

BÖLÜM II: TUZLULUĞA NEDEN OLAN FAKTÖRLER VE TUZLULUK ETMENLERİ

GİRİŞ

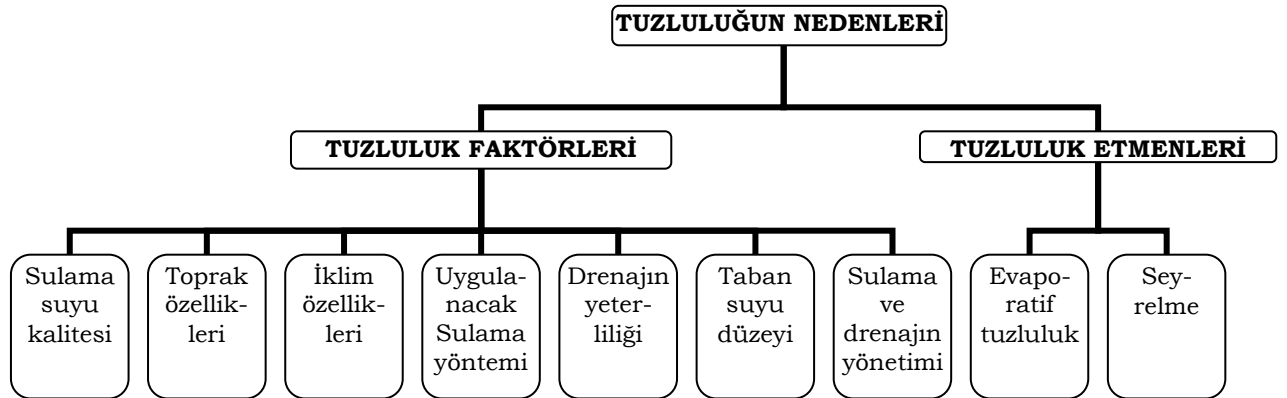
Tuzlar değişik şekillerde toprağa etki ederler. Su ile getirilip toprak içerisinde biriktirilen tuzlar, çözelti konsantrasyonuna, bunun yanında da toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine etki ederler, sonucunda problemlili toprakları yani tuzlu, sodyumlu, borlu toprakları oluştururlar. Özellikle bir alanın sulamaya açılması ile tuzlulaştırma sürecinin de başlatılmış olması, hiçbir zaman göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle bir tarlanın tuzluluğunun sürekli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi, başarılı ve sürdürülebilir bir sulu tarım için çok önemlidir. Tuzlulaştırma süreci bir şekilde başlasa dahi, tuzluluğun önlenmesi yöntemleri ve uygulamaları ile bu konu kontrol altında tutulmalıdır.

Sulanan alanlarda tuzluluğun birincil kaynağı sulama suyunun kendisi olduğundan, sulama suyunun tuzluluğunun artması ile profilde biriken tuzların düzeyi artmakta ve sonuçta bu tuzların yıkanarak buradan uzaklaştırılması daha zor hale gelmektedir.

Bu bölümde toprak tuzluluğunun nedenleri anlatılmaktadır.

TOPRAK TUZLULUĞUNUN NEDENLERİ

Toprak tuzluluğunun oluşmasında etkili olan faktörler ve bu faktörlerin etkilerini belirleyen ve düzenleyen etmenler söz konusudur. Tuzluluk faktörleri, toprak tuzluluğunun düzeyini belirleyen ana etkileri tanımlar ve bunlar sulama suyunun kalitesi, toprak özellikleri, iklim özellikleri, sulama yöntemi, drenajın yeterliliği, taban suyu düzeyi, sulama ve drenajın yönetimi gibi faktörlerdir. Tuzluluk etmenleri ise tuzluluğu oluşturan faktörlerin etki derecesini düzenler ve bunlar da evaporatif tuzlulaştırma (evapokonsantrasyon) ve seyrelme başlıkları altında incelenirler (Şekil 2.1).



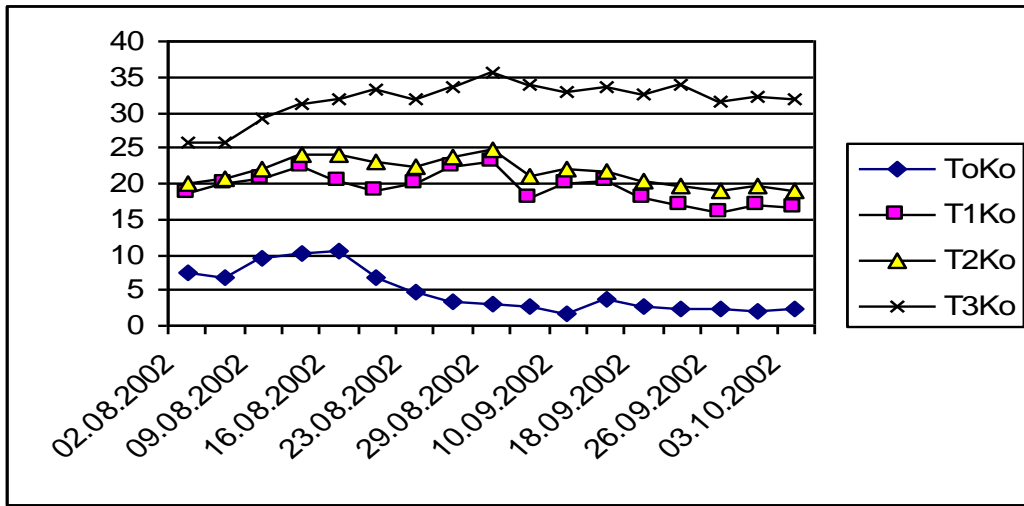
Şekil 2.1 Toprak tuzluluğunu oluşturan faktörler ve tuzluluk etmenleri

Tuzluluk Faktörleri

Toprak tuzluluğunun oluşmasında esas olan faktörlerdir. Aşağıda açıklanan faktörlerin etkisi altında toprak tuzluluğu oluşmaktadır. Bunlarında en başında sulama suyunun kendisi gelmektedir. Daha sonra ele alınması gereken faktörler ise toprak ve iklim özellikleri ile taban suyu durumu, drenajın yeterliliği, sulama yöntemi ile sulama ve drenajın yönetimidir.

Sulama Suyu Kalitesi

Sulama suyunun kendisi bir sulanan tarım alanında, tuzluluğun birincil nedeni niteliğindedir. Kök bölgesindeki nem açığını kapatmak amacıyla yaptığımız sulama uygulamaları sonucunda su ile birlikte, içerdiği tuzları da toprağa iletmekteyiz. Suyun tüketilmesi aşamasında gerek buharlaşma gerek bitki alımı ile tüketilen su saf yada safa yakın olduğundan, iletilen tuzların büyük çoğunluğu kök bölgesinde birikmektedir. Sulama suyun içerdiği tuz miktarı ne kadar fazla olursa, kök bölgesinde biriken tuzların toplamı da fazla olacaktır. Bu şekilde daha tuzlu bir sulama suyu kullanıldığında tuzlulaşma daha hızlı cereyan etmektedir (Şekil 2.2).

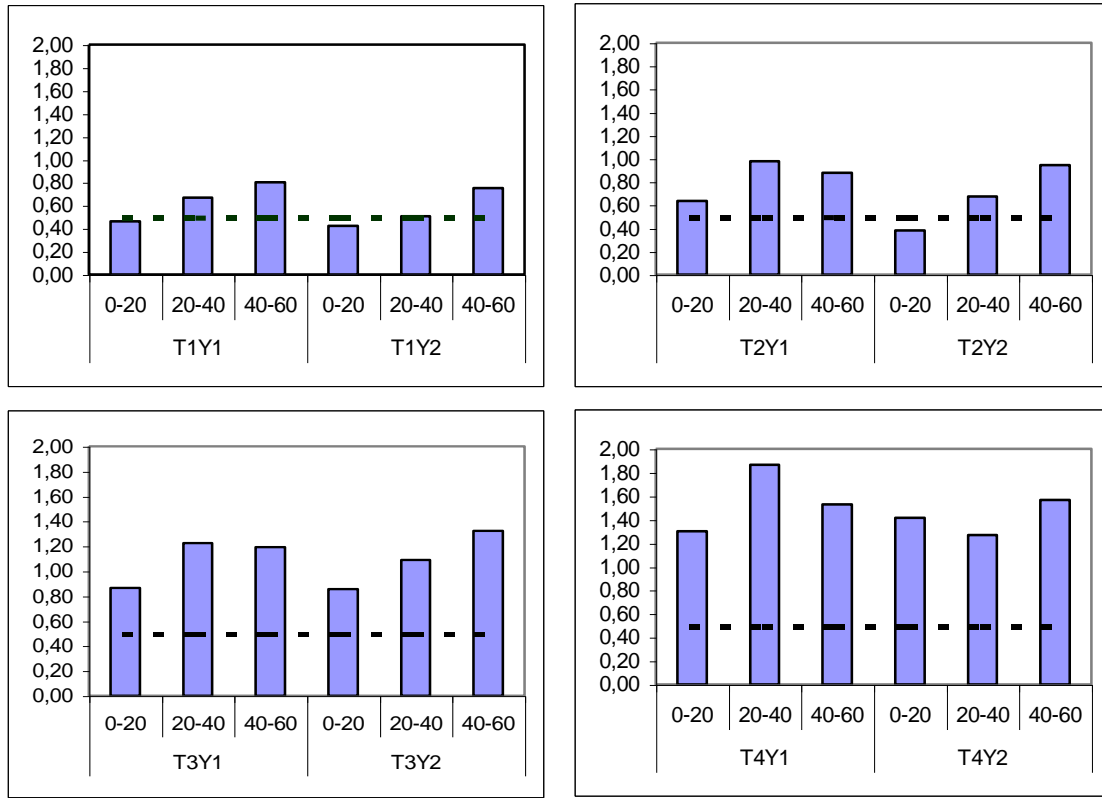


Şekil 2.2 Lizimetrede farklı sulama suyu tuzluluğu altında toprağın tuz içeriğindeki değişimin drenaj suyu tuzluluğunun ölçümü yardımıyla incelenmesi (Yurtseven ve ark. 2003)

Burada tuzlulukları 0.25 ile 10 dS/m arasında değişen sulama sularının uygulandığı domates tarımı yapılan lizimetlerdeki tuzluluğun değişimi, drenaj suyu tuzluluk değerlerinin ölçümü şeklinde gösterilmektedir. Sulama suyu belli yıkama gereksinimlerini içerecek şekilde uygulanması nedeniyle sulama periyodu içerisinde tuzluluk artışı olmamasına karşın, sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak profil tuzlulukları farklılık göstermiş, daha tuzlu sulama suyu altında profil tuzluluğu değerleri (drenaj suyu) de daha yüksek olmuştur.

Tuzlulukları 0.25, 1.5, 3 ve 6 dS/m olan sulama sularının kullanıldığı lizimetlerde yürütülen bir başka çalışmada elde edilen toprak tuzluluk değerleri Şekil 2.3 de gösterilmiştir. Farklı derinliklerde ölçülen toprak tuzlulukları bu çalışmada da sulama suyu tuzluluk değerlerine bağlı olarak farklılık göstermiş ve daha yüksek sulama suyu tuzluluk değerleri altında toprak tuzlulukları da daha

yüksek olarak ölçülmüştür.

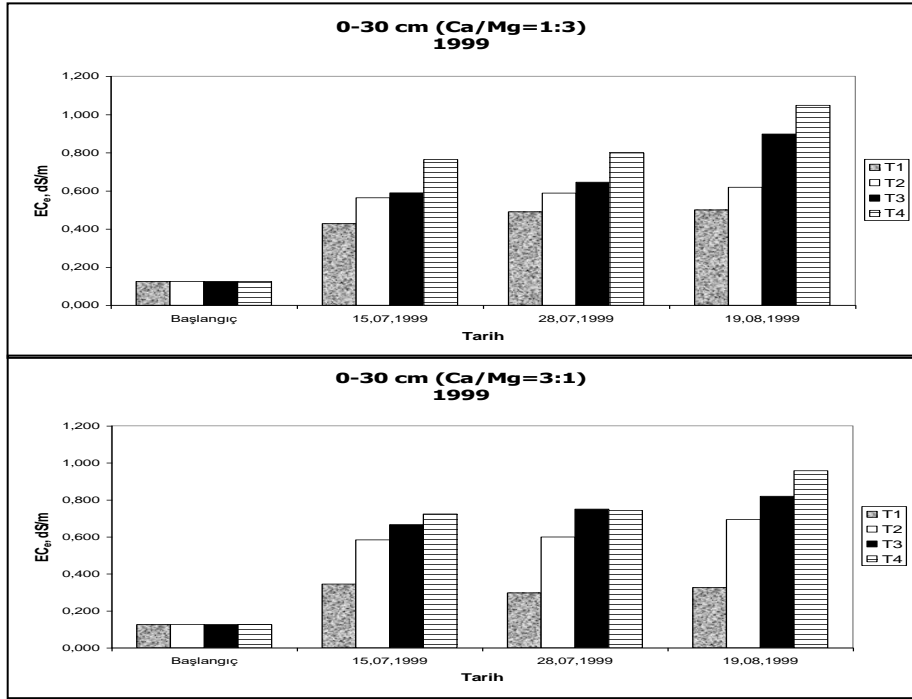


Şekil 2.3 Farklı sulama suyu tuzluluklarının etkisinde Macar fiği ekili lizimetrelerde ölçülen toprak tuzluluk değerlerinin değişimi (Y₁ ve Y₂ değerleri, %70 ve %100 düzeyinde uygulanan su miktarlarını belirtmektedir) (Kesikli olarak gösterilen çizgi başlangıç toprak tuzluluk düzeyini ifade etmektedir). (Yurtseven ve ark. 2002).

Benzer bir çalışma tınlı toprakta yapılmış ve 1.3, 3, 4.5 ve 6 dS/m tuzluluğa ve 1:3 ile 3:1 Ca/Mg oranlarına haiz sulama suları ile yapılan tarla denemelerinin sonuçları Şekil 2.4 de gösterilmiştir. Ca/Mg oranından ilişkisiz olarak toprak tuzluluk değerleri; hem sulama sezonu içerisinde artma göstermiş, hem de sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Tınlı toprak koşulunda da toprak tuzlulukları 0-30 cm profilde, sulama suyu tuzluğunun artışına bağlı olarak yükselme göstermektedir.

Toprak Özellikleri

Toprak özellikleri tuzlulaşma düzeyi üzerine ekilidir. Toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri bu etkiyi oluşturmaktadır. Kimyasal yapı olarak tuzlulaşmaya uygun olan topraklar ile fiziksel yapıları olumsuz olduğundan daha çabuk tuzlulaşma süreci yaşayan topraklar söz konusudur. Tuzluluk kaynaklarının en başında kayaların mineral ayrışma olgusu yer almaktadır. Tuzlulaşma sürecine yardımcı nitelikteki mineral yapıya sahip topraklar daha kısa sürede tuzlu ve/veya sodyumlu topraklar haline geleceklerdir.



Şekil 2.4 Farklı sulama suyu tuzluluğu ve Ca/Mg oranlarının tınlı toprakta tuzluluğa etkisi (Yurtseven ve Öztürk, 2001)

Fiziksel özellik olarak katyon değişim kapasitesi yüksek olan ince bünyeli topraklar, diğer şartlar aynı kalması koşulu ile kaba bünyeli topraklara göre daha çabuk tuzlulaşma sürecine sahip olmaktadır.

İklim Özellikleri

İklim özelliklerinden özellikle sıcaklık ve yağış toprak tuzluluğunu etkilemektedir. Sıcaklık doğrudan toprak yüzeyinden buharlaşma ve yapraklardan terleme ile su kaybını etkilemektedir ve bu olaylar sonuçta evaporatif tuzluluğa neden olmaktadır. Yağış ise tersine olarak çözeltinin seyrelmesine ve tuzluluk düzeyinin azalmasına neden olmaktadır.

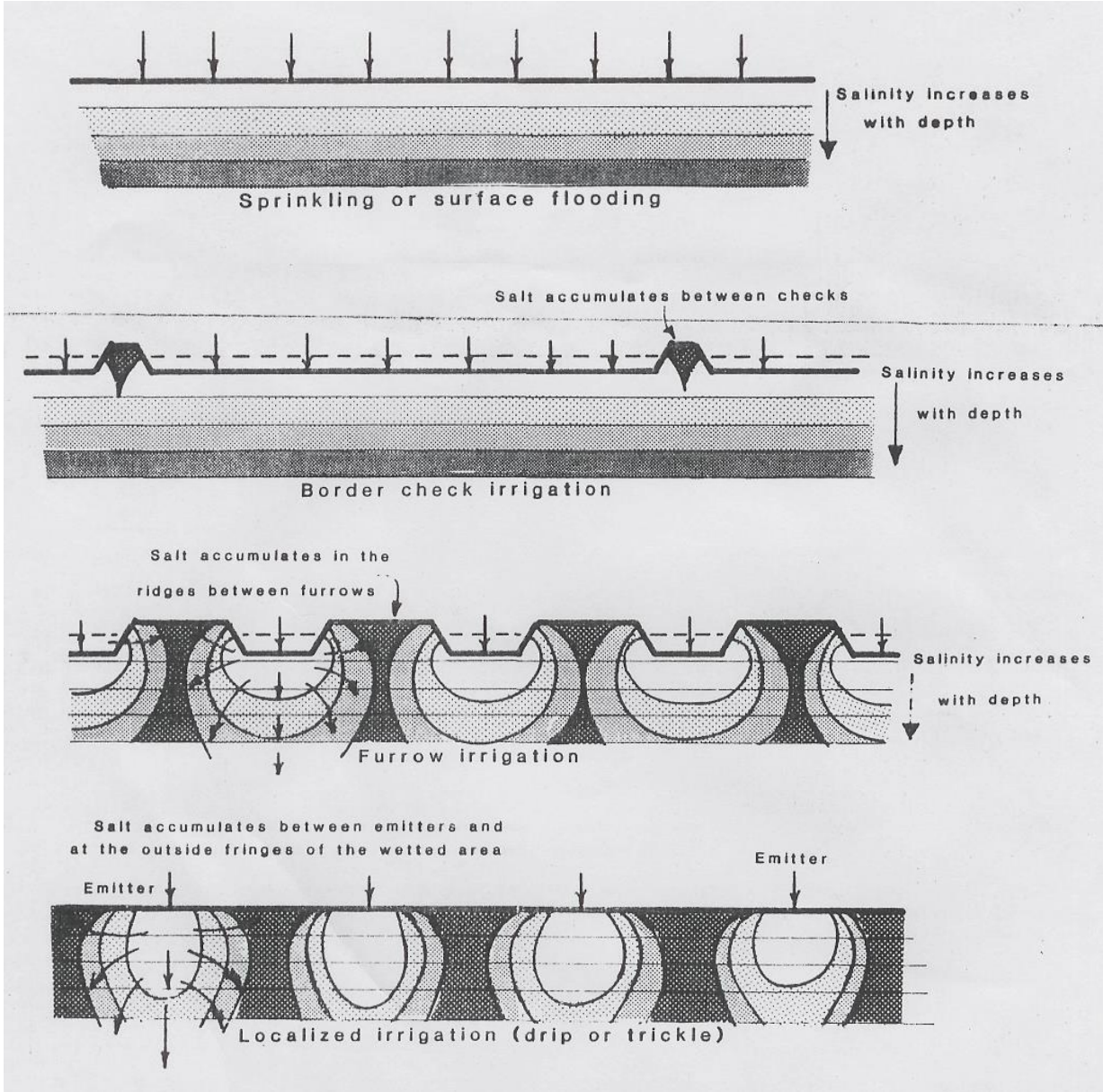
Uygulanacak Sulama Yöntemi

Suyun kök bölgesine verilmiş biçimini tanımlayan sulama yöntemi, topraktaki tuzlulaşma profilini etkileyecektir. Sulama suyu olarak tuzluluğu ve/veya sodyumluluğu yüksek olan suların kullanıldığı koşullarda amaç, bitki veriminde oluşacak azalmaların önlenmesi olduğundan, uygulanacak sulama metodu açısından dikkatli davranmak gerekir.

Kalitesi düşük sularla yapılacak sulamalarda, normal koşullardan daha farklı uygulamalara gereksinim duyulur. Bunun nedeni kullanılacak suyun içerdiği tuz miktarı ve varsa bazı toksik maddelerdir. Sulama suyunun içerdiği tuzlar, seçilecek sulama yöntemine bağlı olarak bitki üzerine etki eder. Bu açıdan uygulanacak sulama yöntemi doğrudan bitki verimini ve zaman boyutunda da toprak

verimliliğini sınırlayan bir etmen niteliğindedir.

Sulama yöntemi hem toprak özellikleri ve hem de yöntemin özellikleri göz önüne alınarak seçilmelidir. Örneğin toprak bünyesinin hafif (kaba) olması koşulunda sulama aralığı kısılacığından tuzluluğu yüksek olan sular daha güvenilir olarak kullanılabilir. Ağır bünyeli topraklarda ise, geçirgenlik düşük olacağından sulama aralığı artacak ve sulama yönteminin seçiminde bazı kısıtlarla karşılaşabiliriz. Sulama yöntemlerine göre tuzluluk profil desenleri Şekil 2.5 de gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Sulama yöntemleri ile ilişkili olarak toprakta oluşacak tuzlulaşma profilleri (Ayers and Westcot, 1989).

Şekilde, yalnızca tarla yüzeyinin bir kısmına su uygulayan lokalize sulama (drip-damla) veya karık sulamadan kaynaklanan tuz birikim desenlerine karşın tüm tarla boyunca üniform derinlikte su uygulayan yüzey sulama veya yağmurlama sulama için tuz birikim desenleri görülmektedir. Karık sulamasında, 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 taşınır ve yerçekimiyle sular drene olurken daha derinlere yikanırlar. Lokalize sulama için tuzlar damlatıcıdan ıslanmış toprak ıslak alanı kenarlarında birikirler. Bu, kürenin en dış kenarında tuzluluğun en yüksek olduğu bir ıslak küresel şekil sonucunu vermektedir.

Yıkama oluşturmeyen, uygulanırken suyun yeterince şekilde infiltre olmadığı yöntemlerde, isole şeklinde tuz birikim alanları sıkça 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 (homojen) uygulamayı genelde sağlamaktadır ancak bu durum hangi sulama yöntemi uygulanırsa uygulansın genelde bir problem oluşturmaktadır.

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

Yüzey sulama yöntemleriyle (salma, tava ve karık), toprağa giren (infiltre olan) su derinliği tarlada yerden yere değişir. İnfiltrasyon hızındaki farklılıklar, arazi eğimi, sıkışma derecesi, tekstürel değişiklikler ve toprak kimyası tarafından etkilenmektedir. İnfiltrasyon esnasında, mekan boyutunda infiltrasyon süreleri de farklılık göstermektedir. Örneğin su kaynağına yakın tarla bölümleri daha fazla suyun infiltrasyonu için süreye sahiptir. Tarladaki yüksek noktalar da daha az su almaktadırlar çünkü yüksekte olma daha az suyla ve daha kısa süre suyla kaplanmak demektir.

Yüzey sulama yöntemleri, her sulamada 80-100 mm'den daha az suyu uygulayabilmek için genellikle tatmin edici şekilde esnek değildirler. Su stresini azaltmak amacıyla daha sık sulama yapılması sonuçta, toprağın daha fazla su baskını altında kalmasına ve drenaj sorunlarına neden olacaktır. Bunu önlemek amacıyla yağmurlama yada damla sulama yöntemlerine geçiş yapılabilir. Ancak, bu yöntemlerin de kendine özel sorunları vardır.

İyi planlanmış bir yağmurlama sistemiyle sulama suyu uniform olarak ve yüzey akışa neden olmayacak oranda düşük bir uygulama hızıyla uygulanabilir. Eğer iyi idare edilirse (well-managed), çok iyi bir homojen sulamaya ve yeterli ve uniform bir yıkamaya neden olur. Uygulanan sulama derinliği, başlıkların aralıklarının ve meme çaplarının ayarlanması ile kontrol edilir. Rüzgar yağmurlama sulamada dağıtım uniformitesi üzerine çok etkili olduğundan mutlaka göz önüne alınmalıdır. Bitki tuzluluğa, yüksek sıcaklığa ve toprak kaymak tabakası oluşturmaya duyarlı olduğu zamanlarda yağmurlama sulama sıcaklık kontrolü, çimlenme ve erken fide dikimi gibi durumlarda yardımcı olabilmektedir. Bununla beraber hassas bitkilerde yağmurlama başlıklarının turları arasındaki zamanda yüksek sodyum yada klor etkisiyle, suyun buharlaşması ve konsantre iyonların yapraklara zarar vermesi durumu meydana gelebilir. Bu tuzlar absorbe edilebilir ve zararlı (toksik) etki yapabilir.

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. Yapılana bazı çalışmalarda çok sıcak koşullarda buharlaşma kayıplarının % 5 ila 20 arasında olabildiğini göstermiştir. Buharlaşma kayıpları tarla kenarlarında daha fazla, tarla ortalarında ise daha düşük oluşabilmektedir. Genelde %5 düzeyindeki bir buharlaşma çok etkili olmasa da hassas bitkilerde % 20 ye yaklaşan buharlaşma kayıpları sonucu suyun konsantrasyonunun artması olumsuz etkilere neden olabilecektir.

Lokalize sulama sistemleri (damla) ile günlük yada bu derecede kısa zaman aralıklarıyla ve çok düşük sulama hızlarıyla (2-8 l/h/damlatıcı) su uygulamaktadır. Neredeyse günlük olarak uygulanan su ile toprağı tarla kapasitesi veya biraz üstünde nemli tutmak mümkün olabilmektedir. Sulamalar hafif tutulmalı fakat iyi bir kısa dönem tuzluluk kontrolü için, aşağı doğru su ve tuz hareketinin sürekliliğı sağlanmalıdır. Bitki yetiştirme döneminde sulama etkinliğı %100'e yakın olabilmektedir ki bu yüzey akış ve derine sızmalar nedeniyle kayıplar oluşmaksızın bitki evapotranspirasyon ihtiyacının temel olarak karşılanabildiğı anlamına gelmektedir. Lokalize sulamayla tuzlar da birikmektedir.

Bununla birlikte tuzlar, damlatıcılar arasındaki toprak yüzeyinde ve damlatıcılar 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 beklenmeyecektir. En tehlikeli dönem, yüzey tuzlarının aşağı doğru hareket etmeye başladığı fakat kök bölgesinin altına tuzları taşımak için henüz yeterli yağış düşmediğı ilk yağıştan hemen sonrası olarak düşünülebilir. Yağış esnasında düzenli sulamalara devam edilmesi veya 50-100 mm yağış düşene kadar sulamalara devam edilmesi tavsiye edilmektedir. Şayet yağış yetersizse, lokalize sistemle birlikte destekleyici yıkamaya ihtiyaç duyulabilir.

Damla sulama mevsiminden sonra ve yeniden ekimden önce yağmurlayıcılarla veya yüzey sulamayla yıkama, birikmiş tuzların yıkanmasında etkili olmaktadır. Bununla birlikte bu durum, ikinci bir sulama sistemine gerek duyabilir ve fazla miktarlarda ek suya ihtiyaç olacaktır. Fakat nispeten tuzlu su ve damla sulama sistemi kullanıldığında, iyi üretimi sürdürmek için gerekli olabilir.

İyi kaliteli sular söz konusu olduğunda, karşılaştırılabilir koşullar altında, damla sulamada verimlilik düzeyi diğer yöntemlerle aynı yada hafif olarak daha yüksek olabilir. Ancak, yüksek tuzluluk koşullarında ($EC_e > 1.0$ dS/m), kök bölgesinin sürekli nemli olarak tutulması nedeniyle, verimlilik daha yüksek olacaktır. Yağmurlama sulama her ne kadar benzer özellikte olması beklense de, özellikle yüksek sodyum yada klor nedeniyle yaprak absorpsiyonu ve zararlanmalarının fazla olması sonucunda verim kaybı yaratacağı için olumsuz olabilmektedir. Geleneksel sulama altında tuzluluk düzeyi bitki için zararlı değerlere ulaşabiliyorsa, damla sulama bu koşullarda daha uygun olabilecektir.

Drenajın Yeterliliği

Sulama suyu, içerisinde sızma kayıplarını yani kök bölgesinden drene edilerek yeraltı suyuna ulaştırılması gereken hacmi de içerdiğinden, hiç bir sulama projesi, drenaja gereken önem verilmeden başarıya ulaşamayacaktır.

Drenaj topografyanın izin verdiği ölçüde, örneğin nehir yataklarının yüksek kıyıları ve alüvyal alanların üst kısımlarında yer alan topraklarda yada taban suyu seviyesi düşük olan geniş vadilerde yer alan topraklarda, doğal yollarla, topografyanın izin vermediği koşullarda ise yapay yollarla sağlanabilir. Örneğin Mısır'da sulama binlerce yıldan beri uygulanmakta idi. Bunun nedeni doğal drenajın yeterli olabilmesidir. Büyük barajların inşası ve sulama hacminin artması ile doğal drenaj artık yeterli olmadığından bugün, büyük drenaj projeleri de uygulamaya konmaya başlanmıştır.

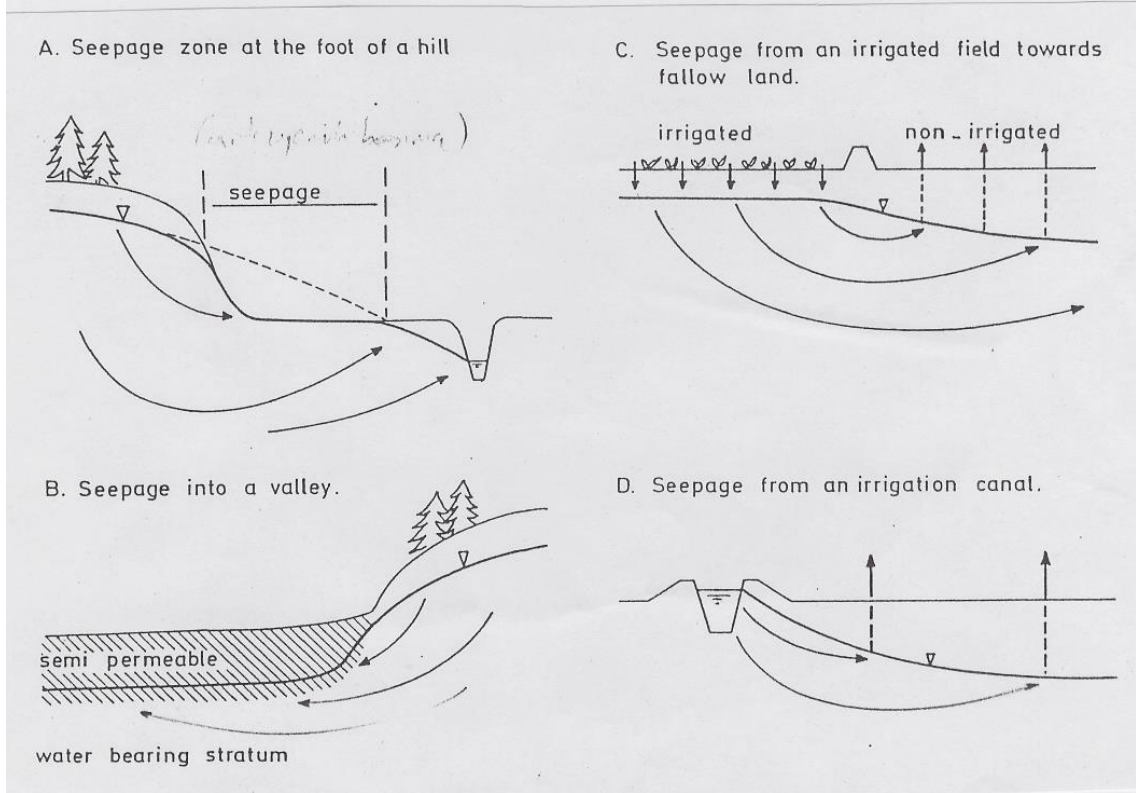
Taban Suyu Düzeyi

Eğer alanda drenaj yetersiz ise, sulama ile gelen ve kök bölgesinden sızarak uzaklaşması gereken su hacmi, kök bölgesinde kalarak taban suyunun yükselmesine ve suyun kapilarite ile kök bölgesi içerisine doğru yükselmesine neden olarak, buharlaşma kayıplarının artmasına neden olacaktır. Taban suyu düzeyindeki yükselme miktarı yılda 0.5 ila 1 metre arasında olabilir.

Kapiler yükselme ise tuzlulaşmanın diğer bir kaynağıdır. Taban suyu tuz konsantrasyonunun yüksek olması, sınırlı bir kapilaritenin varlığında dahi, kök bölgesinin tuzlulaşmasında önemli bir etken olacaktır. Örneğin 5 g/1 tuz kapsayan taban suyundan meydana gelecek 50 mm'lik yükselme dahi, 2500 kg/ha'lık bir tuz birikimine neden olabilecektir.

Taban suyunun beslenmesinin söz konusu olmadığı durumlarda, kapiler yükselme zamanla azalarak devam edecek ve bir noktada duracaktır. Böyle bir ortamda, taban suyu eğer çok fazla tuzlu değilse, tuzlulaşma riski söz konusu olmayacaktır.

Eğer bir alanda yeraltı suyu herhangi bir kaynaktan sürekli besleniyorsa, bu durumda taban suyu seviyesi düşmeyecektir. Bu gibi yanıl sızmalarla beslenen ve sulama ve yağmurla derine sızma olmayan alanlarda tuzlulaşma devam edecektir. Taban suyu akışının olduğu vadilerde, sulama kanalları boyunca ve sulanan alanların altında kalan alanlarda ve daha pek çok koşulda yanıl sızma ile taban suyunun beslenmesi oldukça yaygın görülen bir durumdur. Eğer sızmaya maruz kalan alanlar drene edilecekse, seçilecek dren derinliği, taban suyunun *kritik derinlik* altında kalmasını sağlamalıdır. Bu derinlik ise, sızma koşulunda dahi taban suyu derinliğini düşürecek ve kapilar yükselmeyi hemen hemen sıfır yapacak derinlik olarak tanımlanır. *Şekil 2.6* 'da yanıl sızma ile ilgili örnekler şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.6 Yanal sızmaya ilişkin örnekler ve bunun taban suyu düzeyine olan etkileri (van Horn and Alphen, 1991).

Sulama ve Drenajın Yönetimi

Sulamanın ve drenajın yeterliliği tek başına, tuzlaşmanın kontrolü açısından kafi değildir. Sulamanın uygun yöntem seçimi ile birlikte nasıl yönetildiği ve bunun yanında yeterli olan drenaj koşullarının da devamlılığının sağlanması ve verimliliğinin azalmaması açısından yapılması gerekenlerin ne düzeyde gerçekleştirildiği önemlidir.

Örneğin her sulama yöntemi altında bir miktar sulama suyu kök bölgesi altına sızarak kaybolmakta yani sızma kaybı oluşmaktadır. Her ne kadar sızma kayıplarının bir bölümü yıkama gereksiniminin bir kısmını karşılama açısından önemli olsa da, aşırı sızma kayıpları bu kez, taban suyu seviyesinin yükselmesine ve drenaj hacminin artmasına neden olacaktır. O nedenle sadece seçilen sulama yönteminin uygunluğu tuzluluğun kontrolünde yeterli olmamakta, sulamanın ve drenajın nasıl uygulandığı ve sürdürüldüğü de önemli olmaktadır.

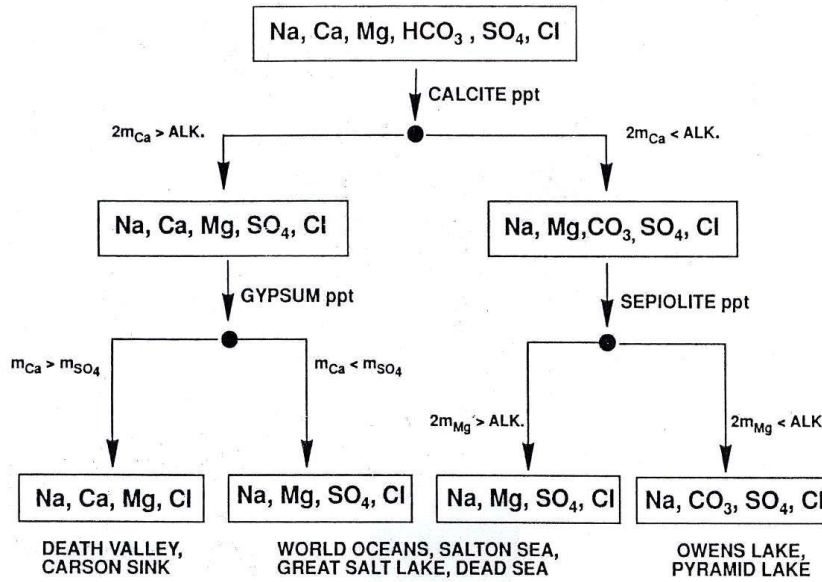
Tuzluluk Etmenleri

Evaporatif Tuzlaşma (Evapokonsantrasyon)

Buharlaştırma bilindiği gibi saf su şeklinde olmaktadır. Bir başka deyişle, herhangi bir ıslak ortamdan buharlaştırma sonucunda sadece suyu meydana getiren

hidrojen ve oksijen molekülleri ayrılmaktadır. Bu etki sonucunda geride kalan çözelti içerisinde erimiş katı maddelerin konsantrasyonu artmaktadır. Evapokonsnatrasyon yada evaporatif tuzlulaşma şeklinde tanımlanan bu etki sonucunda çözelti konsantrasyonları artmaktadır. Her ne kadar bu etki bu kadar basit olarak açıklanmasa da sonuçta meydana gelen durum bu şekilde özetlenebilir.

Suların evaporatif tuzlulaşmasına ilişkin getirilen açıklamalardan bir model Şekil 2.7 'de gösterilen Hardie-Eugster modelidir. Bu şekil (Drever 1982) Hardie-Eugster'in suların evaporatif tuzlulaşması ile ilgili sadeleştirilmiş yorumunu göstermektedir. Kimyasal bölümler (değişmeler), aşırı tuzlu suların birçok farklı çeşitte oluşmasına yol açmaktadır. En egemen çözelti türlerini içeren su kütlesi evapokonsantrasyona (buharlaşıma) tabi tutulduğunda ilk çökecek bileşik CaCO_3 (kalsit) olacaktır. Buharlaşıma devam ettikçe ne olacağı, su içerisindeki Ca molaritesinin (M), karbonat alkalinitesinden (Alk) daha düşük yada yüksek oluşuna bağlıdır. Eğer $2M_{\text{Ca}} > \text{Alk}$ ise suda HCO_3 tükenmiştir. Daha ileri buharlaşma jipsin çökmesi ile sonuçlanacaktır. Eğer $M_{\text{Ca}} > M_{\text{SO}_4}$ ise, sonuç Cl tipi su olur. Eğer $M_{\text{Ca}} < M_{\text{SO}_4}$ ise, tuzlu suda yüksek miktarda SO_4 olur. Tersine, eğer $2M_{\text{Ca}} < \text{Alk}$ ise suda Ca tükenmiştir ve çökecek diğer mineral sepiolit olur. Eğer suda $2M_{\text{Mg}} > \text{Alk}$ ise, ileri buharlaşmada su, okyanus suyuna benzer hale gelir. Sepiolitin oluşumu birincil derecede Mg kontrolünde olduğundan, sepiolit oluşmasında bir takım sorunlar vardır. Diğer olası Mg kontrollü çökelmeler, Mg-zengini smektit, Mg zengini kalsit yada dolomiti kapsar.



Şekil 2.7 Evaporatif tuzluluğun açıklanmasında Hardie-Eugster modeli (Tanji, 1996).

Seyrelme Etkisi

Doğal sular aynı zamanda taze su kaynaklarının katılması (eklenmesi) ile seyrelme etkisinde de kalmaktadırlar. Özellikle ilkbaharda kar örtüsünün erimesi yada yüksek yağış intensitesi sonucunda su kaynaklarının ve toprak çözeltisinin konsantrasyonlarında önemli düzeyde azalmalar görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayers, R.S. and D.W. Westcot. *Water Quality for agriculture*. FAO Irrig. And Drain. Paper No.29. Rome, 1989.
- Tanji, K.K. *Agricultural salinity assessment and management*. ACSE Manuals and Reports on Engineering Practice No.71, New York, 1996.
- Van Horn, J.W. and J.G. Alphen. *Salinity Control, Salt Balance and Leaching of Irrigated Soils*. Int. Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies of Bari, Italy, 1991.
- Yurtseven, E.; G. Çaycı; C.S. Sevimay; A. Öztürk; M. Parlak ve L. Yalçın. *Tuzluluk ve su miktarlarının macar fiği (Vicia pannonica, Crantz) verimi ve toprak tuzluluğuna etkisi: I.Yıkama uygulanmayan koşul*. A.Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 8(1):1-6, 2002.
- Yurtseven, E.; G.D. Kesmez and A. Ünlükara. *The effects of potassium on salinity tolerance, fruit quality and water consumption for tomato (lycopersicon esculentum) under saline conditions*. International Workshop on Sustainable Strategies for Irrigation in Salt-prone Mediterranean Regions: a System Approach, Cairo, Egypt, December 8-10, 2003. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK. Proceedings of an International Workshop, pp. 192-203, 2003.
- Yurtseven, E. ve H.S. Öztürk. *Sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi*. A.Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 7(3):1-8, 2001.