**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# HARRAN OVASI KİREÇLİ TUZLU-SODİK TOPRAKLARIN BİYOLOJİK ISLAHI

**Halime AKIL**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2008**

Doç. Dr. Salih AYDEMİR danışmanlığında Halime AKIL'ın hazırladığı "Harran Ovası Kireçli Tuzlu-Sodik Toprakların Biyolojik Islahı" konulu bu çalışma 01/ 02/ 2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Salih AYDEMİR

Üye : Doç. Dr. Tahir POLAT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ

**Bu Tezin Toprak Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof. Dr. İbrahim BOLAT**
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.**
**Proje No: 735**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER


**Sayfa No**

ÖZ……..... i
ABSTRACT…….. ii
TEŞEKÜR…….. iii
ÇİZELGELER DİZİNİ…….. iv
ŞEKİLLER DİZİNİ……... v
SİMGELER DİZİNİ…….. vi
1. GİRİŞ…… 1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR…….. 4
2.1. Tuzluluk ve Sodikliğin Oluşumu……... 4
2.2. Harran Ovasında Tuzluluk ve Sodiklik Durumu…… 6
2.3. Tuzlu ve Sodik Topraklarda Glikofit ve Halofit Bitkilerin Rolü…….. 11
3. MATERYAL ve YÖNTEM……..……... 21
3.1. Materyal…….. 21
3.1.1. Çalışmada kullanılan toprakların özellikleri……. 21
3.1.2. Festuca arundinacea (Kamışsı yumak) bitkisinin özellikleri…… 23
3.1.2. Festuca arundinacea (Kamışsı yumak) bitkisinin özellikleri…… 24
3.1.4. Atriplex canescens bitkisinin özellikleri……... 24
3.2.Yöntem…… 25
3.2.1. Denemenin kurulması……... 25
3.2.2. Bu çalışmada yapılan ölçüm ve analizler…… 26
3.2.2.1. Toprak analizleri…… 26
3.2.2.2. Bitki analizleri ve ölçümleri……... 28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA…….. 30
4.1. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri……... 30
4.1.1. Elektriksel iletkenlik……. 30
4.1.2. Çözülebilir sodyum (ÇNa)…… 32
4.1.3. Çözülebilir kalsiyum (ÇCa)…….. 34
4.1.4. Çözülebilir klor (ÇCl)……... 34
4.1.5 Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP)…… 36
4.1.6. Değişebilir sodyum (DNa)…… 37
4.1.7. Değişebilir kalsiyum (DCa)…….. 38
4.1.8. Tekstür…….. 39
4.1.9. Toprak pH'sı……. 40
4.1.10. Organik madde (OM)…… 40
4.1.11. Toprakta bikarbonat ($HCO^-_3$)…… 41
4.1.12. Değişebilir magnezyum (DMg)…….. 41
4.1.13. Değişebilir potasyum (DK)……... 41
4.1.14. Kireç içeriği……... 42
4.1.15. Çözülebilir potasyum (ÇK) …… 42
4.1.15. Çözülebilir magnezyum (ÇMg)…… 42
4.2. Bitkilerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri……..... 45
4.2.1. Bitki Boyu……. 45
4.2.2. Yeşil Ot verimi……. 45
4.2.3. Bitkide Sodyum…… 47
4.2.4. Bitkide Kalsiyum…….. 48
4.2.5. Bitkide Klor…….. 49
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER…… 53
5.1. Sonuçlar……... 53
5.2. Öneriler…… 56
KAYNAKLAR…….. 58
ÖZGEÇMİŞ……... 63
ÖZET……. 64
SUMMARY……... 66

# ÖZ

**Yüksek Lisans Tezi**

## HARRAN OVASI KİREÇLİ TUZLU-SODİK TOPRAKLARIN BİYOLOJİK ISLAHI

**Halime AKIL**

**Harran Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Toprak Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Salih AYDEMİR**
**Yıl: 2008, Sayfa: 67**

Bu çalışma, Harran ovasında tuzdan etkilenmiş alanları, ekonomik olarak üretken hale getirmek için kısa vadede bir çözüm önerisi ortaya koymayı amaçlamaktadır. Ovanın problemli topraklarının (tuzlu-sodik) iyileştirilmesinde, probleme tolerans gösterebilecek Halofit ve Glikofit bitkilerinin denenmesi uygun bir çözüm yolu olarak bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu çalışmada Harran ovası Akçakele serisinden alınan 2 farklı özellikteki kireçli tuzlu-sodik toprak ve İkizce serinsinden alınan kireçli normal toprak kullanılmıştır. Çalışma sera koşullarında saksı denemesi olarak yapılmış olup, bir çalımsı *(Atriplex canescens)* ve 2 otsu yem bitkisi (*Festuca arundunacea* ve *Lotus corniculatus* ) kullanılmıştır. Üç farklı bitkinin özellikle tuzlu-sodik toprağa olan iyileştirici etkileri ve toleransları araştırılmıştır. Deneme sonuçlarından tuzluluğun ifadesi olan Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri göstermiştir ki Tuzlu-sodik toprak-1'e ekilen bitkilerden en fazla iyileştirmeyi *Atriplex canescens* bitkisi yapmıştır; EC değerini 5.27 dS $m^{-1}$ den 1.70 dS $m^{-1}$ ye düşürmüştür. Tuzlu-sodik toprak-2'de ise en iyi etkiyi *Lotus corniculatus* bitki yapmış olup EC değerini 8.37 dS $m^{-1}$ den 2.80 dS $m^{-1}$ ye indirmiştir. Sodikliğin ifadesi olan Değişebilir Sodyum Yüzdesi'ni (ESP), Tuzlu-sodik toprak-1'de en fazla düşüren *Atriplex canescens* bitkisi oluş ESP değerini %23'ten 14'e kadar azaltmıştır. Tuzlu-sodik toprak-2'de yetiştirilen her üç bitki hemen hemen aynı etkiyi göstermiş, ESP değerini %26'dan %21–22 arasında düşürmüştür. Bu çalışmada kullanılan bitkilerden *Atriplex canescens* ve *Lotus corniculatus* yüksek EC ve ESP değerlerine rağmen iyi tolerans gösteren bitkiler olmuşlardır. Çalışmada kullanılan bitkilerin üçü de Harran Ovasında tuzlulaşmadan etkilenmiş toprakların özellikle kireçli tuzlu-sodik olanlarının olumsuzluklarının giderilmesinde etkilidirler. Bu toprakların bu bitkilerin yetiştirilmesi ile ıslah olabilirliği, ovanın sürdürülebilir tarımı açısından önemli görülmektedir.



**ANAHTAR KELİMELER:** Tuzlu-sodik Toprak, Yem Bitkileri, Halofit, Glikafit, Toprak ıslahı, Biyoiyileştiriciler

**ABSTRACT**

**MSc Thesis**

**PHYTOREMEDİATİON OF CALCAREOUS SALINE-SODIC SOILS OF THE HARRAN PLAIN**

**Halime AKIL**

**Harran University**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Soil Science**

**Supervisor: Assoc. Prof. Salih AYDEMİR**
**Year: 2008, Page: 67**

This study was aimed to suggest a short term solution to bring the salt affected soils as an economically fertile in the Harran plain. To ameliorate the problem soils (saline-sodic) of the Harran plain, selected salt tolerant forage plants (halofit and glikofit) was growth under green house conditions. In this study, three different soils were used two of them from the Harran plain Akçakale series (calceraous saline-sodic soils) and one from the Harran plain Ikizce series (calceraous normal soil). Study was made as an green house pot study by using one bush like plant (*Atriplex Canescens*) and two different grasses (*Festuca Arundunacea and Lotus Corniculatus* ). With this study, especially remediation and tolerance effects of these plants to the saline-sodic soils were investigated. Electrical conductivity (EC) (which is the salinity expression) results of the study indicated that *Atriplex Canescens* plant showed the highest decrease in the EC values (from 5.27 dS $m^{-1}$ to 1.70 dS $m^{-1}$ ) of the saline-sodic soil-1. But in the saline-sodic soil-2 the highest decrease effect was obtain from the *Lotus Corniculatus* plant's EC values (from 8.37 dS $m^{-1}$ to 2.80 dS $m^{-1}$). The values of Exchangeable Sodium Percentage (ESP) (which is the sodicity expression) revealed that in saline sodic soil -1 *Atriplex Canescens* plant had the highest decrease of from 23% to 14% and three plants decreased the values almost same level of from 26% to 21-22% in the saline-sodic soil-2. This study revealed that *Atriplex Canescens* and *Lotus Corniculatus* plants both showed the highest fit for the reclamation and tolerance stand point of the goal of the study. Over all, this study concludes that three plants were effective to ameliorate the calcareous saline-sodic soils of the Harran plain. It seems that using of these studied plants for reclamation is important for the sustainable agriculture in the problem soils of the plain.

**KEY WORDS:** Saline-Sodic Soils, Forage Plants, Halofit, Glikofit, Soil Reclemation, Phytoremediatio

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun seçimi, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında değerli düşünce ve katkılarıyla beni yönlendiren, araştırmanın her aşamasında yardımını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Salih AYDEMİR'e, tez izleme komitesinde yer alan değerli hocamlarım Yrd. Doç.Dr. Osman SÖNMEZ'e ve Doç.Dr. Tahir Polat'a ve Yrd. Doç.Dr Beybin BUCAK'a şükranlarımı sunarım.

Çalışma esnasında yardımlarını esirgemeyen tüm toprak bölümü hocalarına, İstatistik çalışmaları ve değerlendirmeleri konusunda yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Kemal YAZGAN'a teşekkür ederim.

Çalışmanın her safhasında destek ve yardımlarını esirgemeyen, laboratuar çalışmaları esnasında hep yanımda olup sabır ve emeğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Ebru Pınar SAYGAN, Songül İNAL ve Ayşe ALAY' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma esnasında beni teşvik edip sabırlarını bir an olsun esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

# ÇİZELGELER DİZİNİ


**Sayfa No**

Çizelge 2.1 Bitki çeşitlerine göre topraktan kaldırılan tuz miktarları……..……..... 16
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan toprakların bitki ekilmeden önceki bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri…… 22
Çizelge 4.1. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları tuz miktarları 31
Çizelge 4.2. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları…… 43
Çizelge 4.3. Toprakların kimyasal ve fiziksel analizleri……. 44
Çizelge 4.4. Bitkilerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları……... 51
Çizelge 4.5. Bitkilerin analiz sonuçları……..... 52

# ŞEKİLLER DİZİNİ


**Sayfa No**

Şekil 2.1. Tuzlulaşmada bitki, toprak ve tuzlu taban suyunun etkileri…… 5
Şekil 2. 2. Harran ovasının fizyografik kesitleri ……..... 9
Şekil 2.3. Harran ovasının Tuzluluk durumu ..……. 10
Şekil 3.1. Festuca arundinacea (Kamışsı yumak) Bitkisi……. 23
Şekil 3.2. Lotus corniculatus (Adi Gazal Boynuzu) Bitkisi…… 24
Şekil 3.3. Atriplex Canescens Bitkisi……... 25
Şekil 4.1. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri elektiriksel iletkenlik (EC) değerleri…… 32
Şekil 4.2. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların içerdikleri çözülebilir $Na^+$ değerleri……. 33
Şekil 4.3. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri çözülebilir Kalsiyum Değerleri…… 35
Şekil 4.4. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri çözülebilir Klor miktarları…. 35
Şekil 4.5. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri ESP değerleri……. 37
Şekil 4.6.Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri Değişebilir Na değerleri……. 38
Şekil 4.7. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri değişebilir Kalsiyum Miktarları…… 39
Şekil 4.8. Farklı topraklarda Lotus Corniculatus bitkisinin gelişim durumları…….. 46
Şekil 4.9. Farklı topraklarda Festuca Arundinacea bitkisinin gelişim durumları……. 46
Şekil 4.10. Farklı Topraklardaki Bitkilerin Yaş Ağırlıkları……... 47
Şekil 4.11. Farklı Topraklarda Yetişen Bitkilerdeki Sodyum Miktarları……... 48
Şekil 4.12. Bitkilerdeki Kalsiyum Miktarları……. 49
Şekil 4.13. Bitkilerdeki Klor Miktarları……. 50
Şekil 4.14. Bitkilerin özellikle kireçli tuzlu-sodik ve sodik topraklarda, iyileştirme mekanizması…… 55

# SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| dS $m^{-1}$ | Desisimens /Metre |
| KDK | Katyon Değişim Kapasitesi |
| pH | Hidrojen İyon Konsantrasyonu |
| EC | Elektriksel İletkenlik |
| ESP | Değişebilir sodyum yüzdesi |
| $HCO_3^-$ | Bikarbonat |
| DK | Değişebilir Katyonlar |
| mg $kg^{-1}$ | Miligram/Kilogram (ppm) |
| ÇNa | Çözülebilir sodyum |
| ÇCa | Çözülebilir kalsiyum |
| ÇK | Çözülebilir potasyum |
| ÇMg | Çözülebilir magnezyum |
| DNa | Değişebilir sodyum |
| DCa | Değişebilir kalsiyum |
| DK | Değişebilir potasyum |
| DMg | Değişebilir magnezyum |

Kısaltmalar

| | |
|---|---|
| P | Fosfor |
| Na | Sodyum |
| Mg | Magnezyum |
| Ca | Kalsiyum |
| K | Potasyum |
| N | Azot |
| OM | Organik Madde |
| LC | *Lotus corniculatus* |
| AT | *Atriplex canescens* |
| FA | *Festuca arundinacea* |

# 1. GİRİŞ

Ülkemizin en büyük entegre projelerinden olan Güneydoğu Anadolu Projesinin (GAP) içinde yer alan Harran Ovası, 225 000 ha'lık toplam alanı ve 150 000 ha'lık sulanabilir alan potansiyeli ile, proje kapsamında önemli, vazgeçilemez bir yere sahiptir. Yüksek bitkisel üretim potansiyeli olan ova, sulamalı tarıma geçildiğinde, özellikle ilk yıllarda üretimini katlayarak artırmıştır. Günümüzde, yaklaşık 132 000 ha'lık alanda sulamalı tarım yapılan ovada, toprak özellikleri, topoğrafik yapı, bitki çeşitleri ve gerekli önlemler (drenaj) dikkate alınmadan yapılan kontrolsüz ve aşırı sulama, ovanın özellikle güneyinden başlayarak kuzeye doğru taban suyu seviyesinin yükselmesine ve beraberinde tuzluluğa ve ileri aşamalarda sodikleşmeye neden olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Ovanın özellikle tuzlanmanın artış gösterdiği alanlarında, çiftçinin ekonomik bitkisel üretim yapamadığı ve arazilerini boş bırakmayı yeğledikleri maalesef ovanın bir gerçeği haline gelmiştir.

Yeraltı sulamasının başlamasından (1978) günümüze kadar, ovada tuzlu alanlar 20 000 ha'ı aşarken, tuzlu-sodik alanlar da bunun neredeyse 1/4'ünü teşkil etmektedir. Giderek artan tuzlanma ovadaki önceki yıllarda birim alandan elde edilen üretimin ciddi boyutlarda düşmesine sebep olmuş ve hatta bazı yerlerde çiftçiler tarlalarına herhangi bir kültür bitkisi ekmemeyi daha ekonomik görmüşlerdir. Yüksek tuzluluktan dolayı ekilmeyen alanlar çıplak kalmışlar ve yüzeyden meydana gelen daha fazla buharlaşma ile yüzeye daha fazla taban suyu çekilmiş ve tuz birikmesi daha da artmıştır. Ovanın kendine has ve özellikle küçümsenemeyecek bir alanında yüzey akışları ve yüzey altı akışlarla biriken ve drene edilemeyen su, taban suyu seviyesinin yılın büyük bölümünde kritik seviyenin 2 m üzerinde kalmasına ve hatta bazı yerlerde yüzeye kadar çıkmasına sebep olmaktadır. Taban suyu seviyesini düşürmek için ovada yapılan drenaj çalışmaları

yetersiz kalmakta, yapılan çalışmalar bazı yerlerde kısa vadede çözüm gibi görülse de binlerce hektar alan için uygulanabilirliği çok yüksek maliyet gerektirmesi sebebiyle ekonomik görülmemektedir. Böyle alanların ekonomik şekilde kültür bitkisi üretimi yapılamaz halde kalmaları, buraların kullanılması ve verimlilik seviyelerinin artırılması için yeni yöntemlerin geliştirilme ihtiyacını kaçınılmaz kılmaktadır. Ekonomik olarak kültür bitkisi yetiştirilemeyecek alanlarda, tuzlu koşullara orta (glikofit) ve yüksek (halofit) seviyede dayanıklı yem bitkilerinin adaptasyonları ve toprağa yapacakları olumlu etkilerinin araştırılması, problemli olan ova topraklarının üretime tekrar kazanılmasında önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bitkisel üretim için sulamalı tarımın yapıldığı kurak ve yarı kurak alanlarda, yüksek taban suyunun etkisi sonucu meydana gelen tuzlulaşma ve sodikleşme, toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerini bozarak ürün verimini azaltmakta veya tamamen yok edebilmektedir. Bu nedenle bu koşullarda yapılacak sulama, bölgenin topoğrafik yapısı, toprak özellikleri ve mevcut bitki isteği dikkate alınarak uygulanmalıdır.

Binlerce hektar alandaki bu problemin en kısa sürede alternatif yöntemler geliştirilerek çözülmesi gerçeği, buralarda tuzluluğa dayanıklı ve hayvan beslenmesinde önemli olabilecek glikofit ve halofit sınıfında yer alan bitkilerin denenmesini bir alternatif çözüm olarak gündeme getirmektedir.

Tuza dayanıklı bitkiler yüksek oranda kök bioması üretikleri için toprağa önemli miktarda organik madde kazandırırlar. Bu özellikle toprakta sodikleşmenin olumsuzluklarını engelleme açısından oldukça önemlidir. Çünkü toprakta sodyum biriktikçe strüktür bozulmakta ve geçirgenlik azalmaktadır (Ashraf, 1994).

Halofit bitkiler, fazla miktarda $Na^+$ ve $Cl^-$ tuzlarını alıp yapraklarında biriktirme yoluyla tuzluluğa karşı zarar görmezler. Bu bitkiler, yapraklarda biriken tuzları topraktaki düşük ozmotik potansiyeli ayarlamak için kullanır. Bu ozmotik ayarlamanın önemli bir yanı, biriken tuzların hücre vakuollerinde izole edilmesidir.

Böylelikle, tuz stoplazma ve organellerinde düşük oranlarda tutularak metabolizma ve enzim aktivitesine zarar vermesi engellenir (Lauchi ve Epstein, 1984).

Bu çalışmayla ovanın problemli ve ekonomik olarak değerlendirilemeyen (tuzlu-sodik) toprakları için yetiştirilmeleri halinde önemli bir katma değer (üretim ve toprağın iyileştirilmesi bakımından) sağlayacağını düşündüğümüz toplamda 3 tür (1 adet çalımsı ve 2 adet otsu) yem bitkisi kullanılmıştır. Tuzsuz (Elektriksel iletkenlik (EC) 0.6–0.7 dS $m^{-1}$) ve farklı tuz ve sodyum konsantrasyonlarındaki (EC 6-10 dS $m^{-1}$ ve Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) %16-30 alanlardan alınan üç farklı özellikteki topraklarla tesadüf blokları deneme desenine göre, sera koşullarında bir saksı denemesi kurulmuştur.

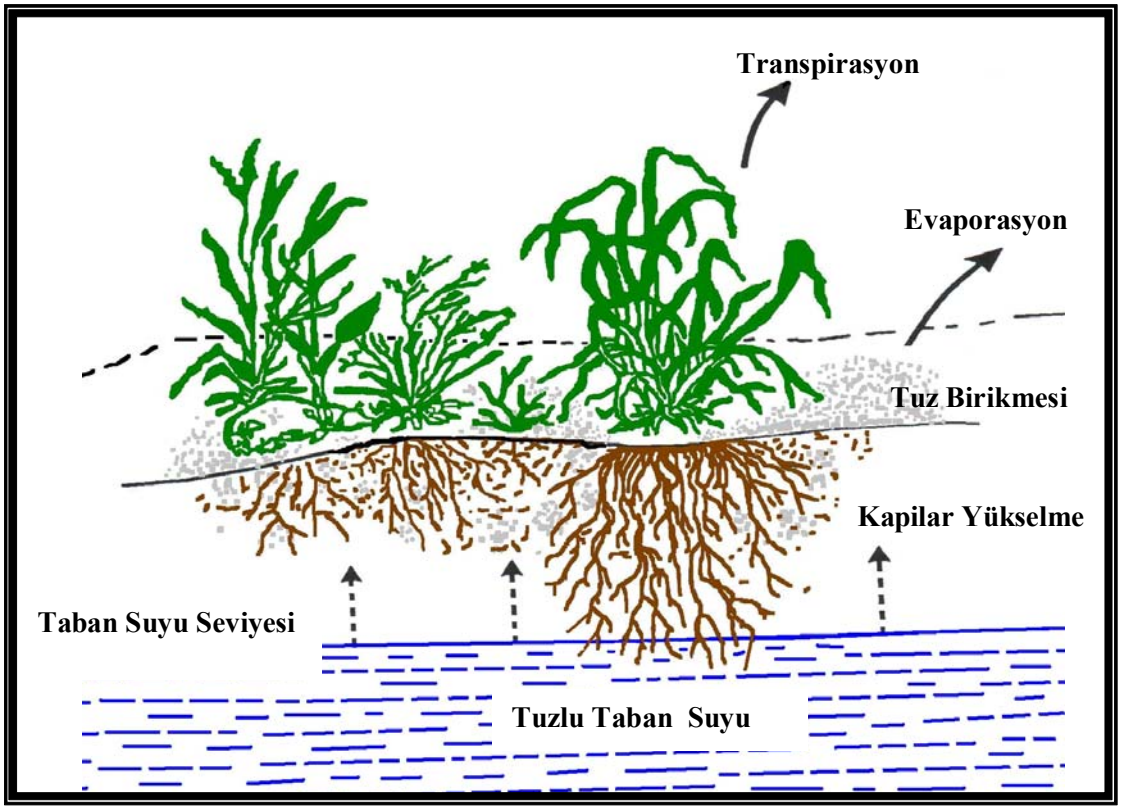
# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

## 2.1. Tuzluluk ve Sodikliğin Oluşumu

Tuzluluğun ortaya çıkmasında en önemli faktör düşen yağış veya verilen su ile bitki kök bölgesindeki tuzların yıkanarak uzaklaştırılamamasıdır. Tuzlar bitki kök bölgesinin altına inse bile toprak yüzeyinden suyun buharlaşarak uzaklaşması sonucu tekrar kök bölgesine taşınarak olumsuz etkide bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle taban suyunun yüksek olduğu ve drenaj problemi olan yerlerde topraktaki suyun yüzeyden buharlaşarak uzaklaşmasını azaltıcı bitki türlerinin yetiştirilmesi önem kazanmaktadır. Geniş sıra aralıkları ile ekilen bitkiler nihai büyüklüğe ulaştıklarında bile sıra aralarını tam örtemediklerinden toprak yüzeyinden önemli miktarda buharlaşmayla su kaybına izin verirler. Dolaysıyla tuzluluğu teşvik ederler. Oysa sık ekilen yem bitkileri gibi bitkiler toprak yüzeyinden buharlaşmayı azaltacağı için tuzluluğun ortaya çıkmasını engellemede oldukça etkilidirler (Şekil 2.1) (Sinclair ve Bennett, 1998).

Dünyanın birçok alanlarında meydana gelen tuzluluktan dolayı oldukça büyük oranda tarım alanı elden çıkmaktadır. Yeniden oluşabilen ve uzun sürede problemlere neden olan tuzluluk, yıllar içerisinde tarım alanlarına yayılarak arazilerin bozulmasına neden olmaktadır. Tuzluluk probleminin bulunduğu alanlarda tuzluluğa çare bulmak için tuzluluk şiddetinin ve paralel üründeki azalmanın izlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Mikati, 1997).

Tarihsel veriler Sümer kültürü gibi birçok uygarlığın, tuzluluk ve beraberinde oluşan arazi bozunumu nedeniyle son bulduğunu ortaya koymaktadır (Lowdermilk, 1953; Dregne ve Chou 1992). Dünyada birçok yerde birincil ve ikincil tuzlu alanlar vardır ancak ikincil tuzlanma ciddi düzeyde artış göstermektedir (Oldeman ve ark., 1990; Kapur ve Akça, 2002).




Şekil 2.1. Tuzlulaşmada bitki, toprak ve tuzlu taban suyunun etkisi

Tuzlulaşma olayı, tuzların bitki kök bölgesi altına (en azından 60 cm) yıkayacak miktarda yağış alamayan kurak ve yarı kurak bölge topraklarında meydana gelmektedir. Yüksek buharlaşma, uygun olmayan sulama miktarı ve yöntemi, yetersiz drenaj ve elverişsiz topoğrafik yapı bir araya gelerek, tuzlulaşma riskini kaçınılmaz kılmaktadır. Bunların sonucunda da, toprakların yüzeylerinde ve farklı derinliklerinde ikincil tuz birikmeleri oluşmaktadır (Bresler ve Charter, 1982; Istvan, 1989; Tanji, 1990; Nassar ve Horton, 1999).

Tuzlu toprak deyimi, toprak süzüğü elektriksel iletkenliği (EC) 25 °C' de 4 dS $m^{-1}$'den büyük; Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) 15'den küçük ve pH değerleri 8.2'den küçük topraklar için kullanılmaktadır (Richards, 1954).

Sodikleşme (alkalileşme) olayı, sodyum tuzlarının yoğun olarak bulunduğu ortamlarda kolloidlerin değişebilir sodyum ile doygun olması durumunda meydana gelir. Ayrıca, başka bir ortamda, evapotranspirasyon sonucunda toprak solüsyonunun

konsantrasyonunun artmasıyla, kalsiyum ($Ca^{+2}$) ve mağnezyum ($Mg^{+2}$) tuzlarının ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $CaSO_4$) çözünürlük sınırları aşıldığında, bu tuzların çökelmeleri suretiyle, ortamdaki sodyumun oransal miktarının artması ve bu koşullar altında değişebilir, kalsiyum ve mağnezyum'un bir kısmının sodyum ile yer değiştirmesi ve sodyum'un toprak kolloidleri üzerinde değişebilir formda artması şeklinde de oluşabilir (Richards, 1954).

Tuzlu-sodik topraklar, EC değeri 25 °C'de 4 dS $m^{-1}$' den büyük ve ESP'si %15'den fazla olan topraklardır. pH değerleri 8.2'in üzerindedir (Richards, 1954).

Sodik topraklar, ECe değeri 25 °C'de 4 dS $m^{-1}$' den az ve ESP'si %15'den fazla olan topraklardır bunların pH değeri 8.2–10 arasında değişir (Richards, 1954).

Yüksek miktardaki değişebilir sodyum, topraktaki kili kuvvetle hidrate ettiğinden, toprak agregatlarını şişirerek, toprakta dispersiyon oluşturur. Buna bağlı olarak toprak strüktürü bozulur, geçirgenliği son derece düşer ( Israelsen ve Hansen, 1965).

Taban suyu, toprakta geçirimsiz bir katman üzerinde bulunan ve bulunduğu düzeyin altındaki toprak katlarını sürekli doygun halde tuttuğu için bitkilere zararlı olan su katmanı diye tanımlanır (Tekinel ve Kanber, 1987). Sulanan alanlarda görülen tuzluluk problemi, kontrol edilemeyen ve 1–2 m arasında bulunan taban suyunun varlığında meydana gelmektedir (Bresler ve Charter, 1982).

### 2.2. Harran Ovasında Tuzluluk ve Sodiklik Durumu

Türkiye topraklarının önemli problemlerinden biri olan tuzluluk ve sodiklik son yıllarda özellikle gelişen sulamalı tarıma paralel olarak drenaj sorunu ve sulama suyunun kalite özelliği nedeniyle giderek artmaktadır. Dünyada tarımsal üretim yapılan alanların 1/3'ü, Türkiye'de ise sulamaya uygun olan 12.5 milyon hektarlık arazinin, yaklaşık 1.5 milyon hektarında tuzlulaşma ve sodikleşme, 2.8 milyon hektarında ise drenaj sorunu bulunmaktadır.

Ülkemizin en büyük entegre projelerinden olan Güneydoğu Anadolu Projesinin (GAP) içinde yer alan Harran Ovası, 225 000 ha'lık toplam alanı ile projede önemli bir yere sahiptir. Ova 150 000 ha'lık sulanabilir alan potansiyeline sahip olup, yaklaşık 132 000 ha alan hala hazırda sulanmaktadır. Yüksek bitkisel üretim potansiyeli olan ova, sulamalı tarıma geçildiğinde, özellikle ilk yıllarda üretimini katlayarak artırmıştır. Sulamalı tarımla birlikte ovada tuzlulaşma başlamıştır (DSİ, 1997 ve 2001; Taban ve ark., 1999).

Harran Ovasının güney ve güney batısını içine alan yaklaşık 5 000 ha'lık bir alan 1995 yılı öncesi, kalitesi $C_2S_1$ den (iyi kaliteli) $C_4S_4$ (kalitesiz) e kadar değişen DSİ ve çiftçilerin açtığı kuyu suları ile sulanıyordu. O yıllarda yapılan çalışmalar, yoğun bir şekilde sulanan alanlarda, tuzluluk ve hatta az da olsa tuzlu-sodik ve sodiklik probleminin oluştuğunu ve zamanla artarak neredeyse farklı derecelerde (EC: 1.2–23.9 dS $m^{-1}$) özellikle tuzluluğun bütün alana yayıldığını ve pH değerlerinin 7.17–8.20 arasında değiştiğini göstermiştir (DSİ, 1997).

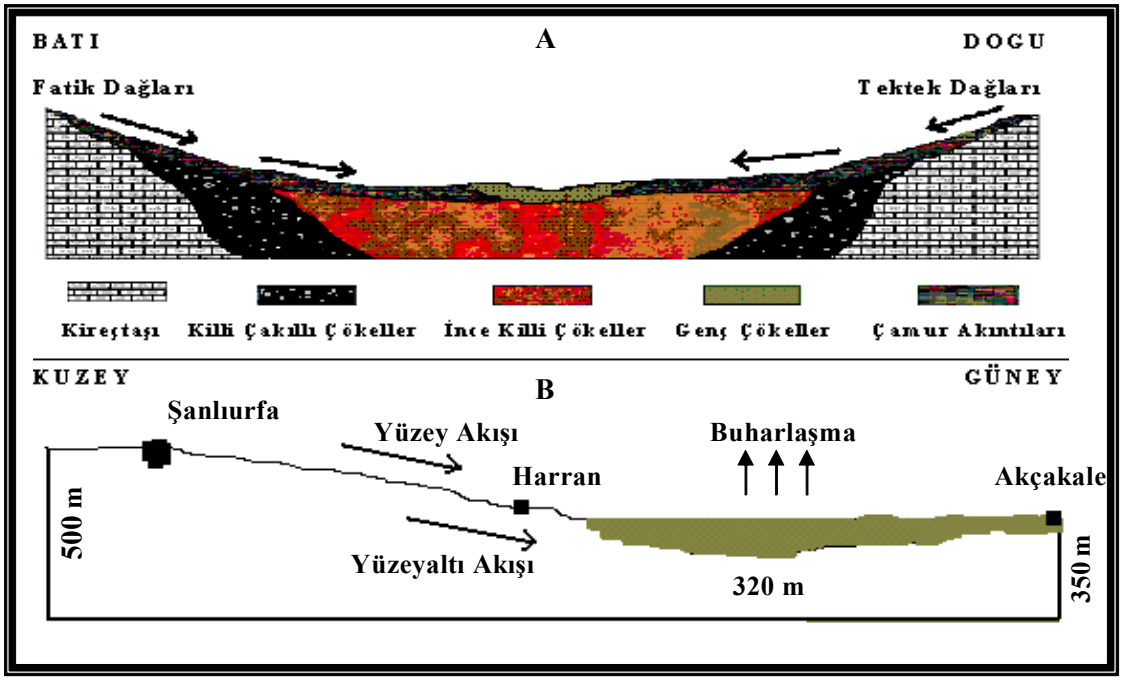
Harran Ovası'nın kısmen genelini kapsayan ve 1968 yılında yapılan toprak etüt sonuçlarına göre ise, ova topraklarının pH'sının 7.7 ile 8.1 arasında değiştiği ve çözünebilir tuz içeriğin (EC: 0.56–2.0 dS $m^{-1}$) arasında olduğu belirlenmiştir (DSİ, 1971). 1995 yılı öncesinde kullanılan düşük kaliteli kuyu sulama suları ve drenaj suları uzun yıllar içinde sulanmayan alanlarında sulanması ile tuzluluk probleminin yayılmasına neden olmuştur (Ergezer ve Ağca, 1995). Ovada tuzlu ve sodik alanların yaklaşık 12.000 ha'lara ulaştığı vurgulanmıştır (DSİ, 1971).

1995 yılından sonra Atatürk baraj gölünden alınan ($C_2S_1$) suyla sulamanın başlamasıyla, sulanan alan, önceki alanın neredeyse 9–10 katına çıkarak, günümüzde 130 000 ha'ı aşmıştır. Baraj sulamasının başlamasıyla su kullanımı artmış ve ovaya kuru tarım yapılan birim alana neredeyse yağışla gelen suyun 12 misli su verilmiştir (DSİ, 2001). Çullu ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, ova topraklarının tuzlanma oranın %15 olduğunu ve 2000 yılı itibari ile yaklaşık 12 000 ha alanın tuzlandığını rapor etmişlerdir.

Ova topraklarında genişleyebilir kilin (smektit) başat olması, toprakların sodikleşme riskinin fazla olacağını göstermektedir (Dinç ve ark., 1988; Aydemir, 2001). Sodikleşme eğiliminin yüksek olduğu yerlerde infiltrasyon hızının düşük olması toprak yönetiminde çok dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir. Bu topraklarda kötü bir yönetim altında başlayacak sodikleşme, göreceli olarak toprağın fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkileyecektir (Ağca ve ark., 1998). Akçakale Yeraltı Sulaması Projesinde, tarla içi drenaj sistemlerinin bulunmayışı ve yağışların yetersizliği nedeniyle tuzluluğun artması ve yer yer oluşan sodiklik sorunları ortaya çıkmış ve arazilerin tarımsal açıdan kullanılamaz duruma gelmesine sebep olmuştur (Çevik, 1998; Çevik ve Tekinel, 2000; DSİ, 1997).

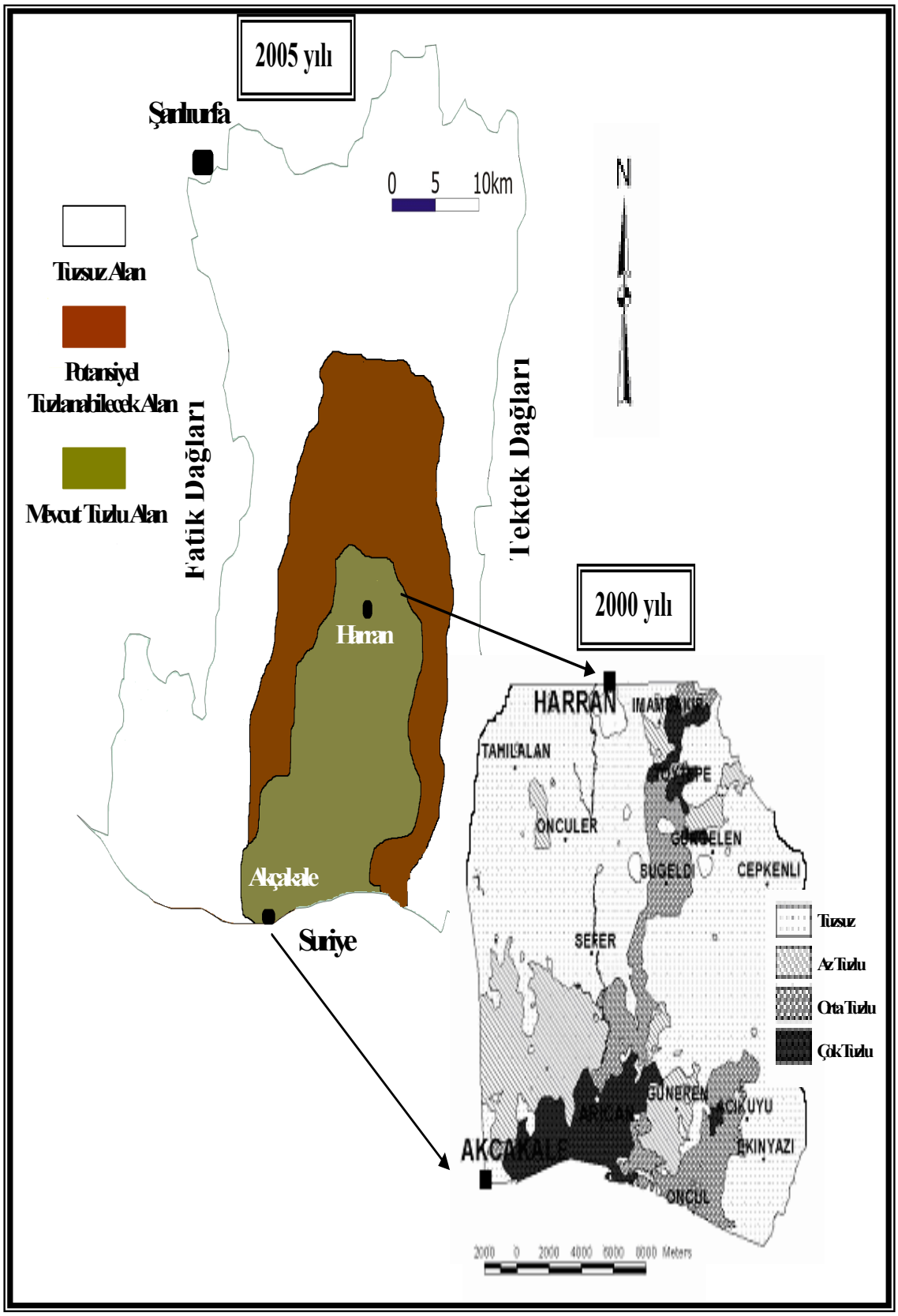
Genel olarak Harran ovasında tuzluluk probleminin ortaya çıkışı, aşırı ve yanlış sulama ile yetersiz drenaj ve ovanın kendine özgü topoğrafik yapısı sonucu olmuştur. Bu oluşumda taban suyu seviyesinin yükselmesi ve sığlaşan taban suyun kapilar hareketle ve yüksek buharlaşmanın etkisiyle yüzeye çekilmesi etkili olmuştur. Yukarıya hareket eden taban suyu bitki kök bölgesi ve toprak yüzeyinde taşıdığı tuzları buharlaşarak geride bırakmaktadır. Taban suyunun tuz konsantrasyonun oldukça yüksek (25–30 dS $m^{-1}$') olduğu düşünülürse, taban suyunun kritik seviye sayılan 2 m'nin altına indirilememesi halinde ovada tuzlulaşma probleminin bir vaka olarak devam edeceği görülmektedir. Ovada yayılma eğiliminde olan tuzlu alanlar , bölgede uygulanan sulama yöntem ve düzeyi ile drenajın altyapı eksikliğinin giderilememesi ve problemli olan yerlerin başka uygulamalarla (örneğin tuza dayanıklı yem bitkileri yetiştirilmesi gibi) değerlendirilememesi, yakın gelecekte arazi bozunumu ve göç gibi geri dönüşümü güç sonuçlar doğuracaktır (Aydemir ve ark., 2005).

Ova'nın topoğrafik konumunun çevresine göre çukur bir pozisyonda olması, çevreden gelen ve sulama sonucu biriken fazla suların tahliye edilememesi (geçirimsiz katmanlardan dolayı) ovanın güneyinde suyun birikerek kuzeye doğru taban suyu seviyesinin artmasını sağlamaktadır ve çoraklaşmaya önemli oranda etkili olmaktadır (Şekil 2.2) (Dinç, ve ark., 1988; Aydemir ve ark., 2005).




Şekil 2. 2. Harran ovasının fizyografik kesitleri (Dinç ve ark., 1988; Aydemir ve ark., 2005).

Yapılan çalışmalarla, özellikle ovanın güney bölümünde öncelikle tuzluluk ve ikinci planda da tuzlu-sodiklik problemlerinin giderek artış gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 2.3. ovanın topraklarının giderek tuzlandığını ve 2005 yılı itibarıyla farklı seviyelerde potansiyel tuzlulaşabilecek alanların 30 000 ha'a ulaşabileceğini göstermektedir.




Şekil 2.3. Harran ovasının Tuzluluk durumu (Çullu ve ark., 2000 ve yayınlanmamış verilerde yararlanarak muhtemel olabilecek durumu göstermek için oluşturulmuştur).

## 2.3. Tuzlu ve Sodik Topraklarda Glikofit ve Halofit Bitkilerin Kullanımı

Tuzlu ve sodik toprakların ıslahı; taban suyu seviyesinin düşürülmesi, eriyebilir tuzların topraktan yıkanması, toprağa kimyasal maddelerin ilave edilmesi ve tuza dayanaklı bitkilerin yetiştirilmesiyle mümkündür. Eriyebilir tuzların topraktan yıkanmasında esas, yüzeyde biriken tuzu suda erir hale getirip yüzeyden tabana sızdırmaktır. Bunun için su toprak yüzeyinde biraz göllendirilerek fazla bekletilmeden akması sağlanır. Topraktaki tuzların topraktan sularla yıkanması her zaman mümkün olmayabilir. Çünkü sodyumca zengin olan topraklara su verildiğinde, sodyum toprağın geçirgenliğini azaltabilir. Bu sebeple, böyle topraklara, yıkama işlemi ile beraber toprağın kimyasal yapısını düzeltecek yardımcı maddeler ilave olunur. Toprağa kimyasal maddeler verilmesindeki esas, verilen maddelerdeki (örneğin, jips) $Ca^{+2}$'un toprak kompleksine bağlı bulunan $Na^{+1}$ ile yer değiştirmesidir. Toprağın bu şekilde ıslahında kullanılan önemli maddeler jips ve kalkerdir (Richards, 1954; Bresler ve Charter, 1982; Tanji, 1990).

Kimyasal iyileştiriciler, tuzlu–sodik ve sodik topraklarda hemen hemen dünyada yüz yıldır kullanılmaktadır. Kimyasal iyileştiricilerinin gelişmekte olan ülkelerdeki kullanımı, çiftçiler için üretimde maliyeti oldukça arttırıcı nitelikte olmaktadır. Kullanılan materyallarin fiyatları ve bunların endüstri tarafından daha fazla kullanılmasıyla ayrıca devletin çiftçilere sağladığı desteğin azalmasıyla bu fiyatlar oldukça artmıştır. Toprağı işlemede, çiftçilerin tecrübelerine ek olarak bilimsel arazi ve laboratuar çalışmaları, tuza toleranslı (halofit ve glikofit) bitkilerin kullanılmasıyla kimyasal madde kullanmadan kireçli-sodik toprakların iyileştirebileceğini göstermiştir. Bu bitkisel iyileştiriciler genellikle bioiyileştiriciler veya biyolojik iyileştiriciler olarak tanımlanmaktadırlar (Kelley ve Brown 1937; Robbins, 1986a,b; Qadir ve ark.1996a). Bitkilerin ıslahta iyileştirici olarak kullanılma mekanizması şu aşamalarla tanımlanabilir:

i) Kirecin kök bölgesinde çözünürlüğünün, ortamın mikrobiyal ve bitkisel kaynaklı $CO_2$ nispi miktarının artması,

ii) Kök gelişiminin artması, toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirmesini sağlar.

Halofit bitkiler, fazla miktarda $Na^+$ ve $Cl^-$ tuzlarını alıp yapraklarında biriktirme yoluyla tuzluluğa karşı zarar görmezler. Bu bitkiler, yapraklarda biriken tuzları topraktaki düşük ozmotik potansiyeli ayarlamak için kullanır. Bu ozmotik ayarlamanın önemli bir yanı, biriken tuzların hücre vakuollerinde izole edilmesidir. Böylelikle, tuz sitoplâzma ve organellerinde düşük oranlarda tutularak metabolizma ve enzim aktivitesine zarar vermesi engellenir (Lauchi ve Epstein, 1984).

Problemli alanlarda tuzlu, tuzlu-sodik ve sodik alanların kireçli ve kireçsiz topraklarında, ıslah amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. Ülkemizde yapılan çalışmalar genellikle kimyasalların kullanımları ve yıkama çalışmaları şeklinde yapılmış olup problemin çözümünde bitkilerin kullanımı amaçlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Global bazda yapılan çalışmalara aşağıda geniş şekilde yer verilmiştir.

Pakistan'ın Indus ovalarının kuzey doğusunda, tuzlu sodik bir toprakta yapılan bir arazi çalışmasında parseller 20 $m^2$'lik alanlara ayrılmış ve bir yıllık yonca *(Medicago sativa)*, sesbania-buğday *(Triticum aestivum)*-sesbania (SBS) rotasyonları uygulanmış, 7.5 ton $ha^{-1}$ buğday sapı ile nadas kontrolü yapılmıştır. Her uygulamadan 25 ton $ha^{-1}$ ürün kaldırılmıştır. Jips uygulamalı parsellerden 6 aylık süre içinde herhangi bir olumlu sonuç alınamamıştır. Bir yıl sonra 20 cm toprakta 49 olan SAR değeri yonca denemesinde 30'a düşmüş, jips-yonca da ise 17'ye düşmüştür. Jips-SBS rotasyonunda SAR değerinin 11 e düşmesi en iyi sonuç olarak rapor edilmiştir. Rotasyonda jips kullanmadan SAR değeri 28'e düşmüş, bu değer buğday sapı-jips uygulamasında hemen hemen aynı değeri korumuştur. Farklı toprak derinliklerinde yonca ve SBS rotasyonlarının SAR değerleri jips-buğday sapı uygulamalarının SAR değerinden daha düşük olmuştur. Toprağın 20–40 cm derinliklerinde ilk SAR değerinin 61 olmasına rağmen yonca ve jips uygulamasında bu değer 40 ile 58 değerleri arasında belirlenmiştir. Yonca kökleri 80 cm'ye kadar inmiş, 40–60 cm derinliğindeki SAR değeri 47'den 44'e, 60–80 cm derinliğindeki SAR değeri ise 44'ten 28'e düşmüştür. Jips uygulamasında düşüşün aksine artış görülmüştür, ilk değeri 47 ve 44 olan SAR değerleri 62 ve 52 olarak artış göstermiştir. Kimyasal ve biyolojik iyileştiricilerin olumsuz duruma olan etkisi

toprağın deneme öncesi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin boyutuyla oldukça ilgili olarak rapor edilmiştir (Ilyas ve ark., 1997).

Bir sera çalışmasında iki kireçli toprakta yonca ve Rhodes otu yetiştirilmiş, sulamada yonca 100 milibar, Rhodes otu ise 800 milibar su tüketmiştir. Ürün yetiştirilmeyen toprak süzüklerinde $HCO_3^-$ konsantrasyonu her iki toprakta ortalama 3.4 mmol $l^{-1}$, ürün yetiştirilen toprak süzüğünde $HCO_3^-$ konsantrasyonu çok nemli yerlerde 11.5 mmol $l^{-1}$, az nemli yerlerde ise 6.2 mmol $l^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Yonca kullanımında, süzükteki $HCO_3^-$ miktarı (9.1 mmol $l^{-1}$) Rhodes otu kullanımından (8.6 mmol $l^{-1}$) daha yüksek olmuştur. Çalışma göstermiştir ki, $HCO_3^-$ konsantrasyonu bitki yetiştirilen yerlerde yetiştirilemeyen yerlere oranla daha yüksektir. Bu artışın nedeni kullanılan bitkilerin kökleriyle $CO_2$ ürettiğini ve bu üretimle beraber $HCO_3^-$ miktarıda artmıştır.

Diğer bir çalışmada, kireçli sodik toprakları (PH:8.6 EC 2.4 dS $m^{-1}$ ESP;33, KDK; 21 cmolc $kg^{-1}$) iyileştirmede arpa *(Hordeum vulgare)*, yonca *(Medicago sativa)*, pamuk *(Gossypium hirsutum)*, uzun buğday otu *(Agropyron elongatum)* ve sorgum-sudan otu *(Sorghum sudanense)* (sordan) türleri kullanılmış, bitkisiz olarak ta parsellere sadece jips uygulanmıştır. Bitkilerin kök bölgesinin $pCO_2$ miktarının artış göstermesi bitkisel üretimin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Çalışmada, $pCO_2$ değeri arpa ve buğdayda en düşük ve genellikle 6 kPa ın altında belirlenmiştir. Sordan üretiminde $pCO_2$ çıkışı yüksek olmuş ve sıklıkla 16 kPa ın üstünde belirlenmiştir. Denemede $Na^+$ iyonunun bitki ile ortamdan uzaklaştırılmasında beklenen iyileştirme çoğunlukla kök bölgesinde gerçekleşmiştir. Ancak sadece jips verilen parsellerde 20 ile 50 cm ye kadar toprakta büyük bir iyileşme görülmüştür. (Robins, 1986a, b).

Tuzlu-sodik ve sodik toprakların olumsuz fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinde bazı bitkilerin kökleri, örneğin Pensacola Bahia otu sertleşmiş toprak tabakası arasında yetişebilir ve toprak altındaki pulluk katmanını kırabilir. Arazi çalışmalarında uzun otlak ayrığının *(Agropyron elangatum)* güçlü köksel gelişim göstermesi, düşük permabiliteli toprağın iyileştirilmesinde bir avantaj olarak

rapor edilmiştir. Kökler, bozuk toprak tabakasında derine indiği zaman, topraktaki makro gözenekleri arttırarak su hareketinin ve gaz difüzyonun artmasında etkin rol oynarlar. Bir sonra ekilecek bitki, oluşan gözeneklerden faydalanarak gelişmesini sorunsuz devam ettirebilir (Qadır ve Oster, 2002).

Başka bir kireçli sodik toprakta (pH:10.6, EC:2.7 dS $m^{-1}$ ve ESP 94), pirinç *(Oryza sativa)* üretimi için bir deneme kurulmuştur. Denemede üretim hem jips uygulanan (12.5 ton $ha^{-1}$) parsellerde hem de 1 ve 2 yıllık süreyle, Para (*Brachiaria mutica*) ve Karnal otları yetiştirilmiş parsellerde yürütülmüştür. Jips uygulanmış parsellerde pirinç üretimi ortalama 3.7 ton $ha^{-1}$olarak belirlenmiştir. Para otu ve karnal otu yetiştirilen parsellerdeki pirinç üretimi sırasıyla 3.8 ve 4.1 ton $ha^{-1}$ olmuştur. İkinci yılın sonunda ürün 5.3 ile 6.1 ton $ha^{-1}$ olmuş ve ortam pirinç üretimi için uygun hale gelmiştir (Kumar ve Abrol, 1984).

Ahmad ve ark. (1990), kurdukları bir arazi denemesinde jipsle beraber kallar otu *(Leptochloa fusca),* sesbania ve sordan otunu sulama yaparak test etmişlerdir. İki mevsimde yem üretimi ortalaması sesbaniada 40.1 ton $ha^{-1}$, kallar otunda 29.3 ton $ha^{-1}$ ve Sordan otunda ise 27.4 olmuştur. İyileştirme etkileri, sırasıyla; jips > kallar otu > sordan > kontrol şeklinde sıralanmıştır. Nadir olsa da bazı tarla denemelerinde bioiyileştirici kullanım teknikleri istenilen başarıyı yeteri kadar verememiştir, çünkü rotasyonda birinci ürün tuza toleranslı ürün olarak seçilmemiştir.

Qadir ve ark. (1997), kireçli tuzlu-sodik bir toprakta iyileştirme boyunca bazı makro-mikro besinlerin kullanılabilir statülerini incelemişlerdir. Bioiyileştirici uygulamalarında, bitki besin elementlerinin miktarı 15 ayda sesbania, sordan veya kallar otunun yetiştirilmesiyle artmıştır. Bioiyiliştirici kullanılan parsellerde bitkilerin kök bölgesinde toprak pH'sında düşüş görülmüş ve beraberinde ortamdaki P, Zn, Cu, Fe ve Mn miktarlarında bir artış olmuş, kök gelişimi ile kirecin çözünmesi sağlamıştır. Buna karşın ürün yetiştirilmeden yalnız jips uygulaması, bitki besinlerinin kullanabilirliklerini azaltmıştır. Ayrıca yıkamadaki kayıplar, ikincil oluşan kireç'e bazı elementlerin bağlanması ve jipsin ikincil çözünmesine

neden olması, meydana gelen besinlerin azalmayla ilgili olarak yorumlanmıştır. Topraktaki N doygunluğu, sesbania hariç bütün uygulamalarda azalmıştır. Sebania uygulamasında N-doygunluğu yaklaşık %8 artmıştır. Jips denemelerinde jipsin toprak yüzeyine uygulanması farklı derinliklerde olmasına karşın 15 cm'ye yapılacak uygulama uygun derinlik olarak nitelendirilmiştir.

Oster ve Frenkel (1980) yaptıkları çalışmada bitki denemeleri ile farklı derinliklerde jips uygulamışlardır. Çalışmalarında yalnız jips kullanan alanlarda iyileşme görülmüştür. Bu da $Ca^{+2}$ ve $Na^{+}$ iyonlarının yer değiştirme seçiciliğiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca Robins (1986b) elverişli hidrolik iletkenlik için jips uygulamasının ürün yetiştirme denemeleri ile devam edilebileceğini kanıtlamış, jipsin erimesiyle kalsiyum ile sodyumun yer değiştirmesi rapor edilmiştir. Elektrolit konsantrasyonu iyileştirme yapılmayan toprağın derinliklerinde bir miktar düşmüş ve değişebilir $Na^{+}$ hidrolik iletkenlik üzerinde olumlu etkide bulunmamıştır. Bu durum bitkilerin kullanıldığı biyoiyileştirme denemelerinde görülmez, çünkü elektrolit konsantrasyonu $pCO_2$ artışı ile artış göstermektedir. Bu incelemede sodik toprakta Kallar otu, Rhodes otu, Bermuda otu, Sesbania otu, pirinç ve yonca bitkileri yetiştirilmiştir. Denemedeki bitkiler iyileştirmelerde kendi kök bölgelerinin derinlik ve özelliklerine göre etkili olmuşlardır (Robins, 1986b).

Pakistan'da tuzlu alanlarda yetiştirilen tuza dayanıklı bitkiler için bir tarama çalışması yapılmış ve ekstra bitki çeşitleri, diğer değişik ülkelerden de sağlanarak, toplanan tüm bitkiler, tuza dayanıklılıklarının sınırları yönünden incelenmişlerdir. Tuza en dayanıklı olarak, Avustralya'dan getirilen Atriplex çeşitleri (kök bölgesinde EC, 33 dS $m^{-1}$) bulunmuştur. Bunları, Kallar otu (EC, 22 dS $m^{-1}$) izlemiştir (Verimin yarıya düşmesine rağmen, bikinin gelişiminde ekonomik seviyeyi koruyan tuzluluk derecesi, tuza dayanıklılığın limiti olarak alınmıştır). Çalışmada Arpanın da üç varyetesi denenmiş ancak, yüksek tuza dayanıklılığın yanında, diğer özelliklerinden dolayı yapılan çalışmada en yararlı bitki olarak Kallar otu kabul edilmiştir (Wieneke, 1987). Kallar otu, o kadar tuza dayanıklı bir bitkidir ki, Pakistan'da hemen hemen tuzlu her alanda yetiştirilmektedir. Deniz suyu ile sulandığında kumlu topraklarda hayli iyi büyüyebilmektedir. Kumlu toprakta deniz

suyu aşağılara doğru süratle inmekte ve toprağa tuz ilave etmemektedir. Bitki 152.5 cm yüksekliğe kadar büyüyebilmekte ve Mart'tan Ekime kadar dört kez biçime gelmektedir (Anoymus, 1987). Çizelge 2.1 yapılan çalışmada kullanılan bazı bitkileri ve bunların topraktan kaldırabildikleri tuz miktarlarını vermektedir. Buna göre ilk sırayı 800 kg $ha^{-1}$ gibi oldukça yüksek bir miktarla Kallar otunun aldığı ve bunu Atriplex'in izlediği görülmektedir.

Çizelge 2.1. Bitki çeşitlerine göre topraktan kaldırılan tuz miktarları (Gritsenko ve Gritsenko, 1999;Oster ve ark., 1999 ve Barrett-Lennard, 2002)

| | Tuz miktarları kg $ha^{-1}$ |
|---|---|
| Amaranth | 72 |
| Ayçiçeği | 172 |
| Yonca | 178 |
| Sudan otu | 182 |
| Japon Darı | 224 |
| Atriplex | 750 |
| Kallar otu | 800 |

Amaranth (*Amaranthus cruentus*), ayçiçeği (*Helianthus annuus*), atriplex (*A.amnicola*)

Yem bitkileri yüksek oranda kök biyoması ürettikleri için toprağa önemli miktarda organik madde kazandırırlar. Bu özellikle toprakta sodikleşmenin oluşturduğu olumsuz etkiyi engelleme açısından oldukça önemlidir. Çünkü toprakta sodyum biriktikçe strüktür bozulmakta ve geçirgenlik azalmaktadır (Ashraf, 1994). Oysa toprakların organik maddece zenginleştirilmesi durumunda, organik madde parçalanırken ortaya çıkan $CO_2$ ve organik asitler kalsiyum kaynaklı mineraller çözer ve $Ca^{+2}$'un topraktaki elverişliliğini arttırarak $Na^{+}$ birikimine engel olur. Ayrıca toprak organik maddesini artırarak strüktürel oluşum üzerine olumlu etki yapar (Katyal, 1977).

Yem bitkileri derin kök sistemleri sayesinde toprağın alt katmanlarından suyu alabildikleri için taban suyu seviyesini düşürerek kapillarite ile suyun toprak yüzeyine taşınımını azaltırlar. Bu sayede tuzların yukarıya doğru taşınması da yavaşlatılmış olur. Örneğin yonca toprağın 3 m derinliğinden oldukça önemli miktarda su alabilir. Bu sayede bitki, sulamanın yapılmadığı şartlarda toprağı 3 m

derinliğe kadar iyice kurutarak suyun kapillarite ile yukarı hareketini engeller. Dolaysıyla tuzluluğu da engellemiş olur. Nitekim Kanada'da tuzluluk riskli sahalarda tuzluluğun engellenmesi açısından yonca yetiştiriciliği önerilmektedir (Wentz, 1992).

Tuzluluk probleminin yaşandığı tarım alanlarında rast gele ürün yetiştiriciliği yapmak zordur. Çünkü toprak suyunun sahip olduğu yüksek ozmotik potansiyel nedeniyle birçok tarım ürününün verimdeki hızlı düşüş nedeniyle yetiştiriciliği ekonomik olmaz. Elektriksel iletkenliği (EC ) 4 dS $m^{-1}$'den fazla olan topraklarda tuzluluk problemi başlamış demektir. Bu tip topraklarda yetişebilen bazı bitkiler (glikofit ve halofit) diğerlerine göre çok daha az zarar görürler ve hatta bazıları oldukça yüksek tuzlulukta dahi yetişebilirler (Anonymous, 1984).

Tuzluluğa hassas bitkilerin verim kaybı olmaksızın en fazla 1.5 dS $m^{-1}$ EC değerine dayanabildikleri EC değeri 8 dS $m^{-1}$'ye çıktığında verimin sıfıra indiğini, dayanıklı bitkilerde (halofitler) ise 10.0 dS $m^{-1}$'ye kadar verim kaybının olmadığı belirlenmiştir (Maas, 1985).

Yem bitkileri arasında tuza dayanıklılık yönünden en önde gelen bitki yüksek otlak ayrığıdır (*Agropyron elangatum*). Elektriksel iletkenliği 7.5 dS $m^{-1}$ olan topraklarda verim kaybına uğramaksızın yetişebilmektedir. Toprak tuzluluğunun her bir birim artışında yüksek otlak ayrığı verimi %4.2 azalma gösterir. Tuzlu topraklara dayanıklılıkta dikkat çeken diğer yem bitkileri adi otlak ayrığı *(Agropyron cristatum),* köpek dişi *(Cynedon dactylon)* ve koca darı *(Sorgum vulgara)*'dır. Köpek dişinin Coastal ve Suwannee varyeteleri diğerlerine göre %20 daha dayanıklıdır (Ashraf, 1994; Maas, 1985).

Tuza dayanıklı baklagil yem bitkilerinden olan adi gazal boynuzu *(Lotus cornicuatus)*, yumrucuk (nodozite nödül) bakterileri aracılığı ile toprağa havanın serbest azotunu bağlayarak, hem kendisinin hemde karışımdaki diğer bitkilerin, bu azottan faydalanmasını sağlar. Gazal boynuzu (*Lotus L.*), köpek dişi, Rodosotu

yüksek otlak ayrığı özelikleri ile topraktaki tuzu kaldırırlar (Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araştırma Projesi, 2007).

Elçi (1960) yaptığı çalışmada, Cynedon dactylon ve lotus corniculatus'un 12–16 dS $m^{-1}$ arasında toprak tuzluluğuna dayanıklı olduğunu bildirmektedir. Yüksek otlak ayrığı'nın, Rodosotu'nun, kamışsı yumak'ın 6–12 dS $m^{-1}$arasındaki toprak tuzluluğuna dayanabilen buğdaygil yem bitkileri arasında sınıflandırılmıştır (Tarman, 1972).

Chenopodiacea familyasına ait çok sayıda halofit bitki bulunmakla birlikte kaba yem üretimine en uygun olan Atriplex'lerdir. Atriplex'lerin 400'den fazla türü deniz suyunda dahi yetişebilmektedir (Osman,1996).

Atriplex türlerinin gen merkezi Avustralya Kıtası olup Dünyanın kurak ve yarı kurak alanlarına buradan yayılmışlardır (Osman ve Ghassaeli, 1997). Kurak ve yarı kurak bölgelerde ekim alanı bulan Atriplex türleri, Kuzey Afrika, Orta Doğu, Amerika, Avustralya ve Güney Avrupa'da yapılan birçok araştırmaya konu olmuştur (Chatterton, 1970).

Atriplex türleri halofit bitki grubuna girmektedir. Tuzlu topraklarda yaşamaya uyum sağlamış halofitler 20–500 mM aralığındaki NaCl konsantrasyonlarında yaşamlarını sürdürebilmektedirler (Özen ve Onay 1999).

Atriplex türleri genel olarak her toprakta, özellikle derin, iyi drene edilmiş kumlu tepelerde, çöllerde, yüksek kayalıklarda ve eğimli yüzeylerde rahatlıkla yetişebilir. Tuzlu toprakların ıslahında rahatlıkla kullanılabileceğini, kullanıldığında tatminkâr yem verimi sağladığını saptamıştır (Osman ve Ghassaeli, 1997; Hopkins ve Nicholson, 1999).

Birçok Akdeniz ülkesinin (Tunus, Cezayir ve Libya) kurak ve yarı kurak alanlarının verimsiz topraklarında, yem üretimini sağlamak ve arazileri iyileştirmek amacı ile sulanabilen ve kurak alanlarda yürütülen çalışmalarda, kurağa ve tuza (15–

20 dS $m^{-1}$) tolerans gösteren *Atriplex cummularia*, *A. halimus*, ve *A. Lentiformis* gibi bitkiler yetiştirilerek başarı sağlanmıştır (Choukr-Allah, 1991).

Atriplex türlerinin yetiştirildiği alanlarda yeraltı sularındaki tuz miktarını azalabileceği, tür seçiminde bol yapraklı ve geniş habituslu türlerin tercih edilmesi gerektiğini bildirmektedirler. Kuraklığa ve tuzluğa oldukça dayanıklı olan Atriplex türleri 150-200 mm yıllık yağış alan alanlarda rahatlıkla yetişebilmekte ve -10 $^{o}$C'ye kadar olan düşük sıcaklıklara ölmeden yaşamlarını sürdürmektedirler (Malcolma ve ark., 1988).

Amerika'nın batısında Kuzey Dakoto'dan Oregon'a ve Meksika'nın kuzeyine kadar olan bölge için en değerli ve yaygın çalının Atriplex canescens olduğunu bildirmektedir. A. canescens Amerika'nın batısındaki meraların dominant çalısı olup, kurağa dayanıklı olması meralarla birlikte maden ocaklarının ve problemli alanların ıslahında kullanmasını sağlamıştır (Plummer ve ark., 1968).

Aganga ve ark., (2003), Botswana'nın kurak bölgeleri için yem bitkisi olarak bir atriplex türünün (*A.nummularia*) potansiyelini belirlemek üzere yaptıkları bir çalışmada, protein oranın %15.5–21.3, ham lif oranını %20.5, sindirebilirlik oranı % 39.4 – 52 olarak bulmuş, protein sentezi için gerekli karakteristik besin elementleri nitrojen fosforun yüksek düzeylerine sahip bulunması, tuzlu alanlarda yetişebilmesi, besin değerinin yüksek oluşu gibi sebeplerle ümit verici olduğu belirtilmiştir.

İtalya'nın Sicilya bölgesinde 1988 sonbahar-kış sezonunda farklı toprak örtüsü ve yönetim sistemlerinin toprak erozyonuna etkisini belirlemek üzere yapılan çalışma'da *A. halimus*, *Avena fatua*, *Lolium tumulentum* ve *Pinus halepensis*'in toprak kaybını önlemedeki etkisi araştırılmış, sonuçlarına göre doğal Atriplex alanlarının Pinus sistemlerine nazaran toprak erozyonunu önlemede daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Chiscia ve Martinezb, 2003).

Atriplex türleri ıslak veya kuru tuzlu alanlarda ve alkali topraklarda dominant olup,bitki boyu 60-180 cm uzunluğa ulaşıp,en iyi gelişimini yaz aylarında gerçekleştirir (Rumbaugh ve ark., 1982).

Atriplex spp. çeşitleri yalnız olarak yetiştirilebileceği gibi meralarda diğer yem bitkileriyle birlikte karışımlara girebilir. Rumbaugh ve ark. (1982) *A. canescens*'i *Astragalus cicer*, *A. falcata* ve *Medicago sativa* ve *Agropyron desertorum* ile birlikte yetiştirmelerinin sonucunda yem veriminde oldukça belirgin artışlar elde etmişler, yem verimindeki artışın yanında yalnız ekime göre *A. desertorum* ile *A. canescens*'in yeniden gelişiminde önemli bir artış meydana gelmiştir. Monsen, (1980) Idaho'da *A. canescens*'i mera karışımına sokmanın merada bulunan buğdaygillerin yoğunluğunu ve verimini azaltmadığını tespit etmiştir.

# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

## 3.1. Materyal

Bu araştırma, Harran ovasında oldukça yaygın olan tuzlu ve kısmen yaygın olan tuzlu-sodik topraklar kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada birisi tuzsuz ve diğerleri farklı özellikte 2 tuzlu-sodik olmak üzere 3 farklı toprak kullanılmıştır. Çalışmada 1 çalımsı Halofit bitkisi *(Atriplex canescens)* ve 2 otsu Glikofit bitki (*Festuca arundinacea* (Kamışsı yumak) ve *Lotus corniculatus* (Adi gazalboynuzu) kullanılmıştır.

.

### 3.1.1 Çalışmada kullanılan toprakların özellikleri

Çalışmada kullanılan topraklar, Harran ovasının Akçakale ve İkizce serilerinden alınmıştır.

**Akçakale Serisi**, aluviyal ana materyalli taban arazi topraklarıdır. Düz düze yakın eğimli derin topraklardır. Akçakale serisi topraklarında pH 7.3–7.8 arasında değişmektedir. Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) ise 30–49 $cmol_c\ kg^{-1}$ arasında olup değişebilir sodyum miktarı yüzeyden derinlere indikçe artmaktadır. Organik madde içeriği ise yüzeyden itibaren azalmakta %0.4-0.7 değer almaktadır (Dinç ve ark., 1988).

**İkizce Serisi**, etek arazilerin koluviyal ana materyalli düz, düze yakın eğimli orta derin, derin topraklardır. İkizce serisi topraklarının pH 7.3–7.4 arasında KDK'ları ise 26–46 $cmol_c\ kg^{-1}$ arasındadır. Yüzeyde %1.1 olan organik madde içerikleri derinlere inildikçe azalmakta %0.8' kadar düşmektedir(Dinç ve ark., 1988).

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan toprakların bitki ekilmeden önceki bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

| **Saturasyon Süzükleri (ÇK)** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EC | pH | Ca | Mg | Na | K | Cl | $HCO_3^-$ |
| | $dS\ m^{-1}$ | | ……$meq\ l^{-1}$..... | | | | | |
| **Tuzlu-sodik toprak-1** | 5.27 | 7.67 | 1.24 | 0.88 | 3.85 | 0.47 | 6.72 | 4.40 |
| **Tuzlu-sodik toprak-2** | 8.37 | 7.43 | 1.48 | 0.50 | 7.08 | 0.46 | 10.85 | 3.53 |
| **Normal toprak** | 0.62 | 7.76 | 0.21 | 0.06 | 0.31 | 0.26 | 1.25 | 3.30 |
| **$NH_4OAc$ Süzükleri (DK)** | | | | | | | | |
| | Ca | Mg | Na | K | NaOAc KDK | Kireç | ESP | OM |
| | …….meq $100\ g^{-1}$……..… | | | | ($cmol_c\ kg^{-1}$) | ……%..... | | |
| **Tuzlu-sodik toprak-1** | 27.64 | 19.85 | 8.17 | 2.75 | 35.89 | 26.59 | 22.45 | 0.37 |
| **Tuzlu-sodik toprak-2** | 25.59 | 19.90 | 11.62 | 3.25 | 44.65 | 12.36 | 25.59 | 0.35 |
| **Normal toprak** | 0.40 | 11.92 | 0.21 | 2.15 | 51.17 | 9.61 | 0.40 | 0.84 |
| **Tekstür (%)** | | | | | | | | |
| | | Kil | Kum | Silt | Tekstür sınıfı | | | |
| **Tuzlu-sodik toprak-1** | | 44 | 32 | 24 | C | | | |
| **Tuzlu-sodik toprak-2** | | 59 | 21 | 20 | C | | | |
| **Normal toprak** | | 58 | 19 | 23 | C | | | |

KDK: Katyon Değişim kapasitesi; DK: Değişebilir Katyonlar; OM: Organik Madde, ESP: Değişebilir Sodyum Yüzdesi

### 3.1.2. *Festuca arundinacea* (kamışsı yumak) bitkisinin özellikleri

*Festuca arundinacea* (kamışsı yumak), Avrupa ve Asya'nın ılıman bölgelerinde, Kuzey Afrika'da ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak yetiştirilmekte ve devamlı otlatılan alanlarda, yumak teşkil eden kuvvetli ve derin kökleri sayesinde sürekli sürgün vermektedir (Demir, 1963). Oldukça iyi kalitede ot veren bir bitki olup 130 cm'ye kadar boylanabilmektedir. Fazla sayıda başakçığa sahip olan salkımlar 10–30 cm uzunluğundadır (Eraç ve Ekiz, 1985).

Tohum saflığı %98–99 oranlarındadır. Çimlenme gücü %85–95 arasındadır. Gübrelenmeye karşı reaksiyonu olumludur. Su göllenmesine ve zayıf drenajlı topraklarda dayanımı oldukça iyidir. Derin kök yapısı oluşturabildiğinden, sıcağa, kuraklığa ve basılmaya dayanıklılık en büyük özelliğidir. Gölgeye ve tuzlu suya dayanıklıdır.. Kuyu suyunun olduğu yerlerde ve sahil kenarlarında rahatlıkla kullanılabilir. 12–16 dS $m^{-1}$ arasında toprak tuzluluğuna dayanıklıdır. Derin biçimden zarar görür, 1 cm' den biçilirse gövdeden biçilmiş olur. Çok soğuk ve yüksek bölgeler için önerilmez.



Şekil 3.1. *Festuca arundinacea* (Kamışsı yumak) Bitkisi

### 3.1.3 *Lotus corniculatus* (adi gazalboynuzu) özellikleri

*Lotus corniculatus* (Gazal Boynuzu) baklagil ve çok yıllık bir yembitkisi olup Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'nın bütün doğal alanlarında bulunmaktadır. Sıcak, kurak ve tuz sorunu olan bölgelerimizde yetişebilmektedir. Çiçeklenme başlangıcında hasat edildiğinde 400–1000 kg $ha^{-1}$ kuru ot verimi alınabilmektedir. 18 dS $m^{-1}$'lik toprak tuzluluğuna dayanıklıdır. Boyu 50–100 cm' dir. Kurağa ve soğuğa çok dayanıklı, saf veya karışım olarak rahatlıkla kullanılabilen çok değerli bir mera bitkisidir. Yüzlek, verimsiz topraklarda yetişebilmesi, toprak ıslahında önemini arttırmaktadır. Toprak yönünden seçici değildir. Kışları sert geçen yerlerde ilkbaharda ekim yapılmalıdır.




Şekil 3.2. *Lotus corniculatus* (Adi Gazal Boynuzu) Bitkisi

### 3.1.4. Atriplex canescens bitkisinin özellikleri

Atriplex türlerinin gen merkezi Avustralya Kıtası olup Dünyanın kurak ve yarı kurak alanlarına buradan yayılmışlardır (Osman ve Ghassaeli, 1997). Kurak ve yarı kurak bölgelerde ekim alanı bulan Atriplex türeleri, Kuzey Afrika, Orta Doğu,

Amerika, Avustralya ve Güney Avrupa'da yapılan birçok araştırmaya konu olmuştur. *Atriplex* Canescens chenopodiaceae (ıspanakgiller) familyasından, 2 m yüksekliğe ve 2.4 m genişliğe ulaşabilen, dik veya yarı dik büyüme formuna sahiptir. Çiçekler küçük ve yeşil renkte olup, tepe çiçek durumunda, salkım formundadır. Meyve her iki tarafdan basık, üçgen prizma şeklinde 1-2 cm boyundadır. Kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklı cins, 150–200 mm yıllık yağış alan yerlerde rahatlıkla yetiştirilip, EC'si 35 dS $m^{-1}$'lik alanlarda rahatlıkla yetiştirilip -10 °C'ye kadar dayanabilir. (Abou El Nasr ve ark., 1996). Don zararına dayanımı fazladır (El Aich, 1987).




Şekil 3.3. *Atriplex* Canescens Bitkisi

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1 Denemenin Kurulması

Çalışmada kullanılacak tuzsuz topraklar Fakülte kampüs alanı İkizce serisinden ve diğer toprak örnekleri Harran ovası, Akçakale serisinden 0-20 cm derinliklerden alınmıştır. Alınan topraklar serilerek gölgede kurutulmuş ve 2 mm lik elekten geçirilip 6 litrelik her bir saksıya 4 kg toprak doldurulmuştur. Deneme bitkileri olarak iki otsu ve bir çalımsı yem bitkisi kullanılacaktır. Çalışmada 3

(toprak) x 3 (bitki) x 5 (tekerrür) olmak üzere toplam 45 tane saksı kullanılacaktır. Çalışma tesadüf blokları deneme deseninde sera koşullarında kurulacaktır.

Toprak dolu saksılara çalımsı bitki tüplerden her bir saksıya bir tane olacak şekilde şaşırtılacak otsu bitkiler ise saksılara her bir saksıya en az 20 tohum olacak şekilde ekilecektir. Gelişme süresince bitkiler yaklaşık tarla kapasitesinde ihtiyaç duyuldukça sulanacak ve aynı oranlarda azot ve fosfor (NP (mg $L^{-1}$): 270 N, 31 P) içeren besin çözeltisi (hoagland) sulama suyuyla birlikte toprağa ekimle birlikte uygulanmıştır.

Çalışmada yapılacak uygulamalar ve oluşturulacak deneme kombinasyonları aşağıdaki gibidir:

| | |
|---|---|
| N (normal) | (normal, tuzsuz toprak) |
| $Top_1$ | (tuzlu-sodik toprak-1) |
| $Top_2$ | (tuzlu-sodik toprak-2) |
| $B_1$ | *(Atriplex Canescens)* |
| $B_2$ | *(Lotus corniculatus )* |
| $B_3$ | *(Festuca arundinacea)* |

| | | |
|---|---|---|
| $N + B_1$ | $Top_1+B_1$ | $Top_2 + B_1$ |
| $N + B_2$ | $Top+ B_2$ | $Top_2 + B_2$ |
| $N + B_3$ | $Top_1+ B_3$ | $Top_2 + B_3$ |

### 3.2.2. Bu çalışmada yapılan ölçüm ve analizler

#### 3.2.2.1. Toprak analizleri

Bu çalışmada yukarıda belirttiğimiz yerlerden farklı derinliklerden (0–20 cm) alınan bozulmuş toprak örneklerinde aşağıda belirtilen özelliklerden tekstür analizi

haricinde diğer tüm analizler bitki ekim öncesi ve sonrasında aşağıda belirtildikleri yöntemlerle tayin edilmiştir.

**Toprak reaksiyonu (pH):** Saturasyon çamurundan elde edilen ekstratın (kurutulan toprakların 2 mm'lik elekten geçirilip 100 g'mını alarak saf suyla doygun hale getirilerek 24 saat bekletildikten sonra eksrat makinesiyle alınmıştır. pH metre ile ölçülmesi ile belirlenmiştir (Thomas, 1996).

**Elektriksel iletkenlik (EC):** Aynı süzek toprakların EC lerinin EC metre okumasıyla belirlenmiştir (Rhoades, 1996).

**Toprakların kireç miktarı (% $CaCO_3$):** HCI ile reaksiyona giren toprağın çıkardığı karbondioksit miktarının Scheibler kalsimetresi ile ölçülmesi sonucu belirlemiştir (Nelson, 1982).

**Tekstür:** Tekstür analizinde tartılan 50'g toprak üzerine 10 ml %10'luk kalgon (sodyum hekzametafosfat) ve 150 ml saf su ilave edilerek karıştırılmış ve 24 saat bekletilmiştir. 40.saniye ve 2.saat hidrometre okumaları yapılarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve tekstür belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

**Katyon değişim kapasitesi (KDK):** Na asetat ve Amonyum asetat çözeltileri ile iyon değiştirme esasına dayanan yöntem (atomik absorpsiyon spektro fotometre (AASP) ile belirlenmiştir (Sumner, 1996).

**Değişebilir katyonlar (DK):** Amonyum asetat ile reaksiyona giren toprağın tutabildiği katyonlar serbest bıraktırılarak AASP ile belirlenmiştir (Thomas, 1982).

**Suda çözünebilir katyonları (ÇK):** Satürasyon çamurundan elde edilen süzüğün kullanılmasıyla AASP ile ölçülerek $Na^{+}$, $Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$ ve $K^{+}$ gibi katyonlar belirlenmiştir (Tan, 1996).

**Anyonlar:** $Cl^-$, $CO_3^{-2}$ ve $HCO_3^-$ titrasyon yöntemi ile elde edilen ekstraktan belirlenmiştir (Soil Conservation Service. 1972).

**Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP):** Toprakların KDK sı ve değişebilir Na iyonlarından oransal ifadesi olarak belirlenmiştir (ESP= ((Na)/KDK)x100 (Soil Conservation Service. 1972).

### 3.2.2.2. Bitki analizleri ve ölçümleri

Klorofil tayini (Strain ve Svec, 1966), Hücre Zarı Geçirgenliği (Lutts ve ark., 1995), bitki yeşil ve kuru ağırlığı; toprak üstü aksamın $Na^+$, $Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$, $K^{+2}$ ve $Cl^-$ içeriği (Chapman ve Pratt,1982) gibi özellikler referansları verilen metotlar izlenerek belirlenmiştir.

**Bitki boyu:** Rasgele seçilen en az 10 bitkinin toprakla temas ettiği kök boğazından uç kısmın uzunluğu ölçülerek aritmetik ortalaması yapılmıştır.

**Yeşil ot verimi:** Her bir saksıdan biçilerek hasat edilen otsu bitkiler tartılarak belirlenmiiştir.

**Kuru ot verimi:** Her bir saksıdan alınan 0.5 g'lık yaş örneklerinin 70 $^OC$ de ağırlıkları sabitleşinceye kadar 48 saat kurutma dolabında bırakılarak hesaplanan kuru ot oranı ile saksı yeşil ot verimin çarpılmasıyla bulunmuştur.

**Hasat Edilen Bitkilerdeki İyonların Belirlenmesi:** Her bir saksıdan alınan 0.5 g'lık yaş örneklerinin 70 $^OC$ de ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurutma dolabında bırakılmış, öğütülmüş bitki örnekleri nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakma olarak yakıldıktan sonra elde edilen bitki çözeltisinin kullanılmasıyla ASSP ile $Na^+$, $Ca^{+2}$, $Mg^{+2}$ ve $K^+$ katyonları belirlenmiştir.

**Bitkide $Cl^-$:** Her bir saksıdan alınan 1 g'lık yaş örneklerinin 70 $^OC$ de ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurutma dolabında bırakılarak, öğütülmüş bitki örnekleri sülfirik asit ve etil alkol ile yaş yakma yapılarak titrimetrik klor yöntemiyle, %1'lik potasyum kromat indikatörü kullanılarak $AgNO_3$ ile titre edilmek suretiyle belirlenmiştir. Titrasyonda oluşan tepkime sonucu AgCl oluşmaktadır.

$$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl$$

Ortamda bulunan klorun tamamı gümüş klorür şeklinde çökeldiği zaman oluşan açık kahverengi $Ag_2CrO_4$ titrasyonda son noktayı gösterir ve hesaplaması yapılır (Kaçar, 1983).

(N-B) × 0.05 = m.e. Cl / 1 g bitki örneğinde

Bitkide Cl, % = (m.e. Cl /1 g)×0.0355×100

N = Bitki çözelti titrasyonunda kullanılan $AgNO_3$ miktarı

B = Tanık çözelti titrasyonunda kullanılan $AgNO_3$ miktarı

( 1 m.e Cl = 0.0355 g'dır).

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

## 4.1. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

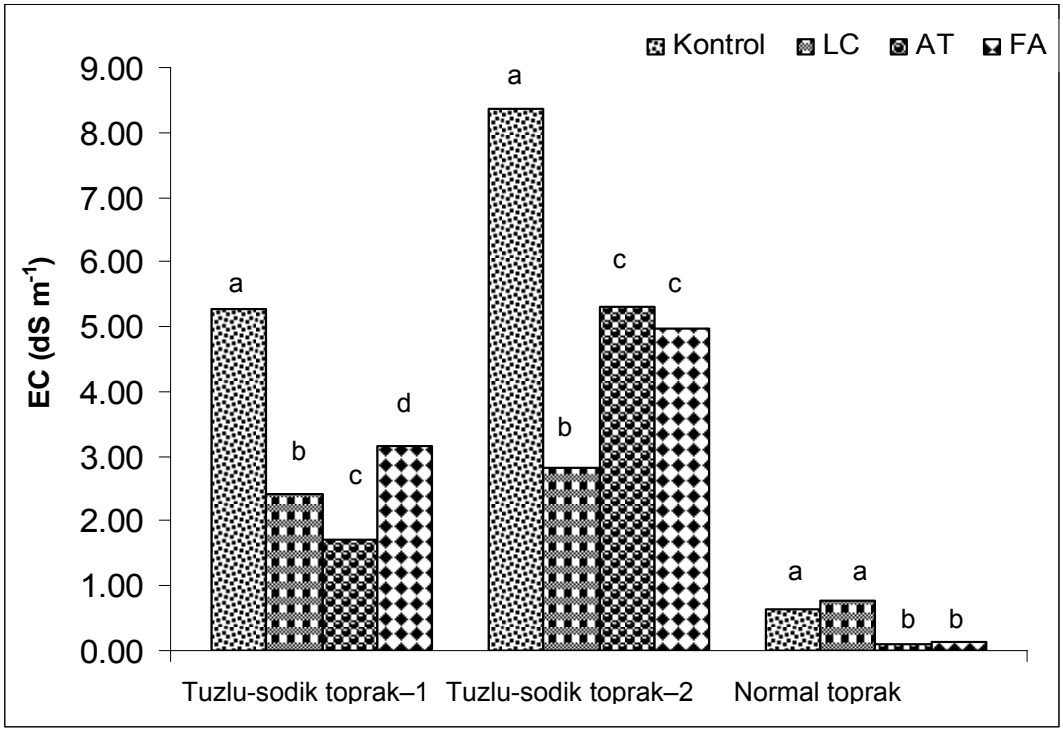
### 4.1.1. Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 3 farklı toprakta (Tuzlu-sodik toprak–1, tuzlu-sodik toprak–2 ve normal toprak) ekim öncesi (kontrol) ve hasat sonrası ölçülmüştür. Tuzlu-sodik toprak-1'de ekim öncesi EC değeri 5.27 dS $m^{-1}$ iken bu değer LC ekilmesiyle (2.40 dS $m^{-1}$)'e, AT'nin ekilmesiyle 1.70 dS $m^{-1}$'e ve FA'nın ekilmesiyle EC değeri 3.17 dS $m^{-1}$'ye düşmüştür. Bu toprakta en fazla etkiyi AT göstermiş EC değerinde yaklaşık %68 kadar bir düşüş meydana gelmiştir. Tuzlu-sodik toprak-1'de tuzluluğu düşürme bakımından en iyi sonucu AT bitkisi vermiştir. Tuzlu-sodik toprak 2'de (kontrol) EC değeri 8.37 dS $m^{-1}$ iken LC'de 2.80 dS $m^{-1}$, AT'da 5.32 dS $m^{-1}$ ve FA'da 4.96 dS $m^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bu toprakta ise en iyi sonucu LC bitkisi vermiş ve %67 kadar bir düşüş sağlamıştır. Normal topraktaki ECe değerleri kontrolde 0.67 dS $m^{-1}$ iken LC'de 0.76 dS $m^{-1}$, AT'de 0.11 dS $m^{-1}$ ve FA'da ise 0.15 dS $m^{-1}$ olmuştur (Şekil 4.1). LC meydana gelen fakat istatistikî olarak önemli olmayan 0,09 birimlik artış diğer bitkilerde bitkisiz durumla kıyaslandığında anlamlı bir düşüş kabul edilebilir. Bu çalışma göstermiştir ki tuzlu-sodik topraklarda özellikle EC değeri 8'in üzerinde olan topraklarda LC'nin ekilmesi tuzluluğun seviyesinin düşürülmesinde etkili olacaktır. Kullanılan bitkilerde tuzu kaldırmada en etkili bitkiler LC ve AT olmuştur (Çizelge 4.1)

Çizelge 4.1. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları tuz miktarları

| Tuzlu-sodik toprak–1 | Tuz Miktarları (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|
| LC | 104.55 |
| AT | 132.6 |
| FA | 81.09 |
| Tuzlu-sodik toprak–2 | |
| LC | 270.3 |
| AT | 240.567 |
| FA | 204 |

Oster ve ark.(1999), göre Pakistan'da tuzlu alanlarda yetiştirilen tuza dayanıklı bitkiler için bir tarama çalışması yapılmış ve ekstra bitki çeşitleri, diğer değişik ülkelerden de sağlanarak, toplanan tüm bitkiler, tuza dayanıklılıklarının sınırları yönünden incelenmişlerdir. Tuza en dayanıklı olarak, Avustralya'dan getirilen Atriplex çeşitleri (kök bölgesinde EC, 33 dS $m^{-1}$) bulunmuştur. Bunları, Kallar otu (EC, 22 dS $m^{-1}$) izlemiştir (Verimin yarıya düşmesine rağmen, bikinin gelişiminde ekonomik seviyeyi koruyan tuzluluk derecesi, tuza dayanıklılığın limiti olarak alınmıştır).. Kalar otu 800 kg $ha^{-1}$ ve Atriplex ise 750 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırmıştır. Çalışmada en yararlı bitki olarak Kallar otu kabul edilmiştir.




[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05

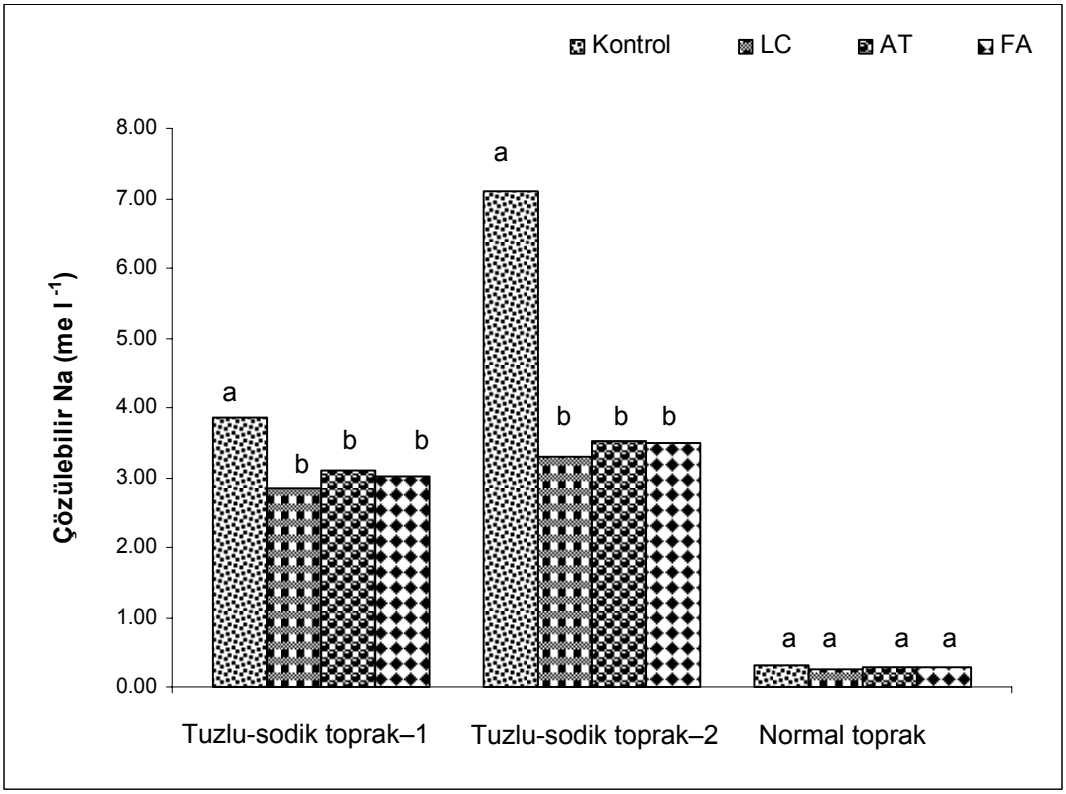
Şekil 4.1. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri elektiriksel iletkenlik (EC) değerleri.

### 4.1.2. Çözülebilir sodyum (ÇNa)

Denemede toprakların ekim öncesi ÇNa değerleri belirlenmiştir. Tuzlu-Sodik toprak-1 sodyum değeri, tuzlu-sodik toprak-2'de ve normal toprakta değerleri sırasıyla 3.85, 7.08 ve 0.31 meq $l^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Aynı topraklarda ekilen bitkilerin hasadı sonrasında belirlenen ÇNa değerleri belirtilen tuzlu-sodik toprak–1 için LC sonrasında 2.83 meq $l^{-1}$'ye kadar düşmüştür. AT'de 3.09 meq $l^{-1}$, FA'da 3.02 meq $l^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Tuzlu-sodik toprak-2'de ise ÇNa değeri 7.08 meq $l^{-1}$'den LC ekilmesiyle 3.29 meq $l^{-1}$'ye kadar düşmüştür. Yine bu toprakta en düşük değeri LC göstermiş ve tuzlu-sodik toprak-2'nin daha sorunlu olmasına rağmen, tuzlu-sodik toprak-1'e göre ÇNa değerindeki düşüş yaklaşık 3 kat daha fazla olmuştur. AT ve FA ise sırasıyla 3.53 ve 3.49 meq $l^{-1}$ olarak ÇNa değerlerini düşürmüştür (Şekil 4.2). Normal toprakta değerlerin çok düşük olduğu ve bitkilerin hasadı sonrasında toprağın gösterdiği ÇNa değerlerinin çok az bir

azalmayla beraber neredeyse aynı kaldığı belirlenmiştir. Denemede özelikle LC'nin hasadı sonrasındaki ÇNa değerinin ekim öncesine göre en düşük olduğu görülmekle birlikte bitkilerin kendi aralarında istatistikî bir farklılığın görülmediği belirlenmiştir.

Sodyum iyonunun bitki ile ortamdan uzaklaştırılmasında beklenen iyileştirme çoğunlukla kök bölgesinde gerçekleşmektedir (Robins, 1986a, b). Kökler, bozuk toprak tabakasında derine indiği zaman, topraktaki makro gözenekleri arttırarak su hareketinin ve gaz difüzyonun artmasında etkin rol oynarlar (Qadır ve Oster, 2002).



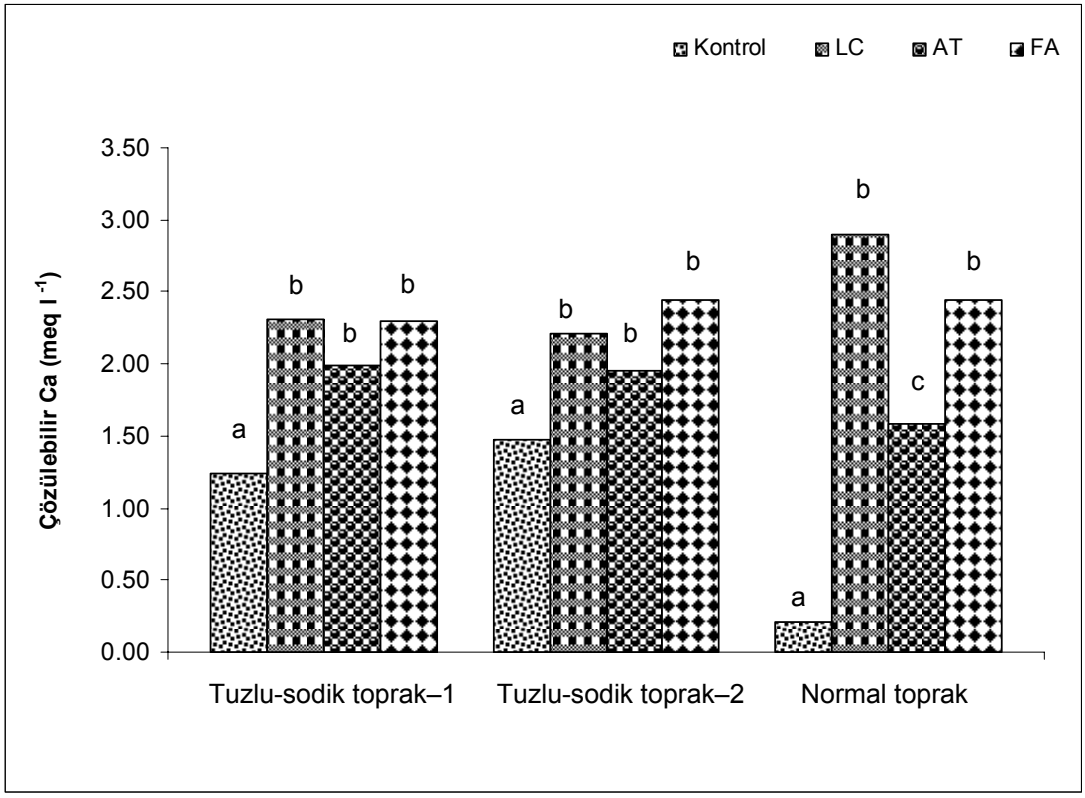

a,b,c ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.2. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların içerdikleri çözülebilir $Na^+$ değerleri

### 4.1.3. Çözülebilir kalsiyum (ÇCa)

Tuzlu-sodik toprak–1 ve tuzlu-sodik toprak-2'de bitkilerin ekim öncesi ÇCa değerleri sırasıyla 1.24, 1.48 meq $l^{-1}$ iken farklı bitkilerin hasatları sonrasında yükselmiştir (Şekil 4.3). Tuzlu-sodik toprak-1'de hasat sonrası şöyle sıralanmıştır; ÇCa değerleri LC 2.31 meq $l^{-1}$ > FA 2.29 meq $l^{-1}$ > AT 1.99 meq $l^{-1}$ > kontrol 1.24 meq $l^{-1}$, tuzlu-sodik toprak-2'de ÇCa değerleri FA 2.45 meq $l^{-1}$ > LC 2.21 meq $l^{-1}$ > AT 1.96 meq $l^{-1}$ > kontrol 1.48 meq $l^{-1}$ olarak sıralanmıştır. Normal toprağın ÇCa değerlerinde diğerlerinin aksine bir durum sözkonusu olmuştur. Ekim öncesi ÇCa değerlerinin hasat sonrasında önemli derecede arttığı görülmüştür. Bu artışın 0.24'ten 1.45 meq $l^{-1}$ olarak LC bitkisi sonrasında sağlandığı ve diğer iki bitkide (AT ve LC) ise artışın aynı aynı şekilde 0.55 meq $l^{-1}$ olarak olduğu belirlenmiştir. Normal toprakta ÇCa değerinin bitki ekimi sonrasında ve özellikle LC'nin en yüksek değer göstererek belirlenmesi, bu toprakların içeriğinde bulunan $Ca^{+2}$ içeren minerallerin özellikle kirecin çözülmesiyle açıklanabilir.

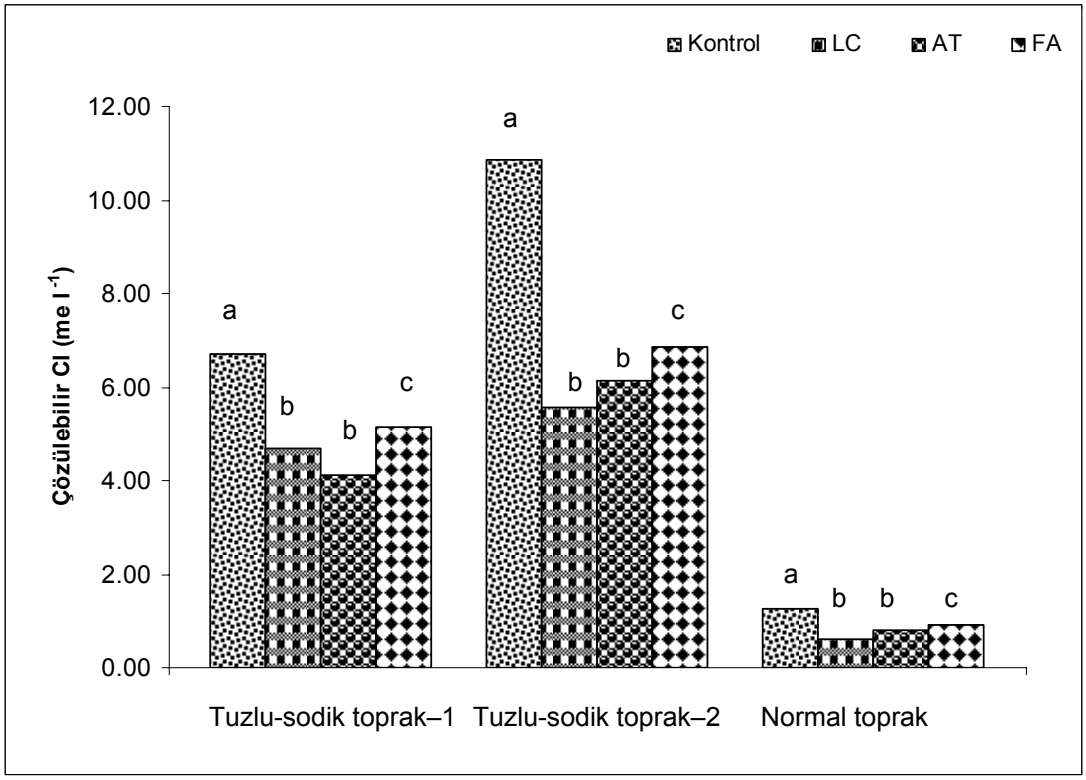
### 4.1.4. Çözülebilir klor (ÇCl)

Bu çalışmada kullanılan tuzlu-sodik toprakların $Cl^-$ değerleri kontrollerde yüksekken hiçbir kimyasal madde kullanılmadan sadece bitki ekimi ile $Cl^-$ değerleri önemli bir seviyede düşürülmüştür (şekil 4.4). Tuzlu-sodik toprak-1'de $Cl^-$ değerleri sırasıyla kontrol 6.72 meq $l^{-1}$ > FA 5.13 meq $l^{-1}$ > LC 4.67 meq $l^{-1}$ >AT 4.12 meq $l^{-1}$ belirlenmiş ve tuzlu-sodik toprak-2'de ise sıralama kontrol 10.85 meq $l^{-1}$ > FA 6.85 meq $l^{-1}$ > AT 6.13 meq $l^{-1}$ >LC 5.55 meq $l^{-1}$ olarak ortaya konulmuştur. Çalışmada bitkilerin $Cl^-$ iyonu alınımı onların tuzları alabilmeleri olarak değerlendirirsek tuzlu-sodik toprak–2 sonuçları bize LC'nin en fazla tuzu topraktan aldığını göstermektedir. Bunu çok az farkla AT (istatistikî fark yok) ve bunu da FA izlemektedir. Tuzlu-sodik toprak-1'de ise en fazla tuz alımı AT'nin sonra LC'nin ve sonrasında yine FA'dır (şekil 4.4). Çizelge 4.1 iki farklı topraktan hangi bitki ile ne kadar tuz kaldırıldığını göstermektedir. Birinci topraktan AT 133 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırırken, ikinci toprakta LC 270 kg $ha^{-1}$ ile en fazla tuzu kaldırmaktadır.




a,b,c; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05

Şekil 4.3. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri çözülebilir Kalsiyum değerleri



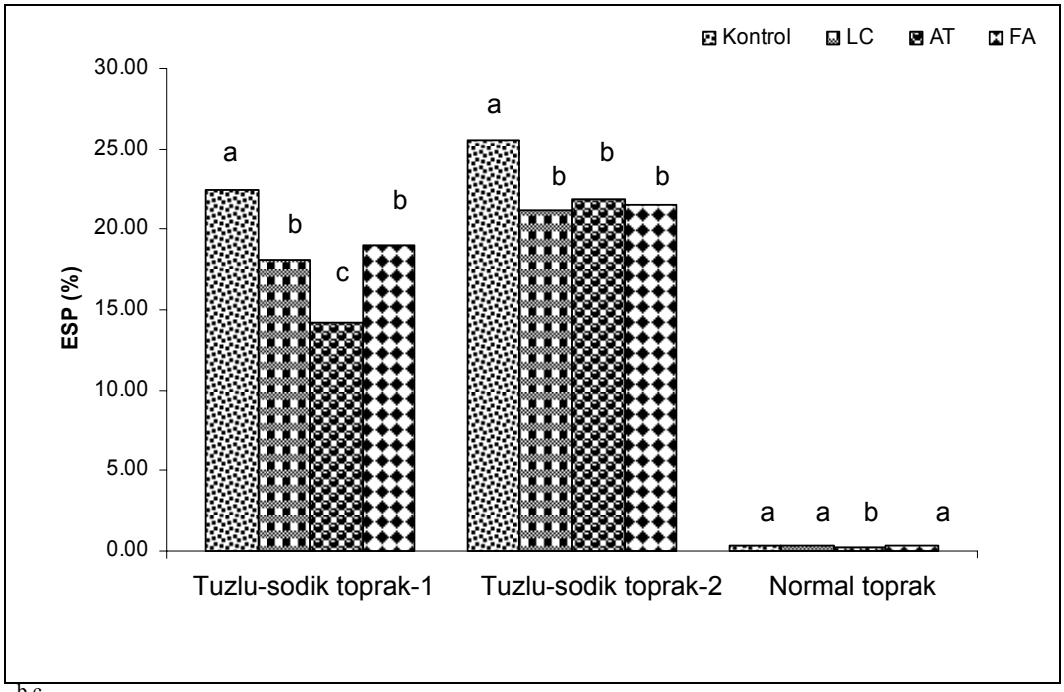

a,b,c ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05

Şekil 4.4. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri çözülebilir Klor miktarları

### 4.1.5. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP)

Çalışmada bitki hasadından sonra DNa'nın düşmesiyle ESP'nin azalmasına neden olmuştur. Kullanılan bitkilerden ESP değerini tuzlu-sodik toprak-1'de en iyi sonucu atriplex vermiş (%22.45'ten 14.21'e düşmüş), diğer bitkilerin etkisi birbirlerinin aynısı neredeyse aynı olmuştur. Tuzlu-sodik toprak-2'de ise her 3 bitkide hemen hemen aynı etkiyi göstermiştir(%25.59'dan %21–22 arası bir düşüş olmuştur). İstatistikî olarak farklar önemsiz bulunmuştur. Denemede tuzlu-sodik toprakların sınıflandırma özelliklerinden biri ve belirleyici olan ESP değerleri, bu toprakların iyileştirmelerinde kriter sayılan bir özellik olup, değerinin %15'in altına düşürülmesi iyileştirmede başarı niteliğindedir. Bu denemede bitki hasadı sonrasında ESP değerinin bu seviyenin altına düşürülmesi yalnız tuzlu-sodik toprak-1'de özellikle AT bitkisiyle sağlanmıştır (%22,45'den %14,21'e düşürülerek). Diğer bitkiler hem bu toprakta hemde diğer problemli toprakta küçümsenmeyecek ESP iyileştirmesi yapmışlardır.

Pakistan'ın Indus ovalarının kuzey doğusunda, tuzlu sodik bir toprakta yapılan denemede bir yıl sonra 20 cm toprakta 49 olan SAR değeri yonca denemesinde 30'a düşmüş, 30'a düşmüş, jips-yonca da ise 17'ye düşmüştür. Jips-SBS rotasyonunda SAR değerinin 11' e düşmesi en iyi sonuç olarak rapor edilmiştir. Yonca kökleri 80 cm'ye kadar inmiş, 40–60 cm derinliğindeki SAR değeri 47'den 44'e, 60–80 cm derinliğindeki SAR değeri ise 44'ten 28'e düşmüştür (Robins, 1986a, b).

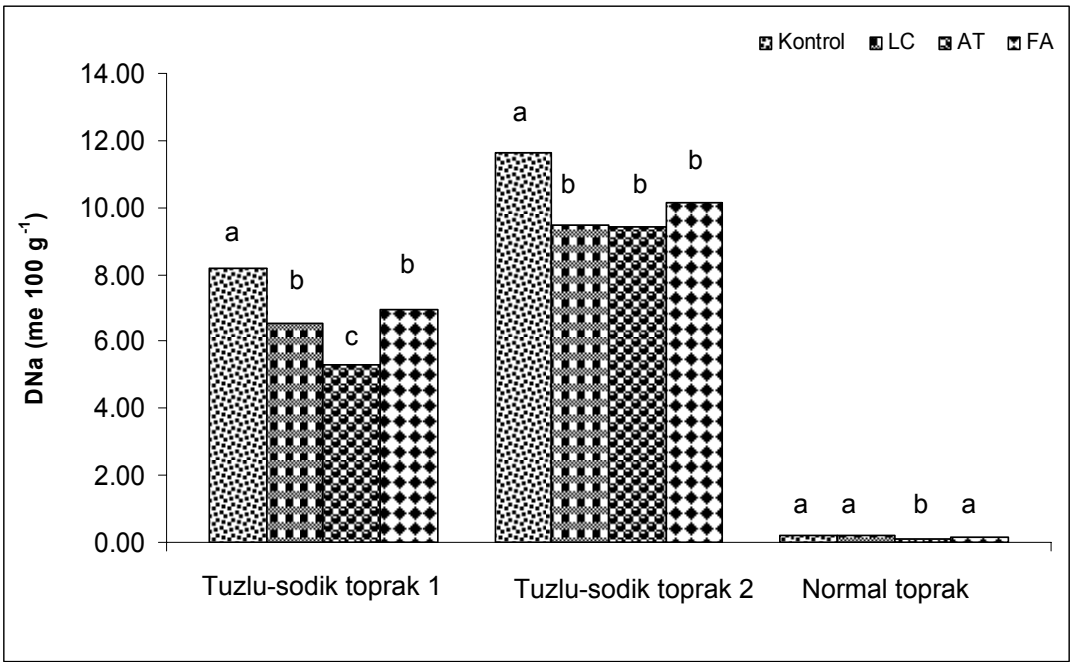



[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.5. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri ESP değerleri

### 4.1.6. Değişebilir sodyum (DNa)

Bu çalışmanın asıl amacı deneme için alınan 2 sorunlu (tuzlu-sodik) toprağın bitki ekilerek sistemdeki DNa miktarını azaltmak ve bu toprakları iyileştirerek kullanabilirliğini arttırmaktır. Alınan toprakların DNa değerleri tuzlu-sodik toprak-1'de 8.17 meq $100g^{-1}$ iken bitki ıslahıyla (AT ekilmesi sonucunda) bu değer 5.30 meq $100g^{-1}$'a kadar düşmüştür, tuzlu-sodik toprak–2' de ise bu değer 11.62 meq $100g^{-1}$ 'dan 9.43 meq $100g^{-1}$'a kadar azalmıştır. Tuzlu-sodik toprak-1'de Na değerlerini LC 6.51 meq $100g^{-1}$'a, FA 6.97 meq $100g^{-1}$'a azaltmış, tuzlu-sodik toprak-2'de ise LC ve FA sırasıyla 9.49 meq $100g^{-1}$ ve10.16 meq $100g^{-1}$ olarak toprağın DNa miktarını düşürmüştür (Şekil 4.2). Bitkilerin hasadı sonrasında DNa'nın düşürülmesi tuzlu-sodik toprak-1'deoldukça yüksek oranda gerçekleşmiş olup AT toprağın DNa değerini %35 oranında düşürürken tuzlu-sodik toprak-2'de LC ve AT yaklaşık aynı oranda (%19) düşüş göstermiştir. DNa değerlerinin bitkilerin hasatları sonrasında küçümsenmeyecek oranda düşmesi gösteriyor ki oranda düşmesi gösteriyor ki bitkiler ortamdaki iyon dengelerini özellikle tuzlu-sodik

toprakların oluşumunun kaynağı olan DNa değerlerini düşürerek olumlu bir iyileştirme sağlamışlardır. Bu iyileşme ESP değerlerinin düşürülmesi ilede ortaya çıkmaktadır. Denemde kullanılan topraklar kireçli topraklar olup özellikle bitki hasadından sonra ÇCa değerlerinin yüksek olması DNa değerlerinin azalmasında etkili olmuş görülmektedir. ÇCa kil yapısında bulunan $Na^+$ iyonları ile yer değiştirmiş ve DNa miktarını azaltmıştır.

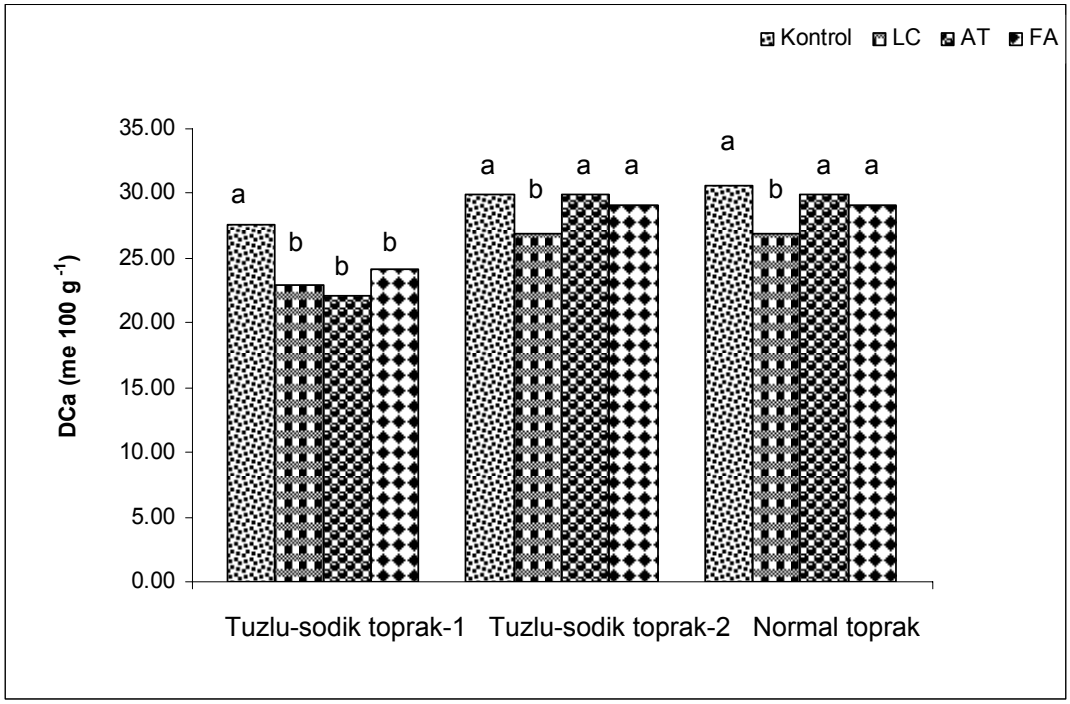



a,b,c ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.6.Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri Değişebilir Na değerleri

### 4.1.7. Değişebilir kalsiyum (DCa)

Bu çalışmada kullanılan topraklarda bitki ekilmeden önceki Değişebilir Kalsiyum (DCa) değerleri tuzlu-sodik toprak-1'de 27.64 meq $100g^{-1}$, tuzlu-sodik toprak-2'de 29.98 meq $100g^{-1}$ ve normal toprakta ise 30.64 meq $100g^{-1}$olarak belirlenmiştir. Hasattan sonraki DCa değerleri tuzlu-sodik toprak–1 LC 22.93 meq $100g^{-1}$, AT 22.16 meq $100g^{-1}$ ve FA'da 24.20 meq $100g^{-1}$ ye kadar düşmüştür. Tuzlu-sodik toprak-2'de ise LC 26.92 meq $100g^{-1}$, AT 29.86 meq $100g^{-1}$ ve FA 29.09 meq $100g^{-1}$

değerlerinde olmuştur. Normal topraktaki DCa değerleri LC 27.80 meq $100g^{-1}$, AT 29.03 meq $100g^{-1}$ ve FA'da 30.64 meq $100g^{-1}$ olmuştur. Her üç farklı torakta da en yüsek düşüşü LC göstermiştir.




[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.7. Ekim öncesi ve hasat sonrasında toprakların gösterdikleri değişebilir Kalsiyum miktarları

### 4.1.8. Tekstür

Denemede kullanılan topraklar tekstür bakımından incelendiğinde killi bünyeye sahip oldukları belirlenmiştir. Kil içerikleri tuzlu-sodik toprak–1' de (%44), silt içerikleri (%24), kum içerikleri (%32)'dir. Kil içerikleri tuzlu-sodik toprak–2' de (%59), silt içerikleri (%20), kum içerikleri (%21)'dir Normal toprakta ise kil %58, kum %19 ve kum içerikleri %23 belirlenmiiş ve her üç toprağın tekstür sınıfı killi topraktır. (Çizelge 4.2). Denemede kullanılan topraklar kil bünyeli olup topraklardaki smektit tipi kildir ki bunlar tuzlu toprakların sodiklik özellik taşımasında etkilidir (Dinç ve ark., 1988; Aydemir, 2001).

### 4.1.9. Toprak pH'sı

Denemede kullanılan 3 farklı toprağın bitki ekilmeden önce (kontrol) ve bitki ekildikten sonraki pH değerleri ölçülmüştür (Çizelge 4.2). Tuzlu-sodik toprak–1' de (kontrol) pH değeri 8.3 iken, aynı toprakta ekilen LC'un hasadından sonraki pH değeri 7.66 olmuştur. AT ekilmesiyle pH değeri 7.74'e, FA'da ise pH değeri 7.67 olarak belirlenmiştir. Tuzlu-sodik toprak–2 (kontrol)' de pH değeri 8.4 iken, LC'nin hasadı sonrasında bu değer LC'de 7.67, AT'da 7.59 ve FA'de 7.64 olarak olarak tespit edilmiştir. Bu topraklara her üç bitkide istatistikî olarak yaklaşık aynı etkiyi vermiştir. pH'nın düşmesi bu topraklara iyileştirici etkisinin görüldüğü gözlenmiştir. Normal toprakta pH değerleri bitki ekim öncesinde 7.76 iken, LC ekilen toprakta 7.57, AT ekilen toprakta 7.72 ve AT ekilen toprakta ise 7.59 olarak pH değerlerinin düşme eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

Qadir ve ark. (1997), kireçli tuzlu-sodik bir toprakta iyileştirme boyunca bazı makro-mikro besinlerin kullanılabilir statülerini incelemişlerdir. Bioiyileştirici uygulamalarında, bitki besin elementlerinin miktarı 15 ayda sesbania, sordan veya kallar otunun yetiştirilmesiyle artmıştır. Bioiyiliştirici kullanılan parsellerde bitkilerin kök bölgesinde toprak pH'sında düşüş görülmüş ve beraberinde ortamdaki P, Zn, Cu, Fe ve Mn miktarlarında bir artış olmuş, kök gelişimi ile kirecin çözünmesi sağlamıştır.

### 4.1.10. Organik madde (OM)

Kullanılan tuzlu-sodik toprakların organik madde yüzdeleri %0.3–0.4 arasındayken bitkilerin ekilmesiyle organik madde miktarı %0.6–1.5'e kadar yükselmiştir (Çizelge 4.2). Tuzlu-sodik topraklarda, tuzlu-sodik toprak–1 en etkili bitki AT olmuş ve %1.30'a kadar yükseltmiştir. LC 0.75'e FA 0.47'e yükselmiştir., tuzlu-sodik toprak-2'de ise AT %0.74'e yükseltmişken, LC 0.64, FA 0.59 olmuştur. Normal toprakta bitki ekilmeden önce organik madde %0.84 iken hasattan sonra bu toprakta organik madde %1–2 arasında olmuştur. Toprakta OM'nin nispeten artış göstermesi bitkilerin hasadı sonrasında köklerinin çok ince ve zayıf olmasından dolayı topraklardan temizlenememiş ve muhtemelen artışların sebebi olmuştur.

Ashraf (1994)'a göre yem bitkileri yüksek oranda kök biyoması ürettikleri için toprağa önemli miktarda organik madde kazandırırlar. Bu özellikle toprakta sodikleşmenin oluşturduğu olumsuz etkiyi engelleme açısından oldukça önemlidir. Çünkü toprakta sodyum biriktikçe strüktür bozulmakta ve geçirgenlik azalmaktadır. Oysa toprakların organik maddece zenginleştirilmesi durumunda, organik madde parçalanırken ortaya çıkan $CO_2$ ve organik asitler kalsiyum kaynaklı mineraller çözer ve $Ca^{+2}$'un topraktaki elverişliliğini arttırarak $Na^+$ birikimine engel olur. Ayrıca toprak organik maddesini artırarak strüktürel oluşum üzerine olumlu etki yapar (Katyal, 1977).

### 4.1.11. Toprakta bikarbonat ($HCO^-_3$)

Kullanılan topraklarda $HCO^-_3$ oranı en fazla olan toprak tuzlu-sodik toprak-1 (4.40 meq $l^{-1}$)'tır (Çizelge 4.2). Tuzlu-sodik toprak-2'de (3.53 meq $l^{-1}$) normal toprakta ise (3.30 meq $l^{-1}$)'dır. Bitki ekildikten sonra bu değerlerde fazla bir değişme olmamıştır.

### 4.1.12. Değişebilir magnezyum (DMg)

Denemede kullanılan toprakların ekim öncesi DMg değerleri tuzlu-sodik toprak–1, tuzlu-sodik toprak–2 ve normal toprakta sırasıyla 19.85, 19.90 ve 11.92 meq $100g^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Ekim sonrası DMg değerleri tuzlu-sodik toprak-1'de LC, AT ve FA bitkilerinin hasadından sonra topraktaki miktarları sırasıyla 8.01, 10.61 ve 14.60 meq $100g^{-1}$olmuş, tuzlu-sodik toprak-2'de sırasıyla 4.58, 3.90 ve 17.08 meq $100g^{-1}$, normal toprakta 11.90, 11.4 ve 64.40 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Topraklardaki DMg değerleri hasat sonrasında düşme eğilimi göstermişlerdir. Bu durum bu iyonun yerine başka iyonların özellikle ve muhtemelen $H^+$ iyonun geçmiş olmasından kaynaklanabilir.

### 4.1.13. Değişebilir potasyum (DK)

Çalışmadaki toprakların DK miktarları bitki ekilmeden önce tuzlu-sodik toprak–1, tuzlu-sodik toprak–2 ve normal toprakta sırasıyla 2.75, 3.25 ve 2.15 meq $100g^{-1}$

olarak belirlenmiştir. Hasattan sonra topraklardaki DK değerleri tuzlu-sodik toprak-1'de ve normal toprakta 1–2 meq $100g^{-1}$arası bir azalma olmuş, tuzlu-sodik toprak-2'de ise 1.5–2.5 meq $100g^{-1}$ arası bir düşüş olmuştur (Çizelge 4.2). Yine bu düşüşün sebebi DMg'deki açıklama ile aynı kabul edilebilir.

### 4.1.14. Kireç içeriği

Kullanılan toprakların kontrollerinin kireç içerikleri tuzlu-sodik toprak–1, tuzlu-sodik toprak–2 ve normal toprakta sırasıyla %26.59, %12.36 ve %9.61'dir. Bitki ekiminden sonraki kireç içerikleri ekildikleri bitkilere göre tuzlu-sodik toprak-1'de biraz daha düşmüş ve LC (%22.36) > FA (%22.09) > AT (%17.18) şeklinde olmuştur. Tuzlu-sodik toprak-2'de LC (%9.86) > FA (%9.48) > AT (%8.86) değerlerinde olup normal toprakta kireç içeriğinde fazla bir değişme olmamış hemen hemen aynı değerlerde kalmıştır (Çizelge 4.2). Bitkilerin kökleriyle $CO_2$ üretmesiyle kireç çözünmüş ve buda kireç miktarının azalmasına neden olmuştur.

### 4.1.15. Çözülebilir potasyum (ÇK)

Tuzlu-sodik toprak-1'de ÇK değerleri kontrol, LC, AT ve FA'da sırasıyla 0.47 meq $l^{-1}$, 0.28 meq $l^{-1}$ 0.10 meq $l^{-1}$ ve 0.29 meq $l^{-1}$, tuzlu-sodik toprak-2'de 0.46 meq $l^{-1}$, 0.33 meq $l^{-1}$, 0.11 meq $l^{-1}$ ve 0.49 meq $l^{-1}$, normal toprak'ta ise 0.26 meq $l^{-1}$,0.24 meq $l^{-1}$, 0.12 meq $l^{-1}$ ve 0.34 meq $l^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

### 4.1.15. Çözülebilir magnezyum (ÇMg)

Yapılan analizler sonucunda tuzlu-sodik toprak-1'de ÇMg değerleri kontrol, LC, AT ve FA'da sırasıyla 0.88 meq $l^{-1}$, 0.38 meq $l^{-1}$, 0.54 meq $l^{-1}$ ve 0.52 meq $l^{-1}$, tuzlu-sodik toprak-2'de 0.50 meq $l^{-1}$, 0.30 meq $l^{-1}$, 0.44 meq $l^{-1}$ ve 0.41 meq $l^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

| | **Satürasyon Süzükleri (ÇK)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EC | pH | Ca | Mg | Na | K | $Cl^-$ | $HCO_3^-$ |
| | $dS\ m^{-1}$ | | ……meq $l^{-1}$…… | | | | | |
| **Tuzlu-sodik toprak-1** | | | | | | | | |
| Kontrol | 5.27 | 8.3 | 1.24 | 0.88 | 3.85 | 0.47 | 6.72 | 4.40 |
| LC | 2.40 | 7.66 | 2.31 | 0.38 | 2.83 | 0.28 | 4.67 | 3.97 |
| AT | 1.70 | 7.74 | 1.99 | 0.54 | 3.09 | 0.10 | 4.12 | 4.30 |
| FA | 3.17 | 7.67 | 2.29 | 0.52 | 3.02 | 0.29 | 5.13 | 4.03 |
| **Tuzlu-sodik toprak-2** | | | | | | | | |
| Kontrol | 8.37 | 8.4 | 1.48 | 0.50 | 7.08 | 0.46 | 10.85 | 3.53 |
| LC | 2.80 | 7.67 | 2.21 | 0.30 | 3.29 | 0.33 | 5.55 | 3.57 |
| AT | 5.32 | 7.59 | 1.96 | 0.44 | 3.53 | 0.11 | 6.13 | 3.60 |
| FA | 4.96 | 7.64 | 2.45 | 0.41 | 3.48 | 0.49 | 6.85 | 3.53 |
| **Normal toprak** | | | | | | | | |
| Kontrol | 0.62 | 7.67 | 0.21 | 0.06 | 0.31 | 0.26 | 1.25 | 3.30 |
| LC | 0.76 | 7.57 | 2.90 | 0.03 | 0.27 | 0.24 | 0.62 | 2.87 |
| AT | 0.11 | 7.72 | 1.59 | 0.03 | 0.27 | 0.12 | 0.82 | 3.27 |
| FA | 0.15 | 7.59 | 2.76 | 0.07 | 0.29 | 0.34 | 0.93 | 2.97 |

| | **$NH_4OAc$ Süzükleri (DK)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ca | Mg | Na | K | NaOAc KDK | ESP | OM | Kireç |
| | ……meq $100g^{-1}$…… | | | | $cmol_c/kg$) | ……(%)…… | | |
| **Tuzlu-sodik toprak-1** | | | | | | | | |
| Kontrol | 27.64 | 19.85 | 8.17 | 2.75 | 35.89 | 22.45 | 0.37 | 26.59 |
| LC | 22.93 | 8.01 | 6.51 | 1.65 | 35.09 | 18.05 | 0.75 | 22.36 |
| AT | 22.16 | 10.61 | 5.30 | 1.37 | 35.82 | 14.21 | 1.30 | 17.18 |
| FA | 24.20 | 14.60 | 6.97 | 1.82 | 35.64 | 18.99 | 0.47 | 22.09 |
| **Tuzlu-sodik toprak-2** | | | | | | | | |
| Kontrol | 29.98 | 19.90 | 11.62 | 3.25 | 44.65 | 25.59 | 0.35 | 12.36 |
| LC | 26.92 | 4.58 | 9.49 | 2.46 | 43.89 | 21.18 | 0.63 | 9.86 |
| AT | 29.86 | 3.90 | 9.43 | 1.68 | 42.22 | 21.83 | 0.74 | 8.86 |
| FA | 29.08 | 17.08 | 10.16 | 2.49 | 46.13 | 21.54 | 0.59 | 9.48 |
| **Normal toprak** | | | | | | | | |
| Kontrol | 30.64 | 11.92 | 0.21 | 2.15 | 51.17 | 0.40 | 0.84 | 9.61 |
| LC | 27.80 | 11.90 | 0.21 | 1.99 | 50.36 | 0.38 | 0.90 | 8.99 |
| AT | 29.03 | 11.46 | 0.12 | 1.81 | 51.91 | 0.21 | 1.90 | 9.11 |
| FA | 28.23 | 4.40 | 0.18 | 2.07 | 47.84 | 0.35 | 1.20 | 10.24 |

| | **Tekstür (%)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Kil | Kum | Silt | Tekstür sınıfı |
| **Tuzlu-sodik toprak-1** | 44 | 32 | 24 | C |
| **Tuzlu-sodik toprak-2** | 59 | 21 | 20 | C |
| **Normal toprak** | 58 | 19 | 23 | C |

KDK: Katyon Değişim kapasitesi; DK: Değişebilir Katyonlar; ÇK: Çözülebilir Katyonlar; LC: *Lotus corniculatus*; AT: *Atriplex* canescens; FA*: Festuca arundinacea*

Çizelge 4.3. Toprakların Kimyasal ve Fiziksel Analizleri

| Toprak analizleri | Kontrol (x ± Sx) | LC[1] (x ± Sx) | AT[2] (x ± Sx) | FA[3] (x + Sx) | P |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tuzlu-Sodik Toprak -1** | | | | | |
| DK Na | 8.17±0.153[a] | 6.51±0.201[b] | 5.30±0.105 [c] | 6.97±0.203[b] | 0.000 |
| DK Ca | 27.64± 1.28 [a] | 22.93±0.526[b] | 22.16±0.397[b] | 26.92±0.781[b] | 0.005 |
| ESP | 22.45±0.200[a] | 18.05±0.293[b] | 14.21±1.430[c] | 18.99±0.039[b] | 0.000 |
| Ç Na | 3.84±0.171[a] | 2.83±0.060[b] | 3.08±0.138[b] | 3.01±0.089[b] | 0.002 |
| Ç Ca | 1.23± 0.101[a] | 2.31±0.077[b] | 1.99± 0.142[b] | 2.29±0.096[b] | 0.000 |
| Ç Cl | 6.71±0.101[a] | 4.66±0.072[b] | 4.11±0.476[b] | 5.12±0.056[c] | 0.000 |
| **Tuzlu-Sodik Toprak -2** | | | | | |
| DK Na | 11.62±0.07[a] | 9.49±0.307[b] | 9.42±0.212[b] | 10.15±0.127[b] | 0.000 |
| DK Ca | 29.97±0.093[a] | 26.92±0.780[b] | 29.85±0.096[a] | 29.09±0.451[a] | 0.005 |
| ESP | 25.59±0.299[a] | 21.18±0.631[b] | 21.83±0.613[b] | 21.54±0.147[b] | 0.000 |
| Ç Na | 7.08±0.147[a] | 3.29±0.310[b] | 3.53±0.104[b] | 3.48±0.256[b] | 0.000 |
| Ç Ca | 1.48±0.055[a] | 2.20± 0.179[b] | 1.95±0.200[b] | 2.44±0.055[b] | 0.007 |
| Ç Cl | 10.85±0.416[a] | 5.55±0.388[b] | 6.13±0.088[b] | 6.85±0.028[c] | 0.000 |
| **Normal toprak** | | | | | |
| DK Na | 0.21±0.008[a] | 0.20±0.008[a] | 0.12±0.008[b] | 0.18±0.011[a] | 0.001 |
| DK Ca | 30.64±1.600[a] | 27.79±0.344[a] | 29.03±0.405[a] | 28.23±0.495[a] | 0.188 |
| ESP | 0.39±0.014[a] | 0.38±0.015[a] | 0.21±0.015[b] | 0.34±0.026[a] | 0.000 |
| Ç Na | 0.30±0.003[a] | 0.26±0.014[a] | 0.27±0.010[a] | 0.28±0.018[a] | 0.190 |
| Ç Ca | 0.20±0.021[a] | 2.90±0.306[b] | 1.58±0.041[c] | 2.757±0.258[b] | 0.000 |
| Ç Cl | 0.85±0.087[a] | 1.70±0.132[b] | 0.95±0.092[b] | 1.16±0.142[b] | 0.004 |

Tukey testi; ayrı harflendirmelerde (a,b ve c) ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir, $P<0.05$

KDK: Katyon Değişim kapasitesi, DK: Değişebilir Katyonlar, ÇK: Çözülebilir Katyonlar, LC: *Lotus corniculatus*, AT: *Atriplex* canescens, FA*: Festuca arundinacea*

## 4.2. Bitkilerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

### 4.2.1. Bitki boyu

Çalışmada kullanılan bitkilerin boyları hasattan önce rasgele seçilen en az 10 bitkinin toprakla temas ettiği kök boğazından uç kısmın uzunluğu ölçülerek aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir. Tuzlu-sodik toprak 1'de ve tuzlu-sodik toprak-2'de ve normal toprakta ekilen LC'nin boyu sırasıyla 9.5, 9.0 ve 16.83 cm olmuştur (Şekil 4.8). FA ise sırasıyla 20.8, 18.7 ve 27.8 cm olmuştur (Şekil 4.9). Bitki boylarının uzamasında en iyi sonucu normal toprak vermiştir. Bunun nedeni bu toprakta tuz miktarının çok az olması ve bitkilerin tuz stresine girmemesidir. Diğer topraklarda bitki tuz ve $Na^+$ stresine girmiştir ve bu topraklardan tuzlu-sodik toprak–1, tuzlu-sodik toprak-2'ye göre daha iyi sonuç vermiştir, çünkü birinci toprakta tuz ve $Na^+$ değerleri ikinci topraktan daha düşüktür.

### 4.2.2. Yeşil ot verimi

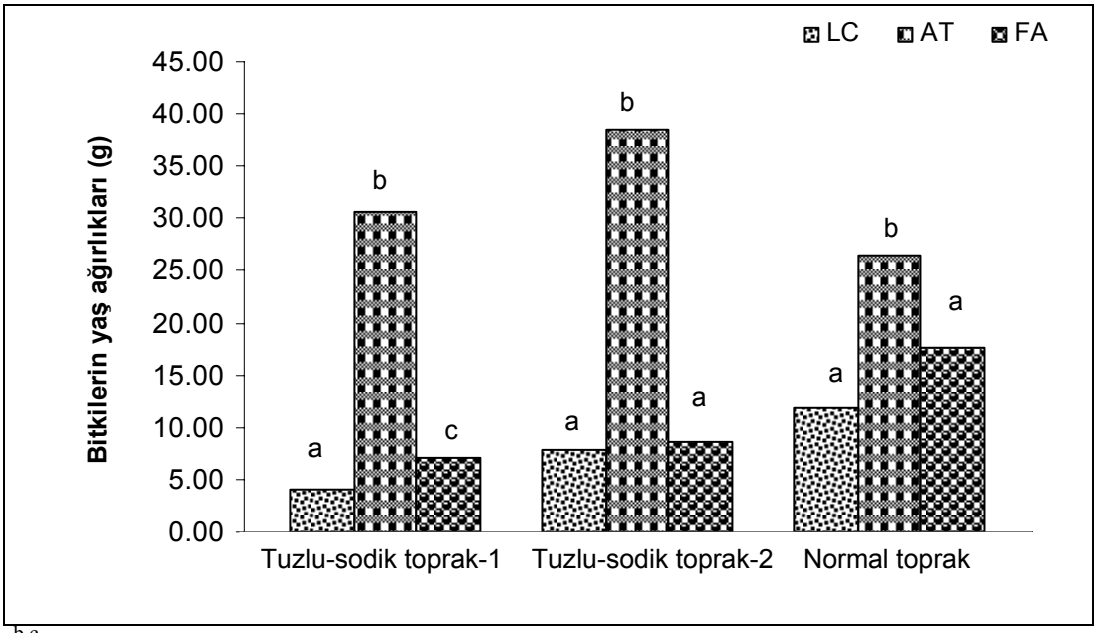
Denemede kullanılan bitkilerin (LC, AT ve FA) yeşil ot tuzlu-sodik toprak-1'de sırasıyla 3.97, 30.69 ve 7.17 g, tuzlu-sodik toprak-2'de, 7.77, 38.44 ve 8.60 g, normal toprakta ise 11.87, 26.51 ve 17.53 g olmuştur (Şekil 4.8). Normal toprak bitkiler için stressiz bir ortamla en yüksek gelişmeyi sağlamıştır.




Şekil 4.8. Farklı topraklarda Lotus Corniculatus bitkisinin gelişim durumları




Şekil 4.9. Farklı topraklarda Festuca Arundinacea bitkisinin gelişim durumları



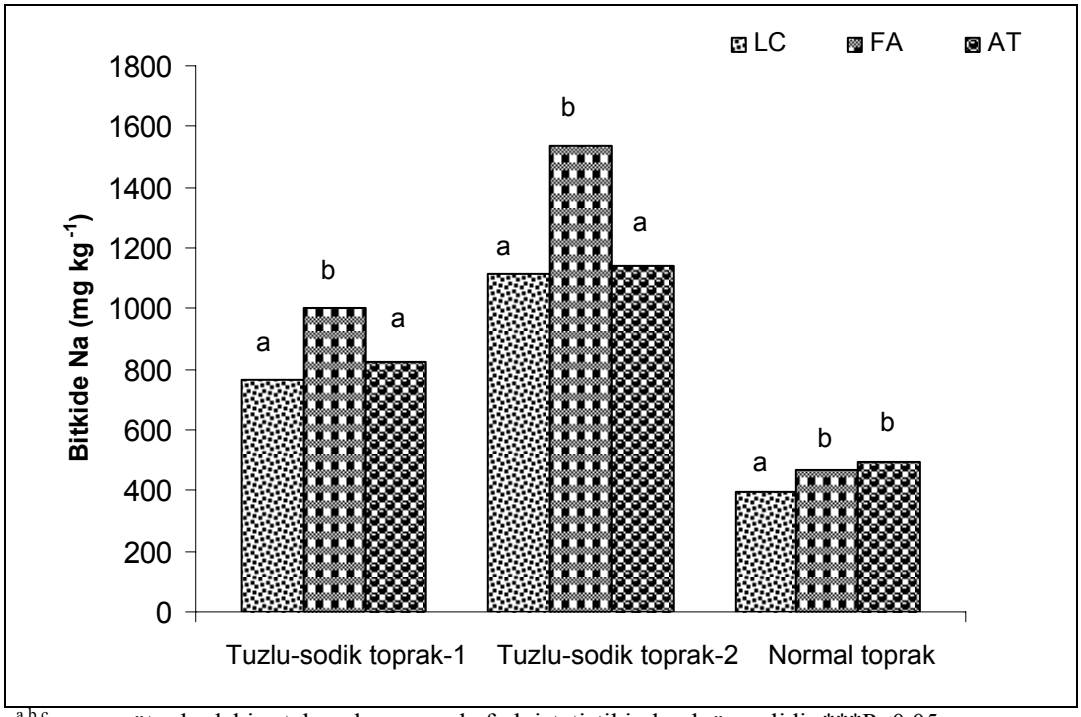

[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.10. Farklı Topraklardaki Bitkilerin Yaş Ağırlıkları

### 4.2.3. Bitkide sodyum

Çalışmada kullanılan bitkiler tuza dayanıklı olup, tuzlu-sodikli topraklarda iyi tolerans göstermiş ve bu topraklardaki tuzu kaldırmada etkili olmuştur. *Lotus corniculatus* bitkisindeki $Na^+$ miktarları tuzlu-sodik toprak–1, tuzlu-sodik toprak–2 ve normal toprakta sırasıyla 766.73, 1117.28 ve 987.88 mg $kg^{-1}$, AT bitkisinde sırasıyla, 1003.81, 1536.92 ve 1139.48 mg $kg^{-1}$, FA bitkisinde ise 826.95, 1137.84 ve 1191.73 mg $kg^{-1}$ olmuştur. Topraktaki $Na^+$ miktarının azalması ve bitkideki $Na^+$ miktarının artmasıyla bitkilerin bu topraklarda etkili olduğunu göstermiştir. Normal toprakta $Na^+$'' a en fazla toleransı AT göstermiştir. Tuzlu-sodik toprak-2'de DNa değerinin düşürülmesinde bitkiler aldıkları $Na^+$ iyonlarının olduğu çok açıktır.

Lauchi ve Epstein (984)'a göre, halofit bitkiler, fazla miktarda $Na^+$ ve $Cl^-$ tuzlarını alıp yapraklarında biriktirme yoluyla tuzluluğa karşı zarar görmezler. Bu bitkiler, yapraklarda biriken tuzları topraktaki düşük ozmotik potansiyeli ayarlamak için kullanır. Bu ozmotik ayarlamanın önemli bir yanı, biriken tuzların hücre

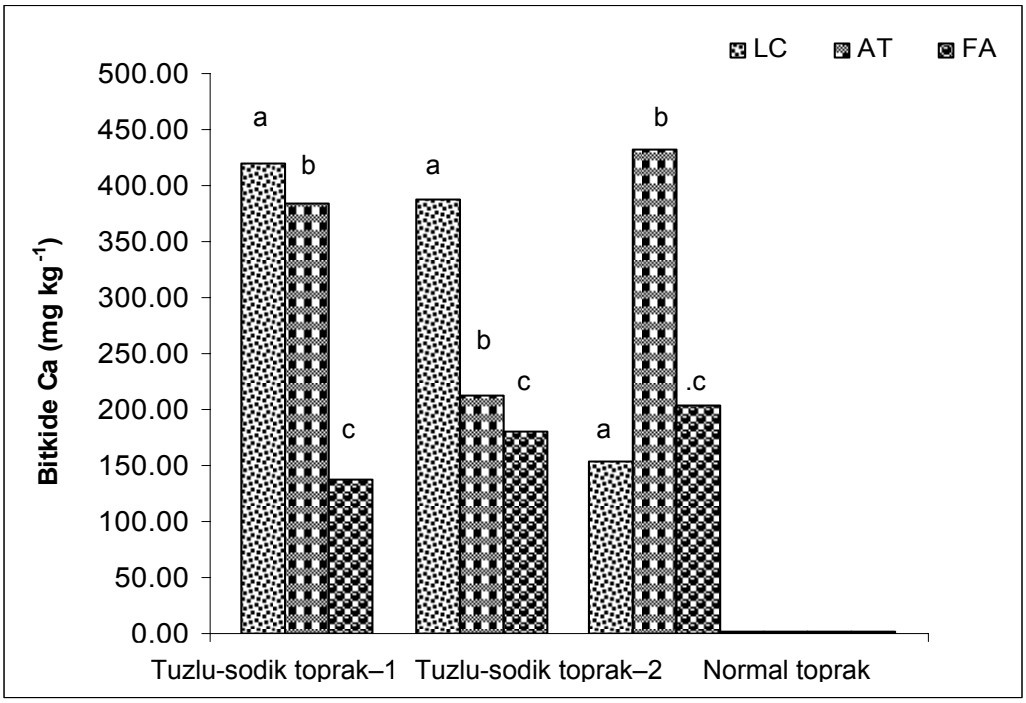
vakuollerinde izole edilmesidir. Böylelikle, tuz sitoplâzma ve organellerinde düşük oranlarda tutularak metabolizma ve enzim aktivitesine zarar vermesi engellenir.




[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.11. Farklı Topraklarda Yetişen Bitkilerdeki Sodyum Miktarları

### 4.2.4. Bitkide kalsiyum

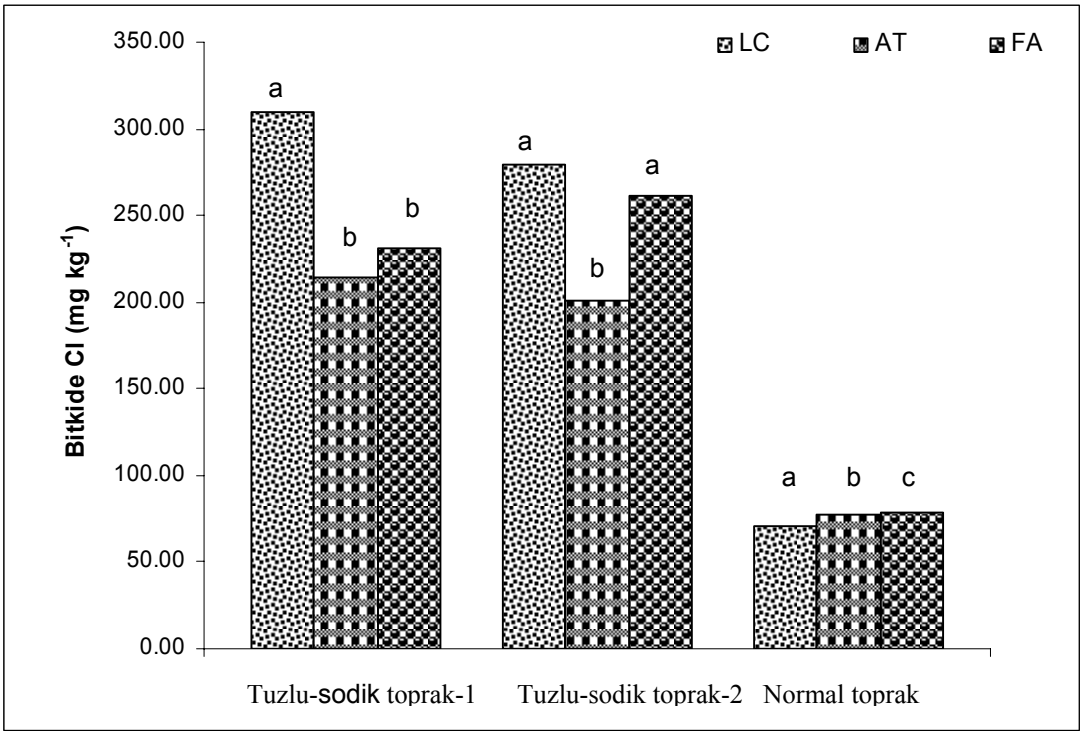
Tuzlu-sodik toprak-1'de yetiştirilen LC, AT ve FA bitkilerinin $Ca^{+2}$ değerleri sırasıyla 420.43, 383.63 ve 138.30 mg $kg^{-1}$, tuzlu-sodik toprak-2'de 388.25, 212.93 ve 180.15 mg $kg^{-}1$ ve normal toprakta ise 154.33, 432.58 ve 204.38 mg $kg^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bitki bünyelerindeki bu iyonun $Na^{+}$'ya oranla daha az olması toprakların sodik özellik taşıyor olması ve özellikle $Na^{+}$ tuzlarının ortamda hakim olmasından kaynaklanıyor olmasındadır. Toprakta $Ca^{+2}$ iyonun DNa ile yer değiştirmesi ve ortama geçen $Na^{+}$'nın bitkiler tarafından alınması toprağın ESP değerini düşürmede önemli rol oynamıştır.




[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05
Şekil 4.12. Bitkilerdeki Kalsiyum Miktarları

### 4.2.5. Bitkide klor ($Cl^-$)

Denemede kullanılan bitkilerden tuzlu-sodik toprak-1'de ekilen LC, AT ve FA $Cl^-$ değerleri 310.07, 214.1 ve 231.49 mg $kg^{-1}$, tuzlu-sodik toprak-2'de 278.82, 200.68 ve 261.12 mg $kg^{-1}$ normal toprakta ise 70,33, 77,14 ve 78,31 mg $kg^{-1}$'dir.




[a,b,c] ; aynı sütunlardaki ortalamalar arasında fark istatistiki olarak önemlidir ***P<0.05

Şekil 4.13. Bitkilerdeki Klor Miktarları

Çizelge 4.4 Bitkilerin Fiziksel ve Kimyasal analiz sonuçları

| | K ($mg\ kg^{-1}$) | Mg ($mg\ kg^{-1}$) | Cl ($mg\ kg^{-1}$) | Na ($mg\ kg^{-1}$) | Ca ($mg\ kg^{-1}$) | Kuru ağırlık (g) | Yaş ağırlık (g) | Bitki boyu (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tuzlu-Sodik Toprak-1** | | | | | | | | |
| LC | 113.45 | 314.10 | 310.07 | 766.7 | 420.43 | 0.6 | 3.97 | 10 |
| AT | 109.15 | 91.68 | 214.1 | 1003.8 | 383.63 | 12.4 | 30.69 | 30 |
| FA | 103.66 | 83.22 | 231.49 | 827.0 | 138.30 | 1.0 | 7.17 | 21 |
| **Tuzlu-Sodik Toprak-2** | | | | | | | | |
| LC | 130.77 | 240.22 | 278.82 | 1117.3 | 388.25 | 1.2 | 7.77 | 9.0 |
| AT | 694.77 | 249.35 | 200.68 | 1536.9 | 212.9 | 15.0 | 38.44 | 27 |
| FA | 164.36 | 105.6 | 261.12 | 1137.8 | 180.2 | 1.6 | 8.60 | 19 |
| **Normal Toprak** | | | | | | | | |
| LC | 22.18 | 32.85 | 238.66 | 393.9391 | 154.33 | 1.7 | 11.87 | 17 |
| AT | 9.69 | 581.63 | 204.29 | 469.7414 | 432.58 | 12.0 | 26.51 | 32 |
| FA | 17.52 | 200.07 | 156.62 | 495.8632 | 204.38 | 2.5 | 17.53 | 28 |

Çizelge 4.5 Bitkilerin analiz sonuçları

| Bitki Analizleri | LC[1] (x + Sx) | AT[2] (x + Sx) | FA[3] (x + Sx) | P |
|---|---|---|---|---|
| **Tuzlu-Sodik Toprak-1** | | | | |
| Yaş ağırlıkları | 3.96±0.426[a] | 30.68±0.907[b] | 7.16±0.649[c] | 0.000 |
| Na | 766.7±13.0[a] | 1003.8±6.21[b] | 827.0±42.4[a] | 0.002 |
| Ca | 420.43±3.24[a] | 383.63±3.43[b] | 138.30±1.34[c] | 0.000 |
| Cl | 310.07±7.87[a] | 214.1±12.6[b] | 231.49±7.16[b] | 0.001 |
| **Tuzlu-Sodik Toprak-2** | | | | |
| Yaş ağırlıkları | 7.77±1.23[a] | 38.44±4.01[b] | 8.60±0.833[a] | 0.000 |
| Na | 1117.3±68.2[a] | 1536.9±21.9[b] | 1137.8±0.490[a] | 0.001 |
| Ca | 388.25±5.95[a] | 212.9±11.7[b] | 180.2±14.0[c] | 0.000 |
| Cl | 278.82±9.49[a] | 200.68±9.32[b] | 261.12±4.67[a] | 0.001 |
| **Normal toprak** | | | | |
| Yaş ağırlıkları | 11.87±2.19[a] | 26.51±2.32[b] | 17.53±1.03[a] | 0.005 |
| Na | 987.88±7.63[a] | 1139.5±37.9[b] | 1191.7±32.5[b] | 0.006 |
| Ca | 154.33±2.62[a] | 432.58±0.775[b] | 204.38±3.60[c] | 0.000 |
| Cl | 238.66±1.85[a] | 204.29±2.23[b] | 156.62±0.700[c] | 0.000 |

Tukey testi; ayrı harflendirmelerde (a,b ve c) ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir, $P<0.05$

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

## 5.1. Sonuçlar

Harran Ovası'nın orta ve güneyindeki geniş alanlarda biriken taban suyundan dolayı topraklarda tuzlulaşma meydana gelmiş ve bazı alanlarda ise alkalileşmeler başlamıştır. Tuzlu-sodik topraklarda bir kimyasal iyileştirici kullanılmadan tuza toleranslı türler yetiştirilerek ortamın olumsuz etkisi en aza indirilebilir Kireçli tuzlu-sodik ve sodik toprakların iyileştirilmesi, belirli bitkilerin yetiştirilmesiyle sağlanabilir. Bitkisel iyileştiriciler (bioiyileştiriciler) bu bakımdan ekonomik bir özellik taşıyabilir.

Yıllardır, bilhassa kimyasal iyileştirici kullanımında, çabalar ıslah maddesi maliyetlerini azaltmaya yönelik yapılmıştır. Biyolojik iyileştiriciler kimyasal iyileştiricilerden etki bakımından daha yavaştırlar. Yüksek tuzlu-sodik ve sodik topraklara toleranslı bitkilerin dar sınırlı olması nedeniyle kimyasal iyileştiricileri bunların yanında ek olarak ama daha düşük oranlarda kullanmak kaçınılmaz olur. kurak bölgelerin tüm sodik ve tuzlu-sodik topraklarında bulunan $CaCO_3$ bu toprakların kireçli özellik taşımalarını sağlar.

Bir tuzlu-sodik ya da sodik ortamda bitki yetiştirmek genellikle birçok sınırlamalarıda beraberinde getirir. Sodik etkiler aşırı $Na^+$dan dolayı bitki besinin bozulmasıyla ve fiziksel koşulların kötüleşmesiyle bitki büyümesini engeller ve tuzlu toprakta suyun ve bitkilerin besin dengesinin bozulmasıyla üründe azalma yapabilir. Kök ortamında yüksek $Na^+$ konsantrasyonunda $Ca^{+2}$ miktarı azalır. Genellikle çimlenme ve filizlenme evresi $Ca^{+2}$ yetersizliğinden kolay etkilenir, özellikle ürün miktarında önemli bir azalmaya neden olur. Toprak iyileştirme kapsamında, bitki gelişimleri değişmektedir, çünkü tuzlu, sodik ve su gereksinimine toleransları farklı

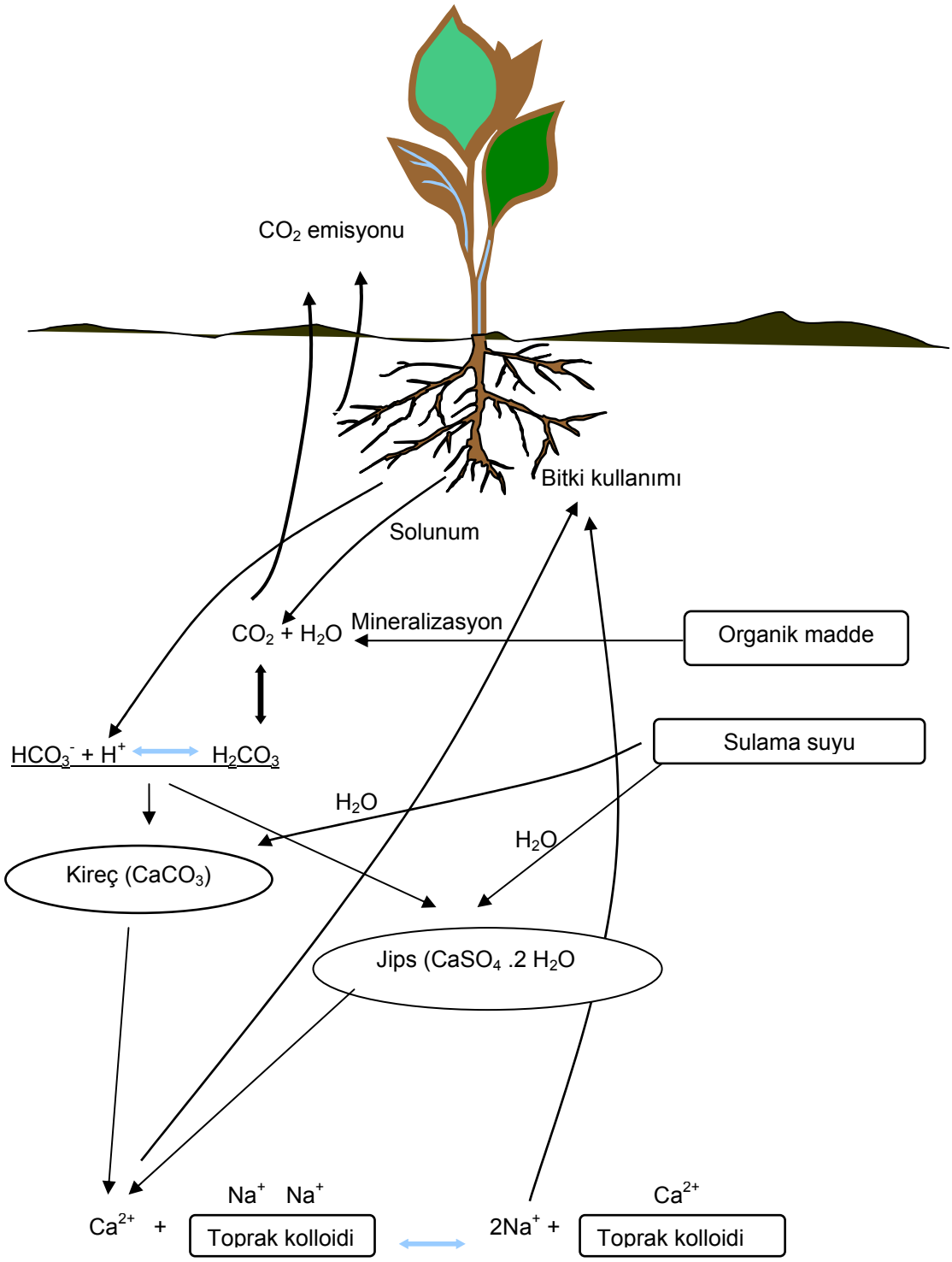
olmaktadır. Genellikle yüksek su ihtiyacı olan ürünler seçilmesiyle iyileştirmede yıkamaya da neden olmasıyla ek kazanç sağlanır, çünkü sulama suyu daha büyükmiktarda kullanılmıştır. Özellikle bu iyi infiltrasyon ve yüksek hidrolik iletkenliği olan topraklarda daha çok görülmektedir. Yüksek tuzlu ve sodikliğe toleranslı bitkiler daha iyi yetiştirilir ve daha büyük biomas üretimi sağlarlar. Bu sonuçla, tuz etkili toprakta toleranslı bitkilerin adaptasyonları ve kullanılmaları toprak ıslahı için önemlidir.

Bu çalışmada kullanılan topraklarda $CaCO_3$ miktarı %12-26 arasında olup, jips miktarı ise %1'den daha fazladır (Dinç ve ark., 1988). Bu topraklarda yetiştirilen bikiler kökleriyle $CO_2$ üreterek ve ayrıca baklagil bitkisi olan LC azot fikse ederek $H^+$iyonunu ortama vererek $Ca^{+2}$ kaynağı olan kireç ve jips'in çözülmesine yardımcı olmuştur. Bu durum $Na^+$ ile $Ca^{+2}$ iyonlarının yer değişmesini sağlayarak çalışmada toprakların ESP değerini 22 den 14 'e kadar düşürmüştür (Şekil 4.14).

Çalışmada kullanılan iki farklı özellikteki topraklardan tuzlu-sodik toprak–1 en iyi ıslah sonucunu AT vermiş yaklaşık topraktan 132.6 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırmış, ESP ve EC için ise en iyi sonucu AT vermiş ve ESP değerini %22'den %18'e EC değerinide 5.27 dS $m^{-1}$'den 1.70 dS $m^{-1}$ kadar düşürmüştür. Tuzlu-sodik toprak-2'de ise tuzu kaldırmada LC daha etkili olmuş ve yaklaşık topraktan 270.3 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırmış ve EC değerini düşürmede ise LC en iyi sonucu vrmiş 8.37 dS $m^{-1}$'den 2.80 dS $m^{-1'}$ e düşürmüştür. Bu toprakta ESP değerini kullanılan bütün bitkiler aynı etkiyi göstermiş ve ESP değerini %25 ten %21'e kadar düşürmüştür.

Genel olarak bakıldığında bu bitkiler arasında en iyi sonucu LC vermiş ve daha sonra onu AT izlemiştir. Bu bitkiler tuzlu-sodik toprak-2'de daha etkili olmuştur. Çünkü tuzlu sodik toprak-1'de bitkiler 80–135 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırırken tuzlu-sodik toprak-2'de 200-280 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bitkilerde toprakta bioiyileştirici etkisi göstermiştir. Topraktaki tuzun önemli bir miktarını(81-270 kg $ha^{-1}$) kaldırmıştır.




Şekil 4.14. Bitkilerin özellikle kireçli tuzlu-sodik ve sodik topraklarda, iyileştirme mekanizması (Qadir ve ark. 2002b, ve Qadir ve ark. 2005'ten değiştirilerek oluşturulmuştur)

## 5.2. Öneriler

Harran Ovasının topoğrafik yapısı toprakların tuzlulaşması açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Özellikle sodikleşmiş alanlarda su geçirgenliği azaldığından yıkama yoluyla ıslahı mümkün olmamakta ve bu tür alanların ıslahı genelde jipsin uygulanmasıyla mümkündür. Fakat bu uygulama büyük alanlar için maliyeti oldukça yüksektir. Bu çalışmamızda bu alanların ıslahında glikofit ve halofit bitkilerin yetiştirilmesiyle bu sorunun önemli bir seviyede çözülebileceği görülmüştür. Dünyada buna benzer birçok çalışama yapılmış ve iyi sonuçlar vermiştir. Örneğin Suriye'nin Halep Bölgesinde Atriplex bitkileri kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Osman, 1996) Atriplex'ler kuru maddesinin %10'u kadar tuzu bünyelerinde biriktirebilmektedir Bu özelliğiyle topraktan önemli miktarda tuz kaldırırlar.. Tuza dayanıklı bu bitkiler hayvan yemi olarak ta kullanılıp ekonomik yönüyle de değerlendirilebilir. Bu çalışmada kullanılan glikofit ve hallofit bitkiler bahsedilen soruna iyi sonuç vermiştir. Konuya bu açıdan bakıldığında Harran Ovası'nda yer alan özellikle tuzlu sodik ve sodik olarak problemli alanların ekonomik şekilde değerlendirilmesinde ve ıslah edilebilmelerinde bu bitkilerin kullanımı alternatif bir çözüm olacaktır.

## KAYNAKLAR


AGANGA, A.A., MTHETHE, J.K. ve TSHWENYANE, S., 2003. *Atriplex nummularia* (Oldman saltbush): A potential forage crop for arid regions of Botswana. Pakistan Journal of Nutrition 2: 72–75.

AĞCA, N., AYDIN, M., DERİCİ, M.R., YEŞİLSOY, M., Ş. ERŞAHİN, S., 1998. Alkalinization Tendency and Infiltration Rate Relationships of Widely Soil Series in Harran Plain, Turkey. M.Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, 21-24 September Menemen-İzmir

AHMAD, N., QURESSHI, RH., ve QADİR, M., 1990. Amelioration of a calcareous saline-sodik soil by gypsum and forage plants. Land Degrad Reahabil 2: 277–284.

ANONYMOUS, 1984. Erzurum ili verimlilik envanteri ve gübre raporu. Tovep Yay. No: 33, Genel Yay. No: 775, Ankara, 63s.

ARNON, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24 (1): 1-15.

ASHRAF, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in Plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 13: 17-42.

AYDEMİR, S., 2001. Properties of Palygorskite-Influenced Vertisols and Vertic-like Soils in the Harran Plain of Southeastern Turkey. Dissertation, Texas A&M University, College Station TX 77843, USA.

AYDEMİR, S., ÇULLU, M.A., SÖNMEZ, O. ve DİKİLİTAŞ, M., 2005. Şanlıurfa Harran Ovasındaki Tuzlu ve Tuzlu-sodik Topraklar ve Muhtemel Oluşum Mekanizmaları. II. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi. DSİ Genel Müdürlüğü, Kasım 07-09. Ankara

BARRETT-LENNARD E.G., 2002. Restoration of saline land through revegetation. Agric Water Manage 2002;53:213 –226.

BRESLER, E., CHARTER. D.L., 1982. Saline and sodic soils. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, New York. pp.227.

CHAPMAN, H.D. ve PRATT, P.F., 1982. Methods of analysis for soils, plants and water. (Chapman Publisher: Riverside, CA). Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp. 363-381.

CHATTERTON, N.J. 1970. Physiological ecology of *Atriplex polycarpa*: Growth, salt tolerance, ion accumulation, and soil-plant-water relations. University of California, Riverside, California (Ph.D.).

CHISCIA, G., MARTINEZB, V., 2003. Environmental impact of soil erosion under different cover and management systems. Exp. Agri., 56:120-128.

CHOUKR-ALLAH, R., 1983. The use odf halophytes for the agricultural development of the outhern part of morocco, plant salinity research. Proc. Int. Cons. Agr. Management Salt Affeceted Soils, No: 377-386.

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

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

ÇULLU, M. A., ALMACA, A., ŞAHİN, Y., AYDEMİR, S., 2002. Application of GIS for Monitoring Soil Salinization In the Harran Plain, Turkey. Int. Conference on Sustainable Land Use and Management. pp. 326-332

DİNÇ, U.,S. ŞENOL, M. SAYIN, S. KAPUR, N. GÜZEL, R. DERİCİ, M. Ş. YEŞİLSOY, İ. YEĞİNGİL, M. SARI, Z. KAYA, M. AYDIN, F. KETTAŞ, A. BERKMAN, A. K. ÇOLAK, K. YILMAZ, B. TUNÇGÖĞÜS, V.ÇAVUŞGİL, H. ÖZBEK, K. Y. GÜLÜT, C. KARAMAN, O. DİNÇ, N. ÖZTÜRK, E. E. KARA. 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) 1. Harran Ovası. TUBİTAK Tarım ve Ormancılık Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu. Proje No:TOAG-534.

DREGNE, H.E. ve CHOU, N.T., 1992. Global desertification dimensions and costs. In H. E. Dregne (ed.), Degradation and Restoration of Raid Lads, Texas Tech University, Lubbock. pp.249-281.

DSİ, 1971. Aşağı Fırat Projesi Urfa-Harran Ovası Planlama Arazi Tasnif Raporu. DSİ 10. Bölge Müd. Proje No:2108.03.01, Diyarbakır.

DSİ, 1997. Aşağı Fırat Projesi Akçakale YAS Sulaması (Güneren ŞemseddinBirmuavi YAS Sulamaları) Ayrıntılı Arazi Sınıflandırma ve Drenaj Raporu. Şanlıurfa.

DSİ, 2001. Şanlıurfa Harran Ovası Sulaması Tuzluluk ve Drenaj Sorunları İnceleme raporu. DSİ. XV. Bölge Müdürlüğü. Şanlıurfa.

ERGENE, A., 1982. Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Erzurum.

GRİTSENKO G.V. ve GRİTSENKO A.V., 1999. Quality of irrigation water and Outlook for phytomelioration of soils. Eurasian Soil Science, 32: 236–242.

HANKANSON, S., 2003. Weeds and Weed Management on Areble Land: an Ecological Approach. Cambridge, MA., USA Cabi Publishing pp. 172.

HOPKİNS, D.L. ve NİCHOLSON, A.,1999. Meat quality of wether lambs grazed on saltbush *(A. nummularia*) plus supplements or Lucerne (*Medicago sativa*). Meat Sci., 51: 91-95.

ILYAS, M., QURESHI, RH. ve QADIR, M., 1997. Chemical changes in a saline-sodik soil after gypsum application and cropping. Soil Technol, 10:247-260

ISRAELSEN, O. ve J. HANSEN., 1965. Principiosy aplicaciones del riego. Editorial Reverté, S. A. 2da Edición 1965. Barcelona-Buenos Aires- México. 396p.

ISTVAN, I., 1989. Salt Affected Soils. CRC. Press. Inc. Florida. Bacoraton. pp. 261.

KAPUR, S. ve AKÇA, E., 2002. Global Assessment of Land Degradation. Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker Inc. New York. pp. 296-306.

KATYAL, J.C., 1977. Influence of organic matter on the chemical and electrochemical properties of some Flooded soils. Soil Biol. Biochem., 9: 259-266.

KELLEY, W.P., 1937. The reclation of alkali soils. Calif Agric Exp Stn Bull 617:1-40.

KUMAR, A. ve ABROL, I.P., 1984. Studies on the reclaiming effect of Karnal-grass and Para-grass grown in a highly sodic soil. Indian J Agric Sci. 54:189-193.

LAUCHİ, A. ve EPSTEİN, E., 1984. Mechanisms of Salt Tolerance in Plants. Journal of California Agriculture, October, pp. 18-22.

LOWDERMILK, W.C., 1953. Conquest of the land through seven thousand years. Agricultural Information Bulletin No. 99, U.S. Soil Conservation Service. 30p.

LUTTS, S., KINET, JM. ve BOUHARMOUNT, J., 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (Oryza sativa L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany 46: 1843-1852.

MAAS, E.W., 1985. Crop tolerance to saline sprinkling water. Plant and Soil, 89: 273-284.

MALCOLMA, C.V.,CLARKEB, A.J., D'ANTUONOA, M.F. ve SWAANA, T.C., 1988. Effect of plant spacing and soil conditions on the growth of five Atriplex species. Agriculture, Ecosystems&Env. 21: 3-4; 265-279.

MIKATI, G., 1997. Temporal analysis of multispectral video/satellite imagery for the detection and monitoring of salinity on agricultural lands. USU. Logan. Utah. pp. 95-97.

NASSAR, I.N. ve HORTON. R., 1999. Salinity and Compaction Effects on Soil Water Evaporation and Water Solute Distribution. Soil. Sci. Soc. Am. J. 63: 752-758.

NELSON, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.), Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp.181-196.

OLDEMAN, L.R., HAKKELING, R.T.A. ve SOMBROEK, W.G., 1990. World map of the status of human-induced soil degradation: An Explanatory note. ISRIC. Wageningen, Netherlands.

OSMAN,A. 1996. The battle for the steppe: Shrubs could help save the steppe. Icarda Caravan, (Spring-Summer), 18-19.

OSMAN, A.E. ve GHASSAELİ, F.,1997. Effects of Storage conditions and presence of fruiting bracts on the germination of *Atriplex halimus* and *Salsola Vermiculata*. Exp. Agri., 33: 149-155.

ÖZEN, H.Ç. ve ONAY, A., 1999. Bitki büyüme ve gelişme fizyolojisi. Dicle Üniversitesi Basımevi, s. 140.142

OSTER J.D ve FRENKEL H., 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. Soil Science Society of America Journal 44: 41–45.

OSTER, J.D., KAFFKA, S.R., SHANNON M.C., GRATTAN S.R., 1999. Saline-sodic drainage water: a resource for forage production? In: Proceedings of the 17th International Congress on Irrigation and Drainage, 11–19 September, Granada.Poster Session Q 49–P 6, pp.67 –79.

PLUMMER, A.P., CHRISTENSEN, D.R., MONSEN, S.R., 1968. Restoring big game range in Utah. Utah Fish Game Publ. No: 68-3. 183.

QADIR, M. ve OSTER, J.D., 2002. Vegetative bioremidation of calcareous sodik soils: history mechanisms and evaluation. Irrig Sci. 21:91-101.

QADIR, M., QURESHI, R.H. ve AHMAD, N., 1997. Nurient availablity in a calcareous saline-sodik soil during vegetative bioremediation. Arid Soil Res. Rehabil., 11:343–352

RHOADES, J.D., 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. In. D.L. Sparks et. al., (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p.417–436.

RICHARDS, L.A. (Ed.), 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Lab., US Department of Agriculture Handbook 60. California, USA.

ROBINS, C.W., 1986a. Carbon dioxide partial pressure in lysimeter soils. Argon J., 78:151-158.

ROBINS, C.W., 1986b Sodik calcareous soil reclation as affected by different amendments and crops. Argon J., 78:916-920.

RUMBAUGH, M.D., JOHNSON, D.A. ve. VAN EPPS. G.A., 1982. Forage yield and quality in a Great Basin shrub, grass, and legume pasture experiment. J. Range Manage. 35: 604–609.

SINCLAIR, T.R. ve BENNETT, J.M., 1998. Water. In Principles of Ecology in Plant Production (Ed. T. R. Sinclair and Gardner, F.P.) CAB Int., UK, p: 103-120. Soil Conservation Service. 1972. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Soil Survey Invest. Rep. No. 1. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

STRAIN H.H. ve SVEC, W.A.,1966. Extraction, separation, estimation and isolation of chlorophylls, In: LP Vernon, Gr Seely (Ed.) The Chlorophylls, Academic Press: New York, pp.21-66.

SUMNER, M.E. ve MILLER, W.P., 1996. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In. D.L. Sparks et. al., (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. Of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp.1201-1230.

TABAN, S., GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M. ve ÖZCAN, H., 1999. Değişik Mısır (*Zea Mays* L. Cvs.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23 (1999) Ek Sayı 3: 625-633.

TAN, K.H., 1996. Soil Sampling and Analysis. Marcel Dekker, Inc. 270 Madison Avenue, New York, NY, 10016. pp.191.

TANJI, K.K., 1990. Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, No 71, New York, NY, 10017, USA

TAYLOR, N.L., 1985. Clover Science and Technology. American Soc. of Agron., Inc. Wisconsin, USA, 616 p.

TERRY, R., 1997. Soil Salinity. Aghrt 282 Class Lectures

TEKİNEL, O., KANBER, R., 1987. Sulamada tuzluluk ve drenaj. Ç.Ü. Zir. Fak. Seri Konf. Osmaniye, 9 s.

THOMAS, G.W., 1982. Exchangeable Cations. In. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.), Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp.159-164.

THOMAS, G.W., 1996. Soil pH and Soil Acidity. In. D.L. Sparks et. al., (Ed.), Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp.475-490.

TOPRAKSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1980. Topraksu istatistik bülteni. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları. ANKARA

WENTZ, D., 1992. Comprasion of perennial versus flex cropping of recharge areas to reclaim saline seeps in southern Alberta. Proc. Symp. Salinity and Sustainable Agric., Can., pp.100-106.

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Şanlıurfa'da doğdu. İlköğretim ve Lise Eğitimini Şanlıurfa'da tamamladı. 1999 yılında kazandığı Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvansal Üretim Programından 2003 yılında mezun oldu. 2005 yılında Harran Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve halen öğrenimine devam etmektedir.

## ÖZET

Bu çalışma, Harran ovasında tuzdan etkilenmiş alanları, ekonomik olarak üretken hale getirmek için kısa vadede bir çözüm önerisi ortaya koymayı amaçlamaktadır. Ovanın problemli topraklarının (tuzlu-sodik) iyileştirilmesinde, probleme tolerans gösterebilecek Halofit ve Glikofit bitkilerinin denenmesi uygun bir çözüm yolu olarak bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu çalışmada Harran ovası Akçakele serisinden alınan 2 farklı özellikteki kireçli tuzlu-sodik toprak ve İkizce serinsinden alınan kireçli normal toprak kullanılmıştır. Çalışma sera koşullarında saksı denemesi olarak yapılmış olup, bir çalımsı *(Atriplex canescens)* ve 2 otsu yem bitkisi (*Festuca arundunacea* ve *Lotus corniculatus* ) kullanılmıştır. Üç farklı bitkinin özellikle tuzlu-sodik toprağa olan iyileştirici etkileri ve toleransları araştırılmıştır.

Deneme sonuçlarından tuzluluğun ifadesi olan Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri göstermiştir ki Tuzlu-sodik toprak-1'e ekilen bitkilerden en fazla iyileştirmeyi *Atriplex canescens* bitkisi yapmıştır; EC değerini 5.27 dS $m^{-1}$ den 1.70 dS $m^{-1}$ ye düşürmüştür. Tuzlu-sodik toprak-2'de ise en iyi etkiyi *Lotus corniculatus* bitki yapmış olup EC değerini 8.37 dS $m^{-1}$ den 2.80 dS $m^{-1}$ ye indirmiştir. Sodikliğin ifadesi olan Değişebilir Sodyum Yüzdesi'ni (ESP), Tuzlu-sodik toprak-1'de en fazla düşüren *Atriplex canescens* bitkisi olmuş ESP değerini %23'ten 14'e kadar azaltmıştır. Tuzlu-sodik toprak-2'de yetiştirilen her üç bitki hemen hemen aynı etkiyi göstermiş, ESP değerini %26'dan %21–22 arasında düşürmüştür.

Bu çalışmada kullanılan bitkilerden *Atriplex canescens (AT)* ve *Lotus corniculatus* (LC) yüksek EC ve ESP değerlerine rağmen iyi tolerans gösteren bitkiler olmuşlardır. Çalışmada kullanılan bitkilerin üçü de Harran Ovasında tuzlulaşmadan etkilenmiş toprakların özellikle kireçli tuzlu-sodik olanlarının olumsuzluklarının giderilmesinde etkilidirler. Bu toprakların bu bitkilerin yetiştirilmesi ile ıslah olabilirliği, ovanın sürdürülebilir tarımı açısından önemli görülmektedir.

Kullanılan bitkiler topraklardan önemli miktarda tuz kaldırmışlardır. Tuzlu-sodik toprak-1'de tuzu kaldırmada en etkili bitki *Atriplex canescens* olmuştur (132 kg $ha^{-1}$), tuzlu-sodik toprak-2'de ise en iyi sonucu *lotus corniculatus* (LC) bitkisi vermiş ve 270 kg $ha^{-1}$ tuz kaldırmıştır. Bitkiler kökleriyle ortama verdikleri $CO_2$ ve özellikle baklagil bitkisi olan LC $H^+$ salgılayarak toprakların pH değerini düşürmüşler ve ortamda bulunan kireç ve jips minerallerini çözerek ortama $Ca^+$ iyonu sağlamışlardır. Bu durum ESP nin düşürülmesinde etkili olmuştur.

**SUMMARY**

This study was aimed to suggest a short term solution to bring the salt affected soils as an economically fertile in the Harran plain. To ameliorate the problem soils (saline-sodic) of the Harran plain, selected salt tolerant forage plants (halofit and glikofit) was growth under green house conditions. In this study, three different soils were used two of them from the Harran plain Akçakale series (calceraous saline-sodic soils) and one from the Harran plain Ikizce series (calceraous normal soil). Study was made as an green house pot study by using one bush like plant (*Atriplex Canescens*) and two different grasses (*Festuca Arundunacea and Lotus Corniculatus* ).

With this study, especially remediation and tolerance effects of these plants to the saline-sodic soils were investigated. Electrical conductivity (EC) (which is the salinity expression) results of the study indicated that *Atriplex Canescens* plant showed the highest decrease in the EC values (from 5.27 dS $m^{-1}$ to 1.70 dS $m^{-1}$ ) of the saline-sodic soil-1. But in the saline-sodic soil-2 the highest decrease effect was obtain from the *Lotus Corniculatus* plant's EC values (from 8.37 dS $m^{-1}$ to 2.80 dS $m^{-1}$). The values of Exchangeable Sodium Percentage (ESP) (which is the sodicity expression) revealed that in saline sodic soil -1 *Atriplex Canescens* plant had the highest decrease of from 23% to 14% and three plants decreased the values almost same level of from 26% to 21-22% in the saline-sodic soil-2.

This study revealed that *Atriplex Canescens* (AT) and *Lotus Corniculatus* (LC) plants both showed the highest fit for the reclamation and tolerance stand point of the goal of the study. Over all, this study conclude that three plants were effective to ameliorate the calcareous saline-sodic soils of the Harran plain. It seems that using of these studied plants for reclamation is important for the sustainable agriculture in the problem soils of the plain.

The palnts used in the study removed quite high amount of salt from the soils. The AT plant was the most effected one to remove the salts from saline-sodic soil-1 (132 kg $ha^{-1}$),for the saline-sodic soil-2, LC plant was removed 270 kg $ha^{-1}$ salts as

the highest salt removed one in the study. Study plants relased $CO_2$ by respiration and especially LC which is a legumunea release $H^+$ and decreased the soil pH and resulted to resolve the calcite and gypsum and increased the $Ca^{+2}$ ion concentration in the soils. Increasing $Ca^{+2}$ ion concentration reduced the ESP values of the soils.