



TARIM ALANLARINDAN GELEN MİKRO KİRLETİCİLER VE ENDOKRİN BOZUCULAR

MICROPOLLUTANTS AND ENDOCRINE DISRUPTORS FROM AGRICULTURAL FIELDS

Sezai ERCİŞLİ

TARIM ALANLARINDAN GELEN MİKRO KİRLETİCİLER VE ENDOKRİN BOZUCULAR

Sezai ERCİŞLİ
Atatürk Üniversitesi

Özet

Tarım insanoğlunun yaratıldığı günden beri önemini koruyan en önemli sektörlerden birisi olup, insanlar ve diğer canlılar için çok önemli olan gıda arzının da temel ve vazgeçilmez unsurudur. Tarım kendi içerisinde bitkisel üretim, hayvansal üretim ve su ürünleri yetiştiriciliği olarak üç ana dala ayrılmakta ancak bunlardan özellikle bitkisel ve hayvansal üretim birbirlerini tamamlayan iki dal olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarımsal üretimde üretim artışı ve kaliteyi artırmak için kullanılan girdiler zamanla olumsuz çevresel etkileri nedeniyle tartışma konusu olmakta ve onlara alternatif arayışlar hala sürmektedir. Ticari gübre ve ilaç kullanımına karşı alternatif arayışlar devam ederken bunlara son yıllarda mikroplastik kirliliği de eklenmiştir. Oldukça yeni bir konu olan tarım topraklarında mikroplastikler ve endokrin bozucular konusunda üzerinde durulan temel kirletici unsur tarımda yoğun kullanılan plastiklerdir. Plastiklerin zamanla daha küçük parçalara ayrışması tarım toprakları ve dolayısıyla üretimi olumsuz etkileyebilir. Tarımsal topraklar plastik parçacıkların “sıcak noktaları” olarak kabul edilmektedir. Topraklarda standart mikroplastik belirleme yöntemi henüz oluşturulamamıştır. Bu konuda özellikle mikroplastik kirlenme bağlamında toprak ortamının izlenmesi konusunda Avrupa’da da herhangi bir yasal düzenleme de bulunmamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Tarımsal üretim, Plastik kullanımı, Mikroplastik kirliliği, Tehditler

MICROPOLLUTANTS AND ENDOCRINE DISRUPTORS FROM AGRICULTURAL FIELDS

Sezai ERCİŞLİ
Atatürk University

Abstact

Agriculture is one of the most important sectors that has maintained its value since the creation of mankind and is the basic and indispensable element of the food supply, which is crucial for humans and other living organisms. Within itself, agriculture is divided into three main branches as crop production, animal production and aquaculture, but particularly plant and animal production appear as two branches that complement each other. The inputs used in agricultural production to increase production and improve quality have become the subject of discussion over time due to their negative environmental impacts and the search for alternatives to them is still ongoing. While the search for alternatives to the use of commercial fertilizers and pesticides is continuing, microplastic pollution has also been added to these in recent years. Microplastics and endocrine disruptors in agricultural soils, which are a fairly new issue, are plastics used extensively in agriculture. The breakdown of plastics into smaller particles over time can negatively affect agricultural soils and therefore production. Agricultural soils are considered as “hot spots” of plastic particles. A standardised method of microplastic determination in soils has not yet been established. There is also a lack of legal regulation in Europe regarding the traceability of the soil environment, especially in the context of microplastic contamination.

Keywords

Agricultural production, Plastic usage, Microplastic pollution, Threats

1. GİRİŞ

Günümüz tarımında plastik ürünlerin kullanımı dünya genelinde her geçen gün giderek artmakta ve sıradanlaşmaktadır. Plastik aslında tarıma başlangıçta teknoloji olarak girmiştir. Plastik polimerlerin üretim kolaylıkları, fiziksel özellikleri, çok yönlülüğü, çeşitliliği ve ekonomik olmaları onları tarımdaki birçok uygulama için tercih edilen malzeme haline getirmiştir. Tarımda yoğun kullanılan aşağıdaki malzemeler plastikten oluşmaktadır (Andrady & Neal, 2009; Kumar vd., 2020).

- Plastik malç
- Örtü altı materyali (Seracılık)
- Sulama boruları
- Poşet ve saksılar
- Silaj filmleri
- Plastik şişeler
- Gübre, pestisit ve tohum kaplamaları
- Koruyucu örtüler
- Meyve koruyucuları
- Bitki koruyucuları
- Ağlar, traplar

1.1. Tarımda Plastik Kullanımı ve Faydaları

Plastik, bir veya daha fazla organik polimerle üretilen ve istenen ürün özellikleri için ilave maddeler (katkı maddeleri) içeren, örneğin yanmayı önleyici maddeler, antistatik maddeler, renklendirici ve sıkılaştırıcı maddeler, dengeleyiciler, sağlamlaştırıcı maddeler ve dolgu maddeleri, UV emiciler ve yumuşatıcı gibi, malzemeler için kullanılan genel bir terimdir. Tarımda Poliolefin, Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Etilen-Vinil Asetat Kopolimeri (EVA), Poli-vinil klorür (PVC) ve nadir olarak Polikarbonat (PC) ve Poli-metil-metakrilat (PMMA) dahil olmak üzere çok çeşitli plastikler kullanılmaktadır. Neredeyse tüm tarım alanlarında ürün verimliliğini, hayvan beslenmesini, su kullanım verimliliğini artıran ve gıda kaybını azaltan çeşitli faydaları ile geniş bir yelpazede plastik ürünler kullanılmaktadır. Kullanılan plastik polimer türleri ve bunların üretim şekilleri, kullanım amaçlarına göre her bir ürüne belirli işlevsel özellikler kazandıracak şekilde uyarlanmıştır. Bu da farklı plastik ürünler arasında hem kendi içlerinde hem de farklı tarım sektörleri arasında yüksek derecede değişkenlik olduğu anlamına gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Tarımda farklı alanlarda plastik kullanımı.

Su ürünlerinde avlamada kullanılan malzemelerin büyük bir kısmı plastikten yapılmıştır. Plastik sera+malçlama+damla sulama özellikle bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde verimin artmasına (Şekil 2 ve 3), su ve herbisit kullanımının azaltılmasına ve ürün kalitesini kontrol etmeye yardımcı olur. Polimer kaplı kontrollü salınımlı gübreler bitkilere ihtiyaç duydukları besin maddelerini uygun oranda sağlar, aynı zamanda su ve hava emisyonlarını önler. Silaj filmleri, hayvan yetiştiricilerinin sağlıklı, uzun ömürlü ve besleyici yem üretmesine yardımcı olur ve ahır ve silaj kışacları inşa etme ihtiyacını ortadan kaldırır. Ağaçlandırmalarda plastik ağaç koruyucular (kemirgenlere karşı) yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik ürünler çiftçilerin, ormancıların ve balıkçıların geçimlerini sürdürmelerine, üretimi artırmalarına, kayıpları azaltmalarına, su tasarrufu sağlamalarına ve kimyasal girdileri azaltmalarına yardımcı olan bir dizi fayda sağlar. Plastik ürünler ayrıca gıda kayıplarının azaltılmasını sağlarlar. İlave olarak sayısız gıda değer zinciri boyunca besinsel niteliklerinin korunması, böylece gıda güvenliğinin iyileştirilmesi ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olurlar. Hijyenik plastik ambalaj aynı zamanda kirlenmeyi ve erken bozulmayı azaltarak gıda güvenliğini de artırır (Han vd., 2018).

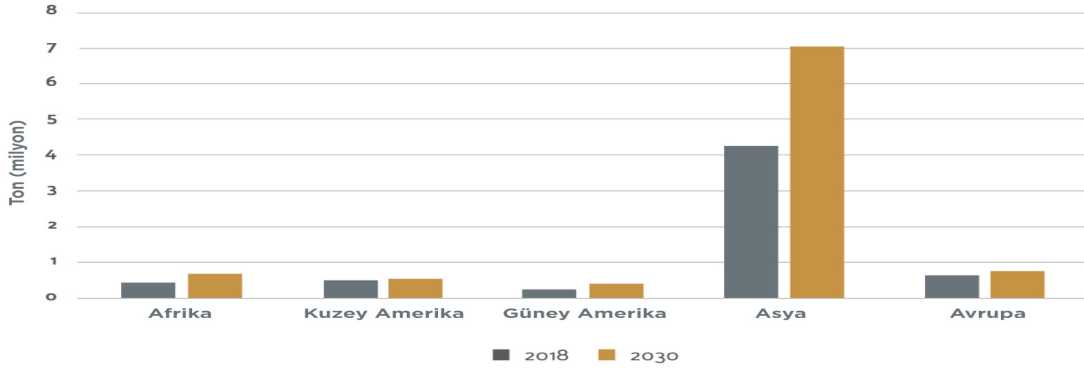


Şekil 2. Ülkemizde ilek üretiminde plastik mal film kullanımı.

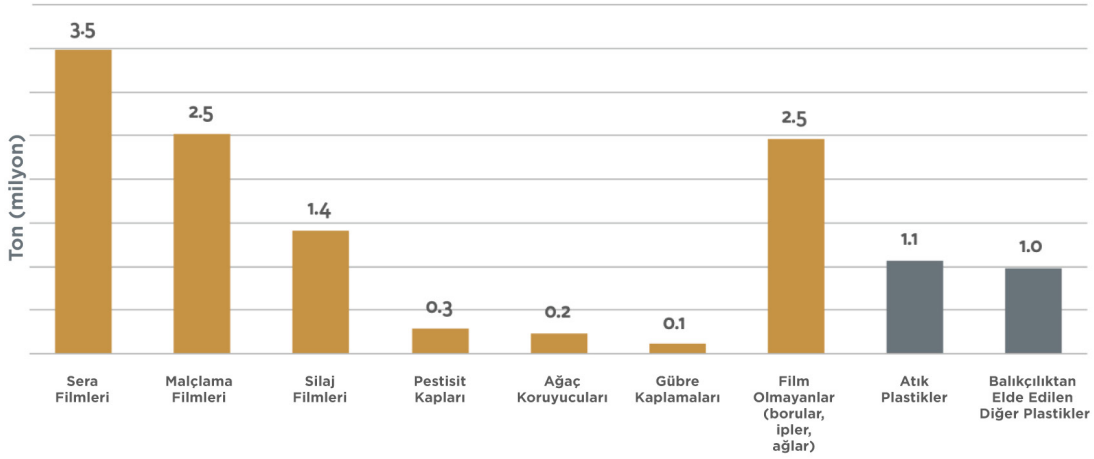


Şekil 3. Ülkemizde örtü altı ilek üretiminde plastik mal film kullanımı.

Son 70 yılda tarımsal gıda sistemlerinde ve gıda değeri zincirlerinde plastik kullanımı yaygınlaşmıştır. Düşük maliyetli ve uyarlanabilir plastik ürünler tarımın hemen hemen bütün alanlarında kullanılmaktadır. Olta takımlarından, ağaç koruyuculara ve seralara kadar yetiştiricilik (gıda) sistemlerimizin tamamında plastik kullanımı hakimdir. 2019 yılında tarımsal değeri zincirleri (bitkisel ve hayvansal) üretiminde 12.5 milyon ton, gıda ambalajında ise 37.3 milyon ton plastik ürün kullanılmıştır. Depolama, işleme ve dağıtımda kullanım miktarına ait veriler bulunmamaktadır. Ayrıca tarımsal plastik endüstrisi, sera, malçlama ve silaj filmlerine yönelik küresel talebin 2019'dan bu yana yüzde 50 artacağını öngörüyor (Şekil 3). 2018'de 6.1 milyon tondan 2030'da 9.5 milyon tona çıkması bekleniyor (Şekil 4 ve 5).



Şekil 4. Kıtalar bazında tarımda plastik kullanımı (Le Moine, 2018).



Şekil 5. Tarımda plastik kullanılan alanlar (APE Europe, 2019).

Bitkisel üretim ve hayvancılık 10 milyon ton/yıl

Su ürünleri yetiştiriciliği 2.1 milyon ton/yıl

Ormancılık 0.2 milyon ton/yıl plastik kullanılmaktadır.

1.2. Tarımda Plastik Kullanımının Çevresel Etkileri

Tarım topraklarında mikroplastik varlığı son zamanlarda araştırmacıların ve toplumların giderek daha fazla ilgisini çekmektedir. Mikroplastikler 5 mm'den küçük boyutlu plastik parçalarıdır. Mikroplastikler yakın zamanda geniş bir aralıkta toprak, tatlı su, okyanus ve organizmalarda tespit edilmiştir (He vd., 2018). Mikroplastik kontaminasyonun aşırı artması, dünya çapında büyüyen bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmıştır.

Mikroplastiklerin tarım toprak ortamındaki varlığı ve gıda zincirine olası aktarımıyla ilgili bilinmeyen riskler bu ilginin temelini oluşturmaktadır. Toprak, birçok farklı antropojenik kaynakla örneğin atmosferik birikim (Allen vd., 2021), kirli su, plastik malçlama (Yadav vd., 2022), gübre kaplamalar, sulama (Bian vd., 2022), sel, çöp atma ve toprak iyileştirme uygulamaları örneğin kompost ve arıtma çamuru kullanımı ile mikroplastik oluşturmaktadır (Zhang vd., 2020).

Genel olarak, toprak yüzeyinde (sığ alanda) derin topraklara göre daha fazla mikroplastik bulunmuştur (Liu vd., 2018). Çeşitli yollarla toprak yüzeyinde biriken mikroplastikler daha sonra daha derin toprağa göç ederler veya çevreye dağılabilir (Guo vd., 2020). Bu nedenle toprak sadece önemli bir mikroplastik havuzu değil, aynı zamanda mikroplastiklerin yeraltı suyuna ve okyanus ortamına da taşıyıcısıdır (Qi vd., 2020). Toprak mikroplastiklerinin su ekosistemine taşınması esas olarak yüzey akışı, erozyon vb. ile ilişkilidir (Bläsing ve Amelung, 2018). Toprakta yaşayan hayvanlar arasında özellikle solucanlar, kazma ve yutma yoluyla toprak mikroplastiklerinin taşıyıcısı veya dağıtıcısı konumundadır. Ayrıca diğer toprak canlıları örneğin akarlar, sivrisinek larvalarını içeren biyota kazma ve besleme faaliyetleri yoluyla topraktaki mikroplastikleri dağıttığı rapor edilmiştir (Al-Jaibachi vd., 2019).

Mikroplastikler üst topraklarda biriktiğinde, hava koşullarına maruz kalma, güneş ve UV radyasyonunun yanı sıra artan oksijen mevcudiyeti ve sıcaklık nedeniyle parçalanma meydana gelir (He vd., 2018). Bu parçalanmış mikroplastikler toprak profili boyunca dikey olarak göç edebilir veya toprak yüzeyi boyunca yatay olarak göç eder ve neticede plastik kirliliğinin toprağın derinliklerine, yeraltı suyuna ve sucul ekosistemler gibi geniş bir alana yayılmasına yol açar. Aslında yoğun antropojenik faaliyetler, mikroplastik kirleticilerin dağılımı teşvik eder ve sonuçta toprağın biyojeokimyasal özellikleri ve biyolojik çeşitliliğini etkiler (He vd., 2018).

Toprak profiline taşınan mikroplastikler, toprağın fiziksel özelliklerini, özellikle de gözenekliliği dönüştürebilir, böylece toprağın işlevi için önemli parametreler olan su döngüsünü ve toprak agregat oluşumunu etkileyebilirler (Wang vd., 2020). De Souza Machado vd., (2019), toprağa mikroplastik girişinin toprağın çeşitli fiziksel parametrelerini değiştirdiğini, özellikle toprak yoğunluğu ile suya dayanıklı agregatlarda azalma tespit etmişlerdir.

Tarımsal plastikler zarar gördüklerinde, bozunduklarında veya çevreye atıldığında ciddi bir kirlilik riski ve dolayısıyla insan ve ekosistem sağlığına zarar verme riski taşımaktadırlar. Yaygın ve uzun vadeli kullanımları, sistematik toplama ve sürdürülebilir yönetim eksikliği ile birleştiğinde toprakta ve sucul ortamlarda birikimlere yol açmaktadır. Tarımsal plastik ürünlerin çoğu tek kullanımlıktır ve kullanım amacından uzun süre sonra da çevrede varlığını sürdürebilir. Mikroplastiklere dönüşerek gıda zincirlerine aktarılıp birikebilirler; gıda güvenliğini ve potansiyel olarak insan sağlığını tehdit edebilirler (Kim vd., 2021; Yadav vd., 2022; Yu vd., 2022).

2. TARIM TOPRAKLARI VE MİKROPLASTİKLER

Topraklar, tarımsal plastiklerin ana alıcılarından biridir ve okyanuslardan daha fazla miktarda mikroplastik içerdiği bilinmektedir. Topraklarda mikroplastiklerin tespiti için standartlaştırılmış bir yöntemin olmayışı ve mikroplastik kirliliği bağlamında toprak ortamının izlenmesini gerektiren yasal düzenlemelerin bulunmaması nedeniyle, Avrupa topraklarında mikroplastik kirliliğine ilişkin veriler çok sınırlıdır.

Tarımsal plastik ürünlerin hasar görmesi, bozulması veya atılması (3D olarak adlandırılan, Damaged, Degraded, Discarded) ve mikroplastikle kirlenmiş organik katkıların ve sulama suyunun uygulanması yoluyla tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sızıntı oluşmaktadır. 3D oldukça iyi tanımlanmış (Lau vd., 2020), ancak tarımda plastik kullanımının kapsamını ve bunların çevreye nasıl sızabileceğini özetleyen Dünyada fazla sayıda rapor bulunmamaktadır.

2.1. 3 D (Damaged, Degraded, Discarded)

Çevreye zarar veren, bozulan veya atılan plastiklere bazen “sızdıran plastik” (Boucher ve Billard, 2019) veya “yanlış yönetilen plastik” (Jambeck vd., 2015) olarak adlandırılmakta ve bu son yıllarda pek çok araştırmanın odak noktası olmuştur (Richardson vd., 2019).

Plastik atıkların yaklaşık %32’sinin toprak ortamına sızdığı tahmin edilmektedir (de Souza Machado vd., 2018). Sucul sistemlerde %80 mikroplastiklerin karadan geldiği bilinmektedir (Steensgaard vd., 2017). Bu nedenlerle tarımsal topraklar, karasal ekosistemlerde plastiklerin “sıcak noktaları” olarak değerlendirilmekte ve plastik atıklar toprakta biriktiği için çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlere maruz kalarak plastiğin daha küçük (<5 mm) parçalara (mikroplastikler) ayrılmasına neden olmaktadır.

Karada kullanılan tarımsal plastiklerin mikroplastik kirliliğe neden olduğuna ve bunun daha sonra diğer ortamlara yayılabileceğine dair az sayıda fakat güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Akdeniz’deki deniz çayırlarından alınan topraklar üzerinde yapılan bir çalışmada, İspanya’nın Almeria kenti yakınlarında mikroplastik kirliliğinin arttığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak tarımsal uygulamalardaki değişikliklerle yoğun sera üretiminin olduğu ifade edilmektedir (Dahl vd., 2021). Mikroplastiklerin, bisfenol A (BPA) veya ftalatlar gibi endokrin bozucu bileşikler (EDC) olarak bilinen kimyasal katkı maddelerini toprağa vermektedir. Ayrıca hidrofobik yüzeyinde çeşitli toksik maddeleri taşıyabilmeleri nedeniyle toprakta toksik bileşikler olduğundan şüphelenilmektedir. Ağır metaller, antibiyotikler, organik kirleticilerden Poliklorlu Bifeniller (PCB) veya Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH) topraktaki kimyasal kirleticilerin vektörleri olarak görev yapmaktadır. Netice olarak mikroplastikler toprağın tüm işlevlerini etkilediğinden ve potansiyel olarak toksik bileşikler taşıdıklarından, toprak sağlığını etkiler ve bitkisel ve hayvansal üretim ve neticede insan sağlığı ve gıda güvenliği üzerinde potansiyel olumsuz etkiler oluştururlar (Medynska-Juraszek & Szczepanska, 2023; Shafea et al. 2023).

Polonya'nın Güney Batı kısmındaki ekili toprakların %93'ünün mikroplastik içerdiği tespit edilmiştir. Mikroplastik içeriği toprak türleri ve arazinin mevcut/eski kullanımı arasında değişiklik göstermiştir. Tınlı ve killi topraklar, kumlu topraklarla karşılaştırıldığında daha fazla mikroplastik (4 kat) içermiştir. En yüksek mikroplastik konsantrasyonları, arıtma çamuru, atık sular ve yeşil atık kompostlarıyla değiştirilmiş topraklarda, toprağın malçlanması, organik gübre kullanımı, tohum kaplama veya atık boşaltma gibi tarımsal kaynaklarla ilişkilendirilmiştir (Medynska-Juraszek & Szczepanska, 2023).

Toprak özelliklerinin değişmesi, bitkiler ve hayvanlarda, ayrıca gıda güvenliği açısından olumsuzluklara neden olur ve sonuçta insan sağlığını tehdit eder. Mikroplastikler ekosistemler üzerindeki etkisi farklı faktörlere bağlıdır. Bunların başlıcaları etkilenen bölge, plastik atık türü, ekosistem kırılabilirliğinin düzeyi ve mevcut ekosistemdeki organizmalardır. Fizikokimyasal ortamda mikroplastiklerin varlığı toprak, hava ve su kalitesini büyük ölçüde azaltır. Mikroplastikler toprağın strüktür, performans ve mikrobiyal çeşitlilik gibi toprak özellikleri üzerinde etkiler oluşturmaktadır (Guo vd., 2020)

Topraktaki organik madde, stabilite ve boyut, toprak parçacıklarının miktarı, toprağın su tutma kapasitesi, yoğunluk ve asitliği mikroplastiklerden etkilenmektedir (Yang vd., 2021). Bazı mikroplastikler uzun vadeli stabiliteye sahip karbon elementleri içerir, bu toprakta organik karbon miktarını artırır. Daha sonra karbon döngüsü bir şekilde etkilenir. Topraktaki CO₂ emisyonunun artması, topraktaki mikrobiyal süreçlere, bitki büyümesine ve atık maddelerin toprakta ayrışmasına etki eder. Mikroplastikler toprakta N, P ve K' u önemli ölçüde azaltır. Organik madde miktarı da topraktaki mikroplastik parçacıkların miktarı ile ilişkilidir (Selonen vd., 2021; Tian vd., 2022).

Mikroplastikler mikroorganizmaların yoğunluğu ve biyolojik çeşitliliği üzerinde doğrudan veya dolaylı etki oluşturmaktadır. Mikroplastik parçacıkları aynı zamanda mikroorganizmaların metabolik işlev dengesini (Yu vd., 2021) ve biyoçeşitlilikle ilgili ekofizyolojik fonksiyonlarını bozabilir (Guo vd., 2020). Mikroplastik yüzeyleri aynı zamanda mikroorganizmaların birikimi için uygun bir yer olabilir (Wright vd., 2020).

Mikroplastiklerin ekolojik ve sosyal çevreler üzerinde çeşitli olumsuz fiziksel-kimyasal etkileri vardır. Besin zincirinde aktarılma olasılığı, toksik maddeleri absorbe etme ve taşıma potansiyeli gibi faktörler, bu parçacıkların deniz ve kara ekosistemleri ile insan sağlığı açısından ciddi bir tehdit olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

Hem tarımsal plastik kirliliğinin neden olduğu doğrudan çevresel zararı, hem de petrol türevi plastiklerin kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının dolaylı bunların sebep olduğu etkileri azaltacak önlemlerin öncelikli olarak hayata geçirilmesi gerekiyor

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal plastik kirliliğiyle mücadele FAO ve BM Çevre Programı tarafından 2021’de başlatılan Birleşmiş Milletler Ekosistem Restorasyonuna ilişkin 10 yıllık hedeflerin gerçekleştirilmesine yardımcı olmada hayati bir önlem olacaktır. Aynı zamanda FAO’ nun yeni Stratejik Çerçevesi 2022-2030’a ve program öncelik alanına da yanıt vermektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 12-Atık imhası dahil Sorumlu Tüketim ve Üretim’e özel önem veren Sürdürülebilir Gıda ve Tarım için Biyoekonomi doğrudan bu konunun önemini ifade etmektedir. Sonuçta, tarımsal plastik kirliliğiyle mücadele etmek, daha iyi üretim, daha iyi beslenme, daha iyi bir çevre ve daha iyi bir yaşam için daha verimli, kapsayıcı, dayanıklı ve sürdürülebilir tarımsal gıda sistemlerine ulaşmak için çok önemlidir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Allen, S., Allen, D., Baladima, F., Phoenix, V. R., Thomas, J. L., Le Roux, G., & Sonke, J. E. (2021). Evidence of free tropospheric and long-range transport of microplastic at Pic du Midi Observatory. *Nature communications*, 12(1), 7242. Doi: 10.1038/s41467-021-27454-7
- Al-Jaibachi, R., Cuthbert, R. N., & Callaghan, A. (2019). Examining effects of ontogenic microplastic transference on *Culex* mosquito mortality and adult weight. *Science of the total environment*, 651, 871-876. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.236
- APE Europe (2019). Statistics - Plasticulture in Europe. In: APE Europe. <https://apeeurope.eu/statistics/> Erişim Tarihi: 09.11.2023.
- Bian, W., An, L., Zhang, S., Feng, J., Sun, D., Yao, Y., Shen, T., Yang, Y. & Zhang, M. (2022). The long-term effects of microplastics on soil organomineral complexes and bacterial communities from controlled-release fertilizer residual coating. *Journal of Environmental Management*, 304, 114193. Doi: 10.1016/j.jenvman.2021.114193
- Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the total environment*, 612, 422-435. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.086
- Boucher, J., & Billard, G. (2019). The challenges of measuring plastic pollution. *Field Actions Science Reports. The Journal of Field Actions*, (Special Issue 19), 68-75. <http://journals.openedition.org/factsreports/5319>
- Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Diaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Leiva-Dueñas, C., Magnusson, K., Marco-Méndez, C., Piñeiro-Juncal, N. & Mateo, M. Á. (2021). A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. *Environmental Pollution*, 273, 116451. Doi: 10.1016/j.envpol.2021.116451
- de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental science & technology*, 52(17), 9656-9665. Doi: 10.1021/acs.est.8b02212
- de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental science & technology*, 52(17), 9656-9665. Doi: 10.1021/acs.est.8b02212
- Guo, J. J., Huang, X. P., Xiang, L., Wang, Y. Z., Li, Y. W., Li, H., ... & Wong, M. H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment international*, 137, 105263. Doi: 10.1016/j.envint.2019.105263
- Han, J. W., Ruiz-Garcia, L., Qian, J. P., & Yang, X. T. (2018). Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 860-877. Doi: 10.1111/1541-4337.12343

- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-172. Doi: 10.1016/j.trac.2018.10.006
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. 10.1126/science.1260352
- Kim, Y. N., Yoon, J. H., & Kim, K. H. J. (2021). Microplastic contamination in soil environment—a review. *Soil Science Annual*, 71(4), 300-308. Doi: 10.37501/soilsa/131646
- Kumar, M., Xiong, X., He, M., Tsang, D. C., Gupta, J., Khan, E., ... & Bolan, N. S. (2020). Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution*, 265, 114980.. Doi: 10.1016/j.envpol.2020.114980
- Le Moine, B. 2018. Worldwide Plasticulture - a focus on films. Paper presented at 21st CIPA Congress, May 2018, Arcachon, France. [Cited 23 March 2021]. https://cipa-plasticulture.com/wp-content/uploads/2018/06/Worlwide-Plasticulture_Le-Moine_CIPA.pptx.
- Liu, M., Lu, S., Song, Y., Lei, L., Hu, J., Lv, W., Zhou, W., Cao, C., Shi, H., Yang, X. & He, D. (2018). Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environmental pollution*, 242, 855-862. Doi: 10.1016/j.envpol.2018.07.051
- Medyńska-Juraszek, A., & Szczepańska, A. (2023). Microplastic Pollution in EU Farmland Soils: Preliminary Findings from Agricultural Soils (Southwestern Poland). *Agriculture*, 13(9), 1733. Doi: 10.3390/agriculture13091733
- Richardson, K., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2019). Estimates of fishing gear loss rates at a global scale: A literature review and meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 20(6), 1218-1231. Doi: 10.1111/faf.12407
- Qi, R., Jones, D. L., Li, Z., Liu, Q., & Yan, C. (2020). Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Science of the Total Environment*, 703, 134722. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134722
- Selonen, S., Dolar, A., Kokalj, A. J., Sackey, L. N., Skalar, T., Fernandes, V. C., Rede, Delerue-Matos, C., Hurley, R., Nizzetto, L. & van Gestel, C. A. (2021). Exploring the impacts of microplastics and associated chemicals in the terrestrial environment—Exposure of soil invertebrates to tire particles. *Environmental Research*, 201, 111495. Doi: 10.1016/j.envres.2021.111495
- Shafea, L., Yap, J., Beriot, N., Felde, V. J., Okoffo, E. D., Enyoh, C. E., & Peth, S. (2023). Microplastics in agroecosystems: A review of effects on soil biota and key soil functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 186(1), 5-22. Doi: 10.1002/jpln.202200136
- Steensgaard, I. M., Syberg, K., Rist, S., Hartmann, N. B., Boldrin, A., & Hansen, S. F. (2017). From macro- to microplastics-Analysis of EU regulation along the life cycle of plastic bags. *Environmental Pollution*, 224, 289-299. Doi: 10.1016/j.envpol.2017.02.007

- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., Ma, Y., & Yu, X. (2022). Microplastics in agricultural soils: sources, effects, and their fate. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100311. Doi: 10.1016/j.coesh.2021.100311
- Wang, W., Ge, J., Yu, X., & Li, H. (2020). Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of the total environment*, 708, 134841. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134841
- Wright, S. L., Ulke, J., Font, A., Chan, K. L. A., & Kelly, F. J. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment international*, 136, 105411. Doi: 10.1016/j.envint.2019.105411
- Yadav, V., Dhanger, S., & Sharma, J. (2022). Microplastics accumulation in agricultural soil: Evidence for the presence, potential effects, extraction, and current bioremediation approaches. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(2), 38-47. 10.7324/JABB.2022.10s204
- Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. *Science of the Total Environment*, 780, 146546. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146546
- Yu, H., Zhang, Y., Tan, W., & Zhang, Z. (2022). Microplastics as an emerging environmental pollutant in agricultural soils: effects on ecosystems and human health. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 217. Doi: 10.3389/fenvs.2022.855292
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J., & Wang, Q. (2020). Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(8), 2052-2068. Doi: 10.1002/jctb.6334

Yazarlar Hakkında / About Authors

**Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ | Atatürk Üniversitesi |
sercisli[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5006-5687**

1989 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümün' den Fakülte 1. si olarak mezun oldu. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meyve Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalında 1992 yılında yüksek lisansını, 1996 yılında doktora eğitimini tamamladı. 1996 yılında Yardımcı Doçent Doktor olarak atandı. 1997-1998 yılları arasında kendi imkanlarıyla 15 ay süreyle ABD Nebraska Üniversitesi Doğa Bilimleri Fakültesinde Bitki Biyoteknolojisi konusunda çalışmalarını sürdürdü. 2000 yılında Doçent, 2005 yılında Profesör ünvanlarını aldı. Bitki Biyoteknolojisi konusunda 20 adet uluslararası kongre ve sempozyuma başkanlık etti. 2014-2016 yılları arasında "Springer" tarafından yayınlanan "Biochemical Genetics" dergisinde Baş editörlük yaptı. 2014 yılından itibaren "Tübitak" tarafından yayınlanan "Turkish Journal of Agriculture and Forestry" dergisinin Baş Editörlüğünü yürütmektedir. Stanford Üniversitesinin 2023 yılı çalışmasına göre Dünyada ki en başarılı 100.000 akademisyen arasında yer aldı. Avrupa Birliği Çatısı altında yer alan Avrupa Meyve Yetiştiricileri Birliği Türkiye Temsilciliği, Dünya Kayısı Birliği Başkanlığı, Çay ve Yalancı iğde konseyi Türkiye temsilciliğini yürütmektedir. 2016-2020 yılları Rektör yardımcılığı göreviyle birlikte akademik yaşamı süresinde çok sayıda idari görev üstlenmiştir. 2023 yılında Rusya Bilimler Akademisi tarafından fahri doktora ünvanı verildi.

**Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ | Atatürk University |
sercisli[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0001-5006-5687**

In 1989, he graduated from Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, as the top student of the faculty. He completed his master's degree in 1992 and his doctorate in 1996 at Atatürk University, Institute of Science, Department of Fruit Growing and Breeding. He was appointed as Assistant Professor Doctor in 1996. Between 1997 and 1998, he continued his studies on Plant Biotechnology at the Faculty of Natural Sciences of the University of Nebraska, USA, for 15 months with his own means. He received the title of Associate Professor in 2000 and Professor in 2005. He chaired 20 international congresses and symposiums on Plant Biotechnology. He was the Chief Editor of the journal "Biochemical Genetics" published by "Springer" between 2014 and 2016. He has been the Chief Editor of the "Turkish Journal of Agriculture and Forestry" published by "Tübitak" since 2014. According to Stanford University's 2023 study, he was among the 100,000 most successful academics in the world. He is the Turkey Representative of the European Fruit Growers Association, which is under the umbrella of the European Union, the World Apricot Association Presidency, and the Turkey representative of the Tea and Sea buckthorn Council. He served as Vice Rector between 2016 and 2020, and took on many administrative duties during his academic life. He was awarded an honorary doctorate by the Russian Academy of Sciences in 2023.