

SULAMA SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (1)

GİRİŞ

Sulama suyu kalitesi terimi, sık sık kullanılan fakat nadiren layıkıyla tarif edilen bir terimdir. Bu terim bazan, miligram / litre veya milyonda kısım (ppm) şeklinde ifade edilen toplam çözünmüş katı madde anlamında kullanılır. Tuzluluk çoğu kere, sadece, ölçülen elektrik geçirgenlik (EC) olarak tarif edilir ve 25°C'da milimhos / cm veya micromhos / cm birimleriyle ifade edilir. Sulama suyu kalitesinin bu türlü tespitleri faydalı olmakla beraber bu alanda tatmin edici olmaları çok sınırlıdır.

Tam Kimyasal Analiz

Bir sulama suyu kalitesi değerlendirildiği zaman toplam çözünmüş katı madde veya elektrik geçirgenliğinin yanısıra dikkate alınması gereken birçok başka etkenler vardır. Bir suyun kalitesinin doğru olarak değerlendirilmesinde tam bir kimyasal analizin yapılmış olması gereklidir. Böyle bir analiz Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve K^+ katyonları ile HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- veya $NO_3^- N$ anyonlarının tayinini kapsamalıdır. Bu iyon-

Çeviren : Dr. Mehmet APAN (2)

lar bazen litrede miligram (mg/lt) veya milyonda kısım (ppm) olarak tayin edilirse de tercihan litrede miliekivalan (me/lt) olarak tayin edilmelidir. Genellikle, temel bitki besin elementleri olan K^+ , NO_3^- veya $NO_3^- N$ diğer iyonlarla mukayese edildikleri zaman nispi olarak küçük değerlerde oldukları görülür ve bazan analizlerde bu iyonlar ihmal edilirler. Bütün iyonlar me/lt olarak tesbit edildiği zaman, katyon toplamalarının yaklaşık olarak anyon toplamalarına eşit olması gerekir. Kimyasal analizlerin dikkatlice yapılması ve mg/lt olarak ifade edilmesi halinde katyon ve anyonlar arasındaki farklılık % 5'ten fazla olmamalıdır. Daha büyük farklılığın mevcudiyeti, analizde veya hesaplamada bir hata olduğuna işaret eder. Umumiyetle K^+ ve NO_3^- 'in ihmal edilmesi, katyon ve anyon dengesinde çok küçük bir etkiye sahiptir.

Suyun Kalitesini Düşüren Faktörler

Bir suyun sulama için kullanılmasında kalitesini düşüren ana etkenler şunlardır.

- (1) Makalenin Orijinali : 13 Ağustos 1975 tarihinde Utah State University'de toplanan ASCE konferansında Christansen, J.E. Olsen E.C. ve Willardson, J.S. tarafından «Irrigation Water Quality Evaluation» taktim edilmiştir.
- (2) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik ve Makina Bölümü Asistanı

1. Aşağıdakilerden biri veya birkaçı ile ifade edilebilen tuzluluk.

a) Toplam çözünmüş katı maddeler (mg/lt veya ppm),

b) Toplam tuzluluk (me/lt)

c) Effektiv tuzluluk (me/lt)

d) Elektriki geçirgenlik (mmhos/cm veya mhos/cm 25° C'da)

2. Mevcut sodyumun nispi miktarı (% Na veya SAR olarak)

3. Mevcut ve bakiye Na₂ CO₃ miktarı (me/lt)

4. Bor miktarı (mg/lt, me/lt veya ppm olarak).

Sulama İçin Suyun Kullanışlılığına Tesir Eden Durumlar

Bir sulama suyunun kullanıldığı şartlar altında, suyun kalitesi kadar önemlidir. Dikkate alınması gereken durumlar şunlardır.

1. Drenaj yeterliliği

2. Sulama metodunun uygunluğu

3. Sulanan toprakların fiziksel özellikleri

4. Sulanan bitkilerin tuza mukavemetleri

5. Drenaj ve sulamanın tüm idaresi

Su kalitesini konu alan hemen bütün yazarlar bu durumların önemini belirtmişlerdir. Bu yazarlardan bazıları bitkilerin tuz toleransına, diğerleri toprak durumlarına asıl ehemmiyeti vermişlerdir. Sadece pek azı, bu makale yazarlarının fevkalâde önemli olduğuna inandıkları drenaj durumuna ehemmiyet vermişlerdir. Çoğu kere, tabii drenajla veya su kaynağının yeraltı su kuyularından alındığı, taban suyunun toprak yüzeyinden birkaç metre aşağıda muhafaza edilmesiyle drenaj durumunun

sınırlayıcı faktör olmadığı yerlerde yüksek derecede tuzlu suların başarılı olarak kullanıldıklarından bahsedilebilir.

Sulama metodu da önemlidir. Taşıma metodu sulamalar genellikle, yüksek derecede tuzlu sular için en başarılı olanıdır. Karık metodunda, yüksek konsantrasyondaki tuzlar karıklar arasındaki yataklarda birikir. Yağmurlama metoduyla, yapraklar üzerinde tuzların çökmesi çok zararlı olabilir. Özellikle, mevsimlik yağışın, sulama mevsimi boyunca kök bölgesi altında biriktirilen tuzları yıkamaya yeterli olduğu yerlerde, çok yakın geçmişte geliştirilen damla metodu sulama ümit vericidir. Yeterli drenaj ve yüksek mevsimlik yağışın olduğu bölgeler hariç, toprakaltı sulama metodları biraz tuzlu su ile dahi uygun değildir.

Toprakların fiziksel özellikleri de önemlidir. Fakat onların sulama metodları ve derinlik ile irtibat halinde olduğu farzedilir. Düşük infiltrasyon nispetine sahip ince tekstürlü topraklarda yeterli su nüfuzunun ve yıkamanın temini güç olabilir. Bu gibi durumlarda toprak içinde tuz birikir. Göllendirme metodu sulama, gelişen bitkilere lüzumlu suyun infiltrasyonu için ihtiyaç duyulan yeterli müddet tatbik edilmesini temin edebilir.

Bitkiler tuza mukavemetleri bakımından farklılık gösterirler ve bazı bitkiler yüksek tuzluluğa diğer bazı bitkilerden daha fazla mukavemet göstererek fazla ürün azalmasına maruz kalmazlar. Bernstein in da dahil olduğu birçok yazarlar

bitkileri, onların tuza toleransına göre sınıflandırmışlardır.

Drenajı da içine alan su idaresi çok önemlidir. Yeterli drenaj ve suyun oldukça sık aralıklarla bol miktarda tatbik edilmesiyle toprak profilinde yüksek konsantrasyonda tuz birikimi olmadan tuzlu suları kullanmak mümkündür. Geçirgenliği düşük veya ağır topraklarda kök derinliği bölgesindeki toprak katlarının idaresi, tuzlu su kullanılması halinde güç olabilir.

Van Schilfgaard ve arkadaşları (1974) sulanan topraklarda fazla tuz birikiminin sonuç olarak ortaya çıkabileceğini belirtmektedirler. Sulama suyu idaresinin bugünkü önemi, toprağa giren suların yaratacağı tuz problemini azaltmaktır. Devamlı bir sulu ziraatta, kök bölgesindeki yüksek derecede çözünbilir sodyum tuzları için bir tuz dengesine ihtiyaç vardır. Bu dengeyi temin etmeyen herhangi bir su idaresi pratiği, toprağın verimliliğini azaltacaktır. Bu konu tatbik edilen suyun üniformluluğunun ve sulama randımanının maksimuma

eriştirilmesi ve mevsimlik yağışla yıkamanın ikmal edildiği farzedilerek, suyun gereğinden fazla değil fakat yeterli bir şekilde tatbikiyle en iyi şekilde karşılanabilir.

Sulama Suyunun Sınıflandırılmasıyla İlgili Çalışmaların Kısaca Gözden Geçirilmesi

Yukarıda belirtilen su kalitesi faktörleri birçok toprak bilimcisi tarafından kullanılmış ve izah edilmiştir. Bazısı, sınıflandırmada toplam tuzluluk ve sodyumun nispi miktarı gibi, yukarıdaki faktörlerden ikisi veya daha fazlasının esas alınmasını teklif etmişlerdir. Bazı durumlarda bor ve bakiye sodyum karbonat da sınıflandırmada diğer faktörlere dahil edilmiştir.

Scofield (1933) ve Eaton (1942) sodyum yüzdesi 70 veya daha fazla olan suların genellikle sulama için elverişsiz olduğunu belirtmişlerdir. Scofield (1935) toplam tuzluluk ve sodyum yüzdesine ilâveten SO_4^{--} ve Cl^- iyonlarını da ihtiva eden, suyun sulama için müsaade edilebilir limitlerini bir tablo halinde yayınlamıştır. (Tablo 1).

Tablo 1 : Sulama suyunun sınıflandırılmasında müsaade edilebilir limitler (Scofield 1935)

| Suyun sınıfı | Toplam Çözünmüş katı maddelerin konsantrasyonu | | sodyum % | Konsantrasyon me/lt) | |
|-----------------------------|--|------------|----------|----------------------|-------------------------------|
| | ECx10 ⁶ (mhos/cm) | ppm | | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻⁻ |
| | Sınıf 1. Fevkâlade | 250 | 175 | 20 | 4 |
| Sınıf 2. İyi | 250—750 | 175—525 | 20—40 | 4—7 | 4—7 |
| Sınıf 3. Müsaade edilebilir | 750- 2000 | 525- 1400 | 40—60 | 7- 12 | 7- 12 |
| Sınıf 4. Şüpheli | 2000- 3000 | 1400- 2100 | 60—80 | 12- 20 | 12- 20 |
| Sınıf 5. Uygun değil | > 3000 | > 2100 | > 80 | > 20 | > 20 |

Wilcox ve Magistad (1943) Tablo 2'de verilen çok basitleştirilmiş bir sınıflandırmayı benimsemişler-

dir Bu sınıflandırmanın aynısı Magistad ve Christiansen (1944) tarafından da kullanılmıştır.

Tablo 2 : Sulama suları için standartlar (Wilcox ve Magistad 1943)

| Suyun Sınıfı | Elektriki kondaktivite (mhos) | Tuz muhtevası (ppm) | Sodyum (%) | Bor (ppm) |
|--------------|-------------------------------|---------------------|------------|-----------|
| Sınıf 1 | 1000 | 700 | 60 | 0,5 |
| Sınıf 2 | 1000—3000 | 700—2000 | 60—75 | 0,5—2,0 |
| Sınıf 3 | > 3000 | > 2000 | > 75 | > 2,0 |

Açıklama :

Sınıf 1: Fevkalade ile iyi arası (pek çok hallerde bitkilerin çoğu için uygundur)

Sınıf 2 : İyi ile zararlı olabilir arası, daha hassas bitkiler için zararlı olabilir)

Sınıf 3 : Zararlı olabilir ile uygun değil arası (pekçok bitkiler için zararlı olabilir ve hemen bütün bitkiler için uygun değildir). Eğer bir su elektrik kondaktivite, tuz muhtevası, sodyum yüzdesi ve bor muhtevası bakımından üçüncü sınıfa girerse, pek çok durum için kullanılmaz olarak sınıflandırılmalıdır. Mevcut tuzların büyük bir kısmının sülfat oluşu halinde, her sınıftaki tuz muhtevası için verilen değerler % 50 artırılabilir.

Wilcox (1948) Şekil 1'de görülen farklı bir sınıflandırmayı tavsiye etmektedir. Bu sınıflandırma ile önceki sınıflandırma arasındaki farklılık, düşük tuz konsantrasyonuna sahip sularda yüksek sodyum yüzdesine (60-90) rağmen suyun «fev-

kalâde» olarak sınıflandırılmasıdır. Wilcox ayrıca, Scofield (1933) tarafından verilen müsaade edilebilen limitlere benzer olan, sadece SO_4^{2-} ve Cl^- için limitleri ihtiva etmeyen bir tablo da takdim etmiştir.

Utah suları üzerinde çalışma yapan Thorne ve Thorne (1951) Wilcox'unkine benzer bir diyagram taktim etmişlerdir. (Şekil 2). Bu diyagram iki ana kriter olan elektrik kondaktiviteyi 1'den 5'e kadar numaralarla ve sodyum tesirini A' dan E'ye kadar harflerle değerlendirmektedir. Bu diyagrama göre düşük elektrik kondaktivite (750 mhos) ve yüksek sodyum yüzdesi (60) ne sahip bir su IA olarak sınıflandırılır.

Amerika Birleşik Devletleri Tuzluluk Laboratuvarı otoriteleri (1954) 60 nolu el kitabında yarı logaritmik bir diyagram yayınlamışlardır (Şekil 3). Bu diyagramda toplam tuzluluk (EC) ve sodyum zararı (SAR) esas alınarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma neşredildiğinden beri geniş miktarda kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma, -60 nolu el kitabında etkileri izah edilen bor ve bakiye sodyum

karbonatı ihtiva etmemektedir. Bor için müsaade edilebilir limitler Tab

lo 3'de belirtildiği gibidir (Scofield 1936).

Tablo 3 : Sulama sularının birçok sınıfları için müsaade edilebilir bor sınıfları (Scofield 1936)

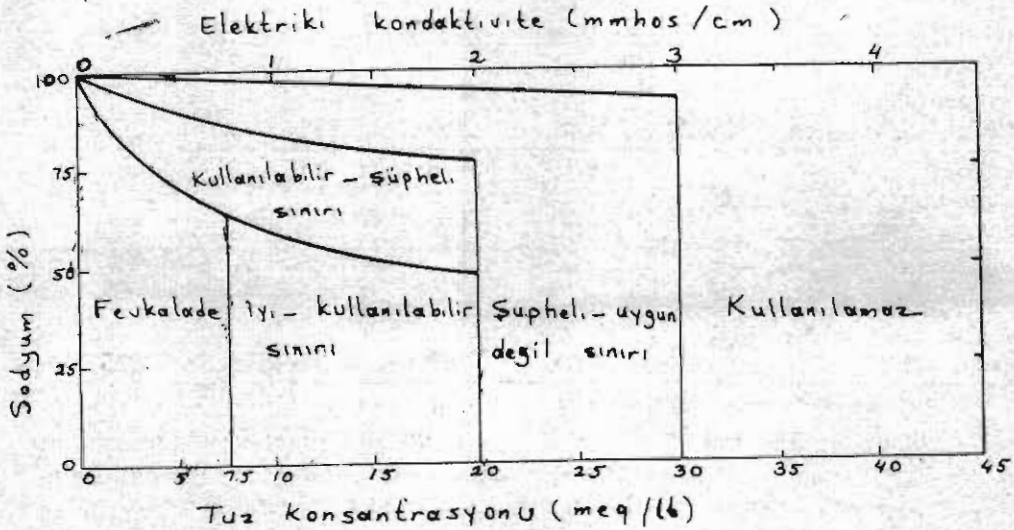
| Bor Sınıfı | Hasas Bitkiler (ppm) | Yarı Mukavim bitkiler (ppm) | Mukavim bitkiler (ppm) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1 | < 0.33 | < 0.67 | < 1.0 |
| 2 | 0.33—0.67 | 0.67—1.33 | 1.0—2.0 |
| 3 | 0.67—1.0 | 1.33—2.0 | 2.0—3.0 |
| 4 | 1.0—1.25 | 2.0—2.5 | 3.0—3.75 |
| 5 | > 1.25 | > 2.5 | > 3.75 |

Bakiye sodyum karbonatla ilgili olarak Eaton (1950) «2.5 me/lt'den fazla bakiye sodyum karbonata sahip sular sulama için kullanılamaz, bakiye sodyum karbonat muhtevası 1.25—2.5 me/lt arasında olan sular limit ve 1.25 me/lt'den az olanlar muhtemelen emniyetli olarak vasıflandırılır» demektedir.

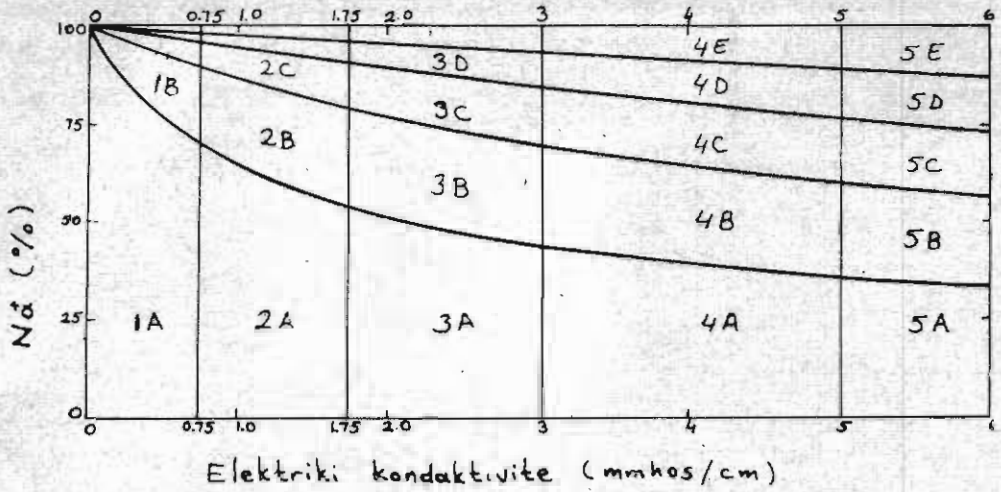
Wilcox (1958) su kalitesine tesir eden dört faktörü izah etmektedir. Bu dört faktör, tuzluluk, sodyum, bor ve sodyum karbonattır.

Wilcox elektriki kondaktiviteyi tuzluluk laboratuvarındaki gibi sınıflandırmakta; fakat suyu sınıflandırmada sodyum zararıyla ilgili olarak (S₁ — S₄) başka bir sodyum diyagramı taktim etmektedir. (Şekil 4)

Doneen (1954) me/lt olarak ifade edilen efektif tuzluluğu esas alan bir sınıflandırma taktim etmiştir. Doneen efektif tuzluluğu Ca CO₃, Ca (HCO₃)₂, MgCO₃, Mg (HCO₃)₂ ve CaSO₄ çıktıktan sonra orta kalan tuzluluk olarak tarif et-



Şekil 1 : Wilcox (1948)'a göre suyun sınıflandırılması



Şekil 2 : Thorne ve Thorne (1951)'e göre sulama suyu sınıfları

mektedir. Bu tuzlar nispeten düşük çözünürlüğe sahiptir ve bir dereceye kadar tuz konsantrasyonu ve pH ile değişmekle beraber konsantrasyonları çözünebilir sınırlara eriştiği zaman toprakta çökebilirler. Bu tuzlar, evapotranspirasyon nedeniyle toprak çözünümündeki tuz luluğun geniş oranda artışında et-

kili değildirler. Toprakta Ca ve Mg karbonatlar ve CaSO_4 'ün bu çökelmeleri toprak solusyonundaki sodyum yüzdesini artırır fakat çözünebilir tuzların toplam konsantrasyonunu azaltır. Doneen'in efektif tuz luluk ve toprak durumunu esas alarak yaptığı sulama suları sınıflandırması Tablo 4'de verilmiştir.

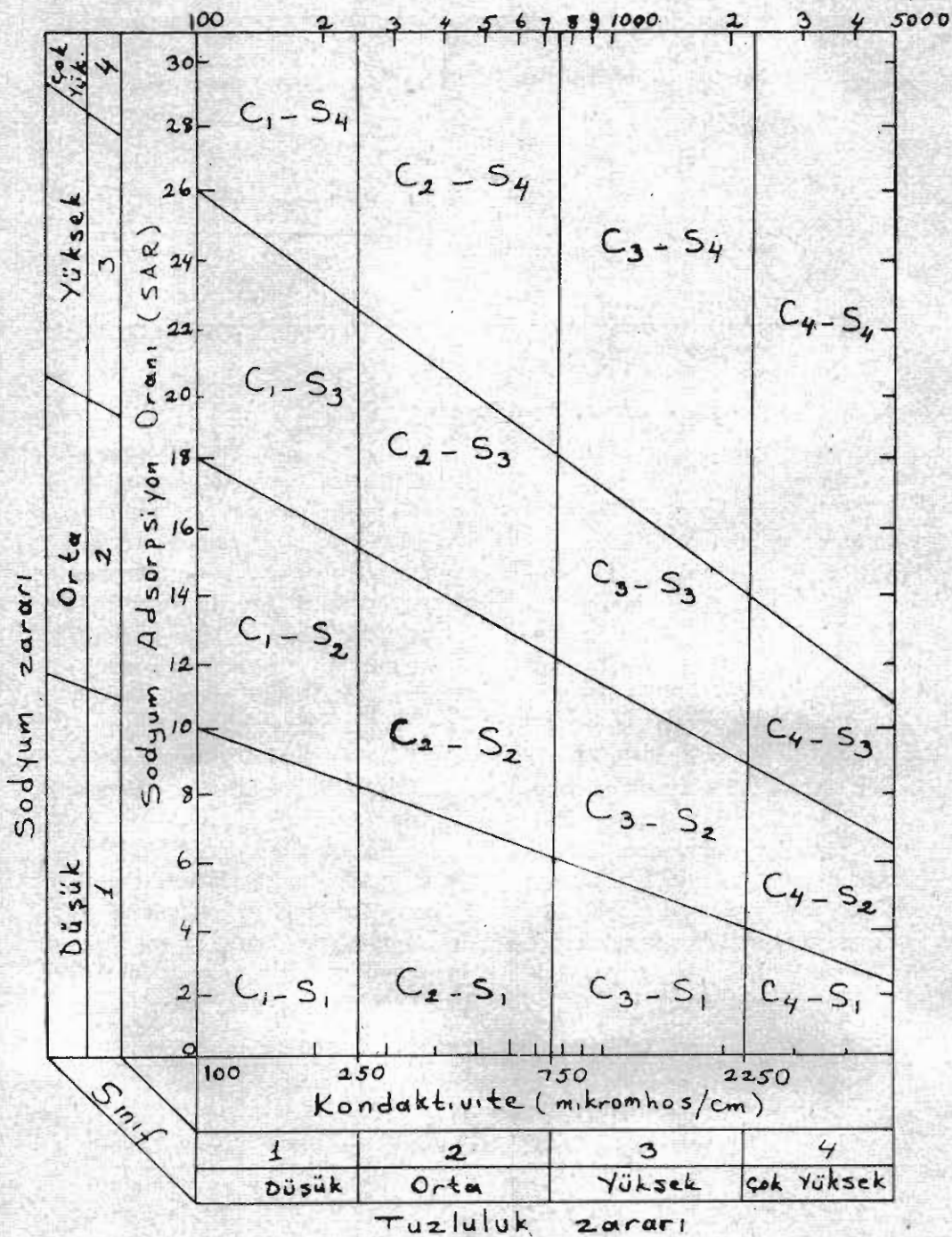
Tablo 4 : Sulama sularının efektif tuzluluğa göre sınıflandırılması (Doneen 1954)

| Toprak Durumu | Kullanılan Terim | Sınıf 1 | Sınıf 2 | Sınıf 3 |
|--|------------------|----------|-----------------|-----------|
| Toprağın yıkanması çok az veya hiç beklenemez | me/lt ppm | 3 165 | 3—5 165—275 | 5 275 |
| Sınırlı bir yıkanma var. Derine sızma veya drenaj vavaş | me/lt ppm | 5 275 | 5—10 275—550 | 10 550 |
| Açık topraklar suyun derine sızması kolayca ikmal edilir | me/lt ppm | 7 385 | 7—15 385—825 | 15 825 |

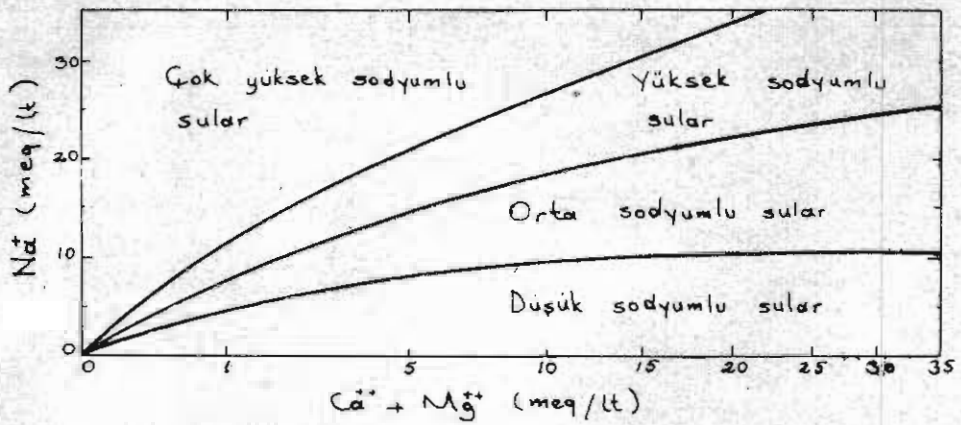
Sulama Sularının Değerlendirilmesinin Takdimi

Christiansen ve Olsen (1972) ve Christiansen (1973) Guatemala'daki tecrübelerinin sonucu olarak EC, % Na, SAR Na_2CO_3 , Cl⁻, efek-

luluk (ES) ve bor gibi yedi faktörün dikkate alınarak sulama için su kalitesinin değerlendirilmesi işlemini teklif etmişlerdir. Sınırlayıcı değerlerde bazı değişikliklerle birlikte sulama suyunun bu değerlendir-



Şekil 3 : Amerika Birleşik Devletleri Tuzluluk Laboratuvarı otoritelerine göre sulama suyunun sınıflandırılması için diyagram



Şekil 4 : Wilcox (1958)'a göre sodyum diyagramı

dirilmesiyle ilgili değerler Tablo 5 de verilmiştir.

Bu değerlendirmede, bütün kategorilerde 1 numara ile derecelendirilen bir su, ziraatte kullanılması için «fevkaled» olarak nitelendirilir. Beşinci sınıftaki limitleri aşan bir su (altıncı sınıf) genellikle sulama için kullanılmaz. Ortadaki değerler bu iki ekstrem değerine göre nispetlendirilir. Sular herbir faktöre göre ayrı ayrı derecelendirilmelidir. Bor hariç, bütün değer etkenler yönünden 1. sınıf olarak derecelendirilebilen bir su, bor bakımından 5. sınıf olabilir. Bu durumda kaliteyi düşüren tek faktör, birçok bitkiler için suyun kullanılmasını sınırlayacaktır.

Herhangi bir sınıflandırmaya tabi tutulsun veya tutulmasın bir suyun başarılı olarak kullanılması drenaj durumu ile bitkilerin yüksek sodyum ve bora karşı toleranslarına bağlıdır. Drenajın etkililiği bor da dahil olmak üzere tuzların mevcut olup olmadığını, normal sulama pratiği altında toprakta birikme olup olmayacağını belirtir.

Su Kalitesini Düşüren Faktörlerin Bitki ve Topraklar Üzerindeki Etkileri

Yukarıda zikredilen su kalitesi faktörlerinin hepsi birçok toprak bilimcisi tarafından kullanılmış ve izah edilmiştir. Sınıflandırma şemalarının çoğunda, genellikle toplam tuzluluk, sodyumun nispi oranı

Tablo 5 : Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesi (Maksimum değerler)

| Değerlendirme derecesi | EC (mmhos) | Na ⁺ % | SAR | Na ₂ CO ₃ (me/lt) | Cl ⁻ (me/lt) | ES (me/lt) | Bor (ppm) |
|------------------------|---|-------------------|-----|---|-------------------------|------------|-----------|
| 1 | 0.5 | 40 | 3 | 0.5 | 3 | 4 | 0.5 |
| 2 | 1.0 | 60 | 6 | 1.0 | 6 | 8 | 1.0 |
| 3 | 2.0 | 70 | 9 | 2.0 | 10 | 16 | 2.0 |
| 4 | 3.0 | 80 | 12 | 3.0 | 15 | 24 | 3.0 |
| 5 | 4.0 | 90 | 15 | 4.0 | 20 | 32 | 4.0 |
| 6 | 5 teki limitlerden daha yüksek değerler | | | | | | |

ve bor miktarı gibi iki veya daha fazla faktör esas alınmıştır. Toprak solusyonundaki tuz konsantrasyonu arttığı zaman, su kalitesini düşüren her faktör bitki büyümesi veya verim üzerinde veya toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde zararlı bir etkiye sahiptirler.

Toplam Tuzluluk: Çoğu zaman elektriki kondaktivite (EC) ile ifade edilen toplam tuzluluk, bitki büyümesi ve verimin azalmasında birinci derecede etkiye sahiptir. Bazen bu tesir müşahade edilebilir. arazlarla görülmez, bu nedenle tuzluluk seviyesinin ekstrem derecede olduğu yerlerde ayrılan lekeler hariç tutulursa, bu etki tefrik edilemez. Araştırmalar, bitki büyümesi veya verimdeki azalışın yaklaşık olarak, bitki kök bölgesi toprak solusyonundaki tuz konsantrasyonu ile orantılı olduğunu göstermiştir. Bu durum kum kültürüne alınmış bitkilerin büyümesinde, kum sütnü boyunca evapotranspirasyonla uzaklaştırılan kadar suyun solüsyona ilâve edilmesi sonucu toprak solusyonunda devamlı sirküle edilen tuz konsantrasyonu sabit tutularak demantrasyonla gösterilmiş ve tanımlanmıştır.

Bununla beraber, tarla şartlarında büyüyen bitkinin kök sistemi için, bütün kök bölgesi boyunca üniform bir tuz konsantrasyonu bahis konusu değildir. Genellikle, suyun yeterli olarak tatbik edildiği yerlerde, toprak solusyonundaki tuz konsantrasyonu derinlikle arta-

caktır ve bitki suyun en büyük kısmını tuz konsantrasyonunun en düşük olduğu üst toprak tabakalarından alacaktır. Bu nedenle tuz konsantrasyonunun büyüme ve verim üzerindeki etkileri, kum kültürü araştırmasındakinden daha az olabilir.

Geçmişte lizimetrede yetiştirilen bitkiler üzerinde yapılan bir araştırma, lizimetrenin tabanında oldukça yüksek tuz konsantrasyonunun mevcudiyetini, toprak profilinin ilk yarısında ise verimi büyük ölçüde azaltmayan oldukça düşük konsantrasyonun mevcut olduğunu göstermiştir (Bernstein ve Francois, 1973).

Sulama suyundaki tuz konsantrasyonunun daha yüksek oluşu, kök bölgesinin üst kısımlarındaki toprak solusyonunda daha yüksek tuz birikimine sebep olacak ve yeterli yıkama yapılmadıkça bütün toprak profili boyunca tuz konsantrasyonunu çok çabuk bir şekilde artıracaktır. Verim azalımı ile sulama suyundaki toplam tuz konsantrasyonu arasında yakın ilişki vardır*.

Klorür Konsantrasyonu (Cl⁻): Değerlendirmenin Cl⁻ iyonunuda içine almasının temel nedeni, tam bir analiz yapılmadığı zaman Cl⁻ iyonunun kaliteyi tayin etmesidir.

Klorür iyonu fazla miktarda mevcut olduğu zaman bitki dokusu tarafından absorbe edilir ve yapraklarda birikimi sonucu yaprak yanması şeklinde zarar gösterir. Bu

(*) ppm, me/lt, osmotik basınç (O.P.) ile ifade edilen tuzlulukla EC (mmhos/cm) arasındaki yaklaşık ilişkiler aşağıdaki şekildedir.

$$\text{ppm} = 650 \times \text{EC} \quad \text{me/lt} = 10 \times \text{EC} \quad \text{meq/lt} = 10 \times \text{EC}$$

durum bazan klorürün zehirliliğine isnat ettirilmektedir. Yüksek klorürlü sular için klorürün ehemmiyeti EC veya ES'den yüksek olabilir ve düşük klorürlü sular için bunun tersi doğru olabilir. Bazı ilim adamları Cl⁻ iyonunun zehirli etkisinin SO₄⁻ iyonununkinin 2 katı kadar olduğunu farzetmektedirler. Doneen (1963) «potansiyel tuzluluk» terimini ortaya atmış ve bu terimi Cl⁻ konsantrasyonu ile SO₄⁻ konsantrasyonunun yarısının toplamı olarak tarif etmiştir.

Bakiye Sodyum Karbonat : Bakiye sodyum karbonat toprak özellikleri için çok zararlıdır. Na₂CO₃ toprak içindeki organik maddeyi çözerek toprak kuru olduğu zaman toprak yüzeyinde siyah lekeler bırakır ve «siyah alkali» olarak bilinen toprakları yaratır. Sodyum karbonat veya sodyum bikarbonatlı topraklar genellikle 8.5-10.0 arasında olan yüksek pH değerlerine sahiptir. Bu topraklar sodik topraklar olarak sınıflandırılır ve kuru oldukları zaman geniş çatlaklarla sürümün çok zor oldukları zaman çok yapışkan olmaları nedenleriyle toprak işlemeye müsait olmadıkları farzedilir. 60 nolu el kitabında da açıklandığı gibi bakiye sodyum karbonat için 2.5 me/lit konsantrasyon genellikle kullanılabilir sulama suları için üst limit olarak kabul edilir.

Bakiye sodyum karbonatın mevcudiyeti % Na ve SAR değerleri ile belirtilmez fakat tam bir analiz sonucu bulunan HCO₃⁻ ve CO₃⁻ toplamından Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ toplamının çıkarılması ile belirtil-

melidir. Eğer sonuç pozitifse, yani HCO₃⁻ ve CO₃⁻ toplam Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ toplamından fazla ise bakiye sodyum karbonat mevcuttur ve aradaki fark da miktarını gösterir. Eğer Ca⁺⁺ ve mg⁺⁺ toplamı CO₃⁻ HCO₃⁻ toplamından fazla ise bakiye sodyum karbonat mevcut değildir. İyi sulamada kullanılan suların en çoğunda sonraki durum (bakiye Na₂CO₃'ün mevcut olmayışı) mevcuttur.

Sodyumun Nispi Miktarı: Mevcut sodyumun nispi oranını gösteren sodyum yüzdesi su kalitesinin faydalı bir indekstir. Sodyumun asıl tekisi permeabilite, infiltrasyon nispeti ve toprağın işlenmesi gibi toprağın fiziksel özellikleri üzerindedir. Yüksek % Na ve tuz solusyonuna sahip olan topraklarda solusyonda kalan toplam konsantrasyon sabit olduğu sürece topraklardaki agregalaşma ve permeabilite değişmez fakat toprağa düşük konsantrasyonda bir solüsyon tatbik edildiği zaman agregalar dispers olur ve permeabilite azalır. Bu durum, yüksek sodyum yüzdesine sahip toprakların, düşük tuz konsantrasyonuna sahip sularla sulandıkları zaman çok düşük infiltrasyon nispetine sahip oluşunun nedenidir.

Bu durum özellikle, önceden oldukça tuzlu su ile sulanan bir toprağın sonradan düşük elektriki kondaktiviteli su ile sulanması durumunda göze parçar. Böylece infiltrasyon nispeti azalır.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) aşağıdaki denklemden hesaplanır.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Denklemden iyonlar me/ltr olarak ifade edilmiştir.

SAR, her zaman yüksek bir sodyum yüzdesini belirtmez, bu sebepten yüksek seviyede sodyum etkisini, düşük tuzlu suların permeabilite ve infiltrasyon üzerindeki etkilerini göstermez.

SAR değeri, sodyum zararını belirttiği kabul edilmekle beraber, bakiye sodyum karbonatın mevcut olup olmadığını göstermez. SAR, tam bir analiz yapıldığı zaman hesaplanma ve rapor edilmesi adet olduğu için sınıflandırma şemalarında kullanılır. Pek çok sular için SAR temelinde dayanan derecelendirme % Na için olan derecelendirmenin aynısı oluncaya kadar farklı sınıflar için sınır değerleri düzeltilmiştir.

Yakın geçmişte düzeltilmiş SAR olarak isimlendirilen terim kullanılmaya başlamıştır. Bu düzeltilmiş SAR terimi aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\text{Düzeltilmiş SAR} = SAR [1 + (8.4 - pHc)]$$

Buradaki pHc, Ca + Mg + Na, Ca + Mg ve CO₃ + HCO₃'ün bir fonksiyonudur. Düzeltilmiş SAR değeri, SAR değerinin 1.5 ilâ 4.0 katı arasında hesaplanmıştır.

Bor (B) : Bor, bitki büyümesi için bir temel elementtir fakat, sadece birkaç ppm değerinde mevcut olduğunda çok zehirlidir. Bor,

bazı sulama sularında arzu edilmeyen miktarda mevcuttur, fakat her zaman zehirli tesir edecek miktarda değildir. Zararlı olabilecek miktarda bor bulunan topraklar, düşük seviyede bor ihtiva eden sularla sulandığı zaman eğer drenaj durumu yıkamaya müsaade ederse fazla bir topraktan yıkana bilir.

Topraklardaki Tuzların Konsantrasyonu

Su bitkiler tarafından kullanıldığı zaman, çözünmüş bileşiklerin çoğu toprak içinde kalır. İyonlardan bazıları bitki kökleriyle absorbe edilir ve bitki dokusu içine taşınır, fakat topraktan bu şekilde bitkiler tarafından alınan ve nakledilen miktar, genellikle sulama suyu ile ilâve edilen miktarın çok az bir yüzdesidir. Bu durum kök bölgesindeki toprak solusyonunun tuzlanmasının en önemli sebebidir. Böylece, su atmosfere verildikçe, toprak solusyonunda kalan tuz miktarı daha konsantre bir duruma gelecektir. Topraklarda ve sulama sularında mevcut tuzlar farklı çözünürlüğe sahiptirler; CaCO₃, MgCO₃ ve CaSO₄ gibi bazların konsantrasyonları artınca toprakta çökebilirler. Bu tuzlar bir kere çökelince, genellikle toprak-bitki ortamı için zararlı değildir. Toprak solusyonunda, daha fazla çözünülebilirliğe sahip tuzlar kalacak ve derince sızmalarla kök bölgesi altına uzaklaştırılmadıkça ve tabii yahut suni drenajla dışarı atılmadıkça, konsantrasyonları çok zararlı olabilecek değerlere kadar artacaktır. Bir sulamadan sonra ta-

ban suyunun toprak yüzeyinden bir metrelik mesafe içinde bulunduğu drenajın yetersiz olduğu yerlerde, su ile ilâve edilen tuzlar etkili olarak uzaklaştırılmaz, ve tuzlu veya sodik topraklar geliştirilemez.

Kasyon Değişimi

Evapotranspirasyon hadisesi boyunca kök bölgesinde tuzların konsantrasyonu olması durumu, kasyon değişimi olarak bilinen tabii hadise tarafından bir dereceye kadar güçleştirilir. Bütün topraklar ince kil ve kolloid zerreler üzerinde kasyonları adsorbe etme kapasitesine sahiptir. Bir toprağın adsorbe edebildiği ve tutabildiği kasyonların miktarı, toprağın değiştirilebilir, kasyon kapasitesi olarak adlandırılır. Kasyon değiştirme kapasitesinin yüzdesi olarak ifade edilen adsorbe edilmiş sodyum iyonları, değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP) olarak isimlendirilir. ESP değeri % 15'i geçtiği zaman, toprak sodik olarak nitelendirilir. Verilen bir sulama idaresi pratiği altında, toprağın ESP değeri suyun tuzluluğu ile ve özellikle SAR veya düzeltilmiş SAR değerleriyle ilgilidir.

Sulama Sularının Değerlendirilmesi

Arzedilen değerlendirme şemasına göre sulamada kullanılan bir suyun değerlendirilmesinde a-

şağıdaki hususları tamamlayarak bir komputer programı hazırlanmıştır.

1. Eğer mg/lit veya ppm olarak ifade edilmişse bütün iyonları me/lit'ye çevir.

2. Kasyon/anyon oranını hesaplayarak kasyonların ve anyonların toplamını mukayese et.

3. Sodyum yüzdesini hesapla.

4. SAR ve düzeltilmiş SAR değerlerini hesapla.

5. Etkin tuzluluğu hesapla.

6. Eğer mevcutsa bakiye sodyum karbonatı hesapla.

7. Yüzey sularının aylık analizleri uygun olarak yapıldığı zaman, aylık debi miktarına göre ortalama değerleri hesapla.

8. Tablo 4'de verilen faktörlerden herbirine göre suyu değerlendir.

9. Kasyon/anyon = 1.000 durumunda verilen anyonların ve kasyonların toplamının farkından, gerekli olduğu zaman, analizi yapılmamış olan bir iyonun değerini hesapla.

10. Her analizde mevcut tuzların hiyerarşik olarak terkipli he-
sapla ve kasyon/anyon \neq 1 olduğunda bakiye iyonları hesapla.