

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

**ORDU İLİNDE BAZI KİVİ BAHÇE TOPRAKLARININ
FOSFOR ADSORPSİYON VE DESORPSİYON
KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ**

HALE GEDİKALİ GENCER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ**

ORDU, 2012

ORDU İLİNDE BAZI KİVİ BAHÇE TOPRAKLARININ FOSFOR ADSORPSİYON VE DESORPSİYON KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZ

Bu çalışmada Ordu ilinden değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip toprak örneklerinin fosfor adsorpsiyon ve desorpsiyon kapasiteleri belirlenmiştir. Toprakların fosfor adsorpsiyon karakteristiklerinin belirlenmesinde Langmuir adsorpsiyon izotermi uygulanmıştır. Bu amaçla, deneme toprakları sabit sıcaklıkta değişik konsantrasyonlarda (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1 mg kg⁻¹) fosfor içeren çözeltiler uygulanarak, topraklar dengeye getirilmiş ve adsorbe edilen fosfor miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan fosforun özellikle düşük konsantrasyonlarında daha yüksek miktarlarda adsorbe olduğu belirlenirken, adsorpsiyon değerlerinin ortalama olarak % 74.20-91.54 arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemede desorpsiyon sonuçları incelendiğinde adsorpsiyon değerlerinin aksine artan dozlarda uygulanan fosfor ile birlikte topraklar tarafından desorbe olan fosfor miktarının artış göstererek % 2.97-13.09 arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Deneysel yollarla bulunan C ve x/m değerlerinden Langmuir adsorpsiyon denklemlerinin doğrusallaştırılmış şekli kullanılarak adsorpsiyon maksimumları (b) ve adsorpsiyon enerji katsayıları (k) hesaplanmış ve bu sonuçlara göre toprakların b değerlerinin 67-714 mg P kg⁻¹, k değerlerinin ise 0.024 ile 0.968 l mg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprakların fosfor adsorpsiyonlarının belirlenmesi doğru bir gübreleme programının oluşturulması ve özellikle ekonomik çevresel kayıpların azaltılması açısından yarar sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Fosfor, Fosfor Adsorpsiyonu, Langmuir İzotermi.

DETERMINATION OF ADSORPTION AND DESORPTION CAPACITIES IN THE SOILS OF SOME KIWI GARDENS IN THE ORDU PROVINCE

ABSTRACT

In this study, the phosphorus adsorption and desorption capacities of soils of different physical and chemical properties were determined in Ordu province. In the identification of the phosphorus adsorption characteristics of the soils, the Langmuir adsorption isotherm was applied. For this purpose, the experiment soils are equilibrated with solutions containing phosphorus at different concentrations (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1 mg kg⁻¹) at constant temperature and the amount of phosphorus absorbed by the soils was determined. According to the research conclusions, it is determined that the phosphorus applied at lower concentrations is adsorbed at higher rates, while the adsorption values ranged between 74.20- 91.54% on the average. When the desorption values are examined in the experiment, it has been determined that the amount of phosphorus desorbed by the soils, displayed an increase varying varied between 2.97- 13.09%, together with the phosphorus applied in increasing doses, contrary to the adsorption values. Using the linearized form of the Langmuir adsorption equations, the adsorption maxima (b) and the adsorption energy coefficients (k) have been calculated from the C and x/m values determined experimentally, and according to these conclusions, it was determined that the b values of the soils were in the range of 67-714 mg P kg⁻¹, while the k values were in the range of 0.024 to 0.968 l mg⁻¹. The identification of the phosphorus adsorption of the soils will be of benefit in the formation of a correct fertilization program and especially in reducing economic environmental losses.

Keywords: Phosphorus, Phosphorus adsorption, Langmuir Isotherm.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince çalışmalarımda bana her türlü yardımı sağlayan ve ilgisini esirgemeyen danışman hocam **Doç Dr. Kürşat KORKMAZ**'a sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca Tez izleme komitesinde yer alan **Doç. Dr. Damla Bender ÖZENÇ** ve **Yard.Doç.Dr. Halil ERDEM** hocalarıma, katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamda destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	S. No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1.Toprakta Fosfor.....	3
2.2.Topraklarda Fosfor Fiksasyonu.....	5
2.3.Topraklarda Fosfor Adsorpsiyon ve Desorpsiyonu.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	14
3.1. Araştırma Bölgesi.....	14
3.2. Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler.....	15
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması.....	15
3.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH).....	15
3.2.3. Toprak Tekstürü.....	16
3.2.4. Toprağın Kireç İçeriği.....	16
3.2.5. Toprakta Sodyum Bikarbonat İle Ekstrakte Edilebilir Fosfor Tayini.....	16
3.2.6. Toprakta Amonyum Asetat İle Ekstrakte Edilebilir Kalsiyum, Potasyum ve Magnezyum Tayini.....	16
3.2.7. Toprakta Dtpa İle Ekstrakte Edilebilir Demir, Çinko, Bakır ve Mangan Miktarları.....	16
3.2.8. Toprakta Organik Madde (%) Miktarı.....	17
3.2.9. Toprak Analiz Değerlerinin Sınıflandırılması İçin Kullanılan Standart Değerler.....	17
3.2.10. Topraklarda Adsorpsiyon ve Desorpsiyon Belirlenmesi.....	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	20

4.2. Topraklarda Fosfor Adsorpsiyonu.....	22
4.3. Topraklarda Desorpsiyon.....	30
4.4. Topraklarda Adsorpsiyon İzoterm Çalışmaları.....	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	42
6. KAYNAKLAR.....	44
7. ÖZGEÇMİŞ.....	52

ÇİZELGELER

	S.No.
Çizelge 2.1.1. Toprakta önemli fosfat mineralleri	3
Çizelge 3.1.1. Toprak örneklerinin alındığı bahçeler.....	15
Çizelge 3.2.9.1. Toprak analiz değerlerinin sınıflandırılması için kullanılan değerler.....	17
Çizelge 4.1.1. Toprak serilerinin önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	21
Çizelge 4.2.1. 1, 2, 3, 4, 5 nolu toprakların adsorbe ettiği P miktarları ve çözelti denge konsantrasyonları.....	24
Çizelge 4.2.2. 6, 7, 8, 9, 10 nolu toprakların adsorbe ettiği P miktarları ve çözelti denge konsantrasyonları.....	25
Çizelge 4.2.3. 11,12, 13, 14, 15 nolu toprakların adsorbe ettiği P miktarları ve çözelti denge konsantrasyonları	26
Çizelge 4.3.1. 1, 2, 3, 4, 5 nolu toprakların desorbe ettiği P miktarları ve çözelti denge konsantrasyonları.....	33
Çizelge 4.3.2. 6, 7, 8, 9, 10 nolu toprakların desorbe ettiği P miktarları ve çözelti denge konsantrasyonları.....	34
Çizelge 4.3.3. 11, 12, 13, 14, 15 nolu toprakların desorbe ettiği P miktarları ve çözelti denge konsantrasyonları.....	35
Çizelge 4.4.1. Topraklara ait Langmuir parametreleri b ve k değerleri.....	39
Çizelge 4.4.2. Toprak örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Adsorpsiyon Parametreleri (b, k) Arasındaki Korelasyon ve Korelasyon Katsayıları.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

	S.No.
Şekil 2.1.1. Toprakta Fosfor Dolaşımının Şematik Diyagramı	4
Şekil 3.1.1. Araştırmanın yürütüldüğü Ordu ili.....	14
Şekil 4.2.1. Toprak örneklerinin farklı fosfor dozlarında adsorbe ettikleri fosfor miktarları (%)......	23
Şekil 4.2.2. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu toprakların başlangıç çözültisi ve fosfor adsorpsiyonları arasındaki ilişkiler.....	28
Şekil 4.2.3. 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 nolu toprakların başlangıç çözültisi ve fosfor adsorpsiyonları arasındaki ilişkiler.....	29
Şekil 4.3.1. Toprak örneklerinin farklı fosfor dozlarında desorbe ettikleri fosfor miktarları (%)......	31
Şekil 4.4.1. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu toprakların langmuir fosfor adsorpsiyon izotermi.....	37
Şekil 4.4.2. 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 nolu toprakların langmuir fosfor adsorpsiyon izotermi.....	38

1.GİRİŞ

Bitkiler açısından oldukça önemli ve gerekli olan fosfor; bitkisel üretim sisteminde azottan sonra en çok eksikliği görülen bitki besin elementidir. Artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak artan gıda ihtiyacının karşılanması için birim alanda bitkisel üretimi artırma zorunluluğu doğmuştur. Bu nedenle, fosfor uygulamaları tarımsal üretim sisteminde sürekli olarak kullanılmakta ve fosforlu gübrelerin kullanımı da giderek artmaktadır. Topraklara dengesiz ve bilinçsiz olarak yoğun bir biçimde uygulanan fosforlu gübreler, topraklar tarafından fikse edilmesinin yanı sıra çevre sorunları ile beraber önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Bitkilerde kromozomların ve genlerin yapı taşı olan nükleoproteinlerin yapısında, hücre çekirdeğinde ve hücre protoplazmasının büyük kısmını oluşturan fosfolipitlerin yapısında yer almaktadır. Yapısında yer aldığı nükleotidler enerji birikimi ve naklinde, ayrıca redoks reaksiyonlarında elektron taşıyıcısı olarak görev alırlar. Fosfor, bitkide ve diğer canlılarda daha birçok biyokimyasal olayları yönlendirir (Güzel ve ark., 2002). Bitkisel üretimi garanti altına alabilmek için bitkiler için bu denli önemli bir element olan fosforun uygulanması zorunluluğu devam etmektedir.

Fosfor diğer bitki besin elementlerinden farklı olarak, büyük bir bölümü toprak tarafından büyük bir güçle tutulmakta ve toprağa uygulanan fosforlu gübrelerin %80'inden fazlası adsorpsiyon ve çökeltme yoluyla veya organik bileşikler oluşturarak bitkilerin alamayacağı forma dönüşmektedir (Holford, 1997). Topraklarda bulunan inorganik fosfor bileşiklerinin cinsini ve fiksasyonunu etkileyen faktörlerin başında toprak pH'sı gelmektedir. Kireçli ve yüksek pH'lı topraklarda fosfor, daha çok çeşitli kalsiyum fosfatlar, asit reaksiyonlu topraklarda ise Fe ve Al fosfatlar ve bunların sulu oksitlerince tutunarak yarayışsız hale dönüşmektedir (Korkmaz, 2005). Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda genel olarak topraklarda toplam fosfor içeriği fazla olmasına rağmen yarayışlı fosforun yeterli olmaması ve uygulanan fosforun çeşitli nedenlerle fiske edildiği belirtilmektedir (Richardson, 1994; Daroub ve ark., 2003; Leytem and Westermann 2003; Shibata and Yano 2003; Zhu ve ark., 2003; Shin ve ark., 2004, Korkmaz, 2005).

Topraklara uygulanan aşırı fosforun verimi etkilemediği gibi özellikle Zn gibi bazı diğer besin elementlerinin yarayışlılığını düşürmesinin yanı sıra çiftçi ekonomisine yük oluşturmakla birlikte, özellikle çevre kirliliğine neden olduğu tartışılmaz bir

gerçektir. Toprakların fosforu tutma kapasitesinin yüksek veya düşük olması tarımsal ve ekonomik yönden olduğu kadar, yeraltı suyu ve içme suyu kaynaklarını kirletmesi açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Gübreleme sonucunda ekili alanlardan, göl ve derelere akan atık fosfor yosun oluşumunu artırıp tatlı su ekosisteminin ve su kalitesinin bozulmasına neden olur. Tatlı sularda çözülmüş organik atıkların yol açtığı, oksijen yetmezliği ile aşırı alg ve yosun üremesi döngüsü olan ötrofikasyon, yüksek oranlarda fosfordan meydana gelmektedir. İstenmeyen miktarda çoğalan algler su ekosistemini ve suyun kalitesini bozmaktadır. Yapılan bir araştırmada, Dünya genelinde tatlı su ötrofikasyonu seviyesinin aşıldığı, gelecekte okyanustaki anoksik (oksijensiz) olayların ve fosfat rezervlerinin azalması ile ufukta daha kötü sonuçlar doğurabileceği belirtilmiştir (Carpenter ve ark., 2011). Fosfor ile ilgili diğer bir sorun da bu hatalı uygulamalar sonucu rezervlerin giderek azalmasıdır. Mevcut bulunan tüketim hızıyla yapılan hesaplamalar, önümüzdeki 60-90 yıl içerisinde dünyada yüksek saflıkta bulunan ham fosfat kayası kaynaklarının tükeneneğini göstermektedir (Runge-Metzger, 1995; Vance ve ark., 2003). Ayrıca fosforlu gübrelerin bu denli fazla kullanılması, fosforlu gübrelerin yapısında bulunan Cr, Cd, Pb, Ni ve Cu gibi bazı ağır metallerin de toprağa ve bitki bünyesine geçmesine neden olarak olumsuz etkiler yaratmaktadır (Camelo ve ark., 1997; Richards, 1998).

Topraklarda fosfor dinamiği, adsorpsiyon/desorpsiyon, çökme/çözünme, immobilizasyon/mineralizasyon ve bitki alımı/bitki parçalanması gibi farklı kimyasal ve biyolojik etkiler altında değişmektedir (Campbell ve Edwards, 2001). Topraktaki yarayışlı fosforun kontrol edilmesinde, fosfor adsorpsiyonu çok önemli bir olaydır. Topraklar tarafından adsorbe edilen fosforun toprak çözeltisini tamponlama özelliğinden dolayı da bitkiye yarayışlı fosforun önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Besin ihtiyacını karşılamak üzere toprağa verilen suda çözünür formdaki fosforun ne kadarının toprakta tutulduğunun ne kadarının toprak çözeltisinde kaldığının belirlenmesi, çevreye uyumlu, etkili ve dengeli bir gübreleme programının yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bunun başarılabilmesi için toprakların adsorpsiyon güçlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmada Ordu ilinde bazı kivi bahçesi topraklarının fosfor adsorpsiyon ve desorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Toprakta Fosfor

Fosfor bitki gelişiminde mutlak gerekli bitki besin elementidir. Toprakta fosforun farklı formları mevcuttur. Genel olarak topraklarda fosfor içeriği % 0.005- % 0.15 arasında bulunmaktadır (Güzel ve ark., 2002). Yapılan araştırmalar bu fosforun (P) % 50-70'inin organik (P_o) fosfordan (Ron Vaz ve ark., 1993) oluştuğu belirtilirken, bazı araştırmacılarda % 20-80 inin inorganik (Pi) fosfordan oluştuğunu belirtmektedirler (Richardson, 1994; Condrón, 2003; Oehl ve ark., 2004). Bu ifadelerden anlaşılacağı üzere, fosfor topraklarda oldukça dinamik ve değişken bir yapıya sahiptir.

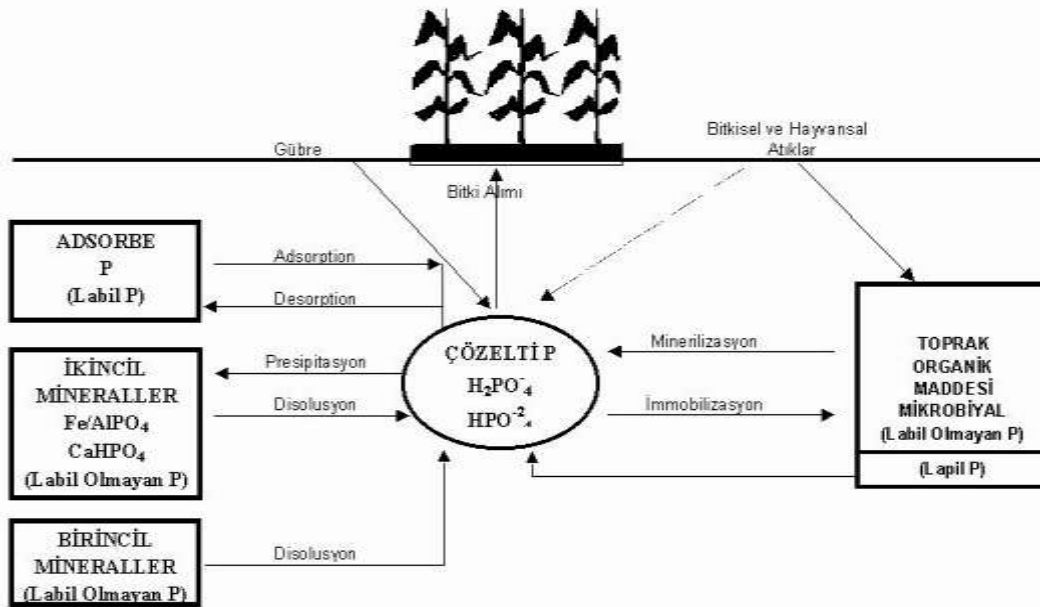
Topraklarda bulunan inorganik fosfor bileşiklerinin cinsini ve fiksasyonunu etkileyen faktörlerin başında toprak pH'sı gelmektedir. Kireçli ve yüksek pH'lı topraklarda fosfor, daha çok çeşitli kalsiyum fosfatlar, asit reaksiyonlu topraklarda ise Fe ve Al fosfatlar ve bunların sulu oksitlerince tutunarak yarayırsız hale dönüşmektedir. Toprak pH'sı 7'nin üzerinde olan topraklarda apatit genel adıyla bilinen mineraller, fosforun ana kaynağını oluşturur. Apatit mineralleri, genelde içinde diğer bazı element veya grupları bulundurur ve ona göre de değişik isimler alır. Apatit birçok magmatik kayacın yapısında ince kristaller halinde bulunur. Bu minerallerin çözünürlüğü genelde çok düşüktür. Ancak içinde bulunan yabancı element veya gruplar, örneğin; karbonat, çözünürlüğü kısmen artırır. Ayrıca bu minerallerle temas geçen toprak çözeltisi, içerdiği asitlerin özellikle karbonik asitin etkisiyle zamanla apatit minerallerini çözerek serbest kalmasını sağlar (Aktaş, 1991). Toprakta bulunan bazı önemli fosfat mineralleri Çizelge 2.1.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1.1. Toprakta önemli fosfat mineralleri (Mengel ve Kirby, 1987).

<i>Hidroksiapatit</i>	$Ca_5(PO_4)_3OH_3$
<i>Florapatit</i>	$Ca_5(PO_4)_3F$
<i>Dikalsiyumfosfat</i>	$CaHPO_4$
<i>Trikalsiyumfosfat</i>	$Ca_3(PO_4)_2$
<i>Variscit</i>	$AlH_2PO_4(OH)_2$
<i>Strengit</i>	$FeH_2PO_4(OH)_2$
<i>Hidroksiapatit</i>	$Ca_5(PO_4)_3OH_3$
<i>Florapatit</i>	$Ca_5(PO_4)_3F$

Toprakta fosforun büyük kısmı çözünmeyen bileşikler olduğundan toplam fosforun ancak % 1 veya daha düşük kısmı alınabilir durumdadır (Brohi ve ark., 1994). Toprağa uygulanan fosforlu gübreler özellikle yüzey toprağında (0-20 cm) birikmekte, toplam ve inorganik formda bulunan fosfor içeriği artmakta, ilerleyen yıllarda uygulama yapılmayan topraklarda toplam, organik ve inorganik fosfor formları önemli oranlarda azalmaktadır (Gallet, 2003). Uygulanan fosforlu gübreler, toprakların inorganik fosfor içeriklerini artırmakta ve topraklarda ilk yıl uygulamasından sonra artık etki yapmaktadır (Sahrawat, 2000).

Topraklarda genel olarak, toprak çözeltisindeki fosfor, değişebilir fosfor ve değişmez fosfor olmak üzere 3 temel fosfor fraksiyonu önem taşımaktadır. Birinci fraksiyon toprak çözeltisinde çözülmüş fosforu oluşturur. İkinci fraksiyon yüzeyde tutulmuş fosfor olup hızlı bir şekilde çözeltiliye geçebilir. Üçüncü fraksiyon ise çözünemez fosfor fraksiyonudur (Mengel ve Kirby, 1987).



Şekil 2.1.1. Toprakta Fosfor Dolaşımının Şematik Diyagramı (Güzel ve ark., 2002)

Topraklarda fosforun hareketliliği incelendiğinde (Şekil 2.1.1.) fosfor, toprak çözeltisinde primer ve sekonder ortofosfatlar $H_2PO_4^-$ ve HPO_4^{2-} iyonları şeklinde bulunmakta ve bitkiler tarafından alınmaktadır. Topraklarda fosfor birincil, ikincil mineraller ve kil fraksiyonları tarafından fikse edilerek, bitkisel üretim sisteminde bitkiler tarafından alınan ve toprak çözeltisinde azalan inorganik fosfat iyonlarının (labil

inorganik P) tamponlanması için kaynak oluşturmaktadırlar. Ayrıca toprak çözeltisinde azalan fosfor çok çeşitli toprak mikroorganizmalarının, P içeren organik artıkları gıda olarak tüketmesi ve böylece toprakta birçok organik P bileşiklerinin oluşmasını sağlayarak da toprak çözeltisine inorganik P iyonları kazandırılmasına yardım ederler (Helal ve Dressler, 1989; Brohi ve ark., 1994; Güzel ve ark., 2002).

Toprakların toplam fosfor düzeyleri ile organik madde düzeyi arasında da pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Toprakta bulunan doğal fosfor bileşiklerinin genel olarak organik ve inorganik fosfor bileşikleri formunda olduğu düşünüldüğünde bu bileşiklerin miktar ve çeşitleri ile bitkilere elverişli fosfora olan katkılarının geniş ölçüde buldukları toprakların özelliklerine bağlı olduğu ve bitkilerin ihtiyaç duydukları fosfor, topraktaki organik fosfor bileşiklerinin minerilizasyonu sonucu açığa çıkan fosfat iyonlarına bağlıdır (Fried et al. 1957; Kaila 1963; Larsen 1967).

2.2.Topraklarda Fosfor Fiksasyonu

Topraklarda fosfor fiksasyonu, bitki tarafından alınabilir şekildeki fosforun bitki tarafından alınamaz ya da az alınabilir şekilde geçmesidir. Toprağa uygulanan fosforlu bileşiklerin büyük çoğunluğu kısa sürede bitkilerin alınmayacağı forma dönüşerek yararlı hale geçmektedir. Fosforlu bileşiklerin % 75-90'ı bitkiler tarafından alınamadan topraklar tarafından fiske edilmektedir (Kampf ve Jung, 1990). Fosfor fiksasyonuna toprakta bulunan kil tipi ve miktarı, toprak pH'sı, organik madde miktarı ve kireç gibi etmenler etki etmektedir, özellikle de fosfor fiksasyonunun oluşum mekanizması topraklarda pH ile yakından ilişkilidir (Kokmaz, 2005), Alkalın reaksiyonlu topraklarda toplam toprak fosforunun % 8-48'i, asit topraklarda ise toplam fosforun % 20-80'i organik bileşiklerin yapısında yer almaktadır (Greb ve Olsen, 1967).

Topraklarda fiksasyon mekanizması incelendiğinde asit reaksiyonlu topraklarda P fiksasyonu ile alkali reaksiyonlu topraklarda P fiksasyonu farklı fiksasyon mekanizmalarının etkisi altındadır. Asit reaksiyonlu topraklarda, topraklara ilave edilen fosfor genellikle Fe-P ve Al-P fraksiyonları şeklinde tutulmaktadır. Toprak fosforu asit koşullarda Fe, Al, Mn ve bu elementlerin çözünmeyen hidrate oksitleri ile, alkalın koşullarda da Ca ve Mg ile reaksiyona girerek elverişsiz duruma geçmektedir (Martini ve Mutter, 1985; McBride, 1994; Kacar ve Katkat, 1997).

Alkali reaksiyonlu topraklarda P fiksasyonu incelendiğinde; pH 7.5' in üstünde ortamdaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları ile reaksiyona girerek çözünürlüğü düşük olan trikalsiyum ve trimagnezyum fosfat bileşikleri halinde çökmektedir. Kireçli alkali topraklar genelde yüksek miktarda serbest $CaCO_3$ kapsarlar. Fosfor, $CaCO_3$ ile temas sonunda yine trikalsiyum fosfat haline dönerek çökmektedir. Kireçli alkalın topraklarda kalsiyum ile doymuş kil mineralleri, fosforu Ca ile bağlayarak alınabilirliğini sınırlandırır. Bu tür fiksasyonlar daha çok pH 7.0 civarında görülür (Kacar ve Katkat, 2009).

Topraklarda fosfor fiksasyonunda kil tipi ve kilin miktarı da oldukça önemlidir. P fiksasyonunda pH derecesi 4.5-6.0 arasında iken kil mineralleri başat rol oynar. Killerdeki OH^- gruplarının H_2PO_4 iyonlarıyla yer değiştirmesi sonunda fosforun kuvvetle bağlandığı ya da alınmaz forma girdiği kabul edilmektedir. Bu tür fiksasyon 1:1 killerde, 2:1 killere oranla daha fazla görülmektedir. Ayrıca, kil minerallerdeki Fe ve Al'nin koordinasyon çemberine giren P iyonları, çok kuvvetle bağlandığında bitki tarafından alınmaz duruma geçmektedir. Fosfor fiksasyonu, 1:1 tipi killerde 2:1 tipi killere oranla yapısında Fe ve Al hidrate oksitler daha fazla bulunduğu için daha yüksek olmaktadır (Güzel ve ark., 2002). Kil tipinin fosfor fiksasyonundaki öneminin yanı sıra toprakta kil miktarı da fiksasyonu önemli oranda etkilemektedir. Topraklarda kil miktarı arttıkça fikse edilen P miktarı da artmaktadır. Bu durum, yüzey genişliği ile yakından ilişkilidir. Toprak fraksiyonlarının parçacık büyüklüğü azaldıkça topraklarda fosfor fiksasyonu artmaktadır.

Toprak ile toprağa verilen fosforlu gübre arasında değinim yani tepkime süresi arttıkça daha fazla P fikse edilmektedir. Fosforlu gübreler uygulandıktan sonra 4-6 gün sonunda P fiksasyonu maksimum düzeye ulaşmaktadır. Toprakta organik maddenin artmasıyla fikse edilen fosfor miktarı azalmaktadır. Çünkü organik maddenin toprakta ayrışmasıyla CO_2 gazı açığa çıkar. Bu gaz, suda çözünerek karbonik asit'i (H_2CO_3) oluşturur. Karbonik asit, fosforlu bileşiklerin çözünürlüğünü artırır ve bitkiler fosfordan daha iyi yararlanırlar. Ayrıca toprakta oluşan humus da fosforun bitkiye alınabilirliğini artırır. Humus, fosforla birleşerek suda iyi çözünebilir fosfo-humik bileşiklerini oluşturur. Organik maddenin ayrışmasıyla oluşan humat, sitrat, oksalat, tartarat, malat gibi iyonlar, kolloidlere bağlı fosfat iyonlarıyla yer değiştirerek fosforu serbest hale geçirirler. Humus, Fe ve Al oksitlerin etrafını kaplayarak, bunların fosfat

iyonlarıyla temasını engeller. Böylece fosfat iyonları Al ve Fe oksitlerle reaksiyona girmez ve toprak çözeltisinde kalır. (Kacar ve Katkat, 2009). Konuyla ilgili yürütülen çalışmada araştırmacılar, organik madde ile peat topraklarının P adsorpsiyon kapasitesi arasında negatif bir ilişkinin olduğunu ve organik maddenin topraklardaki P adsorpsiyonunu engelleyebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca peat topraklarının düşük adsorpsiyon kapasitelerini bu toprakların sahip olduğu yüksek organik madde ile ilişkilendirmişlerdir (Daly ve ark., 2001).

2.3. Topraklarda Fosfor Adsorpsiyon ve Desorpsiyonu

Maddenin iç kısmına geçen molekülleri belirten absorpsiyon teriminden farklı olarak adsorpsiyon terimi, yüzeye tutunan molekülü belirtmek için kullanılır. Gaz, buhar ya da sıvı fazında veya herhangi bir çözeltide bulunan çözünmüş maddelere ait molekül, atom veya iyonların katı bir maddenin yüzeyinde tutunması olayına adsorpsiyon adı verilmektedir. Adsorpsiyon ve absorpsiyon olaylarının her ikisi birlikte meydana geliyorsa sorpsiyon adı verilir (Demirbaş, 2006).

Topraklarda fosfor adsorpsiyonu fosforun topraklarda çeşitli bileşenler tarafından tutunmasıdır, fosforun tekrar toprak çözeltisine saliverilmesi olayına ise desorpsiyon denilmektedir (Korkmaz, 2005). Fosfor, topraklarda katı faz tarafından oldukça güçlü bir şekilde tutulmaktadır. Bunun sonucunda topraklara gübre olarak verilen fosforun büyük bir bölümü katı fazda tutunmakta ve gübrenin bitkiye yararlılığı azalmaktadır. Bu nedenle, toprağın adsorpsiyon ve desorpsiyon kapasitesini bilmek, toprak kalitesi ve doğru bir gübreleme yönetimi için oldukça önemlidir (Korkmaz ve İbrikçi, 2009). Toprak çözeltisi ve katı faz arasındaki fosfor dağılımını etkileyen en önemli proses adsorpsiyondur. Adsorpsiyon prosesi, fosforun toprağın katı fazına bağlanma hareketlerini tanımlar. Desorpsiyon ise toprak çözeltisindeki fosforu katı fazdan ayırma prosesidir. İki proses arasındaki ilişki toprak çözeltisiyle katı toprak fazı arasındaki fosforun dağılımının hesaplanmasını sağlamaktır. Bu durum değerlendirildiğinde, toprak çözeltisindeki fosfor ile adsorbe olmuş fosfor arasındaki ilişki adsorpsiyon izotermleri ile açıklanabilir.

Toprağa kolay çözünen bileşikler şeklinde uygulanan fosforun kısa bir süre içerisinde basit ekstraksiyon yöntemleri ile geri alınamaması, toprağın katı fazı tarafından kuvvetle tutulduğunu göstermektedir. Bunun sonucunda da toprak

çözeltisinde fosfor konsantrasyonu $1 \mu\text{g ml}^{-1}$ üzerine pek çıkmamaktadır (Korkmaz ve İbrikci, 2010). Fosforun sıvı fazdan hızla katı faza çekilmesi bitkilere yararlılığını azaltmakta ve fosfor gübrelemesini gerekli kılmaktadır. Bu olayın kinetiği üzerinde çalışarak olayla ilgili bazı hız ve düzey parametrelerini saptamaya çalışan araştırmacılar “fosfor adsorpsiyonu” ifadesini benimsemişlerdir (Dinç ve ark., 1988).

Fosfor; gübreleme yönetimi ve su kalitesi açısından değerlendirildiğinde topraklar tarafından adsorpsiyon ve desorpsiyonunun iyi anlaşılması gerekmektedir. Topraklarda fosfor adsorpsiyon özellikleri gerçekte katı, sıvı ve gazlar için geliştirilmiş olan çeşitli adsorpsiyon izotermi ile formüle edilmeye çalışılmaktadır. Adsorpsiyon izotermelerinin bir amacı da, topraklarda fosforun davranışını incelemek için, çok geniş bir konsantrasyon aralığında yapılan adsorpsiyon denemeleriyle elde edilen fazla sayıdaki verilerin uygun ve kullanılır biçimde özetlenmesidir (Hinrich ve ark., 1985; Ağca ve Derici, 1999). Fosfor adsorpsiyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Langmuir izoterminin uygun olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Olsen, ve Watanabe, 1957; Derici ve ark., 1995; Derici ve Ağca, 1999; Özaçar, 2003; Bilgili ve ark., 2004; Schulz ve Herzog, 2004; Korkmaz, 2005; Korkmaz ve İbrikçi, 2010).

Fosfor adsorpsiyon çalışmalarında kullanılan Langmuir izotermi, toprakların adsorbe ettikleri fosfor miktarını (x/m) ve denge çözeltilerinin fosfor konsantrasyonlarını (C) olarak ifade etmektedir. Bu çalışmalarda analiz yoluyla bulunan C ve hesaplama yoluyla bulunan $C/(x/m)$ değerlerine regrasyon analizi uygulanmaktadır. Regrasyon analizlerinin sonucunda ise Langmuir adsorpsiyon izoterminin aşağıda doğrusallaştırılmış denklemi belirlenmektedir.

$$C/(x/m) = (1/kb) + (C/b)$$

Bu denklemde; b , adsorpsiyon maksimumu, k ise adsorpsiyon enerji katsayısını ifade etmektedir. Bu katsayılar doğrusallaştırılmış Langmuir denkleminin sırasıyla $1/b$ (eğim) ve $1/kb$ (kayma) değerlerinde hesaplanmaktadır (Derici ve ark., 1995; Derici ve Ağca, 1999; Bilgili ve ark., 2004).

Freundlich izoterminin doğrusallaştırılmış şekli aşağıdaki gibidir.

$$\text{Log}(X/M) = \text{Log}(K) + N \text{Log}(C)$$

Toprakların adsorbe ettikleri fosfor miktarını (x/m), denge çözeltilerinin fosfor konsantrasyonlarını (C), k adsorpsiyon kapasitesi ve n ise adsorpsiyon intensitesi ile ilgili katsayılarıdır (Derici ve Ağca, 1999).

Konuyla ilgili olarak adsorpsiyon ve desorpsiyon çalışmaları incelendiğinde; yürütülen bir çalışmada kil içerikleri % 17.3-37.2, kireç içerikleri % 1-35.5 arasında değişen 8 farklı toprakta fosfor adsorpsiyonu Langmuir izotermi kullanarak incelenmiş, çözelti konsantrasyonlarını 0-1 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında I. bölge ve 1-150 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında II. bölge olarak tanımlayarak; I. bölgede maksimum adsorpsiyon oranı olan b_1 'in 625-1250 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında değiştiği, adsorpsiyon enerji katsayısı olan k_1 'in 0.159-0.800 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırmacılar bunun yanı sıra yüksek konsantrasyon bulunan II. bölgede b ve k değerlerinin ve Langmuir izotermi uyumunun azaldığını bildirmişler. Özellikle fosforun adsorpsiyonu ile toprakların kil ve kireç içerikleri arasında ilişki olduğu ve bununla birlikte Fe ve Al oksitler tarafından fosforun adsorpsiyonunun arttığını belirtmişlerdir (Bilgili ve ark., 2004).

Turan ve Sezen (1999) değişik pH' ya sahip toprakların fosfor adsorpsiyonu üzerine yaptıkları çalışmada ise, fosfor adsorpsiyonunun oldukça yüksek olduğunu belirtirken, en fazla Rize yöresi topraklarında % 97.45 olduğunu belirtmiş olup, Erzincan % 70.74 ve Erzurum % 67.45 olduğunu saptamışlardır. Yaptıkları çalışmada düşük pH' ya sahip ve kil içeriği yüksek topraklarda fosfor adsorpsiyonunun yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Fosforun adsorpsiyonu ve desorpsiyonu, tarım topraklarında ve sularda, özellikle fosforun kullanılması ve çevre üzerine olumsuz etkilerinin artması sonucunda fosforun topraklarda dinamiğinin anlaşılması için giderek önem kazanmaya başlamıştır. Bu doğrultuda Langmuir denklemini kullanarak fosforun adsorpsiyonu ve desorpsiyonu üzerine yapılan çalışmada araştırmacılar, başlangıç çözelti konsantrasyonunun artması ile birlikte adsorbe olan fosfor konsantrasyonunun da arttığını ve maksimum alım oranının (b), 718, 819, 880 mg P kg^{-1} olduğunu ve adsorpsiyon enerji katsayısının da (k), 0.6 ve yüksek 0.3 düşük sorpsiyon yeteneğine sahip olan topraklarda önemli derecede azaldığını belirtirken, özellikle pH, kil mineralleri ve diğer toprak özelliklerinin kompleks bir biçimde fosforun adsorpsiyonunda etkili olabileceğini belirtmişlerdir (Sui ve ark., 2000).

Topraklarda kilin cinsi ve miktarı fosfor fiksasyonunda oldukça etkili olmaktadır. Konuyla ilgili yürütülen bir çalışmada araştırmacılar düşük organik madde içeriğine sahip kalkerli topraklarda P-adsorpsiyon kapasitelerinin üç farklı modelle (Basit Langmuir, Freundlich ve iki-yüzey Langmuir eşitliği) kıyaslamışlar ve araştırma

sonucunda toprakların fosfor sorpsiyon kapasiteleri ile kil içeriği arasında, CaCO_3 içerikleri arasındaki ilişkiden daha yüksek bir korelasyon bulmuşlardır (Kordlaghari, 2006).

Ceylan ve ark. (2003) topraklarda fosfor adsorpsiyon ve fiksasyon durumlarını belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, toprakların P adsorpsiyon kapasiteleri 8.22-9.28 mg/100g, toprak fiksasyon kapasiteleri 5.56-8.98 mg/100 g arasında değişmekte olduğunu tespit etmişlerdir.

Harran Ovası toprak serilerinin farklı toprak derinliklerinde (0-20, 20-40, 40-60 cm) fosfor fraksiyonları belirlenmesi için yapılan çalışmada, üst katmandan derinlere inildikçe P içeriklerinde azalma eğilimi gözlemlenmiş olup, bunun nedeninin fosforun hareketsiz veya yavaş hareketli olması nedeniyle, fosforlu gübre uygulaması sonucunda toprağın üst katmanında (0-20 cm) birikmesinden dolayı olduğunu belirtmişlerdir (Sayğan, 2007).

Konuyla ilgili olarak fosforun sorpsiyonu ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada araştırmacılar, fosfor izotermelerini Langmuir denklemi ile tanımlamışlar ve 0.98-0.99 arasında bir korelasyon katsayısı belirlemişlerdir. Toprakların sorpsiyonlarının 76-354 mg P kg^{-1} arasında değişiklik göstermekte olduğunu bildiren araştırmacılar 0-10 ve 0-20 cm derinlikte özellikle b adsorpsiyon maksimumunun ($P<0.05$) önemli olduğunu belirtmişlerdir. Organik madde ve fosforun adsorpsiyonu arasında herhangi bir ilişki olmadığını belirten araştırmacılar organik maddenin Fe ve Al gibi metal komplekslerle oluşturduğu hidroksi gruplarının fosfor adsorpsiyonunda önemli rol oynadıklarını belirtmişlerdir (Chacon ve Dezzeo, 2004).

Toprak özellikleri ile S_{\max} (fosfor adsorpsiyon maksimumu) arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmacılar S_{\max} değerini 34-500 mg kg^{-1} P olarak bulmuşlar, toprakların kil içeriği ($r=0.79$), organik C ($r=0.80$), Al_{ox} ($r=0.88$) ve Fe_{ox} ($r=0.83$) ile güçlü korelasyonlar gösterdiğini saptayarak, toprak pH'sı ve S_{\max} değeri arasında herhangi bir ilişki bulamamışlardır (Zhang ve ark., 2005).

Masud ve ark. (2006). Farklı pH özelliklerine sahip 15 toprak ile yaptığı çalışmada topraklarda maksimum fosfor adsorpsiyon kapasiteleri (b) değerleri 617-1481 ve adsorpsiyon enerjisi (k) değeri 0.75-1.80 aralığında olduğunu ve b değerlerinin kireçli topraklarda oldukça yüksek olduğunu ve bunun aksine k değerlerinin asit topraklarda oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar toprak pH'sı ile b

değerleri arasında pozitif ilişki bulunurken k değerleri ile pH değerleri arasında negatif bir ilişkinin olduğunu saptamışlardır. Topraklara ait Langmuir denkleminde ise r^2 değerlerinin 0.87-0.95 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Konuyla ilgili olarak yapılan diğer bir çalışmada ise, Ahmed ve ark. (2008) kumlu topraklarında fosfor adsorpsiyonunun ile ilgili yapılan bir çalışmada b değerleri 142.9-500 ve k değerleri ise 0.003-0.368 bulunmuş olup maksimum b değeri en düşük pH'a sahip (pH 4.1) topraklarda olduğunu belirtmişlerdir.

Karadeniz Bölgesinden alınan değişik özellikteki bazı topraklarda fosfor adsorpsiyonu araştırmasında, toprak örneklerinin Langmuir izotermi kullanılarak hesaplanan adsorpsiyon kapasitelerine ait adsorpsiyon maksimumları olan b değerleri sırasıyla -256.41, 208.33, 185.18, 59.17 ve 138.88 mg P kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu örneklerle ait k değerleri ise sırasıyla -0.016, 0.227, 0.540, 0.052 ve 0.196 olarak hesaplanmış olup üzerinde çalışılan toprakların Freundlich parametrelerinden n değerleri sırasıyla 0.854, 1.543, 2.263, 2.23 ve 1.88 olarak bulunmuştur. Bir başka Freundlich parametresi olan k değerleri ise sırasıyla 3.515, 39.17, 59.92, 7.259 ve 26.07 olarak hesaplanmıştır (Çoluk, 2007).

Kireçli ve kireçlenmiş asidik özellikli topraklardaki fosfor desorpsiyon şeklini ortaya koymak için yapılan bir çalışmada araştırmacılar; 0.002 M CaCl₂ çözeltisi ile adsorplanmış fosfor içeriğini belirlemişler; kireçlenmiş asidik topraklarda % 60'dan büyük, kireçli topraklarda ise % 40 dan küçük olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, bitkiye yararlı fosforun kireçlenmiş asidik topraklarda kireçli topraklara göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (Delgado ve Torent, 2000). Benzer bir çalışmada ise fosfor adsorpsiyonu üzerine aktif kireç, kil, katyon değişim kapasitesi, değişebilir Ca ve elverişli P miktarları gibi özelliklerin etkili olduğu belirtilmiştir (Ata, 2006).

Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki topraklarda % 34-60 CaCO₃ içeren topraklarda yürütülen çalışmada, toprakların fosfor adsorpsiyon izoterm sonuçları en iyi Freundlich izotermine uygunluk göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre fosfor yararlılığına demir oksit ve toprakların katyon değişim kapasitesinin önemli ölçüde etki ettiği belirlenirken, karbonat içeriği, toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik ve organik madde içeriğinin fosfor yararlılığına etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur (Mashal ve ark., 2011).

Barros ve ark. (2005) konuyla ilgili olarak yürüttükleri çalışmada etkili fosfor yönetimi ve inorganik fosforun döngüsünü iyi anlayabilmek için kil içerikleri % 13-81 arasında değişen topraklarda fosforun sorpsiyonu, desorpsiyonu ve resorpsiyonu üzerine yapılan araştırmada toprağın kil içeriğiyle sorpsiyon arasında $r^2=0.99$ oranında yüksek bir ilişki olduğunu, bununla birlikte toprakların resorpsiyon ve desorpsiyonu ile kil içeriği arasında $r^2=0.59-0.99$ değişen ilişkiler olduğunu belirtmişlerdir.

Zhou ve Li (2001) düşük değerlerde fosfor içerikli kireçtaşı yataklarından ve kalkerli topraklardan 19 örnek toplamışlar bu alanlarda Langmuir fosfor adsorpsiyon izoterm eşitliğinin uygun olduğunu görmüşlerdir. Çözeltide düşük fosfor olduğu durumda, P-adsorpsiyonunda, karbonatsız killerin yüksek afinitesinin etken olduğunu bildirmişlerdir. Fosfor sorpsiyon değerinin Langmuir izotermi ile tahmin edilebileceğini ve fosfor saturasyon (S_{max}) kapasitesinin fosfor desorpsiyon yüzdesi ile çok güçlü bir ilişkisi olduğunu bildirmişlerdir

Farklı toprak tiplerindeki fosfor davranışı araştırılan çalışmada kireçli, jipsli, alivual ve kumlu toprak olmak üzere dört çeşit toprak örneği kullanılmıştır. Fosfor adsorpsiyon kapasiteleri sıralaması kireçli toprak > jipsli toprak > alivual toprak > kumlu toprak olarak tespit edilmiştir. Araştırma topraklarında Langmuir izotermi kullanılarak hesaplanan adsorpsiyon kapasitelerine ait adsorpsiyon maksimumları b değerleri 23.15 mg kg⁻¹ (kumlu toprak) ile 56.50 mg kg⁻¹ (kireçli toprak) arasında k değerleri ise 0.088–0.1135 tespit edilmiştir. Langmuir parametreleri b ve k ile % CaCO₃ arasında pozitif ilişki bulunmuş pH, jips ve kil ile ilişki bulunamamıştır. Topraklarda ortalama desorpsiyon değerleri 95.44 (kumlu toprak) ile 54.38 (kireçli toprak) aralığındadır. Fosfor desorpsiyon değerleri pH ile pozitif ilişki % CaCO₃ negatif ilişki tespit edilmiştir (Al Salama, 2008).

Kireçli topraklarda fosfor sorpsiyon özelliklerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada Langmuir izotermi kullanılarak hesaplanan adsorpsiyon kapasitelerine ait adsorpsiyon maksimumları (b) değerleri 127 ile 238 mg kg⁻¹ arasında olup ortalama değer 189 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Adsorpsiyon enerjisi değişkeni (k) 0.8 ile 13 l mg⁻¹ arasında değişirken r^2 0.55 ile 0.99 arasında olduğu tespit edilmiştir (Samadi 2006). Yapılan bir diğer çalışmada, 15 farklı toprak örneğinde fosfor adsorpsiyon ve desorpsiyonu araştırılmış, topraklarda 4 farklı adsorpsiyon izotermi hesaplanmış ve Langmuir denkleminde ait r^2 değerleri 0.768-0.916 arasında tespit edilmiştir. Yapılan

regresyon analizinde fosfor adsorpsiyonu ile organik karbon, CEC ve serbest Fe_2O_3 arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Pal ve ark., 2009).

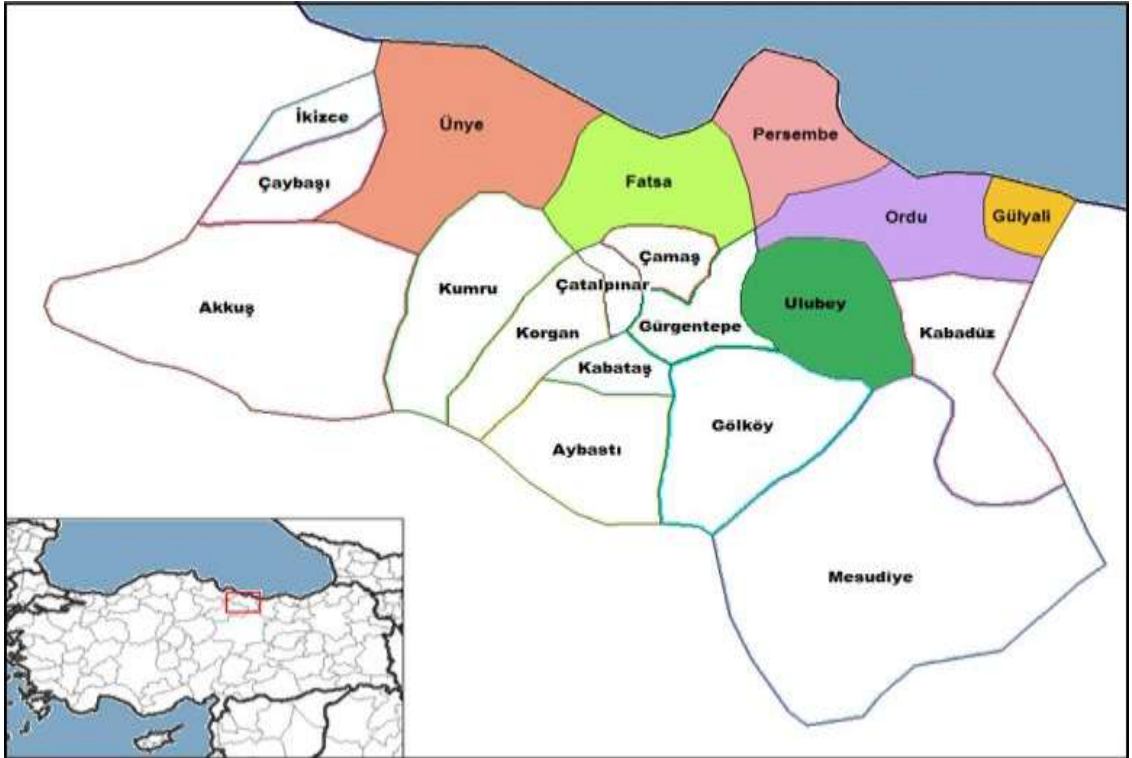
Moazed ve ark., (2010) topraklarda fosfor adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve izoterm parametrelerinin toprağın özellikleriyle ilişkilerinin araştırıldığı bir çalışmada fosfor adsorpsiyonunu toprak organik maddesinin, pH, değişebilir kalsiyum ve alüminyumun etkilediği belirtilmektedir. Araştırmacılar, Langmuir izotermeleri kullanılarak hesaplanan adsorpsiyon kapasitelerine ait adsorpsiyon maksimumları b değerleri 554-860 $mg\ kg^{-1}$ arasında k değerleri ise 0.08-0.17 arasında tespit edilmiştir. Fosfor adsorpsiyon maksimumu b ile kalsiyum arasında negatif, alüminyum oksit ile pozitif ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, Tamatamah (2005) farklı pH değerlerine sahip nehir yataklarından aldıkları kumlu topraklarda yaptıkları çalışmada Langmuir izotermeleri kullanılarak adsorpsiyon kapasitelerine ait adsorpsiyon maksimumu b değerleri 109-802 $mg\ kg^{-1}$ k değerleri ise 59-736 $mg\ l^{-1}$, r^2 değerleri ise 0.92-0.99 aralığında olduğunu belirtirken, adsorpsiyon maksimumu ile Al, kil ve Fe arasında pozitif, Ca ile negatif bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Ayrıca yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre P adsorpsiyonu ile pH, Na ve K arasında ilişkinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

Yanmış ve yanmamış peat topraklarının fosfor adsorpsiyon karakteristikleriyle ilgili Gavur gölü organik topraklarında yapılan çalışmada araştırmacılar yanmamış toprakların fosfor adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izotermelerine uygunluk gösterdiğini, yanmamış topraklarda Langmuir parametreleri b değerlerini 968-1244, k değerlerini ise 0.31-0.50 arasında değiştiği, yanmış topraklarda ise yalnız Freundlich izotermine uygunluk gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışma sonuçları yangınların peat topraklarında P adsorpsiyonu üzerine etkili olduğunu düşük konsantrasyonlu fosfor çözeltilerinde P adsorpsiyonu incelendiğinde, yanmamış peat toprakların yanmış olanlara göre daha düşük orijinal adsorbe olmuş P içeriğine fakat daha yüksek adsorpsiyon sabitine sahip olduğunu belirtmişlerdir (Türkmen ve ark., 2007).

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Araştırma Bölgesi

Araştırma, 2008 yılı içerisinde Ordu ilinde gerçekleştirilmiştir. Ordu ilinin doğusunda Giresun, batısında Samsun, güneyinde Tokat ve Sivas, kuzeyinde ise Karadeniz bulunmaktadır. Kuzey Anadolu'da, Orta Karadeniz bölümü içerisinde yer alan Ordu ilinde Karadeniz iklimi hakimdir.



Şekil 3.1.1. Araştırmanın yürütüldüğü Ordu ili.

Bu çalışmada Ordu yöresinde toprak numunelerinin alındığı bahçelerin lokasyonları ve yükseltileri, GPS (Global Position System) cihazı ile tespit edilerek kaydedilmiş ve bahçeler numaralandırılmıştır. Örnekleme yapılan bahçelerin ilçelere/beldelere göre dağılımı Çizelge 3.1.1. de verilmiştir. Bu örnekleme yapılarında özellikle birçok kivi bahçesi gezilerek farklı toprak pH'ları ve tekstür içeriklerine sahip bahçe toprakları seçilmiştir.

Çizelge 3.1.1. Toprak örneklerinin alındığı bahçeler.

İlçe/Belde	Lokasyon	Mahalle/ Mevki	GPS Koordinatları		Yükselti (m)
			(Lokasyon)		
SARAYCIK	1	Saraycık yolu	40°58'20 K	037°59'53 D	0
	2	Saraycık yolu	40°57'21 K	038°00'07 D	0
	3	Merkez Mah.	40°55'47 K	037°58'36 D	115
	4	Emenköy	40°55'32 K	038°00'17 D	407
	5	Emenköy	40°55'32 K	038°00'17 D	500
GÜLYALI	6	Mustafalı	40°55'39 K	038°04'23 D	-
ÜNYE	7	İnkur	41°02'36 K	037°12'14 D	440
PERŞEMBE	8	-	41°00'26 K	037°49'34 D	7
ULUBEY	9	Aydınlr Köyü	40°53'21 K	037°48'11 D	373
KIRLI	10	Merkez	40°59'04 K	037°43'07 D	177
MERKEZ	11	Kayabaşı	40°57'35 K	037°56'21 D	4
	12	Kayabaşı	40°57'35 K	037°56'21 D	4
FATSA	13	Ilıca	40°58'42 K	037°36'46 D	159
	14	Dolunay Mah.	41°03'35 K	037°27'51 D	80
	15	Yapraklı	41°03'17 K	037°27'13 D	142

3.2. Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Toprak örnekleri bahçe yüzeyinde “V” şeklinde çukurlar açılarak yüzeyin 0-20 cm derinliğinden bir defada alınmış ve laboratuara getirilmiş daha sonra topraklar hava kurusu hale getirildikten sonra 2 mm’lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir (Jackson 1958).

3.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH)

1:2.5 oranında toprak:su (10g toprak/25ml su) karışımının çalkalama makinesinde 5 dakika çalkalanmasından sonra, cam elektrotlu pH-metre yardımıyla ölçülmüştür (Jackson, 1958).

3.2.3. Toprak Tekstürü

Toprak taneciklerinin büyüklüklerine göre kum, silt ve kil olarak toprak içerisindeki yüzde içerikleri (toprak tekstürü), Bouyoucos hidrometre yöntemi ile ölçülmüştür (Bouyoucos, 1951). Bu yöntemde, taneciklerin süspansiyonda çökme hızından büyüklükleri hesaplanmaktadır. Toprakların tekstürlerine göre; Soil Survey Staff (1951)'deki tekstür üçgeni esas alınarak tekstür sınıfları belirlenmiştir.

3.2.4. Toprağın Kireç İçeriği

Toprakta bulunan kalsiyum karbonat (CaCO_3)'ın % 10' luk hidroklorik asit (HCl) ile tepkimesi sonucu açığa çıkan karbondioksit (CO_2) miktarının, kapalı bir sistemde (Scheibler kalsimetresi) standart sıcaklık ve basınç altındaki karbondioksit gazı hacminden hesaplandığı, kalsimetrik yöntem ile ölçülmüştür (Çağlar, 1958).

3.2.5. Toprakta Sodyum Bikarbonat İle Ekstrakte Edilebilir Fosfor Tayini

Toprağın 0.5 M NaHCO_3 (sodyum bikarbonat) çözeltisi ile yapılan ekstraktına geçen fosforun (P), molibdofosforik mavi renk yöntemi ile 882 nanometre dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede ölçülmüştür (Olsen ve ark., 1954).

3.2.6. Toprakta Amonyum Asetat İle Ekstrakte Edilebilir Kalsiyum, Potasyum ve Magnezyum Tayini

Toprağın 1.0 N NH_4OAc (amonyum asetat) çözeltisi ile yapılan ekstraktına geçen kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları ICP-AES (Inductively Coupled Plasma, Varian Vista Pro, Austria) cihazında belirlendiği yöntemle ölçülmüştür (Thomas, 1982; Knudsen ve ark., 1982).

3.2.7. Toprakta Dtpa İle Ekstrakte Edilebilir Demir, Çinko, Bakır ve Mangan Miktarları

Bir kilyet olan DTPA (Diethylenetriaminepentaacetic acid)'nın toprakta bulunan Fe^{+3} , Zn^{+2} , Cu^{+2} ve Mn ile oluşturduğu çözünebilir kompleksteki demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) miktarlarının ICP-AES (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometer, Varian Vista Pro, Austria) cihazı ile ölçülmüştür (Lindsay ve Norvell, 1978).

3.2.8. Toprakta Organik Madde (%) Miktarı

Toprakların organik madde miktarları Lichterfelder yaş yakma yöntemine (Schlichting ve Blume, 1966) göre yapılmıştır.

3.2.9. Toprak Analiz Değerlerinin Sınıflandırılması İçin Kullanılan Standart

Değerler

Denemeye ait toprak örneklerinin değerlendirilmesinde Çizelge 3.2.9.1. kullanılmıştır.

Çizelge 3.2.9.1. Toprak analiz değerlerinin sınıflandırılması için kullanılan standart değerler (kireç ve organik madde %, diğerleri mg kg⁻¹ olarak ifade edilmiştir.) (Alparslan ve ark., 1998).

pH	Kuvvetli Asit <4.5	Orta Asit 4.5-5.5	Hafif Asit 5.5-6.5	Nötr 6.5-7.5	Alkalın 7.5-8.5
Kireç	Kireçsiz 0-2	Az Kireçli 2 -4	Orta Kireçli 4-8	Kireçli 8-15	Çok Kireçli 15-50
Organik Madde	Çok az 0-1	Az 1-2	Orta 2-3	İyi 3-4	Yüksek >4
Fosfor	Çok az < 2.5	Az 2.5-8.0	Yeterli 8.0-25.0	Fazla 25.0-80.0	Çok Fazla > 80.0
Potasyum	Çok az < 50	Az 50-140	Yeterli 140-370	Fazla 370-1000	Çok Fazla > 1000
Kalsiyum	Çok az 0-380	Az 380-1150	Yeterli 1150-3500	Fazla 3500-10000	Çok Fazla > 10000
Magnezyum	Çok az 0-50	Az 50-160	Yeterli 160-480	Fazla 480-1500	Çok Fazla > 1500
Demir	Az < 0.2	Orta 0.2-4.5	Fazla > 4.5		
Bakır	Yetersiz < 0.2	Yeterli >0.2			
Çinko	Çok az < 0.2	Az 0.2-0.7	Yeterli 0.7-2.4	Fazla 2.4-8.0	Çok Fazla > 8.0
Mangan	Çok az < 4	Az 4-14	Yeterli 14-50	Fazla 50-170	Çok Fazla > 170

3.2.10. Topraklarda Adsorpsiyon ve Desorpsiyon Belirlenmesi

Denemelere ait toprak örneklerinde fosfor adsorpsiyon çalışmalarında, 2 mm'lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprak örnekleri 2 g tartılarak, üzerine 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mg l⁻¹ P içeren 40 ml 0.01 M CaCl₂ çözeltisi ilave edilmiş ve 18 saat çalkalandıktan sonra 3000 devir dk⁻¹ 3 dakika santrifüj edilerek toprak örneklerindeki sıvı kısım mavi band filitre kağıdından süzölmüş ve ekstrakt çıkarılmıştır. Adsorpsiyon analizinden geri kalan topraklar oda sıcaklığında (25⁰C) saklanarak iyice kurutulduktan sonra desorpsiyon analizi için toprak örnekleri üzerine 40 ml 0.01 M CaCl₂ çözeltisi ilave edilmiş ve tekrar 18 saat çalkalandıktan sonra topraklardan desorbe olan P miktarını belirlemek için örnekler tekrar 3000 devir dk⁻¹'de 3 dakika santrifüj edilmiş, toprak örneklerindeki sıvı kısım mavi band filitre kâğıdından süzölerek ekstrakt çıkarılmıştır (Bakheit Said ve Dekarmanji, 1993).

Ekstrakt çözeltileri askorbik asit ve çok düşük konsantrasyonda antimonil içeren asitlendirilmiş tek bir amonyum molibdat çözeltisi kullanılması ile mavi renk esasına göre çözeltideki P konsantrasyonları belirlenmiştir (Watanabe ve Olsen, 1965; Murphy ve Riley, 1962).

Topraklara ilave edilen fosforun adsorpsiyon miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. (Sağlam, 1997)

$$P_{ads} = [(C_0 - C_e) / C_0] \times 100$$

Bu eşitlikte;

P_{ads} = Adsorbe edilen fosfor (%)

C_0 = Sisteme ilave edilen fosfor konsantrasyonu (mg/l)

C_e = Sistem dengeye ulaştıktan sonraki fosfor konsantrasyonu (mg/l)

göstermektedir.

Fosfor adsorpsiyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Langmuir izotermi (Olsen, ve Watanabe, 1957; Derici ve ark., 1995; Derici ve Ağca 1999; Özaçar, 2003, Bilgili ve ark., 2004; Schulz ve Herzog, 2004), toprakların adsorbe ettikleri fosfor miktarını (x/m) ve denge çözeltilerinin fosfor konsantrasyonlarını (C) olarak ifade etmektedir. Bu çalışmalarda analiz yoluyla bulunan C ve hesaplama yoluyla bulunan C/(x/m) değerlerine regresyon analizi uygulanmaktadır. Regrasyon analizlerinin

sonucunda ise Langmuir adsorpsiyon izoterminin aşağıda doğrusallaştırılmış denklemi belirlenmektedir.

$$C/(x/m) = (1/kb)+(C/b)$$

Bu denklemde; b, adsorpsiyon maksimumu, k ise adsorpsiyon enerji katsayısını ifade etmektedir. Bu katsayılar doğrusallaştırılmış Langmuir denkleminin sırasıyla 1/b (eğim) ve 1/kb (kayma) değerlerinde hesaplanmaktadır (Derici ve ark., 1995; Derici ve Ağca 1999; Ağca ve Derici, 1999; Bilgili ve ark., 2004).

Langmuir adsorpsiyon izoterminine göre analiz verilerinin değerlendirilmesinde, C ve C/(x/m) değerleri arasında doğrusal ilişkilerin bulunduğu konsantrasyon aralıkları araştırılmıştır (Derici ve ark., 1995; Ağca ve Derici, 1999; Zhou ve Li, 2001; Bilgili ve ark., 2004).

Araştırmaya konu olan topraklarda P desorpsiyonu ise Bakheit Said ve Dekarmanji, (1993) ve Zhou ve Li (2001) ve tarafından aşağıda belirttikleri formüle göre hesaplanmıştır;

$$\% \text{ P-Desorpsiyon} = \frac{\text{Çözeltiye serbestlenen P miktarı (mg) x100}}{\text{Toplam adsorbe olan P (mg)}}$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yürütülen denemede birçok kivi bahçesi gezilerek bu bahçelere ait topraklarda fosfor adsorpsiyon ve desorpsiyon özelliklerini belirlemek amacıyla farklı toprak pH'ları ve tekstür içeriklerine sahip bahçe toprakları seçilmiştir. Deneme topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.1.1.'de verilmiştir. Bu sonuçlarla ilgili değerlendirmeler Çizelge 3.2.9.1.'e göre yapılmıştır. Topraklardan 5 ve 14 nolu topraklar asit, 1, 2, 4, 6, 7 ve 8 hafif asit, 3, 9, 10, 13 ve 15 nötr, 11 ve 12 hafif alkali reaksiyonlu topraklar olup, tekstür içerikleri ise 1, 2, 11, 12, 13 nolu topraklar kumlu tınlı, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 15 killi tınlı, 7 ve 9 killi, 10 ise tınlı kum olarak belirlenmiştir.

Toprak örnekleri genelde kireçsiz olup 10 nolu toprak örneği az kireçli, 11 ve 12 nolu topraklar kireçli olarak belirlenmiş diğer toprak örneklerinde ise kireç belirlenmemiştir. Toprak örneklerinde yapılan tuz analizlerinde tuz belirlenmemiştir. Organik Madde değerleri % 2.40-5.0 arasında, Ca değerleri 923-7266 mg kg⁻¹, Mg değerleri 95-896 mg kg⁻¹, Fe değerleri 3.7-80.1 mg kg⁻¹, Cu değerleri 0.2-3.3 mg kg⁻¹, Zn değerleri 0.4-10.8 mg kg⁻¹, Mn değerleri 4.4-58.7 mg kg⁻¹, K değerleri 74-1175 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bitkiye yararlı fosfor içeriği değerlendirildiğinde 11 ve 12 nolu örneklerde çok az, 10 nolu örnekte az, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 13, 14, 15 nolu örneklerde yeterli, 6 nolu örnekte fazla olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1.1. Toprak serilerinin önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak	Kireç %	Kireç Sınıfı	pH	Derecesi	Kum	Silt	Kil	Tekstür	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn	K	O.Madde
					%				(mg g ⁻¹)							%	
1	0	Kireçsiz	6.5	Hafif Asit	69.6	16.5	13.9	Kumlu Tın	2416	333	22	30.7	2.5	3.5	13.6	425	3.96
2	0	Kireçsiz	6	Hafif Asit	68.8	19.3	11.8	Kumlu Tın	2349	327	15.2	35.3	3.3	1.2	15.3	223	3.44
3	0	Kireçsiz	6.7	Nötr	34.1	32.6	33.3	Killi Tın	3630	506	24.6	26.5	2.1	5.8	30.7	913	5
4	0	Kireçsiz	5.9	Hafif Asit	33.5	33.2	33.2	Killi Tın	1624	95	15.8	80.1	2.2	10.8	34.4	312	5
5	0	Kireçsiz	5	Asit	35.2	30.7	34.1	Killi Tın	841	97	9.5	52	1	1.1	29.3	163	5
6	0	Kireçsiz	6	Hafif Asit	39.3	23.6	37.1	Killi Tın	4084	812	28.9	74.4	2	5.9	17.9	705	5
7	0	Kireçsiz	5.9	Hafif Asit	19	15.4	65.6	Kil	1233	203	7.6	3.7	0.2	0.4	28	260	3.7
8	0	Kireçsiz	6.3	Hafif Asit	26.6	28.8	44.6	Killi Tın	4773	896	17.8	18.4	1.8	0.9	38.2	362	3.44
9	0	Kireçsiz	7.5	Nötr	20.2	23.2	56.6	Kil	7266	437	13.1	4.4	1	3.2	7	1175	5
10	0.2	Az kireçli	7.2	Nötr	79.1	13.3	7.6	Tınlı Kum	4068	457	7.6	5.1	0.5	1.9	19.1	252	3.44
11	3.9	Kireçli	7.8	Hafif Alkali	65.2	19.5	15.3	Kumlu Tın	4521	340	0.1	8.9	1.7	3.4	4.4	614	3.18
12	4	Kireçli	7.9	Hafif Alkali	61	22.7	16.2	Kumlu Tın	4365	215	0.1	9.8	2.3	1.4	6.5	244	5
13	0	Kireçsiz	6.7	Nötr	53.6	33.1	13.3	Kumlu Tın	4046	706	17.2	21.3	2	1.9	15.1	366	3.96
14	0	Kireçsiz	5.4	Asit	35.3	33.4	31.3	Killi Tın	923	161	23.1	36.4	0.7	1.7	58.7	74	4.21
15	0	Kireçsiz	6.8	Nötr	37.5	30.9	31.6	Killi Tın	2281	274	20.3	32.9	3	7.1	48	502	2.4

4.2. Topraklarda Fosfor Adsorpsiyonu

Topraklarda fosfor adsorpsiyon değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.2.1., 4.2.2., 4.2.3.), deneme topraklarının adsorpsiyon özelliklerinin farklı olduğu ve uygulanan doz ile birlikte topraklarda adsorbe olan fosfor miktarının azaldığı görülmektedir. Özellikle düşük konsantrasyonlarda uygulanan fosfor çözeltilerinin yüksek oranlarda topraklar tarafından fikse olduğu belirlenmiştir. Topraklara uygulanan farklı denge çözeltilerinin etkileri ayrı ayrı incelendiğinde,

Topraklara 0.2 mg l⁻¹ fosfor uygulandığında en düşük adsorpsiyon % 75.63 ile 9 nolu toprak örneğinde elde edilirken en yüksek değer % 97.48 ile 15 nolu toprak örneğinde belirlenmiştir.

Topraklara 0.4 mg l⁻¹ fosfor uygulandığında adsorbe edilen fosfor miktarı en düşük adsorpsiyon % 75.63 ile 9 nolu toprak örneğinde elde edilirken en yüksek değer % 97.06 ile 15 nolu toprak örneğinde bulunmuştur.

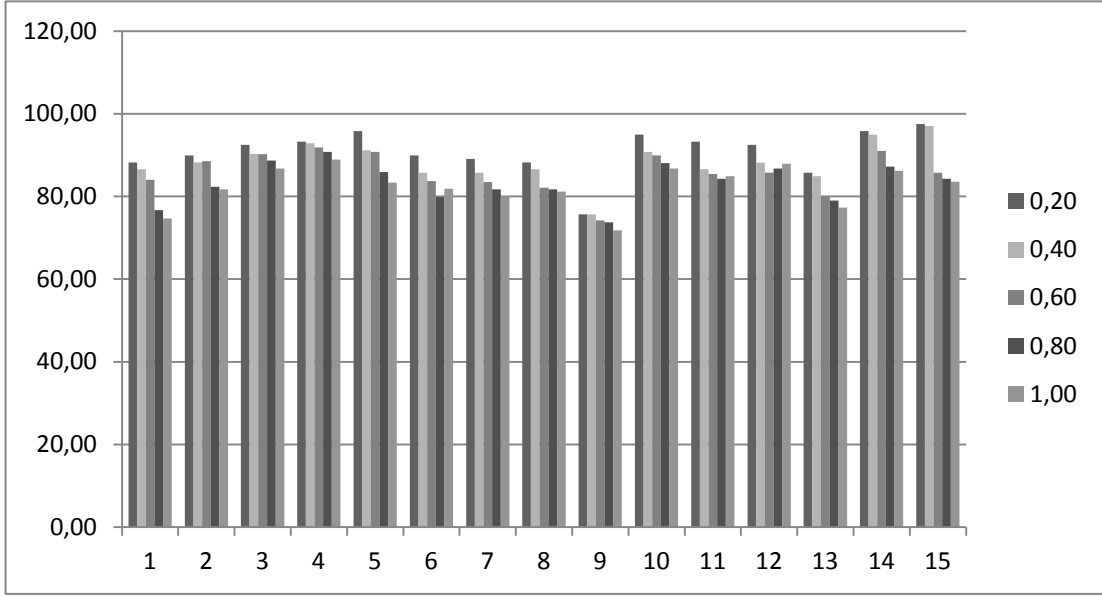
Topraklara 0.6 mg l⁻¹ fosfor uygulandığında adsorbe edilen fosfor miktarı en düşük adsorpsiyon % 74.23 ile 9 nolu toprak örneğinde elde edilirken en yüksek fosfor adsorpsiyonu ise % 91.88 ile 4 nolu toprak örneğinde bulunmuştur.

Topraklara 0.8 mg l⁻¹ fosfor uygulandığında adsorbe edilen fosfor miktarı en düşük adsorpsiyon % 73.74 ile 9 nolu toprak örneğinde elde edilirken en yüksek fosfor adsorpsiyonu ise % 90.76 ile 4 nolu toprak örneğinde bulunmuştur.

Topraklara 1.0 mg l⁻¹ fosfor uygulandığında adsorbe edilen fosfor miktarı en düşük adsorpsiyon % 71.77 ile 9 nolu alınan toprak elde edilirken en yüksek fosfor adsorpsiyonu % 88.91 ile 4 nolu toprak örneğinde bulunmuştur.

Toprak adsorpsiyon değerleri incelendiğinde en yüksek adsorpsiyon değerleri 0.2- 0.4 mg l⁻¹ fosfor uygulamasında 15 nolu nötr reaksiyonlu, killi tınlı ve kireçsiz toprakta görülürken, toprak örneklerine 0.6, 0.8, 1.0 mg l⁻¹ fosfor uygulandığında 4 nolu killi tınlı ve hafif asit reaksiyonlu toprakta fosfor adsorpsiyon değerlerinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, adsorpsiyon oranı yüksek topraklar, genelde düşük pH'lı ve killi tekstüre sahip topraklar olduğu görülmüştür.

Genel olarak fosfor adsorpsiyon değerleri incelendiğinde 0-1 mg kg⁻¹ uygulamalarında uygulanan fosforun % 88.9 oranında adsorbe olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.2.1.'de toprak örneklerinin farklı fosfor dozlarında adsorbe ettikleri fosfor miktarları (%) verilmiştir.



Şekil 4.2.1. Toprak örneklerinin farklı fosfor dozlarında adsorbe ettikleri fosfor miktarları (%)

Deneme sonuçlarına göre topraklara uygulanan fosforun önemli bir kısmı adsorbe olmuştur. Topraklarda düşük fosfor konsantrasyon aralığında çalışıldığında deneme sonuçlarından da anlaşılacağı üzere toprakların adsorpsiyon güçleri önemli ölçüde artmakta ve fosforun bağlanma gücünde buna paralel olarak yükselmektedir. Bu olay bağlayıcı yüzeyler ve fosfor arasındaki ilişkinin kuvvetinden ileri gelmektedir (Derici ve Ağca, 1999).

Topraklarda fosfor adsorpsiyonunun, toprakların pH ve kil miktarı ile fosfor fiksasyon güçleri arasındaki ilişkilerden kaynaklanabileceği ve toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişikliklere göre fosfor fiksasyon kapasitelerinin de farklı olabileceği belirlenmiştir. Konu ile ilgili yürütülen çalışmalarda da benzer bulgular araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Bilgili ve ark., 2004, Korkmaz 2005).

Masud ve ark., (2006) yaptıkları çalışmada 15 farklı özelliğe sahip toprağa 0, 1, 2, 5, 10, 25 ve 50 mg kg⁻¹ fosfor denge çözeltileri uygulamışlar ve yapılan deneme sonuçlarına paralel olarak, özellikle düşük fosfor konsantrasyonlarda toprakların adsorpsiyon güçlerinin yüksek olduğunu ve artan dozlarda fosfor uygulamaları ile birlikte topraklar tarafından adsorbe olan fosfor miktarının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, toprak özellikleri ve fosfor adsorpsiyonu arasındaki ilişkiyi belirlemek için yaptıkları korelasyon sonuçlarına göre topraklarda pH ve serbest demir oksitler ile fosfor adsorpsiyonu arasında önemli ilişkiler olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.2.1. 1, 2, 3, 4, 5 nolu toprakların adsorbe ettiği P miktarı ve denge çözelti konsantrasyonları

Toprak	ilave P	Ce	x/m	Adsorpsiyon
	-----mg/l-----		-----(mg kg^{-1})----	-----(%)-----
1 nolu	0.20	0.024	3.53	88.24
	0.40	0.054	6.92	86.56
	0.60	0.096	10.08	84.04
	0.80	0.187	12.27	76.68
	1.00	0.254	14.93	74.63
	ortalama			
2 nolu	0.20	0.020	3.60	89.92
	0.40	0.047	7.06	88.24
	0.60	0.069	10.62	88.52
	0.80	0.141	13.18	82.36
	1.00	0.183	16.34	81.68
	ortalama			
3 nolu	0.20	0.015	3.70	92.44
	0.40	0.039	7.23	90.34
	0.60	0.059	10.82	90.20
	0.80	0.091	14.19	88.66
	1.00	0.133	17.34	86.72
	ortalama			
4 nolu	0.20	0.013	3.73	93.28
	0.40	0.029	7.43	92.86
	0.60	0.049	11.03	91.88
	0.80	0.074	14.52	90.76
	1.00	0.111	17.78	88.91
	ortalama			
5 nolu	0.20	0,008	3.83	95.80
	0.40	0,035	7.29	91.18
	0.60	0,055	10.89	90.76
	0.80	0,113	13.75	85.93
	1.00	0,166	16.67	83.36
	ortalama			

Çizelge 4.2.2. 6, 7, 8, 9, 10 nolu toprakların adsorbe ettiği P miktarı ve denge çözelti konsantrasyonları

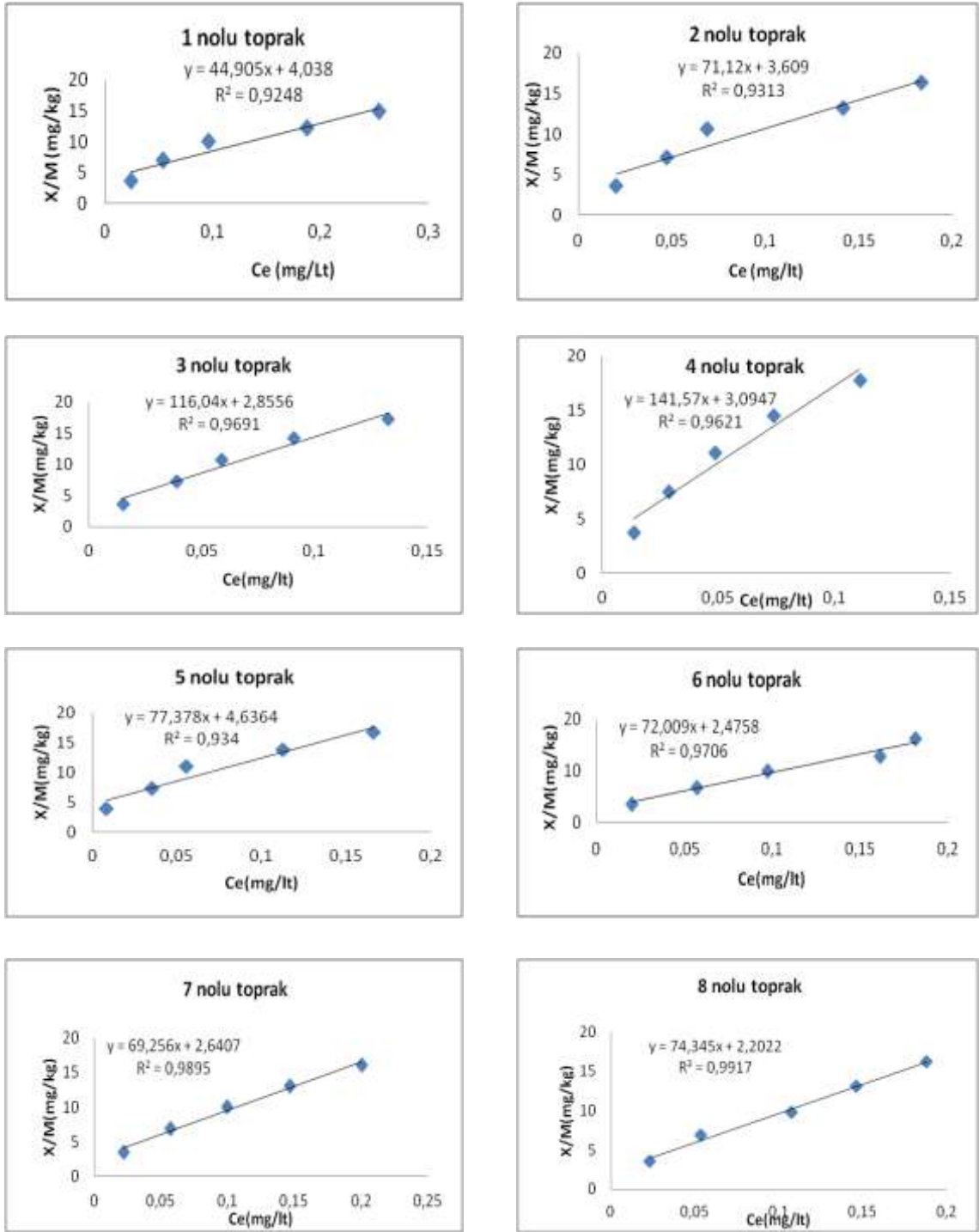
Toprak No	ilave P	Ce	x/m	Adsorpsiyon
	------(mg/l)-----		-----(mg kg ⁻¹)-----	------(%)-----
6 nolu	0.20	0,020	3.60	89.92
	0.40	0,057	6.86	85.72
	0.60	0,097	10.05	83.76
	0.80	0,161	12.77	79.83
	1.00	0,181	16.37	81.85
	ortalama			
7 nolu	0.20	0.022	3.56	89.08
	0.40	0.057	6.86	85.72
	0.60	0.099	10.02	83.48
	0.80	0.146	13.08	81.73
	1.00	0.200	16.00	80.00
	ortalama			
8 nolu	0.20	0.024	3.53	88.24
	0.40	0.054	6.92	86.56
	0.60	0.108	9.85	82.08
	0.80	0.146	13.08	81.73
	1.00	0.188	16.24	81.18
	ortalama			
9 nolu	0.20	0.049	3.03	75.63
	0.40	0.097	6.05	75.63
	0.60	0.155	8.91	74.23
	0.80	0.210	11.80	73.74
	1.00	0.282	14.35	71.77
	ortalama			
10 nolu	0.20	0.010	3.80	94.96
	0.40	0.037	7.26	90.76
	0.60	0.060	10.79	89.92
	0.80	0.096	14.08	88.03
	1.00	0.133	17.34	86.72
	ortalama			

Çizelge 4.2.3. 11, 12, 13, 14, 15 nolu toprakların adsorbe ettiği P miktarı ve denge çözelti konsantrasyonları

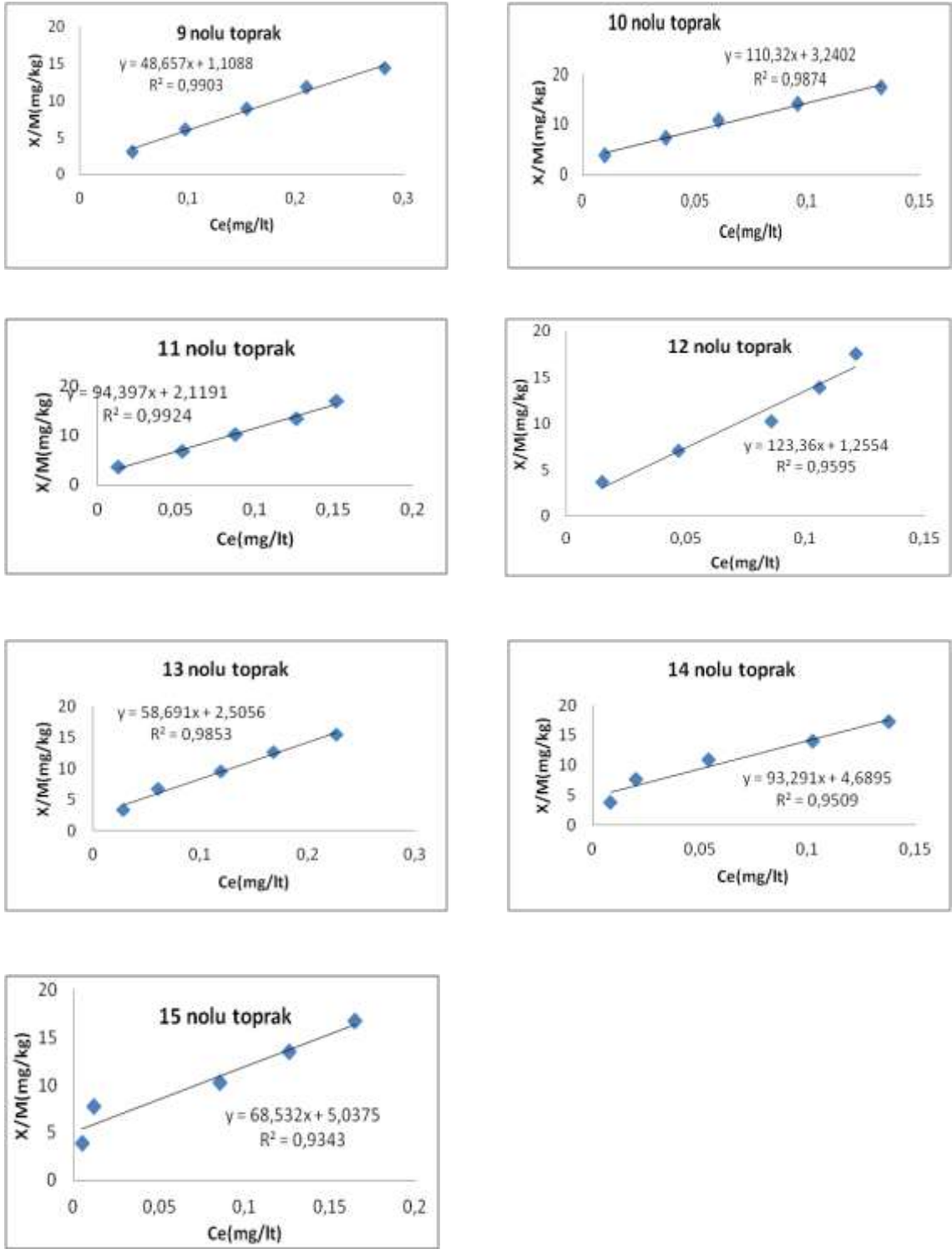
Toprak No	ilave P	Ce	x/m	Adsorpsiyon
	-----(mg/l)-----		-----(mg kg^{-1})----	-----($\%$)-----
11 nolu	0.20	0.013	3.73	93.28
	0.40	0.054	6.92	86.56
	0.60	0.087	10.25	85.44
	0.80	0.126	13.48	84.25
	1.00	0.151	16.98	84.88
	ortalama			
12 nolu	0.20	0.015	3.70	92.44
	0.40	0.047	7.06	88.24
	0.60	0.086	10.29	85.72
	0.80	0.106	13.88	86.77
	1.00	0.121	17.58	87.90
	ortalama			
13 nolu	0.20	0.029	3.43	85.72
	0.40	0.060	6.79	84.88
	0.60	0.119	9.61	80.11
	0.80	0.168	12.64	78.99
	1.00	0.227	15.46	77.31
	ortalama			
14 nolu	0.20	0.008	3.83	95.80
	0.40	0.020	7.60	94.96
	0.60	0.054	10.92	91.04
	0.80	0.103	13.95	87.19
	1.00	0.138	17.24	86.22
	ortalama			
15 nolu	0.20	0.005	3.90	97.48
	0.40	0.012	7.76	97.06
	0.60	0.086	10.29	85.72
	0.80	0.126	13.48	84.25
	1.00	0.165	16.71	83.53
	ortalama			

Topraklara uygulanan denge çözeltileri ve adsorpsiyon arasında yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre oldukça yüksek bir ilişki ($R^2=0.92-0.99$) tespit edilmiştir (Şekil 4.2.2. ve 4.2.3.) Yapılan regresyon analiz sonuçlarından elde edilen bulgulara göre, uygulanan fosforlu bileşiklerin artan dozu ile adsorbe olan fosfor arasında yüksek bir ilişki olduğu görülmektedir. Başlangıç çözeltilisinin fosfor konsantrasyonlarına bağlı olarak, denge çözeltilisinin fosfor konsantrasyonları da artış göstermiştir.

Toprağa uygulanan fosforlu bileşiklerin büyük çoğunluğunun kısa sürede bitkilerin alamayacağı forma dönüşerek topraklar tarafından fikse edildiği ve yarayışsız hale geçtiği bilinmektedir. Topraklara uygulanan fosforlu bileşiklerin hareketinin oldukça düşük olduğu ve % 75-90'ının bitkiler tarafından alınamadan topraklar tarafından fikse edildiği (Kampf ve Jung 1990) düşünüldüğünde, fosfor fiksasyonunun oldukça önemli bir konu olduğu ortaya çıkmaktadır. Toprakta fosfor fiksasyonuna toprakta bulunan kil tipi ve miktarı, toprak pH'sı, organik madde miktarı ve kireç gibi etmenler etki etmektedir. Özellikle de fosfor fiksasyonunun oluşum mekanizması topraklarda pH ile yakından ilişkilidir (Kokmaz, 2005, Masud ve ark., 2006). Konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda da araştırmacılar benzer bulgular elde etmiş olup, uygulanan fosforun önemli ölçüde topraklar tarafından adsorbe olduğunu belirtmişlerdir (Derici ve ark., 1995; Ağca ve Derici, 1999; Derici ve Ağca, 1999; Bakheit Said ve Dakermanji, 1993; Sui ve ark., 2000; Zhou ve Li 2001; Bilgili ve ark., 2004, Korkmaz, 2005, Masud ve ark., 2006). Ayrıca toprağa bilinçsiz ve aşırı miktarlarda uygulanan fosforlu bileşiklerin, fosforun yapısı gereği topraklarda hareketsiz olması ve yüksek adsorpsiyon gücü nedeniyle topraklarda biriktiği ve residual (artık) etkinin olduğu, bu nedenle, doğru bir gübreleme açısından ve çevre üzerine olan olumsuz etkilerinden dolayı fosfora ayrı bir önem verilmesi gerçeği birçok araştırmacı (Amrani ve ark., 1999; Gallet ve ark., 2003) tarafından belirtilmektedir.



Şekil 4.2.2. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu toprakların başlangıç çözeltilisi ve fosfor adsorpsiyonları arasındaki ilişkiler



Şekil 4.2.3. 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 nolu toprakların başlangıç çözeltisi ve fosfor adsorpsiyonları arasındaki ilişkiler

4.3. Topraklarda Desorpsiyon

Topraklara uygulanan denge çözeltileri ile meydana gelen desorpsiyon kapasiteleri incelendiğinde (Çizelgeler 4.3.1., 4.3.2., 4.3.3.) toprakların desorpsiyon kapasitelerinin farklı olduğu ve uygulanan doz ile birlikte genellikle topraklarda desorbe olan fosfor miktarının arttığı görülmektedir. Deneme sonuçları değerlendirildiğinde, toprakların özellikle düşük konsantrasyonlarda yüksek adsorpsiyon oranına (Çizelgeler 4.2.1., 4.2.2., 4.2.3.) sahip olduğu ve bu durumun tersi olarak desorpsiyon güçlerinin ise denge çözeltilerinin konsantrasyonunun artmasıyla artış gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum, özellikle fosforun düşük konsantrasyonlarda daha hızlı ve güçlü bir şekilde topraklar tarafından fikse edilmesinden kaynaklanmaktadır (Korkmaz, 2005).

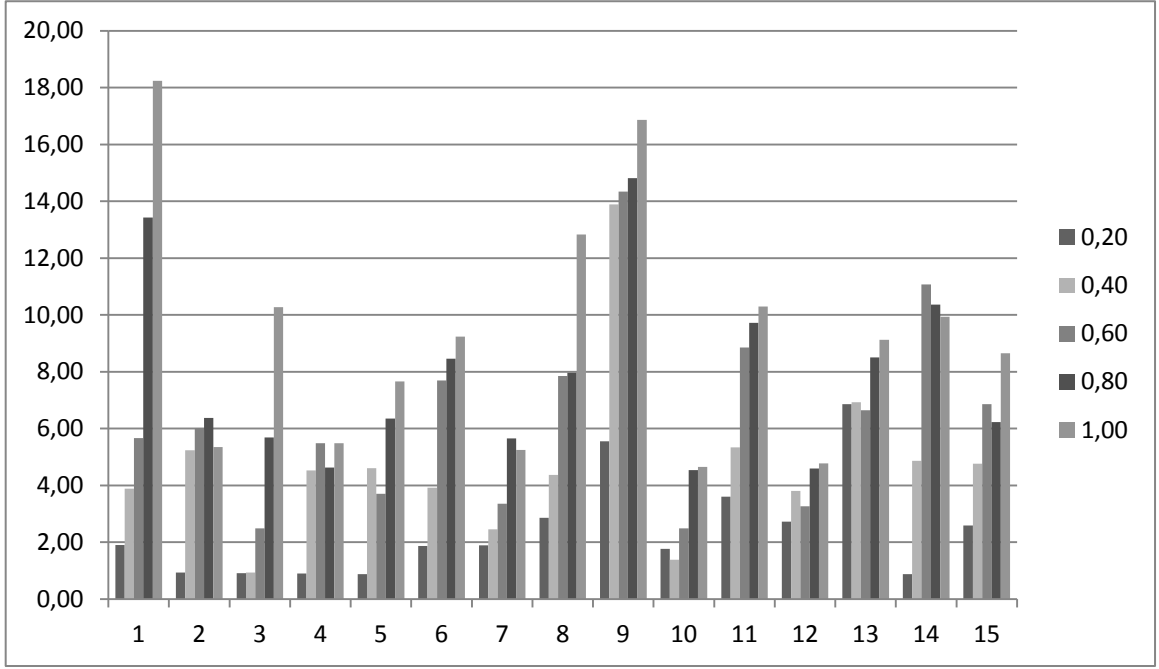
Analiz sonuçları incelendiğinde, 0.2 mg l⁻¹ denge çözeltilerinde en düşük desorpsiyon oranının % 0.88 ile 5 ve 14 nolu toprak örneklerinde, en yüksek desorpsiyon oranının ise % 6.86 ile 13 nolu toprak örneğinde olduğu belirlenmiştir.

Topraklarda 0.4 mg l⁻¹ denge çözeltilerinde meydana gelen desorpsiyon yüzdeleri en düşük desorpsiyon oranının % 0.93 ile 3 nolu toprak örneğinde ve en yüksek desorpsiyon oranının ise % 13.89 ile 9 nolu toprak örneğinde elde edildiği görülmüştür.

Topraklarda 0.6 mg l⁻¹ denge çözeltilerinde meydana gelen desorpsiyon yüzdeleri en düşük desorpsiyon oranının % 2.48 ile 3 nolu ve 10 nolu toprak örneğinde ve en yüksek desorpsiyon oranının ise % 14.34 ile 9 nolu toprak örneğinde elde edildiği görülmüştür.

Topraklarda 0.8 mg l⁻¹ denge çözeltilerinde meydana gelen desorpsiyon yüzdeleri en düşük desorpsiyon oranının % 4.53 ile 10 nolu toprak örneklerinde bulunmuş olup en yüksek desorpsiyon ise % 14.81 ile 9 nolu toprak örneğinde bulunmuştur.

Topraklarda 1.0 mg l⁻¹ denge çözeltilerinde meydana gelen desorpsiyon yüzdeleri en düşük desorpsiyon oranının % 4.65 ile 10 nolu toprak örneklerinde bulunmuş olup en yüksek desorpsiyon ise % 18.24 ile 1 nolu toprak örneğinde bulunmuştur. Şekil 4.3.1. de toprakların farklı fosfor dozlarında desorbe ettikleri fosfor miktarları (%) grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.3.1. Toprakların farklı fosfor dozlarında desorbe ettikleri fosfor miktarları (%)

Yapılan analizler sonucunda toprakların desorpsiyon güçlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, uygulanan denge çözeltileri dikkate alınmaksızın toprakların desorpsiyon değerleri % 2.97 ile 13.09 arasında değişiklik gösterdiği gözlenmektedir. Toprak örneklerinde desorpsiyon % 5.80 değerlerinin ortalaması en yüksek % 13.09 olup kireçsiz nötr reaksiyonlu killi tekstüre sahip organik madde miktarı yüksek 9 nolu toprak örneğinde bulunmuştur.

Yapılan analiz sonuçları incelendiğinde topraklara uygulanan denge çözeltilerinin genel olarak ortalama % 88.9 oranda adsorbe edildiği düşünüldüğünde, topraklara geri salınımı yani desorbe olan miktarın ortalama % 5.80 olduğu dikkate alındığında fosforun büyük ölçüde topraklar tarafından adsorbe edildiği ve uygulanan fosforlu bileşiklerin yüksek oranlarda topraklardaki bağlayıcı yüzeyler ve faktörler tarafından tutulduğu ve yarayışsız hale dönüştüğü görülmektedir.

Topraklara uygulanan fosfor çözelti konsantrasyonunun artmasıyla beraber, topraklar tarafından desorbe olan fosfor miktarının arttığı görülmektedir. Toprağa kolay çözünen bileşikler şeklinde uygulanan fosforun kısa bir süre içerisinde basit ekstraksiyon yöntemleri ile geri alınamaması ve toprağın katı fazı tarafından kuvvetle

tutulması, bitki besleme açısından istenmeyen bir durumdur. Fosforun sıvı fazdan hızlı katı faza çekilmesi bitkilere yararlılığını azaltmakta ve fosfor gübrelemesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle topraklara uygulanan fosforlu bileşiklerin tekrar çözeltiye kazandırılması yani desorpsiyonu büyük önem arz etmektedir. Toprakların tıpkı adsorpsiyon güçlerinin farklı olduğu gibi desorpsiyon güçlerinin de farklı olduğu uygulanan fosfor dozunun artırılması ile beraber desorpsiyon güçlerinin de arttığı, buna karşın fosforun büyük bir çoğunluğunun topraklar tarafından bağlanarak bitkilere yararlı hale geçtiği birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Bakheit Said ve Dakermanji, 1993, Barros ve ark., 2005, Korkmaz, 2005). Topraklarda desorpsiyon oranının bilinmesi tarım açısından olduğu kadar çevre açısından da önem arz etmektedir. Topraklarda ne kadar fosforun katı fazdan sıvı faza geçerek yeraltı ve yüzeysel sulara karışabileceği tespit edilebilir.

Çizelge 4.3.1. 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu toprakların desorbe ettiği P miktarları ve denge çözelti konsantrasyonları

Toprak No	ilave P	Ce	x/m	Desorpsiyon	Desorpsiyon
	----- mg l ⁻¹ -----		--(mg kg ⁻¹)--		-----(%)-----
1 nolu	0.20	0.807	0.13	0.07	1.90
	0.40	1.882	0.54	0.27	3.88
	0.60	3.159	1.14	0.57	5.67
	0.80	4.638	3.29	1.65	13.42
	1.00	6.117	5.44	2.72	18.24
	ortalama				
2 nolu	0.20	0.067	0.07	0.03	0.93
	0.40	0.672	0.74	0.37	5.24
	0.60	1.277	1.28	0.64	6.01
	0.80	1.680	1.68	0.84	6.38
	1.00	1.748	1.75	0.87	5.35
	ortalama				
3 nolu	0.20	0.672	0.07	0.03	0.91
	0.40	1.344	0.13	0.07	0.93
	0.60	2.353	0.54	0.27	2.48
	0.80	2.958	1.61	0.81	5.69
	1.00	4.235	3.56	1.78	10.27
	ortalama				
4 nolu	0.20	0.471	0.07	0.03	0.90
	0.40	0.807	0.67	0.34	4.52
	0.60	1.210	1.21	0.60	5.49
	0.80	1.344	1.34	0.67	4.63
	1.00	1.277	1.95	0.97	5.48
	ortalama				
5 nolu	0.20	0.340	0.07	0.03	0.88
	0.40	0.739	0.67	0.34	4.61
	0.60	0.807	0.81	0.40	3.70
	0.80	0.874	1.75	0.87	6.36
	1.00	1.008	2.55	1.28	7.66
	ortalama				

Çizelge 4.3.2. 6, 7, 8, 9, ve 10 nolu toprakların desorbe ettiği P miktarları ve denge çözelti konsantrasyonları

Toprak No	ilave P	Ce	x/m	Desorpsiyon	Desorpsiyon
	----- mg l ⁻¹ -----		--(mg kg ⁻¹)--		-----(%)-----
6 nolu	0.20	0.134	3.60	0.07	1.87
	0.40	0.538	6.86	0.27	3.92
	0.60	1.546	10.05	0.77	7.69
	0.80	2.218	12.77	1.11	8.46
	1.00	3.025	16.37	1.51	9.24
	ortalama				
7 nolu	0.20	0.134	3.56	0.07	1.89
	0.40	0.336	6.86	0.17	2.45
	0.60	0.672	10.02	0.34	3.36
	0.80	1.479	13.08	0.74	5.65
	1.00	1.680	16.00	0.84	5.25
	ortalama				
8 nolu	0.20	0.202	3.53	0.10	2.86
	0.40	0.605	6.92	0.30	4.37
	0.60	1.546	9.85	0.77	7.85
	0.80	2.084	13.08	1.04	7.97
	1.00	4.167	16.24	2.08	12.83
	ortalama				
9 nolu	0.20	0.336	3.03	0.17	5.55
	0.40	1.680	6.05	0.84	13.89
	0.60	2.554	8.91	1.28	14.34
	0.80	3.495	11.80	1.75	14.81
	1.00	4.840	14.35	2.42	16.86
	ortalama				
10 nolu	0.20	0.134	3.80	0.07	1.77
	0.40	0.202	7.26	0.10	1.39
	0.60	0.538	10.79	0.27	2.49
	0.80	1.277	14.08	0.64	4.53
	1.00	1.613	17.34	0.81	4.65
	ortalama				

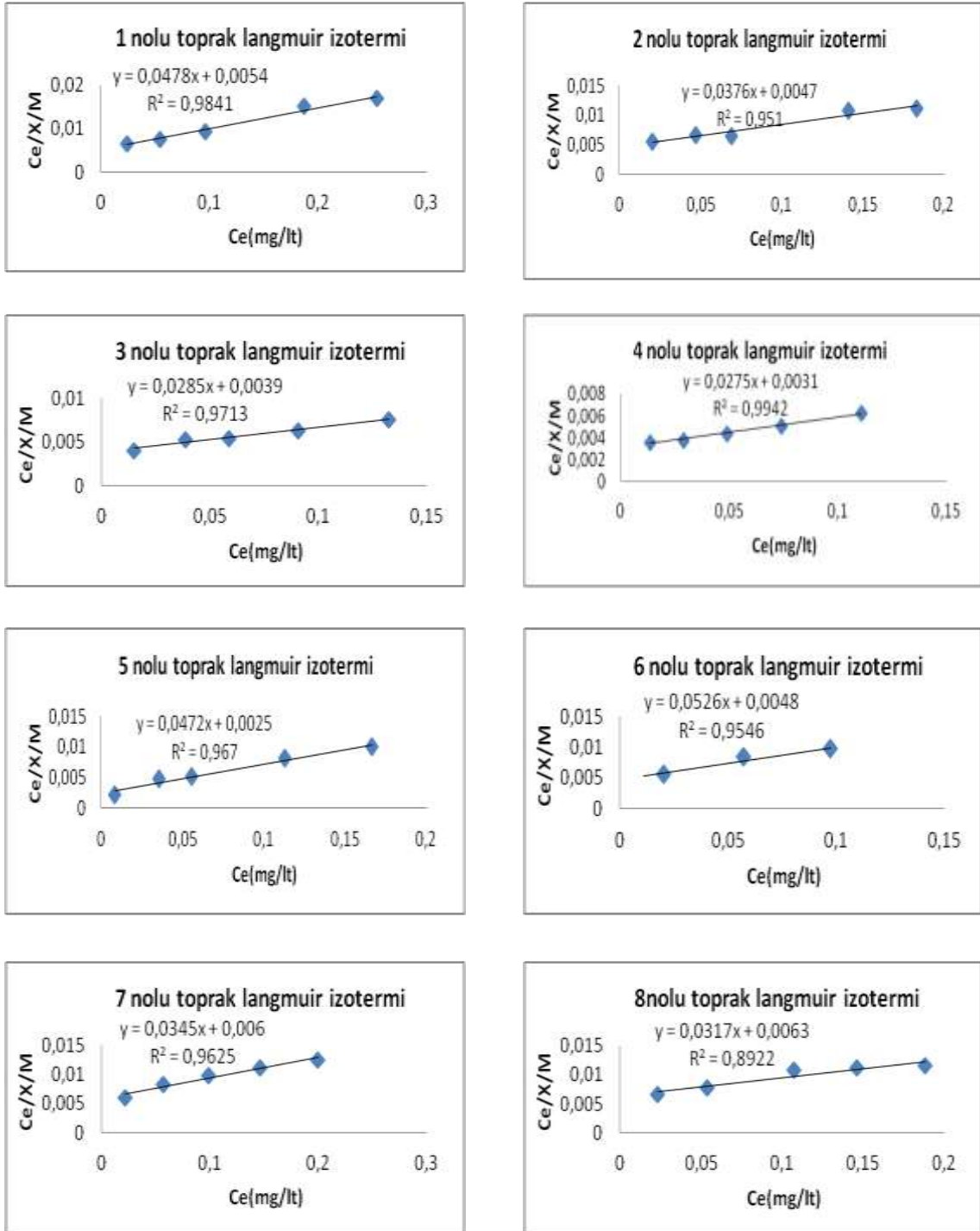
Çizelge 4.3.3. 11, 12, 13, 14, 15 nolu toprakların desorbe ettiği P miktarları ve denge çözelti konsantrasyonları

Toprak No	ilave P	Ce	x/m	Desorpsiyon	Desorpsiyon
		-----mg l ⁻¹ -----	--(mg kg ⁻¹)--		-----(%)-----
11 nolu	0.20	0.269	3.73	0.13	3.60
	0.40	0.739	6.92	0.37	5.34
	0.60	1.815	10.25	0.91	8.85
	0.80	2.621	13.48	1.31	9.72
	1.00	3.495	16.98	1.75	10.30
				ortalama	7.56
12 nolu	0.20	0.202	3.70	0.10	
	0.40	0.538	7.06	0.27	3.81
	0.60	0.672	10.29	0.34	3.27
	0.80	1.277	13.88	0.64	4.60
	1.00	1.680	17.58	0.84	4.78
				ortalama	3.84
13 nolu	0.20	0.471	3.43	0.24	6.86
	0.40	0.941	6.79	0.47	6.93
	0.60	1.277	9.61	0.64	6.64
	0.80	2.151	12.64	1.08	8.51
	1.00	2.823	15.46	1.41	9.13
				ortalama	7.61
14 nolu	0.20	0.067	3.83	0.03	0.88
	0.40	0.739	7.60	0.37	4.87
	0.60	2.420	10.92	1.21	11.08
	0.80	2.890	13.95	1.45	10.36
	1.00	3.428	17.24	1.71	9.94
				ortalama	7.42
15 nolu	0.20	0.202	3.90	0.10	2.59
	0.40	0.739	7.76	0.37	4.76
	0.60	1.412	10.29	0.71	6.86
	0.80	1.680	13.48	0.84	6.23
	1.00	2.890	16.71	1.45	8.65
				ortalama	5.82

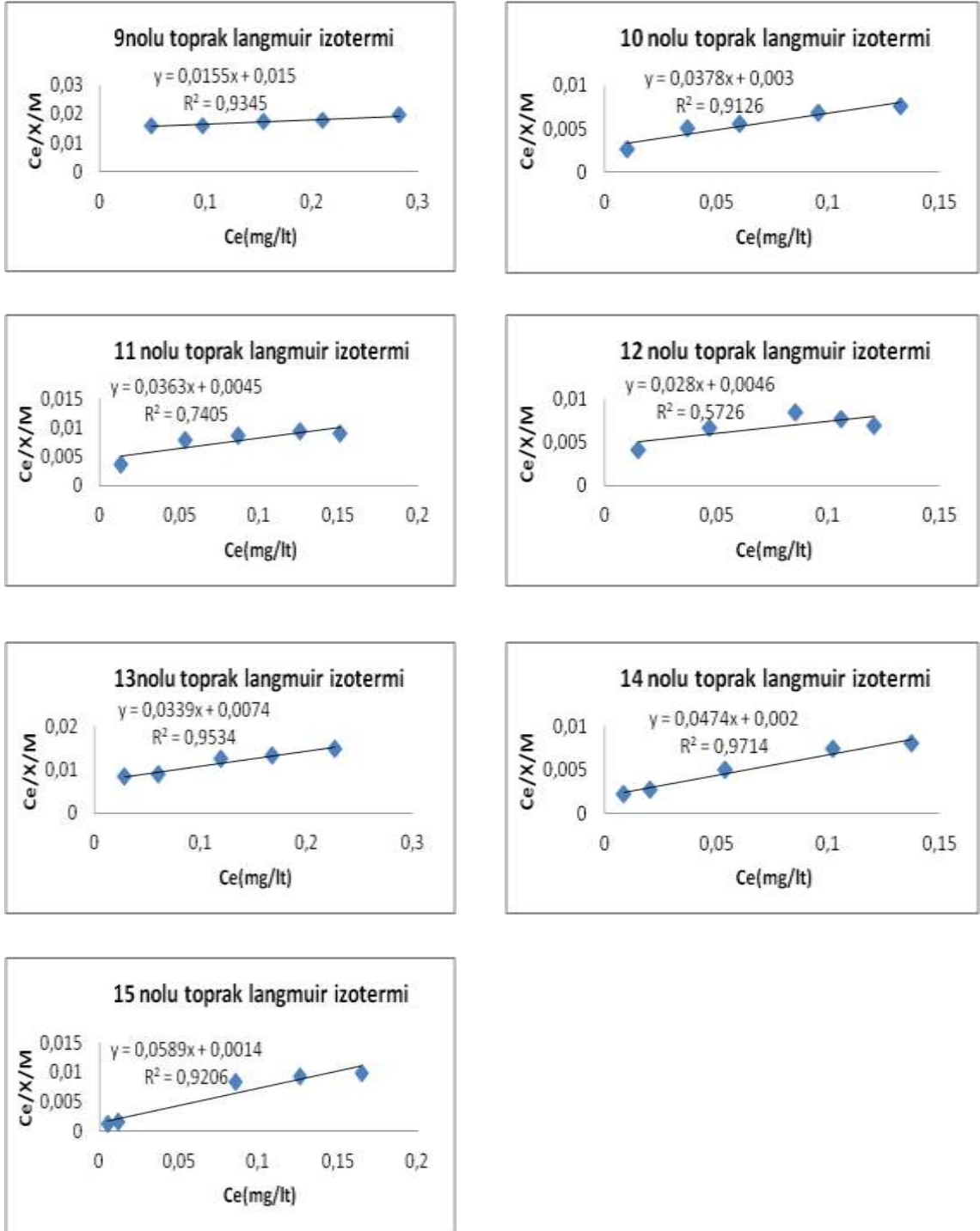
4.4. Topraklarda Adsorpsiyon İzoterm Çalışmaları

Araştırma konusu olan toprak serilerinde yapılan fosfor adsorpsiyonu ile ilgili çalışmada, orjinal fosfor çözeltisi konsantrasyonları C_0 , denge çözeltisi fosfor konsantrasyonları C , topraklar tarafından adsorbe edilen fosfor miktarları x/m değerleri Çizelge 4.2.1., 4.2.2., 4.2.3.'de ve bu değerlere ait serilerin $(C/x/m)/C$ değerlerini ve bu değerlere ait regresyon eğrilerini gösteren grafikler Şekil 4.2.2. ve 4.2.3.'de, uygulamalardan sonra elde edilen denge çözeltilerinin b , adsorpsiyon maksimumu ve k , adsorpsiyon enerji katsayılarıyla birlikte doğrusallaştırılmış Langmuir denklemleri ile ilgili veriler Çizelge 4.4.1.'de verilmiştir. Çizelge 4.4.2.'de de deneme topraklarının bazı fiziksel, kimyasal özellikleri ile adsorpsiyon parametreleri (b , k) arasındaki korelasyon ve korelasyon katsayıları verilmiştir.

Araştırma konusu topraklarla ilgili $C/(x/m)$ ve C arasındaki ilişki incelendiğinde (Çizelge 4.4.1.), toprak serilerine uygulanan Langmuir denklemi determinasyon katsayıları (r^2) değerleri 0.98-0.95-0.97-0.99-0.97-0.87-0.96-0.89-0.93-0.91-0.74-0.57-0.95-0.97-0.92 gibi yüksek korelasyonlar göstererek özellikle fosforun konsantrasyonu ve topraklar tarafından adsorbe olan fosfor arasında yüksek bir ilişkiyle birlikte araştırmaya konu olan topraklarda Langmuir izoterminin de uygunluğunu göstermektedir. Konuyla ilgili olarak yapılan birçok çalışmada araştırmacılar fosfor adsorpsiyonu ile ilgili olarak Langmuir izoterminin uygunluk gösterdiği ve Langmuir determinasyon katsayılarının (r^2) 0.84 ile 0.99 (Derici ve ark., 1996), 0.90 ile 0.99 (Derici ve Ağca, 1999), 0.55 ile 0.99 (Samadi, 2006) arasında değiştiği bildirilmektedir. Yürüttüğümüz çalışma sonuçları da literatür değerleri ile uygunluk göstermektedir.



Şekil 4.4.1. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu toprakların Langmuir fosfor adsorpsiyon izotermi



Şekil 4.4.2. 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 nolu toprakların Langmuir fosfor adsorpsiyon izotermi

Çizelge 4.4.1. Topraklara ait Langmuir parametreleri b ve k değerleri

Toprak no	Langmuir denklemi	b	K	r ²
1	$Y=0.0478x+0.0054$	185	0.113	0.98
2	$Y=0.0376x+0.0047$	213	0.125	0.95
3	$Y=0.0285x+0.0039$	256	0.137	0.97
4	$Y=0.0275x+0.0031$	323	0.113	0.99
5	$Y=0.0472x+0.0025$	400	0.053	0.97
6	$Y=0.0368x+0.0057$	175	0.155	0.87
7	$Y=0.0345x+0.006$	167	0.174	0.96
8	$Y=0.0317x+0.0063$	159	0.199	0.89
9	$Y=0.0155x+0.015$	67	0.968	0.93
10	$Y=0.0378x+0.003$	333	0.079	0.91
11	$Y=0.0363x+0.0045$	222	0.124	0.74
12	$Y=0.028x+0.0046$	217	0.164	0.57
13	$Y=0.0339x+0.0074$	135	0.218	0.95
14	$Y=0.0474x+0.002$	500	0.042	0.97
15	$Y=0.0589x+0.0014$	714	0.024	0.92

Topraklara ait adsorbsiyon maksimumu olan b değeri toprak no sırasıyla 185, 213, 256, 323, 400, 175, 167, 159, 67, 333, 222, 217, 135, 500, 714 değerleri bulunmuş olup maksimum b değeri 15 nolu örnekte 714 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4.1.). Adsorpsiyon enerji katsayısı olan k değerleri ise 0.113, 0.125, 0.137, 0.113, 0.053, 0.155, 0.174, 0.199, 0.968, 0.079, 0.124, 0.164, 0.218, 0.042, 0.024 değerleri bulunmuş olup maksimum k değeri 9 nolu toprakta 0.968 olarak bulunmuştur. Deneme sonuçları ile uygunluk göstermektedir.

Bayraklı (2001) tarafından yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup, k değerleri 0.40-2.70 arasında, b değerleri ise 133.6-303.8 mg kg⁻¹ arasında; Derici (1996) ise farklı bir çalışmada b değerini 299-2252 mg kg⁻¹ ve k değerini ise 0.0254-3.817 l mg⁻¹ arasında bulmuştur. Ağca ve Derici (1999) Adıyaman Çamgazi topraklarında yaptıkları çalışmada b değerlerini 68-581 mg kg⁻¹ k değerlerini ise 0.21-14.08 l mg⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Farklı toprak tiplerinde yapılan diğer bir araştırmada ise b değeri 617-1481 mg kg⁻¹ k değerleri ise 0.75-1.80 l mg⁻¹ olarak bulunmuştur (Masud, 2006).

Çizelge 4.4.2. Toprak örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Adsorpsiyon Parametreleri (b, k) Arasındaki Korelasyon ve Korelasyon Katsayıları

	k (ml µg⁻¹)	b (µg g⁻¹)
Kireç	-0.124	-0.088
pH	-0.269	0.342
Kum	-0.008	-0.367
Silt	0.397	-0.097
Kil	-0.157	0.457
Ca	-.573(*)	.663(**)
Mg	-0.442	0.093
P	-0.012	-0.074
Demir	0.269	-0.303
Bakır	0.120	-0.226
Çinko	0.297	-0.030
Mangan	.713(**)	-0.341
K	-0.373	.692(**)
Org. Madde	-0.373	0.304
K	-0.449	
b		-0.449

*,** Sırasıyla istatistiksel olarak önem seviyeleri (0.05 ve 0.001)

Toprakların özellikle adsorpsiyon maksimumu olan b ve adsorpsiyon enerji katsayısı olan k değerleri, toprakların fosforu adsorbe etmeleri açısından önemli bir gösterge oluşturmaktadır. Toprakların artan adsorpsiyon maksimumu b ve adsorpsiyon enerji katsayısı olan k değerleri ile beraber fosfor adsorpsiyonu da artış göstererek, topraklarda fosfor yarıyışsız hale gelmektedir. Analiz sonuçlarında elde edilen b ve k değerleri literatür verileri ile benzerlik göstermektedir (Korkmaz, 2005). Toprakların adsorpsiyon maksimumu olan b değeri kalsiyum ve potasyumla pozitif ilişki gösterirken,

adsorpsiyon enerji katsayısı olan k değeri ise kalsiyumla negatif manganla pozitif bir ilişki göstermektedir (Çizelge 4.4.2.).

Bu araştırmada hesaplanan k değerlerinin literatür değerlerinden biraz yüksek olması, k değerlerinin hesaplandığı izotermelerin çok düşük konsantrasyonlarla çalışılmış olmasından kaynaklanabilir. Topraklarda düşük konsantrasyon aralığında çalışıldığında deneme sonuçlarından da görüldüğü gibi toprakların adsorpsiyon güçleri önemli ölçüde artmakta ve fosforun bağlanma gücünde buna paralel olarak yükselmektedir. Bu olay bağlayıcı yüzeylerin fosfora eğiliminin yüksek olmasından kaynaklanabilir. Konuyla ilgili olarak Derici ve Ağca (1999), ve Korkmaz (2005) gibi araştırmacılar da benzer bulgular olduğunu belirtmişlerdir.

İzotermelerden elde edilen b ve k değerleri ile toprakların özellikle pH, kireç, organik madde ve kil içerikleri arasında yapılan korelasyon analizleri sonucunda istatistiksel olarak önemli sonuçlar elde edilemesede, konuyla ilgili olarak fosfor yarayırlılığının özellikle toprak pH'sı, kilin cinsi ve miktarı, organik madde ve kireç içeriği açısından önemli derecede etkilendiği bilinmektedir (Güzel ve ark., 2002). Ancak bu çalışmada bu ilişkilerin önemli çıkmaması toprağı oluşturan fraksiyonların birbirleri arasındaki ve bu fraksiyonların toprak çözeltisi ile olan oldukça karmaşık bir ilişkiye sahip olması nedeniyledir. Topraklarda cereyan eden birçok kimyasal süreç üzerine toprak özellikleri arasında güçlü bir ilişki olması nedeniyle özellikle pH, kireç, organik madde ve kil içerikleri ile b ve k değerleri arasındaki korelasyonlar sonuç vermemiş olabilir.

Karadeniz Bölgesinden alınan değişik özellikteki bazı topraklarda fosfor adsorpsiyonu araştırmasında, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden Ca, Mg ve organik madde ile Freundlich parametresi k ve Langmuir parametresi b değerleri arasında kayda değer bir ilişki bulunmadığı belirtilmiştir (Çoluk, 2007). Konuyla ilgili diğer bir çalışmada ise Çarşamba ve Bafra ovalarından alınan topraklarda yapılan bir çalışmada Çarşamba ovası topraklarının adsorpsiyon maksimumu b değerleri ile kil, organik madde ve kalsiyum değerlerinin yüksek bir korelasyon ilişki içinde olduğu Bafra ovası topraklarının ise bu özelliklerle kayda değer bir ilişkisi olmadığı belirtilmiştir (Yıldırım, 2005).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Topraklarımızın, toplam fosfor içeriği normal ve normalin üzerinde bulunduğu halde, yarayışlı fosforun azlığı ve uygulanan fosforun fikse edilmesi; çiftçileri bitki gereksiniminin üzerinde fosforlu gübre uygulamaya yöneltmiştir. Topraklara dengesiz ve bilinçsiz olarak yüksek dozlarda uygulanan fosforlu gübreler mevcut olan Ca ile birlikte Zn ve Fe'nin bitkiler tarafından alınmasını engelleyerek besin dengesini bozmaktadır (Topbaş ve Brohi, 1998). Fosforlu gübrelerin bileşiminde bulunan Cd, Pb, Ni, Cr ve No gibi ağır metaller de toprak kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca fosfor yeraltı suyu ve içme suyu kaynaklarını kirletmesi açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Gübreleme sonucunda ekili alanlardan, göl ve derelere akan atık fosfor yosun oluşumunu artırıp tatlı su ekosisteminin ve su kalitesinin bozulmasına neden olur. Tatlı sularda çözülmüş organik atıkların yol açtığı, oksijen yetmezliği ile aşırı alg ve yosun üremesi döngüsü olan ötrofikasyon, yüksek oranlarda fosfordan meydana gelmektedir. İstenmeyen miktarda çoğalan algler su ekosistemini ve suyun kalitesini bozmaktadır. P adsorpsiyon ve desorpsiyon grafik ve izotermeleri ortama verilen fosfor miktarı bilindiği takdirde ne kadarının katı faz tarafından tutulacağına ne kadarının çözeltide kalıp ne kadarının yeraltı ve yüzey sularına karışabileceği hesaplanabilir. Elde edilen verilerle gerek evsel ve endüstriyel atıklarla gerekse gübreleme sonucunda alıcı ortamlara karışan fosfor miktarları hesaplanabilir ve buna göre ne şekilde giderim yöntemi uygulanabileceği belirlenebilir.

Adsorpsiyon izotermeleri ile belirlenen özellikler, toprakların fosfor adsorpsiyon kapasiteleri, fosforun tutulma enerjileri gibi konularda önemlidir. Fosforu gübreleme yönetimi ve su kalitesi açısından değerlendirdiğimizde topraklar tarafından adsorpsiyon ve desorpsiyonunun iyi anlaşılması gerekmektedir.

Toprağa uygulanan fosforun büyük bölümü toprak tarafından yarayışsız forma dönüşmekte ve bitkiler tarafından alınamamaktadır. Yürütülen çalışmada analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinde 0-1.0 mg kg⁻¹ konsantrasyonları arasında uygulanan fosfor çözeltilerin toprak tarafından ortalama fosfor adsorpsiyonu % 88.9 ortalama fosfor desorpsiyonu % 5.80 bulunmuştur. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde topraklara uygulanan fosforun önemli oranda topraklar tarafından sorbe edilirken, düşük oranlarda topraklar tarafından geri salındığı gözlenmiştir. Bu konu fosfor gübrelemesi

ve çevre kalitesi açısından son derece önemlidir. Araştırma konusu topraklarla ilgili Langmuir denklemi determinasyon katsayıları (r^2) değerleri 0.57-0.98 bulunmuş olup konuyla ilgili olarak yapılan birçok çalışmada araştırmacılar fosfor adsorpsiyonu ile ilgili olarak Langmuir determinasyon katsayılarının (r^2) 0.84 ile 0.99 (Derici ve ark., 1996), 0.90 ile 0.99 (Derici ve Ağca, 1999), 0.55 ile 0.99 (Samadi, 2006) arasında değiştiğini ve Langmuir izoterminin uygunluk gösterdiğini bildirilmektedir. Yürüttüğümüz çalışma sonuçları da literatür değerleri ile uygunluk göstermektedir.

Toprak örneklerine ait adsorpsiyon maksimumu olan b değeri 67-714 değerleri arasında bulunmuş olup, adsorpsiyon enerji katsayısı olan k değerleri ise 0.024-0.968 değerleri arasında bulunmuştur. Toprakların adsorpsiyon maksimumu olan b değeri kalsiyum ve potasyumla pozitif ilişki gösterirken, adsorpsiyon enerji katsayısı olan k değeri ise kalsiyumla negatif manganla pozitif bir ilişki göstermiştir.

Doğru bir gübreleme programının belirlenmesi; aşırı gübre kullanımının önlenmesi, doğal kaynakların korunması, çevresel ve ekonomik kayıpların azaltılması için toprak analizlerine öncelik verilmelidir. Tarımsal üretim sisteminde fosforun etkin kullanımı açısından değerlendirildiğinde ise toprakların fosfor adsorpsiyon ve desorpsiyon kapasitelerinin belirlenerek gübre uygulamalarında dikkate alınması gereklidir.

6. KAYNAKLAR

- Ağca, N., Derici, M. R., 1999. Adıyaman Çamgazi Ovası Topraklarının Fosfor Adsorpsiyonunun Değişik İzotermlerle Belirlenmesi. Tr. J. of Agriculture and Forestry 29(2): 401-407.
- Ahmed, M. F., Kennedy, I. R., Choudhury, A.T.M.A., Kecskes, M. L. and Deaker, R., 2008 Phosphorus adsorption in some australian soils and influence of bacteria on the desorption of phosphorus. [Communications in Soil Science and Plant Analysis 39](#): 1269–1294.
- Aktaş, M., 1991. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara.
- Al-Salama Y. J., 2008. Behavior of Added Phosphorus to Different Soil types in Deir Ezzor Governorate–Syria. Tishreen University Journal Bio. Sciences Series.5(2): 193-201.
- Alpaslan, M., Güneş, A. ve İnal, A., 1998. Deneme Tekniği, A.Ü.Z.F. Yayın No: 1501, Ders Kitabı: 455. A.Ü.Z.F. Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, Ankara.
- Amrani, M., Westfall, D. G. And Moughli, L., 1999. Evaluation of Residual and Cumulative Phosphorus Effects in Contrasted Moroccan Calcareous Soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 55: 231-238.
- Ata, S., 2006. Erzurum Ovası Toprak Gruplarının Fosfor Adsorpsiyonu Üzerine Toprak Özelliklerinin Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y.Lisans Tezi. Ss.:72.
- Bakheit Said, M., Dakermanji, A., 1993. Phosphate Adsorption and Desorption by Calcareous Soils of Syria. Commun. Soil. Sci. Plant Anal., 24: 197-210.
- Barros, N. F., Filho, N., Comerford, B., Barros, N. F., 2005. Phosphorus Sorption, Desorption and Resorption by Soils of The Brazilian Cerrado Supporting Eucalypt. Biomass and Bioenergy 28: 229-239.
- Bayraklı, B., 2001. Karadeniz Bölgesi'nden alınan bazı topraklar ve Zeolit'in fosfor Adsorpsiyon özelliklerinin Langmuir ve Freundlich Adsorpsiyon İzotermleriyle değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. O.M.Ü. F.B.E. Samsun.

- Bilgili, A. V., Karaca, S., Usta, S., Dengiz, O., 2004. A Study on Phosphorus Adsorption in Some Great Soil Groups of Semi-arid Region of Turkey. Proceedings of The International Soil Congress. (CD-Book). Erzurum, Turkey.
- Bouyocous, G. L., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. J.* 43: 434-438.
- Brohi, A. R., Aydeniz, A., Karaman, M. R., Erşahin, S., 1994. Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Yay.:4 s:105-106 Tokat.
- Camelo, L. G. L., Miguez, S. R. and Marban, L., 1997. Heavy Metals Input with Phosphate Fertilizers Used in Argentina. *The Science of The Total Environment* 204(3): 245-250.
- Campbell, K. L. and Edwards, D. R., 2001. Phosphorus and Water Quality. W.F. Ritter and A. Shirmonhammad (Ed) *Agricultural Nonpoint Source Pollution, Waterhed Management and Hydrology*, 91-107 Boca Raton, New York, Washington.D.C.
- Carpenter, S. R., Bennet, E. M., 2011. Reconsiderations of the planetary boundary for phosphorous. *Environmental Research Letters*, 6(1): 1-12.
- Ceylan, Ş., Kılınç, R., Karakaş, N. D., 2003 Bitlis Yöresi Topraklarının fosfor adsorpsiyon ve fiksasyon durumlarının nükleer yöntem ile belirlenmesi. *Ege Üni. Zir. Fak. Dergisi.*40/1: 71-78.
- Chacon, N. and Dezzio, N., 2004. Phosphorus Fractions and Sorption Processes in Soil Samples Taken in A Forest-Savanna Sequence of The Gran Saban in Southern Venezuela. *Biol Fertil Soils* 40: 14-19.
- Condron, M. L., 2003. Dynamics and Availability of Organic Phosphorus in Soil. P roceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Contium p: 14-15.
- Çağlar, K. Ö., 1958. Toprak Bilgisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No:10, s.28.
- Çoluk, Ö., 2007. Karadeniz Bölgesinden Alınan Değişik Özellikteki Bazı Topraklarda Fosfor Adsorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi. O.M.Ü. F.B.E. Samsun.
- Daroub, S. H., Gerakis, A., Itchie, J. T., Friesen, K. D., Ryan, J., 2003. Development of A Soil-Plant Phosphorus Simulation Model for Calcareous and Weathered Tropical soils. *Agricultural Systems* 76(3): 1157-1181.

- Daly ,K., Jeffery, D. and Tunney, H., 2001. The Effect of Soil Type on Phosphorus Sorption Capacity and Desorption Dynamics in Irish Grassland Soils. *Soil Use and Management*, 17(1): 12-20.
- Delgado, A., Torrent, J., 2000. Phosphorus Forms and Desorption Patterns in Heavily Fertilized Calcareous and Limed Acid Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 2031-2037.
- Demirbaş, Ö., 2006. Kil Mineralleri Yüzeyine Bazı Biyomoleküllerin İmmobilizasyonu ve Elektrokinetik Özellikleri. Balıkesir Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı Doktora Tezi. Balıkesir.
- Derici, M. R., Ağca, N., 1999. Gaziantep Kayacık Ovası Topraklarında Fosfor Adsorpsiyonu. *Tr.J.Agric. Forest*. 23. Ek Sayı 2, 395-400.
- Derici, M. R., Brohi, A. R., Saltali, K., Kılıç, M., Kılıç, K. 1995. A Study on Phosphorus Adsorption of The Great Soil Groups of The Tokat Region. *Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC* p: 143-149 Kuşadası, Turkey.
- Derici, M. R., 1996. Topraklarda Fosfor Dengesi. *J. of Agriculture and Forestry* 20: 29-33.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., 1988. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) I. Harran Ovası, TÜBİTAK, Tarım Ormancılık Araştırma Grubu, GÜDÜMLÜ Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, TAOG, 534, Adana.
- Fried, M, Hagen,C. E., Saitz Delrio, J. F. and Legett, 1957. Kinetics of phosphate uptake in the soil-plant system. *Soil Sci*. 84: 427-437.
- Gallet, A., Flish, R., Ryser, J., Frossard, E. and Sınaj, S., 2003. Effect of Phosphate Fertilization on Crop Yield and Soil Phosphorus Status. *J. Plant Nutr. Sci*. 166: 568-578.
- Greb, B. W. and Olsen, S. R.,1967. Organic Phosphorus in Calcerous Colorado soils. *Soil Sci.Soc.Am.Proc.*,31, p: 85-89.
- Güzel, N., Gülüt, Y. K., Büyük, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler Ç. Ü. Ziraat Fak. Genel Yayınları No: 246 Ders Kitapları Yayın No: A-80 s: 654 Adana.
- Helal, M. H. and Dressler, A., 1989. *Z. Pflanzenernahr Bodek* 152: 175-180.

- Inrich, L. B., Brian, L. M., George, A. O., 1985. Soil Chemistry. Second Editions New York 341 p.
- Holford, I. C .R., 1997. Soil Phosphorus- its Measurement and its Uptake by Plants. Aust. J. Soil Res. 35(2): 227-239.
- Jackson, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall.Inc.Eng.Cliff. New Jersey, USA.
- Kacar, B. ve Katkat, V. A, 1997. Tarımda Fosfor. Bursa Ticaret Borsası Yayınları No:5 s: 131-132.
- Kacar, B. ve Katkat, V. A, 2009. Bitki Besleme Ders Kitapları 659, Ankara.
- Kaila, A., 1963. Organic Phosphorus in Finnish soils. Soil Sci.,95: 38-44.
- Kampf, A. N. And Jung, M., 1990. The Use of Carbonized Rice Hulls as on Horticultural substate, Abstracts of Contributed Papers. 2. Poster, XXIII. Int. Hort. Cong. Frenze, Italy.
- Knudsen, D., Peterson, G. A. And Pratt, P. F.; 1982. Lithium, Sodium and Potassium, p. 225-246 Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Mikrobiological Properties.Agronomy Monograph No.9 (2nd Ed.). ASA-SSSA. Madison-Wisconsin, USA.
- Kordlaghari, K. P., 2006. Sorption-Desorption Behavior Phosphorus and Potassium in Four Soil Series of Isfahan. 18. World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Korkmaz, K., 2005. Kireçli Toprakların Fosfor Durumlarının Belirlenmesi ve Fosfor Uygulamasının Mısır Verimine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
- Korkmaz, K., İbriği, H., 2010. Kireçli Topraklarda Fosfor Dinamiğinin Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilim Dergisi, 25(1): 44-52.
- Larsen, S., 1967. Soil phosphorus. Advences in Agronomy. Vol.19. P.151-206.
- Leytem, A. B., Westermann, D. T., 2003. Phosphate Sorption by Pacific Northwest Calcareous Soils. Soil Science 168(5): 368-375.
- Lindsay, W. L., and Norwell, W. A., 1978. Devellopment Of Dtpa Soil Test Inc, Iron, Manganese and Copper, Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.

- Martini, J. A., and Muters, R. G., 1985. Effect Of Lime Rates On Nutrient Availability, Mobility and Uptake During The Soybean Growing Season, 2. Calcium, Magnesium, Potassium, Iron, Copper and Zinc. *Soil Sci.*, 139: 333-343.
- Mashal, K., Al-Qinna, M., Ibbini, J., 2011. Phosphorus-Sorption Characteristics of calcareous Soils in Arid and Semi Arid Regions. *Int.J. of sustainable water and Environmental Systems* Volume 3, No1: 53-58.
- Masud, M. M., Moniruzzama, M., Shill, N. C., Islam, M. R., ve Saleque M. A., 2006. Phosphorus Sorption Characteristics In Some Calcareous, Non- Calcareous and Acid Piedmont Soils Of Bangladesh. *Bull. Inst. Trop. Agr., Kyushu Univ.* 29: 55-68.
- Mcbride, B., 1994. *Environmental Chemistry of Soil*. Oxford University Press, ISBN 0-19-507011-9 1.
- Mengel, K., Kirby, E. A., 1987. *Principles of Plant Nutrition* 4. ed. Int. Potash. Inst. Bern, Switzerland 655 p.
- Moazed, H., Hoseini Y., Naseri A. A. and Abbasi F., 2010. Determining Phosphorus Adsorption Isotherm in Soil and its Relation to Soil Characteristics. *International Journal of Soil Science*, 5: 131-139.
- Murphy, J. and J. P. Riley, 1962. A Modified Single Solution Method for The Determination of Phosphate in Natural Waters. *Anal. Chem. Acta* 27: 31-36.
- Oehl, F., Frossard, E., Fliessbach, A., Dubois, D., Oberson, A., 2004. Basal Organic Phosphorus Mineralization in Soils Under Different Farming Systems. *Soil Biology and Biochemistry* *Soil Biology & Biochemistry*. 36: 667-675.
- Olsen, S. R., Cole, C.V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, USDA Cir. No. 939.
- Olsen, S. R., Watanabe, F. S., 1957. A Method to Determine A Phosphorus Adsorption Maximum for Soils As Measured by The Langmuir Isotherm. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 21: 144-149.
- Ozacar, M., 2003. Equilibrium and Kinetic Modelling of Adsorption of Phosphorus on Calcined Alunite. *Adsorption* 9: 125–132.

- Pal, S. K., Mondal, G. K., 2009. Indian Journal of Agricultural Research, Effect of Land Use Pattern On P-Adsorption-Desorption Characteristics In Terai Soils Of West Bengal. 43(2): 148-151
- Richards, I. R., Clayton, J. C., Reeve, A. J. K., 1998. Effects of Long-Term Fertilizer Phosphorus Application on Soil and Crop Phosphorus and Cadmium Contents. Journal of Agricultural Science 131: 187-195.
- Richardson, A. E., 1994. Soil Microorganisms and Phosphorus Availability. Soil Biota 17: 50-62.
- Ron Vaz M., D., Edwards, A. C., Shand, C. A., Cresser, M., S., 1993. Phosphorus Fractions in Soil Solution: Influence of Soil Acidity and Fertilizer Addition. Plant and Soil, 148: 175-183.
- Runge-Metzger, A., 1995. Closing the Cycle: Obstacles to Efficient P Management for Improved Global Food Security. In Phosphorus in The Global Environment: Transfers Cycles and Management. Ed. H. Tiessen, Wiley New York pp: 27-42.
- Sağlam, M. T., 1997. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Trakya Üniv. Tekirdağ Zir. Fak. Yay.No:189. Ders K.No:5. Tekirdağ.
- Sahrawat, K. L., 2000. Residual Phosphorus and Management Strategy for Grain Sorghum on A Vertisol. Communications in Soil Science and Plant Analysis 31 (19-20): 3103-3112.
- Samadi, A., 2006. Phosphorus sorption Characteristics In Relation to Soil Properties in Some Calcareous Soils of Western Azarbaijan Province, 1. Agric. Sci. Technol. Vol. 8: 251-264
- Sayğan, E. P., 2007. Harran Ovasındaki Bazı Toprak Serilerinin Fosfor Fraksiyonları. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri.
- Schulz, M. and Herzog, C., 2004. The Influence of Sorption Processes on The Phosphorus Mass Balance in A Eutrophic German Lowland River. Water, Air, and Soil Pollution 155: 291-301.
- Shibata, R., Yano, K., 2003. Phosphorus Acquisition From Non-Labile Sources in Peanut and Pigeonpea with Mycorrhizal Interaction. Applied Soil Ecology 24: 133-141.
- Shlichting, E. and Blume, H., 1977. Bodenkundliches Practicum. Paul Verlag, Berlin, (1966).

- Shin, H., Shin, H. S., Dewbre, G. R. and Harrison, M., 2004. Phosphate Transport in Arabidopsis: Pht1;1 and Pht1; 4 Play A Major Role in Phosphate Acquisition from Both Low and High Phosphate Environments. *The Plant Journal* 39: 629-642.
- Soil Survey Staff. 1951. *Soil Survey Manual* (2nd ed.). U.S. Department of Agriculture Handbook no. 18. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Sui, Y., Thompson, M. L., 2000. Phosphorus Sorption, Desorption, and Buffering Capacity in A Biosolids-Amended Mollisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 164-169.
- Tamatamah, R. A., 2005. Phosphorus Sorption İn Relation To Soil Grain Size And Geochemical Composition in The Simiyu And Kagera River Basins, Tanzania *Journal of Sciancer* 31(2): 33-39.
- Thomas, G. W.; 1982. Exchangeable Cations, p.159-165. *Chemical and Mikrobiological Properties. Agronomy Monograph No.9 (2nd Ed.). ASA-SSSA. Madison-Wisconsin, USA.*
- Topbaş, M. T., Brohi, A. R., and Karaman, M. R., 1998. Çevre Kirliliği T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları. Ankara.
- Turan, M., Sezen, Y.; 1999. Değişik pH'ya Sahip Toprakların Fosfor Adsorpsiyonuna Toprak Özelliklerinin Etkisi. GAP 1. Tarım Kongresi s:1011-1019 Şanlıurfa.
- Türkmen, T., Dikici, H., 2007. Phosphorus Adsorption Characteristics of the Unburned and Burned Peat Soils. *KSU Fen Müh. Dergisi* 10(2): 119-123.
- Vance, P. Uhde-Stone, C., Allan, D., 2003. Phosphorus Acquisition and Use: Critical Adaptations by Plants for Securing A Nonrenewable Resource. *New Phytologist* 157: 423-447.
- Watanabe, F. S. and Olsen S. R., 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO₃ Extracts from Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 677-678.
- Yıldırım, S., 2005. Bafra ve Çarşamba ovalarından alınan bazı toprak örneklerinin fosfor adsorpsiyon özelliklerinin Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi ile değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. O.M.Ü. F.B.E. Samsun.

- Zhang, H., Schroder, J. L., Fuhrman, J. K., Basta, N. T., Storm, D.E., Payton, M. E., 2005. Path and Multiple Regression Analyses of Phosphorus Sorptioncapacity. *Soil Sci.Soc.Am.J.*,69: 96-106.
- Zhou, M. F., Li, Y. C., 2001. Phosphorus-Sorption Charecteristics of Calcareous Soils and Limestone from The Southern Everglades and Adjacent Farmlands. *Soil Sci. Soc. of Am. Jour.* 65(5): 1404-1412.
- Zhu, Y., Smith, F. A., Smith, S. E., 2003. Phosphorus Efficiencies and Responses of Barley (*Hordeum vulgare* L.) to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Grown in Highly Calcareous Soil. *Mycorrhiza* 13: 93–100.

ÖZGEÇMİŞ

ADI SOYADI : HALE GEDİKALİ GENCER

DOĞUM YERİ : GİRESUN

DOĞUM TARİHİ : 09.06.1973

MEDENİ HALİ : EVLİ

ÖĞRENİM DURUMU

LİSE : ESKİŞEHİR SÜLEYMAN ÇAKIR LİSESİ (1990)

LİSANS : OMÜ MÜH.FAK. ÇEVRE MÜH. BÖLÜMÜ (1994)

ÇALIŞTIĞI KURUMLAR

(1996-1998) ORDU SOYA YAĞ FABRİKASI

(1998-2006) ORDU İLİ ÇEVRE KORUMA VAKFI

(2010-2011) ORDU İL ÇEVRE VE ORMAN MÜD.

(2011-....) ORDU ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ