

## **BÖLÜM III: SULAMA SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **GİRİŞ**

Sulu tarımda amaç, uygun kalitedeki suyun yeterli düzeyde sağlanması olmalıdır. Önceleri iyi kalitede suyun kolayca ve yeterli miktarda bulunabilmesinden ötürü, suyun kalitesi kavramı sıklıkla göz ardı edilirdi. Bu durum artık, pek çok bölge için değişiklik göstermiştir. İyi kalitedeki su kaynaklarının tamamının kullanılıyor olması, sulamanın yoğunlaşması yada yeni sulamaya açılan alanların gereksiniminin karşılanmasında daha düşük kaliteli ve daha az uygun olan su kaynaklarının kullanılması gerçekliğini doğurmaktadır. Bu düşük kalitedeki suların kullanılması halinde karşılaşılabilecek problemlerin önlenmesi, bu suların kullanılabilir kılınması amacıyla gerekli planlamaların yapılmasına bağlıdır.

Burada amaç, kullanılan suyun kalitesinden ötürü ortaya çıkacak olan bitki ve toprağın etkilenmesi ve sonuçta verim kaybının oluşmasına neden olacak etkilerin ortaya konması ve bunlara ilişkin çözümlerin açıklanmasıdır.

Suyun kalitesi, suyun belirli bir kullanımı için uygunluğunu (kullanılabilirliğini) belirten bir karakteristiğidir. Bir başka ifade ile kullanıcının gereksinimlerine ne derecede uygun olduğunun bir göstergesidir. Kalite belirli fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler yardımıyla açıklanır. Bir tek tat özelliği dahi, suyun kabul edilebilirliğinin basit bir göstergesi olabilecektir. Örneğin kullanıcıların iki iyi kaliteli su kaynağına sahip olmaları durumunda, bir tanesinin tercih edilmesinde basit olarak tat özelliği suyun kullanılacak kaynağının seçiminde etken olacaktır ve tat özelliği bakımından tercih edilen kaynak kullanılacaktır. Sulama suyu söz konusu olduğunda üzerinde durulan özellikler suyun fiziksel ve kimyasal kriterleri olacaktır ve nadiren diğer özellikler göz önüne alınmaktadır.

Özel kullanımlar değişik kalite gereksinimlerine sahiptir ve bir kaynak eğer diğerlerine göre daha iyi sonuçlar yaratıyorsa ve daha az probleme neden oluyorsa daha uygun olarak değerlendirilecektir (çokluk daha iyi kaliteli olan kaynak). Örneğin iyi kalitedeki bir nehir suyu sulamada başarıyla kullanılabilir olmasına karşın, şehirselleştirme için, içerisindeki sediment miktarından ötürü, arıtılmadığı sürece uygun olmayacaktır. Benzer şekilde iyi kalitedeki erimiş kar suyu şehirselleştirme için çok uygun olmasına karşın, içerisindeki korozif maddelerin oluşturduğu potansiyelden ötürü sanayi kullanımında, uygun olarak değerlendirilemeyebilecektir.

İdeal koşulda çok sayıdaki kaynaktan en uygun olanının seçimi şeklinde sorun çözülebilir; ancak, uygulamada çoğunlukla elde sadece bir tek kaynak vardır. Bu koşulda yapılacak şey, eldeki kaynağın kullanım için uygunluğunun değerlendirilmesi ve amaca ne denli uygun olduğunun belirlenmesidir. Farklı kalitedeki suların kullanımına ilişkin deneyimler gözlemlerden ve kullanım sonrası karşılaşılan problemlerin ayrıntılı analizlerinden elde edilmektedir. Suyun içeriği ile gözlemlenen problemler arasındaki ilişkiden, suyun kabul edilebilirliğinin derecesi yada kalitesi değerlendirilebilmektedir. Çok sayıdaki deneysel gözlemlerden ve ölçümlerden hareketle, belirli maddelerin bulunmasının kalite ile ilişkili problemlerin ortaya konmasında bir gösterge olarak ele alınmasını olanaklı kılmaktadır. Bu içerikler (maddeler) daha sonra bir araya getirilerek suların

kalitelerinin değerlendirilebildiği yani kullanım için uygunluklarının ortaya konabildiği rehber değerleri oluşturmaktadır. Yeni geliştirilen her bir rehber tablo (değerler) daha önceki değerler ile birlikte daha doğru tahmin olanakları sunmaktadır. Çok sayıda farklı kullanımlar için rehber değerler elde edilebilmektedir.

Sulu tarımda kullanılacak çok sayıda rehber tablolar elde edilebilmektedir. Her birisi kullanılabilir olmasına karşın, tarla koşullarındaki çeşitlilikten ötürü, hiçbirisi tam olarak tatmin edici olmayacaktır. Umulan ise her yeni rehber tablonun bizim öngörü kapasitemizi artırıyor olmasıdır. Örneğin *Çizelge 3.1* 'de verilen rehber değerler önceki verilerden yararlanarak oluşturulmuştur ancak, pratik kullanımda su kalitesi ile ilişkili problemlerin değerlendirilmesi ve baş edilebilmesi amacıyla modifiye edilmişlerdir.

## **SU KALİTESİ İLE İLGİLİ PROBLEMLER**

Sulamada kullanılan suların kaliteleri içerisinde bulunan erimiş tuzların miktarına ve cinsine göre çok fazla değişim göstermektedir. Sulama sularında bulunan tuzlar oransal olarak düşük düzeyde olmalarına karşın önemlidirler. Tuzlar orijin olarak kayaların ve toprağın ayrışmasından ve bozunmasından ortaya çıkmaktadırlar ki, bu ayrışan mineraller arasında jips ve kireç gibi çok yavaş çözünen mineraller de bulunmaktadır. Bu tuzlar sularla kullanıldıkları yere taşınırlar. Sulanan alanlarda ise bu tuzlar taşınarak toprağa iletilirler ve suyun buharlaşma ve bitki kullanımı ile tüketilmesi ile de toprakta biriktirilirler.

Sulama suyunun kalitesi sadece içerdiği toplam tuz miktarı ile değil aynı zamanda tuzların cinsi ile de değerlendirilir. Suyun toplam tuz içeriğinin artması ile değişik toprak ve bitkiye ilişkin problemler ortaya çıkacaktır ve kabul edilebilir verim için özel yönetim önlemleri gerekecektir. Suyun kalitesi yada kullanım için uygunluğu, suyun uzun dönem kullanımı ile ortaya çıkabilecek potansiyel problemlere bağlı olarak değerlendirilir.

Problemlerin cinsi ve düzeyi değişecektir ve toprak, iklim ve bitki tarafından olduğu kadar, kullanıcının yeteneğine ve bilgisine bağlı olarak ta etkilenecektir. Sonuç olarak, suyun kalitesini ortaya koyacak çok belirgin sınırlar bulunmamaktadır; daha da ötesinde, suyun kullanım için uygunluğu kullanım koşullarına bağlı olmaktadır ki, kullanım koşulları da çözünmüş maddelerin toprakta birikimini ve bitki verimini kısıtlayabilmektedir. Tuzluluk, suyun infiltrasyon oranı, toksisite ve diğer problemlerle ilişkili bir biçimde suyun kalitesini değerlendirmede toprak ile ilgili problemler çok yaygın olarak ele alınır ve kullanılır.

Sulanan alanlarda su kalitesi ile ilişkili olarak karşılaşılan problem türleri aşağıdaki çizelgede (3.2) verilmiştir.

Çizelge 3.2 Sulama suyu kalitesi ile ilişkili olarak karşılaşılabilecek problemler

<b>Sulanan alanlarda su kalitesi ile ilişkili problemler</b>
<p><b>Tuzluluk</b></p> <p>Tuzlar, toprakta suyun alımını, bitki verimini etkileyebilecek oranda azaltabilirler</p>
<p><b>Suyun infiltrasyon oranı</b></p> <p>Sudaki yada topraktaki fazla miktardaki sodyum yada oransal olarak düşük miktardaki kalsiyum, bitkinin hiçbir zaman diğer sulamaya kadar yeterli miktarda suyu topraktan alabilmesi için biriktirilmesi gereken nem miktarının toprağa infiltre olmasına izin vermez.</p>
<p><b>Özel iyon toksisitesi</b></p> <p>Belirli iyonlar (sodyum, klor, yada bor) bitkide zarar oluşturabilecek ve sonuçta verimi etkileyebilecek düzeyde birikerek bitkiyi etkileyebilirler</p>
<p><b>Diğer</b></p> <p>Aşırı bitki besin maddesi verimi yada kaliteyi azaltır; bitkinin yapraklarında yada meyvede birikim Pazar kalitesini azaltır; alet ekipmanın aşırı korozyona uğraması tamir ve bakım masraflarını artırır.</p>

## **Tuzluluk**

Tuzluluk problemi, tuzlar kök bölgesinde verim kaybına neden olacak düzeyde yüksek konsantrasyonlara ulaştıklarında ortaya çıkacaktır. Sulanan alanlarda bu tuzların kaynağı sıklıkla tuzlu ve yüzlek taban suyu yada sulama suyunun içerisinde bulunan tuzlar olabilmektedir. Verim kayıpları kök bölgesinde tuzların miktarının yüksek konsantrasyonlara ulaşması ve bitkinin kökleri ile topraktan bu tuzlu çözelti içerisinde yeterli düzeyde suyu alamaması durumunda ortaya çıkmaktadır ve sonuçta önemli bir süre boyunca su stresi yani azlığı etkisi ortaya çıkmaktadır. Su alımı önemli düzeyde azaldığında bitki büyümesini yavaşlatmaktadır. Bitki bu koşullarda tıpkı kuraklık etkisinde kalan bitkilerde görülen belirtileri gösterir; solma, yada daha koyu mavi-yeşil renk ve bazen de daha kalın, parlak yapraklar. Belirtiler büyüme devresine bağlı olarak değişmektedir ve tuzluluk erken gelişme dönemlerinde etkili ise belirtiler daha göze çarpar olacaktır. Bazen orta düzeydeki bir tuzluluk etkisi fark edilmeyebilecektir, bunun nedeni tüm tarlanın homojen bir biçimde etkilenmesi sonucu bitkiler içerisinde farklılık oluşmamasıdır. Ancak bu durum tuzluluk etkisinin olmadığı anlamına gelmez ve dikkatli gözlemler ile ortaya konulabilir etkiler oluşturur.

Tuzluluk sorunu yaratan tuzlar, suda kolay çözünebilen ve sularla kolaylıkla taşınabilen tuzlardır. Önceki sulamalardan birikmiş olan tuzlar, büyüme mevsimi içerisinde bitkinin gereksiniminden daha fazla olarak uygulanacak olan sularla kök bölgesinden yıkanarak derinlere iletilebilirler. Bu nedenle “yıkama”, sulama suyu

kaynaklı tuzlulukların kontrolünde anahtar uygulama olmaktadır. Kök bölgesinde zararlı düzeyde tuz birikiminin önlenmesi için, kök bölgesinden yıkama ile uzaklaştırılan tuz miktarının sulama suyu ile iletilen tuz miktarından daha fazla yada eşit olması gerekecektir. Yıkama gereksinimi miktarı sulama suyu ile iletilen tuz miktarına ve bitkinin tuza dayanımına bağlı olarak değişecektir.

Kök bölgesindeki tuz miktarı derinlik ile değişmektedir. Yüzeyde yaklaşık sulama suyu tuzluluğuna eşit iken, derinlerde sulama suyu tuzluluğundan daha yüksek konsantrasyonlara ulaşır. Bitkiler topraktan suyu aldıklarında tuzların büyük kısmını geride bıraktıkları için kök bölgesinde tuzluluk derinlikle artma gösterir. Her sulama ile tuzlar aşağı katlara doğru itilirler ve yıkanınca kadar burada birikirler. Alt katlardaki tuzluluğun düzeyi yıkanma miktarı ile ilişkilidir.

Sulamayı izleyen dönemde en kolay ve bol olarak alınabilecek su üst toprak bölümünde bulunan düşük tuzlulukta sudur. Bitki suyu kullandıkça, suyun kolaylıkla alınabildiği derinlik alt katlara doğru kayar ve sulamanın gecikmesi ile bu derinlik artar. Bu daha derin bölümler daha tuzlu bölgelerdir. Bitki kökleri ile kök bölgesi içerisinde suyu daha kolay alabileceği bölümlerden almaya devam eder. Sulamanın zamanının planlanması bu açıdan önem kazanmaktadır; sulamanın gecikmesi ile bitki su gereksinimini daha tuzlu ve derindeki sudan karşılamaya çalışır ve gereksindiğinden daha az su alabilir ve su eksikliği sorunları ortaya çıkmaya başlar. İyi bir bitki yetiştiriciliği için biriken fazla tuzun bitkiye zarar verecek düzeye ulaşmasından önce yıkanması ve suyun kolay alınabilir şekilde sağlanması konularına gereken özen gösterilmelidir.

Sık sulanmayan bitkilerde yani klasik sulama yöntemlerinin ve pratiklerinin uygulandığı alanlarda bitki verimi “ortalama toprak tuzluluğu” ile korelasyon gösterirken, damla sulama yönteminin uygulandığı sık sulama yapılan alanlarda “alınan su ağırlıklı kök bölgesi tuzluluğu” ile korelasyon gösterecektir. Bu farklılık çok büyük olmamakla birlikte geniş tuzluluk aralıklarında önemli olacaktır. Özel olarak belirtilmediği sürece bitki veriminin ortalama toprak tuzluluğuna göre açıklandığı anlaşılmalıdır.

Pek çok sulanan alanda tuzluluk probleminin kaynağı 2 metreden daha yüzlek konumdaki taban suyu düzeyidir. Bu derinlikteki taban suyu içerisinde biriken tuzlar buradan kapılar hareketler ile kök bölgesine taşınarak ikincil tuzluluk kaynağı olarak rol oynayacaktır. Bu nedenle uzun dönem başarılı sulu tarım için yüzlek taban suyunun kontrolü önemli olmaktadır. Yüksek tuzlu sular, yıkama için daha fazla ek suyun kullanılmasını gerektirecektir. Bu koşulda ise drenajın yeterli olmadığı alanlarda taban suyunun yükselmesine ve başarılı bir uzun dönem sulu tarım uygulamasının yapılamaması söz konusu olacaktır. Drenaj yeterli ise tuzluluğun kontrolü daha kolay hale gelecektir; yıkama suları alandan kolaylıkla uzaklaştırılabileceğinden, taban suyu tuzluluğunun ve yüksekliğinin olumsuz etkisi görülmeyecektir.

### **Su infiltrasyon oranı**

Su kalitesine bağlı olarak infiltrasyon problemi sulama suyunun yada yağış suyunun normal infiltrasyon oranının önemli düzeyde azalması ile yüzeyde uzun süre göllenmesi yada çok yavaş infiltre olması sonucunda bitkinin su gereksiniminin karşılanamaması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Her ne kadar suyun infiltrasyon oranı tuzluluk tarafından etkilense ve önemli oranda değişiklik gösterse de, kompaksiyon derecesi, strüktür, organik madde düzeyi ve kimyasal yapı gibi toprak faktörleri de infiltrasyon oranı üzerinde etkilidir.

İnfiltrasyon oranını etkileyen en önemli iki su kalitesi faktörü suyun toplam tuz konsantrasyonu ile içerdiği sodyum miktarının düzeyi ve  $Na/(Ca+Mg)$  düzeyidir. Tuzluluğu yüksek olan sular infiltrasyon oranını artırır. Düşük tuzluluktaki sular yada  $Na/Ca$  oranı yüksek olan sular ise bu oranı azaltır. Her iki faktör de aynı anda etkilidir. İkincil problemlerden birisi de sulamaya, istenen nem açığını kapatmak amacıyla, gerekli infiltrasyonu sağlamak için, uzun bir süre devam edildiğinde ortaya çıkabilecektir. Yine tohum yatağının kaymak tabakası bağlaması, aşırı otlama, beslenme eksikliği, kötü gelişme ve ıslak tohum yataklarındaki zayıf büyüme özellikleri oluşabilecektir.

Su kalitesine bağlı infiltrasyon problemleri genelde üst birkaç cm lik toprak içerisinde meydana gelir. Bunun nedeni de bu bölüm topraktaki düşük Ca yada yüksek  $Na/Ca$  oranıdır. Bu değerler sonucunda bu bölümdeki toprağın yapısal dayanıklılığı bozulacağından parçalanmış agregatlar sonucunda infiltrasyon oranı azalacaktır. İçerisinde yüksek miktarda Na bulunduran sulama suları kullanıldığında yüzeyde yüksek Na içeren bir toprak bölümü oluşacaktır. Na nedeniyle agregatların dayanıklılığı azalacağından disperse olacaklar ve gözenekleri tıkayacaklardır. Benzer problem aynı zamanda nispeten düşük Ca içeren yüzey toprağı koşulunda da görülebilecektir. Bazı durumlarda düşük tuzluluktaki sulama suları da benzer etkiler oluşturabileceklerdir, ancak bunun nedeni suyun yada toprağın Na içeriği olmayıp, düşük tuzluluktaki suyun korozif özelliği sonucudur. Düşük tuzluluktaki sulama suları yüzey toprağındaki Ca mu da içeren pek çok eriyebilir tuzları yıkayarak alt katmanlara taşıyacaktır.

## **Toksisite**

Toksisite problemleri, bazı iyonların suda yada toprakta aşırı miktarda bulunması halinde bitki tarafından fazla miktarda alınarak bünyesinde biriktirilmesi sonucunda bitki zararlanmasının yada verim azalmasının ortaya çıkması şeklinde meydana gelir. Zararlanmanın düzeyi bitkinin hassaslığına ve alınan miktara bağlıdır. Çok yıllık ağaç bitkileri genelde daha hassastır. Zararlanma sıkça hassas bitkilerde düşük iyon konsantrasyonlarında görülür. Etkiler genelde büyük yaprak yanıkları yada klorosis belirtileri şeklinde ortaya çıkar. Yeterli düzeyde toksik iyon birikmesi sonucu verim kayıpları oluşur. Tek yıllık bitkiler genelde hassas olmadıklarından düşük konsantrasyonlarda etkilenmezler ancak, yeterince yüksek konsantrasyonlarda hemen tüm bitkiler verim kaybı yada tamamen ölme gibi sonuçlar gösterirler.

Toksik etki yapan iyonların başında klor, sodyum ve bor gelmektedir. Bu iyonların düşük konsantrasyonlarında dahi toksisite problemlerinin görülebilmesine karşın, toksisite genelde tuzluluk ve infiltrasyon problemleri ile birlikte görülür. Potansiyel toksik olan iyonun kökler tarafında su ile birlikte bol miktarda alınması halinde toksisite problemleri ortaya çıkmaktadır. Köklerle alınan toksik iyon, iletim organları ile yapraklara iletilirler ve burada transpirasyon sonucu suyun buharlaşması ile biriktirilirlir. Birikme yapraklarda su kaybının (buharlaşma) yüksek olduğu yaprak ucu ve yaprak kenarlarında daha fazla olacaktır. Toksik etkinin ortaya çıkması için birikme süreci genelde yavaş seyreder ve bu süreç içerisinde gelişmelerin farkına varmak oldukça güçtür. Zararlanmanın düzeyi etkinin süresine, toksik iyon konsantrasyonuna, bitki hassaslığına ve bitkiden olan buharlaşma miktarına bağlıdır. Sıcak iklimlerde yada yılın sıcak dönemlerinde ortaya çıkan etki düzeyi, aynı bitki daha serin iklim yada bölgelerde yetiştirildiğinde ortaya çıkacak belli belirsiz etkiye göre daha fazla olacaktır.

Toksisite aynı zamanda suyun doğrudan yapraklarla temasta olduğu

yağmurlama sulama altında da görülmektedir. Sodyum ve klor iyonları yaprak absorpsiyonu konusunda birinci derecede göz önüne alınması gereken iyonlardır. Örneğin narenciye bu iyonların birine yada her ikisine karşı yaprak absorpsiyonu konusunda oldukça hassas bitkilerdendir. İyon konsantrasyonunun artması ile ortaya çıkan zararlanma etkisi daha hızlı ve daha zararlı düzeylerde oluşacaktır.

### **Diğer**

Sulama suyu kalitesine bağlı problemlerden yukarıda sayılanların dışında görünenleri bu başlık altında incelenecektir. Bunlar arasında yüksek nitrojen konsantrasyonu sayılabilir ki, bitkide olgunlaşmanın gecikmesine, aşırı vejetatif büyümeye neden olurlar. Yağmurlama sulamada kullanılacak yüksek bikarbonatlı sular, jipsli sular yada yüksek demir içeren sular meyvede yada yapraklarda birikmeye ve zararlanmalara neden olurlar. Yine suyun değişik pH düzeyi de bir dizi anormal oluşumlara neden olacaktır. Bazı sulamacıların karşılaştıkları sulama ekipmanlarının bozunması problemi su etkisindeki korozyondan ileri gelmektedir. Bu etkilenmeler özellikle pompada ve kuyularda olabilmektedir. Ancak bazı yörelerde düşük kalitedeki sular dahi sulama ekipmanlarının zararlanmalarına neden olmaktadır.

Düşük infiltrasyon problemlerinin görüldüğü alanlarda aynı zamanda nemli ortamdan ötürü mikroorganizma faaliyetlerinde bir artış ta görülebilir. Hastalık yapan (örn: malaria) gibi mikroorganizmaların artması ile çevre sorunları da oluşabilir. Bu durum aynı zamanda drenajı kötü olan alanlarda da görülebilecektir. Yine atık suların sulama amaçlı kullanıldığı alanlarda da hastalık etmeni mikroorganizma faaliyetlerinin artması söz konusu olabilir.

Sulama suyunda bulunan sediment materyalleri nedeniyle sulama sistemlerinin zarar görmesi, damlatıcı ve yağmurlama başlıklarının tıkanması gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Sediment birikimi nedeniyle kanal ve hendeklerin dolması ve aynı zamanda toprakta zaten var olan düşük infiltrasyon oranının daha da azalması etkisi yaratabilecektir.

Tablo 3.1 Sulamada kullanılacak suların değerlendirilmesi rehberi (Ayers ve Westcot, 1989)

Potansiyel sulama sorunları	Birim	Kullanımı kısıtlayan durumlar		
		Yok	Hafiften- ortaya	Yüksek
<b>TUZLULUK</b> (Bitkinin su kullanımına etkili)				
EC <sub>w</sub>	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
<b>İN FİLT RASYON</b> (suyun toprak içerisine infiltrasyonuna etkili. EC <sub>w</sub> ve SAR birlikte değerlendirilir)				
SAR=0-3 ve EC <sub>w</sub> =		>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR=3-6 ve EC <sub>w</sub> =		>1.2	1.2-0.3	<0.3
SAR=6-12 ve EC <sub>w</sub> =		>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR=12-20 ve EC <sub>w</sub> =		>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR=20-40 ve EC <sub>w</sub> =		>5.0	5.0-2.9	<2.9
<b>İYON TOKSİSİTESİ</b> (hassas bitkilere etkili)				
<b>Sodyum (Na<sup>+</sup>)</b>				
Yüzey sulama	SAR	<3	3-9	>9
Yağmurlama sulama	meq/l	<3	>3	
<b>Klor (Cl<sup>-</sup>)</b>				
Yüzey sulama	meq/l	<4	4-10	>10
Yağmurlama sulama	meq/l	<3	>3	
<b>Bor (B)</b>				
	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
<b>DİĞER ETKİLER</b>				
<b>Nitrojen (NO<sub>3</sub>-N)</b>				
	mg/l	<5	5-30	>30
<b>Bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>				
Yağmurlama sulamada	meq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
<b>pH</b>				
		Normal sınırlar 6.5-8.4		

**KAYNAKLAR**

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. *Water Quality for agriculture*. FAO Irrig. And Drain. Paper No.29. Rome, 1989.