



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

**TÜTÜN BİTKİSİNİN FARKLI SULAMA
DÜZEYLERİ VE KADMIYUM DOZLARINDA
TOPRAKTAN AĞIR METAL ALIMININ
ARAŞTIRILMASI**

VOLKAN GÖKSÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Antakya/HATAY
Temmuz – 2009**

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜTÜN BİTKİSİNİN FARKLI SULAMA DÜZEYLERİ VE
KADMIYUM DOZLARINDA TOPRAKTAN AĞIR METAL
ALİMİNİN ARAŞTIRILMASI

VOLKAN GÖKSÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

Yrd.Doç.Dr. Derya ÖNDER danışmanlığında hazırlanan bu tez 24/07/2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Derya ÖNDER

Başkan

Prof. Dr. Sermet ÖNDER

Üye

Yrd. Doç. Dr. Hatice DAĞHAN

Üye

Bu tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Bünyamin YILDIZ

Enstitü Müdür Vekili

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
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Bitki Materyali	14
3.1.2. Deneme Toprağı	14
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Bitkinin Çimlendirilmesi	15
3.2.2. Toprak Hazırlığı	15
3.2.3. Saksı Denemesi	16
3.2.4. Morfolojik Gözlemler	17
3.2.5. Klorofil Ölçümü	17
3.2.6. Bitki Örneklerinin Hazırlanması	18
3.2.7. Zn, Cu, Fe, Mn, Analizi ve Ölçümü	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	19
4.1. Sulama Suyu ve Evapotranspirasyon Miktarı	19
4.2. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkileri	22
4.3. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Yaprakların Klorofil İçerikleri Üzerine Etkileri	24
4.4. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin En ve Boy Gelişimi ile Yaprak Sayısı Üzerine Etkileri	26
4.5. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin Kuru Ağırlığı Üzerine Etkileri	28

4.6. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin Besin Elementi Alımı Üzerine Etkileri	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR	39
TEŞEKKÜR	44
ÖZGEÇMİŞ	45

I

ÖZET

TÜTÜN BİTKİSİNİN FARKLI SULAMA DÜZEYLERİ VE KADMIYUM DOZLARINDA TOPRAKTAN AĞIR METAL ALIMININ ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada, ağır metallerle kirlenmiş tarım alanlarının temizlenmesi için farklı su düzeylerinde(SD) ve farklı kadmiyum dozlarında(Cd) yetiştirilen tütün bitkisinin topraktan ağır metal alımına etkisi araştırılmıştır. Araştırmada dört farklı sulama düzeyi(SD) uygulanmıştır: SD₁₀₀ : sulama suyu ihtiyacı tam olarak karşılanmış, SD₆₆: sulama suyu ihtiyacının %66'sı karşılanmıştır, SD₃₃: sulama suyu ihtiyacının %33'ü karşılanmıştır. Toprağa üç farklı kadmiyum dozu uygulanmıştır: Cd₁: 0 mg Cd kg⁻¹, Cd₂: 3.0 mg Cd kg⁻¹ ve Cd₃: 5.0 mg Cd kg⁻¹'dir.

Araştırmada, uygulanan sulama düzeyi ve kadmiyum dozlarına bağlı olarak topraktan ne miktarda Cd, Zn, Cu, Fe, Mn elementlerinin alındığı da incelenmiştir.

Araştırma süresinde SD₃₃, SD₆₆ ve SD₁₀₀ konularına toplam olarak sırasıyla, 1772, 2543 ve 3318 gr sulama suyu uygulanmıştır. Toplam 10 kez sulama yapılmıştır. Evapotranspirasyon değerleri Cd₀ dozundan Cd₃ dozuna çıkınca artmakta, fakat Cd₅ dozuna ulaşıldığında azalmaktadır. Buna bağlı olarak kadmiyum dozunun normal sınırlar üzerine çıkması durumunda bitkinin su alımında bir azalma etkisi ortaya çıkmaktadır. Topraktaki Cd dozunun 5 mg Cd kg⁻¹ gibi yüksek dozda olması durumunda topraktan en fazla Cd kaldıran konu SD₃₃ olmaktadır. Dolayısıyla, bitkinin en fazla ağır metal alımının su stresinin yoğun olduğu koşulda gerçekleştiği belirlenmiştir. En fazla Mn alımını, sulama düzeyinin en düşük olduğu stresli koşulda gerçekleşmektedir. Bitkilerin yeşil aksamındaki Zn, Fe konsantrasyonlarına, uygulanan sulama düzeyleri ve Cd dozlarının etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Cd dozunun artışı ile bitkideki Cu değerindeki azalma %1 önem düzeyinde önemli, diğer uygulamaların Cu değerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

2009, 45 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sulama, Ağır Metal, Fitoremediasyon, Tütün

II

ABSTRACT

DETERMINATION of HEAVY METAL UPTAKE of TOBACCO at DIFFERENT IRRIGATION and CADMIUM LEVELS

The aims of this study was to determine heavy metal uptake of tobacco plant at different irrigation (SD) and cadmium (Cd) levels under the heavy metal polluted agricultural lands. Three different irrigation levels: SD₁₀₀: 100 % of water consumption of tobacco was given, SD₆₆: 66% of water consumption of tobacco was given, SD₃₃: 33% of water consumption of tobacco was given. Three different Cd doses were applied: Cd₀: 0 mg Cd kg⁻¹, Cd₃: 3.0 mg Cd kg⁻¹ and Cd₅: 5.0 mg Cd kg⁻¹.

In the present study, Cd, Zn, Cu, Fe, Mn uptake at different irrigation and Cd levels were determined. During the study, 1772, 2543 and 3318 g of irrigation water were supplied for SD₃₃, SD₆₆ and SD₁₀₀ irrigation levels, respectively. Tobacco plants were irrigated 10 times. Evapotranspiration values were increased with the increasing Cd content from Cd₀ to Cd₃, but it was decreased at the Cd₅ level. It was determined that increased Cd content above the normal level decreased the water uptake of tobacco. When Cd content was 5 mg Cd kg⁻¹, the highest Cd uptake was recorded at SD₃₃. It was determined that the highest heavy metal uptake was occurred when the water stress was the highest. The highest Mn uptake was recorded when the irrigation level was the lowest. The Zn and Fe levels of above ground part of tobacco did not significantly vary at the different irrigation and Cd levels. Cadmium increase significantly decreased Cu level at 0.01 probability level, but levels of irrigation water had no significant effect on Cu uptake.

2009, 45 pages

Key Words: Irrigation, Havy Metal, Fitoremediasyon, Tobbaco

III

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneme Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	14
Çizelge 3.2. Deneme Toprağının Dtpa Yöntemine Göre Yarayışlı Formdaki Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, Mn ve Fe Konsantrasyonları	15
Çizelge 4.1. Sulama Suyu Ve Evapotranspirasyon Miktarı	19
Çizelge 4.2 Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarında Bitkilerin Üst ve Alt Yaprak Klorofil İçerikleri (Spad Değeri)	25
Çizelge 4.3 Sulama Düzeyi Ve Cd Dozlarının Klorofil İçeriklerine Etkisine Yönelik İstatistiksel Analiz Sonucu	26
Çizelge 4.4 Konulara İlişkin Örtü Genişliği ve Bitki Boyunun Değişimi	26
Çizelge 4.5. Sulama Düzeyi ve Cd Dozlarının Örtü Genişliği, Bitki Boyu ve Yaprak Sayısına Etkisine Yönelik İstatistiksel Analiz Sonucu	28
Çizelge 4.6. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarına İlişkin Bitkilerin Kuru Ağırlıkları	29
Çizelge 4.7 Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkilerin Kuru Ağırlıkları Üzerine Etkisine Yönelik İstatistiksel Analiz Sonucu	29
Çizelge 4.8. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarına İlişkin Bitkideki Cd ve Mn Konsantrasyonları	30
Çizelge 4.9. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarına İlişkin Bitkideki Zn ve Fe Konsantrasyonları	32
Çizelge 4.10. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarına İlişkin Bitkideki Cu ve K Konsantrasyonları	34
Çizelge 4.11. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bazı Elementleri Alımı Üzerine Etkilerine Yönelik İstatistiksel Analiz Sonucu	35

IV

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Tütün Bitkisinin Boy ve Kök Uzunluğu Gelişimi.....	3
Şekil 2.2. Tütün Bitkisi Gelişme Dönemlerine İlişkin Kc Katsayısının Değişimi	4
Şekil 2.3. Tütün Bitkisinin Gelişme Dönemleri..	5
Şekil 2.4. Dünyadaki Suyun Dağılımı.....	8
Şekil 4.1. Sulama Düzeyleri(SD) ve Kadmiyum (Cd) Dozlarına İlişkin Sulama Suyu Miktarları	20
Şekil 4.2. Konulara İlişkin Evapotranspirasyon Eğrileri	21
Şekil 4.3. SD ₃₃ Düzeyinde Farklı Cd Dozlarının Bitkilerin Morfolojik Özelliklerine Etkisi	23
Şekil 4.4. SD ₆₆ Düzeyinde Farklı Cd Dozlarının Bitkilerin Morfolojik Özelliklerine Etkisi	23
Şekil 4.5. SD ₁₀₀ Düzeyinde Farklı Cd Dozlarının Bitkilerin Morfolojik Özelliklerine Etkisi	24
Şekil 4.6 Sulama Düzeylerine ve Cd Dozlarına İlişkin Yaprak Sayısı, Eni ve Bitki Boyu Değişimi	27
Şekil 4.7. Sulama Düzeyleri ve Cd Dozlarına Ait Bitkideki Cd ve Mn Konsantrasyonları İlişkileri	31
Şekil 4.8. Sulama Düzeyleri ve Cd Dozlarına Ait Bitkideki Fe ve Zn Konsantrasyonları İlişkisi	33
Şekil 4.9. Sulama Düzeyleri ve Cd Dozlarına Ait Bitkideki Cu ve K Konsantrasyonları İlişkisi	34

1. GİRİŞ

Su ve toprak kaynaklarının kıt bir kaynak olarak değerlendirilmeye başlandığı yüzyılımızda bu kaynakların etkin kullanımına yönelik çalışmalar, önceki yüzyıldan çok ön plana çıkmaktadır. Özellikle küresel iklim değişiminin gelecekte su kaynaklarımızı nasıl etkileyeceği konusu çok güncel bir duruma gelmiştir.

Ülkemiz, halen mevcut toplam su kaynakları yönüyle ciddi bir sıkıntı içerisinde bulunmamakla birlikte gelecekte aynı durumda olmayacağı ortadadır. Önder ve ark. (2002), su kaynaklarımızın 2030 yılında kritik düzeye düşeceğini belirtmişlerdir.

Önder ve Dağhan (2007)'nin Göze (1985)'e dayanarak belirttiği gibi Türkiye'de büyük kentlerde özellikle su sıkıntısının baş gösterdiğini ve buna bağlı olarak gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen günlük su ihtiyacı 400-600 litre iken bu miktarın Ankara' da 80-120 litre, İstanbul' da ise 140 litre olduğunu belirtmiştir. Ayrıca çalışmada ülkemizdeki içme, kullanma ve memba sularının sağlığa zararlı olduğu belirtilmektedir. 1981 yılında örnek alınan 31910 içme ve kullanma suyunun 22152'sinin (%35.8), 2197 adet su örneği alınan memba sularının 817'si (%37.2) sağlığa zararlı olduğu bulunmuştur. Bu durumda Türkiye' de mevcut su kaynaklarımız hem yetersiz hem de kalitesizdir.

Su kaynaklarındaki azalma ve kirlenmenin yanı sıra insanoğlunun yaşamını tehdit eden bir diğer unsurda toprak kirliliğidir. Artan nüfusa bağlı olarak ülkemizde toprakların amaç dışı kullanımı ve sanayi kuruluşlarının oluşturduğu çevre kirliliği doğal kaynaklarımızdan toprak ve suyun hızla azalmasına neden olmaktadır.

Toprak kirliliği açısından bakıldığında, ağır metallerin en önemli kirleticiler arasında olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 adet öncelikli çevre kirleticiler arasında yer alan ağır metaller, en önemli çevre kirleticiler grubundan birini oluşturmaktadır (Anonim, 2008a).

Topraklara karışan ve buralarda birikme yapan ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ağır metaller, biyotaya yüksek düzeyde dayanıklılık ve zehirlilik etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir (Vanlı ve Yazgan, 2008).

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem taşımaktadır.

Kirlenmiş toprakların arıtımı amacıyla kullanılan ve fiziksel, kimyasal, termal ve biyolojik prosesleri içeren birçok metot bulunmaktadır. Bu metotlar; İzolasyon ve immobilizasyon teknolojileri, Mekanik ayırma teknolojileri, Pirometalurjik teknolojiler, Elektrokinetik teknolojiler, Biyokimyasal teknolojiler, Toprağı su/sıvı ile yerinde temizleme teknolojileri, Toprak yıkama (kimyasal sızma) teknolojileri ile, Fitoremediasyon teknolojileri olarak sıralanabilmektedir. Bitkileri kullanılarak toprağın temizlenmesi fitoremediasyon olarak tanımlanmaktadır. Biyolojik temizleme yöntemleri içinde yer alan fitoremediasyon, diğer yöntemlere göre en ucuz ve ekolojik açıdan en uygun yaklaşımdır. Yeni ortaya konmuş, ekonomik ve ekolojik olması ile özel donanım gerektirmemesi ve uygulanan bölgenin yeniden kullanılabilmesine olanak sağlaması gibi avantajlara sahip olması nedeniyle günümüzde tercih edilen bir yöntem durumuna gelmektedir (Vanlı ve Yazgan, 2008).

Toprak kirliliğinin kontrolünde kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemleri, uygulama kolaylığı ve uygulama süresinin kısalığı gibi bazı avantajlara sahip olmasına rağmen, gerek arıtma masrafının yüksek olması, gerekse arıtma sonucunda ortaya çıkan diğer kirlenici formlarının nihai olarak giderilmesinin zorlukları nedeniyle çevresel açıdan fazla tercih edilmemektedir (Perçin 2006).

Dağhan (2004)' da belirtildiğine göre, tütün bitkisi, geniş yapraklarının olması nedeniyle fitoremediasyon amacıyla kullanılabilir. Bu nedenle, ağır metaller içerisinde yer alan kadmiyum'un temizlenmesi amacıyla tütün bitkisi materyal olarak kullanılmaktadır.

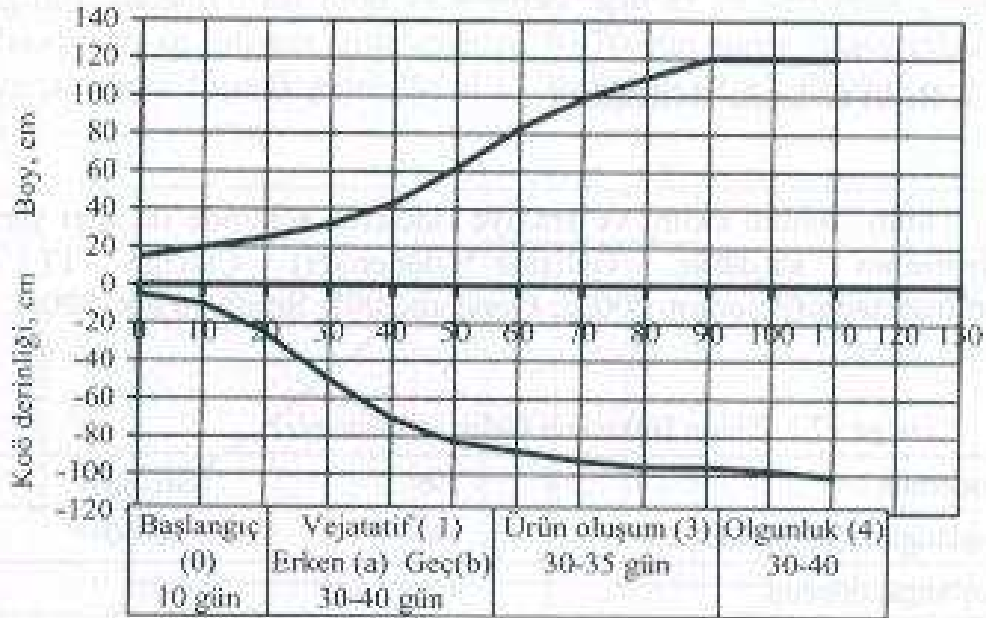
Çalışmada, doğal kaynaklardan toprağın kirlenmesi ve suyun azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan iki önemli sorun bir araya getirilerek birlikte çözüm aranmıştır. Dolayısıyla, bu çalışmanın amacı, ağır metallerle kirlenmiş tarım alanlarının yeniden kazanılması için farklı su düzeylerinde ve farklı kadmiyum dozlarında yetiştirilen tütün bitkisinin topraktan ağır metal alımına etkisinin araştırılmasıdır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Konuyla ilgili önceki çalışmalar verilirken öncelikle denemede kullanılan tütün ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra iklim değişikliği ve bu olayın su kaynakları, dolayısıyla sulama ile ilişkisi ele alınmıştır. Son aşamada ise toprak kirliliği ve ağır metal sorunu olan arazilerin temizliği ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

Ülkemizde üretilen tömbeki tütününün kökeni Isfahan tömbekisidir ve botanik sistematığında; cinsi: *Nicotiana*, türü: *Tabaccum* ve varyetesi tömbeki olarak tanımlanmaktadır. Tömbeki tütünü İran, Irak, Suriye, tüm Arabistan, Türkiye ve az miktarda Yunanistan'da kullanılmaktadır (Anonim, 2009a).

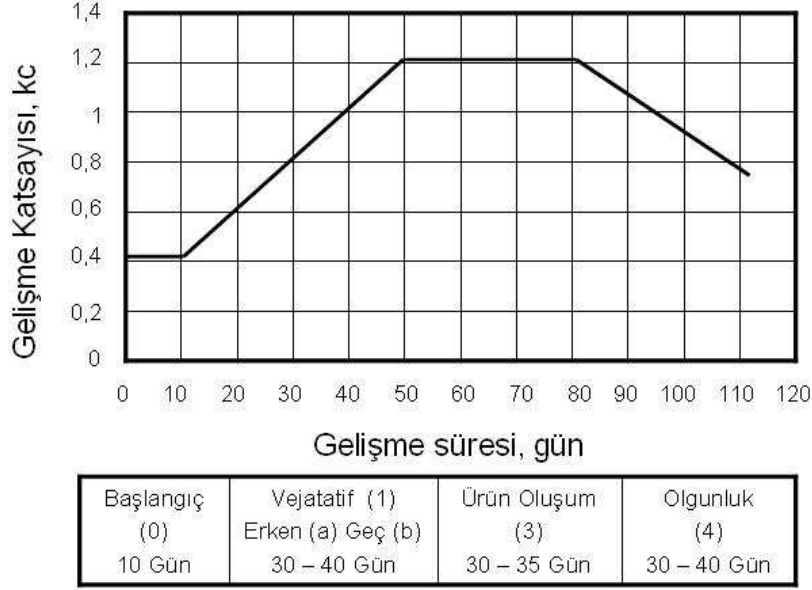
Tütün yaygın olarak yanlara giden kökleri ile iyi gelişmiş kök sistemine sahiptir. Kökler erken vejetatif dönemde gelişir. Tam kök gelişimi, koşullara bağlı olmakla beraber, fidelemeden 40-50 gün sonra tam uzunluğuna erişir (Şekil 2.1). Normal olarak 0-30 cm derinlikten mevsimlik ihtiyacı olan nemin %75'i, 0-50 cm veya 100 cm derinlikten ise %100'ü çekilir. Toprak nemi, vejetatif gelişme döneminin ilk yarısında kök gelişmesine olumlu etkide bulunur (Tülücü, 2003).



Şekil 2.1. Tütün bitkisinin boy ve kök uzunluğu gelişimi (Tülücü, 2003)

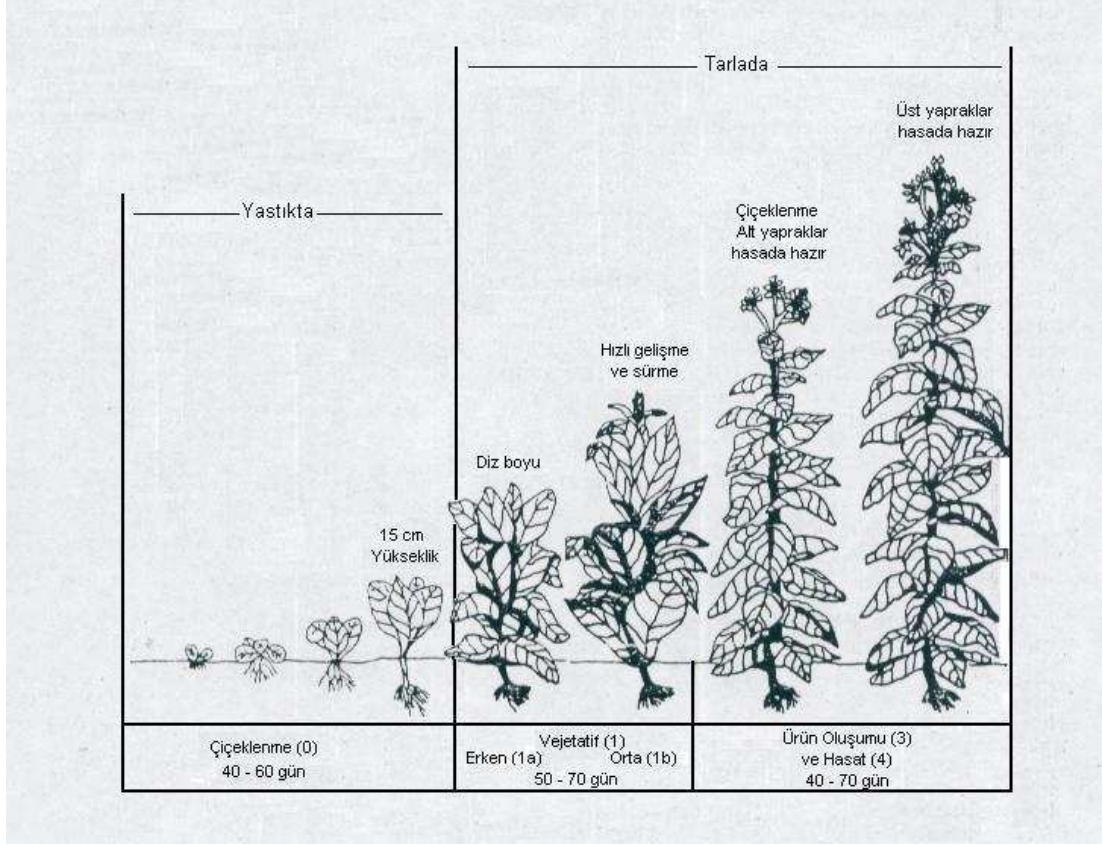
Tütünün, maksimum ürün için su isteği iklim ve gelişme mevsimi uzunluğuna bağlı olarak 400-600 mm dolayındadır, Günlük en yüksek su tüketimi 5-6 mm/gün oranındadır.

Kıyas ETo'nun gerçek ETa'ya çeviri katsayısı olan bitki gelişme katsayısı kc değişimi Şekil 2.2' de görülmektedir.



Şekil 2.2. Tütün bitkisi gelişme dönemlerine ilişkin Kc katsayısının değişimi (Tülücü,2003).

Tütün bitkisinin fidelikteki(yastık döneminde) su tüketimi düşüktür. Bitki çimlendikten sonra ilk hafta her gün 3-5 lt/m² su verilmesi gerekir. Ekimden 30-40 gün sonra sağlıklı, dayanıklı bir bitki elde etmek için az su verilmesi gerekir. Su isteği fidelemeden 50-70 gün sonra en yükseğe çıkar ve bundan sonra aşamalı olarak azalarak devam eder. Bir tütün bitkisinin gelişme dönemleri Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Tütün bitkisinin gelişme dönemleri (Doorenbos ve Pruitt,1977).

Salehzade ve ark(2009), Batı Azerbeycan'da şark tütününün kalitesi ve verimi üzerine sulama rejiminin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, topraktaki nemin %60, %80 ve %100 eksilmesi durumundaki sulamalardan en uygun olanının %80 koşulunda sulama olduğu saptanmıştır.

Çakır ve Çebi(2006) tütünün kuru madde birikimine ve gelişmesine farklı toprak nemi koşullarının etkisi araştırmışlardır. Denemede sulama suyundan %0, %40 ve %60 azaltmalar yapılarak ve bitkinin farklı gelişme dönemlerinde stres yaratılarak bitkinin tepkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, vejetatif hızlı gelişme aşamasında ve ürün oluşma periyotlarında uygulanan su streslerinin bitki boyunu, yaprak sayısını ve yaprak alanını azalttığı saptanmıştır. Uygulanan su stresine bağlı olarak kuru maddede %71, %82 ve %71 kayıplar gerçekleşmiştir.

Bitki su tüketimi ile ilgili çalışmalarda bitkinin dışında önemli faktörlerden bazıları iklim, toprak ve su'dur. Son yıllarda iklimde meydana gelen değişimler ve buna bağlı olarak su kaynaklarının durumuna ilişkin konular birçok sektörü olduğu kadar birçok bilim dalı ve kişilerin ilgi alanına girmeye başlamıştır.

İnsanoğlunu var olduğundan bu yana su ve toprak kaynaklarının kıt bir kaynak olarak değerlendirilmeye başlandığı yüzyılımızda bu kaynakların etkin kullanımına yönelik çalışmalar, önceki yüzyıla göre daha çok ön plana çıkmaktadır. Özellikle küresel iklim değişiminin gelecekte su kaynaklarımızı nasıl etkileyeceği konusu çok güncel bir duruma gelmiştir.

Küresel ısınmanın sebep olduğu pek çok etkiyi halen yaşamaktayız. Verimli ovalarımız gitgide çölleşmekte, nehirlerimiz ve göllerimiz kuruyup su kaynaklarımız azalmakta, Türkiye fauna ve florasında bulunan pek çok canlı türü yok olmakta, her yıl “en sıcak yaz”ı yaşamaktayız. Ankara Ticaret Odası’nın hazırladığı “Küresel Isınma kışkacında Türkiye” raporuna göre, Türkiye iklim değişikliğinin olumsuz etkileri açısından “risk grubundaki ülkeler” arasında yer almaktadır. Türkiye’de bir yandan kuraklaşma yaşanırken diğer yandan sel olayları hızla artmakta ve içme suları ise azalmaktadır. Son 70 yılda 70 istasyonda kaydedilen sıcaklık verilerine göre, Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklıkları artma eğilimindedir. Özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki ısınma oranları, her 10 yılda 0.07- 0.34 derece arasında artış göstermektedir. Dünya Yaban Hayatı Koruma Fonu (WWF) nın raporuna göre Akdeniz havzasında bulunan Türkiye’de 40 dereceye yakın sıcaklıklar mevsim normali olabilecek ve tarım alanlarının yüzde 40’ı ise kuruyabilecektir (Anonim, 2009b).

İklimdeki değişimin en önemli sonuçlarından birisi, belkide en önemlisi, su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisidir. Sıcaklık, yağış ve evapotranspirasyon gibi, sulama açısından önemli sayılan ögeler değişmekte ve bunlar, su kaynaklarını olumsuz yönden etkilemektedirler (Soykan, 1995). Küresel ısınma, sıcaklık ve doymuş buhar basıncı ilişkisine bağlı olarak, yağışlarda genel bir artışa neden olmaktadır. Diğer taraftan sıcak iklim, evaporasyon ve evapotranspirasyonu artırmaktadır. Ancak, bölgesel yağış ve evapotranspirasyon üzerinde bölgesel ısınmanın etkileri henüz tam olarak ortaya konulmamıştır. Yağışın sabit olduğu varsayıldığında, yüzey akışlarının, küresel ısınmaya bağlı olarak %30 dolayında azalacağı hesaplanmaktadır (Özekici ,2003).

Küresel ısınma, yeraltı su kaynaklarını da olumsuz etkilemektedir (Soykan, 1995). Kurak alanlarda sulama suyunun önemli bir kaynağı sayılan yeraltı su kaynakları, yağış, miktar ve dağılımına önemli ölçüde tepki veren oluşumlardır. Bu nedenle söz konusu kaynaklardaki değişmeye bağlı olarak ekim deseni de büyük ölçüde etkilenmektedir. Örneğin, küresel ısınmayla yağış miktarındaki %20 artma veya azalma,

çayır arazilerinde %30 değişime neden olmaktadır. Küresel ısınmanın böyle sürmesi durumunda 21. yüzyılda deniz düzeylerinin 1980 yılına göre, 60 cm yükselmesine neden olacağı hesaplanmaktadır. Bu durumun tatlı su kaynaklarını olumsuz etkilemesi beklenmektedir.

Subtropikal kuşakta, Akdeniz makroklima alanı içerisinde kalan ülkemizde, yıllar arasında büyük yağış değişkenlikleri mevcuttur. Ayrıca, coğrafi bölgelerdeki iklim farklılıkları nedeniyle su kaynaklarımızı oluşturan yağışlar, ülke yüzeyinde eşit dağılmadığı gibi, mevsimlere göre de önemli farklılıklar göstermektedir. Kömüşçü ve ark.(1998) tarafından yapılan bir çalışmada, Güneydoğu Anadolu Proje alanında iklim değişimine bağlı olarak yağış miktarı değişirse bile 2 °C lik sıcaklık artışı ile toprak neminde %4 ile %43, 4 °C lik sıcaklık artışı ile %8 ile %91 azalma olabileceği belirtilmektedir.

Su kaynaklarıyla ilgili bir değerlendirme yapan Önder ve ark.(2002) ülkemizde mevcut durumda Küçük Menderes, Akarçay, Marmara ve Asi gibi bazı havzalarda kişi başına düşen su miktarını dikkate aldıklarında ciddi su sıkıntıları yaşandığını belirtmektedirler. Nüfusun ve suya olan gereksinimin artışına bağlı olarak 2025 yıllarında daha birçok havza da çok daha ciddi su sıkıntısı yaşanmaya başlanacağı da kestirilmektedir.

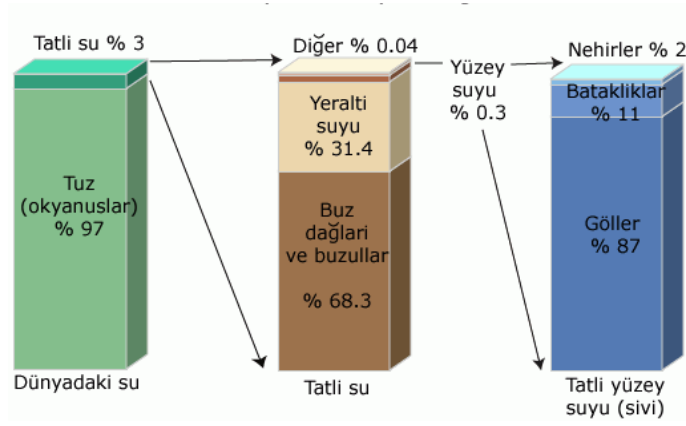
Gelecekteki iklimin kestirilmesine yönelik model çalışmalarında, bazı belirsizlikler bulunmakla birlikte olumsuz bir değişimin olacağı ortadadır. İklim değişimi ile ilgili senaryolar ve değerlendirmeler sonucunda; sıcaklıkların artacağı, yağış miktarlarının azalacağı yönünde ortak görüş paylaşılmaktadır. Bunların yanında deniz seviyelerinde artış olacağı ve yer altı suları daha fazla deniz suyu ile etkileşime geçeceği de beklenmektedir. Bunlara bağlı olarak, tatlı su kaynaklarının yeterli olmayacağı ve gereksinimleri karşılamayacağı gibi geleneksel olmayan artık suların ve deniz suyunun dahi kullanımına geçileceğine şüphe duyulmamaktadır(Önder ve ark, 2005).

Önder ve ark.(2009)'nın yaptığı bir araştırma sonucuna göre, Türkiye'nin güney bölgelerinde, özellikle Akdeniz'in kıyı kesimlerinde, 2070'li yıllar için tahmin edilen yağış, şimdikinden %29.6 daha az olacaktır. Bunun aksine, Karadeniz kıyısı boyunca yağışta %22'ye ulaşan oranlarda bir artış kestirilmektedir. Model, ülkenin farklı bölgelerinde, 2.8-5.5 °C' lik sıcaklık artışı olabileceğini tahmin etmektedir. Sıcaklıktaki

bu artış, atmosferde daha yüksek bir buharlaştırma talebine yol açabilecektir (ortalama olarak Akdeniz kıyı bölgelerinde %17.8, Karadeniz kıyı şeridinde %18.4 ve tüm ülkede %22.2). Böylece, Kuzey-Doğu bölgesi hariç tüm Türkiye için kuraklıkta bir artış öngörülmektedir.

İklim değişikliği ile yaşanacak olumsuzlukları giderme şansımız olmadığına göre etkilerini azaltabilecek önlemleri gecikmeden almamız en doğru yaklaşım olacaktır(Önder ve Önder,2007).

Ülkemiz, halen mevcut toplam su kaynakları yönüyle ciddi bir sıkıntı içerisinde bulunmamakla birlikte gelecekte aynı durumda olmayacağı ortadadır.



Şekil 2.4. Dünyadaki suyun dağılımı(Anonim,2009c).

Şekil 2.4'de de görüleceği gibi dünyada ki tatlı su kaynağı toplam su kaynağının yalnızca %3'ü kadardır. Sulama suyu, içme suyu bu oranın çok küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu kaynak ise küresel ısınma, suların yanlış kullanılması, çevre kirliliği gibi faktörlerin etkisiyle her geçen gün azalmaktadır.

Bitkisel üretim içerisinde sulama en önemli tarımsal faaliyetlerden birisidir. Sulama genellikle bitki gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun, çevre sorunu yaratmadan, toprağa verilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Kanber, 1997). Tanımdan da anlaşılacağı gibi bitkisel üretimde gereksinilen suyun ana kaynağı doğal yağışlardır. Ancak, yağışların gerek miktar gerekse de zaman içindeki dağılımının yetersiz olduğu koşullarda ideal bir bitki yetiştiriciliği için sulama uygulaması zorunlu olmaktadır. Bu noktada sulamalardan beklenen faydanın sağlanması, herhangi bir bölge ve bitki için sulamaların belirli bir programa göre uygulanması ile olasıdır.

Sulama programı ise, her sulamada ne kadar su verileceği ve ne zaman sulama yapılacağını belirleyen işlemdir (Kanber, 1997). Suyun gittikçe azalan bir kaynak olması sulamada farklı uygulamaları da beraberinde getirmektedir. Kısıntılı sulama, sulamaya getirilen yeni bakış açılarından birisidir. Kısıntılı sulama tekniği, su kaynağı veya sulama şebekesinin sınırlı olduğu koşullarda da kullanılır (Korukçu ve Kanber, 1981). Kısıntılı sulamada, bitkisel üretimde maksimum verimin elde edilmesi yerine, uygulanacak sulama suyu miktarında kısıntı yapılarak bir miktar verim azalmasına izin verilmekte, ancak aynı suyla daha fazla alanın sulanması ve birim sudan daha fazla gelir elde edilmesi mümkün olmaktadır (Anonim, 2008b).

Doğal kaynaklardan suyun tarımda kullanılması sırasında mevcut kaynakların yeterli olmaması durumunda kısıntılı sulama yapılması önemli işlemlerden birisidir. Bu nedenle geleceğe yönelik çalışmalarda su kısıntısı ile ilgili çalışmaların yapılması oldukça önem kazanmaktadır. Bunun yanında, doğal kaynaklardan toprağın kullanılması ile ilgili ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak geçmişte konu bile edilmeyen toprak kirliliği kavramı bugün yaşamımızın bir parçası konumuna gelmiştir.

Yerleşim alanlarından çıkan atıklar, egzoz gazları, endüstri atıkları, tarımsal mücadele ilaçları ve kimyasal gübreler toprak kirliliğine sebep olan en önemli etkenlerdir. Dünya da binlerce hektarlık kirlenmiş alan bulunmaktadır. Amerika'da temizlenmeyi bekleyen binden daha fazla kirlenmiş alan mevcuttur. Toprak kirliliği Çin'in bazı bölgelerinde ciddi boyutlara erişmiştir. Çin'de işlenen 100 000 km² toprağın %21.67'si kirliliğin sulama suyu olarak kullanılması sonucunda, %1.3 lük kısmı ise katı atıklarla kirlenmiştir. Benzer sorunun batı, orta ve doğu Avrupa ülkelerinde çok daha ciddi boyutlarda olduğu bildirilmektedir (Robinson, 1997). Ülkemizde özellikle sanayinin ve tarımın iç içe olduğu yerlerde tarım toprakları belirgin bir şekilde sanayi atıkları tarafından kirletilmektedir. Bu kirlenmeye ilişkin gösterilecek en tipik örnekler, İstanbul, İzmir, Bursa ve Adana gibi illerdir. Özellikle Balıkesir, Kepsut, Susurluk, Karacabey Ovaları'nda 81 312 ha arazi bu yolla kirlenmiştir. Yine Afşin-Elbistan, Yatağan ve Kangal termik santralleri ile Aliağa ve Tüpraş rafinerileri gibi kuruluşlar tarımsal kirlenmenin en önemli kaynaklarını oluşturmaktadır (Ceritli, 1997).

Ağır metaller, atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıklarının uzaklaştırılması gibi prosesler sonucunda toprağa

karışmaktadır. Toprakların ağır metallere kirlenmesi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu olabildiği gibi, ağır metal içeren kayaçların çeşitli nedenlerle çözünerek su ve toprak ortamına taşınması ile de ortaya çıkabilmektedir. Atom ağırlıkları 63 ile 200 arasında olan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), cıva (Hg), krom (Cr), arsenik (As) gibi ağır metallerin çevreye farklı kaynaklardan yayılmaktadırlar. Bu yayılmalar şu şekilde sıralanabilir (Anonim, 2008c);

Egzoz gazı kaynaklı yayılımlar (Pb),

Madencilik kaynaklı yayılımlar (Cr, B),

Endüstriyel kaynaklı yayılımlar;

Pil üretimi ve kullanımı (Hg, Cd), demir çelik sanayi ve atıkları (Cr), petrol rafinerisi (Pb), boyalar (Pb, Cd) elektronik sanayi ve ölçü aletleri (Hg),

Tıbbi kaynaklı yayılımlar (Hg),

Doğal kaynaklı yayılımlar (Pb, Hg, Cr, Cd, B)

Termik santrallerde kaynaklı yayılımlar (Pb, Hg, Cr, Cd),

Tarımsal kaynaklı yayılımlar (Cd).

İnsan sağlığını geniş çapta olumsuz yönde etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; Pb, Cd, Ni, Hg metalleri ve asbest önem taşımaktadır. Diğer metallerin bir kısmı insan yaşamında temel yönden önem taşır, diğer bir kısmının konsantrasyonu ise insan sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığından önem göstermez. Belirli limitlerin dışında bulunabilecek her türlü metal, insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir (Anonim, 2009d).

Rao ve Mathur(1994), bitki kökleri aracılığıyla kadmiyumun alınmasıyla ilgili model geliştirmişlerdir. Bu ağır metalin bitki dokusunda depolanması sonucunda verimde azalma olduğunu da ifade etmişlerdir. Geliştirilen söz konusu model kütlenin taşınımı ve korunumu esasına göre oluşturulmuştur. Model tanımlanan bir koşul için nümerik çözümlemeyle verimi de tahmin etmektedir.

Özbek ve ark. (1993)'nın Merian (1984)'e dayanarak ifade ettiği gibi Cd, hayvanlar ve insanlar için çok düşük konsantrasyonlarda dahi toksisite gösteren bir elementtir. Kadmiyum böbreklerde fonksiyon yetersizliğine ve yüksek kan basıncına neden olmaktadır. Solunumla fazla miktarlarda alınması sonucu ciğer anfizemi hastalığı ortaya çıkmaktadır. Karasal kabuktaki ortalama Cd içeriği 0.10 mg/kg, topraklarda da (kontamine olmamış) benzer şekilde genel olarak <0.5 mg Cd/kg' dir. Anamateryale

bağlı olarak daha yüksek Cd içeriği de görülebilir (>3 mg/kg). Diğer Cd kaynakları endüstriyel olduğu gibi kadmiyum fosfatlı gübrelerle de toprağa ulaşabilmektedir.

Dökmen(2004) İhsaniye-Kocaeli'de tarımın yoğun olduğu alanlardaki doğal su kaynaklarında ağır metal miktarını ve bunlara sulama suyunun etkisini araştırmıştır. Bu amaçla su kaynaklarından alınan örneklerde Ni, Cu, Cd, Pb ve Zn elementlerini incelemiştir. Araştırma sonucunda çalışma alanında ağır metal sorununun yaygın olmadığını buna karşın tarımın yoğun yapıldığı alanlarda sulama suyu kalitesinin olumsuz etkilendiğini belirlemiştir.

Benzer bir çalışmada Dawaki ve Alhassan(2007) şehirde ve yarı kırsal alanlarda sulama suyu ile toprakta ağır metal kirliliğine ne ölçüde katkı sağlandığı araştırılmıştır. Araştırma sonucunda yarı şehrsel ve büyük şehirde Cd ve Cu konsantrasyonunu sırasıyla 0.034, 0.029 ve 1.744, 2.484 mg.kg⁻¹ bulmuşlardır. Değerler uluslararası standartlardaki seviyelerden daha küçük bulunmuştur. Ancak, zamanla istenmeyen seviyelere yükselme riskinin olduğu belirtilmiştir.

Uruç ve ark(2008) farklı bitki tohumlarının çimlenme, imbibisyon ve su alınımına kadmiyum, kurşun ve nikelin etkisini araştırmışlardır. Tohumlar 0, 80, 160 ve 320 mg.L⁻¹ Cd metal solüsyonları ile işleme alınmıştır. Kontrol dışındaki tüm kadmiyum dozlarında çimlenme gecikmiştir.

Kirlenmiş toprakların arıtımı amacıyla kullanılan ve fiziksel, kimyasal, termal ve biyolojik işlemleri içeren metotlardan kimyasal arıtmaya alternatif olarak kullanılan yöntemlerden fitoremediasyon yöntemi; bitkiler kullanılarak topraktan olduğu yerde organik ve metal kirleticilerin giderimi olarak tanımlanabilir (Vanlı ve Yazgan, 2008).

Cunningham ve ark., (1995), EPA (2000) ve Andrade ve ark., (2002) tarafından ifade edildiği gibi Fitoremediasyon yönteminin birçok avantajları ve dezavantajları vardır. Araştırmacılar Fitoremediasyon'un teknolojisinin geniş alanlara uygulanabilmesi, estetik olarak çevreye farklı bir görünüm kazandırması, kullanılan bitkilerin biomasının bazı alanlarda ham madde olarak kullanılabilir (mobilya yapımı, enerji üretimi, lif üretimi, vb) olması en önemlisi ucuz ve kolay uygulanabilir olması bakımından avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bitki bünyesinde biriktirilen Se, Zn gibi bazı elementlerin noksanlığı görülen alanlarda veya hayvan yemi olarak kullanılabilir. Aynı araştırmacılar Fitoremediasyonun dezavantajlarına da değinmişler ve dezavantajlarını da; fiziksel ve kimyasal metotlara göre daha yavaş

olması, bitkilerin az miktarda kirleticiyi bünyelerinde biriktirmesi, bitki yetişmesini sınırlayan toprak tekstürü, pH, tuzluluk gibi etkenler, sınırlayıcı iklimsel (sıcaklık, yağış, nem vb) etkenler, bitki büyümesini sınırlayan organik ve inorganik kirleticilerin konsantrasyonlarının yüksek olması gibi fiziksel ve kimyasal etkenler, ağır metallerin toprakta çökmesi, absorpsiyonu gibi nedenlerle bitki tarafından alınamaz formda olması, suda kolayca çözünebilir kirleticilerin topraktan yıkanarak kök bölgesinden uzaklaşması şeklinde sıralanmışlardır (Dağhan, 2007).

Fitoremediasyon teknolojisinde hiperakümülatör adı verilen yüksek miktarda ağır metali biriktirebilen bitkiler kullanılmaktadır. Bu bitkiler doğal olarak metallerce kirlenmiş topraklar üzerinde yetiştirildiklerinde $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ Ni, $10\ 000 \mu\text{g g}^{-1}$ Zn ya da Mn, $1000 \mu\text{g g}^{-1}$ Co ya da Cu ve $100 \mu\text{g g}^{-1}$ Cd'dan fazla metali bünyelerinde biriktirme özelliğine sahiptirler (Peer et. al, 2003).

Ancak, bu bitkilerin fitoremediasyon amacıyla kullanılmasını sınırlayan bazı durumlar söz konusudur. Bu bitkiler yavaş büyüme gösterir, az yeşil aksam üretir ve bir kaç elementi değil yalnızca özel bir elementi bünyelerinde biriktirebilirler (Salt ve ark., 1995). Ancak, fitoremediasyon da kullanılacak bitkinin; hasat edilebilir aksamında yüksek oranda metal biriktirmesi, biriken ağır metali tolere etmesi, hızlı büyüeyebilen derin köklü ve kolayca hasat edilebilir olması gerekmektedir (Dağhan, 2007).

Tütün bitkisi hızlı büyüyen, bol yeşil aksamı, kolayca hasat edilebilen ve toprak seçiciliği fazla olmayan, fazla su ihtiyacı olmaması gibi özellikleri nedeniyle bu çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca besin zincirinde kullanılmaması ve hasat edilerek kalıntılarının yakıt enerjisi olarak kullanılabilmesi de fitoremediasyon amaçlı kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Madyiwa(2006) star çim çeşidinin kumlu topraklardan sulama suyu ve işlenmiş atık sularla sulama koşulunda kurşun ve kadmiyum birikimine etkisini araştırmıştır. Söz konusu çimin Pb ve Cd alım kapasitesi yüksek olmasına karşın atık sularla sulanmış alanlardaki çimin hayvan otlatması için uygun olmadığı da belirtilmiştir. Çalışma sırasında, star çimi topraktaki Cd seviyesinin 1 mg.kg^{-1} 'den daha az olmasına karşın 1 mg.kg^{-1} 'den daha fazla Cd depolayabildiği saptanmıştır.

Angle ve ark(2003), farklı toprak nem içeriklerinde nikel hiperakümülatörü olan Alyssum, and Berkheya, Zn hiperakümülatörü olan Thlaspi, bitkisini kullanarak, bitkilerdeki Ni ve Zn birikimini incelemişlerdir. Çözünbilir Ni konsantrasyonu toprak nem içeriği arttıkça azalmıştır. Araştırmada, Zn çözünabilirliği ile toprak nemi

arasında güçlü bir ilişki bulunamamıştır. Bu hiperakümülatör bitkiler, yüksek toprak nemi koşulunda daha iyi gelişmişler ve metal alımına da devam etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Bitki Materyali

Denemede Hatay bölgesi tütün ekim alanlarında yaygın olarak yetiştirilen yerli Tömbeki tütün genotipi kullanılmıştır. Tömbeki Tütünü *Nicotiana rustica* türüne aittir. Tütün tohumları yöredeki üreticilerden temin edilmiştir.

Bu tütünlerin fazla miktarda üretildikleri sahalar çeşidin ekolojik alanında bulunan İskenderun'un Arsuz bucağının Ekver ve Samandağ'ın Meydan köyleridir. Son yıllardaki üretim miktarı 250–300 bin kg arasında değişmektedir. Ayrıca Konya'nın Hadim ilçesinde de az miktarda Tömbeki tütünü üretilmektedir. Türkiye'de, nargile tiryakilerinin vazgeçilmezi olan, dünya kalitesindeki tömbeki tütünü Hatay'ın Samandağ ilçesinde üretilmektedir.

3.1.2 Deneme Toprağı

Amik Ovası'nın en yaygın olan Mahmutlu toprak serisinin (Yalçın, 2004) 0-30 cm derinliğinden alınan topraklar saksı denemesinde kullanılmıştır. Denemede kullanılan toprak özellikleri Çizelge 3.1.' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bünye Sınıfı	CaCO ₃ (%)	Tuz (%)	Doymunluk (%)	pH
KumluKilliTın (SCL)	10.1	0.021	53.3	8.11

Çizelgeden de görüleceği gibi araştırmada kullanılan toprak Kumlu killi tın (SCL) olarak tayin edilmiştir. Deneme toprağının kireç içeriği yaklaşık %10.1 değerle orta kireçli, satürasyon çamurundaki pH 8.1 yani hafif alkalidir. Yüzde doymunluk

değerleri ortalama %53.3 olarak belirlenmiştir. Tuzluluk yönünden herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

Çizelge 3.2. Deneme Toprağının DTPA yöntemine göre yarayırlı formdaki Cd, Cu, Ni, Zn, Pb, Mn ve Fe konsantrasyonları.

Elementler, ppm				
Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
0.049±0.003	1.48±0.043	0.40±0.04	16.92±0.75	7.85±0.44

Kontamine olmamış topraklarda DTPA yöntemine göre ekstrakte edilmiş metallerin sınır değerleri; Cd < 0.5 ppm, Cu <0.2 ppm, Zn 0.7-2.4, Mn 14-50 ppm ve Fe 0.2-4.5 ppm olarak belirlenmiştir (Alparslan ve ark. 1998). Bu sınır değerlerine göre deneme toprağında ağır metal toksisitesi bulunmamaktadır. Ancak, Cu (1.48±0.043 ppm) ve Zn konsantrasyonları (0.40±0.04 ppm) düşük ve Fe konsantrasyonu (7.85±0.44) ise sınırdan yüksek olarak tespit edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Bitkinin Çimlendirilmesi

Tütün tohumları torf perlit karışımı (1:1) ortamda (Dağhan, 2004) 16/8 saat ışık/karanlıkta döngüsünde, % 60-70 nem ve 25°C sıcaklıkta çimlendirilmiştir. Bitkiler 2-3 yapraklı hale gelip hafif köklendikten sonra çimlendirme viyollerinden alınarak saksılara aktarılmıştır.

3.2.2 Toprak Hazırlığı

0-30 cm derinlikten alınacak olan yüzey toprağı kurutularak ve 4 mm'lik elekten geçirilmiştir. Toprakların tarla kapasitesi deneme öncesinde belirlenecektir. Toprak tekstürü (toprağın kum, kil ve silt fraksiyonları) Bouyoucos hidrometre metoduna göre (Boouyocou, 1952); pH değerleri CaCl₂ metoduna göre (Lewandowski ve ark., 1997); CaCO₃ içeriği ise volümetrik metoda göre (Loeppert ve ark., 1996) analiz edilmiştir.

Toprağın yarayışlı formdaki Cd, Ni, Zn ve Cu içeriği 0.05 M DTPA (pH=7.3) metodu ile (10 g toprak: 20 ml DTPA) (Risser ve ark., 1990) ve topraktaki toplam Cd, Zn, Cu ve Ni konsantrasyonu EPA 3050B göre (<http://www.epa.gov/region9/lab/sops/sop405.html>) belirlenmiştir. Toplam ağır metal analizinin doğruluğu her bir element için referans toprak kullanılarak test edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları ICP-AES ile belirlenmiştir. Alınabilir P Olsen metoduna göre belirlenmiştir (Olsen ve Sommers, 1982). Değişebilir K analizi 1 N Amonyum Asetat (pH: 7) metoduna göre yapılmıştır (Kacar, 1995).

3.2.3 Saksı Denemesi:

Saksı denemesi için 4 mm'lik elekten elenmiş hava kuru toprak örneklerinden 2.5 L'lik saksılara 2 kg fırın kuru toprak doldurulmuştur. Saksılara ekim öncesinde Cd: 0-3-5 mg kg⁻¹ (CdSO₄ formunda) zelti formunda toprağa uygulanmıştır. Saksılar tarla kapasitesinin %80'in de 3 hafta süreyle kontrollü koşullarında inkübasyona bırakılmıştır. Ekimden önce ise, her saksıya 200 mg kg⁻¹ N (NH₄SO₄'tan), 100 mg kg⁻¹ P ve 125 mg kg⁻¹ K (KH₂PO₄'tan), 2.5 mg kg⁻¹ Fe (Fe-EDTA'dan) zelti formunda toprağa ilave edilmiştir.

Deneme, 2009 yılı içerisinde, bölünmüş parseller deneme deseninde 4 yinelemeli olarak kurulmuştur. Ana parsellere sulama düzeyleri, alt parsellere ise kadmiyum dozları yerleştirilmiştir. Denemede uygulanan sulama düzeyleri ve kadmiyum dozları aşağıda verilmiştir:

1. Sulama Düzeyleri:

SD₁₀₀ : Sulama Suyu İhtiyacı Tam Karşılanan Konu

SD₆₆ : Sulama Suyu İhtiyacının %66'sının Karşılandığı Konu

SD₃₃ : Sulama Suyu İhtiyacının %33'nn Karşılandığı Konu

2. Kadmiyum Dozları

Cd₁: 0 mg kg⁻¹

Cd₂: 3.0 mg kg⁻¹

Cd₃: 5.0 mg kg⁻¹

Deneme iklim odasında yürütülmüştür. 3-4 yapraklı ve 4-5 cm boyuna gelen bitkiler çimlendirme viyollerinden inkübasyonunu tamamlamış olan saksılara şaşırtılmıştır(1.5.2009 tarihinde). Bitkiler toprağa adapte olup canlılığını kazandıktan sonra yaklaşık örtü yüzdesinin %30 olduğu aşamada sulama programının uygulamasına başlanmıştır. Bitkilerin saksıya şaşırtılışının 11. günü saksılar tarla kapasitesine getirilmiştir (11.05.2009). Bu işlemden 4 gün sonra her sulama düzeyi (SD₃₃, SD₆₆ ve SD₁₀₀) ve Cd₀, Cd₃ ve Cd₅ dozlarına ait tüm saksıların her sulamadan önce teker teker tartımları yapılmıştır. Daha sonra her saksının tartılan mevcut ağırlıkları ile her saksının tarla kapasitesindeki ağırlığı arasındaki farkı alınarak uygulanacak sulama suyu miktarı hesaplanmış ve bulunan değer kadar saksılara uygulanmıştır. Sulama aralıkları topraktaki nemin elle incelenmesi ve bitkinin fenolojik görünüşüne bağlı olarak yaklaşık 3 güne bir tekrarlanmıştır. Sulamalar yapıldıktan sonra 1 gün beklenmiş, 2. gün çapa yapılmış ve 3. gün tekrar sulama yapılmıştır. Bu işlemlere hasada kadar aynı şekilde devam edilmiştir. Hasat işlemi 11.06.2009 tarihinde yapılmıştır.

Sulama suyu miktarı su bilançosu yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla saksılar periyodik olarak tartılmıştır. Ayrıca, saksı altlarındaki su toplama kaplarına biriken su olup olmadığı gözlenmiş tabaklara su sızmadığı görülmüştür.

Sulamalar, SD₁₀₀ konusundaki bitkilerin fenolojik görünümlerine ve toprak neminin elle kontrolüne bağlı olarak yapılmıştır. Sulamaya karar verildiğinde, diğer konulara da sulama yapılmıştır. SD₆₆ ve SD₃₃ konularına, gereksindikleri su miktarının %66 ve %33 düzeyinde sulama suyu verilmiştir. Denemede, sulama amaçlı saf su kullanılmıştır.

3.2.4 Morfolojik Gözlemler

Denemeler süresince bitkilerin örtü genişlikleri ve bitki boylarının gelişimi izlenmiştir. Bitkinin gelişme aşamaları da izlenmiştir. Bitki yapraklarında ve gövdesinde ağır metal toksitesi olup olmadığı da incelenmiştir. Denemede yapılan uygulamalar ile söz edilen gözlemlerdeki değişimler fotoğraflanarak görselleştirilmiştir.

3.2.5 Klorofil Ölçümü

Bitkilere ağır metal uygulamasının etkisiyle yapraklarda değişen klorofil içerikleri klorofil ölçüm cihazı (Konica-Minolta SPAD-502) kullanılarak bitkilerin hasat edildiği gün en üst ve en alt yaprak üzerinde doğrudan klorofil analizleri yapılarak sonuçlar 3 yinelemenin ortalaması olarak verilmiştir. Yapılan ölçümler SPAD değeri olarak değerlendirilmiştir.

3.2.6 Bitki Örneklerinin Hazırlanması ve Analizi

Bitkiler saksıya aktarıldıktan sonra çiçeklenme başlangıcı dönemine kadar yetiştirilmiştir (Dağhan, 2004). Yetiştirme süresi içerisinde bitki gelişimi ve oluşursa toksisite semptomları gözlenmiştir. Deneme sonunda bitkiler toprak seviyesinin 1 cm üzerinden hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler saf suyla yıkanıp, kurulandıktan sonra kurutma dolabında 65 °C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra bitkilerin kuru ağırlıkları alınarak bitki analizleri için Agat taşlı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür.

3.2.7 Cd, Zn, Cu, Fe, K ve Mn Analizi ve Ölçümü

Öğütülen bitki örnekleri HNO₃ ile mikro dalga fırında çözünürleştirilerek toplam metal konsantrasyonu (Cd, Zn, Cu, Fe, Mn) ICP- AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emmission Spectrometry; Varian Series-II)'de belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g bitki örneği 2 mL deiyonize su, 2 mL % 35'lik H₂O₂ ve 3 mL % 65'lik HNO₃ ile 45 dakika mikrodalga fırında çözünürleştirilmiştir. Üç paralelli yapılan metal analizlerinin doğruluğu, metal içeriği belli standart sertifikalı bir bitki (Virginia Tobacco Leaves (CTA-VTL-2)) örneğinin aynı yöntemle analiz edilmesi ile kontrol edilmiştir.

Deneme sonucunda elde edilen sonuçların, SPSS istatistiksel analiz programından yararlanılarak varyans analizi yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Sulama Suyu ve Evapotranspirasyon Miktarı

Konulara ilişkin uygulanan toplam sulama suyu miktarı ve hesaplanan evapotranspirasyon miktarları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

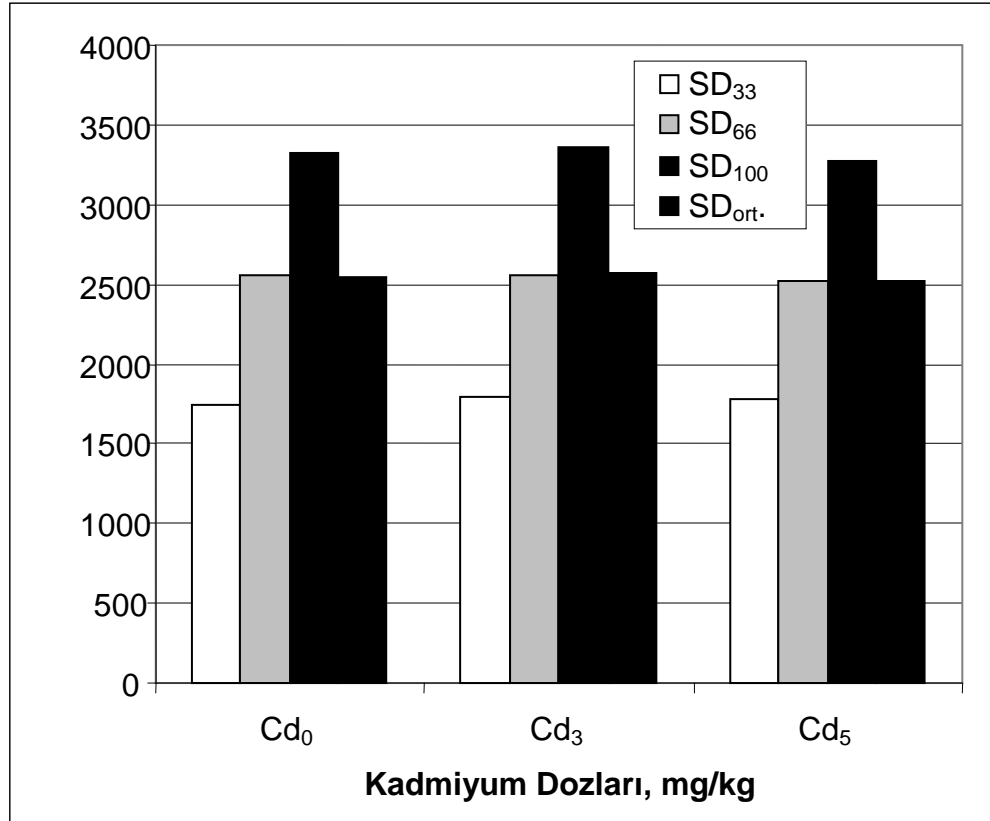
Çizelge 4.1. Konulara ilişkin uygulanan toplam sulama suyu miktarı ve hesaplanan evapotranspirasyon miktarları

Konular	Sulama Suyu Miktarı				Evapotranspirasyon		
	gr				gr (mm)		
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅
SD ₃₃	1748	1793	1777	1772	1432 (81.1)	1484 (84.0)	1487 (84.2)
SD ₆₆	2553	2559	2517	2543	2161 (122.4)	2202 (124.7)	2132 (120.7)
SD ₁₀₀	3328	3356	3269	3318	2841 (160.9)	2868 (162.4)	2760 (156.3)

Çizelgeden de görüldüğü gibi denemenin başlamasından hasada kadar geçen sürede SD₃₃, SD₆₆ ve SD₁₀₀ konularına toplam olarak sırasıyla, 1772, 2543 ve 3318 gr sulama suyu uygulanmıştır. Sulama periyodu içerisinde sulama programına bağlı olarak toplam 10 kez sulama yapılmıştır. Uygulanan sulama programı gereğince konular arasında farklı sulama düzeyleri oluşmuştur. Ancak, bitkilerin saksıya şaşırtıldığı tarihten sulama programının uygulamaya başlamasına kadar geçen sürede tüm saksılara eşit miktarda sulama suyu verilmiştir.

Uygulanan kadmiyum dozlarına bağlı olarak Cd₀ konusuna ortalama 2543 mm, Cd₃ konusuna ise 2569 mm ve Cd₅ konusuna ise 2521 mm sulama suyu uygulanmıştır.

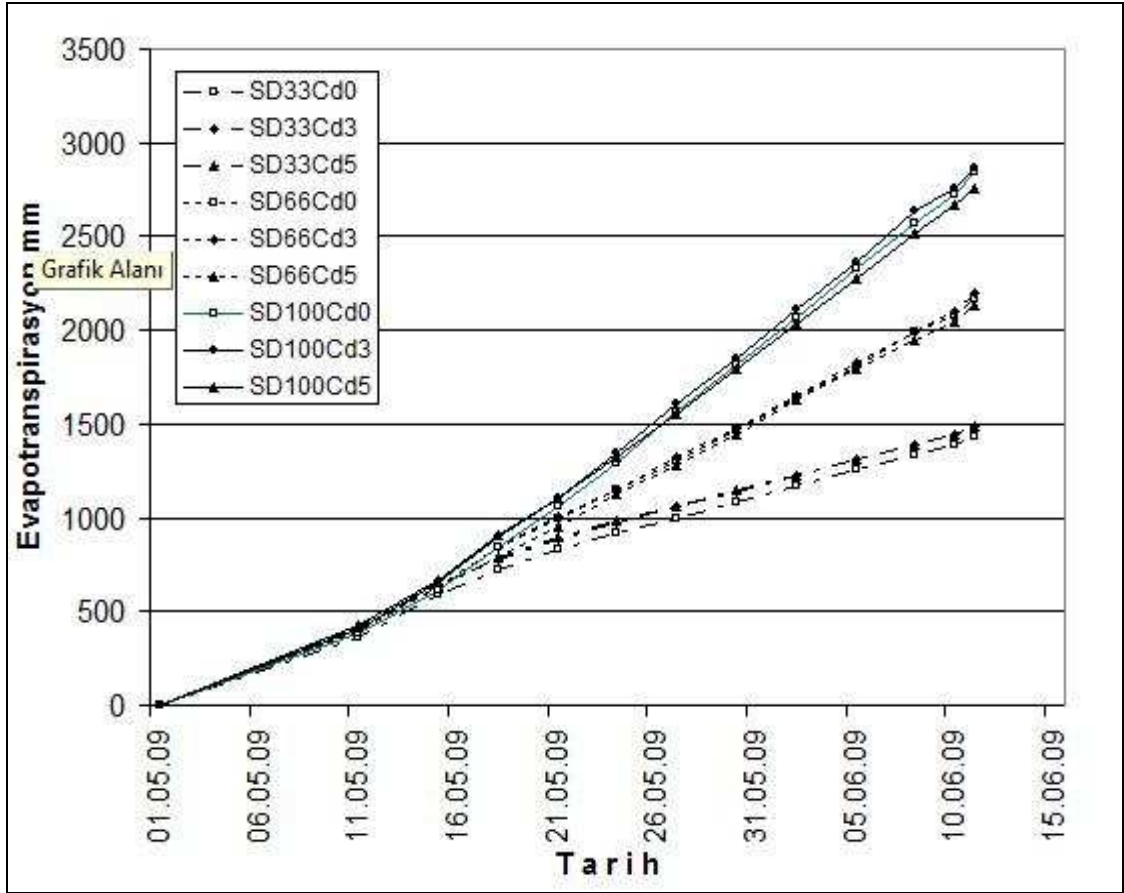
Sulama suyu miktarları, uygulanan sulama programının bir sonucu olarak sulama düzeylerine bağlı olarak değişiklik göstermesine karşın Kadmiyum dozlarına ilişkin sulama suyu miktarları, ağır metal uygulamalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Sulama düzeyleri(SD) ve Kadmiyum (Cd) dozlarına bağlı olarak uygulanan sulama suyu miktarları Şekil 4.1 de verilmiştir.



Şekil 4.1 Sulama düzeyleri(SD) ve Kadmiyum (Cd) dozlarına ilişkin sulama suyu miktarları

Şekil 4.1 den ve Çizelge 4.1'den de görüldüğü gibi, aynı sulama düzeylerinde Kadmiyum Dozlarına uygulanan sulama suyu miktarları arasındaki fark yok denecek kadar azdır. Bu uygulanan sulama programının doğal sonucudur.

Sulama düzeyleri(SD) ve Kadmiyum (Cd) dozlarının evapotranspirasyon(ET) eğrileri Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Konulara İlişkin Evapotranspirasyon Eğrileri

Şekilden 4.2' den de anlaşılacağı üzere SD₃₃ konusunda Cd₃ ve Cd₅ konularının ET değerlerinin (84.0 ve 84.2 mm) hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir. Buna karşın Cd₀ konusuna ait ET değeri (81.1 mm), diğer iki kadmiyum dozlarına ait ET'lere kıyasla mevsim içerisinde ortalama 1-4 mm arasında değişen miktarlarda daha az gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, SD₃₃ sulama düzeyinde kadmiyum dozlarının ET üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır.

SD₆₆ sulama düzeyinde ise Cd₀ dozu ile Cd₃ dozu arasında ET yönünden önemli bir fark gözlenmemektedir. Buna karşın, kadmiyum düzeyi 5 mg kg⁻¹ e çıktığında ET miktarında Cd₀ ve Cd₃ konusuna kıyasla, çok aşırı olmamakla birlikte, bir miktar azalma görülmektedir. Söz konusu azalma Cd₀ ve Cd₃ konularına kıyasla sırasıyla % 1.34, % 3.2 oranında bulunmuştur.

Kadmiyum düzeylerinin evapotranspirasyon üzerindeki etkileri SD₁₀₀ konusunda daha belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Tam sulanan konulardan Cd₀ konusuna

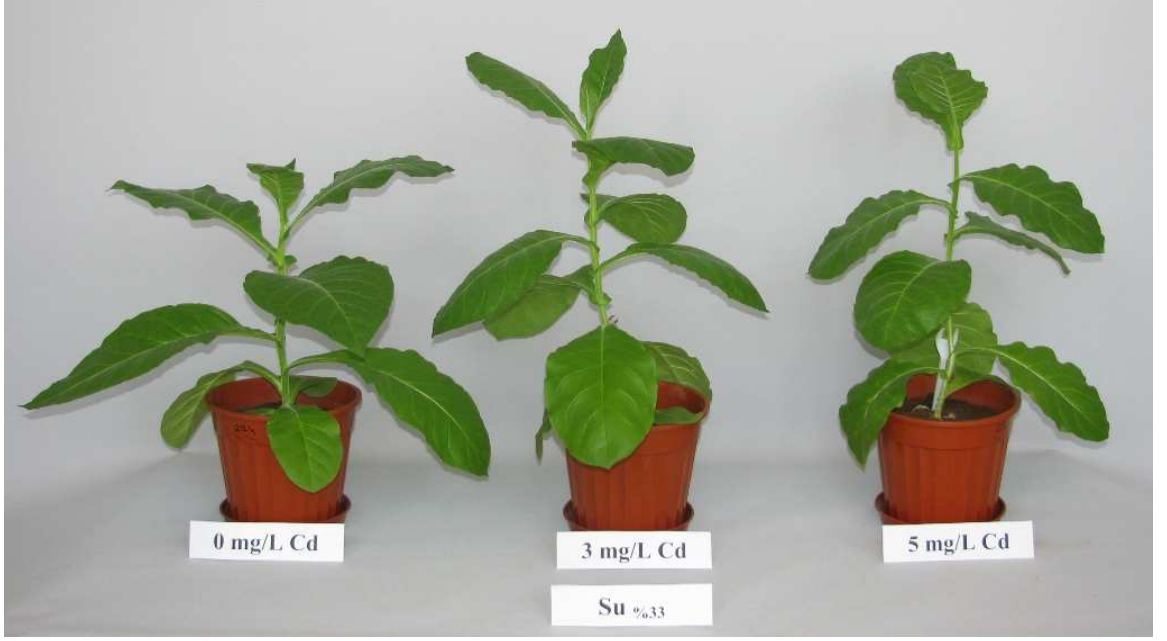
kıyasla evapotranspirasyon değerlerinin Cd₃ uygulamasında artış gösterdiği saptanmıştır. Ancak, kadmiyum düzeyi 3 mg Cd kg⁻¹'dan 5 mg Cd kg⁻¹' a ulaştığında evapotranspirasyon değerinin azaldığı belirlenmiştir. Değinen bu ilişki SD₆₆ sulama düzeyindeki Cd konuları arasında da benzer şekilde ortaya çıkmıştır. Ama, SD₁₀₀ düzeyinde fark biraz daha belirginleşmiştir.

Dolayısıyla, evapotranspirasyon değerleri Cd₀ dozundan Cd₃ dozuna çıkınca artmakta, fakat Cd₃ dozundan sonra ağır metal dozu artırılıp 5 mg kg⁻¹' e ulaştığında bitkinin su tüketimi azalmaktadır. Buna bağlı olarak kadmiyum dozunun normal sınırları üzerine çıkması durumunda bitkinin su alımında bir azalma etkisi ortaya çıkmaktadır.

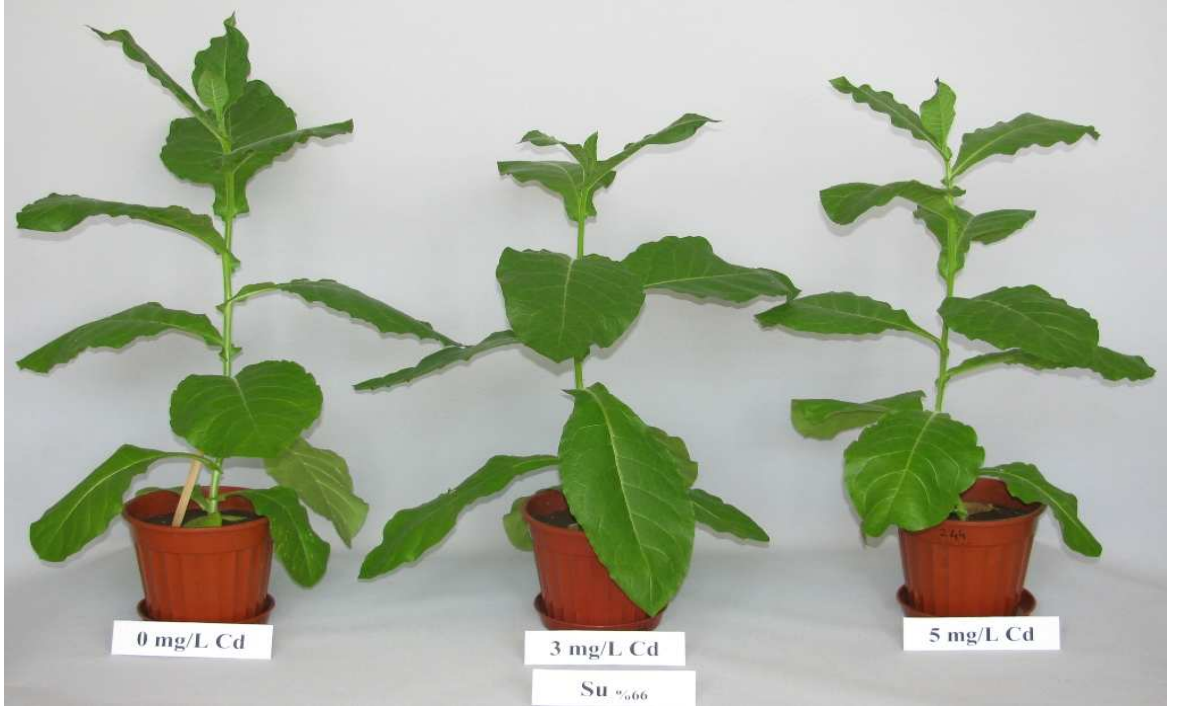
Buradan da anlaşılacağı gibi, bitki aşırı stres koşullarında Cd dozu ET üzerinde önemli bir olumsuzluk yaratmamakta ama su stresi azaldıkça Cd dozunun etkisi belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Tütün bitkisi su stresi azalsa da kadmiyum dozunun 3 mg Cd kg⁻¹ kadar olması durumunda evapotranspirasyon miktarı kısmen artmaktadır. Ancak, kadmiyum dozunun 5 mg Cd kg⁻¹'a çıkması durumunda ET miktarı azalmaktadır. Öyleki, ET değeri hiç kadmiyum uygulanmayan konudan bile düşük ET'ye sahip olmaktadır.

4.2 Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkileri

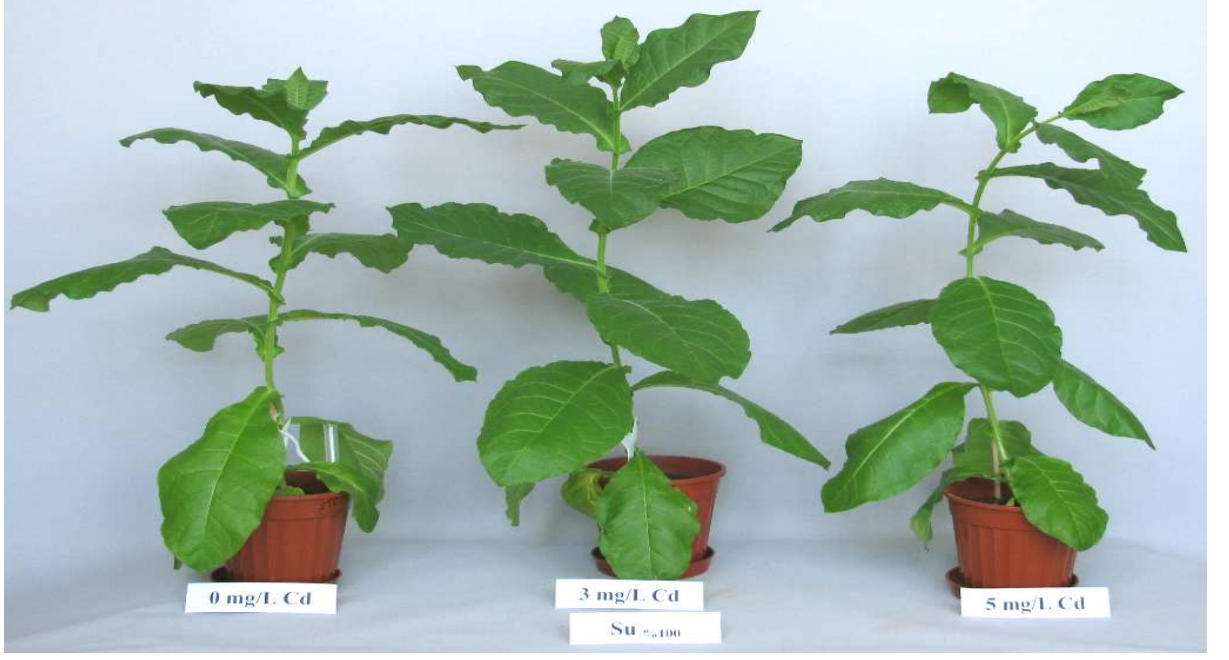
Deneme süresince alınan morfolojik gözlemler sonucunda bitkilerde su stresi ya da Cd uygulamasının neden olduğu sararma ve kurumalar gözlenmemiştir. Su düzeyleri ve Cd uygulamaları yalnızca bitkilerin boylarında çok az bir farklılık yaratmıştır. Yaprakların sağlıklı ve yeşil renkte oldukları gözlenmiştir (Şekil 4.2-4.3 ve 4.4). Benzer sonuç Dağhan (2004) tarafından da bildirilmiştir. Farklı dozlarda (0-10-20-30 ppm) Cd uygulanmış saksı denemelerinde yetiştirilen transgenik ve transgenik olmayan bitkilerinde herhangi bir Cd toksisite simptomuna rastlanmamıştır.



Şekil 4.3. SD₃₃ düzeyinde farklı Cd dozlarının bitkilerin morfolojik özelliklerine etkisi.



Şekil 4.4. SD₆₆ düzeyinde farklı Cd dozlarının bitkilerin morfolojik özelliklerine etkisi



Şekil 4.5. SD₁₀₀ düzeyinde farklı Cd dozlarının bitkilerin morfolojik özelliklerine etkisi

Denemeler sonucunda uygulanan en yüksek (5mg kg^{-1}) Cd dozu ve en düşük su düzeyine (SD₃₃) rağmen bitkilerin toksisite simptomlarının görülmemesi, bitkilerin bu sınırlayıcı faktörlere karşı dayanıklı olduklarını göstermektedir.

4.3 Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Yaprakların Klorofil İçerikleri Üzerine Etkileri

Günümüzde yaygın olarak, bitkilerdeki klorofil içerikleri daha pratik ve hızlı bir şekilde ölçüm yapılabilen klorofil-metre (Spad-metre) cihazı ile spad değerleri ölçülerek tespit edilmektedir. Erdem (2008)'in bildirdiğine göre, Spad değerinin bitkideki klorofil konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu Schaper ve Chacko, 1997; Daşgan, 1999; Eker, 2001 gibi birçok araştırmacı çalışmaların da tespit etmişlerdir.

Deneme sonunda alt ve üst yapraklarda yapılan klorofil ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Bitkilerin klorofil içerikleri alt yapraklardan üst yapraklara doğru artmaktadır. Alt yapraklarda yalnızca SD_{66} sulama düzeyinde Cd uygulanmayan bitkilerde 25.50 olan klorofil içeriği 3 mg Cd kg^{-1} uygulamasında 28.68'e yükselmiştir. Ancak, 5 mg Cd kg^{-1} uygulamasında tekrar 26.81 miktarına düşmektedir.

Üst yaprakların klorofil içeriklerinde ise SD_{33} sulama düzeyinde herhangi bir değişiklik göstermiyor iken; SD_{66} düzeyinde yalnızca 3 mg Cd kg^{-1} uygulamasında bir artış görülmektedir. SD_{100} sulama düzeyindeki klorofil içeriği, Cd dozundaki artışa bağlı olarak yok denecek kadar az bir artış göstermiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarında bitkilerin üst ve alt yaprak klorofil içerikleri(Spad değeri)

Konular	Klorofil Üst(spad)				Klorofil Alt(spad)			
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}
SD ₃₃	36.55	37.13	36.90	36.86	27.00	26.80	27.33	27.04
SD ₆₆	37.53	40.50	37.33	38.45	25.50	28.68	26.25	26.81
SD ₁₀₀	36.75	37.80	39.38	37.98	26.40	25.83	27.45	26.56
Cd _{ort}	36.94	38.48	37.87		26.30	27.10	27.01	

Kadmiyum, Cu, Hg, Pb, Zn, vb iyonlar daima fotosentetik aktiviteyi doğrudan ya da dolaylı olarak etkilerler. Ağır metallerin fotosentetik aktivite üzerine etkileri konusunda farklı yaklaşımlarla ilgili yapılan çalışmalarda, kadmiyumun fotosentetik aktiviteyi etkileyen en önemli inhibitör olduğu bildirilmiştir (Prasad, 1999).

Kadmiyum uygulamalarının fotosistem I ve II prosesine ve dolayısıyla fotosentez üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu bilinmektedir. Suzuki ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada Cd uygulamalarının Brassica napus bitkisinin total klorofil içeriğini azalttığını bildirmişlerdir. Denemelerden elde edilen bulgulara göre sulama düzeylerinin ve Cd dozlarının, alt ve üst yaprak klorofil içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3). Bu sonuç morfolojik gözlemlerde elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Denemede yetiştirilen tütün bitkisinin, uygulanan en yüksek Cd dozu (5 mg kg^{-1}) ve en düşük su düzeyine (SD_{33}) karşın yaprak renginde-klorofil değerlerinde, susuzluk ve Cd toksitesi göstermediği, dolayısıyla bu streslere

karşı direnç gösterdiği anlaşılmaktadır. Mayiwa(2006)'nın çim bitkisinde yaptığı bir çalışmada, yüksek Cd konsantrasyonu belirlenmesine karşın, bitkide gözle görülebilir bir toksitenin oluşmadığını açıklamıştır.

Çizelge 4.3 Sulama düzeyi ve Cd dozlarının klorofil içeriklerine etkisine yönelik istatistiksel analiz sonucu

Konular	Hata Kareler Ortalaması				
	Tekerrür	Sulama Düzeyi, SD	SDxTekerrür	Cd Düzeyi	SDxCd
Alt Yaprak	16.63 ns.	8.01 ns.	2.93 ns.	7.15 ns.	6.41 ns.
Üst Yaprak	1.09 ns.	0.70 ns.	2.04 ns.	2.30 ns.	5.86 ns.

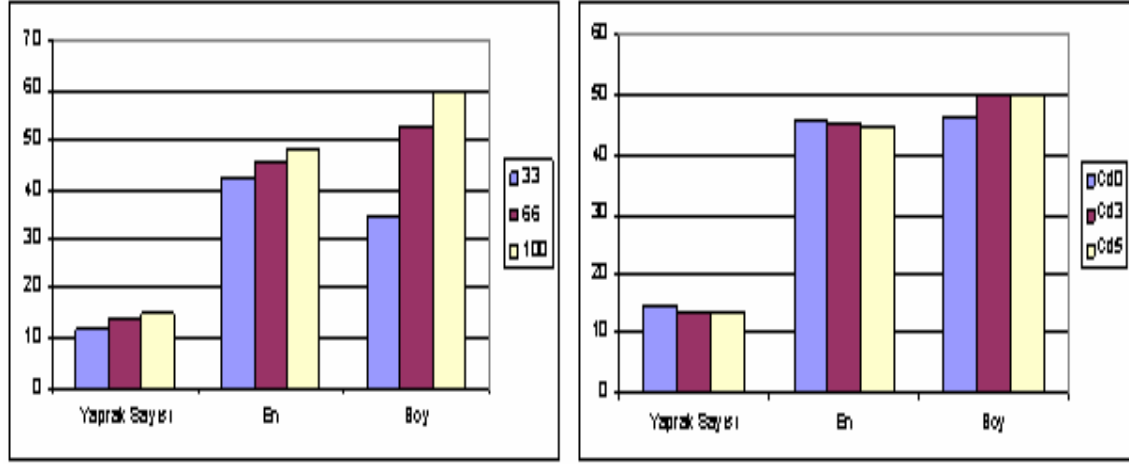
4.4. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin En Ve Boy Gelişimi İle Yaprak Sayısı Üzerine Etkileri

Hasat sırasında alınan yaprak sayısı, örtü genişliği ve bitki boyunun konulara göre değişimi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4 Konulara ilişkin örtü genişliği ve bitki boyunun değişimi

Konular	Örtü Genişliği (cm)				Bitki Boyu (cm)			
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}
SD ₃₃	42.00	43.00	43.00	42.67	29.25	36.50	38.00	34.58
SD ₆₆	48.75	43.25	44.50	45.50	50.50	53.75	53.25	52.50
SD ₁₀₀	46.75	49.75	47.25	47.92	59.25	59.75	59.75	59.58
Cd _{ort}	45.83	45.33	44.92	-	46.33	50.00	50.33	-

Bitki örtü genişliği, sulama düzeylerinin artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Bitki örtü genişliği, kadmiyum dozu arttıkça azalmıştır. Bu değişiklikler çok küçük boyutlarda gerçekleşmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Sulama düzeylerine ve Cd dozlarına ilişkin yaprak sayısı, eni ve bitki boyu değişimi

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6'da da görüldüğü gibi bu durum istatistiksel analiz sonuçlarıyla da doğrulanmaktadır. Sulama düzeylerinin, kadmiyum dozlarının ve $SD \times Cd$ interaksiyonun bitkilerin örtü gelişimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Bitki boyunun sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak değişimi oldukça çarpıcı şekilde görülmektedir. Özellikle, sulama düzeyinin 33'den 66'ya çıkması durumunda bitki boyu 18 cm artarken, 66 konusundan 100 konusuna 7 cm artmıştır. Bu etki istatistiksel olarak önemli(%1) çıkmıştır (Çizelge 4.5). Benzer eğilim, Çakır ve Çebi(2006) ile Salehzade ve ark(2009) tarafından yapılan çalışmalarda da açıklanmaktadır.

Bitki boyu ile kadmiyum düzeyleri arasında paralel bir ilişki saptanmıştır. Kadmiyum dozları arttıkça bitki boylarında da bir artış gerçekleşmiştir. Özellikle, Cd_0 dan Cd_3 'e çıkıldığında bitki boyu daha çarpıcı olarak artmıştır. Ancak, benzer etki Cd_3 den Cd_5 e çıkıldığında aynı oranda gözlenmemektedir. İstatistiksel olarak da bitki boyu üzerine Cd dozu ve interaksiyonun etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Elde edilen sonuçlara göre, sulama suyu miktarının artışına paralel olarak yaprak sayısında çok az miktarda artış gözlenmiştir. Kadmiyum konsantrasyonu arttıkça yaprak sayısında çok az miktarda da olsa bir düşme izlenmektedir.

Çizelge 4.5. Sulama düzeyi ve Cd dozlarının örtü genişliği, bitki boyu ve yaprak sayısına etkisine yönelik istatistiksel analiz sonucu

İncelenen Özellikler	Hata Kareler Ortalaması			
	Tekerrür	Sulama Düzeyi	Cd Dozu	SDxCd
Örtü Genişliği	23.4 ns	82.86 ns	2.53 ns	21.19 ns
Boy	20.44 ns.	1992.36**	59.11 ns.	20.53 ns.

Kırbağ ve Munzuroğlu (2003) yaptıkları bir çalışmada Fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine civa ($HgCl_2$) ve kadmiyum ($CdCl_2 \cdot H_2O$)'un etkileri araştırmışlardır. Sonuçta civa ve kadmiyum uygulamasının fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellediğini ve ağır metallerin konsantrasyonlarındaki artış ile kök, gövde ve yaprak büyümesinin inhibisyon oranı arasında bir paralellik görüldüğünü tespit etmişlerdir. Ağır metallerin bitki gelişimini olumsuz etkileyerek yani bitki gelişim mekanizmasına zarar vererek bitki büyümesini azaltmaktadır. Bu durum denemelerde artan kadmiyum dozu ve farklı sulama düzeyleri uygulaması sonucunda bitki boyu gelişimi azalmasını açıklamaktadır.

4.5. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin Kuru Ağırlığı Üzerine Etkileri

Bitkilerin kuru ağırlıkları sulama düzeylerindeki artışla birlikte artarken Cd dozlarındaki artışla azalma göstermiştir. En fazla kuru ağırlık SD_{100} sulama düzeyi uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Sulama düzeyinin bitkilerin kuru ağırlıkları

üzerine etkileri % 1 düzeyinde, kadmiyum dozlarının etkisi ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Oluşan su stresi ile kuru madde miktarının azladığı yönündeki benzer görüşler Çakır ve Çebi(2006) ile Salehzade ve ark(2009) tarafından yapılan çalışmada da vurgulanmıştır.

Çizelge 4.6. Farklı sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarına ilişkin bitkilerin kuru ağırlıkları

Konular	Kuru Ağırlık (g/bitki)			
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}
SD ₃₃	4.19	4.28	4.00	4.16
SD ₆₆	7.42	7.02	6.15	6.86
SD ₁₀₀	9.23	8.61	7.24	8.36
Cd _{ort}	6.95	6.64	5.80	-

Çizelge 4.7. Farklı sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarının bitkilerin kuru ağırlıkları üzerine etkisine yönelik istatistiksel analiz sonucu

İncelenen Özellik	Hata Kareler Ortalaması			
	Tekerrür	Sulama Düzeyi	Cd Dozu	SDxCd
Kuru Ağırlık	1.75 ns	56.31 **	4.16 *	0.87 ns

Çakır ve Çebi (2006), üç yıl boyunca yürüttükleri tarla denemelerinde; farklı su rejimleri ve su stresinin bütün bitkisinin vejetatif gelişim ve kuru ağırlık verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bitkilere her bir gelişim döneminde üç farklı sulama düzeyi (% 0, 40 ve 60) uygulanmıştır. Üç yıllık çalışmanın sonucunda kuru madde birikimi süreçleri de dahil tüm vejetatif parametrelerinin su sıkıntısından önemli derecede etkilendiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, hızlı vejetatif gelişim ve verim oluşum periyotlarında, çeşitli şiddetteki su stresinin bitki boyunu, yaprak sayısı ve yaprak alanı

gelişimini azalttığı da tespit edilmiştir. Söz konusu araştırma sonuçları, bu denemeden elde ettiğimiz bulgularımızı desteklemektedir.

4.6. Farklı Sulama Düzeyleri ve Kadmiyum Dozlarının Bitkinin Besin Elementi Alımı Üzerine Etkileri

Deneme sonunda analizleri yapılan elementlerden Cd, Cu, Mn, Fe, Zn ve K konsantrasyonları Çizelge 4.8; 4.9; 4.10'da verilmiştir.

Elde edilen verilere göre; sulama düzeyleri artarken bitkilerin Cd konsantrasyonlarında azalma gözlenmiştir(Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7). Toprağa uygulanan kadmiyum dozlarındaki artış doğrultusunda bitkideki Cd konsantrasyonlarında da artış oluşmuştur. Topraktaki Cd dozunun 5 mg Cd kg⁻¹ gibi yüksek dozda olması durumunda topraktan en fazla Cd kaldıran konu SD₃₃ olmaktadır. Dolayısıyla, bitkinin en fazla ağır metal alımını su stresinin yoğun olduğu koşulda gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarına ilişkin bitkideki Cd ve Mn konsantrasyonları

Elementler	Cd (ppm)				Mn (ppm)			
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}
SD ₃₃	5.50	54.54	144.90	68.31	48.91	53.01	60.56	54.16
SD ₆₆	4.51	67.11	78.29	49.97	51.94	45.49	36.99	44.81
SD ₁₀₀	5.01	50.74	67.59	41.11	50.43	29.08	25.73	35.08
Cd _{ort}	5.01	57.46	96.93	-	50.43	42.53	41.09	

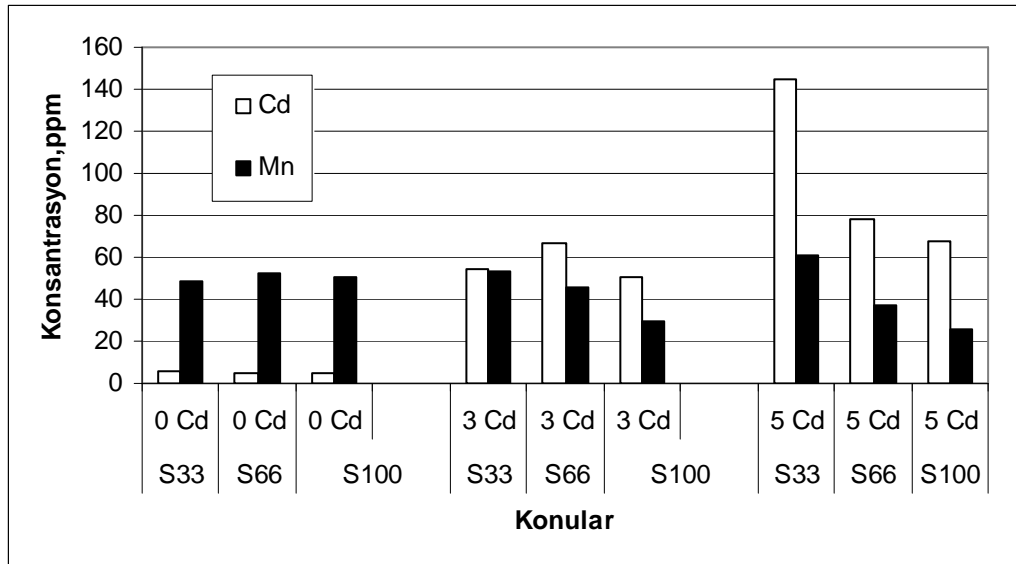
Uygulanan sulama düzeylerinin, Cd dozlarının ve SDxCd etkileşiminin, bitkideki Cd konsantrasyonuna, %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Angle ve ark(2003) farklı toprak nem içeriklerinde nikel hiperakümülatörü olan Alyssum, and Berkheya, Zn hiperakümülatörü olan Thlaspi, bitkisini kullanmışlar ve

çözünebilir Ni konsantrasyonu toprak nem içeriği arttıkça azalmıştır. Bu hiperakümülatör bitkiler, yüksek toprak nemi koşulunda daha iyi gelişmişler ve metal alınımına da devam etmişlerdir. Bu araştırmada bulunan sonuçlar ile tarafımızdan yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar birbirleriyle zıtlık göstermektedir. Bu farkın, kullanılan bitki türlerinden, incelenen element farklılıklarından ve uygulanan toprak nem içeriklerinin birbirine yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sulama düzeyleri ve Cd dozları artarken bitkilerin Mn konsantrasyonlarında azalma eğilimi saptanmıştır (Şekil 4.7). SD_{33} konusunda(aşırı stresli koşulda) Cd dozları arttıkça Mn konsantrasyonu da artmaktadır. Ancak, su stresi azaldıkça Cd'deki artış bitkideki Mn seviyesini azaltmaktadır. Stresiz koşulda(SD_{100}) Mn konsantrasyonu, Cd_0 ' dan Cd_5 'e çıktığında yaklaşık %50 azalmaktadır. Bu çalışmada amaçlardan biri, topraktan ağır metal alınması olduğuna göre en fazla Mn alınımı, sulama düzeyinin en düşük olduğu stresli koşulda gerçekleşmektedir.

Uygulanan sulama düzeylerinin, Cd dozlarının ve $SD \times Cd$ etkileşiminin, bitkideki Mn konsantrasyonuna etkileri, %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).



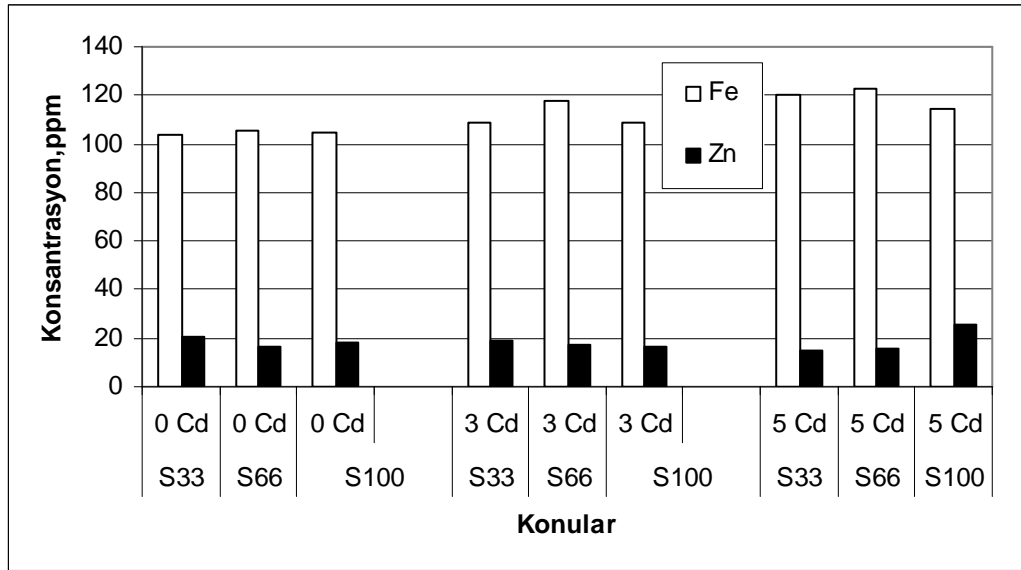
Şekil 4.7. Sulama düzeyleri ve Cd dozlarına ait bitkideki Cd ve Mn konsantrasyonları ilişkileri

Ağır metal grubundaki diğer elementlerden biri olan çinko(Zn) ne sulama düzeyleri ne de Cd dozlarına bağlı olarak düzenli bir ilişki sergilememektedir (Çizelge 4.9). Söz konusu ilişkinin istatistiksel değerlendirmesinde de benzer sonuç ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.11). Angle ve ark(2003)'ları da Zn elementi ile topraktaki nem içeriği arasında düzenli ve uygun bir ilişki bulamamışlardır.

Bitkideki Fe konsantrasyonu, toprağa uygulanan Cd dozu 0'dan, 3 ve 5 değerine arttıkça Fe konsantrasyonu sırasıyla 104.33'dan 111.67 ve 119.00'a doğru artmıştır. Benzer şekilde sulama stresi SD_{33} den SD_{100} 'e doğru azaldıkça bitkideki Fe konsantrasyonu da bir miktar artmaktadır (Şekil4.8). Ancak, bitkilerin yeşil aksamındaki Fe konsantrasyonlarına, uygulanan sulama düzeyleri ve Cd dozları ile bunların interaksiyonunun istatistiksel anlamda önemli bir etkisi bulunmamıştır. Sadece, bu bileşenler içerisinde Cd dozlarının bitkideki Fe konsantrasyonuna etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli çıkmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.9. Farklı sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarına ilişkin bitkideki Zn ve Fe konsantrasyonları

Elementler Konular	Zn (ppm)				Fe (ppm)			
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}
SD ₃₃	20.83	18.72	14.68	18.08	103.00	109.00	120.00	110.67
SD ₆₆	16.20	16.93	15.30	16.14	105.00	117.00	123.00	115.00
SD ₁₀₀	18.52	16.76	25.80	20.36	105.00	109.00	114.00	109.33
Cd _{ort}	18.52	17.47	18.59	-	104.33	111.67	119.00	-

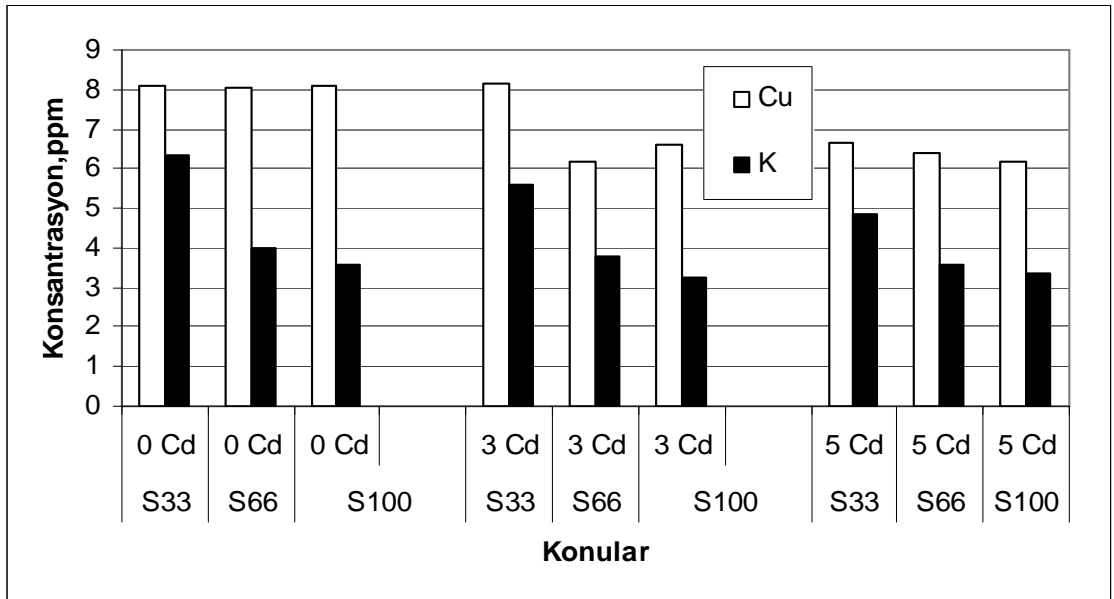


Şekil 4.8. Sulama düzeyleri ve Cd dozlarına ait bitkideki Fe ve Zn konsantrasyonları ilişkisi

Bitkideki Cu ve K konsantrasyonu, toprağa uygulanan Cd dozu 0' dan, 3 ve 5 değerine arttıkça Cu ve K konsantrasyonu azalmaktadır (Çizelge 4.10). Buna bağlı olarak topraktaki Cd dozu ile bitkideki Cu ve K değerleri arasında ters bir ilişki saptanmıştır. Benzer şekilde sulama stresi SD_{33} den SD_{100} 'e doğru azaldıkça bitkideki Cu ve K konsantrasyonu da düzenli bir azalma göstermektedir (Şekil 4.9). Söz konusu ilişkilerin istatistiksel sonuçları incelendiğinde, Cd dozunun artışı ile bitkideki Cu değerindeki azalma %1 önem düzeyinde önemli, diğer uygulamaların Cu değerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.11). Diğer taraftan bitkideki K elementi konsantrasyonuna, bir tek su stresindeki azalmanın %1 düzeyinde önemli etkide bulunduğu ortaya çıkmıştır. Salehzade ve ark(2009)'da su stresi ile tütün bitkisindeki K değerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Çizelge 4.10. Farklı sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarına ilişkin bitkideki Cu ve K konsantrasyonları

Elementler	Cu, ppm				K (%)			
	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}	Cd ₀	Cd ₃	Cd ₅	SD _{ort}
SD ₃₃	8.12	8.13	6.67	7.64	6.33	5.61	4.85	5.60
SD ₆₆	8.05	6.18	6.40	6.88	4.02	3.79	3.57	3.79
SD ₁₀₀	8.09	6.62	6.17	6.96	3.55	3.23	3.36	3.38
Cd _{ort}	8.09	6.98	6.41	-	4.63	4.21	3.93	-



Şekil 4.9. Sulama düzeyleri ve Cd dozlarına ait bitkideki Cu ve K konsantrasyonları ilişkisi

Çizelge 4.11. Farklı sulama düzeyleri ve kadmiyum dozlarının bazı elementleri alımı üzerine etkilerine yönelik istatistiksel analiz sonucu

Bitkideki Elementler	Hata Kareler Ortalaması				
	Tekerrür	Su Düzeyi	SDxTeker.	Cd Düzeyi	SDxCd
Cd	16.17 ns	2361,47 **	48.37 ns	25723.17**	2476.73**
Mn	28.90 ns	1652.75**	8.81 ns	82.78**	217.31**
Zn	102.56 ns	47.13 ns	23.09 ns	4.00 ns	67.99 ns
Fe	262.98 ns	223.35 ns	248.85 ns	574.40*	1.57 ns
Cu	0.58 ns	1.99 ns	0.94 ns	9.30**	1.24*
K	1.74 ns	14.99**	0.68 ns	1.96 ns	1.29 ns

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkileri kullanarak toprağın temizlenmesi amacıyla kullanılan biyolojik temizleme yöntemleri içinde yer alan fitoremediasyon, kullanımında çeşitli avantajlara sahip olması nedeniyle günümüzde tercih edilen bir yöntem olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada da bir fitoremediasyon yöntemi uygulanmıştır.

Çalışmada materyal olarak kullanılan tütün bitkisi, geniş yapraklarının olması nedeniyle ağır metaller içerisinde yer alan kadmiyum'un temizlenmesi için fitoremediasyon amacıyla kullanılabilceği bu çalışma ile de ortaya konmuştur.

Bu araştırmada, doğal kaynaklardan toprağın kirlenmesi ve suyun azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan iki önemli sorun bir araya getirilerek birlikte çözüm aranmıştır. Dolayısıyla, bu çalışmada, ağır metallerle kirlenmiş tarım alanlarının yeniden kazanılması için farklı su düzeylerinde ve farklı kadmiyum dozlarında yetiştirilen tütün bitkisinin topraktan ağır metal alınmasına etkisi araştırılmıştır.

Su kaynaklarının gittikçe azalmasına bağlı olarak da su-verim ilişkileri ile entegre edilen fitoremediasyon yöntemi ile aşağıdaki önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Araştırma süresinde SD₃₃, SD₆₆ ve SD₁₀₀ konularına toplam olarak sırasıyla, 1772, 2543 ve 3318 gr sulama suyu uygulanmıştır. Sulama periyodu içerisinde sulama programına bağlı olarak toplam 10 kez sulama yapılmıştır.

Denemede bitkilerin saksılara dikildiği tarihten çiçeklenme başlangıcı dönemini kapsayan 42 gün sonunda SD₃₃, SD₆₆ ve SD₁₀₀ konularında gerçekleşen su tüketimi(ET) değerleri sırasıyla 83.1, 122.6 ve 159.9 mm olarak hesaplanmıştır. SD₃₃ sulama düzeyinde kadmiyum dozlarının ET üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır. SD₆₆ sulama düzeyinde ise Cd0 dozu ile Cd3 dozu arasında ET yönünden önemli bir fark gözlenmemektedir. Buna karşın, kadmiyum düzeyi 5 mg kg⁻¹ e çıktığında ET miktarında bir miktar azalma saptanmıştır. Kadmiyum düzeylerinin evapotranspirasyon üzerindeki etkileri SD₁₀₀ konusunda daha belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Kadmiyum düzeyi 3 mg Cd kg⁻¹'dan 5 mg Cd kg⁻¹ a ulaştığında evapotranspirasyon değerinin azaldığı belirlenmiştir. Değinen bu ilişki SD₁₀₀ düzeyinde SD₆₆'ya kıyasla daha da belirginleşmiştir. Dolayısıyla, evapotranspirasyon değerleri Cd0 dozundan Cd3 dozuna çıkınca artmakta, fakat Cd3 dozundan sonra ağır metal dozu artırılıp 5 mg kg⁻¹ e ulaştığında bitkinin su tüketimi azalmaktadır. Buna bağlı olarak kadmiyum dozunun

normal sınırları üzerine çıkması durumunda bitkinin su alımında bir azalma etkisi ortaya çıkmaktadır.

Denemelerden elde edilen bulgulara göre sulama düzeylerinin ve Cd dozlarının, alt ve üst yaprak klorofil içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Denemede yetiştirilen tütün bitkisinin, uygulanan en yüksek Cd dozu (5mg kg^{-1}) ve en düşük su düzeyine (SD33) karşın yaprak renginde-klorofil değerlerinde, susuzluk ve Cd toksitesi göstermediği, dolayısıyla bu streslere karşı direnç gösterdiği anlaşılmaktadır.

Bitki örtü genişliği, sulama düzeylerinin artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Bitki örtü genişliği, kadmiyum dozu arttıkça azalmıştır. Ancak, sulama düzeylerinin, kadmiyum dozlarının ve SDxCd interaksiyonun bitkilerin örtü gelişimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Bitki boyunun sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak artması, istatistiksel olarak önemli(%1) bulunurken, Cd dozu ve interaksiyonun etkisi önemsiz bulunmuştur.

Bitkilerin kuru ağırlıkları sulama düzeylerindeki artışla birlikte artarken Cd dozlarındaki artışla azalma eğilimi göstermiştir. Bitkilerin kuru ağırlıkları üzerine sulama düzeyinin etkileri % 1, kadmiyum dozlarının ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre; sulama düzeyleri artarken bitkilerin Cd konsantrasyonlarında azalma gözlenmiştir. Toprağa uygulanan kadmiyum dozlarındaki artış doğrultusunda bitkideki Cd konsantrasyonlarında da artış belirlenmiştir. Topraktaki Cd dozunun 5 mg Cd kg^{-1} gibi yüksek dozda olması durumunda topraktan en fazla Cd kaldıran konu SD₃₃ olmaktadır. Dolayısıyla, bitkinin en fazla ağır metal alımını su stresinin yoğun olduğu koşulda gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Sulama düzeyleri ve Cd dozları artarken bitkilerin Mn konsantrasyonlarında azalma eğilimi saptanmıştır. SD₃₃ konusunda(aşırı stresli koşulda) Cd dozları arttıkça Mn konsantrasyonu da artmaktadır. Ancak, su stresi azaldıkça Cd'deki artış bitkideki Mn seviyesini azaltmaktadır. En fazla Mn alınımı, sulama düzeyinin en düşük olduğu stresli koşulda gerçekleşmektedir. Uygulanan sulama düzeylerinin, Cd dozlarının ve SDxCd etkileşiminin, bitkideki Mn konsantrasyonuna etkileri, %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

Bitkideki Zn konsantrasyonu, ne sulama düzeyleri ne de Cd dozlarına bağı olarak düzenli bir ilişki sergilememiştir.

Bitkilerin yeşil aksamındaki Fe konsantrasyonlarına, uygulanan sulama düzeyleri ve Cd dozları ile bunların interaksiyonunun istatistiksel anlamda önemli bir etkisi belirlenmemiştir. Sadece, Cd dozlarının bitkideki Fe konsantrasyonuna etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli çıkmıştır.

Cd dozunun artışı ile bitkideki Cu değerindeki azalma %1 önem düzeyinde önemli, diğer uygulamaların Cu değerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan bitkideki K elementi konsantrasyonuna, bir tek su stresindeki azalmanın %1 düzeyinde önemli etkide bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Yapılan bu araştırma sonucunda elde edilen bulgulara dayanarak aşağıdaki öneriler yapılabilir.

Bitkilerle topraktan ağır metal temizlenmesi amacıyla tütünün başarılı bir tepki vermesi nedeniyle, tütün ile ilgili benzer çalışmalar yapılmasında yarar vardır. Ayrıca, farklı ağır metal alımlarıyla ilgili farklı hiperakümülatör bitkiler kullanılarak benzer çalışmalar yapılabilir.

Sulama ve fitoremediasyon uygulamalarının ortak sonucu olarak çarpıcı sonuçların bulunmuş olması nedeniyle, bu tür çalışmalara yoğunluk verilmelidir. Özellikle denemede uygulanan sulama düzeylerine bazı ara düzeyler yaratılarak en uygun sulama düzeyinin ne olduğu araştırılabilir. Bunun yanında, Cd dozu olarak 5 mg Cd kg⁻¹ üzerinde bir veya birkaç doz uygulanarak topraktan ağır metal alımında alt ve üst konsantrasyonlar çıkartılarak en uygun Cd alımının hangi dozlarda gerçekleşebileceği belirlenebilir.

KAYNAKLAR

- Alparslan M., Güneş, A. ve İnal A., 1998. **Deneme Tekniği**. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1501, Ders Kitabı: 455, Ankara, 435 sayfa.
- Andrade, J. C. M. and Mahler., C. F. 2002. **Soil Phytoremediation**. In 4th International Conference o Engineering Geotechnology. Rio de Janeiro, Brazil.
- Angle,S.J., Baker, A.J.M., Whiting, S.N., Chaney, R.L., 2003.
- Anonim, 2008a.Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. http://www.inepo.com/english/uplFiles_resim/A%C4%9EIR.
- Anonim, 2008b. <http://www.bozdogan.gov.tr/kurumlar/tedbir.html>
- Anonim, 2008c. Kirleticiler-1, Ağır Metaller, 2006. Çevre için hekimler derneği, www.cevrehkim.org.
- Anonim, 2009a. Ürünlerimiz: Tömbeki Tütünü. http://tabacturc.com/urun_muhabbet.asp#.
- Anonim, 2009b. <http://www.cevreonline.com/kuresel/kuresel%20isinma%20Turkey.htm>
- Anonim,2009c. **Turkish Translation by DSI General Directorate, Foreign Relation Office**, Turkey DSi Genel Müdürlüğü ve ABD Coğrafya Araştırmaları.
- Anonim, 2009d. <http://www.genbilim.com/content/view/5579/33/>
- Booyoucou, G. J. (1952). **A recalibration of hidrometer for making mechanical analysis of soils**. Agron. J. 43, 434-438.
- Ceritli, I., 1997. **Türkiye'nin Toprak Sorunu**. Ekoloji, Sayı 22.
- Cunningham, S.D., Berti, W.R. and Huang J.W., 1995. **Phytoremediation of Contaminated Soils**. Trends Biotechnol. 13, p:393-397.
- Çakır, R. And Çebi, U., (2006). **Growth and Dry Matter Accumulation Dynamics of Flue-Cured Tobacco under Different Soil Moisture Regimes**. Journal of Agronomy, 5 (1):79-86.
- Dağhan, H., 2004. **Phytoextraction of Heavy Metal From Contaminated Soils Using Genetically Modified Plants**. PhD thesis, Mathematik, Informatik und Naterwissenschaften Fakultaet der RWTH-Aachen.

- Dağhan, H. 2007. **Fitoremediasyon: Bitki Kullanılarak Kirlenmiş Alanların Temizlenmesi**. GAP V. Tarım Kongresi Kitabı, sf: 362-367 (17-19 ekim 2007) Urfa
- Dawaki, M.U., Alhassan, J., 2007. **Irrigation and Heavy Metals Pollution in Soils under Urban and Peri-Urban Agricultural System**. Int. Jor.P.App.Sc. 1(3):37-42.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. **Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 24. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 144s.
- Dökmen,F.,2004. **Effects of Using Irrigation Water and Amount of Heavy Metal into Water Springs in the Vicinity of İhsaniye-Turkey**. Pakistan Journal of Water Resources. 8(2):9-16.
- EPA (2000). **Introduction to Phytoremediation**. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology.
- EPA 3050B, <http://www.epa.gov/region9/lab/sops/sop405.html>.
- Erdem, N., 2008. **Farklı Çilek (Fragaria Sp.) Genotiplerinin Demir (Fe)Noksanlığına Karşı Duyarlılığının Belirlenmesi**. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens., Toprak Anabilimdalı, Adana. 70s.
- Kacar, B., (1995). **Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri**. A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara, 704 s.
- Kanber, R., 1997. **Sulama**. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174. Ders Kitapları Yayın No: 52. Adana.529s.
- Kömüşçü, A.U., Erkan, A., Oz, S., 1998. **Possible Impacts of Climate Change on Soil Moisture Availability in the Southeast Anatolia Development Project Region(GAP): An Analysis From an Agricultural Drought Perspective**. Climattc Change (40):519-545.
- Korukçu, A. ve Kanber, R., 1981. **Su-Verim İlişkileri**. Topraksu Araştırma, Ana Projesi, No:435-1, Tarsus. 49s.
- Lewandowski, J., Leitschuh, S. and KoB, V. (1997). **Schadstoffe im Boden**. Heidelberg: Springer-Verlag.

- Loeppert, R. H. and Suarez, D. L. (1996). **Carbonate and Gypsum in Methods of Soil Analysis**. Part 3, Chemical Methods, pp. 437-474. Edited by J. M. Bigham. Madison: Soil Science Society of America (SSSA) and American Society of Agronomy (ASA).
- Madyiwa,S., 2006. **Modelling Lead and Cadmium Uptake by Star Grass under Irrigation with Treated Wastewater**. Philosophiae Doctor. University of Pretoria.
- Olsen, S.R. and Sommers, E.L., 1982. **Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, Methods of Soil Analysis**. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Edit: A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney, 404- 430
- Önder,S., Gümüş,Z., Önder,D., 2002. **Türkiye Su Kaynaklarının Havzalar Düzeyinde Değerlendirilmesi**. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu. 18-20 Eylül 2002. s:203-209. Antakya.
- Önder, S., Kanber, R., Önder. D., Kapur, B., 2005. **Global İklim Değişimlerine Bağlı Olarak Sulama Yöntem ve İşletim Tekniklerinde Gelecekte Ortaya Çıkabilecek Değişiklikler**. GAP IV. Tarım Kongresi. 23.09.2005. Şanlıurfa.
- Önder, D., ve Dağhan, H., 2007. **Tarımsal Uygulamalar ve Su Kirliliği İlişkileri**. 5. GAP Tarım Kongresi. 17-19 Ekim. Şanlıurfa.
- Önder, D., Önder,S., 2007. **İklim Değişikliğinin Ülkemizin Su Kaynaklarına ve Tarımsal Kullanıma Etkileri**. 1.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK2007. 13 Nisan 2007. Üsküdar, İstanbul. 8s.
- Önder,D., Aydın, M., Berberoğlu, S., Önder, S., Yano;T., 2009. **Use of Aridity Index to Assess Implications of Climatic Change for Land Cover in Turkey**. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 33(3):305-314.
- Özbek, H., Kaya, Z. ve Kaptan, H., 1993. **Toprak Bilimi**. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No:16, 793s.
- Özekici, B., 2003. **Kurak Alanlarda İklim Değişikliklerinin Tarımsal Üretime Etkisi (ICCAP): Seyhan Havzası Sulanır Alanlarında Olası İklim Değişikliklerinin Etkilerinin İncelenmesi Projesi**.

- Perçin, B., 2006. **Ağır Metallerce Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesi**. Çiftçinin Sesi, Akkuş Ziraat Odası.
<http://akkus.ziroda.com/forum/viewtopic.php?pid=102>
- Prasad, V. N. M. and Freitas O. D. M. H. (1999). **Feasible Biotechnological and Bioremediation Strategies for Serpaentine Soils and Mine Spoils**. Nature Biotechnology 2.
- Peer, W. A., Mamoudian, M., Lahner, B., Reeves, R. D., Murphy, A. S. and Salt, D. E. Salt, 2003. **Identifying Model Metal Hyperaccumulating Plants: Germplasm Analysis Of 20 Brassicaceae Accessions From A Wide Geographical Area**. New Phytologist, 159:421-430.
- Rao,S., Mathur,S., **Modeling Heavy Metal(Cadmium) Uptake By Soil –Plant Root System**. J.Irrig.and Drainage Engrg. 120(1):89-96.
- Risser, J. A. and Baker, D. E. (1990) **Testing Soil for Toxic Metals. In Soil Testing and Plant Analysis**, Third Edition edn, pp. 275-298. Madison: Soil Science Society of America (SSSA) and American Society of Agronomy (ASA).
- Robinson, B H, (1997). **The Phytoextraction of Heavy Metals From Metalliferous Soils**. PhD thesis, Massey University New Zealand, 90 p.
- Salehzade, H., Mogaddam,F., Bernosi, I., Ghiyasi,M., Amini,P.,2009. **The Effects of Irrigation on Yield and Chemical Quality of Oriental Tobacco in West Azerbaijan**. Research Journal of Biological Sciences. 4(5):632-636.
- Salt, D. E., Blaylock M., Kumar P. B. A. N., Dushenkov S., Ensley B. D., Chet I. And Raskin I., (1995). **Phytoremediation: A Novel Strategy for The Removal of Toxic Metals From The Environment Using Plants**.
- Soykan, İ., 1995. **Dünyada İklimsel Değişimler**. Köy Hiz. Su Yönetimi Araş. Grup Toplantısı, Menemen
- Suzuki, N., Koizumi, N. & Sano, H. (2001). **Screening of Cadmium-Responsive Genes in Arabidopsis Thaliana**. Plant Cell Environ 24, 1177-1188.
- Tülücü, K., 2003. **Özel Bitkilerin Sulanması**. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Genel yayın No:254. Ders Kitapları Yayın No: A-82. Adana. 543s.
- Uruç, K.,Yılmaz Demirezen, Y., 2008. **Effect of Cadmium, Lead and Nickel on Imbibition, Water Uptake and Germination for the Seed of Different**

Plants. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Sayı:17 Aralık 2008. s:1-10.

Vanlı, Ö. ve Yazgan, M., 2008. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği.

<http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm>

Yalçın, M., 2004. **Amik Ovası Topraklarının Temel Kimyasal Ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.** Yüksek Lisans tezi, MKÜ Fen Bilimleri Ens., Toprak Anabilimdalı, Hatay. 117s.

Zengin, F., K. ve Munzuroğlu, Ö., (2003). **Fasulye Fidelerinin (Phaseolus vulgaris L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum(Cd^{++}) ve Civa (Hg^{++})'nın Etkileri.** C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (2003)Cilt 24 Sayı 1

TEŞEKKÜR

Bana bu çalıŐmayı yaptıran, tez süresince her türlü konuda yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, alıŐma Őevkinden ve bilgisinden yararlandığım Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Derya ÖNDER'e, ayrıca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, öneri ve eleŐtirileri ile olumlu katkılarda bulunan sayın hocalarım Prof. Dr. Sermet ÖNDER' e ve Yrd. Doç. Dr. Hatice DAĞHAN' a, tezimin başlangıcından sonuçlanmasına kadar her türlü desteği veren arkadaşlarım Abdullah EREN ve Gülhan ALÇİTEPE' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÇalıŐmalarım sırasında sıkıntılı aşamalarda bana sabırla destek veren Annem ve Babama teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1980 İskenderun Doğumluyum. İlk ve orta öğrenimimi Hatay'ın İskenderun ilçesinde tamamladım. 2002 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Programını kazandım. 2007 yılında Ziraat Fakültesi Toprak alt bölümünden mezun oldum. 2007 yılında aynı Fakültenin Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladım. Halen aynı bölümde yüksek lisans öğrencisi olarak bulunmaktayım. Bekârım.