

Tekkeköy Belediyesi · canik belediyesi · DB Tarımsal Enerji · aves · albayobir
SEMA MEDİKAL SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. · Anton Paar · ETKA Biyoteknoloji Medikal Tıbbi Cihazlar · KUTAY LABORATUAR CİHAZLARI TİC. A.Ş. · altaca enerji

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Samsun - Ordu Karayolu 17. km. P.K. 39 55300 Tekkeköy / SAMSUN
Tel.: 0.362 256 05 14 - 15 Faks: 0.362 256 05 16
http://arastirma.tarim.gov.tr/ktae - ktae@tarim.gov.tr

ISBN: 978-605-9175-58-6

2. ULUSAL BİYOYAKITLAR SEMPOZYUMU 27-30 EYLÜL 2016 SAMSUN

T.C.
GIDA TARIM VE HAYVANCILIK BAKANLIĞI
TARIMSAL ARAŞTIRMALAR VE POLİTİKALAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
KARADENİZ TARIMSAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

2. ULUSAL BİYOYAKITLAR SEMPOZYUMU



27-30 EYLÜL 2016
SAMSUN

BİLDİRİLER KİTABI

www.biyoyakit2016.org

2. ULUSAL BİYOYAKITLAR SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI



27-30 EYLÜL 2016
SAMSUN

T.C.
GIDA TARIM VE HAYVANCILIK
BAKANLIĞI

KARADENİZ TARIMSAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ - SAMSUN
1944

SPONSORLAR

canik belediyesi

TEKKEKÖY BELEDİYESİ

DB Tarımsal Enerji

aves

albiyobir

SEMA MEDİKAL SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

Anton Paar

ETKA
Biyoteknoloji Medikal Tıbbi Cihazlar

KUTAY
LABORATUAR CİHAZLARI TİC. A.Ş.

altaca enerji

DESTEKLEYENLER

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

SAMSUN BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Derneği
SÜT-D

2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu

Bildiriler Kitabı

27-30 Eylül 2016

SAMSUN

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

Samsun - Ordu Karayolu 17. km, Tekkeköy / SAMSUN
Tel : (0362) 256 05 14-15
Faks : (0362) 256 05 16
Web : http://arastirma.tarim.gov.tr/ktae
e-posta : ktae@tarim.gov.tr

ISBN: 978-605-9175-58-6

Basım Tarihi: Kasım 2016 - SAMSUN

Baskı Yeri
Erol Ofset Matbaacılık Yayıncılık Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Sti.
Pazar Mh. Necati Efendi Sk. No.41/A İlkadım / Samsun / Türkiye
Tel: 0.362 431 98 96 Faks: 0.362 432 41 17

Yayın Hakları: Bu kitapta yer alan bildiri ve makalelerin yayın ve fikir sorumluluğu yazarlarına aittir. Yazar izni olmadan tamamen veya kısmen çoğaltılamaz.

ÖNSÖZ

1970'lerdeki petrol krizinden günümüze kadar enerji arzının güvenliği ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konularındaki politika arayışları giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Başta ekonomik nedenler olmak üzere sürdürülebilir kalkınma, küresel ısınma ve iklim değişikliği dünyanın karşı karşıya kaldığı temel sorunlardır. Önümüzdeki 100 yılda tükeneceği tahmin edilen petrol, kömür ve gaz gibi fosil yakıtlara geleceğin enerji kaynakları olarak bakılmamaktadır. Bu nedenle yeni ve alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yeni ve alternatif enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlanmış ve yenilenebilir enerjiye olan ilgi artarak devam etmektedir. Biyoyakıtlar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen tarımsal kökenli enerji kaynaklarıdır. Biyoyakıtlar ve biyoyakıtlara dayalı enerji sistemleri, gerek günümüzde gerekse gelecekteki teknolojik gelişmeler açısından önemli bir potansiyel vaat etmektedir.

Türkiye de petrol ve petrol ürünleri açısından dışa bağımlı bir ülkedir. Özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkeler için önemli bir fırsat olan yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye için de önemli bir itici unsur durumuna gelmiştir. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin sayılabilecek durumda olmasına rağmen mevcut potansiyelini yeterince kullanamamaktadır. Yenilenebilir enerji konusunda çalışmaların hızlı ve yoğun olarak yapılması gerekmektedir. Bu sebeple bu tür bilimsel etkinlikler büyük önem kazanmaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretebilme potansiyelleri üzerine yapılacak çalışmalar, bu alana daha fazla ışık tutacak, söz konusu endüstrilerin daha popüler hale gelip daha hızlı büyümesine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizin enerji politikalarının şekillenmesine katkı sağlamak amacıyla Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlarla ilgilenen üniversitelerden akademisyenler, enstitülerden araştırmacılar, sanayiciler, sivil toplum örgütleri ve çiftçilerin bir araya getirilmesinin hedeflendiği bu sempozyum ile günümüz enerji bitkilerinin üretimi, biyoyakıtların üretimi, biyoyakıtların performans özellikleri, biyoyakıt çevre ilişkisi, biyoyakıt ekonomisi ve mevzuatı ile ilgili güncel gelişmeler ele alınmıştır. Hedefimiz, araştırma, eğitim ve enerji sektörü bazında birlikteliğin sağlanması ve ülkemizde biyoyakıtlar konusunda daha güçlü bir organizasyon yapısıyla sorunlara çözüm getirilmesidir.

Dr. Kibar AK
Düzenleme Kurulu Başkanı

SEMPOZYUM DÜZENLEME KURULU

Dr. Nevzat BİRİŞİK (Onursal Başkan)
Dr. Kibar AK (Başkan)
Şahin GİZLENCİ (Başkan Yardımcısı)
Dr. İdris MACİT
Mustafa ACAR
Dr. Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK
Dr. Reyhan KARAYEL
Mahmut DOK
Mehmet ERDOĞMUŞ
Mine AKSOY
Dr. Gülhan ATAGÜN
Mehmet AYDOĞAN
Cengiz ARTIK
Aydın ŞAKİROĞLU

SEMPOZYUM BİLİM KURULU

Prof. Dr. Ali KASAP
Prof. Dr. Ali Kemal AYAN
Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU
Prof. Dr. Bülent KESKİNLER
Prof. Dr. Fikret AKINERDEM
Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU
Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ
Prof. Dr. Özer KOLSARICI
Prof. Dr. Güngör YILMAZ
Prof. Dr. Günnur KOÇAR
Prof. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK
Prof. Dr. Halis ARIOĞLU
Prof. Dr. Hasan BAYDAR
Prof. Dr. Hayati OLGUN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Kadir AYDIN
Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ
Prof. Dr. Kudret KEVSEROĞLU
Prof. Dr. Mehmet Arif BEYHAN
Prof. Dr. Mirat GÜROL
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
Prof. Dr. Neşet ARSLAN
Prof. Dr. Özer KOLSARICI
Prof. Dr. Selma TÜRKAY
Prof. Dr. Vedat CEYHAN
Prof. Dr. Yavuz EMEKLİER
Prof. Dr. Zafer ULUTAŞ
Prof. Dr. Mehmet SİNCİK
Doç. Dr. Gürkan GÜRDİL
Doç. Dr. Hasan SERİN
Doç. Dr. Fehmi AKGÜN
Doç. Dr. Mustafa ÖZCANLI
Doç. Dr. Selim AYTAÇ
Doç. Dr. Yahya ULUSOY
Doç. Dr. Yıldıray TOPÇU
Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERYAŞAR
Yrd. Doç. Dr. M. Fırat BARAN
Yrd. Doç. Dr. Sefai BİLGİN
Yrd. Doç. Dr. Selim CEYLAN
Dr. A. Şemsettin TAN
Ertuğrul KILIÇBAÇOĞLU
N. Funda AKDAĞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÇAĞRILI BİLDİRİLER ……..….. **1**

SUNULU BİLDİRİLER (TAM METİN) ……..… **5**

Biyoyakıtlardan Elektrik Üretim Teknolojileri ve Ekonomisi
Namık Ünlü, Mehmet Ünsal, Haydar Livatyalı, Osman Okur, Abdülkadir Balıkçı . 7

Türkiye'de Biyokütleden Elektrik Üretimi: Mevcut Durum ve Beklentiler
H. Hüseyin Öztürk, Kamil Ekinci …… 17

Türkiye'de Biyokütle Fiyatındaki Değişimin Biyoetanol Maliyeti Üzerine Etkileri
Selime Canan, Vedat Ceyhan, Turgut Ağırnaslıgil …… 27

Orman Biyokütlesinden Biyokömür Üretimi: İşletme Parametrelerinin Ürün Özelliklerine Etkisi
Babak Keivani, Selin Gültekin, Hayati Olgun, Arzu Kabadayı, Koray Akarsu, Jale Yanık …… 37

Aydın İlinde Bitkisel Kökenli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi
Cengiz Karaca, H. Hüseyin Öztürk, Kamil Ekinci …… 47

Bazı Tarımsal Atık-Artıkların Biyokütle Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi
Mustafa Acar, Şahin Gizlenci, Mahmut Dok, Mehmet Erdoğmuş, Ayşegül Efenfioğlu Çelik …… 57

Biyokütle-Kömür Karışımlarının Co-Pirolizi ve Elde Edilen Ürünlerin Karakterizasyonu
Zeynep Yıldız, Selim Ceylan …… 67

Pelet Yakıtlı Kalorifer Kazan Tasarımı ve Performans Analizi
Ö. Timuçin Taşcı, Mustafa Özbey, Bilal Sungur, Bahattin Topaloğlu …… 75

Bursa İlinde Bazı Tarla Bitkileri Saplarının Biyokütle Olarak Miktarları ve Kullanılabilirlikleri
Abdullah Karasu, Mehmet Öz …… 83

Enerji Değeri Yüksek Bazı Tarımsal Atıkların Pelet Üretimi İçin En Uygun Karışım Oranlarının Belirlenmesi
Mahmut Dok, Şahin Gizlenci, Mustafa Acar, Ayşegül Efendioğlu Çelik, Mehmet Erdoğmuş …… 93

Biyokütle Enerjisinin Önemi ve Yan Ürünlerin Değerlendirilmesi
Sibel Day, Özer Kolsarıcı …… 101

Fındık Zurufundan Üretilen Yakıt Peletinin Isısal Parametreleri
Gürkan A. K. Gürdil, Yunus Özcan Baz, Mahmut Dok, Mustafa Acar, Çimen Demirel …… 107

Ketencik (*Camelina sativa* L. (Crantz)) Bitkisinin Adaptasyonu
Reyhan Karayel, Mustafa Acar, Şahin Gizlenci, Ayşegül Efendioğlu Çelik …… 115

Enerji Bitkilerinin Ağır Metal İçeren Topraklarda Değerlendirilmesi
Yusuf Şavşatlı, Muhammed İkbal Çatal, Fatih Seyis …… 125

Türkiye İçin Yeni Bir Enerji Bitkisi: Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*)
Hakan Geren, Yaşar Tuncer Kavut, Hayrullah Bora Ünlü …….. 135

Tatlı Darı (*Sorgum bicolor* var. *saccharatum*)'da Farklı Biçim Dönemlerinin Biyokütle Verimi ve Etanol Üretim Kapasitesi Üzerine Etkisi
Hakan Geren, Behçet Kır, Yaşar Tuncer Kavut …… 145

Tütün Tohumlarının Biyodizel Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması
Ali Kemal Ayan, Selim Aytaç, Mustafa Acar, Şahin Gizlenci …….. 155

Tokat Şartlarında Farklı Sıra Aralıklarının Kışlık ve Yazlık Ekilen Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.)'ın Verim ve Verim Özelliklerine Etkileri
Ahmet Kınay, Güngör Yılmaz, Fatma Kayaçetin …….. 165

Biyoyakıtların Alternatif Yakıt Açısından Değerlendirilmesi
Parvana Aksoy, Mehmet Ünsal, Mustafa Salih Budak, Işıl Işık Gülsaç, Ersin Üresin, Osman Okur, Abdülkadir Balıkçı …… 173

Ülkemiz Tescilli Çeşitlerinden Balcı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Yağından Baz Katalizörü (NaOH) İle Optimum Şartlarda Biyodizel Üretimi
Ali Bahadır, Kamil Kaygusuz, Sedat Keleş, Abdulveli Sirat, Cemalettin Baltacı …….. 179

Etlik Piliç Kesimhanesi Rendering Yağından Metil Ester Üretimi ve Eurodizelle Karışımlarının Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi
Ahmet Keskin …… 187

Biyoetanol ve Biyokütle Üretiminde Enerji Bilançoları
Mustafa Acaroğlu …… 197

Seyreltik Tavuk Atıklarının Havasız Arıtımında Biyogaz Potansiyeli
Aigerim Jaxybayeva, Orhan İnce, Tuğba Sapmaz, Nurçin Kandemir, Çiğdem Yangın Gömeç …… 207

Kentsel Katı Atıkların (KKA) Hidrotermal Karbonizasyon (HTC) Sularının Biyokimyasal Metan Potansiyellerinin (BMP) İncelenmesi
Kübra Arslan, Bahar Taban, Selin Aksoy, Koray Akarsu, Tuğba Keskin Gündoğdu, Jale Yanık, Nuri Azbar …… 217

Bitkisel Yağ Sanayiinde Yan Ürünler ve Değerlendirilme Olanakları
Ümit Geçgel, Gizem Çağla Dülger, Demet Apaydın …… 227

Çay Atıklarından Üretilen Biyokömürlerin Organik ve İnorganik Kirleticileri Uzaklaştırma Kapasitesi
Gökçen Akgül, Derya Bal Altuntaş, Tuğba Bolat Maden, Jale Yanık …… 237

Agro-Endüstriyel Atıktan Su Buharı Gazlaştırması İle Hidrojen Gazı Eldesi
Didem Çağlayan, Hakan Çay, Gözde Duman, Jale Yanık …….. 247

***SUNULU BİLDİRİLER (ÖZET METİN)* 255**

Hidrojen Peroksit İle Modifiye Edilmiş Ayçiçeği Sapı Hidrokokunun Sentezi, Karakterizasyonu ve Ağır Metal Giderimi Amacıyla Kullanılabilirliğinin Araştırılması
Mehtap Yağan Aşcı, Hatice Yiğit, Yıldıray Topcu, Bekir Batı 257

Kızılağaç (*Alnus orientalis*)'in Biyoyakıt Potansiyelinin Araştırılması ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi
Halbay Turumtay, İbrahim Turna, Jenny Mortimer 258

Farklı *Brassica* Türlerine Ait Genotiplerin Verim ve Kalite Özellikleri İle Biyodizele Uygunluklarının Belirlenmesi
Mehmet Sincik, A. Tanju Göksoy, Emre Şenyiğit, Yahya Ulusoy, Mustafa Acar, Gülhan Atagün, Şahin Gizlenci, Sami Süzer 259

Pamuk Yağı Biyodizelin Motor Performans ve Emisyonları Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi
Alaattin Osman Emiroğlu 261

Kanola Yağından Elde Edilen Biyodizel İle Dizel Karışımlarının Tek Silindirli Bir Motorun Performans ve Emisyonlarına Etkileri
Mehmet Şen 262

***POSTER BİLDİRİLER (TAM METİN)* 263**

Kenevire Farklı Bir Bakış
Mustafa Acar, Atalay Dönmez 265

Atık Kızartma Yağlarının Biyoyakıt Olarak Değerlendirilmesi
Gizem Çağla Dülger, Ümit Geçgel, Demet Apaydın 271

Biyokütle Enerjisi ve Tarımsal Atıklar
Gülhan Atagün, Mustafa Acar 277

Bornova Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Farklı Dallı Darı (*Panicum virgatum* L.) Genotiplerinin Biyokütle Verimi ve Bazı Tarımsal Özellikleri Üzerine Bir Ön Araştırma
Hakan Geren, Yaşar Tuncer Kavut, Gülcan Demiroğlu Topçu 285

Pelet Yakıtlı Soba ve Kazan Yakma Teknolojileri
Bilal Sungur, Bahattin Topaloğlu, Mustafa Özbey, Emre Can Siyah 293

Pirinanın Biyoyakıt Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi
Mine Aksoy, Ayşegül Efendioğlu Çelik, Mahmut Dok 301

Makroalg Örneği *Ulva lactuca*'nın Hidrotermal Sıvılaştırmasında Çözücü Etkisinin İncelenmesi
Mesut Gedikbaş, Hatice Yiğit, Selim Ceylan, Yıldıray Topcu, Sevim H. Alışır ... 307

Pazar Atıklarından Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemi İle Biyokömür Eldesi ve Biyokömürün Su Buharı Gazlaştırılması
Koray Akarsu, Alper Yılmazer, Kübra Arslan, Bahar Taban, Tuğba Keskin Gündoğdu, Nuri Azbar, Jale Yanık 311

Tekstil Atıklarından Biyokömür Eldesi
Alper Hanoğlu, Jale Yanık, Ahmet Çay 319

Hidrotermal Karbonizasyon ve Sodyum Hidroksit Aktivasyon İşlemleri İle Birlikte Hazırlanan Ayçiçeği Sapı Biyokütlesinin Aktif Karbonu'nun Üzerinde Metilen Blue Adsorpsiyonu
Hatice Yiğit, Mehtap Yağan Aşçı, Selim Ceylan, Yıldıray Topcu, Sevim H. Alışır ... 325

Biyoyakıtlara Bakış ve Bakanlık Ar-Ge Çalışmaları
Hüseyin Akyol, Dilaver Arslan 329

Bazı Tarımsal Atıklardan Briket Üretimi Üzerine Araştırmalar
Mehmet Erdoğmuş, Şahin Gizlenci, Mustafa Acar, Mahmut Dok, Ayşegül Efendioğlu Çelik 335

Ülkemizde Tütün Bitkisi Tarla Atıklarının Biyokütle Amaçlı Kullanım İmkânlarının Araştırılması
Selim Aytaç, Ali Kemal Ayan, Şahin Gizlenci, Mahmut Dok 343

POSTER BİLDİRİLER (ÖZET METİN) **..... 349**

Adıyaman İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli
Mehmet Fırat Baran, Fuat Lüle, Osman Gökdoğan 351

Biyoyakıt Kullanımı İçin Çeltikte Kimyasal Uygulamalar ve Gen Susturma
Rasim Ünan 352

Yabani Hardal (*Sinapis arvensis* L.) Yağının Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyodizel Endüstrisinde Değerlendirme Olanakları
Ümit Geçgel, Demet Apaydın, Betül Gıdık, Fadul Önemli 353

Deniz Yosunlarından (Mikroalglerden) Elde Edilen Yağların Biyoyakıt Olarak Kullanılması
Demet Apaydın, Ümit Geçgel, Gizem Çağla Dülger, M. Recai Durgut 354

Orta Karadeniz Ekolojik Koşullarında Bazı Keten (*Linum usitatissimum* L.) Genotiplerinin Performanslarının Belirlenmesi
Serkan Yılmaz, Arslan Uzun, Mehmet Erdoğmuş, Meral Ergin 355

ENERJİ BİTKİLERİNİN AĞIR METAL İÇEREN TOPRAKLARDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Yusuf Şavşatlı[1,*], Muhammed İkbal Çatal[1], Fatih Seyis[1]

[1]Recep Tayyip Erdoğan Ün. Ziraat ve Doğa Bilimleri Fak. Tarla Bitkileri Böl., Pazar/Rize
*Sorumlu yazar: *yusuf.savsatli@erdogan.edu.tr*

ÖZET

Doğal kaynakların bilinçsizce kullanılması ve yapılan hatalı uygulamalar, çevre bileşenlerini oluşturan su-toprak ve havanın olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Ağır metal içeriği yüksek olan topraklarda elde edilen bitkisel ve hayvansal ürünler, besin zinciri yolu ile insan ve hayvanlara geçerek sağlık açısından büyük risklere yol açabilmektedir. Bu tür bulaşık alanlarda yetişen bitkilerin gıda olarak tüketilmesi yerine farklı şekilde değerlendirilmesi gerektiği öngörülmektedir. Bitkisel üretim için sakıncalı olan bu alanlar, üretim payını giderek artıran ve enerji gereksiniminin karşılanmasında ciddi roller üstlenen enerji bitkilerinin yetiştirilmesine ilişkin önemli fırsatlar oluşturmaktadır. Ekim yapılacak arazilerin seçiminde, sağlık açısından tarıma uygun olmayan alanların tercih edilmesi, zaten sınırlı olan tarım arazilerinin sadece gıda amaçlı kullanılmasına imkan vermesi bakımından önem taşımaktadır. Bu nedenle, enerji üretimine dönük stratejilerin sürdürülebilir tarım anlayışı içerisinde oluşturulması gerekmektedir. Yoğun sanayileşme çabalarının yol açtığı kirlenmiş topraklarda ağır metal kaldırma kapasitesi yüksek enerji bitkilerinin yetiştirilmesi hem biyoyakıt üretimi için gerekli hammaddenin temin edilmesini hem de toprağın ağır metallerden temizlenmesini mümkün kılmaktadır. Biyoyakıt üretimine yönelik yeni bir stratejik yaklaşımın ele alındığı bu derlemede bulaşık topraklarda değerlendirilebilecek enerji bitkileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, enerji bitkileri, sürdürülebilir tarım

EVALUATION OF ENERGY PLANTS IN SOILS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

ABSTRACT

The insensible use of natural resources and improper practices affect the constitutes of the environment water, soil and air negatively. Herbal and animal products obtained from soils with high heavy metal content can cause big health risk if they are transferred to human and animals via the food chain. The prediction is to use the plants grown in these enfected areas in different ways instead as food. These areas which are undesirable for plant production give important opportunities for the production of energy plants which are improving their ratio in production and taking important roles in the supplement of energy requirements. The preference of areas which are not suitable for agriculture regarding health in the selection of areas for sowing is important because it permits to use the limited agricultural areas only for food production. Therefore, strategies following energy production have to be developed in the concept sustainable agriculture. The culture of energy plants with high heavy metal uptake capacity in polluted soils due to intensive industrialization provides the needed raw material for biofuel as well as cleaning of the soils from heavy metals. This review deals with the use of energy plants in such soils as a new streategy.

Keywords: Heavy metal, energy plants, sustainable agriculture

GİRİŞ

Günümüzde, toprak, su ve havada yaygın bir şekilde birikmeye başlayan ağır metaller, dünya yüzeyindeki tüm organizmaların yaşamını tehdit eden önemli bir çevre sorunu halini almıştır. Ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan etmenlerin başında endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar gelmektedir.

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak ihtiyaçların da artması mevcut talebin karşılanmasında yoğun endüstrileşme faaliyetlerine yol açmakta ve bunun sonucunda kirliliğe maruz kalan topraklarda bir artışa neden olmaktadır. Kirleticilerin topraklarda birikmesi toprak verimliliğine ve ekosisteme zarar vermekte, besin zinciri yoluyla da insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilemektedir (Çağlarırmak ve Hepçimen, 2010). Toprak kirliliğine sebep olan başlıca ağır metaller arasında kursun (Pb), civa (Hg), arsenik (As), çinko (Zn), bakır (Cu), krom (Cr) ve kadmiyum (Cd) yer almaktadır (Çağlarırmak ve Hepçimen, 2010).

Endüstriyel faaliyetlerin dışında, geniş bir uygulama alanı olan kimyasal kökenli gübre ve bitki koruma ilaçlarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı, çevreyi ve doğal kaynakları olumsuz etkilediği gibi, kirlenen doğal kaynakların da tarım üzerine şüphesiz olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sanayi tesislerinden kontrolsüz çıkan atıkların doğal kaynaklarımız üzerinde onarılması zor kayıplara yol açtığı da bilinmektedir (İkincikarakaya ve ark., 2013).

Toprakta ağır metal kirliliğinin doğadan kolay kolay yok edilemediği dikkate alınarak tüm üretim faaliyetleri, toprak kirliliğine en az zarar verecek hatta hiç zarar vermeyecek şekilde yapılmalıdır (Çağlarırmak ve Hepçimen, 2010). Günümüzde, evrensel bir problem halini alan toprak kirliliği için en iyi çözüm kuşkusuz kirliliği önleme çalışmalarıdır. Hızlı bir sanayileşme sürecinden geçen ülkemizde çevreyi koruma adına daha sıkı tedbirlerin alınması yanında çeşitli nedenlerle gıda güvenliği açısından sorun teşkil edebilecek tarım arazilerine de odaklanılması gerekmektedir. Enerji bitkileri, bu topraklarda yetiştirilmesi ilk akla gelebilecek bitkiler arasında yer almaktadır.

Bu derlemede, tarım alanlarında görülen ağır metal kirliliği ve bu kirliliğe yol açan etmenler üzerinde durularak, kirlenmiş toprakların gerek insan sağlığı açısından sürdürebilir yaşam çerçevesinde değerlendirilmesi gerekse yeniden tarıma kazandırılmasında enerji bitkilerinin önemi geçmiş yıllara ait araştırma sonuçları ışığında tartışılmış ve konu ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

TARIM ALANLARINDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

En önemli tarımsal uygulamalardan olan kimyasal gübre ve bitki koruma ürünlerinin kullanımı, üretimde önemli katkılar sağladığı gibi bilinçsiz kullanımı durumunda tuzlanma, ağır metal birikimi, mikroorganizma etkinliğinin bozulması gibi ciddi olumsuzluklara da yol açabilmektedir. Yoğun

kimyasal gübreye maruz kalmış alanlarda yetiştirilen ürünlerin insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilmelerinin sağlık açısından sakıncalı durumlara neden olabileceğinden bu tür alanların ıslah edilmesi gerektiği öngörülmektedir (Sönmez ve ark., 2008). Benzer şekilde su kirliliği de, kentsel ve endüstriyel atıkların arıtılmaksızın havaya, suya veya toprak ortamına boşaltılmaları, tarımda verimi arttırmak amacıyla bilinçsizce kullanılan gübrelerin ve bitki koruma ürünlerinin içerdiği bir takım doğal veya suni maddelerin uygulandıkları ortamlarda birikmesi veya değişik şekillerde farklı ortamlara taşınması gibi sebeplerle gerçekleşmektedir (Sağlam ve Bellitürk, 2003).

Halihazırda, su kalitesi izleme çalışmaları, havza bazlı olarak çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından birbirinden bağımsız olarak yürütülmekte; çalışmalarda entegre bir kirlilik izleme stratejisi uygulanmamaktadır (Anonim, 2011). Çeşitli nedenlerle sağlık açısından ciddi problemler oluşturan ağır metallerin tüm besin örneklerinde düzenli olarak izlenmesi ve çevre yönetim sistemlerinin daha sıkı denetlenmesine fırsat veren devlet politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir (Türközü ve Şanlıer, 2012).

Öktüren Asri ve ark. (2007), fosforlu gübrelerin uzun süreli kullanılması nedeniyle, Dünyanın birçok bölgesindeki tarım topraklarının az veya orta düzeyde kadmiyum birikimine maruz kaldığını; en tehlikeli ağır metal kirleticilerinden biri olan kadmiyumun ise toprak-bitki sistemindeki yüksek mobilitesi nedeniyle kolaylıkla besin zincirine dâhil olabildiğini; böylece bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturabileceğini bildirmektedirler.

Trakya'da Bölge insanının kullandığı sulama sularına ait analiz değerleri, sulanan arazilerde güven sınırlarını zorlayan niteliktedir (İstanbulluoğlu ve ark., 2006). Ergene havzası, Türkiye'nin buğday, ayçiçeği ve çeltik ihtiyacının önemli bir bölümünün karşılandığı bir bölge olmasına karşılık sulama kaynaklı sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Havzayı tehdit eden en önemli sorun, Tekirdağ ili Saray İlçesi'nden doğup bölgeyi baştanbaşa geçerek ikiye ayıran Ergene nehrinden kaynaklanan su kirliliğidir. Ergene nehri geçtiği bölgelerin yerleşim yeri ve sanayi işletmelerinin deşarj ettiği atık su ile beslenmekte ve çeşitli kirletici etmenleri de beraberinde taşımaktadır (Özkan ve Kuba, 2008).

Bir araştırmada Nevşehir topraklarının Ca, Na ve Fe gibi metallerle kirlendiği, Kızılırmak suyu ile sulanan Avanos istasyonunda genel olarak ağır metal değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fe açısından en fazla akümülasyonun incelenen bitki örnekleri içerisinde kök>gövde>yaprak>meyve şeklinde sıralandığı saptanmıştır (Özyürek, 2016).

Osma ve ark. (2013)'nın yapmış oldukları bir çalışmada, Şile İlçesi'nde yetiştirilen sebzeler ve bu sebzelerin yetiştiği topraklarda yapılan analizler sonucunda ağır metal konsantrasyonları azalan sırayla Pb>Cr>Ni>Zn>Cu>Cd olarak gerçekleşmiştir. Toprakta ve sebzelerde tespit edilen kurşun değerlerinin yüksek düzeyde olduğu dikkat çekmiştir.

Başar ve ark. (2004)'nın bildirdiğine göre Güney Marmara Bölgesi'nin polikültür tarıma uygun önemli üretim merkezlerinden biri olan İznik gölü havzasında 40 toprak örneğinden 22'sinde izin verilen sınırların üzerinde Ni

(Nikel) belirlenmiş ve bölgede yetiştirilen ürünlerin tüm ağır metaller bakımından yakından izlenmesi önerilmiştir.

Ülkemizde sanayi alanındaki gelişmeler, tarımda yoğun gübre ve ilaç kullanımı ve çevre bilincinin yeterince yerleşememesi gibi nedenlerle mevcut yüzey ve yer altı sularının bazılarında aşırı kirlenmeler saptanmıştır. Öyle ki 26 su havzasından 8 tanesinde (Meriç-Ergene, Marmara, Sakarya, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Burdur ve Akarçay-Afyon havzalarında) bulunan çay, nehir ve göllerde, azot, fosfor, kalsiyum, organik maddeler, kurşun, çinko, krom gibi kirleticilerden kaynaklanan aşırı kirlenmeler tespit edilmiştir. Ülkemizdeki su kirliliğinin devam etmesi durumunda 25-30 yıl sonra geri dönüşümü imkansız bir durumla karşı karşıya kalınacağı bildirilmektedir (Akın ve Akın, 2007).

Dünyada hızlı gelişen kentleşme ve endüstrileşme, toprak ve su kirliliği yanında ciddi hava kirliliği problemlerini de ortaya çıkarmaktadır (Altıkat ve ark., 2011). Bitkiler hava kirliliğine karşı insanlar ve hayvanlardan daha hassas olduğu için, içinde bulundukları yerel koşulları daha iyi yansıtmaktadır. Bu kötü şartlarda yetişebilen ve hava kirleticilerine karşı daha toleranslı çeşitlerin ıslah edilmesine ilişkin önerilerde bulunulmaktadır (Yücedağ ve Kaya, 2016). Ancak, bu noktada şu unutulmamalıdır ki, kirlenmiş topraklarda bitki bünyesine geçen kirletici unsurlar besin zinciri yolu ile insan bünyesine geçme tehlikesini de beraberinde getirmektir.

Çelenk ve ark. (2015), karayolları boyunca uzanan tarım alanlarında analiz edilen Pb (kurşun) birikiminin yoldan uzaklığa bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. D100 karayoluna yakın topraklarda yolun kuzey ve güneyine doğru 1, 5, 10, 25, 50, 100, 250 ve 500 m uzaklıklardan ve yol boyunca her 500 m'de bir olmak üzere toplam 4,5 km^2 alan içinden 160 adet toprak örneği almışlardır. Araştırma sonucunda, yolun güneyinden alınan örneklerde Pb içeriği daha yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte, 1, 5 ve 10 m'de tespit edilen Pb konsantrasyonunun diğerlerinkinden çok daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

Bu çalışmayla benzerlik gösteren başka bir çalışmada ise Şanlıurfa-Viranşehir karayolunun kuzey ve güney tarafından 6 farklı noktadan ikişer km'lik arayla 0 (sıfır), 15, 30 ve 60 m mesafelerden toplam 96 toprak örneği alınarak analiz edilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlara bakıldığında incelenen kurşun, nikel, kadmiyum, bakır, krom ve çinko değerlerinin izin verilebilir miktarlarda olduğu belirlenmiş olmakla birlikte, bu ağır metallerin karayolundan uzaklaştıkça topraklardaki ağır metal konsantrasyonlarının da azaldığı dikkati çekmiştir. Elde edilen bulgular topraklarda gözlenen bu kirliliğin trafik kökenli olduğunu düşündürmektedir (Öztemel ve ark., 2016).

Yukarıda verilen araştırmalar yürütüldükleri yerlerde tespit edilen tarımsal alanlardaki kirliliğin boyutları konusunda bazı gerçekleri ortaya koymaktadır. Geçmişte çeşitli zaman aralıklarında, farklı yer ve metotlarda yapılan bu araştırmaları artırmak mümkündür. Bu tür araştırmaların tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde yürütülmesi ve belli aralıklarla güncellenmesi,

sağlıklı ürünlerin üretimi açısından etkili bir izleme ve kontrolün sağlanması açısından önem taşımaktadır.

KİRLENMİŞ TOPRAKLARIN YENİDEN TARIMA KAZANDIRILMASI

Toprakta kirlenme sürecinin ortadan kaldırılamadığı durumlarda toprağın eski sağlıklı haline kavuşturulması kirlenmiş toprağın ya bölge içinde (in-situ) veya bölge dışında temizlenmesi (ex-situ) ile mümkündür (Kocaer ve Başkaya, 2003). Ülkemizde tarım arazilerinin oldukça sınırlı olduğu dikkate alındığında, kirleticilerin topraktan uzaklaştırılması sorunlu bölgenin sağlıklı kullanılması açısından önem taşımaktadır.

Son yıllarda bünyelerine bol miktarda ağır metal alabilen bitkilerin tespitine yönelik in-situ teknolojiler üzerinde yapılan araştırmalar hız kazanmıştır. Topraktaki metalleri özellikle hasat edilebilen kısımlara nakledebilen hiperakümülatör bitkiler kirlenmiş toprakların temizlenmesinde etkili rol oynayabilmektedir (Adiloğlu, 2014; Özbek, 2015).

Metal toplayıcı bitkilerden yararlanmak suretiyle kirli topraklara uygulanan iyileştirme metotları fitoremediasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu tekniğin başarılı olması için, kirliliğin yoğunluğu, kirliliğe toleranslı ve biriktirici bitkilerin seçimi, iyileşmenin oluşacağı sürenin planlanması gibi hususlara dikkat edilmelidir (Yurdakul, 2015).

Dünyada 11 familya (*Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae ve Euphobiaceae*)'ya ait yaklaşık 400 bitkinin topraktan ağır metalleri kaldırdığı bilinmektedir. Türkiye florasında 38 adet hiperakümülatör tür bulunmaktadır (Özbek, 2015).

Hiperakümülatör türler üzerine yapılan çalışmalarda, *Evernia prunastri, Hypogymnia physodes, Pseudevernia furfuracea, Ramalina pollinaria* ve *Usnea hirta* liken türlerinin ağır metalleri (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) ciddi oranda biriktirme eğilimi gösterdiği saptanmıştır (Cansaran-Duman ve Aras, 2012). Bununla birlikte, algler bu konuda önemli bir alternatif olarak görülmektedir. Tarımsal amaçlı kullanılmayan arazilerde kurulacak alg üretim tesisleri ile toplam kuru ağırlığın %80'inden fazla yağ elde edilebilmektedir. Günümüzde üçüncü nesil olarak nitelendirilen alglerin enerji açığına ve çevreyi korumada çözüm olacağı düşünülmektedir (Ulukardeşler ve Ulusoy, 2012). Atık sulardan ağır metallerin kaldırılmasında algal biyosorpsiyonun mevcut arıtım sistemlerine uygun bir alternatif olabileceği, özellikle doğada bol bulunan ve ucuz olan algal biyomasın solusyondan metal iyonlarının kaldırımasında başarılı olarak kullanılabileceği öngörülmektedir (Güçlü ve Ertan, 2011). Mobin ve Alam (2014)'da biyoyakıt üretiminde atık suların değerlendirilmesinde alglerden yararlanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, bitkiler tarafından topraktan kaldırılan ağır metallerin ne şekilde arıtılabileceğiyle ilgili detaylı çalışmaların yapılması gerekliliği de vurgulanmaktadır (Chen ve ark., 2000).

KİRLENMİŞ TOPRAKLARDA ENERJİ BİTKİLERİNDEN YARARLANILMASI

Ülkemizde petrol ihtiyacının çok büyük bir kısmı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında yerli tarım ürünlerinden elde edilecek biyoyakıtların şüphesiz önemli bir katkısı olabilir. Ancak, tarım alanlarının son sınırına dayandığı ülkemizde enerji bitkilerinin ekiliş alanlarının artırılması hali hazırda yetiştirilen bitkilerin üretim alanlarının daraltılması yoluyla, yılda daha fazla ürün alınmasına imkan veren münavebe uygulamalarıyla ya da yeni arazilerin tarıma açılması ile mümkündür. Bununla birlikte, çeşitli nedenlerle ağır metallere maruz kalmış tarım arazileri enerji bitkileri için bir fırsat teşkil edebilir. Bu tür bulaşık topraklarda, elde edilen ürünlerin gıda olarak tüketilmesi sakıncalı olduğundan, özellikle ağır metal akümülatörü olarak görülen enerji bitkilerinin değerlendirilmesi hem bu arazilerin ıslahı açısından hem de bu süreçte biyoyakıt üretimine katkıda bulunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de, hammadde açısından daha zengin bir potansiyele sahip olması nedeniyle biyodizel üretimi ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak üretilen biyodizelin hammaddesi yağlı tohumlardır. Diğer taraftan Türkiye'de insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan yağlı tohum talebi yurt içi üretimiyle karşılanamamakta ve ithal etme yoluna gidilmektedir. Dolayısıyla, ülkemizde düşük seviyede kalan üretimi nedeniyle motorin yakıtlara biyodizel harmanlama uygulamaları oldukça sınırlı seyretmektedir. Kabul edilmelidir ki, elde edilen yağlı tohumların öncelikle gıda ve yem amaçlı kullanılması, ancak üretimde bir fazlalığın oluşması durumunda biyodizel üretimine aktarılması daha anlamlıdır. Bununla birlikte, ihtiyaç duyulan biyoyakıtın tarımsal hammaddeler dışında atık yağ, orman artıkları, alg, yosun vb. kaynaklı biyodizel türlerinin üretimi yolu ile karşılanmasına yönelik çalışmalara önem verilmesi gerektiğine dikkat çekilmektedir (Dağdelen, 2015). Aslında, biyodizel ihtiyacının karşılanmasında, öncelikle gıda amaçlı üretim gözetilmek koşuluyla, mevcut tarım arazileri dışında kalan arazilerde veya normal şartlarda tüketilmesi sorun oluşturacak ürünlerin elde edildiği problemli topraklar üzerinde enerji bitkilerinin özellikle de kolzanın yetiştirilmesi daha uygun bir düşünce olarak karşımıza çıkmaktadır.

Brassicaceae (Lahanagiller) familyasının üyeleri en iyi bilinen hiperakümülatör bitkiler arasında yer almakta (Özbek, 2015). Nanda Kumar ve ark. (1995), inceledikleri 12 bitki türünün *(Brassica nigra, B. juncea, B. campestris, B. oleracea, B. carinata, B. napus, Helianthus annuus, Nicotiana tabacum, Sorghum bicolor,* A*maranthus hybridus, A. paniculata* ve *Zea mays)* sürgün ve köklerinde bulunan kurşun miktarlarının ağırlıklı olarak *Brassica* türlerinde çok daha yüksek olduğunu ve fitoremediasyon potansiyeli olan bir bitki olarak tanmlanan ayçiçeği (Fernández-Luqueño, 2014)'nin de *Brassica* türlerinden sonra kurşun kaldırma kapasitesi yüksek bitkiler içinde yer aldığını tespit etmişlerdir.

Lee ve ark. (2013), Cd ve Pb ile bulaşık topraklarda yetiştirilen ayçiçeği tohumlarından biyoyakıt üretildiğinde bitki kısımlarındaki dağılımının sırasıyla Cd için tohum>sap>yaprak>petal>kök; Pb için ise sap>kök>yaprak>petal>tohum olarak gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarından hareketle Pb ile bulaşık topraklarda yapılan ayçiçeği tarımında hasat edilen tohumlardan biyoyakıt elde edilmesinde her hangi bir sakıncanın bulunmadığını bildirmektedirler. Bazı ayçiçeği mutant çeşitlerinde metal alımı ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise Cd and Zn için bu sıralama yaprak>sap>kök>çiçek>tohum; Cr için ise kök>çiçek>tohum>yaprak>sap şeklinde gerçekleşmiştir (Nehnevajova ve ark., 2008).

Bir diğer enerji bitkisi olan aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in ağır metal içeriği yüksek olan topraklarda bile yetişebileceği bildirilmektedir. Bununla birlikte bitkinin, Pb ve Cd için hiperakümülatör; Zn için ise akümülatör bitki olarak tanımlanabileceği ve ağır metal bulaşık topraklarda fitoremediasyon bitkisi olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceği, Angelova (2016) tarafından rapor edilmektedir.

Çakmakcı ve ark. (2016), atık su (atık su arıtım tesisinden temin edilen) uygulamalarının kanola (*Brassica napus* L.) bitkisinin yağ oranı ve yağ kompozisyonuna etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Sera koşullarında yürütülen araştırmada tohumların yağ oranları uygulamalara bağlı olarak %35.1-42.4 arasında değişmiştir. Kontrole göre yağ oranında azalmalar görülürken, yağ veriminde artışlar gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, atık suyun tarımsal sulamalarda zorunlu olarak kullanıldığı arazilerde ağır metal biriktirebilme özelliğine sahip, değerli bir enerji bitkisi olan kanolanın yetiştirilebileceğini göstermektedir.

Grispen ve ark. (2006), *Brassica* cinsi içinde bazı türlerin yüksek oranlarda metal biriktirebilme eğiliminde olduğunu ve bu nedenle de metal akümülatörü olarak karakterize edildiğini bildirmektedirler. *Brassica juncea* (Indian mustard), *Brassica rapa* (field mustard) ve *Brassica napus* (rape) türleri bunlardan bazılarıdır. *Brassica juncea* türünün uygun toprak koşullarında yüksek düzeylerde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn içerdiği gözlenmiştir. *Brassica napus* L. türünün bulaşık topraklarda akümülatör olarak yetiştirilebileceği, biriktirdiği ağır metal miktarının çeşitlere bağlı olarak değişebileceği ve çok sayıda metalle bulaşık topraklarda orta derecede bir dayanıklılık gösterebileceği rapor edilmektedir.

Bulaşık alanda yetiştirilen yağlı bitkilerde ağır metallerin birikimi üzerine yapılan bir başka çalışmada, kolza (*Brassica napus* L.) tohumu yağında tespit edilen Cd, Cu ve Pb konsantrasyonları bitkide sırasıyla yapraklar>saplar>kökler>meyve kabuğu>tohumlar olarak gerçekleşmiştir (Angelova ve ark., 2005). Araştırmada, ağır metallerin en düşük konsantrasyonu tohumlarda tespit edilmesine rağmen kolza tohumu yağında Pb, Cu ve Cd miktarları, insanların tüketimi için izin verilen maksimum konsantrasyonlarından daha yüksek çıkmıştır. Biyoyakıt üretiminde, yüksek ağır metal içeren kolza tohumlarının kullanılması durumunda ise çıkan

biyodizel eksoz dumanlarının tehlikeli metal emisyonuna sahip olup olmayacağı bilinmemektedir. Dolayısıyla bu konuda ileri bilimsel araştırmaların yapılmasına ihtiyaç vardır (Ginneken ve ark., 2007).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfus artışına bağlı olarak artan ihtiyaçlar ve gittikçe yükselen hayat standartları mevcut kaynaklarımızın en verimli şekilde kullanılması konusunda bütün imkanların sürdürülebilirlik bakışı içerisinde değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Çevrenin esas bileşenlerini olumsuz etkileyerek insan sağlığını doğrudan veya dolaylı tehdit eden ağır metal ve benzer unsurlar yaşamın sürdürülebilirliği açısından bir engel oluşturabilmektedir. Bu nedenle, salt olarak insanların ihtiyaçlarını karşılamak için tarımda sürekliliğin sağlanmasından ziyade, insanların sağlıklı beslenmesine uygun ürünlerin üretiminde sürdürülebilirliğin sağlanması hedef alınmalıdır. Sürdürülebilirlik bakımından özellikle tarımsal üretimin yapıldığı topraklarda ve kullanılan sulama sularında gerekli taramanın yapılarak kirlilik düzeylerinin belirlenmesi, mevcut durumun haritalandırılması ve bu işlemlerin belli periyotlarla yenilenmesinde fayda bulunmaktadır.

Mevcut durumun analizinden sonra bir taraftan kirliliği minimize edecek çeşitli tedbirlerin alınması; diğer taraftan bitkilerin kök, dal, yaprak, meyve ve tohum gibi kısımlarının ağır metal kaldırma kapasiteleri dikkate alınarak bunların doğrudan tüketimi veya sanayide değerlendirilmesi noktasında stratejik bir yaklaşımın ortaya konulması gerekmektedir. Bu kapsamda, ağır metallerce kirlenmiş topraklarda gıda olarak tüketimi sakıncalı olan bitkilerin yetiştirilmemesi; aksine bu tür bulaşık alanlarda, toprağı ıslah etmek ve biyoyakıt üretimine katkı sağlamak amacıyla enerji bitkilerine yer verilmesi uygun olabilir.

KAYNAKLAR

Adiloglu, S., 2014. Amendment of heavy metal pollution in agricultural lands with phytoremediation techniques. IAAOJ, Scientific Science, 2(2):37-40.

Akın, M. ve Galip Akın, G., 2007. Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi. 47(2):105-118

Altıkat, A., Ekmekyapar Torun, F. ve Turan Bayram, T., 2011. Küresel kirlilik: Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'de hava kirliliği örneği. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(2):134-149.

Angelova, V., Ivanova, R. and Ivanov, K., 2005. Heavy metal accumulation and distribution in oil crops. Communications in Soil Sci. Plant Analysis, 35 (17-18): 2551-2566.

Angelova, V.R., Perifanova-Nemska, M. N., Uzunova, G.P. and Kolentsova, E.N., 2016. Accumulation of heavy metals in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Scholarly and Scientific Research & Innovation, 10(7):356-361.

Anonimous, 2011. Havzalarda örnekleme noktası belirleme ve su kalitesi izleme raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Temmuz, 2011, 65 sy.

Başar, H., Gürel, S. ve Katkat, A.V., 2004. İznik Gölü Havzasında değişik su kaynaklarıyla sulanan toprakların ağır metal içerikleri. Uludağ Ünv. Ziraat Fak. Dergisi, 18(1):93-104.

Cansaran-Duman, D. ve S. Aras. 2012. Karabük Demir Çelik Fabrikası etrafından toplanan beş biyomonitor liken türünün ağır metal akümülasyonu ve karşılaştırmalı analizi. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69(4):179 - 192.

Chen, H.M., Zheng, C.R., Tu, C. and Shen, Z.G., 2000. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals, Chemosphere, 41, 229-234.

Çağlarırmak, N. ve Hepçimen, A.Z., 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. Akademik Gıda, 8(2):31-35.

Çakmakcı, T., Uçar, Y. ve Erbaş, S., 2016. Atık su uygulamalarının kanola'da (*Brassica napus* L.) yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi. YYÜ TAR BİL DERG. 26(2):145-151.

Çelenk, F., ve Kızıloğlu, F.T., 2015. Distribution of lead accumulation in roadside soils: A case study from D 100 highway in Sakarya, Turkey. International Journal of Research in Agriculture and Forestry, May 2015. 2(5):1-10.

Dağdelen, D., 2015. Küresel biyoyakıt politikalarının AB ve Türkiye açısından değerlendirilmesi . AB Uzmanlık Tezi, Ankara, 118 s.

Fernández-Luqueño, F., López-Valdez, F., Miranda-Arámbula, M., Rosas-Morales, M., Pariona, N. and Espinoza-Zapata, R., 2014. An introduction to the sunflower crop. Nova science publishers, inc. Chapter-June, https://www.researchgate.net/publication/ 264552864, (Accessed July 29, 2016).

Ginneken, L. V., Meers, E., Guisson, R., Ruttens, A., Elst, K., Tack, F. M. G., Vangronsveld, J., Diels, L. and Dejonghe, W., 2007. Phytoremediation for heavy metal-contaminated soils combined with bioenergy production. Journal of Environmental Engineerıng and Landscape Management. 15(4):227:236.

Grispen, V.M. J., Nelissen, H.J.M. and Verklei, J.A.C., 2006. Phytoexttraction with *Brassica napus* L.: a tool for sustainable management of heavy metal contamianted soils. Environmental. Pollution, 144(1):77–83.

Güçlü, Z. ve Ertan, Ö.O., 2011. Atık sulardan ağır metal iyonlarının kaldırımında alglerin kullanımı. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(1):19-23.

İkincikarakaya, S. Ü., Beyaz, K. B. ve Rezaei, F., 2013. Doğal kaynaklar ve tarım. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6(1):104-109.

İstanbulluoğlu, A., Konukcu, F. ve Kocaman, İ., 2006. Trakya Bölgesi su kaynaklarının geliştirilmesi ve sulu tarım uygulamaları: mevcut verilerin sorunların çözümü için analizi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(2):139-152.

Kocaer, F.O. ve Başkaya, H.S., 2003. Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler. Uludağ Ünv. Mühendislik-Mimarlık Fak. Dergisi, 8(1):121-131.

Lee, K.K., Cho, H.S., Moon, Y C., Ban, S. J. and Kim, J.Y., 2013. Cadmium and lead uptake capacity of energy crops and distribution of metals within the plant structures. KSCE Journal of Civil Engineering, 17(1): 44-50.

Mobin, S. and Alam, F., 2014. Biofuel production from algae utilizing wastewater. 19th Australasian Fluid Mechanics Conference, 8-11 December 2014, Melbourne, Australia

Nanda Kumar, P.B.A., Dushenkov, V., Motto, H. and Raskin, I., 1995. Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils. Environmental Sciences and Technolgy, 29(5):1232-1238

Nehnevajova, E., Herzig, R., Bourigault, C., Bangerter, S. and Schwitzguébel, J.P., 2009. Stability of enhanced yield and metal uptake by sunflower mutants for improved phytoremediation. International Journal of Phytoremediation, 11(4): 329-346

Türközü, D. ve Şanlıer, N., 2012. Gıdalardaki ağır metal kontaminasyonları: Güncel bakış. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(4):73-80.

Osma, E., Serin, M. ve Leblebici, Z., 2013. Şile (İstanbul)'de yetiştirilen bazı sebzelerde ağır metal birikiminin araştırılması. Ege Ünv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 6(2):267-275.

Öktüren Asri, F., Sönmez, S. ve Çıtak, S., 2007. Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. Derim, 24(1):32-39

Özbek, K., 2015. Hiperakümülasyon ve Türkiye florasındaki hiperakümülatör türler. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 3(1):37-43

Özkan, E. ve Kuba, A., 2008. Ergene Havzasındaki kirliliğin sosyo ekonomik etkileri. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları. Havza Kirliliği Konferansı.26-27 Haziran 2008, İzmir. s.15-22.

Öztemel, Z., Tüfenkçi, Ş. ve Çakmakcı, T., 2016. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan ağır metal kirliliğinin belirlenmesi: Şanlıurfa-Viranşehir karayolu örneği. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 26(2):282-287

Özyürek, F., 2016. Nevşehir'de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Mart, 101 sy.

Sağlam, M.T. ve Bellitürk, K., 2003. Su kirliliği ve toprak üzerindeki etkisi. Alatarım, 2(1): 46-49.

Sönmez, İ., Kaplan, M. ve Sönmez, S., 2008. Kimyasal Gübrelerin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri ve Çözüm Önerileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 25(2): 24-34

Ulukardeşler, A. H. ve Ulusoy, Y., 2012. 3. Nesil biyoyakıt teknolojisi olan alglerin Türkiye'de üretilebilirlik potansiyeli. Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül 2012, s 1-6

Yurdakul, İ., 2015. Kirletilmiş topraklarda ve sularda bitkisel iyileştirme teknikleri ve önemi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2:55-62.

Yücedağ, C. ve Kaya, L.G., 2016. Hava kirleticilerin bitkilere etkileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1):67-74.