



GAP EYLEM PLANI



TOPRAK TUZLULAŞMASI

Prof. Dr. Mehmet Ali Çullu
Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

2011



İçindekiler

ÖNSÖZ

1. GİRİŞ.....	8
2. TUZLULAŞMANIN OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER.....	12
3. TOPRAKTA TUZLULUK OLUŞUMU.....	14
3.1. Tuzlu Topraklar	18
3.2. Tuzlu-Alkali (Sodik) Topraklar	20
3.3. Alkali (Sodik) Topraklar.....	27
4. TUZLULUĞUN BİTKİYE ETKİLERİ	32
5. SULAMA VE TABAN SUYUNUN TUZLULAŞMAYA ETKİLERİ	36
5.1. Sulama Suyu Kalitesi.....	39
5.2. Sularda Tuzluluk Tehlikesi.....	39
5.3. Sularda Sodyum Tehlikesi.....	40
5.4. Sularda Karbonat ve Bikarbonat Miktarı.....	43
5.5. Toksik Elementler.....	43

6. TUZLULUK TAYİNİ İÇİN TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE ANALİZİ.....	44
7. HARRAN OVASI'NDA TUZLULAŞMA VE NEDENLERİ.....	50
8. ÜRÜN DESENİ, SU TÜKETİMİ VE SU BÜTÇESİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER.....	59
9. SU KULLANIMI VE TUZLULUK YÖNETİMİ	63
10. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
ÇİFTÇİ İÇİN TUZLULAŞMA BROŞÜRÜ.....	75
Tuzlulaşma nedir.....	76
Toprakta Tuzlulaşma Nasıl Meydana Gelir	77
Tuzlulaşma Tarlada Nasıl Anlaşılır	79
Tuzsuz Olan Bir Toprakta Tuzlulaşma Olabilir mi?.....	81
Tuzlu Toprak Neden Bitkiye Zarar Verir	82
Alkalileşen Toprağı Kurtarmak Mümkün mü?.....	83
Tuzluluk Tayini İçin Toprak Örneklerinin Alınması.....	83



şekil listesi

Şekil 1	Tuzlu Araziden Alınan Toprak Örneği.....	20
Şekil 2	Tuzlu Alkali Topraklarda Kültür Bitkisi Gelişimi.....	22
Şekil 3	Tuzlu Alkali Alanlardan Görünümler	24
Şekil 4	Tuzlu Alkali Toprakların Yüzeyinde Oluşan Dispersiyon.....	25
Şekil 5	Alkali Toprakta Na'un Neden Olduğu Dispersiyon	29
Şekil 6	Alkali Topraklardan Bazı Arazi Görünümleri	30
Şekil 7	Alkali Toprak Strüktürü	32
Şekil 8	Harran Ovası'nın Topoğrafik Yapısı	50
Şekil 9	Tuzlulaşmaya neden olan yüksek taban suyu...51	
Şekil 10	Harran Ovası Sulamalarından Artan ve Ana Tahliye Kanalından Akan Sular	53
Şekil 11	Taban suyu yükselmesi ve tuzlulaşma	54
Şekil 12	Harran Ovası'nda Tuzluluktan Etkilenen Alanlar.....	59

Çizelge listesi

- Çizelge 1** Toprakların Elektriksel İletkenlik (EC) ve
% Tuz Değerlerine Göre Tuzluluk
Dereceleri..... 17
- Çizelge 2** Bazı Bitkilerin Tuzluluk (EC) Eşik Sınırları34
- Çizelge 3** Sulama sularının tuzluluk sınıfları.....42
- Çizelge 4** Harran Ovası 2004 Yılı Yaygın Arazi Kullanım
Şekli ve Su Tketimi60
- Çizelge 5** Ovanın Su Bütçesi ve Bitkisel Su Tketimi63



önsöz

Ülke topraklarının önemli bir bölümü yarı kurak bir iklim etkisi altında bulunmaktadır. Bu nedenle yapılan sulamaların uygun yöntemlerle yapılmaması halinde, ürün kayıplarına neden olan tuzlulaşma olayı meydana gelebilmektedir.

Tuzlulaşma doğal oluşabildiği gibi çoğunlukla tarımsal sulamalardan sonra ortaya çıkmaktadır. Bunun canlı örnekleri GAP sonrası sulanan Harran Ovası'nda kendisini belirgin bir şekilde göstermiştir. Düşük yağış, yüksek buharlaşma ve çukur topoğrafik koşullarda yapılan aşırı sulamalar taban suyu yükselmesi ve tuzlulaşmaya neden olabilmektedir. Böyle alanlarda drenaj alt yapısı ile birlikte uygun sulama metotları ve bitki deseni seçilerek tuzluluğun gelişmesi önlenmektedir.

Şu anda Türkiye'de bulunan yaklaşık 1.5 milyon hektar tuzlu arazi, mevcut sulanan arazilerin % 30, toplam sulanabilir arazilerin % 11 ve ekonomik sulanabilir arazilerin % 17'sini oluşturmaktadır. Dikkat edilirse günümüzde çok da

önemsemediğimiz tuzlulaşma, tarım alanlarımızın önemli bir bölümünü tehdit etmekte ve bitkisel verim kayıplarına neden olmaktadır. Henüz ekonomik olarak sulanabilir topraklarımızın yaklaşık % 60'ı sulanmaktadır. Sulanabilir alanların artması ile birlikte tuzlulaşan arazilerde de artış olabilir. Günümüzdeki tuzlu arazilerin genişliği ve gelecekte de oluşma durumu göz önüne alındığında, tuzluluğun dikkate alınması ve tanınmasının önemini ortaya koymaktadır.

T. C. Kalkınma Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı Desteği ile hazırlanan bu kaynağın tarımsal alanlarda çalışan teknik personel, çiftçi, ilgili kamu kurumları ve üreticilere yararlı olması dileklerle. 2011

Prof. Dr. Mehmet Ali Çullu



1. GİRİŞ

Yaklaşık 4.5 milyar yaşında olduğu tahmin edilen dünyamızda medeniyetlerin gelişmesi son birkaç bin yıl içerisinde meydana gelmiştir. Bu zaman dilimi içinde insanların çoğalmaya başlaması, tohumun toprakla buluşması ile birlikte başlamıştır. Dünyada meydana gelen farklı özellikteki iklim değişimleri (ısınma ve donma dönemleri), volkanik hareketler, jeolojik oluşumlar, taşkınlar, nehirlerin yatak değiştirmesi gibi olaylar dünyanın şekil kazanmasına ve daha sonra tarımsal alanlarının oluşmasına neden olmuştur. Verimli toprakların olduğu alanlarda medeniyetler gelişmiş, toprakların bulunmadığı bölgelerde ise insanlar varlığını sürdürümemeyerek başka bölgelere göç etmişlerdir.

İnsanlığa gıda sağlayan, et, süt ve ekmek veren topraktır. Bir metre derinliğindeki toprağın oluşumu insanlık tarihinden daha fazla zaman gerektirmektedir. Oysa korunamadığında bu topraklar tuzlulaşma, erozyon ve konutlaşma nedeniyle



çok kısa bir sürede kaybolabilmektedir. Dünyada toprak kaynakları zayıf olan birçok ülke insanı günlük gıdasını alamamakta ve bu nedenle yaşam ömürleri kısa olmaktadır. Toprak kaynaklarını iyi kullanan ve yöneten ülkelerde yaşayan insanlar ise daha uzun ömürlü olmaktadır.

Tüketmek veya pazarlamak için ürettiğimiz bitkiler de insanlar gibi canlı olduğundan su, hava ve besin elementlerine ihtiyaç duyarlar. Tohum toprakla buluştuğunda çimlenip gelişebilmesi için uygun toprak, yeterli nem ve bitki besinine ihtiyaç duymaktadır. Bu faktörlerden birinin eksikliğinde tohum çimlenmesi aşamasından hasat aşamasına kadar bitkinin yetersiz gelişmesi nedeniyle verim düşüklüğü meydana gelmektedir.

Toprak içerisinde bulunan bitki besin elementleri, kayaçların ayrışması sonucu oluşurlar. Toprakta ayrışan ve bitkiler tarafından gelişimleri için kullanılan bu bitki besin elementlerinin toprakta azalması ve tükenmesi durumunda gübreleme yapılarak eksiklikleri giderilir. Bitki gelişimini ekim ve hasat aşamasına kadar birçok faktör etkilemekle



birlikte, ideal gelişimi toprakta yeterli ve dengeli besin elementlerinin varlığına bağlıdır. Toprakta bitki gelişimi için mutlak gerekli olan birçok element bulunmaktadır. Bunlardan bitki gelişimi için gerekli olan ve toprakta bulunan Na, Ca, Mg, K katyonları ve Cl ve SO_4 , HCO_3 ve CO_3 anyonları tuzlulaşmaya neden olan bazı elementlerdir. Normal koşullarda bu elementler bitki gelişimi için gereklidir. Ancak topraktaki miktarı arttığında ve oranlarında değişme meydana geldiğinde toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını bozması sonucu bitki gelişimine de doğrudan olumsuz etkide bulunmaktadır.

Her bir bitkinin tuzluluğa karşı toleransı (dayanıklılık) farklıdır. Toprakta biriken tuz konsantrasyonu bitkinin tolerans sınırını aşarsa, bitki gelişimini yavaşlatır, verim kaybına uğratar ve tuz şiddetinin çok yükselmesi sonucunda bitkilerin tamamen zarar görmesine neden olur.

Bitkinin kök bölgesinde yüksek taban suyu ve buharlaşma nedeniyle kapiler hareketle biriken tuz miktarının bitki tolerans sınırını aşmasına tuzlulaşma denilmektedir.

Tuzlulaşma, genellikle yüksek taban suyu varlığı yanında, kurak ve yarı kurak bölgelerde meydana gelmektedir. Yüksek yağışlı bölgelerde topraktaki znebilir tuzlar, yağışlarla toprak profili içerisinde aşağıya doğru yıkanarak bitki kök bölgesini terk eder. Bu nedenle tuzlulaşma olayına genellikle yağışlı bölgelerde rastlanmaz ise de, bu bölgelerde tuzlulaşmaya deniz kıyısındaki ırmak deltalarında ve deniz seviyesine yakın arazilerdeki topraklarda görülebilmektedir. Tuzlulaşma iki şekilde bitki verimi üzerinde etkili olmaktadır.

Birincisi, toprakta biriken tuzlar toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozarak bitki gelişimi ve veriminin azalmasına neden olur,

İkincisi, toprak zltisinde fazla tuz varlığında ozmotik basıncın yükselmesi sonucunda bitkinin su alımı ve dolayısıyla beslenme dengesi bozulur. Yüksek tuz konsantrasyonunda bitkiler su alımında güçlük eker. Toprakta bulunan bazı tuzlar, bitki besin maddelerinin alımını zorlaştırıp, metabolizmayı bozarak bitkinin bünyesine zarar verirler.



Dünyada artan nüfusa karşılık, kentleşme ve sanayileşme nedeniyle her geçen gün tarım yapılan araziler alansal olarak daralmaktadır. Bunun yanında sulanan alanlardaki artış ise kurak ve yarı kurak alanlardaki toprakların tuzlulaşma riskini de artırmaktadır. Fazla sulama yapılan arazilerdeki tuzlulaşma hissedilmeden gelişir ve belirli aşamalardan sonra bitki veriminin azalması ile anlaşılır. Bu nedenle Dünya Tarım Gıda Örgütü (FAO) tuzlulaşmayı “Sessiz Düşman” olarak tanımlamıştır.

2. TUZLULUK OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER

Tuzlulaşmanın oluşmasında etkili en önemli faktörler düşük yağış, çevresine göre çukur topoğrafik yapı, yüksek taban suyu ve yüksek buharlaşmadır.

Toprakların tuzlulaşmasında, bilinçsiz sulama yanında, drenaj olanaklarının yetersizliği ve yüksek taban suyunun rolü çok büyüktür. Özellikle, sulama sonucu toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi, sulu tarımın uygulandığı

bölgelerde güncel bir sorundur. Drenaj şebekelerinin yetersizliği ve sulama sonucu yükselen taban suyu, kurak bölgelerde tuzluluğun başlıca sebebidir. Bitki kök bölgesinde fazla miktarda eriyebilir tuzların birikmesi, toprakta tuzluluk probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Böyle bir toprakta, kültür bitkilerinin çimlenme, büyüme ve ürün verimleri, mevcut tuzların cinsi ve miktarlarına bağlı olarak azalmakta ve hatta tamamen durmaktadır (Richards, 1954; Dizdar, 1978).

Tuzlulaşma esas olarak, tuzları bitki kök bölgesi altına yıkayacak miktarda yağış alamayan kurak ve yarı kurak bölge topraklarında meydana gelmektedir. Böyle alanlarda yüksek buharlaşma, uygun olmayan sulama ve yönetim işlemleri bir araya gelerek olumsuzluklara neden olmaktadır (Bresler ve Charter, 1982).

Yarı kurak iklim koşullarında sulama yapılan alanlarda önemli bir sorun olan tuzluluğun potansiyel etkisi, sadece ürün verimi üzerine değil, aynı zamanda arazilerin tuzlulaşması, toprağın ve suyun bozulması yanında yer altı



sularına tuzun karışarak kalitelerinin bozulmasına neden olmaktadır (Feng ve ark., 2003).

Drenaj ve tuzluluk sorunu bulunan topraklarda belirli bir süre sonra bitki yetiştiriciliğinin mümkün olamayacağı, toprakların sonradan ıslah edilmesinin de çok pahalı olabileceği, ıslah edilseler bile eski verimlerine döndürmenin zor olacağı bir gerçektir (Çevik, 1998; Çevik ve Tekinel, 2000).

3. TOPRAKTA TUZLULUK OLUŞUMU

Normal koşullarda bitkiler gelişip büyümeleri için topraktan besin elementi alırlar. Toprakta bulunan besin elementlerinin her birinin bitki gelişimi için ayrı bir önemi vardır. Bu besin elementlerinden herhangi birisinin topraktaki miktarının artması veya azalması bitki gelişimini de farklı şekillerde etkileyebilmektedir. Bazı elementlerin toprakta fazla bulunması bitkiye tuz etkisi yapmakta ve farklı şekillerde zarar verebilmektedir. Toprakta bulunan bu

çözünebilir tuzlar çoğunlukla Na, Ca, Mg katyonları ile Cl ve SO₄ anyonlarının bileşiminden oluşmaktadır. Tuz bileşimleri bazen az miktarda K katyonu ile karbonat (CO₃), bikarbonat (HCO₃) ve nitrat (NO₃) anyonlarından oluşmaktadır. Toprak içerisinde farklı bileşikler şeklinde bulunan bu katyon ve anyonlar su ile reaksiyona girdiğinde çözünürler. Toprak çözeltisi içerisinde çözünen bu tuzların miktarı, bitki tolerans sınırını aştığında bitkiye farklı şekilde zarar vererek verim kayıplarına neden olmaktadır. Bitkilere zarar verecek düzeyde toprakta çözünen tuz içeren topraklar Tuzlu Toprak olarak isimlendirilmektedir. Tuzlu topraklar, halk arasında Çorak Toprak olarak da ifade edilmektedir. Tuzluluk sorunu başlayan hafif tuzluluktan şiddetli tuzluğa kadar olan tüm toprak sınıflarının tümüne birlikte halk arasında problemlili toprak anlamına gelen çorak toprak deyimini kullanılmıştır. Bununla birlikte bitkiler farklı tuzluluk derecelerinden farklı şekillerde etkilendiklerinden, tuzluluk şiddetinin bitki tolerans sınırlarına göre sınıflandırılmasında yarar bulunmaktadır. Tuzluluk derecelerinin bilinmesi, bitki desininin belirlenmesi için önemli olduğu gibi, özellikle tuzlulaşmadaki gelişmenin izlenmesi ve tuzluluğun iyileştirilmesi açısından da önemlidir.



Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunun sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısı ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Sharma, 1980; Robinson ve ark., 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

Toprak tuzluluğunun ölçülmesi için topraktan alınan örneklerde yapılan analizlerde tuzluluk % tuz ve elektriksel iletkenlik (EC) olarak belirlenmektedir. Toprak analizleri sonucu belirlenen EC veya % tuz değerleri toprak tuzluluğu hakkında belirli bir fikir vermekle birlikte, tuzluluk şiddeti ve alkalilik hakkında yalnız başına yeterli bilgi vermez. Toprak tuzluluğunu, toprak ve bitkiye zarar durumuna göre sınıflandırabilmek için çoğunlukla EC yanında pH ve Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) analiz sonuçlarına da ihtiyaç duyulmaktadır.

Birçok bitki çeşidi, toprak saturasyon ekstraktının EC'si 2 dS/m'yi geçtiğinde zarar görmeye başlar. Toprak içerisinde toplam tuz miktarı artıkça, toprak çözeltisinde ölçülen EC değeri de artmaktadır. Toprakların tuzluluk seviyelerine göre EC sınıflandırılması aşağıdaki gibi özetlenebilir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) ve % tuz değerlerine göre tuzluluk dereceleri (Richards, 1954)

Elektriksel iletkenlik (EC) (dS/m)	Çözünebilir % Tuz	Tuzluluk Dereceleri
0-2	0-0.15	Tuzsuz
2-4	0.15-0.35	Çok hafif tuzlu
4-8	0.35-0.65	Orta tuzlu
8-15	>0.65	Yüksek tuzlu

EC, toprak çözeltisindeki ozmotik etkili tuz konsantrasyonunun yüzde miktarından daha iyi bir ölçek olduğundan ve bitki yetiştiriciliği için daha iyi bir endeks teşkil ettiğinden bu sınıflama sistemindeki kategoriler birbirinden toplam yüzde tuz miktarlarıyla değil, doymuş toprak çözeltisinin elektriksel iletkenlik (EC_{eks}) değerlerine göre ayrılmaktadır. Toprak EC'si dışında pH ve Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) değerlerine göre topraklar;



- Tuzlu Topraklar
- Tuzlu Alkali Topraklar
- Alkali Topraklar

olarak sınıflandırılmışlardır. U. S. Salinity Lab. Staff, (1954) tarafından geliştirilen bu sınıflandırma pratik ve uygulama amaçlı olması bakımından, ülkemizde olduğu gibi birçok ülkede de halen tuzlu ve alkali toprakların sınıflandırılmalarında çoğunlukla tercih edilen sınıflandırmadır.

3.1. Tuzlu Topraklar

Tuzluluğun ilk başladığı ve birçok bitkinin fazla zarar görmeden yetiştiği topraklardır. Tuzlu topraklarda çok hassas bitkiler dışında birçok bitki sorun yaşamadan yetişebilmektedir. Gerekli önlemler alınmadığında bu topraklar kısa sürede daha şiddetli tuzluluk sınıfına dönüşebilmektedir.

Toprak çözeltisinin (saturasyon çözeltisi) 25°C'deki elektriksel iletkenliği (EC) 4 dS/m'den büyük, değişebilir

sodyum yüzdesi (ESP) 15'in altında olan topraklardır. Tuzlu toprakların pH değeri genellikle 8,5'dan düşüktür. Yaygın anyonlar Cl^- ve $SO_4^{=}$ ve HCO_3^- ve yaygın katyonlar ise Ca, Mg ve az miktarlarda Na bulunur. Na^+ genellikle, çözünebilir katyonların %50'sinden daha azdır. Toprakta sodyum klorür (NaCl) en fazla rastlanan, çözünürlüğü çok yüksek olmasından dolayı da toksik etkisi en fazla olan tuzdur.

Bu toprakların fiziksel yapılarında bozulma olmaz ve arazide çoğunlukla gözle fark edilmezler. Tuzluluk durumlarının belirlenmesi için toprak analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Buharlaştırmanın çok fazla olduğu bölgelerde sulama sonrası tuzlar bazen kireç ile birlikte yüzeyine çıkmakta ve bazen de toprak profilinin farklı derinliklerinde birikebilmektedir (Şekil 1).

Tuzlu topraklar ıslak olduğunda tuzluluk gözle fark edilmez, tuz içeriği ancak analiz sonucu belirlenebilir.



Şekil 1. Tuzlu araziden alınan toprak örneği

Özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde sulama sonrası taban suyunun oluşması durumunda, tuzlulaşma hızlı bir şekilde gelişebilmektedir. Tuzlu topraklar kolay bir şekilde iyileştirilebileceği gibi, daha yüksek tuzlu sınıflara da kolayca dönüşüm gösterebilmektedir.

3.2. Tuzlu-Alkali (Sodik) Topraklar

Kurak ve yarı kurak iklimlerdeki topraklar uzun süre yüksek taban suyu etkisi altında kaldığında önce tuzlu ve

daha sonraki aşamada tuzlu alkali topraklar oluşmaya başlamaktadır. Bu topraklarda yüksek oranda tuz bulunur ve özellikleri daha çok tuzlu topraklara benzer. Bu topraklar tuzluluk ve alkalileşmenin bileşiminden oluşmuşlardır.

Tuzlu alkali toprakların saturasyon çözeltisinin 25° C'deki elektriksel iletkenlikleri (EC) 4 dS/m'den büyük ve değişebilir sodyum yüzdesi 15'den fazla olan topraklardır. pH değeri nadir olarak 8,5'dan yüksektir. Anyonlar ve katyonlar tuzlu topraklarda olduğu şekildedir. Mevcut katyonlar farklı oranlarda bulunurlar.

Tuzlu alkali toprakların içerisinde çok fazla miktarda tuz olması nedeniyle birçok kültür bitkisinin gelişmesi yavaşlamakta veya durmaktadır (Şekil 2).

Tuzlu alkali toprakların içerisinde yüksek oranda tuz bulunması nedeniyle bazen EC'leri 50 dS/m değerinin üzerine çıkabilmektedir. Bu yüksek EC'lerde birçok kültür bitkisi topraktan çıkış yapamaz.



Şekil 2. Tuzlu alkali topraklarda kültür bitkisi gelişimi

Kültür bitkileri arasında pamuk, arpa ve buğday tuza en dayanıklı bitkiler olmasına rağmen EC 7 dS/m'yi geçmeye başlayınca verim kayıplarına uğramakta ve belirli EC değeri üstünde topraktan bitki çıkışı önemli oranda sınırlanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı topraklar çoğu zaman ekilememekte ve doğal hayata bırakılmaktadır. Tuzlu alkali topraklar, tuzlu topraklardaki tuz şiddetinin artması sonucu oluşurlar. Tuzlu topraklar arazide pek fark edilmezken, tuzlu alkali topraklarda kültür bitkilerindeki verim azalmasıyla kendisini hissettirir. Daha sonraki aşamalarda toprak yüzeyinde yağ dökülmüş gibi görünümler yanında tuzcul bitkiler gelişir (Şekil 3).

Taban suyu etkisi altında olan arazilerde eğer sürekli pamuk, arpa ve buğday yetiştiriliyorsa, arazide hafif ve orta tuzluluk gelişimi fazla fark edilmez. Bu bitkiler orta tuzluluk derecelerine kadar verim kayıplarına uğramadan gelişir.

Bu bitkilerden sonra devreye girecek ve tuza duyarlı diğer bitkilerin verimleri daha önceki normal verim seviyesinin altında olabilir.



TUZLU ALKALİ ARAZİLERİN YÜZEY GÖRÜNÜMLERİ



TUZLU ALKALİ TOPRAK PROFİLİ

Şekil 3. Tuzlu alkali alanlardan görünüm

Tuzlu alkali topraklarda Na'un oranı arttığında alkalileşme (sodikleşme) meydana gelebilmektedir. Bu topraklarda bulunan fazla miktardaki tuzlar arasında bulunan sodyum toprak yüzeyinde dispersiyona (dağılma) neden olabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Tuzlu alkali toprakların yüzeyinde oluşan dispersiyon

Toprak yüzeyinde meydana gelen dispersiyon ve kabuk oluşumu suyun toprağa girişi, çimlenme ve toprağın işlenmesini olumsuz bir şekilde etkilemektedir.



Fiziksel özellikleri bozulan bu topraklarda çoğunlukla su geçirgenliğinde de azalma meydana gelmektedir. Kültür bitkilerinin veriminin düşmesinin ana nedeni yüksek tuz konsantrasyonu yanında toprağın fiziksel özelliklerinin bozulmasıdır.

Tuzlu alkali toprakların yönetimi için fazla tuzlar ve değişebilir Na'un kök bölgesinden uzaklaştırılması ve uygun toprak fiziksel koşullarının oluşturulması gerekmektedir. Bazı tuzlu alkali topraklarda jips bulunmaktadır. Bu özelliklere sahip topraklar yıkandığında değişebilir Ca, Na ile yer değiştirebilmekte ve fazla tuzlar ortamdaki uzaklaştırılabilmektedir. Genelde tuzlu alkali topraklar içerisinde Ca bulunduğundan uygun yıkama suyu ile belirli bir süre içerisinde iyileştirilebilmekte, ancak sorunun ana kaynağı olan taban sularının uzaklaştırılması gerekmektedir.

Son yıllarda tuzlulaşmasıyla gündeme gelen Harran Ovası toprakları bünyesinde jeolojik yapı ve toprak özellikleri yönünden yüksek oranda kireç (Ca kaynağı) ve jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bulundurmaktadır. Yani tuzlu alkali veya varsa alkali toprakların ıslahı için gerekli maddeler toprak içerisinde bulunmaktadır. Ovada özellikle yaygın bulunan

alanlarda yüksek oranda jips yanında kireç de bulunmaktadır. Bu nedenle bu arazilerdeki şiddetli tuzluluğun ıslahında kimyasal madde uygulanmasına gerek bulunmamaktadır. Bu arazilerde yüksek kirecin neden olduğu geçirgenlik de tuzlu alkali toprakların hızlı ıslahı için bir avantajdır. Bu alanlardaki tuzlu alkali toprakların ıslahında profilin alt horizonlarına yıkanan jips ve kirecin üst horizonlara çıkarılması için derin sürüm yapılması gerekmektedir. Daha sonra yapılacak işlem belirli hesapla ve belirli sürelerle toprağın yıkanmasıdır. Diğer en önemli bölüm ise topraktan yıkanan tuzun drenaj sağlanması yoluyla uzaklaştırılmasıdır.

3.3. Alkali (Sodik) Topraklar

Alkali topraklar, tuzsuz-alkali veya sodik toprak olarak da adlandırılmaktadır. Tuzlu toprakların en şiddetli sınıfı olan alkali topraklar da kurak ve yarı kurak iklimlerde oluşmaktadır. Alkali topraklar, saturasyon çözeltilisinin 25 °C'deki elektriksel iletkenliği 4 dS/m'den küçük ve değişebilir sodyum yüzdesi 15'in üzerinde olan topraklardır. pH değeri genellikle 8.5-10 arasında ve toprak çözeltilisinde hakim katyon sodyumdur. Yüksek pH ve CO₃ varlığında, Ca ve Mg çökelerek toprağın alt horizonlarına doğru taşındığında ve ortamda Na dominant duruma geçtiğinde alkalileşme başlamaktadır.



Alkalileşme, topraklardaki katyon değişim komplekslerinin zamanla sodyumla doymasıdır. Alkalileşme deyimini, pH'nın "alkalin" değere yükseldiğini belirtmek için kullanılmaktadır. Ancak, yüksek sodyum doymunluğu yüksek pH ile birlikte bulunmak zorunda değildir. Bazı sodik topraklarda, Na iyonları çözeltide NaCl ve Na₂SO₄ gibi nötr tuzlar şeklinde bulunması nedeniyle, nötral, hatta bazıları asit reaksiyon bile göstermektedir. Buna karşılık, birçok solonetz, diğer sodik ve tuzlu sodik toprakların kuvvetli alkalın reaksiyon göstermesi, toprak çözeltisindeki karbonat ve bikarbonat iyonlarının konsantrasyonlarının Ca ve Mg iyonlarına oranla yüksek olmasından dolayıdır (Kamphorst ve Bolt, 1978).

Toprak çözeltisinin evapotranspirasyon yoluyla su kaybederek yoğunlaşması sonucunda konsantrasyonu artmaktadır. Bu durum, toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilen sodyum miktarının artmasını sonuçlamaktadır. Çünkü toprak çözeltisi içerisinde oransal olarak artan Na⁺ iyonu, toprak kolloidlerine bağlı bulunan Ca ve Mg iyonları ile yer değiştirmektedir. Topraktaki değişebilir katyonlar arasında sodyumun hakim duruma geçmesiyle kil partikülleri ve humus dispers olarak toprağın alt tabakalarına taşınmakta ve orada birikebilmektedir. Toprak strüktürü bu durumdan

olumsuz yönde kuvvetli derecede etkilenmektedir.

Topraktaki tuzlar azaldığında bazı değişebilir Na katyonları hidrolize olarak NaOH'a ve bu da CO₂ adsorbe ederek sodyum karbonata (Na₂CO₃) dönüşebilmektedir. Bu durumda pH 8.5'un üzerine çıkarak toprağa kuvvetli alkali özellik kazandırmaktadır. Bu durumda toprak parçacıkları dağılmakta (disperse) (Şekil 5) ve bazen ısladığında oluşan kabuk (crust) toprağın geçirgenliğini azaltmakta ve toprak sürümünde de zorluklar meydana gelebilmektedir.



Şekil 5. Alkali toprakta Na'un neden olduğu dispersiyon



Alkali toprakların tipik özelliklerinden birisi de toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasıdır. Toprağın fiziksel özelliklerinin önemli oranda bozulması ve toprağın yüksek pH değerleri bu topraklarda kültür bitkisi yetiştiriciliğini imkânsızlaştırmaktadır.

Bu toprakların yüzeyinde tuzların birikmesi, dispersiyon ve tuzcul bitkilerin görülmesi arazide tanınmasını kolaylaştırmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Alkali toprakların bazı arazi görünümleri

Alkali topraklarda tuz yüzeye çıktığında beyaz bir görünüm gösterdiklerinde Beyaz Alkali Topraklar, organik maddece zengin olan topraklarda organik maddenin dispersiyonundan kaynaklanan siyah renkli görünüm kazanmasından dolayı ise Siyah Alkali Topraklar olarak adlandırılmaktadır.

Su aldığıında şişme ve kurduğunda çatlama özelliği gösteren 2:1 tipi montmorillonit killerin yaygın olduğu alkali topraklarda dispersiyon daha fazla olmaktadır. Topraktaki kil partikülleri önemli derecede şiştiğinde dispersiyon meydana gelmekte, kurak koşullarda toprak masif ve strüktüresüz bir yapı kazanmaktadır. Üst toprağın kaba bünye ve gevşek yapıda olmasına karşılık, bunun altında killerin birikmesi sonucu toprakta ağır, kolumnar yapı gösteren geçirimsiz bir tabaka oluşmaktadır (Irvine ve Doughton, 2001) (Şekil 7).

Alkali toprakların ıslahı tuzlu alkali topraklara göre çok daha zor ve pahalıdır. Bu topraklarda soyumla doyan toprak kolloidlerinden sodyumun uzaklaştırılması için toprağa Ca ve S (kükürt) kaynaklı bazı maddeler uygulanarak uygun bir su ile yıkanmaktadır. Alkali topraklar ıslah edilirken, toprak drenaj alt yapısının olması ıslahın en önemli ve ilk adımıdır.



Şekil 7. Alkali toprak strüktürü

4. TUZLULUĞUN BİTKİYE ETKİLERİ

Tuzluluk, bitki gelişimini ve verimini etkileyen majör faktörlerden birisi olup, dünyadaki arazilerin toplam %7'sini etkilemektedir (Flowers ve ark., 1997). Tarım yapılan alanların %23'ü ve sulanan alanların %20'si tuzluluktan etkilenmektedir. Bunun dışında her yıl dünyada %10 seviyesinde tuzlulukta artış eğilimi görülmektedir (Panamierurna, 1984).

Tuzlu topraklarda, bitki gelişimi kök bölgesinde biriken

tuzlar tarafından engellenir. Eğer buharlaşma ile toprağın alt katlarına taşınan tuzdan daha fazla tuz toprağın üst katlarına taşınırsa, tuz bitkinin kök bölgesinde birikir. Bu bölgede biriken tuz, bitkinin toleranas sınırını aşarsa, bitki gelişimini engeller. Bir çok bitki çeşidi, saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenlik (EC) değeri 4 dS/m'yi geçtiğinde zarar görür. Bu tuzluluk seviyesinden sonra, bitki kök bölgesinde su olsa bile bitki gelişimi kısıtlanır (American Society of Civil Engineers, 1990; Karim ve ark., 1990; Somani, 1991).

Tuzluluk probleminin yaşandığı tarım alanlarında rastgele ürün yetiştiriciliği yapmak zordur. Çünkü toprak çözeltisinin sahip olduğu yüksek ozmotik potansiyel nedeniyle birçok tarım ürününün verimindeki hızlı düşüş nedeniyle yetiştiriciliği ekonomik olmaz. Elektriksel iletkenliği (ECe) 4 dS/m'den fazla olan topraklarda tuzluluk problemi başlamıştır. (Richards, 1954). Bu tip topraklarda yetiştirilen bazı bitkiler diğerlerine göre daha az zarar görmektedir. Maas (1985) tuzluluğa hassas bitkilerin verim kaybı olmaksızın en fazla 1.5 dS/m EC değerine dayanabildiklerini, EC değeri 8 dS/m'e çıktığında verimin sifıra indiğini, dayanıklı bitkilerde ise 10.0 dS/m'ye kadar verim kaybının olmadığını kaydetmiştir.



Bazı bitkilerin tuzluluktan etkilenme eşik sınırı ve artan her birim tuzluluk (EC) artışına karşılık meydana gelen verim kaybı Çizelge 2’de görülmektedir.

Yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda her bir bitkinin tuzluluğa tolerans eşik sınırı belirlenmiştir. Buradan artan her birim EC artışına karşılık bitkilerin verim kayıpları hesaplanmaktadır. Bu metot sayesinde tuzluluktan kaynaklanan bitkisel verim kayıpları hesaplanabilmektedir.

Çizelge 2. Bazı bitkilerin tuzluluk (EC) eşik sınırları (Maas, 1985)

Bitki Çeşidi	Bitkilerin EC (dS/m) Tolerans Sınırı	Her Birim EC Artışındaki % Verim Kaybı
Arpa	8.0	5.0
Buğday	6.0	7.1
Mısır	1.7	12
Pamuk	7.7	5.2
Ş.Pancar	7.0	7.0
Pirinç	3.0	12
Domates	2.5	9.9
Soğan	1.2	16
Biber	1.5	14
Havuç	1.0	14
Marul	1.3	13
İspanak	2.0	7.6
Fasulye	1.0	19
Badem	1.5	19
Kayısı	1.6	24
Şeftali	1.7	21

Bitkilerin tuza karşı toleransı aşağıdaki eşitlikle tahmin edilmektedir (Maas ve Hoffman, 1977).

$$y/Y_m = 100 - B(EC_e - A)$$

y/Y_m = Nispi ürün (%)

Y_m = Maksimum ürün

EC_e = Toprak saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği (dS m⁻¹)

A = Bitkide tuzluluktan dolayı ürün kaybının başladığı eşik değeri (dS m⁻¹)

B = Artan her EC birimine karşı bitkideki ürün kaybı (%)

Tuzluluk sorunu bulunan alanların EC haritası ve ürün deseni belirlendiğinde, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak parsel, köy veya ova bazında ürün kayıpları tahmin edilmektedir.

Tuzluluğun bitkiler üzerine bilinen en temel etkileri; İyonların doğrudan toksik etkisi, hücrede iyon dengesizliği ve osmotik etkisi şeklindedir. İyonların bilinen toksik etkilerinin yanında, iyon dengesinin bozularak bitki gelişiminin azalması da tuzluluğun yarattığı önemli sorunlardan birisidir (Cramer ve Lauchli, 1986). Buna bağlı olarak bitki kök gelişimi ve fonksiyonu engellenmektedir.



Ayrıca, Na^+/Ca^{2+} ve Na^+/K^+ arasındaki oranın artışı membran kalitesini etkilemekte ve hücre ölümüne neden olmaktadır (Cuartero ve ark., 1992).

Bitkiler, büyüme döneminin değişik zamanlarında tuzluluktan farklı ölçüde etkilenmektedir. Bitkilerin tuza direnci büyüme mevsiminin sonuna doğru artmaktadır. Genellikle tüm bitkiler ekim ve ilk gelişme dönemlerinde tuza karşı çok duyarlıdır. Tuzluluk, çimlenme fizyolojisi üzerine de etkili olmakta ve genellikle düşük su potansiyeli, su alımını ve iletimini kısıtladığından çimlenme için olumsuz koşullar oluşturmaktadır. Ayrıca toksik iyonların embriyoya girişi çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemektedir (Hilhorst ve Toorop, 1997).

Toprak tuzluluğu, bitkide hormon düzenini de etkilemekte, buna bağlı olarak enzim sentezi de negatif yönde etkilenmekte ve dolayısı ile protein yapımı azalmakta ve sonuçta fotosentez de olumsuz olarak etkilenmektedir (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

5. SULAMA VE TABAN SUYUNUN TUZLULAŞMAYA ETKİLERİ

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan tarımsal üretimde,

toprağın verim potansiyelinden sonra diğerk en önemli faktör sulamadır. Sulama, bitki gelişimi için gerekli olan ve yağışlarla karşılanamayan suyun bitki kök bölgesine verilmesidir. Tarımsal üretimde, yetiştirilen bitkilerin kök bölgesindeki toprak rutubetinin arzu edilen sınırlar içerisinde bulundurulması kurak ve yarı kurak iklimlerde olduğu kadar nemli bölgelerde de tarımın önemli sorunlarından biridir. Türkiye gibi kurak ve yarı kurak iklimlere sahip ülkelerde tarımsal üretimde sulama daha fazla önem kazanmaktadır (Tekinel ve Çevik, 1985).

Sulama suları doğal olarak tuz içerir. Toprakta tuz birikimi sulama suyu kalitesi, sulama yönetimi ve drenaj durumuna göre değişir. Uygun yapılmayan sulamalar sonucunda artan tuzluluktan dolayı ürün kayıpları meydana gelebilmektedir (FAO, 1980).

Sulama suları kaliteli olsa bile, aşırı sulamalar sonucunda tuzlu taban sularını toprak yüzeyine yaklaştırdıklarından tuzlulaşmanın hızlanmasında ayrıca etkili olmaktadır.

Sulanan alanlarda tuzluluk probleminin esas kaynağı, yüksek taban suyudur. Taban suyundan kapilarite ile yükselen suyun çoğunlukla aktif kök bölgesine ulaştığı ve taban suyunun tuzlu olması halinde sürekli olarak tuzluluk kaynağı olacağı vurgulanmıştır. Sıcak iklimlerde nadasa



bırakılan alanlarda bu durumun daha belirgin olduğu ifade edilmiştir. Kurak ve yarı kurak iklimlerde, taban suyunun tehlike sınırı çoğu zaman 2 m'in altıdır (Yurtsever, 1995).

Tuzlu taban suyunun buharlaşma yoluyla toprak yüzeyine yaklaştırılması, tuzlulaşmanın en önemli nedenlerinden birisidir. Buharlaşma sonucu, taban sularındaki tuzlar kapillar taşınma ile toprak yüzeyine taşınarak tuzlulaşmaya neden olmaktadır (Richards, 1954; Lambert ve David, 1983).

Harran Ovası'nın güneyinde drenaj sorunu olan alanların taban sularından alınan örneklerin EC'lerinin 10-20 dS/m arasında olduğu ve bu değişimin yıl içerisindeki yağış ve sulamalardan kaynaklandığı ifade edilmiştir (Çullu ve ark., 2000). Ovada yeni oluşan taban sularının EC değerleri normal sulama sularına yakın seviyelerdedir. Bu suların bir kısmı sulamada kullanılırken önemli bir bölümü ise ana tahliye kanalından sınır dışına çıkmaktadır.

Elektriksel iletkenliği 4 dS/m'ye kadar olan drenaj sularının az miktarda ürün kaybı ile kullanılabileceği belirtilmiştir (Rhoades ve ark., 1989). Sonuçlanmış başka bir çalışmada, EC değeri 9 dS/m olan drenaj suyu ile yapılan sulama sonucunda % 9.7 seviyesinde bir ürün kaybının olduğu görülmüştür (Sharma ve Rao, 1998).

5.1. Sulama Suyu Kalitesi

Sulama suları çözünebilir tuz içerirler. Sularda bulunan bu tuzların miktarı ve içeriği bölgeden bölgeye ve zamanla değişiklik gösterir. Sulama suları toprağa uygulandığında bitkilerce alınamayan mineraller toprakta kalır. Bu tuz minerallerinin çoğunluğu bitki gelişimi ve toprak yapısı için faydalıdır. Bazı durumlarda bu mineral tuzlar zararlı olabilir.

Sulama suyu kalite değerlendirmesi için 4 temel kıstas vardır;

- 1- Toplam çözünebilir tuz içeriği (tuz zararı)
- 2- Sodyum kationlarının diğer kationlara nispi oranı (Sodyum tehlikesi)
- 3- Karbonat ($\text{CO}_3^{=}$) ve bikarbonat (HCO_3^-) anyonlarının Ca ve Mg kationlarına oranı
- 4- Toksik element miktarı (Hergert, 1997).

5.2. Sularda Tuzluluk Tehlikesi

Yüksek tuz, toprak çözeltisindeki ozmotik basıncı artırarak köklerin su alımını engeller. Toprakta yüksek miktarda su olsa bile bitkiler yüksek tuzluluğun neden olduğu ozmotik basınçtan dolayı suyu alamayarak sararma gösterebilirler. Suların içerisindeki toplam çözünmüş tuz içeriği veya çözünebilir tuz miktarı genellikle suyun elektriksel iletkenliği



(ECw) ölçülerek belirlenir. Elektriksel iletkenlik (ECw) mmhos/cm veya dS/m olarak ifade edilir.

$$(1 \text{ dS/m} = \text{mmhos/cm} = \text{mS/cm} = 1000 \text{ } \mu\text{S/cm})$$

Eğer çözünen toplam tuzlar (TDS) ppm olarak ifade edilmiş ise, mevcut değer 640 değerine bölünerek EC'ye dönüştürülebilir. TDS olarak ölçülen tuzluluk mg/l veya g/m³ olarak ifade edilir (mg/l=gr/m³=ppm). Tuz konsantrasyonu ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki ilişki yaklaşık olarak;

$$\text{Tuz Konsantrasyonu} = 640 \times \text{EC}$$

Toprak tuzluluğunun tahmini için diğer bir metot, toprak örneklerinden oluşturulan saturasyon ekstraksiyonundaki (ECe) tuz iletkenliğinin ölçülmesi ile belirlenmektedir.

Sulama sularının tuz tehlikesini değerlendirmek için 3 yaygın analiz yapılmaktadır;

- Toplam çözünebilir tuzlar (TDS)
- Sodyum tehlikesi (SAR)
- Toksik İyonlar

5.3. Sularda Sodyum Tehlikesi

Yüksek sodyum zararının ana nedeni, toprak geçirgenliği ve infiltrasyonu azaltmasıdır. Sodyum aynı zamanda doğrudan toprak tuzluluğuna katkı yaparak tuza duyarlı

bitkilere zarar verebilir. Sulama suyunun sodyum tehlikesi, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) belirlenerek tahmin edilmektedir. SAR, Na'un Ca ve Mg'a oranıdır.

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

Değerler meq/L şeklindedir.

Eğer sulama sularının SAR değeri 9'dan büyükse, toplam tuz içeriği düşük olsa bile sulamada kullanılmamaktadır. Yüksek SAR değeri olan sular sulamada kullanılırsa ileriki aşamalarda toprağın fiziksel özelliklerinin bozulmasına neden olmaktadır. Yüksek miktardaki Na toprakta bulunan killerdeki Ca ve Mg ile yer değişimine ve toprağın dispersiyonuna neden olmaktadır. Bu durum toprağın strüktürünü bozarak geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır. SAR değeri 0-6 arasında olan sular genel olarak çok az bir endişe ile kullanılabilir. SAR değeri 6-9 arasında ise ve sulamada kullanıldığında toprak strüktüründe bozulmalar başlar. Na tehlikesi bulunan arazilerde yılda 1-2 kez toprak örneği alınarak analiz edilmeli ve değerlendirilmelidir. Düşük SAR ve yüksek tuz içerikli sular sulamada kullanılabilir. Sulama sularının sodyum zararı, aynı zamanda sulama



sularının toplam tuz içeriğine bağlıdır. Yüksek tuzlu sulardaki Na miktarı aynı SAR değerindeki düşük tuz içeriğindeki Na miktarından daha fazladır.

Yüksek tuzlu suların (EC_w 1.50-3.00 dS/m) SAR değeri 4'ün üstünde ise çok dikkatli ve kontrollü kullanılmalıdır. Bu özelliğe sahip alanlardaki topraklarda tuzluluk sürekli izlenmelidir.

Topoğrafik ve iklimsel olarak tuzluluk riski bulunan bölgelerde yapılacak sulamalarda su kalitesi yanında mutlaka toprağın tuz içeriği de ölçülerek izlenmelidir. Su kalitesi sulama için uygun olmayan sular toprağın tuzlaşması, hatta alkalileşmesini hızlandırabilir.

Çizelge 3. Sulama sularının tuzluluk sınıfları (Richards, 1954)

Tuzluluk Tehlikesi	TDS (ppm veya mg/l)	EC (dS/m veya mmhos/cm)
Tehlikesiz	< 500	0.750
Hafif	500-1000	0.750-1.5
Orta	1000-2000	1.5-3.00
Şiddetli	>2000	>3.0

5.4. Sularda Karbonat ve Bikarbonat Miktarı

Sulardaki yüksek karbonat ve bikarbonat, temel olarak sulardaki sodyum tehlikesini artırır. Sulardaki yüksek $\text{CO}_3^{=}$ ve HCO_3^{-} topraktaki Ca ve Mg, kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatlar şeklinde çökmesine neden olmaktadır. Toprak içerisinde Ca ve Mg azaldığında, ortamdaki Na oranı ve dolayısıyla SAR değeri de artmaya başlamaktadır.

Sulama sularında karbonat ve bikarbonat tehlikesinin belirlenmesi için Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) hesaplaması yapılmaktadır.

$$\text{RSC}=(\text{CO}_3^{=}+\text{HCO}_3^{-})-(\text{Ca}^{2++}+\text{Mg}^{2++})$$

Eğer $\text{RSC} < 1.25$ ise sular sulamada güvenle kullanılabilir. $\text{RSC} > 2.5$ olduğunda, sulama suyu uygun değildir.

5.5. Toksik Elementler

Sulama sularında bulunan bazı elementler, bitkilere doğrudan toksik etkide bulunabilirler. Toksik elementler



sulama ile toprağa verildiğinde, elementlerin bir kısmı toprak tarafından tutulmakta ve bir kısmı da bitkiler tarafından alınmaktadır. Toksik elementler bitkiye doğrudan toksik etkide bulunacakları gibi, belirli bir zaman sonra da toksik seviyeye çıkararak zarar vermeye başlayabilirler. Bazı toksik elementler sulama sularıyla bitkiye uygulandığında hemen zarar verdiği gibi, bazı elementler de uzun süre sonra zarar vermektedir. Cl, SO₄, Na ve B bitki için en çok toksik olan elementlerdir. Bazı durumlarda toprak tuzsuz olsa bile bu elementlerden bazıları bitkiler için toksik olabilmektedir. Bitkiler için en tehlikeli olan bor (B) daha çok yer altı sulaması yapılan alanlarda görülmektedir.

6. TUZLULUK TAYİNİ İÇİN TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE ANALİZİ

Laboratuvarda tuzluluğun ölçülebilmesi için toprak örneklerinin alınması gerekmektedir. Çorak topraklarda tuzluluğun ve sodyumluluğun değerlendirilmesi için toprak örneklerinin alınmasında izlenecek standart bir işlem

yoktur. Örnek alma işleminin ayrıntıları genellikle örneğin alınış amacına bağlıdır. Eğer amaç belirli bir alanda tuzluluğun genel olarak değerlendirilmesi ise pek çok sayıda alınacak örneklerin ortalama tuz miktarı, genel bir bilgi verir. Örnekler arasındaki fark, tarlada karşılaşılabilecek tuz miktarı değişikliğinin bir ölçüsüdür. Örnek sayısı arttıkça değerlendirme de o oranda hassas olur. Çok az sayıdaki toprak örnekleri tuzluluk durumu hakkında bütünüyle hatalı fikir verebilir. Ne kadar fazla örnek alınır ve örnekler ne kadar iyi seçilirse “örnekleme hatası” o oranda küçük olur.

Topraktaki tuz yoğunlukları hem yüzeyde hem de profil derinliklerinde zamanla büyük ölçüde değişebilir. Toprağın doğası, toprakta bulunan en küçük kabarcıklar ve çukurlar ile tuzluluğun nedenleri ve kaynağı bu konuda etkilidir. Tuzluluk ve sodyumluluk tayinlerinin değerlendirilme ve kullanılması toprak örneğinin alınma zamanında tarlada tutulan gözlem notlarının doğruluk ve yeterliliğine bağlıdır. Özellikle bitki örtüsünün özel ve genel durumlarının kaydedilmesi çok önemlidir. Tarlada bitkilerin gelişmesi ile toprak tuzluluğunun ilişkilendirilmesi gerektiği durumlarda, toprak örnekleri bitkilerin kök bölgesi derinliğince alınmalıdır.



Toprak tuzluluğu daha çok sulu tarım yapılan alanlarda görölmektedir. Kurak ve yarı kurak iklimlerdeki arazilerde taban suyu toprak yüzeyine yaklaştığında çoğunlukla tuzluluk oluşması potansiyeli bulunmaktadır. Özellikle bitki kökünün faaliyet gösterdiği toprak derinliği içinde taban suyu varlığı, yüksek buharlaşma nedeniyle tuzluluk oluşumunu hızlandırmaktadır. Tuzluluk oluşumunun ilk aşamasında toprak yüzeyinde ve gövdesinde dikkat edilmediği sürece fark edilmez. Bu nedenle bu özellikleri içeren arazilerde tuzluluk oluşma riski bulunduğundan sürekli toprak örneği alınarak analiz edilmelidir.

Tarım yapılan ve tuzluluk sorunu bulunan arazilerde tuzlulukla ilgili analiz yapmak için her mevsimde toprak örneği alınabilir. Toprak örneği alınırken örneklemenin ne amaçla alındığı önemlidir. Eğer bitkisel üretim için örnek alınacaksa, her bitkinin kök derinliği ve yıl içerisindeki gelişim durumu dikkate alınmalıdır. Örnek alındığı zamanda bitki kökü toprak yüzeyine yakın iken, birkaç ay içinde bitkiden bitkiye değişmekle birlikte 1.5 m'ye kadar inebilmektedir. Toprak tuzluluğu da yıl içerisinde birçok nedenle toprak

kök bölgesinde değişiklik gösterir. Aynı yıl içerisinde toprak yüzeyi çok tuzlu iken, birkaç ay içerisinde alt derinliklerin tuzluluğu yüzeyden daha yüksek olabilmektedir. Kısacası tuzluluk mevsimsel olarak yıl içerisinde toprağın farklı derinliklerine taşınabilmektedir. Toprak örnekleri alınırken bazı bitkiler için aynı yılda birkaç kez örnekleme yapılmalıdır.

Örnek alınırken dikkat edilecek en önemli konu örneklemenin amacıdır. Bitkisel üretim için alınacak örneklerin zamanı ve derinliği önemlidir. Eğer ıslah amaçlı örnekleme yapılacaksa daha sık aralıklarla ve profilin alt derinliklerine kadar yapılmalıdır.

Topraklardaki tuz yoğunlukları hem yatay ve düşey aralıkla, hem de zamanla büyük ölçüde değişir. Bu nedenle toprakların tuz içeriği belirlenirken toprak örnekleme alansal ve derinlik boyutlarında yapılmalıdır. Bitkisel üretim için sulama yapılan kurak ve yarı kurak iklimlerde tuzlu topraklar iyileştirilseler bile, yeniden oluşma riski bulunduğundan, değişimi yıldan yıla analiz edilerek izlenmelidir.



Tuzluluğun belirlenmesi için araziden alınan yaklaşık 0.5 kg bozulmuş toprak örneği plastik veya bez torbalara konularak laboratuvar koşullarında kurutulur. Kurutulan örnekler 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra saturasyon çamuru kabına konulur ve saturasyon çamuru hazırlandıktan sonra EC, saturasyon çamuru veya saturasyon çamurundan vakumla alınan ekstraktan ölçülür. Eğer EC dışında toprağın kation ve anyon dengesi için bilgilere ihtiyaç varsa, çıkarılan ekstraktan daha detaylı analiz dışında toprakların tekstür, KDK, değişebilir bazı kationların analizine ihtiyaç bulunmaktadır.

Tuzluluk, genellikle 25°C'de ve 10 mm'ye yerleştirilen bir elektrot ile elektriksel iletkenlik birimi şeklinde ölçülür ve milimhos/cm ya da dS/m olarak ifade edilir. Toprak ve suyun tuzluluğu laboratuvar ortamının dışında pratik olarak arazide doğrudan EC-probe tuz ölçer aletiyle de belirlenebilmektedir.

Toprak tuzluluğunun belirlenmesi için kök bölgesinden

alınan örneklere saf su eklenerek hazırlanan saturasyon çamurundan vakumla alınan ekstrakta elektriksel iletkenlik ölçülür (Rhoades, 1982). Toprak ekstraktlarından ölçülen elektriksel iletkenlik (ECe), yaygın bir şekilde kabul edilen tutarlı ve tekrarlanabilir tuzluluk standardını sağlamaktadır (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Tuzluluk belirlenmesinde elektriksel iletkenliği ölçmenin avantajı, doygun tarla koşullarına benzerlik göstermektedir. Kök bölgesindeki tuzluluğun diğer ölçüleri toprak ekstraktının çözünen konsatrasyonu ve osmotik potansiyelini içermektedir.

Yüksek miktarda çözünebilir tuz içeren topraklarda tohum çimlenmesi ve bitki gelişimi sınırlanır. Toprak analizi sonucu belirlenen EC değeri 0-2 dS/m arasında olduğunda hiçbir ürün zarar görmez, EC değeri 2-4 dS/m arasında olduğunda bazı ürünler, 4-8 dS/m arasında olduğunda bir çok ürün ve EC değeri 8 dS/m üzerinde olduğunda tüm kültür bitkileri zarar görmektedir.



7. HARRAN OVASI'NDA TUZLULAŞMA VE NEDENLERİ

Tuzluluğun ilk oluşum aşamasında en önemli bölüm, Harran Ovası'nda çevresine göre daha çukur bir topoğrafik yapının bulunmasıdır (Şekil 8).

Şekil 8'de Harran Ovası'nda tuzluluk probleminin meydana geldiği topoğrafik yapı görülmektedir.



Şekil 8. Harran Ovası'nın topoğrafik yapısı

1995 yılında başlatılan sulama projeler halinde kademeli olarak devam ettirilmiş ve 2010 yılında ovanın tamamına yakını sulamaya açılmıştır.

Ovanın çok önemli bir bölümünde su Atatürk Barajı'ndan açık kanallarla gelmesi nedeniyle daha çok yüzey sulama metotları uygulanmaktadır. Yüzey sulama metotları sonucu yapılan aşırı sulamalar nedeniyle ovanın en çukur alanındaki geçirimsiz zemin ve tahliye alt yapısının eksikliğinden dolayı taban sularında yükselme meydana gelmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Tuzlulaşmaya neden olan yüksek taban suyu



Gerek çevredeki yükseltilerden ve gerekse aşırı sulamalardan sızan ve topoğrafik olarak en çukur alanlarda biriken taban suları zamanla yüksek buharlaşma nedeniyle toprağın tuz içeriğini yükseltmektedir. Geçirgenliğinin yüksek olması nedeniyle fazla sular toprak yüzeyinden hızlı bir şekilde alt katmanlara doğru hareket edebilmektedir. Geniş bir alana sahip olan Harran Ovası'nın kendi içerisinde farklı bir topoğrafik, jeolojik ve zemin yapısı bulunmaktadır. Toprak profilinin altına sızan sular geçirimsiz bariyer nedeniyle fazlaca derinlere sızmadığından toprak yüzeyine doğru yükselmektedir. Ayrıca Türkiye'nin güney sınırı boyunca arazinin topoğrafik olarak yükselmesi ve tren hattının geçmesi fazla suların tahliyesini engellemektedir. Harran Ovası'na verilen suyun taban suyunu yükseltmesi dışında her yıl yaklaşık % 20'lik bölümüne yakını yüzeyden ve drenajdan çıkan sularla ana tahliye kanallarına karışarak sınır dışına çıktığı gözlenmiştir (Şekil 10).

Yörede en yaygın hatalardan biri yüzey sulamada yüksek debili suların kullanılmasıdır. Bunun sonucu olarak verimli yüzey toprağı su erozyonu ile drenaj kanallarına taşınmakta,

hem toprak verimsizleşmekte hem de drenaj kanalları kısa sürede dolmakta, bakım sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu durumu önlemek için yüzey sulamalarda çiftçilerin sifon ve kapaklı karık borularını kullanması ya da basınçlı sulama sistemlerine dönülmesinde yarar bulunmaktadır.



Şekil 10. Harran Ovası sulamalarından artan ve ana tahliye kanalından akan sular

Toprak yüzeyinden sızan ve drenajdan çıkan suların ana tahliye kanalında birleşmesiyle oluşan suların tuzluluk değerleri (EC) genelde 0.7-3 dS/m (500-2000 mg/l veya ppm) arasında olduğu ölçülmüştür. Bu kalitedeki sular dünyanın birçok bölgesinde yeniden kontrollü bir şekilde sulamada kullanılmaktadır.



GAP kapsamında ilk sulu tarıma açılan Harran Ovası'nda yapılan aşırı sulama, kısa sürede taban suyu ve tuzluluk şiddetini artırmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Taban suyu yükselmesi ve tuzlaşma

Özellikle ovada pamuk bitkisinin fazla ekilmesi, aşırı su kullanımı ve drenaj problemine neden olmuştur. Taban suyundaki bu artış, tuzluluk problemini de birlikte getirmektedir. Ovada sulanan alanların yaklaşık % 12'si tuzluluktan etkilenirken, 35000 hektarlık alan ise potansiyel tuzluluk tehlikesi altına girmiştir. Taban suyu ve tuzluluktaki bu artışlar, önemli derecede verim ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Sulama öncesi Harran Ovası'nda 0-2 derinlikleri arasında bulunan taban suyu 10.000 hektarın altında iken, sulama sonrası 2003 yılında 51.047 ha, 2004 yılında 54.000 ha (DSİ, 2004), 2007 yılında 46.875 ha (Çeliker, 2011) ve 2008 yılında 60.640 ha (Demir ve ark., 2011) olduğu DSİ 15. Bölge Müdürlüğü gözlem kuyularından ölçülmüştür.

Yapılan drenaj iyileştirme çalışmalarına rağmen, taban suyu seviyelerinde 2010 yılına kadar fazla azalma olmadığı ve 0-2 m arasında etkilenen alanların 50.000 ha civarında olduğu görülmektedir. DSİ ve Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nce 2010 yılında Harran Ovası'nda başlatılan drenaj alt yapısı çalışmaları drenaj ve tuzluluk sorununun çözülmesi için önemli adımlardır.

Ovadaki tuzluluk ve drenaj sorunlarını incelemek ve değerlendirmek amacı ile DSİ tarafından 2000 yılı sulama sezonu su bilançosu çıkarılmıştır. Örnek olarak verilen bu su bilançosu her yıl çıkarılmaktadır. 2000 yılı su bilançosu verilerine göre Şanlıurfa tüneline bırakılan su 1.207.490.000 m³, sulama sezonunda ovaya düşen



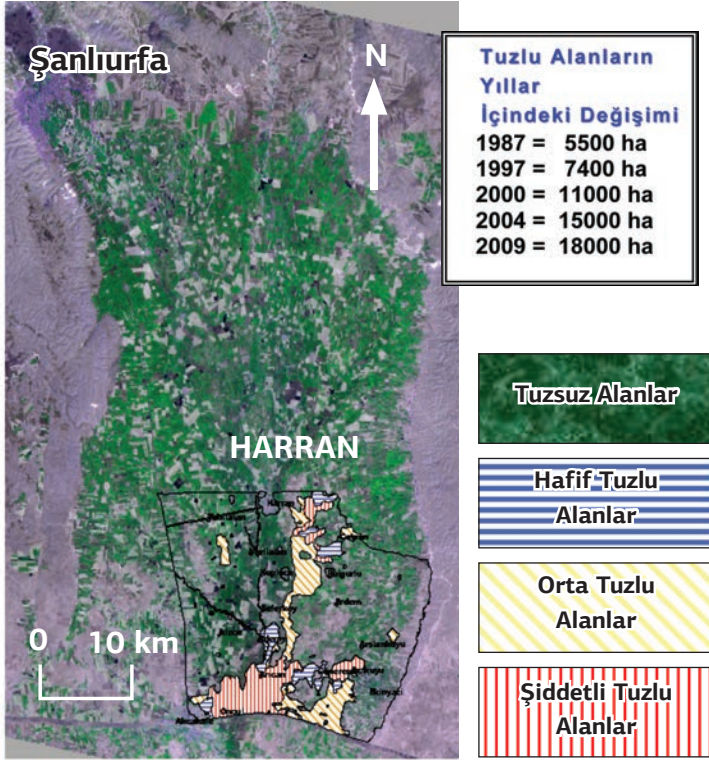
ortalama yağış miktarı toplam 104.160.000 m³, işletme alanlarında belirlenen pamuk % 85, hububat % 10, sebze % 5 ve II. ürün mısır % 5 bitki desenine göre hesaplanan ve evapotranspirasyon miktarı 996.150.000 m³ ve ovadan atılan su miktarı yaklaşık 193.900.000 m³'dir. Bu değerlere göre bilanço yapıldığında 121.600.000 m³ su ovada depolanmaktadır. Bu depolanmanın yüksek taban suyu sorunu olarak ortaya çıktığı açıktır. Mevcut tahliye sistemi fazla suları uzaklaştıracak yeterlilikte ve kapasitede olmadığından taban suyu problem alanlarının boyutları artmaktadır (Özgür ve ark., 2001). Yıldan yıla ve ürün desenine bağlı olarak her yıl ovaya bırakılan su miktarı farklılık göstermektedir.

Ovada drenaj alt yapısının yetersiz olmasından dolayı taban suları uzun süre toprak içerisinde beklemekte ve yüksek buharlaşmadan dolayı tuz konsantrasyonunu artırmaktadır. Çok yüksek konsantrasyonlarda tuz içeren bu taban sularının yapılan yeni sulamalarla toprak yüzeyine daha fazla yaklaştırılması sonucu Harran Ovası'nın güney kesimlerinde gerek tuz yoğunluğu ve gerekse tuzlu alanların

artışına neden olmaktadır (Çullu ve ark., 2000) (Şekil 12). Yapılan tuzluluk haritasında tuzluluktan en çok etkilenen alanların en düşük kodlu olan ovanın güneyindeki araziler olduğu görülmektedir.

Harran Ovası'nda sulanan alanlarındaki artış ve taban sularının yükselmesi sonucunda tuzluluktan etkilenen alanlarda artış meydana gelmiştir. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ovada meydana gelen tuzluluk değişimleri, tuz çeşitleri ve tuzluluğun tehlike boyutları üzerinde GAP Bölge Kalkınma İdaresi ve TÜBİTAK destekleri ile detaylı çalışmalar yapmıştır.

Yapılan detaylı arazi çalışmalarında 1997, 2000, 2004 ve 2009 yıllarında ovanın tuzlulaşma boyutları ve tuzluluktan etkilenen alanların haritaları hazırlanmıştır (Çullu ve ark., 2000, 2004, 2009). Sayısal uydu görüntü yorumlamaları ve arazi çalışmaları sonucunda farklı tuzluluk derecelerinden etkilenen alanlar belirlenmiştir.



Şekil 12. Harran Ovası'nda tuzluluktan etkilenen alanlar

Ovada en son yapılan çalışmada yaklaşık 18.000 ha tuzlu alanın bulunduğu haritalanmıştır. Şiddetli tuzlu alanların meydana geldiği tarlalarda ürün veriminde belirgin kayıplar görülmektedir. Daha önce Köy Hizmetleri, DSİ ve 2009 yılında Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından yapılan

çalışmalarla ovanın drenaj alt yapısı iyileştirilmiş ve tuzluluk sorunu azaltılmaya çalışılmaktadır.

8. ÜRÜN DESENİ, SU TÜKETİMİ VE SU BÜTÇESİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Harran Ovası'nda başlatılan sulama ile bitkisel verimde önemli artışlar elde edilmekle birlikte, sulanan alan arttıkça yapılan aşırı sulama nedeniyle taban suyu yükselmesi ve tuzlulaşma problemleri, bitkisel verimi tehdit etmeye başlamıştır. Kullanılan suyun ovadaki mevcut bitki deseni ihtiyacından fazla olması, yüksek taban suyu ve tuzlulaşma sorunlarına neden olduğu gibi ovanın bazı bölümlerine ulaşamayan su nedeniyle sosyal huzursuzluklara ve önemli su kayıplarına da zemin oluşturmaktadır.

Harran Ovası'nda sulama birliklerinin görev yaptığı alanlarda uydu verileri yardımıyla arazi kullanımı belirlenmiş ve yıllık toplam bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Ovada 2004 yılı için arazi kullanımı ve toplam yıllık su tüketimi Çizelge 4'de verilmiştir (Çullu ve ark., 2009).



Çizelge 4. Harran Ovası 2004 yılı arazi kullanım şekli ve su tüketimi

Yaygın Arazi Kullanım Çeşidi	Alan (Ha)	Sulanan Alana % Oran	Toplam Alana % Oran	Toplam Bitki Su Tüketimi (m ³)
Pamuk	86286	79.3	59.3	916.211.500
II. Ürün Mısır	3162	2.9	2.2	
Tahıl (Buğday+Arpa)	19425	17.8	13.3	
Ekili olmayan alanlar	36671	33.7	25.2	
Toplam Alan	145544		100	

Örnek olması amacıyla 2004 yılı boyunca yaygın olarak ekimi yapılan bitkilerin su tüketimi tahmin edilmiştir. Diğer yıllarda arazi kullanımındaki değişime göre bitki su tüketimi de farklılık göstermektedir.

Çizelge 4 verileri incelendiğinde Harran Ovası sulama birliklerinin görev yaptığı ve sulama altına alınan alanların yaygın arazi kullanım çeşidi, çok su tüketimi olan ve toplam

alanın % 59.3'lük kısmını kaplayan pamuk bitkisi olduğu görülmektedir. Tarımsal destekleme ve fiyat durumuna göre ovada pamuk üretim alanları yıldan yıla değişmekle birlikte genelde ana ürün konumunu sulamanın başladığı 1995 yılından günümüze kadar korumaktadır. Pamuk bitkisi sulanan alana oranlandığında ürünlerin % 79.3'lık bölümüne karşılık gelmektedir. Son yıllarda basınçlı sulama metotlarına verilen desteklere rağmen, ovanın çok önemli bir bölümünde geleneksel sulama metotlarının yaygın uygulanması fazla su kayıplarına neden olmaktadır. Ovanın % 33.4'ü herhangi bir nedenden dolayı ekilmeyen araziler yanında Akçakale, Harran ilçelerine ek olarak köy yerleşim yerleri, kanal ve yolların kapladığı alanları göstermektedir. Tablo 4'deki hesaplamaların esas amacı, mevcut bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarı (916.211.500 m³) ile ovaya bırakılan su miktarı (1.345.000.000 m³) arasındaki farka dikkat çekmektir.

Sulama suları; derine sızma, buharlaşma, yüzey akış ve sulama sistemlerinin doğru işletilmemesi gibi nedenlerle kaybolmaktadır. Ülkemizde genellikle geleneksel açık kanal



sistemleri yapılmaktadır. Bu sistemlerin hakim olduğu alanlarda iletim ve dağıtım randımanı % 60, su uygulama randımanı % 50 ve toplam proje randımanı % 30 dolayında gerçekleşmektedir. Su iletim sistemlerinin, gelişmiş çağdaş teknikler kullanılarak yapılması, çıplak kanalların kaplanması ve sızdırmazlığın sağlanması ile sızma kayıpları azaltılabilmektedir. Mansap denetimli açık kanal sistemleri ve basınçlı borulu sulama sistemlerinin kurulması, sulama randımanlarını artıran denetimli sulama olanağı yaratan ve su artırımı sağlayan uygulamalar arasında sayılmaktadır (Kanber ve ark., 2004).

Ovada DSİ'ce sık aralıklarla yapılan tahliye kanal temizliği ve kapatılan Köy Hizmetleri Müdürlüğü tarafından yaklaşık 10.000 hektara uygulanan tarla içi drenaj çalışmalarına rağmen her yıl yapılan aşırı sulamalar nedeniyle su kayıpları devam etmekte, taban suyundan etkilenen alanlar artmakta ve çoraklaşma nedeniyle bitkisel verim kayıpları olmaktadır. DSİ 15. Bölge Müdürlüğü'nce ovaya yerleştirilen gözlem kuyularıyla taban suyundaki değişimler aylık olarak izlenmekte, aşırı sulama ve tarla içi

drenaj sistemlerinin yetersiz olması nedeniyle son yıllarda ana drenaj kanalı ile uzaklaştırılan su miktarının 190-200 milyon m³/yıl dolayında olduğu ölçülmüştür. DSİ 15. Bölge Müdürlüğü'nce yapılan ölçümlere göre 2004 yılı için ovaya verilen su ve tahliye edilerek atılan su miktarı Çizelge 5'de görülmektedir.

Çizelge 5. Harran Ovası 2004 yılı su bütçesi ve bitki su tüketimi

Ovanın Su Bütçesi (m³)	
Tünelden Bırakılan Su Miktarı	1.345.000.000
Ovadan Atılan Su Miktarı	243.000.000
Toplam Bitki Su Tüketimi Miktarı	916.000.000
Ovada Biriken Su Miktarı	186.000.000

Çizelge 5 verileri incelendiğinde ovaya verilen suyun yaklaşık 1/3'ünün (429.000.000 m³) taban suyuna eklenerek ve ovadan atılarak kaybolduğu görülmektedir.

9. SU KULLANIMI VE TUZLULUK YÖNETİMİ

Sulama suları, sulama açısından kaliteli olsa bile, kurak



ve yarı kurak iklimlerde dikkatli kullanılmaması halinde su kayıpları dışında toprak bozunması ve bitkisel verim kayıpları ile sonuçlanabilmektedir.

Kurak ve yarı kurak alanlarda sulu tarım yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulanan alanların genişlemesi ve suyun etkin kullanımının, gelecekte daha fazla gıda üretimine neden olacağı (Yudelman, 1994) ve anılan koşulun bir sonucu olarak, artan nüfustan dolayı, dünyada suya olan ihtiyacın da önemli ölçüde artacağı beklenmektedir (Kanber ve ark., 2004).

Kurak ve yarı kurak iklimlerin etkisindeki arazilerde taban suyu varlığında, yüksek buharlaşma toprak yüzeyinde kısa sürede tuz birikimine neden olabilmektedir. Düşük yağıştan dolayı yıkanamayan tuz, toprakta yıldan yıla artış göstermekte ve taban suyu seviyesinin düşürülmemesi halinde bitkisel verim kayıplarıyla sonuçlanmaktadır.

Harran Ovası'nda sulamada kullanılan ve Atatürk Barajı'ndan gelen sular, sulama açısından kaliteli olmakla

birlikte (EC= ortalama 0.3 dS/m, C₂S₁ sınıfı), aşırı sulamalar sonucunda özellikle ovanın güneyinde bulunan ve tuz konsantrasyonu yüksek taban sularını (taban sularının tuz içeriği 0.5-20 dS/m arasında değişmektedir) toprak yüzeyine yaklaştırmakta ve taban sularındaki tuzun toprak içerisinde birikmesine neden olmaktadır (Çullu ve ark., 2001)

Tuzluluk problemi bitki kök bölgesinde çözünebilir tuzların birikmesiyle başlamaktadır. Kök bölgesinde biriken yüksek miktardaki tuz, su alımını engellemesi ve iyon dengesizliğine neden olmasından dolayı bitki gelişiminin azalması ile sonuçlanmaktadır. Tuzluluk zararının azaltılmasında, drenajın iyileştirilmesi önemli bir çare olmakla birlikte, tuzluluk problemi birçok faktör tarafından etkilenen kompleks bir oluşumdur.

Tuzlu toprakların yönetimi için 3 yol bulunmaktadır;

Birincisi, bitki ihtiyacından fazla su uygulayarak tuzlar bitki kök bölgesi altına yıkanabilir. Bunun için yapılacak hesaplamalarla bitkinin yıkama ihtiyacı belirlenmelidir.



İkincisi, toprağın yıkama ihtiyacının yapay drenaj ile birlikte değerlendirilerek oluşturulması,

Üçüncüsü, tuzların bitki kök bölgesi altına ve zararlı olmayacak bir alanda biriktirilmesi ile yapılmaktadır (Cardon ve ark., 2010).

Toprak tuzlulaşmasının önlenmesi için temel hedef tuzlulaşmanın oluşmaması için baştan gerekli tedbirlerin alınmasıdır. Bunun için de bitki ihtiyacına göre sulama yapılması, uygun sulama teknolojilerinin uygulanması, taban suyu oluşma riski bulunan arazilere drenaj alt yapısının kurulması ve uygun bitki deseninin seçilmesidir.

Harran Ovası gibi tuzluluğun oluşma ihtimali bulunan arazilerde, tuzluluk iyileştirilse bile yeniden oluşma riski bulunmaktadır. Ya da mevcut tuzluluk durumu (şiddeti) birçok faktöre bağlı olarak yıl içerisinde bile değişikliğe uğrayabilmektedir. Hafif tuzlu bir toprak aynı yıl içinde orta tuzluluğa dönüşebilmekte veya tuz yüzeyden alt derinliklere

ya da alt derinliklerde yüzeye kadar hareket edebilmektedir. Tuzluluğun bu hareket durumuna göre bitkiler farklı şekillerde etkilenmektedir. Bu nedenle tuzluluk sorunu bulunan alanlarda yıllık tuz dinamiği belirlenmeli ve tuzluluk yönetimi de ona göre yapılmalıdır.

Tuzluluk yönetimi ve toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması için sürekli olarak toprak örnekleme yapılarak durum değerlendirilmelidir.

Tuzluluk yönetiminin en önemli adımı, tuzdan zarar görmeden bitki yetiştiriciliğinin yapılmasıdır. Arazinin mevcut tuzluluğu ölçüldükten sonra o tuzluluk durumuna uygun ve dayanıklı ürün çeşidinin seçilmesinde yarar bulunmaktadır. Aksi takdirde bitki ileriki gelişim aşamalarında tuzluluk stresi nedeniyle verim kayıplarına uğramaktadır. Eğer mevcut tuzluluk orta derecelerde ise çoğunlukla arpa, pamuk ve buğday gibi bitkiler fazla zarar görmezken, aynı alanda sebze ve meyve gibi ürünler tercih edildiğinde daha fazla zarar görebilmektedir.



Alkali topraklar dışındaki bazı tuzlu topraklara kimyasal madde ve iyileştirici madde uygulamadan yapılacak uygun sulama ve bazı durumlarda ise tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilerek tuz topraktan uzaklaştırılabilmektedir. Alkali topraklarda ise kimyasal madde veya diğer ıslah maddeleri uygulandıktan sonra yapılacak yıkamalardan sonra iyileştirilebilir.

Tuzun kök bölgesi altına yıkanmasına ek olarak, belirli bitkiler seçilerek ve yüzey sulama sistemleriyle tuzlar birincil kök bölgesinden (toprağın en üst bölümleri) uzaklaştırılabilir. Bunda amaç, tuz birikiminin çimlenme aşamasında ve kök bölgesinden uzak tutulduğundan emin olmaktır. Böyle durumlarda uniform ve düzenli bir sulama yapılmadığında, derinlerdeki tuz tekrar yukarıya çıkarak kök bölgesine zarar verebilmektedir. Bu durumdaki alanlarda uygulanacak sulama uniform olmalı ve sulama aralıkları düzenli yapılarak tuzun kök bölgesine hareketi önlenmelidir.

Yüksek taban suyunun bulunduğu alanlarda yıkama yapılamıyorsa yapay drenaja ihtiyaç bulunmaktadır.

Tuzluluğun iyileştirilmesinde, yüksek taban suyu varlığının yıkanmayı engellediği durumlarda yapay drenaja ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay drenaj durumunun sağlanması için, belirli bir derinliğin altına uygun drenaj sistemleri kurularak tuzun yıkanması için ortam hazırlanmaktadır. Topraklarda yapay drenaj sağlandığı durumlarda ve kaliteli sularla yıkama yapıldığında tuzlar ortamdan uzaklaştırılabilmektedir. Böyle olmakla birlikte, eğer toprakta doymun koşullar yoksa yapay drenaj arzulanan seviyede çalışmamaktadır. Toprakta yıkanacak tuz su kalitesi, toprak kalitesi ve drenaj durumuna bağlıdır.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip ve sulama yapılan arazilerin önemli bir bölümü tuzluluktan etkilenmektedir. Ülkemizde de benzer iklimlerde tuzluluk sorunları bulunmaktadır. Türkiye’de fazla önemsenmeyen ancak toplam ekonomik sulanabilir alanların % 17’sini oluşturan ve tuzlulaşmadan etkilenen araziler, sulanan alanların genişlemesi ile artacağı endişesi bulunmaktadır.



Toprakta görülen tuzlaşma, aynı yıl içerisinde ve aynı arazilerde önemli değişimler gösterebilmektedir. Toprak gövdesi içerisindeki tuz miktarı taban suyu derinliği, toprak özellikleri, topoğrafik yapı, taban suyu tuz içeriği, arazi kullanımı ve iklimsel faktörlere bağlı olarak artma ve azalma eğilimine girebilmektedir. Bu azalma ve artma, bazen bitki gelişimini etkileyecek seviyelere kadar çıkabilmektedir.

Sulanan arazilerdeki bitkisel verimde önemli artışlar meydana gelmektedir. Ancak Harran Ovası gibi tuzlaşma açısından hassas olan bölgelerde fazla su kullanımı, tuzlaşmanın alansal ve yoğunluk olarak artışına neden olabilmektedir. Bu nedenle sulanan ve tuzlaşma riski bulunan alanlarda uygun sulama yöntemleri (yağmurlama, damlama sulama) seçilmeli ve konu ile ilgili olarak çiftçi eğitimine önem verilerek yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

Kuraklık nedeniyle her damlası önemli olan suyun mümkün olduğu kadar ideal kullanılması ve yönetilmesinde yarar bulunmaktadır. Aşırı sulama hem su kaybı hem de toprakta tuzlaşmaya neden olmaktadır. Bu nedenle su

yönetiminin etkin yapılması ve optimum tarımsal sulamalar için çiftçi eğitimine önem verilmelidir.

Tuzlaşmanın oluşmasında topoğrafik yapı yanında etkili olan en önemli etken toprakta yüksek taban suyu varlığıdır. Toprak yüzeyine yakın taban suyu buharlaşma ile kısa sürede tuzları toprak yüzeyine taşıyabilmektedir. Bu taşınma birkaç yıl sürdüğünde toprağın yüzeyindeki tuz konsantrasyonu da artmaktadır. Bu nedenle taban suyunun yükselmesi önlenmeli ve taban suyu yüksek alanlarda tuzluluk oluşumunun engellenmesinde temel hedef taban suyu derinliğinin sürekli olarak 2 metrenin altında kalmasını sağlamaktır. Çok sıcak bölgelerdeki yüksek buharlaşma taban sularını kapiler hareketle toprak yüzeyine taşımaktadır. Bu tür arazilerde sulama başlamadan yapılacak en önemli ve temel iş arazinin drenaj alt yapısının kurulmasıdır.

Taban suyu sorunu bulunan bölgelerde drenaj alt yapısının eksikliği halinde toprak içerisinde uzun süre bekleyen suların tuz konsantrasyonu artmakta ve toprağın daha hızlı tuzlaşmasına neden olmaktadır.



Tuzluluk sorunu bulunan ovalarda ürün deseni seçilirken, tuza toleransı yüksek bitkilerin tercih edilmesi verim kaybının minimize edilmesi açısından önemlidir. Tuz, su içerisinde kolayca eridiğinde ıslak topraklarda gözle fazla görülemeyebilir. Dikkat edilmediği durumlarda belirli bir süre sonra artan tuzlulaşmadan dolayı verimde azalmalar olmaktadır. Bu nedenle taban suyu sorunu bulunan riskli alanlarda yılda 1-2 kez toprak örneği alınarak tuzluluktaki gelişim durumu değerlendirilmelidir.

Taban suyu sorunu bulunan alanlarda drenaj sistemleri kurulsa bile, taban suyu değişimi ve tuzluluk yılın belirli dönemlerinde izlenmeli, toprak ve su örnekleri alınarak analiz edilmelidir. Tarımsal üretimi etkileyecek bir değişim olması durumunda zamanında önlemler alınmalıdır.

Eğer tarım yapılan alanlarda tuzluluk sorunu varsa, tuzluluk haritası oluşturularak, haritadaki problemin şiddetine göre bir ıslah programı uygulanmalıdır. Tuzluluk sorunu bulunan ve yeni oluşma ihtimali olan arazilerde programlı bir ürün deseni seçilmeli ve ürün desenine

uyulması için çiftçilere teşvik verilmelidir. Tuzluluğun ana nedenlerinden birisi olan buharlaşmanın etkilerini azaltmak için toprak yüzeyi mümkün olduğu kadar boş bırakılmamalı, aynı yıl içerisinde birden çok ürün devreye konularak arazinin ekili olmadığı zamanlarda malçlama yapılmalıdır.

Mevcut tuzlu alanlarda tarım yapılabildiği gibi ıslahı da mümkündür. Bazı arazilerdeki topoğrafik yapı nedeniyle sadece sulamalardan değil, çevredeki yükseltilerden de sular gelerek taban suyuna eklenmektedir. Bu tür arazilerde sulama yapıldığında topoğrafik olarak uygun bazı yerlerde taban suyunun artışı kaçınılmaz olmaktadır. Böyle arazilerde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma nedeniyle tuzlulaşma sorunlarına rastlanabilmektedir. Benzer arazilerde hafif ve orta tuzluluk problemi varsa tuza dayanıklı olan arpa, pamuk ve buğday bitkilerinin seçimi verim kaybını azaltır. Ancak arazideki tuzluluk şiddeti daha da yüksek olursa mutlaka toprak tuzluluk ıslahı programları uygulanmalıdır. Toprak tuzlu-alkali veya alkali ise öncelikle drenaj alt yapısı oluşturulmalı ve arkasından ıslah maddeleri uygulanarak açığa çıkan tuzlar yıkanarak uzaklaştırılmalıdır. Tüm bunlar



yapılsa bile GAP alanı gibi yağışı düşük ve sıcak bölgelerde gerekli önlemler alınmadığında tuzlulaşmanın yeniden oluşma ihtimali bulunmaktadır. Bu nedenle tuzlulaşma sorunu ve oluşma potansiyeli bulunan alanlardaki tarımsal faaliyetlerin daha dikkatli yapılmasında yarar bulunmaktadır.

ÇİFTÇİ İÇİN TUZLULAŞMA BROŞÜRÜ

Toprak tuzluluğu daha çok sulama yapılan arazilerde görülmektedir. Sıcak ve yağışı düşük olan bölgelerdeki arazilerde taban suyu toprak yüzeyine yaklaştığında çoğunlukla tuzlulaşma olayı oluşmaya başlar.

Bitki kökünün faaliyet gösterdiği toprak derinliğine yakın bölgelerde taban suyu varsa (0-2 m arasında ise) yüksek buharlaşma nedeniyle taban suyundaki tuz toprak yüzeyine taşınır.



Toprak tuzlulaşmasının ilk oluşumu, dikkat edilmediği sürece fark edilmez. Sulu tarımın yapıldığı sıcak iklimlerdeki arazilerde tuzlulaşmanın başlama riski bulunduğundan sürekli toprak örneği alınarak analiz edilmeli ve tuzlulaşmanın oluşmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.



Tuzlaşma nedir

Bitki kökünün büyüdüğü derinlikte, bitki gelişmesine zarar verecek miktardaki tuz birikimine Tuzlaşma denilmektedir. Tuzlu topraklar için halk arasında Çorak Toprak ifadesi de kullanılmaktadır. Çorak toprak bitkiye zarar veren, verimi düşüren problemlili toprak anlamındadır.

Sulu tarım yapılan tarlaların yüzeyinde beyaz lekeler oluşmaya veya ürün veriminde azalma görülmeye başladığında tuzlaşma başlangıcı olma ihtimali nedeniyle tarım il ve ilçe müdürlüklerine başvuruda bulunulmalıdır.



Toprakta tuzlulaşma oluşumunu belirlemek için alınan rnelerde yapılacak ölçümlerle tuzun bitkilere zarar durumu belirlenebilir.

Toprakta Tuzlulaşma Nasıl Meydana Gelir

Çok sıcak iklimin etkili olduğu bir bölgede tarım yapılıyorsa ve tarlaya bitki isteğinden fazla su verilirse tuzlulaşma oluşma riski bulunmaktadır. Her bitkinin su ihtiyacı farklıdır. Bitki ihtiyacından fazla su verildiğinde arazinin taban suyu yükselmekte ve toprakta tuzlulaşma başlamaktadır.



Taban suyu yüksek olan arazilerde yüksek buharlaşma nedeniyle toprak yüzeyinde tuz miktarı artmakta ve üründe azalma meydana gelmektedir.



Aşırı sulamaya devam edildiğinde aynı tarlanın tuz içeriği çok daha fazla artmakta ve ürün kaybı da yükselmektedir.

Taban suyu yüksek olan tarlalarda ilk önce hafif tuzlulaşma meydana geldiğinden çiftçiler tarafından çoğunlukla fark edilmez. Tuzlulaşma başlangıcında, toprağın yüzeyinde beyaz lekeler meydana gelir, üründe azalma olur ve gerekli önlemler alınmadığında 3-4 yıl içinde toprak içindeki tuz miktarı çok daha fazla artarak ürün azalmasına neden olur.



Tuz miktarı çok artan arazilerde çiftçiler çoğunlukla araziye ekim için yaptıkları masrafı bile çıkaramazlar.

Tuzlulaşma Tarlada Nasıl Anlaşılır

Birçok bitki hafif tuzluluktan etkilenmediği için ilk oluşum aşamasında tuzlulaşmanın farkına varılmaz. Ancak sulama sonrası toprak yzeyine kadar çıkan beyaz lekeler tuzlulaşmanın ilk işaretlerini verir. Böyle arazilerde tuzluluğun meydana gelip gelmediğini anlamak için mutlaka toprak rneği alınarak analizi yapılmalıdır. Eğer toprak şiddetli tuzlu ise tuzlulaşma toprak yzeyinde gözle bile fark edilebilir.



Yukarıdaki resimde görüldüğü gibi şiddetli tuzlulaşma tarla yzeyinde belirgin bir şekilde gözle görülmektedir.



Böyle topraklarda tuza dayanıklı bitkiler bile çok zayıf yetişir. Bu topraklar çoğu zaman ekilmeyerek terk edilir. Ancak ıslah edilerek tekrar tarım yapılabilir.

Taban suyu etkisi altında olan arazilerde eğer sürekli pamuk, arpa ve buğday yetiştiriliyorsa, arazide hafif ve orta tuzluluk gelişimi fazla fark edilmez. Bu bitkiler orta tuzluluk derecelerine kadar verim kayıplarına uğramadan gelişir. Bu bitkilerden sonra devreye girecek ve tuza duyarlı diğer bitkilerin verim kayıpları çok daha fazla olur.



Zamanında gerekli önlemler alınmadığında çorak topraklarda bitkiler tamamen yetişemez duruma gelir ve toprağın en tehlikeli durumu olan alkalileşme başlar. Toprakta alkalileşme başladığında tekrar ıslahını yapmak verimli hale getirmek pahalı ve uzun zaman gerektirir. Alkali topraklara tohum atıldığında su olsa bile filizlenemez ve tohum tarlada çürür. Bu tür arazilerde sadece tuzu seven bazı yabancı bitkiler yetişmeye başlar.

Tuzsuz Olan Bir Toprakta Tuzlulaşma Olabilir mi?

Daha önce tuzsuz olan bir toprakta tuzlulaşma oluşabilir. Tuzlulaşmanın meydana gelebilmesi için öncelikle taban suyunun toprak yüzeyine yakın olması gerekir. Şanlıurfa gibi sıcak bölgelerde sulama sonrası taban suyunda yükselme meydana gelmişse daha önce tuzsuz olan bir toprakta tuzlulaşma meydana gelebilir. Böyle alanlarda tuzlulaşmanın engellenmesi için drenaj alt yapısının yapılması ve tuzluluktaki değişimin belirlenmesi için toprak analizlerinin yapılması gerekmektedir.



Tuzlu Toprak Neden Bitkiye Zarar Verir

Normal koşullarda bitkilerin gelişmesi için tuza ihtiyacı vardır. Ancak toprakta fazla tuz biriktiğinde bitkilere zarar vermektedir. Arpa, pamuk ve buğday orta derecedeki tuzdan hiç zarar görmeden büyümesini tamamlar. Ancak sebze, meyve ve diğeri bazı tarla bitkileri toprakta hafif tuzdan bile verim kayıplarına uğrarlar.



Tuzluluk şiddetinin artmasıyla birlikte tuza dayanıklı arpa, buğday ve pamuk bitkileri de verimlerini azaltır. Fazla tuz bitki hücrelerine zarar verdiği gibi, bitkinin topraktan su alımını engeller. Ayrıca alkali arazilerde toprağın tüm yapısı bozulduğundan hiçbir kültür bitkisi yetişmez.

Alkalileşen Toprağı Kurtarmak Mümkün mü?

Tuzlu topraklar arazide pek fark edilmezken, tuzlu alkali topraklarda kültür bitkilerindeki verim azalmasıyla kendisini hissettirir. Daha sonraki aşamalarda toprak yüzeyinde yağ dökülmüş gibi görünüşler yanında tuzcul doğal bitkiler gelişir. Tuzlu toprakları kısa sürede ıslah etmek mümkün iken, alkali toprakların yeniden tarıma kazandırılması için toprağa kimyasal ve ıslah edici diğer maddelerin uygulanması gerekmektedir. Bu işlem pahalı ve zahmetlidir. Alkali topraklara ıslah edici maddelerin uygulanmasından sonra topraktaki fazla tuzların yıkanması ve tuz miktarının dengeye gelmesi için önemli masraflar meydana gelir. Alkali toprakları ıslah etmenin çok zor olması nedeniyle, alkalileşme başlamadan gerekli önlemlerin alınması en doğrusudur.

Tuzluluk Tayini İçin Toprak Örneklerinin Alınması

Tuzlulaşma riski bulunan arazilerde özellikle bitki kök bölgesinde yılda en az bir kez toprak örneği alınarak



analiz edilmelidir. Tarım yapılan ve tuzluluk sorunu bulunan arazilerde tuzlulukla ilgili analiz yapmak için her mevsimde toprak örneği alınabilir.

Eğer bitkisel üretim için örnek alınacaksa, her bitkinin kök derinliği ve yıl içerisindeki gelişim durumu dikkate alınmalıdır.



Örnek alındığı zamanda bitki kökü toprak yüzeyine yakın iken, birkaç ay içinde bitkiden bitkiye değişmekle birlikte 1.5 m'ye kadar inebilmektedir. Toprak tuzluluğu da yıl içerisinde birçok nedenle toprak kök bölgesinde değişiklik gösterir. Aynı yıl içerisinde toprak yüzeyi çok tuzlu iken, birkaç ay içerisinde alt derinliklerin tuzluluğu yüzeyden daha yüksek olabilmektedir. Kısacası tuzluluk mevsimsel olarak yıl içerisinde toprağın farklı derinliklerine taşınabilmektedir. Toprak örnekleri alınırken bazı bitkiler için aynı yılda birkaç kez örnekleme yapılmalıdır.

Tuzluluk tayini için alınan örneklerin analizi birçok laboratuvarında yapılmakta, kolay ve ucuz bir analizdir. Bazı arazilerde farkına varılmadan toprağın tuz miktarı kısa sürede artış göstererek bitkiye zarar verebilir.

Toprak analizi yapıldıktan sonra tuzlulaşmanın başladığı fark edilirse ne yapılmalıdır?



Böyle durumlarda tuzlulaşmaya neden olan ve toprak kök bölgesine yakın taban suyunun uzaklaştırılması için drenaj alt yapısı kurulmalıdır. Ya da çiftçinin imkanları varsa arazinin yapısına göre derin kanallar açılarak fazla sular tahliye edilmelidir.

Drenaj alt yapısı tamamlanan arazilerde yapılacak birkaç yıkama suyu ile toprak tuzu yıkanabilir. Bu arazilere ıslah maddesi atmaya gerek yoktur. Ancak böyle tarlalarda her zaman tuzlulaşmanın başlama riski bulunduğundan yılda 1-2 kez toprak örneği alınarak analiz edilmeli ve toprağın tuzluluk gelişimi kontrol altına alınmalıdır.

Tuzlulaşma fazla sulamadan meydana geldiğine göre, tuzlulaşmanın başlamaması için ekilen bitkiye ihtiyacından fazla su verilmemelidir.

Fazla su hem toprağı çoraklaştırır hem de toprağın verimli bölümlerini yıkayarak toprağın zayıflamasına neden olur.

KAYNAKLAR

American Society of Civil Engineers. (ASCE), 1990. Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, No 71, New York, NY, 10017, USA.

Bresler, E., D. L.Charter. 1982. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modelling. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York., p.227.

Çakırlar, H, Topçuoğlu, S. F. Stress Terminology. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araş. Mer. (1985).

Cardon, G. E., J. G. Davis, T. A. Bauder, R. M. Wascom, 2010. Managing Saline Soils. Colarado State University Extension Service, 7/3.J.

Çeliker, M. 2011. Şanlıurfa Harran Ovalarında Sulama Öncesi ve Sonrası Drenaj ve Tuzluluk Problemleri ve Çözüm Önerileri. GAP VI. Tarım Kongresi. 9-12 Mayıs. Şanlıurfa. S:225-230.



Çevik, B. 1998. GAP'ta Sulama ve Sulama Sorunları. TEMA Toprak Tuzlulaşması Danışma Toplantısı. Şanlıurfa.

Çevik, B., O. Tekinel, 2000. Sulama Şebekeleri ve İşletme Yönetimleri. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No. A-74. Adana.

Çullu, M. A., Almaca, A., Öztürkmen A. R., Ağca N., İnce F., Derici M. R. 2000. Harran Ovası Topraklarında Tuzluluğun Yayılma Olasılığının Belirlenmesi. T. C. Başbakanlık GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.

Çullu, M. A., A. Almaca, N. Ağca, A. R. Öztürkmen, A. Özdemir, S. Çelik, M. Çeliker. 2001. Harran Ovasında Çoraklaşan Yaygın Toprak Serilerinin Tuz Dinamiği ve Bunu Etkileyen Faktörler. TARP 2510 nolu proje.

Çullu, M. A. 2003. Estimation of the Effect of Soil Salinity on Crop Yield Using Remote Sensing and Geographic Information System. Turkish Journals of Agriculture and Forestry. 27. P:23-28.

Çullu M. A., S. Aydemir, S. Karakaş, M. Aydoğdu, Ü. Gürses.

2009. Harran Ovası'nda Sürdürülebilir Su Ve Tuzlulaşma Yönetimi. Sulama ve Tuzlulaşma Konferansı. DSİ 15. Bölge Müd. Şanlıurfa.

Cramer, G & A. Lauchli. 1986. Ion Activities in Relation to Na^+ - Ca^{2+} : Interaction at the Plasmalemma. *Journal of Experimental Botany*, 37 (176): 321-330.

Cuartero J, A. R.Yeo & T. J. Flowers. 1992. Selection of Donors for Salt-Tolerance in Tomato Using Physiological Traits. *New Phytologist* 121: 63-69.

Demir, N., E. Direkçi, E. Eminoğlu, A. F. Kasalak. 2011. DSİ Sulamalarında Taban Suyu İzleme Çalışmaları. GAP VI. Tarım Kongresi. 9-12 Mayıs. Şanlıurfa. S:231-236.

Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Yılmaz, K., Sarı, M., Yeğingil, İ., Yeşilsoy, M.Ş., Çolak, A.K., Özbek, H., Kara, E.E. 1991. The Physical, Chemical and Biological Properties and Classification. Mapping of Soils of the Harran Plain. TÜBİTAK-TOAG, No:534, Soils of the Harran Plain, p: 1-10, 1991, Ankara.



Dizdar, M. Y., 1978. Türkiye'de Tuzdan Etkilenmiş Topraklar. Toprak Su Dergisi, 47, 36-57.

DSİ, 1978. Urfa-Harran Ovası Planlama Drenaj Raporu. DSİ. 15. Bölge Müd. Şanlıurfa.

DSİ, 2004. Şanlıurfa Harran Ovası Drenaj ve Tuzluluk sorunları (Özet Rapor). DSİ 15. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.

FAO, 1980a. Irrigation and Drainage Rehabilitation of The Mechanized Farm. Report by Sir. M. MacDonald and Partners Project. FAO/UNDP/EGY/77/007. Pp 2-12.

Feng, G. L. A. Meiri, J. Letey. 2003. Evaluation A Model For Irrigation Management Under Saline Conditions: II. Salt Distribution And Rooting Pattern Effects. Soil Science Soc. Am. Jour. Vol: 67, pp:77-80.

Flowers, T.J., Garcia, A., Koyama, M., Yeo, A.R., 1997. Breeding for salt tolerance in crop plants.the role of molecular biology. Acta Physiol. Plant. 19 (4):427-433.

Hergert, G. W, 1997. Irrigation Water Quality Criteria. Published by Cooperative Extension. Institute of Agriculture



and Natural Resources. University of Nebraska.

Ghassemi, F., A. J. Jakeman and H. A. Nix. 1995. Salinization of Land and Water Resources: Human Causes, Extent, Managem. and Case Studies, CAB International, 526 pp.

Halvarson, A.D. and J.D.Rohades. 1976. Field Mapping Soil Conductivity to Delineate Dryland Saline Seeps With Four-electrode Technique. SSSAJ. 40: 571-575.

Hansen, J.W. and J.W. Jones. 2000. Scaling-up Crop Models for Climate Variability Applications. Agric. Syst. 65: 43-72.

Hartkamp, A.D., J.W. White and G. Hoogenboom. 1999. Interfacing Geographic Information Systems With Agronomic Modelling: A Review. Agr.. J. 91: 761-772.

Hilhorst, H. and P. Toorop 1997. Review on dormancy, germinability, and germination in crop and weed seeds. Adv. Agron. 61: 111-165.

Irvine, S. A. and Doughton, J. A., 2001. Salinity and



Sodicity, Implications for farmers in Central Queensland. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart. www.regional.org

Janmaat, J., 2004. Calculating the Cost of Irrigation Induced Soil Salinization in the Tungabhadra Project. *Agricultural Economics*. 31 (81-96).

Kamphorst, A., G. H. Bolt. Saline and Sodic Soils (G. H. Bolt and M. G. M. Bruggen wert editor). *Soil Chemistry. A Basic Element*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York. (1978), 155.

Kanber, R., Kırdı, C, Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliđi ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakóltesi Genel Yay. No. 21, Ders Kitapları Yay. No. 6, Adana, 341 S.

Kanber, R. M. A. Çullu, B. Kendirli, S. Antepli, N. Yılmaz. 2004. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. ZMO Teknik Kongresi, Ankar

Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S. ve Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. www.zmo.org.tr

Karim Z., Hussain, S. G., Ahmed, M. 1990. Salinity Problems and Crop Intensification in The Coastal Regions of Bangladesh. Soil Publication. No:33, Soil and Irrigation Div, BARC, Farmgate, Dhaka 1215, Bangladesh, 1-20.

Kertész, M., and T. Tóth. 1994. Soil survey based on sampling scheme adjusted to local heterogeneity. *Agrokémia és Talajtan.* 43:113-132.

Lambert, K. S., David, W. R., Land Rdainage. Bastsford. Academic and Educational Ltd. London.

Lesch, S.M., Herrero, J., Roades, J.D., 1998. Monitoring for Temporal Changes in Soil Salinity Using Electromagnetic Induction Techniques. *Soil Science Society of America Journal* 62, 232– 242.

Mass, E.V. and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *ASCE J. Irrigation Drainage Div.* 103 (IR2). pp. 115.

Maas E.V. 1985. Crop Tolerance to Saline Sprinkling Water. *Plantand Soil.* 89. 273-284.



Metternicht, G., 2001. Assessing Temporal and Spatial Changes of Salinity Using Fuzzy Logic, Remote Sensing and GIS. Foundations of an Expert System. Ecological Modelling. 144: 163-179.

Özgür, M, Ş. Ergezer, A. Özyavuz, F. Altıntop, M. Çeliker, M. Altınığne. 2001. Şanlıurfa Harran Ovaları Sulaması Tuzluluk ve Drenaj Sorunları İnceleme Raporu, Şanlıurfa.

Ponnamieruma, P.N., 1984. Role of cultivars tolerance in increasing rice production on saline land. In: Staples R.C. Toenniessen G.H. (Eds.) Salinity tolerance in plants strategies for crop improvement. Wiley. pp. 255–71.

Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. Chap. 10, p. 167–179. In Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. 2nd ed. Agron. Monogr. 9, ASA and SSSA, Madison, WI.

Rhoades, J. D., Bingham, P.T., Letey, J., Hoffman, G. J., Dedrick, A. R., Pinter, P. J., Replogle, J. A. Use of Saline Drainage Water for Irrigation. Imperial Valley Study. Agricul. Water Management, (1989), 16, 25-36.

Richards, I. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA. Agric. Handbook, 60.

Robinson, S. P., Downton, W. J. S., Millhouse, J. A. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves. Agric. Biochem. Biology. 228. (1983), 197-206.

Rossel, R. A. and A. B. McBratney. 1988. Soil chemical analytical accuracy and costs: implications from precision agriculture. Austr. J.of Exp. Agriculture 38(7) 765 – 775.

Sharma, D. P., Rao, K. V. G. 1998. Strategy for Long Term Use of Saline Drainage Water for Irrigation in Semi Arid Regions. Soil and Tillage Research. 48. 287-295.

Somani, L. L. 1991. Crop Production With Saline Water. Agro Botanical, Vyas Nagr. India.

Su, H., M.D. Ransom and E.T. Kenemasu, 1989. Detection Soil Information on a Native Prairie Using Landsat TM and SPOT Satellite Data. Soil Science Society.

Tekinel, O., Çevik, B. 1985. Sulama Sistemleri. Ç. Ü.



Ziraat Fakültesi Ders Notları Yay. No 70. Adana.

Yates, J., W., Orlikowski,, & K., Okamura, 1999. Explicit and Implicit Structuring of Genres: Electronic Communication in a Japanese R&D Organization. *Organization Science*, 10 (1), 83-103. [Working paper version retrieved 14 January, 2006 from <http://ccs.mit.edu/papers>

U.S. Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA. Agric. Handbook, no. 60. U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.

Yudelman, M., 1994. Feeding the world. *Int. Irrig. Manage. Institute Rev.* 8 (1) 4±15. R.K. Pandey et al. / *Agricultural Water Management* 46 (2000).

Yurtsever, E., 1995. Sulanan Alanlarda Tuzlulaşma ve Tuzluluk Yönetimi. 5. Ulusal Kùltürteknik Kongresi Bildirileri. S: 483-503.