

Gaziantep Kayacık Ovası Topraklarında Fosfor Adsorpsiyonu

Mehmet Rıfat DERİCİ

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana - TÜRKİYE

Necat AĞCA

M.K. Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antakya, Hatay - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 09.04.1997

Özet : Bu araştırmada Gaziantep Kayacık ovasında yaygın olan 11 toprak serisinde fosfor adsorpsiyon karakteristikleri düşük denge konsantrasyonlarında belirlenmiş ve bunlar toprakların çeşitli özellikleri ve fosfat mineralleri açısından tartışılmıştır.

Toprakların fosfor adsorpsiyon karakteristiklerinin belirlenmesinde Langmuir adsorpsiyon izotermi uygulanmıştır. Bu amaçla, topraklar sabit sıcaklıkta değişik konsantrasyonlarda fosfor içeren çözeltilerle çalkalanarak dengeye getirilmiş ve çözelti fazının denge fosfor konsantrasyonları (C) ve bu konsantrasyonlarda adsorbe edilen fosfor miktarları (x/m) belirlenmiştir. Deneyel yollarla bulunan C ve x/m değerlerinden Langmuir adsorpsiyon denklemlerinin doğrusallaştırılmış şekli kullanılarak adsorpsiyon maksimumları (b) ve adsorpsiyon enerji katsayıları (k) hesaplanmıştır.

Toprakların b değerlerinin 58.1-113.3 µg/g, k değerlerinin ise 9.1-153.5 ml/µg arasında değişmekte olduğu görülmüştür.

Phosphorus Adsorption of the Soils of the Gaziantep Kayacık Plain

Abstract : The phosphorus adsorption characteristics of 11 widespread soil series from Gaziantep Kayacık Plain were investigated and these characteristics were evaluated with regard to various soil properties and phosphate minerals.

Langmuir adsorption isotherms were used to determine the phosphorus-adsorption characteristics of the soils. The soils were equilibrated with solutions containing phosphorus at different concentrations at constant temperature, and the equilibrium phosphorus concentrations of the solution phases (C) and the amounts of adsorbed phosphorus (x/m) at these concentrations were determined. The adsorption maxima (b) and adsorption-energy coefficients (k) of the experimental soils were calculated from C and the x/m values using the linear form of the Langmuir adsorption isotherm.

The calculated b values of the soils varied from 58.1 to 113.3 µg/g, and the k values varied from 9.1 to 153.5 ml/µg.

Giriş

Bitkiler için en önemli besin elementlerinden birisi olan fosfor, toprakta hareketi çok sınırlı olan bir elementtir. Bunun en önemli nedeni fosforun topraklarda çeşitli bileşenler tarafından sıkı bir şekilde tutulmasıdır. Bu nedenle gübre olarak toprağa verilen fosforun ancak küçük bir bölümü o yıl bitkiler tarafından alınabilmektedir. Geri kalan kısmı ise toprakta bitkiler için daha az yararlı formda tutulmaktadır. Çeşitli araştırmacılar bu tutulma olayını "Fosfor adsorpsiyonu" olarak adlandırmaktadırlar.

Toprakların fosfor adsorpsiyon güçlerinin bilinmesi, fosforlu gübre uygulamaları açısından önemlidir.

Toprakların fosfor adsorpsiyon karakteristikleri, deneyel verilere dayanan adsorpsiyon izotermi ile ortaya konulabilmektedir.

Genellikle katı, sıvı ve gazlar arasındaki adsorpsiyon ilişkilerini tanımlamak için geliştirilen adsorpsiyon izotermi bir kaç çeşidi bulunmaktadır (1). Bunlardan, gazların katı yüzeylerde adsorpsiyonunu açıklamak için geliştirilen, Langmuir adsorpsiyon izotermi fosfor adsorpsiyon çalışmalarında kullanılabileceği belirtilmektedir (2).

Çukurova bölgesinde yapılan araştırmalarda; bölge topraklarının fosfor adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir denklemlerinden hesaplanan adsorpsiyon maksimumları,

adsorpsiyon enerji katsayıları ile maksimum fosfor tamponlama kapasiteleri belirlenmiştir (1, 3, 4). Benzer konuda, Büyük Konya Havzası ve Harran ovası topraklarının fosfor adsorpsiyon karakteristikleri, Langmuir izotermi kullanılarak, belirlenmiştir (5, 6).

Bu çalışmada Gaziantep Kayacık ovasının yaygın 11 serisinde toprakların fosfor adsorpsiyon karakteristikleri, Langmuir adsorpsiyon izotermi kullanılarak, özellikle düşük denge konsantrasyon aralığında belirlenmiş ve bunlar toprak özellikleri ve fosfat mineralleri açısından tartışılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu araştırmada kullanılan toprak örnekleri, Gaziantep Kayacık ovasında yaygın olan Aynıfar, Çangallı, Haleparkı, İnkilap, Karacaveran, Karatarla, Kayacık, Mercidabık, Üçkubbe, Yavuzlu ve Yona serilerinin yüzey horizonlarından alınmıştır. Çalkalama tipi adsorpsiyon denemelerinde kullanılmak üzere 0.01 M CaCl₂ içerisinde 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.0, 2.0, 6.0, 8.0, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 30 ve 50 µg/ml fosfor içeren 16 çözelti (orijinal çözeltiler) KH₂PO₄ kullanılarak hazırlanmıştır.

Hazırlık işlemlerinden geçirilen toprak örneklerinden üçer paralelli olarak alınan 1 g alt örnekler 150 ml lik erlenmayerlere konulmuş ve üzerlerine orijinal çözeltilerden 40 ml eklenerek 25°C de 24 saat süreyle, atmosferik koşullarda, çalkalanmışlardır. Sonra, sıvı

fazlar (denge çözeltileri) katı fazlardan santrifüj yardımıyla ayrılmışlardır. Daha sonra, orijinal ve denge çözeltilerinde fosfor konsantrasyonları kolorimetrik (7) yöntemle belirlenmiştir .

Toprakların adsorbe ettikleri fosfor miktarları (x/m) ve denge çözeltilerinin fosfor konsantrasyonları (C), Langmuir adsorpsiyon izotermi doğrusallaştırılmış şekline göre (2) değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, denemeler öncesinde topraklarda bulunan yüzey fosforu düzeylerini de dikkate almak için x/m değerlerine yararlı fosfor içerikleri de eklenerek düzeltme yapılmıştır. Böylece, analiz yoluyla bulunan C ve hesaplama yoluyla bulunan C/(x/m) değerlerine ait ilk beş noktaya regresyon analizi uygulanarak fosfor adsorpsiyon izotermi doğrusallaştırılmış denklemleri $C/(x/m) = (1/kb) + (C/b)$ belirlenmiştir. Bu denklemlere ait doğruların C/(x/m) eksenini kestikleri noktalar (kayma değerleri) 1/kb, eğimleri ise 1/b değerlerini vermekte olup, bunlardan k (adsorpsiyon enerji katsayısı) ve b (adsorpsiyon maksimumu) hesaplanmıştır.

Ayrıca toprakların pH, kireç, organik madde, yüzey fosforu, bünve ve KDK gibi özellikleri yaygın olarak kullanılan yöntemlere göre belirlenmiştir (Tablo 1).

Araştırma Bulguları, Tartışma ve Sonuçlar

Araştırma konusu topraklarda, uygulamalardan sonra elde edilen denge çözeltilerinin fosfor konsantrasyonları (C) ve C/(x/m) değerleri Tablo 2 de sunulmuştur.

Tablo 1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Seri	Hor.	Derinlik (cm)	pH 1:40 CaCl ₂	KDK me/100g	Kireç (%)	Org.Mad. (%)	Yüzey P µg/g	Kum	Tane İriliği Dağ.% Silt	Kil
Aynıfar	Ap	0-30	7.85	29.1	16.1	3.11	47.2	9.9	29.1	61.0
Çangallı	Ap	0-17	7.55	13.0	35.9	2.16	33.6	26.1	33.4	40.5
Haleparkı	A1	0-17	7.68	21.7	27.7	1.46	30.4	21.5	35.1	43.4
İnkilap	Ap	0-19	7.80	25.5	26.9	1.09	16.0	11.4	30.8	57.8
Karacave.	Ap	0-33	7.75	46.7	25.8	1.09	18.8	13.0	25.3	61.7
Karatarla	Ap	0-23	7.55	32.6	20.2	1.29	16.8	10.2	24.6	65.2
Kayacık	Ap	0-20	7.78	24.4	27.8	0.90	12.4	10.5	27.7	61.8
Mercidab.	Ap	0-10	7.75	50.0	8.2	1.11	13.2	7.9	26.9	65.2
Üçkubbe	Ap	0-12	7.72	13.0	66.0	2.24	64.0	29.1	38.6	32.3
Yavuzlu	Ap	0-23	7.70	50.0	11.4	1.33	19.6	9.0	23.0	68.0
Yona	A1	0-8	7.84	29.7	53.1	2.61	31.2	24.0	41.8	34.2

Tablo 2 . Araştırma konusu toprakların C ve C/(x/m) değerleri.

C µg/ml	C/(x/m) (10 ³)	C µg/ml	C/(x/m) (10 ³)	C µg/ml	C/(x/m) (10 ³)	C µg/ml	C/(x/m) (10 ³)
Aynıfar serisi		Çangallı serisi		Haleparkı serisi		İnkilap serisi	
0.004	0.09	0.001	0.03	0.002	0.07	0.020	1.32
0.010	0.18	0.020	0.49	0.007	0.18	0.030	1.28
0.022	0.34	0.038	0.77	0.018	0.38	0.050	1.57
0.099	1.22	0.092	1.40	0.058	0.90	0.100	2.04
0.123	1.35	0.121	1.65	0.096	1.32	0.130	2.33
0.316	2.48	0.364	3.48	0.357	3.44	0.380	4.09
1.740	7.11	1.700	7.96	1.850	8.84	1.767	8.81
2.607	8.91	2.617	10.20	2.980	12.20	2.767	11.40
3.520	9.95	3.690	12.10	4.040	13.70	3.633	12.30
4.400	11.30	4.995	14.70	5.200	15.50	4.210	11.40
5.270	11.40	5.640	14.20	5.950	15.20	2.800	5.39
6.200	12.80	6.737	15.40	6.757	15.20	3.150	5.30
6.970	12.90	7.710	17.00	7.190	14.80	4.550	7.68
7.717	13.00	8.300	15.70	7.300	12.50	4.000	5.54
6.450	5.71	7.000	7.02	10.400	11.90	7.250	7.18
1.367	0.57	7.600	3.84	26.083	21.30	22.100	15.80
Karacaveran serisi		Karatarla serisi		Kayacık serisi		Mercidabık serisi	
0.012	0.65	0.003	0.18	0.005	0.41	0.000	0.00
0.030	1.14	0.007	0.28	0.015	0.73	0.010	0.45
0.052	1.51	0.010	0.29	0.025	0.86	0.016	0.53
0.095	1.83	0.048	0.93	0.111	2.48	0.046	0.93
0.111	1.88	0.056	0.91	0.088	1.64	0.069	1.21
0.286	2.88	0.179	1.80	0.247	2.62	0.214	2.21
1.560	7.38	1.160	5.01	1.383	6.53	1.320	6.04
2.490	9.64	1.950	6.94	2.380	9.31	2.083	7.10
3.337	10.80	2.360	8.42	3.197	10.40	3.080	9.54
3.430	8.50	3.743	10.00	3.160	7.76	4.107	11.70
2.780	5.35	4.530	10.10	2.950	5.86	5.480	13.80
2.870	4.74	5.480	11.70	2.980	5.03	6.450	15.40
3.890	6.27	5.340	9.50	3.570	5.71	7.150	15.10
4.050	5.64	5.483	8.56	4.750	7.00	8.233	16.20
7.400	7.41	9.100	9.73	8.200	8.60	13.550	18.70
21.800	15.50	24.783	19.10	23.700	18.00	25.750	22.40
Üçkubbe serisi		Yavuzlu serisi		Yona serisi			
0.083	1.37	0.016	0.84	0.036	1.20		
0.106	1.56	0.033	1.22	0.073	1.97		
0.136	1.81	0.052	1.46	0.102	2.31		
0.283	3.27	0.100	1.88	0.251	4.37		
0.304	3.19	0.124	2.06	0.323	5.17		
0.604	4.90	0.307	3.05	0.744	8.36		
2.480	11.90	1.500	6.87	3.120	20.50		
3.390	13.60	2.300	8.45	4.470	24.40		
4.510	15.30	3.230	10.10	6.050	29.80		
5.467	16.90	4.417	12.00	7.473	31.50		
6.850	18.70	5.030	11.70	9.040	36.20		
7.810	20.20	5.277	10.30	10.557	37.30		
8.620	19.80	6.280	12.00	12.010	44.90		
9.700	20.70	5.633	8.51	13.367	43.50		
8.800	9.48	10.700	12.30	19.600	42.60		
2.500	1.20	25.817	20.50	29.167	28.70		

Toprak örneklerine uygulanan orijinal çözeltilerin fosfor (P) konsantrasyonları aralığı çok geniş (0-50 µg/ml) olmasına karşılık, denge çözeltilerinde bu aralık bazı serilerde 0-30 µg/ml, bazılarında ise 0-9 µg/ml gibi oldukça dar sınırlar içerisinde (Tablo 2). Genellikle, orijinal çözeltilerin P konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak denge çözeltilerinin P konsantrasyonları da artmıştır. Ancak, Yona serisi dışındaki serilerde orijinal ve denge çözeltilerinin P konsantrasyonlarının artışları arasında doğrusal bir ilişki görülememiştir. Yine, Yona serisi dışındaki diğer serilerde 10-12 µg P/ml. nin üzerindeki orijinal çözelti uygulamalarında, denge çözeltilerinin P konsantrasyonlarının kolay kolay yükselmediği, bir platoya ulaştığı ve hatta bazı serilerde düştüğü görülmektedir (Tablo 2). Örneğin, Aynıfar serisinde 20 µg/ml P konsantrasyonundaki orijinal çözelti uygulamasında elde edilen denge çözeltisi P konsantrasyonu 7.72 µg/ml iken, bu değer 30 µgP/ml orijinal çözelti uygulamasında 6.45 e, 50 µg/ml uygulamasında ise 1.37 µg/ml ye kadar düşmüştür.

Kuşkusuz, orijinal ve denge çözeltilerinin P konsantrasyon aralıkları arasındaki farklılık, uygulamalar sırasında P nin çözelti fazından katı faza geçişinden kaynaklanmaktadır. Nitekim, adsorbe edilen P miktarlarının (x/m), orijinal ve denge çözelti P konsantrasyon artışlarına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Anılan bu artış, orijinal çözelti P konsantrasyonlarının 1 µg/ml ye kadar olduğu uygulamalarda oldukça düzenli olmuştur. Bu nedenle, bu konsantrasyona kadar olan beş konsantrasyon değerinde, hemen tüm serilerde denge çözeltilerinin P konsantrasyonları ile adsorbe edilen P miktarları arasındaki ilişki, ileride açıklanacağı gibi, Langmuir izotermine uyum göstermektedir. Orijinal çözelti P konsantrasyonunun 1 µg/ml ye kadar olan uygulamalarında, erişilen denge çözelti P konsantrasyonları 0.056 µg/ml (Karatarla serisi) ile 0.323 µg/ml (Yona serisi) arasında değişmektedir (Tablo 2). Anılan bu konsantrasyon aralığında, denge çözelti P konsantrasyonlarındaki küçük artışlar, adsorbe edilen P miktarını büyük ölçüde arttırmaktadır. Düşük denge çözelti P konsantrasyonlarında, Langmuir izotermine uyumun bulunduğu bu aralıkta Debye-Hückel yasasına göre hesaplanan ortofosfat (HPO_4^{2-}) aktivitelerinin logaritmaları -7.8 (0.001 µg P/ml) ile -5.3 (0.323 µg P/ml) arasında değişmektedir. Bu değerler, toprakların 1:40 0.01 M CaCl_2 süspansiyonlarında ölçülen pH ları da

dikkate alınarak, kalsiyum fosfat minerallerinin çözünürlük diyagramında (7) değerlendirildiklerinde, bunların hemen tümünün oktakalsiyum fosfat ($\text{OCP} = \text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$) kararlılık çizgisinin ve küçük bir bölümünün ise β -tri kalsiyum fosfat ($\beta\text{-TCP} = \beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) kararlılık çizgisinin altında olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla, bu konsantrasyon aralığında fosforun katı fazda tutulması bir adsorpsiyon (bir yüzey olayı) olarak düşünülebileceği gibi, yüzeylerde tutulan fosforun düşük konsantrasyonlarda $\beta\text{-TCP}$, daha yüksek konsantrasyonlarda ise OCP oluşturacak biçimde katı faza geçme olasılığının da bulunduğu söylenebilir. Fosfor konsantrasyonu 1µg/ml den büyük olan orijinal çözelti uygulamaları sonucunda da serilerin önemli bir bölümünde Langmuir izotermine uyum olabileceğini, C ve $C/(x/m)$ değerlerine bakarak, söylemek olasıdır. İkinci bölge adsorpsiyonu olarak tanımlanabilecek olan bu konsantrasyon aralığında elde edilecek Langmuir denklemlerinden hesaplanacak b ve k değerlerinin, daha düşük konsantrasyonlardaki bölgelerden hesaplanacak olanlardan oldukça farklı olacağı söylenebilir. Bu bölgede b değerleri daha yüksek, k değerleri ise çok daha düşük olacaktır. Ancak, bu bölgedeki ortofosfat aktivitelerinin logaritmaları hesaplandığında, bunların -5.3 ile -3.3 arasında değiştiği ve bu değerlerin hemen tümünün çözünürlük diyagramında OCP kararlılık çizgisinin üzerinde ve önemli bir bölümünün ise OCP ile DCPD (dikalsiyum fosfat dihidrat) kararlılık çizgileri arasında yer almaktadır. Denge çözelti P konsantrasyonunun 5 µg/ml ($\log \text{HPO}_4^{2-} = -4$)'nin üzerindeki uygulamalarda ise DCPD kararlılık çizgisinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durumda, topraklarda sadece kalsiyumlu minerallerin etkisi dikkate alındığında, denge çözeltisi P konsantrasyonu 0.3 µg/ml nin üzerine çıkan uygulamalarda, konsantrasyonun artmasıyla birlikte önce OCP nin, daha sonra ise DCP nin ve konsantrasyon 5 µg/ml ye yaklaştığında ise DCPD nin oluşacağı bir biçimde fosforun katı faza geçtiği söylenebilir. Çözelti fosforunun katı faza geçişi ve katı fazdaki belirli odaklarda tutulması, buralarda kalsiyum fosfat minerallerinin kristalizasyonu ile oluşan çekirdeklerde (yeni odaklarda) gelişen kristal büyümesi şeklinde ikincil bir fosfor tutulması ile olabilmektedir (9, 10). Ancak, ikincil çökelme şeklinde katı faza geçiş, adsorpsiyon teorisine aykırı olmasına rağmen, Langmuir izotermine uyumu engellemekte ve bu tür bir uyumdan hareket ederek fosfor adsorpsiyon mekanizmasının irdelenmesinin doğru olmayacağı belirtilmektedir (11).

Fosfor adsorpsiyonundan sorumlu toprak bileşenlerinin sadece kalsiyum içeren mineraller olmadığını çeşitli kil mineralleri, organik madde ve amorf oksitlerin de bu mekanizmadan sorumlu olduğunu (12) gözardı etmemek gerekir. Nitekim, bütün toprak örneklerine benzer konsantrasyonlarda P içeren çözeltiler uygulanmasına rağmen, örneklerin bu çözeltilerden adsorbe ettikleri P miktarlarının farklı olduğu görülmüştür. Örneğin yaklaşık 10 µg/ml fosfor konsantrasyonundaki çözelti uygulamaları sonucunda adsorbe edilen P miktarlarının Yona serisinde en az (172.1 µg/g), Karatarla serisinde ise en fazla (323.0 µg/g) olduğu belirlenmiştir. Yine, yaklaşık 30 µg/ml P içeren çözelti uygulamaları sonucunda P adsorpsiyonu en az Yona serisinde (429.2 µg/g), en fazla ise Aynıfar serisinde (1082.5 µg/g) olduğu saptanmıştır. Toprakların benzer konsantrasyonlardaki çözeltilerden farklı düzeylerde P adsorbe etmeleri, büyük olasılıkla, tümü kireçli olan bu topraklarda, kireç içerikleri dışında diğer bazı fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmıştır.

Yukarıda anılan nedenlerle, Langmuir denklemleri sadece orijinal çözelti P konsantrasyonu 1 µg/ml den küçük olan uygulamalardan elde edilen ilk beş C ve C/(x/m) değerlerine regresyon analizi uygulanarak elde edilmiş ve b ve k değerleri hesaplanmıştır. Bu denklemlere ait sonuçlar ile determinasyon katsayıları (r^2), F değerleri ve olasılık düzeyleri (P) Tablo 3'de sunulmuştur. Düşük konsantrasyon aralığında elde edilen Langmuir denklemlerinden hesaplanan b değerleri dar sınırlar içerisinde (58.1 - 113.3 µg/g) kalmakla birlikte, k değerleri çok geniş bir dağılım (9.1 - 153.5 ml/µg) göstermektedir (Tablo 3). Bu durum, bu

konsantrasyon aralığında toprakların fosfor adsorpsiyonu için elverişli yüzeylerin veya odakların topraklar arasında en fazla iki kat gibi farklı olmasına karşılık, bunların adsorpsiyona hemen elverişliliklerinin veya eğilimlerinin bir göstergesi olan k değerlerinin birbirlerinden 15 kat daha farklı olduğunu göstermektedir. Bu durum, toprakların daha çok mineralojik ve genetik özellikleri ile ilgili olabilir.

Bu araştırmada hesaplanan k değerleri, literatürdeki değerlerle kıyaslandığında, bunların genelde yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni k değerlerinin hesaplandığı izotermilerin çok düşük bir konsantrasyon aralığında çıkartılmış olmasıdır. Bu konsantrasyon aralığında yüzeylerin fosfora eğiliminin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Ayrıca, hesaplamalarda yüzey fosforunun x/m değerlerine eklenmesi, çok düşük denge konsantrasyonlarında bile Langmuir izotermine uyumu sağlamış ve büyük olasılıkla gerçeğe daha yakın k değerlerinin bulunmasını sağlamıştır.

İzotermilerden elde edilen b ve k değerleri ile toprakların pH, KDK, kireç, organik madde, yüzey fosforu ve tane irilik dağılımı gibi özellikleri arasında önemli korelasyonlar bulunamamıştır. Dolayısıyla, b ve k değerlerindeki değişikliklerin toprak özelliklerinin birlikte etkilerinin bir sonucu olduğu öne sürülebilir. Ayrıca, b ve k değerleri ile toprak özellikleri arasında yapılan çoklu korelasyon ve çoklu regresyon analizleri, toprak özellikleri arasında var olan güçlü ilişkiler (multicollinearity) nedeniyle, sonuç vermemiştir. Örneğin, kil içeriği ile kireç içeriği arasındaki önemli ilişki ve benzer ikili ilişkiler toprak özelliklerinin bağımsız birer değişken olarak değerlendirmelerini engellemektedir.

Seri	Kayma (10 ⁴)	Eğim (10 ²)	r^2	F	P<	b (µg /g)	k (ml/µg)
Aynıfar	0.71	1.09	0.993	437.9	0.001	91.9	153.5
Çangallı	1.62	1.30	0.972	107.8	0.005	77.2	79.9
Haleparkı	0.94	1.32	0.991	370.0	0.001	76.1	139.9
İnkilap	10.70	0.97	0.988	254.5	0.001	103.1	9.1
Karacaveran	7.07	1.16	0.907	29.3	0.025	86.2	16.4
Karatarla	1.60	1.46	0.981	159.5	0.005	68.5	94.1
Kayacık	3.83	1.72	0.958	69.9	0.005	58.1	45.0
Mercidabık	3.24	1.29	0.999	4534.5	0.001	77.4	39.6
Üçkubbe	6.30	0.88	0.989	278.5	0.001	113.3	14.0
Yavuzlu	8.06	1.06	0.963	79.5	0.005	94.5	13.1
Yona	8.69	1.36	0.995	607.7	0.001	73.5	15.7

Tablo 3. Araştırmada kullanılan toprak serilerinin Langmuir denklemlerine ait kayma ve eğim, b ve k değerleri ile istatistiksel parametreler (r^2 , F,P).

Kaynaklar

1. Derici, M.R., Çukurova Bölgesinde Yaygın Bazı Toprak Serilerinde Fosfor Adsorpsiyon Karakteristiklerinin Toprak Kolonları Kullanılarak Araştırılması. Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), Adana, 97 S, 1981.
2. Olsen S.R., Watanabe, F.S., A Method to Determine a Phosphorus Adsorption Maximum for Soils as Measured by Langmuir Isotherm, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21:144-149, 1957.
3. Derici, M.R., Kaya, Z., Kapur, S., Çukurova'da Belirli Toprak Serilerinde Fosfor Adsorpsiyonu, TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Proje No: Subtunit- 7, Adana, 63 S, 1984.
4. Kaya, Z., Çukurova Bölgesinde Yaygın Bazı Toprak Serilerinde Fosforun Statüsü ve Toprak-Bitki Sistemindeki Dinamiği, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), Adana, 103 S 1982.
5. Oskay, K.S., Büyük Konya Havzası Topraklarının Fosfor Durumları ile Fosfor Adsorpsiyon ve Desorpsiyon Özelliklerinin Matematiksel Modellerle Nitelenmeleri, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), Ankara, 148 S, 1982.
6. Derici, M.R., Kaya, Z., Phosphorus Adsorption Characteristics of the Soils of the Harran Plain, Soils of the Harran Plain, TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu. Poje No: TOAG-534, Ankara , S:31-38, 1991.
7. Murphy, J., Riley, J.P., A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters, Anal. Chem. Acta., 27, 31-36, 1962.
8. Lindsay, W.L., Chemical Equilibria in Soils, John Willey and Sons. Printed in the USA, 449 S, 1979.
9. Gebhardt, H., Coleman, N.T., Anion Adsorption by Allophanic Tropical Soils: III. Phosphate Adsorption, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38:263-266, 1974.
10. Griffin, R.A., Jurinak, J.J., The Interaction of Phosphate with Calcite, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 37:847-850, 1973.
11. Veith, J.A., Sposito, G., On the Use of the Langmuir Equation in the Interpretation of Adsorption Phenomena, Soil Sci. Soc. Amer. J., 41: 697-702, 1977.
12. Sayın, M., Mermut, A.R., Tiessen, H., Phosphate Sorption-Desorption Characteristics by Magnetically Separated Soil Fractions, Soil Sci. Soc. Amer. J., 54 : 1298-1304, 1990.