

## **BÖLÜM V: SULAMA SUYU ANALİZ SONUÇLARININ İFADE ŞEKİLLERİ, GENEL BİRİMLER, ÇEVİRME VE FAKTÖRLERİ**

### **ANYON VE KATYONLARIN İFADE BİÇİMLERİ**

Sulama sularının analizleri sonucu elde edilen rakamsal değerlerin yorumlanması ve laboratuvar analiz sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıda anlatılan biçimde yapılır.

Laboratuvar analiz sonuçlarından anyon ve katyonların ifade edilmelerinde meq/l, mmol/l, mg/l ya da ppm birimleri kullanılır. meq/l ile mmol/l terimleri matematik olarak eşdeğerdirler ve genelde anyon ve katyonların ifade edilmelerinde en sık kullanılan birimlerdir. Benzer biçimde milyonda bir kısım (ppm) ile litrede miligram değerleri de matematik eş değerdirler.

### **ELEKTRİKSEL İLETKENLİĞİN İFADE BİÇİMLERİ**

Sulama sularında bulunan toplam erimiş katı maddelerin (tuzlar) ifade edilmesinde kullanılan elektriksel iletkenlik değeri laboratuvarında 25°C de (micromhos/cm) olarak ifade edilir. Ancak, bu birim son yıllarda yerini siemens'e bırakmıştır.

$$1 \text{ milisiemens/cm (mS/cm)} = 1 \text{ milimhos/cm (mmhos/cm)} = 10^3 \text{ micromhos/cm (}\mu\text{mhos/cm)}$$

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ dS/m}$$

Elektriksel iletkenlik değerleri laboratuvarında standart olarak 25°C sıcaklık için ifade edilirler. Laboratuvar sıcaklığının bu değerden farklı olması halinde sıcaklık ile ilgili düzeltmenin yapılması gerekir. Ancak, kullanılan EC metreler (Elektriksel iletkenlik ölçer) otomatik olarak ölçülen değerleri 25°C sıcaklığa çevirerek verirler.

### **ANALİZ RAPORU YAZILMASI VE KONTROLÜ**

Sulama sularının laboratuvarında yapılan analizleri sonucu elde edilen değerler “su analiz formu” na işlenirler. Bu form üzerinde EC, pH, anyon ve katyon analizleri ile varsa özel iyon analizleri, hesaplanan bazı parametreler ve suyun kalite sınıfı belirtilir.

Laboratuvar analiz sonuçlarının güvenilirliği amacıyla, elde edilen analiz sonuçları arasında ilişkiler kontrol edilir. Laboratuvar analiz sonuçlarının doğruluğunu ortaya koyabilmek amacıyla analiz sonuçları karşılıklı olarak kontrol edilirler. Bir analizden elde edilen sonuç ile diğer bir analizden elde edilen sonuç uyumlu olmalıdır. Sonuçlar karşılıklı olarak karşılaştırılmak suretiyle raporun güvenilirlik derecesi saptanır. Bu karşılaştırma ancak, birbiri ile ilişkili olan analizler yönünden yapılır. Bu karşılaştırmalar şunlardır:

### Elektriksel iletkenlik ile toplam katyon konsantrasyonu ilişkisi

Suyun elektriksel iletkenlik değeri (dS/m) ile katyon toplamı arasında şu ilişki olmalıdır;

$$\sum K(\text{meq/l}) / [EC (\text{dS/m})] = 10 \quad (EC < 1 \text{ dS/m})$$

$$\sum K(\text{meq/l}) / [EC (\text{dS/m})] = 12 \quad (EC > 10 \text{ dS/m})$$

Sulama suyunun içerisinde bulunan diğer iyonlara bağlı olarak bu oranlar değişmektedir. Kalsiyum ve magnezyumca zengin yüksek bikarbonat yada sülfatlı sular için bu oran artarken, sodyumca yüksek klorlu sular için azalabilecektir.

### Anyon toplamı ile Katyon toplamı ilişkisi

Sulama sularının analiz değerlerinden anyon toplamı değeri ile katyon toplamı değeri, meq/l olarak ifade edildiklerinde birbirine eşit olmalıdır.

$$\sum \text{Katyon (meq/l)} = \sum \text{Anyon (meq/l)}$$

Laboratuvarda yapılan analizlerin değişik nedenlerden ötürü %100 doğrulukta yapılmaları olanaksızdır ve kaçınılmaz hatalardan ötürü analiz sonuçları ancak belirli sınırlar içerisinde güvenilir olabileceklerdir. Hatalar; 1)Kişisel, 2)Alet ve kimyasal maddelerden kaynaklanan, 3)Yöntemden kaynaklanan ve 4)Düzensiz (nedeni belli olmayan) olmak üzere çeşitlidirler.

Kullanılan alet ve ekipmanların ayarlarının düzgün ve düzenli olarak yapılması ile ve analizlerin kontrollü olarak paralelli şekilde yapılmaları hataların en düşük düzeyde olmalarını sağlayacaktır.

Katyon ve anyon toplamlarının kontrolü için önce % hata miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmalıdır;

$$\% \text{ Hata} = [(Katyon - Anyon) / (Katyon + Anyon)] \times 100$$

İzin verilebilir hata miktarları anyon ve katyonların konsantrasyonlarına göre aşağıda verilmiştir.

Toplam anyon yada katyon konsantrasyonu, meq/l	İzin verilebilir hata sınırı %
1	10
2	6
14	3
30	2

### Elektriksel iletkenlik ile tuzların ppm değeri arasındaki ilişki

Sulama sularının analizi sonucunda bulunan toplam tuz konsantrasyonu ile elektriksel iletkenlik değeri arasında aşağıda gösterilen ilişki bulunmaktadır;

$$(ppm) / [EC (\text{dS/m})] = 640$$

Yapılan analiz sonuçları bu eşitlik ile kontrol edilir.

### **Erimiş tuzların toplam konsantrasyonu ile katyon toplamı arasındaki ilişki**

Analiz sonuçlarına göre elde edilen değerlerden ppm olarak erimiş tuzların toplam konsantrasyonu ile meq/l olarak toplam katyon miktarı arasında aşağıdaki ilişki bulunmaktadır;

$$(ppm) / (meq/l) = 64$$

Ancak bu ilişkideki 64 rakamı sabit bir değer olmayıp katyon konsantrasyonuna bağlı olarak değişebilmektedir. Katyon konsantrasyonunun artması ile bu değer azalmaktadır. Bu durum aşağıdaki çizelgede belirtilmektedir.

Çizelge 1-Katyon konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik değerleri arasındaki ortalama ilişki

meq/l	dS/m	mg/l	mg/meq	(meq/l)/(dS/m)
10	1	640	64	10
120	10	7000	58.3	12

### **Sulama suyu pH değeri ile karbonat ve bikarbonat konsantrasyonları ile kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları ilişkisi**

Sulama suyu pH değeri 8.2 den düşük olması halinde karbonat miktarı çok az olmalı yada hiç bulunmamalıdır.

Sulama sularında kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları pH değerinin 9 un üzerinde olması halinde nadiren 2 meq/l değerinden fazla olur.

### **RAPORDA BELİRTİLECEK DİĞER DEĞERLER**

Sulama sularının analiz raporlarında yukarıda sayılanlar dışında bazı parametreler hesaplanarak belirtilirler. Bu değerler aşağıda belirtilmiştir.

#### **Sodyum Yüzdesi (%Na)**

Sulama sularının olası sodyum zararını belirtmek amacı ile kullanılan bir parametredir. Katyon analizlerinden sodyum miktarının diğer katyonlara olan nisbi oranını belirtir. Aşağıdaki gibi formüle edilir;

$$\%Na = \frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{++} + Mg^{++}} \cdot 100$$

Eşitlikteki tüm değerler meq/l cinsinden verilmektedir.

#### **Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)**

Sulama sularının olası sodyum zararını belirtmek amacıyla kullanılan bir başka parametredir. Burada Na iyon konsantrasyonunun  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  toplamına

olan oranı belirtilmektedir. Bu parametre olası Na<sup>+</sup> zararını belirtmede %Na değerinden daha işlevsel olmaktadır. Bu parametre Na<sup>+</sup> miktarının +2 değerlikli diğer kationların toplamının kareköküne olan oranını belirtmektedir ve SAR değerinin artması ile olası sodyum zararı da artmaktadır. SAR değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır;

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

Burada tüm iyon konsantrasyonları meq/l olarak verilmiştir.

### **Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)**

Sulama suyu kalite sınıflandırılmasında bazı araştırmacılar tarafından önerilen bir parametredir. Ortamda bulunan karbonat bikarbonat konsantrasyonu ile Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> konsantrasyonu arasındaki farka bakılarak olası sodyum karbonat oluşması olayı incelenir. RSC değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

$$RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Burada değerler meq/l olarak verilmektedir. Eşitliğin (+) çıkması demek ortamda sodyum ile birleşip kalıcı sodyum karbonat oluşturabilecek miktarda karbonat ve bikarbonat bulunmaktadır ve bu oluşum da sodyum zararı yaratabilecek bir risk faktörüdür. Sonucun (-) çıkması halinde ise herhangi bir Na<sup>+</sup> zararı olasılığı yoktur anlamına gelmektedir. Genel olarak RSC>2.5 olan suların sulamada kullanılmaları sakıncalıdır.

### **SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR SULU TARIM SAĞLAMADA TOPRAK TUZLULUĞU VE SODYUMLULUĞU İLE İLGİLİ OLARAK GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMASI GEREKEN TEMEL PRENSİPLER**

**Bitkilerin gelişmeleri, yetiştikleri toprak eriyiğinin ozmotik basıncı ile toprak taneleri rutubet tansiyonunun toplamından oluşan toplam rutubet geriliminin bir fonksiyonudur.**

Toprak çözeltisi içerisinde bitki köklerinin suyu emebilmeleri için yenmeleri gereken iki kuvvet vardır; bunlar matris tansiyonu ve ozmotik basınçtır.

$$TRG = MT + OB$$

*Burada; TRG=toplam rutubet gerilimi, MT=matris tansiyonu, OB=ozmotik basıncı ifade eder.*

Matris tansiyonu toprak tanelerinin suyu tutma gücünü ifade eder ve değeri toprak suyunun miktarına bağlıdır. Toprak içerisinde tutulan su miktarı tarla kapasitesi değerine yaklaştıkça matris tansiyonu değeri de azalır ve bitki suyu topraktan daha düşük bir kuvvet ile alabilir, böylece kendi meyvesini geliştirmek için daha fazla enerji harcayıp verimini artırabilir. Bunun tersi durumda ise, yani toprak içerisinde su miktarının azalması halinde, su toprak kolloidleri tarafından daha güçlü olarak tutulduğundan, bitki bu suyu alabilmek için daha fazla enerji harcamak zorunda kalır ve kendi biomas üretimine (verimine) ayırabileceği enerjisi

azalır, sonuçta verimini azaltır. Bu durumda Matris tansiyonunu düşük tutmak sulama aralığına bağlıdır. Ozmotik basınç ise çözelti içerisinde bulunan erimiş katıların oluşturduğu bir basınçtır. Ozmotik basıncın düzeyi çözelti konsantrasyonu ile ilgilidir ve dolayısı ile tuzluluğun fazla olması halinde ozmotik basınç değeri de yüksek olacağından bitkilerin topraktan suyu almaları zorlaşır. Ozmotik basıncın düşürülmesi için toprakta biriken tuzların kök bölgesinden uzaklaştırılmaları (yikanmaları) gerekecektir.

### **Toprak içerisinde su doymuş ve doymamış koşullar altında Darcy Kanununa göre hareket eder.**

Bu kanun toprak içerisinde hareket eden suyun akım hızının hidrolik eğim ile doğru orantılı olduğunu ve akım yönünün hidrolik yükteki en fazla azalmanın olduğu yönde olduğunu açıklamaktadır. Aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$v = k \times i = k \frac{h}{l}$$

Burada;  $v$ =suyun akım hızı(m/h),  $k$ =hidrolik geçirgenlik,  $i$ =hidrolik eğim,  $h$ =hidrolik yük(m),  $l$ =söz konusu noktalar arasındaki yatay mesafe(m) değerleridir.

Bu prensip yer altı suyu kaynağının ve akım yönünün belirlenmesinde ve özellikle tarım arazilerindeki drenaj sorunlarının çözülmesinde oldukça yararlıdır.

### **Eriyebilir tuzlar toprak içerisinde universal çözücü olan su ile yer değiştirirler**

Toprak içerisinde tuzun hareketi su ile birlikte olmaktadır. Bu prensip sonucunda suyun hareketine bağlı olarak tuzların hareketleri incelenebilmektedir. Toprakta suyun hareketi sonucunda tuzların da ne şekilde yer değiştirebilecekleri kontrol edilebilmektedir. Su sulamadan hemen sonra yerçekimi etkisinde olarak alt katlara doğru hareket eder, böylece üst toprak bölümlerinde önceden birikmiş olan tuzlar alt katlara doğru yikanırlar. Sulamanın kesilmesi ile birlikte suyun tüketilmesi aşamasına geçilir ve bu aşamada suyun hareketi kapılar kuvvetlerin etkisi ile her yöne doğru olabilmektedir. Yüksek taban suyundan kök bölgesine doğru hareket söz konusu olduğunda, özellikle tuzluluk açısından önemli olacaktır çünkü taban suyu tuzlulukları her zaman için yüksek olmaktadır.

### **Topraktaki eriyebilir tuzların konsantrasyonu toprak yüzeyinden buharlaşma ve bitkilerden terleme şeklinde tüketilmesi ile fazlalaşır (Evaporatif tuzluluk)**

Toprak suyu yüzeyden buharlaşma ile ve yapraklardan terleme yolu ile tüketilir. Gerek buharlaşan su gerekse bitki kökleri ile alınan su saf yada saf yakın konsantrasyondadır. Bu nedenle suyun tüketilmesi ile toprak çözeltisi konsantrasyonu da artmaya başlar. Toprak çözeltisinin daha konsantre hale gelmesi ile bitki suyu almakta daha da zorlanmaya başlar. Aynı zamanda toprak suyunun azalması ile kapılar kuvvetleri artacağından, tuzlu taban suyundan olan kapılar yükselme miktarı da artabilir ve tuzlulaşma süreci hız kazanabilir.

### **Kök bölgesi içerisinde tuzların miktarının değişmesi, sulama suyu ile ya da diğer kaynaklardan kök bölgesine iletilen tuzların miktarına bağlıdır (tuz dengesi)**

Kök bölgesine iletilen tuz miktarı ile kök bölgesinden uzaklaşan tuz miktarı arasında bir denge oluşturulmalıdır. Bir başka deyişle toprak tuzlulaşmasının kontrol edilebilmesi ve önlenmesi için iletilen tuzların miktarı, yıkanan tuz miktarından daha fazla olmamalıdır. Bu konu tuz dengesi kavramı ile açıklanmaktadır. Sulanan alanlarda alınacak “tuzluluk yönetimi prensipleri” ile bu denge korunmaya çalışılmalıdır. Kök bölgesine iletilen tuzların miktarının yıkanan tuz miktarından fazla olması halinde toprak tuzluluğu sürekli olarak artma gösterecektir. Yetiştirilen bitkinin dayanım sınırını aştığında ise tuzluluk etkisinde verim kayıpları söz konusu olacaktır. Bu nedenle toprak, iklim, bitki, sulama ve drenaj yöntemleri ve sulama ve drenajın yeterliliği, yıkama gibi konuların bir sistem içerisinde dengeye ulaştırılması ile tuzlulaşma sürecinin önlenmesi olanaklı hale gelecektir.

### **Toprak çözeltisi içerisinde bulunan katyonlar ile kolloidler tarafından adsorbe edilen katyonlar arasında denge reaksiyonları oluşur.**

Bu prensip özellikle tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslah edilmelerinde oldukça önemli olmaktadır. Toprak kolloidler tarafından adsorbe halde tutulan katyonların özelliklerinin bilinmesi ile bunlarla yer değiştirecek katyonları içeren kimyasal maddelerin kullanılması olanaklı hale gelmektedir.  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  tuzlarının sadece yıkama ile topraktan uzaklaştırılmaları mümkün olmakta iken, adsorbe edilmiş Na iyonunun toprak ortamından uzaklaştırılması ancak  $Na^{+}$  ile diğer katyonların yer değiştirilmeleri ile olanaklı olmaktadır. Toprak kolloidlerince fazla miktarda Na adsorbe edilmesi halinde toprak fiziksel özelliklerinin kötüleşmesi ve bitkiye toksik etki başlayacaktır.

### **Toprak tanelerinin kümelenmeleri ve kümelerin dağılması toprağın değişebilir katyon durumuna ve toprak eriyiğinin iyon konsantrasyonuna bağlıdır**

Toprak tanelerinin kümelenmesi olayına “flokülasyon” yada “koagülasyon”, kümelerin dağılması olayına ise “dispersiyon” adı verilir. Flokülasyon daima arzu edilen bir özellik iken dispersiyon istenmeyen ve toprağın fiziksel özelliklerinin kötüleşmesine neden olan bir özelliktir. Flokülasyon genelde +2 değerlikli katyonların etkisinde meydana gelirken, dispersiyon  $Na^{+}$  etkisinde oluşmaktadır.