

Toprakta Pestisitlerin Arındırılmasında Önemli Bir Araç: Fitoremediasyon

Osman TIRYAKI^{1*}, Tayfun POTUR²

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

(Alınış / Received: 22.01.2017, Kabul / Accepted: 20.04.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 21.04.2017)

Anahtar Kelimeler
Fitoremediasyon,
Pestisit Kalıntı,
Yarılanma Süresi

Öz: Pestisitler bitki koruma önlemleri arasında en fazla uygulananıdır. Ancak, pestisitlerin tarımsal alanlarda bilinçsiz ve yoğun bir şekilde kullanımı bazı ekosistem problemlerine neden olur. Pestisitlerin sınıflandırma şekillerinden biri de topraktaki yarılanma sürelerine göre yapılanıdır. Bu sınıflandırmada pestisitler kalıcı değil, orta derece kalıcı, kalıcı ve devamlı kalıcı olarak 4 gruba ayrılırlar. Kullanılan pestisitler arasında toprakta çok çabuk parçalanırları olduğu gibi yıllarca toprakta kalabilenleri de vardır. Zamanla bilim insanları doğanın, özellikle kalıcı pestisitlerden, temizlenmesi gerektiğini fark etmişler ve pestisitleri topraktan arındırmak için değişik yöntemler denemişlerdir. Fitoremediasyon da bu yöntemlerden biridir ve toprağın kirleticilerden arındırılmasında bitki ve bitkilerle ilişkili mikroorganizmaların kullanıldığı ekolojik bir temizlik yöntemidir. Fitoremediasyona bitkisel artırım ya da yeşil ıslah da denilmektedir. Fitoremediasyon yönteminin altında 6 adet farklı alt yöntem yer almaktadır. Bunlar; fitoekstraksiyon, fitotransformasyon, fitovolatilizasyon, fitostabilizasyon, rhizodegradasyon ve rhizofiltrasyon'dur. Fitoremediasyon yöntemi ile klorlu pestisitler, organofosforlu pestisitler ve poliklorlu bifeniller topraktan temizlenebilmektedir. Bu amaçla ayçiçeği, siyah söğüt, kırmızı dut, yonca, su sümbülü ve bazı kabak çeşitleri gibi bitkiler kullanılabilir. Topraklarımızda pestisit kirliliği gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada fitoremediasyonla topraktan arındırılabilen pestisitler konusunda yapılan güncel çalışmaları derleyerek yeni çalışmalara ışık tutulması amaçlanmıştır.

An Important Tool for Purifying Pesticides from Soil: Phytoremediation

Keywords
Phytoremediation,
Pesticide Residue,
Half-life

Abstract: Pesticides are most applied tools among the plant protection methods. But unconsciously and intensively usage of pesticides in agricultural areas causes some ecosystem problems. One of the classification system of pesticides is based on the half-life in the soil. In this classification, pesticides are divided 4 group, namely, non-persistent, moderately persistent, persistent and permanently persistent. Among the pesticides used are those that break down very quickly in the soil, as well as those that can remain in the soil for many years. Over time, scientists have discovered that environment must be cleared from particularly persistent pesticides, and they have tried different methods to remove pesticides from the soil. Phytoremediation is one of the ecological cleaning method in which plants and plants associated microorganisms are used to remediate soil from pollutants. Phytoremediation is also called plant remediation or green remediation. There are 6 different mechanisms under the phytoremediation method. These are phytoextraction, phytotransformation, phytovolatilization, phytostabilization, rhizodegradation and rhizofiltration. Chlorinated, and organophosphorous pesticides and also polychlorinated biphenyls can be cleaned from the soil by phytoremediation process. Some plants, such as sunflower, black willow, red mulberry, alfalfa, water hyacinth and some cucurbit varieties can be used in phytoremediation process. Pesticide pollution in soil is increased day by day. In this study, it is aimed to keep a light on new studies by compiling the current studies about pesticides that can be purified from the soil with phytoremediation..

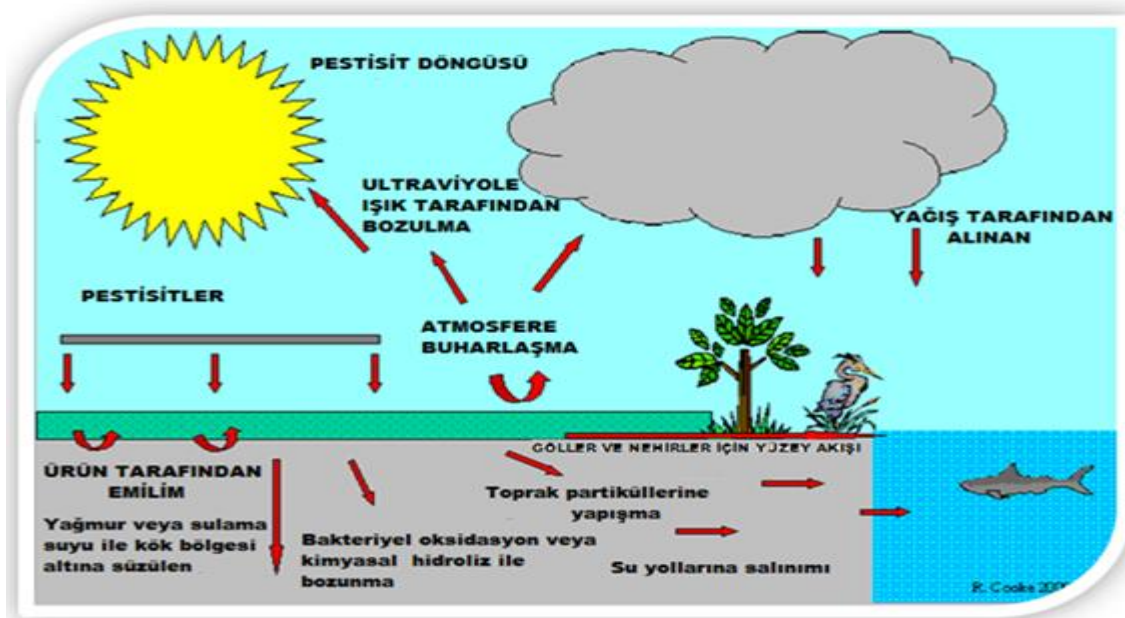
1. Giriş

Artan dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanmasında, tarım ürünlerinin zararlı organizmalardan korunması amacıyla son yıllarda tarımsal üretimde bilinçsiz şekilde pestisit uygulamaları bir hayli artmıştır. Bilinçsiz şekilde kullanılan pestisitler hem doğamıza hem de bizlere zararlı olmaktadır [1]. Zararlı pestisitlerin birçoğunun parçalanmasıyla ortaya çıkan metabolitler ve ana bileşiğin bizzat kendisi doğada yüksek kalıntı bırakma potansiyeline sahiptir [2]. Bu parçalanma süreçlerinde hava ve toprak koşulları, uygulama dozları, uygulanan ortam, uygulama zamanı gibi birçok etken önemli rol oynamaktadır (Şekil 1). Örneğin DDT ve imidacloprid pestisitleri parçalanmadan uzun süre toprakta kalabilirken bazıları zamanla daha zararsız metabolitler oluşturabilir, yeraltı sularına karışabilir veya ortam koşullarına bağlı olarak daha zararlı metabolitler oluşturabilir [3].

Zamanla toprakta biriken pestisitlerin arındırılmasına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyaç doğrultusunda değişik arındırma yöntemleri ortaya çıkmış olsa da birçoğu pahalı, zahmetli ve geniş alanlarda yetersiz kalmıştır. Bu yöntemlerden en uygunu da çevre dostu bir uygulama yöntemi olan fitoremediasyon yöntemidir. Bu yöntem bitkilerin ve bitkilerle ilişkili mikroorganizmaların kullanıldığı ekolojik bir arıtım sistemidir [4, 5].

Njoku ve ark. [6] ham petrol ile kirlenmiş toprakların fitoremediasyonunda *Glisine Max* (Merrill) kullanmışlardır. Araştırmacılar *G. max* 'ın toprakta toplam petrol hidrokarbon (TPH) seviyesini azalttığını, toprak pH'sını ve nemini iyileştirdiğini ve bakteriyel gelişmeyi artırdığını belirtmişler ve bu bitkinin ham petrol ile kirlenmiş toprakların ıslah edilmesinde iyi bir aday olduğunu vurgulamışlardır. Başka bir çalışmada da Çoban ve ark.[4] transgenik bitkilerin de gelişen teknoloji ile fitoremediasyon çalışmalarında yer alabileceği belirtmişlerdir.

Bu çalışmada fitoremediasyon tekniği ile topraktan arındırılabilen pestisitler ve bu amaçla kullanılan bitkiler konusunda yapılan güncel araştırmalara değinilecektir.



Şekil 1. Pestisitlerin doğadaki döngüsü [7]

2. Pestisitler

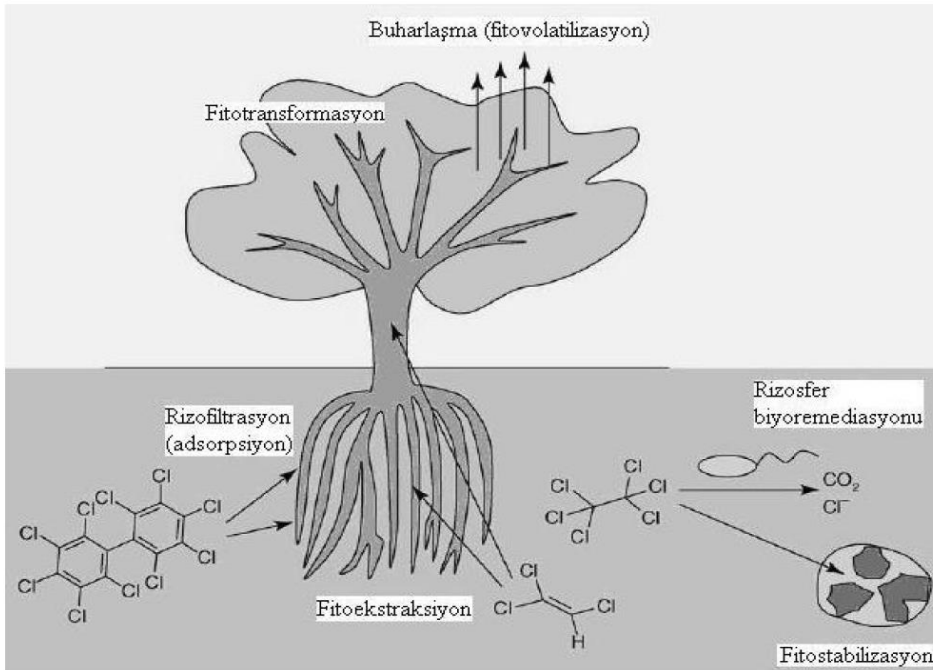
Pestisit, zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak ya da zararlarını en aza indirebilmek amacıyla kullanılan madde veya maddelerin bir araya gelmesiyle oluşturulan karışımlardır. Pestisitler genellikle kimyasal maddelerden oluşsalar da virüs, bakteri veya fungus gibi canlı mikroorganizmalarda olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, 2004 yılında kullanılan herbisitlerin %95'inin, insektisitlerin ise %98'inin hedef canlıyı bulmayıp başka yerlere saptığı bulunmuştur [8]. Hedeflerinden saparak doğada kalan pestisitleri toprakta kalıcılıkları

açısından değerlendirdiğimizde; kalıcı değil, orta derece kalıcı, kalıcı ve devamlı kalıcı olarak sınıflandırabiliriz. Kalıcı olmayan pestisitler toprakta 1-2 hafta süresince kalırlar. Orta derece kalıcı pestisitler 1-18 ay toprakta kalabilir. Kalıcı pestisitler ise 2-5 yıl aralığında parçalanarak pestisit grubunu içerirler. Devamlı kalıcı pestisitler neredeyse hiç bozulmadan doğada kalabilen grubu kapsar ve bu grupta genellikle ağır metal içeren bileşikler yer alır. Örnek olarak “glyphosate” 12 gün ile kalıcı olmayan grupta yer alırken, “atrazine ve chlorpyrifos” orta derece kalıcı (75 ve 50 gün), “imidacloprid” kalıcı (191 gün) ve “DDT” çok kalıcı (6200 gün) pestisitler grubunda yer almaktadır [3].

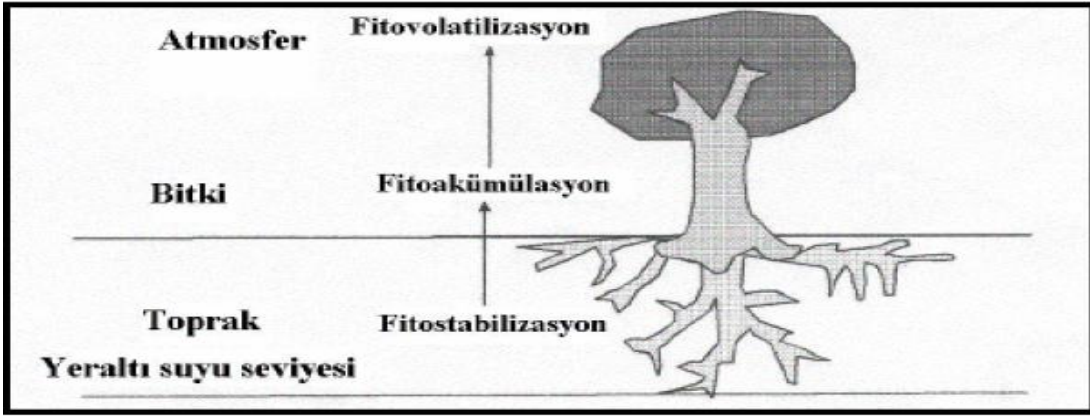
3. Fitoremediasyon ve Fitoremediasyon Yöntemleri

Fitoremediasyon kirlenmelerin topraktan ve sudan arındırılmaları için bitki ve bitkilerle ilişkili mikroorganizmaların kullanıldığı ekolojik bir ıslah yöntemi olarak açıklanmaktadır [4, 5]. Fitoremediasyon kavramı Latince bitki anlamına gelen “*phyto*” ve iyileştirme anlamına gelen “*remediation*” kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuş ve dilimize yeşil ıslah, bitkilerle arıtım, bitkisel arıtım veya bitkisel iyileştirme olarak çevrilmektedir. Fitoremediasyon ilk kez su arıtımında kullanılmıştır. Bitkilerin 1980’lerde arıtım için uygun bulunmasıyla 1990’dan bu yana yaklaşık 200 alanda uygulanmış bir yöntemdir [5]. Fitoremediasyon yönteminde çevresel kirlenmeleri absorbe edebilen, dokularında yüksek oranda biriktirebilen ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler aracılığıyla zararsız hale getirebilen bitkiler tercih edilir [9]. Fitoremediasyonda kirlenmelerin arıtım mekanizmalarına göre 6 farklı yöntem vardır. Bunlar; fitoekstraksiyon, fitotransformasyon, fitovolatilizasyon, fitostabilizasyon, rizodegradasyon ve rizofiltrasyon olarak sıralanmaktadır. Bunlardan rizodegradasyon ve rizofiltrasyon prosesleri toprakaltı kısımlarında meydana gelirken fitovolatilizasyon ve fitotransformasyon atmosferde meydana gelir. Şekil 2’de yöntemlerin prensipleri gösterilmektedir. Şekil 3’te ise bitkinin kirlenmeyi bünyesine almasından atmosfere iletmesine kadar olan süreç gösterilmiştir. Bu süreç ve yöntemler değişik çalışmalarda geniş bir şekilde özetlenmiştir [10, 11].

Fitoremediasyon yöntemi ile arıtılabilen kirlenici grupları arasında ağır metaller, radyoaktif maddeler, klorlu çözücüler, petrolü hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, klorlu pestisitler, organofosforlu pestisitler, patlayıcılar, nutrientler ve yüzey aktif maddeler sayılabilir [12, 13].



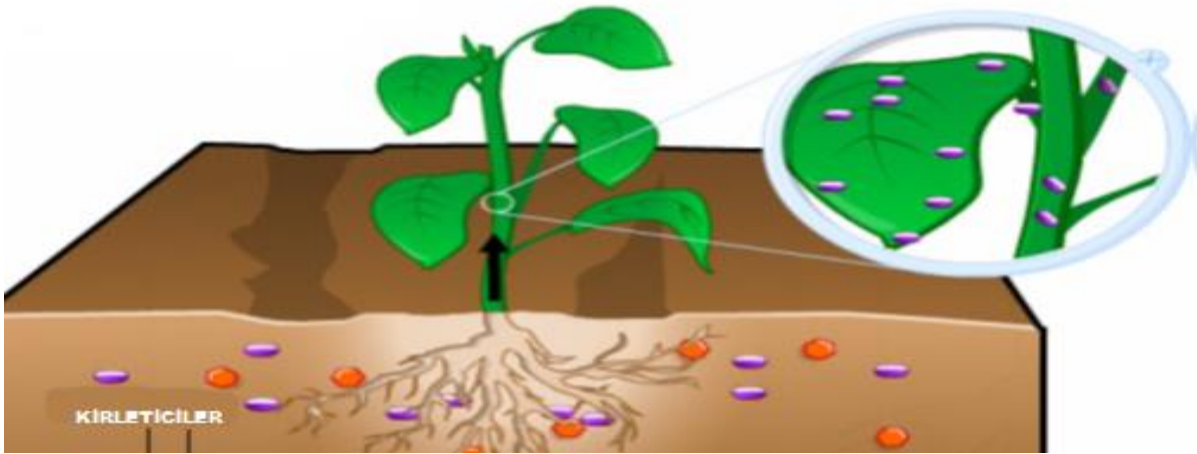
Şekil 2. Bitkilerle arıtımın içerdiği mekanizmalar [4]



Şekil 3. Fitoremediasyon yönteminde kirleticinin hareketleri [14].

3.1. Fitoekstraksiyon

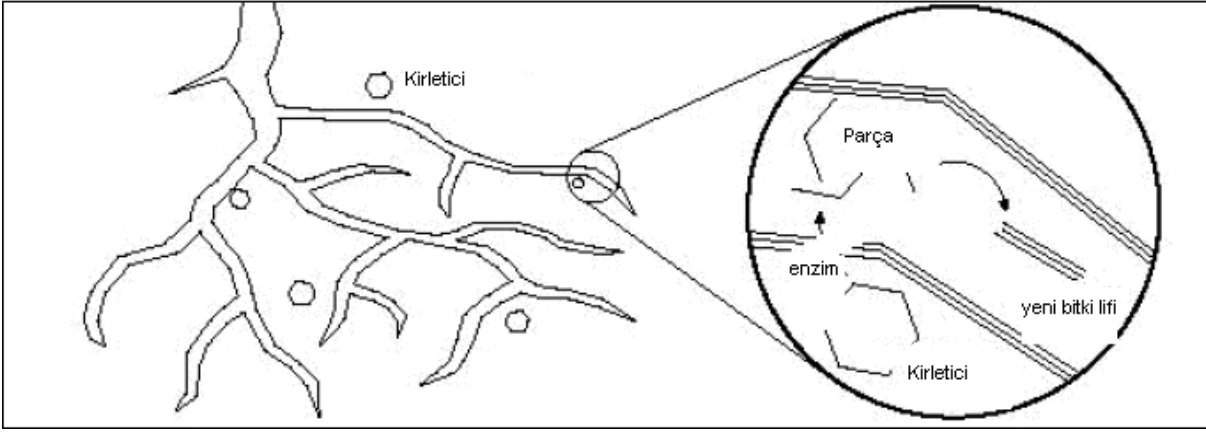
Bitkilerin toprak ve su ortamındaki kirleticileri kökleriyle bünyesine alıp hasat edilebilir kısımlarında biriktirmesi sonucu ortamdaki kirleticilerin uzaklaştırıldığı yöntemdir [15]. Mekanizmanın işleyişi Şekil 4’de gösterilmektedir. Bu yöntem genellikle bakır, çinko, kadmiyum, nikel ve kurşun gibi ağır metallerle bulaşık toprakların arıtımında kullanılır [16]. Bu yöntemde kullanılmaya uygun yaklaşık 400 kadar bitki türü olduğu bilinmektedir. Hindistan hardalı, hibrit kavaklar ve ayçiçeği en fazla kullanılan bitkilerdir [10].



Şekil 4. Fitoekstraksiyon gerçekleşme mekanizması [17]

3.2. Fitotransformasyon

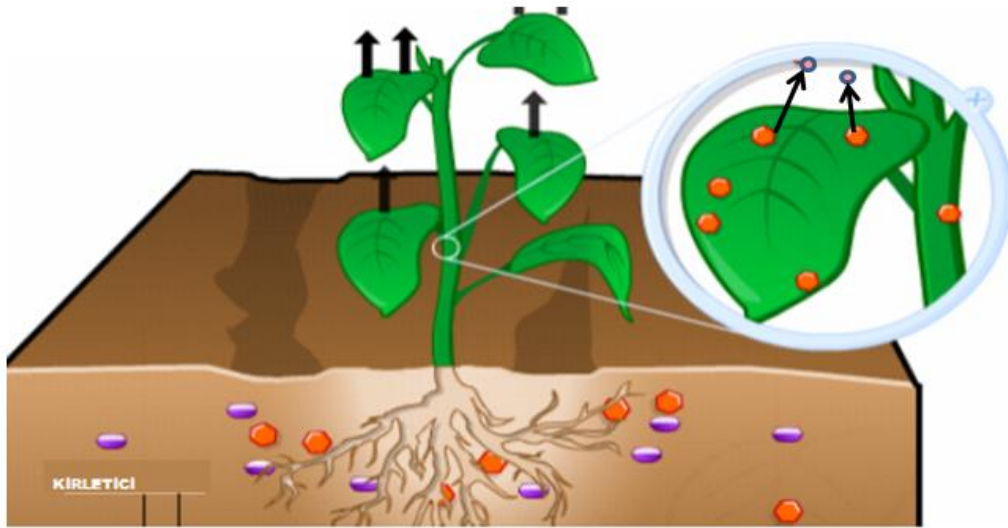
Yöntemin mekanizması Şekil 5’te gösterilmiş olup ortamdaki kirleticilerin bitki bünyesine alınarak metabolik olaylar sonucunda doğaya zararsız formlara dönüştürülmesi esasına dayanır [9]. Bu yöntemde fitodegradasyon ya da bitkisel bozunum adı da verilmektedir. Fitotransformasyon yöntemi toprak, sediment, çamur ve yeraltı sularında uygulanabilmekte olup bu yöntemle alg, servi, siyah söğüt ve hibrit kavak gibi bitkiler kullanılarak klorlu bileşikler, pestisitler, askeri kimyasal maddeler ve fenol bileşikleri arıtılabilmektedir [10].



Şekil 5. Fitotransformasyon gerçekleşme mekanizması [10]

3.3. Fitovolatilizasyon

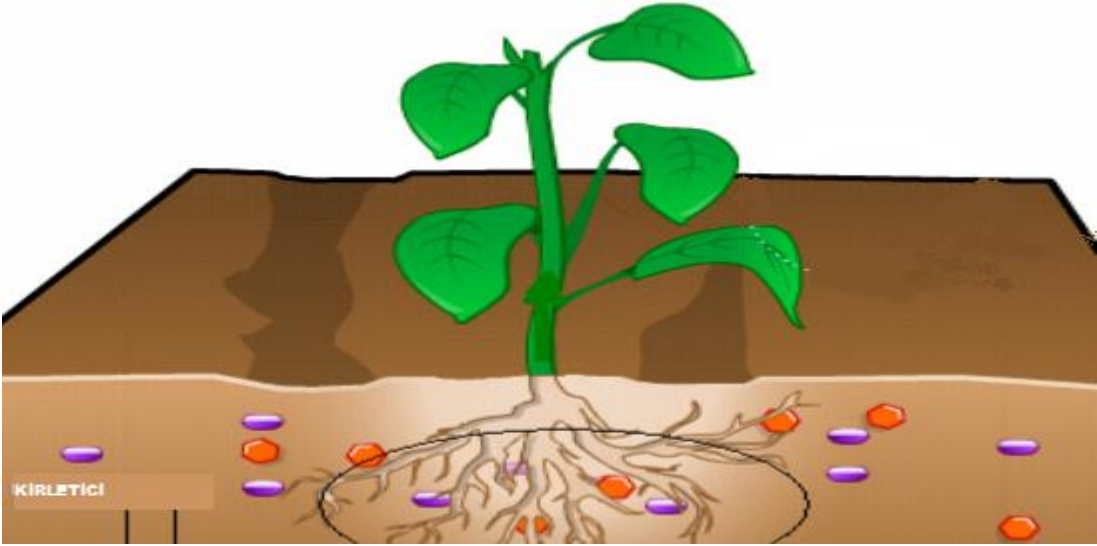
Bitkilerin bünyesine alınan kirlenicilerin buhar ya da gaz fazına dönüştürülerek ortamdaki uzaklaştırılmasıdır. Şekil 6'da da görüleceği üzere bitki topraktan aldığı zararlı maddeleri modifiye ederek daha az zararlı ya da zararsız hale getirerek uçucu formda atmosfere verir. Bu yöntem organik (klorlu çözücüler) ve inorganik (Hg, Se) kirlenicilerin arıtımında kullanılan bir yöntemdir. Yonca, kavaklar ve Hindistan hardalı kullanılan bitkiler arasındadır [10].



Şekil 6. Fitovolatilizasyon gerçekleşme mekanizması [17]

3.4. Fitostabilizasyon

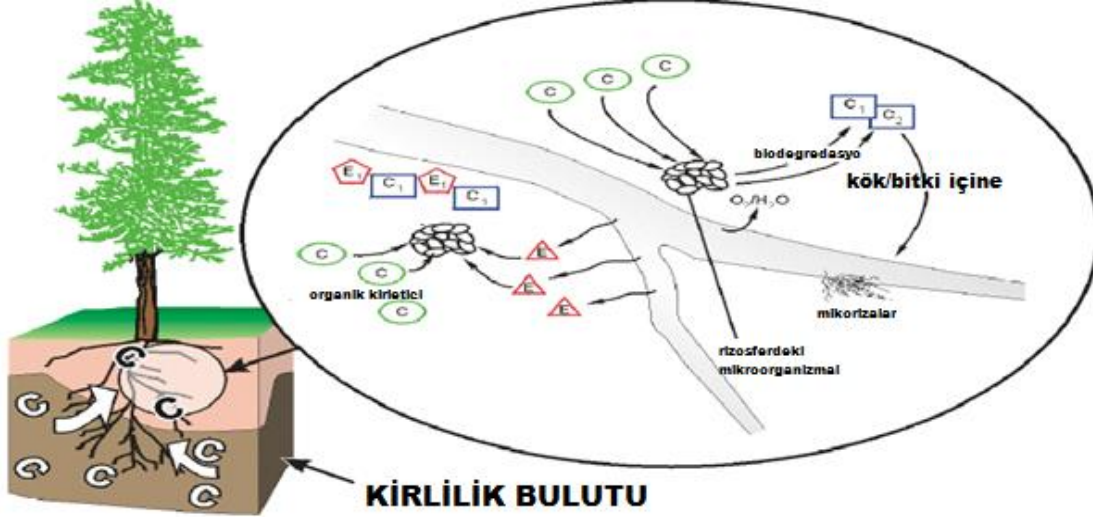
Topraktaki kirleniciler bitki köklerinin içinde veya çevresinde tutulmasıyla ya da biriktirilmesiyle arıtılabilmekte, bu sayede değişik proseslerle taşınmaları da önlenmektedir [12]. Şekil 7'de görüleceği üzere kirlenici bitkinin kök çevresinde tutulmuş ve taşınması önlenmiştir. Bu yöntemin fitotransformasyondan farkı yeraltı sularında kullanılmıyor olmasıdır [18]. Bu yöntem için terleme oranı yüksek bitkilerin uygun olduğu belirtilmiştir [19]. Çimler, Hindistan hardalı ve hibrit kavaklar bu yöntemde kullanılmış bitkiler arasında yer almaktadır [10].



Şekil 7. Fitostabilizasyon gerçekleşme mekanizması [17]

3.5. Rhizodegradasyon

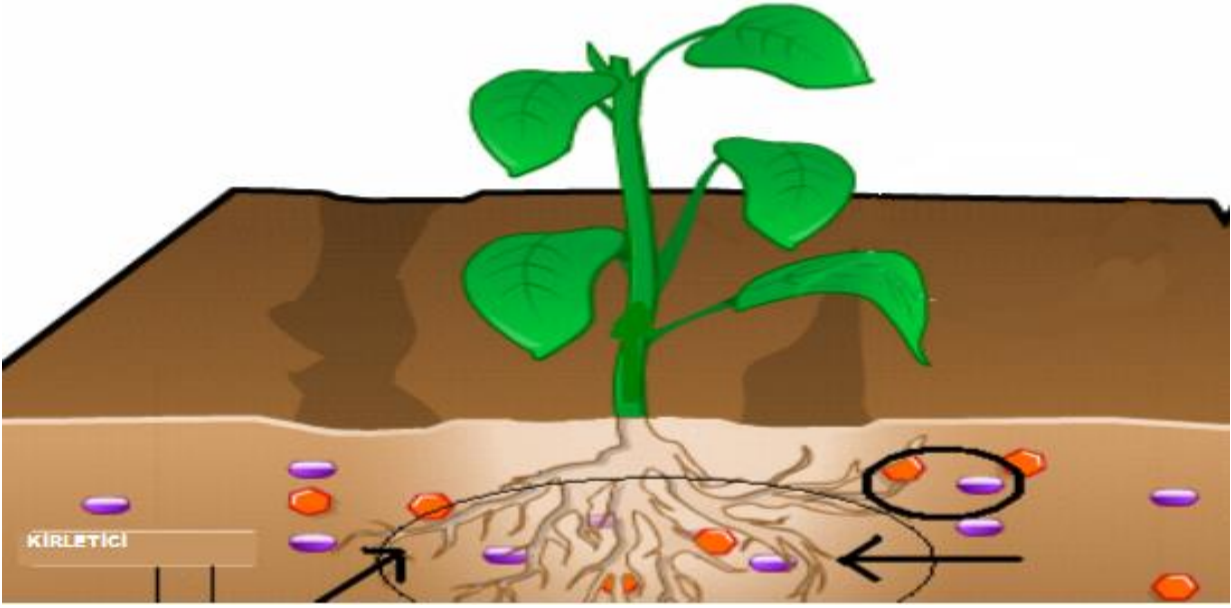
Bitki kökleri ve köklerinde yer alan mikroorganizmaların aktiviteleri sonucunda organik maddelerin bozunmasıdır [20]. Şekil 8'de ayrıntılı şekilde görülmekte olan mekanizma ile pestisitler, petrolü hidrokarbonlar, aromatik hidrokarbonlar, BTEX (benzen, tolüen, etilbenzen, ksilen), klorlu çözücüler, pentaklorofenol ve poliklorinatlı bifeniller ortamdan arındırılabilir [21]. Bu yöntemde kırmızı dut, su kamışı, çeltik, çimler ve hibrit kavaklar kullanılmaktadır [10].



Şekil 8. Rhizodegradasyon gerçekleşme mekanizması [12]

3.6. Rhizofiltrasyon

Ortamdaki kirleticilerin bitkilerin köklerinin içine girmesi veya köklerin üzerine tutunarak ortamdan uzaklaştırıldığı arıtım yöntemidir [21]. Bu yöntemde temel işlem şekil 9'da da görüleceği üzere kirleticilerin bitki kökleri üzerinde veya içerisinde hareketsizliğinin sağlanmasıyla olmaktadır [20]. Bu amaçla Hindistan hardalı, ayçiçeği ve su sümbülü kullanılmaktadır [10]. Bu yöntem için kullanılacak bitkilerin ilk olarak kirleticiye adaptasyonunun sağlanması gerekmektedir [20].



Şekil 9. Rhizofiltrasyon gerçekleşme mekanizması [17]

4. Pestisitler ve Fitoremediasyon

White ve ark. [22], yaptıkları çalışmada *Cucurbita pepo* ssp. *pepo* ve ssp. *texana* tarafından p,p'-DDE (1,1-dikloro-2,2-bis(klorofenil)etilen) translokasyonunu ve alımını araştırmışlardır. DDE, DDT (2,2-bis(klorofenil)-1,1,1-trikloroetan)'nin topraktaki en kararlı parçalanma ürünüdür. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalar sonucunda *Cucurbita pepo* bitkisinin 21 kültür çeşidinin kök, sap, yaprak ve meyve biyokonsantrasyon faktörünü (BCF) hesaplamışlardır. Biyokonsantrasyon faktörü bitkinin kısımlarındaki kirletici madde konsantrasyonunun, topraktaki kirletici madde konsantrasyonuna bölünmesiyle bulunmaktadır. Çalışmada BCF oranları 0.47 ile 16 arasında değiştiği belirlenmiş ve BCF oranları *Cucurbita pepo* ssp. *pepo* için 7.22 - 5.40, *Cucurbita pepo* ssp. *texana* alt türü için 2.37 - 0.45 olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar BCF oranının sadece alt türlere değil aynı alt türün genetik çeşitliliğinde de değişebileceğini belirtmişlerdir [22].

Romeh [23] tarafından yapılan başka bir çalışmada su ve toprak ortamında imidacloprid insektisitinin fitoremediasyonu için *Plantago major* bitkisi kullanılmıştır. Su solüsyonundaki çalışmada imidacloprid bitkinin kök, yaprak meyvelerinde önemli derecede birikmiş sonra maksimum seviyeye ulaşmıştır. Bu maksimum seviyeler sırasıyla 1, 3 ve 6 gün sonra 37.21, 15.74, ve 5.74 µg/g olmuştur. Bu veriler 10 gün sonra, sırasıyla 6.95, 1.46, ve 0.12 µg/g değerlerine düşmüştür. Araştırmacı izole ettiği gram negatif bakterilerin pestisit konsantrasyonunu %93.34 oranında azalttığını belirtmiştir. Bitki ekilen ortamda yarılanma ömrü 4.8 gün iken bitki olmayan ortamda 8.4 gün olduğu belirtilmiştir. İmidacloprid'in *Plantago major* tarafından sudan rhizofiltrasyon ve rhizodegradasyon yönetimi ile uzaklaştırılırken, topraktan fitotransformasyon yoluyla arıtıldığı belirtilmiştir [23].

Wang ve ark. [24] yaptıkları çalışmada 6 sucul bitkinin 28°C sabit sıcaklıkta steril olmayan su ortamında chlorpyrifosun parçalanmasına etkilerini gözlemlemişlerdir. Bulgulara göre bitkilerin bulunduğu ortamda chlorpyrifos kalıntısının temizlenme oranı, kontrolden %1.26-5.56 daha yüksek çıkmıştır. Kullandıkları bitkilerden en iyi sonucu *Scirpus validus* ve *Typha angustifolia* vermiştir [24].

Albright ve Coats [25] yaptıkları çalışmada ¹⁴C-atrazin herbisitinin kalıntısını temizlemek için fitoremediasyon yöntemini kullanmışlardır. Saksı içerisine *Panicum virgatum* bitkisini ekmişler ve 4 ppm dozunda atrazin çözeltisiyle muamele etmişlerdir. Yapılan kromatografik analizler sonucunda pestisit ve metabolitlerinin konsantrasyonunda azalma görmüşlerdir [25].

Obuseng ve ark. [26], Okavanga Deltası'ndan alınan bitki örneklerinden pestisitlerin arıtımı için QuEChERS ve katı fazlı mikro ekstraksiyon (SPME) yöntemlerini kullanmışlardır. Her iki yöntemin verimliliğini etkileyen

ölçütleri en uygun düzeye indirgemişlerdir. Hem QuEChERS hem de SPME yöntemi için iyileştirme oranının %61 – 95 aralığında çıktığını belirtmişlerdir. İncelenen yaprak ve sap örneklerinde pestisit kalıntısı tespit etmemişler ancak *Nymphaea nouchali* köklerinde aldrin ve endosülfan oranının sırasıyla 3-21 µg/kg ve 5-3 µg/kg olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kök örneklerinde pentaklorobenzen ve heksaklorobenzen tespit edildiğini ancak oranlarının belirlenmediğini gözlemlemişlerdir

5. Fitoremediasyonda Kullanılan Bitkilerin İmha Edilmesi

Fitoremediasyondaki asıl amaç kirleticiyi ortamdan arındırmaktır. Bazı yöntemler bunu kirleticiyi zararsız formlara dönüştürerek yaparken bazıları ise bünyesine alarak arıtım yapmaktadır. Kirleticiyi bünyede biriktirerek uzaklaştırma esasına dayanan yöntemlerde kullanılan bitkiler imha edilerek ya da uygun depolama alanlarında depolanarak uzaklaştırma işlemi gerçekleştirilir. İmha işlemi kurutulularak, yakılıp kül haline getirilerek, kompost yapılarak ya da yeniden dönüşüme sokularak yapılabilmektedir [21]. Arıtımda kullanılan bitkiler fitodegradasyon ve rhizodegradasyon yöntemlerinde parçalanarak imha edilirken fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon ve rhizofiltrasyon yöntemlerinde ise alan dışına çıkarılarak arıtım işlemi gerçekleştirilir.

6. Fitoremediasyonun Avantaj ve Dezavantajları

Her uygulama da olduğu gibi fitoremediasyon yönteminin de avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Örneğin fitoremediasyon yöntemi diğer yöntemlere oranla daha ucuz ve kirli toprakların yerinde arıtımına (biyoremediasyonda toprakların arıtım tesislerine taşınması gerekir) olanak sağlayan bir yöntemdir. Bunun yanında fitoremediasyonla arıtım yapılan alanlar kamuya açık yeşil alan olarak kullanılabilir. Ayrıca bu yöntemde bitkiler kullanıldığı için kirleticiler bitki besini olarak değerlendirilebilir ve kirleticiyi bertaraf etmek daha kolay olur [20/21]. Dezavantajları ise diğer yöntemlere oranla daha uzun süre gerektirmesi ve bu yöntem kirleticiyi tamamen ortamdan uzaklaştıramayabilir. Bir diğer dezavantajı da kirletici madde ya da metabolitleri bitki veya işlenmiş ürünlerinde kalıntıya neden olabilir. Bu yöntemin en tehlikeli dezavantajlarından biri ise fitoremediasyon yöntemi sonucu kirletici maddenin ana madde ya da metabolit olarak atmosfere karışma ihtimalidir. Ancak doğru kirleticiye doğru mekanizmanın bitkisiyle müdahale edilmesi bu dezavantajı ortadan kaldırabilir [20].

7. Tartışma ve Sonuç

Artan nüfusun gıda ihtiyaçlarına cevap verebilmek amacıyla tarımsal üretimde kimyasallar yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar hem topraklarımıza hem de doğadaki canlıların sağlığına zarar vermeye başlamıştır. Toprak kirliliği son zamanlarda doğayı tehdit eden en önemli unsurlardan birisidir. Yapılan bilinçsiz ve yoğun uygulamalar sonucu doğanın ekolojik dengesi bozulmaktadır. Bozulan doğal dengeyi tekrar kurabilmek ve toprakların temizliği için var olan arıtım sistemleri yetersiz geldiği için ileri arıtım yöntemleri geliştirilmiştir. İleri arıtım sistemlerinin teknolojik yetersizlik, kalifiye eleman yetersizliği ve yüksek maliyet gibi dezavantajları göz önüne alındığında doğal, kolay ve maliyet problemi olmayan fitoremediasyon yöntemi ön plana çıkmaktadır [19]. Fitoremediasyon yönteminde kullanılacak farklı bitkilerin olması ve içerisinde farklı mekanizmaları barındırması bu yöntemin kullanımına imkân vermektedir [10].

Sonuç olarak toprakların arıtımında kullanılacak yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ele alındığında en avantajlı yöntemin fitoremediasyon yöntemi olduğu görülmektedir. Fitoremediasyon yöntemiyle ilgili çalışmalar var olmasına karşın, bu yöntem ile pestisitlerin topraktan arıtımıyla ilgili az sayıda çalışma vardır. Daha kesin bilgiler elde etmek ve topraklarımızın arıtımına katkı sağlayabilmek amacıyla yeni çalışmalar yapılmalı ve bu çalışmalara gerekli kurum, kuruluş ya da şahısların dikkatleri çekilmelidir.

Kaynakça

- [1] Delen, N., Tiryaki, O., Türkseven, S. ve Temur, C., 2015. Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları, Çözüm Önerileri. TMMOB-Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat

Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 12-16 Ocak 2015, Çankaya Belediyesi Çağdaş Sanatlar Merkezi Ankara, Bildiriler Kitabı-2, 758-778.

- [2] Tiryaki, O., Temur, C. The Fate of Pesticide in the Environment. *Journal of Biological and Environmental Sciences* 2010, 4(10), 29-38.
- [3] FOOTPRINT, 2016. Pesticide Properties Database. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/ato-z.htm> (Erişim Tarihi: 06.03.2016).
- [4] Çoban, A., Demir, G., Türkdöğän, F. İ. 2010. Çevre Biyoteknolojisi Temelinde Genetik Yapısı Değiştirilmiş(Transgenik) Bitkilerle Arıtım, KSÜ Müh. Bil. Dergisi 13(1), 45-52.
- [5] Gratao, P.L., Prasad, M.N.V., Cardoso, P.F., Lea, P.J., Azevedo, R.A. 2005. Phytoremediation, Green Technology For The Cleanup of Toxic Metals in the Enviroment. *Bras. J. Plant Physiol.*, 17(1), 39-48.
- [6] Njoku K.L., Akinola, M.O., Oboh, B.O. 2016. Phytoremediation of Crude Oil Contaminated Soil Using *Glycine Max* (Merril); Through Through Phytoaccumulation or Rhizosphere Effect? *J. BIOL. ENVIRON. SCI.*, , 10(30), 115-124.
- [7] Anonim, 2017. <http://www.ecifm.rdg.ac.uk/pesticides.htm>. Erişim Tarihi: 03.03.2017.
- [8] Miller, G.T. 2004. *Sustaining the Earth*, 6th edition. Thompson Learning, Inc. Pacific Grove, 9, 211-216.
- [9] Terzi H., Yıldız M., 2011. Ağır metaller ve fitoremediasyon: Fizyolojik ve moleküler mekanizmalar. *AKÜ-FEBİD* 11, 1-22.
- [10] Vanlı, Ö., Yazgan, M. 2008. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniğı. <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm> (Erişim Tarihi: 27.04.2015).
- [11] Yurdakul, İ. 2015. Kirlenmiş Topraklarda ve Sularda Bitkisel İyileştirme Teknikleri ve Önemi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2, 55-62.
- [12] US EPA, 2000. *Introduction to Phytoremediation*. EPA/600/R-99/107. Washington DC, February.
- [13] Memişoğlu Bingöl, A. 2008. Bor ile Kirlenmiş Toprakların Yeşil Islah(Phytoremediation) Yöntemi ile Arıtılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- [14] Dindar E., Başkaya H.S., Topaç Şağban F.O., 2010. Kirlenmiş Toprakların Biyoremediasyon ile Islahı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 15,Sayı 2
- [15] Alyüz, B., Çetin, Ş., Ayberk, S. 2008. Organik Kirleticilerin Arıtımında Fitoremediasyon Yönteminin Uygulanabilirliği. *Çevre Sorunları Sempozyumu*, 14-18 Mayıs, Kocaeli.
- [16] Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A.B., Cansaran-Duman, D., Aras, S. 2012. Biyosorpsiyon, Adsorpsiyon ve Fitoremediasyon Yöntemleri ve Uygulamaları. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(4), 235-253.
- [17] Vanlı Ö., 2007. Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [18] Henry, J. 2000. *An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury*, U.S. Epa, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, 51 .
- [19] Arlı, S. 2006. Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- [20] Yıldız, S. 2008. Nişasta Sanayi Atık Sularının Bitkisel İyileştirme(Fitoremediasyon) Kapasitesine Mikorizal Simbiyozun Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [21] Orman, Ş., Kalkan, H., Kaplan, M. 2011. Kirlenmiş Arazilerin Islah Edilmesinde Fitoremediasyon Tekniğı, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4), 102-107.
- [22] White, J. C., Wang, X. P., Gent, M. P. N., Iannucci-Berger, W., Eitzer, B. D., Schultes, N. P., Arienzo, M., Mattina, M. I. 2003. Subspecies-Level Variation in the phytoextraction of Weathered p,p '-DDE by Cucurbita pepo. *Environmental Science & Technology*, 37(19), 4368-4373.
- [23] Romeh, A. A. 2009. Phytoremediation of Water and Soil Contaminated with Imidacloprid Pesticide by *Plantago major* L., *International Journal of Phytoremediation*, 12:2, 188-199.

- [24] Wang , C., Zhou, Q., Zhang, L., Zhang, Y., Xiao, E., Zhenbin, W. 2013. Variation Characteristics of Chlorpyrifos in Nonsterile Wetland Plant Hydroponic System, *International of Phytoremediation*, 15:6, 550-560.
- [25] Albright, V. C., Coats, J. R. 2012. Disposition of Atrazine Metabolites Following Uptake and Degradation of Atrazine in Switchgrass, *International Journal of Phytoremediation*, 16:1, 62-72.
- [26] Obuseng, V. C., Mookantsa, B.M., Okatch, H., Mosepele, K., Torto, N., 2013. Extraction of Pesticides from Plants using Solid Phase Microextraction and QuEChERS. *South African Journal of Chemistry*. 66, 183-188.