



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

**İÇ ANADOLU SODİK SAHALARINDA JİPS VE KÜKÜRT  
UYGULAMASININ TOPRAĞA KISA VADEDE ETKİSİ**

**BURAK ALTINAY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. OKTAY YILDIZ**

**DÜZCE, 2019**

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

**İÇ ANADOLU SODİK SAHALARINDA JİPS VE KÜKÜRT UYGULAMASININ**  
**TOPRAĞA KISA VADEDE ETKİSİ**

Burak ALTINAY tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Düzce Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ender MAKİNECİ  
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

Dr.Öğr.Üy. Murat SARGINCI  
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 04/02/2019

## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

04 Şubat 2019

Burak ALTINAY

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Oktay YILDIZ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, TÜBİTAK-COST 1130793 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

**04 Şubat 2019**

**Burak ALTINAY**

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR.....	viii
ÖZET .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. TUZLU, SODİK VE TUZLU-SODİK TOPRAKLARIN ISLAHI.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM .....	4
2.1. DENEME ALANLARININ BELİRLENMESİ İÇİN ÖN ÇALIŞMA .....	5
2.1.1. Kayalı .....	6
2.1.2. Aksaray .....	7
2.1.3. Ereğli (Arvasi) ve Zengen .....	8
2.2. JİPS VE KÜKÜRT UYGULAMASI.....	10
2.3. ÖRNEKLEMELER.....	14
2.4. İSTATİSTİKİ ANALİZLER.....	16
3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	17
3.1. BULGULAR.....	17
3.2. TARTIŞMA.....	18
4. SONUÇLAR.....	22
5. KAYNAKLAR .....	23
ÖZGEÇMİŞ.....	26

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.2. İç Anadolu bölgesinde otlatma baskısı ve tahrip sonucu sahaya hakim olan bitki örtüsü (Emirgazi bölgesi).....	1
Şekil 1.3. Jips için kimyasal tepkime formülü.....	2
Şekil 1.4. Kükürt için kimyasal tepkime formülü.....	3
Şekil 2.1. İç Anadolu çalışma sahalarının jeolojik haritası (lejantlar Türkiye jeoloji haritasında yer almaktadır).....	4
Şekil 2.2. Karacağın kuzey yamacında belirli yükselti aralığında bulunan çoğunluğu meşelik olan orman parçası.....	5
Şekil 2.3. Araştırma sahalarının havzadaki konumu.....	5
Şekil 2.4. Kayalı bölgesi rüzgar erozyonu önleme proje sahası.....	6
Şekil 2.5. Emirgazi sahalarının Walter iklim diyagramı.....	7
Şekil 2.6. Juncus'larla kaplı Aksaray çalışma sahası.....	7
Şekil 2.7. Aksaray İncesu sahalarının Walter iklim diyagramı.....	8
Şekil 2.8. Ereğli rüzgar erozyonu önleme proje sahası.....	9
Şekil 2.9. Ereğli ve Zengen sahalarının Walter iklim diyagramı.....	9
Şekil 2.10. Etrafında drenaj hendekleri açılarak oluşturulan deneme üniteleri.....	11
Şekil 2.11. Deneme ünitelerine kükürt ve jips uygulaması.....	13
Şekil 2.12. Deneme ünitelerinin yıkanması.....	13
Şekil 2.13. Deneme ünitelerinde infiltrasyon ölçümleri.....	14
Şekil 2.14. Açılan toprak profili ve kurutulan toprak örneklerinden görünüm.....	15
Şekil 2.15. Laboratuvarda fiziksel analiz ile bazı kimyasal analizlerden görünüm.....	16
Şekil 3.1. İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından üç yıl sonra toprağın infiltrasyon oranları ortalaması $\pm$ standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.....	18

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 2.1. İşlemlerin uygulanmasından önce toprağın bazı değişkenlerine ait değerler. KDK = katyon değişim kapasitesi; ESP = değişebilir sodyum oranı; EC = elektrik iletkenliği. ....	10
Çizelge 2.2 Sahalara uygulanan kimyasal oranları .....	12
Çizelge 3.1 Uygulamadan üç yıl sonra Toprağın pH ve ESP değerleri ortalaması ± standart hata. Her değişken için aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. ....	17



## KISALTMALAR

CaCl <sub>2</sub>	Kalsiyum Klorür
CaSO <sub>4</sub>	Kalsiyum Sülfat
D	Doğu
EC	Electrical Conductivity
ESP	Exchangable Sodium Percentage
Hp	Horse Power
K	Kuzey
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
Km	Kilometre
M	Metre
Na	Sodyum
NaHCO <sub>3</sub>	Sodyum Bikarbonat
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sodyum Sülfat
NH <sub>4</sub> OAc	Amonyum Asetat
pH	Power Hydrogen
SAR	Sodium Absorption Ratio

## ÖZET

### İÇ ANADOLU SODİK SAHALARINDA JİPS VE KÜKÜRT UYGULAMASININ TOPRAĞA KISA VADEDE ETKİSİ

Burak ALTINAY  
Düzce Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışman: Prof. Dr. Oktay YILDIZ  
Mart 2017, 25 sayfa

Bu çalışmada İç Anadolu'nun vadi tabanlarında bulunan ve erozyona yatkın olan tuzlu-sodik toprakların jips ve kükürt uygulaması iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Uygulamadan üç yıl sonra Jips ve kükürt uygulanan sahalarda kontrol sahalarına göre ESP değerinin % 59 azaldığı belirlenmiştir. Fakat toprağın işlenmesi + kimyasal uygulamasının, hiç işlem yapılmama durumuna göre sahalardaki infiltrasyon oranını önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir. İkinci yılın sonunda kimyasallardan jips uygulaması daha iyi sonuç vermesine rağmen üçüncü yıl sonunda yapılan ölçümlerde toprağın infiltrasyon oranında her iki kimyasal uygulanan sahalardan arasında önemli bir fark görülmemektedir. Sonuç olarak çalışmadan elde edilen ilk veriler jips ve kükürt uygulamasının sodyumu toprak profilinden yıkadığını ve toprağın infiltrasyon kapasitesini arttırdığını göstermiştir. Bu çalışmadan elde edilen ve takip edecek yani çalışmalardan elde edilecek özellikle uzun vadeli sonuçların yöredeki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar sözcükler:** Restorasyon, Esp, İnfiltrasyon, İç Anadolu, Toprak İyileştirilmesi.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF GYPSUM AND SULFUR APPLICATION ON THE SHORT-TERM OF CENTRAL ANATOLIA**

Burak ALTINAY

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

February 2019, 25 pages

The aim of this study is to ameliorate the salty-sodic soils located in bottom valley of Central Anatolian region by leaching excess sodium with gypsum and sulfur applications. Three years after the application, ESP values in gypsum and sulfur treated sites decreased by 59% compared to control sites. However, tillage + chemical application significantly increases the infiltration rate compared to the non-tillage site.

Although gypsum application site had higher infiltration rate than sulfur application site at the end of the second year, this differences was disappeared at the end of the third year. As a result, the preliminary data obtained from the study showed that gypsum and sulfur application leached the sodium from the soil profile and increased the infiltration capacity of the soil. This and following studies will provide long-term data to the practitioners to solve the problem in the region.

**Keywords:** Restoration, Esp, Infiltration, Central Anatolia, Soil Improvement.

## 1. GİRİŞ

İç Anadolu kapalı havzasında uzun yıllar devam eden otlatma baskısı ve tarım alanı açmak için cılız bitki örtüsünün tahrip edilmesi sonucu uzun süren kurak yaz dönemlerinde ufak taneli ve gevşek olan topraklar tamamıyla kuruyarak bir toz kitlesine dönüşmekte ve rüzgârlarla kolaylıkla harekete geçirilerek uzun mesafelere taşınmaktadır [1],[2]. Bu nedenle İç Anadolu bölgesinin yaklaşık yarısı erozyon etkisi altındadır [3].



Şekil 1.1. İç Anadolu bölgesinde otlatma baskısı ve tahrip sonucu sahaya hakim olan bitki örtüsü (Emirgazi bölgesi).

Konya kapalı havzası yaklaşık 4,5 milyon ha olup bu sahaların yaklaşık % 12'sinde tuzluluk ve sodyum sorunu ve yaklaşık % 14'ünde de drenaj sorunu bulunmaktadır. Aksaray-Adana yolu üzerinde, Ereğli-Karapınar arasında ve Karapınar-Emirgazi arasındaki Kayalı bölgesinde geçirimsiz alt tabakaya sahip sodiklik problemi olan bu sahalardan geniş düzlükler halinde görülmektedir [3]-[5].

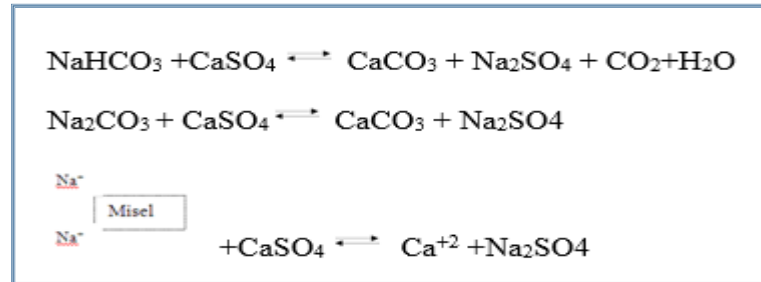
### 1.1. TUZLU, SODİK VE TUZLU-SODİK TOPRAKLARIN ISLAHI

Tuzlu ve sodik toprakların iyileştirilmesi çok zor ve masraflı bir uğraştır. Kurak bölge topraklarında eriyebilen tuzların çoğu farklı oranlardaki sodyum ( $Na^+$ ), kalsiyum ( $Ca^{++}$ ), magnezyum ( $Mg^{++}$ ) katyonları ile klorit ( $Cl^-$ ) ve sülfat ( $SO_4^-$ ) anyonlarından oluşmaktadır. Bu topraklar ayrıca az miktarda potasyum ( $K^+$ ) katyonu ile bikarbonat

(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), karbonat (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ve nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) anyonlarını da içerebilir. Tuzlaşma sahanın verimliliğini olumsuz yönde etkileyecek kadar eriyebilir Na, Mg ve Ca tuzlarının toprakta birikmesi demektir. Sodik topraklar üst horizonlarda yüksek oranda değişebilir Na oranına (ESP) sahip olduklarından alkali tepkime gösteren, kolloidleri dağılmış ve dolayısıyla düşük permeabiliteye sahip topraklardır [6]-[8]. Aşırı eriyebilen tuz içeren ve değişebilir sodyum oranı yüksek topraklar ise tuzlu-sodik topraklar olarak tanımlanmaktadır. Fazla tuz ve değişebilir sodyum içeren toprakların en yaygın olanı tuzlu-alkali topraklardır. Tuz içeriği düşük olan topraklarda değişebilir Na oranının fazla olması kil yapısını çöküntüye uğratmaktadır. Bu gibi sahalarda toprağın birkaç cm altı suya doygun iken yüzey toprağı kuru ve sert bir yapıda görünebilir. Yüksek ESP, infiltrasyon ve perkolasyon gibi toprak özelliklerini önemli oranda düşürmekte, kolloidlere yapışan Na katyonları artmaya başlayınca toprak agregatlarının stabilitesi azalmakta, toprak dağılıp erozyona yatkın hale gelmekte ve bundan dolayı drenaj zorlaşmaktadır[6],[7].

Tuzlu-sodik topraklar ıslahı, özel ıslah ve yönetim stratejileri gerektirmektedir [5]-[7]. Sodyum tuzu diğer tuzlar gibi kolay yıkanmadığından toprakta daha kalıcıdır [8],[9]. Tuzlu topraklarda tuzların uygun suyla kök bölgesinin aşağısına kadar yıkanması en etkili ıslah yöntemidir.

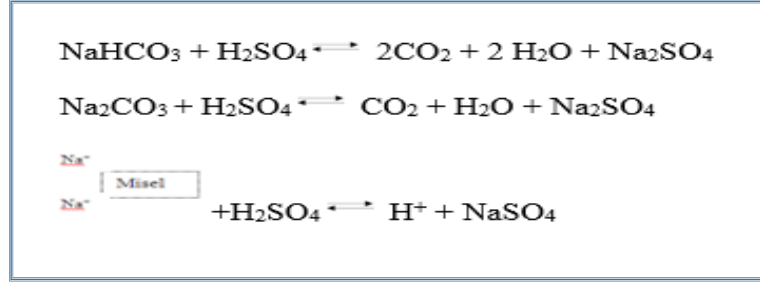
Sodik topraklarda jips (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) ve CaCl<sub>2</sub> kullanılarak toprağın değişim bölgelerindeki Na<sup>+</sup> yerine gelen Ca<sup>+2</sup> tarafından çözeltiye atılmaktadır. Değişim bölgelerinden uzaklaştırılan Na<sup>+</sup> ise Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve NaCl olarak yıkanmaktadır. Toprağa atılan CaSO<sub>4</sub> ve CaCl<sub>2</sub> ayrıca elektrik yoğunluğunu arttırarak toprağın geçirgenliğine de katkı yapabilmektedir.



Şekil 1.2. Jips için kimyasal tepkime formülü.

Bu tür toprakları iyileştirmek için elementer kükürt (S<sub>2</sub>) veya diamonyum sülfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ta kullanılmaktadır [10]. Kükürt, kalkerli sodik sahaların rehabilitasyonun

da etkili bir şekilde kullanılan bir materyaldir [6],[11]. Atılan kükürt, zaman içerisinde bakteriler ile sülfürik aside dönüştürüldüğünden sadece NaHCO<sub>3</sub>'ü Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'e dönüştürmeyip aynı zamanda alkaliliği de düşürmektedir [12].



Şekil 1.3. Kükürt için kimyasal tepkime formülü.

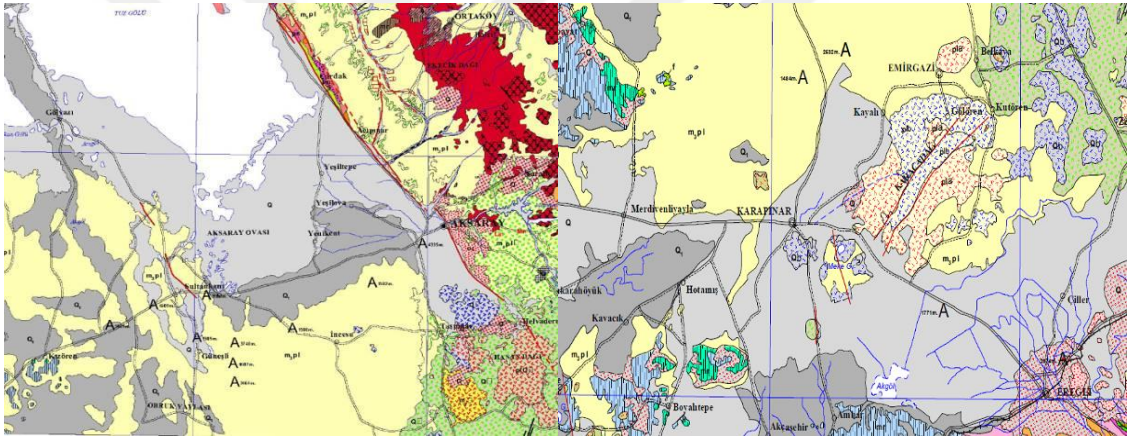
İslah malzemesi olarak jips kullanıldığında karbonatın önemli bir kısmı CaCO<sub>3</sub> olarak çökmekte iken kükürt veya diamonyum sülfat kullanıldığında Na-karbonat veya bikarbonatları Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'e dönüşmekte ayrıca hafif doğal tuz olan karbonat radikali de sistemden uzaklaştırılmaktadır [12]. Fakat pratikte uygulaması ucuz ve etkili olmasından dolayı genelde jips ile yıkama şekli daha yaygındır. Sodyumun topraktan uzaklaştırılarak ESP veya SAR değerlerinin kritik eşiğin altına çekilebilmesi için gerekli Jips veya diğer toprak iyileştiricilerden ne kadar kullanılacağına hesabı toprakların kimyasal analizleriyle belirlenmektedir [9],[13].

İç Anadolu'nun kurak sahalarında uzun yıllardır erozyon kontrol, yeşil kuşak oluşturma, rekreasyon alanı, baraj havzasında sediment kontrolü vb. amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır [14]-[17]. Fakat uzun yıllardır yapılan bu çalışmalarda özellikle sodik ve tuzlu-sodik topraklarda ağaçlandırma başarısı son derece düşüktür [16]-[23]. Tekrar tekrar ağaçlandırılan bu tür sahalarda çalışmalar oldukça maliyetli hale gelmekte ve istenilen sonuca ulaşamaması da bir yandan çalışma isteğini kırmakta ve diğer taraftan toplum karşısında bu tür çalışmaların imajını da olumsuz etkilemektedir.

Dolayısıyla bu çalışmanın amacı İç Anadolu'nun kurak bölgesinde yer alan Aksaray, Kayalı, Ereğli ve Zengen yörelerindeki tuzlu-sodik toprakların jips ve kükürt uygulaması ile iyileştirilmesidir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın yapıldığı Aksaray, Ereğli ve Karapınar bölgeleri Türkiye'nin en kurak yörelerindedir [24]. Bölgede farklı jeolojik yapılara rastlanmaktadır. Bölgedeki topraklarda kurak sahalarda yaygın olan altta sertleşmiş kireç tabakasına sık rastlanmaktadır. Platonun orta kısmında kireçtaşı, marn, marno-kalker, kiltası, konglomera, kumtaşı ve jips yaygındır. Volkanik hareketler sonucu Hasandağı ve Karacadağ etrafında bazalt, andezit ve tüf oluşumlarına sık sık rastlanmaktadır. Anamateryalin kireç içeriğine bağlı olarak cambisol/inceptisol topraklar yaygındır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. İç Anadolu çalışma sahalarının jeolojik haritası (lejantlar Türkiye jeoloji haritasında yer almaktadır).

İklim ve toprak koşullarına bağlı olarak bölgede doğal ormanlar düzlüklerde görülmemekte ancak dağların belirli yükseltileri arasında çok küçük parçalar halinde oluşabilmektedir (Şekil 2.2). Bölgenin çoğunluğu kuru tarıma ayrılmış sahalardan ve geri kalan büyük bir kısmı da toprak işlenmesi yapılmayan meralardan oluşmaktadır. Vadi tabanlarında ise yer yer bitki örtüsünün sadece öbekler halindeki Juncus'lardan ibaret olduğu tuzlu-sodik sahalara rastlanmaktadır.



Şekil 2.2. Karacağın kuzey yamacında belirli yükselti aralığında bulunan çoğunluğu meşelik olan orman parçası.

## 2.1. DENEME ALANLARININ BELİRLENMESİ İÇİN ÖN ÇALIŞMA

Daha önce yapılan ağaçlandırma çalışmalarında başarısız olan sahalardan 2012 yılında toprak olarak sodik-tuzlu toprak özelliğine sahip olabilecek sahalardan 2012 yılında toprak örnekleri alınarak Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Laboratuvar Başmühendisliği Laboratuvarı'nda gerekli analizler yapıldı. Gerek analizler gerekse işin yapılabilirliği açısından sodik-toprak özelliği gösteren 4 farklı saha çalışma için uygun görülmüştür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Araştırma sahalarının havzadaki konumu.

### 2.1.1. Kayalı

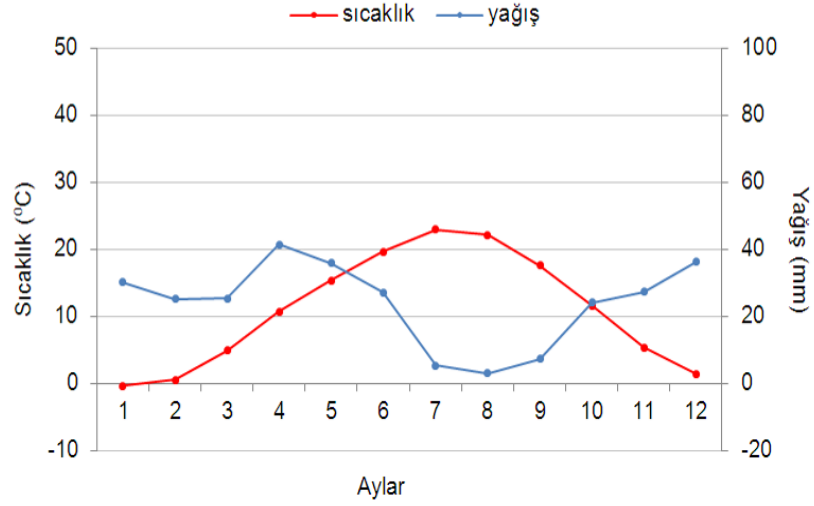
Emirgazi-Kayalı yöresinde seçilen ve coğrafi koordinatları 37.8606 K, 33.7306 D olan sahalar Tarım ve Orman Bakanlığı'nın rüzgâr erozyonu önleme çalışmaları için tahsisini gerçekleştirdiği koruma altına alınmış sahalardır. Sahalar Karapınar-Emirgazi arasında Emirgazi'ye yaklaşık 15 km batıdaki Kayalı kasabasının girişinde bulunan taban arazide yer almakta olup yaklaşık 1040 m ortalama rakıma sahip düz bir arazidir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Kayalı bölgesi rüzgar erozyonu önleme proje sahası.

Sahada toprağın tanecik bileşimi balçıklı-kil yapıda, toprak pH'sı = 8.30-9 arası ve toplam kireç % 19-27 arası ölçülmüştür. Katyon değişim kapasitesi (KDK) yaklaşık 34 Cmolc kg<sup>-1</sup> toprak ve değişebilir Na<sup>+</sup> miktarı 14,6 Cmolc kg<sup>-1</sup> toprak olduğundan ESP yaklaşık % 43 civarında ve dolayısıyla saha kireçli ve tuzlu-sodik özelliktedir (Çizelge 2.1).

Sahaya en yakın meteoroloji istasyonu olan 34 km uzaklıktaki Karapınar meteoroloji istasyonunun verilerine göre sahaların iklim tipi kurak, vejetasyon tipi ise step olarak nitelendirilmektedir. Walter diyagramına göre sahada Mayıs'tan başlayarak güz ortalarına kadar su açığı görülmektedir (Şekil 2.5),[25].



Şekil 2.5. Emirgazi sahalarının Walter iklim diyagramı.

Sahanın civarında verimli orman bulunmamaktadır. Sahada daha önce birkaç kez yapılan ağaçlandırma çalışmaları toprakta drenaj, yıkama vb. çalışmalar yapılmadığı için başarısız olmuştur.

### 2.1.2. Aksaray

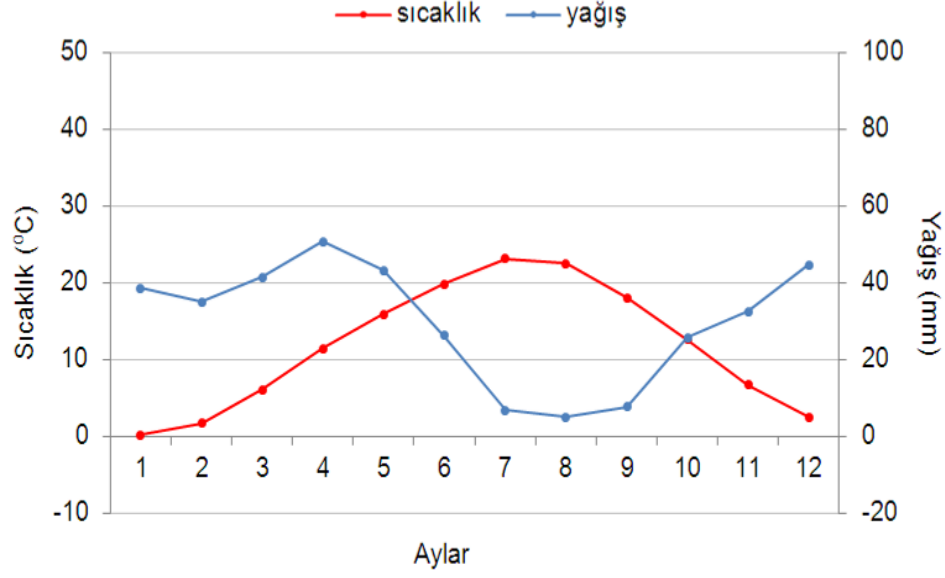
Coğrafi koordinatları 38.3354 K, 33.9847 D olan Aksaray-Adana yolu kenarındaki *Juncus*'larla kaplı taban arazidir. Saha 1100 m ortalama rakıma ve killi-balçık toprak tipine sahiptir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. *Juncus*'larla kaplı Aksaray çalışma sahası.

Toprakta kireç oranı % 3, pH > 8 ve tuzluluk 6 dS m<sup>-1</sup> civarı olup sahada kireçli ve tuzlu-sodik bir toprak yapısı görülmektedir. Topraktaki organik madde miktarı % 2'den azdır.

Eriñç indisine göre sahanın iklimi yarı kurak ve bitki örtüsü step olarak nitelendirilmektedir. Walter diyagramına göre de sahada Mayıs sonu Ekim başına kadar su açığı görölmektedir [25]. Toprak KDK'sı 38 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> toprak ve ESP ise % 36 olarak belirlenmiştir.(Çizelge 2.1). Yine bu sahalarda gerek üniversite ve gerekse belediye tarafından yapılan çalışmalar sahadaki sodik-tuzlu toprak yapısı nedeniyle başarısız olmuştur.



Şekil 2.7. Aksaray İncesu sahalalarının Walter iklim diyagramı.

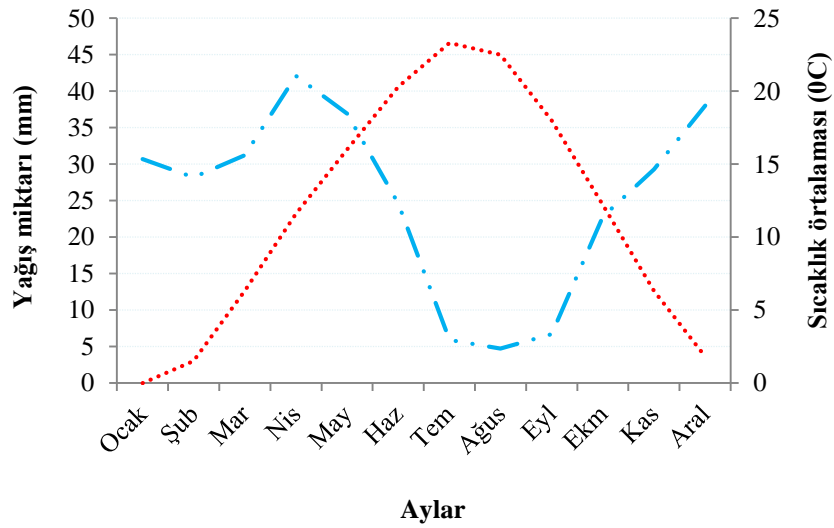
### 2.1.3. Ereğli (Arvasi) ve Zengen

Coğrafi koordinatları 37.6002 K, 33.8958 D olan saha Ereğli'den Karapınar'a giderken yolun batı kısmında kalan çok geniş bir taban arazide yer almaktadır. Saha 1000 m ortalama rakıma sahip düz bir arazidir. Burada çeşitli zamanlarda rüzgar erozyonu önleme çalışmaları yapılmış fakat önemli bir başarı elde edilememiştir. Sahada çok cılız da olsa bazı otsu bitkiler ile yer yer ılgına rastlanabilmektedir (Şekil 2.8). Bu sahanın yaklaşık 20 km doğusunda aynı vadinin devamında Aksaray-Adana yolu kenarında bulunan Zengen sahası iklim ve toprak özellikleri bakımından Ereğli sahasına benzemekte yükselti olarak 30-40 m daha yüksekte yer almakta ve kireç oranı daha düşüktür.



Şekil 2.8. Ereğli rüzgar erozyonu önleme proje sahası.

Ereğli ve Zengen sahalarının her ikisinin de toprak killi toprak özelliğinde, pH=8-8,7 arası, toplam kireç % 50 civarında olup saha çok kireçli tuzlu-sodik toprak özelliğindedir. KDK 29  $\text{Cmol}_c \text{ toprak}^{-1}$  olup ESP % 38'dir (Çizelge 2.1). Erinç indisine göre sahanın iklimi kurak ve bitki örtüsü steptir. Walter diyagramına göre de sahada Mayıs sonundan Ekim başına kadar su açığı görülmektedir, (Şekil 2.9),[25].



Şekil 2.9. Ereğli ve Zengen sahalarının Walter iklim diyagramı.

Çizelge 2.1. İşlemlerin uygulanmasından önce toprağın bazı değişkenlerine ait değerler.

Saha	Toprak türü	pH	KDK (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	ESP (%)	Toplam kireç (% CaCO <sub>3</sub> )	Hacim ağırlığı (g cm <sup>-3</sup> )	EC (dS m <sup>-1</sup> )
Aksaray	Killi balçık	8,3	38	36	7	1,28	6
Zengen	Killi balçık	8,4	37	35	14	1,33	5
Ereğli	Kil	8,7	39	38	49	1,30	7
Kayalı	Balçıklı kil	8,3	34	43	23	1,36	10

## 2.2. JİPS VE KÜKÜRT UYGULAMASI

2012 yazında sahalardaki geçirimsiz alt-tabaka bir traktöre takılı (135 hp) ikili ripelerle kırılarak 80-90 cm derinliğinde alt toprak işleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.10). Daha sonra pullukla yüzeysel toprak işleme sağlanmıştır. Her bir sahada 100 m<sup>2</sup> büyüklüğünde 9 işlem ünitesi oluşturulmuştur. Daha sonra bekolar (eskavatörler) kullanılarak deneme ünitelerinin etrafı yaklaşık 2 metre genişliğinde ve 2 metre derinliğinde kazılıp çıkan toprak deneme ünitelerinin etrafına yığılarak parsellerin birbirlerinden bağımsız havuzlar şeklini alması sağlanmıştır. Ayrıca parseller arasına 7-8 metre genişliğinde tampon bölgeler bırakılmıştır. İşlemlerden sonra yığılan toprak ve operatörün çalışmasına göre büyüklüğü 108 - 112 m<sup>2</sup> arası değişmiştir.



Şekil 2.10. Etrafında drenaj hendekleri açılarak oluşturulan deneme üniteleri.

Her sahada deneme ünitelerinden 3'üne tane çapı < 10 mm olarak öğütülmüş jips ve 3'üne de toz kükürt uygulanmıştır. Ayrıca 3 adet deneme ünitesi de hiçbir uygulama yapılmayan kontrol üniteleri olarak ayrılmıştır. Toprak işlemeden doğabilecek farkı ortadan kaldırmak için kontrol ünitesinde de aynı şekilde alt ve üst toprak işleme gerçekleştirilmiştir. Deneme ünitelerine uygulanan jips ve kükürt miktarının hesabı için daha önce sahalardan alınıp analiz edilen toprak değerleri aşağıdaki denkleme uygulanarak yaklaşık değerler olarak hesaplanmıştır [26, Çizelge 2.2].

$GR = 0.00086FD_s p_b (KDK) ((ESP_i - ESP_f)/100)$ , GR: gerekli jips miktarı ( $kg\ m^{-2}$ ),

F: Ca ile Na'un değişim randımanı (efficiency factor) bu durum için 1 alınabilir.

$p_b$ : Toprağın hacim ağırlığı  $kg\ m^{-3}$

D: yıkanılması istenilen toprak derinliği (bu çalışma için 1 m),

$ESP_i$ : başlangıçtaki ESP değeri,

$ESP_f$ : sonuçta düşürülmek istenilen hedef ESP değeri,

KDK: kation değişim kapasitesi  $Cmol_c\ kg\ toprak^{-1}$

Gerekli kükürt miktarının hesabı;

$$SR = 0.00016D_{sp_b}(KDK) ((ESP_i - ESP_f)/100),$$

SR: gerekli kükürt miktarı ( $kg m^{-2}$ ),

$p_b$ : Toprağın hacim ağırlığı  $kg m^{-3}$

D: yıkanılması istenilen toprak derinliği (bu çalışma için 1 m),

ESP<sub>i</sub>: başlangıçtaki ESP değeri,

ESP<sub>f</sub>: sonuçta düşürülmek istenilen hedef ESP değeri,

KDK: kation değişim kapasitesi  $Cmol_c kg^{-1}$  toprak

Yapılan hesaplamalar sonucu her bir sahaya uygulanan yaklaşık jips ve kükürt miktarları

Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Sahalara uygulanan kimyasal oranları.

Saha	Hedef ESP (%)	Toprak derinliği (cm)	Uygulanan jips ( $kg m^{-2}$ )	Uygulanan kükürt ( $kg m^{-2}$ )
Aksaray	10	100	10,9	2,0
Zengen	10	100	10,7	2,0
Ereğli	10	100	11,0	2,1
Kayalı	10	100	13,1	2,4

Uygulamalarda kullanılacak jips ve kükürt oranlarından faydalanılarak her bir deneme ünitesi için kullanılacak miktarlar malzemenin saflık miktarları (alçı % 96 ve kükürt % 85) ve sahanın alanına göre hesaplanmış ve sahalara getirilen malzemeler işçilerle parsellere homojen bir şekilde serilip tırmıklar kullanılarak toprakla karıştırılmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Deneme ünitelerine kükürt ve jips uygulaması.

Daha sonra Aksaray ve Ereğli Belediyesi'nin bitkileri sulamak için kullandığı analizi yapılmış sulardan tankerlerle getirilerek yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tankerlerden salınacak sularda önce vanalarda debi hesabı yapıp süre tutularak her bir deneme ünitesine yaklaşık 30 cm yüksekliğinde 8 saat aralıklarla 3 kez su verilerek topraktaki sodyumun jips ve kükürt ile yıkanması sağlanmıştır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Deneme ünitelerinin yıkanması.

### 2.3. ÖRNEKLEMELER

Kimyasalların toprağın geçirgenliğine etkisini belirlemek için 2015 ve 2016 yaz sonu sonbahar başında infiltrasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sadece toprak işlemeden kaynaklanan değişkenliği kontrol etmek için toprak işleme yapılan deneme üniteleri ve deneme ünitelerinin dışında (tel örgünün dışında) işlem görmemiş sahalarda da 3'er adet infiltrasyon ölçümleri yapılmıştır.

Ölçümler çift silindir yöntemi ile yapılmıştır. İç içe geçen halkalar yere yaklaşık 5 cm kadar çakılarak içteki silindire ölçüm şamandırası yerleştirilip iç halka ve dış halka aynı yükseklikte olacak şekilde suyla doldurulmuş ve kronometrelerle belirli zamanlarda su seviyesindeki düşüş miktarları kaydedilmiştir (Şekil 2.12). Ölçümler su seviyesinin birim zamandaki düşüş miktarı sabitlenene kadar devam etmiştir [27].



Şekil 2.13. Deneme ünitelerinde infiltrasyon ölçümleri.

Su seviyesindeki birim zamanda düşüş miktarının sabitlenmesi bazı sahalarda 2-3 saati bulduğundan her deneme ünitesi için yaklaşık yarım gün harcanmıştır.

Uygulamadan sonraki toprak özelliklerindeki değişimini belirlemek için her deneme ünitesinden yerleri rastgele belirlenen beş noktadan toprağın ilk 20 cm'sinden iki set toprak örneği alınmıştır. Birinci set toprak örneği hacim ağırlığı için 200 cm<sup>3</sup>'lük silindirlerle (AMS Soil Core Sampler) alınmıştır. İkinci setteki örnekler fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılmıştır. Alınan örneklerde toprağın hacim ağırlığı, iskelet oranı (kuru eleme Ø > 2 mm) tekstürü, kireç içeriği, pH, tuzluluk, KDK, ESP ve SAR değerleri analizleri yapılmıştır [28],[29].



Şekil 2.14. Açılan toprak profili ve kurutulan toprak örneklerinden görünüm.

Toprakların tanecik bileşimi (tekstür) analizleri Bouyoucos Hidrometre Yöntemi'ne göre yapılmış ve örneklerin kum, kil ve toz miktarlarına göre Uluslararası Tekstür Üçgeni'nden yararlanılarak belirlenmiştir [29]. Toprağın asitliğini ve elektrik iletkenliğini belirlemek için hava kurusu toprak örnekleri (< 2 mm) saf su karışımı ile pH metre ve iletkenlik ölçer kullanılarak çözelti asitliği ve tuzluluğu olarak belirlenmiştir [28],[30]. Toplam kireç içeriği Scheibler Kalsimetresi ile ölçülmüştür [31]. Katyon değişim kapasitesi (KDK) tayini için NH<sub>4</sub>OAc ekstraksiyonu kullanılmıştır [28].



Şekil 2.15. Laboratuvarında fiziksel analiz ile bazı kimyasal analizlerden görünüm.

## 2.4. İSTATİSTİKİ ANALİZLER

Analizler araştırmanın genel deseni olan rastgele blok desenine uygun olarak yapılmıştır. Sonuçlar  $\alpha = 0,05$  düzeyinde istatistiki olarak farklı kabul edilmiş ve daha küçük p-değerleri elde edilen değişkenler için Tukey ortalamaları ayırma testi uygulanmıştır. İstatistiki analizler için SAS programından yararlanılmıştır [32].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

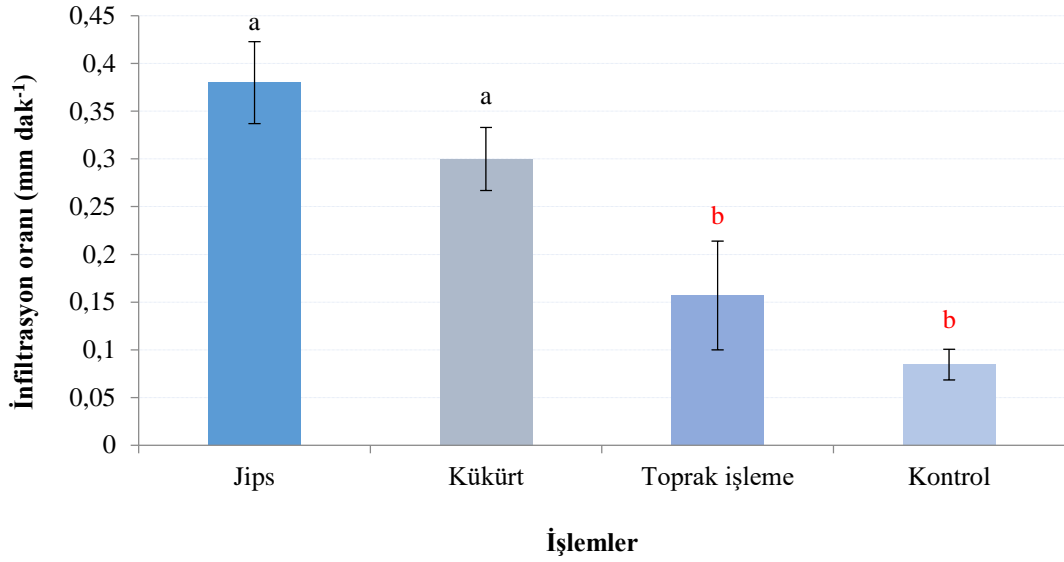
#### 3.1. BULGULAR

Uygulamadan üç yıl sonra Jips ve kükürt uygulanan sahalarda kontrol sahalarına göre ESP değerinin % 59 azaldığı belirlenmiştir (P-değeri = 0.002; Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Uygulamadan üç yıl sonra Toprağın pH ve ESP değerleri ortalaması  $\pm$  standart hata. Her değişken için aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha = 0.05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Kimyasal işlem	pH	ESP (%)
Jips	7,8 $\pm$ 0,3a	14 $\pm$ 6b
Kükürt	7,6 $\pm$ 0,5a	13 $\pm$ 4b
Kontrol	8,2 $\pm$ 0,4a	33 $\pm$ 6a

Yapılan ölçümler her iki kimyasalın da toprağın infiltrasyon oranını önemli oranda arttırdığını göstermiştir (P-değeri = 0,0001; Şekil 3.1). Toprağı işlenmiş fakat kimyasal uygulanmamış kontrol sahaları ile toprağın işlenmediği bitişikteki sahalarda infiltrasyon oranı bakımından önemli bir fark belirlenmemiştir.



Şekil 3.1. İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından üç yıl sonra toprağın infiltrasyon oranları ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha = 0.05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Fakat toprağın işleme + kimyasal uygulamasının, hiç işlem yapılmama durumuna göre sahalardaki infiltrasyon oranını önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 3.1). İkinci yılın sonunda kimyasallardan jips uygulaması daha iyi sonuç vermesine rağmen üçüncü yıl sonunda yapılan ölçümlerde toprağın infiltrasyon oranında her iki kimyasal uygulanan sahalarda arasında önemli bir fark görülmemektedir.

### 3.2. TARTIŞMA

Kurak saha ağaçlandırmaları rüzgar perdesi oluşturarak erozyonu önleme, yaban hayatını koruma ve artan talepleri karşılayacak rekreasyon alanları sunma gibi topluma birçok ekosistem hizmetleri sağlamaktadır. Ayrıca bu tür çalışmalarla sahalarda taşıma kapasiteleri ölçüsünde mera alanlarının orman alanları ile entegrasyonu sağlanarak üretim kapasiteleri de artırılabilir.

Yağmur sularının kök bölgesindeki tuz ve fazla sodyumu yıkamaya yetmediği kurak ve yarı-kurak bölgelerde tuzluluk ve sodiklik sorunlarıyla sık sık karşılaşmaktadır. Geçirgenliğin ve su hareketinin zorlandığı toprak koşullarında suyun aşağılara doğru drenaj yoluyla süzülmesi oldukça güçleşmektedir. Sodiklik erozyona yakınlığı arttırmakta ve bitki büyümesini engellemektedir [33]. Dolayısıyla bu sahalarda geri kazanımı (reclamation) veya en azından tuzluluk ve sodiklik etkisinin azaltılmasına

yönelik yöntem ve tekniklerin bulunması oldukça önemli ve gereklidir.

Bu tip sodik sahaların geri kazanımı sahaya jips ve kükürt uygulanıp ardından yıkanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir [34]-[37]. Jips  $\text{Na}^+$  ile yer değiştirecek olan  $\text{Ca}^{2+}$ um doğrudan kaynağıdır. Sülfürik asit ise kalsitin çözünürlüğünü arttırmaktadır. Şimdiki çalışmada uygulamadan üç yıl sonra, jips ve kükürt uygulanan sahalardaki toprağın ESP değeri kontrol sahalarındakine göre yaklaşık % 59 azalmıştır. Ürdün'ün güneyinde bulunan, kumlu balçık Typic Xerachrept olarak sınıflandırılan ve tuzlu-sodik özellik gösteren bir toprakta yapılan çalışmada 5-40  $\text{Mg ha}^{-1}$  arası oranlarda fosfojipsüm ve kalsiyum klorit uygulaması sonucunda bütün kimyasal uygulama oranlarının toprağın ESP değerini % 90'a varan oranlarda düşürdüğü tespit edilmiştir [38]. Şimdiki çalışmanın yaklaşık 100 km batısında ve aynı havzada bulunan tarım alanlarında benzer bir çalışma gerçekleştirmiştir. Başlangıç değerleri  $\text{ESP} = \% 40$ ,  $\text{EC} = 40.6 \text{ dSm}^{-1}$  ve  $\text{CaCO}_3 = \% 30$  olan toprağa 27-87  $\text{Mg ha}^{-1}$  jips uygulanmıştır. Uygulamadan sonra toprağın yıkanması için 150 cm su kullanılmış ve ESP değeri % 10'un altına düşürülmüştür [39]. Yine aynı yörede fakat çok daha küçük ölçekli bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Uygulama yapılan sahalardaki topraklar killi balçık türünde olup bu topraklarda  $\text{pH} = 7,87-8,25$ ,  $\text{EC} = 9,30-26 \text{ dSm}^{-1}$ ,  $\text{ESP} = \% 22-27$  ve  $\text{CaCO}_3 = \% 30-50$  olarak belirlenmiştir. Hektara 10  $\text{Mg}$  kükürt ile 10 ve 30  $\text{Mg}$  jips uygulayıp 210 cm su ile yıkama yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda çözünebilen tuzların % 80 yıkanabilmesi için yıkanması istenen derinliğin en az iki katı kadar suya gerek olduğunu hesaplanmıştır [40]. Şimdiki çalışmada uygulamadan üç yıl sonra ESP değeri hala hedeflenen % 10'un üzerinde ölçülmüş fakat yıllar itibariyle yavaş yavaş düştüğü gözlemlenmiştir. Bu çalışmada yıkama için 90 cm su kullanılmıştır. Bu su miktarı ilk çalışmadan % 40 ve ikinci çalışmada kullanılan ise % 57 daha azdır. Restorasyon sürecinde hem kimyasal uygulamasının hem de derin toprak işleminin her ikisinin de topraktaki hidrolik iletkenliği arttırdığı kabul edilmektedir. Fakat elde ettiğimiz veriler sadece toprak işleme yapılan ile hiç toprak işleme yapılmamış bitişikteki sahalarda arasında infiltrasyon oranında bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Toprak işleminin hemen sonra kısmen bir iyileşme görülse de fazla sodyum yıkanmadığı sürece işlemin etkisi bir süre sonra kaybolmaktadır. Toprak işleme + kimyasal uygulama yapılan sahalardaki infiltrasyon oranı ise toprak işleme yapılmayan sahalara göre önemli oranda artmıştır. İğdir ovasındaki 250 mm yağış alan ve  $\text{EC} = 8-12 \text{ dSm}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 8,3-9,5$  ve  $\text{ESP} = \% 45-60$  değerlerine sahip bir tozlu kil toprakta 5 kez 6 cm su uygulamasıyla infiltrasyon oranının önemli oranda arttığı belirlenmiştir [35]. Şimdiki çalışmada ikinci yıl sonunda en iyi sonucu jips uygulaması göstermesine rağmen üçüncü yıl sonunda kimyasal

uygulanan sahalarda arasındaki fark kapanmıştır. Bu sonuç atılan kükürtün zaman geçtikçe sülfirik aside dönüşümünün devam etmesinden kaynaklanabilir. Yapılan diğer bir çalışmada kükürt uygulanan sahalardaki (2,25 cm saat<sup>-1</sup>) infiltrasyon oranı kontrol sahalardakine (2 cm saat<sup>-1</sup>) göre % 13 artmıştır. Hektara 1 ve 3 Mg jips uygulaması ise infiltrasyon oranını sırasıyla % 7 (2.14 cm saat<sup>-1</sup>) ve % 12 (2.24 cm saat<sup>-1</sup>) arttırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre kükürdün jipsten daha etkili olduğu görülmektedir [36]. Orta güney İran'da bulunan kireçli, tuzlu-sodik özelliğindeki ve % 20.7 CaCO<sub>3</sub>, EC = 19,8 dS m<sup>-1</sup> ve SAR = 32 değerlerine sahip bir Typic Haplosalids toprağa laboratuvar ortamında 5,2 g kg<sup>-1</sup> jips uygulaması yapılmıştır. Yaklaşık bir aylık bir inkübasyon döneminden sonra bir kısmına sadece su ve bir kısmına da dört ay boyunca sülfirik asitli su uygulanmıştır. Uygulamalar sonucunda mono ve divalent katyonlar ile EC ve SAR değerlerinde önemli düşüşler kaydedilmiştir. Suya sülfirik asit uygulaması sadece SAR değeri ile K<sup>+</sup> ve Mg<sup>++</sup> değerlerinde önemli düşüşlere neden olmuştur [41]. Kükürdün bu tür topraklarda etkili olabilmesi için önce bakteriler (Thiobacillus) tarafından sülfirik aside dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşümü gerçekleştirecek oksitlenme işlemi ılık, iyi havalandırılmış ve nemli koşullar gerektirdiğinden bu tür çalışmalarda toprak iyileştirici olarak kükürt uygulaması zaman alıcı işlem olabilir ve bu süreç birkaç aydan birkaç yıla kadar sürebilir [42]-[44]. Yapılan başka bir çalışmada jips uygulanmış sahalara 3 farklı mantar uygulaması yapmışlar ve mikrobiyal uygulamanın hidrolik iletkenliği önemli oranda (0,101 cm saat<sup>-1</sup> vs. 0,060 cm saat<sup>-1</sup>) arttırdığı belirlemiştir. Araştırmacılar bu artışın nedenini mikroorganizmalar tarafından salınan organik asitlerin jips ve toprakta bulunan kirecin çözünürlüğünü arttırmasına bağlamaktadırlar [45]. Bu nedenle kükürt uygulaması ile jips uygulaması arasındaki farkın önemli bir kısmı Na<sup>+</sup>'yı kolloidlerden yer değiştirecek olan Ca<sup>++</sup>'nın ortama sunulmasıyla ilgilidir. Bozulmuş olan toprak mimarisinin iyileştirilmesi süre gerektirdiğinden sodik toprakların iyileştirilmesi de zaman almaktadır. Bu nedenle ilk yıllarda elde edilen verilerde önemli değişkenlikler ortaya çıkabilir ve işlemler arasındaki asıl fark birkaç yıl sonra ortaya çıkabilir. Pakistan'da yapılan bir çalışmada ise tuzlu sodik topraklarda gerekli jips miktarının % 20'si oranında sülfirik asit uygulaması yaparak 2,5 yılda toprağın hızlıca iyileştiğini belirlemişlerdir [46].

Bu tür sorunlu sahalarda restorasyonu pahalı bir uğraştır. Çalışmada kullanılacak kimyasallar ve su miktarı önemli bir maliyet getirebilir. Fakat daha önce gerçekleştirilen ve başarısız olan sahalarda yapılan yatırımlar ile sahalarda restore edilmesi sonucu erozyonun durdurulması, tarım ve mera alanlarının veriminin arttırılması, yaban hayatının iyileştirilmesi vb. ekosistem hizmetlerinin sağlayacağı faydalar dikkate

alındığında bu tür çalışmaların uygulamacılar ve yerel yönetimler için önemli bir seçenek olabileceği düşünülmektedir. Bölgedeki tortul depozitlerde jips çıkarıldığı için bu malzemenin ucuz olarak temini mümkündür. Ayrıca kritik yerlere verilecek önceliklerle su kullanım miktarında da düzenlemeler yapılabilir. Öncelikle erozyonun durdurulması gereken kritik noktalar belirlenip rüzgâr perdesi amaçlı bir kuşak belirlenebilir. Örneğin her 100 metre mesafe için yaklaşık 30 metrelik bir ağaçlandırma şeridinde toprak yıkaması dikim gerçekleştirilebilir. Önceliği daha düşük diğer sahalarda ise daha uzun vadede sonuç alınması düşünülüp bu sahalarda işlendikten sonra jips uygulaması yapıp uzun sürede doğal olarak yavaş yavaş toprağın yıkanması beklenebilir veya bu sahalara da sığ köklü otsu veya çalısı türlerinin gelmesini sağlayacak daha sığ toprak yıkaması çok daha az miktarda su ile gerçekleştirilebilir.

Bu tür çalışmalardan elde edilecek veriler kısa vadede çok değişken olabileceği için ilk yıllardaki veriler uygulamaların başarılı olup olmayacağı hakkında yön vermektedir. Dolayısıyla bu şekilde uygun deneme desenleri oluşturularak kurulan sahalardan uzun vadede periyodik veriler elde edilmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bakımdan şimdiki sahalarda çalışmanın bitimi sırasında tüm dikenli telleri kontrol edilerek gerekli koruma önlemleri tekrar alınmış ve sahalarda bulunduğu bölgelerin orman idareleri ile gerekli görüşmeler yapılmıştır.

Ayrıca bölgede ağaçlandırma amaçlı sahalarda kapatılmasına köylülerin yoğun itirazları olduğu görülmektedir. Bu amaçla sahalarda bulunduğu yere yakın köylere gidilerek çalışmanın köylünün meralarını etkileyecek büyüklükte olmadığı ve bu deneme sahalardaki korunmasının köylüler için mera kalitesi, rekreasyon, erozyonu önleme vb. faydaları olduğu anlatılarak sahalarda korunması gerektiği konusunda görüşmeler yapılmıştır.

## 4. SONUÇLAR

İklim ve toprak koşulları dikkate alındığında bu sahalardaki ağaçlandırma çalışmalarının pratikte uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği sürekli olarak sorulan sorulardandır. Bu kurak sahaların çoğu verimli orman kurması açısından son derece marjinal sahalardır ve bu sahaların çoğu mera olarak kullanılmaktadır. Fakat bu sahalarda yapılan ağaçlandırma çalışmaları toprağı koruma, halkın rekreasyon ihtiyacını karşılama, yaban hayatına habitat sunma ve diğer ekolojik hizmetleri karşılama potansiyeline sahiptir. Ayrıca bu tür bozuk sodik sahaların restorasyonu iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına da yardımcı olabilir.

Bu sahalardaki ağaçlandırma çalışmaları 1950'li yıllarda çok küçük bir ölçekte deneyimli personel, bilgi ve teknoloji eksikliğinin olduğu koşullarda başlamıştır. Önceki çalışmalardan elde edilmiş uygun bir deneme deseni olan ve sonuçların sistematik bir şekilde sunulduğu çalışmaların oldukça kısıtlı olması uygulamacıların karşılaştığı en önemli sorundur. Uygulama çalışmalarında elde edilen önemli bilgiler ve tecrübeler olmasına rağmen bu olumsuz koşullarda dikilen fidanların tutma oranlarını ve büyüme performanslarını arttıracak alternatif toprak iyileştirme teknikleri ve silvikültürel tedbirlerin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Uygun deneme desenine sahip sistematik veri üretecek deneme çalışmaları benzer sahalardaki uygulamalara da önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu tür deneme çalışmalarından elde edilen sonuçlar erozyonu önleme amaçlı yoğun ağaçlandırma çalışmalarının başarısına önemli katkılar sağlayabilir. Şimdiki çalışmadan elde edilen ilk veriler jips ve kükürt uygulamasının sodyumu toprak profilinden yıkadığını ve toprağın infiltrasyon kapasitesini arttırdığını göstermiştir. Bu çalışmadan elde edilen ve takip edecek yani çalışmalardan elde edilecek özellikle uzun vadeli sonuçların yöredeki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] R. Brinkmann, "Geology of Turkey," *Elsevier Scientific Publishing Company*, New York, 1976.
- [2] N.Balcı, *Kurak ve nemli iklim koşulları altında gelişmiş bazı orman topraklarının erodibilite karakteristikleri*, İstanbul,Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1978, Yayın No: 2402. O.F. Yayın No: 248.
- [3] O. Yıldız, E. Altundağ, B. Cetin, Ş.T. Guner, , M. Sargıncı, B. Toprak, "Afforestation restoration of saline-sodic soil in the Central Anatolian Region of Turkey using gypsum and sulfur," *Silva Fennica*, 51: 1B, ID 1579: pp.1-17,2017.
- [4] O.Yildiz, E.Altundağ, B. Çetin, Ş.T. Güner, M. Sargıncı, B.Toprak, " Experimental arid land afforestation in Central Anatolia, Turkey," *Environmental Monitoring and Assessment*, pp. 355, 2018a.
- [5] O. Yildiz, B. Çetin, D. Eşen, , İ. Gürsoy ve R. Sert, İç Anadolu'nun Karasal Ekosistemlerindeki Ağaçlandırma Çalışmalarında Kızılçam (*P. brutia* Ten) Bir Seçenek Olabilir Mi? Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, 18-19 Ekim, 2018, Girne KKTC, ss: 435-439
- [6] H.E. Dregne, *Soils of arid regions*, Developments in soil science 6. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. pp. 1-237, 1976.
- [7] L.A. Richards,. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture*. Washington, D.C., 1954, Soil and Water Conservation Research Branch
- [8] R.J. Rickson, *Conserving soil resources European perspectives*, Wallingford,UK. : CAB International, 1994, pp.1-448.
- [9] B. Atwell, P.E. Kriedemann, C.G.N.Turnbull (eds.), *Plants in action*, Macmillan Education Australia PTY, South Yarra, 1999, Salt: an environmental stress, pp. 546-574.
- [10] R.F. Fisher, D. Binkley, *Ecology and management of forest soil*, 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley and Sons, New York, USA: John Wiley and Sons, 2000, pp. 1-362
- [11] J.Mzezewa, J. Gotosa, B. Nyamwanza *Characterization of a sodic soil catena for reclamation and improvement strategies*, 2003, Geoderma (113), pp. 161-175
- [12] N.C. Brady, and R.R. Weil. *The Nature and Properties of Soils*, 12th Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1999. pp. 881.
- [13] G.Sposito, S.V.Mattigod "On the chemical foundation of the sodium adsorption ratio," *Soil Science Society of America Journal* 41, pp. 324-329, 1977.
- [14] M. Boydak, S. Çalışkan, Ağaçlandırma.CTA., Ankara, Tanıtım Rek. Hiz. Org. Basın Yayın Bil.San. ve Tic Ltd. Sti., 2014.
- [15] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, *AGM Faaliyetleri*, Ankara, Türkiye:Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayınları, 2009.

- [16] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Seferberliği Eylem Planı (2008-2012)*, Ankara, 2012a.
- [17] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı (2008-2012) Gerçekleşme Raporu*, Ankara, 2012b.
- [18] H. Dirik, "Üç yerli çam türünün (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn. *Subsp. pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) kurak periyottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizi," *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A-44: 111-121, 1994.
- [19] M. Dündar, "Ankara civarındaki bazı karaçam ve sarıçam kültürlerinde görülen kurumalarla iğne yapraklardaki besin maddeleri konsantrasyon seviyeleri arasındaki ilişkiler," *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten serisi No. 53*, 1973.
- [20] A.İrmak, "Türkiye’de ormanın yetişmesine hakim olan genel faktörler ve Türkiye’de ağaçlandırmalardaki ekolojik problemler," *İstanbul Üniversitesi Yayınlarından No. 1037. Orman Fakültesi No. 92*, 1963.
- [21] A. İrmak, "Ormancılıkta gübreleme deneylerinin verdiği pratik sonuçlar ve Türkiye’de tatbik imkanları," *İstanbul Üniversitesi Yayınlarından Seri: 1 Cilt:9 Sayı:1*, 1961.
- [22] İ.Atay, "Genel ve teknik yöntemleri ile Türkiye’de ağaçlandırma," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1543, O.F. Yayın No: 158*, 1970.
- [23] M.D.Kantarıcı, "Türkiye’nin yetiştirme ortamı bölgesel sınıflandırması ve bu birimlerdeki orman varlığı ile devamlılığının önemi," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü. Yayın No: 1558, O.F. Yayın No. 484*, 2005.
- [24] A.Ceylan, S. Akgündüz, Z.Demirörs, A.Erkan, S. Çınar, Özevren, " I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu," Konya, 16-18 Haziran 2009.
- [25] H. Walter, *Vegetationszonen und Klima*, Stutgard, E. Ulmer, 1970.
- [26] I.Lebzon, D.L.Suarez, T.Yoshida, "Gypsum effects on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation," *Soil Science Society of America Journal* 66, pp. 92-98, 2002.
- [27] H.Bouwer, *Methods of soil analysis, Part 1 – Physical and mineralogical analysis. Intake rate: cylinder infiltrometer<sup>2</sup>*, Madison, Wisconsin: 1986, Knute A. (ed.) American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, pp. 825–844.
- [28] M.E.Sumner, W.P.Miller, *Methods of Soil Analysis - Part 3 - Chemical methods* Madison, Wisconsin : Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996, pp.1201–1229.
- [29] G.W.Thomas, *Methods of soil analysis – Part 3. Chemical methods*, Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 1996, Sparks D.L., Page A.L., Helmke P.A., Loeppert R.H., Soltanpour P.N., Tabatabai M.A., Johnston C.T., Sumner M.E. (eds.), pp. 475–490.
- [30] G.W Gee, J.W.Bauder, *Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical analysis. 2<sup>nd</sup> ed.*, Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 1986, pp. 383–411.
- [31] R.H.Loeppert, D.L Suarez. *Methods of soil analysis – Part 3. Chemical methods*, Madison, Wisconsin : Society of Agronomy and Soil Science Society of America,

- 1996, pp. 437–474.
- [32] SAS Institute, Inc. 1996. SAS/STAT users guide, Version 6.12., Cary, North Carolina. available: <http://www.sas.com>
- [33] M. Pessarakli, I. Szabaoics, "In: Pessarakli M. (ed.) Handbook of plant and crop stress," *Soil salinity and sodicity as particular plant and crop stress factors* 3rd edition, CRC Press, Florida, 2011.
- [34] Ö. Anapalı, "İgdir ovasında ıslah edilen toprakların yeniden tuzlulaşması üzerine bir araştırma," *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27 (4), ss. 507-516, 1996.
- [35] Ö. Anapalı, A Hanay, V. Tosunoğlu, "Sodyumlu toprakların ıslahında kullanılan jipsin toprağa değişik oranlarda karıştırma ve toprak yüzeyine serpmenin infiltrasyon hızı üzerine etkisi," *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27, pp. 203-212, 1996.
- [36] A.M. Yılmaz, "Konya ovasında tuzlu-sodyumlu topraklarının ıslahı üzerine bir araştırma," Doktora tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya,2001.
- [37] U.Şahin, S. Eroğlu, F. Sahin , *Microbial application with gypsum increases the hydraulic conductivity of saline-sodic soils*, 2011, *Applied Soil Ecology* 48, pp. 247-250.
- [38] K.H. Oedekoven, *Afforestation in arid zones*, Israel: United Arab Republic, 1970, In: Kaul R.N., Junk Dr. W. N.V.(eds.) .
- [39] L.Taş, A.Öztürk, "Karaman-Ayrancı tuzlu alkali topraklarının ıslahında jips kullanımı," *KSU*, pp. 1-14, 2011.
- [40] A.M. Yılmaz, "Konya ovasında tuzlu-sodyumlu topraklarının ıslahı üzerine bir araştırma," Doktora tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya.,2001.
- [41] M. Mahmoodabadi, N.Yadanpanah, L.R.Sinabas, E. Pazira, A.Neshat, *Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): Redistribution of soluble cations with the soil profile*, *Agricultural Water Management*, 2013, pp. 30-38.
- [42] M.A.Gharaibeh, N.I. Eltaif, A.A. Albalasmeh , "Reclamation of highly calcareous saline sodic soils using *Atriplex halimus* and byproduct gypsum," *International Journal of Phytoremediation*, pp. 873-883, 2011.
- [43] R.Keren, G.A. O'Connor, "Gypsum dissolution and sodic soil reclamation as affected by water velocity," *Soil Science Society of America Journal*, pp. 726–732, 1982.
- [44] J.D.Oster, H. Frenkel, "The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime," *Soil Science Society of America Journal*, pp. 41–45, 1980.
- [45] U. Şahin, S.Eroğlu, F. Sahin "Microbial application with gypsum increases the hydraulic conductivity of saline-sodic soils," *Applied Soil Ecology* ,pp. 247-250, 2011
- [46] M.Sadiq, G. Hassan, S.M. Mehdi, N. Hussain, M.Jamil, *Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application*, *Soils of arid regions. Developments in soil science 6*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 2007. *Pedosphere* 17 (2) , pp. 182-190.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Burak ALTINAY  
Doğum Tarihi ve Yeri :15.12.1976 / Ereğli-Konya  
Yabancı Dili :İngilizce  
E-posta :burakaltinay@ogm.gov.tr

## ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Orman Müh.	Süleyman Demirel Üniversitesi	1999
Lise		Ereğli Lisesi	1994

## YAYINLAR

[1] O. Yıldız, B. Çetin, M. Sargıncı, B. Toprak, İ. Gürsoy, B. Altınay, H. Arslan, C. Mua, F. Ayyüce, Ö. Mutlu, A.H. Dönmez, Y. Kokaş, A. Yapar, D. Güner, U. Şahin, “İç Anadolu’da Ağaçlandırma Çalışmaları”, *Journal of Forestry*, c.14, s.1, ss.1-20, 2018