



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 32 (2017)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.321089



## Terme ve Çarşamba'daki bazı fındık bahçelerinde toprakların fosfor adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi

Ayhan Horuz, İmanverdi Ekberli\*, Ahmet Korkmaz, Güney Akınoğlu, Nutullah Özdemir

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, /Türkiye

\*Sorumlu yazar/corresponding author: iman@omu.edu.tr

Geliş/Received 06/12/2016

Kabul/Accepted 12/01/2017

### ÖZET

Bu çalışmada Samsun ilinin Çarşamba ve Terme ilçelerine ait bazı fındık bahçelerinde toprakların fosfor adsorpsiyon kapasiteleri ve izotermelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma topraklarının fosfor adsorpsiyonları 1.01 ile 234.15  $\mu\text{g g}^{-1}$  arasında değişmektedir. Fındık bahçesi topraklarında, Freundlich izoterm denklemindeki birim ağırlıktaki toprağın fosforu tutma kapasitesini ifade eden  $K$  izoterm parametreleri 3.161 ile 44.988  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değişirken, adsorpsiyon entalpisinin ampirik  $n$  parametreleri ise 0.692 ile 1.488 arasında değişmiştir. Fosfor adsorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi sonucunda, yöre topraklarının Freundlich izoterm denklemine uyum sağladığı, Langmuir izoterm denkleminin ise uyum sağlamadığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:  
Toprak  
Fosfor adsorpsiyonu  
Freundlich izoterm denklemleri  
Langmuir izoterm denklemleri

### Determination of phosphorus adsorption capacities of soils in some hazelnut orchards at Terme and Çarşamba districts

#### ABSTRACT

The objective of this study was to determine phosphorus adsorption capacities and isotherms of soils in some hazelnut orchards at Çarşamba and Terme districts of Samsun. Phosphorus adsorptions of the soils used in this study varied between 1.01 and 234.15  $\mu\text{g g}^{-1}$ . In the soils of hazelnut orchards, while  $K$  isotherm parameters, define the phosphorus fixation capacity of soil in Freundlich equation, varied between 3.161 and 44.988  $\text{mg kg}^{-1}$ ; empirical  $n$  parameters of adsorption enthalpies varied between 0.679 and 1.488. It was determined that phosphorus adsorption in soils of the region fitted to Freundlich isotherm equation but didn't fit to Langmuir isotherm equation.

Keywords:  
Soil  
Phosphorus adsorption  
Freundlich isotherm equation  
Langmuir isotherm equation.

© OMU ANAJAS 2017

### 1. Giriş

Fosfor temel bitki besin maddelerinden biri olup, toprak verimliliğinin önemli bir göstergesidir. Bitkilerin fosforla yeterli düzeyde yararlanabilmesi, topraktaki fosfor rezervine, dönüşüm düzeyine, bitkilerin toprak ve gübrelerden fosforu almasına etki yapan toprak-iklim koşullarına ve tarımsal faaliyetlere bağlıdır.

Topraktaki fosfor inorganik (zor çözünen ortofosfat formunda), organik fosfat bileşikleri ve adsorbe edilmiş halde bulunmaktadır (Schachtschabel ve ark., 2001). Bitki kökleri tarafından fosforun alımı büyük oranda bu elementin toprak çözeltisindeki konsantrasyon gradientine bağlıdır. Toprakta fosforun bitkilerce alımı, çözelti fosforun tükenmesine ve toprak partiküllerinden çözelti fazına fosforun yeniden salınmasına öncülük

eder. Bu nedenle herhangi bir zamanda çözünebilir fosforun miktarı rezerv ve adsorbe olmuş fosforun salınma derecesine bağlıdır (Shariaatmadari ve ark., 2006). Toprakların ileri derecede ayrışmasına bağlı olarak kil, Al, Mn ve Fe içeriklerinin artması fosfor adsorpsiyonunu pozitif yönde etkilemektedir (Georg ve ark., 2009). Toprakta fosfor yayayışlılığının tahmin edilmesinde P serbestlenmesinin önemi farklı bitkiler için çeşitli araştırmacılar tarafından gösterilmiştir (Brar ve Vig, 1988; Steffens, 1994; Toor ve Bahl, 1999). Toprakta P serbestlenmesi genellikle ilk birkaç saatte hızlıdır. Ancak daha sonra belirli dengeye gelene kadar yavaşlayarak devam eder (Amer ve ark., 1955). Fosfor adsorpsiyon verilerinin tanımlanmasında ilk düzenli kinetik modeller (hız, ortam, yavaş P serbestlenme reaksiyonları) kil mineralleri, karbonat yüzeyleri ve

kalsiyum hidroksit yüzeylerinden adsorbe olmuş fosforun bırakılmasından elde edilen verilerle tanımlanmıştır (Evans ve Jurinak, 1976). Daha sonra Chien ve Clayton (1980), kinetik verilerin bir tek eksponansiyel Elovich denklemi ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir.

Toprakların nem, kil, organik madde, Fe-Al oksit ve karbonatları fosfor (adsorpsiyonunu) serbestlenme miktar ve oranını etkilemektedir (Garcia-Rodeja, Gil-Sotres, 1997). Islak topraklarda fosforun adsorpsiyonu ve çökmesi çok karmaşık elektro-kinetik olayları içermektedir. Fosforun toprak çözeltisinde metallerle gerçekleştirdiği çökme kalsiyumun varlığında daha da artmaktadır (Lopez-Pineiro ve Garcia Navarro, 1997). Toprak reaksiyonunun değişimi, iyon gücü ve fosforla antogonistik ilişkili iyonların konsantrasyonu fosfor adsorpsiyon süreçlerini kuvvetli bir biçimde etkilemektedir (Polyzopoulos ve ark., 1985). Toprakta tutulan total fosforun büyük bir kısmı yarıyışsız formda olduğundan dolayı, fosfor ikinci sınırlayıcı besin elementidir. Toprakların değişebilir fosfor fraksiyonu, inorganik ve organik fosfor bileşiklerinden oluşmaktadır. Maksimum fosfor adsorpsiyonu Fe-Al oksit ve toprakların bünyesi ile ilişkili olup, bu oksitlerin azalmasıyla değişebilir fosfor miktarı artmaktadır (Nwoke ve ark., 2003). Li ve Friedrich (2006), toprak çözeltisinde fosfor miktarının azalmasının adsorbe fosfor miktarını artırdığını bildirmişlerdir. Ceylan ve ark. (2003) tarafından, Bitlis (Türkiye) yöresinde tütün tarımı yapılan hafif asit ve nötral reaksiyonlu toprakların P adsorpsiyon kapasitelerinin 8.22-9.28 mg (100g)<sup>-1</sup> toprak ve fiksasyon kapasitelerinin ise 5.56-8.98 mg (100g)<sup>-1</sup> toprak arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, topraklarda P adsorpsiyon ve fiksasyonu üzerine toprak özelliklerinden kil, değişebilir Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup>'un pozitif; kum ve alınabilir fosforun negatif etkileri saptanmış; toprakların fosfor adsorpsiyon kapasitelerinin KDK ile önemli düzeyde ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Topraklarımız genelde fosforca fakir olduğu için çoğu tarım alanlarımızda fosforlu gübre uygulanır. Fosfor topraklarda az hareketli bitki besin maddelerindedir. Gereğinden fazla fosforlu gübre kullanılması ve gübrelerin aşırı yağış sularıyla yıkanması veya toprak erozyonuyla su kaynaklarına taşınması fosfor kirliliğine neden olur. Fosforlu gübrelerde bulunan kadmiyum gibi ağır metaller de önce toprakta, sonra da o ortamda yetişen bitkide birikerek insanlara gıda ile taşınabilir ve tüketicilerde kirlilik yaratabilir (Anonim, 2014). Toprağa verilen ahır gübresinin mineralizasyonu sonucu oluşan N ve P yüzey akışıyla sürüklenerek yeraltı ve yerüstü sulara karışabilmektedir (Sencar ve ark., 1993). Benzer şekilde gereğinden fazla ve yanlış kullanılan gübreler, çeşitli şekillerde olumsuz etkide bulunmaktadır. Yüksek düzeyde fosforlu gübrelerin yüzey akışlarıyla taşınması sonucu içme suları ve diğer akarsularda bulunan fosfat miktarı yükselmektedir (Sayılı ve Akman, 1993). Ayrıca yetiştiricilik aşamalarında yapılan yanlış uygulamalar,

uygulayıcılara dolaylı yollardan ulaşmakta ve oluşan olumsuzluklar zaman içerisinde kendini göstermektedir (Sönmez ve ark., 2008). Yapılan araştırmalarda fosforlu gübre üretmek için yurt dışından ithal edilen ham fosfat kayasının ağır metal içerikleri önemli oranda yüksek bulunmuştur. Diğer gübrelere kıyasla fosfat kayasının en yüksek Cd ve As konsantrasyonuna sahip olduğu saptanmıştır (Köleli ve Kantar 2006).

Son yıllarda fosforlu gübre üretiminde ham kaya fosfatının yerini alan fosforik asitin hacim ilkesine göre maksimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu ise sırayla 114, 11, 201 ve 81 mg L<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Kurşun konsantrasyonu kompoze gübrede sınır değer (100 mg kg<sup>-1</sup>) yaklaşık 5 katına ulaşmıştır (Sönmez ve ark., 2008). DAP ve TSP'de arsenik konsantrasyonu, sınır değerini aşmamasına rağmen toplam 10 kompoze gübrenin 4'ünde arsenik konsantrasyonu sınır değer olan 50 mg kg<sup>-1</sup> gübre değerinin üzerindedir. Tarım topraklarında verimi artırmak amacıyla tüketilen DAP, TSP ve kompoze gübrelerin Cd içeriği (>8 mg kg<sup>-1</sup> gübre) oldukça yüksektir (Köleli ve Kantar 2006). Toprak ve sudaki Cd düzeyinin artması su canlıları, toprak verimliliği ve ekosistem faaliyetlerinde etkili olmakla birlikte bitki bünyesine geçerek fotosentez, solunum, iyon alımı, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik aktiviteyi etkilemektedir. Bu metabolik faaliyetleri etkilemesi nedeniyle verim ve kalitenin azalmasına yol açmaktadır (Asri ve ark., 2007).

Çözeltinin toprak profili boyunca hareketi durumunda, toprağın katı fazında adsorbe edilen ve çözeltideki iyonlar arasında karşılıklı dinamik fiziko-kimyasal etkiler ortaya çıkmaktadır. Toprağın katı ve sıvı fazları arasındaki iyon değişimini belirlemek için ampirik, yarım ampirik ve iyon değişimli heterojen sistemlere termodinamik kurallarının uygulanmasıyla elde edilen teorik izotermier kullanılmaktadır (Enfield et al., 1976, 1981a, 1981b; Dalal, 1979; Bazin ve ark., 1982; Pinsky, 1997; Bayraklı, 1998; Koopmans ve ark., 2002; Nwoke ve ark., 2003; Pinsky ve ark., 2013; Mandzhieva ve ark., 2014; Prodromou, 2016). Del Bubba ve ark. (2003) tarafından, fosfor fiksasyonu Langmuir ve Freundlich izotermier ile hesaplanırken, maksimum fosfor bağlanma enerjisinin ise sadece Langmuir izotermiyle hesaplandığı bildirilmiştir. Liang ve ark. (2010), alkali ve asit topraklarda fosfor adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izotermier ile belirlenmesinin mümkün olduğunu ve maksimum fosfor adsorpsiyon kapasitesinin 0.256-1.598 mg (Pg)<sup>-1</sup> aralığında değiştiğini belirterek, bu toprakların yüksek fosfor adsorpsiyon kapasitesine sahip olduklarını göstermişlerdir. Topraktaki fosfor sorpsiyonu ve adsorpsiyonu mekanizmasının belirlenmesi için Freundlich ve Langmuir izotermierinin daha uygun olduğu çeşitli araştırmalarda bildirilmektedir ( Oskay, 1986; Kou, 1988; Quang ve ark., 1996; Nair ve ark., 1998; Ağca ve Derici, 1999; Atalay, 2001; Sei ve ark., 2002; Leytem ve Westermann, 2003; Jin ve ark., 2005; Chitrakar ve ark., 2006; Kang ve ark., 2011).

Fosfor adsorpsiyonu mekanizmasının belirlenmesi, toprak ekosistemi hakkında bilgi edinilmesinin yanı sıra, verimliliğin optimum düzeyde korunması, topraktaki kimyasal süreçlerin anlaşılması ve sürdürülebilir toprak verimliliği açısından önemli bulunmaktadır. Ayrıca dengeli fosforlu gübreleme ile Cd gibi bazı kirleticilerin çevreye daha az salınarak fosfor kullanım randımanını optimize edeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, Samsun ili Çarşamba ve Terme yöresindeki bazı fındık bahçelerinden alınan toprakların fosfor adsorpsiyon kapasitesinin, izotermelerinin ve izoterm parametrelerinin incelenmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Toprak örnekleri, Samsun yöresinde yoğun olarak fındık yetiştirilen, Çarşamba ilçesinden 7, Terme ilçesinden 8 olmak üzere toplamda 15 fındık bahçesinin 0-30 cm toprak derinliğinden alınmıştır. Toprak örneklerinin alındıkları lokasyonlar ve bu bahçelerde yetiştirilen fındık çeşitleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Toprak örneklerinde bünye hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951); pH 1:1 toprak: su süspansiyonunda (Soil Survey Laboratory, 1992) elektriksel iletkenlik saturasyon çamurunda  $EC_{25^{\circ}C}$  metre ile (Soil Survey Laboratory, 1992); kireç kapsamı ( $CaCO_3$ ) Scheibler kalsimetresinde (Sağlam, 2006); organik madde Walkey-Black metoduna göre (Walkley-Black, 1946); toplam azot (N) ise kjeldahl yöntemine göre (Bremner and Mulvaney, 1982) belirlenmiştir. Toprakların ekstrakte edilebilir K, Na, Ca ve Mg kapsamı 1 N  $NH_4OAc$  ile, yarayıklı Fe, Mn, Zn ve Cu kapsamı 0.05M DTPA ile (Kacar, 1994) belirlenmiştir. Yarayıklı fosfor Bayraklı (1987)’ya göre belirlenmiştir.

Toprakların fosfor adsorpsiyon değerlerinin belirlenmesinde 5 gram toprağa 100 ml süzükler halinde 1, 2, 4, 8, 16 ve 32 mg (P kg)<sup>-1</sup> uygulanmıştır. Çözelti P’u ile toprağın katı yüzeyleri arasında dengenin oluşması için toprak çözeltisi 24 saat süre ile dengeye terk edilmiştir. Bu sürenin ardından nihai süzüklerde P molibdofosforik mavi renk yöntemine göre, 880 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede, belirlenmiştir. Çözeltide kalan fosfor konsantrasyonu (C) tayin edilerek toprağın belirli miktarınca (m) tutulmuş olan P miktarı hesaplanmıştır (Bayraklı, 1987).

Çizelge 1. Toprak örneklerinin alındıkları lokasyonlar

Çarşamba				Terme			
Toprak No	Lokasyon	Fındık Çeşidi	Koordinat	Toprak No	Lokasyon	Fındık Çeşidi	Koordinat
1	Aşağı Donurlu	Çakıldak	D 563713 K 4561023	8	Ahmet Bey	Palaz	D 330857 K 4560820
2	Yukarı Kavacık	Çakıldak	D 562233 K 4567584	9	Yukarı Hüseyin Mescitli	Palaz	D 333172 K 4558017
3	Yamanlı	Çakıldak	D 564234 K 4560912	10	Aşağı Hüseyin Mescitli	Palaz	D 331610 K 4557963
4	Güneşli	Yerli	D 563087 K 4565138	11	Yerli	Palaz	D 324346 K 4565761
5	Allı	Yerli	D 561612 K 4570654	12	Kocaman	Palaz	D 329778 K 4556014
6	Kızılot	Palaz	D 562176 K 4573584	13	Gündoğdu	Palaz	D 326313 K 4564508
7	Bafracalı	Palaz	D 562431 K 4565527	14	Bazlamaç	Palaz	D 328508 K 4554672
				15	Uludere	Palaz	D 328493 K 4552849

Fosfor adsorpsiyonu mekanizmasının belirlenmesi için, aşağıdaki gibi ifade edilen ampirik Freundlich (1930)

$$X/m = KC^n \quad (1)$$

ve yarım ampirik Langmuir (1918)

$$X/m = \frac{bKC}{1 + kC} \quad (2)$$

izoterm denklemleri kullanılmıştır. Burada,  $X/m$ -toprak çözeltisindeki fosforun adsorbe edilen miktarı,  $\mu g g^{-1}$ ;  $K$  - birim ağırlıklı toprağın fosfor tutma kapasitesi,  $mg kg^{-1}$ ;  $C$  - toprağın denge çözeltisindeki

fosforun konsantrasyonu,  $\mu g ml^{-1}$ ;  $n$  - adsorpsiyon entalpisinin basınçla doğrusal değişmesi kabulünden gelen ampirik parametre;  $b$  - toprağın maksimum fosfor adsorpsiyon kapasitesi,  $\mu g g^{-1}$ ;  $k = k_{+1}/k_{-1}$  - adsorpsiyon ve desorpsiyon hızı katsayılarının oranı olup, fosfor iyonlarının adsorpsiyon (bağlanma) enerjisini karakterize eden denge katsayısıdır.

$K$  ve  $n$  parametrelerini belirlemek için

$$(1) \text{ ifadesinin } \lg \frac{X}{m} = \lg K + \frac{1}{n} \ln C$$

$$\left( \text{burada, } y = \lg \frac{X}{m}, B = \lg K \Rightarrow K = 10^B, A = \frac{1}{n}, x = \lg C \right)$$

;  $b$  ve  $k$  izoterm parametrelerinin belirlenmesi için ise

$$(2) \text{ ifadesinin } \frac{m}{X} = \frac{1}{b} + \frac{1}{bkC}$$

$$\left( \text{burada, } y = \frac{m}{X}, B = \frac{1}{b}, A = \frac{1}{bk}, x = \frac{1}{C} \right) \text{ olarak,}$$

$y = Ax + B$  biçiminde doğrusallaştırılması yapılır.

Doğrusal denklemlerin oluşturulmasında MİNİTAB-32 paket programı kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri ve besin element içerikleri

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’nin incelenmesinden görüleceği üzere toprakların kum kapsamı %16.72-51.54, silt kapsamı %22.79-41.34 ve kil kapsamı %23.65-56.51 arasında değiştiği ve toprakların kumlu killi tın, killi tın ve killi bünyede oldukları belirlenmiştir. Toprakların reaksiyonu pH 5.25-8.10 arasında değiştiği, Çarşamba yöre topraklarının alkalın, Terme yöre topraklarının ise nötr ve asit reaksiyonda olduğu bulunmuştur. Tuz içeriğinin EC 0.09-0.81 dS m<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve her iki yöre topraklarının da tuzsuz oldukları bulunmuştur. Organik madde kapsamının %1.46-4.94 arasında değiştiği, Terme yöre topraklarının Çarşamba yöre topraklarından biraz daha fazla OM kapsadığı belirlenmiştir. Kireç kapsamının % 0.15-9.65 arasında değiştiği Çarşamba yöre topraklarının kireçli ve orta derecede kireçli, Terme yöre topraklarının kireç kapsamının ise çok düşük ve kireçsiz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Toprakların bazı fizikokimyasal özellikleri

Toprak No	Kum %	Silt %	Kil %	Bünye	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	OM %	Kireç %
1	47.22	24.90	27.88	SCL	8.00	0.41	2.12	8.12
2	41.26	24.78	33.96	CL	8.10	0.39	1.46	9.65
3	16.72	26.77	56.51	C	7.55	0.81	3.27	7.43
4	51.44	22.79	25.77	SCL	8.10	0.45	2.40	8.24
5	51.54	24.81	23.65	SCL	7.70	0.42	1.99	7.06
6	34.89	35.21	29.90	CL	7.95	0.43	2.09	8.97
7	34.71	37.38	27.91	CL	7.50	0.57	2.26	4.21
8	37.37	34.04	28.59	CL	7.15	0.23	1.67	0.82
9	33.62	33.78	32.60	CL	5.85	0.17	1.50	-
10	30.90	35.13	33.97	CL	5.55	0.09	2.51	-
11	29.18	33.88	36.94	CL	6.60	0.40	4.42	0.10
12	28.81	41.34	29.85	CL	5.25	0.44	3.76	-
13	22.36	33.18	44.46	C	6.95	0.43	2.06	0.50
14	28.38	24.95	46.67	C	6.25	0.67	4.91	-
15	24.12	37.48	38.40	CL	5.55	0.65	2.26	-

SCL-Kumlu killi tın; CL-Killi tın; C-Kil

Toprakların bazı makro ve mikro besin element kapsamı Çizelge 3’te verilmiştir. Topraklar makro element kapsamı bakımından değerlendirildiğinde total N % 0.110-0.331 arasında; yarıyıllı fosfor 4.02-94.39 mg kg<sup>-1</sup> arasında; yarıyıllı potasyum 0.128-1.102 cmol kg<sup>-1</sup> arasında; yarıyıllı kalsiyum 5.63-43.75 cmol kg<sup>-1</sup> arasında; yarıyıllı magnezyum 2.70-13.96 cmol kg<sup>-1</sup> arasında ve yarıyıllı sodyum 0.145-0.0308 cmol kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği bulunmuştur. Topraklar mikro element kapsamı bakımından değerlendirildiğinde yarıyıllı demir 20.96-112.69 mg kg<sup>-1</sup> arasında, yarıyıllı mangan 10.59-43.17 mg kg<sup>-1</sup> arasında, yarıyıllı çinko 0.54-3.21 mg kg<sup>-1</sup> arasında, yarıyıllı bakır 1.33-8.18 mg

kg<sup>-1</sup> arasında ve yarıyıllı bor 0.51-2.50 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği bulunmuştur. Toprakların N, P, Mg, Zn ve Cu kapsamı her iki yöre fındık bahçesi topraklarında da değişken olmakla beraber, Çarşamba yöresinde K, Ca ve B kapsamı; Terme yöresinde Na, Fe ve Mn kapsamı nispeten yüksek bulunmuştur.

#### 3.2. Toprakların Fosfor Adsorpsiyon Değerleri

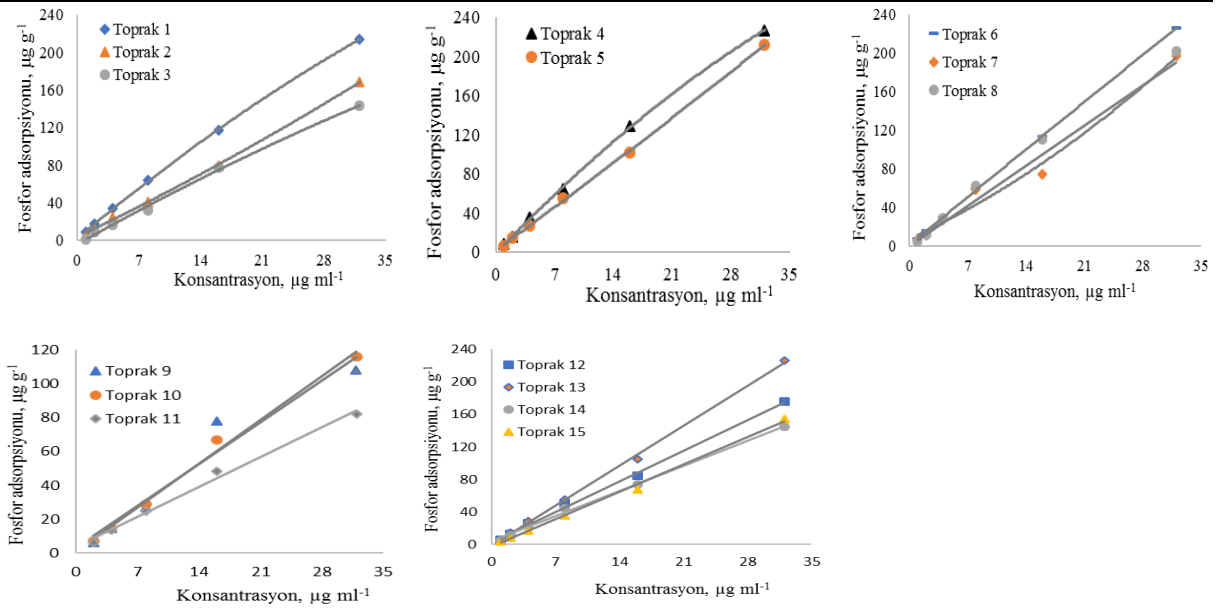
Araştırma topraklarında konsantrasyona bağlı olarak belirlenmiş fosfor adsorpsiyon değerleri Şekil 1’de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, konsantrasyona bağlı olarak topraklarda fosfor adsorpsiyon değerleri

1.01-234.15  $\mu\text{g g}^{-1}$  arasında değişmektedir. Fosfor adsorpsiyon miktarını en düşük (1.01-143.1  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) olarak 15 no'lu toprakta, en yüksek (8.98-234.15  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) ise 1 no'lu toprakta saptanmıştır. Toprak reaksiyonunun 7.15-8.10 aralığında değiştiği 1-8 no'lu topraklarda fosfor adsorpsiyonu (1.01-234.15  $\mu\text{g g}^{-1}$ ), pH değerleri 5.25-6.95 olan 9-15 no'lu topraklardaki adsorpsiyon miktarlarından (3.91-226.33  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) daha fazla bulunmuştur. Yagodin ve ark. (1989)'a göre,  $\text{pH}>6$  durumunda, toprakta fosfor birikimi için daha iyi ortam oluşmaktadır. Topraktaki kil ve organik madde

miktarının diğer faktörlerle beraber fosfor adsorpsiyonuna önemli düzeyde etki yapabilmesine rağmen, araştırma topraklarında bu parametrelerin değişimi orantılı olmadığından, fosfor adsorpsiyonunda düzenli değişim bulunmamıştır. Kireç değerlerinin fazla olduğu bazı topraklarda (örneğin, 1 ve 2 nolu topraklar) adsorpsiyon değerleri de fazla olmaktadır. Genel olarak, toprak parametreleri arasındaki değişimin orantılı olmaması, fosfor adsorpsiyon değerlerinde de orantısız değişime neden olmuştur.

Çizelge 3. Toprakların bazı yarıyıllı besin element değerleri

Toprak No	Toplam N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	%	$\text{mg kg}^{-1}$	$\text{cmol kg}^{-1}$			$\text{mg kg}^{-1}$					
1	0.138	20.31	0.428	23.33	8.34	0.181	33.23	13.63	0.54	3.93	1.61
2	0.112	5.13	0.308	31.25	7.90	0.188	20.96	11.77	0.61	2.75	1.19
3	0.207	7.46	0.942	43.75	11.25	0.181	23.09	12.24	1.00	3.84	0.95
4	0.152	7.11	0.300	29.17	7.91	0.188	23.63	12.10	0.58	3.22	0.80
5	0.133	6.88	0.470	31.25	7.28	0.175	25.23	11.30	0.48	2.99	1.20
6	0.153	21.02	0.877	32.50	6.46	0.169	26.29	17.87	0.90	3.46	2.50
7	0.155	25.92	1.102	30.21	10.94	0.217	34.83	17.40	0.84	4.88	2.23
8	0.141	94.39	0.193	22.92	8.75	0.308	57.23	26.56	0.69	4.65	0.71
9	0.110	23.48	0.410	13.23	6.77	0.199	52.96	10.59	0.77	3.22	0.51
10	0.165	4.02	0.128	5.63	2.70	0.145	57.76	33.02	1.20	1.33	0.84
11	0.291	4.66	0.278	21.88	10.04	0.217	68.69	40.20	1.58	5.58	1.70
12	0.262	12.22	0.920	7.92	2.08	0.181	78.56	43.17	3.21	3.32	0.92
13	0.177	6.99	0.300	22.92	13.96	0.254	72.61	22.57	0.62	3.93	1.73
14	0.331	20.28	1.049	36.25	8.13	0.301	74.29	40.62	2.83	8.18	0.70
15	0.184	26.43	0.663	9.58	3.14	0.199	29.49	17.40	0.72	4.17	1.41

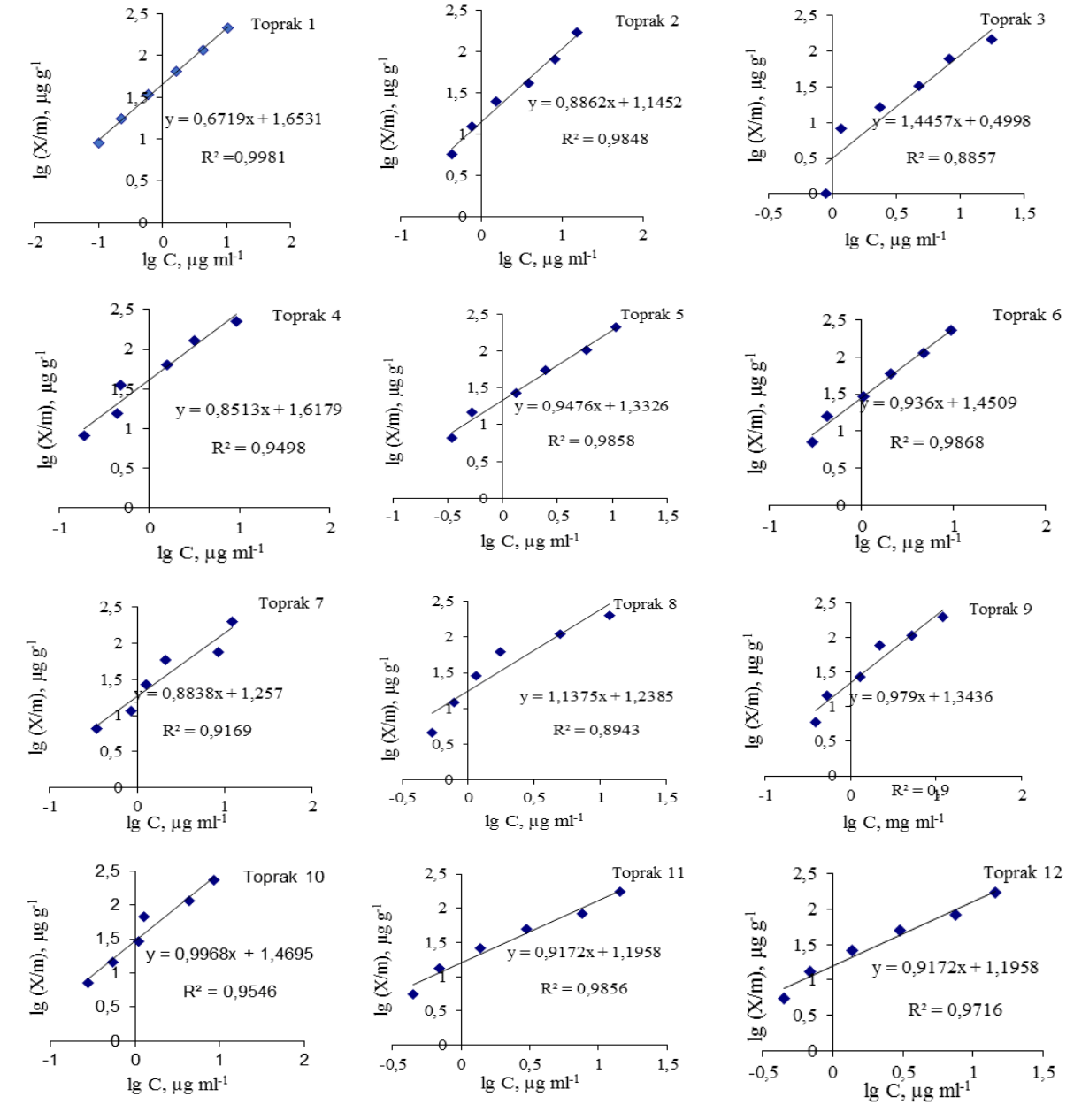


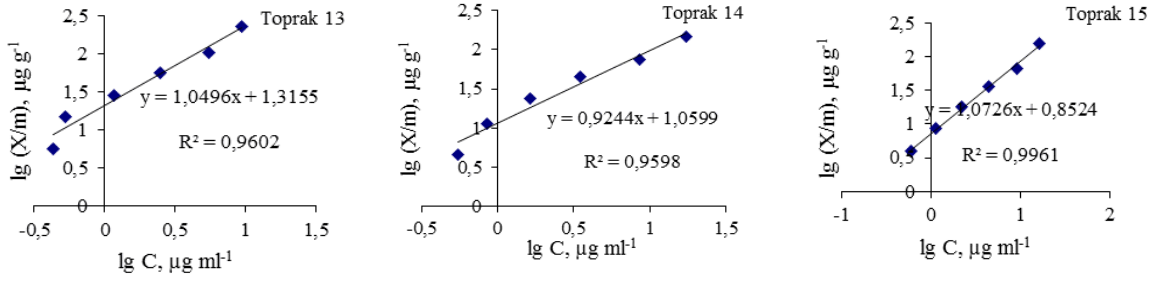
Şekil 1. Topraklardaki fosfor adsorpsiyon değerleri

### 3.3. Fosfor Adsorpsiyon Parametrelerinin Belirlenmesi

Toprakların Freundlich izoterm denklemlerinin doğrusal biçimdeki ifadeleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Elde edilen doğrusal denklemlerde korelasyon katsayıları ( $R^2$ ) yüksek olup, 0.894-0.998 arasında değişmektedir.

Doğrusallaştırılmış Freundlich izoterm denklemlerinden kullanılarak hesaplanan birim ağırlıklı toprağın fosforu tutma kapasitesi ( $K$ ,  $mg\ kg^{-1}$ ) ve adsorpsiyon entalpisinin basınçla doğrusal değişmesi kabulünden gelen ampirik parametre ( $n$ ) değerleri Çizelge 4’de verilmiştir.





Şekil 2. Toprakların doğrusallaştırılmış Freundlich izoterm denklemleri

Çizelge 4. Araştırma topraklarının fosfor adsorpsiyonu Freundlich parametreleri

Topraklar	A	B	$K = 10^B$	$n = 1/A$
1	0.672	1.653	44.988	1.488
2	0.886	1.145	13.970	1.128
3	1.446	0.500	3.161	0.692
4	0.851	1.618	41.486	1.175
5	0.948	1.333	21.508	1.055
6	0.936	1.451	28.242	1.068
7	0.884	1.257	18.072	1.131
8	1.138	1.239	17.318	0.879
9	0.979	1.344	22.060	1.021
10	0.997	1.470	29.478	1.003
11	0.795	1.224	16.738	1.259
12	0.917	1.196	15.696	1.090
13	1.050	1.316	20.678	0.953
14	0.924	1.060	11.479	1.082
15	1.073	0.852	7.119	0.932

A ve B doğrusal Freundlich denkleminin katsayılarıdır

Çizelge 4’den görüldüğü gibi, birim ağırlıklı toprağın fosforu tutma kapasitesini ifade eden K izoterm parametresi 3.161- 44.988 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. En yüksek K değeri 1 no’lu toprakta, en düşük değer ise 3 no’lu toprakta saptanmıştır. Ortalama K değeri 19.940 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Araştırma topraklarında kil ve organik madde miktarının az olması, diğer faktörlerle beraber K değerinin yüksek olmamasına neden olabilir. Aynı konsantrasyon düzeyine bağlı olarak fosfor adsorpsiyon miktarındaki farklı değişimler, K değerlerinin de düzensiz değişimine neden olmaktadır. Freundlich izoterm denklemlerinin n ampirik parametresi 0.692- 1.488 arasında değişmektedir. En yüksek n değeri 1 no’lu, en düşük ise 3 no’lu toprakta belirlenmiştir. Ortalama n değeri ise 1.055 olarak saptanmıştır.

Araştırma yapılan 1, 7, 11 nolu topraklarda doğrusallaştırılmış Langmuir izoterm denklemleri sırasıyla

$$y = 0.0107x + 0.0078 \quad (R^2 = 0.994);$$

$$y = 0.0542x + 0.0026 \quad (R^2 = 0.958);$$

$$y = 0.0563x + 0.0019 \quad (R^2 = 0.977)$$

gibi ifade

edilmektedir. Diğer izoterm denklemlerinde ise regresyon katsayılarının yüksek ( $R^2=0.657-0.992$ ) olmasına rağmen, toprağın maksimum fosfor adsorpsiyon kapasitesinin (b) ve fosfor iyonlarının adsorpsiyon (bağlanma) enerjisini karakterize eden denge katsayısının ( $k = k_{+1}/k_{-1}$ ) hesaplamasında kullanılan, A ve B katsayıları negatif olmaktadır. Bu ise araştırma topraklarında Langmuir izoterm denkleminin uyum sağlamadığını göstermektedir. Aynı zamanda, Atkins (2001)’e göre, Langmuir izotermine uygulanması, diğer varsayımlarla beraber ”bütün adsorpsiyon yörelerin eşdeğer ve yüzey mikroskobik düzeyde mükemmel derecede düzgün” olması varsayımına dayanmaktadır. Araştırma toprakları heterojen ve farklı özelliklere sahip olduğundan, Langmuir izotermine uyum sağlamaması bu varsayımın geçersiz olmasından da kaynaklanabilir. Pinsky (1997)’ye göre ise, katı faz: çözelti oranı 1:500 ve 1:1000 olduğunda elde edilen  $m/X = f(C)$  ilişkisi teorik varsayımı sağlamaktadır. Bu oranın daha küçük değerlerinde ise, uygun ilişki doğrusal olmamakta, dolayısıyla doğrusallaştırılmış Langmuir izoterm denklemleri uyum sağlamamaktadır.

#### 4. Sonuç

Farklı fizikokimyasal özelliklere sahip araştırma topraklarında, fosfor adsorpsiyonu konsantrasyona bağlı olarak düzensiz artış gösterdiği bulunmuştur. Aynı konsantrasyon uygulamalarında farklı fosfor adsorpsiyon değerleri belirlenmiştir. Yöre topraklarında doğrusallaştırılmış Freundlich izoterm denklemleri kullanılarak, birim ağırlıklı toprağın fosforu tutma kapasitesi ( $K$ ,  $mg\ kg^{-1}$ ) ve adsorpsiyon entalpisinin basınçla doğrusal değişmesi varsayımından ortaya çıkan ampirik parametre ( $n$ ) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre doğrusallaştırılmış Langmuir izoterm denklemlerinin katsayıları negatif olması nedeniyle, araştırma topraklarında Langmuir izoterm denkleminin uyum sağlamadığı ortaya konulmuştur. Topraklarda P adsorpsiyonu izoterm denklemlerinin uygulanması ile ilgili çalışmalarda "izotermelere ait varsayımların" göz önüne alınması gerekmektedir.

#### 5. Kaynaklar

- Ağca, N., Derici, M.R., 1999. Adıyaman Çamgazi Ovası topraklarında fosfor adsorpsiyonunun değişik izotermlemlerle belirlenmesi. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 23 (Ek sayı:2): 401-407.
- Atkins, P.W., 2001. Fizikokimya (Çeviri editörleri: Yıldız, S., Yılmaz, H., Kılıç, E.). Bilim Yayıncılık, Ankara, s. 849- 876.
- Amer, F., Buldin, D.R., Black, C.A., Duke, F.R., 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and P32 equilibration. *Plant Soil*, 6: 391– 408.
- Anonim, 2014. Tarıma bağlı çevre kirliliği. [www.yesilaski.com/tarima-bagli-cevre-kirliligi.htm](http://www.yesilaski.com/tarima-bagli-cevre-kirliligi.htm), Erişim: 6 Haziran 2016.
- Asri, F.Ö., S. Sönmez ve S. Çıtak. 2007. Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim Dergisi*, 24: 34-41.
- Atalay, A., 2001. Variation in phosphorus sorption with soil particle size. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 10(3): 317-335.
- Bayraklı, F. 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, s. 97-117, Samsun.
- Bayraklı, F., 1998. Toprak kimyası. OMÜ Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 26, Samsun, 214 s.
- Bazin, E.P., Ivanov, V.N., Shulgin, D.F., 1982. Ob adsorbsii pitatelnix veşestv poçvami. *Pocvovedeniye*, 5: 27-31.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Brar, B.S., Vig, A.C., 1988. Kinetics of phosphate release from soil and its uptake by wheat. *J. Agric. Sci.*, 110: 505–513.
- Bremner, J.M., 1965. Total nitrogen. In C.A. Black, D.D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark (Eds). *Method of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. Agronomy 9, ASA, Madison, Wisconsin, USA, 1149-1176.
- Bremner, J. M., Mulvaney, C. S., 1982. Nitrogen-Total. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2 nd ed. Agronomy 9: 595-624.
- Ceylan, Ş., Kılınc, R., Karakaş, D., 2003. Bitlis yöresi topraklarının fosfor adsorpsiyon ve fiksasyon durumlarının nükleer yöntem ile belirlenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 40(1): 71-78.
- Chien, S.H., Clayton, W.R., 1980. Application of elovich equation to the kinetics of phosphate release and sorption in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 265–268.
- Chitrakar, R., Tezuka, S., Sonoda, A., Sakane, K., Ooi, K., Hirotsu, T., 2006. Selective adsorption of phosphate from seawater and wastewater by amorphous zirconium hydroxide. *Journal of Colloid and Interface Science*, 297 (2): 426-433.
- Dalal, R.C., 1979. Application of dubinin-radushkevich adsorption isotherm for phosphorus sorption by soils. *Soil Science*, 128 (2): 65-69.
- Del Bubba, M., Arias, C.A., Brix, H., 2003. Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds as measured by the Langmuir isotherm. *Water Research*, 37: 3390–3400.
- Enfield, C. G., Harlin, C.C., Bledsoe, B.E., 1976. Comparison of five kinetic models for orthophosphate reaction in mineral soils. *Soil Science Society of America Journal*, 40 (2): 243-249.
- Enfield, C.G., Phan, T., Walters, D.M., Ellis, R., 1981a. Kinetic model for phosphate transport and transformation in calcareous soils. I. Kinetics of Transformation. *Soil Science Society of America Journal*, 45: 1059-1064.
- Enfield, C.G., Phan, T., Walters, D.G., 1981b. Kinetic model for phosphate transport and transformation in calcareous soils. II. Laboratory and Field Transport. *Soil Science Society of America Journal*, 45: 1064-1070.
- Evans, R.L., Jurinak, J.J., 1976. Kinetics of phosphate release from a desert soil. *Soil Science*, 121: 205– 211.
- Freundlich, H., 1930. *Fine deratellung der chemie der kolloid und verwandfer gabiet*. Leipzig, Acad. Verl.-ges, 560 pp.
- Garcia-Rodeja, I., Gil-Sotres, F., 1997. Prediction of parameters describing phosphorus-desorption kinetics in soils of Galicia (Northwest Spain). *J. Environ. Qual.*, 26: 1363– 1369.
- Georg J. L., Franz Z., Zakir H. K., Martin H. G., 2009. Phosphorus sorption–desorption in alluvial soils of a young weathering sequence at the Danube River. *Geoderma*, 149: 39-44.
- Jin, X., Wang, S., Pang, Y., Zhao, H., Zhou, X., 2005. The adsorption of phosphate on different trophic lake sediments. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng. Aspects*, 254: 241-248.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III, Toprak analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araş. ve Gel. Vakfı Yayınları, 705 s., Ankara.
- Kang, J., Amoozegar, A., Hesterberg, D., Osmond, D. L., 2011. Phosphorus leaching in a sandy soil as affected by organic and inorganic fertilizer sources. *Geoderma*, 161: 194–201.
- Koopmans, G.F., McDowell, R.W., Chardon, W.J., Oenema, O., Dolfing, J., 2002. Soil phosphorus quantity–intensity relationships to predict increased soil phosphorus loss to overland and subsurface flow.



- Chemosphere, 48: 679–687.
- Kou, S., 1988. Application of a modified Langmuir isotherm to phosphate sorption by some acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, 52: 97-102.
- Köleli, N., Ç. Kantar, 2006. Fosforlu gübrelerde ağır metal tehlikesi. *Ekoloji Dergisi*, 9: 1-5.
- Langmuir, I., 1918. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J.American Chem.Soc.*, 40: 1361-1403.
- Leytem, A.B., Westermann, D.T., 2003. Phosphate sorption by pasific Northwest Calcareous Soils. *Soil Science*, 165 (5): 368-375.
- Li, W., Friedrich, R., 2006. Balancing phosphorus adsorption and consumption processes in experimental treatment ponds for agricultural drainage water. *Ecological Engineering*, 28: 14-24.
- Liang, H., Liu, J., Wei, Y., Guo, X., 2010. Evaluation of phosphorus removal from wastewater by soils in rural areas in China. *Journal of Environmental Sciences*, 22(1): 15-22.
- Lopez-Pineiro A, Garcia Navarro A., 1997. Phosphate sorption in vertisols of southwestern. Spain. *Soil Sci.*, 162(1): 69–77.
- Mandzhieva , S., Minkina, T., Pinskiy, D., Bauer, T., Sushkova, S., 2014. The role of soil's particle-size fractions in the adsorption of heavy metals. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(3): 197-205.
- Nair, V.D., Graetz, D.A., Reddy, K.R., 1998. Dairy manure influences on phosphorus retention capacity of spodosols. *Journal of Environmental Quality*, 27(3): 522-527.
- Nwoke, O.C., Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N., Osonubi, O., Merckx, R., 2003. Assessment of labile phosphorus fractions and adsorption characteristics in relation to soil properties of West African savanna soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100: 285–294.
- Oskay, K. S., 1986. The influence of time on phosphate retention and the description of P adsorption by means of Langmuir isotherm in calcereous soils. *Doğa Tr. J.Agr.Forest.*, 10 (2): 252-261.
- Pinsky, D. L., 1997. Ion-Exchange Processes in Soils. Pushchino, 166 pp.
- Pinsky, D.L., Minkina, T.M., 2013. Regularities of Cu, Pb and Zn adsorption by chernozems of the South of Russia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 2(1): 59-68.
- Polyzopoulos, N. A., Keramidas, V. Z., Kiosse H., 1985. Phosphate sorption by some alfisols of Greece as described by commonly used isotherms. *Soil Sci Soc Am Proc.*, 49 :81–84.
- Prodromou, K.P., 2016. Lithium adsorption on amorphous aluminum hydroxides and gibbsite. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(1): 13-16.
- Quang, V.D., Thai, V.C., Tuong Linh, T.T. , Dufey, J.E., 1996. Phosphorus sorption in soils of the Mekong Delta (Vietnam) as described by the binary Langmuir equation. *European Journal of Soil Science*, 47 (1): 113-123.
- Sağlam, 2006. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, s. 45-49, Tekirdağ.
- Sayıllı, M., Akman, Z., 1993. Tarımsal uygulamalar ve çevreye olan etkileri. *Ekoloji Dergisi*, 12: 28-32.
- Schachtschabel, P., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H., Schwertmann, U, Fischer, W.R., Renger, M., Sttebel, O. (Çevirenler: Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H.), 2001. Toprak bilimi. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, Adana, 816 s.
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Yıldırım, A. 1993. Tarımsal ekoloji, GOP Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları, 262 s., Tokat.
- Sei, J., Jumas, J.C., Olivier-Fourcade, J., Quiquampoix, H., Staunton, S., 2002. Role of iron oxides in the phosphate adsorption properties of kaolinites from the ivory coast. *Clays and Clay Minerals*, 50: 217-222.
- Shariatmadari, H., Shirvani, M., Jafari, A., 2006. Phosphorus release kinetics and availability in calcareous soils of selected arid and semiarid toposequences. *Geoderma*, 132: 261-272.
- Soil Survey Laboratory, 1992. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. *Soil Surv. Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office*, Washington D.C. USA.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S. 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34.
- Steffens, D., 1994. Phosphorus release kinetics and extractable phosphorus after long-term fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1702–1708.
- Toor, G.S., Bahl, G.S., 1999. Kinetics of phosphate desorption from different soils as influenced by application of poultry manure and fertilizer phosphorus and its uptake by soybean. *Biores. Technol.*, 69: 117– 121.
- Walkey, A., 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63(4): 251-264.
- Yagodin, B.A., Smirnov, P.M., Peterburgskiy, A.V., Asarov, H.K., Demin, V.A., Rešetnikova, N.V., 1989. *Agrohimiya*. Press BO Agropromizdat, Moskova, s. 254-299.