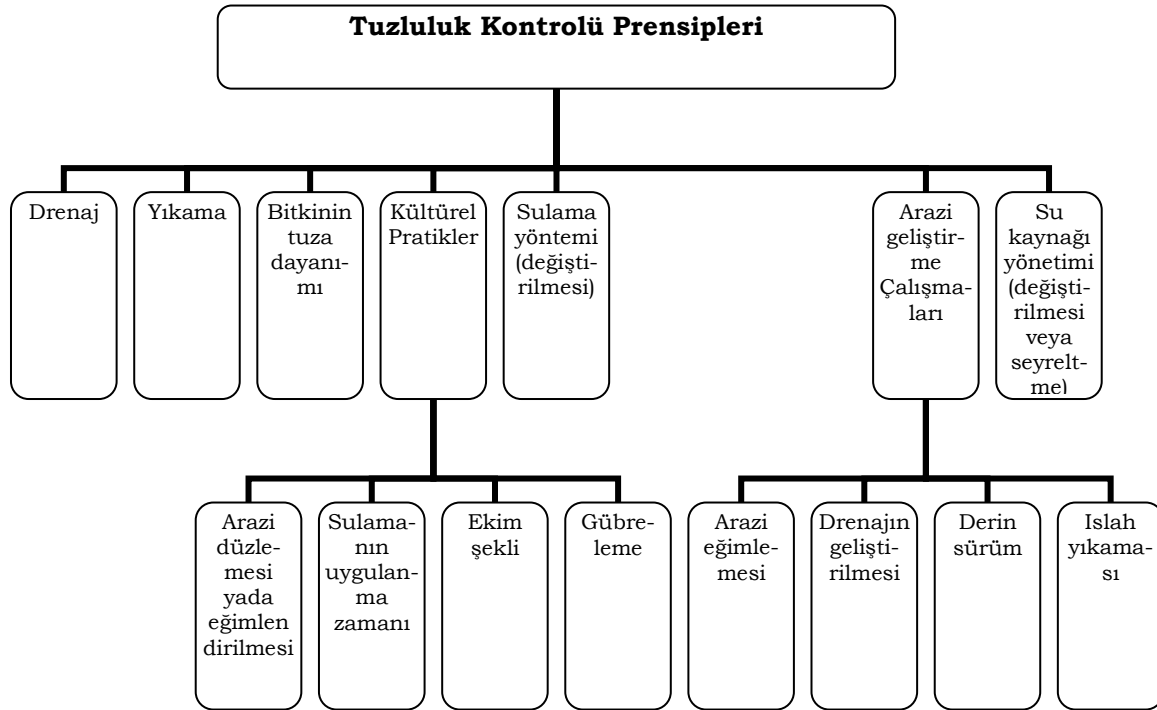


BÖLÜM VIII : TUZLULUK PROBLEMLERİNİN GİDERİLMESİ

GİRİŞ

Tuzluluk kontrolünün asıl amacı, yeterli görülebilir bir verimi korumaktır. Tuzluluk kontrolünde çok değişik yönetim (kontrol) önlemleri vardır ve burada bu önlemler ayrı ayrı ele alınacaktır, pratikte ise bu önlemler birlikte uygulanmalıdır (Şekil 8.1).



Şekil 8.1 Tuzluluğun kontrolünde göz önüne alınması gereken prensipler

Önceki bölümlerde iki önemli kural vurgulanmış idi; (1)Kök bölgesinde biriken tuzların buradan, verimi azaltıcı etkide bulunmadan, yıkama ile uzaklaştırılması, (2)Her zaman toprakta nemin kolaylıkla alınabilir olarak bulundurulması. Bunun yanında drenajın mutlaka gerekliliği unutulmamalıdır ve iyi bir tuzluluk kontrolü drenaj olmadan sağlanamayacaktır. Eğer drenaj yeterli ise, yıkama için gereken su bitkinin tuza olan duyarlılığına ve sulama suyunun tuzluluğuna bağlı olacaktır. Tuzluluk yüksek olduğunda, yıkama için gereken su derinliği (hacmi) yüksek olabilecektir, bu durumda ekonomik pazar koşullarının izin verdiği ölçüde, daha dayanıklı bitki seçimi gündeme gelebilecektir. Su kalitesi ile ilgili tuzluluk problemlerinin çözümünde, bitkinin değiştirilmesi oldukça şiddetli bir değişim olup, ancak diğer daha az şiddetteki (etkideki) önlemlerin işe yaramadığı koşullarda göz önüne alınır. Bir başka açıdan ise yıkama, düşük tuzlulukta sulama sularının kullanıldığı koşullarda dahi tuz birikimini önleyici bir uygulama olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla beraber yıkama yalnızca, drenajın

yeterli olduğu ve taban suyunun yükselerek tuzlulaştırma kaynağı olarak etki yapmayacağı koşullarda uygulanabilir.

Drenaj, yıkama ve daha dayanıklı bitki seçimi gibi uygulamalar, uzun-dönem tuzlulaşmanın önlenmesi için göz önüne alınacak olan uygulamalardır, bunun yanında ise benzer verim azaltıcı etki yaratacak kısa-dönem yada geçici tuzlulaşmaların önlenmesi için diğer bazı kültürel önlemlerin de alınması gerekmektedir. Bazı kültürel önlemlerden olan örneğin daha sık sulama, arazi tesviyesi, gübreleme zamanının ayarlanması ve ekim yöntemleri gibi uygulamalar tuzluluğun kontrolü çalışmalarına yardımcı niteliktedirler.

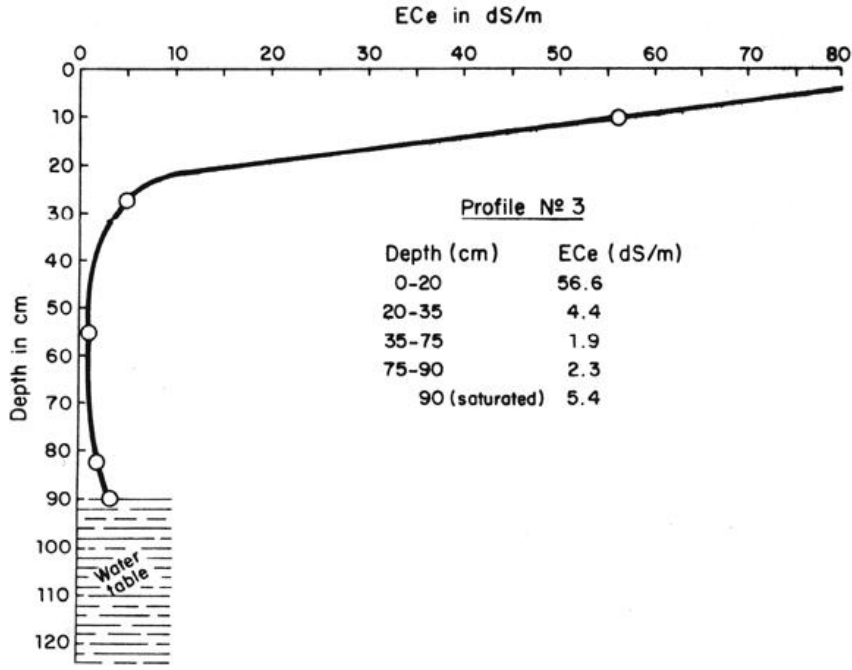
Su kalitesinden kaynaklanmayan yüksek tuzluluk koşulunda ise kısa dönemde bitkinin değiştirilmesi ile birlikte drenaj ve arazi ıslahı çalışmalarının da göz önüne alınması gerekecektir. Toprak ıslahından sonra, kalıcı (sürekli) bitki deseni su kalitesine bağlı olarak oluşturulur. Bazı özel durumlarda, belli bir dönem için alternatif bir su kaynağı var ise, tuzlu suyun oluşturacağı etkiyi önlemek için bu su kullanılabilir yada tuzlu su ile karıştırılabilir. Drenaj, yıkama, bitkinin değiştirilmesi ve kültürel pratikler gibi bazı seçenekler, bundan sonraki kısımda ayrıntılı olarak incelenecektir.

TUZLULUK KONTROLÜ PRENSİPLERİ

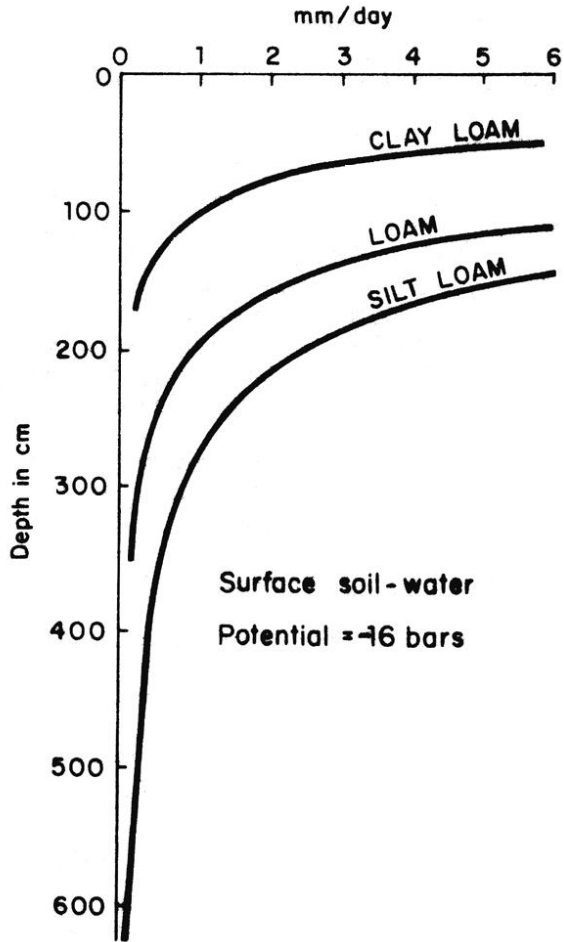
Drenaj

Sulanan alanlarda gözlenen tuzluluk problemleri çok sık olarak 1-2 m derinlikte yer alan kontrol edilemeyen taban suyu nedeniyle olmaktadır (Şekil 8.1). Yüzlek taban suyuna haiz pek çok toprakta, su kapillarite ile aktif kök bölgesi içerisine kadar yükselir ve taban suyu tuzlu ise, kök bölgesi içinde su bitki tarafından ve buharlaşma ile eksildiğinden sürekli bir tuzlulaştırıcı kaynak niteliği taşır. Toprakların bir süre nadasa bırakıldığı özellikle sıcak iklime sahip bölgelerde bu şekildeki tuzlulaşma daha süratli olabilecektir. Kontrolsüz tuzlu taban suyundan olan tuzlulaşmanın derecesi sulamanın yönetimine, yer altı suyunun derinliğine ve tuzluluğuna, toprak tipine, ve iklim koşullarına bağlıdır. Şekil 8.2 bize taban suyundan önemli derecede tuz taşınması olabileceğini göstermektedir.

Kurak ve yarı-kurak alanlarda, eğer taban suyu güvenli bir derinlikte tutulamaz ise (genellikle 2m) kötü drenajın neden olduğu tuzlulaşma yeterince kontrol altına alınamaz. Bu kontrol açık drenaj yada “tile” drenaj teknikleri ile yada bazı noktalarda açılacak drenaj kuyuları ile tuzlu suyun alandan uzaklaştırılıp güvenli tuz-depolarına taşınması ile sağlanabilir. Drenaj yeterli olduğunda, sulama suyu kalitesi ve sulamanın yönetimi ile ilişkili tuzlulaşma yalnızca, sulama suyu ile iletilen tuzlar toprak kök bölgesinde verimi etkileyici düzeyde biriktiğinde önemli olacaktır. Etkin bir tuzluluk kontrolü, bu nedenle, taban suyunun belli bir derinlikte kontrolünde ve stabilizasyonunda ve gerektiğinde yıkama suyunun uygulanması aşamasında yeterli bir drenajı mutlaka içermelidir. İstenen düzeyde bir yıkamayı sağlayacak uygulanan sudan oluşacak net akış miktarı tuzluluğu kontrol edecektir. Bu yayında belirtilen tuz birikiminin tamamının uygulanan sulama suyu ile iletilen suların meydana geldiği varsayılmaktadır.



Şekil 8.1 Yüksek taban suyu koşulunda tuzluluk profili



Şekil 8.2 Kapilar akış ile taban suyu düzeyi ilişkisi

Yıkama İle Tuzluluğun Kontrolü

Topraktaki eriyebilir tuzlar aşırı düzeyde biriktiğinde yada aşırı düzeyde birikeceği anlaşıldığında, bitkinin su gereksiniminden daha fazla olarak uygulanacak yıkama ile kök bölgesinden uzaklaştırılabilir. Uygulanan bu fazla su bir kısım tuzları derine sızma ile kök bölgesinde yıkayarak alt katmanlara doğru taşır. Yıkama, sulama suları ile taşınan tuzların yıkanmasında anahtar uygulama olmaktadır. Zaman boyutunda, yıkama ile kök bölgesinden uzaklaştırılan tuzların miktarı, sulama suyu ile iletilen yada biriktirilen tuz miktarından daha fazla olmalıdır. Burada cevaplanması gereken soru, ne kadar yıkama suyu verilmelidir ve ne zaman uygulanmalıdır?

Yıkama Gereksinimi

Pek çok yayında “*yıkama hacmi, LF*” terimi ile “*yıkama gereksinimi, LR*” terimi birlikte kullanılmaktadır. Her iki terimde, tuzluluğun kontrolünde kök bölgesi altına sızan sulama suyu miktarını ifade etmektedir. Ancak, yıkama gereksinimi kavramının içerisinde bitkinin ekonomik verimlilik düzeyi de dahil edilmektedir. Bir başka ifade ile yıkama gereksinimi, toprakta yetiştirilen bitkinin ekonomik verimlilik potansiyelinin azalmasına neden olmayacak tuzluluk düzeyinin oluşturulmasında, kök bölgesi altına sızan su hacminin uygulanan toplam su hacmine oranıdır.

Tuzluluklar göz önüne alındığında ise, yıkama gereksinimini belirleyebilmek için, sulama suyu tuzluluğu (EC_w) ve bitkinin tuza dayanım tuzlulukları (EC_e) bilinmelidir. Sulama suyu tuzluluğu laboratuvar analizleri ile elde edilebilirken, EC_e değeri bitkilerin tuza dayanımlarını ifade eden tablolardan (Çizelge 7.2) alınmalıdır. Bu tablolar tolere edilebilir bitki verim kaybı (genellikle %10) uygun olarak kabul edilebilir EC_e değerlerini içermektedir.

Yıkama gereksinimi (LR) oranı, genelde uygulanan bitki rotasyonları için Şekil 8.3 den tahmin edilebilir. Belirli bir bitki için daha doğru bir tahmin yapabilmek için, yıkama gereksinimi eşitliği kullanılabilir (Rhoades 1974; Rhoades ve Merrill 1976).

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w} \quad (1)$$

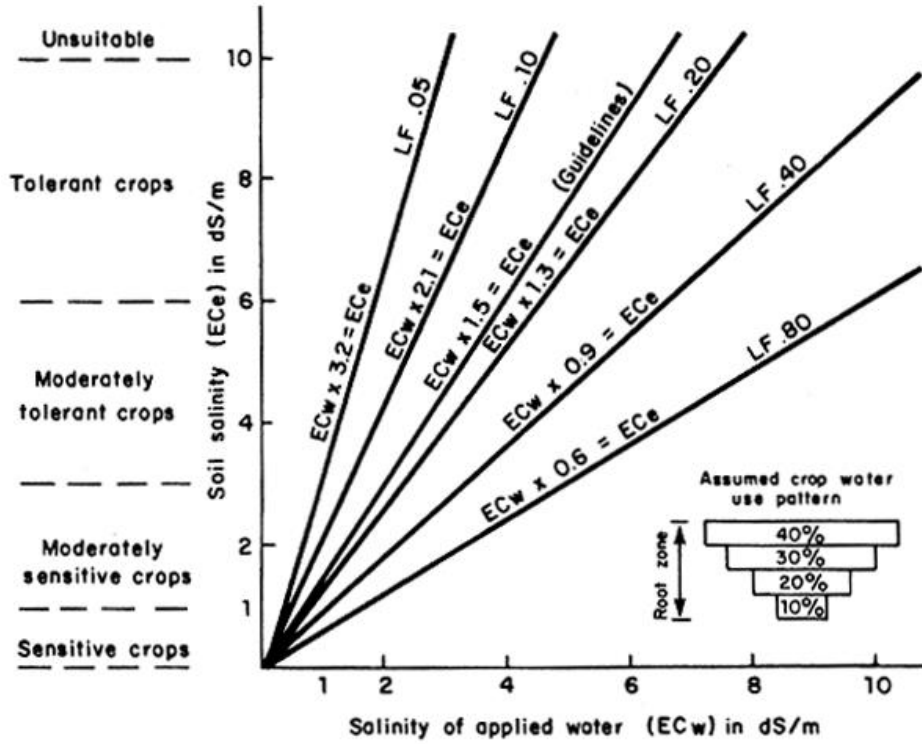
Burada;

LR=Geleneksel yüzey sulama yöntemleri ile tolere edilebilir tuzluluğu kapsayan minimum yıkama gereksinimi,

EC_w =Uygulanan sulama suyunun tuzluluğu (dS/m), ve

EC_e =Saturasyon ekstraktında ölçülen ve bitki tarafından tolere edilebilen tuzluluk değeridir.

Burada kullanılacak tuzluluk değerleri olarak, bitki için %90 yada daha fazla oranda verimlilik potansiyelini içeren değer alınmalıdır. Bunun yanında suyun tuzluluğunun orta yada yüksek olduğu koşulda (>1.5 dS/m) verim değerinin, tuzluluğun kontrolünün kritik değerinde olması nedeniyle, %100 olarak seçilmesinde yarar vardır.



Şekil 8.3 Değişik LF değerleri için toprak tuzlulukları (EC_e) ile ilişkili olarak uygulanan su tuzluluğunun (EC_w) etkisi

Yıkama gereksinimini de içeren toplam sulama suyu miktarını bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$AW = \frac{ET}{1 - LR} \quad (2)$$

Burada;

AW =Uygulanan sulama suyu derinliği (mm/yıl),

ET =Yıllık toplam bitki su gereksinimi (mm/yıl),

LR =Fraksiyon olarak yıkama gereksinimi değeri (LF).

Örnek 1: Yıkama gereksinimi hesaplanması.

Mısır bitkisi karık sulama ile sulanıyor. Bitki homojen olarak ekilmiş ve kullanılan nehir suyunun tuzluluğu ise $EC_w=1.2$ dS/m. Bitki yıllık toplam su gereksinimi $ET=800$ mm. Sulama randımanı %65. Bu durumda bitki su ihtiyacını karşılamak için alana verilmesi gereken toplam sulama suyu miktarı $800/0.65=1230$ mm olmaktadır. Yıkama gereksinimi için verilmesi gereken su miktarı ne kadardır?

Verilenler: $EC_w=1.2$ dS/m,

$EC_e=2.5$ dS/m (mısır için tablo 4 den ve %90 verim potansiyeli için)

$EC_e=1.7$ dS/m (mısır için tablo 4 den ve %100 verim potansiyeli için)

Açıklama: Yıkama gereksinimi 1 nolu eşitlikten, istenen verim potansiyeli değeri kullanılarak hesaplanabilir.

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w} = \frac{1.2}{5(2.5) - 1.2} = 0.10 \text{ (%90 verim potansiyel i)}$$

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w} = \frac{1.2}{5(1.7) - 1.2} = 0.16 (\%100 \text{ verim potansiyeli})$$

Hem bitki su tüketimini hem de yıkama gereksinimini karşılamak üzere verilmesi gereken toplam sulama suyu miktarı 2 no lu eşitlikten hesaplanabilir.

$$AW = \frac{ET}{1 - LR} = \frac{800}{1 - 0.10} = 890 \text{ mm/mevsim}$$

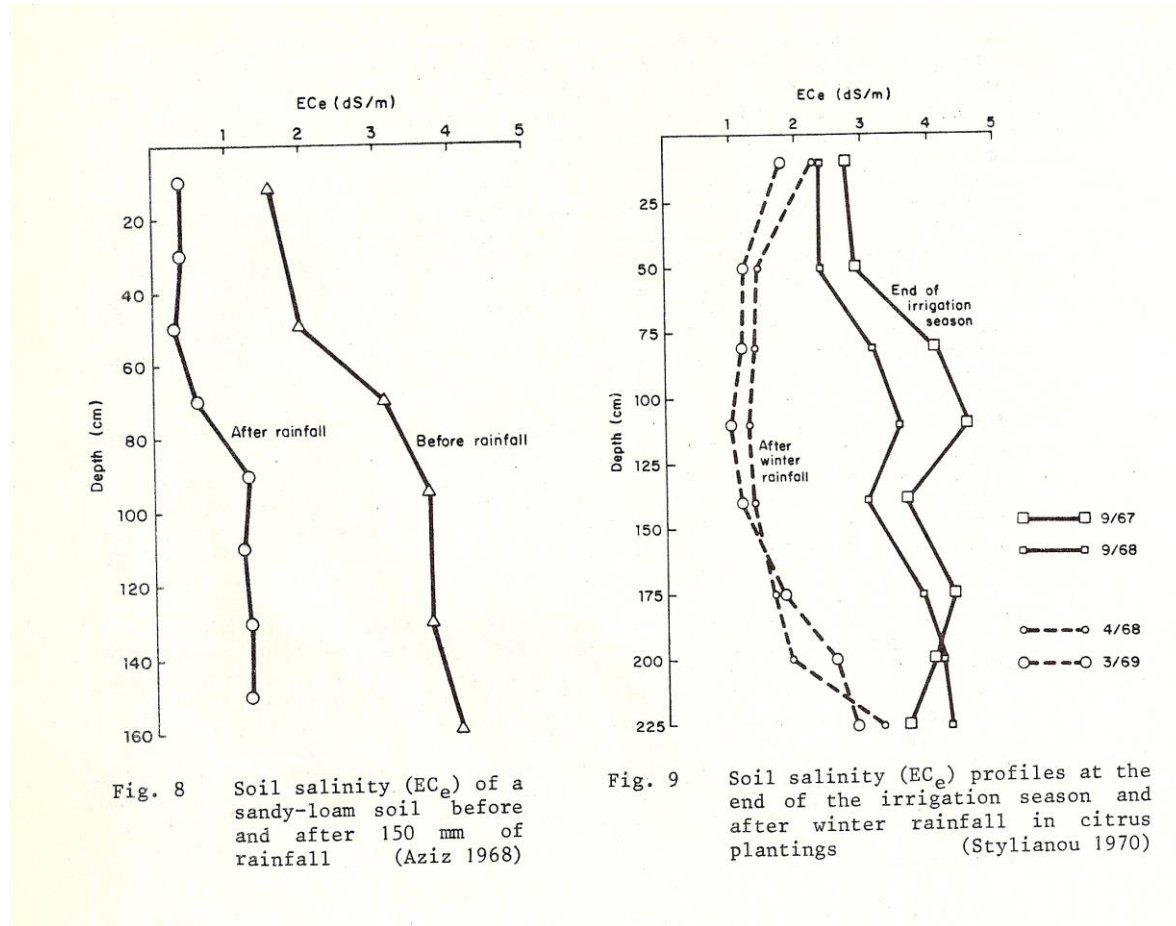
Burada sulamanın başarılması için gereken miktar yani bitki su ihtiyacı ile sulama kayıpları birlikte 1230 mm dir. Bu miktar, bitki su ihtiyacı ile birlikte yıkama gereksinimi toplamı olan 890 mm den daha fazla olduğundan, burada sorulacak soru, bu fazla suyun derine sızma kayıplarından mı oluştuğu ve bu fazlalığın yıkama gereksinimini içerip içermediğidir. Genelde derine sızma kayıpları, normal sulamalar altında 0.15 lik bir yıkama gereksinimi düzeyini her zaman içerirler ki bu yıkama gereksinimi miktarı genel pratikler içerisinde sıkça rastlanan ve yeterli olabilen bir düzeydir. Bu örnekte, gereksinilen yıkama ihtiyacı oranı olan 0.10 yada 0.16, sulama etkinliği içerisinde yer alan miktarla karşılanabildiğinden, tuzluluğun kontrolü için ayrıca yıkama amaçlı su uygulanmasına gerek kalmamaktadır.

Yıkama Zamanı

Verim azalmasına neden olacak kadar tuzun birikmesi belli bir zaman alacaktır. Pek çok iyi kalitede sulama suyu için, yıkama olmadan, verim üzerine etkili olacak kadar tuz birikimi olabilmesi için 2 yada daha fazla yıl geçmesi gerekmektedir. Bundan başka, tuzun zararlı düzeylere ulaşabildiği gelişme döneminin sonlarında, tuzluluk etkisi daha az olacaktır. Bu nedenle gelişmenin başlangıcında tuzluluk yeterince düşükse, gelişme dönemi içerisindeki su kullanım etkinliği, tuzluluktan ötürü herhangi bir azalma oluşturmadan, %100 olarak alınabilir. Gelecek dönemde, yağışlar, nadas dönemi ve ekim öncesi sulamalar sonucunda kök bölgesindeki tuzlar alt katlara doğru yıkanır ve bitkinin su kullanımı bir daha ki gelişme dönemi içerisinde de yeterli düzeyde olur. Sıcak yaz dönemi içerisinde hem bitki su gereksinimini ve hem de yıkama gereksinimini birlikte karşılamak zor olabilecektir. Burada unutulmamalıdır ki, yıkama, tuz birikiminin verim azalmasına neden olabileceği beklenmediği sürece gereksizdir.

Yıkamanın zamanı, bitkinin tuza dayanımı göz önüne alındığında eğer dayanım sınırları açısından bir sorun olacağına inanılmadığı sürece, önemli olmayacaktır. Ancak bu yıkama nisbeten önemsizdir olarak algılanmamalıdır. Yıkama gereksinimi, fazla tuz birikimini önlemede yeterli olmalıdır. Yıkama uygulamaları her sulamada, alternatif sulamalar sırasında yada daha seyrek olmak üzere yıllık yada daha uzun aralıkta, verim yeteri kadar azalmadan tuzluluğu eşik değerinin altında tutmak için, yapılabilir. Pek çok kereler, sulamadaki düşük randıman (etkinlik) sonucunda gereksinilen yıkama gereksinimi hacmi kendiliğinden oluşabilir ve ek bir yıkama uygulaması gereksiz hale gelir (Örnek 1). İyi kaliteli suyun kullanıldığı ve yıkama gereksinimini düşük olduğu (<0.10) koşullarda, sulama etkinliğinin azlığı nedeniyle kök bölgesi altına sızan su hacmi, hemen hemen her zaman yeterli yıkamayı oluşturur. Ancak su kalitesinin kötü olduğu koşullarda genellikle büyük hacimleri kapsayan yıkama gereksinimleri ortaya çıktığından, drenaj sorunu ile birlikte ele alınırlar. Normal sulama pratikleri altında oluşan sızma kayıpları genelde iyi bir tuzluluk kontrolünde yeterli olmaktadır.

Yağışlar, yıkama gereksinimi hacminin hesaplanmasında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Yağışlarla toprağa giren su miktarı hem bitki ET sinin bir bölümünü karşılamakta, hem de yıkama gereksiniminin bir bölümünü karşılamakta etkindir. Etkili yağış miktarı eksik olan ET yi karşılamakta rol oynar. Eğer ET değerinden fazla ise bu kez drenaj suyu oluşturur ve kök bölgesinden tuzları yıkayarak yıkama gereksiniminin bir bölümünü yada tamamını karşılar. Yağışın, yıkama gereksiniminin tamamını yada bir kısmını karşılamadaki avantajı, uniform etkisi ve düşük tuzluluğudur (<0.05 dS/m). Eğer yağışın intensitesi, toprağın infiltrasyon hızından daha düşük olursa etkisi daha fazla olur. Toplam yağış miktarı yeterli olduğunda, yıkama gereksinimi (LR) hesabında kullanılan ortalama sulama suyu tuzluluğunun azaltılmasına neden olur ve böylece oransal olarak yıkama gereksinimi hacmi de azalır. Şekil 8.4a, yağışın kök bölgesi tuzluluğunu hızla nasıl azalttığını açıklamaktadır.



Şekil 8.4 Kök bölgesinde yağışlar etkisi ile oluşan yıkanmaya ilişkin örnekler

Yağışın düşük olduğu yıllarda yada alanlarda, yağış toprağın su tutma kapasitesini tamamlamada yetersizdir, ve bu koşulda profilde biriken tuzların yıkanmasında bir etkisi olmaz ancak tuzların toprağın üst katlarından alt katlarına doğru hareket etmesine neden olur. Böylece üst toprak katmanlarının düşük tuzluluğu nedeniyle çimlenme oranı artacaktır.

Yağışların soğuk aylarda yada kışın meydana geldiği iklimlerde, kurak geçen yıllarda dahi kış yıkamasının oluşması mümkün olabilecektir. Yoğun sonbahar

yada erken kış sulamaları, topraktaki nem açığını gidererek doyuracağından, kış yağışlarının yıkama yapabilmesine olanak sağlaması açısından önerilmektedir. Daha sonra kış yağışları toprak nem açığını gidererek düşük tuzlulukta suyu ile yıkamanın bir bölümünün yada tamamının meydana gelmesine neden olur. Kış yağışlarının bunu başaramadığı durumlarda ise, erken dönem (ilkbahar) sulamalarında oluşacak derine sızma kayıpları tarafından toprak nem açığı giderilerek yıkama oluşturulur. Şekil 8.4b 'de narenciyede kış yağışlarının oluşturduğu yıkama gösterilmektedir.

Yıkama gereksinimi hesaplanabilir (eşitlik 1), ancak biz sadece gerçekte oluşabilecek toplam yıkamayı tahmin edebiliriz. Toprak ve bitkinin izlenmesi yıkamanın hesaplanmasında yararlı gereçlerdir. Bir sulama sezonundan diğerine önemli değişimler meydana gelebilir; bu nedenle izleme uzun dönem eğilimleri etkileyecektir ve toprak tuzluluğu değişecektir.

Pek çok çalışma, tarla denemesi ve gözlemleri yıkamanın verimliliğinin artırılmasında ve gereksinilen suyun miktarının azaltılmasında bize yön göstermektedir. Bunlardan bazı uygulamalar ve önerileri şöyle sıralayabiliriz;

- Sıcak periyot yerine yıkamayı soğuk periyotta uygulayınız, bu şekilde hem yıkama verimliliği artmış olacak hem de ET değerindeki kayıplar azalacaktır.
- Mümkün olduğunca tuza dayanıklı ürünleri kullanın, bu ürünler için gereksinilen LR miktarı daha az olduğundan toplam su gereksinimi az olacaktır.
- Toprak sürümünü arazideki yüzey akışın azaltılmasını sağlayacak şekilde uygulanması halinde yüzeyde oluşan ve suyun bypass olmasına ve yıkama verimliliğinin azalmasına neden olan çatlakların azalması sağlanabilir.
- Yağmurlama sulama yönteminin kullanılması tercih edildiğinde, suyun toprak infiltrasyon oranından daha düşük bir hızda uygulanması ile toprakta sature olmayan ortamdaki su akışı sağlanabileceğinden yıkama verimliliği artırılmış olacaktır. Ayrıca göllenme şeklindeki uygulamaya göre, daha fazla sulama zamanına karşın daha az sulama suyu uygulanmış olacaktır (Oster et.al. 1972).
- Gölleme ve kuruma uygulamasını sırayla uygulamak, sürekli göllemeye oranla, daha uzun zaman gereksinimine rağmen daha az su kullanımı oluşturacaktır ve daha etkili bir yıkamaya neden olacaktır (Oster et.al. 1972). Yüksek taban suyunun ikincil tuzlulaşma oluşturabileceği alanlarda daha uygun bir yöntemdir.
- Uygun olan yerlerde yıkamalar, bitki su gereksiniminin daha az olduğu dönemlerde yapılmalı yada bitki gelişme döneminin sonuna ertelenmelidir.
- Özellikle sıcak yaz aylarında ikincil tuzlulaşmanın kapilarite nedeniyle etkin olabileceği ortamlarda nadas uygulamasından kaçınılmalıdır.
- Eğer infiltrasyon oranı düşük ise, aşırı su uygulamasından kaçınmak için, ön sulama yada sezon sonu yıkama uygulamaları tercih edilmelidir.
- Yağmur dönemi başlamadan sulama yapılması, yıkama için beklenen normal yağış toplamının yeterli olmadığı iklimlerde, yıkamanın tamamlanabilmesi için, uygulanmalıdır. Yağmur, genelde iyi kaliteli su ile düşük infiltrasyon

oranında yıkama oluşturduğundan çok uygun bir yıkama şekli oluşturmaktadır.

İzleme (Monitoring)

İyi bir sulama yönetimi, yeterli sulama suyunun ve yıkama gereksinimini toplamının atık su oluşturmadan uygulanmasını içermektedir. Sulama suyu gereksinimi ve sulama suyu toplamı tahmin edilebilir ve uygulanacak toplam sulama suyu derinliği hesaplanabilir. Bununla beraber pek çok koşulda ise, uygulanacak su derinliğinin (akış oranı, uygulama süresi ve alan) tahmini, tuzluluk kontrolünde yıkamanın yararlılığı güvenilir olmadığından, doğru olmamakta yada uygulanamamaktadır. Geçmiş uygulamalar ve halihazır koşullar için güvenilir tahminler toprak örnekleri alınarak tuzluluk analizleri ile yapılabilir. Toprak örneklerinden görünürdeki yıkama fraksiyonu değeri ile geçmişteki sulama uygulamaları sonucu toprakta oluşan tuzlulaşma oranı belirlenebilir.

Aşağıdaki uygulamalar önerilebilir;

- Toprak örnekleri alarak, kazarak yada benzer yöntemlerle yada tecrübelerinizle son bitkinin kök derinliğini tahmin edin. Tahmin edilen derinlik, gözlenen derinliğin %75-85 ini içermelidir.
- Kök bölgesinde her bir çeyrek toprak derinliğinden toprak örnekleri alınız, ve saturasyon ekstraktında EC_e ölçümü yapınız.
- Elde edilen toprak tuzluluklarına karşı toprak derinlikleri için, şekil 2 dekine benzer bir grafik oluşturunuz ve burada farklı LR değerlerine karşılık gelen toprak tuzluluk değerlerini grafikleyerek karşılaştırma yapınız. Daha sonra, alanınıza ait tuzluluk profilinden yararlanarak uygun LF değerini tahmin ediniz.
- Kök bölgesi profiline ait dört toprak EC_e değerinden yararlanarak, ortalama kök bölgesi tuzluluğunu hesaplayınız ve bu değeri ekimi düşünülen bitkiye ait dayanıklılık değeri ile karşılaştırınız.
- Halihazırdaki LF değeri ile ortalama EC_e değerlerini kullanarak, yıkama fraksiyonu değerini azaltmak yada artırmak için gereken sulama pratiğini ayarlayın, böylece seçilen bitki için dayanım değerlerine uygun olarak toprak tuzluluk değerinin oluşması sağlanmış olacaktır. Buna alternatif olarak, toprak tuzluluk değeri bitkiye göre oluşturulamıyorsa, toprak tuzluluk değerine uygun olarak bitki seçimi yapılmalıdır.

Bitkinin Tuza Dayanımı

Bütün bitkiler tuzluluğa karşı benzer bir tepki göstermezler ve bazı bitkiler yüksek tuzluluklarda dahi yeterince ürün oluşturabilirler. Bitkilerin tuzluluğa uyum sağlayabilme yeteneklerinin bilinmesi yararlıdır. Toprak tuzluluğunun yetiştirilen bitkinin ekonomik bir verim oluşturması için kontrol edilemediği alanlarda, yüksek tuzluluk düzeylerinde yeterli ve ekonomik ürün oluşturabilen bitkilerin seçimi açısından bu bilgiler gerekli olmaktadır.

Bitkilerin tuza dayanımı konusu bundan önceki bölümde ayrıntıları ile incelenmiştir.

Kültürel pratikler

Yeterli drenaj, bitkinin tuza dayanımına bağlı olarak yıkama gereksinimi uygulanması yada bu mümkün değil ise tuza dayanımı daha yüksek bitkilerin seçimi gibi esas yönetim seçenekleri daha önceki bölümde tartışıldı. Bunlar en uygun yönetim prensipleridir ancak, bunların yanında özellikle çimlenme, erken bitki gelişimi ve sonuçta da verim üzerine etkili olacak diğer bazı daha az etkin yönetim prensipleri yada pratikleri aşağıda belirtilmiştir. Çoğu durumda kötü verim, çimlenme yada erken gelişme dönemindeki uygun olmayan yetiştiricilik koşullarının etkisiyle olabilmektedir. Bu gibi kısa dönem kültürel önlemler, özellikle sulama suyu tuzluluğunun arttığı koşullarda çok önemli bir nitelik kazanacaktır. Bu önlemler olarak; daha iyi bir su dağılımını sağlayacak arazi tesviyesi, su stresini ve kabuk bağlamayı engelleyebilecek bir sulama zamanı planlaması, tuzlulaşma riski olan yerlerde tohum ekiminden kaçınmak, ve gübre materyalinin, gübreleme zamanının ve miktarının seçiminde dikkatli davranmak.

Arazi Düzeltmesi (Düzleştirilmesi) ve eğilme

Eğer arazi tesviyesi uniform bir su dağılımı açısından uygun değilse yada tesviye yapılmamış ise, bu gibi alanlarda tuzluluğun kontrolü daha zordur. Bu gibi eğimi düzensiz alanlarda, sulamadan sonra bazı yerlerde (tepelikler) su tutumu daha az olurken, taban arazilerde ise su baskını etkisi ortaya çıkacaktır ki, tepeliklerde su eksikliği ve tuzlulaşma etkisiyle çimlenme ve bitki gelişimi etkilenirken, su baskını altında kalan alanlarda da çimlenme ve bitki gelişimi olumsuz etkilenecektir. O nedenle salma yada yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı alanlarda, yağmurlama yada damla sulamanın uygulandığı alanlara oranla arazi tesviyesi gereksinimi daha fazla olacaktır.

Arazinin düzleştirilmesi, basit olarak arazinin tepeliklerinin ve çukurluklarının düzeltilmesi işlemidir. Arazi tesviyesinin yerini alamaz ve onun sağladığı düzgün arazi şeklini ve eğimlemesini içermez. Arazinin düzleştirilmesi işlemi her yıl uygulanabileceği gibi, birkaç yılda bir bitki çeşidinin değiştirilmesi durumunda uygulanabilir. Arazi tesviyesi ise bir kez uygulanan ve gerektiğinde büyük arazi parçalarının bir yerden alınarak başka bir yere taşındığı bir uygulamadır.

Sulama zamanı

Tuzlu suların kullanıldığı koşullarda, sulama zamanı planlaması, su stresinin azaltarak daha başarılı bir verimi olası kılar. Sulama zamanı planlamasından kasıt, sulama sıklığının artırılması, kış dönemi başlangıcında sulama yapılması, ön sulama pratikleri, yada çimlenmeye yardımcı olmak amacıyla diğer bazı sulama uygulamalarıdır. Sulama zamanlamasının ana amacı tuzluluğun azaltılması ve sulamalar arasındaki dönemdeki su stresinin düşürülmesidir.

Sulamalar arasındaki dönemde su stresinin azaltılması çoğunlukla sulama sıklığının artırılması ile toprak suyunun aşırı bir biçimde tüketilmesinin önüne geçilir. Bu da yüksek su alım potansiyelinin sağlanması demektir.

Ancak sulamanın sıklaştırılması her zaman beklenen yararı sağlamayabilir. Örneğin yüzey sulama yöntemlerinin uygulandığı alanlarda (salma ve karık sulama) sık sulama ile birlikte uygulanan su derinliğinin çok artması sonucu, su kullanım

randımanı azalır ve drenaj problemi ortaya çıkar. Yüzey sulama yöntemleri uygulanan su miktarlarının düzenlenmesi açısından yağmurlama yada damla sulamaya oranla daha az uygundur. Uygun sulama yöntemlerinde sulama sıklığının artırılması, su kullanımını artırmayacaktır.

Yüksek tuzlu sulama suyundan gelen tuzlar toprakta üst birkaç cm lik kısımda, özellikle sıcak ve kurak iklimlerde ve taban suyunun yüksek olduğu alanlarda, bitkisiz dönemdeki yüksek evaporasyon sonucunda birikmeye başlarlar. Bu tuzluluğun düzeyi hem sulama suyunun tuzluluğu ve hem de varsa taban suyunun tuzluluğu tarafından etkilenir. Bu gibi koşullarda çimlenme, fide gelişimi ve verim olumsuz etkilenir. Bu yüzeyde biriken tuzları azaltmak için ekim öncesi yıkama amaçlı sulama uygulaması sıkça yapılır.

Eğer kış yağışları yüzeyde biriken tuzları yıkamaya yeterli olmaz ise, yapılacak sulama ile yüzey toprağı doyurulduğunda sınırlı miktardaki kış yağışları ile yüzey toprağında biriken tuzların yıkanması mümkün olur. Yağmur suyu kalite açısından mükemmel bir niteliktedir ve yüzey toprağını yıkayarak çimlenme problemlerini önler. Geç sonbahar yada erken kış sulamaları, Akdeniz Bölgesi gibi kış yağışlarının yıkamaya yeterli olmadığı iklimler için çok yararlı bir uygulamadır. Kış yağışları ile birlikte ekim öncesi sulamalar, su kalitesinin ideal olmadığı durumlarda yetiştiriciye büyüme mevsimi içerisinde sulamalarda büyük bir esneklik tanır.

Ortadan yükseğe doğru tuzlu suların ($EC_w > 1$ dS/m) kullanıldığı koşullarda, özellikle yükseltilmiş yataklarda ve karık sulama yapılan alanlarda yapılan ekimlerde çimlenme, tohum yataklarında biriken tuzlar nedeniyle zayıflar. Lahana, domates gibi nisbeten tuza hassas bitkilerin yetiştiriciliğini yapan çiftçiler bu durumda yağmurlama sulamasını, çimlenme yataklarındaki sıcaklığın azaltılmasını yada erken çimlenme uygulamalarını tercih ederler. Sulamalar birkaç gün boyunca daha kısa süreli olarak günde bir kaç kez olarak uygulanır. Yaklaşık 10-14 gün sonra yağmurlama sulama sistemi oradan kaldırılarak tarlanın başka bir yerine taşınır ve karık yada salma sulama hangisi uygulanacaksa, sulamalara devam edilir. Bir dönemde, tek bir yağmurlama sulama birimi, pek çok yerde çimlenme ve erken dönem sulamaları için kullanılabilir.

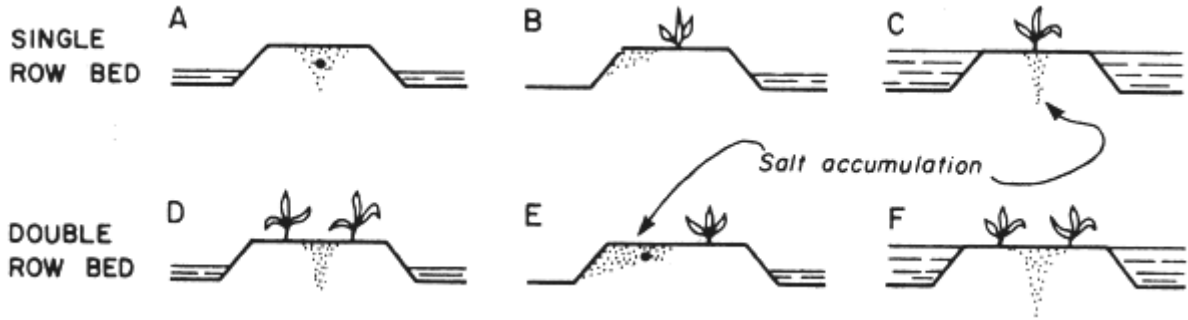
Suda klor yada sodyum nisbeten yüksek olduğunda, gövde üzerinden yapılacak yağmurlama sulama uygulamaları problemlere neden olabilecektir. Bu sorunlar, bu minerallerin buharlaşma ile toprakta birikmesi yada ıslanan yapraklardan absorbe edilerek zararlı düzeylerde birikmesi şeklinde ortaya çıkar. Bu sorunlar yavaş dönen yağmurlama başlıkları ile düşük intensitede yapılan sulamalarda daha çok ortaya çıkar. Sudaki Na yada Cl iyon konsantrasyonu 3 meq/l nin üzerine çıktığında sorunlar başlar. Zararlanmalar genelde yaprak kenarlarında ve ucunda görülen yanmalar şeklinde ortaya çıkar ve yaprakta yapılacak Cl ve Na analizleri ile karara varılabilir. Yüksek nemin olduğu zamanlarda örneğin gece yapılan sulamalarla bu etkinin büyük oranda önüne geçilebilir.

Tohum Ekimi

Tuzluluk çimlenmeyi yavaşlatır yada imkansız hale getirebilir ve özellikle karık sulamanın uygulandığı alanlarda sulama suyunun yada toprağın tuzluluğunun yüksek olması bu durumu ortaya çıkarır. Yetiştiriciler genelde çimlenmenin azalması etkisini ortadan kaldırmak için gereğinden daha fazla tohum ekme yoluna giderler. Bu durumda gereğinden daha fazla bir bitki popülasyonu ve aynı zamanda uniform olmayan bir bitki popülasyonu oluşturulmuş olur ve daha

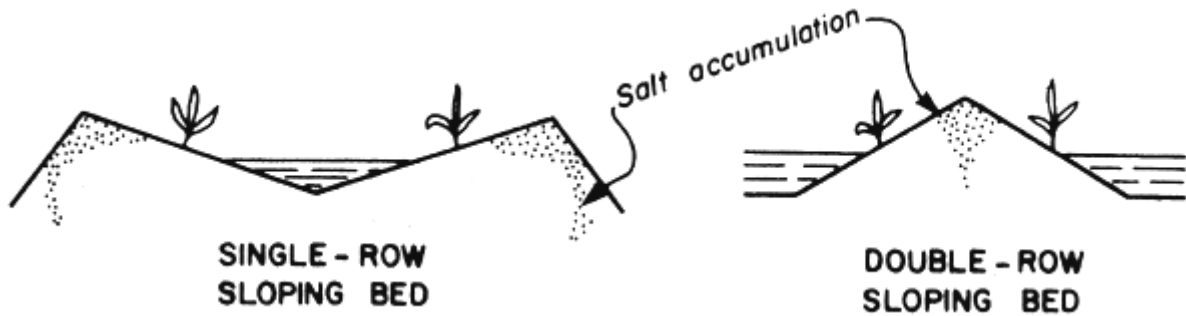
sonra seyreltme yapılması için de ayrıca masraf yapılması zorunluluğu ortaya çıkar. Bu durumda en uygun yol, tohumun çimleneceği ortamın tuzluluktan arındırılması olmalıdır. Uygun ekim biçimleri, tohum yatağı biçimleri, ve sulama uygulamaları ile kritik dönemlerdeki çimlenme sorunlarının büyük oranda önüne geçilebilir.

Karık sulama alanlarında topraktaki su akışı karık içlerinden karık sırtlarına doğru olacaktır. Bu durumda toprakta bulunan tuzlar da su ile birlikte karık sırtlarına doğru hareket edip buralarda birikecektir (Şekil 8.5 A). Bu durumda tek sıralı ekimin uygulandığı karık sisteminde tohumun ekildiği yer, tuzun en fazla biriktiği bölge olacaktır. Çift ekim sırasının uygulandığı yükseltilmiş karık sisteminde ise tohum ekim yerleri karık sırtının iki tarafına doğru kayacağından, tuzun yoğun olarak biriktiği orta kısımdan uzaklaşmış olacaktır (Şekil 8.5 D).



Şekil 8.5 Düz yüzeyli karıklar ve sulama uygulamaları (Bernstein et.al. 1975)

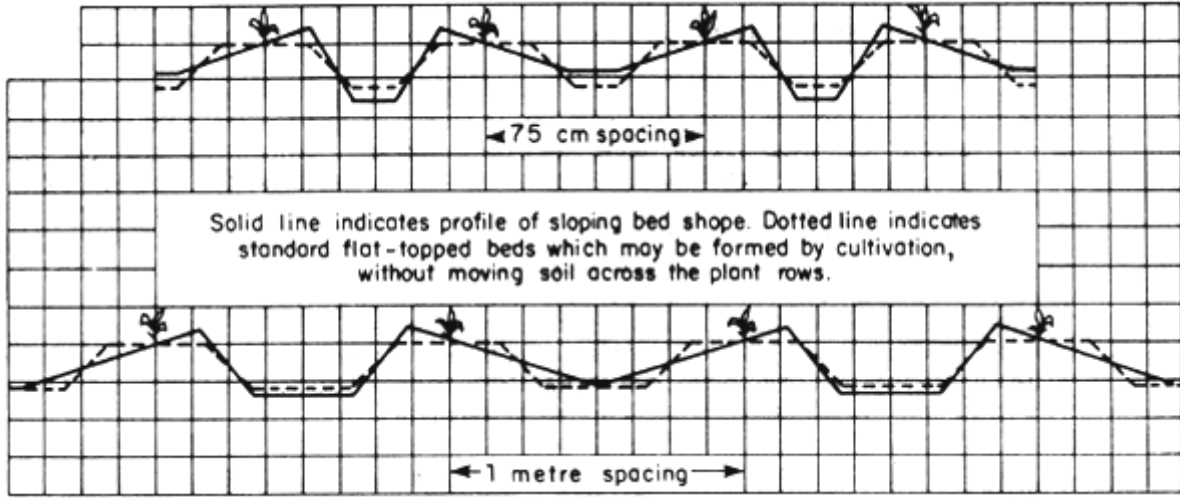
Daha başka ekim alternatifleri de vardır. Örneğin alternatif sıra sulama uygulaması (Şekil 8.5 B ve E) yardımcı bir pratiktir. Karık sırtında tuz birikimi olacaktır ancak tek sıralı ekim yapılan yerlerde karık sırtı ortasında daha düşük miktarda olacaktır ve çift sıralı ekim yapılan yerlerde ise biriken kısım suyun uygulandığı karıktan uzaktaki karık kenarında olacağından, alternatif sulama çift sıralı ekimde önerilmez.



Şekil 8.6 Eğimli karıklarda tuzluluğun kontrolü (Bernstein and Fireman, 1957)

Tek sıralı yada çift sıralı ekim uygulansın, tuzluluğun sorun olduğu alanlarda uygulanan su miktarının artırılması ile de tuz birikimi toprakta daha ince bir profilde sağlanabilir (Şekil 8.5 C ve F). Yada daha iyi bir uygulama örneği olarak Şekil 8.6 de gösterilen eğimli yüzeyli karık biçimi uygulanabilir. Burada bitki ekimi yada dikimi eğimli yüzey üzerinde ve su hattının hemen yanına yapılır. Burada sulamaya, ıslak çeper tohum yatağını geçinceye kadar devam edilir. Sulu tarımın kolaylıkla uygulanabildiği ve daha sonra klasik düz yataklı karık sistemine dönüşün kolay olduğu doğru bir eğimli karık biçimi Şekil 8.7 de gösterilmiştir.

Eğimli karıktan klasik düz sırtlı karığa dönüş genellikle çimlenmeden ve erken gelişme döneminden sonra yapılır.



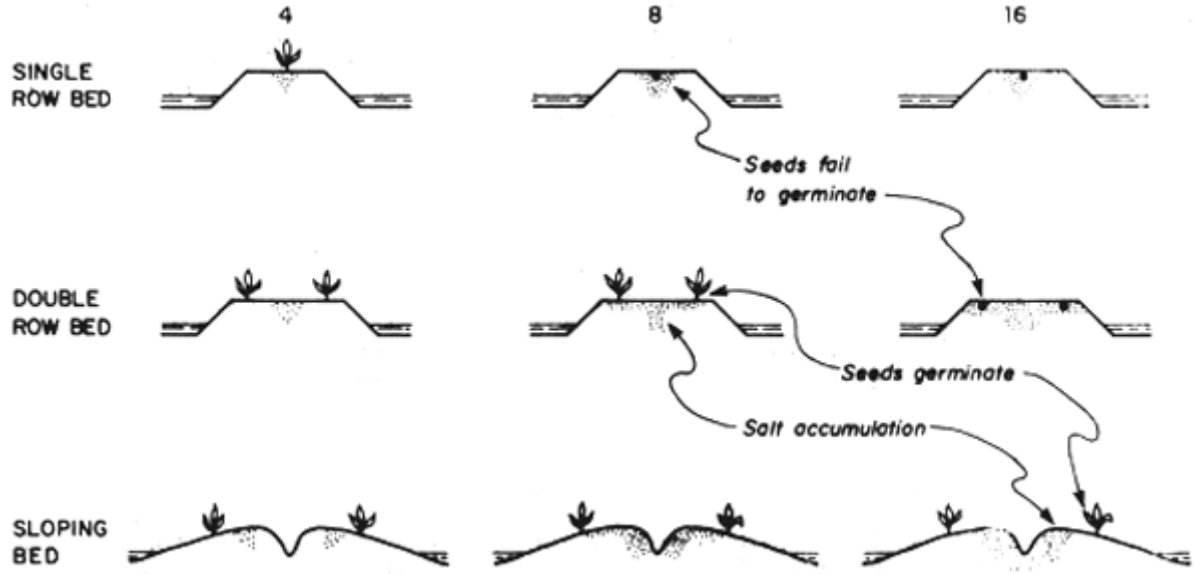
Şekil 8.7 Eğimli karıklar (Bernstein and Ayers, 1955)

Tek sıralı eğimlendirilmiş yatakların yaygın şekilde kullanılan bir diğer uyarlaması Şekil 8.8'de gösterilmiştir; bu yatak hem tuzluluk ve hem de sıcaklık kontrolü için kullanılmaktadır. Tohumlar karıktaki su hattının hemen üzerine ekilmektedir. Kışın veya erken ilkbaharda ekilen bir bitki için birkaç derece daha yüksek toprak sıcaklığı önemlidir; eğimlendirilmiş yatak kuzey yarımkürede güneye doğru yönlendirilmektedir. Daha soğuk toprak sıcaklığının istendiği soğuk iklimlerde bu eğimin tersine çevrilmesi (güneşten uzak yüze yönlendirme) yararlı olmaktadır.

Farklı toprak tuzluluklarında Şekil 8.9 da verilen diyagram, tohum yataklarındaki şekil düzenlemesinin etkinliğini açıklamaktadır. Gerçek tepki, başlangıç toprak tuzluluğuna, sulama yöntemine, sulama suyu tuzluluğuna, ve bitkinin çimlenmedeki dayanıklılığına bağlı olacaktır. Pek çok bitkide tuzluluk çimlenmeyi azalttığından, karıklarda suyu uzun süre tutmakla ıslak ortam yaratılacağından ve bu durumda kabuk bağlama önlenip tuzluluk azalacağından, bazen çıkış artırılabilir.



Şekil 8.8 Tuzluluk ve sıcaklık kontrolü için eğimli karıklar



Şekil 8.9 Karık şekilleri ve tuzluluk etkileri (Bernstein at.al., 1955)

Gübreleme

Gübreler, çeşitli artıklar ve ıslah maddeleri içerisinde yüksek konsantrasyonda pek çok eriyebilir tuz barındırırlar. Gübreler çimlenen fidenin çok yakınına atılırsa, tuzluluk yada toksisite sorunlarının çıkmasına yada bu sorunların artmasına neden olurlar. Örneğin 50 kg/ha azot gübrelemesi (240 kg/ha amonyum sülfat), gübrenin alana uniform dağıtılması halinde herhangi bir olumsuzluk yaratmamasına karşın, eğer tohumun çok yakınına verilirse, mümkündür ki, yüksek tuzluluk etkisi, çimlenmenin azalmasına yada çıkışın iyi olmamasına yada fidenin kötü gelişmesine neden olabilecektir.

Sonuçta gübrelemenin zamanı kadar toprakta yerleştirildiği nokta da önem kazanmaktadır. Fideler tuzluluğa hassastırlar ve küçük olduklarında az miktarda gübreye gereksinim duyarlar. Bu nedenle ekimde yada ekim öncesi az miktarda gübre uygulanmalı, kalan miktar çıkıştan daha sonraki (ana gelişme döneminden daha önce olmak üzere) bir dönemde uygulanmalıdır. Buna ek olarak, daha az tuz içeren gübre kompozisyonları seçilmelidir. Gübre ne kadar az tuz indeksi içerirse, tuzluluktan ötürü meydana gelebilecek yaprak yanması gibi zararların riski o kadar azalacaktır. Bazı gübrelerin tuz indisleri Çizelge 9 da verilmiştir.

Bitkilerin tuza dayanımlarının genel olarak optimum verim için gereksinilen miktardan fazla verilecek gübreden etkilenmediği düşünülür. Ancak, hem tuzluluk hem de yetersiz gübreleme birlikte verim düşüklüğü üzerine etkili olduğunda, bu faktörlerden birisinin yada her ikisinin birden düzenlenmesi ile verim artırılabilir. Buna karşın gübreleme yeterli ancak tuzluluk yüzünden verim düşüklüğü söz konusu olduğunda, gübreleme miktarının artırılması ile verimin düzenlenmesi mümkün olmayacaktır.

Sulama Yöntemi (Değiştirilmesi)

Sulama yöntemleri hem su uygulama etkinliğini ve hem de tuzların birikme şeklini doğrudan etkilemektedir. Salma ve yağmurlama sulama yöntemleri tüm alan

üzerine su uygulayabilme amacıyla planlanırlar. Bu, tuzların çoğunluğunun daha aşağı kök bölgesinde birikimi sonucunu doğurmaktadır. Birikimin derecesi yıkama oranına bağlı olmaktadır.

Farklı sulama yöntemleri için tuzlulaşma desenleri Şekil 6.5 de gösterilmiştir. Yalnızca tarla yüzeyinin bir kısmına su uygulayan lokalize sulama (drip, trickle veya spitter) veya karık sulamadan kaynaklanan tuz birikim desenlerine karşın tüm tarla boyunca üniform derinlikte su uygulayan yüzey sulama veya yağmurlama sulama için tuz birikim desenlerini göstermektedir. Karık sulaması durumunda, tuzlar salma sulamaya benzer şekilde toprak derinliğiyle birlikte oluşmakta fakat su tarafından kaplanmayan alanlarda da birikmektedir. Tuzlar suyla birlikte suyun hızla buharlaştığı en yüksek noktaya kadar taşınırlar ve aynı zamanda yerçekimiyle sular drene olurken daha derinlere yıkanılırlar. Lokalize sulama için tuzlar damlatıcıdan ıslanmış toprak kenarlarında birikirler. Bu, kürenin en dış kenarında tuzluluğun en yüksek olduğu bir ıslak küresel şekil sonucunu vermektedir.

Yıkama yapılırken suyun tatminkar şekilde infiltre olmadığı yerlerde isole tuz birikim cepleri sık şekilde meydana gelmektedir. Bunlar yüksek alanlar, daha yoğun toprağa sahip alanlar ve sulama esnasında yeterince su almayan alanlar olabilir. Tipik şekilde bunlar çıplak benekler veya gelişimin azaldığı veya bodurlaştığı alanlar şeklinde görünürler. İyi planlanmış bir yağmurlama sistemi en düzgün uygulamayı genelde sağlamaktadır fakat

Her sulama yöntemi belirli avantajlara ve dezavantajlara sahiptir ve bilinen tüm faktörler sistemi değiştirmek vasıtasıyla tuzluluk kontrolünü iyileştirmeye teşebbüs etmeden önce dikkate alınmalıdır.

Yüzey salma yöntemleriyle (salma, tava ve karık), toprağa giren uygulanan su derinliği tarlada yerden yere değişir ve infiltrasyon için mevcut infiltrasyon hızı ve zamana bağlı olarak değişim gösterir. İnfiltrasyon hızındaki farklılıklar, arazi eğimi, sıkışma derecesi, tekstürel değişiklikler ve toprak kimyası tarafından neden olunmaktadır. İnfiltrasyon esnasında tanınan zaman da değişmektedir; su kaynağına en yakın tarlanın daha üstteki ucu, daha aşağıdaki ucundan daha uzun zaman toprak yüzeyi üzerinde genellikle suya sahiptir. En kuru alan tipik olarak tarla aşağısına doğru mesafenin yaklaşık üçte ikisidir. Tarladaki yüksek noktalar da daha az su almaktadırlar çünkü yüksekte olma daha az suyla daha kısa süre suyla kaplanmak demektir.

Bu yüzey salma yöntemleri her sulamada 80-100 mm'den daha az suyu uygulayabilmek için genellikle tatmin edici şekilde esnek değildirlir. Sonuç olarak muhtemel su stresini azaltabilmek için daha sık şekilde sulama su kaybına ve suda boğulmaya ve drenaj problemlerine de neden olabilir. Su stresini hafifletebilmek amacıyla yüzey salmayla sulamalardan ziyade yağmurlama veya damla sulamayla sulama sıklığının artırılması daha kolay olabilir. Bununla birlikte yağmurlama ve damla sulamanın kendi problemleri de bulunmaktadır ve tüm su, toprak, iklim şartlarına veya bitki tipine adapte edilemezler.

İyi planlanmış bir yağmurlama sistemi iyice üniform ve yüzey akışı engelleyecek yeterince düşük uygulama hızlarında suyu uygulayacaktır. İyi yönetilirse, mükemmel bir tam sulama ve yeterli üniform yıkama sonucunu verecektir. Uygulanan su derinliği uygulama sürelerinde, yağmurlayıcı aralığında ve başlık noztl büyüklüğündeki ayarlamalarla kontrol edilmektedir. Rüzgar su dağılım desenini bozabilir ve dikkate alınmalıdır. Bitkilerin özellikle tuzluluğa, yüksek sıcaklıklara ve toprağın kabuklanmasına duyarlı olduğu zamanlarda

yağmurlayıcılar, sıcaklık kontrolünde çimlenme ve erken fide gelişiminde yardımcı olmak amacıyla bazen kullanılırlar. Bunun yanında yağmurlayıcıların dönme turları arasında su buharlaşırken yapraklar üzerinde tuzlar (sodyum veya klor) aşırı şekilde konsantre oluyorsa, duyarlı bitkiler üzerinde yağmurlayıcılar yaprak yanmasına neden olabilirler. Konsantre olan bu tuzlar absorbe edilirler ve bir toksisiteye neden olabilirler.

Sıcak kurak alanlarda yağmurlayıcı kullanımı hakkında ifade edilen endişelerden birisi yağmurlama esnasında oluşan buharlaşma kaybı ve toprağa infiltre olan suyun tuzluluğundaki muhtemel artış olmakta ise de bu endişeyi doğrulayabilecek kadar önemli derecede buharlaşma olduğuna açık delil bulunmamaktadır. USA California imperial ovasında sabit sulama sistemi kullanılan bir tarla çalışması, sıcak kuru bir günde (sıcaklık 47°C, nispi nem %27 ve rüzgar hızı 3.7 km/h) evaporasyon kayıplarının tarla kenarında su tuzluluğunda %20 lik bir artışa fakat tarlanın ana kısmında %5 den daha az bir artışa neden olduğunu göstermiştir (robinson 1973). Diğer olaylar benzer buharlaşma kayıpları göstermiştir. %5'ten daha az bir konsantrasyon faktörünün çok az etkiye sahip olması beklenilmektedir fakat %20'lik faktör tarla kenarlarında tuza duyarlı bitkiler için bazı zorluklara neden olabilmektedir.

Lokalize sulama sistemleri (drip veya trickle veya sprinkler) çok düşük uygulama oranlarında (2.8 l/h/damlatıcı) günlük veya günlük esasa yakın su uygulamaktadır.

Bitkiler tarafından kullanılan ve neredeyse günlük olarak tazelenen su toprağı tarla kapasitesi veya biraz üstünde nemli tutar. Sulamalar hafif tutulmalı fakat mükemmel kısa dönemli tuzluluk kontrolü için nerdeyse sürekli aşağı doğru su ve tuz hareketi olmalıdır. Bitki yetiştirme döneminde sulama etkinliği %100'e yakın olabilmektedir ki bu yüzey akış ve derine sızmalar nedeniyle kayıplar oluşmaksızın bitki evapotranspirasyon ihtiyacının temel olarak karşılanabildiği anlamına gelmektedir. Lokalize sulamayla tuzlar da birikmektedir. Bununla birlikte tuzlar, damlatıcılar arasındaki toprak yüzeyinde ve su uygulayıcılar tarafından ıslatılan alanının dış kenarlarında birikmektedir. Zamanla damlatıcılar arasındaki ıslak kenarlardaki ve toprak yüzeyindeki bu tuz birikimi görülür hale gelmektedir ve söz konusu tuzlar yağmurla bitki kök bölgesine taşınırsa, yıllık bitkilerde ise ön yıkama yapılmaksızın bu tuzlu alanlara yeni dikimler yapılırsa bir tehlike oluşturmaktadırlar. Diğer taraftan, birikmiş tuzları yıkayabilmek için her dönemde yağış yeterli ise hiçbir problem beklenilmeyecektir. En tehlikeli dönem, yüzey tuzlarının aşağı doğru hareket etmeye başladığı fakat kök bölgesinin altına tuzları taşımak için henüz yeterli yağış düşmediği ilk yağıştan hemen sonrası olarak düşünülmektedir. Yağış esnasında düzenli sulamalar devam edilmesi veya 50-100 mm yağış düşene kadar sulamalara devam edilmesi tavsiye edilmektedir. Şayet yağış yetersizse, lokalize sistemle birlikte destekleyici yıkamaya ihtiyaç duyulabilir.

Lokalize sulama mevsiminden sonra ve yeniden ekimden önce yağmurlayıcılarla veya yüzey salmayla yıkama, birikmiş tuzların yıkanmasında etkili olmaktadır. Bununla birlikte bu ikinci bir sulama sistemine gerek duyabilir ve fazla miktarlarda ek suya ihtiyaç duyacaktır fakat nispeten tuzlu su ve lokalize sistem kullanıldığında iyi üretimi sürdürmek için gerekli olabilir.

İyi kaliteli sularla, damla sulamayla verim karşılaştırılabilir şartlar altında diğer sulama yöntemleriyle eşit veya hafifçe daha iyi olmaktadır. Daha yüksek tuzlu sularla (EC_w > 1.0 dS/m); sürekli yüksek nem bitkiler tarafından kullanılan günlük olarak tazelenmiş suyla korunması nedeniyle verim hala çoğunlukla daha iyidir. Sık

yağmurlama sulama benzer sonuçlar verebilir fakat testler, yaprakların sodyum ve klor absorpsiyonundan kaynaklanan aşırı yaprak yanması ve dökülmesi ihtimaline ve verimde düşüşlere işaret etmektedir. Şayet tuzluluk birikimi her zamanki sulama yöntemiyle bitki toleransını geçiyorsa, damla sulamayla daha iyi bir verim mümkün olabilir.

Kök bölgesine hızlı şekilde su tablasını yükseltme ve birkaç saat-bir veya iki gün sonra havalandırma problemini önlemek için drene edilmesi vasıtasıyla yalnızca birkaç duruma adapte edilmiş yüzey altı sulaması yapılmaktadır. Su tablasının yükselmesi ve düşmesi için harcanan zaman 2-5 gündür. Suyun yukarı doğru hareketi tuzluğun su tablasından veya topraktan kaynaklanıp kaynaklanmadığına bakılmaksızın tuzların toprak yüzeyinde veya toprak yüzeyi yakınlarında konsantre olması eğilimindedir. Tuz birikimi yeterli yağış veya ekim öncesi yıkamayla kontrol edilmelidir. Toprak periyodik olarak doğal yağış veya yüzeye uygulanan yıkama suyu vasıtasıyla yıkanmaksızın yüzey altı sulaması düşük kaliteli yeraltı sularıyla yapılmayabilir.

Şekil-18, dolmalık biberin çeşitli sulama yöntemleriyle sulanması sonucu ortaya çıkan tuz dağılım desenlerini göstermektedir. Aynı miktar su kullanmasına rağmen önemli şekilde verim farklılıklarıyla sonuçlanan her bir sulama yöntemini de Şekil-18 göstermektedir. Damla sulamayla, normalde iyi kaliteli su olarak dikkate alınan suyla ($EC_i=0,6$ dS/m) sulanan bir bitki yağmurlama ve karıkla sulanan bitkilerden yaklaşık %50 daha fazla verim vermiştir. Daha yüksek tuzlu sulama suyu ($EC_i=3.8$ dS/m) ile damla sulama sisteminin avantajı daha çok duyulmuştur. Verimdeki farklılığının bir bölümü, damlatıcıların bitkilere daha yakın yerleştirilmesiyle ve damla sulama yöntemiyle daha sık sulama yapılmasıyla muhtemelen açıklanabilmektedir. Üstten yağmurlayıcılarla ıslanan yapraklar vasıtasıyla sodyum ve klor absorpsiyonuyla bitkinin zarar görmesinin aksine bu iyi tuzluluk kontrolü sağlamıştır.

Tuzluluğun Kontrolü İçin Arazi Geliştirme Çalışmaları

Burada şimdiye kadar sözü edilen önlemler her yıl tekrarlanması gereken yada belli aralıklarla tekrarlanması gereken önlemlerdir. Bitki gelişme dönemi içerisinde uygulanabilecek önlemlerden bazıları ise; arazinin eğimlendirilmesi, yeterli drenajın kurulması, derin sürüm ve fazla tuzların yıkanması işlemleridir.

Arazi Eğimlemesi

Eğer sulanan alan topoğrafik olarak suyun uniform dağılımına ve infiltrasyonuna izin vermiyorsa, tuzluluğun kontrolü zorlaşır. Arazinin eğiminin düzenlenmesi ile alanın doğal eğimi, düzgün bir hale getirilir. Bu işlem sırasında oluşacak olan kesiklenmeler (toprak kompaksiyonları), eğimin düzeltilmesi işleminden sonra uygun toprak işleme aletleri ile giderilebilir.

Toprakaltı Drenajının İyileştirilmesi

Toprakaltı drenaj problemleri ve yüzlek taban suyu sorunları tuzluluk kontrolünü zorlaştırmaktadır. Yüzlek taban suyu sorunu, toprak yüzeyinin altında az geçirimli bir katmanın olması halinde oluşur. Drenaj problemleri ise genelde aşırı sulamadan olabileceği gibi, üst alandan oluşan sızmalardan yada kanallardan oluşan sızmalardan da olabilir. Yüzlek taban suyu sonucu oluşan tuzluluk sorunlarının giderilmesindeki ilk yapılacak şey, taban suyu seviyesini düşürmek ve kararlı hale getirmektir. Tuzlu sudan ötürü oluşabilecek potansiyel tuzluluk zararının giderilmesinde drenajın gerekliliği birinci sırada yer almaktadır. Herhangi bir sulama proje alanında uzun dönem tuzluluk kontrolünde drenaj mutlaka sağlanmalıdır. Eğer bir alanda yeterli drenaj oluşturulmuş ise, yüzey toprağının tuzluluğunun azaltılması için sulamanın yönetimi daha kolay olacaktır.

Derin Sürüm

Tabakalı topraklarda sulamanın verimli bir şekilde yapılabilmesi zordur. Kil, kum yada sert tabakalı toprak katmanları sulama suyunun ve aynı zamanda tuzluluğun kontrolü için uygulanacak olan yıkama hacminin toprağın derinlerine doğru süzülmesine engel olurlar. Bu yüzden bu tabakaların kırılması yada daha geçirgen bir yapıya kavuşturulmaları gerekir. Bu amaçla derin sürüm yapılması uzun süreli bir çözüm sağlayabilecektir.

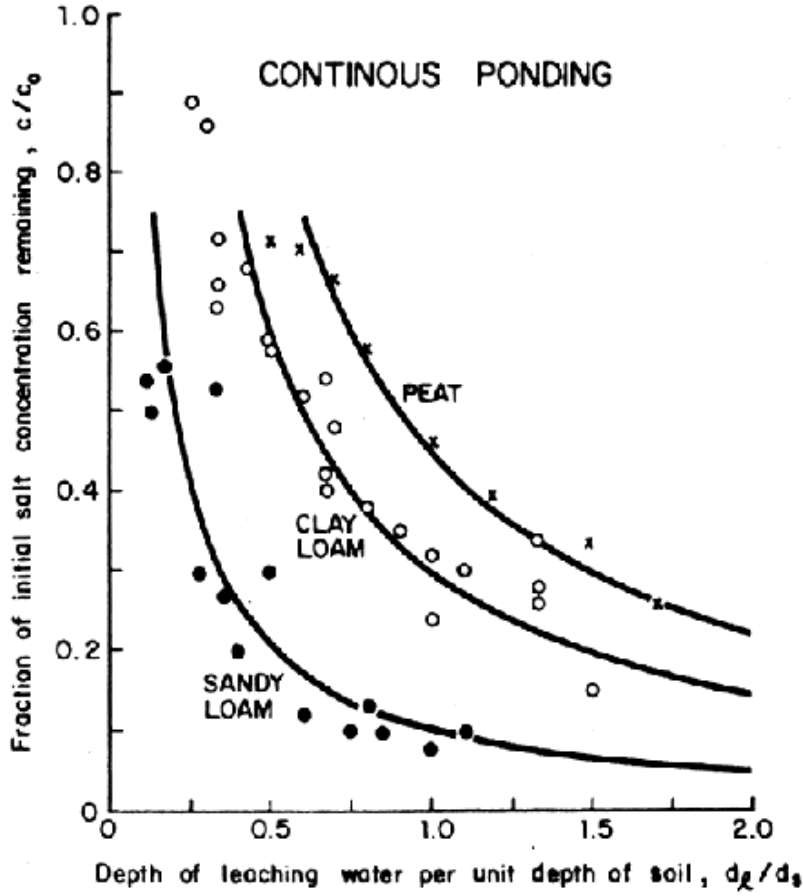
Islah Yıkamaları

Eğer tuzluluk düzeyi planlanan bitkiler için çok yüksek bir oranda ise, ekim öncesi büyük bir yıkama (ıslah) uygulaması gerekli olabilir. Tuzlar değişik biçimlerde ve farklı kaynaklardan gelip birikmiş olabilir. Her halikarda üst toprak katmanının tuzluluğu (0.3 m) ekimden önce istenen dayanım sınırlarına doğru azaltılmalıdır. Üst toprak tuzluluk düzeyi 10-12 dS/m den fazla değilse, ekim öncesi yapılacak 10-20 cm lik bir ön sulama uygulaması, genellikle arpa, pamuk gibi dayanıklı bitkilerde yeterli olacaktır. Ancak tuzluluk düzeyi bundan fazla ise, dayanıklı bitkiler için bile 10-20 cm lik ön sulama uygulaması yeterli olmayacak ve ıslah yıkaması gerekli olacaktır.

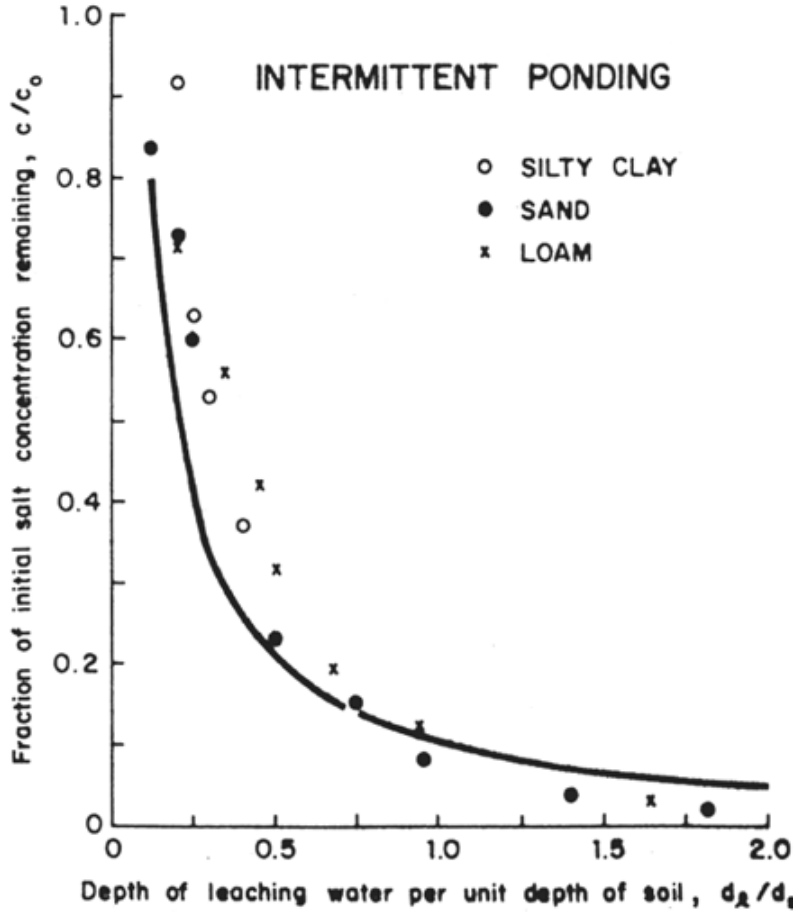
Islah amaçlı uygulanması gereken yıkama suyu miktarı, başlangıç toprak tuzluluğuna ve uygulanan yıkama yöntemine bağlı olacaktır. Tuzluluk ne kadar yükse ise, gereksinilen yıkama suyu hacmi de o kadar fazla olacaktır. Yıkamanın ara verilerek uygulanması (intermittent leaching) halinde, göllendirme (ponding) yöntemine göre hem daha az su kullanılacak ve hem de daha verimli ve etkili bir yıkama yapılabilecektir ancak yıkama için gereksinilen zaman daha uzundur. Toprak nem içeriğine bağlı olarak yıkama için verilen suyun düşük hızda sızmasının sağlanması (unsaturated flow) yani aralıklı yıkama yapılması, yıkamanın tarla kapasitesi nemliliği dolaylarında olmasını sağlayacağından, daha etkili olarak tuzların alt katlara taşınabilmesine imkan verecektir. Göllendirmede ise büyük hacimde suyun topraktan hızlı bir biçimde süzülmesi sırasında suyun bir bölümü geniş porlardan bypas şeklinde drene olacaktır. Küçük porlardan daha az yıkama olacağından, tuzların bir bölümü topraktan yıkanmayacaktır. Bu amaçla yağmurlama ile uygulanan yıkama suyu daha düşük intensitede toprağa verileceğinden verimli bir yıkamaya olanak verecektir.

Islah yıkamasında net olarak ne kadar su miktarı uygulanması gerektiği hakkında bir şey söylemek mümkün değildir. Ancak genel olarak şu söylenebilir; ıslah edilmek istenen toprak derinliği kadar uygulanacak su hacmi ile

göllendirmede %70-80 kadar eriyebilir tuzlar topraktan yıkanabilecektir. Örneğin 100 cm hacminde uygulanan bir yıkama suyu ile toprağın 100 cm derinliğindeki kısmında eriyebilir tuzların %70-80 ninin yıkanabileceği düşünülebilir. Şekil 19 bize yıkanabilen tuz miktarının toprak tipine bağlı olduğunu göstermektedir. Fasilalı yıkamada ise aynı miktar su ile aynı derinlikten %80-90 tuz miktarını yıkamak mümkün olabilecektir. Şekil 20 de fasilalı yıkamada toprak tipinin etkisinin göllendirmeye oranla daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 19 Sürekli göllendirme altında tuzlu toprakların ıslahında birim derinlikteki toprak için gerekli derinlik olarak yıkama suyu miktarları (Hoffman, 1980)



Şekil 20 Fasıllı göllendirme altında tuzlu toprakların ıslahında birim derinlikteki toprak için gerekli derinlik olarak yıkama suyu miktarları (Hoffman, 1980)

Su Kaynağının Değiştirilmesi Yada Başka Kaynakla Karıştırılması

Tuzluluk koşulunda su kaynağının değiştirilmesi basit ve kesin bir çözümdür. Ancak bu çözüm sadece daha iyi kalitede bir su kaynağımızın mevcut olduğunda söz konusu olabilecektir. Örneğin yer altı suları daha tuzlu olduklarından, alternatif bir su kaynağı olanaklı hale geldiğinde, yer altı suyu kaynağının kullanımından vazgeçilir. Ancak eğer su kısıtı var ise alternatif kaynağa geçmek pek kolay olmayacaktır. Bu koşulda eldeki tuzlu kaynağı, alternatif kaynakla değişik oranlarda karıştırarak eldeki su hacmini artırmak yoluna gidilir. Kaynakların karıştırılması (birleştirilmesi) toplam tuz yükünü azaltmaz ancak, daha fazla su ile daha büyük bir alanın sulanmasını olanaklı hale getirir. Karışım suyunun tuzluluğu şöyle hesaplanır;

$$C_{ks} = (C_1 \times V_1) + (C_2 \times V_2)$$

Burada;

C_{ks} = Karışım suyu konsantrasyonu,

C_1 ve C_2 = Birinci ve ikinci kaynağın konsantrasyonu,

V_1 ve V_2 = Birinci ve ikinci kaynağın hacimleri.

Konsantrasyonlar EC_w yada me/l olarak belirtilebilir.

Tuzluluğun kontrolünde su kaynaklarının karıştırılarak uygulanması çok pratik ve yaygın bir yol değildir. Genelde yetiştiriciler iki kaynaktan birisini tercih ederler kullanmak için. Özellikle kış yağışlarının alandaki yıkama hacmi gereksiniminin çoğunluğunu yada tamamını karşılamaya yeterli olduğu alanlarda bir kaynağın tek başına kullanılması daha yararlı ve pratik olmaktadır. Alana yüklenecek toplam tuz miktarı değişmeyeceğinden, iyi kaliteli suyun erken gelişme dönemlerinde kullanılması buna karşın düşük kaliteli karışım suyunun ise, bitkinin tuza daha az hassas olduğu, daha ileriki gelişme dönemlerinde kullanılması en iyi yol olacaktır. Karışıma ilişkin bir örnek aşağıda örnek 5'de verilmiştir.

Örnek 5: Mısır için Karışım Suyu

Bir yetiştirici mısır tarımında $EC_w=0.23$ dS/m tuzlulukta iyi kalitede sulama suyu kullanmaktadır. İyi bir tuzluluk kontrolü için $LF=0.15$ oranında yıkama hacmi gereksinimi vardır. Ancak üretim alanlarını genişletmek istemekte ve daha fazla iyi su kaynağı bulunmamaktadır. Kuyu suyunun tuzluluğu ise $EC_w=3.6$ dS/m dir. Bu durumda mısırdaki bu iki su kaynağının güvenli bir biçimde karıştırılarak uygulanması mümkün olabilir mi?

<i>Verilen:</i>	<i>Kanal suyu</i>	$EC_w =$	0.23 dS/m
	<i>Kuyu suyu</i>	$EC_w =$	3.6 dS/m
	<i>Mısırın su ihtiyacı</i>	$ET =$	800 mm/yıl
	<i>Yıkama fraksiyonu</i>	$LF =$	0.15

Açıklama:

Verim potansiyeli %90 için gereksinilen yıkama hacmi:

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w}$$

$$LR_{(kanal)} = \frac{0.23}{5(2.5) - 0.23} = 0.02$$

$$LR_{(kuyu)} = \frac{3.6}{5(2.5) - 3.6} = 0.40$$

Burada kanal suyu koşulunda LR değeri pratikte uygulanan 0.15 değerinden düşüktür ancak bu değer pratikte daha düşük olarak korunması zordur. Buna karşın kuyu suyu koşulunda gereksinilen yıkama hacmi değeri 0.40 gibi yüksek bir değerdir. Gereksinilen sulama suyu hacimlerini hesaplırsak;

$$A_w = \frac{ET}{1 - LF}$$

$$A_{w(kanal)} = \frac{800}{1 - 0.15} = 941 \text{ mm/ yu}$$

$$A_{w(kuyu)} = \frac{800}{1 - 0.40} = 1333 \text{ mm/ yu}$$

Çizelge 4'den mısır için 0.15 yıkama hacmi altında %90 verim potansiyelini sağlayacak sulama suyu tuzluluğu değeri 1.7 olarak bulunur. Buna göre karışım suyunun tuzluluğu 1.7 yi geçmemelidir.

$$(EC_{w(kanal)} \times a) + (EC_{w(kuyu)} \times b) = \text{Max. } EC_{w(\text{karışım suyu})}$$

Burada a ve b değerleri sırasıyla kanal ve kuyu sularının karışım oranlarıdır. Buna göre; $(a=1-b)$

$$0.23(1 - b) + 3.6(b) = 1.7$$

$$3.37b = 1.47$$

$$b = 0.44$$

$$a = 0.56$$

Bu sonuca göre, mevcut şartlarda $A_w=941$ mm/ha/yıl olarak uygulanan kanal suyuna ek olarak %44 oranında kuyu suyu karıştırılarak, uygulanan sulama suyu hacmi aynı kalmak koşulu ile, toplam su hacmi ile üretim alanlarını da %44 kadar genişletmek ve toplam verim potansiyelini de %90 dolaylarında korumak mümkün olabilecektir.

Çizelge 10 da ayrıca diğer kanal suyu ile kuyu suyu oranları için sulama suyunun tuzluluk değerleri verilmektedir.

Çizelge 10. Kanal ve kuyu sularının karışı ile elde edilecek sulama suyu tuzlulukları(*)

Kanal suyu (%)	EC _w , dS/m	SAR	Karışım oranı (kuyu suyu/kanal suyu)
0	3.6	17.8	-
20	2.9	15.4	4:1
25	2.8	14.8	3:1
33	2.5	13.6	2:1
50	1.9	11.2	1:1
66	1.4	8.3	1:2
75	1.1	6.8	1:3
80	0.9	5.7	1:4
90	0.6	3.3	1:9
95	0.4	2.0	1:19
100	0.23	0.5	-

(*) Su analiz sonuçları:

	EC _w dS/m	Ca me/l	Mg me/l	Na me/l	HCO ₃ me/l	Cl me/l	SO ₄ me/l	SAR
Kanal suyu	0.23	1.41	0.54	0.48	1.8	0.29	0.17	0.50
Kuyu suyu	3.60	2.52	4.00	32.00	4.50	25.10	8.90	18.00

KAYNAKLAR

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