

SULAMA SUYU KALİTESİ & TUZLULUK

Sulama Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi

1

GİRİŞ

- Sulu tarımda amaç,
 - uygun kalitedeki suyun yeterli düzeyde sağlanması
 - Geçmişte iyi kalitede suyun kolayca ve yeterli miktarda bulunabilmesi nedeniyle su kalitesi kavramı genellikle göz ardı edilmiştir.
 - Fakat bu durum günümüzde, 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 gerçeğini doğurmuştur

2



GİRİŞ

- Düşük kalitedeki suların kullanılması halinde karşılaşılabilecek problemlerin önlenmesi:
 - gerekli planlamaların yapılmasına bağlı
- Amaç:
 - kullanılan suyun kalitesinden dolayı 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 özelliktir.
 - Bir başka ifade ile kullanıcının gereksinimlerine ne derecede uygun olduğunun bir göstergesidir.

GİRİŞ

- Kalite belirli fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler yardımıyla açıklanır.
- Bir tek tat özelliği dahi, suyun kabul edilebilirliğinin basit bir göstergesi olabilir.
 - Örneğin kullanıcıların iki iyi kaliteli su kaynağına sahip olmaları durumunda, bir tanesinin tercih edilmesinde basit olarak tat özelliği, kullanılacak su kaynağının seçiminde etken olacaktır ve tat özelliği bakımından tercih edilen kaynak kullanılacaktır.
- Sulama suyu söz konusu olduğunda üzerinde durulan özellikler:
 - suyun fiziksel ve kimyasal kriterleridir
 - nadiren diğer özellikler göz önüne alınır.

5

GİRİŞ

- Özel kullanımlar değişik kalite gereksinimlerine sahiptir ve bir kaynak eğer diğerlerine göre daha iyi sonuçlar ortaya çıkarıyorsa ve daha az probleme neden oluyorsa daha uygun (iyi kaliteli) olarak değerlendirilir. Örneğin:
 - iyi kalitedeki bir nehir suyu sulamada başarıyla kullanılabilir olmasına karşın, şehrsel kullanımı için, içerisindeki sediment miktarından ötürü, arıtılmadığı sürece uygun olmayabilir
 - benzer şekilde iyi kalitedeki erimiş kar suyu şehrsel kullanım için çok uygun olmasına karşın, içerisindeki korozif maddelerin oluşturduğu potansiyelden ötürü sanayi kullanımında, uygun olarak değerlendirilemeyebilir.



6

GİRİŞ

- 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.

7

GİRİŞ

- Suyun içeriği ile gözlemlenen problemler arasındaki ilişkiden;
 - suyun kabul edilebilirliğinin derecesi yada kalitesi değerlendirilebilir.
- Çok sayıdaki deneysel gözlemler ve ölçümler:
 - kalite ile ilişkili problemlerin ortaya konmasında, belirli maddelerin bulunmasının bir gösterge olarak ele alınmasını olanaklı kılmaktadır.
- Bu içeriklerle (maddeler) ilgili gözlem ve ölçüm sonuçları daha sonra bir araya getirilerek, suların kalitelerinin değerlendirilebildiği yani kullanım için uygunluklarının ortaya konabildiği rehber değerleri oluşturmaktadır.
 - Geliştirilen her bir rehber tablo (değerler) daha önceki değerler ile birlikte daha doğru tahmin olanakları sunar.
 - Çok sayıdaki farklı kullanımlar için rehber değerler elde edilebilmektedir.

8

GİRİŞ

- Sulu tarımda da kullanılabilecek çok sayıda rehber tablolar mevcuttur.
- Her birisi kullanılabilir olmasına karşın;
 - arazi ve diğer koşullardaki çeşitlilikten dolayı, hiçbirisi tam olarak tatmin edici değildir.
- Buna rağmen her yeni rehber tablo, öngörme kapasitemizi artırmaktadır
- Her yeni rehber değerler önceki verilerden yararlanarak oluşturulmuştur ancak,
 - pratik kullanımda su kalitesi ile ilişkili problemlerin değerlendirilmesi ve üstesinden gelinmesi amacıyla modifiye edilmişlerdir.

9

GİRİŞ

Sulama suyu kalitesi değerlendirme rehberi⁽¹⁾ (Ayers ve Westcot, 1989)

Potansiyel sulama sorunları	Birim	Kullanımı kısıtlayan durumlar		
		Yok	Hafiften-ortaya	Yüksek
YÜZÜYÜZLÜK⁽²⁾ (Bitkinin su kullanımına etki eder)				
EC _w	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
İNFLTRASYON⁽³⁾ (Sulama suyu toprakta ve toprak yüzeyinde kaybolması, suyun EC _w klor ve SAR değerleri değerlendirilir)				
SAR ₁₅ (15 cm derinlikte)		<0.2	0.2-0.3	>0.3
SAR ₃₀ (30 cm derinlikte)		<0.3	0.3-0.5	>0.5
SAR ₆₀ (60 cm derinlikte)		<0.5	0.5-1.0	>1.0
SAR ₁₂₀ (120 cm derinlikte)		<1.0	1.0-2.0	>2.0
SAR ₂₄₀ (240 cm derinlikte)		<2.0	2.0-5.0	>5.0
İYON TOKSİSİTESİ⁽⁴⁾ (hassas bitkileri etkiler)				
Sodyum (Na) ⁽⁴⁾ (SAR, sodyum adsorpsiyon oranı, bazen RNa sembolüyle ifade edilir. Bir formül veya grafik yardımıyla hesaplanır. Verilen bir SAR değerinde, su tuzluluğu arttıkça infiltrasyon hızı artar. Yağmurlama sulamada potansiyel infiltrasyon problemi EC _w ve düzeltilmiş SAR aracılığıyla değerlendirilir (Rhoades 1977 ve Oster ve Schroer 1979'dan uyarlanmıştır))				
Yüzey sulama		<3	3-9	>9
Yağmurlama sulama		<3	3-9	>9
Klor (Cl) ⁽⁴⁾ (Rhoades 1977 ve Oster ve Schroer 1979'dan uyarlanmıştır)				
Yüzey sulama		<4	4-10	>10
Yağmurlama sulama		<4	4-10	>10
Bor (B) ⁽⁵⁾ (Yağmurlama sulamada azota bağlı nitrat). Akrilik sularda NH ₄ -N ve organik N dahil edilmeli				
	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
DİĞER ETKİLER				
Nitrojen (NO₃-N) ⁽⁶⁾	mg/l	<5	5-30	>30
Bikarbonat (HCO₃-)	meq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Normal sınırlar 6.5-8.4		

GİRİŞ

Sulamada suyu kalitesi değerlendirme rehberi⁽¹⁾ (Ayers ve Westcot, 1989)

Potansiyel sulama sorunları	Birim	Kullanımı kısıtlayan durumlar		
		Yok	Hafiften-ortaya	Yüksek
TUZLULUK⁽²⁾ (Bitkinin su kullanımına etki eder)				
EC _w	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
İNFİLTASYON⁽³⁾ (suyun toprak içerisine giriş hızını etkiler. EC _w ve SAR birlikte değerlendirilir)				
SAR=0-3	ve EC _w =	>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR=3-6	ve EC _w =	>1.2	1.2-0.3	<0.3
SAR=6-12	ve EC _w =	>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR=12-20	ve EC _w =	>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR=20-40	ve EC _w =	>5.0	5.0-2.9	<2.9
İYON TOKSİSİTESİ⁽⁴⁾ (hassas bitkileri etkiler)				
Sodyum (Na⁺)⁽⁴⁾				
Yüzey sulama	SAR	<3	3-9	>9
Yağmurlama sulama	meq/l	<3	>3	
Klor (Cl⁻)⁽⁴⁾				
Yüzey sulama	meq/l	<4	4-10	>10
Yağmurlama sulama	meq/l	<3	>3	
Bor (B)⁽⁵⁾				
	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
DİĞER ETKİLER				
Nitrojen (NO₃-N)⁽⁶⁾				
	mg/l	<5	5-30	>30
Bikarbonat (HCO₃⁻)				
Yağmurlama sulamada	meq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH				
		Normal sınırlar 6.5-8.4		

GİRİŞ

Sulamada suyu kalitesi değerlendirme rehberi (Ayers ve Westcot, 1989)

1. Kaliforniya Üniversitesi Danışmanlar Kurulundan Uyarlanmıştır.
2. EC_w (elektriksel iletkenlik), su tuzluluğunun bir ölçüsüdür, 25 °C'de deciSiemens/metre (dS/m) veya milimho/santimetre (mmho/cm) birimlerinde gösterilir. Her iki birim birbirine eşittir. TDS (toplam çözünmüş katılar), miligram/litre (mg/l) şeklinde ifade edilir.
3. SAR (sodyum adsorpsiyon oranı), bazan RNa sembolüyle ifade edilir. Bir formül veya grafik yardımıyla hesaplanır. Verilen bir SAR değerinde, su tuzluluğu arttıkça infiltrasyon hızı artar. Potansiyel infiltrasyon problemi EC_w ve düzeltilmiş SAR aracılığıyla değerlendirilir (Rhoades 1977 ve Oster ve Schroer 1979'dan uyarlanmıştır)
4. Yüzey sulama için, ağaçların ve odunsu bitkilerin çoğu sodyum ve klora duyarlıdır; verilen değerler kullanılır. Tek yıllık bitkilerin çoğu duyarlı değildir; tuzluluk tolerans çizelgeleri incelenebilir. Yağmurlama sulamayla ve düşük nemlilikte (<%30), sodyum ve klor duyarlı bitkilerin yapraklarında absorbe edilir.
5. Bor toleransları için ayrı çizelgeler mevcuttur.
6. NO₃-N, (elemental azota bağlı nitrat). Atık sularda NH₄-N ve organik N dahil edilmeli

12

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 ortaya çıkar ki,
 - bu ayrışan mineraller arasında jips ve kireç gibi çok yavaş çözünen mineraller de bulunmaktadır.
- Bu tuzlar sularla kullanıldıkları yere taşınırlar.
- Sulanan alanlara taşınan bu tuzlar:
 - toprağa iletilirler ve suyun buharlaşma ve bitki kullanımı ile tüketilmesi sonucunda toprakta biriktirilirler

13

SU KALİTESİ İLE İLGİLİ PROBLEMLER

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

14

SU KALİTESİ İLE İLGİLİ PROBLEMLER

- Sulama suyundan kaynaklanan problemlerin cinsi ve düzeyi:
 - toprak, iklim ve bitki tarafından olduğu kadar,
 - kullanıcının yeteneğine ve bilgisine bağlı olarak ta değişir
- **Bu nedenle sonuç olarak;**
 - suyun kalitesini ortaya koyacak çok belirgin sınırlar bulunmamakta
 - daha da ötesinde, suyun kullanım için uygunluğu kullanım koşullarına bağlı olmakta
 - kullanım koşulları da çözünmüş maddelerin toprakta birikimini ve bitki verimini kısıtlayabilmekte
- Suyun kalitesini değerlendirmede;
 - tuzluluk, suyun infiltrasyon oranı, toksisite ve diğer problemlerle ilişkili olarak toprak ile ilgili problemler de yaygın olarak ele alınır ve kullanılır.

15

SU KALİTESİ İLE İLGİLİ PROBLEMLER

Sulama suyu kalitesi ile ilişkili olarak karşılaşılabilecek problemler

Sulanan alanlarda su kalitesi ile ilişkili problemler

Tuzluluk

Tuzlar, bitki verimini etkileyebilecek oranda toprakta suyun alımını azaltabilir

Suyun infiltrasyon oranı

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.

Özel iyon toksisitesi

Belirli iyonlar (sodyum, klor, yada bor) bitkide zarar oluşturabilecek ve sonuçta verimi etkileyebilecek düzeyde birikerek bitkiye zarar verebilir

Diğer

Aşırı bitki besin maddesi verimi yada kaliteyi azaltır; bitkinin yapraklarında yada meyvede birikim pazar kalitesini azaltır; alet ekipmanının aşırı korozyona uğraması tamir ve bakım masraflarını artırır.

16

TUZLULUK

- **Tuzluluk problemi,**
 - tuzlar kök bölgesinde verim kaybına neden olacak düzeyde yüksek konsantrasyonlara ulaştıklarında ortaya çıkar.
- Sulanan alanlarda bu tuzların kaynağı çoğunlukla
 - tuzlu ve sığ taban suyu yada
 - sulama suyunun içerisinde bulunan tuzlar olabilmekte
- Verim kayıpları;
 - kök bölgesinde tuzların miktarının yüksek konsantrasyonlara ulaşması
 - ve bitkinin kökleri ile topraktan bu tuzlu çözelti içerisinde yeterli düzeyde suyu alamaması durumunda ortaya çıkar
- Sonuçta önemli bir süre boyunca su stresi etkisi ortaya çıkar.

17

TUZLULUK

- Su alımı önemli düzeyde azaldığında bitki:
 - büyümesini yavaşlatmakta
 - bu koşullarda tıpkı kuraklık etkisinde kalan bitkilerde görülen belirtileri göstermekte
 - solma, yada daha koyu mavi-yeşil renk
 - ve bazen de daha kalın, parlak yapraklar
- Belirtiler:
 - büyüme devresine bağlı olarak değişmekte
 - tuzluluk erken gelişme dönemlerinde etkili ise daha çok göze çarpmakta

18

TUZLULUK

- Bazen orta düzeydeki bir tuzluluk etkisi fark edilmeyebilir
 - bunun nedeni tüm tarlanın homojen bir biçimde etkilenmesi sonucu yetiştirilen bitkiler içerisinde farklılık oluşmaması
- Ancak bu durum tuzluluk etkisinin olmadığı anlamına gelmez
 - dikkatli gözlemler ile etkiler ortaya konulabilir

19

TUZLULUK



20

TUZLULUK

- Tuzluluk sorunu oluşturan tuzlar;
 - suda kolay çözünebilir
 - ve sularla kolaylıkla taşınabilir
- Önceki sulamalardan birikmiş olan tuzlar,
 - büyüme mevsimi içerisinde bitkinin gereksiniminden daha fazla olacak şekilde uygulanan sularla kök bölgesinden yıkanarak derinlere iletilebilirler.
- Bu nedenle “yıkama”, sulama suyu kaynaklı tuzlulukların kontrolünde anahtar uygulama olmaktadır.

21

TUZLULUK

- 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 gerekir
- Yıkama gereksinimi veya yıkama miktarı;
 - sulama suyu ile iletilen tuz miktarına
 - ve bitkinin tuza dayanımına bağlı olarak değişir

22

TUZLULUK

- 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

23

TUZLULUK

- 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 daha da artar.
 - Bu bölümler daha tuzlu bölgelerdir.
- Bitki kökleri ile kök bölgesi içerisinde suyu daha kolay alabileceği bölümlerden almaya devam eder.

24

TUZLULUK

- Sulama zamanının planlanması bu açıdan önem kazanmaktadır;
 - sulamanın gecikmesi ile bitki su gereksinimini daha tuzlu ve derindeki sudan karşılamaya çalışır
 - İhtiyaç duyulandan daha az su alınır 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 sağlanmasına özen gösterilmeli

25

TUZLULUK

- Sık sulanmayan bitkilerde yani klasik sulama yöntemlerinin ve pratiklerinin uygulandığı alanlarda:
 - bitki verimi “*ortalama toprak tuzluluğu*” ile korelasyon göstermekte,
- Damla sulama yönteminin uygulandığı sık sulama yapılan alanlarda:
 - bitki verimi “*alınan su ağırlıklı kök bölgesi tuzluluğu*” ile korelasyon gösterir.
- Bu farklılık çok büyük olmamakla birlikte geniş tuzluluk aralıklarında önemlidir.
- Özel olarak belirtilmediği sürece bitki verimi
 - ortalama toprak tuzluluğuna göre açıklanır

26

TUZLULUK

- Pek çok sulanan alanda tuzluluk probleminin kaynağı
 - 2 metreden daha sığ konumdaki taban suyu düzeyidir.
- Bu derinlikteki taban suyu içerisinde biriken tuzlar,
 - kapılar hareketler ile kök bölgesine taşınarak ikincil tuzluluk kaynağı olarak rol oynayacaktır.
- Bu nedenle uzun dönem başarılı sulu tarım için
 - sığ taban suyunun kontrolü önemli olmaktadır.

27

TUZLULUK

- Yüksek tuzlu sular, yıkama için daha fazla ek suyun kullanılmasını gerektirecektir.
- Bu koşulda:
 - drenajın yeterli olmadığı alanlarda taban suyu yükselecek ve başarılı bir uzun dönem sulu tarım uygulaması yapılamayacaktır
 - drenaj yeterli ise tuzluluğun kontrolü daha kolay hale gelecektir;
 - yıkama suları alandan kolaylıkla uzaklaştırılabileceğinden, taban suyu tuzluluğunun ve yüksekliğinin olumsuz etkisi görülmeyecektir

28

SU İNFİLTRASYON ORANI



SU İNFİLTRASYON ORANI

- 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,
 - sıkışma derecesi,
 - strüktür,
 - organik madde düzeyi
 - kimyasal yapı
 gibi toprak faktörleri de infiltrasyon oranını etkiler

30

SU İNFİLTRASYON ORANI



31

SU İNFİLTRASYON ORANI

- İnfiltrasyon oranını etkileyen en önemli iki su kalitesi faktörü:
 - suyun toplam tuz konsantrasyonu
 - sodyum içeriğinin Ca ve Mg göre oranı $[Na/(Ca+Mg)]$
- İnfiltrasyon oranını:
 - Tuzluluğu yüksek olan sular artırır
 - Düşük tuzluluktaki sular yada Na/Ca oranı yüksek olan sular ise azaltır
- Her iki faktör de aynı anda etkili olabilir.

32

SU İNFİLTASYON ORANI



SU İNFİLTASYON ORANI

- Sulamaya, istenen nem açığını kapatmak amacıyla, gerekli infiltrasyonu sağlamak için, uzun bir süre devam edildiğinde ikincil problemler ortaya çıkabilir.
- **Alçak ve ıslak noktalarda tuzluluğun dışında ortaya çıkabilecek ikincil problemler:**
 - tohum yatağının kaymak tabakası bağlaması,
 - aşırı otlanma,
 - beslenme eksikliği,
 - bitkilerin boğulması
 - tohumların çürümesi
 - zayıf bitki gelişimi

34

SU İNFİLTASYON ORANI



SU İNFİLTASYON ORANI

- Su kalitesine bağlı infiltrasyon problemleri genelde üst birkaç cm lik toprak içerisinde meydana gelir.
 - Bunun nedeni de üst topraktaki düşük Ca yada yüksek Na/Ca oranıdır.
 - Buna bağlı parçalanmış agregatlar nedeniyle bu bölümdaki toprağın yapısal dayanıklılığı bozulmakta ve infiltrasyon oranı azalabilmekte
- İçerisinde yüksek miktarda Na bulunduran sulama suları kullanıldığında :
 - yüzeyde yüksek Na içeren bir toprak bölümü oluşur.
 - Na nedeniyle agregatların dayanıklılığı azalacağından disperse olur ve gözenekleri tıkar.

36

SU İNFİLTRASYON ORANI

- Benzer problem aynı zamanda nisbeten düşük Ca içeren yüzey toprağı koşulunda da görülebilir.
- Bazı durumlarda düşük tuzluluktaki sulama suları da benzer etkiler oluşturabilir,
 - ancak bunun nedeni suyun yada toprağın Na içeriğı olmayıp, düşük tuzluluktaki suyun korozif özelliğı sonucudur.
- Düşük tuzluluktaki sulama suları yüzey toprağındaki kalsiyumu da içeren pek çok eriyebilir tuzları yıkayarak alt katmanlara taşıyacaktır.

37

TOKSİSİTE

- Toksisite problemleri,
 - bazı iyonların suda yada toprakta aşırı miktarda bulunması halinde bitki tarafından fazla miktarda alınması
 - ve bünyesinde biriktirilmesi sonucunda bitki zararlanmalarının yada verim azalmasının ortaya çıkması şeklinde meydana gelir.
- Zararlanma düzeyi bitkinin hassaslığına ve alınan miktara bağlıdır.
 - Çok yıllık odunsu bitkiler genelde daha hassastırlar.
 - Zararlanma çoğunlukla hassas bitkilerde düşük iyon konsantrasyonlarında kendisini gösterir
- Etkiler genelde:
 - büyük yaprak yanıkları
 - yada kloroz (sararma) belirtileri şeklinde ortaya çıkar.

38

TOKSİSİTE

- Yeterli düzeyde toksik iyon birikmesi sonucu verim kayıpları oluşur.
- Tek yıllık bitkiler genelde hassas olmadıklarından düşük konsantrasyonlardan etkilenmezler
- Ancak, yeterince yüksek konsantrasyonlarda hemen tüm bitkilerde:
 - verim kaybı
 - yada tamamen ölme gibi sonuçlar görülür

39

TOKSİSİTE

- Toksik etki yapan iyonların başında
 - klor, sodyum ve bor gelmekte
- Bu iyonların düşük konsantrasyonlarında dahi toksisite problemlerinin görülebilmesine karşın,
 - Toksisitenin ortaya çıkması genelde tuzluluk ve infiltrasyon problemleri ile artar.
- Potansiyel toksik olan iyonun kökler tarafından su ile birlikte bol miktarda alınması halinde toksisite problemleri ortaya çıkar.
 - Köklerle alınan toksik iyon, iletim organları ile yapraklara iletilirler ve burada transpirasyon sonucu suyun buharlaşması ile biriktirilirler.
 - Birikme yapraklarda su kaybının (buharlaşma) yüksek olduğu yaprak ucu ve yaprak kenarlarında daha fazladır ⁴⁰

TOKSİSİTE

- Birikme süreci genelde yavaş seyrettiğinden:
 - toksik etkinin ortaya çıkması
 - ve bu süreç içerisinde belirtilerin farkına varılması oldukça güç olabilir
- Zararlanma düzeyi:
 - etkinin süresine,
 - toksik iyon konsantrasyonuna,
 - bitki hassaslığına
 - ve bitkiden olan buharlaşma miktarına bağlı
- Aynı bitki için etki düzeyi
 - sıcak iklimlerde yada yılın sıcak dönemlerinde daha fazla
 - serin iklim yada bölgelerde daha az olabilir

41

TOKSİSİTE

- Toksisite etkisi aynı zamanda
 - suyun doğrudan yapraklarla temasta olduğu yağmurlama sulama yönteminde de açıkça 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.

42

DİĞER

- Sulama suyu kalitesine bağlı tuzluluk, su infiltrasyonu ve toksisite problemlerinin dışında diğer problemlerde ortaya çıkabilir
- Bunlar arasında:
 - Yüksek azot konsantrasyonu
 - bitkide olgunlaşmanın gecikmesine, aşırı vejetatif büyümeye
 - Yağmurlama sulamada kullanılacak yüksek bikarbonatlı sular, jipsli sular yada yüksek demir içeren sular
 - meyvede yada yapraklarda birikmeye ve zararlanmalara
 - Suyun değişik pH düzeyi
 - Kabuk bağlama gibi bir dizi anormal oluşumlara
 - Suyun korozyon etkisi nedeniyle sulama ekipmanlarının ve kanalların zarar görmesi

43

DİĞER

- Düşük infiltrasyon problemlerinin görüldüğü alanlarda aynı zamanda nemli ortamdan ötürü mikroorganizma faaliyetlerinde bir artış görülebilir.
- Hastalık yapan sıtma (malaria) gibi bazı hastalıkların ve mikroorganizmaların artması ile çevre sorunları da oluşabilir.
- Yine atık suların sulama amaçlı kullanıldığı alanlarda da hastalık etmeni mikroorganizma faaliyetlerinin artması söz konusu olabilir.

44

DİĞER

- 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 problem olan düşük infiltrasyon oranının daha da azalması

45