TOPRAK KİRLİLİĞİ VE BOR İLE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASI

# ¹Sevgi Aslan KOYUTÜRK, AYBÜ Enfeksiyon Hastalıkları Epidemiyolojisi Doktora Öğrencisi, Keçiören İlçe Sağlık Müdürlüğü, Eti Maden İşyeri Hekimi, ²Dilek ÖZTAŞ, AYBÜ Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D., ³Emine YALÇIN, AYBÜ Enfeksiyon Hastalıkları Epidemiyolojisi Doktora Öğrencisi, Türkiye Hudut ve Sahiller Sağlık Genel Müdürlüğü GAZİANTEP

**ÖZET:** Toprak, yeryüzünün yaşayan derisi olarak da görebileceğimiz karmaşık, dinamik ve canlı bir bünyedir. İnsan faaliyetleri ve ekosistemlerin hayatta kalması için hayati öneme sahiptir. Toprak, temel kaynaklardan biri ve etkilenebilirliği yüksek bir çevre sistemidir. Gelecek yaşam ve nesiller için toprağın korunması; sürdürülebilirlik, ekosistemlerin korunması ve biyoçeşitlilik için esastır. Biyoçeşitlilik günümüz ve gelecek için önemli bir tarımsal ve tıbbi kaynak için de gereklidir. Son yıllarda toprağa yapılan yanlış müdahalelerin artış göstermesi toprağın doğal döngüsünü bozmaya başlamıştır. Doğadaki diğer ekosistemleri etkileyerek de bitki gelişiminin, kalitesinin bozulmasına ve topraktan alınan verimin azalmasına neden olacaktır. Toprak bozulmasının; su ve hava kalitesi, biyolojik çeşitlilik ve iklim değişikliği üzerinde doğrudan etkisi vardır. Aynı zamanda insanların sağlığını bozabilir ve gıda güvenliğini tehdit edebilir. Gereğinden fazla ve uzun süreli gübre kullanıldığında, topraklarda asitlenme, tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi denge değişimi, verim kayıpları, sularda nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi gibi problemler oluşmaya başlar. Çevreye duyarlı, çok yönlü ve sürdürülebilir bir mineral olan bor; geleceğin yenilenebilir enerji kaynaklarının depolanması açısından önemli bir konumda yer almaktadır. Kimyasal içerikli gübre kullanımıyla her geçen gün biraz daha azalmaya başlayan tarım alanları Etidot-67 borlu gübre ürünü ile sürdürülebilir bir hale gelmektedir. Deterjan üretiminde kullanılan boraks bileşenleri; su, oksijen, sodyum ve bordan meydana gelen, toprakta ve bitkilerde bulunan doğal bir mineraldir. İnsan sağlığını tehdit etmeyen, fosfat, parfüm ve petrol ürünleri içermeyen çevreye duyarlı, alerjik olmayan, fungusit bir özelliktedir. Ahşap malzemeleri mantar gibi zararlı organizmalardan korumak amacıyla da fungusit olarak kullanılmaktadır. Bor son yıllarda reçine bazlı ahşap kompozit levhalara alev geciktirici özellik kazandırmasından kereste ve katı ahşap ürünlere de koruyucu madde olarak kullanılmasından dolayı önem kazanmaktadır. Bor bileşikleri Alüminyum toksisitesi için yararlı bir antagonist olup, ağır metallerin zararlı etkilerini antioksidan kapasiteleri ile önlemektedir. Toprak oluşumu ve yenilenmesi son derece yavaş bir süreç olduğu için yenilenemeyen bir kaynak olarak kabul edilir. Kirliliklerin topraktan temizlenmesi ve tekrar ekonomiye kazandırılması oldukça zor, pahalı ve bazı durumlarda imkansız olmaktadır. Bu nedenle toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir toprak yönetimi gerekmektedir. Bitki selülozu ve bor karışımı ambalaj geliştirilebilir. Bor endüstrisi bugün ve gelecekte olumlu katkılar sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak, Toprak Kirliliği, Bor, Sürdürülebilirlik. **SUSTAINABILITY WITH SOIL POLLUTION AND BORON**

**ABSTRACT:** Soil is a complex, dynamic and lively body that we can see as the living skin of the earth. It is vital for human activities and the survival of ecosystems. Soil is one of the main resources and a highly vulnerable environmental system. Protection of the soil for future life and generations; It is essential for sustainability, preservation of ecosystems and biodiversity. Biodiversity is also essential for an important agricultural and medical resource for the present and the future. In recent years, the increase in the wrong interventions to the soil has started to disrupt the natural cycle of the soil. By affecting other ecosystems in nature, it will cause the deterioration of plant growth, quality and decrease in the yield from the soil. Soil degradation; It has a direct impact on water and air quality, biodiversity and climate change. It can also impair people's health and threaten food security. When excessive and long-term fertilizers are used, problems such as acidification, salinization, heavy metal accumulation, nutrient balance change, yield losses, nitrate accumulation in water, nitrogen and sulfur containing gases start to occur in the soil. Boron, an environmentally friendly, versatile and sustainable mineral; It occupies an important position in terms of the storage of future renewable energy resources. With the use of chemical fertilizers, the agricultural areas are becoming more and more sustainable with the Etidot-67 boron fertilizer product. Borax components used in detergent production; It is a natural mineral made up of water, oxygen, sodium and boron, found in soil and plants. It is an environmentally friendly, antiallergic, fungicidal feature that does not threaten human health and does not contain phosphate, perfume and petroleum products. It is also used as a fungicide to protect wood materials from harmful organisms such as fungi. Boron has gained importance in recent years due to its flame retardant properties to resin-based wood composite boards and its use as a protective agent for timber and solid wood products. Boron compounds are beneficial antagonists for aluminum toxicity and prevent the harmful effects of heavy metals with their antioxidant capacity. Because soil formation and regeneration is an extremely slow process, it is considered a non-renewable resource. It is very difficult, expensive and in some cases impossible to clean the pollution from the soil and bring it back to the economy. Therefore, protection of soil resources and sustainable soil management are required. Plant cellulose and boron blend packaging can be developed. The boron industry will make a positive contribution today and in the future.

**GİRİŞ**

Toprak, yeryüzünün yaşayan derisi olarak da görebileceğimiz karmaşık, dinamik ve canlı bir bünyedir. Toprak, temel kaynaklardan biri ve etkilenebilirliği yüksek bir çevre sistemidir. Hava ve suyun yanı sıra mineral ve organik bileşenlerden oluşur. Toprak; toprak parçacıklarının, hava ve su ile dolu gözeneklerin vs. büyük ve küçük kümelerinden oluşur. Geniş anlamda, mineral bileşenler farklı kimyasal bileşenlerden oluşan kum, alüvyon ve kil gibi parçacıklardan oluşurken organik bileşenler de bitkiler, bakteri, mantar, fauna gibi canlı organizmalardan ve bunların kalıntılarından meydana gelir. Genel olarak toprak hacminin %5’ini kapsayan organik kısmın %85’ini humus, %10’unu bitki kökleri ve %5’ini de Edafon olarak tanımlanan toprak canlıları kapsamaktadır.

Yeryüzündeki bitki yaşamının oluşması ve sürdürülmesi toprağa bağımlıdır. Fiziksel, biyolojik ve kimyasal süreçlerin kayalar üzerindeki ufalayıcı etkilerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Toprağın organik bölümünü değişik çürüme evrelerindeki bitki biyokütlesi oluşturmaktadır. Bakteriyel çürüme sonucunda CO2. organik asitler ve diğer bileşikler yağmurla alt katmanlara taşındıklarında kil vb. maddelerle tepkimeye girerek özelliklerini değiştirir. Toprağın yapısı su döngüsü için de önemli bir faktördür. Toprağın ne kadar suyu emip muhafaza edebileceği, bunu nasıl arıtacağı ve bu suyun bitkileri nasıl besleyeceği gibi soruların cevaplarını belirlemede rol oynar. Toprak suyu tutamadığında veya arıtamadığında bunun tarım, sel veya sağlığımız açısından önemi daha çok anlaşılmaktadır. Toprak humusu en önemli organik bileşiktir. Humus, bakteri ve mantarların bitkisel maddeleri parçalaması sonucu oluşur. Humus molekülleri asit, baz, iyon değiştirici ve metal bağlayıcı özelliktedir. Toprağın pH ve tuz kapsamı da bu olayda çok büyük önem taşımaktadır. Sağlıklı bir toprağın önemli bir bölümü hava boşluklarıdır. Atmosferdeki gazları alarak bitki biokütlesine ekler.

**Toprak ve Ekosistem İlişkisi**

Toprak, bitki varlığını ve diğer canlıların varlığını destekleyen önemli bir ortamdır. Toprak ekosistemleri büyük ölçüde değişiklik gösterir. Aynı toprak bloku her biri farklı organizmaya ev sahipliği yapan oldukça çeşitli habitatlar içerir. Bitki kökleri ile sinerjistik etkileşim içerisindeki bakteriler azotu bağlar. Anaerobik bakteriler aracılığıyla metan ve sera gazlarının havaya salınmasını sağlar. Gerek toprağın kendisi gerekse bitkiler nedeniyle kara en önemli karbon yatağıdır. Bu yolla CO2 tutulur ya da organik bileşiklere dönüştürülür. Sonuçta atmosferdeki CO2 birikimi yavaşlatılır. Karbon yutma süreci olmasaydı önemli iklim değişikliklerine yol açardı. Yine de tüm bu mikrohabitatlardaki tüm bu türler birlikte yaşar ve toprak biyomu olarak adlandırdığımız yerde etkileşime girerler. Örneğin, birbirlerini besleyebilirler veya birinin fekal pelleti diğerleri için besin sağlayabilir.

Tüm organizmaların yaklaşık dörtte biri ila üçte biri toprakta bulunur. Ekosistemlerdeki genetik çeşitlilik günümüz ve gelecek için önemli bir tarımsal ve tıbbi kaynak da oluşturmaktadır. Toprağın biyoçeşitliliği mikroskopla görülecek kadar küçük bakteri ve kancalı kurtlardan yay kuyruk, akar, kırkayak, solucanlar, köstebekler ve farelere kadar birçok organizma içerebilir. Toprakta yaşayan türler doğrudan toprak yapısı üzerinde çalışabilir. Örneğin, toprak solucanları tünel kazma faaliyetlerinde nesneleri hareket ettirerek toprak yapısını değiştirir. Toprak solucanları toprağın tam manasıyla altını üstüne getirebileceğinden ekosistem mühendisleri olarak görülürler. Birçok bitki tozlaşma ve dölleme için hayvanlara muhtaçtır. Dünya besin kaynaklarının üçte biri bu tip yardımlara bağlıdır. Bazı canlılar bitki tohumunun yayılımını sağlarlar. Bazı meyve türleri de bunlar arasındadır. Doğal habitatları parçalanmış birçok memeli ve kuşun insan habitatlarına yaklaşması ve dağılması baş gösteren birçok hastalıkta önemli rol oynamaktadır.

Günümüzde ortaya çıkan ekosistem bozuklukları sözgelimi sıcaklık uç değer dağılımlarının değişmesi, tarımsal alan kullanımı, habitat tahribi kimyasal kirleticilerin birikimine bağlı değişiklikler, kentleşme ve göç etkileri enfeksiyon hastalıklarının dağılımı niteliklerinde önemli etkiler yapmaktadır. Enfeksiyon etkenlerinin doğrudan alınması riskini kolaylaştırmasının yanısıra enfeksiyon etkenlerinin rezervuarlarının ve vektörlerinin biyolojik çeşitliliğinin değişmesine bağlı olarak da artmaktadır.

**Toprak Organizmaları**

Karbon, azot ve fosfor toprakta tutulur ve depolanır. Besin döngüsünü sağlar. Ölü orman yapraklarının yaklaşık %90’ı kırkayaklar, toprak solucanları ve tahta biti tarafından işlenir. Atmosferik azotu bitki büyümesi için esas olan mineral azota dönüştüren toprak bakterileri vardır. Mantarlar besinleri bir yerden başka bir yere toprak boyunca taşır.

Toprak Faunası

1. Makro fauna (kırkayaklar, karınca, solucanlar)

2. Mezofauna (nematodlar, collemboller, rotatorlar)

3. Mikrofauna (Amipler, kamçılılar)

Toprak Mikroflorası (Biota)

1. Bakteriler

2. Mantarlar

3. Algler

Toprak mikroorganizmaları, ekosistemin kalitesi ve tarımsal ekosistemlerin verimliliğinde çok önemli bir rol oynar. Toprak mikrobiyolojisi topraktaki görünmeyen çoğunluğu temsil eder ve dünya üzerindeki genetik çeşitliliğinin büyük bir kısmını oluşturur.

|  |  |
| --- | --- |
| **Toprak Organizmaları** |  |
| Mikrobiota | Algler, Protozoalar, Mantar ve Bakteriler |
| Mezobiota | Nemotot, Küçük Arthropod, Enchytroeid (Saksı) Kurtları, Kollemboller |
| Makrobiota | Yer Solucanları, Yumuşakçalar, Büyük Enchytroeid ve Arthropodlar |

Toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin en fazla olduğu kısmı, yüzeyden itibaren 25-30 cm derinliğe kadar olan toprağın işlenen kısmıdır.

|  |  |
| --- | --- |
| **Mikroorganizmaların Cinsi** | **1 Gram Topraktaki Ortalama Sayısı** |
| Bakteriler | 1 000 000 000 |
| Aktinomisetler | 10 000 000 |
| Protozoalar | 1 000 000 |
| Algler | 10 100 000 |
| Mantarlar | 1 000 000 |
| Mayalar | 1 000 |

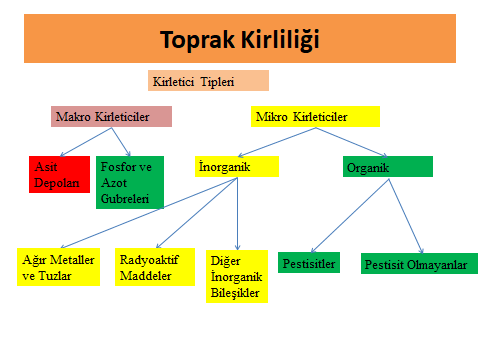
Toprak mikrobiyolojisi bitki verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu C, N, P, S, Fe, Mg gibi elementler; mikroorganizmalar vasıtasıyla çeşitli ayrıştırma ve sentez süreçleri sonunda onlara yararlı şekle çevrilir. Mikroorganizmalar bu tür işlemleri aslında kendi besin ve enerji gereksinimlerini sağlarken oluştururlar. CO2, toprakta organik maddenin ayrışması sırasında mikrobiyal metabolizma ile üretilmektedir. CH4 topraklarda hem üretilmekte hem de tüketilmektedir. CH4, methanogenezler olarak bilinen bir grup anaerobik bakteriler tarafından üretilirken aerob bakteriler olan metanotroflar tarafından da oksitlenmektedir. N2O ve NO; mikroorganizmalar tarafından üretilen iki önemli azot gazı olup nitrifikasyon ve denitrifikasyon olayları ile ortaya çıkmaktadırlar.

Toprak mikroorganizmaları atmosferin gaz bileşimini ve fizikokimyasal özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu canlılar; iklim, ozon tüketimi ve sis oluşumu gibi atmosferik olaylar üzerinde belli bir düzeyde etkili olabilmektedirler. Mikroorganizmalar topraktaki ölü organik maddeyi ayrıştırarak mineral hale getirirken bu esnada ısı üretmeleri toprağı ısıtır, sıcak tutar. Toprak ısısı, tohumların çimlenmesi ve kışlık bitkilerin sera veya açık alanda soğuktan korunmalarında önemlidir.

Genel olarak mikroorganizmalar aslında gezegenimizin en önemli geri dönüşümcü, çevre gönüllüsü, temizlik aileleridir. Toprağa ve çevremize verdiğimiz zehirler, kirlettiğimiz sular mikroorganizma faaliyetleri ile temizlenir. Her türlü atığı ve hatta zehri zararsız veya faydalı bileşen haline getirirler.

|  |  |
| --- | --- |
| **Toprak Biyotasının Rolü** | **Organizmalar** |
| Toprak yapısının korunması | Solucanlar, eklembacaklılar, funguslar, mikorizalar, bitki kökleri |
| Toprağın hidrolik süreçlerinin düzenlenmesi | Birçok mikroorganizma ve bitki kökleri |
| Gaz değişimi ve C tutulması | Birçok mikroorganizma |
| Toprağın detoksifikasyonu | Çeşitli saprofitik bakteri ve funguslar |
| Organik maddenin ayrışması | Mikoriza ve diğer funguslar, nematodlar, bakteriler, solucanlar, termitler |
| Hastalık ve zararlıların baskılanması | Fungus ve bakteriler |
| Gıda kaynakları | Bitki kök, gövde ve yaprakları, çeşitli böcekler, solucanlar |
| Bitkilerle ve bitki kökleri ile sembiyotik ve asembiyotik ilişkiler | Rhizobia, mikoriza, aktinomisetler |
| Bitki gelişim kontrolü | Bitki kökleri, aktinomisetler, rhizobia, mikoriza; Dolaylı etkiler: toprak biyotasının birçoğu |

Mikrobiyal toprak enzimleri, endüstri için laboratuvar ortamında izole edilmektedir. Bu enzimler, kağıt endüstrisinde kimyasalların yerini alabilir. İlaç endüstrisi penisilin ve streptomisin gibi ilaçları geliştirmek için toprak bakterilerini kullanır. Likenler ,mantar ve alglerin oluşturduğu ileri düzeyde bir simbiyoz şeklidir. Likenler hava kirliliğine olan duyarlılıkları nedeniyle yaşadıkları bölgenin kirlilik derecesini gösteren indikatör görevi görürler.



İnsan faaliyetleri sonucunda toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısının değişime uğrayıp bozulmasına toprak kirliliği denir. Endüstri devrimi ile birlikte artan sanayi faaliyetleri, kentleşme ve hızlı nüfus artışı sonucunda toprak kirliliği de bir çevre sorunu olarak ortaya çıkmıştır. Önceleri toprak kirliliği sorunu, su ve hava kirliliği kadar önemsenmemiş ancak son yıllarda gelişmiş ülkelerde toprak kirliliği ciddi bir sorun olarak görülmeye başlanmıştır.

Erozyon, organik madde içeriğindeki azalma, tuzlanma , sıkıştırma, biyoçeşitlilikte azalma ,seller, heyelanlar, kirlenme toprakta bozulma süreçlerini oluşturur. Sulama, gübreleme, kimyasal uygulamalar, endüstriyel ve kentsel atık sularının toprağa karışması gibi antropojenik faaliyetlerden kolaylıkla kirlenmektedir. Bilindiği gibi toprak, çeşitli faaliyetler sonucunda kirlendiğinde temizlenmesi zor, bazense hiç mümkün olmayan tehlikeli bir ortam yaratmaktadır. Toprak kirliliği, yanlış tarım tekniklerinin uygulanması, yanlış ve fazla gübre ile tarımsal mücadele ilaçlarının kullanımı, atık ve artıkları, zehirli ve tehlikeli maddelerin toprakta birikmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Arıtma çamuru; atık suların uygulamaları sonucunda elde edilmiş kuru bir ara üründür. Arıtım çamuru toprağa yayıldığında içindeki organik maddeler buharlaşır, toprakta soğurularak ya da taşınarak yer değiştirir. Sonunda yer altı sularına karışabilir. Arıtma çamurunda çok yüksek miktarda organik madde varsa toprakta bulunan organizmaları engelleyerek önemli bir sorun haline gelebilir. Ayrıca toprakta var olan kirlilik insanoğlu tarafından kolaylıkla fark edilememektedir.

Toprak kirliliğinin insanoğlu üzerindeki en önemli etkisi çeşitli hastalıklara sebebiyet vermesidir. Lağım balçığında birçok ilaç etken maddesi, endokrin sistemi etkileyen maddeler giderek artmaktadır. Endokrin sistemin salınım ve etkileşim bütünlüğünü bozan etkenler, bazı salgılar ve öncülerine benzediği için normal biyolojik işlevleri bozarak, büyüme, gelişme ve olgunlaşmayı engellemektedir. Kurşun, kadmiyum, asbest inorganik florürler, siyanürler, anorganik civa, çinko, arsenik, fosfor, demir, molibden, manganez, berilyum, bakır, nikel, kobalt, krom, baryum, vanadyum, stronsiyum arıtılmamış lağım balçığının toprağa yayılmasıyla kirlilik etkeni durumuna gelebilir. Bazı ürünler söz konusu metalleri biriktirme eğilimindedir. Bunlar arasında marul, buğday, patates, tatlı mısır, yulaf kadmiyum biriktirme eğilimindedir. Kadmiyumla kirlenmiş pirinç nedeniyle Japonya’da önemli bir çevresel halk sağlığı sorunu çıkmıştır.

Evsel atık sudan gelen organik maddelerin çoğunun kaynağı dışkı, idrar, kağıt ürünleri, yiyecek artıkları, deterjanlar, deri, salgılar ve banyo kirleticilerinden kaynaklanır. Bunların çoğu toprağa yayıldığında zararsız olmakla birlikte bir bölümü mutasyonlara ve kansere yol açabilecek özelliktedir. Safra ya da safra asitlerinin bulunduğu ortamda anaerobik etkileşimle dışkının kanser yapma özelliği artar. Köpek, inek, at, koyun, tavuk, kaz gibi hayvanların dışkılarında yüksek kromozom parçalayıcı özellik belirlenmiştir.

Toprak asitliğinin artmasına bağlı olarak besin ögeleri giderek azalır. Toprak asitliği yükseldiğinde demir, aluminyum ve manganın çözünürlükleri artar. Fosfor, bu elementlerle birleşerek çözünmeyen bileşikler oluşturur. Organik maddelerin parçalanmasını sağlayan, nitrat üreten ve atmosferdeki azot miktarını sabit tutan bakterilerin aktifliği azalır. Sonuçta toprağın drenaj ve havalanma kabiliyeti düşer. Toprak yağış sularını zor emer, işlenmesi zorlaşır.

Yanlış tarımsal uygulamalar toprağı genel olarak yanlış gübre ve pestisit uygulamaları ile kirletir.Tarımda mücadele amacıyla kullanılan bütün kimyasallara Pestisitler adı verilir. İnsektisitler (böcek öldürücüler) , fungisitler (mantar öldürücüler), herbisitler (yabani ot öldürücüler) , rodentisitler (kemirici hayvan öldürücüler) olarak sınıflandırılır. Mesleksel ve çevresel olarak uzun süreli düşük dozda pestisit etkisinde kalan kişilerde Non-Hodgkin lenfoma, lösemi, multiple myeloma, karaciğer kanseri, testis kanseri, beyin kanseri, akciğer kanseri, doğum defektleri, nörotoksisite, nörodavranışsal bozukluklar ve nörofizyolojik değişiklikler, üremede istenmeyen etkiler görülmektedir. Ayrıca süt ve yumurta gibi hayvansal gıdalarda da birikmesi bu etkilerini arttırmaktadır. Pestisit maruziyeti depresyon, demans, Alzheimer, Parkinson, amyotrofik lateral skleroz gibi birçok psikiyatrik ve nörolojik hastalığın gelişmesine ve ilerlemesine neden olabilmektedir. Pestisitler, toprakta bir taraftan yer altı suyuna doğru ilerlerken, diğer taraftan karbondioksit, metan ve su gibi daha az zehirli yada zehirsiz bileşenlere indirgenmektedirler. Küresel pestisit tüketiminin neredeyse yarısı toprak ekosisteminin sakini olan diğer bitkileri yok etmek için kullanılır. Pestisit uygulamalarında atılan ilacın % 0.015-%6 sı hedef alınan canlıya ulaşır ve istenilen etki alınır, geri kalan%94-99.9 luk kısmı hedef olmayan organizmalara ve toprağa ulaşır.

Gübrelemenin toprak üzerindeki etkisi; toprak reaksiyonu, strüktürü bozma, toprak canlılarını yok etme ve topraktaki toksik maddelerin zenginleşmesidir. Ülkemizde özellikle azot ve fosfor içeren gübreler önemli miktarlarda tüketilmektedir. Artan azotlu gübre kullanımı ile artan miktarlarda atmosfere geçen diazot monoksit gazı ozon tabakasının parçalanmasını teşvik etmektedir. Aşırı azotlu gübreleme sonucu bitki dokularında önemli oranda nitrat ve nitrit birikimi görülmektedir. Bu azot formlarının bitkide birikimi, bu bitkilerle beslenen insan ve hayvanlarda önemli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Toprakların fosforlu gübrelerle kirlenmesi azotlu gübrelerden daha büyük boyutlardadır. Topraklar özellikle fosfat iyonları için mükemmel bir filtre görevi yaparlar. Yalnız; fosforlu gübrelerin bileşiminde bulunan Cd metali tehlike oluşturmaktadır. Çünkü bu elementlerin topraklara bulaşması ve birikmesi geri dönüşümsüz niteliktedir. Öte yandan bu kimyasal maddelerin sürekli olarak kullanılması, bazı bölgelerde de önceden bulunmayan zararlı topluluklarının türemesine yol açmıştır. Doğal gübreler bitki ve hayvan artıkları gibi farklı organizma türlerinden gelen malzemelerden oluşur. Bu nedenle sadece üretimi yapılan bitki için değil, tüm toprak organizmaları için besin işlemi görür ve organizmaların nüfus yoğunluğunu ve biyokütlelerini artırır. İnorganik gübreler temel olarak bitkinin azot, fosfat, potasyum gibi ihtiyaçlarının karşılanması ve verimin artırılması esasına dayanır. Bu nedenle bitki dışında topraktaki organizmalar için besin görevi görmezler. Gereğinden fazla ve uzun süreli gübre kullanıldığında, topraklarda asitlenme, tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi dengesizliği, verim kayıpları, sularda nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi gibi problemler oluşmaya başlar.

Endüstri uğraşları sırasında meydana gelen su ve hava kirlilikleri kimyasal yollarla toprağa karışma eğilimindedir. Şeker endüstrisi gibi bazı endüstri kollarında toprağın üstüne atılan posa maddesi oluşmaktadır. Bakır işletmeciliği, mermercilik gibi bazı uğraşlar da önemli derecede kirleticiliğe sahiptir. Mineral katı atıkların başlıca kaynağı, madencilik etkinlikleri ve ilgili sanayilerdir. Özellikle açık kömür işletmeciliğinin yol açtığı kirlenme, akarsuları ve akaçlama havzalarını etkilediği gibi, toprağın da kıraçlaşmasına yol açmaktadır. Linyit kömürün kullanımı sonucu yüksek miktarlarda kükürt oksitler, azot oksitler , karbon monoksit (CO), ozon, hidrokarbonlar, partikül madde (PM) ve kül meydana gelmektedir. Havaya verilen zehirli gazların neden olduğu asit yağmurları, toprağı kirletmektedir. Toprağa erişen sülfürik asit, toprak çözeltisinin asitliğini yani aktif hidrojen iyonlarının yoğunluğunu arttırmaktadır. Miktarı artan hidrojen iyonları, toprağın kolloidal kompleksleri olan kil mineralleri ve humus kolloidleri tarafından tutulmaktadır. Ayrıca partikül maddelerin taşıdığı ağır metaller ve elementler ile havaya karışan radyoaktif atıklar da toprağa ulaşmakta ve toprakta radyasyon kirliliğine neden olmaktadır. Tuğla ve kiremit endüstrisi hammadde olarak arazi yüzeyindeki 40-50 cm’lik en verimli toprakları kullanmaktadır. Geriye kalan kısmın arazi yapısı bozulmakta, tarıma elverişli olma özelliğini de kaybetmektedir.

Hayvan dışkısı ve mezbahalardan gelen atıklar, toprak kirlenmesinin en önemli kaynaklarındandır. Sığır, domuz, koyun ve tavuk gibi çiftlik hayvanları, toplam insan nüfusundan 1000 kat daha çok dışkı üretir. Geçmişte besin maddeleri, otlak ya da çiftlikteki hayvanların aracılığıyla yeniden toprağa dönerken, günümüzde kullanılan yenilikler bu atıkların belli alanlarda yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Kentleşmenin yoğun bulunduğu bölgelerde toprak niteliği hissedilir ölçüde bozulmaktadır. Bunda arazinin kötü kullanılması, inşaat tekniklerinin kirliliği, alt yapı yetersizlikleri dolayısıyla kirli su ve kanalizasyonun toprağa karışması ve çöp birikmesi rol oynamaktadır. Kentin ısınması sırasında bacalardan çıkan zehirli gazlar, taşıtların egzoz gazları yoğunlaşarak toprakla kaynaşmakta ve topraktaki canlı yaşamını öldürmektedir.

**Bor İle Sürdürülebilirliğin Sağlanması**

Doğal alanları oluşturan toprakların niteliklerinde herhangi bir değişme olmaksızın uzun süreli kullanımı sürdürülebilir toprak kullanımı anlamına gelmektedir. Bu nedenle toprağın korunması, amacına uygun şekilde sürdürülebilir kullanılması gerektirmektedir. Son yıllarda toprağa yapılan yanlış müdahalelerin artış göstermesi toprağın doğal döngüsünü bozmaya başlamıştır. Aynı zamanda doğadaki her olay birbirine zincirleme bağlı olduğu için de toprağın doğal döngüsünün bozulması bitki gelişimi ile kalitesinin bozulmasına ve topraktan alınan verimin azalışına neden olacaktır. Bu durum başka kaynakların da sürdürülebilirliğini riske atacaktır.

Kimyasal içerikli gübre kullanımıyla her geçen gün biraz daha azalmaya başlayan tarım alanları Etidot-67 borlu gübre ürünü ile sürdürülebilir bir hale gelmektedir. Periyodik tabloda B simgesi ile gösterilen borun atom numarası 5, atom ağırlığı ise 10,81’dir.  Yarı metal ve yarı iletken özelliğe sahip olan bor elementi periyodik cetvelin 3A grubunda yer almaktadır. Doğada hiçbir zaman serbest halde bulunmayan bor elementi, çeşitli metal veya ametal elementlerle farklı özellikler gösteren bileşikler oluşturmaktadır. Bu sayede, birçok bor bileşiği, endüstrinin farklı dallarında kullanılmaktadır. Çevreye duyarlı, çok yönlü ve sürdürülebilir bir mineral olan bor; geleceğin yenilenebilir enerji kaynaklarının depolanması açısından önemli bir konumda yer almaktadır. Sivil ve askeri alanda etkinliğiyle stratejik bir ürüne dönüşen bor ve bor ürünleri, birçok endüstride geniş kullanım alanına sahiptir. Tarım alanlarında verimin artmasında önemli bir rol oynayan bor; bitkiler üzerindeki etkisi ile tarım endüstrisinde son dönemlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yeteri miktarda borla buluşmayan bitkiler yapraklanıp gelişebilseler de meyve ve tohum üretiminde istenen kaliteye ulaşamamaktadır. Bitkilere bor uygulanmasıyla birlikte meyve tohum kaybının önüne geçilmektedir. Etidot-67 Boraks ve Borik Asitin reaksiyonundan üretilmektedir. Çok önemli bir bitki besin maddesi olup, %67 oranında Bor Oksit içermektedir.%22 oranında çözünürlüğü olması ve pH değerinin nötr e yakın olması nedeniyle kullanılmaktadır. Katı olarak toprağa ve püskürtme yöntemiyle sıvı olarak yaprak uygulamalarında kullanılmaktadır. Tarım ürünlerinden alınan verimi en üst seviyelere çıkaran borun kullanım dozu bitkilerin gelişimi ve istenen kaliteye ulaşmasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bol ve sağlıklı çiçeklenmeye yardımcı olan borlu tarım ürünü Etidot-67 zeytinden cevize, ayçiçeğinden buğdaya, bir çok tarım ürününde verimliliğin artmasına sebep olmaktadır. Ahşap malzemeleri mantar gibi zararlı organizmalardan korumak amacıyla da fungusit olarak kullanılmaktadır. Bor son yıllarda reçine bazlı ahşap kompozit levhalara alev geciktirici özellik kazandırmasından, kereste ve katı ahşap ürünlere de koruyucu madde olarak kullanılmasından dolayı önem kazanmaktadır. Petrol vb. ürünlerin kullanımı esnasında geri kazanımı oldukça zor olan hava-su toprak kaynakları hızla kirlenmektedir. Boron” üretiminde kullanılan boraks bileşenleri; su, oksijen, sodyum ve bordan meydana gelen, toprakta ve bitkilerde bulunan doğal bir mineraldir. İnsan sağlığını tehdit etmeyen, fosfat, parfüm ve petrol ürünleri içermeyen çevreye duyarlı, borat özlü ve yerli bir temizlik ürünüdür.  Mantar oluşumunu engelleyerek kötü kokuların oluşmasının önüne geçerek hijyen sağlamaktadır. Bor bileşikleri Alüminyum toksisitesi için yararlı bir antagonist olup, ağır metallerin zararlı etkilerini antioksidan kapasiteleri ile önlemektedir.

**SONUÇ**

Gelecek yaşam ve nesiller için toprağın korunması; sürdürülebilirlik, ekosistemlerin korunması ve biyoçeşitlilik için esastır. Toprak oluşumu ve yenilenmesi son derece yavaş bir süreç olduğu için yenilenemeyen bir kaynak olarak kabul edilir. Kirliliklerin topraktan temizlenmesi ve tekrar ekonomiye kazandırılması oldukça zor, pahalı ve bazı durumlarda imkansız olmaktadır. Toprakta biriken kirleticilerin bitki bünyesine geçmesi toprak kirliliğinin çevre sağlığı açısından en önemli etkisini oluşturmaktadır. Sonuç olarak da bu bitkilerin doğrudan ya da bu bitkilerle beslenen hayvanların tüketilmesi sonucu kirleticiler insan bünyesine ulaşmaktadır. Bu nedenle toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir toprak yönetimi gerekmektedir. Aynı zamanda çeşitli amaçlarla kullanılan toprağın doğadaki döngüleri bozmayacak şekilde planlanması gerekmektedir. Yani toprağın özelliklerine ve kabiliyet sınıflarına göre kullanılması gerekmektedir. Toprak kirliliğini azaltmanın yolu çıkan atığı azaltmaktan geçmektedir. Bundan dolayı kullandığımız ürünlerin geri dönüşümü ve geri kullanımı büyük önem arz ediyor. Yeniden kullanım ve geri dönüşüm ile atıkların oluşturacakları zararı minimize edebiliriz. Bitki selülozu ve bor karışımı ambalaj geliştirebiliriz. Hatta bu ambalajları gübre olacak şekilde kullanabilirsek sıfır atıktan bahsedebiliriz. Bor kullanımı doğrultusunda tarım alanlarının değerlenmesi ve üreticilerin düşük maliyetlerle yüksek kazanç elde etmesi sağlanmaktadır.Toprağın doğal döngüsü bozulmadığı takdirde toprak canlıların yaşamını sürdürdüğü doğal kaynak olmaya devam edecektir. Bor endüstrisi bugün ve gelecekte ekosisteme olumlu katkılar sağlayacaktır. Bor bileşikleri ile tarım, gıda ,kozmetik, ilaç, kimya sektöründe daha fazla çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

**KAYNAKLAR**

Algan, F.T., Bilen ,S., Toprak Kirlenmesi ve Biyolojik Çevre, Ankara Üniv. Zir. Fak. Derg. 36 (1), 83-88, 2005.

Boaretto, R. M., Gine T. M. M. F., Boaretto A., Advances in Plant and Animal Boron Nutrition, Conference Paper,2007

Schon, M.K., Novacky A., Blevins D. G., Boron Induces Hyperpolarization of Sunflower Root Cell Membranes and Increases Membrane Permeability to K+. Plant Physiol.(1990)93,566-571.

Bosecker, K., Microbial leaching in environmental clean-up programmes, Hydrometallurgy, 59, 245-248,2001

Çengel, M., Okur, N., & Elmacı, T., (1993). Bitkisel Üretimde Toprak Organizmalarının Rolü. DERİM , vol.10, no.2, 75-84.

Çepel ,N., Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri,Ankara Tubitak Popüler Bilim Kitapları, 2003

Demirtaş ,A., Bitkide Bor ve Etkileri, Atatürk Üniv. Zir.Fak. Derg. 36(2), 217-225, 2005.

Güler, Ç., Toprak Kirliliği, Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri ,Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi 40, 2001.

Gülle, F., Özdemir ,S., Sağlıklı Toprağın Görülmeyen Kahramanları: Toprak Mikroorganizmaları. Sakarya Ticaret Borsası Dergisi, 2015, (51): 6-8.

Güneş ,A., Gezgin S., Kalınbacak K., Bor Elementinin Bitkiler İçin Önemi, Journal of Boron, 2017.

Karaca, A., Turgay, O. C., Toprak Kirliliği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi,1(1),13-19, 2012.

Li, M., Zhao, Z., Effect of boron deficiency on anatomical structure and chemical composition of petioles and photosynthesis of leaves in cotton, Scientific Reports, 2017.

Maurya, N. S., Mittal, A. K., Cornel, P., Rother, E., “Biosorption of dyes using dead m a c r o fungi: effect of dye structure, ionic strength an pH”, Biores. Technol, 97, 2006.

Ruiz, J. M., Rivero R.M., Romero L., Boron increases synthesis of glutathione in sunflower plants subjected to aluminum stress , Plant ans Soil, 2006.

Weil , R. R., Brady, C., The Nature and Properties of Soils, Fifteenth Edition, 2017.

Soil pollution a hidden reality, Food and Agniculture Organisation of United Nations, 2018.

Tiryaki, O., Pestisit Kalıntı Analizlerinde Kalite ve Kalite Güvencesi, Ankara, Nobel Yayınları, 2017.

https://sifiratik.co/2018/08/08/sebze-gibi-buyuyebilen-paketleme-materyalleri-scoby/

https://topraktema.org/media/1358/toprak-kirliligi.pdf https://https://www.eea.europa.eu/downloads/c82758d7524e4d4f90f06b486fbcf50f/1616 504672/arazi-ve-toprak-kirliligi-2014.pdfwww.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2019/makaleler/mulakat-2014-toprak-kirliliği.