

## TOPRAKLARDA BOR ADSORPSİYONU

Sonay SÖZÜDOĞRU<sup>1</sup>, Satea M. OMAR<sup>2</sup>, Sadık USTA<sup>1</sup>

**Özet:** Bu araştırma farklı özelliklere sahip toprakların bor adsorpsiyon izotermelerini incelemek üzere yürütülmüştür.

Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi modellerine göre değerlendirilen B adsorpsiyonunda, Langmuir modelinin düşük B konsantrasyonları için geçerli olduğu, Freundlich modelinin ise hem düşük, hem de yüksek konsantrasyonlarda geçerli olduğu saptanmıştır.

Langmuir b ve Freundlich k sabitleri ile kil kapsamı ve katyon değişim kapasitesi arasında sırasıyla; % 1 ve % 5 düzeyinde önemli bir ilişki bulunmuştur. Langmuir K sabiti ile organik madde arasında % 1 düzeyinde önemli bir ilişki tespit edilmiştir. Langmuir b ve Freundlich k değerleri ile pH arasında % 1, Langmuir K değeri ile ise % 5 düzeyinde negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, Langmuir adsorpsiyon izotermi, Freundlich adsorpsiyon izotermi.

### BORON ADSORPTION IN SOILS

**Summary:** The objective of this study was to investigate the effect of soil properties on Boron adsorption. Boron sorption in soils confirmed to Langmuir adsorption isotherm, but only over limited concentration ranges. On the other hand, the Freundlich adsorption isotherm was applicable over the entire B concentration range for all soils.

The Langmuir b and Freundlich k values were highly correlated with both clay content (significant at 1 % level), pH (significant at 1 % level but negative) and cation exchange capacity (significant at 5 % level). Langmuir K values were significantly correlated with organic matter at 1 % level and pH at 5 % level and negative.

**Key Words:** Boron, Langmuir adsorption isotherm, Freundlich adsorption isotherm.

### Giriş

Bor düşük konsantrasyonlarda bitki besleme açısından mutlak gerekli besin elementi olmasına karşın, yüksek konsantrasyonlarda ise oldukça toksik etkiye sahip bir bitki besin maddesidir. Bu nedenle bitkide eksiklik ile toksik etki arasındaki sınır çok dardır (Berger, 1949; Keren ve Bingham, 1985). Dolayısıyla topraklarda B yararıyı etkileyen reaksiyonları ortaya koymak oldukça önem taşımaktadır.

Toprakta gerek ana materyalden gelen, gerekse yüksek B konsantrasyonlu sularla yapılan sulamalar sonucu kirlilik sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların çözülmesi ve borlu toprakların ıslah edilmesi için toprak özellikleri ile B adsorpsiyonu ilişkisinin incelenmesi gerekmektedir.

Herhangi bir şekilde toprağa ulaşan bor adsorbe edici yüzeyler tarafından adsorbe edilmekte ve katı ve sıvı fazların B kapsamı arasında bir denge oluşmaktadır. Topraklarda oluşan bu denge Langmuir (Rhoades ve ark., 1970; Griffin ve Burau, 1974) ya da Freundlich (Singh, 1971; Bhatnagar ve ark., 1979) adsorpsiyon izotermlerinden biri kullanılarak değerlendirilmektedir.

Boron çözünürlüğü ve sorpsiyonu toprak

pH'sı, kil minerali ve tipi, Al ve Fe oksit içeriği, organik madde ve kireç kapsamı gibi toprak özelliklerine bağlıdır (Keren ve Bingham, 1985; Elrashidi ve O'connor, 1982).

Bu araştırmanın amacı bor adsorpsiyonu olaylarını anlamak ve etken olan faktörleri belirlemek için farklı özelliklere sahip toprakların adsorpsiyon izotermelerini Freundlich veya Langmuir adsorpsiyon izotermi modelleri kullanarak, geçerli oldukları sınır B konsantrasyonları, toprak özellikleri ve B adsorpsiyonu karakteristikleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır.

### Materyal ve Yöntem

Araştırmada düşük B kapsamına sahip 8 farklı yerden alınan yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Toprak örneklerinde pH (Çamurda), tekstür (Bouyoucos, 1951), % organik madde (Jackson, 1962), % CaCO<sub>3</sub> (Çağlar, 1949) ve katyon değişim kapasitesi (Richards, 1954) analizleri yapılmıştır (Çizelge 1).

### Adsorpsiyon İzotermi :

Bor adsorpsiyon izotermi batch denge metoduna (Goldberg ve Glaubig, 1985) göre belirlenmiştir. 0-100 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonlarda 0.01

**Çizelge 1. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri**

Toprak No	Topraklar	Tekstür Sınıfı	Kil %	Silt %	Kum %	CaCO <sub>3</sub> %	Org. Mad. %	K.D.K me/100 gr	Tuz %	Doygunluk %	pH (çamur)	Bor (0.01m CaCl <sub>2</sub> ) µg g <sup>-1</sup>
1	(Ankara) Kazan-İçören	Killi-tın	36.00	35.00	29.00	0.50	1.59	28.52	0.11	64.00	7.24	0.15
2	Ankara-Sincan	Killi-tın	33.16	39.94	26.90	33.26	1.74	24.34	0.07	63.00	7.40	0.15
3	Antalya-Hatıpler (1)	Kumlu-killi tın	21.00	22.00	57.00	10.43	1.26	22.28	0.05	36.00	7.93	0.05
4	Antalya-Hatıpler (2)	Kumlu-tın	18.80	26.00	55.20	13.18	1.26	17.19	0.03	34.00	8.10	0.15
5	Antalya-Hatıpler (3)	Siltli-tın	25.00	52.00	23.00	43.38	1.60	23.29	0.04	46.00	8.0	0.15
6	Antalya-Hatıpler (4)	Killi	42.00	49.00	9.00	42.89	0.51	19.51	0.11	77.00	8.23	0.00
7	Samsun-Hacidede (1)	Killi	42.40	18.80	38.80	0.50	2.15	42.44	0.09	69.00	7.30	0.25
8	Samsun-Hacidede (2)	Killi	48.00	35.60	16.40	5.00	2.01	43.00	0.24	83.00	7.60	0.50

**Bulgular ve Tartışma****Langmuir Adsorpsiyon İzotermi :**

M CaCl<sub>2</sub> içerisinde 20 ml B içeren çözeltiler 10 g toprağa ilave edilerek 25 °C sabit sıcaklıkta 23 saat çalkalanmaya bırakılmış, daha sonra elde edilen ekstrakte karmin yöntemine (Hatcher ve Wilcox, 1950) göre B tayini yapılmıştır. Topraklar tara-fından adsorbe edilen B başlangıçta toprağa verilen B konsantrasyonu ile 23 saat sonra dengeye ulaşan B çözel-tisi konsantrasyonu arasındaki farktan hesaplanmıştır. Adsorpsiyon karakteristikleri Langmuir (1) ve Freund-lich (2) adsorpsiyon izotermi eşitliklerinin doğrusal şekilleri kullanılarak belirlenmiştir.

$$(C)/(x/m) = 1/b (c) + 1/Kb \dots\dots\dots(1)$$

(C) denge konsantrasyonu (µg B ml<sup>-1</sup>), (x/m) adsorbe olmuş B miktarı (µg B g<sup>-1</sup> toprak), b adsorpsiyon maksimumu (µg B g<sup>-1</sup> toprak) ve K ise bağlanma enerjisi sabitidir (ml µg<sup>-1</sup>).

$$\text{Log } (x/m)=1/n \text{ Log } (c) + \text{Log } k \dots\dots\dots(2)$$

(C) denge çözeltileri konsantrasyonu (µg B ml<sup>-1</sup>), (x/m) adsorbe edilen B (µg B g<sup>-1</sup> toprak ), 1/n regresyon doğrusunun eğimi, k ve n deneysel sabitlerdir.

Çizelge 2 de görüldüğü gibi, B adsorpsiyonu belli denge konsantrasyonlarına kadar Langmuir modeline uyum göstermiş, değerler yükseldikçe sapma meydana gelmiştir. Yüksek B konsantrasyonlarında Langmuir izoterminden sapmaların olduğunun belirtilmesine rağmen, çoğu araştırıcı topraklar tarafından B adsorpsiyonunun Langmuir izoterm modeliyle düşük konsantrasyonlar için ifade edilebileceğini belirtmektedirler (Hatcher ve Bower, 1958; Hingston, 1964; Rhoades ve ark. 1970; Singh, 1971). Hingston (1964), Griffin ve Burau (1974) Langmuir modelinden sapmanın nedenin, B adsorpsiyonunda birden fazla yüzey veya mekanizmanın bir arada oluşmasından dolayı olabileceğini, başlangıçta kimyasal olarak adsorbe olan tabakanın üzerine daha düşük bağlanma enerjisi ile bor'un çoklu tabakalar halinde fiziksel olarak ve çökelti oluşturarak adsorbe edildiği şeklinde açıklamışlardır.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi maksimum adsorpsiyon değerleri hafif bünyeli topraklarda (Antalya-Hatıpler-2 ve 3) düşük, ağır bünyeli topraklarda (Ankara-İçören ve Samsun-Hacidede-1) yüksek bulunmuştur. Bu değerler Abbas (1984)'ın bulduğu değerler ile de uyum sağlamaktadır.

**Çizelge 2. Topraklarda Langmuir (b ve K) sabitleri ile B denge konsantrasyonu sınırları**

Toprak No	Topraklar	Langmuir Sabitleri α		Bor Denge Konsantrasyonları Sınırları µg B ml <sup>-1</sup>
		b µg g <sup>-1</sup>	K ml µg <sup>-1</sup>	
1	Ankara Kazan-İçören	38.42	0.12	13.50
2	Ankara-Sincan	34.39	0.15	13.31
3	Antalya-Hatıpler-1	23.70	0.09	21.70
4	Antalya-Hatıpler-2	17.78	0.13	17.85
5	Antalya-Hatıpler-3	13.95	0.13	20.50
6	Antalya-Hatıpler-4	29.75	0.09	38.00
7	Samsun-Hacidede-1	38.29	0.13	13.35
8	Samsun-Hacidede-2	29.39	0.13	36.25

α Bütün regresyon denklemlerinde r<sup>2</sup> değeri > 0.9584

Langmuir sabitleri (b) ve (K) ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 3'de verilmiştir. % kil değeri ile b değeri arasında % 1 düzeyinde, KDK ile de % 5 düzeyinde önemli ve pozitif bir ilişki bulunmasına rağmen, organik madde ile ilgili önemli bir ilişki bulunamamıştır. Bu ise koloidal bir olay olan adsorpsiyonda killerin organik maddeden daha fazla rol oynadığını göstermektedir. Hingston (1964), Fleet (1965) ve Elrashidi ve O'connor (1982), topraklarda B adsorpsiyonunda kilin başlıca etken olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Marzadori ve ark. (1991) yaptıkları çalışmada organik maddenin topraktan uzaklaştırılmasıyla B adsorpsiyonunun bir hayli arttığını, bunun sebebinde organik maddenin adsorpsiyon yüzeylerini kapladığını, organik maddenin uzaklaştırılmasıyla bu yüzeylerin aktif hale geçtiği şeklinde yorumlamışlardır. pH ile olan ilişkide % 1 düzeyinde önemli fakat negatiftir, bu sonuç Goldberg ve ark. (1993) buldukları sonuç ile uyum sağlamamaktadır. Bu ise araştırma topraklarının pH'sının geniş sınırlara sahip olmaması şeklinde yorumlanabilir (Elrashidi ve O'connor, 1982).

Çizelge 3. Toprak özellikleri ile Langmuir (b ve K) sabitleri arasındaki regresyon katsayısı değerleri

Toprak Özellikleri	Langmuir Sabitleri	
	b	K
Kil %	0.6909**	0.0718
K.D.K. meq/100g	0.5352*	0.3205
CaCO <sub>3</sub> %	-0.4409	-0.0617
pH	-0.7846**	-0.5300*
Organik Madde %	0.3128	0.7161**

\* % 5 düzeyinde önemli, \*\* % 1 düzeyinde önemli

#### Freundlich Adsorpsiyon İzotermi :

Araştırma topraklarının Freundlich adsorpsiyon izotermine ait k (adsorpsiyon kapasitesi) ve 1/n (adsorpsiyon intensitesi) değerleri Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Topraklarda Freundlich (k ve 1/n) sabitleri

Toprak No	Topraklar	Freundlich Sabitleri	
		k	1/n
1	Ankara Kazan-İçören	0.659	0.669
2	Ankara-Sincan	0.726	0.612
3	Antalya-Hatıpler-1	0.448	0.595
4	Antalya-Hatıpler-2	0.425	0.584
5	Antalya-Hatıpler-3	0.269	0.640
6	Antalya-Hatıpler-4	0.605	0.505
7	Samsun-Hacidede-1	0.755	0.601
8	Samsun-Hacidede-2	0.662	0.489

$\alpha$  Bütün regresyon denklemlerinde  $r^2 > 0.9800$

B adsorpsiyon değerleri, uygulanan B konsantrasyonlarının tümü için (0-100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) araştırma topraklarının hepsinde de Freundlich adsorpsiyon modeline uyum sağlamaktadır. Singh (1971) ve Bhatnager ve ark. (1979) Hindistan'ın bazı topraklarında yaptıkları çalışmalarda da benzer sonuçları elde etmişlerdir. Elrashidi ve O'connor'da (1982) 0-100  $\mu\text{g ml}^{-1}$  B konsantrasyonlarında Freundlich modelinin uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir. Freundlich k değerleri araştırma toprakları için 0.269-0.755, 1/n değerleri ise 0.489-0.669 değerleri arasında dağılım göstermektedir. Toprak özellikleri ile k ve 1/n değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler Çizelge 5'de verilmiştir. Kil kapsamı ile k değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli ilişki saptanmıştır. Toprakların kil kapsamı arttıkça bor adsorpsiyonunda artış eğilimi göstermiştir. Hingston (1964) ve Elrashidi ve O'connor (1982)'de benzer ilişkiyi belirtmişlerdir. KDK ile k değeri arasında da % 5 düzeyinde önemli bir ilişki bulunmuştur. Bu ise yine Langmuir modelinde olduğu gibi kil içeriğinin KDK'daki rolü ile açıklanabilir. pH ile olan ilişkide negatif fakat önemlidir.

Çizelge 5. Toprak özellikleri ile Freundlich (k ve 1/n) sabitleri arasındaki regresyon katsayısı değerleri

Toprak Özellikleri	Freundlich Sabitleri	
	k	1/n
Kil %	0.7479**	-0.4787
K.D.K. meq/100g	0.5768*	-0.2155
CaCO <sub>3</sub> %	-0.3961	-0.0853
pH	-0.7074**	-0.4031
Organik Madde %	0.3374	0.2435

\* % 5 düzeyinde önemli, \*\* % 1 düzeyinde önemli

#### Sonuç

Sonuç olarak; araştırma topraklarında B adsorpsiyonunun sadece düşük konsantrasyonlarda Langmuir modeline uyum göstermekte olduğu, Freundlich modelinin ise hem düşük hem de yüksek konsantrasyonlar için geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Bor adsorpsiyonunda toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

Sonuçlardan da görülebileceği gibi toprak özellikleri ile adsorpsiyon izoterm modellerinin her ikisi arasındaki ilişkilerde hemen hemen aynı öneme sahip istatistiksel bir ilişki göstermiştir. Bu ise her iki izoterm modelinin B adsorpsiyon değerlendirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

#### Teşekkür

Bor analizlerindeki yardımlarından dolayı DSİ Su ve Toprak laboratuvarı elemanlarına ve Toprak Bölüm Başkanı Prof.Dr. İlhami ÜNVER'e teşekkür ederiz.

**Kaynaklar**

- Abbas, F.M., 1984. **A simplified model for salt and boron transport in soils.** ph. D. Thesis. Utah state University, Legan.
- Berger, K.C., 1949. **Boron in soils and crops.** Adv.Agron 1:321-351
- Bhatnagar, R.S., S.C. Attri., G.S. Mathar, and R.S. Chaudhary, 1979. **Boron adsorption equilibrium in soils.** Ann. Arid Zone 18:86-95.
- Bouyoucos, G.J., 1951. **A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils.** Agronomy J. 43:434-438.
- Çağlar, K.Ö., 1949. **Toprak Bilgisi.** A.Ü Yayınları No:10 Ankara
- Elrashidi, M.A., and G.A. O'connor, 1982. **Boron sorption and desorption in soils.** Soil Sci. Soc. Am. J. 46:27-31.
- Fleet, M.E.L., 1965. **Preliminary investigations in to the sorption of boron by clay mineral.** Clay Miner. 6:3-16.
- Goldberg, S., H.S. Forstar, and E.L. Heick, 1993. **Boron Adsorption mechanisms on oxides, clay minerals, and soil inferred from ionic strength effects.** Soil Sci. Soc. Am. J., 57:704-708.
- Goldberg, S., and R.A. Glaubing, 1985. **Boron adsorption on aluminim and iron oxide minerals.** Soil Sci, Soc. Am. J. 49:1374-1379.
- Griffin, R.A., and R.G. Burau, 1974. **Kinetic and equilibrium studies of boron desorption from.** Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38:892-897.
- Hatcher, J.T., and L.V. Wilcox, 1950. **Colorimetric determination of boron using carmin.** Anal. Chem. 22:567-569.
- Hatcher, J.T., and C.A. Bower, 1958. **Equilibria and dynamics of boron adsorption by soils.** Soil Sci. 85:319-323.
- Hingston, F.J., 1964. **Reactions between boron ad clays.** Aust. J. Soil Res 2:83-95.
- Jackson, M.L., 1962. **Soil Chemical Analysis** Prentice-Hall. Inc. Eng. Cliffs. N.J. USA.
- Keren, R., and F.T. Bingham, 1985. **Boron in water, soil and plants.** Adv. Soil Sci. 1:229-276.
- Marzadori, C., L. Vittori Antisari, C. Ciavatta, and P. Segui, 1991. **Soil Organic matter influence on adsorption and desorption of boron.** Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1582-1585.
- Rhoades, J.D. Ingvalson, and J.T. Hacher, 1970. **Laboratory determination of leachable soil boron.** Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34:871-875.
- Richards, L.A. 1954 ed. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Solils.** USDA Agriculture Handbook No:60
- Singh, M., 1971. **Equilibrium adsorption of boron in soils and clays.** Geoderma 5:209-217.

*Eserin kabul tarihi: 03.07.1996*