



AR-GE BÜLTENİ

Haziran 2022 / Sayı 4

Merhaba,

Toros ARGE Bülteni'nin yeni bir sayısında daha birbirinden farklı ve dopdolu içerikler ile sizle birlikteyiz. Bu sayımızda "Bitkiler Düzeyinde Yıllık Karbon Stok Kapasitesi, Ekolojik Çevre Etiketleri, Yapay Fotosentez Teknolojileri ve Kuraklık Stresi Koşullarında Tarımsal Üretim Sistemlerinin Yönetimi" gibi birbirinden farklı konulara yer verdik.

Bülten çalışmaların ile ilgili katkı, soru ve önerileriniz için info.arge@toros.com.tr üzerinden bizlere ulaşabilirsiniz.

Keyifli okumalar dileriz.

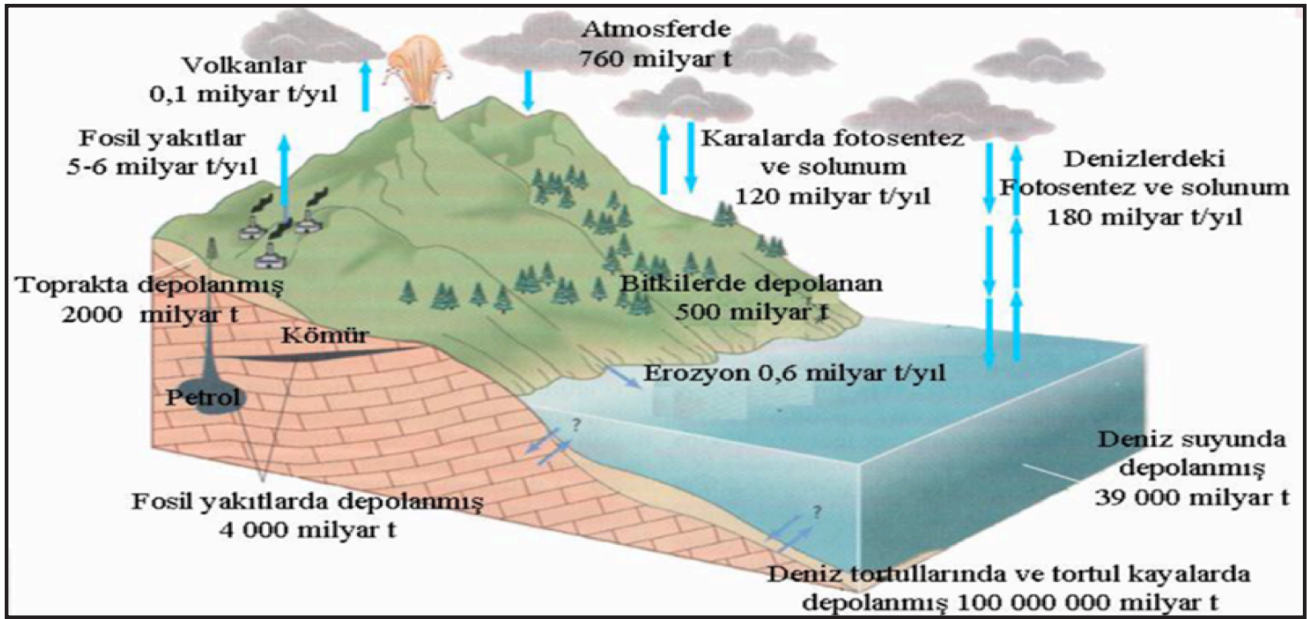


BİTKİLER DÜZEYİNDE YILLIK KARBON STOK KAPASİTESİ

Ezgi Kelleci, Toros Tarım ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye

Karbonun elementinin atmosfer, canlılar, karalar ve sular arasında yer değiştirmesi olayı, karbon döngüsü olarak adlandırılmaktadır. Atmosferdeki karbon, karalardaki ya da sulardaki fotosentez özelliği taşıyan canlılar tarafından (bitkiler, fitoplanktonlar gibi) bağlanmaktadır. Karbon daha sonra besin zinciri aracılığıyla fotosentez yapabilen canlılarla beslenen hayvanlara geçmektedir. Bu aşamadan sonra ya solunum ile atmosfere CO₂ olarak dönmekte ya da canlıların ölmesi ile toprakta veya sularda birikmektedir. Organik atıkların buralarda ayrışması ile CO₂ tekrar olarak atmosfere ulaşmaktadır. Küresel karbon döngüsünde, karalardaki bitkiler tarafından yaklaşık 60 milyar ton karbon alınmakta ve en az bu kadar karbon da solunum ile atmosfere salınmaktadır. Benzer şekilde okyanuslardaki canlıların fotosentez ve solunumunda kullanılan karbon miktarı da yaklaşık 180 milyar ton civarındadır. [1]

Bu rakam, doğal koşullarda fotosentez ile bağlanan karbon solunumu ile harcanan karbondan bir miktar daha fazladır. Böylece karbon canlılarda bitkisel veya hayvansal kütle olarak bağlanmaktadır. Karasal ekosistemlerdeki vejetasyonda depolanmış olan karbon miktarı 500 milyar ton dolaylarındadır. Karasal kesimlerde, karbon sadece bitkilerde değil aynı zamanda topraklarda da depolanmaktadır (Şekil-1). Topraklarda depolanmış karbon miktarı yaklaşık olarak 2000 milyar tondur (1m derinlikteki topraklar için). Okyanuslarda depolanmış olan karbon ise 39.000 milyar ton civarındadır. [1]



Şekil-1: 4R Matrisi (Toros Tarım resmi web sitesi)

Karbon ayrıca CaCO_3 gibi farklı formlarda inorganik olarak da depolanmış haldedir. Yeryüzündeki tortul kayalarda ve deniz diplerinde oldukça önemli miktarlarda inorganik formda karbon bulunmaktadır. İnorganik formdaki karbon küresel karbon döngüsü açısından çok önemli değildir. Yıllık olarak toplam 3,1 milyar ton karbon atmosferden alınarak çeşitli şekillerde depolanmaktadır. Ancak buna karşılık ısınma, sanayi ve ulaşımda fosil yakıtların kullanılması ile atmosfere yıllık olarak 6,3 milyar ton karbon emisyonu olmaktadır. Bu ve bunun gibi nedenlerden atmosferdeki karbon miktarı yıllık olarak 3,2 milyar ton kadar artmaktadır. [1] Doğal koşullarda devam eden küresel karbon döngüsünde atmosferdeki karbonun bitkiler tarafından bağlandığı, topraklarda ve sularda depolandığı için sürekli olarak azalma eğiliminde olması beklenir. Ancak, günümüz koşullarında fosil yakıtlarda depolanmış olarak bulunan karbon, fosil yakıtların işlenerek kullanılması ile karbon döngüsüne katıldığı için atmosferdeki miktarı sürekli artmaktadır. Orman ekosistemlerinde diğer karasal ekosistemlere oranla daha fazla karbon biriktirmektedir. Tablo 1'de çeşitli biyomlarda birim alanda ve toplam olarak depolanmış karbon miktarları verilmiştir.

Tablo-1: Dünya Üzerindeki Biyomlarda Vegetasyon ve Topraklarda Tahmini Karbon Stoku [1]

Biyomlar	Alan (milyar ha)	Toplam C miktarı			Birim Alandaki C miktarı	
		Bitki (milyar t)	Toprak (milyar t)	Toplam (milyar t)	Bitki (t/ha)	Toprak (t/ha)
Tropikal Ormanlar	1,76	212	216	428	120,5	122,7
Ilıman Bölge Ormanları	1,04	59	100	159	56,7	96,2
Boreal Ormanlar	1,37	88	471	559	64,2	343,8
Tropikal Savanlar ve Otlaklar	2,25	66	264	330	29,3	117,3
Ilıman Bölge Otlakları ve Çalılıklar	1,25	9	295	304	7,2	236,0
Çöller ve Yan Çöller	4,55	8	191	199	1,8	42,0
Tundra	0,95	6	121	127	6,3	127,4
Tarım	1,6	3	128	131	1,9	80,0
Sulak Alanlar	0,35	15	225	240	42,9	642,9
TOPLAM	15,12	466	2011	2477	30,8	133,0

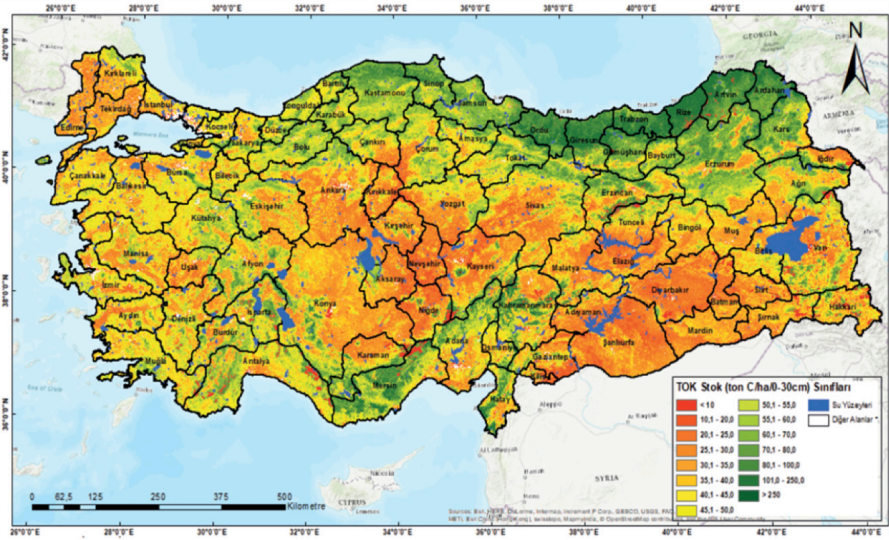
Toprak üstü bitkisel kütlede 1 hektar alanda tutulan karbon miktarının kuzey enlemlerdeki Boreal ormanlarda 40-60 ton, ılıman kuşak ormanlarında 60-130 ton, tropikal ormanlarda ise 120-194 ton arasında değişebildiği gibi bozulmamış bir tropikal yağmur ormanında ise 250 tona kadar yükselebilmektedir. Topraklarda depolanmış karbon miktarı, karasal karbon stokunun, Boreal ormanlarda %85'ini, ılıman kuşak ormanlarında %60'ını ve tropikal yağmur ormanlarında ise %50'sini oluşturmaktadır. [2] Birim alandaki toprak/bitki karbonu stok oranı yukarı enlemlerde 3-17, orta enlemlerde 1,2-3, aşağı enlemlerde ise 0,9-1,2 arasında değişebilmektedir. [3] Tablo-1'de anlaşılacağı üzere ülkemizin de içinde yer aldığı enlem kuşağında topraklarda depolanmış karbon miktarı, bitkisel kütledeki stoktan daha fazladır.

Türkiye Orman Topraklarındaki Karbon Miktarları

Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durumun tespiti için 1 m derinliğe kadar toprak çukurlarının açıldığı, derinlik veya katmanlara göre hacim silindirlere ile toprak örneklerinin alındığı ve Walkley-Black yöntemi ile toprakların organik karbon içeriklerinin belirlendiği; çeşitli araştırmacılar [1,2,3] tarafından verilen topraklardaki organik karbon değerleri birim alan için (1 ha) hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda ülkemiz ormanlarında topraklarda

1 hektar alanda 78,0 Mg (ton), ölü örtülerde 5,8 Mg (ton) olmak üzere toplam 83,8 Mg (ton) organik karbon depolandığı hesaplanmıştır. [4]

Türkiye topraklarının organik karbonu TOK stoklarının 0-30 cm derinlik için ton C ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Random Forest Modeli kullanılarak hazırlanan Türkiye Toprak Organik Karbon Haritası aşağıda sunulmuştur. Harita 2007 - 2017 yıllarında, araziden alınmış taşsız ve 0-30 cm toprak derinlik kademesi için ülke genelindeki karbon stoklarını Şekil-2'de göstermektedir. [5]



Şekil-2: 2002-2017 Yılları Arasında Alınan Toprak Verileri Üzerinden Hazırlanan Türkiye Toprak Organik Karbon Stok Harita [5]

Türkiye Toprak Organik Karbon Stok Haritası kullanılarak; Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Seviye 1 (Corine sistematğine göre ayrılmış 6 düzeyi kapsar, Tablo-2), Coğrafi Bölgeler, Yükselti Sınıfları, Havzalar, Karbon Odaklı Biyocoğrafya Bölgeleri ve Çölleşme Sınıfları dahil 12 farklı kategoride karbon stok değerleri sorgulanabilmektedir. Türkiye geneli, arazi kullanım ve arazi örtüsü Seviye 1'deki TOK stokları Tablo-2 de verilmiştir. Buna göre toplam 3,51 milyar ton civarında olan toplam TOK miktarının %38,3'ü orman alanlarındadır. Ormanları mera ve tarım alanları izlemektedir. Sulak alanlar ve su yüzeyleri ile yapay ve çıplak alanlardaki TOK stokları ise Türkiye toplam TOK stokunun ancak %1,36'sını oluşturmaktadır. Coğrafi bölgeler bazında TOK miktarları dağılımında ise 67,83 ton C ha⁻¹ ile Karadeniz Bölgesi en fazla TOK stokuna sahipken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 29,46 ton C ha⁻¹ ile en az TOK stokuna sahiptir. [5]

Tablo-2: Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Seviye 1'de Bulunan TOK Miktarları [5]

No	AKAÖ Seviye 1	Alan (ha)	Alan (%)	Tok Miktarı (ton C ha ⁻¹)	Standart Sapma	Tok Stoku (ton)	Tok Stoku (%)
1	Orman	24.180.644	31,64	55,68	19,52	1.346.434.101	38,33
2	Mera	23.568.338	30,84	49,77	22,81	1.172.981.521	33,39
3	Tarım	26.316.375	34,43	35,96	14,87	946.317.555	26,94
4	Çıplak Alanlar	1.172.581	1,53	12,78	24,87	14.981.558	0,43
5	Yapay Alanlar	796.519	1,04	16,12	19,57	12.838.873	0,37
6	Sulak Alanlar ve Su Yüzeyleri	393.100	0,51	49,71	16,61	19.542.037	0,56

En son 2007-2017 yılları arasında kapsamlı yapılan toprak örneklemeleriyle hazırlanmış olan TOK Stokları haritasının güncellenmesi söz konusu olabilecektir. Tarımsal uygulamalar (toprak işleme ya da toprak işlemez tarım (sıfır işleme), hayvan gübresi, biyokömür ve kompost kullanımı, monokültür (her yıl aynı ürün) sistemlerinin farklı sistemlere dönüştürülmesi, ürün nöbetleri, kışlık örtü bitkileri, dik yamaçlara çok yıllık bitkilerin uygulanması, yeşil gübreleme, ürün seçimi vb.) ile karbon tutulumunu artırmak için çiftçileri bu uygulamalara teşvik edici eylem sistemlerinin geliştirilmesi ve bu eylemlerin TOK üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar:

[1] Janzen, H.H. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, Agriculture, Ecosystems and Environment 104: 399-417, 2004.

[2] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report

[3] Lal, R., 2005. Forest soils and carbon sequestration, Forest Ecology and Management 220:242-258

[4] Tolunay, D., Çömez, A. 2008. Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar. 13-14 Aralık 2007, İstanbul, 97-108.

[5] T.C Gıda Hayvancılık Bakanlığı / Tübitak / Çölleşme ve Erozyon Mücadele Genel Müdürlüğü -Toprak Organik Karbonu Projesi- 2018.



EKOLOJİK ÇEVRE ETİKETLERİ

Aysu Kayaloğlu, Toros Tarım ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye

Ekolojik çevre etiketleri veya eko-etiketler temel olarak, bir ürün veya hizmetin yaşam döngüsü değerlendirmelerine dayalı olarak, genel çevresel yaklaşımını tanımlar. Bu çevresel yaklaşım, çevre etiketlerinin bağımsız bir üçüncü şahıs tarafından verilmiş olması gerçeğiyle garanti edilmektedir. Bu nedenle bir eko-etiket, tüketicilerin bir dizi ürün ve hizmet arasında, genellikle sözde ekolojik avantajları hakkında doğrulanmamış iddiaların arasından gerçekte daha iyi bir çevresel performans sunanları ayırt etmelerine yardımcı olan bir araçtır. [1]

Ekolojik çevre etiketleri, tüketiciler ve tedarik zincirindeki satın alma sorumluları için tasarlanan ve gönüllülük esasına dayanan bir sertifikalandırma uygulamasıdır. Etiketler, gerekli standartların kriterlerine uyan ürün için hammadde seçiminden, imalata, dağıtımına, servisine, hizmetine, tüketimine ve kullanımı bittiğinde geri dönüşümünün sağlanmasına kadar olan tüm aşamalarda yer alan tüm sektörler ve kuruluşları için alınabilir. [2]

Eko-Etiket Ne Değildir?

- Eko-etiketleme planına katılım isteğe bağlıdır ve dünya çapında gönüllülük esasına dayanır. Eko-etiketler, ürünlere tanınırlık ve rekabet avantajı sağlar ancak tedarikçilere bir eko-etiketleme planına katılım dayatılmaz.
- Eko-etiketler doğal, yeşil ve çevre temalı basit bir logo veya ürün beyanı ile karıştırılmamalıdır. Bu nedenle bir dizi standart gerektiren ve belirli kuruluşlar tarafından verildiği bilinmelidir.
- Belgelendirme planı üçüncü taraf olmalı ve belgelendirilmiş şirketten bağımsız olmalıdır. Sertifikanın güvenilirliği buna bağlıdır. Sertifikasyon sürecinin şeffaflığı, bir eko etiketi, doğruluğu bağımsız olarak değerlendirilmemiş bir çevresel logo veya şirket içi sertifikadan ayırır. [1]

Ekolojik Ürün Organik ve Yeşil Ürünlerden Farklı Mı?

Bir ekolojik çevre etiketi, belirli bir kategori içindeki ürün ve hizmetlerin çevresel olarak tercih edilebilir olduğunu yani ekolojik ürün olduğunu tanımlayarak tüketicilere yol gösterir ve bir ürünü ekolojik olarak ayırt edebilmek için eko-etiketleme çok önemlidir. [3]

Ekolojik ürün kavramı, her geçen gün daha çok duyduğumuz benzeri tanımlamalarla karıştırılabilir. Ekolojik ürün, aslında kullanabileceğimiz en kapsamlı kavram olarak hem gıda ürünleri için tanımlanan organik ürünleri hem de endüstriyel olarak çevre dostu kabul edilen ürünleri kapsayan en güvenilir kavramdır. Ekolojik ürün kavramı, o ürün ya da hizmetin tüm yaşam döngüsü boyunca çevreye zarar vermediğini ifade etmektedir. Yani ekolojik ürünler, doğada parçalanabilir, geri dönüştürülebilir, doğal ekolojik döngülere zarar vermeyen, toksiditesi olmayan ve ayrıca enerji tasarrufu sağlayan ürünlerdir. [3]

Dünyada Eko-Etiketler ve Çevre Etiketleri

Dünya çapında 430 civarında çevresel etiket uygulaması bulunmaktadır. Eko-etiketler ulusal, coğrafi ya da siyasi anlamda bölgesel ya da uluslararası olabilmektedir. Etiketlerin popüleritesi son yıllarda, iklim değişikliğine bağlı olarak artan çevresel kaygılarla artmış olmasına rağmen aslında kırk yıldır kullanımdadırlar. [1] İlk etiket olan Blue Angel, 1978'de Almanya tarafından uygulamaya konmuştur. Katılımın gönüllü tutulduğu Blue Angel programına ait eko-etikete bugün yaklaşık 1.600 şirketin 12.000 ürünü sahiptir. [4]



Şekil 1. Blue Angel, Nordic Swan ve EU Eco-Label Etiketleri [4-6.]

1989 yılında ise Blue Angel modeli örnek alınarak İskandinav ülkelerinde, Nordic Swan adlı eko-etiket oluşturularak başta Danimarka, Finlandiya, İzlanda ve Norveç olmak üzere boyutta bu etiket uygulanmaktadır. [5] Avrupa Birliği'nde de 1992 yılında EU Eco-Label çevre etiket sistemi kurulmuştur. Başta 27 Avrupa Birliği ülkesi ile birlikte Norveç, İzlanda ve Lüksemburg olmak üzere tüm dünyada geçerli olan bir etikettir. [6]



Şekil 2.
Energy Star
Etiketi [7]

Energy Star etiketi de uluslararası tanınırlığı oldukça yüksek global bir çevre etiketidir. Tüketicilerin ve işletmelerin bilinçli kararlar almak için güvendiği basit, güvenilir ve tarafsız bilgiler sağlayan, enerji verimliliği için devlet destekli bir semboldür. Binlerce endüstriyel, ticari, kamu hizmeti, eyalet ve yerel kuruluş, hava kalitesini iyileştirirken iklimi koruyan, maliyet tasarrufu sağlayan enerji verimliliği çözümleri sunmak için ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ile ortaklık içindedir. Amacı Energy Star etiketini taşıyan ürünlerin diğer ürünlere göre daha az enerji tüketmesiyle daha çevre dostu olduğunu bildirmek ve enerji tasarrufu sağlayan işlevleri barındıran ürünlerin gelişimi ve yaygınlaşmasına yardımcı olmaktır. Bilgisayar ürünleri, aksesuarları, mutfak aletleri, binalar ve diğer Energy Star etiketini taşıyan ürünler diğer ürünlere göre %20-30 daha az enerji tüketirler. [7]

Türkiye pazarında EU Eco-Label, Nordic Swan ve Blue Angel eko-etiketli ürünleri bulunan marka ve firmalar da mevcuttur [8].



Şekil 3. Türkiye Pazarındaki uluslararası eko-etiketlere sahip markalardan bazıları [8]

Türkiye Çevre Etiketi

Türkiye'de üretilen, dağıtılan, ihraç edilen veya ithalat yoluyla piyasaya sunulan ürün ya da hizmetlerin çevreye duyarlı ve çevre dostu olduğunu gösteren eko-etiket sistemidir. Yalnızca Türkiye'de geçerli ulusal bir etikettir. [9]

AB Çevresel Eko-Etiket tüzüğünü uygulamak amacıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Türkiye'de Çevre Etiket Sisteminin Kurulması Projesi yürütülmüş ve 2018 yılından itibaren eko-etiket sistemi uygulamaya alınmıştır. Türkiye'de ilk kez tekstil, seramik ve kâğıt sektöründen üç farklı ürün için uygulanmıştır. Ayrıca Türkiye, 2023 Türkiye İhracat Stratejisi ve Eylem Planı'nda çevre başlığı altındaki 2023 yılı hedeflerine, eko-etiket uygulanan ürünlerini 250'ye çıkartmayı eklemiştir. [9]



Şekil 4. Türkiye çevre etiketi [9]

Eko Etiket Tarım Belgesi

Avrupa Birliği'nde uygulamaya alınan çevre etiket sistemi tarımsal çerçevede, bitki yetiştirme ortamı ve toprak iyileştirici ürünler için kriterler belirlemiştir. EU Eco-Label etiketleri taşıyan tarım ürünleri, üretim sırasında geri dönüştürülmüş ve hayvan yetiştiriciliğini de standardize eden organik madde kullanıldığını; turba, mikrobiyal ve kalıntı pestisitler içermediğini ortaya koymaktadır. [10] Paralelinde, Türkiye'de ekolojik tarım kriterlerini belirleyen İyi Tarım Uygulamaları Hakkında Yönetmelik ve Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliği'ni 2010 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çıkartılmıştır. Bu yönetmelikler, tarımsal üretimin insan ve hayvan sağlığına ve ekosisteme zarar vermeyecek bir şekilde, doğal kaynakların korunduğu, tarımsal faaliyetlerin izlenebilir ve sürdürülebilir olduğu uygulama esaslarını ve organik tarımsal üretimin pazarlama koşullarının

düzenlenmesine yönelik esasları düzenlemektedir. [10]

Greenwashing ve Yeşil İddialara Dikkat

Çevre etiketlerinin artan sayısı başlı başına bir zorlukken, çevre dostu ürünlerin artan popülaritesi, tüketiciye dönük logoların çeşitlenmesine ve çoğalmasına neden olmuştur. Bu nedenle etiketlerin yanlış kullanılması veya kalite ve özelliklerinin yanlış yorumlanması riski oluşmuştur. [1]



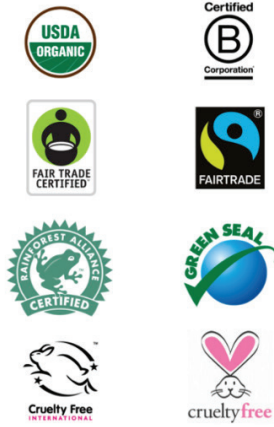
Şekil 5. Yeşil iddialı popüler etiketler [12]

“Yeşil”, “Doğa Dostu”, “Çevre Dostu”, “Tamamen Doğal”, “Eko-ürün”, “Sürdürülebilir”, “Pure” gibi genel tanımlar tek başlarına yeterli değildir. Ayrıca döngü, yaprak, çiçek ve ağaç sembolleri ürünle doğrudan bir bağlantısı olmadığı sürece, ürünün belirli çevresel faydaları olduğu konusunda yanıltıcı bir izlenim verebilir. [11] Her ne kadar pozitif tanımlamalar da olsa, bazı şirketler bu tanımlamalar ile gerçekte sahip olmadıkları çevresel değerleri sergilemeye çalışabilirler. “Yeşil aklama” olarak tabir edebileceğimiz “greenwashing” bir şirketin çevresel uygulamaları veya bir işletmenin ürün veya hizmetlerinin çevresel faydaları hakkında tüketicileri yanıltma eylemidir. Yeşil aklama, yeşil ürünler satın almak isteyen ancak vaat ettikleri faydaları sağlamayan ürünlerle tüketicilerin seçimlerini karıştırabilirler. Uzun vadede tüm bu etiketlerin itibarna ve çevresel iddialara zarar verirler. [1]

Misleading Labels



Trustworthy Certifications



Pek çok doğru çevre beyanının yanında, pazar yanıltıcı veya aldatıcı olan ürün beyanlarıyla doludur. Bir şirketin ürünlerinin çevresel kalitesi hakkında yaptığı ancak harici bir kaynak tarafından doğrulanmayan ürün beyanına “yeşil iddia” denir. Güvenilir bir yeşil iddia, ISO 14021 tarafından belirtilen kriterlere uymalıdır. Uymadığında ise “yeşil aklama” içermesi güçlü olasılıklar arasındadır. [1]

Şekil 6. Güvenilir olmayan ve güvenilir sertifikasyon etiketleri [13]

Kaynaklar:

- [1]. UNOPS, A. (2009). Guide to Environmental Labels-for Procurement Practitioners of the United Nations System, Unops, 38.
 [2]. AYDIN, G. Ş. (2019). Eko-etiketleme ve türkiye çevre etiketi, Harran Üniversitesi mühendislik dergisi, 4(1), 40-47.
 [3]. <https://eko-etiket.org/eko-etiket/>
 [4]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Angel_\(certification\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Angel_(certification))
 [5]. <https://www.nordic-ecolabel.org/>
 [6]. https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm
 [7]. <https://www.energystar.gov/>
 [8]. <https://eko-etiket.org/>
 [9]. <https://cevreetiketi.csb.gov.tr/>
 [10]. <https://www.intersistemteknik.com/eko-etiket-ekolojik-urun-belgesi.html>
 [11]. OECD (2016). Policy Perspectives: Environmental labelling and information schemes
 [12]. <https://www.freepik.com/free-photos-vectors/100-natural>
 [13]. <https://www.bbntimes.com/environment/everything-you-need-to-know-about-greenwashing>



YAPAY FOTOSENTEZ TEKNOLOJİLERİ

Melike Oğuz, Toros Tarm ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye

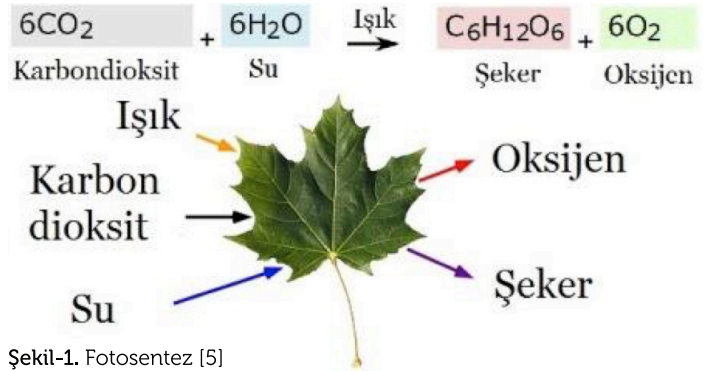
Fosil yakıtların yerini temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağının alması, bugün insanlığın karşı karşıya olduğu en acil ve zorlu sorunlardan birisi olmakla birlikte son zamanlarda bu konu üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Doğada bir milyar yıldan fazla bir süredir klorofil taşıyan bitkiler tarafından gerçekleştirilen fotosentezle suyun oksitlenerek karbohidratların üretilmesi için birincil enerji kaynağı olarak güneş ışığı kullanılmaktadır. [1]

Fotosentez, bitkilerin güneş enerjisi ve su moleküllerini glikoz formunda kullanılabilir enerjiye dönüştürdüğü karmaşık süreçlerin tamamıdır. Fotosentez için klorofil pigmentinin yanı sıra proteinler, enzimler ve metaller kullanılmaktadır.

Fotosentezin taklit edilmesiyle temiz, depolanabilir, verimli yakıt elde edilebilmektedir. Bu yeni teknolojinin temiz enerji çeşitlerinden biri olacağı düşünülmektedir. İnsan uygarlığının bir yıl boyunca tüm enerji ihtiyacını karşılamaya yetecek kadar enerji, bir saat içinde güneş ışığı şeklinde dünyaya çarpmaktadır. Doğadan alınan ilhamla yapay sistemler geliştirilmesi ile güneş ışığı yakalanarak suyun oksitlenmesi ve faydalı kimyasal yakıtların üretilmesinde kullanılan proton veya diğer organik bileşiklerin azaltılması sağlanabilir. Çeşitli üniversitelerden araştırmacılar bu enerjiyi kullanabilmek için bitkileri taklit eden sistemler üzerinde çalışmaktadır. [2]

Güneş, hidroelektrik, jeotermal, rüzgar, dalga ve biyokütle enerjilerine göre enerji şampiyonudur. Şu anda bir yılda kullandığımız fosil, nükleer ve tüm yenilenebilir kaynakların enerjilerini birleştirdiğimizde, Güneş'in Dünya'mıza 1 saat içinde gönderdiği enerjiden daha azını üretebilmekteyiz. Güneş'in enerjisi insani faaliyetlerle tükenmez, küresel olarak aşağı yukarı eşit olarak dağıtılır ve kullanımı çevremize ve iklimimize zararsızdır. [3] Doğal fotosentez sürecinde güneş ışığı kullanılarak CO₂ ve H₂O molekülleri arasındaki bağlar koparılıp enerji açığa çıkarılmaktadır. Ortaya çıkan oksijen atmosfere geri

salınırken, hidrojen de CO₂ moleküllerini şeker ve diğer organik moleküllere dönüştürmek için kullanılır. [4] CO₂ emisyonlarının fotosentezle azaltılması ve temiz enerji sağlanması amacıyla doğal fotosentez taklit edilerek bilim insanları tarafından yapay fotosentez teknolojisi çalışmaları yürütülmektedir.



Şekil-1. Fotosentez [5]

Fotovoltaik hücrelerdeki dönüşümlerle üretilen rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi, iki büyük temiz enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerjilerin arasına üçüncü sıraya yapay fotosentezin eklenmesi, enerji dünyasını önemli ölçüde değiştirecektir. Hacimli piller gerektirmeden enerjiyi kolayca depolama yeteneği, insanların topluma temiz ve verimli bir şekilde enerji sağlama yeteneğini önemli ölçüde geliştirecektir. Rüzgar türbinlerinin ve fotovoltaiklerin çevresel etki ve karmaşık faktörler açısından birtakım dezavantajları vardır. Yapay fotosentezin bu zorlukları ortadan kaldırdığına inanılmaktadır. Erişilebilir enerjiyi bulabilmek için bilim insanları çok sıkı çalışmalar yürütmektedir. Toksik olmayan, kolayca bulunabilen elementlerle temiz ve sürdürülebilir enerjiyi elde etmeye çalışmaktadırlar. Yapay fotosentezin de bu araştırmalarda gelecek vadeden en iyi yollardan biri olduğu düşünülmektedir. Bilim adamları 1970'li yıllardan bu yana yapay fotosentez üzerine çalışmaktadır. 1970'lerden günümüze çalışmaların bu kadar uzun zaman alma sebebi fotosentezin başlı başına çok karmaşık ve zor süreçlerinin olmasından kaynaklanmaktadır.

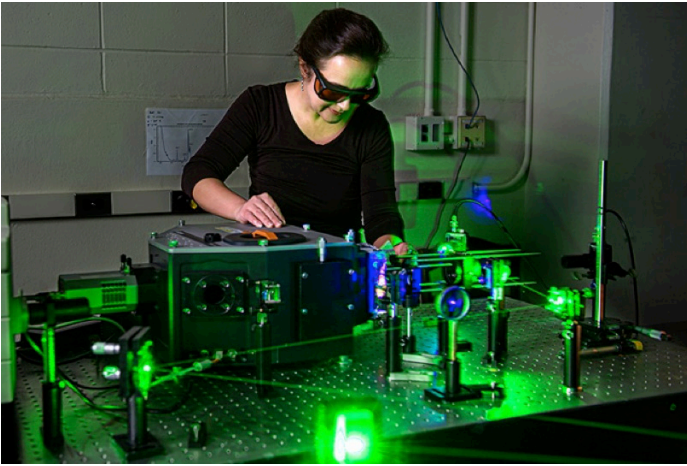
Günümüzde yapay fotosenteze en yakın teknoloji, bir güneş pilinin güneş enerjisini elektriğe dönüştürdüğü fotovoltaik teknolojidir. Fakat bu süreç, güneş enerjisinin sadece %20'sini yakalayabilecek kadar verimsizdir. Diğer yandan fotosentez, güneş pillerinden daha verimlidir ve güneş enerjisinin %60'ını ilgili biyomoleküllerde kimyasal enerji olarak depolayabilmektedir.

Basit fotovoltaik hücreleri ile güneş panellerinin, verimliliği yarı iletkenlerin ışık enerjisini emme yeteneği ve hücrenin güç üretme kabiliyeti ile sınırlıdır. Bilim adamları yapay fotosentez teknolojisi ile temel fiziksel kısıtlamalarının olmayacağını ve bu sayede de doğal fotosentezdeki gibi %60 verimle yapay fotosentez teknolojisinin geliştirilebileceğini, hatta eğer daha ileri çalışmalar yapılabilirse verimin %80'e kadar çıkabileceğini düşünmektedir.

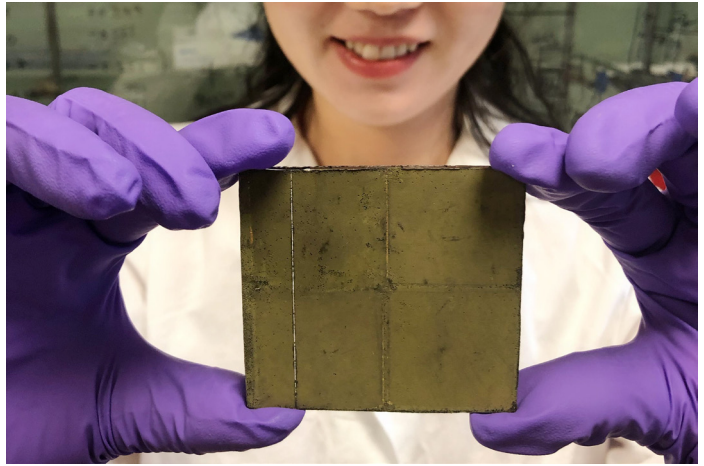
Purdue Üniversitesi'nde yapılan bir çalışma ile yapay

yaprak örneği geliştirilerek ışığın toplanması ve su moleküllerinin parçalanarak hidrojen üretilmesi sağlanmıştır. Hidrojen, yakıt hücreleri aracılığıyla tek başına yakıt olarak kullanılabilir, doğal gaz gibi diğer yakıtlara eklenebilir ya da araçlardan evlere, küçük elektronik cihazlara, laboratuvarlara ve hastanelere kadar her şeye enerji sağlamak için yakıt hücrelerine yerleştirilebilir.

Yapay fotosentezin ilk adımı olan suyun bölünmesi enerji kazancı bakımından büyük ölçüde verimlidir ve bitkilerdeki Fotosistem II proteinleri bunu saniyede bin kez yapmaktadır. Yine Purdue Üniversitesi'nde yapılan başka bir çalışmada doğal fotosistem II proteinleri ve yapay katalitik kombinasyonlarla yapılan deneylerde en verimli sonuca ulaşmak için çalışmalar yürütülmektedir. Deneyler sırasında doğada kolayca bulunan, toksik olmayan bileşik ve kimyasallar kullanılmaya özen gösterilmektedir. [2]



Şekil-2. Purdue Üniversitesi'nde geliştirilen yapay fotosentez düzeneği [2]



Şekil-3. Cambridge Üniversitesi'nde geliştirilen yapay fotosentez yapabilen foto-levha [4]

Başka bir çalışmada Cambridge Üniversitesi bünyesinde çalışan bir ekip, dışarıdan herhangi bir girdi olmadan "Photosheet" (foto-levha) adını verdikleri teknoloji ile güneş ışığı, CO₂ ve H₂O'yu oksijen ve formik aside dönüştürmektedir. Formik asit ise doğrudan veya hidrojene dönüştürülerek yakıt amaçlı kullanılabilir.

Başka bir çalışmada 2019 yılında Illinois Üniversitesi'nde iki araştırmacı, yeşil olan ışığı alıp karbondioksit ve su arasındaki reaksiyonlar için gerekli olan proton ve elektronları transfer etmek için metal katalizörler kullanmış ve bu şekilde klorofilin doğal fotosentezdeki rolü başarıyla taklit edilmiştir. Ancak, yapay fotosentez süreci kısmen başarılı olsa da doğal fotosentez kadar verimli olmadığı için bilim insanları çalışmalarını geliştirmeye devam etmektedir. Siemens Energy ve Evonik, çevre dostu bir uygulamayla yapay fotosentez teknolojisi geliştirerek hidrojen ve karbondioksit elektrolizi ile enerji üreterek kimya endüstrisinde sürdürülebilir kimyasal üretimi için pilot tesis kurmuş ve üretime başlamıştır. [6]

Kaynaklar:

- [1] Berardi, S., Drouet, S., Francàs, L., Gimbert-Suriñach, C., Guttentag, M., Richmond, C., Stoll, T., Llobet, A. Molecular artificial photosynthesis, Chem. Soc. Rev., 2014, 43, 7501-7519.
- [2] <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2021/Q2/soaking-up-the-sun-artificial-photosynthesis-promises-a-clean-sustainable-source-of-energy.html>
- [3] Barber, J., Tran, P. D. From Natural to Artificial Photosynthesis. J R Soc Interface, 2013, 10: 20120984.
- [4] <https://kurious.ku.edu.tr/haberler/yapay-fotosentez/>
- [5] <https://azbitki.com/fotosentez-bitkilerin-beslenmeleri>
- [6] <https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/enerji/siemens-energy-ve-evonik-ten-yapay-fotosentez-teknolojisiyle-iklim-dostu-uretim/659836>



KURAKLIK STRESİ KOŞULLARINDA TARIMSAL ÜRETİM SİSTEMLERİNİN YÖNETİMİ

Ali Yetgin, Toros Tarım ARGE Merkezi, Mersin, Türkiye

Bitkilerin hayatta kalabilmeleri için çevresel stres faktörleriyle başa çıkmaları gerekmektedir. Ana abiyotik streslerden biri olan kuraklık bitki gelişimini, büyümesini ve ürün verimliliğini etkilemektedir. Kuraklık, dünya çapında düşük verimin baskın nedeni olup küresel iklim değişikliği nedeniyle giderek artması beklenmektedir. Hayat standartlarının korunabilmesi için kuraklıkla mücadele edip mevcut gıda üretiminin korunması ve artırılması gerekmektedir.

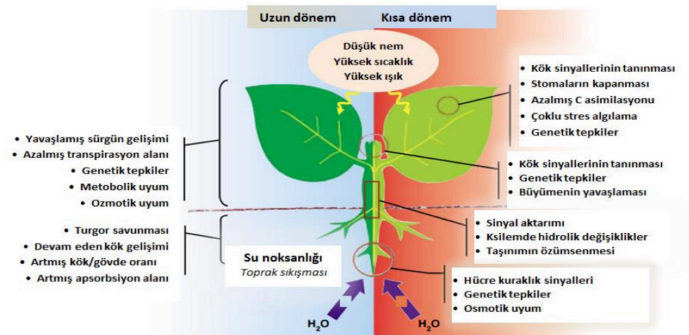
Dünya çapında yağmurla beslenen çeşitli tarım alanlarında, küresel ısınma nedeniyle yıllık birikmiş yağış miktarı azalmıştır. Küresel ısınmaya bağlı su kaybı sadece toprakta değil, bitki düzeyinde de meydana gelmektedir. Bitkilerdeki iç su, küresel ısınmadan kaynaklanan artan sıcaklıkların etkisiyle atmosferde büyük ölçüde kaybolmaktadır. Bu durum dünya çapında çeşitli tarımsal sistemlerde halihazırda var olan su açığı sorunlarını daha da kötüleştirir. Bu yüzyılın sonuna kadar hava sıcaklığında mevcut seviyelerden 2 °C civarında artış meydana gelirse, dünya nüfusunun yaklaşık beşte biri şiddetli su probleminden etkilenecektir. [1]

Kuraklık Stresinin Etkileri

Kuraklık, bitkiler için çok yönlü bir strestir. Mahsul bitkilerinin metabolizması üzerinde kritik etkiye neden olabilir ve mahsul üretiminin dikkate değer şekilde sınırlandırılmasını tetikleyebilmektedir. Su ihtiyacı durmadan artarken, suya erişilebilirlikte ciddi düşüş bulunmaktadır. Toprakta yeterli nemin bulunmaması ile ifade edilen tarlalardaki su kıtlığı, mahsulün olgunlaşma ve gelişiminin gecikmesine ve/veya başarısızlığına neden olmaktadır. Su eksikliği, mahsul bitkilerinde biyokimyasal, morfolojik ve fizyolojik süreçleri etkilemektedir. Kuraklık, turgor kaybına neden olup enzimlerin aktivitelerini bozmaktadır. Ayrıca fotosentezden enerji transferini azaltarak hücre bölünmesi ve uzaması üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. [2] Sonuç olarak bu etkiler bitki

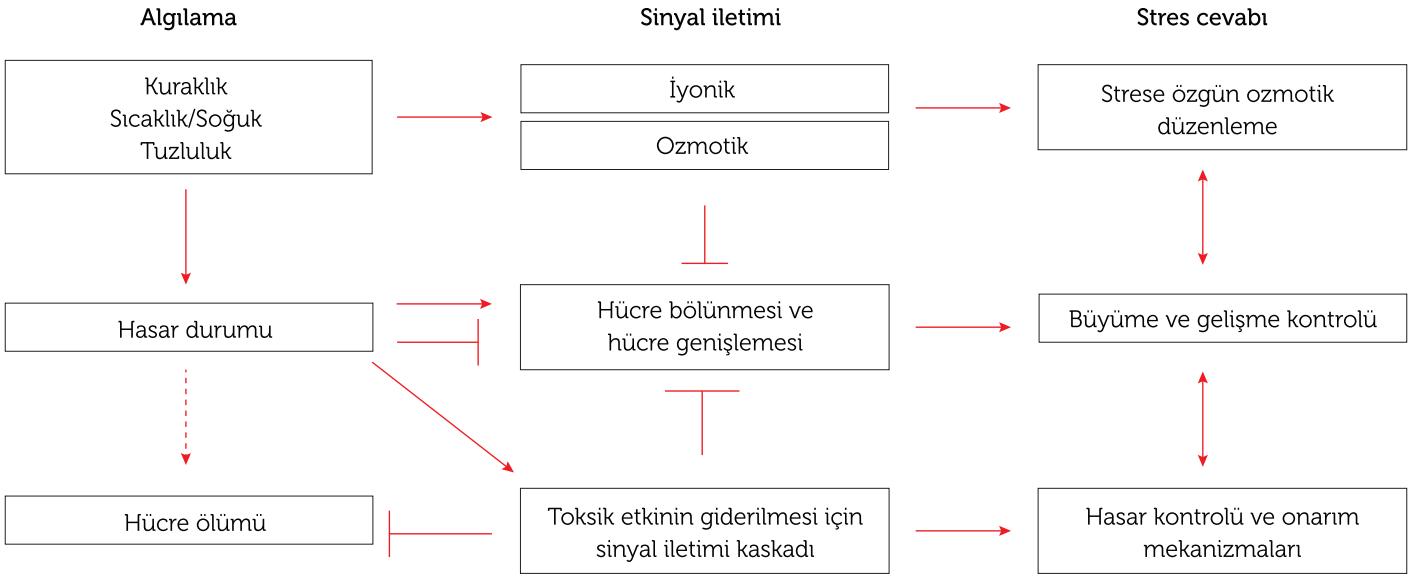
büyümesini ve gelişimini azaltmaktadır.

Kuraklığın bitkiler üzerindeki dikkate değer etkileri arasında ayrıca hücre genişlemesi ve bölünme oranında azalma gelmektedir. Ayrıca çimlenme oranı, yaprak alanı, stoma tepkileri ve klorofil seviyelerinde de azalmalar görülmektedir. Bununla birlikte, bitkiler su tükenmesini azaltarak (örneğin stomaları kapatarak, yaprak yüzey alanını azaltarak vb.) veya su alımını artırarak (derin köklerle) su eksikliğini giderebilirler. [3] Su açığı koşullarına maruz kalan bitkilerin önemli bir reaksiyonu büyüme durmasıdır. Kuraklık stresi varlığında sınırlı sürgün gelişimi, bitkinin metabolik taleplerini azaltır. Daralmış kök gelişimi, kök meristeminin işlevini düzenler ve stres yatıştırıldığında kök büyümesini teşvik eder.



Şekil 1. Bitki kuraklık stresi uzun dönem (sol) ve kısa dönem (sağ) etkileri [8]

Bitkilerin kuraklık koşullarına tepkisi son derece karmaşıktır. Temel olarak farklı bitkiler arasında ve gelişim aşamaları ile su eksikliğinin derecesi arasında dalgalanma gösterir. Su kıtlığı, kök ve sürgün gelişiminde ve yaprak alanında kayda değer bir engele neden olur ve bunu bitkilerin büyümesi ve gelişmesi izler. Bu değişikliklerin yanı sıra, bitkiler fotosentezden antioksidana ve su açığı direncinin bileşenleri olarak çözünen maddelerin birikime kadar uzanan çeşitli metabolik süreçler görülmektedir. [4]

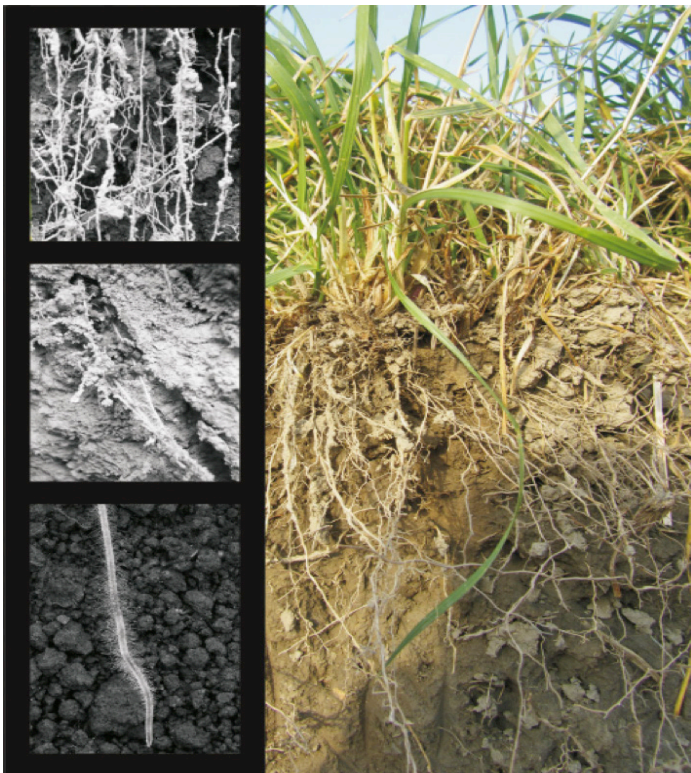


Şekil 2. Bitki abiyotik stres tepkisinin genel aşamaları [6]

Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinin karmaşık olması, sıcaklık ve tuzluluk gibi diğer abiyotik strese tepkilerinin de benzer sinyal iletim yollarını ve mekanizmalarının kullanmasından ileri gelmektedir. Bu noktada unutulmaması gereken en önemli faktör, tarla koşullarında, yani doğada, kuraklık, sıcaklık ve tuzluluk streslerinin aynı anda oluştuğu ve bu nedenle bitkilerin bu streslerle mücadele mekanizmalarının da birbirinden ayrı olamayacağıdır. [11] Bu nedenle, bitki stres toleransının artırılmasına yönelik çalışmaların sadece tek bir abiyotik strese tepkisi değil, çoklu stres etkilerinin anlaşılmasına yönelik gerçekleştirilmesi, olumlu gelişmeler elde edilebilmesi açısından önem teşkil etmektedir.

Kuraklık Stresi Yönetimi

Kuraklık stresi, çeşitli ortamlarda sınır tanımadan ve net bir uyarı olmaksızın var olan ve bitki biyokütle üretimini, kalitesini ve enerjisini engelleyen kaçınılmaz bir faktördür. Sıcaklık dinamikleri, ışık yoğunluğu ve düşük yağış nedeniyle oluşan önemli çevresel stresleri içerisinde barındırmaktadır. Buna rağmen, kümülatif, belirgin olmayan etkisi ve çok boyutlu doğası, fotosentetik kapasite üzerinde olumsuz etki ile bitkinin morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler özelliklerini ciddi şekilde etkiler. Bitkiler, su kıtlığıyla başa çıkmak için tür düzeyine göre farklılık gösteren fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler dahil olmak üzere çeşitli karmaşık direnç ve adaptasyon mekanizmaları geliştirir. [9]



Şekil 3. Bitki ve toprak arasında dinamik bir arayüz olarak kök bölgesi, mahsul suyu temininde önemli rol oynar. Birçok süreç hala tam olarak anlaşılabilmiştir ve bu nedenle, kök bölgesi yönetimi için yeni agronomik önlemlerin geliştirilmesi, tarım sistemlerinde su stresini azaltmak için stratejik bir zorluktur. [4]

Bitki-toprak-atmosfer sürekliliğindeki verim kısıtlayıcılarının belirlenmesi, bitki suyu stresinin daha iyi yönetilmesinin anahtarıdır. Mahsul ekolojisi, bu amaçla toprak hidrolojisini ve bitki fizyolojisini mahsul üretimi bağlamına entegre eden sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır. Farklı ortamlarda verimi belirleyen iklim, toprak ve bitki özellikleri ve uygulanması gereken prosedürler Bodner ve ark. (2015) tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

1. Buharlaşma ve akıntı gibi verimsiz su kayıpları, mevsimsel yağışlı karasal iklimlerden depolamaya bağlı kış yağışlı iklimlere kadar artar. En yüksek kayıplar, kısa süreli yoğun yağışlı mevsime sahip tropikal nem rejimleri altında meydana gelir.

2. Kurak iklimi olan sahalar, istikrarlı verim sağlamak için fenoloji ve su tasarrufu yoluyla adaptasyon gerektirir. Aralıklı kuraklık, daha iyi stres direnci için hala büyük ölçüde kök sistemi aracılığıyla telafi edilebilmektedir.

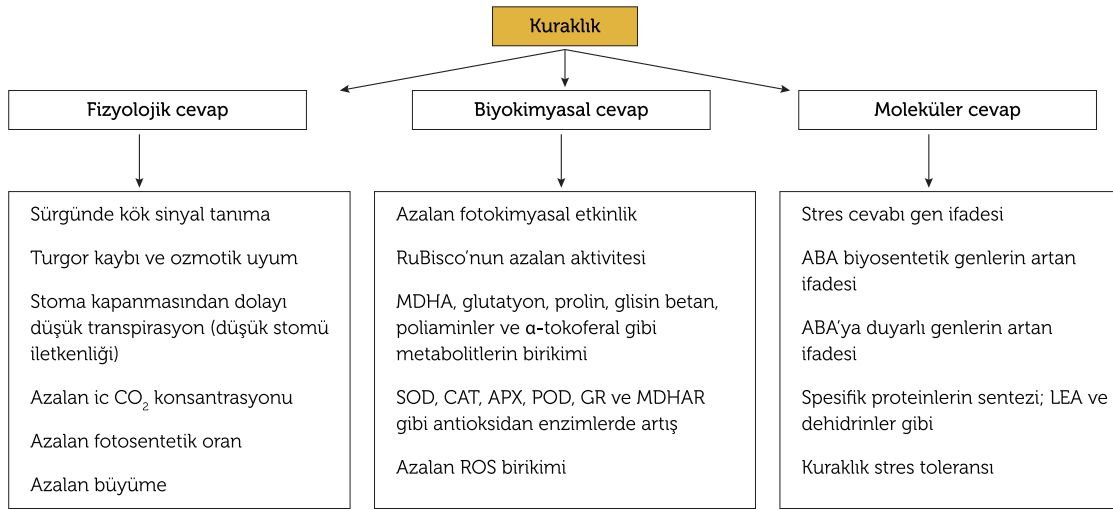
3. Malçlama ve tohumlama tarihi gibi kısa vadede daha iyi yönetim seçenekleri, tarım sistemlerinin saha kısıtlamalarına göre ayarlanmasına izin verir. Uyarlanmış çeşitler, mahsul suyu talebi ile toprak arzı arasındaki senkronizasyonu artırabilir. Uzun vadede, toprak hidrolik ve bitki fizyolojik kısıtlamaları, toprak işleme sistemlerini değiştirerek ve daha yüksek stres direncine sahip yeni çeşitler yetiştirerek üstesinden gelebilir.

4. Özellikle rizosferde bitki ve toprak arasındaki etkileşimler, daha iyi mahsul suyu teminine neden olmaktadır. Bu tür bitki-toprak etkileşimlerinin hedefli yönetimi hâlâ geliştirilmesi gerekmektedir.

Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artması beklenen kuraklık ile mücadele edebilmek için mevcut gıda üretiminin korunması ve üretimin artırılması yaşam kalitemizin devamlılığını sağlamak açısından

çok önemlidir. Uzun yıllardır süregelen araştırmalar sonucunda, bitkilerin kuraklık stresine tepkileri büyük ölçüde anlaşılmış olmasına rağmen, bitkilerin kuraklık stresine toleransını artırmaya yönelik çalışmalar konusunda ciddi başarılar elde edilememiştir. [5] Bu durum araştırmalara yeni bakış açıları ile yaklaşılması ve hedef-sonuç odaklı, yani doğrudan uygulamaya aktarılabilir çalışmaların sayısının artması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kuraklık stresinin hafifletilmesine yönelik yaklaşımlar, bitkilerde stres toleransını iyileştiren metabolomik, proteomik, genomik, transkriptomik gibi omik teknolojisi yetiştirme stratejilerini içermektedir. Kuraklık stresi indüksiyonu için bitkilerde kuraklık stresi koşullarında tohum hazırlama, büyüme hormonları, ozmoprotektanlar, silikon (Si), selenyum (Se) ve potasyum uygulamaları kullanılabilir. [9] Bitkilerde kuraklık stresine uyum için antioksidan enzimlerin aktivitesini düzenleyen, hücre homeostazında bakım yoluyla bitki toleransını artıran ve su stresinin olumsuz etkilerini iyileştiren mikroorganizma, hidrojel, nanopartikül uygulamaları ve metabolik mühendislik teknikleri kuraklığa karşı adaptasyon için büyük potansiyele sahiptir.



Şekil 4. Bitkilerde kuraklık stresi toleransının fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler temelleri [7]

Sulama mümkünse kuraklık koşullarıyla mücadelenin başlıca yolu olarak kullanılması gerekmektedir. Tarımdan istikrarlı bir gelir yaratılabilmesi için sulama temel bir yaklaşımdır. Sulamanın gelişimi hem makro hem de mikro ölçekte çeşitli çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlere bağlıdır. Ayrım gözetmeksizin uygulanırsa sulamada toprak erozyonu, toprak tuzlanması ve toprak hastalığı enfeksiyonu gibi tehlikeler oluşabilmektedir. [10] Beklenmeyen kuraklık durumunda mahsulü kurtarmak veya beklenen toplam mevsimsel yağışı desteklemek için planlı bir uygulama olarak doğru sulama gerçekleştirilmelidir.

Kaynaklar:

- [1] Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLoS one*, 14(5), e0217148.
- [2] Bashir, S. S., Hussain, A., Hussain, S. J., Wani, O. A., Zahid Nabi, S., Dar, N. A., ... & Mansoor, S. (2021). Plant drought stress tolerance: understanding its physiological, biochemical and molecular mechanisms. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1), 1912-1925.
- [3] Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P., Osório, M. L., ... & Pinheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of botany*, 89(7), 907-916.
- [4] Bodner, G., Nakhforoosh, A., & Kaul, H. P. (2015). Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 401-442.
- [5] Martignago, D., Rico-Medina, A., Blasco-Escámez, D., Fontanet-Manzanecer, J. B., & Caño-Delgado, A. I. (2020). Drought resistance by engineering plant tissue-specific responses. *Frontiers in plant science*, 10, 1676.
- [6] Öztürk, N. Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 3(5), 307-315.
- [7] YILDIZ, M., Fadimana, K., & TERZİ, H. (2020). Kuraklık Stresi ve Bitki Proteomik. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 286-297.
- [8] Selda, Ö. R. S., & EKİNCİ, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237-250.
- [9] Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., ... & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2), 259.
- [10] Gitz, V., Meybeck, A., Lipper, L., Young, C. D., & Braatz, S. (2016). Climate change and food security: risks and responses. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Report*, 110, 2-4.
- [11] Suzuki N, Rivero RM, Shulaev V, Blumward E, Mittler R.2014. Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytol*,203: 32-43.