprakta P hareketli ve P konsantrasyonu üzerine etkilerinin ölçülmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Monokalsiyum fosfat gübresi tek başına veya hümik asit ile kombinasyon halinde toprak yüzeyinde uygulamışlardır ve sonra 320 g kg<sup>-1</sup> nem içeriğinde 7 ve 28 günlük periyotlarla inkübe etmişlerdir. Sonuç olarak hümik asitin monokalsiyum fosfat gübresine eklenmesi ile P hareketinin mesafesi ve suyla ekstrakte edilebilir P, asitle ekstrakte edilebilir P ve Olsen P konsantrasyonlarını arttırdığını belirtmişlerdir. Hümik asitin monokalsiyum fosfat gübresine ilave edilmesi ile P hareketinin mesafesini ve ekstrakte edilebilir P konsantrasyonunu arttırarak P kullanılabilirliğinin arttırılabileceğini belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2015) Çin’de yaptıkları bir çalışmada bazik reaksiyonlu, kireçli ve yeterli düzeyde fosfor içeren tınlı ve killi topraklarda, petri kaplarında, 3 haftalık inkübasyonda, katı (TSP) ve sıvı (Asidik sıvı damla sulama gübre) şekillerde, iki uygulama yöntemiyle (tek ve tekrarlı), iki farklı dozda (52 ve 209 mg kg<sup>-1</sup>) fosfor uygulaması ile fosfor hareketliliğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda gübre granül formdan ziyade sıvı olarak uygulandığında P’nin hareketliliğinin daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Sıvı P gübreleme, kalkerli toprakta P fiksasyonunu ve kullanılabilirliğini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Sonuç olarak fosfor içerikli gübrenin hareketliliği ve

etkinliği gübre sıvı formda uygulandığında, kireçli topraklarda granül formda olduğundan önemli ölçüde daha yüksek bulunmuş ve ayrıca fosfor gübresinin birden fazla uygulamadan ziyade tek bir uygulamada uygulandığında P'nin hareketliliği önemli ölçüde daha büyük olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Hill ve ark. (2015) ABD'de CarbondR P (CBP, 7-24-0), amonyum polifosfat (APP, 10-34-0) ve monoamonyum fosfat (MAP, 11-52-0) gübrelerini kolonlarda tamamen karıştırarak veya banda uygulama yaparak 24. 48. 110. ve 365. gün sonunda toprak sızıntı suyundaki ve topraktaki P'nin hareketliliğini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütülmüşlerdir. Çalışma sonunda CBP-P'nin hem karışık hem de banda uygulamalarında MAP ve APP ile karşılaştırıldığında 365 günlük çalışma süresi boyunca en yüksek toplam sızıntı suyu değerini ürettiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak CBP ile APP ve MAP'ın çözünürlüğü arasında en az 110 günlük bir süre boyunca oldukça önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. CBP gübresi tarafından kullanılan organik asitlerin çeşitliliği teorik olarak APP ve MAP gübrelerinden daha uzun bir süre boyunca P'yi mobil tutacağını belirtmişlerdir.

Mtua ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise tarla şartlarında artan dozlarda TKİ-Hmas (0, 4, 8, 12 L da<sup>-1</sup>) ve fosfor (0, 5, 7.5 ve 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup>) uygulamalarının fasulye bitkisinin verim ve kalite unsurları üzerine etkilerini incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde fasulye bitkisinin tane verimi ve bitki yaprağının fosfor kapsamı üzerine hem TKİ-Hmas hem de fosfor uygulamalarının etkisi istatistiki bakımdan önemli bulmuştur. Fasulye bitkisinde P uygulamalarının bitki tane verimini ve bitki yaprağının fosfor kapsamını kontrole göre arttırdığını belirlemişlerdir. TKİ-Hmas uygulamalarında ise bitkinin verimi ve bitki yaprağının fosfor kapsamı uygulama dozlarına göre artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Fosfor ve hümik asit interaksiyonuna bakıldığında ise en yüksek tane veriminin fosfor 7.5 kg da<sup>-1</sup> ile TKİ-Hmas 12 L da<sup>-1</sup> uygulamalarında gerçekteştiği belirlenmiştir.

Durgun (2016) tarafından yapılan çalışmada Antalya, Isparta, Burdur, Afyon ve Denizli illerinde karasal iklim koşullarından Akdeniz iklim koşullarına değişim gösteren şartlar altında farklı ana materyallerden meydana gelmiş 4 farklı ordoya ait 16 toprak serisinden profil bazlı toprak örnekleme yapılarak topraklarda fosfor fraksiyonlarının (yarayışlı P, Al ve Fe oksitlere bağlı P, kirece bağlı P ve bakiye P) profil bazlı değişimi incelenmiştir. Çalışma sonucunda fraksiyonlardaki fosfor içeriğinin toprağın ana materyaline, ordosuna, fizikokimyasal özelliklerine, arazinin kullanım şekline göre değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Genel itibari organik maddenin topraklarda

fosforun yarayışılı yapıdaki fraksiyonlarını arttırıcı etki gösterdiğini, kireç, amorf demir oksitler, kil içeriği ve pH'ının yarayışlılığı azaltıcı etkiye sahip olduğu çalışmada belirtilmiştir. Ayrıca kireç içeriği yüksek olan topraklarda Ca-P fraksiyonunun yüksek bulunduğu ve toprakların organik madde miktarının, tekstürünün, hacim ağırlılığının fosforun alt katmanlara yıkanmasında etkili olduğu bildirilmiştir.

Hashmi ve ark. (2017) tarafından Pakistan'da yapılan çalışmada tarla koşullarında kireçli, bazik reaksiyonlu ve fosfor içeriği düşük olan bir toprağa 70 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde sıvı fosforik asit ve katı diamonyum fosfat (DAP) gübreleri banda, serpme ve sulama suyu ile uygulanarak buğday bitkisinin verimini ve fosfor alım etkinliğini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda sıvı fosforik asit gübresinin banda ve sulama suyuyla uygulanması ile bitki veriminin ve fosfor alım etkinliğinin diğer uygulamalara göre daha fazla olduğu ve ayrıca sıvı fosforik asit gübre uygulamaları arasında istatistiki bakımdan fark bulunmadığı belirlenmiştir. Katı gübre uygulamalarına göre sıvı gübre uygulamalarının fosfor alım etkinliğinin arttırılmasında daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Do Nascimento ve ark. (2018) ABD'de yapılan bir çalışmada farklı pH ve kil içeriğine sahip topraklarda, petri kaplarında inkübasyonda, hepsi granül formda olacak şekilde monoamonyum fosfat (MAP), kükürt kaplı MAP, hümik asit kaplı MAP, triple süper fosfat (TSP), amonyum potasyum polifosfat (AKPP) ve amonyum magnezyum fosfat (struvite) gübreleri uygulayarak gübrelere fosfor hareketliliği üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonunda MAP bazlı gübrelere kullanımını en büyük hareketliliğe neden olurken, struvite gübresinin en düşük hareketlilik sağladığını gözlemlemişlerdir. MAP gübresi üzerindeki kükürt ve hümik asit kaplamalarının, kaplamasız MAP gübrelere kıyasla P hareketliliği üzerine etkisinin görülmediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak fosforun yüksek kum içeriğine ve düşük başlangıç pH'sına sahip topraklarda, yüksek kil içeriği ve yüksek başlangıç pH'sına sahip topraklara kıyasla daha fazla hareketlilik sergilediğini belirtmişlerdir.

Mahdi (2018) tarafından yapılan çalışmada Atabey Ovası topraklarında fosforun yarayışlılığı ve fosfor fraksiyonlarında ki değişim incelenmiştir. Çalışmada 71 adet 0-20 cm yüzey toprak örnekleri alınarak, topraklarda fizikokimyasal analizler ve fosfor fraksiyonları [Labil-P fraksiyonu (NaHCO<sub>3</sub>-Po, NaHCO<sub>3</sub>-Pi, NaHCO<sub>3</sub>-Pt, NaOH-Po, NaOH-Pi, NaOH-Pt), Fe bağlı-P (CBD-P), Ca bağlı-P fraksiyonu (Ca-P) ve Rezidüel veya bakiye (Res-P)] belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ova topraklarındaki fraksiyonların ortalama dağılımının Ca-P > Res-P > CBD-P > NaOH-Pt > NaOH-Pi >

$\text{NaHCO}_3\text{-Pt} > \text{NaHCO}_3\text{-Pi} > \text{NaOH-Po} > \text{NaHCO}_3\text{-Po}$  şeklinde olduğu ve bu dağılımın arazi kullanım şekline göre değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Karakaş (2018) yaptığı çalışmada Mardin ilinde uzun yıllar işlenen ve işlenmeyen arazilerin 0-20 cm toprak derinliğindeki P fraksiyonları (labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P) ile fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda pH arttıkça genel olarak her iki alanda da yarayışlı P miktarının azaldığı, Fe bağlı-P ve Ca-bağlı P miktarlarında da azalma olduğu bildirilmiştir. Kil miktarı arttıkça yarayışlı P miktarında azalış olduğu, Fe bağlı-P ve Ca-bağlı P fraksiyonlarının miktarının arttığı ve labil-P içeriğinde önemli bir değişikliğin olmadığı belirtilmiştir. Bunların yanında kireç miktarı arttıkça yarayışlı P miktarında azalma olurken, Fe bağlı-P ve Ca-bağlı P fraksiyonlarının içeriğinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Organik madde miktarının artması ile labil-P ve yarayışlı P oranlarında artış meydana gelirken, Fe bağlı-P ve Ca-bağlı P fraksiyonlarının içeriğinde azalma olduğu belirtilmiştir.

Mamathashree ve ark. (2018) farklı topraklarda fosfor dinamikleri üzerine yaptıkları çalışmada, Ca, Fe ve Al dahil olmak üzere P minerallerinin çözünme hızlarının, mineral partiküllerinin boyutuna ve toprak pH'ına bağlı olarak değiştiğini belirtilmiştir. Yüksek pH değerlerinde Fe ve Al, OH- iyonları ile birleşerek Fe ve Al oksitleri oluşturduğunu, düşük pH değerlerinde Fe ve Al oksitlerle birleşerek hidrojen iyonunun aktivitesini arttırdığını belirtmişlerdir. Alkali topraklarda kalsiyum karbonatın mevcudiyetinin daha yüksek olduğunu ve fosfat ile birleşerek daha az çözünür monokalsiyum fosfatın oluştuğu bildirilmiştir.

Erenoğlu ve ark. (2020) Adana'da yaptıkları bir çalışmada; killi, kireçli, alkali, düşük organik maddeli ve düşük düzeyde fosfor içeren bir toprağa, farklı şekillerdeki (sıvı ve katı) monoamonyum fosfat (MAP) gübresi ile hümik-fulvik asit (HA+FA) uygulayarak veya uygulamayarak, fosforun ekmeçlik buğdayın (*Triticum aestivum* L. cv. Adana-99) gelişmesi ve P alımı üzerine etkilerini ve ayrıca kalkerli bir toprakta P'nin dikey hareketini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, P'nin sıvı formda uygulanması, katı formuna kıyasla hem P alımını hem de bitki büyümesini arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır. HA+FA uygulaması ile veya uygulanmadan katı olarak uygulanan MAP-P'nin dikey hareketi sıvı olarak uygulanan MAP-P'ye göre çok daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. HA+FA ilavesi ile P'nin topraktaki hareketliliğini her iki MAP formunda özellikle bunun sıvı formunda arttığı sonucuna ulaşmışlardır. P'nin sıvı halde uygulanması sadece topraktaki P hareketini arttırmakla kalmayıp, aynı zamanda buğday bitkisinin P beslenmesini arttırdığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada

sera şartlarında kireçli bir toprakta farklı dozlarda (0, 25, 50 ve 100 mg P kg<sup>-1</sup>) sıvı ve granül MAP gübre uygulamaları yapılarak ekmeklik buğday bitkisi yetiştirilmiş ve fosfor uygulamalarının bitki kuru ağırlığı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bitki kök ve gövde ağırlığının kontrol uygulamasına göre fosfor uygulamalarıyla arttığı ve bu artışın katı gübre uygulamalarına göre sıvı gübre uygulamalarında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak ekmeklik buğday bitkisinin fosfor alımı ve toprakta fosfor hareketliliği üzerine, fosfor içerikli sıvı formda gübre uygulamalarının katı formda gübreye kıyasla daha etkili olduğu ve hatta HA+FA ilavesinin bu gübrelerin etkisini arttırdığını bildirmişlerdir.

Johan ve ark. (2021) tarafından fosforun bitkilerin optimum büyüme ve gelişmesi için ihtiyaç duyduğu hayati bir toprak makro besin elementi olduğu ancak fikasyon nedeniyle kullanılabilirliğinin sınırlı olduğunu belirtilmiştir. Asit topraklarda Al ve Fe oksitlerin hem kristalli hem de amorf formlardaki baskınlığı, pozitif yüklü yüzeylerde fiksasyon ve çözünmeyen Al ve Fe çökeltilerinin oluşumu yoluyla inorganik P'un çözünürlüğünün azaldığını ve alkali topraklarda ise P, az çözünür kalsiyum fosfatlar oluşturmak için Ca ile kolayca reaksiyona girebileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak toprağa uygulanan P'nin büyük bir kısmının kimyasal olarak bağlandığını, yalnızca küçük bir kısmının toprak çözeltisinde kalarak bitkiler tarafından alınabildiği belirtilmiştir.

Kulluk (2022) tarafından Konya ili Karapınar ilçesinde 2018-2019 ve 2019-2020 yıllarında tarla koşullarında ortofosfat formunda fosfor içeren katı, ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı ve polifosfat formlarında fosfor içeren sıvı kompoze gübre (12-30-12, 13-18-15 + %2 MgO + %10 SO<sub>3</sub> + %0.5 B, 10-25-20 + %8 S + %1 Zn) uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde verim, kalite parametreleri, fosforun agronomik (FAG<sub>E</sub>), fizyolojik (FFE) ve geri alım etkinliği (FAE) üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada kontrol (U1), katı kompoze gübre + Üre (U2), katı kompoze gübre + UAN (U3), ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı kompoze gübre + UAN (U4) ve polifosfat formunda fosfor içeren sıvı kompoze gübre + UAN (U5) olacak şekilde uygulamaların yapıldığı ve katı gübrelerin ekim mibzeri ile banda, sıvı gübrelerin ise özel olarak üretilmiş sıvı gübre uygulaması yapabilen ekim makinesi ile banda uygulandığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, tüm denemelerde geleneksel gübre uygulamasına (U2) göre şeker verimi %8, kök+gövde verimi %12, fosforun agronomik etkinliği %24 ve fosforun geri alım etkinliği %47 oranında artışlarla en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren sıvı kompoze gübre + UAN (U5) uygulanması ile elde

edildiği bildirilmiştir. Bunların yanında artırılmış şeker verimi, fosforun agronomik etkinliği ve kök+gövde verimi bakımından tüm denemelerde katı fosforlu kompoze gübre uygulamalarına göre sıvı fosforlu kompoze gübre uygulamalarının daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Verilen literatür bilgilerinden de anlaşılacağı üzere toprağa organik madde içeren uygulamaların yapılması, kullanılan kimyasal gübrelerdeki fosforun formu, gübrelerin katı veya sıvı şekilde olma durumu ve gübrelerin uygulanma şekli gibi faktörlere bağlı olarak kireçli topraklarda fosforun hareketliliği ve alım etkinliğinde çok önemli düzeylerde farklılıklar meydana gelmektedir. Bu zamana kadar yapılan bazı çalışmalarda belirtildiği gibi kireçli ve bazik reaksiyonlu topraklarda katı ve sıvı şekilde uygulanan birincil ortofosfatın topraktaki hareketliliği ve bitkiler tarafından alım etkinliği ve ayrıca K-Humat uygulamasının etkileri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalarda sıvı şekilde uygulanan fosforun katı fosfora göre hareketliliğinin ve bitkiler tarafından alım etkinliğinin daha fazla olduğu ayrıca uygulanan K-Humat'ın ise hem katı hem de sıvı şekilde uygulanan birincil ortofosfatın hareketliliğini ve bitkiler tarafından alım etkinliğini arttırdığını ama bu artışın sıvı şekildeki fosforda daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak topraklarda bulunan farklı formlardaki fosfor iyonlarının (birincil ortofosfat, ikincil ortofosfat ve polifosfat) katyonlarla oluşturduğu tuzların çözünürlüğüne bağlı olarak hareketliliği ve farklı fosfor fraksiyonlarına dönüşümü değişebilir. Aynı zamanda organik madde uygulamaları, oluşan tuzların çözünürlüğünü, fosforun hareketliliğini ve farklı fraksiyonlara dönüşümünü değiştirebilir. Bu hipotezlerle Dünya fosfor rezervlerinin sınırlı olduğu düşünülerek, kimyasal gübrelerle bitkilere uygulanan fosforun topraklarda hareketliliğinin ve çözünebilir fosfor fraksiyonlara dönüşümünün sağlanması ile bitkilerin fosfor alım etkinliği artırılarak fosforlu gübre kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılarak sonuçların gübre sektörü ve ilgililere aktarılması oldukça önemlidir. Çalışmamızda ise katı ve sıvı şekildeki fosfor uygulamalarının yanında katı ve sıvı şekilde uygulanan farklı fosfor formlarının [birincil ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ), ikincil ortofosfat ( $HPO_4^{2-}$ ), polifosfat ( $H_4P_2O_7$ ,  $H_5P_3O_{10}$ ..... $H_nP_nO_n$ )] kireçli ve bazik reaksiyonlu topraklarda hareketliliği, toprağa uygulanan fosforun toprakta hangi fosfor fraksiyonlarına (labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P, organik-P) dönüştüğü ve aynı zamanda K-Humat uygulamalarının farklı formdaki fosforun hareketliliği ve fosfor fraksiyonlarına etkileri belirlenmiştir. Bu nedenlere bağlı olarak çalışmamız bu zamana

kadar yapılan çalışmalardan önemli bir farklılık oluşturarak literatüre bu konuda bilgi sağlayacaktır.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Toprak materyali

Toprak örneği Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekli ile 0-30 cm derinlikten Konya ili Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat Kampüsü içerisinde deneme alanından alınmıştır. Alınan toprak örneği 4 mm'lik elekten geçirilerek denemede kullanılmıştır. Ayrıca 2 mm'lik elekten geçirilen toprakta 3.2.2'de belirtilen bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

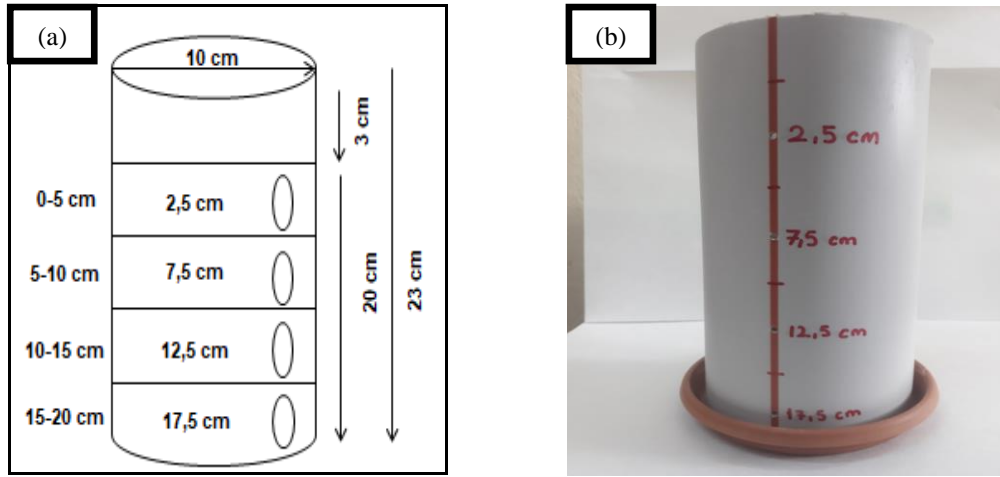
##### 3.1.2. Gübre materyalleri

Denemede, birincil ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ) formunda fosfor içeren katı MAP (monoamonyum fosfat, %12 N, %65  $P_2O_5$ ) ve sıvı MAP (%12 N, %50  $P_2O_5$ ,  $d= 1.03 \text{ g ml}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat ( $HPO_4^{2-}$ ) formunda fosfor içeren katı DAP (diamonyum fosfat, %18 N, %45  $P_2O_5$ ) ve sıvı DAP (%18 N, %35  $P_2O_5$ ,  $d= 1 \text{ g ml}^{-1}$ ), polifosfat ( $H_4P_2O_7$ ,  $H_5P_3O_{10}$ ..... $H_nP_nO_n$ ) formunda fosfor içeren sıvı APP (amonyum polifosfat, %10 N, %36  $P_2O_5$ ,  $d=1.35 \text{ g ml}^{-1}$ ) ve K-Humat kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Deneme, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Bilgisayar Kontrollü Araştırma Serasında kurulup yürütülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulan denemede çapı 10 cm, uzunluğu 23 cm olan kolonlar kullanılmıştır. Her bir kolonun üstten 3 cm altından başlayarak 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm ve 15-20 cm'lik kısımların tam ortalarına (2.5 cm, 7.5 cm, 12.5 cm ve 17.5 cm) toprak çözeltisi örnekleycisi (Rhizon Sampling)'nin yerleşeceği delikler açılmıştır (Şekil 3.1).



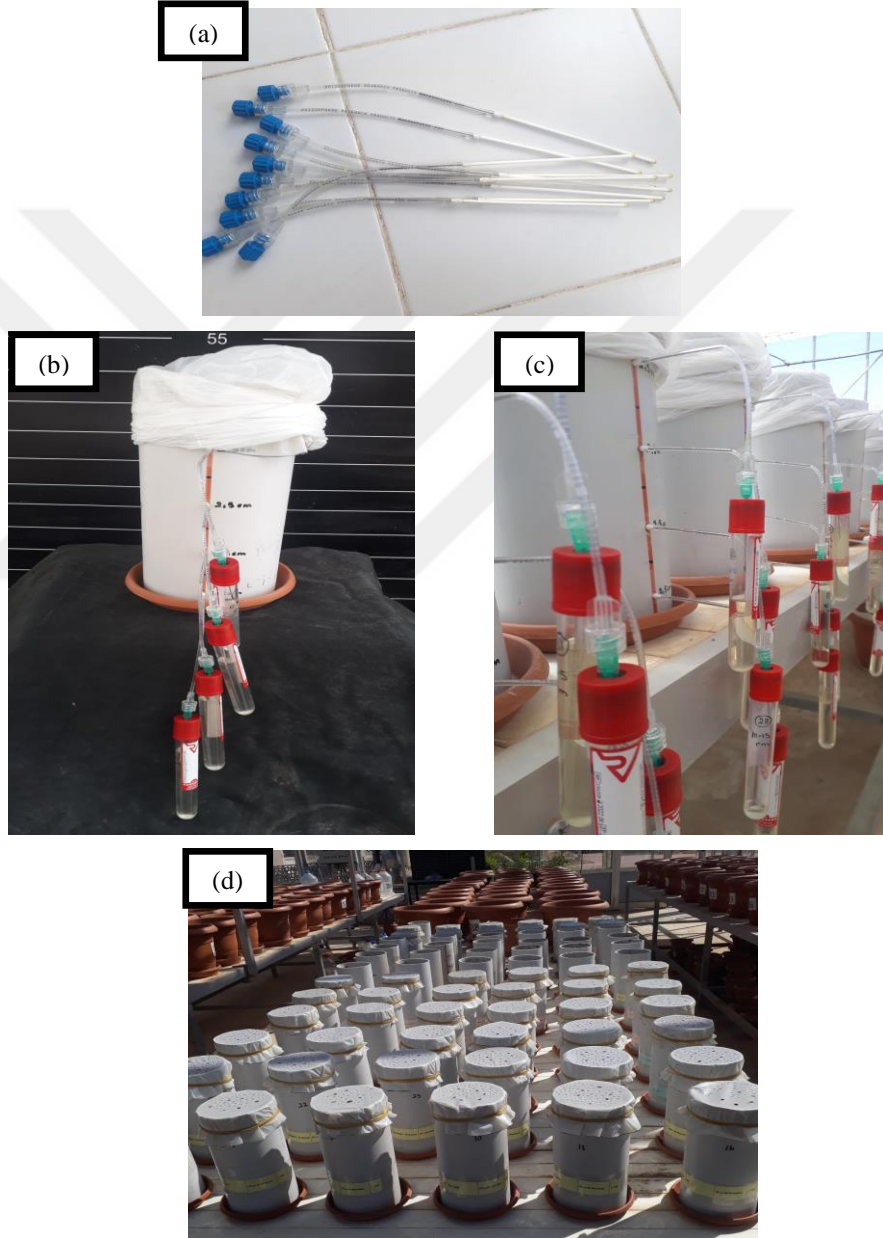
Şekil 3.1. Kolon tasarımı (a), tasarıma göre hazırlanmış temsili bir kolon (b)

Her bir kolona 4 mm'lik elekten geçirilen fırın kuru ağırlık esasına göre 1700 g toprak doldurulduktan sonra tarla kapasitesine ulaşıncaya kadar saf su ilave edilmiştir. Bir gece bekletilen kolonlara 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde katı MAP ve DAP, Sıvı MAP ve DAP, APP yanında K-Humat uygulanmasının yapılmadığı ve 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulamasının yapıldığı şekli ile aşağıda belirtilen (Çizelge 3.1) uygulama konuları uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Denemenin uygulama konuları

P Formu	Gübre Çeşidi	Şekli	K-Humat
Kontrol	-	-	
Birincil ortofosfat	MAP	Katı	
İkincil ortofosfat	DAP	Katı	
Birincil ortofosfat	MAP	Sıvı	Yok
İkincil ortofosfat	DAP	Sıvı	
Polifosfat	APP	Sıvı	
Kontrol	-	-	
Birincil ortofosfat	MAP	Katı	
İkincil ortofosfat	DAP	Katı	
Birincil ortofosfat	MAP	Sıvı	Var
İkincil ortofosfat	DAP	Sıvı	
Polifosfat	APP	Sıvı	

Bütün uygulamalar toprak yüzeyinin 2 cm altına olacak şekilde yapılmış ve bir gün sonra gözenekli plastik malzemeden yapılmış, gözenek çapı 0.15  $\mu\text{m}$  olan ve kolonlara yerleştirilen toprak çözeltisi örnekleyicileri (Rhizon Sampling) kullanılarak toprak çözelti örnekleri alınmıştır (Şekil 3.2). 2 hafta inkübasyona tabii tutulan kolonların 0-5 cm ve 5-20 cm derinliklerinden toprak örnekleri ayrı ayrı alınmış ve bu örneklerde 3.2.3’de belirtildiği şekilde analizler yapılmıştır.



**Şekil 3.2.** Toprak çözeltisi örnekleyicileri (Rhizon Samplings) (a), Rhizon Samplingsin kolonlara yerleştirilmiş hali (b), Rhizon Sampling yardımıyla toprak çözeltisi örneklerinin alınması (c), inkübasyona tabii tutulan topraklar (d)

### 3.2.2. Deneme toprağının analize hazırlanması, bazı fiziksel ve kimyasal analiz metotları

Deneme öncesi alınan toprak örneği hava kuru duruma gelinceye kadar kurutulup, bitki artıkları ve iri taşlar ayıklandıktan sonra kesekler tahta merdane ile ezilmiştir. Laboratuvar analizlerinde kullanılmak üzere 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve daha sonra fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda belirtilen metotlar ile belirlenmiştir.

**Mekanik analiz:** Bouyoucos (1951) tarafından bildirilen hidrometre yöntemine göre toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları belirlenmiştir.

**Tarla kapasitesi (%):** Demiralay (1993) tarafından belirtildiği gibi basınç tablası kullanılarak, 1/3 bar basınç altında toprakta tutulan nem yüzdesi olarak belirlenmiştir.

**Toprak reaksiyonu (pH):** 1:2.5 oranındaki toprak:saf su karışımının ölçümü cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1962).

**Elektriksel iletkenlik ( $EC \times 10^6$ ,  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ ):** 1:5 oranında ki toprak:saf su karışımının ölçümü elektriki geçirgenlik cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Jackson, 1962).

**Organik madde (%):** Walkley-Black yöntemi ile topraktaki organik karbon miktarı belirlendikten sonra 1.724 katsayısı ile çarpılarak belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

**İnorganik azot ( $NH_4+NO_3-N$ ):** Bremner (1965) tarafından belirtildiği gibi KCl çözeltisiyle ekstrakte edilebilir  $NH_4+NO_3-N$  analizleri yapılarak belirlenmiştir.

**Kireç ( $CaCO_3$ , %):** Hızalan ve Ünal (1966) tarafından belirtildiği gibi Scheibler Kalsimetresiyle volümetrik olarak belirlenmiştir.

**Ekstrakte edilebilir Ca, Mg, K:** Pratt (1965) tarafından bildirildiği şekilde 1 N amonyum asetat (pH=7.0) ile ekstrakte edilerek süzükteki Ca, Mg, Na ve K miktarı ICP-OES (Agilent, 5110) cihazı ile belirlenmiştir.

**Alınabilir P:** Olsen'in 0.5 N  $NaHCO_3$  metoduyla belirlenmiştir (Olsen, 1954).

**Alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu:** Lindsay ve Norvell (1978)'e göre 0.005 M DTPA+0.01 M  $CaCl_2$ +0.1 M TEA (pH: 7.3) ile ekstrakte edilerek Fe, Zn, Mn ve Cu miktarları ICP-OES (Agilent, 5110) cihazı ile belirlenmiştir.

**Alınabilir B:** Cartwright ve ark. (1983) tarafından bildirildiği şekilde 0.01 M  $CaCl_2$ +0.01 M Mannitol yöntemi ile süzük çıkarılmış ve süzükteki B miktarı ICP-OES (Agilent, 5110) cihazı ile belirlenmiştir.

### 3.2.3. Deneme sonrası toprak çözelti örneklerinde ve toprak örneklerinde yapılan analizler

#### 3.2.3.1. Toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriğinin belirlenmesi

Mavi renk oluşumuna dayalı renklendirme sonucunda elde edilen çözelti örneklerindeki fosfor miktarları 822 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında (Shimadzu UV-1900i) okunmuş ve aşağıdaki formül 1 yardımı ile hesaplanmıştır.

$P \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = \text{Çözeltideki okuma değeri} \times \text{ortalama künye faktörü} \times \text{sulandırma faktörü}$   
(Formül 1)

#### 3.2.3.2. Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Deneme sonrası her bir kolonun 0-5 cm ve 5-20 cm olmak üzere iki farklı derinliğinden alınan toprak örnekleri hava kuru duruma gelinceye kadar kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek aşağıda belirtilen metotlar ile toplam fosfor ve inorganik ve organik fosfor fraksiyonları belirlenmiştir.

##### 3.2.3.2.1. Toprak örneklerinde toplam fosforun belirlenmesi

Toprak örneklerinin toplam-P içerikleri Hou ve ark. (1994)'na göre belirlenmiştir. 0.25 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneğinden 0.3 g tartılmış üzerine 1 ml HF+4 ml HCl+5 ml HNO<sub>3</sub> ilave edilerek yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (Cem MarsXpress) çözdürülmüştür. Çözündürülen örnekler deiyonize saf su ile 25 ml'ye tamamlanıp mavi bantlı filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Süzölen örneklerin toplam-P miktarları ICP-OES (Agilent, 5110) cihazı ile okunmuş ve aşağıdaki formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır.

$\text{Toplam-P (mg kg}^{-1}\text{)} = \text{Süzökteki fosfor okuma değeri} \times \text{sulandırma faktörü}$  (Formül 2)

### 3.2.3.2.2. Toprak örneklerinde inorganik fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi

Kireçli topraklarda inorganik fosfor fraksiyonları (Labil-P, Ca bağlı-P ve Fe bağlı-P) Kuo (1996) tarafından belirtildiği şekli ile yapılmış ve aşağıda yapılış şekilleri sırasıyla verilmiştir.

#### **Labil-P fraksiyonu:**

2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneğinden 1 g tartılarak üzerine 0.1 M NaOH+1 M NaCl çözeltisinden 50 ml ilave edilmiştir. 17 saat çalkalayıcıda 200 rpm'de çalkalama yapılan örnekler santrifüj edilerek üstteki alikot 100 ml'lik balonjojeye aktarılmıştır. Kalan toprak örneği üzerine 25 ml 1 M NaCl çözeltisi ilave edilerek 5 dk. çalkalanmış ve santrifüj edilerek üstteki alikot aynı balonjojeye aktarılmıştır. Bu işlem 1 defa daha yapılmış ve son hacim 1 M NaCl çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanmıştır (Şekil 3.3).

#### **Fe bağlı-P fraksiyonu:**

Labil-P fraksiyonu belirlendikten sonra 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, 1 M sodyum bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) çözeltisinden 5 ml ilave edilmiş ve 85 °C'deki su banyosunda 20 dk. ısıtılmıştır. 1 g sodyum dithionit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) eklenerek hızlı bir şekilde elle karıştırılmıştır. Su banyosunda 15 dk. daha ısıtma işlemine devam edilmiş ve hemen santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Santrifüj sonunda üstteki alikot 100 ml'lik balonjojeye aktarılmıştır. Kalan toprak örneği üzerine 25 ml doymuş NaCl çözeltisi ilave edilerek 5 dk. çalkalanmış ve santrifüj edilerek üstteki alikot aynı balonjojeye aktarılmıştır. Bu işlem 1 defa daha yapılmış ve son hacim doymuş NaCl çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanmıştır (Şekil 3.3).

#### **Ca bağlı-P fraksiyonu:**

Fe bağlı-P fraksiyonu belirlendikten sonra kalan toprak örneği ağzı açık şekilde normal ortamda 24 saat boyunca bekletilerek hava ile temas sağlanmış ve bu durum sonunda  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 'in oksidasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu örnek üzerine 50 ml 0.5 M HCl çözeltisi ilave edilmiş ve 1 saat çalkalayıcıda 200 rpm'de çalkalama yapılan örnekler santrifüj edilerek üstteki alikot 100 ml'lik balonjojeye aktarılmıştır. Kalan toprak örneği üzerine 25 ml doymuş NaCl çözeltisi ilave edilerek 5 dk. çalkalanmış ve

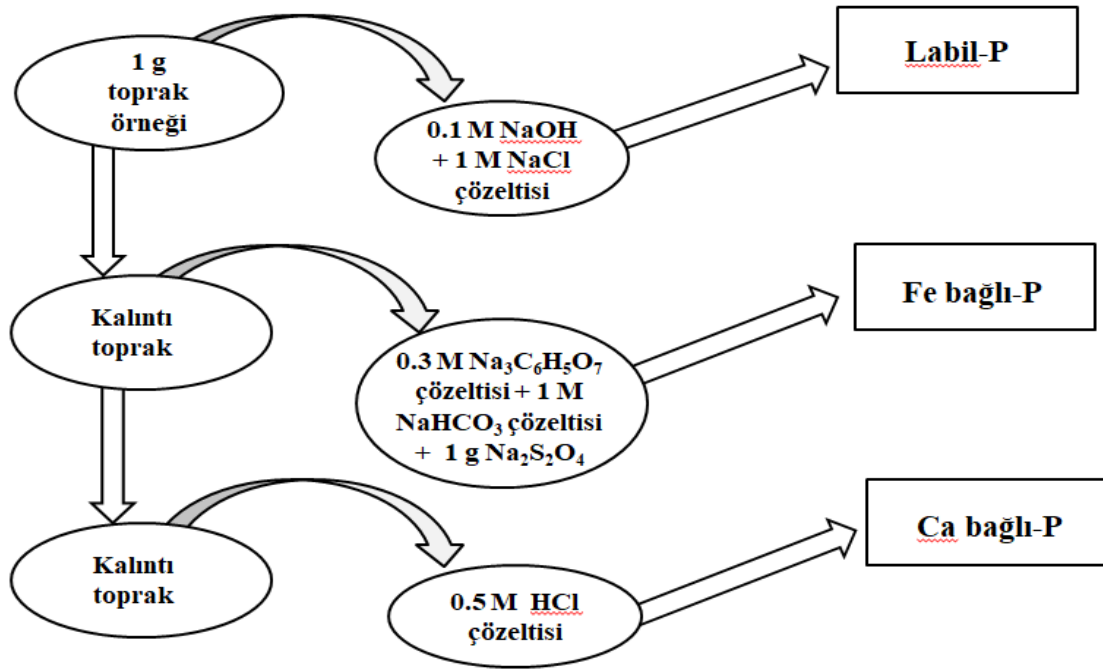
santrifüj edilerek üstteki alikot aynı balonjojeye aktarılmıştır. Bu işlem 1 defa daha yapılmış ve son hacim doymuş NaCl çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanmıştır (Şekil 3.3).

### **İnorganik P fraksiyon miktarlarının belirlenmesinde spektrofotometre okumaları:**

Labil-P, Ca bağlı-P ve Fe bağlı-P fraksiyonlarının belirlenmesi için hazırlanan 100 ml'lik balonjojedeki alikotlardaki fosfor miktarları Kuo (1996)'a göre belirlenmiştir. Labil-P fraksiyon miktarının belirlenmesi için alikot üzerine 5 damla p-nitrofenol indikatörü damlatılarak sarı renk elde edilmiştir ve daha sonra sarı renkten renksiz dönüşünceye kadar damlalar halinde 2 M HCl çözeltisi kullanılmıştır. Daha sonra renksiz alikot askorbik asit metoduna göre renklendirilerek 880 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında (Shimadzu UV-1900i) okunmuş ve Labil-P miktarı formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır.

Ca bağlı-P fraksiyon miktarının belirlenmesi için alikot üzerine 5 damla p-nitrofenol indikatörü damlatılarak renksiz alikot elde edilmiştir ve daha sonra renksizden sarı renge dönüşünceye kadar damlalar halinde 5 M NaOH çözeltisi kullanılmıştır. Daha sonra sarı renkteki alikot askorbik asit metoduna göre renklendirilerek 880 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında (Shimadzu UV-1900i) okunmuş ve Ca bağlı-P miktarı formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır.

Fe bağlı-P fraksiyon miktarının belirlenmesi için elde edilen alikot askorbik asit metoduna göre renklendirilerek 880 nm dalga boyunda spektrofotometre cihazında (Shimadzu UV-1900i) okunmuş ve Fe bağlı-P miktarı formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. Kireçli topraklarda inorganik fosfor fraksiyon analiz akış şeması

### 3.2.3.2.3. Toprak örneklerinde organik fosfor fraksiyonunun belirlenmesi

Toprak örneklerinin organik-P fraksiyonu Pierzynski (2000)'e göre formül 3'te belirtildiği şekli ile belirlenmiştir.

Organik-P fraksiyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) = Toplam-P miktarı ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) – İnorganik-P fraksiyonu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Formül 3)

### 3.2.4. İstatistik analiz yöntemleri

Deneme sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde MSTAT-C (Bricker, 1989) istatistik paket programından yararlanılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

### 4.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Deneme toprağı hafif alkalın reaksiyonlu (Manual, 1951) olup, düşük tuz içeriğine (Ergene, 1982) sahiptir. Denemede kullanılan toprak az organik madde (Ünal ve Başkaya, 1981), çok fazla kireç (Schroo, 1963) içermekte olup, tın (L) bünyeye sahiptir. Toprakta bitkiye elverişli Ca (FAO, 1990) miktarı fazla, Mg (FAO, 1990), Cu (Viets ve Lindsay, 1973), Mn (Yılmaz ve ark., 2019) ve B (Cartwright ve ark., 1983) miktarları yeterli düzeyde, inorganik azot ( $\text{NH}_4 + \text{NO}_3\text{-N}$ ) (Chapman, 1960; Gasser, 1961; Whitehead, 1981), P (FAO, 1990), K (FAO, 1990), Fe (Lindsay ve Norvell, 1978) ve Zn (Lindsay ve Norvell, 1978) miktarları yetersiz düzeydedir.

Çizelge 4.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Birimi	Sonuç
Tekstür	Kum	44.5
	Silt	(%) 37.5
	Kil	18.0
Tekstür sınıfı	--	Tın
Tarla kapasitesi	(%)	22.58
pH (1:2.5, toprak:saf su)	--	7.71
EC (1:5, toprak:saf su)	( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	143
CaCO <sub>3</sub> (Kireç)	(%)	34.5
Organik madde		1.92
İnorganik azot ( $\text{NH}_4+\text{NO}_3\text{-N}$ )		10.5
Alınabilir fosfor (P)		5.25
Ekstrakte edilebilir potasyum (K)		103
Ekstrakte edilebilir kalsiyum (Ca)		6203
Ekstrakte edilebilir magnezyum (Mg)	( $\text{mg kg}^{-1}$ )	176
Alınabilir demir (Fe)		2.14
Alınabilir çinko (Zn)		0.32
Alınabilir bakır (Cu)		0.48
Alınabilir mangan (Mn)		4.91
Alınabilir bor (B)		0.75

#### 4.2. Farklı Fosforlu Gübre ve K-Humat Uygulamalarının Toprağın 0-5 cm Derinliğindeki Fosfor Fraksiyonlarına Etkileri

Farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP) ve K-Humat uygulamalarının toprakta labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P ve organik-P fraksiyonları üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.2’de, ortalamaları ise 4.3’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının toprağın 0-5 cm derinliğindeki fosfor fraksiyonlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması				
		Labil-P	Fe bağlı-P	Ca bağlı-P	Toplam-P	Organik-P
<b>Genel</b>	35	--	--	--	--	--
<b>Tekerrür</b>	2	0.29	0.16	12.93	127.58	210.50
<b>Farklı P’lu Gübre Uygulaması (PG)</b>	5	886.77**	7.46**	385.41*	12527.53**	8413.38**
<b>K-Humat (K)</b>	1	44.29**	6.87**	460.46	787.36	7.19
<b>PG x K İnteraksiyonu</b>	5	11.56**	0.29*	145.67	63.60	86.03
<b>Hata</b>	22	0.20	0.09	135.85	327.51	602.38

\*\* , p<0.01 ; \* , p<0.05

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, toprağın 0-5 cm derinliğinde sadece farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkilerinin labil-P, Fe bağlı-P, toplam-P ve organik-P fraksiyon içeriklerini %1, Ca bağlı-P fraksiyon içeriğini %5 seviyesinde, sadece K-Humat uygulamaları ile toprağın labil-P ve Fe bağlı-P fraksiyon içeriklerini %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli olduğu bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulaması x K-Humat interaksiyonunun toprağın labil-P fraksiyon içeriğini %1, Fe bağlı-P fraksiyon içeriğine %5 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli etkilediği belirlenmiştir. Bu önemli ilişki toprağın 0-5 cm derinliğindeki labil-P ve Fe bağlı-P fraksiyon içeriklerinin farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.3.** Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının toprağın 0-5 cm derinliğindeki fosfor fraksiyonlarına etkileri

Uygulama	Labil-P (mg kg <sup>-1</sup> )			Fe bağlı-P (mg kg <sup>-1</sup> )			Ca bağlı-P (mg kg <sup>-1</sup> )		
	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama
<b>Kontrol</b>	1.25 g	1.31 h	<b>1.28 f</b>	1.21 f	1.29 f	<b>1.25 d</b>	383.54	405.63	<b>394.59 ab</b>
<b>Katı MAP</b>	3.13 fg	4.11 f	<b>3.62 d</b>	3.96 bc	4.77 a	<b>4.37 a</b>	398.33	404.17	<b>401.25 a</b>
<b>Katı DAP</b>	2.50 g	2.69 g	<b>2.60 e</b>	2.29 e	3.04 d	<b>2.67 c</b>	401.67	399.17	<b>400.42 a</b>
<b>Sıvı MAP</b>	11.67 d	16.04 c	<b>13.86 b</b>	3.13 d	4.42 ab	<b>3.77 b</b>	384.17	380.00	<b>382.08 b</b>
<b>Sıvı DAP</b>	7.50 e	8.34 e	<b>7.92 c</b>	1.67 f	2.85 d	<b>2.26 c</b>	396.67	410.00	<b>403.33 a</b>
<b>APP</b>	30.00 b	36.88 a	<b>33.44 a</b>	2.71 de	3.84 c	<b>3.27 b</b>	386.67	395.00	<b>390.83 ab</b>
<b>Ortalama</b>	<b>9.34 B</b>	<b>11.56 A</b>	-	<b>2.50 B</b>	<b>3.37 A</b>	-	<b>391.84</b>	<b>398.99</b>	-

**Çizelge 4.3. devamı**

Uygulama	Toplam-P (mg kg <sup>-1</sup> )			Organik-P (mg kg <sup>-1</sup> )		
	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama
<b>Kontrol</b>	448.32	460.24	<b>454.28 d</b>	62.32	52.01	<b>57.17 d</b>
<b>Katı MAP</b>	520.37	525.01	<b>522.69 bc</b>	114.96	111.97	<b>113.46 bc</b>
<b>Katı DAP</b>	500.37	502.83	<b>501.60 c</b>	93.91	97.94	<b>95.92 cd</b>
<b>Sıvı MAP</b>	539.90	549.57	<b>544.73 b</b>	140.94	149.11	<b>145.02 ab</b>
<b>Sıvı DAP</b>	537.89	544.62	<b>541.25 b</b>	132.05	123.43	<b>127.74 abc</b>
<b>APP</b>	579.73	600.43	<b>590.08 a</b>	160.36	164.72	<b>162.54 a</b>
<b>Ortalama</b>	<b>521.10</b>	<b>530.45</b>	-	<b>117.42</b>	<b>116.53</b>	-

Toprağın 0-5 cm derinliğinde labil-P fraksiyon içeriği, 1.25 mg kg<sup>-1</sup> ile 36.88 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup gerek farklı fosforlu gübre gerekse K-Humat uygulamalarıyla kontrole göre önemli düzeylerde artmıştır. Toprağın labil-P fraksiyon içeriği farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole (1.25 mg kg<sup>-1</sup>) göre 2 kat (katı DAP) ile 24 kat (APP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarıyla kontrole göre toprağın labil-P fraksiyon içeriğinde artışlar meydana geldiği ve bu artışların K-Humat uygulaması yapıldığında (1.31 mg kg<sup>-1</sup>) K-Humat uygulaması yapılmadığı (1.25 mg kg<sup>-1</sup>) durumlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nitekim toprağın labil-P fraksiyon içeriği K-Humat uygulaması ile %5 (kontrol) ile %37 (sıvı MAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Toprağın 0-5 cm derinliğinde en yüksek labil-P fraksiyon içeriği (36.88 mg kg<sup>-1</sup>) 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> ile birlikte 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile elde edilmiştir. En düşük labil-P fraksiyon içeriği (1.25 mg kg<sup>-1</sup>) ise K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir. Ayrıca katı ve sıvı DAP uygulamaları ile birlikte K-Humat uygulamasının yapıldığı ve

yapılmadığı uygulamalar arasında istatistiki bakımdan fark bulunmazken, diğer uygulamalar arasında istatistiki bakımdan farklar bulunmaktadır (Çizelge 4.3).

Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprağın labil-P fraksiyon içeriği, kontrole ( $1.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 2.5 ve 9.3 katlarında artışların olduğu, sıvı MAP ( $11.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP ( $3.13 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 3.7 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprağın labil-P fraksiyon içeriği, kontrole ( $1.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 2 ve 6 katlarında artışların olduğu, sıvı DAP ( $7.50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP ( $2.50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 3 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $30.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprağın labil-P fraksiyon içeriği, kontrole ( $1.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 24 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın ortalama labil-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek labil-P fraksiyon içeriği, polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $33.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla elde edilmiş olup, bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $13.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $7.92 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $3.62 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $1.28 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir. Toprağın ortalama labil-P fraksiyon içeriği üzerine K-Humat uygulamasının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. K-Humat uygulanmasının yapıldığı labil-P fraksiyon içeriği ortalaması ( $11.56 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K-Humat uygulanmasının yapılmadığı labil-P fraksiyon içeriği ortalamasına ( $9.34 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre daha fazla bulunmuştur. Bu durum K-Humat uygulamasının toprağın labil-P fraksiyon içeriğini artırdığının göstergesidir (Çizelge 4.3).

Sonuç olarak toprağın 0-5 cm derinliğinde en yüksek labil-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulamasının yapıldığı hem de yapılmadığı durumlarda polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla birincil ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ve DAP uygulamaları, birincil ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ve DAP uygulamaları takip etmiş olup, en düşük kontrol uygulamalarında belirlenmiştir. Toprakta düşük enerji ile tutulan ve yarayışlı yapıdaki labil-P fraksiyon içeriği, en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiş olup, K-Humat uygulaması ile

%23 oranında arttığı bulunmuştur. Bitkiler için yararlılığı ve kullanılabilirliği yüksek olan labil-P fraksiyon içeriği, hem K-Humat uygulaması hem de katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamaları (sıvı MAP, sıvı DAP, APP) ile arttığı ve bu artışın özellikle polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın 0-5 cm derinliğinde Fe bağlı-P fraksiyonu içeriği  $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $4.77 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmekte olup gerek farklı fosforlu gübre gerekse K-Humat uygulamalarıyla kontrole göre önemli düzeylerde artmıştır. Toprağın Fe bağlı-P içeriği farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole ( $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 1.4 kat (sıvı DAP) ile 3.3 kat (katı MAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarıyla kontrole göre toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriğinde artışlar meydana geldiği ve bu artışların K-Humat uygulaması yapıldığında K-Humat uygulaması yapılmadığı durumlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği K-Humat uygulaması ile %7 (kontrol) ile %71 (sıvı DAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Toprağın 0-5 cm derinliğinde en yüksek Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ( $4.77 \text{ mg kg}^{-1}$ )  $200 \text{ mg K-Humat kg}^{-1}$  ile birlikte  $100 \text{ mg P kg}^{-1}$  olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile elde edilmiştir. En düşük Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ( $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ise K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir. Ayrıca kontrol uygulaması ile birlikte K-Humat uygulamasının yapıldığı ( $1.29 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve yapılmadığı ( $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamalar arasında istatistiki bakımdan fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.3).

Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 3.3 ve 2.6 katlarında artışların olduğu, katı MAP ( $3.96 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile sıvı MAP ( $3.13 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 1.3 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 1.9 ve 1.4 katlarında artışların olduğu, katı DAP ( $2.29 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile sıvı DAP ( $1.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 1.4 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $2.71 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.21 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 2.2 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın ortalama Fe bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur.

Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek Fe bağlı-P fraksiyon içeriği birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $4.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla elde edilmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $3.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $3.27 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında istatistiksel bakımdan fark bulunmamıştır. Aynı şekilde bu sırayı ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $2.26 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında da istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamalarında en düşük Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrol ( $1.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile elde edilmiştir.

Toprağın ortalama Fe bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine K-Humat uygulamasının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Fe bağlı-P fraksiyon içeriği, K-Humat uygulanmasının yapıldığı ( $3.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ) durumda yapılmadığına ( $2.50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre daha fazla bulunmuştur. Bu durum K-Humat uygulamasının toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriğini artırdığının göstergesidir (Çizelge 4.3).

Sonuç olarak toprağın 0-5 cm derinliğinde en yüksek Fe bağlı-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulamasının yapıldığı hem de yapılmadığı durumlarda birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamaları, polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulamaları, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulamaları, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulamaları takip etmiş olup, en düşük Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ise kontrol uygulamalarında belirlenmiştir. Toprakta Fe bağlı-P fraksiyon içeriği en yüksek birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile belirlenmiş olup, K-Humat uygulaması ile %20 oranında arttığı bulunmuştur. Bitkilerin etkin bir şekilde yararlanmadığı ve yarayışlı yapıda olmayan Fe bağlı-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulaması ile hem de birincil ortofosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulamaları (katı MAP, sıvı MAP) ile arttığı ve bu artışın sıvı gübre uygulamasına (sıvı MAP) göre katı gübre uygulamasında (katı MAP) daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın 0-5 cm derinliğinde Ca bağlı-P fraksiyon içeriği  $380.00 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $410.00 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmektedir. Toprağın 0-5 cm derinliğinde en yüksek Ca bağlı-P fraksiyon içeriği ( $410.00 \text{ mg kg}^{-1}$ )  $200 \text{ mg K-Humat kg}^{-1}$  ile birlikte  $100 \text{ mg P kg}^{-1}$  olacak şekilde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük Ca bağlı-P fraksiyon içeriği ( $380.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ise K-Humat

uygulamasının yapıldığı birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın ortalama Ca bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %5 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek Ca bağlı-P fraksiyon içeriği ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $403.33 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $401.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $400.42 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamalarıyla elde edilmiş olup, bu uygulamalar arasında istatistiksel bakımdan fark bulunmamıştır. Aynı şekilde bu sırayı kontrol ( $394.59 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $390.83 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında da istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamalarında en düşük Ca bağlı-P fraksiyon içeriği birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $382.08 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Sonuç olarak toprağın 0-5 cm derinliğinde, bitkilerin etkin bir şekilde yararlanamadığı ve yarayışlı yapıda olmayan Ca bağlı-P fraksiyon içeriği, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı gübre uygulaması (sıvı MAP) ile birlikte K-Humat uygulaması ile en düşük, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı gübre uygulaması (sıvı DAP) ile birlikte K-Humat uygulaması ile en yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Toprağın 0-5 cm derinliğinde toplam-P içeriği  $448.32 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $600.43 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmektedir. Toprakta en yüksek toplam-P içeriği ( $600.43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 200 mg K-Humat  $\text{kg}^{-1}$  ve 100 mg P  $\text{kg}^{-1}$  olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük toplam-P içeriği ( $448.32 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ise K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın ortalama toplam-P içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek toplam-P içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $590.08 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile elde edilmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $544.73 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $541.25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Aynı şekilde bu sırayı birincil ortofosfat formunda fosfor

içeren katı MAP (522.69 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP (501.60 mg kg<sup>-1</sup>) ve kontrol (454.28 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.3).

Sonuç olarak toprağın 0-5 cm derinliğinde, toplam-P içeriği, hem K-Humat uygulaması hem de katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamalarında (sıvı MAP, sıvı DAP, APP) arttığı ve bu artışın özellikle polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın 0-5 cm derinliğinde organik-P fraksiyon içeriği 52.01 mg kg<sup>-1</sup> ile 164.72 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Toprakta en yüksek organik-P fraksiyon içeriği (164.72 mg kg<sup>-1</sup>) 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> ile birlikte 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük organik-P fraksiyon içeriği (52.01 mg kg<sup>-1</sup>) ise farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı sadece K-Humat uygulamasının yapıldığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Toprağın ortalama organik-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek organik-P fraksiyon içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP (162.54 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile elde edilmiş olup, bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP (145.02 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP (127.74 mg kg<sup>-1</sup>), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP (113.46 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP (95.92 mg kg<sup>-1</sup>) ve kontrol (57.17 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.3).

Sonuç olarak toprağın 0-5 cm derinliğinde, organik-P fraksiyon içeriği, K-Humat uygulamasının yapıldığı ancak farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrolde en düşük (51.02 mg kg<sup>-1</sup>), polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile birlikte K-Humat uygulaması ile en yüksek (164.72 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.3).

#### **4.3. Farklı Fosforlu Gübre ve K-Humat Uygulamalarının Toprağın 5-20 cm Derinliğindeki Fosfor Fraksiyonlarına Etkileri**

Farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda

fosfor içeren APP) ve K-Humat uygulamalarının toprakta labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P ve organik-P fraksiyonları üzerine etkilerine ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.4’de, ortalamaları ise 4.5’de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının toprağın 5-20 cm derinliğindeki fosfor fraksiyonlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması				
		Labil-P	Fe bağlı-P	Ca bağlı-P	Toplam-P	Organik-P
<b>Genel</b>	35	--	--	--	--	--
<b>Tekerrür</b>	2	1.12	0.03	78.57	212.48	518.17
<b>Farklı P’lu Gübre Uygulaması (PG)</b>	5	419.10**	4.68**	4553.28**	11352.46**	473.70
<b>K-Humat (K)</b>	1	37.29**	7.98**	153.60**	314.83	450.29
<b>PG x K İnteraksiyonu</b>	5	7.20**	0.35**	4.57	5.98	6.50
<b>Hata</b>	22	0.85	0.07	13.07	181.19	188.97

\*\* , p<0,01

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre toprağın 5-20 cm derinliğinde sadece farklı fosforlu gübre uygulamaları ile labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P ve toplam-P fraksiyon içerikleri %1, sadece K-Humat uygulamaları ile toprağın labil-P, Fe bağlı-P ve Ca bağlı-P fraksiyon içerikleri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli olduğu bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulaması x K-Humat interaksiyonun toprağın labil-P ve Fe bağlı-P fraksiyon içerikleri üzerine %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli etkileri belirlenmiştir. Bu önemli ilişkiler, toprağın 5-20 cm derinliğindeki labil-P ve Fe bağlı-P fraksiyon içeriklerinin farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.5.** Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının toprağın 5-20 cm derinliğindeki fosfor fraksiyonlarına etkileri

Uygulama	Labil-P (mg kg <sup>-1</sup> )			Fe bağlı-P (mg kg <sup>-1</sup> )			Ca bağlı-P (mg kg <sup>-1</sup> )		
	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama
Kontrol	1.04 h	1.11 gh	1.08 e	1.00 g	1.02 g	1.01 d	390.42	386.67	388.55 d
Katı MAP	2.11 gh	3.17 fg	2.64 d	3.00 bc	3.96 a	3.48 a	435.83	431.88	433.86 c
Katı DAP	1.65 gh	1.94 gh	1.79 de	1.15 g	2.05 de	1.60 c	431.25	425.84	428.55 c
Sıvı MAP	7.69 d	12.71 c	10.20 b	2.13 de	3.46 ab	2.79 b	455.42	450.84	453.13 b
Sıvı DAP	4.23 ef	5.42 e	4.83 c	1.29 fg	2.56 cd	1.92 c	450.84	444.80	447.82 b
APP	20.63 b	25.21 a	22.92 a	1.86 ef	3.02 bc	2.44 b	468.96	467.92	468.44 a
Ortalama	6.22 B	8.26 A	-	1.74 B	2.68 A	-	438.79 A	434.66 B	-

Çizelge 4.5. devamı

Uygulama	Toplam-P (mg kg <sup>-1</sup> )			Organik-P (mg kg <sup>-1</sup> )		
	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama	K-Humat (-)	K-Humat (+)	Ortalama
Kontrol	434.87	438.12	436.50 e	42.41	49.33	45.87
Katı MAP	490.08	496.15	493.12 cd	49.14	57.16	53.15
Katı DAP	480.48	485.27	482.88 d	46.44	55.46	50.95
Sıvı MAP	525.25	531.67	528.46 b	60.02	64.67	62.35
Sıvı DAP	510.28	515.96	513.12 bc	53.93	63.19	58.56
APP	559.88	569.15	564.52 a	68.45	73.01	70.73
Ortalama	500.14	506.06	-	53.40	60.47	-

Toprağın 5-20 cm derinliğinde labil-P fraksiyon içeriği 1.04 mg kg<sup>-1</sup> ile 25.21 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup gerek farklı fosforlu gübre gerekse K-Humat uygulamalarıyla kontrole göre önemli düzeylerde artmıştır. Toprağın labil-P fraksiyon içeriği farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole (1.04 mg kg<sup>-1</sup>) göre 1.6 kat (katı DAP) ile 19.8 kat (APP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarıyla kontrole göre toprağın labil-P fraksiyon içeriğinde artışlar meydana geldiği ve bu artışların K-Humat uygulaması yapıldığında (1.11 mg kg<sup>-1</sup>) K-Humat uygulaması yapılmadığı (1.04 mg kg<sup>-1</sup>) durumlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nitekim toprağın labil-P fraksiyon içeriği K-Humat uygulaması ile %7 (kontrol) ile %65 (sıvı MAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Toprağın 5-20 cm derinliğinde en yüksek labil-P fraksiyon içeriği (25.21 mg kg<sup>-1</sup>) 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> ile birlikte 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile elde edilmiştir. En düşük labil-P fraksiyon içeriği (1.04 mg kg<sup>-1</sup>) ise K-Humat ve farklı

fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir. Ayrıca katı DAP uygulaması ile birlikte K-Humat uygulamasının yapıldığı ( $1.94 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve yapılmadığı ( $1.65 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K-Humat uygulamasının yapılmadığı katı MAP gübre uygulaması ( $2.11 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve farklı fosforlu gübre uygulamasının yapılmadığı sadece K-Humat uygulamasının yapıldığı kontrol uygulaması ( $1.11 \text{ mg kg}^{-1}$ ) arasında istatistiki bakımdan fark bulunmazken, diğer uygulamalar arasında istatistiki bakımdan farklar bulunmaktadır (Çizelge 4.5).

Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprağın labil-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.04 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 2 ve 7.4 katlarında artışların olduğu, sıvı MAP ( $7.69 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP ( $2.11 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 3.6 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprağın labil-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.04 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 1.6 ve 4.1 katlarında artışların olduğu, sıvı DAP ( $4.23 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP ( $1.65 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 2.6 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $20.63 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprağın labil-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.04 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 19.8 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın ortalama labil-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek labil-P fraksiyon içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $22.92 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla elde edilmiş olup, bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $10.20 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $4.83 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $2.64 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $1.79 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $1.08 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir. Toprağın ortalama labil-P fraksiyon içeriği üzerine K-Humat uygulamasının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. K-Humat uygulanmasının yapıldığı labil-P fraksiyon içeriği ( $8.26 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K-Humat uygulanmasının yapılmadığına ( $6.22 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre daha fazla bulunmuştur. Bu durum, K-Humat uygulamasının toprağın labil-P fraksiyon içeriğini artırdığının göstergesidir (Çizelge 4.5).

Sonuç olarak toprağın 5-20 cm derinliğinde en yüksek labil-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulamasının yapıldığı hem de yapılmadığı durumlarda polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla

birincil ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ve DAP uygulamaları, birincil ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ve DAP uygulamaları takip etmiş olup, en düşük labil-P fraksiyon içeriği ise kontrol uygulamalarında belirlenmiştir. Toprakta düşük enerji ile tutulan ve yarayışlı yapıdaki labil-P fraksiyon içeriği en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiş olup, K-Humat uygulaması ile %22 oranında arttığı bulunmuştur. Bitkiler için yarayışlılığı ve kullanılabilirliği yüksek olan labil-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulaması ile hem de katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamaları (sıvı MAP, sıvı DAP, APP) ile arttığı ve bu artışın özellikle polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın 5-20 cm derinliğinde Fe bağlı-P fraksiyonu içeriği  $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $3.96 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmekte olup gerek farklı fosforlu gübre gerekse K-Humat uygulamalarıyla kontrole göre önemli düzeylerde artmıştır. Toprağın Fe bağlı-P içeriği farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole ( $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 1.2 kat (katı DAP) ile 3 kat (katı MAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarıyla kontrole göre toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriğinde artışlar meydana geldiği ve bu artışların K-Humat uygulaması yapıldığında K-Humat uygulaması yapılmadığı durumlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği K-Humat uygulaması ile %2 (kontrol) ile %98 (sıvı DAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Toprağın 5-20 cm derinliğinde en yüksek Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ( $3.96 \text{ mg kg}^{-1}$ )  $200 \text{ mg K-Humat kg}^{-1}$  ile birlikte  $100 \text{ mg P kg}^{-1}$  olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile elde edilmiştir. En düşük Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ( $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ise K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir. Ayrıca kontrol uygulaması ile birlikte K-Humat uygulamasının yapıldığı ( $1.02 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve yapılmadığı ( $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamalar ile K-Humat uygulamasının yapılmadığı katı DAP ( $1.15 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması arasında (g), K-Humat uygulamasının yapılmadığı katı MAP ( $3.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile K-Humat uygulamasının yapıldığı APP ( $3.02 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması arasında (bc) ve K-Humat uygulamasının yapıldığı katı DAP ( $2.05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile K-Humat uygulamasının yapılmadığı sıvı MAP ( $2.13 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması arasında (de) istatistiki bakımdan fark bulunmazken, diğer uygulamalar arasında istatistiki bakımdan farklar bulunmaktadır.

Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği, kontrole ( $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 3 ve 2.1 katlarında artışların olduğu, katı MAP ( $3.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile sıvı MAP ( $2.13 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 1.4 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 1.2 ve 1.3 katlarında artışların olduğu, sıvı DAP ( $1.29 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP ( $1.15 \text{ mg kg}^{-1}$ ) gübre uygulamasına göre 1.1 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $1.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrole ( $1.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 1.9 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın ortalama Fe bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek Fe bağlı-P fraksiyon içeriği birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $3.48 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla elde edilmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $2.79 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $2.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup bu uygulamalar arasında istatistiksel bakımdan fark bulunmamıştır. Aynı şekilde bu sırayı ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $1.92 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $1.60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında da istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamalarında en düşük Fe bağlı-P fraksiyon içeriği kontrol ( $1.01 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile elde edilmiştir. Toprağın ortalama Fe bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine K-Humat uygulamasının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. K-Humat uygulanmasının yapıldığı Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ( $2.68 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K-Humat uygulanmasının yapılmadığına ( $1.74 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre daha fazla bulunmuştur. Bu durum, K-Humat uygulamasının toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriğini artırdığının göstergesidir (Çizelge 4.5).

Sonuç olarak toprağın 5-20 cm derinliğinde en yüksek Fe bağlı-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulamasının yapıldığı hem de yapılmadığı durumlarda birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamaları, polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulamaları, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulamaları, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulamaları

takip etmiş olup, en düşük Fe bağlı-P fraksiyon içeriği ise kontrol uygulamalarında belirlenmiştir. Toprakta Fe bağlı-P fraksiyon içeriği en yüksek birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile belirlenmiş olup K-Humat uygulaması ile %32 oranında arttığı bulunmuştur. Bitkilerin etkin bir şekilde yararlanmadığı ve yarayışlı yapıda olmayan Fe bağlı-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulaması ile hem de birincil ortofosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulamaları (katı MAP, sıvı MAP) ile arttığı ve bu artışın sıvı gübre uygulamasına (sıvı MAP) göre katı gübre uygulamasında (katı MAP) daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın 5-20 cm derinliğinde Ca bağlı-P fraksiyon içeriği  $386.67 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $468.96 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişmektedir. Toprağın 5-20 cm derinliğinde en yüksek Ca bağlı-P fraksiyon içeriği ( $468.96 \text{ mg kg}^{-1}$ ) K-Humat uygulamasının yapılmadığı  $100 \text{ mg P kg}^{-1}$  olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük Ca bağlı-P fraksiyon içeriği ( $386.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ise farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı sadece  $200 \text{ mg K-Humat kg}^{-1}$  uygulamasının yapıldığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın ortalama Ca bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek Ca bağlı-P fraksiyon içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $468.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla elde edilmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $453.13 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $447.82 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında istatistiki bakımdan fark bulunmamıştır. Aynı şekilde bu sırayı birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $433.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $428.55 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup, bu uygulamalar arasında da istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamalarında en düşük Ca bağlı-P fraksiyon içeriği kontrol ( $388.55 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile elde edilmiştir. Toprağın ortalama Ca bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine K-Humat uygulamasının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. K-Humat uygulanmasının yapılmadığı Ca bağlı-P fraksiyon içeriği ( $438.79 \text{ mg kg}^{-1}$ ), K-Humat uygulanmasının yapıldığına ( $434.66 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre daha fazla bulunmuştur. Bu husus, K-Humat uygulamasının toprağın Ca bağlı-P fraksiyon içeriğini azalttığına göstergesidir (Çizelge 4.5).

Sonuç olarak toprağın 5-20 cm derinliğinde, bitkilerin etkin bir şekilde yararlanamadığı ve yarayışlı yapıda olmayan Ca bağılı-P fraksiyon içeriği katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamaları (sıvı MAP, sıvı DAP, APP) ile arttığı ve bu artışın özellikle polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile olduğu belirlenmiştir. Ayrıca toprağın Ca bağılı-P fraksiyon içeriğinin K-Humat uygulaması ile azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın 5-20 cm derinliğinde toplam-P içeriği 434.87 mg kg<sup>-1</sup> ile 569.15 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, gerek farklı fosforlu gübre gerekse K-Humat uygulamaları arasında istatistiki bakımdan fark bulunmamıştır. Toprakta en yüksek toplam-P içeriği (569.15 mg kg<sup>-1</sup>) 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> ile birlikte 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük toplam-P içeriği (434.87 mg kg<sup>-1</sup>) ise K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın ortalama toplam-P içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek toplam-P içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP (564.52 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile elde edilmiştir. Bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP (528.46 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP (513.12 mg kg<sup>-1</sup>), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP (493.12 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP (482.88 mg kg<sup>-1</sup>) ve kontrol (436.50 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.5).

Sonuç olarak toprağın 5-20 cm derinliğinde, toplam-P içeriği hem K-Humat uygulaması hem de katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamaları (sıvı MAP, sıvı DAP, APP) ile arttığı ve bu artışın özellikle polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprağın 5-20 cm derinliğinde organik-P fraksiyon içeriği 42.41 mg kg<sup>-1</sup> ile 73.01 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, sadece farklı fosforlu gübre, sadece K-Humat ve fosforlu gübre x K-Humat interaksiyonun etkileri istatistiki bakımdan önemsiz bulunmuştur. Toprakta en yüksek organik-P fraksiyon içeriği (73.01 mg kg<sup>-1</sup>) 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> ile birlikte 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir. En düşük organik-P fraksiyon içeriği (42.41 mg kg<sup>-1</sup>)

ise K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulamalarının yapılmadığı kontrol uygulaması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Sonuç olarak toprağın 5-20 cm derinliğinde, organik-P fraksiyon içeriği hem K-Humat uygulaması ile hem de katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamaları (sıvı MAP, sıvı DAP, APP) ile arttığı ve bu artış polifosfat formunda fosfor içeren fosforlu gübre uygulaması (APP) ile elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

#### 4.4. Farklı Fosforlu Gübre ve K-Humat Uygulamalarının Fosforun Topraktaki Hareketine Etkileri

##### 4.4.1. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine etkileri

Farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP) uygulamalarının farklı derinliklerdeki (2.5 cm, 7.5 cm, 12.5 cm ve 17.5 cm) toprak çözelti örneklerinin fosfor içerikleri üzerine ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.6'de, ortalamaları ise 4.7'de verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Farklı fosforlu gübre uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması
		Toprak Çözelti-P
Genel	71	--
Tekerrür	2	0.11
Farklı P'lu Gübre Uygulaması (PG)	5	126.99**
Derinlik (D)	3	928.03**
PG x D İnteraksiyonu	15	117.89**
Hata	46	0.01

\*\* , p<0,01

Varyans analiz sonuçlarına göre, sadece farklı fosforlu gübre uygulamaları, sadece derinlik ve farklı fosforlu gübre uygulaması x derinlik interaksiyonunun toprak çözelti örneklerinin P içeriği üzerine etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Bu önemli ilişkiler, toprak çözelti örneklerinin P içeriklerinin farklı

fosforlu gübre uygulamalarına ve farklı derinliklere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.7.** Farklı fosforlu gübre uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) etkileri

Uygulama	Toprak Derinliği				Ortalama Toprak Çözelti-P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
	2.5 cm	7.5 cm	12.5 cm	17.5 cm	
<b>Kontrol</b>	2.88 g	2.84 g	2.81 g	2.77 g	<b>2.83 f</b>
<b>Katı MAP</b>	11.84 d	2.93 g	2.83 g	2.77 g	<b>5.09 d</b>
<b>Katı DAP</b>	7.37 e	2.88 g	2.81 g	2.77 g	<b>3.96 e</b>
<b>Sıvı MAP</b>	33.38 a	3.55 f	2.95 g	2.81 g	<b>10.67 a</b>
<b>Sıvı DAP</b>	31.62 b	3.46 f	2.86 g	2.79 g	<b>10.18 b</b>
<b>APP</b>	16.91 c	3.48 f	3.37 f	2.88 g	<b>6.66 c</b>
<b>Ortalama</b>	<b>17.33 A</b>	<b>3.19 B</b>	<b>2.94 C</b>	<b>2.80 D</b>	-

Toprak çözelti örneklerinin P içeriği, farklı fosforlu gübre uygulamaları ve derinliklere göre  $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $33.38 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişiklik göstermiştir. Toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği ( $33.38 \text{ mg kg}^{-1}$ ), toprağın 2.5 cm derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulaması ile elde edilmiştir. Toprak çözelti örneklerinin en düşük P içeriği ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ), toprağın 17.5 cm derinliğinde kontrol, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulamaları ile belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Toprak çözelti örneklerinin ortalama P içeriği üzerine farklı fosforlu gübre uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek toprak çözelti örneği P içeriği ( $10.67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamasıyla elde edilmiş olup, bunu sırasıyla ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $10.18 \text{ mg kg}^{-1}$ ), polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $6.66 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $5.09 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $3.96 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $2.83 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.7).

Toprak çözelti örneklerinin ortalama P içeriği üzerine farklı derinlerin etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı derinliklerin ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda, toprak çözelti örneklerinin P içeriği en yüksek 2.5 cm ( $17.33 \text{ mg kg}^{-1}$ ) toprak derinliğinde elde edilmiş olup, bunu sırasıyla 7.5

cm ( $3.19 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 12.5 cm ( $2.94 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve 17.5 cm ( $2.80 \text{ mg kg}^{-1}$ ) toprak derinlikleri takip etmiştir. Tüm uygulamalarda toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği toprağın 2.5 cm derinliğinde elde edilmiş olup, derinlik arttıkça bu değerler azalmaktadır (Çizelge 4.7).

Toprağın 2.5 cm derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $33.38 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $31.62 \text{ mg kg}^{-1}$ ), polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $16.91 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $11.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $7.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir. 2.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 2.6 kat (katı DAP) ile 11.6 kat (sıvı MAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 4.1 ve 11.6 katlarında artışların olduğu, sıvı MAP ( $33.38 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP ( $11.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 2.8 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla 2.6 ve 11 katlarında artışların olduğu, sıvı DAP ( $31.62 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP ( $7.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 4.3 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $19.91 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre 5.9 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Toprağın 7.5 cm derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $3.55 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $3.48 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $3.46 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $2.93 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $2.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir. 7.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole ( $2.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre %1.4 (katı DAP) ile %25 (sıvı MAP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla %3 ve %25 oranlarında artışların olduğu, sıvı MAP ( $3.55 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP ( $2.93 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %21 oranında arttığı

belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla %1.4 ve %22 oranlarında artışların olduğu, sıvı DAP ( $3.46 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %20 oranında arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $3.48 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre %23 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Toprağın 12.5 cm derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $3.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $2.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $2.83 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir. 12.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri kontrol ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamalarında aynı bulunmuş olup, farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre %0.7 (katı MAP) ile %20 (APP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre sırasıyla %0.7 ve %5 oranlarında artışların olduğu, sıvı MAP ( $2.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP ( $2.83 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %4 oranında arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre katı DAP ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla aynı bulunup, sıvı DAP ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile hem kontrole hem de katı DAP uygulamasına göre %1.8 oranında arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $3.37 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre %20 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Toprağın 17.5 cm derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $2.79 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiş olup en düşük P içeriği kontrol ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamalarıyla belirlenmiştir. Ayrıca 17.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri kontrol ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat

formunda fosfor içeren katı MAP ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları aynı bulunmuş olup, farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrole ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre %0.7 (sıvı DAP) ile %4 (APP) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre katı MAP ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla aynı bulunmuş olup, sıvı MAP ( $2.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile hem kontrole hem de katı MAP uygulamasına göre %1.4 oranında arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre katı DAP ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla aynı bulunmuş olup, sıvı DAP ( $2.79 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile hem kontrole hem de katı DAP uygulamasına göre %0.7 oranında arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrole ( $2.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) göre %4 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Toprak çözelti örneklerinin P içeriği üzerine farklı P'lu gübre x derinlik interaksiyonunun etkileri istatistikî bakımdan %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Toprak çözelti örneklerinin P içeriği sırasıyla 2.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP > 2.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP > 2.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP > 2.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP > 2.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP > 7.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP = 7.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP = 7.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP = 12.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP > farklı derinliklerde farklı fosforlu gübre uygulamaları şeklinde belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Sonuç olarak toprağa uygulanan fosforun hareketi farklı fosforlu gübre uygulamalarına ve toprak derinliklerine (2.5 cm, 7.5 cm, 12.5 cm ve 17.5 cm) göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içerikleri, 2.5 cm ve 7.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamasında elde edilirken, 12.5 cm ve 17.5 cm toprak derinliğindeki polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulamasıyla elde edilmiştir. Fosforun topraktaki hareketinin katı gübre uygulamalarına (katı MAP, katı DAP) göre sıvı gübre uygulamalarıyla (sıvı MAP, sıvı DAP ve APP) arttığı ve özellikle polifosfat formunda

fosfor içeren APP uygulamasıyla toprakta fosforun hareketinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toprak çözelti örneklerinin en düşük P içerikleri, 17.5 cm toprak derinliğinde kontrol, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulamaları ile belirlenmiştir. Farklı fosforlu gübre uygulamalarında toprak derinliği arttıkça toprak çözeltisindeki P içeriği azalmaktadır (Çizelge 4.7).

#### 4.4.2. Farklı fosforlu gübre ile birlikte K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine etkileri

Farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP) ile birlikte K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerdeki (2.5 cm, 7.5 cm, 12.5 cm, 17.5 cm) toprak çözelti örneklerinin fosfor içerikleri üzerine ait varyans analiz sonuçları çizelge 4.8’de, ortalamaları ise 4.9’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Farklı fosforlu gübre ile birlikte K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması
		Toprak Çözelti-P
<b>Genel</b>	71	--
<b>Tekerrür</b>	2	0.10
<b>Farklı P’lu Gübre + K-Humat Uygulaması (PG + K)</b>	5	147.93**
<b>Derinlik (D)</b>	3	598.38**
<b>(PG + K) x D İnteraksiyonu</b>	15	88.91**
<b>Hata</b>	46	0.01

\*\* , p<0,01

Varyans analiz sonuçlarına göre, sadece farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamaları, sadece farklı derinlik ve (farklı fosforlu gübre + K-Humat) x derinlik interaksiyonunun toprak çözelti örneklerinin P içeriği üzerine etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Bu önemli ilişkiler toprak çözelti örneklerinin P içeriklerinin farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamalarına ve farklı derinliklere bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Çizelge 4.8).

**Çizelge 4.9.** Farklı fosforlu gübre ile birlikte K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerdeki toprak çözelti örneklerinin fosfor içeriklerine ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) etkileri

Uygulama	Toprak Derinliği				Ortalama
	2.5 cm	7.5 cm	12.5 cm	17.5 cm	Toprak Çözelti-P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
<b>Kontrol + K-Humat</b>	2.95 kl	2.90 kl	2.86 l	2.83 l	<b>2.89 f</b>
<b>Katı MAP + K-Humat</b>	9.15 d	3.36 ij	2.90 kl	2.84 l	<b>4.56 d</b>
<b>Katı DAP + K-Humat</b>	6.79 f	3.06 k	2.95 kl	2.83 l	<b>3.91 e</b>
<b>Sıvı MAP + K-Humat</b>	32.40 a	8.74 e	3.44 ı	2.90 kl	<b>11.87 a</b>
<b>Sıvı DAP + K-Humat</b>	13.04 c	4.01 h	3.23 j	2.84 l	<b>5.78 c</b>
<b>APP + K-Humat</b>	25.57 b	5.78 g	3.46 ı	3.04 k	<b>9.46 b</b>
<b>Ortalama</b>	<b>14.98 A</b>	<b>4.64 B</b>	<b>3.14 C</b>	<b>2.88 D</b>	-

Toprak çözelti örneklerinin P içeriği farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamaları ve farklı derinliklere göre  $2.83 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $32.40 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişiklik göstermiştir. Toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği ( $32.40 \text{ mg kg}^{-1}$ ), toprağın 2.5 cm derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + 200 mg K-Humat  $\text{kg}^{-1}$  uygulaması ile elde edilmiştir. Toprak çözelti örneklerinin en düşük P içeriği ( $2.83 \text{ mg kg}^{-1}$ ), toprağın 17.5 cm derinliğinde kontrol + K-Humat ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat uygulamaları ile belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Toprak çözelti örneklerinin ortalama P içeriği üzerine farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamalarının etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamalarının ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda en yüksek toprak çözelti örneği P içeriği birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat ( $11.87 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasıyla elde edilmiş olup, bunu sırasıyla polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat ( $9.46 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP ( $5.78 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ( $4.56 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP ( $3.91 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol ( $2.89 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.9).

Toprak çözelti örneklerinin ortalama P içeriği üzerine farklı derinliklerin etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Farklı derinliklerin ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda ise en yüksek toprak çözelti örneği P içeriği 2.5 cm ( $14.98 \text{ mg kg}^{-1}$ ) toprak derinliğinde elde edilmiş olup, bunu sırasıyla 7.5 cm ( $4.64 \text{ mg kg}^{-1}$ ), 12.5 cm ( $3.14 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve 17.5 cm ( $2.88 \text{ mg kg}^{-1}$ ) toprak derinlikleri takip etmiştir. Tüm uygulamalarda toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği

toprağın 2.5 cm derinliğinde elde edilmiş olup, derinlik arttıkça bu değerler azalmaktadır (Çizelge 4.9).

Toprağın 2.5 cm derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat (32.40 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat (25.57 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat (13.04 mg kg<sup>-1</sup>), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat (9.15 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat (6.79 mg kg<sup>-1</sup>) ve kontrol + K-Humat (2.95 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları takip etmiştir. 2.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamaları ile kontrol + K-Humat (2.95 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre 2.3 kat (katı DAP + K-Humat) ile 11 kat (sıvı MAP + K-Humat) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat (2.95 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre sırasıyla 3.1 ve 11 katlarında artışların olduğu, sıvı MAP + K-Humat (32.40 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile katı MAP + K-Humat (9.15 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre 3.5 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat (2.95 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre sırasıyla 2.3 ve 4.4 katlarında artışların olduğu, sıvı DAP + K-Humat (13.04 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile katı DAP + K-Humat (6.79 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre 1.9 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat (25.57 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat (2.95 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre 8.7 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Toprağın 7.5 cm derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin en yüksek P içeriği, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat (8.74 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat (5.78 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat (4.01 mg kg<sup>-1</sup>), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat (3.36 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat (3.06 mg kg<sup>-1</sup>) ve kontrol + K-Humat (2.90 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları takip etmiştir. 7.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamaları ile kontrol + K-Humat (2.90 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre 1.1 kat (katı DAP + K-Humat) ile 3 kat (sıvı MAP + K-Humat) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP + K-Humat uygulamaları ile

toprak çözeltileri örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat ( $2.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre sırasıyla 1.2 ve 3 katlarında artışların olduğu, sıvı MAP + K-Humat ( $8.74 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP + K-Humat ( $3.36 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 2.6 kat arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözeltileri örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat ( $2.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre sırasıyla 1.1 ve 1.4 katlarında artışların olduğu, sıvı DAP + K-Humat ( $4.01 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP + K-Humat ( $3.06 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 1.3 kat arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat ( $5.78 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprak çözeltileri örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat ( $2.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre 2 kat arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Toprağın 12.5 cm derinliğindeki toprak çözeltileri örneklerinin en yüksek P içeriği polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat ( $3.46 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile tespit edilmiş ve bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat ( $3.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat ( $3.23 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat ( $2.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ), birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat ( $2.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve kontrol + K-Humat ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamaları takip etmiştir. 12.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözeltileri örneklerinin P içerikleri farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamaları ile kontrol + K-Humat ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %1.4 (katı MAP + K-Humat) ile %21 (APP + K-Humat) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözeltileri örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre sırasıyla %1.4 ve %21 oranlarında artışların olduğu, sıvı MAP + K-Humat ( $3.44 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı MAP + K-Humat ( $2.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %19 oranında arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözeltileri örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre sırasıyla %3 ve %13 oranlarında artışların olduğu, sıvı DAP + K-Humat ( $3.23 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile katı DAP + K-Humat ( $2.95 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %9 oranında arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat ( $3.46 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile toprak çözeltileri örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat ( $2.86 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulamasına göre %21 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Toprağın 17.5 cm derinliğindeki toprak çözeltileri örneklerinin en yüksek P içeriği, polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat ( $3.04 \text{ mg kg}^{-1}$ ) uygulaması ile tespit

edilmiş ve bunu sırasıyla birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat (2.90 mg kg<sup>-1</sup>), ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat (2,84 mg kg<sup>-1</sup>) ile birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat (2.84 mg kg<sup>-1</sup>) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) ile kontrol + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları takip etmiştir. Ayrıca 17.5 cm toprak derinliğindeki toprak çözelti örneklerinin P içerikleri kontrol + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamaları aynı bulunmuş olup, farklı fosforlu gübre uygulamaları ile kontrol + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre %0.4 (katı MAP + K-Humat ve sıvı DAP+ K-Humat) ile %7.4 (APP + K-Humat) arasında değişen oranlarda artmıştır. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre sırasıyla %0.4 ve %2.5 oranlarında artışların olduğu, sıvı MAP + K-Humat (2.90 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile katı MAP + K-Humat (2.84 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre %2.1 oranında arttığı belirlenmiştir. İkincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP + K-Humat uygulamaları ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre katı DAP + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasıyla aynı bulunmuş olup, sıvı DAP (2.84 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile hem kontrol + K-Humat uygulamasına hem de katı DAP + K-Humat uygulamasına göre %0.4 oranında arttığı belirlenmiştir. Polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat (3.04 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ile toprak çözelti örneklerinin P içeriği kontrol + K-Humat (2.83 mg kg<sup>-1</sup>) uygulamasına göre %7 oranında arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Toprak çözelti örneklerinin P içeriği üzerine (farklı fosforlu gübre + K-Humat) x derinlik interaksiyonunun etkileri istatistikî bakımdan %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Toprak çözelti örneklerinin P içeriği sırasıyla 2.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat > 2.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat > 2.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat > 2.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat > 7.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat > 2.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat > 7.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat > 7.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat > 12.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-

Humat = 12.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat > 7.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat > 12.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP + K-Humat > 7.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat = 17.5 cm toprak derinliğinde polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat > 2.5 cm toprak derinliğinde kontrol + K-Humat = 12.5 cm toprak derinliğinde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat = 7.5 cm toprak derinliğinde kontrol + K-Humat = 12.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP + K-Humat = 17.5 cm toprak derinliğinde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat > farklı derinliklerde farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamaları şeklinde belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Sonuç olarak toprağa uygulanan fosforun hareketi farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamalarına ve toprak derinliklerine (2.5 cm, 7.5 cm, 12.5 cm ve 17.5 cm) göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Toprak çözeltili örneklerinin en yüksek P içerikleri, 2.5 cm ve 7.5 cm toprak derinliğindeki birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP + K-Humat uygulamasında elde edilirken, 12.5 cm ve 17.5 cm toprak derinliğindeki P içerikleri en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat uygulamasıyla elde edilmiştir. Fosforun topraktaki hareketinin katı gübre + K-Humat uygulamalarına (katı MAP + K-Humat, katı DAP + K-Humat) göre sıvı gübre + K-Humat uygulamalarıyla (sıvı MAP + K-Humat, sıvı DAP + K-Humat ve APP + K-Humat) arttığı ve özellikle polifosfat formunda fosfor içeren APP + K-Humat uygulamasıyla toprakta fosforun hareketinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toprak çözeltili örneklerinde en düşük P içerikleri, 17.5 cm toprak derinliğinde kontrol + K-Humat ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP + K-Humat uygulamaları ile belirlenmiştir. Farklı fosforlu gübre + K-Humat uygulamalarında toprak derinliği arttıkça toprak çözeltili örneklerinin P içeriği azalmaktadır (Çizelge 4.9).

#### **4.4.3. Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerde toprak çözeltilisindeki fosfor dağılımına etkisi**

Farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP) ve K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerde toprak çözeltilisindeki fosfor dağılımını çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Farklı fosforlu gübre ve K-Humat uygulamalarının farklı derinliklerde toprak çözeltisindeki fosfor dağılımına etkileri

Uygulama/Derinlik	2.5 cm (0-5 cm)		7.5 cm (5-10 cm)		12.5 cm (10-15 cm)		17.5 cm (15-20 cm)		Toplam (0-20 cm)
	Toprak çözelti-P (mg kg <sup>-1</sup> )	Dağılım, %	Toprak çözelti-P (mg kg <sup>-1</sup> )	Dağılım, %	Toprak çözelti-P (mg kg <sup>-1</sup> )	Dağılım, %	Toprak çözelti-P (mg kg <sup>-1</sup> )	Dağılım, %	Toprak çözelti-P (mg kg <sup>-1</sup> )
<b>Katı MAP</b>	8.96	98.84	0.09	0.97	0.02	0.19	0.00	0.00	9.06
<b>Katı DAP</b>	4.49	99.22	0.04	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4.52
<b>Sıvı MAP</b>	30.50	97.20	0.70	2.24	0.14	0.45	0.04	0.11	31.38
<b>Sıvı DAP</b>	28.74	97.67	0.62	2.09	0.05	0.18	0.02	0.06	29.43
<b>APP</b>	14.03	91.50	0.63	4.13	0.56	3.67	0.11	0.69	15.33
<b>Katı MAP+K-Humat</b>	6.20	92.39	0.46	6.82	0.04	0.53	0.02	0.26	6.71
<b>Katı DAP+K-Humat</b>	3.84	93.97	0.16	3.88	0.09	2.16	0.00	0.00	4.08
<b>Sıvı MAP+K-Humat</b>	29.44	81.93	5.84	16.26	0.58	1.62	0.07	0.20	35.94
<b>Sıvı DAP+K-Humat</b>	10.08	87.08	1.11	9.57	0.37	3.19	0.02	0.15	11.58
<b>APP+K-Humat</b>	22.62	85.95	2.89	10.97	0.60	2.27	0.21	0.80	26.31

Toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %98.84'ü 2.5 cm toprak derinliğinde, %0.97'si 7.5 cm toprak derinliğinde ve %0.19'u 12.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiş olup, 17.5 cm toprak derinliğine fosfor inmemiştir. Ayrıca toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulamasına ilave olarak 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulamasının yapılması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %92.39'u 2.5 cm toprak derinliğinde, %6.82'si 7.5 cm toprak derinliğinde, %0.53'ü 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.26'sı 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulaması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %99.22'si 2.5 cm toprak derinliğinde ve %0.78'i 7.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiş olup, 12.5 cm ve 17.5 cm toprak derinliklerinde fosfor inmemiştir. Ayrıca toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulamasına ilave olarak 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulamasının yapılması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %93.97'si 2.5 cm toprak derinliğinde, %3.88'i 7.5 cm toprak derinliğinde ve %2.16'sı 12.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiş olup, 17.5 cm toprak derinliğine fosfor inmemiştir (Çizelge 4.10).

Toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulaması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %97.20'si 2.5 cm toprak derinliğinde, %2.24'ü 7.5 cm toprak derinliğinde, %0.45'i 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.11'i 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir. Ayrıca toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamasına ilave olarak 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulamasının yapılması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %81.93'ü 2.5 cm toprak derinliğinde, %16.26'sı 7.5 cm toprak derinliğinde, %1.62'si 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.20'si 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulaması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %97.67'si 2.5 cm toprak derinliğinde, %2.09'u 7.5 cm toprak derinliğinde, %0.18'i 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.06'si 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir. Ayrıca toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulamasına ilave olarak 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulamasının yapılması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %87.08'i 2.5 cm toprak derinliğinde, %9.57'si 7.5 cm toprak derinliğinde, %3.19'u 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.15'i 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %91.50'si 2.5 cm toprak derinliğinde, %4.13'ü 7.5 cm toprak derinliğinde, %3.67'si 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.69'u 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir. Ayrıca toprağa 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulamasına ilave olarak 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulamasının yapılması ile toplam toprak çözelti P içeriğinin %85.95'i 2.5 cm toprak derinliğinde, %10.97'si 7.5 cm toprak derinliğinde, %2.27'si 12.5 cm toprak derinliğinde ve %0.80'ni 17.5 cm toprak derinliğinde belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Toprak çözelti P içeriklerinin dağılımı 0-5 cm toprak derinliğinde sırasıyla katı DAP > katı MAP > sıvı DAP > sıvı MAP > katı DAP + K-Humat > katı MAP + K-Humat > APP > sıvı DAP + K-Humat > APP + K-Humat > sıvı MAP + K-Humat, 5-10 cm toprak derinliğinde sırasıyla sıvı MAP + K-Humat > APP + K-Humat > sıvı DAP + K-Humat > katı MAP + K-Humat > APP > katı DAP + K-Humat > sıvı MAP > sıvı DAP > katı MAP > katı DAP, 10-15 cm toprak derinliğinde sırasıyla APP > sıvı DAP + K-Humat > APP + K-Humat > katı DAP + K-Humat > sıvı MAP + K-Humat > katı MAP + K-Humat > sıvı MAP > katı MAP > sıvı DAP > katı DAP ve 15-20 cm toprak

derinliğinde sırasıyla APP + K-Humat > APP > katı MAP + K-Humat > sıvı MAP + K-Humat > sıvı DAP + K-Humat > sıvı MAP > sıvı DAP > katı MAP = katı DAP = katı DAP + K-Humat şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile fosforun 10-15 cm, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı DAP uygulaması ile fosforun 5-10 cm, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulaması ile fosforun 15-20 cm, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulaması ile fosforun 15-20 cm ve polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile fosforun 15-20 cm toprak derinliklerine kadar hareket edebildiği belirlenmiş olup, toprağa farklı fosforlu gübre uygulamaları ile birlikte K-Humat uygulanmasının toprağın derinliklerine doğru daha fazla fosforun hareket etmesini sağladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca ikincil ortofosfat formunda bulunan fosfor uygulamalarına (katı ve sıvı DAP) göre birincil ortofosfat formunda bulunan fosfor uygulamaları (katı ve sıvı MAP) ile fosforun daha fazla hareket ettiği ancak en çok fosfor hareketliliğinin polifosfat formunda bulunan fosfor uygulaması (APP) ile olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, katı fosforlu gübre uygulamalarına (katı MAP ve katı DAP) göre sıvı fosforlu gübre uygulamaları (sıvı MAP, sıvı DAP ve APP) ile fosforun daha çok hareket ettiği bulunmuş olup, özellikle polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile fosforun daha fazla hareketli olduğu ve bu hareketliliğin ilave K-Humat uygulaması ile arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

## 5. TARTIŞMA

Bitkisel üretimde birim alandan en yüksek verim ve kalitede ürün alınabilmesi için bilinçli gübreleme oldukça önem taşımaktadır. Yanlış ve bilinçsiz yapılan gübreleme sonucunda verim ve kalitede önemli kayıplar meydana gelmektedir. Gübre uygulamaları yapılırken uygulanacak gübre, uygulama miktarı, uygulama zamanı ve uygulama metodu gibi özellikler göz önünde bulundurulmalı, ayrıca kullanılacak gübreden bitkilerin en iyi ve etkin şekilde yararlanması sağlanmalıdır. Tüm bunların yanında bitkisel üretimde oldukça önemli yere sahip olan ve fazla miktarda kullanılan fosforlu gübreler bitkiler tarafından etkin bir şekilde kullanılamamaktadır. Bu sorun; bazik reaksiyonlu, kireçli ve organik maddece fakir topraklardaki Ca ve Mg gibi iki değerlikli elementler ile fosforun çözünürlüğü düşük tuzlar oluşturması, fosforun 1:1 tipi kil minerallerinin kırılmış köşe ve kenarlarına güçlü bir şekilde bağlanarak fikse olması ve toprakta difüzyon katsayısının kurak iklim ve düşük sıcaklığın da etkisi ile düşmesinden kaynaklanmaktadır (Lombi ve ark., 2005). Buna bağlı olarak bitkilerin fosfor alım etkinliği de %10-30 arasında olup düşük düzeydedir (Holloway ve ark., 2001). Topraklarda fosforun hareketliliğinin kısıtlı olması da bitkilerin fosfor alımını kısıtlayan en önemli faktörlerden biridir. Dünyada ki fosfor rezervlerinin sınırlı olduğu göz önünde bulundurulduğunda mevcut kaynakların ömrünü uzatmak amacıyla son yıllarda bitkisel üretim de kullanılan fosforun topraklarda hareketliliğini ve bitkilerce alım etkinliğini artırarak daha az fosforlu gübre kullanımı ile birlikte fosforlu gübrelerin daha etkin kullanılmasını belirlemek amacıyla çalışmalar (Holloway ve ark., 2001; Bertrand ve ark., 2006; Hill ve ark., 2015; Wang ve ark., 2015; Hashmi ve ark., 2017; Erenoğlu ve ark., 2020; Kulluk, 2022) yapılmaktadır. Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak topraklarda bulunan farklı formlardaki fosfor iyonlarının (primer ortofosfat, sekonder ortofosfat, polifosfat) katyonlarla oluşturduğu tuzların çözünürlüğüne bağlı olarak hareketliliği ve farklı fosfor fraksiyonlarına dönüşümü gerçekleşmektedir (Lombi ve ark., 2005; Wang ve ark., 2015; Do Nascimento ve ark., 2018). Kimyasal gübrelerle bitkilere uygulanan fosforun topraklarda hareketliliğinin ve çözünebilir fosfor fraksiyonlara dönüşümünün sağlanarak bitkilerin fosfor alım etkinliğinin artırılması sonucu fosforlu gübre kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada, ülkemiz topraklarını temsil edecek nitelikte olan kireçli ve bazik reaksiyonlu bir toprağa, farklı fosforlu gübre (birincil ortofosfat formda

fosfor içeren katı ve sıvı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP ve K-Humat uygulamalarının fosforun toprakta hareketliliği, toprağın 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm ve 15-20 cm derinliklerindeki toprak çözelti P içeriği, uygulamaların toprağın farklı derinliklerindeki (0-5 cm ve 5-20 cm) fosfor fraksiyonlarına (labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P ve organik-P) dönüşümü ve fosfor fraksiyonlarının dağılımlarına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma serasında, çapı 10 cm, uzunluğu 23 cm olan kolonlara 100 mg P kg<sup>-1</sup> olacak şekilde birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı ve katı MAP, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı ve katı DAP, polifosfat formunda fosfor içeren APP yanında 200 mg K-Humat kg<sup>-1</sup> uygulanmasının yapıldığı ve yapılmadığı uygulamaların toprağın farklı derinliklerinden (2.5 cm, 7.5 cm, 12.5 cm ve 17.5 cm) Rhizon sampling ile alınan çözelti örneklerinin P içeriğine, farklı derinliklerindeki (0-5 cm ve 5-20 cm) fosfor fraksiyonlarına (labil-P, Fe bağlı-P, Ca bağlı-P, toplam-P ve organik-P) ve bu fraksiyonların dağılımları üzerine etkileri belirlenmiştir.

Denemede toprağın farklı derinliklerinde (0-5 cm ve 5-20 cm) sadece farklı fosforlu gübre, sadece K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulaması x K-Humat interaksiyonun toprağın labil-P fraksiyon içeriğine etkileri %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2. ve 4.4). Her iki derinlikteki toprağın labil-P içeriği en düşük kontrol uygulamalarında belirlenirken en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiş olup, K-Humat uygulaması ile toprakta yayırlılığı yüksek labil-P içeriği artmıştır (Çizelge 4.3). Nitekim sonuçlarımıza benzer bir şekilde; Karabatak (2006), Zhen-Yu ve ark. (2013), Mtua ve ark. (2015) ve Hill ve ark. (2015) organik kaynaklı materyal uygulamalarının bitkilerde ve toprakta yayırlılı fosfor içeriğinde önemli düzeylerde artışlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. Birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP ve ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulamaları ile her iki derinlikte de toprağın labil-P fraksiyon içeriğini katı MAP ve katı DAP uygulamalarına göre daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Bu durum sıvı şekilde uygulanan ortofosfat iyonlarının çözünmesi için toprak suyuna ihtiyaç duymamasına bağlı olarak gübrenin toprağa değinim alanında toprak çözeltisindeki fosfor konsantrasyonunun katı gübrelere göre daha düşük olmasından dolayı sıvı formda uygulanan ortofosfat iyonlarının bu alanda katılara göre daha az çökelti oluşturmasından kaynaklanabilir (Holloway ve ark., 2001; Lombi ve ark., 2005;

Bertrand ve ark., 2006). K-Humat uygulamasının bütün fosfor kaynakları ile labil P fraksiyon içeriğini artırması, bazı araştırmacılar (Erdal ve ark., 2000; Hill ve ark., 2015) tarafından da belirtildiği gibi farklı organik bileşiklerin veya ayrışma ve parçalanma ürünlerinin fosfor iyonlarının toprakta 2 ve 3 değerlikli katyonlarla çözünürlüğü düşük daha az bileşiklerin oluşumuna neden olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim, Holloway ve ark. (2001), McBeath ve ark. (2005), Bertrand ve ark. (2006) ve McBeath ve ark. (2007) sıvı fosforlu gübre uygulamalarının katı fosforlu gübre uygulamalarına göre daha etkili olduğunu bildirerek çalışmamızı desteklemektedirler. Toprak derinliği arttıkça, toprakta düşük enerji ile tutulan ve yarayışlı yapıdaki labil-P fraksiyon içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Derinlik arttıkça fosfor formu ne olursa olsun labil-P fraksiyon içeriğinin azalması, Sayğan (2007) tarafından da belirtildiği gibi fosfor iyonlarının toprağın üst kısımlarında toprak çözeltisindeki OH<sup>-</sup> iyonları ile tepkimeye girerek H<sup>+</sup> kaybetmesi ve aynı zamanda 2 ve 3 değerlikli katyonlara çözünürlüğü düşük tuzlar oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

Denemede toprağın farklı derinliklerinde (0-5 cm ve 5-20 cm) sadece farklı fosforlu gübre, sadece K-Humat ve farklı fosforlu gübre uygulaması x K-Humat interaksiyonun toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriğine etkileri istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2. ve 4.4). Her iki derinlikteki toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği en düşük kontrol uygulamalarında belirlenirken en yüksek H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> iyonu formunda fosfor içeren katı MAP uygulaması ile belirlenmiş olup, K-Humat uygulaması ile Fe bağlı-P fraksiyon içeriği artmıştır. Her iki toprak derinliğinde de Fe bağlı-P fraksiyon içeriği, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> iyonu formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamasına göre katı MAP uygulaması, HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyonu formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulamasına göre katı DAP uygulamasında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sıvı fosforlu gübre uygulamaları içerisinde Fe-bağlı P fraksiyon içeriği sırasıyla sıvı MAP > APP > sıvı DAP uygulamalarında belirlenirken, katı fosforlu gübre uygulamalarında ise katı MAP > katı DAP uygulamaları ile belirlenmiştir. Toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> iyonu formunda fosfor içeren katı ve sıvı MAP uygulamalarında gerek polifosfat formunda fosfor içeren APP gerekse HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyonu formunda fosfor içeren katı ve sıvı DAP uygulamalarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durum H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> iyonunun Fe ve Al oksit ve hidroksitlerle oluşturduğu tuzların çözünürlüğünün Ca ve Mg ile oluşturdukları tuzların çözünürlüğüne göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Johan ve ark., 2021). Ayrıca K-Humat uygulaması ile toprağın Fe bağlı-P fraksiyon içeriği artması ise bazı araştırmacılar (Çimrin, 2001; McBeath ve ark.,

2009) tarafından belirtildiği gibi deneme toprağında organik anyonların ortofosfat iyonlarının toprak çözeltisindeki OH<sup>-</sup> iyonları ile tepkimeye girerek H<sup>+</sup> kaybetmesini diğer bir deyimle değerlik artışını engellenmesinden kaynaklanmaktadır.

Denemede toprağının 0-5 cm derinliğinde sadece farklı fosforlu gübre uygulamaları, toprağının 5-20 cm derinliğinde ise sadece farklı fosforlu gübre ve sadece K-Humat uygulamalarının Ca bağlı-P fraksiyon içeriğine etkileri istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2. ve 4.4). Üst toprak derinliğinde toprağın Ca bağlı-P fraksiyon içeriği en düşük H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> iyonu formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamasında belirlenirken en yüksek HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyonu formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulaması ile belirlenmiş olup, bu uygulama ile ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ve DAP uygulamaları arasında fark bulunmamaktadır. Toprağın Ca bağlı-P fraksiyon içeriği 5-20 cm derinliğinde en düşük kontrolde belirlenirken en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir ve K-Humat uygulaması ile azalmıştır. Ca bağlı-P fraksiyon içeriği sıvı fosforlu gübre uygulamaları içerisinde üst toprakta sırasıyla sıvı DAP > APP > sıvı MAP uygulamalarında belirlenirken, alt toprakta APP > sıvı MAP = sıvı DAP uygulamaları ile belirlenmiştir. Toprağın her iki derinliğinde Ca bağlı-P fraksiyon içeriği üzerine gerek birincil gerekse ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren katı MAP ve katı DAP uygulamaları arasında fark bulunmamıştır. Bu durum bazı araştırmacılar (Holloway ve ark., 2001; Lombi ve ark., 2005; Mamathashree ve ark., 2018) tarafından da belirtildiği gibi deneme toprağındaki çözünebilir Ca'un HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> iyonu ile oluşturduğu tuzun (CaHPO<sub>4</sub>, pH=7.5, Çd=0.02 g L<sup>-1</sup>) çözünürlüğünün H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> iyonu ile oluşturduğu tuza [Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, pH=7.5, Çd=18 g L<sup>-1</sup>] göre çok daha düşük, ayrıca Ca bağlı-P içeriği bakımından katı MAP ve DAP uygulamaları arasındaki fark olmaması gübre tanesinin çevresindeki çözeltide serbest su içeriğinin düşük ve ortofosfat iyonlarının yüksek olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca Ca bağlı-P fraksiyon içeriğinin APP uygulamasında katı MAP, katı DAP ve sıvı DAP' a göre daha düşük olması, bazı araştırmacılar (Korkmaz, 2005; Bertrand ve ark., 2006; McBeath ve ark., 2007; McBeath ve ark., 2009; Korkmaz ve İbrikçi, 2010) tarafından belirtildiği gibi Ca'un polifosfat iyonları ile oluşturduğu tuzların çözünürlüğünün ortofosfat iyonları ile oluşan tuzlara göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. K-Humat uygulaması ile toprağın 5-20 cm derinliğinde Ca bağlı-P fraksiyon içeriği önemli derecede azaldığı belirlenmiştir. Bu durum K-Humat ile toprağa kazandırılan organik bileşiklerin ayrışma ve parçalanma ürünlerinin gübre taneciğinin etrafında (mikrositte) asitlik oluşturarak Ca ile ortofosfat iyonlarının oluşturduğu tuzların

çözünürlüğünü artırmasından ya da oluşan organik anyonların Ca ile bağlanarak mikrositte Ca konsantrasyonunu düşürmesinden kaynaklanabilir (Durgun, 2016; Karakaş, 2018). Nitekim K-Humat uygulaması ile labil-P içeriğinin arttığı belirlenmesi bu görüşümüzü de desteklemektedir.

Denemede toprağın 0-5 cm derinliğinde sadece farklı fosforlu gübre uygulamaları organik-P fraksiyon içeriğine etkileri istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2. ve 4.4). Toprağın üst kısmında organik-P fraksiyon içeriği en düşük kontrol uygulamalarında belirlenirken en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulaması ile belirlenmiştir. 0-5 cm derinliğinde organik-P fraksiyon içeriği, birincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı MAP uygulamasına göre katı MAP uygulaması, ikincil ortofosfat formunda fosfor içeren sıvı DAP uygulamasına göre katı DAP uygulamasında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sıvı fosforlu gübre uygulamaları içerisinde organik-P fraksiyon içeriği sırasıyla APP > sıvı MAP > sıvı DAP uygulamalarında belirlenirken, katı fosforlu gübre uygulamalarında ise katı MAP > katı DAP uygulamaları ile belirlenmiştir. Bu durum, topraklarda pH'ya bağlı olarak ortaya çıkan en önemli negatif yük kaynaklarından birisi olan toprak organik kolloidlerin yüzeyinde açığa çıkan negatif yüklere başta Ca olmak üzere 2 veya 3 değerlikli katyonlarla birlikte toprak çözeltisinde en fazla bulunan anyonların bağlanmasından kaynaklanabilir. Nitekim polifosfat ve sıvı ortofosfat iyonları uygulaması ile labil-P'un en yüksek çıkması bu görüşümüzü desteklemektedir (Sims, 2010; Kulluk, 2022).

Toprak çözeltisinin P içeriği üzerine K-Humat ilaveli ve ilavesiz şekilde farklı fosforlu gübre, derinlik ve farklı fosforlu gübre x derinlik interaksyonunun etkileri istatistiki ( $p < 0.01$ ) bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6 ve 4.8). Her bir toprak derinliğinde toprak çözeltisi P içeriği en yüksek polifosfat formunda fosfor içeren APP uygulamasında bulunurken, bunu fosforu  $H_2PO_4^-$  iyonu şeklinde içeren sıvı MAP, fosforu  $HPO_4^{2-}$  iyonu şeklinde içeren sıvı DAP, katı MAP ve DAP uygulamaları izlemiştir. Bunun yanında fosfor formu ne olursa olsun toprak çözeltisindeki P içeriği derinlik arttıkça azalmıştır. Ayrıca toprak çözeltisinde P, sıvı fosforlu gübre uygulamaları (APP, sıvı MAP ve sıvı DAP) ile 17.5 cm derinliğine kadar belirlenirken, katı MAP uygulaması ile 12.5 cm ve katı DAP uygulaması ile 7.5 cm derinliğine kadar belirlenmiştir. K-Humat uygulaması ile bütün fosfor kaynaklarında toprak yüzeyinden alta doğru P hareketliliğinin daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu durum toprak çözeltisindeki fosfor miktarının hem polifosfat iyonlarını  $H_2PO_4^-$  ve  $HPO_4^{2-}$  ortofosfat

iyonlarına hem de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  iyonunun  $\text{HPO}_4^{2-}$  iyonuna göre ayrıca bu iyonları sıvı şekilde uygulamalarının katılara göre daha yüksek olması, toprakta oluşturdukları tuzların çözünürlüklerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Do Nascimento ve ark., 2018; Mahdi, 2018; Erenoğlu ve ark., 2020).



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çok fazla kireçli, bazik reaksiyonlu ve organik madde yönüyle fakir olan bir toprakta yürütülen bu çalışmada, fosfor kaynağı ne olursa olsun fosfor uygulaması ile Ca bağlı-P içeriği diğer fraksiyonlara göre daha fazla olmuştur. Bu çalışmada toprağın farklı derinliklerinde ki toprak çözeltilisi P içeriği ve labil-P fraksiyonu içeriği, APP ve sıvı MAP uygulamalarında katı MAP, sıvı ve katı DAP uygulamalarına göre ayrıca sıvı DAP uygulamasında katı DAP uygulamasına göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan bütün fosfor uygulamalarında K-Humat uygulaması ile toprak çözeltilisi P içeriği ve labil-P fraksiyonu içeriğinin daha da arttığı belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen bu sonuçlara göre denememizde kullandığımız toprağa benzer özelliklere sahip tarım topraklarında bitkisel üretimde fosfor kaynağı olarak fosforu öncelikle polifosfat ya da birincil ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ) iyonu şeklinde içeren sıvı gübrelerin kullanılması durumunda bitkilerin fosfor alım etkinliğinin daha yüksek olması muhtemeldir. Bu nedenle ülkemiz tarım topraklarının çoğunluğunun denememizde kullanılan toprağımızın özelliklerine benzer olduğundan tarımda fosforu öncelikle polifosfat ya da birincil ortofosfat ( $H_2PO_4^-$ ) iyonu şeklinde içeren sıvı gübrelerin kullanılmasını önerebiliriz. Bu önerimizin doğruluğu bölümümüzün yürütücülüğünde ülkemizin farklı bölgelerinde buğday, mısır, şeker pancarı, ayçiçeği ve pamuk bitkileri ile tarla koşullarında yürütülüp sonuçlandırılan TAGEM-18/AR-GE/45 no'lu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Ahıcı, Ü. J. A. Ü. Z. F. D., 2010, Gübreleme Ve Sulama Arasındaki İlişkiler, 12 (1).
- Balemi, T. ve Negisho, K., 2012, Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review, *Journal of soil science and plant nutrition*, 12 (3), 547-562.
- Bertrand, I., McLaughlin, M. J., Holloway, R. E., Armstrong, R. D. ve McBeath, T. J. N. C. i. A., 2006, Changes in P bioavailability induced by the application of liquid and powder sources of P, N and Zn fertilizers in alkaline soils, 74 (1), 27-40.
- Bouyoucos, G. J. J. A. j., 1951, A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1, 43 (9), 434-438.
- Brady, N. C. ve Weil, R. R., 2008, The nature and properties of soils, Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, p.
- Bremner, J. t. J. M. o. S. A. P. C. M. P., 1965, Inorganic forms of nitrogen, 9, 1179-1237.
- Bricker, A. J. M. S. U., 1989, MSTAT-C user's guide.
- Cartwright, B., Tiller, K., Zarcinas, B. ve Spouncer, L. J. S. R., 1983, The chemical assessment of the boron status of soils, 21 (3), 321-332.
- Chacon, N. ve Dezzio, N. J. B. F. o. S., 2004, Phosphorus fractions and sorption processes in soil samples taken in a forest-savanna sequence of the Gran Sabana in southern Venezuela, 40 (1), 14-19.
- Chand, T., Tomar, N., Singh, J. J. A. L. R. ve Management, 1991, Effect of soil properties on the forms of inorganic phosphorus in alkaline-calcareous soils of different agroclimatic zones, 5 (3), 199-210.
- Chapman, V. J. J. L. N. Y., 1960, Salt marshes and salt deserts of the world, 213-214.
- Clarkson, J. M. ve Mitchell, D. L. J. R. r., 1981, The importance of DNA damage and repair in the cell cycle sensitivity of CHO cells to nitrogen mustard, 88 (3), 587-596.
- Cordell, D., Drangert, J.-O. ve White, S., 2009, The story of phosphorus: global food security and food for thought, *Global environmental change*, 19 (2), 292-305.
- Cordell, D. ve White, S. J. A., 2013, Sustainable phosphorus measures: strategies and technologies for achieving phosphorus security, 3 (1), 86-116.
- Çimrin, K. M. J. J. o. A. S., 2001, Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine hümik asit ve NPK uygulamalarının etkisi, 7 (02).
- Delgado, A., Madrid, A., Kassem, S., Andreu, L., del Carmen del Campillo, M. J. P. ve Soil, 2002, Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids, 245 (2), 277-286.
- Demiralay, İ. J. A. Ü. Z. F. Y., 1993, Toprak fiziksel analizleri, 143, 13-19.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., Dericci, R., Yeşilsoy, M., Yeğengil, İ., Sarı, M. ve Kaya, Z. J. H. O., TÜBİTAK, Tarım Ormancılık Araştırma Grubu, GÜDÜMLÜ Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, TAOG, 1988, Güneydoğu anadolu bölgesi toprakları.(GAT): I, 534.
- Do Nascimento, C. A., Pagliari, P. H., Faria, L. d. A. ve Vitti, G. C. J. S. S. S. o. A. J., 2018, Phosphorus mobility and behavior in soils treated with calcium, ammonium, and magnesium phosphates, 82 (3), 622-631.
- Durgun, B., 2016, Farklı Toprak Ordolarında Fosfor Fiksasyonlarının Profil Bazlı Değişimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 86 sayfa, Isparta.

- Erdal, İ., Bozkurt, M. A., Çimrin, K. M., Karaca, S., Sağlam, M. J. T. J. o. A. ve Forestry, 2000, Effects of humic acid and phosphorus applications on growth and phosphorus uptake of corn plant (*zea maysl.*) grown in a calcareous soil, 24 (6), 663-668.
- Erenoğlu, E., Dundar, S. J. A. E. ve Research, E., 2020, Application of liquid phosphorus fertilizer improves the availability of phosphorus in calcareous soils, 18.
- Ergene, A. J. Z. F. Y., Yayın, 1982, Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniv, (289).
- Eyüpoğlu, F., 1999, Türkiye topraklarının verimlilik durumu, TC Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, p.
- Fageria, N. K. ve Baligar, V. J. A. i. a., 2005, Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants, 88, 97-185.
- FAO, 1990, Micronutrient Assessment at the Country Level: An International Study, FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome., 63, p.
- Fransson, A.-M., van Aarle, I. M., Olsson, P. A., Tyler, G. J. P. ve Soil, 2003, *Plantago lanceolata* L. and *Rumex acetosella* L. differ in their utilisation of soil phosphorus fractions, 248 (1), 285-295.
- Gahoonia, T. S., Nielsen, N. E., Lysheide, O. B. J. P. ve Soil, 1999, Phosphorus (P) acquisition of cereal cultivars in the field at three levels of P fertilization, 211 (2), 269-281.
- Gallet, A., Flisch, R., Ryser, J. P., Frossard, E., Sinaj, S. J. J. o. P. N. ve Science, S., 2003, Effect of phosphate fertilization on crop yield and soil phosphorus status, 166 (5), 568-578.
- Gasser, J. J. J. o. t. S. o. F. A., 1961, Soil nitrogen. VI.—correlations between laboratory measurements of soil mineral-N and crop yields and responses in pot and field experiments, 12 (8), 562-573.
- Gilland, B. J. E., 1993, Cereals, nitrogen and population: an assessment of the global trends, 17 (2), 84-88.
- Halajnia, A., Haghnia, G. H., Fotovat, A. ve Khorasani, R. J. G., 2009, Phosphorus fractions in calcareous soils amended with P fertilizer and cattle manure, 150 (1-2), 209-213.
- Hashmi, Z. U. H., Khan, M. J., Akhtar, M., Sarwar, T., Khan, M. J. J. J. o. t. S. o. F. ve Agriculture, 2017, Enhancing phosphorus uptake and yield of wheat with phosphoric acid application in calcareous soil, 97 (6), 1733-1739.
- Hill, M. W., Hopkins, B. G., Jolley, V. D. ve Webb, B. L. J. J. o. P. N., 2015, Phosphorus mobility through soil increased with organic acid-bonded phosphorus fertilizer (Carbond® P), 38 (9), 1416-1426.
- Hinsinger, P. J. P. s., 2001, Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review, 237 (2), 173-195.
- Hızalan, E. ve Ünal, H. J. A. Z. F. Y., 1966, Topraklarda önemli kimyasal analizler, 278, 5-7.
- Holloway, R., Bertrand, I., Frischke, A., Brace, D., McLaughlin, M. J., Shepperd, W. J. P. ve Soil, 2001, Improving fertiliser efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn, 236 (2), 209-219.
- Hou, J., Evans, L., Spiers, G. J. C. i. S. S. ve Analysis, P., 1994, Boron fractionation in soils, 25 (9-10), 1841-1853.
- Jackson, M., 1962, Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 183, New York.
- Johan, P. D., Ahmed, O. H., Omar, L. ve Hasbullah, N. A. J. A., 2021, Phosphorus transformation in soils following co-application of charcoal and wood ash, 11 (10), 2010.

- Karabatak, İ. J. M. K. Ü. F. B. E. T. A. D. Y. L. T., Hatay, 2006, Organik madde uygulamalarının kireçli topraklarda mineral fosfor fraksiyonlarına etkisi.
- Karaçal, İ. ve Tüfenkçi, Ş., 2010, Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar Ve Gübre-Çevre İlişkisi.
- Karakaş, E. A., 2018, Uzun yıllar işlenen ve işlenmeyen topraklarda farklı fosfor fraksiyonlarının belirlenmesi/Determination of different phosphorus fractions of long term cultivated and uncultivated soils.
- Korkmaz, K. ve İbrikçi, H. J. A. T. B. D., 2010, Kireçli Topraklarda Fosfor Dinamiğinin Belirlenmesi, 25 (1), 44-52.
- Korkmaz, K. J. Ç. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 136s, Adana, 2005, Kireçli toprakların fosfor durumlarının belirlenmesi ve fosfor uygulamasının mısır verimine etkisi.
- Kulluk, D. A., 2022, Şeker Pancarına Uygulanan Katı Ve Sıvı Gübrelerin Etkinliklerinin Karşılaştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya.*
- Kuo, S. J. S. S. S. o. A., Inc.: Madison, WI, 1996, Phosphorus. In 'Methods of chemical analysis. Part 3. Chemical methods'. (Eds DL Sparks, AL Page, PA Helmke, RH Loeppert, PN Soltanpour, MA Tabatabai, CT Johnston, ME Sumner) pp. 869–919.
- Kusi, N. Y. O., Stevens, W. B., Sintim, H. Y., y Garcia, A. G., Mesbah, A. O. J. I. C. ve Products, 2021, Phosphorus fertilization and enhanced efficiency products effects on sugarbeet, 171, 113887.
- Kwabiah, A., Stoskopf, N., Palm, C., Voroney, R., Rao, M., Gacheru, E. J. A., ecosystems ve environment, 2003, Phosphorus availability and maize response to organic and inorganic fertilizer inputs in a short term study in western Kenya, 95 (1), 49-59.
- Lindsay, W. L. ve Norvell, W. J. S. s. s. o. A. j., 1978, Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper, 42 (3), 421-428.
- Lombi, E., McLaughlin, M. J., Johnston, C., Armstrong, R., Holloway, R. J. P. ve Soil, 2005, Mobility, solubility and lability of fluid and granular forms of P fertiliser in calcareous and non-calcareous soils under laboratory conditions, 269 (1), 25-34.
- Mahdi, H. H. M., 2018, Atabey Ovası Topraklarında Fosfor Fraksiyonlarının Toprak Özellikleriyle İlişkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü ,Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 82 sayfa, Isparta.*
- Mamathashree, C., Girijesh, G., Vinutha, B. J. J. o. P. ve Phytochemistry, 2018, Phosphorus dynamics in different soils, 7 (1), 981-985.
- Manual, 1951, United States. Bureau of Plant Industry Soils Agricultural Engineering United States. Science Education Administration. Soil survey manual. US Department of Agriculture. 18., p.
- McBeath, T., Armstrong, R., Lombi, E., McLaughlin, M. J. ve Holloway, R. J. S. R., 2005, Responsiveness of wheat (*Triticum aestivum*) to liquid and granular phosphorus fertilisers in southern Australian soils, 43 (2), 203-212.
- McBeath, T., McLaughlin, M., Armstrong, R., Bell, M., Bolland, M., Conyers, M., Holloway, R. ve Mason, S. J. S. R., 2007, Predicting the response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to liquid and granular phosphorus fertilisers in Australian soils, 45 (6), 448-458.

- McBeath, T., Lombi, E., McLaughlin, M., Bünemann, E. K. J. P. ve soil, 2009, Exchangeability of orthophosphate and pyrophosphate in soils: a double isotopic labelling study, 314 (1), 243-252.
- McLaughlin, M. J., Alston, A., Martin, J. J. S. B. ve Biochemistry, 1986, Measurement of phosphorus in the soil microbial biomass: a modified procedure for field soils, 18 (4), 437-443.
- Mengel, K. ve Kirkby, E. J. I. P. I. S., 1987, Principles of Plant Nutrition. 4" Edition.
- Mtua, K., Gökmen Yılmaz, F. ve Gezgin, S. J. S. T. B. D., 2015, Artan dozlarda TKİ-Hümas ve fosfor uygulamaların kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin gelişimine etkileri, 2 (2), 84-90.
- Olsen, S. R., 1954, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, 939, US Department of Agriculture, p.
- Pierzynski, G. M., 2000, Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters, North Carolina State University Raleigh.
- Pratt, P. J. A., Soc, of Argon, Inc, Pub, Argon, Series, 1965, Method of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties, AL Page, (9).
- Roberts, T. L. ve Johnston, A. E. J. R., conservation recycling, 2015, Phosphorus use efficiency and management in agriculture, 105, 275-281.
- Rodriguez, D., Andrade, F. H. ve Goudriaan, J. J. F. C. R., 2000, Does assimilate supply limit leaf expansion in wheat grown in the field under low phosphorus availability?, 67 (3), 227-238.
- Sağlam, N. J. T. T. Z. F., Tekirdağ, 1992, Trakya koşullarında beş makarnalık buğday çeşidinde farklı azotlu gübre dozları ve verilme zamanlarının verim ve kalite üzerine etkileri.
- Sayğan, E. P., 2007, Harran ovasındaki bazı toprak serilerinin fosfor fraksiyonları, *Harran Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Toprak Anabilim Dalı*.
- Schroo, H. J. N. J. o. A. S., 1963, An inventory of soils and soil suitabilities in West Irian. 1, 11 (4), 308-333.
- Sezen, Y., 1991, Gübreler ve Gübreleme, *Atatürk Üniversitesi yayınları No:679. Ziraat Fakültesi Yay. No:3003, Ders Kitapları Seri No: 55, Erzurum*.
- Sibanda, H. ve Young, S. J. J. o. S. S., 1986, Competitive adsorption of humus acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils, 37 (2), 197-204.
- Sims, A. L. J. A. j., 2010, Sugarbeet response to broadcast and starter phosphorus applications in the Red River Valley of Minnesota, 102 (5), 1369-1378.
- Singh, R. ve Pathak, A. J. J. o. t. I. S. o. S. S., 1973, Forms of phosphorus in relation to physico-chemical properties in bangar soils of Districts Deoria and Gorakhpur in alluvial tract of Uttar Pradesh, 21 (4), 407-411.
- Smith, F. W. J. P. s., 2001, Sulphur and phosphorus transport systems in plants, 232 (1), 109-118.
- Suriyagoda, L. D., Ryan, M. H., Renton, M. ve Lambers, H. J. a. i. a., 2014, Plant responses to limited moisture and phosphorus availability: a meta-analysis, 124, 143-200.
- Tüzüner, A. J. T. O. v. K. İ. B., Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1990, Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı.
- Ünal, H. ve Başkaya, H. J. Z. F. Y., 1981, Toprak Kimyası. Ankara Üniv, 759.
- Viets, F. ve Lindsay, W. J. S. S. O. A. I. M.-W., 1973, Testing Soils for Zn, Cu, Mn, and Fe Soil Testing and Plant Analysis.
- Wang, J., Chu, G. J. J. o. P. N. ve Science, S., 2015, Phosphate fertilizer form and application strategy affect phosphorus mobility and transformation in a drip-irrigated calcareous soil, 178 (6), 914-922.

- Whitehead, D. C. J. J. o. t. S. o. F. A., 1981, An improved chemical extraction method for predicting the supply of available soil nitrogen, 32 (4), 359-365.
- Yang, J. E. ve Jacobsen, J. S. J. S. S. S. o. A. J., 1990, Soil inorganic phosphorus fractions and their uptake relationships in calcareous soils, 54 (6), 1666-1669.
- Yılmaz, F. G., Gezgin, S. ve Dursun, N., 2019, Tarım Topraklarında Bitkiye Yararlı Manganın Yeterlilik Sınır Değerinin Belirlenmesi.
- Zhao, Y., Li, R., Huang, Y., Sun, X., Qin, W., Wei, F., Ye, Y. J. A. o. A. ve Science, S., 2021, Effects of various phosphorus fertilizers on maize yield and phosphorus uptake in soils with different pH values, 1-9.
- Zhen-Yu, D., Qing-Hua, W., Fang-Chun, L., Hai-Lin, M., Bing-Yao, M. ve Malhi, S. J. P., 2013, Movement of phosphorus in a calcareous soil as affected by humic acid, 23 (2), 229-235.
- Zhu, Y.-G., Smith, A. F. ve Smith, S. E. J. M., 2003, Phosphorus efficiencies and responses of barley (*Hordeum vulgare* L.) to arbuscular mycorrhizal fungi grown in highly calcareous soil, 13 (2), 93-100.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sena ILDIRAR  
Uyruğu : T.C.

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Çumra Anadolu Lisesi, Çumra, Konya	2015
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Selçuklu, Konya	2019
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Selçuklu, Konya	2023
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

### UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER: İngilizce

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

#### YAYINLAR

- 1- Kulluk, D. A., Korkmaz, A., **Ildırar, S.**, Yılmaz G. F., Gezgin, S. (2021). Kop Bölgesinde Katı Ve Sıvı Fosforlu Gübre (Dap) Uygulamalarının Buğdayın Gelişimine Etkisi. 8. Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 603. 26-28 Ekim 2021, (Sözlü Sunum, Tam Metin)
- 2- Kendirci, B. E., Torun, A. R., Evcim, Ş.H., Sağlık, N. C., **Ildırar, S.**, Yılmaz, F. G., Gezgin, S. (2022). Can Zinc Deficiency In Soils With Basic Reactions Be Treated With Zinc Added Mixed Fertilizers? 2. International Hasankeyf Scientific Studies And Innovation Congress 25-26 June 2022, Batman-Turkey. (Sözlü Sunum, Özet).