

DDE ile Kirlenmiş Toprakların Fitoremediyasyonda Aşılı
Kabakgillerin Kullanımı

Proje no: 108O244

Yrd. Doç. Dr. Mehmet İşleyen

Yrd. Doç. Dr. Fatih Karadağı

Prof. Dr. Saim Özdemir

Yrd. Doç. Dr. Arzu Çağı Mehmetoğlu

Prof Dr. Fatma Tülay Kızıloğlu Algan

OCAK 2011
SAKARYA

ÖNSÖZ

Kabak bitkisi topraktaki yılanmış p,p-dichlorodiphenyldichloroethane (p,p-DDE) yi yapısında biriktirirken, karpuz bitkisinin böyle bir özelliği yoktur. Kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin bu kirleticileri yapısında biriktirip-biriktirmeyeceği konusunda literatürde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada ülkemizde yaygın olarak kullanılan kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin yapısında p,p-DDE'nin birikmesi ilk defa incelenmiştir. Kabak, karpuz, bu bitkilerin kendi aralarında ve çapraz aşılınmasıyla elde edilen bitkilerin boşluk suyu, ksilem ve meyvelerindeki p,p-DDE miktarı ölçülmüş ve biyo-konsantrasyon faktörü hesaplanarak bitki türleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulguların, p,p-DDE nin bu bitkilerin yapısında nasıl biriktiği konusunda yapılacak yeni araştırmalarda anahtar rol oynayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, TÜBİTAK Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu (TOVAG), tarafından araştırma geliştirme projesi (108O244) olarak desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ.....	1
GEREÇ YÖNTEM.....	9
Toprak Numunelerinin Toplanması ve Rhizotronların Hazırlanması.....	9
Toprak Numunelerinin Ekstraksiyonu.....	10
Bitkilerin Temini ve Ekilmesi.....	11
Bitkilerin Hasadı ve Numunelerin Toplanması.....	13
Meyvelerin Ekstraksiyonu.....	16
Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (KFME) Metodunun Optimizasyonu.....	17
Toprakta ve Meyvede p,p-DDE nin Ölçülmesi.....	20
İstatistiksel Analiz.....	21
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
Rhizotronlardaki p,p-DDE Miktarları.....	22
Boşluk Suyu ve Ksilemdeki p,p-DDE Konsantrasyonları.....	26
Meyvelerdeki p,p-DDE Konsantrasyonu.....	36
SONUÇ.....	39
REFERANSLAR.....	45

TABLolar LİSTESİ

TABLO 1. SAKARYA İLİNDE TARIMSAL MÜCADELE İLAÇLARI (ETKİLİ MADDE OLARAK) KULLANIMI	2
TABLO 2. EKİLEN BİTKİLERİN TÜRLERİ VE ELDE EDİLEN NUMUNELER	14
TABLO 3A. TOPRAKTAKİ P,P-DDE KONSANTRASYONU (2009)	23
TABLO 3B. TOPRAKTAKİ P,P-DDE KONSANTRASYONU (2010)	25
TABLO 4A. BOŞLUK SUYU VE KSİLEMDEKİ P,P-DDE KONSANTRASYONU (2009)	27
TABLO 4B. BOŞLUK SUYU VE KSİLEMDEKİ P,P-DDE KONSANTRASYONU (2010)	28
TABLO 5A. BİYOLOJİK BİRİKİM FAKTÖRÜ (2009)	30
TABLO 5B. YILINDA BİYOLOJİK BİRİKİM FAKTÖRÜ (2010)	31
TABLO 6A. AŞILI VE AŞISIZ TÜRLERİN KSİLEMİNDEKİ P,P-DDE AKIŞI (2009)..	32
TABLO 6B. AŞILI VE AŞISIZ TÜRLERİN KSİLEMİNDEKİ P,P-DDE AKIŞI (2010)..	33
TABLO 7A. MEYVELERDEKİ P,P-DDE KONSANTRASYONU (2009).....	37
TABLO 7B. MEYVELERDEKİ P,P-DDE KONSANTRASYONU (2010)	38

ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 1 . P,P-DDT VE METABOLİK ÜRÜNLERİN KİMYASAL YAPISI.....	6
ŞEKİL 2. TEMİN EDİLEN AŞILI VE AŞISIZ BİTKİLER.....	11
ŞEKİL 3. KABAK ÜZERİNE KARPUZ AŞILI BİTKİLERİN MEYVELERİNDEN ELDE EDİLEN TOHUMLARIN ÇİMLENDİRİLMESİ	12
ŞEKİL 4. KABAK ÜZERİNE KARPUZ AŞILI BİTKİLERİN MEYVELERİ.....	15
ŞEKİL 5. KFME METODU İÇİN SEÇİLEN FİBERİN FARKLI SICAKLIKLARDAKİ OPTİMİZASYONU	18
ŞEKİL 6. KFME METODU İÇİN SEÇİLEN FİBERİN FARKLI ZAMAN ARALIKLARINDAKİ OPTİMİZASYONU	19
ŞEKİL 7A. AŞILI VE AŞISIZ TÜRLERİN KSİLEMİNDEKİ P,P-DDE AKIŞI (2009)	34
ŞEKİL 7B. AŞILI VE AŞISIZ TÜRLERİN KSİLEMİNDEKİ P,P-DDE AKIŞI (2010)	35

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

p,p-DDE	p,p-dichlorodiphenyldichloroethane
DDT	2,2-bis(chlorophenyl)-1,1,1- trichloroethane
DDD	2,2-bis(chlorophenyl)-1,1 –dichloroethane
PCB	Polychlorinated Biphenyls
PAHs	Poli Aromatik Hidrokarbonlar
KFME	Katı Faz Mikro Ekstraksiyon
BBF	Biyolojik Birikim Faktörü
TDA	Toplam DDE Akışı
µg	Mikrogram
ng	Nanogram
pg	Pikogram
g	Gram
l	Litre
ml	Mililitre
log K _{ow}	Oktan-ol-su etkileşim katsayısı
µl	Mikrolitre

ÖZET

Kabak bitkisi topraktaki yıllanmış p,p-DDE fitoekstraksiyon ederken, karpuz bitkisinin böyle bir özelliği yoktur. Bu araştırmada kabak anacı üzerine aşılantmış (aşılı karpuz) bitkilerinin boşluk suyunda, ksileminde ve meyvesindeki yıllanmış p, p-DDE nin birikimi incelenmiştir. p,p-DDE nin topraktan boşluk suyuna, boşluk suyundan ksileme geçişi incelendi ve bu değerler aşısız kabak, aşısız karpuz, bunların kendi aralarında ve çapraz aşılı bitkiler için karşılaştırıldı. Seçilen bitkilerin boşluk suyunda, ksileminde ve meyvelerinde kirletici birikimine aşılamanın etkisini incelemek için rhizotron deneyleri yapıldı.

Boşluk suyundaki ortalama p,p-DDE miktarı 0,36 µg/l(kabak aşılı karpuz) ile 0,55 µg/l arasında ölçülmüştür. Aşılı ve aşısız bitkilerin boşluk suyu konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Buna rağmen kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksilemindeki ortalama p,p-DDE konsantrasyonu 71 µg/l olup, bu değer istatistiksel olarak karpuz ve kabak bitkilerinden farklıdır. Aşısız kabak, kabak üzerine kabak aşısı, kabak üzerine karpuz aşısı, karpuz üzerine karpuz aşısı ve aşısız karpuz bitkileri için biyo birikim faktörü sırasıyla; 344, 325, 197, 1,28 ve 0,89 olarak hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan bitkilerin meyvesindeki en yüksek konsantrasyon kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerde ölçülmüş olup bu değerler 2,6 ng/g ile 11,51 ng/g arasında değişmektedir. Sonuçlara bakıldığında kabak anacı ksilemdeki p,p-DDE konsantrasyonunu arttırıcı etkiye sebep olmuştur. Bu araştırma ile ilk defa kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksileminde yıllanmış p,p-DDE nin biriktiği gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: DDT, DDE, aşılı karpuz, kabak, anaç, ksilem

ABSTRACT

Zucchini has an ability to phytoextract weathered p,p-DDE from contaminated soil and watermelon does not have this ability. This research investigates the accumulation of weathered p, p-DDE in xylem sap, rhizosphere pore water, and fruits of watermelon grafted onto zucchini rootstocks (heterografted watermelon). The movement of (p,p-DDE) from the bulk soil to the rhizosphere pore water to the xylem sap was tracked and compared in intact plants, homografted, and compatible heterografts of zucchini and watermelon plants. Pot experiments were conducted to assess the effect of grafting on accumulation of weathered p,p'-DDE in xylem sap, rhizosphere pore water, and fruits of grafted and nongrafted plants.

An average p,p-DDE concentrations in rhizosphere pore water ranged from 0.36 $\mu\text{g/l}$ (heterografted watermelon) to 0.55 $\mu\text{g/l}$ (intact plant of watermelon) and there were no statistically significant differences between grafted and non-grafted plants. Conversely, xylem sap p,p-DDE concentration of heterografted watermelon is 71 $\mu\text{g/l}$ and it is significantly different than their homografts and intact plants of watermelon and zucchini. The bio-concentration factors were 344, 325, 197, 1.28, and 0.89 for intact plant of zucchini, homografted zucchini, heterografted watermelon, homografted watermelon, and intact plant of watermelon, respectively. The p,p-DDE content in fruits was the highest for heterografted watermelon among the cultivars, ranging from 2.6 ng/g to 11.51 ng/g. The results showed that rootstock of Zucchini had increased p,p-DDE concentrations in xylem sap of cultivars. It is the first time our experiment showed that weathered p,p'-DDE were accumulated in xylem sap of heterografted watermelon plant.

KEYWORDS: DDT, DDE, grafted watermelon, zucchini, rootstock, xylem

GİRİŞ

Aşılı karpuz Çin, Kore, İspanya, İtalya ve Türkiye’de yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir (MIGUEL *ve ark.*, 2004; YETİSİR *ve ark.*, 2007; YETİSİR ve SARI, 2003). Çin’den sonraki en büyük karpuz üreticisi ülke Türkiye’dir (YETİSİR *ve ark.*, 2007). 2001 yılında Türkiye’de yaklaşık olarak 4 milyon ton karpuz üretilmiştir (ANONYMOUS, 2001). 2006 yılında Türkiye’deki aşılı karpuzların sayısı 2,5 milyondan 16 milyona çıkmıştır (ATASAYAR, 2006). Karpuzların aşılmasında kullanılan yaygın anaç türleri yaz kabağı (*Cucurbita pepo*), bal kabağı (*Cucurbita moschata*), bal kabağı (*Cucurbita maxima*), hibrit kabak (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*) ve su kabağı (bottle gourd) olarak sıralanabilir (DAVIS *ve ark.*, 2008; LEE, 1994). Kore, Japonya ve Tayvan’da 1998 yılında karpuzların % 95 inin “squash” veya “gourd” anaçları üzerine aşılandığı rapor edilmiştir (LEE ve ODA, 2003).

Karpuz bitkisine aşı yapılmasının temel sebebi *fusarium wilt*, *verticillium wilt* ve *phomopsis sclerotiodes* gibi toprak kaynaklı hastalıkları kontrol etmek ve bitkilerde viral hastalıklara karşı daha dayanıklı bir yapı oluşturmaktır (MIGUEL *ve ark.*, 2004; SAKATA *ve ark.*, 2007; SHISHIDO *ve ark.*, 2006; WANG *ve ark.*, 2002). Daha önce yapılan çalışmalara göre aşılama meyve verimini, kaliteyi, tuzlu topraklarda ve düşük sıcaklıklarda bitkinin hastalıklara karşı toleransını arttırmaktadır (LIU *ve ark.*, 2003b; NIE ve CHEN, 2000; PULGAR *ve ark.*, 2000; RIVERO *ve ark.*, 2004; RUIZ *ve ark.*, 1997; XU *ve ark.*, 2005d). Örneğin shin-tosa (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*) anaçı düşük sıcaklıklarda daha yüksek büyüme hızı sağlamaktadır. Crimson tide (karpuz) üç farklı anaca aşılandığında tuzlu şartlarda aşılammamış karpuzlardan daha fazla kök ağırlığı ürettiği, kalsiyum ve magnezyum biriktirdiği görülmüştür (YETİSİR ve UYGUR, 2010). Başka bir çalışmada su kabağı üzerine aşılammış karpuz bitkileri kontrol bitkileri ile kıyaslandığında verimin %27 ile %106 arttığı verilmiştir (YETİSİR ve SARI,

2003; YETİSİR *ve ark.*, 2004; YETİSİR *ve ark.*, 2003). Aşılama karpuz bitkisine yukarıda bahsedilen avantajları sağlayacağı gibi aşıllanmış karpuzlar hakkında kötü tat, lifli yapı gibi yaygın şikayetler bulunmaktadır (DAVIS *ve ark.*, 2008; LEE ve ODA, 2003). Şu ana kadar aşılamanın bitkiye sağlayacağı avantajlar üzerine bir çok araştırma yapılmasına rağmen DDT (2,2-bis(chlorophenyl)-1,1,1- trichloroethane) gibi pestisitlerin aşıli karpuzların yapısında birikimi konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Tarım amaçlı kullanılan klor (Cl) ve fosfor (P) içeren pestisitler dünya genelinde en çok bilinen çevresel organik kirleticilerdendir. Bu tür kimyasalların Türkiye’de de kullanıldığı Tarım Bakanlığı’nın yayınladığı ‘Ruhsatlı Zirai Mücadele İlaçları’ verilerinde de belirtilmiştir (YUCER, 2000). Ülkemizde nadas uygulaması yapılmayan tek il olan Sakarya’ da turunçgiller ve subtropik meyveler dışında her türlü tarla bitkisi, meyve ve sebze yetiştirilebilmektedir. Meyve üretiminde insektisit, fungusit gibi ilaçlar kullanılırken, tarla bitkileri üretiminde yabancı ot öldürücü herbisitler ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. İklimin rutubetli olmasının neticesi olarak çok sık rastlanan mantar hastalıklarına karşı fungusit kullanılmaktadır. Sakarya bölgesinde tarım ilacı kullanım oranı Tablo 1 de verilmiştir ve hektar başına kullanılan pestisit miktarı Türkiye ortalamasının çok üzerindedir.

Tablo 1. Sakarya İlinde Tarımsal Mücadele İlaçları (etkili madde olarak) Kullanımı (SESAM, 2002)

İlaç Çeşidi	Sakarya		Türkiye	
	Miktar (ton)	kg/ha	Miktar (ton)	kg/ha
İnsektisit	357	1,45	17,383	0,81
Fungusit	253	1,03	5,774	0,27
Herbisit	55	0,23	8,876	0,41
Diğer	48	0,20	4,960	0,23
Top/Ort	713	2,91	36,993	1,72

Türkiye’de yapılan çalışmalar, bazı pestisitlerin yıllar önce yasaklanmış olmasına rağmen hala su (AYAS *ve ark.*, 1997; TURGUT, 2003), sediment (FİLİZ ve KUCUKSEZGİN, 2008), balık (ERKMEN ve KOLANKAYA, 2006), anne sütü (COK *ve ark.*, 2010) ve bal (YAVUZ *ve ark.*, 2010) numunelerinde rastlandığını göstermiştir. Ayrıca Türkiye de pestisitlerle ilgili yasaların olmasına rağmen, kullanıcıların hiçbir zorlukla karşılaşmadan bu tür pestisitleri çok rahatlıkla elde edip kullandıkları vurgulanmıştır (KOLANKAYA, 2006). TURGUT (2003), Küçük Menderes nehir suyundaki, Heptachlor, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Methoxychlor, DDT’ler(DDT, DDD, DDE), Endosulfan gibi Klorlanmış Organik Pestisit kalıntılarını 2000–2002 yılları arasında incelemiştir. Klorlanmış organik pestisitlerin kullanımı yıllar önce yasaklanmış olmasına rağmen, Küçük Menderes nehir suyunda bu tür kirleticiler mevsimsel olarak değişik konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Yapılan bu çalışma nehrin ciddi bir pestisit kirliliği ile karşı karşıya olduğunu göstermiştir. Nehirden alınan su numunelerinin çoğunda, DDT’ler(DDT, DDD, DDE) ortalama olarak 44–102 ng/l olarak ölçülmüştür. Aynı çalışmada mevsimsel olarak klorlanmış pestisit konsantrasyonlarının minimum ve maksimum değerleri sırasıyla heptachlor(toplam), aldrin, dieldrin, endosulfan ve endrin için; 0–478 ng/l, 39–1790, 8–5117, 0–152, 50–385 ng/l olarak verilmiştir. Benzer olarak Ayas *ve ark.*, 2007’de yaptıkları çalışmada o,p-DDT, p,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD, p,p-DDT, heptachlor, heptachlor epoxide, aldrin, dieldrin, lindane, α -BHC, ve β -BHC gibi klorlanmış organik pestisitlerin Sarıyar baraj gölünün 3 ayrı istasyondan topladıkları su, sediment ve balık numunelerindeki miktarlarını araştırmışlardır. Ölçümü hedeflenen klorlanmış organik pestisitlerin konsantrasyonları alınan 20 numune için; 0,011 mg/l – 0,069 mg/l arasında ölçülmüştür. Toplanan 12 numunede ise bu miktar metodun

ölçüm limitinin altında olarak verilmiştir. Bu çalışmada balıkların yapısında en fazla biriken pestisit ise o,p-DDD olarak verilmektedir (Biyoloji birikim faktörü =71,2).

KURT ve OZKOC (2004) yaptıkları çalışmada orta Karadeniz deniz kıyı şeridindeki klorlanmış organik pestisitleri ve PCB (Polychlorinated Biphenyls) leri araştırmışlardır. Seçilen 17 çeşit klorlanmış organik pestisitlerden sadece Heptaclor bütün numune alma noktalarında (toplam 6 tane numune alma noktası seçilmiş) ölçüm limitlerinin üzerinde, 1 pg/ml - 30 pg/ml olarak ölçülmüştür. Ayrıca bazı numunelerde Endosulfan, p,p'-DDD, p,p'-DDE, BHC, HCB ve Eldrin'e rastlanmıştır. Midyelerde de bu 17 pestisit numune alma noktalarına bağlı olarak, çeşitli konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Yaş midyenin gram ağırlığında biriken pestisit miktarları; 240–1800 pg DDT /g, 70–2800 pg DDE/g ve 240–5400 pg DDD /g olarak ölçülmüştür. Bu çalışmayla klorlanmış organik pestisitlerin canlı organizmalardaki biyo-birikimi vurgulanmıştır (KURT ve OZKOC, 2004).

ARUL ve ark., (2006) Sakarya, Geyve bölgesinde yaptıkları bir çalışmada; bölgede bulunan tarım ilaçları satan yerlerle yüz yüze yapılan görüşmelerde bölgede bir yıl içerisinde kullanılan klorlanmış organik pestisit ve toplam pestisit miktarlarını araştırmışlardır. Araştırmada bölgede bir yılda 12666 kg ve 52966 litre pestisit satıldığı öğrenilmiştir. Satılan bu miktarın kg olarak %9,55 klorlanmış organik ve %24,88 fosforlanmış organik pestisit; litre olarak da %3,05 klorlanmış organik ve %43,86 fosforlanmış organik pestisit olduğu vurgulanmıştır (ARUL ve ark., 2006).

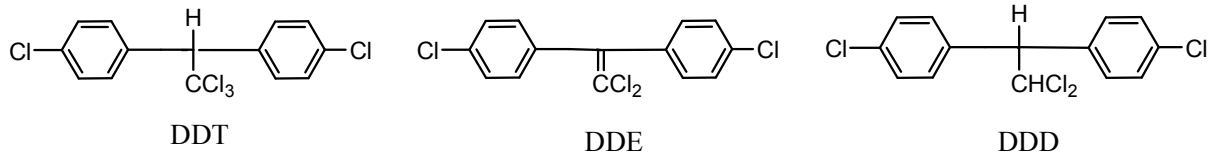
İSLEYEN ve ark.,(2011) tarafından yapılan diğer bir çalışmada Sakarya ilinin bütün ilçelerinde tarımın yoğun yapıldığı bölgelerden toplanan toprak numunelerinin bazılarında aşırı derecede Poli Aromatik Hidrokarbon (PAH), DDT, DDD, ve DDE gibi klorlanmış organik pestisit ve bazı fosforlu organik pestisitler bulunmuştur. Toprak numunelerinin bazılarında aşırı

derecede DDT ye rastlanmıştır ve bu numunelerdeki DDT miktarının bozunma ürünleri olan DDD ve DDE den çok daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum DDT nin kullanımının yasak olmasına rağmen, bunun kanunsuz olarak kullanıldığı şüphesini uyandırmıştır (ISLEYEN *ve ark.*, 2011).

Görüldüğü gibi çevredeki klorlanmış organik pestisitler, diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de önemli çevresel problemlerden biridir. Toprakta uzun yıllar kalabilen, biyolojik parçalanmaya uğramayan, sudaki çözünürlüğü az olan bu kirleticiler, kalıcı organik kirleticiler (KOK) olarak adlandırılır. KOK'ler, uzun süre ortamda kalması, toksik özellikleri, biyolojik birikim için potansiyel kaynak olması ve küresel taşınımları nedeniyle çevresel ilgi odaklarından biri olmuştur (WANIA ve MACKAY, 1996). DDT ve DDE Stockholm sözleşmesinde uluslar arası sınırlandırılan ve azaltılmaya çalışılan 12 adet kalıcı organik kirleticiden biridir. Bu kalıcı organik kirleticilerin log K_{ow} (oktanol-su etkileşim katsayısı) 5 ten büyük olup bu gibi kirleticilerin topraktaki yarılanma ömürleri uzun yıllar olarak verilmektedir (MATTINA *ve ark.*, 1999). DDT gibi kirleticiler toprağın organik maddesine güçlü bir şekilde bağlanırlar ve bunların biyolojik kullanılabilirliği zamanla hızlı bir şekilde azalır (ALEXANDER, 2000). DDE ile kirlenmiş toprakların arıtılması son derece zordur.

DDT, 1960 yıllarının ortalarına kadar dünya çapında en yaygın kullanılan klorlanmış organik pestisitlerden biridir. 1950 ile 1993 yılları arasında 2,6 milyon ton DDT nin kullanıldığı tahmin edilmektedir (VOLDNER ve LI, 1995). DDT diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de 1960 ile 1970 yılları arasında çok yaygın bir şekilde kullanılmış (KOLANKAYA, 2006) olmakla birlikte 1985 yılında yasaklanmıştır. Fakat buna rağmen daha önce de belirtildiği gibi Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan bal (YAVUZ *ve ark.*, 2010), sediment (FİLİZ ve KUCUKSEZGİN, 2008), midye (KURT ve OZKOC, 2004) ve su numunelerinde (AYAS *ve ark.*,

1997; TURGUT, 2003) DDT ve bozunma ürünleri olan DDD ve DDE ye rastlanmıştır. DDT %80 p,p-DDT ve %20 o,p-DDT nin karışımından oluşmaktadır (KANNAN *ve ark.*, 1995). DDT zamanla biyotik (GUENZI ve BEARD, 1976; ZAYED *ve ark.*, 1994) veya abiyotik (HUSSAIN *ve ark.*, 1994) aktiviteler sonucunda, DDD (2,2-bis(chlorophenyl)-1,1 -dichloroethane) ve DDE (2,2-bis(chlorophenyl)-1,1 –dichloroethylene) gibi iki metabolizma ürünlerinden birine çevrilebilir. Bu bozunma ürünlerinin de DDT gibi yarı ömrü yüksektir ve biyolojik birikim nedeniyle hem DDD hem de DDE, KOK olarak sınıflandırılır (WANIA ve MACKAY, 1996). p,p-DDT, p,p-DDD ve p,p-DDE nin kimyasal yapıları Şekil 1 de verilmektedir.



Şekil 1. p,p-DDT ve Metabolik Ürünlerin Kimyasal Yapısı

Rizosferde görülen p,p-DDE mikrobiyal aktivite sonucu veya direk bazı enzimler yardımıyla biyolojik parçalanma sonucu oluşabilir. ZAYED *ve ark.*(1994) DDT nin DDE ye dönüşümünün 9–18 ay içinde %80 oranında olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde ANDREA *ve ark.* (1994) radyoaktif DDT'yi toprak numunelerine eklediklerinde 48 haftada toprak numunelerinde DDE ölçmeye başladıklarını belirtmişlerdir(ANDREA *ve ark.*, 1994). Toprak tipi ve karakterine bağlı olarak parçalanma hızı değişmesine rağmen, DDE tarımsal topraklarda yıllarca kalabilir. Bu kirleticiler alıcının lipit fraksiyonunda birikir ve besin zinciri ile biyolojik birikime sebep olur (KUMAR *ve ark.*2002). Bu tip kirleticilerin toksik olması (GOSSELIN *ve*

ark., 1984; GRASMAN ve ark., 1998) ve dünyadaki dağılımı yüzünden (MEIJER ve ark., 2002; WANIA ve MACKAY, 1996) etkili arıtım yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Fitoremediyasyon, su, toprak veya sedimentlerden organik ve inorganik kirleticileri gidermek için, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal yetenekleri kullanarak yerinde yapılan bir arıtım-iyileştirme teknolojisidir(CUNNINGHAM ve ark., 1996; LASAT, 2002; SCHNOOR, 2002). Bu teknolojinin son zamanlarda ilgi odağı olmasının sebepleri; fiyatının fazla olmaması, doğal ortam üzerine olumsuzluklarının az olması, özel şartlar altında başarılı uygulanışıdır (SCHNOOR, 2002). Bu nedenle DDE gibi klorlanmış organik kirleticilerin topraktan giderilmesi için bitkiler kullanılır. Bazı bitkilerin DDE, Chlordane, Aldrin gibi maddeleri topraktan alarak yapısında biriktirdiği, bazılarının da biriktirmediği literatürde verilmiştir (PYLYPIW ve ark., 1997; WHITE, 2000).

Daha önce yapılan çalışmalarda, zucchini ve pumpkin (*Cucurbita pepo spp.pepo*) gibi bazı kabakgillerin topraktaki bu kalıcı kirleticileri giderebileceği belirtilmiştir (MATTINA ve ark., 2006b; WHITE, 2010; WHITE ve ark., 2003b).

Topraktaki yıllanmış p,p-DDE gibi kalıcı organik kirleticiler zucchini, squash ve pumpkinin kök, gövde, yaprak ve meyvesinde belli miktarlarda birikebilmektedir (MATTINA ve ark., 2006a; WHITE, 2010; WHITE ve ark., 2003b). Bitkilerdeki biriken kirleticinin miktarı bitki fizyolojisi ve kirleticinin fiziksel/kimyasal karakterine bağlı olarak değişebilir(MATTINA ve ark., 2006b). *Cucurbita pepo spp. pepo* şüana kadar bilinen en iyi p,p-DDE biriktiricisi olarak belirtilirken, karpuz kirlenmiş topraklardaki p,p-DDE yi yapısına almayan (biriktirmeyen) bitki olarak bilinir (MATTINA ve ark., 2006a; WHITE, 2010; WHITE ve ark., 2003b). Fakat aşılı karpuzlarda yani anaç kısmı kabak olan karpuzların yapısında p,p-DDE nin birikip birikmeyeceği konusunda bilimsel çalışmalar mevcut değildir. İlk defa bu çalışma ile topraktaki yıllanmış p,p-

DDE nin kabak, karpuz, bunların kendi aralarında aşıları ve kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin yapısında birikip birikmeyeceği araştırılmıştır. Topraktaki p,p-DDE nin, topraktan boşluk suyuna, boşluk suyundan belirtilen bitki turlerinin ksileminde ve meyvelerinde nasıl biriktiği incelenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Toprak Numunelerinin Toplanması ve Rhizotronların Hazırlanması

Sakarya ve ilçelerindeki tarımsal amaçlı kullanılan topraklardaki pestisit kalıntılarının araştırıldığı çalışmaya göre, Karasuda özel bir alanda dikkat çekici bir şekilde DDT ve bozunma ürünleri olan DDD ve DDE miktarlarının bölgede en yüksek olduğu belirlenmiştir (USLAN, 2009). Bu sebeple yapılacak çalışma için temin edilmesi gereken kirli toprağın bu bölgeden alınmasına karar verilmiştir.

Projenin birinci yılında (2009) bitkilerin ekileceği rhizotronların doldurulması için gerekli olan 400 kg toprak kirlenmiş bölgeden çıkarıldı. 2 mm'lik elekten geçirilen kirli topraktaki ot, taş gibi homojen olmayan yapılar giderildi. Elenen ve karıştırılan toprak numuneleri her bir rhizotrona 7,2'şer kg olacak şekilde 30 rhizotrona doldurulmuştur. Aynı şekilde 20 adet kontrol rhizotron, DDE içermeyen toprakla doldurularak hazırlanmıştır.

Projenin ikinci yılında (2010) 14 kg lık kirli toprağın bulunduğu 36 adet rhizotron, 12 adet kontrol rhizotronu birinci yılda olduğu gibi hazırlanmıştır. 2010 da toprak miktarının artırılmasının sebebi rhizotronlarda sağlıklı meyveler elde etmek içindir. Genelde gübrelemenin p,p-DDE ile kirlenmiş topraktan kabakgiller ile alınışını arttıracak sanılmasına rağmen, p,p-DDE'nin Fito-ekstraksiyonunu azalttığı gözlenmiştir (WHITE *ve ark.*, 2005). Bu sebeple bilinmeyen bu mekanizmaya gübrenin etki edebileceği kaygısıyla bitkilerin yetiştirilmesi sırasında gübre kullanılmamıştır. Bunun sonucunda 2009 da rhizotronlarda yetiştirilen bitkilerden sağlıklı meyveler elde edilememiştir. Elde edilen bazı meyveler ise bitkinin kendini

besleyememesinden dolayı yeterli büyüklüğe ulaşamamıştır. Bu sebeple 2010 yılında rhizotronlara konulan toprak miktarı iki katına çıkarılmıştır.

Her bir rhizotrandan ekim yapılmadan toplam DDE miktarının ölçülmesi amacıyla toprak numunesi alınarak 250 ml'lik amber cam şişelere konulup teflon kapakla kapatıldı ve etiketlenerek laboratuara getirildi. Laboratuara gelen numuneler oda sıcaklığında 1 hafta kurutularak ekstraksiyon için hazır hale getirildi.

Toprak Numunelerinin Ekstraksiyonu

Oda sıcaklığında kurutulan toprak numuneleri 3g'lık iki fraksiyon olarak tartıldı. Bunlardan birincisi numunelerdeki nem miktarının tayini için 100°C'de 24 saat etüvde bekletilerek topraktaki nem miktarları belirlendi. İkinci fraksiyon her numune için 5–7 tekrarlı olmak üzere, 40 ml'lik amber şişelere konularak, üzerine 506,5 ng (50,65 µg/ml lik çözültiden 10 µl) iç standart(IS) ilave edildi. Daha sonra şişelere 15 ml hekzan ilave edilip teflon kapakları kapatılarak, etüvde 70 °C de 5 saat bekletildi. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığında soğutulup, 0,2µm cam mikro fiber filtreden süzülerek 2 ml lik GC-şişelerine konuldu. Ağızları kapatılan şişeler buzdolabında analize kadar bekletildi (WHITE *ve ark.*, 2005)

Bitkilerin Temini ve Ekilmesi

Deneyimizde kabak (*Cucurbita moschota*), karpuz (*Citrillus lanatus*) kullanılarak bunların kendi türleri arasındaki aşısı (homograft), çapraz aşı (heterograft) ve aşısız bitkiler Antalya'daki özel bir firmadan temin edilmiştir (Şekil 2). Projenin birinci yılında (2009) kullanılan bitki türleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- 1) Kabak bitkisi
- 2) Karpuz bitkisi
- 3) Kabak + Karpuz: Kabak üzerine karpuz aşısı yapılmış bitki
- 4) Kabak + Kabak: Kabak üzerine kabak aşısı yapılmış bitki
- 5) Karpuz + Karpuz: Karpuz üzerine karpuz aşısı yapılmış bitki

Aşılı ve aşısız bitkiler kirlenmiş topraklarla doldurulan 30 adet rhizotrona 6 tekrarlı, 20 adet kontrol rhizotronuna 4 tekrarlı olarak ekilmiştir.



Şekil 2. Temin Edilen Aşılı ve Aşısız Bitkiler

Projenin ikinci yılında kabak (shin-tosa; *Cucurbita maxima* X *Cucurbita moschota*), karpuz (Crimson Tide) kullanılarak bunların kendi türleri arasındaki aşı (homograft), çapraz aşı (heterograft) ve aşısız bitkiler yine Antalya'daki özel bir firmadan temin edilmiştir. Bunlara birinci yıldaki kabak+karpuz aşılı bitkilerin meyvelerinden elde edilen tohumlar çimlendirilerek ilave bir set olarak eklenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Kabak Üzerine Karpuz Aşılı Bitkilerin Meyvelerinden Elde Edilen Tohumların Çimlendirilmesi

Buna bağlı olarak toplam 36 adet kirli toprakla doldurulmuş rhizotrona 6 tekrarlı, 12 adet kontrol rhizotronuna 2 tekrarlı olarak bütün bitkiler ekilmiştir.

- 1) Kabak bitkisi
- 2) Karpuz bitkisi
- 3) Kabak + Karpuz: Kabak üzerine karpuz aşısı yapılmış bitki
- 4) Kabak + Kabak: Kabak üzerine kabak aşısı yapılmış bitki
- 5) Karpuz + Karpuz: Karpuz üzerine karpuz aşısı yapılmış bitki
- 6) 2009 yılında elde edilen tohumlar(kabak+karpuz)

Bitkilerin Hasadı ve Numunelerin Toplanması

Kirli toprakların bulunduğu rhizotronlardan ekimden hasada kadar olan suredeki p,p-DDE nin sulama, buharlaşma veya diğer sebeplerden dolayı kayıplarını ölçmek için 6 adet bitkisiz rhizotron hazırlanmıştır. Bitkili ve bitkisiz rhizotronların ekimden hasada kadar yapılan sulama ve bakım işlemleri aynı şekilde yapılmıştır. Tablo 2’de ekim yapılan bitki türleri ve bunlardan elde edilen numuneler özet halinde verilmiştir.

Tablo 2. Ekilen Bitkilerin Türleri ve Elde Edilen Numuneler

		<u>Karasu'daki Deneysel Alan:</u> p,p-DDE ile kirlenmiş toprakta yetiştirilen bitkilerden alınan numuneler	<u>Rhizotronlar:</u> p,p-DDE ile kirlenmiş toprakların bulunduğu rhizotronlarda yetiştirilen bitkilerden alınan numuneler	<u>Rhizotronlar:</u> Temiz toprakların (p,p-DDE ile kirlenmemiş) rhizotronlarda yetiştirilen bitkilerden alınan numuneler
2009 yılı	Kabak Kabak +Kabak Kabak+Karpuz Karpuz Karpuz+Karpuz	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Meyve• Çekirdek	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu• Ksilem	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu• Ksilem
	Bitkisiz Kontrol	-----	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu
2010 yılı	Kabak Kabak +Kabak Kabak+Karpuz Karpuz Karpuz+Karpuz Tohum (kabak+karpuz)	-----	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu• Ksilem• Meyve	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu• Ksilem• Meyve
	Bitkisiz Kontrol	-----	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu	<ul style="list-style-type: none">• Toprak• Boşluk suyu

2009 yılındaki bitkiler 142, 2010 yılındaki bitkiler ise 68 günlük büyüme periyodu sonunda hasat edilmiştir. Bitkilerden toplanan meyveler (Şekil 4) yıkanıp parçalayıcıdan geçirildikten sonra uygun şartlarda paketlenerek derin dondurucuda analiz edilene kadar saklanmıştır.



Şekil 4. Kabak Üzerine Karpuz Aşılı Bitkilerin Meyveleri

MATTINA ve araştırma grubu tarafından 2006 da yayınlanan makaledeki yöntem kullanılarak bitkilerden ksilem ve boşluk suyu toplandı (MATTINA *ve ark.*, 2006a). Kullanılan yöntem kısaca şöyle özetlenebilir. Bitkili rhizotronlar yaklaşık 25 derece açıyla ters yatırıldı. Bitki gövdesindeki toz ve toprak parçacıkları temizlendikten sonra toprak yüzeyinden yaklaşık 2–3 cm yukarıdan bitki gövdesi kesildi. Bitki gövdesinden çıkan ksilem 5 saniye kadar akıtıldı. Daha sonra kesilen bitki gövdesi 40 ml’lik temiz amber cam şişelerin içerisine yerleştirilerek, ksilem toplama işlemi gerçekleştirildi. Ksilem toplanması sırasında peristaltik pompa yardımıyla rhizotronlara aynı debide saf su pompalanarak toprak nemli tutuldu. 24 saatlik toplama işlemi süresince amber şişeler kuru buz ile soğutuldu.. Aynı çalışmada belirtilen boşluk suyu toplama yöntemi kullanılarak bitkili ve bitkisiz rhizotronlardan boşluk suyu toplandı. Toplama işlemleri sonunda bütün numuneler derin dondurucuya konarak analiz edilene kadar orada saklandı.

Meyvelerin Ekstraksiyonu

Hasattan sonra parçalayıcıdan geçirilip derin dondurucuya konulmuş olan meyvelerden 40 ml lik şişelere 10–30 g tartıldı. Numuneler üzerine 506,50 ng iç standart (IS), 10 ml hekzan ve 5 ml propanol ilave edilip teflon kapakla sıkıca kapatıldı. Hazırlanan numuneler 65 °C etüvde 3,5 saat bekletildi. Bu süre sonunda etüvden alınan numuneler oda sıcaklığında 10 dakika soğuması için bırakıldı. Soğuyan numuneler cam pamuğu yardımıyla süzülerek 500 ml lik ayırma hunilerine toplandı. 10 ml hekzan ve 5 ml propanol karışımı ile numune şişeleri yıkanarak cam pamuğundan süzüldü. Oluşan hekzan ve propanol fazına 25 ml doygun Na₂SO₄ çözeltisi ve 100 ml saf su ilave edilerek 10 sn yavaşça çalkalandı, fazların ayrılması için 10 dk beklendikten sonra oluşan ağır faz ayırma hunisinden boşaltıldı. Ayırma hunisinde kalan faz kısmına 50 ml saf su ve 25 ml doymuş Na₂SO₄ çözeltisi eklendi. Tekrar çalkalanan karışım fazlara ayrıldıktan sonra ağır faz ayırma hunisinden boşaltılarak sadece hekzan fazı bırakıldı. Bu faz daha önceden 5 g susuz Na₂SO₄ ile doldurulmuş olan 40 ml lik şişelere boşaltılarak 24 saat bekletildi. Bu süre sonunda numuneler 0,2 µm cam mikro fiber filtreden süzülerek 2 ml lik GC şişelerine konuldu ve analiz edilene kadar derin dondurucuda bekletildi.

Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (KFME) Metodunun Optimizasyonu

Katı Faz Mikro Ekstraksiyon metodu, az hacimli sıvı fazdaki p,p-DDE'lerin doğru ve kısa sürede ölçümü için optimize edilmelidir. En uygun KFME metodu geliştirilirken ekstraksiyon (fiber türü, ekstraksiyon süresi, numune hacmi) ve desorpsiyonu (sıcaklık ve zaman) etkileyen faktörlerin optimize edilmesi gerekmektedir.

Optimize edilen bu metot, bitkilerin hasadı sırasında toplanan ksilem (xylem) ve boşluk suyundaki p,p-DDE'lerin ölçümünde kullanılmıştır. Daha önce yaptığımız araştırmalar sonucunda hasat sırasında 20 ml ye kadar ksilem toplanabileceği gözlenmiştir. Bu sebeple KFME metodu bu az hacimli ksilemdeki p,p-DDE'nin doğru bir şekilde ölçülmesinde kullanılacak optimum yöntemdir (MATTINA *ve ark.*, 2006a).

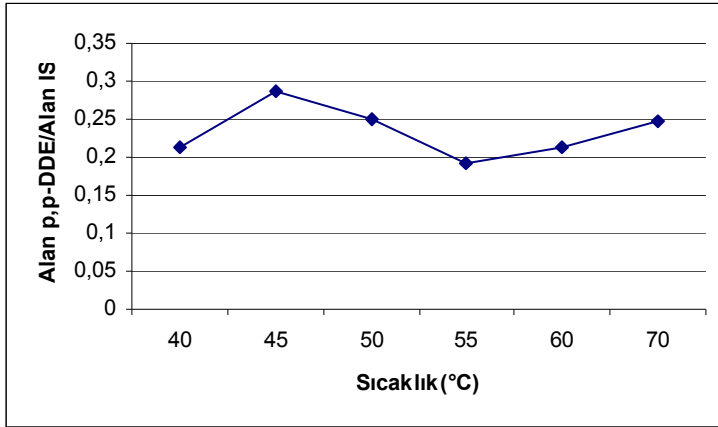
Su ortamındaki p,p-DDE'lerin ölçümünde en uygun sonuç veren fiber türü PDMS-DVB'dir (MATTINA *ve ark.*, 2006a). PDMS-DVB fiberi, taşıyıcısı ve metanol içindeki p,p-DDE standart çözeltisi(1 ml, 5000 µg/ml) SUPELCO'dan alınmıştır.

Daha önce yaptığımız araştırmalar sonucunda toplanan boşluk suyunun 3 ml den az olduğu ve ksilemin ise bitki türüne bağlı olarak 24 saat süre sonucunda 4-20 ml civarında toplanabileceği tespit edilmiştir (MATTINA *ve ark.*, 2006a). Toplanan boşluk suyu ve ksilem hacmi az olduğu için numune hacmi 1 ml olarak seçilmiştir. İç standart kullanıldığı için geri kazanım hesaplanarak, 1 ml numune hacminde p,p-DDE miktarının doğru bir şekilde ölçüldüğü görülmüştür.

Sıvı ortamındaki kimyasalın kütle transfer hızı da, ekstraksiyon verimine etki eden faktörlerden birisidir. Genellikle, karıştırma ve ultrasonik banyo ile muamele sonucu, kimyasalın sıvı fazdan fibere transfer hızı artırılır. Bu da ekstraksiyon zamanını azaltır (BOYD-BOLAND

ve PAWLISZYN, 1995; GERECKE *ve ark.*, 2001; LEE *ve ark.*, 1998; BOUAID *ve ark.*, 2001; NAVALON *ve ark.*, 2001; JINNO *ve ark.*, 1996). Bu araştırmada numune hacmi az olduğu için ekstraksiyon işlemi yaparken karıştırma işlemi tercih edilmemiştir. Bunun yerine sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilebilen ısıtıcı blok ve su banyosu kullanılmıştır.

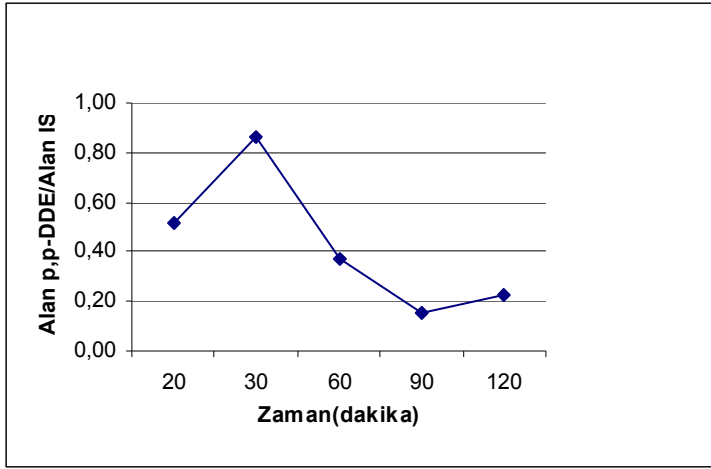
SUPELCO'dan alınan standart p,p-DDE özeltisi kullanılarak, 10 µg/l'lik 1ml p,p-DDE çözeltileri distile su içerisinde hazırlandı. Geri kazanımı belirleme amacıyla hazırlanan bütün çözeltilere iç standart eklendi. Hazırlanan bu çözeltiler kullanılarak seçilen fiberin 40°C - 70°C sıcaklık aralığında, GC-ECD deki p,p-DDE piklerinin alanları karşılaştırıldı. Aşağıda verilen grafikte 45°C de ölçülen alanın en büyük olduğu açıkça görülmektedir. şekil 5'te y eksenini p,p-DDE alanının kullanılan iç standart (IS) alanına oranı, X ekseninde de optimizasyonda kullanılan sıcaklıkları (°C) göstermektedir.



şekil 5. KFME Metodu için Seçilen Fiberin Farklı Sıcaklıklardaki Optimizasyonu

Deneyde kullanılan fiber türü için maksimum alan 45°C de belirlenmiştir. Bundan sonraki aşama için 45°C sıcaklık kullanılarak, 10-120 dakika zaman aralığındaki ekstraksiyon sonucunda

GC-ECD deki p,p-DDE piklerinin alanları karşılaştırıldı. Şekil 6’da görüldüğü gibi 30 dakika sonucunda maksimum alan elde edilmiştir.



Şekil 6. KFME Metodu için Seçilen Fiberin Farklı Zaman Aralıklarındaki Optimizasyonu

Yapılan denemeler sonucunda geliştirilen GC-ECD yöntemi için 300°C lik enjeksiyon sıcaklığı ve 5 dakikalık desorpsiyon süresinde maksimum alan elde edilmiştir.

Bitkiler hasat edildiğinde boşluk suyu ve ksilemdeki p,p-DDE'nin ölçümü için optimize edilen KFME metodu (ekstraksiyon ve desorpsiyon) aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Ekstraksiyon için 1ml lik numune hacmi, 45°C lik sıcaklık ve 30 dakikalık süre ve PDMS-DVB fiber, desorpsiyon için 300°C lik enjeksiyon sıcaklığı ve enjeksiyon yerinde 5 dakikalık bekleme süresi kullanılmıştır.

Optimize edilen KFME metodu ile su fazındaki p,p-DDE için kalibrasyon eğrisi hazırlandı. Kalibrasyon eğrisi 0; 1,25; 2,5; 5; 10; 20; 100; 200 µg/l lik p,p-DDE standartları kullanılarak hazırlandı. Hazırlanan 1ml'lik standartlara geri kazanımı belirlemek için 70,6 ng iç

standart (IS) eklendi. Kalibrasyon eğrisi az hacimdeki düşük konsantrasyonlar için iyi bir korelasyon ($R^2 = 0,99$) elde edildi. Boşluk suyu ve ksilem numuneleri analizleri sırasında kalibrasyon eğrileri günlük olarak tekrarlanmıştır. Optimize edilen bu KFME metodu ile toplanan boşluk suyu ve ksilemdeki p,p-DDE miktarı doğru ve kolay bir şekilde ölçülmesine imkan sağlanmıştır.

Toprakta ve Meyvede p,p-DDE nin Ölçülmesi

Ekstraksiyon edilen toprak ve meyve numunelerininin 1 µl si ^{63}Ni mikro elektron yakalayıcı dedektör (μECD) olan AGILENT 6890N gaz kromatografisi (GC) ne enjekte edildi. Metot ile ilgili detayları şu şekilde özetleyebiliriz:

HP-5MS kolon (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) ve 60 ml/dakika taşıyıcı gaz olarak azot kullanılmıştır. Enjektör sıcaklığı 280°C ve dedektör (ECD) sıcaklığı 300°C dir. Kolon sıcaklığı 80 °C 2 dakika tutulup, daha sonra 25 °C /dakika ile 190 °C çıkarıldı ve 5 °C / dakika ile 280 °C çıkarıldı, 25 °C /dakika ile 300 °C'ye çıkarılıp 2 dakika bekletildi. İç standardın ve p,p-DDE nin geliş süresi sırasıyla 8.16 ve 13.028 dk olup toplam analiz süresi 27,2 dakikadır.

Numunelerdeki DDT, DDD ve DDE miktarları, 7 adet standartla (0 µg/l, 10 µg/l, 50 µg/l, 125 µg/l, 250 µg/l, 500 µg/l, 1000 µg/l) oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplandı.

Toprak ve meyve numunelerindeki p,p-DDE miktarları ng/g kuru ağırlık olarak verilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Toprak numuneleri 5 tekrarlı ve meyve, ksilem ve boşluk suyu numuneleri 6 tekrarlı olarak ölçülmüştür. Bu veriler kullanılarak varyans analizi (ANOVA) takip eden Dunns veya student-Newman-Keuls Çoklu karşılaştırma Testi kullanılarak istatistiksel analiz yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Rhizotronlardaki p,p-DDE Miktarları

Projenin birinci ekim dönemi olan 2009 yılında her bir rhizotrandan alınan toprak numunesi 5 tekrarlı olarak ekstraksiyon edilerek, topraktaki p,p-DDE miktarı GC/ECD kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçülen p,p-DDE miktarları ng/g kuru toprak ağırlığı olarak ifade edilmiştir. Her bir tür için 6 rhizotrandan alınan toprak numuneleri ve her bir rhizotron için 5 tekrar olmak üzere toplam 30 adet ölçüm sonucunun ortalaması ve standart sapması tablo 3a da görülmektedir.

Ortalama p,p-DDE konsantrasyonu 485,43 ile 624,50 ng/g arasında değişmektedir. Rhizotronların ortalama p,p-DDE konsantrasyonları, aşısız kabaklar için $485,43 \pm 42,18$ ng/g; kabak üzerine kabak aşılı bitkiler için $582,33 \pm 60,92$ ng/g; aşısız karpuz için $610,21 \pm 39,98$ ng/g; karpuz üzerine karpuz aşısı için $556,02 \pm 77,67$ ng/g ve kabak üzerine karpuz aşılı bitkiler için $624,50 \pm 60,56$ ng/g olarak hesaplanmıştır. Çoklu karşılaştırma yöntemi ile bu numunelerin birbirinden farklı olup olmadığı istatistiksel olarak belirlenmiştir.

Tablo 3a da her bir tür için ortalama konsantrasyonların yanındaki aynı harfler istatistiksel farkın olmadığını farklı harfler ise bunların %95 doğruluk oranıyla istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir. Örneğin p,p-DDE konsantrasyonu aşısız kabakların ekildiği rhizotronlarda diğer türlerden istatistiksel farklılık ($p < 0.05$) olduğu görülmektedir. Karpuz üzerine karpuz aşılı- kabak üzerine kabak aşılı ve aşısız karpuz-kabak üzerine karpuz aşılı çiftleri arasında istatistiksel farklılık olmasına rağmen bu çiftler kendi arasında farklı değildir. Her bir rhizotron için 5 tekrardaki değişkenlik %10 dan daha azdır.

Tablo 3a. Topraktaki p,p-DDE Konsantrasyonu (2009)

Bitki Türleri	Toprak konsantrasyonu * (ng/g)
Aşısız Karpuz	610,21 ± 39,98 (CD) n=30 Kontrol : ND n=4
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	556,02 ± 77,67 (B) n=30 Kontrol : ND n=4
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	624,50 ± 60,56 (D) n=30 Kontrol : ND n=4
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	582,33 ± 60,92 (BC) n=30 Kontrol : ND n=4
Aşısız Kabak	485,43 ± 42,18 (A) n=30 Kontrol : ND n=4

* ortalama konsantrasyon ng/g toprak kuru ağırlık ± olarak tekrarların standart sapması.

Toplam 30 adet kirlenmiş toprak için, her tür için 6 saksı ve her saksı için 5 tekrar olarak analiz edilmiştir.

Cihazın minimum ölçüm limiti 1 ng/g dır.

ND: ölçüm limitinin altında

Her kolondaki parantez içinde ortalamalardan sonra verilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (ANOVA ile çoklu karşılaştırma metodu).

Daha önce belirtildiği gibi bitkilerde gübreleme yapılmadığı için 2009 yılında meyve edilemediğinden dolayı rhizotronlardaki toprak miktarı 14 kg olarak kullanılmıştı. Bu sebepten dolayı p,p-DDE ile kirlenmiş olan bölgeden alınan 500 kg toprak elendikten sonra bir önceki senenin topraklarıyla karıştırılarak daha büyük rhizotronlara doldurulmuştur. Bu rhizotronlardaki ortalama p,p-DDE konsantrasyonu 646,00 ile 1434,52 ng/g arasında değişmektedir.

Rhizotronların ortalama p,p-DDE konsantrasyonları, aşısız kabaklar için $1007,11 \pm 147,29$ ng/g;

kabak üzerine kabak aşılı kabaklar için $1347,77 \pm 266,12$ ng/g; aşısız karpuz için $1010,92 \pm 264,90$ ng/g; karpuz üzerine karpuz aşısı için $1353,02 \pm 259,02$ ng/g; kabak üzerine karpuz aşılı bitkiler için $1434,52 \pm 127,83$ ng/g ve 2009 yılında kabak aşılı karpuzlardan elde edilen tohumların ekildiği rhizotronlar için $646,00 \pm 49,89$ ng/g olarak hesaplanmıştır. Çoklu karşılaştırma yöntemi ile bu numunelerin birbirinden farklı olup olmadığı istatistiksel olarak belirlenmiştir (Tablo 3b).

Kabak üzerine kabak aşısı- kabak üzerine karpuz aşısı- karpuz üzerine karpuz aşılı bitkiler; Aşısız karpuz- aşısız kabak ve tohumların ekildiği rhizotronlardaki toprak konsantrasyonlarının istatistiksel olarak kendi aralarında farklı olmadığı fakat diğer gruplarla kıyaslandığında grupların birbirinden farklı olduğu istatistiksel analiz sonucunda görülmüştür.

Tablo 3b. Topraktaki p,p-DDE Konsantrasyonu (2010)

Bitki Türleri	Toprak konsantrasyonu * (ng/g)
Aşısız Karpuz	1010,92 ± 264,90 (B) n=30 Kontrol : ND n=4
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	1353,02 ± 159,02 (C) n=30 Kontrol : ND n=4
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	1434,52 ± 127,83 (C) n=30 Kontrol : ND n=4
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	1347,77 ± 266,12 (C) n=30 Kontrol : ND n=4
Aşısız Kabak	1007,11 ± 147,29 (B) n=30 Kontrol : ND n=4
Tohum Karpuz**	646,00 ± 49,89 (A) n=30 Kontrol : ND n=4

* ortalama konsantrasyon ng/g toprak kuru ağırlık ± olarak tekrarların standart sapması.

Toplam 30 adet kirlenmiş toprak için, her tür için 6 saksı ve her saksı için 5 tekrar olarak analiz edilmiştir.

** 2009 yılında toplan kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerden alınan tohumlardan çimlenmiştir.

Cihazın minimum ölçüm limiti 1 ng/g dır.

ND: ölçüm limitinin altında

Her kolondaki parantez içinde ortalamalardan sonra verilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (ANOVA ile çoklu karşılaştırma metodu).

Genel olarak ikinci yılda kullanılan rhizotronlardaki p,p-DDE miktarları birinci yıldan daha fazladır. Bunun sebebi kirli bölgedeki p,p-DDE konsantrasyonu derinlik ve bölgeye göre farklılık gösterdiği göstermesidir; örneğin 0–60 cm derinlik aralığında p,p-DDE miktarının

1215,34 ng/g'a kadar çıktığı ölçülmüştür (İŞLEYEN ve ark., 2011). Kirlenmiş alanın farklı noktalarından alınan numunelerde ise toplam DDT miktarının 51,77 ile 2924,54 ng/g kuru toprak arasında değiştiği görülmüştür. Toprağın alınmış olduğu p,p-DDE ile kirlenmiş bölgenin homojen bir yapıya sahip olmaması ve bu süre zarfında toprakta p,p-DDT nin dönüşümünün devam etmesi bunun sebebi olarak tahmin edilmektedir.

2009 ve 2010 yıllarında kontrol saksılarından alınan toprak numunelerinde p,p-DDE ye rastlanmamıştır.

Boşluk suyu ve Ksilemde p,p-DDE Konsantrasyonu

2009 ve 2010 yılında boşluk suyunda ve ksilemdeki p,p-DDE konsantrasyonları tablo 4a ve 4b de verilmiştir. 2009 yılında boşluk suyundaki p,p-DDE konsantrasyonları 0,36 µg/l ile 0,55 µg/l arasında ölçülmüştür. Ölçülen p,p-DDE konsantrasyonlarının, farklı türler için istatistiksel olarak ($p>0.05$) birbirinden farklı olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre bitki türünün boşluk suyundaki p,p-DDE konsantrasyonuna etki etmediği saptanmıştır. Benzer sonuçlar MATTINA ve ark., (2006) da yaptığı bir çalışmada da görülmektedir. Bu çalışmaya göre üç bitki türünün; *Cucurbita pepo* L. subsp. *pepo* (Black Beauty), *Cucurbita pepo* L. intersubspecific cross (Zephyr), *Cucumis sativis* (Marketmore) ve kontrol rhizotronlarındaki toplam DDT sırasıyla 1,10±0,65 ng/ml, 1,23±0,90 ng/ml, 1,06±0,45 ng/ml ve 1,04±0,67 ng/ml olarak ölçülmüştür ve bunların istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı verilmiştir.

Tablo 4a. Boşluk Suyu ve Ksilemdeki p,p-DDE Konsantrasyonu (2009)

Bitki Türleri	Boşluk suyu ** (µg/l)	Ksilem ** (µg/l)
Aşısız Karpuz	0,55 ± 0,22 (A) n=5 Kontrol : ND n=4	0,49 ± 0,35 (A) n=5 Kontrol : ND n=4
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	0,39 ± 0,10 (A) n=6 Kontrol : ND n=4	0,50 ± 0,24 (A) n=6 Kontrol : ND n=4
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	0,36 ± 0,06 (A) n=5 Kontrol : ND n=4	71,00 ± 51,03 (B) n=5 Kontrol : ND n=4
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	0,43 ± 0,23 (A) n=6 Kontrol : ND n=4	139,94 ± 85,05 (C) n=6 Kontrol : ND n=4
Aşısız Kabak	0,41 ± 0,25 (A) n=6 Kontrol : ND n=4	141,20 ± 50,12 (C) n=6 Kontrol : ND n=4

** ortalama konsantrasyon ng/g toprak kuru ağırlık ± olarak tekrarların standart sapması. Ortalama konsantrasyonu µg /l ± olarak tekrarların standart sapması.

Cihazın KFME metodu için minimum ölçüm limiti 0.012 µg /l ' dir.

ND: ölçüm limitinin altında.

Her kolondaki parantez içinde ortalamalardan sonra verilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (ANOVA ile çoklu karşılaştırma metodu).

Benzer şekilde 2010 yılında da bitkilerin ekildiği rhizotronlardaki boşluk suyu konsantrasyonu 0,31 – 0,46 µg/l arasında ölçülmüş olup bitkiler arasında istatistiksel fark görülmemiştir (Tablo 4b).

Bu araştırmada kullanılan bitki türlerinin ekildiği rhizotronlar ve kontrol rhizotronlarındaki boşluk suyunda p,p-DDE konsantrasyonları birbirine çok yakın değerler olup;

bitkilerin kök sistemlerinin boşluk suyundaki bu kirletici miktarına herhangi bir etkisi olmadığı iki yılda da görülmüştür.

Tablo 4b. Boşluk suyu ve Ksilemdeki p,p-DDE Konsantrasyonu (2010)

Bitki Türleri	Boşluk suyu ** (µg/l)	Ksilem ** (µg/l)
Aşısız Karpuz	0,31 ± 0,12 (A) n=5 Kontrol: ND n=4	0,13 ± 0,04 (A) n=5 Kontrol: ND n=4
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	0,46 ± 0,28 (A) n=6 Kontrol: ND n=4	0,21 ± 0,03 (A) n=6 Kontrol: ND n=4
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	0,38 ± 0,08 (A) n=6 Kontrol: ND n=4	3,28 ± 0,53 (C) n=6 Kontrol: ND n=4
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	0,32 ± 0,11 (A) n=6 Kontrol: ND n=4	1,07 ± 0,14 (B) n=6 Kontrol: ND n=4
Aşısız Kabak	0,34 ± 0,12 (A) n=6 Kontrol: ND n=4	1,05 ± 0,71 (B) n=6 Kontrol: ND n=4
Tohum Karpuz **	0,32 ± 0,08 (A) n=6 Kontrol: ND n=4	0,30 ± 0,06 (A) n=6 Kontrol: ND n=4

** ortalama konsantrasyon ng/g toprak kuru ağırlık ± olarak tekrarların standart sapması. Ortalama konsantrasyonu µg /l ± olarak tekrarların standart sapması.
Cihazın KFME metodu için minimum ölçüm limiti 0.012 µg /l ' dir.
ND: ölçüm limitinin altında.
Her kolondaki parantez içinde ortalamalardan sonra verilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (ANOVA ile çoklu karşılaştırma metodu).

2009 ve 2010 yıllarında yapılan ekimler sonucunda aşısız bitkiler ile bu bitkilerin aynı tür arasındaki aşının, ksilemdeki p,p-DDE konsantrasyonuna etki etmediği gözlenmiştir. Örneğin 2009 yılında yetiştirilen karpuz üzerine karpuz aşılanmış bitkilerdeki ortalama p,p-DDE miktarı

0,50 µg/l iken aşısız karpuz bitkisindeki bu miktar 0,49 µg/l dir. Kabak üzerine kabak aşılı ve aşısız kabak bitkilerinin ksilemindeki ortalama p,p-DDE konsantrasyonları ise sırasıyla 139,94 µg/l ve 141,20 µg/l olarak ölçülmüş olup, türlerin kendi aralarında kıyaslandığında istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı görülmüştür (Tablo 4a). Aynı şekilde 2010 yılında elde edilen aşısız karpuz, karpuz üzerine karpuz, tohumdan elde edilen karpuz, aşısız kabak ve kabak üzerine kabak aşılı bitkilerin ksilemlerindeki p,p-DDE miktarları sırasıyla 0,13 µg/l, 0,21 µg/l, 0,30 µg/l, 1,07µg/l ve 1,05 µg/l (Tablo 4b) olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak türler kendi aralarında kıyaslandığında aynı türlerin farklı olmadığı görülmüştür. 2010 yılında ekilen aşısız kabak ve kabak üzerine kabak aşılı bitki türleri bir önceki yıla kıyasladığımızda ksilemlerindeki p,p-DDE miktarlarının 2009 yılındakilerden çok daha düşük olduğu görülmektedir.

2009 döneminde yetiştirilen kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE miktarı 71,00 µg/l olarak ölçülmüş olup bu değer 2010 yılında 3,28 µg/l dir. Bu değerler diğer türlerle kıyaslandığında kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ne kabak ne de karpuz gibi davranmadığı keşfedilmiştir. Bu sonuçlara göre kabak anacının kirletici konsantrasyonun arttırıcı etkiye sahip olduğu görülmüştür. Diğer bir ilginç nokta ise 2009 yılında kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE miktarı kabak ve karpuz türlerinin ortalaması gibi davranırken 2010 yılındaki kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksilemindeki miktar en yüksek değer olarak ölçülmüştür. Buna rağmen 2010 yılında ölçülen konsantrasyonlar 2009 yılına göre daha düşüktür. Bunun sebebi olarak 2009 yılında anaç olarak *Cucurbita moschota* kullanılırken 2010 yılında anaç olarak shin-tosa (*Cucurbita maxima* X *Cucurbita moschota*) kullanılmasıdır. Bitkisel farklılıktan dolayı ksilemdeki p,p-DDE miktarlarının da farklılık gösterdiği tahmin edilmektedir.

Kabak üzerine karpuz aşılı bitkiler ile aşısız karpuz ve karpuz üzerine karpuz aşılı olan bitkileri kıyasladığımızda; 2009 döneminde 142 kat, 2010 döneminde ise 20 kat daha fazla p,p-DDE biriktiği görülmektedir. Bunun sebebi tam olarak bilinmemekle birlikte kök sistemi ve bitkisel farklılıklardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Örneğin anacı aynı olan kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE miktarı aşısız kabak veya kabak üzerine kabak aşılı bitkilerden istatistiksel olarak farklıdır.

Boşluk suyunda ve bitkilerin ksilemlerindeki p,p-DDE konsantrasyonu ölçülerek, bu kirleticinin topraktan bitkiye geçişi incelendi ve bu durum aşılı ve aşısız bitkiler için ilk defa bu araştırmada karşılaştırıldı. Tablo 5a ve 5b de hesaplanan biyolojik birikim faktörleri (BBF) p,p-DDE için verilmiştir. Buradaki değerler bitkinin ksilemindeki p,p-DDE miktarının o bitkinin boşluk suyundaki miktarına oranı ile hesaplanmıştır.

$$BBF = C^*_{ksilem} / C_{boşluk\ suyu}$$

* p,p-DDE konsantrasyonu

Tablo 5a. Biyolojik Birikim Faktörü (2009)

Bitki Türleri	BBF***
Aşısız Karpuz	0,89
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	1,28
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	197,22
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	325,44
Aşısız Kabak	344,39

*** biyolojik birikim faktörü(BBF) boşluk suyundaki ortalama p,p-DDE konsantrasyonunun ksilemdeki ortalama p,p-DDE konsantrasyonuna oranı baz alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 5b. Biyolojik Birikim Faktörü (2010)

Bitki Türleri	BBF***
Aşısız Karpuz	0,42
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	0,46
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	8,63
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	3,34
Aşısız Kabak	3,15
Tohum karpuz	0,94

*** biyolojik birikim faktörü (BBF) boşluk suyundaki ortalama p,p-DDE konsantrasyonunun ksilemdeki ortalama p,p-DDE konsantrasyonuna oranı baz alınarak hesaplanmıştır.

BBF değerleri 2009 yılında en yüksek aşısız kabak (344,39), 2010 yılında ise kabak üzerine karpuz aşılı (8,63) bitkiler için hesaplanmıştır.

Ksilem toplama esnasında bitkilerden toplanan ksilem hacmi 1,2 ml ile 33,8 ml arasında bitki türlerine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bu farklılıktan dolayı toplanan ksilemlerdeki p,p-DDE konsantrasyonları da farklı olacaktır, bunun sonucunda da farklı BBF değerleri elde edilecektir. Bu farklılıkları normalize etmek için her bir bitki türü için Toplam DDE Akışı (TDA) ng/saat olarak hesaplandı. Aşağıdaki formülde ksilem debisi (ml/saat) olarak ve ksilemdeki p,p-DDE konsantrasyonu ng/ml olarak verilmiştir.

$$TDA \text{ (ng/saat)} = \text{Ksilem debisi (ml/saat)} * \text{Ksilem konsantrasyonu (ng/ml)}$$

Hesaplanan TDA değerleri Tablo 6a ve Tablo 6b de verilmiştir. 2009 yılı için; aşısız karpuz (0,09 ng/saat), karpuz üzerine karpuz aşısı(0,07 ng/saat), kabak üzerine karpuz aşılı (75,40

ng/saat), kabak üzerine kabak aşısı (134,70 ng/saat) ve sadece kabak (127,10 ng/saat) olarak TDA değerleri hesaplanmıştır. 2010 yılı için bu değerler; aşısız karpuz (0,06 ng/saat), karpuz üzerine karpuz aşısı(0,14 ng/saat), kabak üzerine karpuz aşılı (4,55 ng/saat), kabak üzerine kabak aşısı (2,49 ng/saat), sadece kabak (2,81 ng/saat) ve tohumdan elde edilen karpuzlar için ise (0,15 ng/saat) olarak hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan bitkiler için p,p-DDE konsantrasyonlarının ve hesaplanan TDA değerlerinin paralel şekilde değiştiği gözlenmiştir. Buradan yola çıkarak bitkilerin sadece ksilem konsantrasyonları ölçülerek, bitkinin topraktan alıp üst kısımlarında biriktirdiği p,p-DDE miktarının tahmin edilebileceği düşünülmektedir.

Tablo 6a. Aşılı ve Aşısız Türlerin Ksilemindeki p,p-DDE Akışı (2009)

Bitki Türleri	Ksilemdeki DDE Akışı ^a (ng/saat)
Aşısız Karpuz	0,09±0,06 (A) n=5
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	0,07±0,04 (A) n=6
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	75,40±31,98 (B) n=5
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	134,70±65,41 (C) n=6
Aşısız Kabak	127,10±30,87 (C) n=6

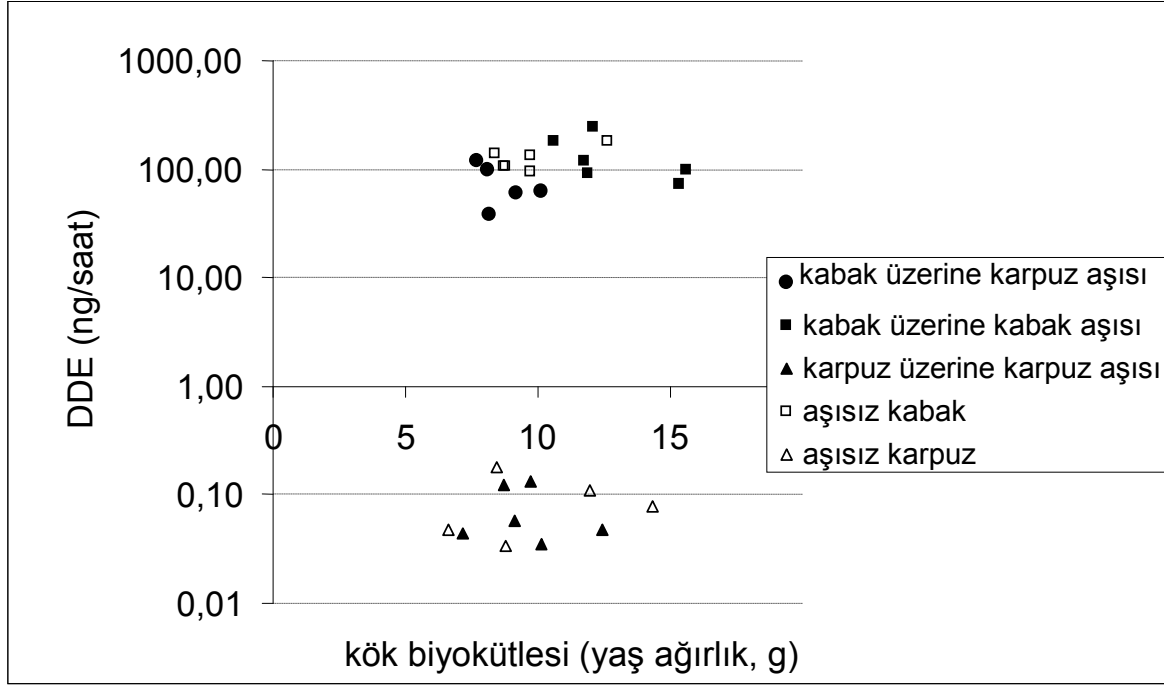
^a ortalama akış ng/saat , ± tekrarların standart sapması olarak hesaplanmıştır. parantez içindeki harfler türlerin istatistiksel olarak karşılaştırılmasını ifade etmektedir (Tukey testi).

Tablo 6b. Aşılı ve Aşısız Türlerin Ksilemindeki p,p-DDE Akışı (2010)

Bitki Türleri	Ksilemdeki DDE Akışı ^a (ng/saat)
Aşısız Karpuz	0,06±0,04 (A) n=5
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	0,14±0,04 (A) n=6
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	4,55 ± 2,25 (C) n=5
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	2,49 ± 1,15 (B) n=6
Aşısız Kabak	2,81 ± 0,77 (B) n=5
Tohum Karpuz	0,15 ±0,17 (A) n=6

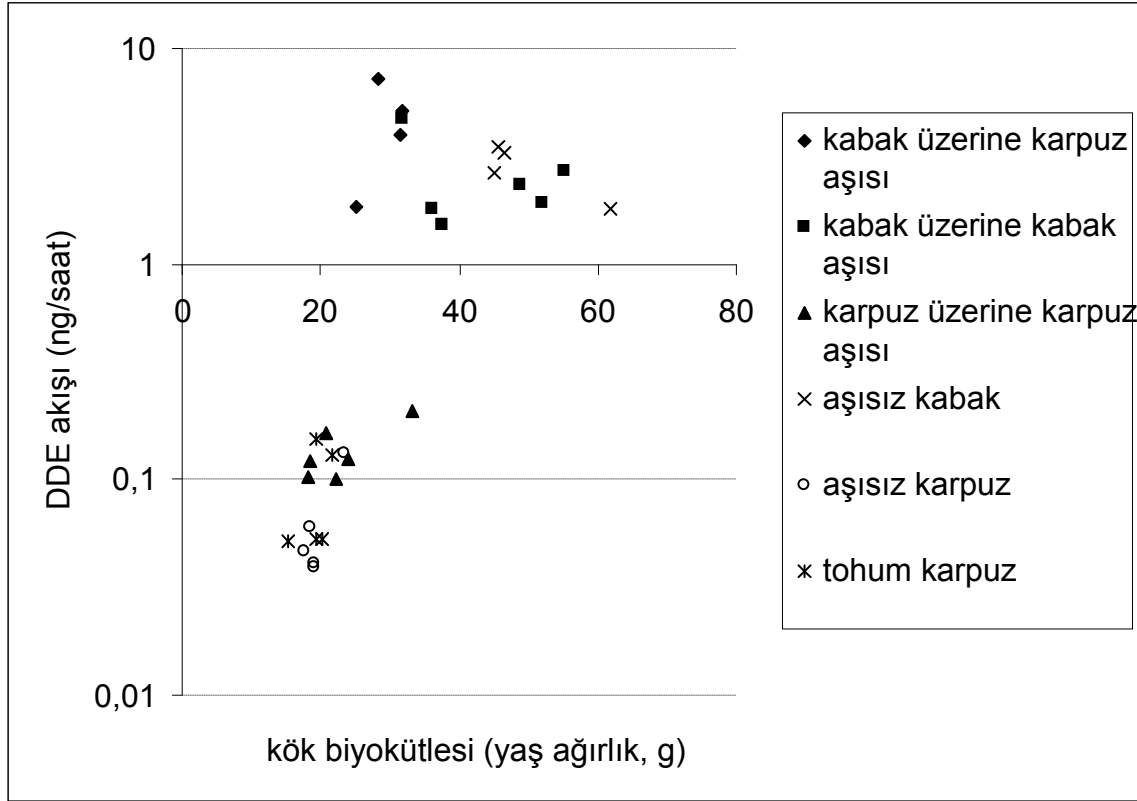
^a ortalama akış ng/saat , ± tekrarların standart sapması olarak hesaplanmıştır.
Parantez içindeki harfler türlerin istatistiksel olarak karşılaştırılmasını ifade etmektedir (Tukey testi).

2009 ve 2010 yıllarında elde edilen analiz sonuçlarına göre kabak, kabak üzerine aşılı karpuz ve karpuz bitkilerinin ksilemindeki p,p-DDE akışında istatistiksel farklılık görülmektedir. Anaç kısmı kabak olan bitkilerdeki p,p-DDE akışının aşısız karpuz ve karpuz üzerine karpuz aşılanmış bitkilerden daha fazla olduğu açıkça görülmektedir. p,p-DDE akışı aşısız karpuz-karpuz üzerine karpuz aşılı bitki çiftleri ve kabak üzerine kabak aşılı bitkiler-aşısız kabak bitki çiftleri arasında istatistiksel fark olmasına rağmen, bu çiftlerin kendi aralarında fark görülmemiştir. Örneğin kabak üzerine kabak aşılı ve aşısız bitkilerdeki DDE akışı 2009 yılında 134,70 ng/saat ve 127,10 ng/saat olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde karpuz üzerine karpuz aşılı bitkiler için 0,07 ng/saat ve sadece karpuz için 0,09 ng/saat olarak bulunmuştur. Her iki yılda da anaç kısmı kabak olan aşılı karpuzlardaki DDE akışı hem karpuzdan hem de kabaklardan istatistiksel ($p<0.05$) olarak farklılık göstermiştir.



y eksenini logaritmik skala olarak belirtilmiştir.

Şekil 7a. Aşılı ve Aşısız Türlerin Ksilemindeki p,p-DDE akışı (2009)



y eksenini logaritmik skala olarak belirtilmiştir.

Şekil 7b. Aşılı ve AŞISIZ Türlerin ksilemindeki p,p-DDE akışı (2010)

Şekil 7a ve Şekil 7b de y ekseninde DDE akışı (ng/saat) ve X ekseninde ise bitki kök ağırlıkları verilmektedir. Şekiller incelendiğinde 2009 ve 2010 yıllarının her ikisinde de anaç kısmı kabak ve karpuz olan bitkilerin grafikte iki ayrı bölgede toplandığı görülmektedir. Kökü karpuz olan bitkiler grafiğin alt kısmında, kökü kabak olan bitkiler ise üst kısmında toplanmıştır. Bu veriler kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin kabak gibi davrandığını gösteren ilk bulgulardır.

2009 yılında elde edilen bitkilerin kök ağırlıkları 8,66 g ile 12,89 g arasında değişmektedir. Bu bitkilerin kök ağırlıkları sadece kabak üzerine kabak aşılanmış bitkiler hariç, diğerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir. 2010 yılında ise daha büyük kök ağırlıkları elde edilmiş olup bu ağırlıklar 18,97 g ile 48,45 g arasındadır. Buna rağmen akıdaki p,p-DDE

miktarları bitkisel farklılık göstermiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada kök ağırlığı ve ksilem akışı arasında Black Beauty, Zephyr, Marketmore kabak türleri için bir ilişkinin olduğu yayınlanmıştır (MATTINA *ve ark.*, 2006). Bunun aksine bu araştırmada yukarıda sonuçlara dayanarak kök ağırlıkları ile ksilem akışı arasında bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır.

Meyvedeki p,p-DDE Konsantrasyonu

2009 yılında daha önce belirtilen sebeplerden dolayı rhizotronlardan meyve elde edilememiştir. Bu sebeple p,p-DDE ile kirlenmiş alana yapılan ekimden elde edilen meyvelerin ortalama p,p-DDE konsantrasyonları 2,6 ile 11,51 µg/kg kuru ağırlık olarak hesaplanmıştır (Tablo 7a). Aşısız kabak ve kabak üzerine kabak aşılı bitkilerin meyvelerindeki konsantrasyon 2,6 ile 2,92 µg/kg kuru ağırlık olarak verilmektedir. Ayrıca aşısız karpuz ve karpuz üzerine karpuz aşılı bitkilerin meyvelerindeki p,p-DDE miktarı 4,44 – 3,53 µg/kg kuru ağırlık arasında değişmektedir. Karpuz ve kabak bitkileri ile bunların kendi aralarındaki aynı tür aşılarda elde edilen bitkilerdeki konsantrasyon istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir. Ancak kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin meyvelerindeki miktar ortalama olarak 11,51 µg/kg kuru ağırlık olarak hesaplanmış olup istatistiksel olarak diğer türlerden farklıdır. Bu bulgu ile kabak üzerine karpuz aşılansız bitkilerin meyvesindeki p,p-DDE miktarının aşısız bitkilerden fazla olacağı gösterilmiştir.

Tablo 7a. Meyvelerdeki p,p-DDE Konsantrasyonu (2009)

Bitki Türleri	Meyve konsantrasyonu **** (ng/g)
Aşısız Karpuz	4,44±0,95 (A) n=5 Kontrol : ND n=4
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	3,53 ± 1,05 (A) n=5 Kontrol : ND n=4
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	11,51 ± 3,63 (B) n=4 Kontrol : ND n=4
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	2,92 ± 0,,77 (A) n=4 Kontrol : ND n=4
Aşısız Kabak	2,6 ± 0,91 (A) n=5 Kontrol : ND n=4

**** Ortalama konsantrasyon ng/g meyve kuru ağırlık ± olarak tekrarların standart sapması.
Cihazın minimum ölçüm limiti 1 ng/g dir.

ND: ölçüm limitinin altında

Her kolondaki parantez içinde ortalamalardan sonra verilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (ANOVA ile çoklu karşılaştırma metodu).

2010 yılında rhizotronlarda aşısız kabaklar haricinde bütün bitkilerden meyve elde edilmiştir. Meyvelerdeki konsantrasyonlar ölçüm sınırlarının altı (tohumdan elde edilen karpuzlar) ile 10,04 µg/kg arasında hesaplanmıştır (Tablo 7b). Bu elde edilen sonuçlar incelendiğinde bir önceki yılda olduğu gibi kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin meyvelerindeki p,p-DDE konsantrasyonu en yüksek çıkmıştır. Buna rağmen bulunan bu değerler ppb seviyesinde düşük değerler olup istatistiksel olarak birbirlerinden çok büyük farklılıklar arz etmemektedir. Kontrol bitkilerinin meyvelerinde p,p-DDE konsantrasyonuna rastlanamamıştır.

Tablo 7b. Meyvelerdeki p,p-DDE Konsantrasyonu (2010)

Bitki Türleri	Meyve konsantrasyonu **** (ng/g)
Aşısız Karpuz	3,22 ± 0,93 (A) n=4 Kontrol : ND n=4
Karpuz + Karpuz (karpuz üzerine karpuz aşısı)	5,75 ± 1,80 (AB) n=5 Kontrol : ND n=4
Kabak + Karpuz (Kabak üzerine karpuz aşısı)	10,04 ± 5,32 (B) n=6 Kontrol : ND n=4
Kabak + Kabak (Kabak üzerine kabak aşısı)	2,83 ± 0,56 (AB) n=2 Kontrol : ND n=4
Aşısız Kabak	MEYVE EL EDİLEMEDİ Kontrol : ND n=4
Tohum Karpuz **	ND n=30 Kontrol : ND n=4

**** Ortalama konsantrasyon ng/g meyve kuru ağırlık ± olarak tekrarların standart sapması.

** 2009 yılında toplan kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerden alınan tohumlardan çimlenmiştir.

Cihazın minimum ölçüm limiti 1 ng/g dır.

ND: ölçüm limitinin altında

Her kolondaki parantez içinde ortalamalardan sonra verilen farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (ANOVA ile çoklu karşılaştırma metodu).

Genel olarak elde edilen bütün sonuçlara bakıldığında anaç kısmı kabak olan karpuz bitkilerinin BBF, TDA değerleri, ksilem ve meyvelerdeki p,p-DDE miktarları diğer bitkilerden farklı olduğu görülmektedir. Kabak üzerine karpuz aşılı bu bitkiler ne karpuz ne de kabak özelliği göstermektedir.

SONUÇ

DDT ve DDE Stockholm sözleşmesinde uluslar arası sınırlandırılan ve azaltılmaya çalışılan 12 adet kalıcı organik kirleticiden biridir. Bu kalıcı organik kirleticilerin log K_{ow} (oktanol-su etkileşim katsayısı) 5 ten büyük olup bu gibi kirleticilerin topraktaki yarılanma ömürleri uzun yıllar olarak verilmektedir (MATTINA *ve ark.*, 1999). DDT gibi kirleticiler toprağın organik maddesine güçlü bir şekilde bağlanırlar ve bunların biyolojik kullanılabilirliği zamanla hızlı bir şekilde azalır (ALEXANDER, 2000). DDE ile kirlenmiş toprakların arıtılması son derece zordur.

Fitoremediyasyon, su, toprak veya sedimentlerden organik ve inorganik kirleticileri gidermek için, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal yeteneklerini kullanarak yerinde yapılan bir arıtım-iyileştirme teknolojisi olarak kullanılmaktadır (CUNNINGHAM *ve ark.*, 1996; LASAT, 2002; SCHNOOR, 2002). Örneğin Cu, Zn, Pb, Ni, Cd, Se gibi inorganik maddelerin fitoremediyasyonu direk alınış veya suyun akışıyla bitkiye doğru fito-ekstraksiyon ve bunu takip ederek de bitki hücrelerinde biriktiği bilinmektedir (BLAYLOCK *ve ark.*, 1997; EBBS ve KOCHIAN, 1997; LASAT, 2002; MA *ve ark.*, 2001). Bu durum organikler için değişiktir ve birçok fitoremediyasyon mekanizması mevcuttur. Kirletici salgılanan enzimsel aktivite sonucu veya rhizosfer etkisi ile kök bölgesinde parçalanabilir (SCHNOOR, 2002). Yapılan bir çalışmada bitki köklerinden çok miktarda karbon salgılandığı, bunun fotosentez tarafından kullanılan toplam karbonun %20 kadar olduğu tahmin edilmiştir (BURKEN ve SCHNOOR, 1996). Rhizosfere bu karbonun girişi ile mikrobiyal aktivite artar ve bu faaliyet bitkisiz topraktan 10–1000 kadar büyük olabilir. Bu salgılanan maddelerden dolayı, rhizosferde nutrient bakımından zengin bölge oluşturur. Sonuç olarak aktif mikrobiyal faaliyetler bu bölgede artar ve ileri biyolojik aktivitelere sebep olur ve durum “rhizosfer” etkisi olarak bilinir. Organik kirleticilerin

geniş bir bölümünün rhizosferde parçalandığı yapılan araştırmalar sonucunda bulunmuştur. Örnek olarak atrazine ve 2,4,5-trichlorophenoxyacetic asit (BOYLE ve SHANN, 1998; BURKEN ve SCHNOOR, 1996), polychlorinated biphenyls (LEIGH *ve ark.*, 2002), klorlanmış çözücüler; trichloroethylene (ANDERSON ve WALTON, 1995), patlayıcılar; 2,4,6-trinitrotoluene (THOMPSON *ve ark.*, 1998), ve Poli Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs) (APRILL ve SIMS, 1990; LISTE ve ALEXANDER, 2000; PARRISH *ve ark.*, 2006) verilebilir. Bunlara ek olarak, kök salgılarındaki bazı enzimlerin bazı toprak kirleticilerini direk parçaladığını gözlemlenmiştir (BURKEN ve SCHNOOR, 1996; SICILIANO *ve ark.*, 1998).

Düşük molekül ağırlığına sahip PAHs, az klorlanmış polychlorinated biphenyls ve belli klorlanmış çözücüler rhizosferde parçalanabilir (SCHNOOR, 2002). Kirleticiler direk karbon veya enerji kaynağı olarak kullanılabilir veya belli mikrobiyal enzim sistemlerinin aktiviteleri ile ko-metabolize olabilirler (SCHNOOR, 2002). Hidrofobik bileşikler su akımıyla bitki hücrelerine girer ve burada parçalanır veya uçarak uzaklaşır (SCHNOOR, 2002). Ortalama hidrofobik organik kirleticilerin ($\log K_{ow} = 1-3,5$) bitki tarafından direk alındığı tahmin edilir. Daha büyük hidrofobik kirleticiler ($\log K_{ow} > 3,5$) toprağa veya bitki kökünün dış yüzeylerine sıkıca bağlanırlar (DIETZ ve SCHNOOR, 2001; SCHNOOR, 2002). Yüksek hidrofobik organik bileşikler doğal katılarda ve zamanla bu maddelerin doğal organik maddelerinde biriktiği bilinmektedir. Bu proses PAH'ların (HATZINGER ve ALEXANDER, 1995), polychlorinated biphenyls (CARROL *ve ark.*, 1994), klorlanmış organik pestisitlerin; DDT, heptachlor, dieldrin (NASH ve WOOLSON, 1967; ROBERTSON ve ALEXANDER, 1998) gibi kirleticilere uygulanabilirliğini azaltır.

Bazı bitkilerden kök tarafından salgılanan asitler yüksek miktarlardaki polychlorinated dibenzo-p-dioxins ve dibenzofuran gibi adsorplanmış kirleticileri çözerek kirleticilerin bitki

kökleri tarafından alınmasını arttırdığı belirtilmiştir (HULSTER *ve ark.*, 1994). Benzer şekilde asetik, sitrik, malik gibi asitlerin topraktan uranyum desorpsiyonunu arttırdığı ve bunun sonucunda da metallerin bitkiler tarafından alınışının artırıldığı rapor edilmiştir (HUANG *ve ark.*, 1998). Bitki kökleri tarafından salgılanan düşük moleküler ağırlığa sahip organik asitlerin (DMAOA) toprağın yapısını bozması, Kalıcı Organik kirletici (KOK) biyo-yararlanılabilirliğini artırmasına sebep olur. Örnek olarak yapılan abiyotik kesikli reaktörde, DMAOA topraktan gelen katyon konsantrasyonunu ve p,p'-DDE, Chlordane, PAH desorpsiyonunu %58'e kadar arttırdığı literatürde bulunmaktadır (WHITE *ve KOTTLER*, 2002; WHITE *ve ark.*, 2003a; YANG *ve ark.*, 2001).

HULSTER *ve ark.*(1994), dioxins ve furanın kabağın yapraklarında veya belli miktarlarda bulunduğunu, bunun kirleticinin direk olarak topraktan alınışı sonucu olabileceğini ilk defa belirtti (HULSTER *ve ark.*, 1994). WHITE *ve ark.*(2002, 2003), MATTINA *ve ark.*, (2002) yaptıkları araştırmalar sonucunda toprak-bitki etkileşim yolu ile yıllanmış KOK'lerin önemli bir miktarının fito-ekstrakt ettiğini gösterdiler ve son yıllarda bu prosesi sağlayan mekanizmayı anlama üzerine yoğunlaştılar (MATTINA *ve ark.*, 2002; WHITE, 2002; WHITE *ve ark.*, 2003b). İlginç olan Fito-ekstraksiyon potansiyeli bakımından alt türler arasında da farklılık görülmesidir. C. pepo ssp pepo tarla şartlarında yıllanmış KOK'lerin topraktaki büyük bir miktarını giderdiği, C. pepo ssp ovifera'nın ise bu kabiliyetinin olmadığı bulundu (WHITE, 2002; WHITE *ve ark.*, 2003b). WHITE *ve ark.*(2003–2005), DDE ile kirlenmiş bölgede yaptıkları deneysel çalışmalarda besin maddesinin 8 çeşit kabak türünün DDE nin Fito-ekstraksiyon üzerine etkisini incelediler (WHITE *ve ark.*, 2005; WHITE *ve ark.*, 2003b). Daha önceki çalışmalarına dayanarak 4 çeşit p,p-DDE iyi gideren (alıcı: Cucurbita pepo ssp pepo:Black beauty, Goldrush, Raven, Howden) ve 4 çeşit p,p-DDE yi iyi gideremeyen (alıcı olmayan: C. pepo ssp ovifera ; Early profilic, Zephyr,

Hybrid Crescent, Cucumber) tür olduğunu yayınladılar. Bu bitkilerin kirleticileri bünyelerinde biriktirdiği bilinmesine rağmen alınış mekanizması henüz bilinmemektedir. Bu mekanizmanın anlaşılabilmesi fitoremediyasyon teknolojisinin kullanımı için önemli bir adım olacaktır.

Bu araştırmada topraktaki yıllanmış p,p-DDE nin bitkiye geçiş mekanizmasını anlamak için deneyler yapılmıştır. Daha önce literatürde verilen ve iyi bir p,p-DDE alıcısı olarak bilinen kabak türleri ile p,p-DDE yi yapısında fazla biriktirmeyen karpuz türleri ve bunların kendi aralarında ve çapraz aşılıları kullanılarak bu kirleticinin topraktan boşluk suyuna ve buradan da ksileme geçişi incelenmiştir. Literatürde belirtildiği gibi değişik bitkilerin köklerinden salgılanan organik asitlerin topraktaki yıllanmış pestisitlerin desorpsiyonunu ve bunun sonucunda da bitkiye alınışını arttırmaktadır (HULSTER *ve ark.*, 1994). Bu çalışmada iki yıllık deneyler sonucunda boşluk suyundaki p,p-DDE miktarı 2009 yılında 0,36 ile 0,55 µg/l, 2010 yılında ise 0,31 ile 0,46 µg/l arasında ölçülmüştür. Deneyde kullanılan aşısız karpuz, karpuz üzerine karpuz aşısı, kabak üzerine karpuz aşısı, kabak üzerine kabak aşısı ve aşısız kabak bitkilerinin boşluk suyundaki p,p-DDE miktarı istatistiksel olarak her iki yıl içinde birbirinden farklı değildir. Buradan yola çıkarak bitki türlerinin boşluk suyundaki p,p-DDE miktarına etkisi olmadığını söyleyebiliriz. Boşluk suyundaki durumundan farklı olarak ksilemdeki p,p-DDE miktarları bitkisel farklılığa bağlı olarak değişmektedir. 2009 yılındaki verilerde ksilemdeki p,p-DDE miktarı 0,49 -141,20 µg/l aralığındadır. Burada görülen en büyük farklılık ise anaç kısmı kabak ve anaç kısmı karpuz olan bitkiler arasındadır. Anaç kısmı karpuz olan (aşısız karpuz ve karpuz üzerine karpuz aşılı) bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE miktarı boşluk suyu konsantrasyonlarına yakın olup 0,5 µg/l civarındadır. Bu değer boşluk suyu konsantrasyonlarından istatistiksel olarak farklı değildir. Bu bulgular boşluk suyundaki p,p-DDE nin anacı karpuz olan bitkilerin ksilemine direk transfer edildiğini gösteren ilk sonuçlardır. Bunun aksine anaç kısmı kabak olan (aşısız kabak, kabak

üzerine kabak aşılı ve kabak üzerine karpuz aşılı) bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE miktarı 71,00 – 141,20 µg/l arasında değişmektedir. Burada aşısız kabak ve kabak üzerine kabak aşılı bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE (141,20 µg/l ; 139,94 µg/l) konsantrasyonunun birbirinden istatistiksel olarak farklı olmaması aynı türler arasında yapılan aşının bu mekanizmaya etki etmediğini göstermiştir. Ancak anaç kısmı kabak olan kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE miktarı (71,00 µg/l) anaç kısmı kabak olan diğer bitkilerden farklıdır. Bu sonuçlara göre p,p-DDE yi bünyesinde az biriktiren karpuz bitkisine kabak aşılandığında bu anacın etkisiyle ksilemdeki kirletici konsantrasyonu artmaktadır.

Buradan çıkarabileceğimiz sonuçları şu şekilde özetleyebiliriz; aşılama işlemi ile aynı türler arasında (kabak üzerine kabak aşısı ya da karpuz üzerine karpuz aşısı) ksilemde biriken p,p-DDE konsantrasyonunda istatistiksel farklılık görülmemiştir. Fakat aynı işlem farklı türler arasında yapıldığında (kabak üzerine karpuz aşısı) anaç kısmının ksilemdeki p,p-DDE miktarını arttırıcı yönde etki ettiği görülmüştür. Ortaya çıkan bu aşılı bitkiler diğer türlerle kıyaslandığında ne karpuz ne de kabak özelliği göstermektedir. Kabak üzerine karpuz aşılı bitkiler ile aşısız karpuz ve karpuz üzerine karpuz aşılı olan bitkileri kıyasladığında ise 2009 döneminde 142 kat, 2010 döneminde ise 20 kat daha fazla p,p-DDE biriktiği görülmektedir. Bunun sebebi tam olarak bilinmemekle birlikte kök sistemi ve bitkisel farklılıklardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Ksilemdeki p,p-DDE akısı (ng/saat) ile kök ağırlığı arasında istatistiksel bir ilişki görülmemiştir. Anaç kısmı kabak olan bitkilerdeki p,p-DDE akısı ile anaç kısmı karpuz olan bitkiler her iki yılda da farklılık göstermektedir. Anaç kısmı kabak olan bitkilerin ksilemindeki p,p-DDE akısını arttırıcı yönde bir etki etmiştir.

p,p-DDE ile kirlenmiş topraklarda yetiştirilen karpuz, kabak, bunların kendi aralarında ve çapraz aşılı bitkilerin meyvelerinde belli miktarlarda p,p-DDE konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu

araştırmada meyvelerdeki p,p-DDE konsantrasyonları 2,6 – 11,51 µg/kg olarak hesaplanmış olup bu değerler topraktaki konsantrasyon ile kıyaslandığında çok azdır. Meyvelerde lülen bu konsantrasyon Türk Gıda Kodeksinde belirtilen sınır değerlerin altındadır (KODEKSI, 2005).

Bu araştırmada ksilemdeki p,p-DDE birikiminin bitkinin kök fonksiyonunun bir sonucu olduğu gözlemlenmiştir. İleride yapılacak olan çalışmalarda;

1. p,p-DDE nin topraktan alınış mekanizmasının tam olarak anlaşılabilmesi için anaç kısmı kabak olan bitkilerin kök sistemi üzerine yoğunlaşılmalıdır. Eğer alınış mekanizması tam olarak anlaşılırsa, genetik yapısıyla oynanmış kabak bitkileri DDE gibi klorlanmış organik pestisitler ile kirlenmiş toprakların fitoremediyasyonunda etkili bir şekilde kullanılabilir.
2. Deneysel verilere göre kabak bitkisinin ksilemindeki bazı maddelerin p,p-DDE birikimini arttırdığı grlmştir. Bu maddelerin tanımlanması için ileride ksilem üzerine araştırmalar yapılabilir.
3. Aşılı karpuzların yetiştirildiği toprakların klorlanmış organik pestisit profillerinin çıkarılması meyvelerdeki birikim tahmininde kullanılabilir.

REFERENCES

- ALEXANDER, M.. Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants. *Environmental Science & Technology*, 34(20), 4259-4265, (2000)
- ANDERSON, T. A., ve WALTON, B. T.. Comparative fate of 14c-trichloroethylene in the root zone of plants from a former solvent disposal site. *Environ Toxicol Chem*, 14, 2041-2045, (1995)
- ANDREA, M. M., LUCHINI, L. C., MELLO, M. H. S. H., TOMITA, R. Y., MESQUITA, T. B., ve MUSUMECI, M. R. Dissipation and degradation of ddt, dde, and parathion in brazilian soils. *J. Environ. Sci. Health.*, 29, 121-132, (1994).
- ANONYMOUS.. Fao statistical database. [Http://www.Fao.Org](http://www.Fao.Org). (2001)
- APRILL, W., ve SIMS, R. C. Evaluation of the use of prairie grasses for stimulating polycyclic aromatic hydrocarbon treatment in soil. *Chemosphere*, 20, 253-265. (1990).
- ARUL, B. N., NIGDELIOGLU, M., ve ISLEYEN, M.. Sakarya'nin geyve İlçesinde kullanılan tarımsal İlaçların İncelenmesi. (2006)
- ATASAYAR, A.. Türkiye'de aşıllı karpuz fidesi kullanımı (in turkish). *Hasad*, 21, 87-91. (2006)
- AYAS, Z., BARLAS, N. E., ve KOLANKAYA, D.. Determination of organochlorine pesticide residues in various environments and organisms in goksu delta, turkey. *Aquatic Toxicology*, 39(2), 171-181. (1997)
- BLAYLOCK, M. J., SALT, D. E., DUSHENKOV, S., ZAKHAROVA, O., GUSSMAN, C., KAPULNIK, Y., ve ark.. Enhanced accumulation of pb in indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 860-865. (1997)
- BOYLE, J. J., ve SHANN, J. R.. The influence of planting and soil characteristics on mineralization of 2,4,5-t in rhizosphere soil. *J. Environ. Qual.*, 27, 704-709. (1998)
- BURKEN, J. G., ve SCHNOOR, J. L.. Phytoremediation: Plant uptake of atrazine and role of root exudates. *J. Environ. Eng.*, 122, 958-963. (1996)
- CARROLL, K. M., HARKNESS, M. R., BRACCO, A. A., ve BALCARCEL, R. R.. Application of permeant/polymer diffusion model to the desorption of polychlorinated biphenyls from hudson river sediments. *Environ Sci Technol*, 28, 253-258. (1994)
- COK, I., DURMAZ, T. C., DURMAZ, E., SATIROGLU, M. H., ve KABUKCU, C.. Determination of organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl levels in adipose tissue of infertile men. *Environmental Monitoring and Assessment*, 162(1-4), 301-309. (2010)
- CUNNINGHAM, S., ANDERSON, T., SCHWAB, A., ve HSU, F.. Phytoremediation of soil contaminated with organik pollutants. *Adv Agron*, 56, 55-114. (1996)
- DAVIS, A. R., PERKINS-VEAZIE, P., HASSELL, R., LEVI, A., KING, S. R., ve ZHANG, X. P.. Grafting effects on vegetable quality. *Hortscience*, 43(6), 1670-1672. (2008)
- DIETZ, A. C., ve SCHNOOR, J. L. Advances in phytoremediation. *Environ Health Perspect*, 109, 163-168. (2001).
- EBBS, S. D., ve KOCHIAN, L. V.. Toxicity of zinc and copper to brassica species: Implications for phytoremediation. *J. Environ. Qual.*, 26, 776-781. (1997)
- ERKMEN, B., ve KOLANKAYA, D.. Determination of organochlorine pesticide residues in water, sediment, and fish samples from the meric, delta, turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 86(1-2), 161-169. (2006)

- FILIZ, N., ve KUCUKSEZGIN, F.. Composition and distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from gediz and bakircay rivers (eastern aegean). *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(6), 744-754. (2008)
- GOSSELIN, R. E., SMITH, R. P., ve HODGE, H. C.. *Clinical toxicology of commercial products* (5 ed.): Williams and Wilkens, Baltimore, MD, USA. (1984)
- GRASMAN, K. A., SCANLON, P. F., ve FOX, G. A.. Reproductive and physiological effects of environmental contaminants in fish-eating birds of the great lakes: A review of historical trends. *Environ Monit Assess*, 53, 117-145. (1998)
- GUENZI, W. D., ve BEARD, W. E.. The effects of temperature and soil water on the conversion of ddt to dde in soil. *J. Environ. Qual.*, 5, 243-246. (1976)
- HUANG, J. W., BLAULOCK, M. J., KAPULNIK, Y., ve ENSLEY, B. D.. Phytoremediation of uranyum-contaminated soils: Role of organik acids in triggering uranyum hyperaccumulation in plants. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 2004-2008. (1998)
- HULSTER, A., MULLER, J. F., ve MARSCHNER, H.. Soil-plant transfer of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans to vegetables of the cucumber family (cucurbitaceae). *Environ Sci Technol.*, 28, 1110-1115. (1994)
- HUSSAIN, A., MAQBOOL, U., ve ASI, M.. Studies on dissipation and degradation of c-14 ddt and c-14 dde in pakistani soils under field conditions. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 29(1), 1-15. (1994)
- ISLEYEN, M., SEVIM, P., ve USLAN, M.. Survey of ddt residue in agricultural fields of sakarya, turkey (in press). (2011)
- KANNAN, K., TANABE, S., ve TATSUKAWA, R.. Geographical-distribution and accumulation features of organochlorine residues in fish in tropical asia and oceania. *Environmental Science & Technology*, 29(10), 2673-2683. (1995)
- KODEKSI, T. G.. *Gıdalarıda bitki koruma ürünleri maksimum kalıntı limitleri tebliği*. (2005)
- KOLANKAYA, D.. Organochlorine pesticide residues and their toxic effects on the environment and organisms in turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 86(1-2), 147-160. (2006)
- KUMAR, K. S., KANNAN, K., GEISY, J. P., ve MASUNAGA, S. Distribution and elimination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, biphenyls, and p,p-dde in tissues of bald eagles from the upper peninsula of michigan. *Environ. Sci. Technol.*, 36, 2789-2796.
- KURT, P. B., ve OZKOC, H. B.. A survey to determine levels of chlorinated pesticides and pcbs in mussels and seawater from the mid-black sea coast of turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 48(11-12), 1076-1083. (2004)
- LASAT, M.. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. *J Environ Qual*, 31, 109-120. (2002)
- LEE, J. M.. Cultivation of grafted vegetables.1. Current status, grafting methods, and benefits. *Hortscience*, 29(4), 235-239. (1994)
- LEE, J. M., ve ODA, M.. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hortic. Rev.*, 28, 61-124. (2003)
- LEIGH, M. B., FLETCHER, J. S., FU, X. S., ve F.J., c.. Root turnover: An important source of mikrobiyal substrates in rhizosphere remediation of recalcitrant contaminants. *Environ. Sci. Technol.*, 28, 1110-1115(2002).
- LISTE, H. H., ve ALEXANDER, M.. Accumulation of phenanthrene and pyrene in rhizosphere soil. *Chemosphere*, 40, 11-14. (2000)

- LIU, Y. Q., LIU, S. Q., YANG, F. J., ve LI, D. F.. Study on the screening of salt-tolerant watermelon stock and mechanism of salt-tolerance. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalia Sinica*, 12, 105–108. (2003b)
- MA, L. Q., KOMAR, K. M., TU, C., ZHANG, W., CAI, Y., ve KENNELLEY, E. D.. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature*, 409:579. (2001)
- MATTINA, M., IANNUCCI-BERGER, W., DYKAS, L., ve PARDUS, J.. Impact of long-term weathering, mobility, and land use on chlordane residues in soil. *Environmental Science & Technology*, 33(14), 2425-2431. (1999)
- MATTINA, M. I., ISLEYEN, M., EITZER, B. D., IANNUCCI-BERGER, W., ve WHITE, J. C.. Uptake by cucurbitaceae of soil-borne contaminants depends upon plant genotype and pollutant properties. *Environmental Science & Technology*, 40(6), 1814-1821. (2006a)
- MATTINA, M. I., ISLEYEN, M., EITZER, B. D., LARMUCCI-BERGER, W., ve WHITE, J. C.. Uptake by cucurbitaceae of soil-borne contaminants depends upon plant genotype and pollutant properties (vol 40, pg 1814, 2006). *Environmental Science & Technology*, 40(9), 3126-3126. (2006b)
- MATTINA, M. I., LEE, W. Y., WHITE, J. C., EITZER, B. D., ve IANNUCCI-BERGER, W.. Plant uptake and translocation of air-borne and soil-bound persistent organic pollutants. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society*, 224, U621-U621. (2002)
- MEIJER, S. N., STEINNES, E., OCKENDEN, W. A., ve JONES, K. C.. Influence of environmental variables on the spatial distribution of pcbs in norwegian and uk soils: Implications for global cycling. *Environ Sci Technol*, 36, 2146–2153. (2002)
- MIGUEL, A., MAROTO, J. V., BAUTISTA, A. S., BAIXAULI, C., CEBOLLA, V., PASCUAL, B., ve ark.. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to soil fumigation by methyl bromide for control of fusarium wilt. *Scientia Horticulturae*, 103(1), 9-17. (2004)
- NASH, R. G., ve WOOLSON, E. A.. Persistence of chlorinated hydrocarbon insecticides in soil. *Science*, 157, 924–927. (1967)
- NIE, L. C., ve CHEN, G. L.. Study on growth trends and physiological characteristics of grafted watermelon seedlings. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 9, 100–103. (2000)
- PARRISH, Z. D., WHITE, J. C., ISLEYEN, M., GENT, M. P. N., IANNUCCI-BERGER, W., EITZER, B. D., ve ark.. Accumulation of weathered polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) by plant and earthworm species. *Chemosphere*, 64(4), 609-618. (2006)
- PULGAR, G., VILLORA, G., MORENO, D. A., ve ROMERO, L.. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: Nitrogen metabolism. *Biologia Plantarum*, 43(4), 607-609. (2000)
- PYLYPIW, H. M., MISENTI, T., ve INCORVIA MATTINA, M. J.. Pesticide residues in produce sold in connecticut 1996. Bulletin 940. The connecticut agricultural experiment station, new haven, ct. (1997)
- RIVERO, R. M., RUIZ, J. M., ve ROMERO, L.. Iron metabolism in tomato and watermelon plants: Influence of grafting. *Journal of Plant Nutrition*, 27(12), 2221-2234. (2004)
- ROBERTSON, B. K., ve ALEXANDER, M.. Sequestration of ddt and dieldrin in soil: Disappearance of acute toxicity but not the compounds. *Environ Toxicol Chem*, 17, 1034-1038. (1998)
- RUIZ, J. M., BELAKBIR, A., L'ÓPEZ-CANTARERO, I., ve ROMERO, L.. Leaf-macronutrient content and yield in grafted, melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Hort.*, 71, 227–234. (1997)

- SAKATA, Y., TAKAYOSHI, O., ve MITSUHIRO, S.. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in japan. *Acta Hort.*, 731, 159–170. (2007)
- SCHNOOR, J.. Phytoremediation of soil and groundwater. Technical evaluation report 02-01. Ground water remediation technologies analysis center, pittsburgh, pa, USA. (2002)
- SESAM. (2002).
- SHISHIDO, M., YOSHIDA, N., USAMI, T., SHINOZAKI, T., KOBAYASHI, M., ve TAKEUCHI, T.. Black root rot of cucurbits caused by phomopsis sclerotioides in japan and phylogenetic grouping of the pathogen. *J. General Plant Path.*, 72, 220–227. (2006)
- SICILIANO, S. D., GOLDIE, H., ve GERMIDA, J. J.. Enzymatic activity in root exudates of dahurian wild rye(*elmus dauricus*) that degrades 2-chlorobenzoic acid. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 5-6. (1998)
- THOMPSON, P. L., RAMER, L. A., ve SCHNOOR, J. L.. Uptake and transformation of tnt by hybrid poplar trees. *Environ Sci Technol*, 32, 975-980. (1998)
- TURGUT, C.. The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in küçük menderes river in turkey, 2000-2002. *Environment International*, 29(1), 29-32. (2003)
- USLAN, M.. *Tarımsal alanlardaki pops miktarlarının araştırılması; sakarya örneği*. Sakarya Üniversitesi. (2009)
- VOLDNER, E. C., ve LI, Y. F.. Global usage of selected persistent organochlorines. *Science of the Total Environment*, 160-61, 201-210. (1995)
- WANG, J., ZHANG, D. W., ve FANG, Q.. Studies on antivirus disease mechanism of grafted seedless watermelon. *J. Anhui Agr. Univ.*, 29, 336–339. (2002)
- WANIA, F., ve MACKAY, D.. Tracking the distribution of persistent organik pollutants. *environmental Science & Technology*, 30, 390A–396A. (1996)
- WHITE, J. C.. Phytoremediation of weathered p,p'-dde residues in soil. *Int. J. Phytoremed*, 2, 133–144. (2000)
- WHITE, J. C.. Differential bioavailability of field-weathered p,p '-dde to plants of the cucurbita and cucumis genera. *Chemosphere*, 49(2), 143-152. (2002)
- WHITE, J. C.. Inheritance of p,p '-dde phytoextraction ability in hybridized cucurbita pepo cultivars. *Environmental Science & Technology*, 44(13), 5165-5169. (2010)
- WHITE, J. C., ve KOTTLER, B. D.. Citrate-mediated increase in the uptake of weathered 2,2-bis(p-chlorophenyl)1,1-dichloroethylene residues by plants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(3), 550-556. (2002)
- WHITE, J. C., MATTINA, M. I., LEE, W. Y., EITZER, B. D., ve IANNUCCI-BERGER, W.. Role of organic acids in enhancing the desorption and uptake of weathered p,p '-dde by cucurbita pepo. *Environmental Pollution*, 124(1), 71-80. (2003a)
- WHITE, J. C., PARRISH, Z. D., ISLEYEN, M., GENT, M. P. N., IANNUCCI-BERGER, W., EITZER, B. D., ve ark.. Uptake of weathered p,p '-dde by plant species effective at accumulating soil elements. *Microchemical Journal*, 81(1), 148-155. (2005)
- WHITE, J. C., WANG, X. P., GENT, M. P. N., IANNUCCI-BERGER, W., EITZER, B. D., SCHULTES, N. P., ve ark.. Subspecies-level variation in the phytoextraction of weathered p,p '-dde by cucurbita pepo. *Environmental Science & Technology*, 37(19), 4368-4373. (2003b)
- XU, S. L., CHEN, Q. Y., LI, S. H., ZHANG, L. L., GAO, J. S., ve WANG, H. L.. Roles of sugar-metabolizing enzymes and ga3, aba in sugars accumulation in grafted muskmelon fruit. *J. Fruit Sci.*, 22, 514–518. (2005d)

- YANG, Y., RATTE, D., SMETS, B., PIGNATELLO, J., ve GRASSO, D.. Mobilization of soil organik matter by complexing agents and implications for polycyclic aromatic hydrocarbon desorption. *Chemosphere*, 43, 1013-1021. (2001)
- YAVUZ, H., GULER, G. O., AKTUMSEK, A., CAKMAK, Y. S., ve OZPARLAK, H.. Determination of some organochlorine pesticide residues in honeys from konya, turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1-4), 277-283. (2010)
- YETISIR, H., KURT, S., SARI, N., ve TOK, F. M.. Rootstock potential of turkish lagenaria siceraria germplasm for watermelon: Plant growth, graft compatibility, and resistance to fusarium. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(6), 381-388. (2007)
- YETISIR, H., ve SARI, N.. Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(10), 1269-1274. (2003)
- YETISIR, H., SARI, N., ve EKBIC, I. E.. Association between plant and fruit characteristics in dihaploid cantaloupe melon (cucumis melo var cantaloupensis). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 74(7), 379-381. (2004)
- YETISIR, H., SARI, N., ve YUCEL, S.. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31(2), 163-169. (2003)
- YETISIR, H., ve UYGUR, V.. Responses of grafted watermelon onto different gourd species to salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 33(3), 315-327. (2010)
- YUCER, M. M.. Tarim ilacları “registered agrochemicals in turkey”. (2000)
- ZAYED, S. M. A. D., MOSTAFA, I. Y., ve ELARAB, A. E.. Chemical and biological release of c-14 bound residues from soil treated with c-14 p,p'-ddt. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 29(1), 169-175. (1994)

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 108O244
Proje Başlığı: DDE ile Kirlenmiş Toprakların Fitoremediyasyonda Aşılı Kabakgillerin Kullanımı
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Yrd. Doç. Dr. Mehmet İşleyen, Yrd. Doç. Dr. Fatih Karadağlı, Prof. Dr. Saim Özdemir, Yrd. Doç. Dr. Arzu Çağrı Mehmetoğlu, Prof Dr. Fatma Tülay Kızıloğlu Algan
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: T.C. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü 54187 esen tepe kampusu Sakarya
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01/07/2008 – 01/01/2011
Öz (en çok 70 kelime) Kabak bitkisi topraktaki yılanmış p,p-DDE fitoekstraksiyon ederken, karpuzun böyle bir özelliği yoktur. p,p-DDE nin topraktan boşluk suyuna, boşluk suyundan ksileme geçişi incelendi ve bu değerler aşısız kabak, aşısız karpuz, bunların kendi aralarında ve çapraz aşılı bitkiler için karşılaştırıldı. Seçilen bitkilerin boşluk suyunda, ksileminde ve meyvelerinde kirletici birikimine aşılamanın etkisini incelemek için rhizotron deneyleri yapıldı. Bu araştırma ile ilk defa kabak üzerine karpuz aşılı bitkilerin ksileminde yılanmış p,p-DDE nin biriktiği gösterilmiştir.
Anahtar Kelimeler: DDT, DDE, aşılı karpuz, kabak, anaç, Ksilem
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: <ol style="list-style-type: none">1. Mehmet İşleyen, Pinar Sevim, Saim Özdemir, Accumulation of Weathered p,p-DDE in Xylem Sap of Grafted Cucurbitaceae, International journal of phytoremediation(submitted)2. İşleyen M., Pinar Sevim, Mahmut Sak, Uptake of p,p-DDE from contaminated soil by grafted Cucurbitaceae, 7th International Phytotechnologies Conference, Parma, ITALY, 20103. Sevim P., Saim Özdemir, Fatih Karadağlı, Fatma Tulay Algan, Arzu Çağrı Mehmetoğlu, Mahmut Sak, Accumulation of Weathered p,p-DDE in Xylem Sap of Grafted Cucurbitaceae, 7th International Phytotechnologies Conference, Parma, ITALY, 20104. İşleyen M., Saim Özdemir, Fatih Karadağlı, Fatma Tulay Algan, Arzu Çağrı Mehmetoğlu, Pinar Sevim, Mahmut Sak, Uptake of Weathered p, p-DDE in Soil by Grafted Plant Species, 6th International Phytotechnologies Conference, St. Louis Missouri, ABD, 20095. Sevim P., Mehmet İşleyen, Mahmut Sak, Meltem Uslan., A Survey of DDE/DDT levels in Agricultural Soil Samples of Sakarya, 6th International Phytotechnologies Conference, St. Louis Missouri, ABD, 2009