

# Sulama Suyunun Kalitesine Tesir Eden Faktörler

Nazmi Oruç(1)

Ö z e t

*Silt ve tuzluluk faktörleri belirtildi. SAO ile kabili mübadil sodyum arasındaki ilgi açıklandı.*

## GİRİŞ

Tarihi belgelere göre yer yüzündeki ilk medeniyetlerin sulı ziraatin uygulandığı bölgelerde ortaya çıktığı kaydedilmektedir. Mısır'da Nil nehri vadisinde ve Kıta Çin'inin büyük bir kısmında 4000 seneden beri sulı ziraatin yapıldığı ve yüksek mahsul alındığı bilinmektedir. Buna karşılık büyük bir medeniyetin geliştiği Mezopotamya'da sulı ziraatin zamanla başarısızlığa uğradığı ve bunun sebebinin taban suyunun yükselmesine ve tuzluluğa atfediği belirtilmektedir (1).

Yurdumuzda da bilhassa Çumra, Çukurova, Menemen ve Iğdır gibi yarı kurak bölgelerde mahsulü sınırlandıran suyun bilgisizce kullanılmasıyla toprakların büyük bir kısmı zamanla çoraklaşmıştır (5).

Sulu ziraatin devamlı ve başarılı bir şekilde uygulanması fazla taban suyunun topraktan uzaklaştırılması ve bilgili bir sulama yapılması yanında ilk plânda kullanılan suyun kalitesi ile çok yakından ilgilidir. Ziraatte kullanılan suların çoğunda total tuz miktarı 70 ile 3500 ppm (70-3500 gm. m:<sup>3</sup> veya takriben 150-5500 mikromhos/cm. 25°C.) arasında değişmektedir. Yıllık ortalama su tatbikatı 100 cm. olarak alınırsa bir dekar araziye bu şekilde

70 ile 3500 kg. arasında tuz ilâve edilmiş olacaktır. Bu durumda uygun drenaj şartları altında bir yıkama yapılmadığı takdirde arazinin kısa bir müddet sonra çoraklaşacağı aşikardır.

Alınması gerekli drenaj tedbirlerine, yetiştirilecek bitki çeşidine ve başarılı bir sulı ziraat için şart olan diğer kültürel uygulamalara yön vermesi bakımından sulama suyunun kalitesinin bilinmesi gereklidir. Suyun kalitesinin bilinmesi ile toprakta zamanla meydana çıkabilecek olan arzu edilmeyen fiziksel ve kimyasal değişikliklerin önceden tahmin edilebilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması mümkün olur.

## SULAMA SUYUNUN KALİTESİNE TESİR EDEN FAKTÖRLER

Sulama suyunun kalitesi ilk plânda ihtiva ettiği silt ve tuz konsantrasyonuna bağlıdır.

### A) Siltin Tesiri :

Sulama suyunun kalitesi ile ilgili olarak siltin tesiri bu siltin kaynağına ve sulanan arazinin özelliklerine göre değişir. Su tutma kapasitesi çok düşük ve bitki besin elementlerince çok fakir olan kumlu topraklarda sulama suyunun bir miktar silt ihtiva etmesinin çok faydalı tesirleri olduğu çeşitli yerlerde müşahade edilmiştir. Sulama su-

(1) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak İlmi Bölümü Doçenti

yunun ihtiva ettiği siltin verimli sahalardan geldiği hallerde siltin bu kumlu topraklara ilâvesi ile verimliliğin ve bu arada su tutma kapasitesinin de attığı görülmüştür. Ancak bir çok hallerde siltin toprağa ilâvesi ile zararlı tesirler ortaya çıkmaktadır. Bu durum siltin bilhassa evvelce erozyona uğramış sahalardan taşınıp nisbeten verimli olan topraklar üzerine yayıldığı zaman görülmektedir. Ayrıca orta ve bilhassa ağır bünyeli topraklarda siltin devamlı olarak birikmesi toprağın su geçirgenliğini çok azaltmakta ve böylece sulamayı güçleştirmektedir.

#### B) Tuzluluk Faktörleri :

Sulama suyunun kalitesine tesir eden en önemli tuzluluk faktörleri dört kısım içerisinde incelenebilir.

- 1) Eriyebilir tuzların total konsantrasyonu,
- 2) Sodyumun diğer katyonlara nisbi oranı,
- 3) Bor veya bazı bitkilere zehir tesiri yapabilecek olan klor, sodyum veya bikarbonat iyonlarının mevcudiyeti,

4) Bazı şartlar altında kalsiyumla beraber mağnezium konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat konsantrasyonu

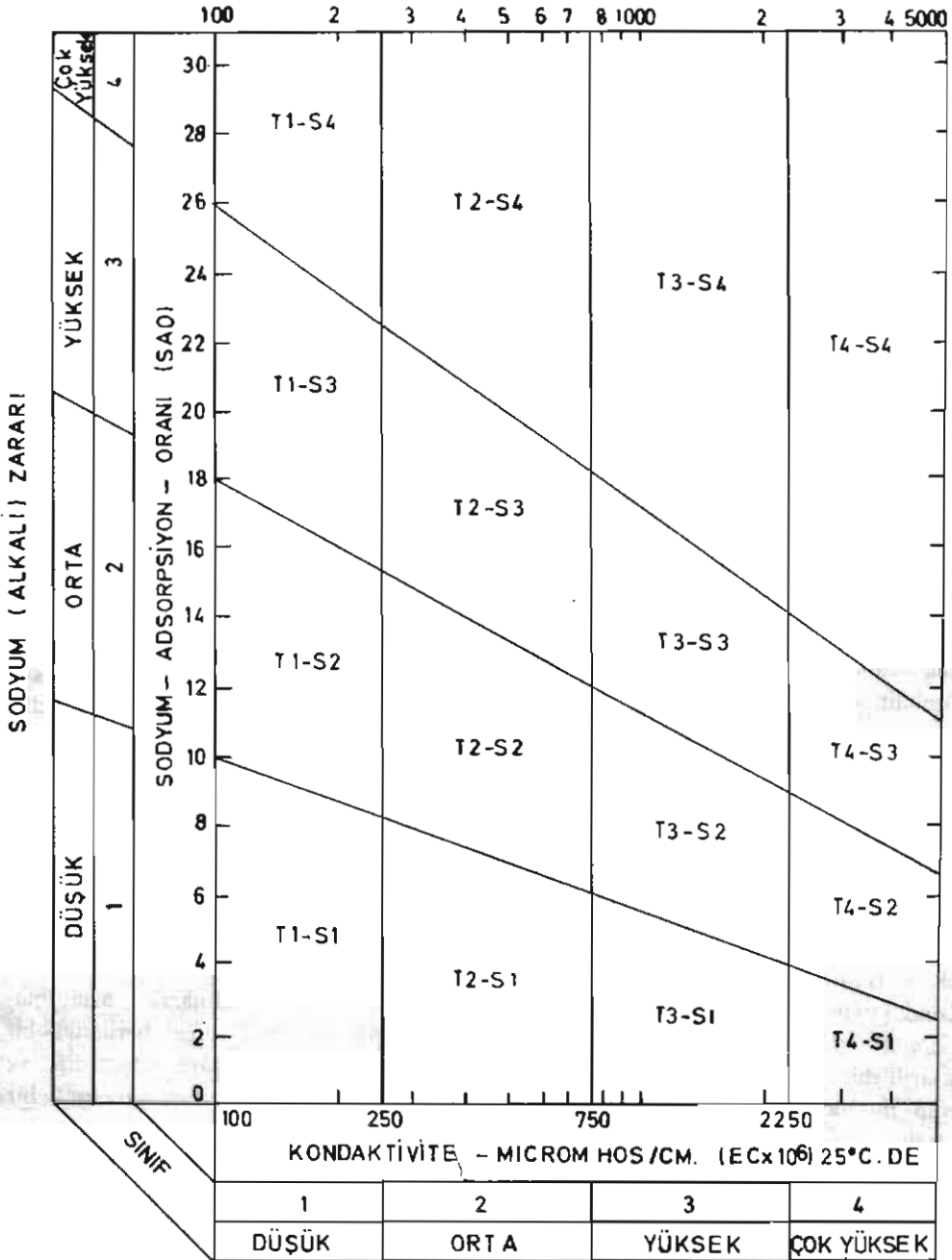
#### 1) Total Tuz :

Sulama suyunun ihtiva ettiği total tuz miktarına göre yapılan ilk sınıflandırmalarında total tuz ppm birimine göre ifade edilmiştir. Bu sınıflandırmada tuzlar beyaz alkali (nötr tuzlar) ve siyah alkali (bazik tuzlar) olarak iki guruba ayrılmıştır. Beyaz alkali guruba giren tuzların olduğu hallerde 1000 ppm in altında total eriyebilir tuz ihtiva eden suların kulla-

nılmalarında bir mahsur görülmemiştir. Buna karşılık 2000 ppm üzerinde beyaz alkali tuzları ihtiva eden suların kullanılmayacağı ileri sürülmüştür. Siyah alkali tuzların ölçülebilecek miktarda bulunduğu suların ise kullanılmaları asla tavsiye edilmemiştir (8).

Sulama sularındaki eriyebilir tuzların toplam miktarları elektriki kondaktivite birimleri ile de ifade edilebilir ve buna göre teşhis ve sınıflandırma yapılabilir. Kondaktivitenin (geçirgenlik) kolayca ve hassas olarak tayin edilmesi sebebiyle bu metod çok kullanışlıdır. Sulama suyu kalitesinin total tuz yönünden sınıflandırılmasında elektriki geçirgenlik tayini genellikle kabul edilmiş bir metod olup bu maksatla Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı tarafından ileri sürülen tabloda dört sınıf bulunmaktadır (Şekil 1). Bu laboratuvar tarafından çok sayıda su nümunesi üzerinde yapılan ölçmelerde nünunelerin % 9 unda elektriki kondaktivitenin 250 mikromhos/cm. den aşağı % 48 inde 250-750 mikromhos/cm. arası, % 33 ünde 750-2250 mikromhos/cm. arası ve % 10 nunda da 2250-5000 mikromhos/cm. arası olduğu tesbit edilmiş ve dört gurup bulunmuştur. Bu guruplandırmada suların tuzluluk durumuna göre dağılış frekansları ile toprak ve bitki üzerine olan muhtelif tesirleri dikkate alınmıştır(4).

Uzun zamandan beri muvaffakiyetli bir şekilde kullanılan suların hemen hepsinin kondaktivite değerlerinin 2250 mikromhos/cm. den daha az olduğu tesbit edilmiştir. Daha yüksek kondaktiviteye sahip sular yer yer kullanılmakta ise de özel bazı şartlar hariç mahsul miktarı tatminkâr olmamaktadır.



**TUZLULUK ZARARI**

Şekil 1\_ Sulama sularının sınıflandırılması için diagram.  
( Ref 4 , S.80)

Tuz'u topraklar saturasyon ekstraktının elektriki kondaktivitesi 4000 mikromhos/cm. den yukarı olan topraklardır. Yeraltı suyu dolayısıyla tuz birikmesinin varit olmadığı hallerde bu toprağın saturasyon ekstraktının kondaktivite değerinin verilen sulama suyunun kondaktivitesinden 2 ila 10 misli kadar fazla olduğu bulunmuştur. Tuz konsantrasyonundaki bu artış nebat kökleri ve evaporasyon suretiyle rutubetin daimi olarak kaybolması neticesidir. Bu sebeple drenajın uygun olduğu yerlerde dahi tuz miktarı orta ile yüksek olan suların kullanılması tuzluluğu arttıracaktır. Genel olarak sadece total tuz bakımından kondaktivite değerleri 750 mikromhos/cm. den aşağı olan sular sulama için tatminkâr iseler de tuza hassas nebatlar kondaktivite değerleri 250 ile 750 mikromhos/cm olan sulama sularından dahi zarar görebilir.

Elektriki kondaktivite değerleri 250 ile 2250 mikromhos/cm. arasında olan sular geniş çapta kullanılmakta ve iyi bir amenajman ve uygun drenaj şartları altında tatminkâr bir bitki gelişmesi elde edilmekle beraber yıkama ve drenajın elverişsiz olduğu hallerde tuzluluk durumları ortaya çıkmaktadır. Kondaktivite değerleri 2250 mikromhos/cm. den daha fazla olan suların başarılı bir şekilde kullanıldığını gösteren misâller oldukça azdır. Bu gibi sularla sadece tuza çok dayanıklı bitkiler, iyi drenaj şartları altında ve fazlaca su kullanılmak suretiyle yetiştirilebilirler.

Tuzların toprakta birikmesinde en büyük amil su olmasına karşılık bu tuzların topraktan yıkanmasında da yine sudan faydalanılır. Tuzların çökelmedikleri topraklarda devamlı akış halinde yıkama ihtiyacı sulama suyunun elektriki kondaktivite ve kök bölgesindeki azami müsaade edilebilir elektriki kondaktivite değerleri ile alâkalıdır. Yıkama ihtiyacı verilecek sulama suyunun kök bölgesinden geçmesi lâzım gelen ve yüzde olarak ifade edilen kısmı olarak tarif edilebilir. Burada EK belli bir birimde suyun elektriki kondaktivitesini, D ise belli bir birimde suyun derinliğini göstermektedir.

Meselâ elde mevcut sulama suyunun elektriki kondaktivitesi 2000 mikromhos/cm. ve toprak solusyonunda müsaade edilebilir azami tuz konsantrasyonu 4 milimhos olduğu takdirde yıkama ihtiyacı  $:2000/4000 \times 100 = \% 50$  dir. Tarlada arzu edilen toprak rutubetini bulmak için 10 mm. lik bir su verilmesi icabediyor ise bu durumda 10 mm.lik suyun  $\% 50$  si olan 5 mm. ninde ilâvesi ile toplam olarak 15 mm. su verilmesi gerekir. Yıkama suyu ihtiyacının hesaplanmasında tuzların toprakta tabii olarak çökelerek veya bitkiler tarafından alınarak azaltıldığı sulama hariç diğer herhangi bir yolla toprağa su ilâve edilmediği ve sulama suyunun toprağa yeknesak bir şekilde tatbik edildiği farzedilmektedir. Bu faraziyelerin aksi hallerde daima mümkün olduğundan yıkama ihtiyaçları çok kere büyük çıkmaktadır.

$$\text{Yıkama ihtiyacı} = \text{Yİ} = \frac{\text{EK.Sul.Suyu}}{\text{EK.drenaj suyu}} \times 100 = \frac{\text{Drenaj suyu D.}}{\text{sulama suyu D.}} \times 100$$

Ancak bulunan değerler bilhassa düşük kaliteli suların kullanılmasında faydalı hareket noktaları sağlayabilir (4).

## 2) Sodyumun Diğer Katyonlara Nisbi Oranı :

Sulama suyunda bulunan en önemli katyonlar kalsiyum, magnezyum ve sodyum olup ekseriyetle az miktarda olmak üzere potasyumda bulunur. Başlıca anyonlar ise karbonat, bikarbonat, sülfat ve klördür. Ayrıca flor ve nitratta yer yer pek az miktarda bulunabilir. Sulama için bir suyun kullanılmasıyla alkali sodyum zararı bu katyonların mutlak ve nisbi konsantrasyonları ile tayin edilir. Eğer sodyum nisbeti yüksek ise sodyum zararı fazla buna karşılık kalsiyum ve magnezyum katyonları hakim durumda ise sodyum zararı düşüktür. Toprakların fiziksel ve kimyasa vasıflarıyla ilgili olarak bir sulma suyundaki katyonların ehemmiyeti katyon mübadele reaksiyonlarının geniş çapta anlaşılmasından çok daha önce müşahade edilmiştir. Sodyum ıslahı ile ilgili denemelerden elde edilen sonuçlara göre sert suyun yumuşak, yumuşak suyun da sert toprak meydana getirdiği kuralına varılmıştır. Burada kastedilen yumuşak sular içerisinde kalsiyum ve magnezyuma nazaran daha fazla sodyum ihtiva eden sular olup bu suların kullanıldığı topraklarda mübadil sodyum birik-

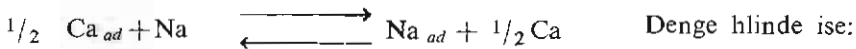
mesi suretiyle toprağın bilhassa fiziksel karakterleri bozulmaktadır.

Sulama suyundaki sodyum problemi ile ilgili ilk çalışmalarda sodyumun diğer katyonlara nisbi oranı genellikle eriyebilir sodyum yüzdesi olarak gösterilmiştir. Ancak toprak eriyiği ile kolloidler arasındaki katyon mübadelesini açıklayan çalışmaların ilerlemesiyle bu ifade şeklinin bir değer taşımadığı anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda toprak eriyiğinin sodyum adsorpsiyon oranının (SAO) toprak tarafından adsorbe edilmiş sodyum miktarına tesir ettiği bulunmuş ve SAO'nun suyun sodyum veya alkali zararının bir indeksi olarak kullanılmasında bariz faydaların olduğu ileri sürülmüştür.

SAO =  $\frac{Na}{(Ca + Mg)^{1/2}}$  şeklinde verilen bu eşitlik katyon mübadelesini kitlelerin tesirine göre açıklayan Gapon tipi bir denkleme istinat etmektedir. (2) (4).

Toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilmiş kalsiyum ve solumundaki sodyum iyonları arasındaki denge Gapon tipi denkleme göre şu şekilde yazılabilir.

Burada K toprakların yüzey yük dansitelerine göre değişen bir sabit değer olup takriben 0.01 ila 0.025 (meq./lt.)<sup>-1/2</sup> arasında değişmektedir (7).



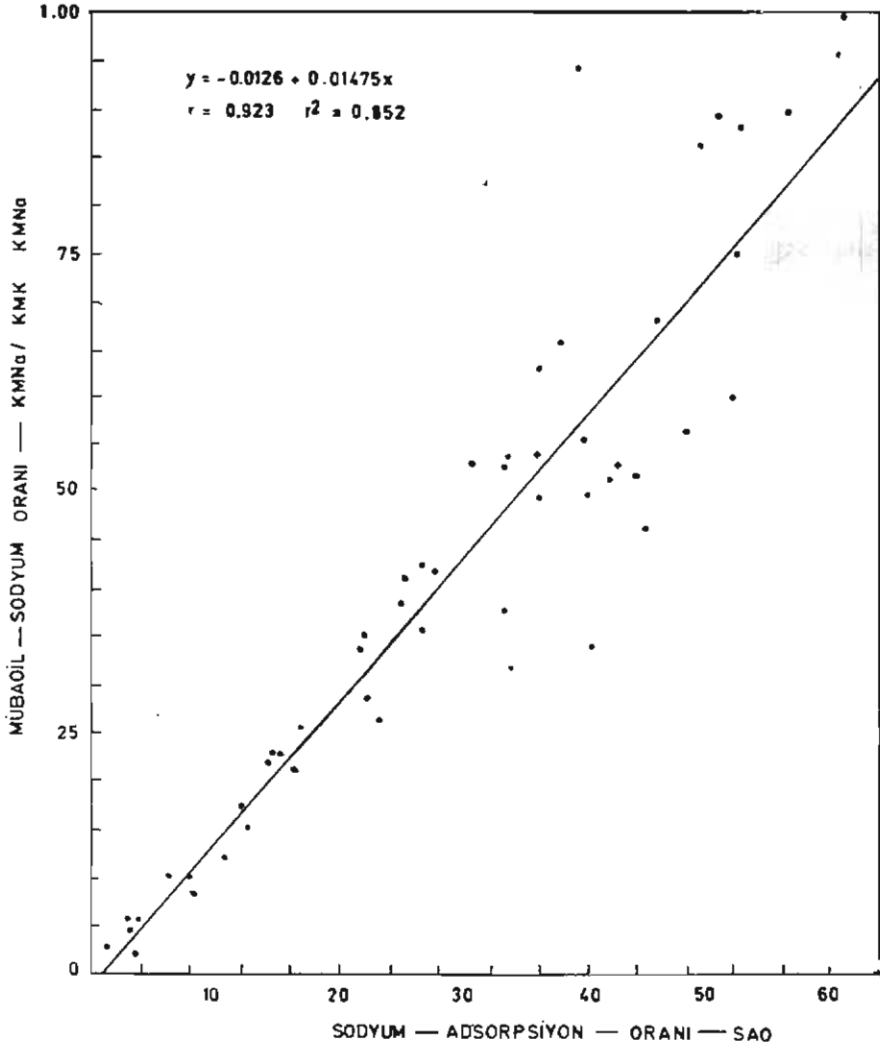
$$\frac{1}{2} \frac{(Ca)}{(Na)} \times \frac{(Na_{ad})}{(Ca_{ad})^{1/2}} = K, \text{ bir denge sabitesi bulunacaktır.}$$

Ancak Gapon bu eşitliği şu şekilde göstermektedir (,).

$$\frac{Na_{ad}}{Ca_{ad}} = K \times \frac{Na}{Ca^{1/2}} \quad \text{Bu iki eşitlik arasındaki fark Gapon eşitliğinde } Ca_{ad} \text{ üssüz olarak gösterilmesidir.}$$

Sodyum adsorpsiyon oranı ile kabili mübadil sodyum yüzdesi arasındaki ilgiyi araştıran çalışmalarda total katyon konsantrasyonunun da tesiri dikkate alınarak eriyebilir bir değerli katyonun molar konsantrasyonunun eriyebilir iki değerli katyonun molar konsantrasyonunun kare köküne bölümü ile elde edilen oranla kabili mübadil bir değerli katyonun iki değerli

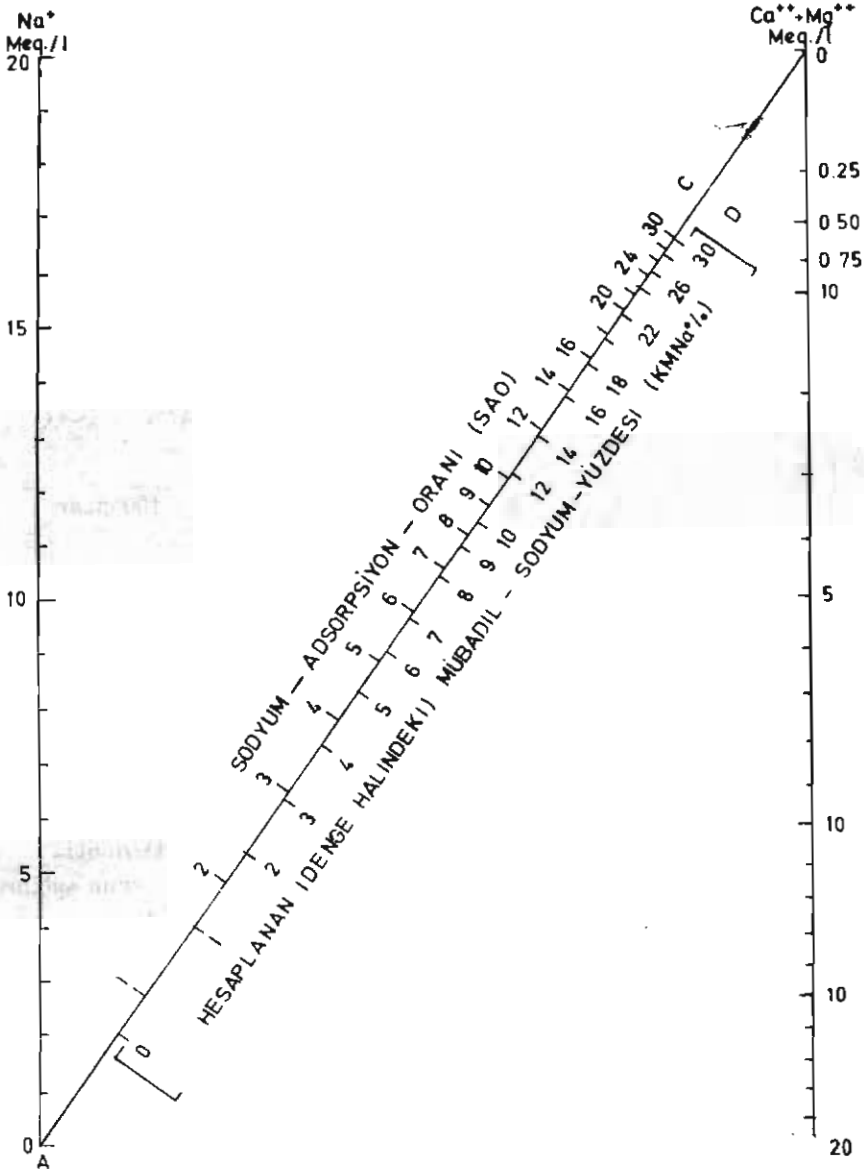
katyona oranı arasında linear bir münasebetin bulunduğu sonucuna varılmıştır. Kabili mübadil sodyum bölü katyon mübadele kapasitesi eksi kabili mübadil sodyum ile sodyum adsorpsiyon oranı arasındaki linear münasebette korrelasyon katsayısı  $r = +0.923$  ve korelasyon katsayısının tayin gücü  $r^2 = 0.852$  olarak bulunmuştur. Bu münasebet şekil 2 de gösterilmiştir (4).



Şekil 2\_ Mübadil sodyum oranının, KMNa/KMK - KMNa , Saturasyon ekstraktının sodyum adsorpsiyon oranı (SAO) ile münasebeti. Burada KMNa mübadil sodyum ; KMK, katyon mübadele kapasitesidir. (Ref.4.S 27)

Sodyum adsorpsiyon oranında SAO  $=Na/ [Ca+Mg)/2]^{1/2}$  Na, Ca ve Mg iyonları litrede miliekivalant olarak kon-

santrasyonları göstermektedir. Sulama suyuna ait bu konsantrasyonlar tayin edildikten sonra bir nomogram (Şekil 3)



Şekil 3—Sulama suyunun SAO (sodyum adsorpsiyon oranı) değerinin tayin edilmesi ve bu su ile muvazene halindeki bir toprağın mütekabil KMNa% (mübadil sodyum yüzdesi) değerinin hesaplanması için nomogram. (Ref.4,S.73)

vasıtasıyla bu suyun SAO kolaylıkla bulunur. Şekil 3 de SAO ıskalasının aksi istikametine kabili mübadil yüzde sodyumu (KMNa%) gösteren bir ıskala ilâve edilmiştir. Bu KMNa%

ıskalası şekil 2. de gösterilen regrasyon hattına istinat ettirilmiş olup SAO ile KMNa % arasındaki münasebet aşağıdaki işlemleri takibederek bulunmuştur.

$$\frac{Na}{Ca + Mg} = KxNa / (Ca + Mg)^{1/2} \text{ ve } Na / (Ca + Mg)^{1/2} = SAO \text{ olduğuna göre:}$$

$$\frac{Na}{Ca + Mg} = K \times SAO \quad Ca + Mg = KMK \quad - Na \text{ kabul edilirse}$$

$$\frac{Na}{KMK - Na} = K \times SAO \text{ buradan } Na = KMK \times K \times SAO - Na \times K \times SAO$$

$$\frac{Na}{KMK} = K \times SAO \quad - \frac{Na \times K \times SAO}{KMK}$$

$$\frac{Na}{KMK} + \frac{Na \times K \times SAO}{KMK} = K \times SAO = \frac{Na}{KMK} (1 + K \times SAO) = K \times SAO$$

$$\frac{Na}{KMK} = \frac{K \times SAO}{1 + K \times SAO} \text{ ve } KMNa \% = \frac{K \times SAO}{1 + K \times SAO} \times 100 \text{ çıkar.}$$

Şekil 2. de görüldüğü gibi bu denklemde  $K = - 0.0126 + 0.01475$  olarak bulunmuştur (4)

Sodyum adsorpsiyon oranı vasıtasıyla KMNa % sini bulmaya yarayan bu ampirik eşitlik şekil 3 .de gösterilmiştir. Buna göre bu sulama suyunun SAO değerinin bulunmasından sonra nomogramın kullanılmasıyla bu su ile denge halinde bulunan toprağın KMNa % sini bulmak mümkündür. Aneak tahmin edildiği gibi bu durum tarla şartlarında vuku bulmayabilir; zira toprak eriyiği sulama suyundan daima daha konsantre bir halde bulunur.

Toprak eriyiğinin konsantrasyonu, kökler ve evaporasyon vasıtasıyla suyun topraktan uzaklaşması neticesi artar. Bitkiler tarafından alınan tuz miktarı nisbeten az olduğundan toprakta kalan bakiye eriyik sulama suyundan daha konsantre olur. Müteakiben su-

lamada bu konsantre eriyik ya aşağıya doğru hareket eder veya bulunduğu yerde sulandırılmış halde kalır. Bu sebeple toprakla temas halinde bulunan eriyiğin konsantrasyonu zamana ve profildeki yere göre değişir. Derinliği az olan yeraltı veya drenaj sularının sulama suyuna nazaran 2 ila 10 misli arasında daha konsantre olduğu çok kere tesbit edilmiştir. Bununla beraber 30 cm. derinliğe kadar üst toprak tabakasında toprak eriyiği konsantrasyonunun ortalama olarak sulama suyuna nazaran 2-3 defa daha fazla olduğunu kabul etmek mantıklı bir iş olur.

Kökler tarafından eriyebilir tuz absorpsiyonunun ve tuzların çökelmelerinin ihmal edilebilir derecede az olduğu toprak şartları altında sulama su-



yunun nisbi bileşiminde bir değişiklik olmadan tuz konsantrasyonu artar. Diğer bir ifade ile eriyebilir tuz konsantrasyonunun artmasına karşılık eriyebilir sodyum yüzdesi değişmez. Bununla beraber SAO değeri yekün konsantrasyonun kare kökü nisbetinde artar. Meselâ konsantrasyon iki misli olursa SAO değeri  $\sqrt{2} = 1.41$  kadar fazlaşır. Eğer konsantrasyon dört misli artarsa SAO değeri  $\sqrt{4} = 2$  misli artacak demektir.

Sulama sularının SAO değerleri ile toprak nümunelerinin KMNa yüzde değerleri arasındaki ilgi şekil 4. deki grafikte noktalarla gösterilmiştir. Devamlı çizgi halindeki eğri şekilde gösterilen eşitlikte verilen ve keza şekil 3. de C ve D ıskalaları ile işaret edilen SAO ile KMNa yüzde değerleri arasındaki münasebeti göstermektedir. Şurası gayet aşikardır ki tarlada mevcut şartlar altında toprak nümunelerinin KMNa yüzde değerleri genel olarak hesap edilen değerlerden daha yüksektir. Bu düz çizgi halinden sapmanın sebebi toprak eriyiğindeki tuz konsantrasyonunun sulama suyundaki konsantrasyondan daha fazla olması ile ilgilidir.

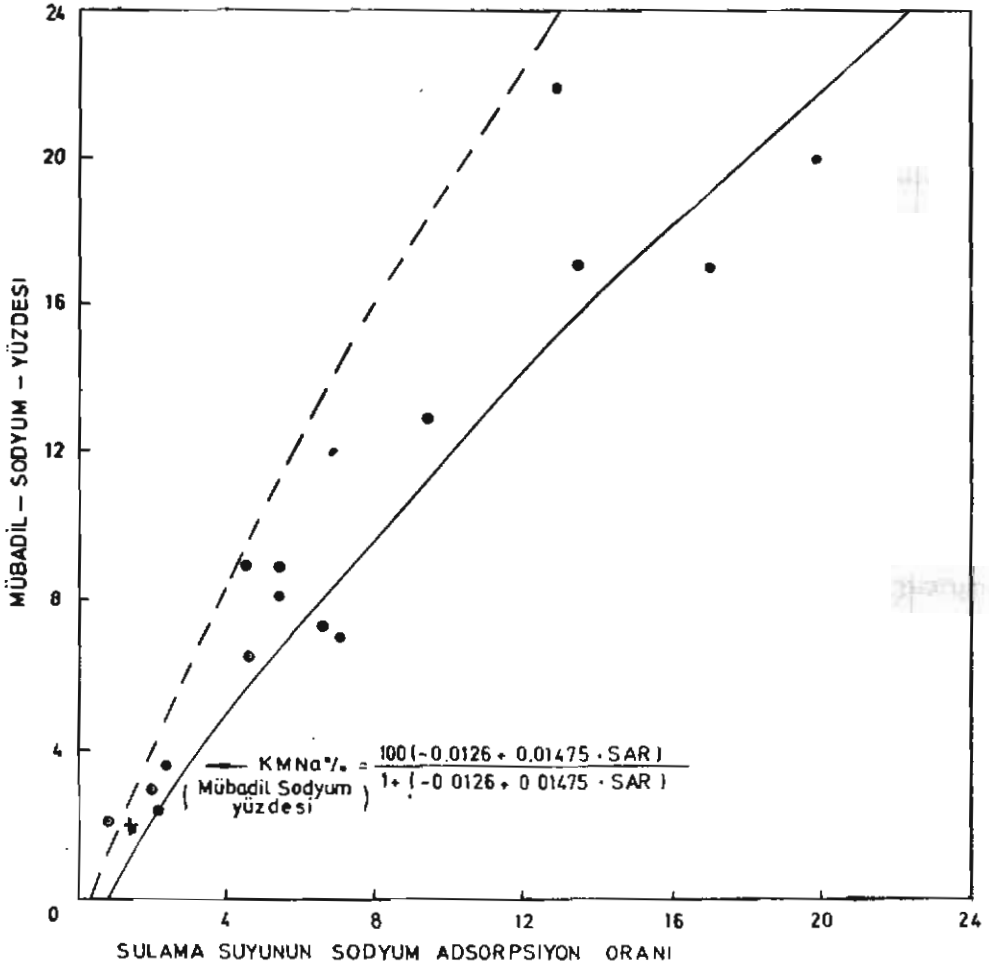
Şekil 4. deki noktalar halindeki eğri sulama suyu konsantrasyonunda üç misli bir artış farzedilerek topraklarda elde edilecek KMNa yüzde değerlerini göstermektedir. Diğer bir ifade ile eğer sulama sularının eriyebilir sodyum yüzdeleri toprağa girdikten sonra sabit kalır fakat yekün konsantrasyonları üç misli arttırılırsa SAO değerleri de üçün kare kökü kadar artar ve nümunelerin tahmin edilen KMNa yüzde değerleri de şekildeki noktali eğrinin etrafında toplanır.

Sodik toprakların ( $pH > 8,5$  KMNa  $\% > 15$  ve  $EK \times 10^3 < 4$  mmhos/cm.  $25^\circ C$ ) ıslahında denge halinde toprak solusyonunun SAO değeri ile KMNa yüzdesi arasında evvelce açıklanan ilişkidir (6) (7).

Teori: Bir toprak-su sisteminde yüzeylerindeki negatif yükler dolayısıyla toprak zerrecikleri Na, Ca, Mg ve K gibi katyonları adsorbe etmektedirler. Adsorbe edilmiş katyonlar toprak zerreciklerine bağlı olmakla beraber, toprak solusyonundaki diğer katyonlarla serbestçe yer değiştirebilirler; ve bu olaya katyon mübadelesi denir. Belli cins ve konsantrasyondaki tuzları ihtiva eden bir sistemde mübadele materyalini teşkil eden inorganik ve organik kolloidlerle toprak solusyonu arasında bir denge mevcuttur. Diğer bir ifade ile toprak solusyonundaki tuzların cinsi ve konsantrasyonuna bağlı olarak mübadele materyalinde belli bir miktar mübadil katyon bulunacaktır.

Böyle bir sistemde denge durumu söz konusu katyonların valanslarına bağlı olarak, sisteme su ilâvesi ile değişir veya değişmeyebilir. Sistemde söz konusu katyonlar aynı değerlikte iseler önemli bir değişiklik olmaz. Fakat farklı valanslı katyonlar mevcut ise sulandırma ile, adsorbe edilmiş az değerli katyonlar solusyonundaki çok değerli katyonlarla yer değiştirme temayülü gösterirler. Bu olaya Valans-Sulandırma tesiri denir. Toprak solusyonunun konsantrasyonunun artması ile de bu olayın tersi olur(3).

Mono ve divalent katyonların beraberce bulunduğu ve denge halindeki bir toprak-su sisteminde toprağın mübadil sodyum miktarını azaltmada, Valans-Sulandırma prensibi, SAO'nun



**Şekil 4** - Sulama sulannın Na adsorpsiyon oranı ile toprak satıh numunelerinin mübadil sodyum yüzde değerleri arasındaki münasebet, o küçük lizimetreler 42 sulamadan sonra, + büyük lizimetreler uzun yıkamadan sonra, • tarla müşahadeleri. (Ref. 4. S. 74)

kullanılması ile de kolaylıkla izah edilebilir. Başlangıçtaki total katyon konsantrasyonu  $K_o$  ve katyon konsantrasyonları  $Na_o$ ,  $Ca_o$ , ve  $Mg_o$  olan bir sistemde :

$$(SAO)_o = Na_o / \sqrt{Ca_o + Mg_o} \text{ dır.}$$

Bu solusyonun bir volumu ( $V_o$ ) tuz ihtiva etmiyen bir volum su ile sulandırılırsa ( $V_s$ ), sulandırılmış solusyonun konsantrasyonu  $K_s$  olur.

$$K_s = \frac{K_o V_o}{V_o + V_s}$$

Kullanılan sulandırma faktörü s burada konsantrasyonların oranı şek'inde ifade edilmiş ve  $S = \frac{K_o}{K_s}$  dır. Bu eşitlikte  $K_s$  yerine  $K_o V_o / (V_o + V_s)$  konur ve iş'em ilerletilirse,

$$S = \frac{V_s}{V_o} + 1 \text{ çıkar}$$

Sulandırılmış bir solusyon için SAO nını yazarsak

$$(SAO)_s = \frac{\frac{Na}{s}}{\sqrt{\frac{Ca+mg}{s}}} \text{-ve}$$

işlemi geliştirirsek,

$$(SAO)_s = \frac{Na}{\sqrt{Ca+Mg}} \times \frac{1}{\sqrt{s}}$$

bulunur. Evvelce de ifade edildiği gibi sulandırma ile suyun SAO düşer ve bu azalış sulandırma faktörünün kare kökü ile ters orantılıdır. Konsantrasyon arttığında ise SAO bu artışın kare kökü kadar büyür. Sodik toprakların ıslahında başlangıçta yüksek elektrolit konsantrasyonuna sahip sular kullanılarak ilk plânda hidrolik kondaktivite artırılmakta ve bunu takiben de sulandırma yapılarak SAO değeri ve neticede toprağın KMNa yüzdesi azaltılmaktadır.

3) Bor veya bazı bitkilere zehir tesiri yapabilecek olan klor, sodyum veya bikarbonat iyonlarının mevcudiyeti :

Bor: Pratik olarak bütün sularda bulunan bor nebat gelişmesi için lüzumlu fakat optimum değerler üzerindeki konsantrasyonlarda toksiktir. Bu konuda kum kültürleri ile yapılan çalışmalarda birçok bitkilerin eseri borla (0.03 ile 0.04 ppm.) normal geliştikleri, buna karşılık konsantrasyon 1 ppm'in üzerine çıktığında zarar gördükleri müşahade edilmiştir.

Klor: B. Amerika'da yapılan bazı çalışmalarda klor tuzlarının şeftali ve diğer taş çekirdekli ağaçlara toksik tesir yaptığı tesbit edilmiştir.

Sodyum: Çeşitli bitkilerin sodyumu alma ve biriktirme kabiliyetleri oldukça farklıdır. Bu konuda yapılan çalışmalarda çeşitli taş çekirdekli bitkilerin yapraklarında sodyum birikmesinin toksik tesir yaptığı belirtilmektedir.

Bikarbonat: Bitkilerin bikarbonat iyonuna karşı mukavemeti türlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu iyon bazen düşük osmatik konsantrasyonlarda dahi önemli zararlar verebilir. Kum kültürlerinde yapılan çalışmalar bikarbonat iyonunun bitkinin gıda maddesi almasına ve metabolizmasına tesir ettiğini göstermiştir.

4) Bazı şartlar altında kalsiyumla beraber mağnezyum konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat konsantrasyonu :

Bikarbonat iyonlarını yüksek konsantrasyonlarda ihtiva eden sularda toprak eriyiği evapotransprasyon yolu ile daha konsantre hale geldiğinde kalsiyum ve mağnezyum karbonatların erirililik sınırı aşılar ve bu iyonlar karbonatlar şeklinde çöker. Bu durumda kalsiyum ve mağnezyumun eriyikteki miktarının azalmasına karşılık sodyumun nisbi miktarı artar ve dominant hale geçer. Eriyikteki sodyum miktarının artması ile kolloidlerde adsorbe edilmiş iki değerli katyon miktarı azalır buna karşılık sodyum miktarı artmış olur. Sulama suyundaki kalsiyum, mağnezyum, karbonat ve bikarbonat miktarları ile ilgili olarak bakiyevi sodyum karbonat miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{Bakiyevi } Na_2CO_3 = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

Burada iyonlar meq/lt olarak verilmiştir. Bakiyevi  $Na_2CO_3$  miktarına

göre yapılan sınıflamada 2.5 meq/lt. den fazla  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ihtiva eden suların zirai maksatlarla kullanılmaları uygun görülmemekte, 1.25 ve 2.5 meq/lt. arası ihtiyatlı seviye olarak kabul edilmekte, 1.25 meq/lt. dan daha az  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ihtiva eden suların ise emniyetle kullanılabileceği kaydedilmektedir (9).

#### REFERANS LİSTESİ

- (1) Allison, L.E. Salinity in relation to irrigation. A review article for publication in *Advances in Agronomy* Vol. 16. USDA Salinity Lab. Riverside, Calif. 1964.
- (2) Bower, C. A. Cation exchange equilibria in soils as affected by sodium salts. Reprinted from *Soil Sci.* Vol. 88 No. 1, July 1959
- (3) *Chemistry of the soil*, Second edition, Edited by F.E. Bear. Reinhold. Pub. Company Inc. New York, 1964.
- (4) *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. United States Salinity Lab. Staff. Agriculture Handbook 60. USDA, 1954.
- (5) Oruç, N. Iğdır Ovası Çorak Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Doktora tezi 1964.
- (6) Reeve, R.C., and Bower, C.A. Use of high salt waters as a flocculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. Reprinted from *Soil Sci.* Vol. 90 August. 1960.
- (7) Reeve, R.C., and Doering, E.J. The high-salt water dilution method for reclaiming sodic soils. Reprinted from *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Vol. 30, No. 4, July-August 1966 p.498-504.
- (8) Thorne, D. W., and Peterson, H.B. *Irrigated soils*. Second edition. The Blakiston Company Inc. New York. 1954.
- (9) Wilcox, L. M., Blain, G.Y., and Bower, C.A. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Reprinted from *Soil Sci.* Vol. 77, No. 4. April, 1954.