

SULAMA SUYU KALİTESİ & TUZLULUK

Sulama Suyu Kalite Kriterleri ve Sulama Sularının Sınıflandırılması

1

GİRİŞ

- Sulama projelerinde,
 - toprak kaynaklarının sulamaya uygunluk dereceleri kadar
 - su kaynağının da sulama için uygunluk derecesi oldukça önemli bir etken
- Çünkü sulama projesinden sağlanacak yarar ve projenin ömrü suyun kalitesine bağlıdır.
- Sulama sularının yıllarca kullanılmaları sonucu kapsamındaki tuzlar nedeniyle sulamaya açılan birçok alanda açıkça görülen problemler:
 - toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine arzu edilmeyen etkiler
 - bu nedenle projeden beklenen yararın sağlanmaması
 - ve proje ömrünün beklenenden çok kısa olması

2

GİRİŞ

- Su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi için meydana getirilen sulama projelerinin başarılı bir biçimde işletilmesi ve uzun ömürlü olması;
 - sadece araziye sulama suyunun sağlanmasına değil
 - bunun yanında toprak tuzluluğunun ve sodyum durumunun kontrol edilmesine de bağlıdır
- Proje alanındaki tarım arazilerinin tuzluluk ve sodyum durumu ise en az uygulanan sulama yöntemleri ve arazilerin drenaj durumları kadar
 - sulama suyunun kalitesi ile de ilgilidir

3

GİRİŞ

- Başlangıçta tuzlu olan topraklar için hazırlanan *sulama projelerinde* yeter miktarda su sağlanmasının yanında aynı zamanda ;
 - zaten fazla olan tuzların topraktan uzaklaştırılmaları
 - ve bazı hallerde de kimyasal ıslah maddelerinin kullanılması gerekebilir.
- Bunun aksine fazla miktarda tuz bulunmayan topraklar, uygun biçimde uygulanmayan sulama ve toprak işleme yöntemleri veya uygun olmayan drenaj koşulları nedeniyle;
 - zamanla arzu edilmeyen fazla miktarda tuz veya sodyumun birikmesi bağlı olarak verimsiz hale gelerek tarımsal üretimde kullanılamayacak duruma dönüşebilir
- Başarılı bir sulu tarımın sürekliliğini sağlamada, topraktaki tuzluluk ve sodyum durumuyla ilgili olarak bazı temel prensiplerin göz önünde bulundurulması gerekir.

4

TEMEL PRENSİPLER

- 1) Bitkilerin gelişmeleri, yetiştikleri toprak eriyiğinin ozmotik basıncı ile toprak taneleri rutubet tansiyonunun toplamından oluşan toplam rutubet geriliminin bir fonksiyonudur.
- 2) Toprak içerisinde su doymuş ve doymamış koşullar altında Darcy Kanununa göre hareket eder.
- 3) Eriyebilir tuzlar toprak içerisinde üniversal çözücü olan su ile birlikte taşınırlar
- 4) Topraktaki eriyebilir tuzların konsantrasyonu, topraktan buharlaşma ve bitkilerden transpirasyon yoluyla toprak suyunun tüketilmesiyle fazlalaşır
- 5) Kök bölgesi içerisinde tuzların miktarının değişmesi, sulama suyu ile veya diğer kaynaklarla topağa giren toplam tuz miktarına bağlıdır (*tuz dengesi*)
- 6) Toprak çözeltisi içerisinde bulunan katyonlar ile toprak tanelerince adsorbe edilen katyonlar arasında denge reaksiyonları meydana gelir.
- 7) Toprak tanelerinin kümelenmeleri veya kümelerin dağılması toprağın değişebilir katyon durumuna ve toprak çözeltisinin iyon konsantrasyonuna bağlıdır

5

TEMEL PRENSİPLER

- 1) 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 alabilmeleri için yenmeleri gereken iki kuvvet;
 - Rutubet (matris) tansiyonu (MT) ve ozmotik basınç (OB)
- Bu iki faktör toplamına toplam rutubet gerilimi (TRG) denir

$$TRG = MT + OB$$

- Toplam toprak rutubet gerilimi değerini en düşük düzeyde tutmak suretiyle arzu edilen en iyi bitki gelişmesi sağlanabilir.

6

TEMEL PRENSİPLER

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

- Toprak tanelerinin rutubet tansiyonu:
 - toprağı oluşturan kum, silt ve kil tanelerinin etrafında bir film halinde bulunan suyun taneler tarafından tutulma gücü olup değeri toprak suyunun miktarına bağlıdır.
 - Toprak içerisinde tutulan su miktarı tarla kapasitesi değerine yaklaştıkça
 - matris tansiyonu değeri de azalır ve bitki suyu topraktan daha az enerji sarf ederek alabilir,
 - Böylece sahip olduğu enerjisinin çoğunu kendi meyvesini geliştirmek için harcıyıp verimini artırabilir.

7

TEMEL PRENSİPLER

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

- Toprak tanelerinin rutubet tansiyonu:
 - 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 harcar
 - kendi biomas üretimine (verimine) ayırabileceği enerjisi azalır, sonuçta verimini azaltır.
 - Bu durumda matris tansiyonunu düşük tutmak sulama aralığına yani iyi bir sulama yönetimine bağlıdır.

8

TEMEL PRENSİPLER

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

- Toprak eriyiğinin ozmotik basıncı:
 - Çözelti içerisinde bulunan erimiş katıların oluşturduğu bir basınçtır
 - çözelti konsantrasyonu ile ilgilidir ve tuz miktarı ile doğru orantılıdır.
 - tuzluluğun fazla olması ve dolayısıyla ozmotik basınç değerinin de yüksek olması halinde bitkilerin topraktan suyu almaları zorlaşır.
 - Ozmotik basıncın düşürülmesi için toprakta biriken tuzların kök bölgesinden uzaklaştırılmaları (yıkınmaları) gerekir.

9

TEMEL PRENSİPLER

2) 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.

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

v = suyun akım hızı (m/h),

k = hidrolik geçirgenlik,

i = hidrolik eğim,

h = hidrolik yük (m),

l = noktalar arasındaki yatay mesafe (m)

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

10

TEMEL PRENSİPLER

3) Eriyebilir tuzlar toprak içerisinde universal çözücü olan su ile birlikte taşınırlar

- Toprak içerisinde tuzlar su ile birlikte hareket eder
- Bu prensip sonucunda suyun hareketine bağlı olarak tuzların
 - hareketleri incelenebilmekte
 - ve ne şekilde yer değiştirebilecekleri belirlenebilmektedir.
- Su sulamadan hemen sonra yerçekimi etkisiyle alt katmanlara doğru hareket eder,
 - böylece üst toprak bölümlerinde önceden birikmiş olan tuzlar alt katlara doğru yıkanır.

11

TEMEL PRENSİPLER

3) Eriyebilir tuzlar toprak içerisinde universal çözücü olan su ile yer değiştirirler

- Sulamanın kesilmesi ile birlikte;
 - Topraktaki su tüketilmeye başlar (evaporasyon + transpirasyon = evapotranspirasyon)
 - bu aşamada suyun hareketi kapılar kuvvetlerin etkisi ile her yöne doğru olabilmektedir.
- Yüksek taban suyundan kök bölgesine doğru hareket söz konusu olduğunda,
 - özellikle tuzlu taban suyunun üst katmanlara taşınması tuzluluk açısından oldukça önemlidir
- Sulamada kullanılan suyun toprak içerisinde hareketinin kontrol edilmesiyle toprak tuzluluğu da kontrol edilebilir

12

TEMEL PRENSİPLER

4) Topraktaki eriyebilir tuzların konsantrasyonu, topraktan buharlaşma ve bitkilerden transpirasyon yoluyla toprak suyunun tüketilmesiyle fazlalaşır

- Toprak suyu yüzeyden buharlaşma ile ve yapraklardan terleme yolu ile tüketilir.
 - Gerek buharlaşan su gerekse bitki kökleri ile alınan su saf yada safa yakındır
 - Bu durumda toprak yüzeyi kurur ve toprak çözeltisi konsantrasyonu da artar
 - Toprak çözeltisinin daha konsantre hale gelmesiyle bitki suyu almakta daha da zorlanmaya başlar.
 - Aynı zamanda toprak suyunun azalması ile kapilar kuvvetler artacağından, özellikle yeraltı suyunun tuzlu ve toprak yüzeyine yakın olması halinde yukarıya doğru kapilar yükselme miktarı da artar ve tuzlulaşma süreci hız kazanır.

13

TEMEL PRENSİPLER

5) Kök bölgesi içerisinde tuzların miktarının değişmesi, sulama suyu ile veya diğer kaynaklarla topağa giren toplam tuz miktarına bağlıdır (tuz dengesi)

- Kök bölgesine iletilen tuz miktarı ve kök bölgesinden uzaklaşan tuz miktarı arasında bir denge oluşturulmalıdır.
 - toprak tuzlulaşmasının kontrol edilebilmesi ve önlenmesi için toprağa iletilen tuz 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.

14

TEMEL PRENSİPLER

5) Kök bölgesi içerisinde tuzların miktarının değişmesi, sulama suyu ile veya diğer kaynaklarla topağa giren toplam tuz miktarına bağlıdır (*tuz dengesi*)

- Kök bölgesine iletilen tuzların miktarı:
 - yıkanan tuz miktarından fazla ise toprak tuzluluğu sürekli olarak artma gösterir.
 - Yetiştirilen bitkinin dayanım sınırını aştığında ise tuzluluk etkisiyle verim kayıpları meydana gelir.
- Bu nedenle toprak, iklim, bitki, sulama ve drenaj ve yıkama gibi konuların iyi bir şekilde yönetilerek bir sistem içerisinde dengeye ulaştırılmasıyla tuzlulaşma sürecinin önlenmesi olanaklı hale gelir.

15

TEMEL PRENSİPLER

6) Toprak çözeltisi içerisinde bulunan katyonlar ile toprak tanelerince adsorbe edilen katyonlar arasında denge reaksiyonları meydana gelir.

- Bu prensip özellikle tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslah edilmelerinde oldukça önemlidir.
 - Toprak kolloidleri tarafından adsorbe halde tutulan katyonların özelliklerinin bilinmesi
 - bunlarla yer değiştirecek katyonları içeren kimyasal maddelerin seçiminde önemli olmaktadır.
 - Ca^{+2} ve Mg^{+2} tuzlarının sadece yıkama ile topraktan uzaklaştırılmaları mümkün olurken,
 - adsorbe edilmiş Na iyonunun toprak ortamından uzaklaştırılması ancak Na^+ 'un diğer katyonlarla yer değiştirilmeleriyle sağlanabilir.
- Toprak kolloidlerince fazla miktarda Na adsorbe edilmesi toprak fiziksel özelliklerinin bozulmasına ve bitkilerde toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olur

16

TEMEL PRENSİPLER

7) Toprak tanelerinin kümelenmeleri veya kümelerin dağılması toprağın değişebilir katyon durumuna ve toprak çözeltisinin iyon konsantrasyonuna bağlıdır

- Toprak tanelerinin:
 - kümelenmesi olayına “flokülasyon” yada “koagülasyon”,
 - daima arzu edilen birer özellik
 - genelde +2 değerlikli katyonların etkisinde meydana gelir
 - iyon konsantrasyonu nedeniyle tuzlu olan topraklar floküle haldedir ve suyu geçirme özellikleri iyidir
 - tuzların yıkanması halinde disperse olur ve geçirgenlik azalır
 - kümelerin dağılması olayına ise “dispersiyon” adı verilir.
 - istenmeyen ve toprağın fiziksel özelliklerinin bozulmasına neden olan bir özellik
 - Na⁺ etkisinde oluşur
 - Na⁺ iyonlarının +2 değerlikli katyonlarla yer değiştirilmesi sonucu olumsuz etkiler giderilebilir

17

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

- Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde;
 - toprak,
 - bitki ve
 - iklimin birbirleriyle olan ilişki ve etkilerini göz önünde bulundurmak gerekir
- Bu etmenlerin her biri oldukça değişken özellik göstermektedir.
- Belirli koşullar altında sulamada kullanılacak suyun kalitesinin saptanmasında ve sınıflandırılmasında bu etmenlerin beraberce düşünülmesi şarttır

18

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

Toprak:

- Toprağın fiziko-kimyasal özellikleri
 - yetişen bitkinin kök bölgesinin karşılaşacağı çevre koşullarını tayin eder.
- Toprak, organik ve mineral komplekslerden oluşur.
 - Bu organik-mineral kompleks sulama suyu içerisinde bulunan bileşiklerle hem fiziksel hem de kimyasal olarak reaksiyona girer.
- Sulama suları ile toprağa ilave edilen bileşiklerin;
 - Topraktan yıkanması
 - Toprakta bitkilerin yararlanabileceği bir durumda kalması veya fikse edilmesi
 - Bitkilere yararlı hale gelme miktarı genellikle toprak özelliklerine bağlıdır.

19

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

Toprak:

- Tuzların toprakta birikme nedenleri:
 - Evapotranspirasyonla ortamdan uzaklaştırılan suyun saf veya saf yakın olması ve
 - Bitkiler tarafından alınan tuz miktarının ihmal edilecek düzeyde olması
- Bu birikmeleri önleyerek bitki kök bölgesi derinliğince uygun bir tuz dengesinin oluşturulması
 - ancak bitkilerin ihtiyacından fazla sulama suyu ile yıkama yapmak suretiyle mümkündür.
- Ayrıca;
 - taban suyunun yükselmesini önlemek,
 - toprak yüzeyinde tuz birikmesine olanak vermemek
 - ve toprak havalanmasını uygun bir biçimde sağlamak için iyi bir drenaj tesis edilmesi zorunludur.

20

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

Toprak:

- Sulu tarım arazilerinde genellikle toprak yüzeyinin altında belirli bir derinlikte taban suyu bulunur.
- Taban suyunun
 - altında doymuş toprak şartları
 - üstünde de doymamış toprak koşulları mevcuttur
- Doğal yağış ve sulamalar süresince veya hemen sonrasında toprak içerisine giren su yerçekimi etkisiyle taban suyuna doğru hareket eder.
- Yağış ve sulamaların hemen sonrasında suyun;
 - Toprak yüzeyinden buharlaşma ve
 - Bitkilerden transpirasyonla kaybolması sonucunda
 toprak içerisindeki suyun hareketi ters yöne dönerek
 - bu defa taban suyundan kapilarite ile toprak yüzeyine doğru ²¹

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

Toprak:

- Toprak içerisinde suyun kapilarite ile yükselerek hareket etmesi kurak zamanlarda bitkilerin kullanacağı oldukça kıymetli su kaynağını oluşturur.
- Suyun gerek yerçekimi ve gerekse kapilarite ile hareket hızı,
 - toprağın rutubet kapsamına,
 - toprak bünyesine ve
 - toprak yapısına bağlıdır.
- Sonuç olarak;
 - toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin oldukça değişken olması nedeniyle belirli bir sulama suyu kalitesinin bitki kök ve çevresine olan etkisinin sonuçları da oldukça değişken olacaktır. ²²

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

Bitki:

- Sulama suyu kalitesi bitkilere iki biçimde etki yapar:
 - Birincisi, sulama metodu olarak yağmurlama sulamanın uygulandığı hallerde bu suyun içerisindeki bileşiklerin yapraklar tarafından adsorpsiyon veya absorpsiyonu ile bitki gelişmesine olası zararlı etkisi
 - Bazı durumlarda bu şekilde etkilenmiş bitkilerin insan veya hayvan tarafından kullanılması da zararlı sonuçlar ortaya çıkarabilir
 - İkincisi ise herhangi bir sulama metoduyla uygulanan suyun kalitesinin toprakta denge reaksiyonları sonucunda meydana getirdiği toprak çözeltisinin bileşimine bağlı olarak bitkilerde ortaya çıkabilecek dolaylı etki
 - Bu şekilde toprak ve suyun birbirleriyle olan reaksiyonlarından sonra meydana gelecek toprak denge çözeltisi bitki köklerinin gelişme ortamını oluşturur

23

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

Bitki:

- Ayrıca bitkilerin sulama suyunun kalitesine karşı gösterecekleri dayanıklılık oldukça farklıdır.
 - Bu farklılık türler arasında olduğu kadar
 - varyeteler arasında da bulunmaktadır.
- Bugüne kadar değişik bitki türleri ve varyetelerin;
 - tuzluluğa,
 - eseri elementlere gösterdikleri dayanıklılık,
 yapılan bilimsel araştırma ve denemelerle saptanmıştır.
- Bitkilerin tuza gösterdikleri dayanıklılık;
 - sulama suyu kalitesinin sınıflandırılmasında iyi bir başlangıç noktası olmasına rağmen
 - sulama suyunun bitkilere etkileri konusunda daha pek çok şeyin araştırılması gerekmektedir.

24

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

İklim:

- Sulama;
 - Kurak ve yarı-kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde yoğun tarım için zorunlu
 - Nemli bölgelerde ise doğal yağışın tamamlayıcısı
- Sulamaya duyulan ihtiyaç genellikle yağış ve kar dağılımı miktarına göre saptanırsa da;
 - sıcaklık,
 - radyasyon
 - ve nisbi nem

gibi etmenler de önemlidir

25

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

İklim:

- Sulama suyu kalitesi özelliklerinin topraklara ve bitki gelişmesine yapacakları etkiler;
 - sulama suyunun verilen miktarı
 - ve sulama aralığı ile doğrudan ilgilidir.
- Evapotranspirasyonla topraklardan olacak su kayıplarının miktarı, genellikle;
 - sıcaklık,
 - radyasyon,
 - rüzgar
 - ve nisbi nem gibi iklim etmenlerinin bir fonksiyonudur.
- Bu su kaybına ayrıca;
 - toprak ve bitki özellikleri de etki eder.

26

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

İklim:

- Evapotranspirasyon olayı sonucu bir bitki içerisinde meydana gelecek rutubet gerilimini,
 - bu bitkinin mevcut toprak koşullarına göstereceği reaksiyon tayin eder.
- Örneğin, belirli bir rutubet miktarındaki tuzlu toprakta bitki,
 - sıcak ve kuru iklim koşullarında serin ve nemli iklim koşullarındakinden daha fazla zarar görecektir.
- Bölgeler arasında iklim etmenlerinin geniş değişimleri göz önüne alınırsa,
 - sulama suyu kalitesi ihtiyaçlarının da bölgelere göre oldukça değişik göstereceği açıktır

27

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

İklim:

- Yağmur ve kar suları;
 - sadece toprakta bitkiler tarafından kullanılan su miktarını sağlama yönünden değil
 - aynı zamanda bitki kök bölgesi derinliğinden sulama suları ile bırakılan tuzların yıkanmasında da önemli etmenlerdir
- Bölgeden bölgeye yağış dağılımının farklı olması nedeniyle belirli kalitede bir suyun kullanılmasıyla meydana gelecek zarar derecesi de farklı olabilir.

28

SINIFLANDIRMADA GENEL DÜŞÜNCELER

- **Örnek:**

- uygun toprak, drenaj ve çevre koşulları altında dahi toplam erimiş madde konsantrasyonu (tuz miktarı) 100 mg /L den daha az yüksek kaliteli bir sulama suyunun:
 - az miktarda uzun yıllarca uygulanması halinde narenciye gibi hassas bitkilerin daha sonraları zarar görmelerine neden olabilmesine rağmen
- 500-1000 mg /l konsantrasyonlu sulama suyunun:
 - uygun yıkama yapılması halinde zarar vermeden kullanıldıkları görülmüştür.
- aynı koşullar altında 4000 mg/l'den fazla konsantrasyonlu sulama sularının:
 - bazı tuza dayanıklı tarla bitkilerinde kullanılması durumunda bile yeterli verim alınabilmıştır
- Sonuç olarak: **sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesi için kriterlerin geliştirilmesinde toprak, bitki ve iklim değişkenlerini mutlaka göz önünde tutmak gerekir.**

29

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

- Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde, sulama suyu ile ilişkili olarak karşılaşılabilecek problemlerden hareket edilir
- Karşılaşılabilecek problemler dikkate alınarak kalite kriterleri geliştirilmiştir.
 - Amaç suyun var olan kalitesinin değerlendirilmesi,
 - Kullanımı halinde ne tür sorunlarla yol açabileceğinin belirlenmesi
- Kalite, bir şeyin kullanım için uygunluğunu belirtir
 - sulama suyu kalitesi suyun kullanım için uygunluğunu belirtir.
- Doğada bulunan suların içerikleri birbirinden farklı olduğu için, sulama sularının değerlendirilmesi amacıyla
 - kalite kriterleri
 - sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir.

30

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

- Sulama suyu kalite kriterlerinin geliştirilmesi çalışmalarında pek çok güçlüklerle karşılaşmaktadır.
- Temel olarak bu kriterlerin formülasyonunda iki özellik söz konusudur;
 - Neden olacağı etkilerin ve ilişkilerinin ortaya konması,
 - Bu etki ve ilişkilerin sınır değerlerinin belirlenmesi
- Sulama sularında bulunabilecek tuzların izin verilebilir konsantrasyonlarının mutlak sınırları
 - çeşitli nedenlerden dolayı sınırlandırılmaz.
- Bu da **sulama sularındaki tuzların etkisinin kesin sınırlarını çizmeyi olanaksız hale getirir**

31

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Sulama sularındaki tuzların etkisinin kesin sınırlarının çizilememesinin nedenleri:

1. Toprak eriyiğinin konsantrasyonu, sulama suyu veya yağışlarla verilen konsantrasyondan iki ile on defa daha konsantre hale gelir.
 - Bunun nedenleri buharlaşma, transpirasyon ve bitkilerin tuzları seçerek absorpsiyonudur.
 - Bazı durumlarda toprak eriyiği sulama suyundan 100 defa daha konsantre hale gelir.
2. Sulama suyunun gerek bileşimi gerekse konsantrasyonu arasında belirli bir ilişki yoktur.
3. Bitkiler gerek toplam tuzluluğa dayanma gerekse özel iyon toksisitesi yönünden geniş çapta farklılık gösterir
 - Türler arasında olduğu gibi
 - Çeşitler arasında da bu farklılık vardır
4. Bitkilerin tuz bileşikleri ile olan ilişkilerine
 - yağış, sıcaklık ve bağıl nem gibi iklim koşulları,
 - toprak tipleri
 - sulama işlemleri önemli düzeyde etki eder
5. Bileşikler arasındaki karşılıklı ilişkiler oldukça önemlidir.
 - Bir iyonun etkisi diğer bir iyonun bulunması ile değişebilir.
 - Karşılıklı olumsuz etkilere örnek: kalsiyum ile sodyum, bor ile nitrat, selenyum ile sülfat

32

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

- Tarımsal amaçlar için kalite kriterleri bu suyun sulama amacıyla kullanılabilirliği konusunda bilgi içermelidir.
- Sulama suları kalitelerinin incelenmesinde, bileşiklerin hem bitki hem de toprağa olan etkileri göz önünde bulundurulmalıdır
- Sulama sularının kalitelerinin (kullanım için uygunlukları) belirlenmesinde göz önüne alınacak kriterler
 - Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu
 - Sodyum iyonunun nispi oranı
 - Özel iyon toksisiteleri
 - Diğer kriterler

33

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Eriyebilir Tuzların Toplam Konsantrasyonu

- Tuzlar toprak çözeltisi içerisinde osmotik basınca neden olduklarından bitkinin su kullanımını etkilerler
 - Yüksek osmotik basınç etkisinde bitki su kullanımı etkilenir ve azalır:
 - bu durumda bitkiler kuraklık etkisinde kalan bitkilerin gösterdikleri tepkileri gösterirler
 - turgorlarını kaybetmeye, yaprakları sararmaya ve solmaya başlar
 - ve devam etmesi halinde bitkinin ölmesine neden olur
- Bu nedenle sulama sularının içerdiği toplam tuzluluk miktarı bir sınıflandırma kriteri olarak göz önüne alınır

34

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Eriyebilir Tuzların Toplam Konsantrasyonu

- Sulama suyu tuzluluğu toprak çözelti konsantrasyonunu etkiler ve artmasına neden olur.
 - Bu artış miktarı toprak özelliklerine bağlı olarak 2 ila 10 kat arasında olabilmektedir.
- Bu geniş değişim aralığı nedeniyle sulama sularının kesin olarak sınıflandırmaları yapılamamaktadır.
 - Ancak, unutulmamalıdır ki, sulama suyu tuzluluğu ne kadar yüksekse toprakta tuz konsantrasyonu o kadar daha fazla artma gösterebilmektedir.

35

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Eriyebilir Tuzların Toplam Konsantrasyonu

- Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu,
 - ölçümü kolay olduğundan
 - ve çözelti tuz konsantrasyonu ile doğrusal bir ilişki göstermesinden dolayı,
 elektriksel iletkenlik (EC_e) şeklinde,
 - dS/m ya da milimhos/cm olarak
- Bunun yanında toplam çözünmüş katılar (TDS) şeklinde
 - ppm ya da mg/l olarak da belirtilebilmektedir.
- Dolayısıyla toplam tuzluluk değeri için ortaya konan tüm sulama suyu sınıflandırma sistemlerinde
 - EC ya da TDS değerleri kullanılmaktadır

36

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Eriyebilir Tuzların Toplam Konsantrasyonu

- Sulu tarımda başarılı olarak kullanılan suların pek çoğu 2.25 dS/m den daha az toplam tuz konsantrasyonu bulundurur
 - Genel olarak elektriksel iletkenlik değeri 0.75 ile 2.25 dS/m arasında olan sulama sularının kullanılması oldukça az olup daha ziyade tuza dayanımları fazla olan bitkilerin yetiştirilmesinde uygun olmaktadır.
 - Özel koşullarda daha yüksek konsantrasyonlu sular da kullanılmakta ise de bazı özel önlemlerin alınması gerekmektedir.
- Koşullara bağlı olarak elektriksel iletkenlik değeri çok düşük olan sulama sularının da bitkilere zararlı olabileceği unutulmamalı!!!

37

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Eriyebilir Tuzların Toplam Konsantrasyonu

- Toprakların tuzluluk bakımından sınıflandırılmasında saturasyon eriyiği elektriksel iletkenliğinin (EC_e) 4 dS/m değeri kritik rakam olarak göz önüne alınır
 - $EC_e > 4$ dS/m olan topraklar tuzlu toprak
- Sulama suyunun tuzluluğu ile toprak çözelti tuzluluğu arasında 2–10 katı daha konsantre olabilme ilişkisi olduğundan,
 - $EC_i = 0.5$ dS/m gibi iyi sayılabilecek bir sulama suyu dahi, diğer uygulama pratikleri ile ilişkili olarak, toprak çözelti konsantrasyonunu önemli düzeylerde artırabilecektir.

38

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Sodyum iyonunun nisbi oranı

- Sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde bazı durumlarda
 - toplam tuz konsantrasyonu yalnız başına pek bir şey ifade etmeyebilir
- Sulama suyu kalitesi ile ilişkili olarak karşılaşılabilen sorunlardan bir tanesi de
 - aşırı Na^+ içeren suların toprak fiziksel özellikleri üzerine yaptığı olumsuz etki

39

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Sodyum iyonunun nisbi oranı

- Sulama suyunun kullanılmasıyla ilgili olarak meydana gelebilecek sodyum zararı,
 - bu suyun katyonlarının mutlak ve nispi konsantrasyonlarına bağlıdır.
- Sodyum zararı; sulama suyundaki:
 - sodyum konsantrasyonu yüksekse fazla
 - kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonu yüksek ise düşük

40

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Sodyum iyonunun nisbi oranı

- Bu nedenle suların Na^+ içerikleri bir sınıflandırma kriteri olarak göz önüne alınır.
- Bu amaçla %Na yada SAR değerleri kullanılır

– %Na

$$\%Na = \frac{Na}{Na + K + Ca + Mg} \times 100 = \frac{Na}{\Sigma Katyon} \times 100$$

- %Na değerinin:
 - toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için 50 - 60 değerinden daha büyük olmaması gerekmektedir.
 - yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip topraklarda sulama suyunun fazla konsantre olmadığı hallerde 50' nin üzerindeki değerler de emniyetli sınırlar içerisinde olabilir

41

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Sodyum iyonunun nisbi oranı

- Pek çok araştırmacı sodyum zararını ortaya koymada %Na değerinin iyi bir ölçüt olmadığını belirterek
 - bunun yerine SAR değerinin kullanılmasını önermiştir.
- Bu kriter ilk defa 1954 yılında Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı elemanlarınca ortaya atılmıştır.
- SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı):
 - toprak komplekslerinde meydana gelen katyon değiştirme reaksiyonlarında sodyum iyonlarının nispi aktivitesini belirlemektedir
 - Burada Na, Ca ve Mg konsantrasyon değerleri me/L olarak ifade edilmektedir

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

42

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Sodyum iyonunun nisbi oranı

- Bitki kökleri tarafından alınan tuz miktarı
- ve toprak içerisinde meydana gelebilecek tuz çökelmelerinin ihmal edilebilir derecede olduğu toprak koşullarında
- sulama suyunun toprağa girmesinden sonra
 - nisbi bileşiminde bir değişiklik olmaksızın yani eriyebilir sodyum yüzdesi değişmeksizin daha konsantre hale gelir.
- Hâlbuki SAR değeri, toplam konsantrasyonun karekökü oranında artar.
 - Örnek olarak konsantrasyonun:
 - 2 defa daha fazla olması halinde SAR 1.41 kat fazlalaşır.
 - 4 defa daha fazla olması halinde SAR 2.00 kat fazlalaşır
- Bu nedenlerle sulamada kullanılan suların sodyum zararlarının saptanmasında SAR değeri daha kullanışlı bir gösterge olarak kabul edilir

43

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Toplam tuz konsantrasyonunun oluşturacağı osmotik etki yanında
 - bazı iyonların oranları da bitki gelişmesine etki eder.
- Sulama sularının toplam tuz konsantrasyonları
 - genel olarak toprak eriyiğinde oluşturacağı osmotik basınç nedeniyle bitkiler tarafından suyun kullanılma derecelerine etki ederken;
- Özel iyonlar
 - Bitki gelişmesine etki eden fakat eriyiğin osmotik basıncına atfedilmeyen bir özelliğe sahiptir
 - Bu durum **özel iyonların toksik (zararlı) etkisi olarak belirtilir ve sulama sularının sınıflandırılmasında bir kriter olarak göz önüne alınır**

44

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Özel iyon toksisitesinde tuzların veya iyonların
 - bitki köklerinin yüzey zarlarına veya bitki dokularına olan dolaysız etkileri söz konusu değildir.
- Özel iyon etkilerinin mekanizmasını her zaman ayrıntılı biçimde ayırt etmek mümkün olmayabilir
 - Bu nedenle bitki gelişmesinde tuzun genel ozmotik etkisinden ayrı olarak bu tür etkilere toksisite denir
- Bitki zararlanmaları ya da gelişme depresyonları, toplam tuzluluk zararı olarak nitelendirilemiyorsa,
 - iyonların toksik etkisi olarak incelenmelidir.

45

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Bununla beraber, fazla bulunan iyonların bitki gelişmesine olan toksik etkileri konusu,
 - pek çok temel bitki besleme prensiplerini içeren karmaşık bir konudur.
- Genel olarak bitkiler arasında tür ve hatta çeşit farklılıklarının bulunması nedeniyle;
 - çeşitli tuzların veya iyonların toksisitelerini genel olarak belirtmek oldukça güçtür.

46

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Genellikle toprak eriyiğinde bor elementi
 - düşük konsantrasyonlarda dahi bulunması halinde bitkilere toksik etki yapmakta ve zararlı olmaktadır.
- Bor bütün bitkilerin normal gelişmeleri için gereklidir
 - genellikle çok az konsantrasyonlarda ihtiyaç duyulur
 - fazla bulunduğu zaman zararlı etki yapan bir elementtir.
- Bitkilerin bor ihtiyaçları ve bor konsantrasyonlarına dayanıklılıkları türlere göre değişmektedir.
 - bora ihtiyacı olan bitkilerin gelişmesi için gerekli
 - bu elemente dayanaksız olan bitkiler için toksik olabilir.
- Doğal sularda konsantrasyonu:
 - oldukça eseri miktardan birkaç ppm arasında değişir.

47

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Eaton (1944), kum kültürlerinde yapmış olduğu araştırmalar sonucunda çoğunlukla
 - bitkilerin 0.03 ile 0.04 ppm bor konsantrasyonlarında normal geliştiklerini
 - ancak 1 ppm konsantrasyon bulunduran kum kültürlerinde de zarar gördüklerini saptamıştır.
- Bitki türleri arasındaki farklılıklara örnek olarak:
 - limon ağaçları 1 ppm bor bulunduran sulama suyundan belirgin bir şekilde zarar görmüş
 - yonca bitkisi 1 ile 2 ppm arasındaki bor konsantrasyonunda en fazla gelişme göstermiştir.

48

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Bor elementi sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde bir kriter olarak düşünülmüş ve farklı bitkiler için sınırlar saptanmıştır.
- Scofield (1936) tarafından önerilen izin verilebilir bor konsantrasyonları:

Bor sınıfı	Bitkiler için bor konsantrasyonu (ppm)		
	Hassas	Yarı Dayanıklı	Dayanıklı
1	< 0.33	< 0.67	< 1.00
2	0.33 - 0.67	0.67 - 1.33	1.00 - 2.00
3	0.67 - 1.00	1.33 - 2.00	2.00 - 3.00
4	1.00 - 1.25	2.00 - 2.50	3.00 - 3.75
5	> 1.25	> 2.50	> 3.75

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Özel İyon Toksisitesi

- Bor toksisitesi kurak ve yarı kurak bölgelerde ender görülür.
- Bor toksisitesinin meydana gelmesi
 - sadece tuzlu veya sodyumlu topraklarla sınırlandırılmamış olmakla beraber en fazla tuzlu topraklarda
- Topraktan yıkanabilirse de;
 - başlangıçtaki konsantrasyonun güvenilir bir düzeye düşürülmesinden sonra dahi bitkilere zarar verebilecek miktarda toprak içinde bor kalabilir.

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler

- Sulama sularının sınıflandırılmasında:
 - eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu,
 - Na iyonu konsantrasyonu
 - özel iyon toksisitesi
 dışında diğer bazı kriterlerin de kullanımı önerilir.
- Bu kriterlerden bazıları:
 - kalıcı sodyum karbonat (RSC),
 - efektif tuzluluk (ES)
 - potansiyel tuzluluk (PS)

51

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Kalıcı Sodyum Karbonat

- Sulama sularında bikarbonat konsantrasyonu yüksek ise toprak eriyiğinin daha konsantre hale gelmesiyle:
 - Bikarbonat kalsiyum ve magnezyum karbonat olarak çökelmeğe başlar.
- Bu reaksiyon normal koşullar altında tamamlanmaz ise de reaksiyonun tamamlanması halinde
 - toprak eriyiğinin kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları azalır
 - sodyum nispi oranı artar
- Dolayısıyla da ortamdan kalsiyum ve magnezyum iyonlarının ayrılmasıyla
 - sodyum iyonları dominant hale geçerek sodyum zararına neden olur.

52

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Kalıcı sodyum karbonat

- Kalıcı sodyum karbonat (RSC):

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$
 - iyon konsantrasyonları me/L olarak ifade edilmektedir.
- Ortamdaki $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$
 - ilk olarak iki değerlikli $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ ile birleşme eğiliminde
- Eşitlikte sonuç pozitif (+) ise bütün $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ iyonları $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ iyonları ile birleşir
 - ortamda hala $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ var ise ortamdaki $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ ile Na^+ birleşme eğilimi gösterir
 - eriyebilirliği sınırlı olan $NaHCO_3$ oluşur
- Eşitlikte sonuç negatif (-) ise:
 - sodyum bikarbonat oluşma olasılığı olmadığından, sodyum karbonatın olumsuz etkisi beklenmez

53

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Kalıcı sodyum karbonat

- Bikarbonat iyonuna bitkilerin dayanıklılığı da türlere göre oldukça farklıdır.
 - Bazen düşük ozmotik konsantrasyonlarda dahi önemli zararlar ortaya çıkarabilecek biçimde toksik etkiler yapabilir.
 - Kum kültürlerindeki çalışmalar bikarbonat iyonunun, bitki türlerine bağlı olarak bitkinin besin maddelerini alımına ve metabolizmasına farklı düzeylerde etki ettiği belirlenmiştir
- Eaton (1950), yalnızca RSC değerine göre sulama sularını aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır;

Sınıf	RSC (me/L)
1. Sınıf: Emniyetli	< 1.25
2. Sınıf: Marjinal	1.25 – 2.50
3. Sınıf: Uygun değil	> 2.50

54

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Efektif Tuzluluk

- Sulama sularının sınıflandırılmalarında göz önüne alınan kriterlerden "*efektif tuzluluk*" görüşü 1954 yılında Doneen (1959) tarafından ortaya atılmıştır.
- Doneen'e göre sulama suyu içerisinde bulunan iyonlar birbirleri ile birleşerek eriyebilirlikleri oldukça sınırlı olan bazı tuzları meydana getirirler.
- Bu tuzlar:
 - kalsiyum karbonat, magnezyum karbonat ve kalsiyum sülfat olup
 - Sulama suyunun toplam tuzluluk değerinin belirlenmesinde göz önüne alınmaması gerekmektedir.

55

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Efektif Tuzluluk

- Bu tuzlar çökerek ortamdan ayrılacağından "*geri kalan katyonlar*" için Doneen "*efektif tuzluluk*" terimini kullanmaktadır.
- Bu nedenle:
 - efektif tuzluluk suların laboratuvar raporlarındaki toplam iyon değerinden birbirini takip eden çıkarma işlemleri yapılarak hesaplanır.
 - Toplam iyon konsantrasyonundan yapılacak çıkarmaların sırası
 - Birinci çıkarma: Kalsiyum karbonat (CaCO_3 , kalsit)
 - İkinci çıkarma: Magnezyum karbonat (MgCO_3 , Dolomit)
 - Üçüncü çıkarma: Kalsiyum sülfat (CaSO_4 , Jips)

56

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Efektif Tuzluluk

- Efektif tuzluluğun hesaplanmasına ilişkin **Örnek 1:**

- Laboratuarda yapılan analizler sonucu sulama suyunun anyon ve katyon konsantrasyonları (me/L) yanda verilmiştir. Efektif tuzluluk?

İyon	Konsantrasyon (me/L)
Ca ²⁺	3.1
Mg ²⁺	3.8
Na ⁺	4.9
Toplam	11.8
CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ²⁻	5.0
SO ₄ ²⁻	2.6
Cl ⁻	4.2
Toplam	11.8

- Ortamdan sırasıyla

- CaCO₃,
- MgCO₃
- CaSO₄

tuzları çıkartılarak efektif tuzluluk hesaplanır

57

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Efektif Tuzluluk

- Efektif tuzluluğun hesaplanmasına ilişkin Örnek 1:

İyon	Konsant. (me/L)	CaCO ₃ çökmesi	MgCO ₃ çökmesi	CaSO ₄ çökmesi	Kalan Toplam
Ca ²⁺	3.1	3.1 - 3.1 = 0.0			0.0
Mg ²⁺	3.8		3.8 - 3.4 = 0.4		0.4
Na ⁺	4.9				4.9
Toplam	11.8	Efektif Tuzluluk =			5.3
CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ²⁻	6.5	6.5 - 3.1 = 3.4	3.4 - 3.4 = 0.0		0.0
SO ₄ ²⁻	2.6				2.6
Cl ⁻	2.7				2.7
Toplam	11.8	Kontrol =			5.3

— Ortamda artan Na⁺ konsantrasyonuna dikkat edilmelidir.⁵⁸

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Efektif Tuzluluk

- Efektif tuzluluğun hesaplanmasına ilişkin **Örnek 2:**

- Laboratuarda yapılan analizle sonucu sulama suyunun anyon ve katyon konsantrasyonları (me/l) yanda verilmiştir. Efektif tuzluluk?

İyon	Konsantrasyon (me/L)
Ca ²⁺	4.7
Mg ²⁺	4.0
Na ⁺	5.2
Toplam	13.9
CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ²⁻	4.4
SO ₄ ²⁻	3.9
Cl ⁻	5.6
Toplam	13.9

- Ortamdan sırasıyla

- CaCO₃,
- MgCO₃
- CaSO₄

tuzları çıkartılarak efektif tuzluluk hesaplanır

59

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Efektif Tuzluluk

- Efektif tuzluluğun hesaplanmasına ilişkin Örnek 2:

İyon	Konsant. (me/L)	CaCO ₃ çökmesi	MgCO ₃ çökmesi	CaSO ₄ çökmesi	Kalan Toplam
Ca ²⁺	4.7	4.7 - 4.4 = 0.3		0.3 - 0.3 = 0.0	0.0
Mg ²⁺	4.0				4.0
Na ⁺	5.2				5.2
Toplam	13.9	Efektif Tuzluluk =			9.2
CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ²⁻	4.4	4.4 - 4.4 = 0.0			0.0
SO ₄ ²⁻	3.9			3.9 - 0.3 = 3.6	3.6
Cl ⁻	5.6				5.6
Toplam	13.9	Kontrol =			9.2

— Ortamda artan Na⁺ konsantrasyonuna dikkat edilmelidir.⁶⁰

SULAMA SUYU KALİTESİ KRİTERLERİ

Diğer Kriterler - Potansiyel Tuzluluk

- Doneen' e (1959) göre tuzluluğun etkileri '*Potansiyel Tuzluluk*' ile en iyi biçimde değerlendirilebilir.
- Potansiyel tuzluluk (PS): **bir sulama suyunda bulunan klor konsantrasyonu ile sülfat konsantrasyonu yarısının toplamı olarak tanımlanır**

$$PS = Cl^{-} + \frac{1}{2} SO_4^{2-}$$

- Eşitlikte konsantrasyon tuzlarının eriyebilirlikleri oldukça fazla olup bazı bitkilere de toksik olmaktadır.
- Formülde sülfatın yarısının kullanılmasının nedeni
 - bu iyonun klora oranla bitkilere daha az toksik olması
 - Kalsiyum sülfat halinde çökmesi nedeniyle toprak içinde daha az birikerek daha az tuzluluk meydana getirmesidir.

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

- Sulama sularının sınıflandırılmaları için pek çok araştırmacı tarafından çeşitli yöntemler ortaya atılmıştır.
- Bunlar kronolojik sıraya göre:
 - 1) Scofield (1935) Sistemi
 - 2) Wilcox ve Magistad (1943) Sistemi
 - 3) Wilcox (1948) Grafik Sistemi
 - 4) Thorne ve Thorne (1951) Grafik Sistemi
 - 5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi
 - 6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemi
 - 7) Doneen (1959) Potansiyel Tuzluluk Sistemi
 - 8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi
 - 9) Anonim (1975) Sınıflandırma Sistemi
 - 10) Christiansen ve ark (1977) Sınıflandırma Sistemi
 - 11) Rijtema (1981) Sistemi
 - 12) Soifer (1987) Grafik Sistemi
 - 13) Ayers ve Westcot Sistemi

62

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

- Bu yöntemlerin göz önüne aldıkları kriterler birbirinden farklılık göstermektedir.
 - Bazıları sadece tuzluluk ve sodyumluluk parametrelerini,
 - Diğerleri daha fazla parametreyi aynı sistem içerisinde incelerler.
- Doğal olarak çok sayıda parametreyi içeren sistemler
 - daha doğru ve hassas sonuçlar verirken, kullanımları bilgi birikimi gerektirir.
- Buna karşın az sayıda parametre ile sonuç veren sistemlerin;
 - kullanımı daha pratik ve kolaydır.
- Ancak, tüm bu sistemlerin denendikleri alan ve yöre koşulları için en iyi sonucu vereceği unutulmamalıdır
 - Diğer bölgelerde ve iklimlerde kullanılmaları sonucunda daha farklı yorumlar gerekebilecektir.

63

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

1) Scofield (1935) Sistemi:

- Sulama sularının sınıflandırılmasında Scofield tarafından ortaya atılmış ilk sınıflandırma sistemidir
 - 1933 yılında sınıflandırma sistemini elektriksel iletkenlik (EC) ve %Na değerleri için yapmış ve sulama sularını başlıca beş sınıfa ayırmış
 - 1935 yılında sınıflandırma sistemine klor ve sülfatı da dahil etmiştir.

Sınıflar	EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	%Na	Cl ⁻ (me/L)	SO ₄ ²⁻ (me/L)
1. Sınıf, Mükemmel	<250	<20	<4	<4
2. Sınıf, İyi	250 - 750	20 - 40	4 - 7	4 - 7
3. Sınıf, İzin verilebilir	750 - 2000	40 - 60	7 - 12	7 - 12
4. Sınıf, Şüpheli	2000 - 3000	60 - 80	12 - 20	12 - 20
5. Sınıf, Uygun değil	>3000	>80	>20	>20

64

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

2) Wilcox ve Magistad (1943) Sistemi:

- Bu sistem, Amerika Birleşik Devletleri'nde geniş oranda kullanılmıştır.
 - Sulama suları üç grup altında incelenmektedir.
 - Sınıflandırma kriteri olarak EC, %Na, Cl⁻ ve bor değerleri göz önüne alınmaktadır.

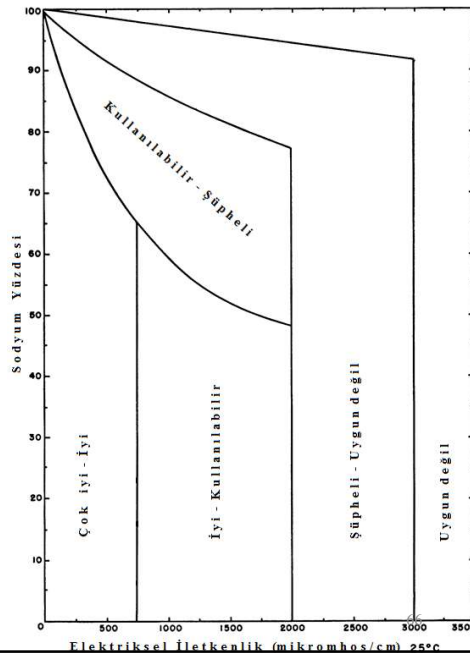
Sınıflar	EC (μmhos/cm)	%Na	Cl ⁻ (me/L)	Bor (ppm)
1. Sınıf	<1000	<60	<5	<0.5
2. Sınıf	1000 - 3000	60 - 75	5 - 10	0.5 - 2.0
3. Sınıf	>3000	>75	>10	>2.0

65

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

3) Wilcox (1948) Grafik Sistemi:

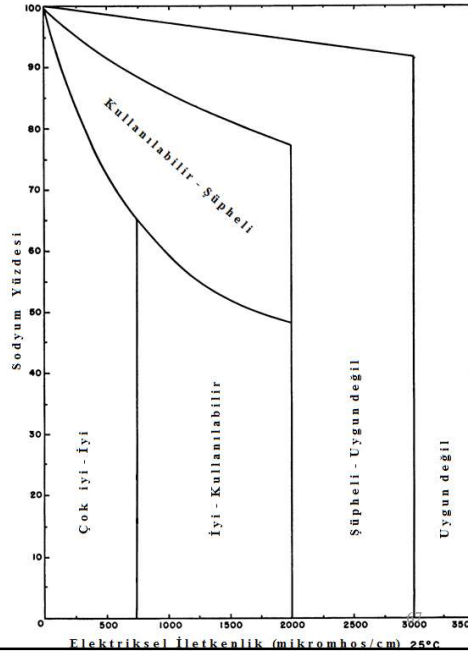
- Wilcox (1948), Scofield sisteminde kullanılan EC ve %Na değerlerini göz önüne alarak grafiksel bir sınıflandırma sistemi önermiştir.
- Grafikte:
 - Apsisde suyun EC (micromhos / cm) değerleri
 - Ordinatta da %Na değerleri alınmıştır.



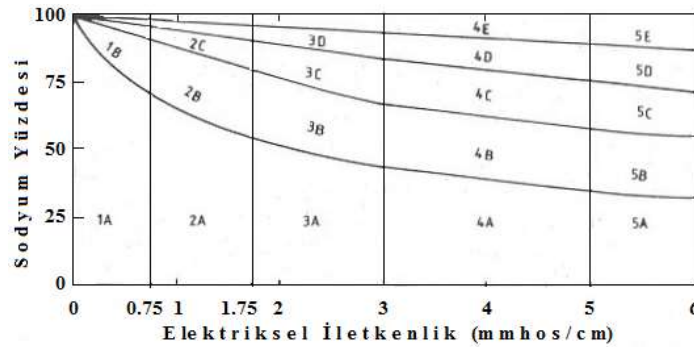
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

3) Wilcox (1948) Grafik Sistemi:

- Grafik incelenirse;
 - %Na standart değerlerinin Scofield sistemi kadar katı olmadığı
 - Sınıfların grupların karışımı biçiminde olduğu
- Bu sistem ülkemizde ilk zamanlarda kullanılmış
 - Fakat Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı grafik sisteminin ortaya çıkmasından sonra terk edilmiştir.



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ



4) Thorne ve Thorne (1951) Grafik Sistemi:

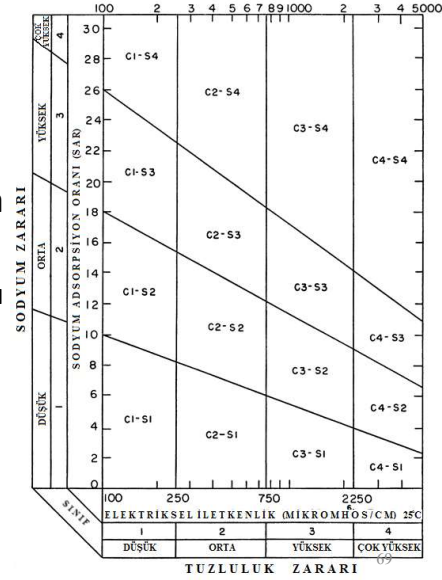
- ABD'nde Utah sulama suyu kaynakları üzerindeki çalışmalar sonucunda ortaya atılan bir sınıflandırma sistemidir
- Sınıflandırmada EC ve %Na değerleri sınıflandırma kriterleri olarak göz önüne alınmış:
 - EC değerleri 1-5 arasında,
 - %Na değerleri ise A-E arasında harflerle belirtilmiştir.

68

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

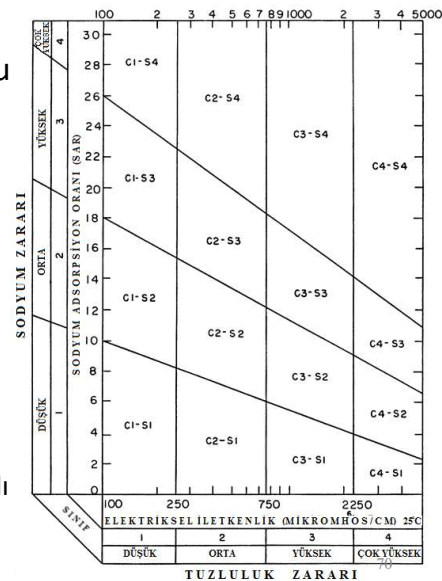
- 1954 yılında Birleşik Amerika Riverside, California Tuzluluk Laboratuvarı elemanlarınca geliştirilmiştir.
 - Toplam tuz konsantrasyonu micromhos/cm değeri olarak muhtemel tuz zararı apiste
 - Sodyum adsorpsiyon oranı olarak muhtemel sodyum zararı da ordinatta gösterilmiştir



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

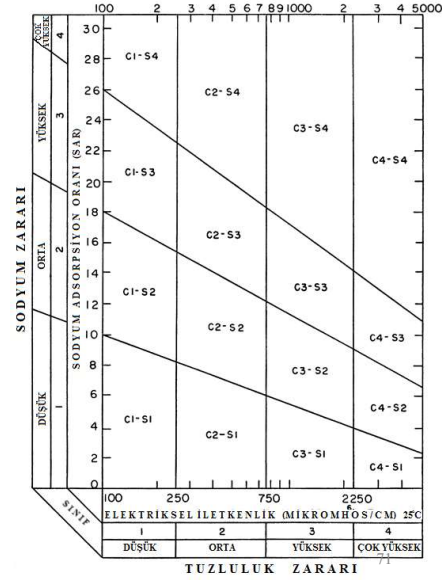
- Sistem pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de yaygın bir kullanım alanı bulmuştur
- Sistemde sulama sularının hem EC ve hem de SAR değerleri 4'er sınıf:
 - tuzluluk zararı C_1 - C_4 arasında,
 - sodyumluluk zararı ise S_1 - S_4 arasında belirtilerek
 - Bunların kombinasyonu olarak C_1 - S_1 den C_4 - S_4 e kadar 16 farklı sulama suyu sınıfı özelliği meydana getirilmiştir.



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

- Sulama sularının:
 - elektriksel iletkenlik değerleri 100 ile 5000 mikromhos/cm,
 - sodyum adsorpsiyon oranı da 0 ile 30 arasında
- Grafikten de görüldüğü gibi belirli bir SAR değeri için sodyum zararı, sulama suyunun toplam tuz konsantrasyonu arttıkça fazlalaşmaktadır.

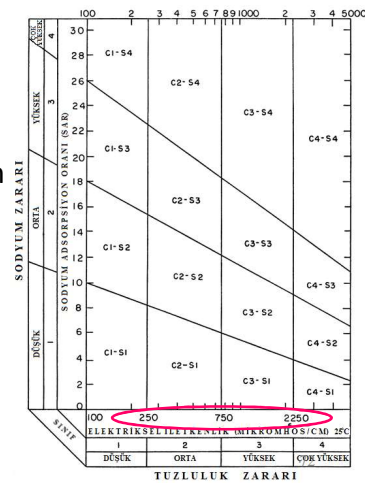


SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

a) Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama

- Sulama sularının elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılmasında sınıflar arasındaki sınır değerler;
 - 250, 750 ve 2250 micromhos/ cm olmak üzere başlıca dört sınıfa ayrılmışlardır.
- Her sınıfa giren suların elektriksel iletkenlik değeri ve bunların tarımsal yönden özellikleri farklılık gösterir



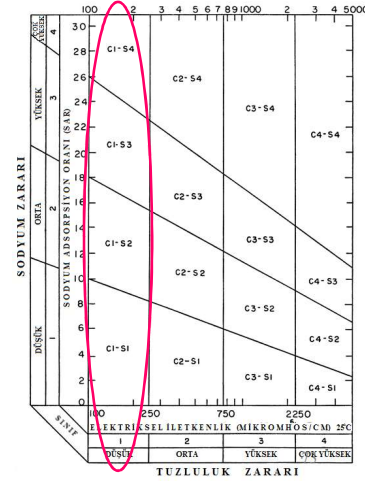
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

a) Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama

C₁ Düşük Tuzlu Sular:

- Elektriksel iletkenlik değeri 0-250 mS/cm arasında
- Her bitki ve toprak için uygun olup tuzluluk problemi oluşturmada uzun yıllar güvenle kullanılabilirler.
- Permeabilitesi çok düşük topraklar hariç normal sulama koşullarında yıkama kendiliğinden meydana geleceğinden bir probleme neden olmazlar.



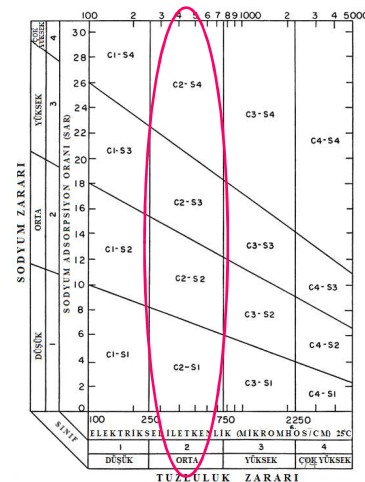
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

a) Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama

C₂ Orta Tuzlu Sular:

- Elektriksel iletkenlik değeri 250-750 mS/cm arasında
- Bu sular orta derecede tuz bulundurlar.
- Tuza orta derecede dayanıklı olan bitkiler için rahatlıkla kullanılabilirler.
- Ancak, tuza duyarlı (hassas) bitkilerde yıkamaya önem verilmelidir.



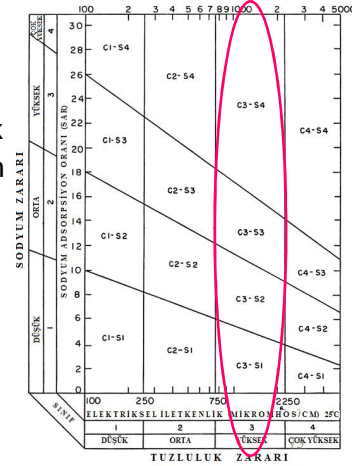
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

a) Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama

C₃ Yüksek Tuzlu Sular:

- Elektriksel iletkenlik değeri 750-2250 mS/cm arasında
- Fazla miktarda tuz içeren sulardır.
- Sürekli kullanılmaları halinde tuzluluk probleminin meydana gelmemesi için
 - düzenli yıkama
 - ve özel toprak işleme programının uygulanması gerekir.
- Yetiştirilecek bitkilerin tuza dayanıklı olması gerekir
- Özellikle uygun drenaj bulunmayan topraklarda kullanılmamalıdır.



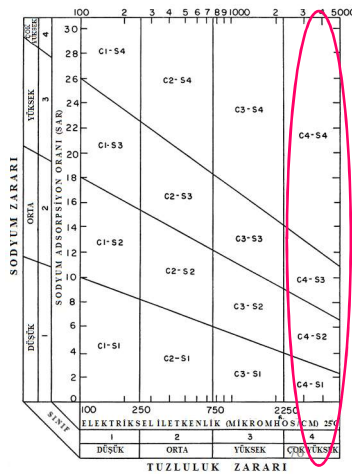
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

a) Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama

C₄ Çok Yüksek Tuzlu Sular:

- Elektriksel iletkenlik değeri > 2250 mS/cm
- Çok fazla miktarda tuz bulundurulur.
- Normal koşullarda sulamaya uygun değildir.
- Bazı özel koşullarda sulamada kullanılırlar.
 - Toprakların fazla geçirgen olması,
 - Uygun drenajın bulunması,
 - Fazlaca yıkamanın yapılması
 - ve tuza çok dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi gibi durumlarda



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

b) Sodyum durumuna göre sınıflama

- Sulama suyunun sodyum adsorpsiyon oranı göz önüne alınmıştır
- Sınıflama temel olarak değişebilir sodyumun toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkisine dayanmaktadır.
 - Bununla beraber sodyuma hassas bitkiler, toprağın fiziksel özelliklerine zarar verebilecek konsantrasyondan daha az sodyumun bulunması halinde bitki dokularında sodyumun birikmesi sonucu zarar görebilirler.

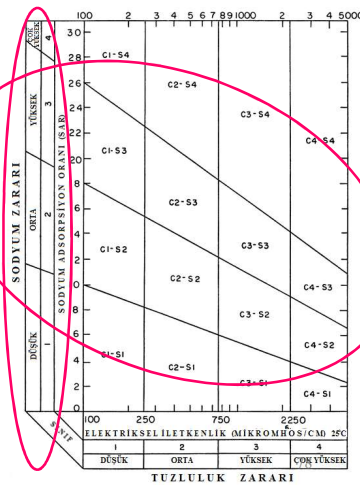
77

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

b) Sodyum durumuna göre sınıflama

- Sodyum adsorpsiyon oranı değerleri için yapılan sınıflamada her sınıf için belirli sınır değerlerini vermek mümkün olmamıştır.
 - Bunlara ilişkin eğriler negatif eğimle geçirilmekte
 - ve suyun elektriksel iletkenlik değeri yükseldikçe aynı sınıfa giren suyun sodyum adsorpsiyon oranı azalmaktadır.
- Yapılan sınıflamada sular başlıca dört sınıfa ayrılmış olup her sınıfın özellikleri farklılık göstermektedir.



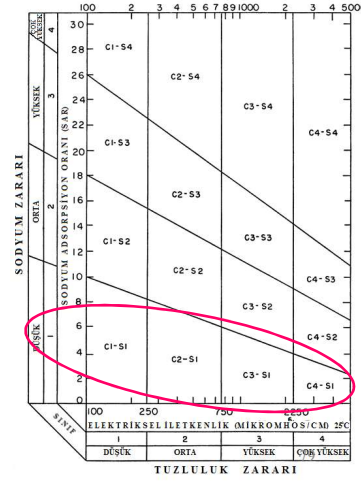
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

b) Sodyum durumuna göre sınıflama

S₁ Düşük Sodyumlu Sular:

- Her toprak ve her bitki için uygun olup sulamada sodyum zararı meydana gelmeden kullanılabilirler.
- Ancak:
 - taş çekirdekli meyve ağaçları
 - ve avakado gibi bazı sodyuma hassas bitkilerin sulanmasında daha dikkatli davranılmalıdır.



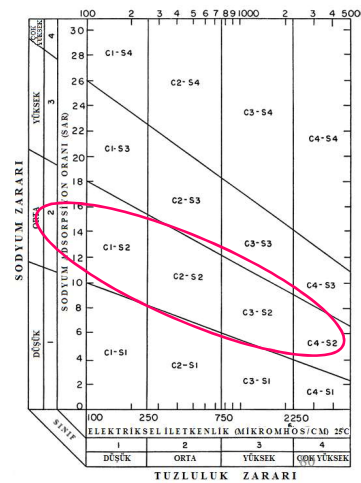
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

b) Sodyum durumuna göre sınıflama

S₂ Orta Sodyumlu Sular:

- Kaba bünyeli ve permeabiliteleri (geçirgenlikleri) iyi olan organik topraklarda sorun oluşturmadan kullanılabilir
- Yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip ağır bünyeli topraklarda:
 - özellikle düşük yıkama koşullarında
 - ve toprakta gipsin bulunmadığı hallerde kullanılmalarında sakınca bulunmakta
 - ve sodyum zararının doğmasına neden olmaktadır.



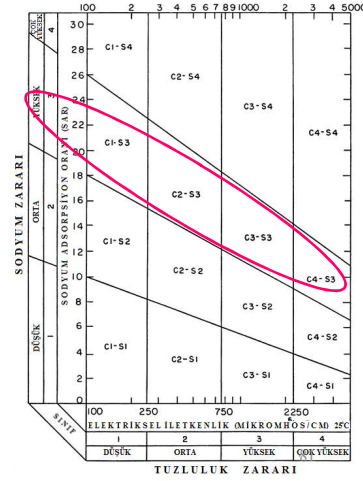
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

b) Sodyum durumuna göre sınıflama

S₃ Yüksek Sodyumlu Sular:

- Geçirgenliği yüksek kumlu topraklarda kullanılabilir
- Toprağın toplam tuz konsantrasyonu düşük olmalıdır
- İçerisinde jips içeren topraklarda rahatlıkla kullanılır
 - içermeyen topraklarda kimyasal ıslah maddeleri kullanılmalı
- Genel olarak:
 - uygun drenaj, fazla yıkama ve organik madde ilavesi gibi bazı özel toprak işleme programları uygulanmadıkça bu suların kullanılmaları sakıncalıdır.



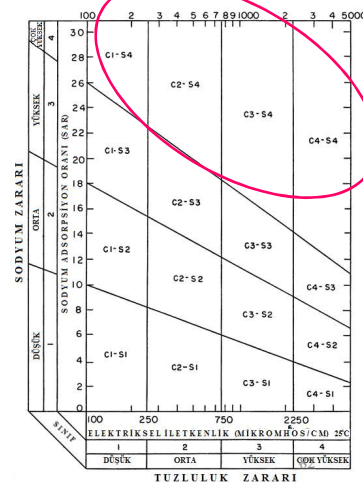
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

b) Sodyum durumuna göre sınıflama

S₄ Çok Yüksek Sodyumlu Sular:

- Bu sular genellikle sulamaya uygun değildir
- Yalnızca
 - toplam tuz konsantrasyonu düşük,
 - eriyebilir kalsiyum miktarı yüksek olan topraklarda yıkamaya da önem vererek
 - veya jips ve benzeri kimyasal ıslah maddelerinin beraberce verilmesi halinde,
 sulamada kullanılabilirler

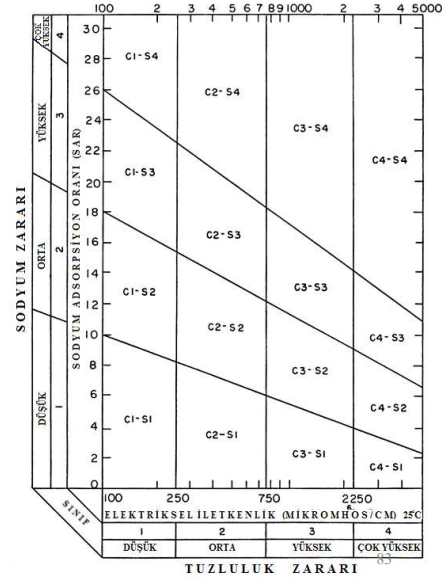


SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

Grafiğin Yorumu:

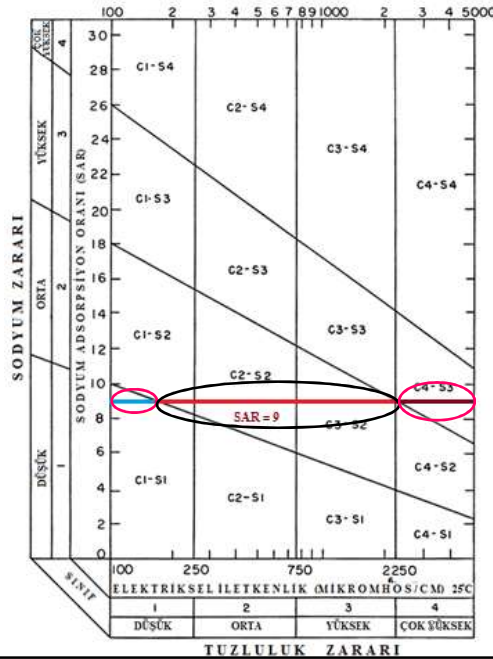
- Grafikte görülen doğrular, sodyum zararının toplam konsantrasyon üzerinde bağımsızlığını göz önüne almak üzere negatif eğimle geçirilmişlerdir.
 - Diğer bir deyişle toplam tuzluluğun artması halinde Na açısından izin verilen sınıf değerleri daha düşük rakamlarda olmaktadır.



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

5) Anonim (1954) – ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi:

- Örneğin SAR değeri 9 olan bir sulama suyunun EC değeri;
 - < 168 mS/cm iken S_1 ,
 - 168-2250 mS/cm arasında iken S_2 ,
 - > 2250 mS/cm iken S_3 sınıfında yer almaktadır.



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemi:

- Donen (1954) tarafından ortaya atılmış ve efektif tuzluluk değerleri göz önüne alınarak oluşturulmuş bir sistemdir.
 - sulama suyu içerisinde bulunan iyonların birbirleri ile birleşerek eriyebilirlikleri oldukça sınırlı olan bazı tuzları meydana getireceği öngörülmektedir
- Bu nedenle çözünürlükleri nisbeten sınırlı olan tuzların (CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 gibi) hesaplama dışı bırakılmaları
 - ve kalan tuzların esas tuzluluk etkisini oluşturdukları düşünülerek (efektif tuzluluk) oluşturulmuş bir sınıflandırma sistemidir.

85

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemi:

- Çözünürlükleri sınırlı olan bu tuz bileşikleri,
 - pH ve toplam tuzluluğa bağlı olarak çözünürlük sınırına ulaşana kadar çökeliş ortamdan ayrılacaklardır.
- Kalsiyum ve magnezyumun çökmesinden sonra ortamda kalabilecek katyonların toplam miktarı "*efektif tuzluluk*" belirtilmektedir. Bu durumda:
 - ortamda oransal sodyum miktarı artacaktır
 - bu nedenle sodyumun toprağa yapacağı zarar derecesi önceden tahmin edilebilmektedir.
- Deneyisel sonuçlara göre bulunan 'efektif tuzluluk' değerine göre sulama sularının sınıflandırılması farklı bünyeli topraklara göre üç sınıfta toplanmıştır

86

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemi:

Efektif tuzluluğa göre sulama sularının sınıflandırılması

Toprak Şartları	Kullanılan Birim	Efektif Tuzluluk Sınıfları		
		1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
Killi topraklar. Düşük perkolasyon hızı nedeniyle çok az yıkama olan topraklar	me/L	< 3	3 - 5	> 5
	ppm	165	165 - 275	> 275
Siltli topraklar. Derine süzülme veya drenajı yavaş topraklar	me/L	< 5	5 - 10	> 10
	ppm	275	275 - 550	> 550
Kumlu topraklar. Suyun derine süzülmesi kolayca olan topraklar	me/L	< 7	7 - 15	> 15
	ppm	385	385 - 825	> 825

Not:

1. Sınıf. Bu sular özel işleme gerek olmadan kullanılabilir
2. Sınıf. Başarılı biçimde kullanılmaları için özel işleme gerek vardır.
Bunlar: düzenli yıkama, toprak ıslah maddesinin kullanılması, belirli bitkilerin yetiştirilmesi
3. Sınıf. Bu sular genellikle sulama için uygun değildirler.

87

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemi:

- Efektif tuzluğun hesaplanmasına ilişkin Örnek 1'den
- elde edilen sonuç (5.3 me/l) dikkate alındığında:
- Bu sulama suyu
 - killi topraklar için uygun değil,
 - siltli topraklar için ikinci sınıf
 - ve kumlu topraklar için birinci sınıf

Toprak Şartları	Kullanılan Birim	Efektif Tuzluluk Sınıfları		
		1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
Killi topraklar. Düşük perkolasyon hızı nedeniyle çok az yıkama olan topraklar	me/L	< 3	3 - 5	> 5
	ppm	165	165 - 275	> 275
Siltli topraklar. Derine süzülme veya drenajı yavaş topraklar	me/L	< 5	5 - 10	> 10
	ppm	275	275 - 550	> 550
Kumlu topraklar. Suyun derine süzülmesi kolayca olan topraklar	me/L	< 7	7 - 15	> 15
	ppm	385	385 - 825	> 825

88

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemi:

- Efektif tuzluğun hesaplanmasına ilişkin Örnek 2'den
- elde edilen sonuç (9.2 me/l) dikkate alındığında:
- Bu sulama suyu
 - killi topraklar için uygun değil,
 - siltli topraklar için ikinci sınıf
 - ve kumlu topraklar için ikinci sınıf

Toprak Şartları	Kullanılan Birim	Efektif Tuzluluk Sınıfları		
		1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
Killi topraklar. Düşük perkolasyon hızı nedeniyle çok az yıkama olan topraklar	me/L	< 3	3 - 5	> 5
	ppm	165	165 - 275	> 275
Siltli topraklar. Derine süzülme veya drenajı yavaş topraklar	me/L	< 5	5 - 10	> 10
	ppm	275	275 - 550	> 550
Kumlu topraklar. Suyun derine süzülmesi kolayca olan topraklar	me/L	< 7	7 - 15	> 15
	ppm	385	385 - 825	> 825

89

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

7) Doneen (1959) Potansiyel Tuzluluk Sistemi:

- Sulama sularındaki Cl^- ve SO_4^{2-} iyonlarının zararlanmalara neden olduğu düşüncesi ile Donen (1959) bir sınıflandırma sistemi daha geliştirmiştir.
- Potansiyel tuzluluk (PS):
 - bir sulama suyunda bulunan klor konsantrasyonu ile sülfat konsantrasyonu yarısının toplamı

$$PS = Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-}$$

- 'Potansiyel tuzluluk' değerine göre sulama sularının sınıflandırılması farklı bünyeli topraklara göre üç sınıfta toplanmıştır

90

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

7) Doneen (1959) Potansiyel Tuzluluk Sistemi:

Potansiyel tuzluluğa göre sulama sularının sınıflandırılması

Toprak Şartları	Potansiyel Tuzluluk Sınıfları (me/L)		
	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
Killi topraklar. Düşük perkolasyon hızı nedeniyle çok az yıkama olan topraklar	< 3	3 - 5	> 5
Siltli topraklar. Derine süzülme veya drenajı yavaş topraklar	< 5	5 - 10	> 10
Kumlu topraklar. Suyun derine süzülmesi kolayca olan topraklar	< 7	7 - 15	> 15

- Çizelgede görüldüğü gibi sulama suyunda bulunan klor + 1/2 sülfat iyonları olarak hesaplanan potansiyel tuzluluk değeri değişik toprak koşullarında bu sulama suyunun değişik su sınıflarına girmesine neden olmaktadır.

91

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi:

- Doneen (1966), çok sayıda ve farklı özellikte su kaynağı kullanarak
 - bunlarla sulanan toprakların fiziksel özellikleri üzerinde yaptığı deneysel denemelere dayanarak bir ilişki geliştirmiştir.
- Geçirgenlik göstergesi “GG” olarak anılan bu ilişki sulama suyunun Na^+ , HCO_3 ve toplam tuzluluk içeriklerine bağlıdır:

$$GG = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3}}{\sum Katyon} \times 100$$

92

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi:

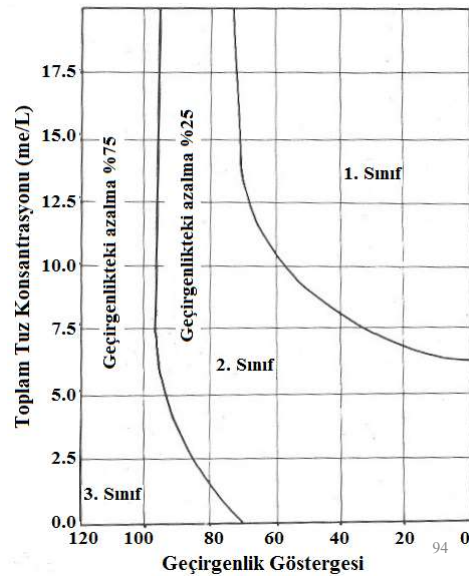
- Doneen (1966) tarafından
 - sulama sularının tuz içerikleri,
 - geçirgenlik göstergesi değerleri
 - ve toprağın geçirgenlik özelliklerine göre
 - Geçirgenliği düşük (<2 cm/h) topraklar için
 - Geçirgenliği orta (2-12 cm/h) topraklar için
 - Geçirgenliği yüksek (>12 cm/h) topraklar için
- sınıflandırma grafikleri oluşturmuştur.
- Bu grafiklerden:
 - belirli nitelikteki bir sulama suyunun uzun süre kullanılması sonucunda, toprak geçirgenliğindeki beklenen azalma oranları belirlenebilir.

93

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi:

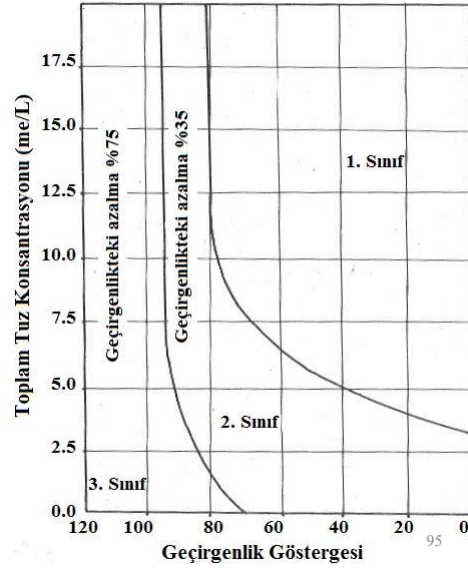
- Geçirgenliği düşük (<2 cm/h) topraklar için grafik



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi:

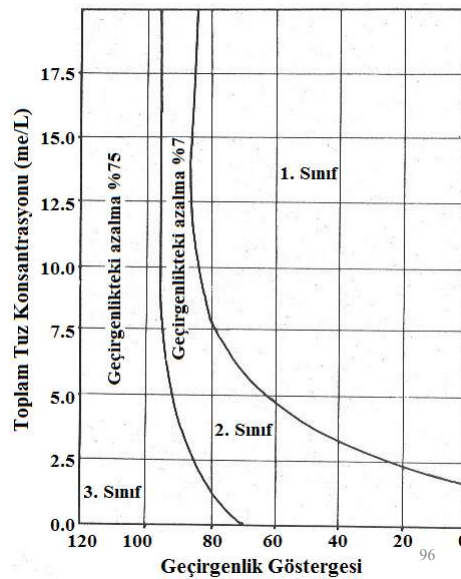
- Geçirgenliği orta (2-12 cm/h) topraklar için grafik



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemi:

- Geçirgenliği yüksek (> 12 cm/h) topraklar için grafik



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

9) Anonim (1975) Sınıflandırma Sistemi:

- Bu yöntemde sulama suyu kalitesinin belirlenebilmesi amacıyla bir rehber tablo geliştirilmiştir.
- Tabloda
 - sulama suyu tuzluluğu (EC),
 - permeabilite,
 - özel iyon toksisitesi (toprakten ve yaprakten)
 - ve diğer etkiler incelenmektedir.
- Göz önüne alınan sınır değerlerine göre yorumlar:
 - *sorun yok*,
 - *sorun başlıyor*
 - *sorunlu* olarak 3 sınıfta yapılmaktadır.

97

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

9) Anonim (1975) Sınıflandırma Sistemi:

Sulama suyu sınıfları rehber değerler (Anonymous, 1975)

Problem Çeşidi	Problem kaynakları	Sorun yok	Sorun başlıyor	Sorunlu
TUZLULUK	Sulama suyu EC (dS/m)	< 0.75	0.75 - 3.00	> 3.00
PERMEABİLİTE	Sulama suyu EC (dS/m)	< 0.50	0.50	> 0.50
	Adj.SAR	< 6.00	6.00 - 9.00	> 9.00
ÖZEL İYON TOKSİSİTESİ (Kök)	Sodyum (Adj.SAR olarak)	<3.00	3.00 - 9.00	>9.00
	Klor (meq/l)	<4.00	4.00 - 10.00	>10.00
	(ppm)	<142	142 - 355	>355
	Bor (ppm)	<0.50	0.50 - 2.00	2.00
ÖZEL İYON TOKSİSİTESİ (Yaprak)	Sodyum (meq/l)	<3.00	3.00	-
	(ppm)	<69	69	-
	Klor (meq/l)	<3.00	3.00	-
	(ppm)	<106	106	-
DİĞER ETKİLER	NH ₄ -N ve NO ₃ -N (ppm)	<5	5 - 30	>30
	HCO ₃ (yağmurlama) (meq/l)	<1.50	1.50 - 8.50	>8.50
	(ppm)	<90	90 - 520	>520
	pH	6.50 - 8.40		

98

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

10) Christiansen ve ark (1977) Sınıflandırma Sistemi:

- Bu yöntemde sulama suları EC, %Na, SAR, Na_2CO_3 , Cl^- , ES (efektif tuzluluk) ve bor olmak üzere 7 kriter göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır.
- Sulama suları değerlendirilirken:
 - tüm kriterler göz önünde bulundurulmalı
 - sadece bir/birkaç kritere göre sınıflandırma yapılmamalı
 - herhangi bir sınıfta en düşük sınıf değerini alan kritere göre sulama suyunun sınıfı belirlenmeli
- Birinci sınıfta yer alan sulama sular mükemmel olarak değerlendirilmektedir.
- Sınıf değeri 5 yada 6 olan sular ise sulama açısından sakıncalı olarak nitelendirilmektedir.

99

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

10) Christiansen ve ark (1977) Sınıflandırma Sistemi:

Christiansen ve ark. (1977) sınıflandırma sistemi

Sınıf	EC (dS/m)	%Na	SAR	NaCO_3 (me/L)	Cl (me/L)	ES (me/L)	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. sınıf değerlerinden daha fazla						

100

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

11) Rijtema (1981) Sistemi:

- Bu yöntemde özellikle bahçe bitkilerinin sulanması amacıyla kullanılacak sulama suları için kalite sınırlarını belirten çizelgeler hazırlanmıştır.
- Sulama sularının toplam tuzluluğu ve Cl^- içerikleri bakımından:
 - çok hassas,
 - hassas
 - dayanıklı bitkiler için kullanım sınırları belirtilmiştir
- Yine değişik toprak tekstürleri için sulama sularının SAR değerlerinin kullanım sınırları belirtilmiştir.

101

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

11) Rijtema (1981) Sistemi:

Suların tarımsal amaçlar için uygulanabilir olan TDS ve klor değerleri

Problem Kaynağı	Su Tüketimi (mm)		Sınır Değerleri		
			Çok Hassas	Hassas	Dayanıklı
Toplam Tuz (ppm)	Serada (600 – 1000)		160	400	800
	Açıkta	Kurak-Yarı Kurak (300 – 1000)	250	750	1000
		Nemli (100 – 300)	500	1250	2000
Klor (ppm)	Serada (600 – 1000)		40	100	200
	Açıkta	Kurak-Yarı Kurak (300 – 1000)	100	200	350
		Nemli (100 – 300)	200	400	700

102

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

11) Rijtema (1981) Sistemi:

Farklı toprak tektürleri için sulama sularının SAR değerleri ve uygunlukları

Toplam eriyebilir tuz konsantrasyonu (ppm)	SAR değerleri uygunlukları			
	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
360	< 8.2	8.2 - 15.4	15.4 - 22.6	> 22.6
470	< 6.1	6.1 - 12.2	12.2 - 18.3	> 18.3
1200	< 4.0	4.0 - 9.0	9.0 - 14.0	> 14.0

103

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

12) Soifer (1987) Grafik Sistemi:

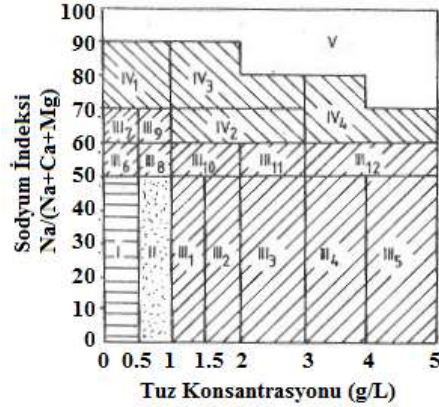
- Soifer (1987)
 - toprak alkaliliği tehlikesi,
 - toprak tuzluluğu tehlikesi
 - ve bitkilerin tuza dayanımları
 ile ilgili 3 ayrı sınıflandırma sistemi ortaya koymuştur.
 - tuz konsantrasyonu ve sodyum indeksi değerlerine göre
 - toprak alkalilik tehlikesi sınıflandırması
 - tuz konsantrasyonu ve klor indeksi değerine göre
 - toprak tuzluluk tehlikesi sınıflandırması
- Her iki sınıflandırmada da sular 5 sınıf altında incelenmektedir.

104

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

12) Soifer (1987) Grafik Sistemi:

Sulama sularının toprak alkaliliğine göre sınıflandırılması



Sınıflar:

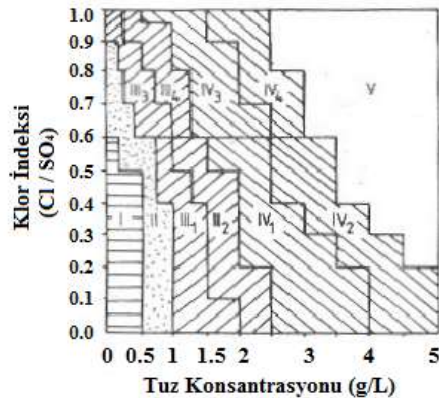
- I Tüm bitkiler ve topraklar için uygun
- II Çoğu bitkiler ve topraklar için uygun
- III Sınırlı oranda kullanılabilir
- IV Belirli koşullarda kullanılabilir
- V Uygun değil

105

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

12) Soifer (1987) Grafik Sistemi:

Sulama sularının toprak tuzluluğuna göre sınıflandırılması



Sınıflar:

- I Tüm bitkiler ve topraklar için uygun
- II Çoğu bitkiler ve topraklar için uygun
- III Kullanımı sınırlı
- IV Kullanımı çok sınırlı
- V Uygun değil

106

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

12) Soifer (1987) Grafik Sistemi:

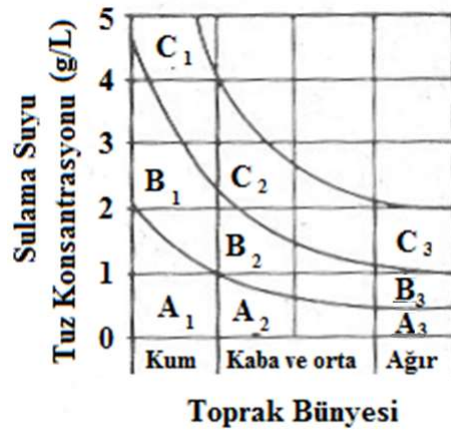
- Üçüncü sınıflandırma ise farklı tuza dayanım gösteren bitkiler için geliştirilmiştir
- Sistemde bitkiler:
 - dayanıksız,
 - orta dayanıklı
 - ve dayanıklı olarak ele alınmıştır.
- Kriter olarak ise:
 - toprağın granülometrik bileşimi
 - ve sulama suyunun tuz konsantrasyonu dikkate alınmıştır.

107

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

12) Soifer (1987) Grafik Sistemi:

Sulama sularının tuzluluğa dayanımları farklı bitkilere göre sınıflandırılmaları



A, B, C : Düşük orta ve dayanıklı bitkiler için sırasıyla uygun sulama suyu sınıfları

108

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

13) Ayers ve Westcot (1989) Sistemi:

- Kaliforniya Üniversitesi Danışma Komitesi'nin 1974 yılında yapmış olduğu çalışmanın uyarlanmış halidir.
- Sulama suyu niteliğinin verim, toprak ve çiftlik yönetimine yaptığı etkiyi açıklamışlar ve sulama suyuna bağlı değişik sorunların beklenebileceği, su niteliği sınırlarını özetlemişlerdir
- Sistem temel sorun oluşturan 4 konuyu ele alınmıştır
 - Tuzluluk, infiltrasyon, toksisite ve diğer etkiler
- Sorunlar şiddetlilik derecesine göre
 - sorun yok,
 - sorun başlıyor,
 - şiddetli sorun var

109

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

13) Ayers ve Westcot (1989) Sistemi:

Potansiyel sulama sorunları	Birim	Kullanımı kısıtlayan durumlar		
		Yok	Hafiften-ortaya	Yüksek
TUZLULUK⁽²⁾ (Bitkinin su kullanımına etkili 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 (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		

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

GENEL ÖZET:

- İlk ortaya atılan sistemlerde genelde:
 - daha az sayıda sınıflandırma kriteri ele alınırken,
- özellikle 1960 lardan sonra geliştirilen sistemlerde:
 - EC ve sodyumluluğa ek olarak diğer bazı kriterler daha göz önüne alınmıştır.
- Tüm dünyada geniş kullanım olanağı bulan sistem Anonymous (1954) sistemi olmuştur.
- Halen daha bu sistem bir çok ülkede (ülkemizde dahil) kullanılmaktadır.

111

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

GENEL ÖZET:

Sulama suyu sınıflandırma sistemleri ve göz önüne alınan kriterler

Araştırmacı Adı	Yılı	Sınıflandırma Kriterleri
<i>Scofield</i>	1935	EC, %Na, Cl, SO ₄
<i>Wilcox ve Magistad</i>	1943	EC, %Na, B, Cl
<i>Wilcox</i>	1948	EC, %Na
<i>Thorne ve Thorne</i>	1951	EC, %Na
<i>Anonim</i>	1954	EC, SAR
<i>Doneen</i>	1954	Efektif Tuzluluk-ES
<i>Doneen</i>	1959	Potansiyel Tuzluluk-PS
<i>Doneen</i>	1966	Geçirgenlik Göstergesi-GG
<i>Anonim</i>	1975	EC, Adj.SAR, %Na, Cl, B, HCO ₃ , NH ₄ -N, NO ₃ -N
<i>Christiansen ve ark</i>	1977	EC, SAR, %Na, RSC, Cl, ES, B
<i>Rijtema</i>	1981	TDS, Cl, SAR
<i>Soifer</i>	1987	Sodyum İndeksi, Klor İndeksi
<i>Ayers ve Westcot</i>	1989	EC, TDS, SAR, Na, Cl, B, NO ₃ -N, HCO ₃ , pH

112

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

AYNI SULAMA SUYUNUN DEĞİŞİK SİSTEMLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

ÖRNEK: Laboratuarda yapılan analiz sonuçlarına göre bir sulama suyunda elde edilen anyon ve katyon değerleri aşağıda verilmiştir. Bu sulama suyunu farklı sınıflama sistemine göre sınıflandırınız.

Parametre	Analiz Sonucu
EC	0.65 dS/m
Ca	1.20 me/L
Mg	3.22 me/L
Na	2.60 me/L
Toplam	7.02 me/L
HCO ₃	1.45 me/L
SO ₄	0.94 me/L
Cl	4.63 me/L
Toplam	7.02 me/L

113

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

AYNI SULAMA SUYUNUN DEĞİŞİK SİSTEMLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

ÖRNEK:

- Hesaplanan faktörler:

$$\%Na = \%Na = \frac{Na}{Na + K + Ca + Mg} \times 100 = \frac{2.60}{7.02} = \%37$$

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{2.60}{\sqrt{\frac{1.20 + 3.22}{2}}} = 1.75$$

$$PS = Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-} = 4.63 + \frac{1}{2} \times 0.94 = 5.10$$

$$GG = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{\sum Katyon} \times 100 = \frac{2.60 + \sqrt{1.45}}{7.02} \times 100 = 54$$

Parametre	Analiz Sonucu
EC	0.65 dS/m
Ca	1.20 me/L
Mg	3.22 me/L
Na	2.60 me/L
Toplam	7.02 me/L
HCO ₃	1.45 me/L
SO ₄	0.94 me/L
Cl	4.63 me/L
Toplam	7.02 me/L

114

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

AYNI SULAMA SUYUNUN DEĞİŞİK SİSTEMLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

ÖRNEK:

- Hesaplanan faktörler:

Efektif Tuzluluk

İyon	Konsant. (me/l)	CaCO ₃ çökmesi	MgCO ₃ Çökmesi	CaSO ₄ çökmesi	Kalan Toplam
Ca ²⁺	1.20	1.2 - 1.2 = 0.00			0.00
Mg ²⁺	3.22		3.22 - 0.25 = 2.97		2.97
Na ⁺	2.60				2.60
Toplam	7.02	Efektif Tuzluluk (ES) =			5.57
CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ²⁻	1.45	1.45 - 1.20 = 0.25	0.25 - 0.25 = 0.00		0.00
SO ₄ ²⁻	0.94				0.94
Cl ⁻	4.63				4.63
Toplam	7.02	Kontrol =			5.57

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

AYNI SULAMA SUYUNUN DEĞİŞİK SİSTEMLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

ÖRNEK:

- Hesaplanan faktörler:

Toplam Tuz

Anyon/Katyon	Analiz sonucu (me/L)	Ekivalan ağırlığı	ppm
Ca	1.20	20.0	24.00
Mg	3.22	12.0	38.64
Na	2.60	23.0	59.80
K	-	39.0	-
CO ₃	-	30.0	-
HCO ₃	1.45	61.0	88.45
SO ₄	0.94	48.0	45.12
Cl	4.63	35.5	164.37
		TOPLAM TUZ	420.38

116

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

1) Scofield (1935) Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
%Na	37 %
Cl	4.63 me/L
SO ₄	0.94 me/L

Sınıflar	EC (μmhos/cm)	%Na	Cl ⁻ (me/l)	SO ₄ ²⁻ (me/l)
1. Sınıf, Mükemmel	<250	<20	<4	<4
2. Sınıf, İyi	250 - 750	20 - 40	4 - 7	4 - 7
3. Sınıf, İzin verilebilir	750 - 2000	40 - 60	7 - 12	7 - 12
4. Sınıf, Süpheli	2000 - 3000	60 - 80	12 - 20	12 - 20
5. Sınıf, Uygun değil	>3000	>80	>20	>20 ¹¹⁷

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

2) Wilcox ve Magistad (1943) Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
%Na	37 %
Cl	4.63 me/L

Sınıflar	EC (μmhos/cm)	%Na	Cl ⁻ (me/l)	Bor (ppm)
1. Sınıf	<1000	<60	<5	<0.5
2. Sınıf	1000 - 3000	60 - 75	5 - 10	0.5 - 2.0
3. Sınıf	>3000	>75	>10	>2.0

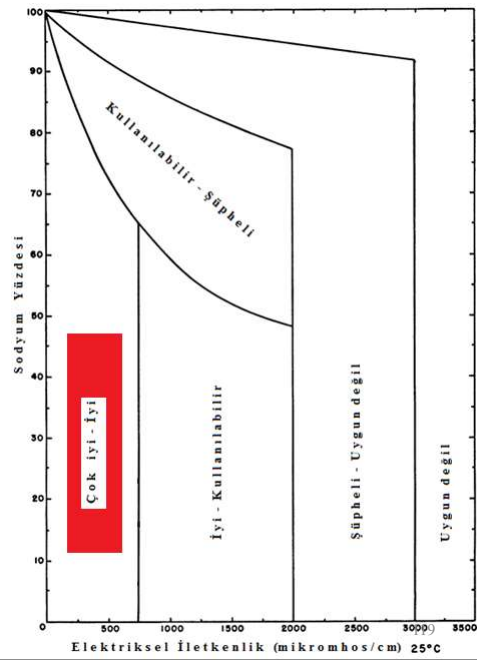
118

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

3) Wilcox (1948) Grafik Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
%Na	37 %

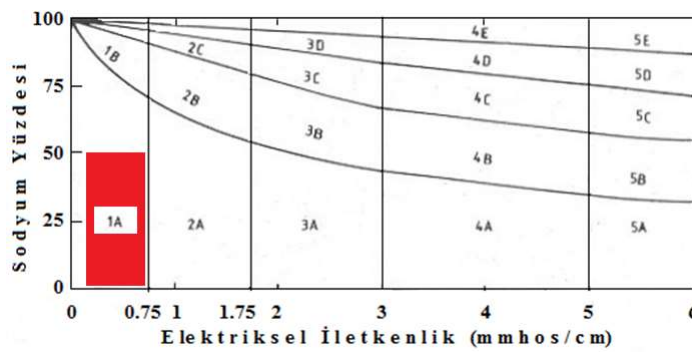


SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

4) Thorne ve Thorne (1951) Grafik Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
%Na	37 %



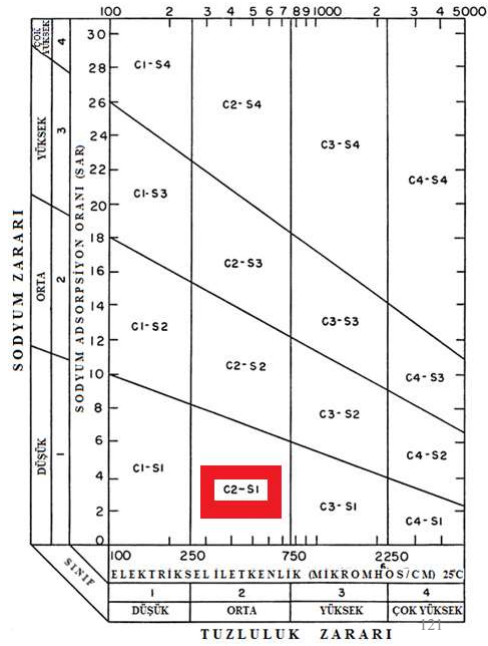
120

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

5) Anonim (1954) –
ABD Tuzluluk
Laboratuvarı Grafik
Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
SAR	1.75



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

6) Doneen (1954) Efektif Tuzluluk Sistemine göre:

Parametre	Değer
ES	5.57

Toprak Şartları	Kullanılan Birim	Efektif Tuzluluk Sınıfları		
		1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
Killi topraklar. Düşük perkolasyon hızı nedeniyle çok az yıkama olan topraklar	me/L	< 3	3 - 5	> 5
	ppm	165	165 - 275	> 275
Siltli topraklar. Derine süzülme veya drenajı yavaş topraklar	me/L	< 5	5 - 10	> 10
	ppm	275	275 - 550	> 550
Kumlu topraklar. Suyun derine süzülmesi kolayca olan topraklar	me/L	< 7	7 - 15	> 15
	ppm	385	385 - 825	> 825

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

7) Doneen (1959) Potansiyel Tuzluluk Sistemine göre:

Parametre	Değer
PS	5.10

Toprak Şartları	Kullanılan Birim	Efektif Tuzluluk Sınıfları		
		1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf
Killi topraklar. Düşük perkolasyon hızı nedeniyle çok az yıkama olan topraklar	me/L	< 3	3 - 5	> 5
	ppm	165	165 - 275	> 275
Siltli topraklar. Derine süzülme veya drenajı yavaş topraklar	me/L	< 5	5 - 10	> 10
	ppm	275	275 - 550	> 550
Kumlu topraklar. Suyun derine süzülmesi kolayca olan topraklar	me/L	< 7	7 - 15	> 15
	ppm	385	385 - 825	> 825

123

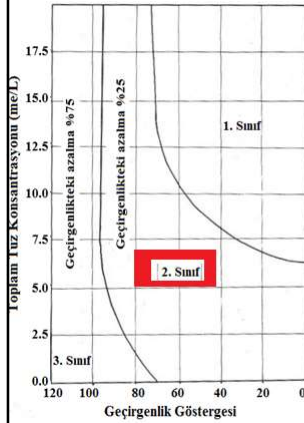
SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

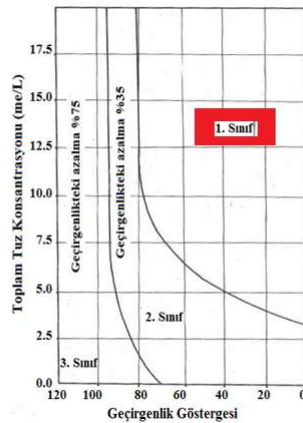
8) Doneen (1966) Geçirgenlik Göstergesi Sistemine göre:

Parametre	Değer
GG	54
Toplam Tuz	7.02 me/L

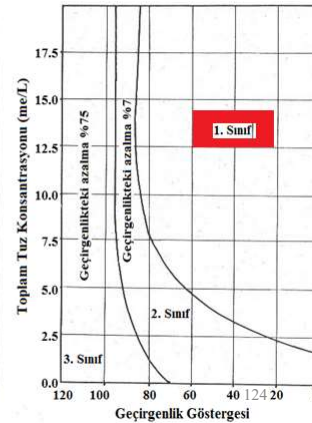
$K < 2 \text{ cm/h}$



$2 \text{ cm/h} < K < 12 \text{ cm/h}$



$K > 12 \text{ cm/h}$



SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

9) Anonim (1975) Sınıflandırma Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
Na	2.60 me/L
Cl	4.63 me/L
HCO ₃	1.45 me/L

Problem Çeşidi	Problem kaynakları	Sorun yok	Sorun başlıyor	Sorunlu
TUZLULUK	Sulama suyu EC (dS/m)	< 0.75	0.75 - 3.00	> 3.00
PERMEABİLİTE	Sulama suyu EC (dS/m) Adj.SAR	< 0.50 < 6.00	0.50 6.00 - 9.00	> 0.50 > 9.00
ÖZEL İYON TOKSİSİTESİ (Kök)	Sodyum (Adj.SAR olarak) Klor (meq/l) (ppm) Bor (ppm)	<3.00 <4.00 <142 <0.50	3.00 - 9.00 4.00 - 10.00 142 - 355 0.50 - 2.00	>9.00 >10.00 >355 2.00 - 10.00
ÖZEL İYON TOKSİSİTESİ (Yaprak)	Sodyum (meq/l) (ppm) Klor (meq/l) (ppm)	<3.00 <69 <3.00 <106	3.00 69 3.00 106	- - - -
DİĞER ETKİLER	NH ₄ -N ve NO ₃ -N (ppm) HCO ₃ (yağmurlama) (meq/l) (ppm) pH	<5 <1.50 <90 6.50 - 8.40	5 - 30 1.50 - 8.50 90 - 520 6.50 - 8.40	>30 >8.50 >520 >8.40

125

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

10) Christiansen ve ark (1977) Sınıflandırma Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
%Na	37 %
SAR	1.75
Cl	4.63 me/L
ES	5.57

Sınıf	EC (dS/m)	%Na	SAR	NaCO ₃ (me/L)	Cl (me/L)	ES (me/L)	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. sınıf değerlerinden daha fazla						

126

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

11) Rijtema (1981) Sistemine göre:

Parametre	Değer
TT	420 ppm
Cl	164 ppm

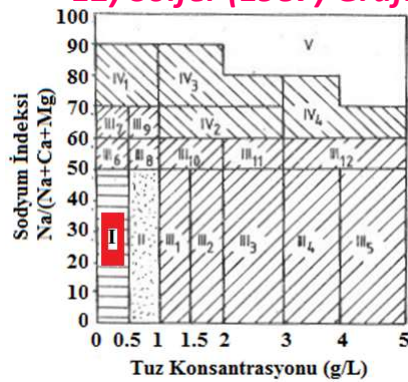
Problem Kaynağı	Su Tüketimi (mm)	Sınır Değerleri		
		Çok Hassas	Hassas	Dayanıklı
Toplam Tuz (ppm)	Serada (600 – 1000)	160	400	800
	Açıkta	Kurak-Yarı Kurak (300 – 1000)	750	1000
		Nemli (100 – 300)	1250	2000
Klor (ppm)	Serada (600 – 1000)	40	100	200
	Açıkta	Kurak-Yarı Kurak (300 – 1000)	200	350
		Nemli (100 – 300)	400	700

127

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

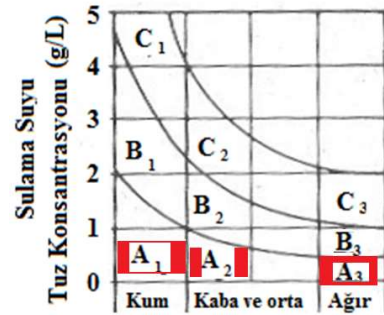
12) Soifer (1987) Grafik Sistemine göre:



Sınıflar:

- I Tüm bitkiler ve topraklar için uygun
- II Çoğu bitkiler ve topraklar için uygun
- III Kullanımı sınırlı
- IV Kullanımı çok sınırlı
- V Uygun değil

Parametre	Değer
%Na	37 %
Tuz kons.	0.42 g/L



Toprak Bünyesi

A, B, C : Düşük orta ve dayanıklı bitkiler için sırasıyla uygun sulama suyu sınıfları

128

SULAMA SUYU SINIFLANDIRMA SİSTEMLERİ

ÖRNEK:

13) Ayers ve Westcot (1989)
Sistemine göre:

Parametre	Değer
EC	0.65 dS/m
SAR	1.75
%Na	37 %
Cl	4.63 me/L
HCO ₃	1.45 me/L

Potansiyel sulama sorunları	Birim	Kullanımı kısıtlayan durumlar		
		Yok	Hafiften-ortaya	Yüksek
TUZLULUK⁽²⁾ (Bitkinin su kullanımına etkili eder)				
EC _w	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
İNFILTRASYON⁽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 (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				