

# SULAMA SULARINDA MEVCUT OLAN KARBONAT VE BİKARBONAT İYONLARININ TOPRAK ÜZERİNDEKİ ZARARLI ETKİLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN BAZI KİSTASLAR

Mehmet Turgut Sağlam/<sup>1</sup>

## Ö Z E T

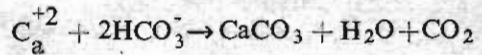
*Bu yazıda, sulama sularında mevcut olan karbonat ve bikarbonat iyonlarının toprak üzerindeki zararlı etkilerinin belirlenmesinde kullanılan bazı kıstaslar verilmiş ve bunların değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca, bazı sulama suyu analiz sonuçları iki ayrı kıstasa göre değerlendirilmiş ve sulama yönünden uygun olup olmadıkları tartışılmıştır.*

## G İ R İ Ş

Sulama suları genellikle serbest bikarbonat iyonları ile bir miktar sodyum ihtiva etmektedirler. Bu iyonların toprakta birikmesi halinde, toprağın pH değeri 10'a kadar yükselebilmektedir. pH değerinde meydana gelen bu artış, arzu edilmeyen iki hususun ortaya çıkmasına yol açmaktadır; 1-) Toprağın tuz konsantrasyonu artmakta ve toprağın geçirgenliği azalmaktadır, 2-) Bitkinin besin elementi durumu bozulmaktadır (Russell, 1973). Birçok bitkiler için kritik pH değeri 8.5 civarındadır. Şayet sulama suları oldukça fazla miktarda nötral tuz ihtiva ediyorsa, pH değeri normal şartlarda 8.5'i geçmemekte ve fazla miktarda nötral tuz ihtiva etmeyen sular alkalik

problemlerinin doğmasına yol açmaktadırlar.

Sulamada kullanılan sular önemli miktarda bikarbonat iyonu ( $\text{HCO}_3$ ) ihtiva ettikleri takdirde; aşağıdaki denklem uyarınca, bikarbonat, su içerisinde



deki Ca ile birleşmekte ve  $\text{CaCO}_3$  şeklinde çökelmektedir. Bu çökeltme toprak alkaliliğini azaltmakla beraber, toprak çözeltisindeki ve netice olarak toprağın değişim materyalindeki sodyum oranını yükseltmektedir (Bower ve çalışmaları, 1965).

Karbonat ( $\text{CO}_3$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) ile aynı konsantrasyonda Ca

ve Mg ihtiva eden sulardaki bikarbonat iyonlarının alk lilik yönünden bir sorun yaratmadığı genellekle kabul edilmektedir. Zira bu gibi durumlarda, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> birikimi meydana gelmemektedir. Sulama suyunun karbonat ve bikarbonat konsantrasyonu iki değerli katyonlardan daha fazla ise, durum son derece tehlikeli olmakta ve toprakta Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> birikimi meydana gelebilmektedir. Bu gibi suların kullanılabilmesi için toprakta Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> birikimini önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Bikarbonat iyonlarını ihtiva eden sular toprağın değişebilir sodyum seviyesini de arttırabilmektedirler. Sulama suyundaki Ca + Mg konsantrasyonu CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> konsantras-

yonunu geçse dahi, bu katyonların  z nmeyen karbonatlar şeklinde  z kelmesi sonucu  zeltinin sodyum adsorbsiyon oranı artmakta ve bu suretle toprağın değişebilir sodyum seviyesi yükselmektedir. Bunun bir neticesi olarak da toprağın bazı fiziksel özellikleri bozulmakta ve toprak alkalileşmeye doğru bir eğilim göstermektedir (Russell, 1973).

#### Karbonat ve Bikarbonat İyonları Konsantrasyonunun Zararlı Olduğu Sınırları Tesbit İçin Kullanılan Kıstaslar

Sulama sularındaki bikarbonat iyonlarının sebep olduğu zararların ifadesinde 3 ayrı terim kullanılmıştır (U.S. Salinity, Lab. Staff, 1969).

$$1. \text{ Mevcut eriyebilir Na yüzdesi} = \frac{\text{Na} \times 100}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}}$$

$$2. \text{ M nhal eriyebilir Na yüzdesi} = \frac{\text{Na} \times 100}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}) - (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)}$$

$$3. \text{ Bakiyevi Na}_2\text{CO}_3 = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}).$$

Verilen bu ilişkilerde iyon konsantrasyonları me./lt. olarak ifade edilmiş ve sudaki Ca + Mg'un CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub> tarafından  keltilerek azaltıldığı belirtilmiştir. Bakiyevi sodyum karbonat yönünden; 2.5 me./lt. den daha fazla bakiyevi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ihtiva eden suların sulamaya elverişi olmadığı, 1.25 - 2.5 me./lt. bakiyevi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ihtiva eden suların bazı tedbirler alınarak kullanılabilceği ve 1.25 me./lt. den daha az bakiyevi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ihtiva eden suların ise, emniyetle kullanılabilceği ileri sürülmüştür (U.S. Salinity Lab. Staff, 1969).

Yıkama ihtiyacı ile tuz dengesinin hesaplanması ve sulama suyunun sodyum zararının tesbit edilebilmesi için, toprakta CaCO<sub>3</sub> şeklinde bir  kelme olup olmadığının bilinmesi son derece yararlı olmaktadır. Ancak elde mevcut bilgilere göre, sulama suyundaki karbonatların  kelme derecesi oldukça değişik olmakta ve suyun bileşimi ile yıkama yüzdesine bağlı bulunmaktadır. Bazı sular toprak içerisinden geçtikleri zaman,  kelme ile karbonatlarını kaybetmemekte, aksine karbonat konsantrasyonları artmaktadır (Bower ve Wilcox, 1965).

Sulama sularındaki bikarbonatın çökmesi; su kullanımı, toprak şartları ve aynı zamanda suyun bileşimi ile ilgili bulunmaktadır. Ancak, bazı hallerde bu kıstaslar yeterli olamamakta ve bu nedenle  $\text{CaCO}_3$ 'ün çökme eğilimi ile ilgili bir indeks geliştirilmesi gerekmektedir. Langelier'i örnek gösteren Bower ve çalışma arkadaşları (1965);  $\text{CO}_2$  kaybının olmadığı kapalı bir sistemde akan su içerisinde  $\text{CaCO}_3$ 'ün çökmesi veya çözünmesi ile ilgili olarak bir indeks elde edildiğini ve bunun "Doygunluk İndeksi" olarak isimlendirildiğini bildirmektedirler. Doygunluk İndeksi; suyun gerçek pH değerinden, bu suyun  $\text{CaCO}_3$  ile dengede olması halinde elde edilecek pH değerinin çıkarılması suretiyle elde edilmektedir.

Doygunluk İndeksi (Dİ) =  $\text{pHa} - \text{pHc}$   
 $\text{pHa}$  : Suyun gerçek pH değeri,  
 $\text{pHc}$  :  $\text{CaCO}_3$  ile dengede olması halinde bu su için elde edilecek pH değeri.

Bu indeksin pozitif olması  $\text{CaCO}_3$ 'ün çökeceğini ve çözeltinin sodyum adsorbsiyon oranının artacağını göstermektedir. Şayet Dİ negatif ise, bu takdirde  $\text{CaCO}_3$  çözünmekte ve sodyum adsorbsiyon oranı azalmaktadır

Konu ile ilgili olarak Bower ve çalışma arkadaşları (1965) tarafından yürütülen bir denemede, pHc değeri ile  $\text{HCO}_3$  iyonları konsantrasyonundaki değişimin logaritması arasında -0.94 gibi çok önemli bir korrelasyon katsayısı elde edilmiş ve pHc değeri arttıkça  $\text{HCO}_3$  iyonları konsantrasyonunun azaldığı ileri sürülmüştür. Yine aynı araştırmada kısmi  $\text{CO}_2$  basıncının logaritması ile pHc değeri arasında da

negatif bir ilişki ( $r = -0.98$ ) elde edilmiş ve bu ilişkilerin,  $\text{CaCO}_3$ 'ün çözünürlüğü üzerine kısmi  $\text{CO}_2$  basıncının etkisi ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Bower ve Wilcox (1965), sulama sularındaki karbonatların çökme eğilimlerinin tesbitinde, toprağa intikal eden suyun evapotranspirasyon ile uzaklaşan miktarının da dikkate alınması gerektiğini ileri sürmektedirler. Araştırmacılar (Bower ve Wilcox, 1965), toprağa intikal eden suyun evapotranspirasyonla kaybedilen miktarı ile çöken  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  (me./lt.) arasındaki  $r = 0.90$  gibi çok önemli pozitif bir korrelasyon katsayısı tesbit etmişlerdir.

#### pHc Değerinin Hesaplanması

pHc değeri aşağıdaki denklemden hesap edilmektedir;

$$\text{pHc} = (\text{pK}'_2 - \text{pK}'_1) + p(\text{Ca} + \text{Mg}) + p(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$$

Bu denklemde;

$\text{pK}_2$  : Karbonik asidin ikinci parçalanma sabitesinin negatif logaritması

$\text{pKc}$  : Kalsiyum karbonatın çözünürlük çarpımının negatif logaritması

$p(\text{Ca} + \text{Mg})$  : Denge çözeltisindeki  $\text{Ca} + \text{Mg}$ 'un (mol/lt.) negatif logaritması.

$p(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$  : Denge çözeltisindeki  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ 'ün (ek/lt) negatif logaritması

$\text{pK}_2$  ve  $\text{pKc}$  değerleri iyonik güç için gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra formüldeki yerine konduğundan, denklemdeki ifadeler  $\text{pK}'_2$  ve  $\text{pK}'_c$  olarak gösterilmiştir.

Bower ve çalışma arkadaşları (1965) pHc değerinin hesaplanması için verdikleri denklemde,  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$ 'ün sadece Ca tarafından çöktüldüğünü dikkate alarak, Mg tarafından yapılan çöktirmeyi ihmal etmişler ve formülde sadece p Ca değerini kullanmışlardır. Sulama sularında mevcut  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$ 'ün sadece Ca tarafından değil, aynı zamanda Mg tarafından da çöktüldüğü bilinen bir husustur (U.S. Salinity Lab. Staff 1969; Russell. 1973; Bolt ve Bruggenwert, 1976). Bu nedenle Russell (1973), pHc değerinin hesaplanması ile ilgili denklemde p (Ca + Mg) kullanımını önermiş ve bu yazıda da p (Ca + Mg) olarak kullanılmıştır.

pHc değerinin bu şekilde matematiksel olarak hesaplanması oldukça zaman alıcı bir işlemdir. Bu nedenle Bower ve çalışma arkadaşları (1965), pHc değerinin hesaplanmasını kolaylaştırmak maksadıyla, çeşitli konsantrasyonlara isabet eden  $\text{pK}'_{2-}$  -  $\text{pK}/c$ , p (Ca + Mg) ve p ( $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ ) değerlerini hesaplamışlardır. Bundan istifade edilerek, bu terimlerin hesaplanması için kullanılacak olan grafikler hazırlanmış ve Grafik 1, 2 ve 3'de gösterilmiştir.

Herhangi bir sulama suyu analize tabi tutulduktan sonra elde edilen sonuçların bu grafiklere uygulanması neticesinde pHc değeri kolaylıkla hesap edilebilmektedir. Örneğin; elimizde toplam katyon konsantrasyonu 9.03 me./lt., Ca + Mg konsantrasyonu 6.72 me./lt. ve  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  konsantrasyonu 2.63 me./lt. olan bir sulama suyu mevcut olsun. Toplam katyon konsantrasyonu Grafik 1'e uygulandığında  $\text{pK}'_{2-}$  -  $\text{pK}/c$  değeri 2.27 olarak bulunur. Grafik 2'ye uygulanan Ca + Mg konsantras-

yonu sonucunda, p (Ca + Mg) değeri 2.48 olarak elde edilir.  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  konsantrasyonu ise Grafik 3'e uygulandığında, p ( $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ ) değeri 2.60 olarak bulunur. Elde edilen bu değerler toplandığında ( $2.27 + 2.48 + 2.60 = 7.35$ ) pHc değeri 7.35 olarak ortaya çıkar.

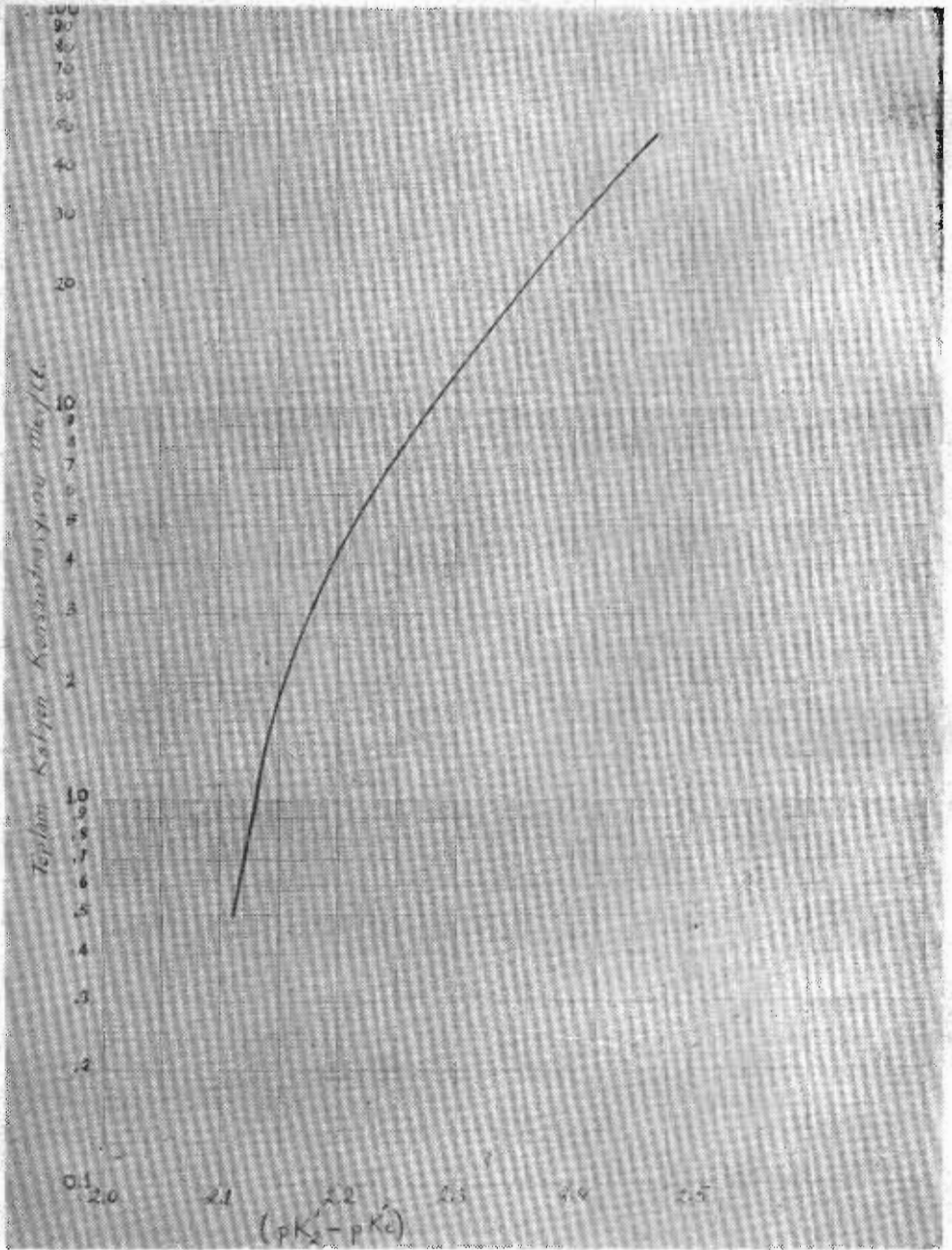
### Doygunluk İndeksi İle İlgili Bir Uygulama

Doğu Anadolu Bölgesindeki bazı akarsuların analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Yine aynı tabloda, bu sular için daha önce verilen yöntemle hesap edilen pHc değerleri ile pHa - pHc değerleri ve hesaplanan bakiyesi  $\text{Na}_2 \text{CO}_3$  miktarları da gösterilmiştir. Tablo 1'den de görüldüğü gibi, ilk 5 su örneği değişik miktarlarda bakiyesi  $\text{Na}_2 \text{CO}_3$  ihtiva etmektedir. Konu ile ilgili olarak daha önce verilen kıstaslar dikkate alınrsa, 4 numaralı suyun sulama maksadıyla kullanılması sakıncalıdır. İki numaralı su ise bazı tedbirler alınmak suretiyle kullanılabilir durumda olup, 1, 3 ve 5 numaralı sular sulamaya elverişli olarak nitelendirilmektedir, Altı ve 7 numaralı sular bakiyevi  $\text{Na}_2 \text{CO}_3$  ihtiva etmemektedirler.

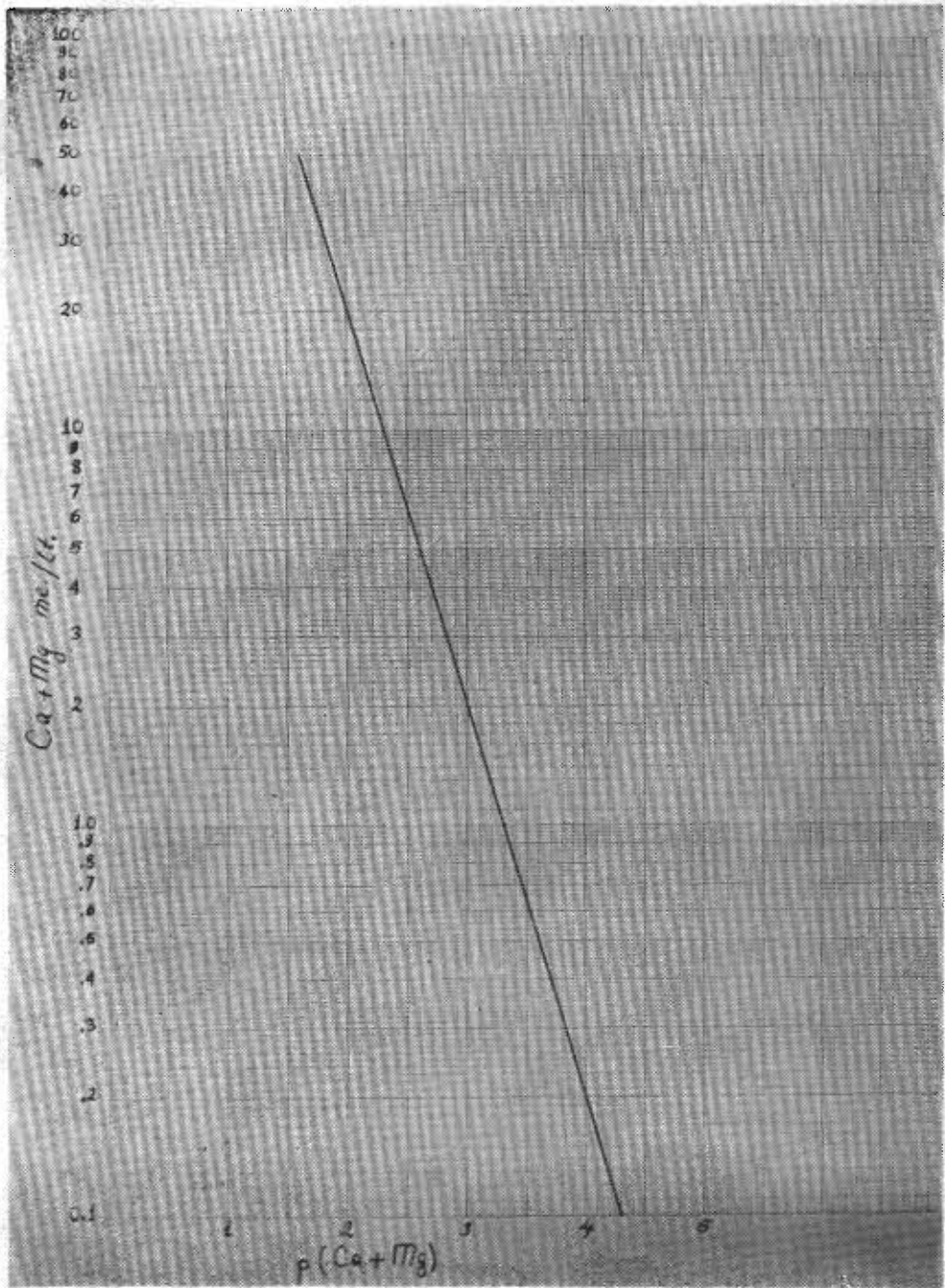
Soruna pHa - pHc açısından baktığı takdirde daha değişik bir durum ortaya çıkmaktadır. Tablo 1'den de anlaşılacağı gibi, ilk 6 su için elde edilen pHa - pHc değerleri pozitif olmakta ve sulama maksadıyla kullanılmasının sakıncalı olduğu ve toprakta alkalilik yaratacağı ortaya çıkmaktadır. Yedi numaralı su için elde edilen pHa - pHc değeri negatif olup, sulama maksadıyla başarı ile kullanılacağı anlaşılabilir.

Tablo 1. Doğu Anadolu Bölgesindeki Bazı Akarsu ve Yeraltı Sularının Analiz Sonuçları ve Bu Sularla İlgili (pHa - pHc) değerleri.

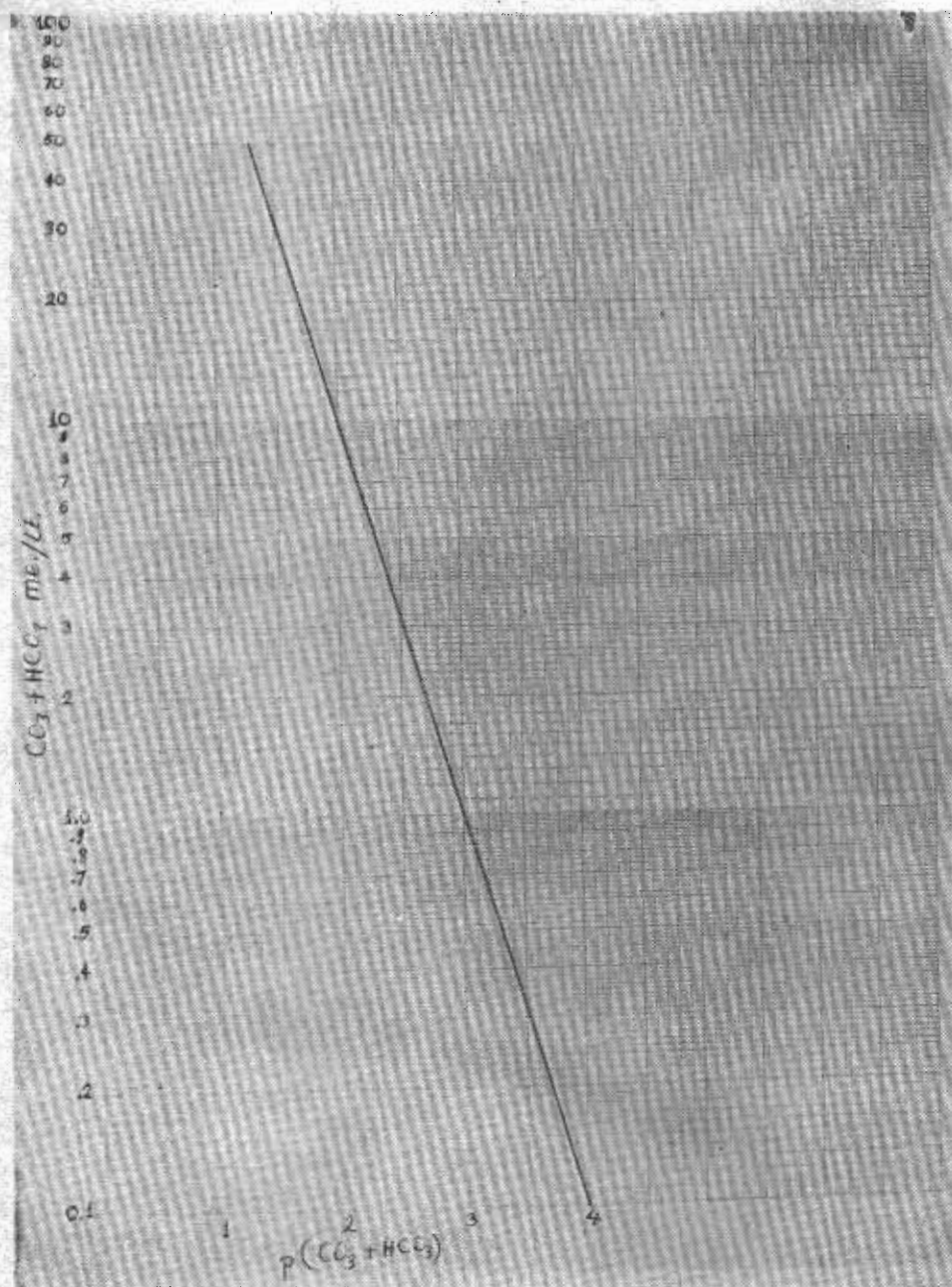
No.	Literatür	Adı	pHa	Kasyonlar (me./lt.)				CO <sub>3</sub> + HCO <sub>3</sub>		pHa-pHc	Bakiyevi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (me./lt.)
				Na	K	Ca+Mg	Toplam	(me./lt.)	pHc		
1.	Oruç, 1970	Aras Nehri	7.70	1.26	0.10	3.51	4.87	4.46	7.31	+	0.95
2.	Oruç, 1970	Orta Karasu	7.70	1.50	0.07	4.80	6.37	6.09	7.05	+	1.29
3.	Oruç, 1970	A. Karasu	7.40	1.76	0.10	5.80	7.66	6.82	6.97	+	1.02
4.	Oruç, 1970	Orta Alican köyü içme suyu	9.30	6.00	0.07	5.20	11.27	8.98	6.74	+	3.78
5.	Oruç, 1970	Dize köyü artezyen kuyusu	7.70	0.84	0.03	2.32	3.19	2.98	7.62	+	0.66
6.	Özdengiz, 973	Aras Nehri	8.60	2.17	0.15	6.57	8.89	3.15	7.21	+	Yok
7.	Bahtiyar, 1971	Karasu Neh.	7.56	1.18	0.05	3.77	5.00	0.80	7.99	-	Yok



Grafik 1. Sulama Sularındaki Toplam Katyon Konsantrasyonu İle  $pK'_2 - pK'_c$  Arasındaki İlişki.



Grafik 2. Sulama Sularındaki Ca + Mg Konsantrasyonu İle p (Ca + Mg) Arasındaki İlişki.



Garafik 3. Sulama Sularındaki  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  Konsantrasyonu İle  $p(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$  Arasındaki İlişki.



Altı numaralı su bakiyevi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ihtiva etmediği halde,  $\text{pH}_a - \text{pH}_c$  değeri pozitif olarak bulunmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi;  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  konsantrasyonu  $\text{Ca} + \text{Mg}$  un konsantrasyonundan az olsa dahi,  $\text{Ca}$  ve  $\text{Mg}$ 'un karbonatlar şeklinde çökmesi sonucu, toprak çözeltisinin sodyum adsorbsiyon oranı ve dolayısıyla toprağın değişim materyalindeki sodyum seviyesi yükselbilmektedir.

Sulama sularının alkalilik zararı yönünden değerlendirilmesinde iki ayrı kıstas verilmiştir. Bunlardan bakiyevi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  'ın kullanılması halinde; normal sınırlar içerisinde ve hatta küçümsenecek ölçüde bakiyevi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ihtiva eden suların dahi, ihtiva ettikleri miktarlarla ilgili olarak belirli bir

süre sonunda sorun yaratacakları ortaya çıkmaktadır.  $\text{pH}_a - \text{pH}_c$  değeri negatif olan suların ise, uzun sürede dahi herhangi bir problem yaratmasızın kullanılabileceği görülmektedir. Ancak burada konuya belirli bir açıdan bakılmış ve konu üzerine etkili olabilecek diğer hususlar ihmal edilmiştir. Bu nedenle, konu üzerine etkili olan diğer faktörlerin de dikkate alınması zorunludur. Diğer taraftan, soruna sadece  $\text{pH}_a - \text{pH}_c$  açısından bakılırsa, pratikte  $\text{pH}_a - \text{pH}_c$  değeri negatif olan sulama sularını bol miktarda temin etmek oldukça zordur. Bu sebeple, konu çok yönlü olarak ele alınmalı ve gerekli tedbirler alınmak suretiyle  $\text{pH}_a - \text{pH}_c$  değeri pozitif olan bazı suların da sulamada kullanılabileceği hatırdan tutulmalıdır.

### LİTERATÜR LİSTESİ

1. Bahtiyar, M., 1971. Erzincan ada çorak topraklarının oluşları, özellikleri ve ıslahları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi (Basılmamış), Erzurum
2. Bolt, G.H., M.G.M. Bruggenwert, 1976, Soil Chemistry A. Basic Elements. Elsevier Sci. Publ. Comp., Amsterdam, The Netherlands.
3. Bower, C.A., L.V. Wilcox, 1965. Precipitation and solution of calcium carbonate in irrigation operations. Soil Sci 29: 93-94.
4. Bower, C.A., L.V. Wilcox, G.W. Akın, M.G. Keyes, 1965. An Index of the tendency of  $\text{CaCO}_3$  to precipitate from irrigation waters. Soil. Sci 29: 91-92.
5. Oruç, N., 1970. Iğdır Ovası çorak topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.
6. Özdegiz, A., 1973. Iğdır ovası sulama şebekesinin bugünkü durumu, şebeke dahilindeki toprakların sulama yönünden problemleri ve çözüm yolları üzerinde bir araştırma. Ankara Basım ve Cilt evi, Ankara.
7. Russell, E.W., 1973. Soil Conditions and Plant Growth. Longman Group Lim, New York, U.S.A.
8. U.S. Salinity Lab. Staff, 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. of Agr, U.S.A.