İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Erdinç UYSAL

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Toprak

- Toprak, bir dizi faktörün etkileşimi altında ve çok uzun bir süreç sonunda oluşur.
- Toprak okyanuslardan sonra en büyük karbon yutağıdır iklim değişimine karşı önemli bir denge unsuru konumundadır.
- Topraklar iyi yönetilmezse yalnızca iklim değişikliğinden etkilenmekle kalmaz, aynı zamanda bir sera gazı kaynağı olarak iklim değişikliğine katkıda bulunabilir.
- İklim değişikliğinin etkileri arttıkça bu durumdan toprakların etkilenmesi kaçınılmaz olmaktadır.



Kaynak: 123RF/SARAYUTSY

Funded by the European Union

İklim Değişikliğinin Toprak Nemi Üzerindeki Etkileri

- Yaşanan iklim değişikliklerinin sonucu olarak toprak nem içeriğinde bazı değişimlerin görülmesi beklenmektedir.
- Özellikle kısa sürede gerçekleşen yoğun yağışlar ve sıcaklık artışına bağlı olarak daha fazla buharlaşma ve terlemenin olması gibi iklim değişikliğinden kaynaklanan durumlar toprak suyunda bir dizi dalgalanmalara sebebiyet verebilmektedir



Kaynak: Oyvind Martinsen Documentary Collection / Alamy Stock Photo.

Funded by the European Union

İklim Değişikliğinin Toprak Nemi Üzerindeki Etkileri

- Dört olası iklim değişikliği senaryosunun toprak nemi bileşenleri üzerindeki potansiyel etkileri, aşağıda özetlenmiştir.

Etkenler	Soğuk, ıslak	Soğuk, kuru	Sıcak, Islak	Sıcak, kuru
P	I	D	I	D
R	I	d, D	I	D
G	i	d	i	D
I	I	d	I	D
i	i	D	i	D
S	I	d	I	D
E	D	E	E	I
T	D	E	i	I
F	-	-	-	-
G_r	i	-	I	-
G_s	-	I	-	I

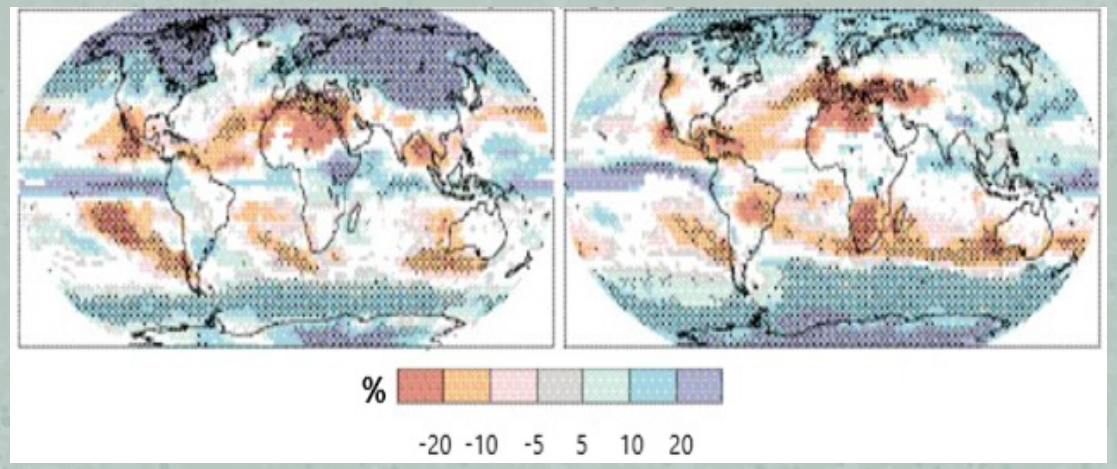
- P = Yağış
- R = Yüzey akışı
- F = Doymamış bölgede filtrasyon
- G = Yeraltı suyu akışı
- Gr = Taban suyu yükselmesi
- Gs = Taban suyu düşmesi
- I = Topraklara sızma
- i = Yeraltı suyuna sızma
- S = Toprakta depolama
- T = Terleme
- E = Buharlaşma

Tarla su dengesi ve toprak nem rejiminin bileşenleri ve dört potansiyel iklim senaryosunun bu faktörler üzerindeki etkisi: i ve I: hafif ve büyük artış, d ve D: Hafif ve güçlü düşüş, E: Değişiklik yok

Funded by the European Union

İklim Değişikliğinin Toprak Nemi Üzerindeki Etkileri

- Toprak suyundaki değişim yağışlarda görülecek değişimle yakından ilişkilidir. Mevcut araştırmalarda, iklim değişikliği dolayısıyla dünyanın farklı bölgelerinde düşen yağış miktarında azalış ya da artışlar olabileceği öngörülmektedir.



Yağışlardaki oransal değişimler (1980 1999'a göre 2090-2099 dönemi için). Değerler, Aralık-Şubat (solda) ve Haziran-Ağustos (sağda) için SRES A1B senaryosuna dayalı çoklu model ortalamalarıdır (IPCC, 2007).

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Değişen Yağış Rejimlerinin Toprak Asitleşmesi Üzerindeki Etkileri

- İklim değişikliği nedeniyle artan sıcaklık ve yağış yoğunluğundaki değişimlerle birlikte toprak mineral ayrışmasında ve buna bağlı olarak toprak reaksiyonunda değişimler olması beklenmektedir.
- Artan sıcaklıklar ve havadaki kısmi CO_2 basıncının artışına bağlı olarak daha fazla biyokütle üretilmesi sonucunda toprak asitlenmesinde artış görülebilir.
- Bu tür bitki materyalinin yerinde ayrışması durumunda bu materyalde biriken alkalinite toprağa geri dönerek asitliği nötralize eder.
- Ancak üretilen biyokütlenin hasat edilerek alandan uzaklaştırıldığı durumlarda asitlik nötralize edilemeyerek toprakta kalır.



Kaynak: DOI/Neal Herbert

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Değişen Yağış Rejimlerinin Toprak Asitleşmesi Üzerindeki Etkileri

- Yüksek kil ve organik madde içeriğine sahip topraklar, pH artış ve azalışına daha dirençli olmasına karşın kumlu topraklar asitlenme karşısında daha savunmasız durumdadırlar.
- Topraklardaki kil içeriğini değiştirmek mümkün olamayacağına göre organik madde içeriğini artırmaya yönelik tedbirler almak toprak asitliğindeki değişime engel olmak adına yerinde bir uygulama olacaktır.



Kaynak: C. Kosmas

Funded by the European Union

İklim Değişikliğinin Toprak Tuzluluğu ve Alkalilik Üzerine Etkileri

- İklim değişikliğine bağlı olarak olası daha yüksek sıcaklıklar ile periyodik yağışlı ve kuru dönemlerde tuzların ana materyali konumundaki jeolojik tortuların ayrışmaları hızlanarak çözünmeleri ve taşınmaları artacaktır.
- Böylece toprak çözeltisinde çözünür tuzların oluşumu ve zamanla birikimleri söz konusu olacaktır.



Source: https://agriculturistmusa.com/

Funded by the European Union

İklim Değişikliğinin Toprak Tuzluluğu ve Alkalilik Üzerine Etkileri

- Yağışların fazlalığı ya da azlığı kök bölgesindeki toprak tuzluluğu üzerine önemli etkiler yapabilir.
- Aşırı yağışa bağlı olarak taban suyu yükselir. Taban suyunun iki metrenin altına düşmesi durumunda, kapilarite ile suyun yüzeye doğru hareketi gerçekleşecektir. Kök bölgesinden bu tuzların süzülebilmesi için yeterli yağış olmaması durumunda, kurak zamanlarda toprak yüzeyinde tuz birikimleri görülür. Kuraklık görülen alanlarda da benzer şekilde kapilarite ile suyun hareketi ile tuz birikimi görülmesi olasıdır.



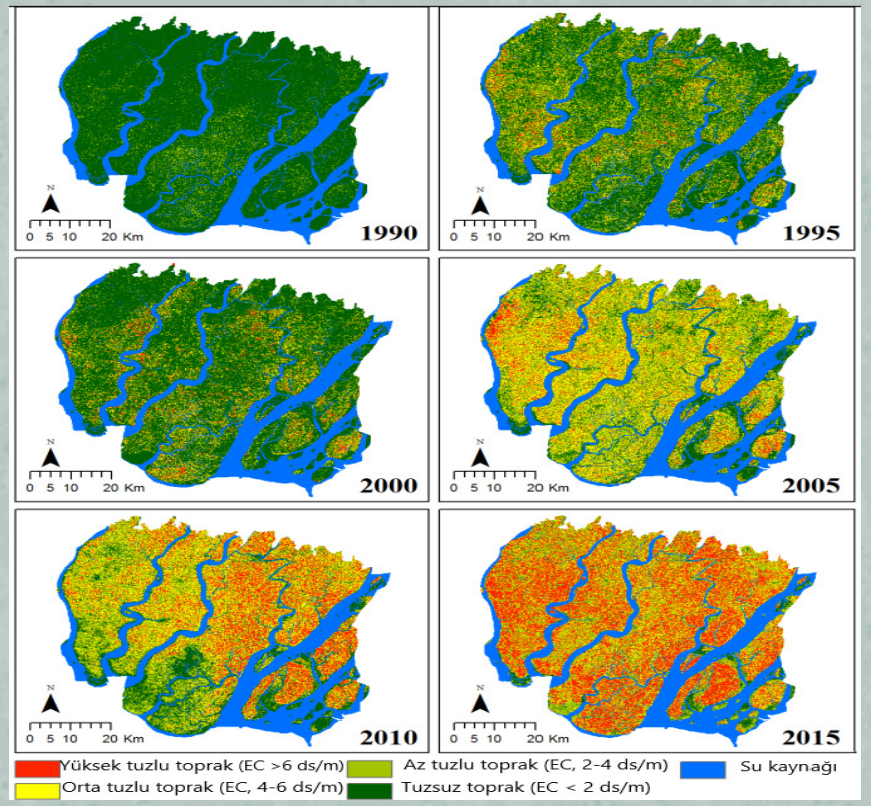
Kaynak: Getty Images

- Kök bölgesinde tuzluluk birikimine neden olan bir başka kuraklık örneği, bazı kuyulardan aşırı su çekilmesine bağlı olarak yakın bölgedeki tuzlu su bulunan bir akiferden buraya su girişimi ile tuzlanma oluşmasıdır.

Funded by the European Union

İklim Değişikliğinin Toprak Tuzluluğu ve Alkalilik Üzerine Etkileri

- Küresel ısınmaya bağlı olarak buzullarının erimesi nedeniyle yükselen okyanus seviyeleri, daha fazla deniz suyu girişimi ile sonuçlanabilir.
- Özellikle doğrudan tuzlu su girişiminin olması halinde çok kısa sürelerde toprak tuzluluk değerlerinde büyük değişimler görülebilir.
- Deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak 25 yıllık bir zaman sürecinde Bangladeş kıyılarındaki toprakların tuz değişimlerindeki farklılıklar harita üzerinde gösterilmiştir.



Uzaktan algılama ile farklı yıllarda elde edilen toprak tuzluluk haritası [Rahman ve ark., 2018]

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Toprak Strüktürü

- Toprak içerisindeki parçacıkların bir araya gelerek gruplar halinde kümelenmiş halleri toprak strüktürünü oluşturur. Strüktür toprağın su ve gaz hareketi üzerindeki etkilerinden dolayı önemli fiziksel özelliklerinden birisi olarak kabul edilir.



- Statik değil dinamik olan toprak strüktürü, toprak özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir.

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Toprak Strüktürü

- İklim olaylarındaki olası değişiklikler ile toprakların bazen kuraklığa maruz kalması, bazen de daha yoğun yağış ve baskınlarla karşı karşıya gelmesi olasıdır. Bu koşullar altında, toprak yapısal bozulmalara daha yatkın hale gelir.



- İklim değişikliğinin sonucunda, toprağın tavını bulmadan çok nemli ya da çok kuru iken işlenmesi sonucunda toprak strüktüründe bozulmaların oluşması beklenir.

Funded by the European Union

Toprak Faunası ve Toprak Florası Üzerine İklim Değişikliğinin Etkileri

- Toprak faunası ve florası, toprakta birçok faaliyet için hayati öneme sahip olan toprağın en temel bileşenlerinden birisidir. Toprak, birçok bitkinin yanı sıra, çok çeşitli bakteri, mantar ve hayvan türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu organizmaların temel işlevleri toprak organik maddesini geri dönüştürmek olduğundan, karasal ekosistemlerin işleyişi için mutlak olarak gereklidirler.



Source: Montreal Space For Life, https://espacepourlavie.ca/

- İklim değişikliğine bağlı olarak toprak habitatında oluşacak değişimlerin toprak biyotasını da etkilemesi beklenir.

Funded by the European Union

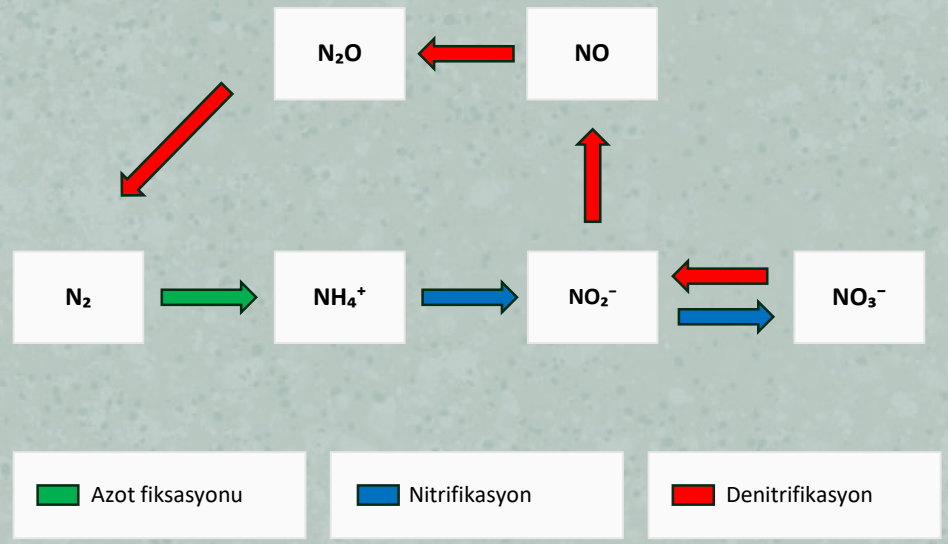
Toprak Faunası ve Toprak Florası Üzerine İklim Değişikliğinin Etkileri

- Kuraklık koşullarında daha az mikrobiyal biyokütle oluşur ve daha az mikrobiyal aktivite gerçekleşir. Bunun yanında aşırı kuraklık bazı daha büyük toprak organizmalarının ölümüyle de sonuçlanabilir.
- İklim değişikliğinin toprağın erozyona karşı hassasiyetini artırdığı durumlarda, oluşacak erozyona bağlı olarak toprak biyotası etkilenebilir.
- İklim değişikliğinin sonucunda, artan CO_2 miktarına bağlı olarak daha fazla bitki büyümesi gerçekleşir ve bu durum toprağa karbon girişinin artmasına neden olarak, toprak biyotasının aktivitesini ve yoğunluğunu güçlü bir şekilde değiştirir.
- Yapılan çalışmalarda artan yağışla birlikte toprakta mantar biyokütlesinin arttığı ifade edilmiştir.
- Atmosferde CO_2 konsantrasyonları arttıkça, bitkilerin karbondan yararlanma oranları artmasına karşın bu durum topraktan alabilecekleri su ve besin maddeleri ile sınırlı olacaktır

Funded by the European Union

Azot Mineralizasyonu ve Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Olayları Üzerine İklim Değişikliğinin Etkileri

- Topraklarda organik formda bulunan azotun inorganik N formlarına dönüştürülmesi olayı mineralizasyon olarak tanımlanır.
- Topraklarda bulunan bazı mikroorganizmalar tarafından amonyumun, nitrat iyonlarına dönüştürülmesi olayı nitrifikasyon olarak bilinir ve oksijen varlığında gerçekleşir.



- Denitrifikasyon ise çeşitli süreçlerden sonra nitratın serbest azot gazına (N_2) indirgenmesi olayıdır. Anaerob organizmaların varlığında gerçekleşen bir süreçtir.

Funded by the European Union

Azot Mineralizasyonu ve Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Olayları Üzerine İklim Değişikliğinin Etkileri

- İklime bağlı çevresel etkenler azot mineralizasyonunda, nitrifikasyon ve denitrifikasyonda önemli etkiye sahiptirler:
- Sıcaklığın 4 °C'nin altına düştüğü kış aylarında genel olarak çok düşük kalan mineralizasyon oranı, ilkbahar sonlarında ve yaz aylarında büyük miktarlarda gerçekleşir.
- İklim değişikliği altında artan sıcaklık nedeniyle daha yüksek mineralizasyon ve denitrifikasyon sonucunda topraklardan atmosfere daha büyük miktarlarda N_2O emisyonları olabilecektir.
- Gelecekte iklim değişikliğine bağlı olarak bazı bölgelerde olması muhtemel daha yüksek miktarda ve sıklıkta yağışlar, denitrifikasyonu ve buna bağlı olarak topraktan N_2O akışını artıracaktır.

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Toprak Organik Maddesi

- Toprak organik maddesi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini düzenleyen toprağın temel enerji kaynağı olan ve toprağın verimliliğinin korunması adına gereken en önemli unsurlardan birisidir.



Source: Urban, 2014. What is Soil Organic Matter. https://www.deeproot.com/

Funded by the European Union

İklim Değişikliği ve Toprak Organik Maddesi

- Atmosferdeki karbondioksit seviyelerindeki artışla birlikte toprakta su ve azotun varlığında, C3 bitkilerinin artan oranlarda fotosentez yaptıkları ve daha fazla biyokütle ürettikleri bildirilir.
- İlave azot arzı, sadece yüksek CO_2 konsantrasyonunun toprak organik karbonu üzerindeki etkisini arttırmakla kalmayıp, aynı zamanda bazı ekosistemlerde organik madde ayrışma hızını da yavaşlatabilir.
- Genel olarak, özellikle suyun sınırlı olduğu alanlarda artan yağış ile birlikte topraklarda suyun varlığı toprak organik karbonunun birikimine sıcaklıktan daha önemli katkı sağlar. Bu konuda yapılan bir iklim değişikliği çalışmasında toprak organik karbon stoğu üzerine toprak neminin, yüksek CO_2 ve sıcaklıktan daha önemli etki gösterdiği bildirilmiştir.

Funded by the European Union

TARIM TOPRAKLARINDA KARBON BÜTÇESİ

Dr. Erdinç UYSAL

Funded by the European Union

Tarım Topraklarında Karbon Bütçesi

- Atmosferdeki sera gazlarının oranı, 18. yüzyılın ortalarından başlayan sanayi devrimi ile birlikte artış göstermeye başlamış ve günümüzde 400 ppm'e yaklaşan değerlere ulaşmıştır.



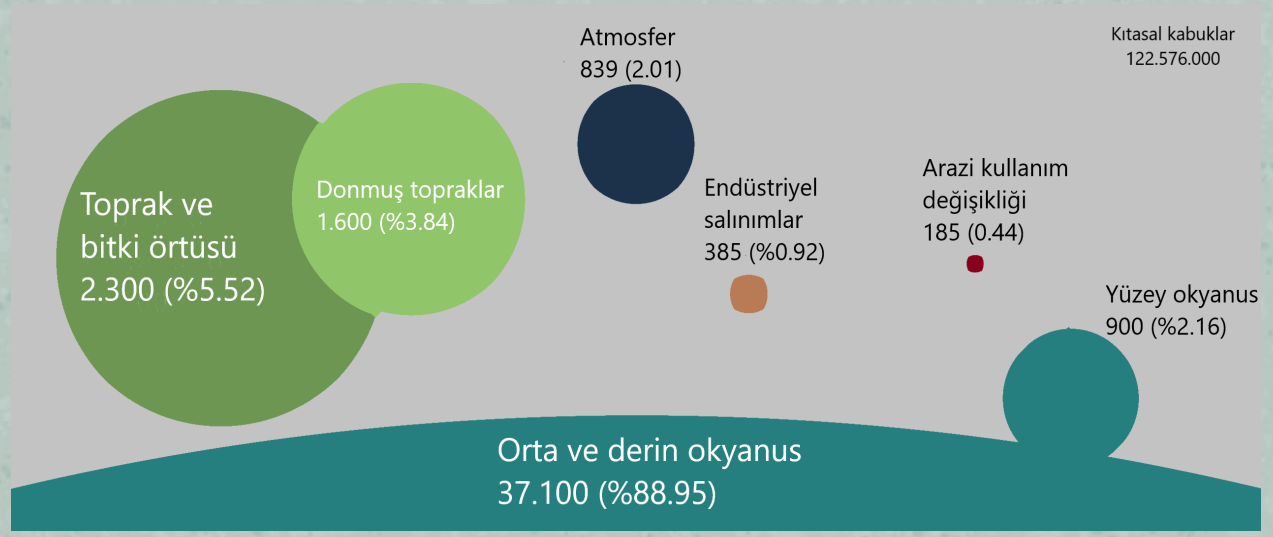
Yıllar içerisinde atmosferik CO_2 miktarında görülen değişimler

- Karbondioksit oranındaki artış büyük oranda **fosil yakıt kullanımından** kaynaklanmaktadır. Bu artıştaki bir diğer önemli etken **ormansızlaşma** başta olmak üzere **arazi kullanımındaki değişimdir.**

Funded by the European Union

Küresel Karbon Döngüsü

- Karbonun, atmosfer, biyosfer, hidrosfer ve pedosfer arasında, inorganik ve organik formlardaki hareketine karbon döngüsü adı verilir. Karbon döngüsü, tüm yaşamı destekleyen bir sistemdir.



Dünya üzerindeki karbon stokları-gigaton olarak (Janowiak ve ark., 2017'den uyarlanmıştır)

- Karbon, farklı şekillerde ve alanlarda depolanmaktadır. En büyük stoğu, dünyanın kıtasal levhaları ve üst mantosundadır. Sonrasında okyanuslarda bulunur ve bunun çok büyük bir bölümü değişime açık değildir. Toprakların toplamda 3.500 Gt civarında karbonu depoladığı tahmin edilmektedir.

Funded by the European Union

Toprak Organik Karbonu

- Toprak organik karbonu, canlı organizmalara ait atıkların kısmen bozulmasından sonra toprakta kalan kısımdır. Toprak organik karbonu, toprak organik maddesinin ana bileşenidir ve toprağın enerji kaynağıdır.
- Okyanuslardan sonra karasal ekosistemler en büyük karbon depolama alanlarıdır.
- Karbon, karalarda sadece bitkilerde depo edilmez, daha fazla miktarlarda toprakta depolanmaktadır. Bu nedenle, toprak organik karbonunu kütlesinde meydana gelen küçük değişimler bile atmosferik CO_2 konsantrasyonu ve dolayısıyla iklim değişikliği üzerinde derin etkilere sahip olabilir.

Funded by the European Union

Dünya üzerindeki karasal ekosistemlerde bulunan tahmini karbon stoku

Ekosistem	Küresel karbon stokları (Pg C)		
	Bitki	Toprak	Toplam
Tropik ormanlar	212	216	428
Ilıman iklim ormanları	59	100	159
Kutupaltı ormanları	88	471	559
Tropikal çayırlar ve otlaklar	66	264	330
Ilıman bölge otlak ve çalılıkları	9	295	304
Çöller ve yarı çöller	8	191	199
Tundralar	6	121	127
Tarım alanları	3	128	131
Sulak alanlar	15	225	240
TOPLAM	**466**	**2011**	**2477**

[Janzen, 2004]

Funded by the European Union

Küresel Karbon Stoku

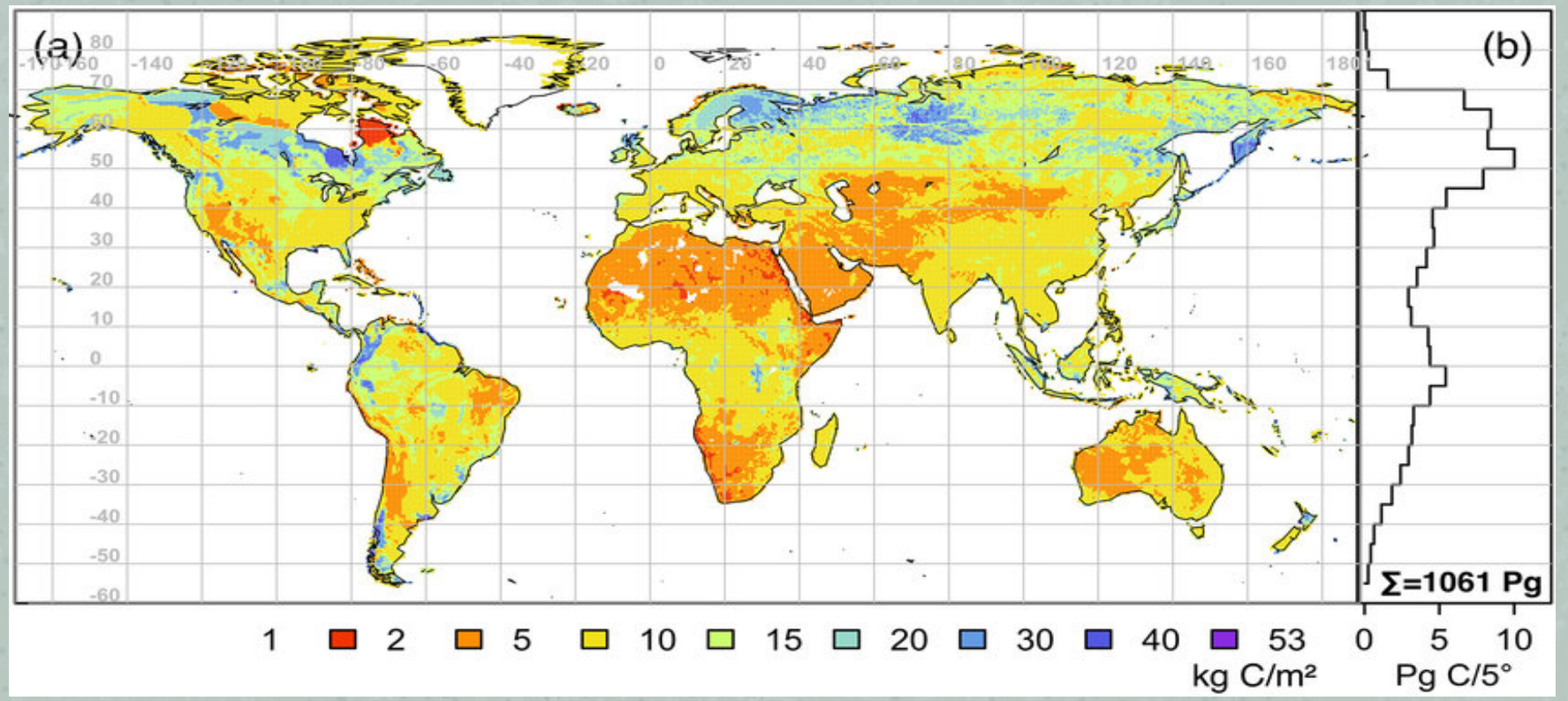
- Toprağın farklı derinliklerinde bulunan karbon miktarı da farklılık göstermektedir. Toprak organik maddesinin ana kaynağı ölmüş bulunan canlılar olduğundan çoğunlukla toprağın üst derinlikleri organik karbon açısından zengin durumdadır ve toprağın derinliklerine doğru azalma gösterir.



- Toprak organik karbonunun en büyük oranda 190 Pg karbon ile kuzey enlemlerde bulunan çoğunluğu turba topraklardan oluşan alanlarda depolandığı tahmin edilmektedir.

Funded by the European Union

Küresel Karbon Stoku



(a) 1 metrelik üst toprak diliminde HWSD v.1.1 aracılığıyla hesaplanmış olan küresel organik karbon stoğu (b) Aynı kısımda bulunan organik karbonun 5^0 enlem başına kütlesi [Köchy ve ark., 2014]

Funded by the European Union

Karbon Stoklarında Değişimler

- Dünya atmosferinde depolanan karbon miktarı okyanuslarda ve karalarda depolanan karbona oranla çok azdır.
- Farklı karbon havuzları arasında hareket eden karbonun hem miktarı hem de yönü iklim değişikliği üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir.
- Fosil yakıt tüketimine bağlı olarak karbonunun atmosfere doğru olan akışı iklim değişikliğinin itici gücü olarak kabul edilmektedir.

Funded by the European Union

Farklı Zaman Dilimleri İçin Küresel Karbon Bütçesi (Gt C yıl^{-1})

	1980'ler	1990'lar	2000–2005	1980–2005
Atmosferik artış	3.3 ± 0.1	3.2 ± 0.1	4.1 ± 0.1	3.5 ± 0.1
Endüstriyel emisyonlar	5.4 ± 0.3	6.3 ± 0.3	7.2 ± 0.3	6.2 ± 0.3
Okyanustan atmosfere net akış	-1.8 ± 0.8	-2.2 ± 0.4	-2.2 ± 0.5	-2.0 ± 0.5
Net karadan atmosfere akış	-0.3 ± 0.9	-0.1 ± 0.6	-0.9 ± 0.6	-0.7 ± 0.6
Arazi kullanım değişimine bağlı akış	1.4 (0.4-2.3)	1.6 (0.5-2.7)	1.5	1.5 (0.5-2.5)
Karasal havuzlarda kalan miktar	-1.7 (-3.4-0.2)	-2.6 (-4.3--0.9)	-2.4,	-2.2 (-3.8--0.6)

Parantez içindeki sayılar tahmini aralıkları yansıtır

[Denman ve ark., 2007]

Funded by the European Union

Küresel Karbon Bütçesi

- Ormanlık alanlardan tarım arazilerine dönüştürülmüş yerlerde toprak organik karbonunda azalmalar olmaktadır.
- Toprakların işlenmesi ile organik maddenin ayrışması hızlanmakta ve erozyon nedeniyle taşınmaya açık hale gelmektedir.



- Ormanlık alanların yok olması, bir karbon yutağı görevi gören bu alanların karbon kaynağı olması anlamına gelir.

Funded by the European Union

Küresel Karbon Bütçesi

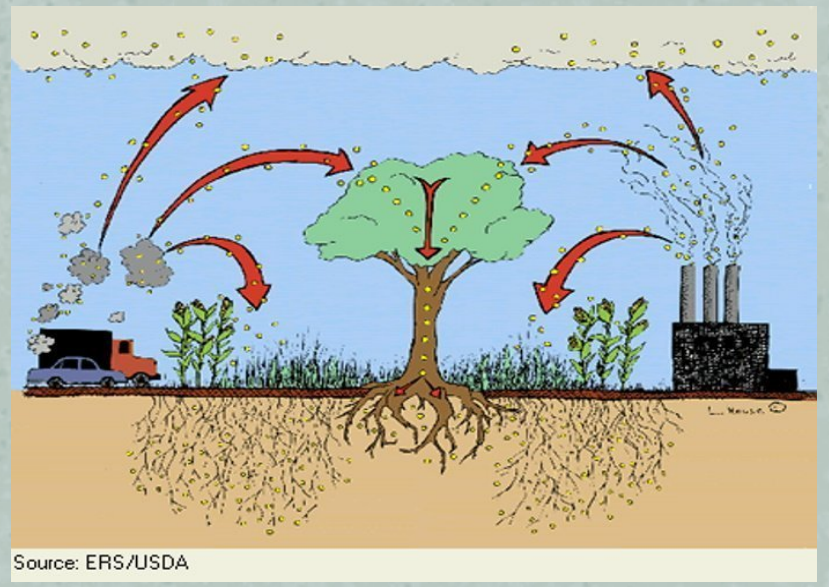
- İklim değişikliğinin hem nedeni olan, hem de sonucunda meydana gelen arazi bozulumu, toprak değerinin ve biyolojik verimliliğin uzun dönemli eksilmesi ve kaybı olarak tanımlanır ve tahminlere göre insan kaynaklı olarak, dünyanın toprak yüzeyi %7-40 oranında bozuluma uğramış durumdadır.
- Artan kentleşme nedeniyle arazi örtüsünde değişimler görülmekte, biyolojik çeşitlilik azalırken toprak bozunumu artmaktadır. Buna bağlı olarak biyokütle ve karbon depolama kaybı ortaya çıkar.



Funded by the European Union

Toprakta Karbon Tutulumunun Önemi

- Karbon tutulumu; atmosferde bulunan CO_2'in kısa süre içerisinde atmosfere yeniden salınım yapamayacağı ve uzun süreli bir şekilde toprak organik karbon havuzları içerisinde depolanabileceği şekilde transfer edilmesi olayıdır.
- Atmosfere doğru olan CO_2 salınımını azaltarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden daha az etkilenmek adına, son dönemde oldukça fazla ilgi gören bir olgudur.


Source: ERS/USDA

- Dünya genelinde ekili alanlarda yılda 0,90 ila 1,85 Pg karbonun tutulabileceği tahmin edilmektedir.

Funded by the European Union

Karbon Tutulum Mekanizması

- Toprak organik karbonunun esas kaynağı ölü bitki örtüsünün ayrışması ile toprağa karışmış olan organik maddedir.
- Bu örtü tabakasındaki organik maddeler ayrışarak CO_2 şeklinde atmosfere dönebildikleri gibi önemli ölçüde toprağa da karışmaktadırlar.



Funded by the European Union

Oksitlenme ve Humuslaşma

- Ölü bitki örtüsünün ayrışması oksitlenme ve humuslaşma adı verilen iki olay ile gerçekleşir.
- Ölü örtüdeki organik maddeler koşulların uygun olması durumunda oksitlenerek mineralize olurlar. Bu esnada organik maddenin içermiş olduğu bitki besin elementleri de açığa çıkar.
- Oksidatif ayrışmanın sınırlandığı koşullarda daha yavaş ilerleyen ve yine organik maddenin ayrışmasını sağlayan humifikasyon olayı devreye girer

Funded by the European Union

Humik Maddeler

- Ayrışma sonucunda ortaya çıkan kısım dokusal yapısını kaybederek bitkinin hangi kısmına ait olduğu belli olmayan amorf ve kolloidal yapıda humusa dönüşür.
- İleri derecede ayrışma sonucunda toprakta humik maddeler ortaya çıkar.
- Organik maddenin yapısında bulunan aminoasit, karbonhidrat ve bazı organik asitler gibi bazı bileşikler ise humik olmayan maddeler olarak adlandırılır.

Funded by the European Union

Toprak Organik Karbonu

- Toprakta bulunan organik maddenin humik ve humik olmayan olarak sınıflandırılması, toprak organik maddesinin temelini oluşturan karbonun kararlı ya da kararsız olması ile ilgilidir.
- Kararsız toprak organik karbonu organik maddenin kısa bir zaman diliminde ayrışmış olan kısmı iken kararlı toprak karbonunun ayrışması ise binlerce yıl sürebilmektedir.
- Toprak ve atmosfer arasındaki CO_2 akışı kararsız toprak organik karbonun oksitlenmesi ile yönlendirilmektedir.

Funded by the European Union

Karbon Tutulumunda Arazi Kullanım Değişikliği

- Toprak karbon tutulumunda arazi kullanım şekli büyük önem taşır. Çayır mera ve ormanlar genellikle ekilebilir tarım alanlarına oranla karbonu daha yüksek oranda tutarlar.
- Ormanlık alanlar, çayırlar veya diğer yerel ekosistemler ekilebilir tarım alanlarına dönüştürüldüklerinde toprak organik karbonu düşme eğilimi gösterir. Buna karşın tersi durum söz konusu olduğunda ise toprak organik karbonunda yükseliş eğilimi olur.

Mevcut / Yeni	Çayır-mera	Orman	Tarım alanı
Çayır-mera		Etkisi yok	C kaybı
Orman	Etkisi yok		C kaybı
Tarım alanı	C kazancı	C kazancı	

Funded by the European Union

Tarım Alanlarında Karbon Tutulumunun Artırılması

- İklim değişikliği ile mücadelede temel strateji, topraktaki organik karbon yoğunluğunu arttırmak, karbonun derinlik dağılımını iyileştirmek ve karbonu stabilize etmektir.
- Bu bağlamda, tarımsal ekosistemleri doğru bir şekilde yönetmek, toprak organik karbon tutulumunu artırmak adına önemli bir stratejidir.



Funded by the European Union

Toprak Organik Karbon Tutulumu

- Toprak organik karbon tutulumu ile ilgili olarak geleneksel uygulamalar ve önerilen tarımsal uygulamaların karşılaştırılması

Geleneksel uygulamalar	Önerilen tarımsal uygulamalar
Biyokütle yakma ve atıkların yok edilmesi	Malç uygulamaları ile atık iadesi
Konvansiyonel toprak işleme	Korumalı toprak işleme veya toprak işlemesiz tarım
Nadas uygulamaları	Sezon dışında örtü bitkili uygulama
Monokültür uygulamalar	Yüksek çeşitlilikte ürün rotasyonları
Yoğun kimyasal gübre kullanımı	Kompost, organik gübreler ve besin döngüsü ile entegre besin yönetimi, hassas tarım uygulamaları
Yoğun yetiştiricilik	Bitkisel ve hayvansal üretimin entegre edilmesi
Yüzey sulaması	Basınçlı modern sulama sistemlerinin kullanılması
Yoğun pestisit kullanımı	Entegre mücadele
Marjinal toprakların işlenmesi	Koruma rezerv programı, arazi kullanımı değişikliği yoluyla bozulmuş toprakların restorasyonu

Funded by the European Union

Toprak Organik Karbonu

- Özetlenen uygulamalar doğrultusunda toprak işleme kaynaklı toprak bozuklukları ortadan kaldırılıp, erozyon kayıpları en aza indirilir ve büyük miktarlarda kök ve toprak üstü biyokütlenin toprağa geri döndürülmesi sağlanırsa topraklara daha çok karbon girişi olur.
- Bu uygulamalar toprak suyunu korur, toprak kalitesini iyileştirir, verimliliği artırır ve toprak organik karbonu havuzunu geliştirir.
- Organik karbonun alt topraklara taşınması ile topraklarda karbonun tutulum süresi uzatılmış olur.

Funded by the European Union

Karbon Tutulumu İçin Dünya Topraklarının Potansiyeli

- Küresel olarak, tarım arazilerindeki toprakların üst 30 cm'lik kısmında 130 Pg'den fazla karbon depolanır.
- Kuzey Amerika, Avrasya (Rusya) ve Avrupa bölgeleri, dünya üzerinde ekili alanlardaki tüm organik karbon stoklarının %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Rusya, ekili alanlarda 21.9 Pg C ile ülke olarak % 17'lik oranla dünyada en fazla karbon stoğuna sahip ülkedir. Bunu Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Hindistan takip eder.
- Dünya genelinde toprakların mevcut stoklarından daha fazla karbon tutma potansiyelleri mevcut olup bu durum küresel ısınma ile mücadele açısından önemli bir strateji konumundadır.

Funded by the European Union

Bölgesel Toprak Organik Karbonu Toplamları

BÖLGE	Ekilebilir Alan (km^2)	Mevcut C (Pg)	Senaryo	
			20 yıl sonra-Orta (C-Pg)	20 yıl sonra-Yüksek (C-Pg)
Avustralya	659.834	3.75	4.50	5.29
Orta Amerika	139.742	1.22	1.37	1.52
Orta Asya	369.061	5.01	5.40	5.81
Doğu Asya	1.262.134	9.14	10.52	11.97
Doğu ve Güney Afrika	1.055.461	5.64	6.80	8.02
Avrupa	1.995.564	21.05	23.26	25.60
Kuzey Afrika	258.602	1.51	1.83	2.17
Kuzey Amerika	1.260.786	28.07	31.52	35.16
Rusya	1.235.827	21.94	23.19	24.52
Güney Amerika	1.753.039	9.42	10.72	12.09
Güney Asya	852.619	7.68	9.87	12.18
Güneydoğu Asya	1.307.174	8.15	9.06	10.03
Batı ve Orta Afrika	891.532	4.83	6.35	7.95
Batı Asya	2.893.928	4.38	5.44	6.57
KÜRESEL	**15.935.304**	**131.81**	**149.84**	**168.87**

Zomer ve ark., 2017'den uyarlanmıştır

Funded by the European Union

Bölgesel Toprak Organik Karbonu Toplamları

- Öngörülen senaryolara göre küresel olarak yılda 0,90 ve 1,85 Pg C depolama potansiyelinin olduğu görülmektedir.
- Kuzey Amerika, yıllık olarak 0,17 ila 0,35 Pg C değerleri ile küresel olarak en yüksek toplam karbon depolama potansiyelini göstermiştir.
- Kuzey Afrika çok az ekilebilir alana sahiptir ve dolayısıyla toplam karbon tutulumu potansiyeli en düşük bölge olmuştur.

Funded by the European Union

ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİKLİKLERİNİN TOPRAK KARBON İÇERİĞİNE ETKİSİ

Funded by the European Union

Okyanuslardan sonra karasal ekosistemler en büyük karbon depolama alanlarıdır.



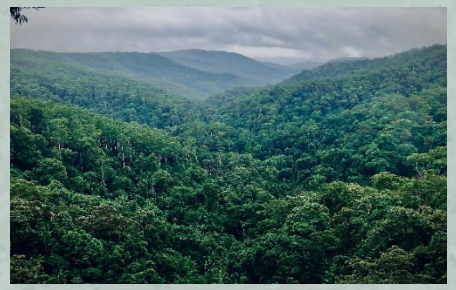
Toprak, karasal biyosferin en büyük karbon rezervi konumunda olup atmosferik karbonun üç katı kadar karbonu bünyesinde depolar.

Toprak karbonunda oluşan en ufak bir değişim bile atmosferik karbonu etkiler çünkü atmosfer ve toprak karbonu arasında sürekli bir akış söz konusudur.

Funded by the European Union

Arazi kullanımındaki farklılıklara bağlı olarak toprak stoklarındaki karbon da değişim göstermektedir. Bu değişimin yönü topraktan atmosfere doğru olduğunda ise atmosferik sera gazı miktarı artmaktadır.

Karbon kaybı



- Turba
- Ormanlar ve otlaklar
- Tarım alanları

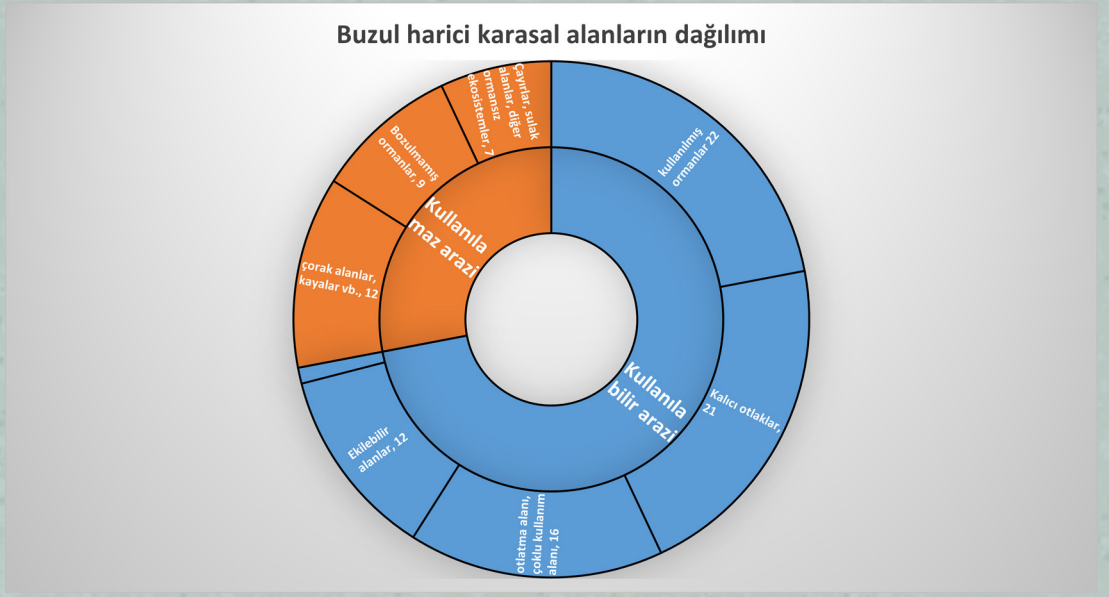
Karbon depolama

Arazi kullanımındaki ve arazi yüzey örtüsündeki değişiklikler, dünyanın enerji dengesini etkileyerek iklim değişikliğine katkıda bulunabildiği gibi iklim değişikliğinden de etkilenebilmektedir.

Funded by the European Union

Karasal Alanların Farklı Kullanımlarının Karbon Tutulumuna Etkileri

Dünya üzerinde yer alan arazilerin tam olarak nasıl kullanıldıklarına dair bir belirsizlik söz konusudur. Öte yandan bu arazilerin sürekli olarak dönüşüme uğradıkları ise bilinen bir gerçektir.



Buzullar harici arazinin küresel kullanımlarına yönelik tahmin (Breewood ve Garnett 2020'den uyarlanmıştır)

Dünya çapında 13 milyar hektar buzul harici alan bulunmaktadır ve bunun üçte biri (4,3 milyar hektar) kalıcı otlak ve tarım alanlarından oluşmaktadır. Genel olarak dünya üzerindeki buzul harici karasal alanların oransal olarak dağılımı yukarıdaki Şekil'de özetlenmeye çalışılmıştır.

Funded by the European Union

Bir ekosistemden diğerine geçiş doğada kendiliğinden gerçekleşebileceği gibi çoğunlukla insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir.

Her toprağın bir karbon taşıma kapasitesi ve üzerinde bulunan bitkilerin çeşidine ve bölgenin iklim özelliklerine bağlı olarak bir denge karbon içeriği vardır.

Arazi kullanım değişikliklerinde toprağa karbon giriş ve çıkışlarında farklılıklar oluşur ve bu denge bozulmuş olur. Sürecin sonunda toprak C stokları ya bir **karbon kaynağı** olarak ya da bir **karbon yutağı** olarak değişmiş olacaktır.

Funded by the European Union

Arazi kullanım değişikliklerinin toprak C tutulumu üzerine etkileri [Deng ve ark., 2016]

Arazi kullanım değişimleri	Toprak karbon tutulumu (Mg C ha^{-1} $yıl^{-1}$)
Tarım arazisinden çayıra	+ 0,30
Ormandan çayıra	+0,68
Çayırdan tarım arazisine	-0,89
Ormandan tarım arazisine	-1,74
Ormandan ormana	-0,63
Tarım arazisinden ormana	Fark yok
Çayırdan ormana	Fark yok
Tamamında	-0,39

Funded by the European Union

Ormanlar ve çayır meralar karbonun depolanmasında hayati bir öneme sahiptirler. Dünya üzerinde kaplamış oldukları alan dikkate alındığında küresel karbon döngüsünde karbonun tutulumunu sağlayarak emisyonun azaltılmasında önemli görev üstlenirler.



Funded by the European Union

Çayır Mera Alanlarında Arazi Kullanım Değişimlerinin Etkileri

Mera alanları, sahip olduğu biyoçeşitlilik ve erozyonu önleme yeteneği bakımından dünya için hayati öneme sahiptir. Ayrıca buna ek olarak en önemli karasal karbon yutakları arasında bulunurlar.



Çayır-mera alanları, küresel karbon döngüsünün ana elemanlarından olup verimlilikleri ve döngü sürelerinde belirsizlik olsa da yıllık olarak yaklaşık 0,5 Pg CO_2 tuttuğu söylenebilir

Funded by the European Union

Çayır mera alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesi, arazi kullanımındaki en büyük değişikliklerden birisi olup hem toprak erozyonunu hem de toprak organik karbonunun kaybını hızlandırır.

Ekilebilir alanlara dönüşmüş meralık alanlarda toprak karbonu daha kolay salınabileceğinden atmosferik karbonun artmasına neden olmaktadır.

Bununla birlikte, bu tür dönüşümlerde organik karbon kaybını etkileyen çok fazla değişken bulunmaktadır.

Funded by the European Union

Mera alanlarının doğrudan kaybı dışında özellikle yapılan yanlış uygulamalar nedeniyle verimliliklerini kaybetmeleri dünyada çok sık rastlanan bir durumdur. Bu şekilde zarar görmüş alanlarda toprak karbon stokları da doğal olarak azalmaktadır.

Bu konuda en büyük zararı veren uygulama **yanlış otlatmadır.**

Dünyanın en geniş otlaklarına sahip ülkelerden birisi olan Moğolistan'da 21 yıllık bir süre zarfında yapılan gözlemler sonucu otlaklarda ortaya çıkan yaklaşık % 60 oranındaki biyokütle azalışı, azalan yağış ve artan sıcaklık ile birlikte artan keçi üretimi ve buna bağlı olarak oluşan aşırı otlatmayla ilişkilendirilmiştir.

Funded by the European Union

Meraların korunması ve iyileştirilmesi adına yapılacak doğru mera yönetimi ile bu sahalarda verimliliğin artırılması mümkün olabilecektir.

Yapılan bir inceleme sonucunda geliştirilmiş otlatma yönetimi, çayır mera alanlarında **gübreleme, baklagil türleriyle otlak alanların zenginleştirilmesi, sulama** gibi ıslah edici uygulamalarla yıllık olarak hektara **0,105 ile 1 Mg** üzerinde değişen oranlarda C artışı sağlandığı ifade edilmiştir.

Funded by the European Union

Ormanlık Alanlarda Arazi Kullanım Farklılıklarının Karbon Stokları Üzerine Etkisi

Ormanlar karasal ekosistemler içinde en önemli karbon yutak alanlarından birisidir. Küresel olarak karalarda tutulan karbonun yaklaşık yarısı ormanlarda yer alırken (1146 x 10^{15} g) bu miktarın 2/3 kadarı toprak havuzlarında tutulur. Yıllık bazda ayrışma ile toprağa giren karbon miktarı solunumla çıkan miktarı aştığından dolayı küresel ölçekte topraklar net karbon tutulumuna katkı yaparlar.



Funded by the European Union

Ormanlık alanların yok olması, bir karbon yutağı görevi gören bu alanların karbon kaynağına dönüşmesine neden olmaktadır.

Tropikal ormanlardaki bozulma nedeniyle yıllık 2,1 milyar ton CO_2 emisyonu oluştuğu, bunun %53'ünün kereste üretimi, %30'unun yakacak odun ve %17'sinin orman yangını kaynaklı olduğu öne sürülmektedir.

Funded by the European Union

- Dünyanın tropikal ormanları üzerinde canlı bitki örtüsünün yer üstü karbon yoğunluğundaki net yıllık değişiklikleri ölçmek amacıyla yapılan bir çalışmada 12 yıllık uydu verileri kullanılarak değerlendirilmiş ve yapılan ölçümlerde dünyanın tropikal ormanlarının yıllık **425,2 ± 92,0 Tg** net karbon salınımıyla karbon kaynağı olduğu ifade edilmiştir.

Bölgeler	Kayıp	Kazanç	Net
Amerika	516,0±69,5	191,2±18,2	324,8±73,5
Afrika	205,0±24,7	132,9±19,3	72,1±32,9
Asya	140,7±17,9	112,4±10,3	28,2±21,5
TOPLAM	861,7±80,2	436,5±31,0	**425,2±92,0**

Funded by the European Union

Ormanlık alanlarda, arazi kullanımındaki değişimlere bağlı olarak toprak organik karbonunun değişmesi de kaçınılmaz olup bu değişimi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır.

Örneğin ormanlık alandan plantasyona dönüşümün etkilerinin incelendiği bir çalışmada geniş yapraklı türlerin bulunduğu bir ormanda toprak karbon stoklarında çok ufak değişim olduğu bildirilirken kozalaklı türlerden dönüşmüş bir alanda karbon stoklarındaki azalmanın % 15'e ulaştığı bildirilmiştir.

Toprak karbonundaki değişim yağış yoğunluğundan etkilenmiş olup 1500 mm üzerinde yağış görülen alanlarda % 56'ya ulaşan kayıplar yaşanmıştır.

Funded by the European Union

Ormandan tarım alanına dönüşmüş arazilerde toprak organik karbonundaki kaybın % 42 olarak gerçekleştiği ve bunun toprağın ilk 60 cm'lik derinliğinde oluştuğu ifade edilmiştir.

Tarım alanlarının ormanlık alanlara dönüşümünün etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise eskiden tahıl ve asma yetiştirilmiş alanlar üzerine *Pinus radiata* plantasyonları kurularak toprak karbon depolamasına ait sonuçlar paylaşılmıştır. Ağaçlandırma esnasında eskiden asma yetiştirilen alanlarda metrekarede yıllık karbon birikimi 19 g, tahıl yetiştirilmiş alanda ise 41 g olarak verilmiştir.

Funded by the European Union

Kıyı bölgelerinde ağaç ve çalılardan oluşan ve yılda 25,5 milyon ton kadar karbon depolayabilme potansiyelleri ile dünya için önemli karbon yutakları olan mangrov alanları da sürekli olarak azalmaktadır. Mangrovlar, bataklıklar ve deniz çayırlarının bozulumu nedeniyle her sene **0,15 ile 1,02 milyar ton** karbon salınımı gerçekleştiği tahmin edilmektedir.

Funded by the European Union

Kentleşmeye Bağlı Olarak Karbon Stoklarında Görülen Değişimler

Artan kentleşme nedeniyle arazi örtüsünde değişimler görülmekte ve bunun sonucunda karasal karbon depolarında önemli kayıplar olmaktadır.



Özellikle kentsel genişlemeden daha az etkilenmiş alanlarda habitat kayıpları daha yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Son yıllarda küresel ölçekte hızlı bir kentleşme olduğu açıktır.

Funded by the European Union

1945-2007 yılları arasındaki 63 yıllık süreçte Güney Amerika'daki kentleşmiş arazilerin karbon dinamiklerinin üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada şehirleşmeye bağlı olarak bu süre içerisinde atmosfere karbon salınımının 0.21 Pg olduğu hesaplanmıştır.

Araştırmacılara göre kentsel ekosistemin karbon tutma oranı zamanla azalır ve iki yüzyıl sonra neredeyse yok olur.

Funded by the European Union

Hızlı kentleşmenin karasal karbon kaynakları üzerindeki etkisinin belirlenmeye çalışıldığı bir diğer çalışmada Çin'in Guangzhou şehrinde 2000 yılından 2012 yılına kadar arazi kullanımı değişikliklerinin karbon yutakları ve emisyonlar üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

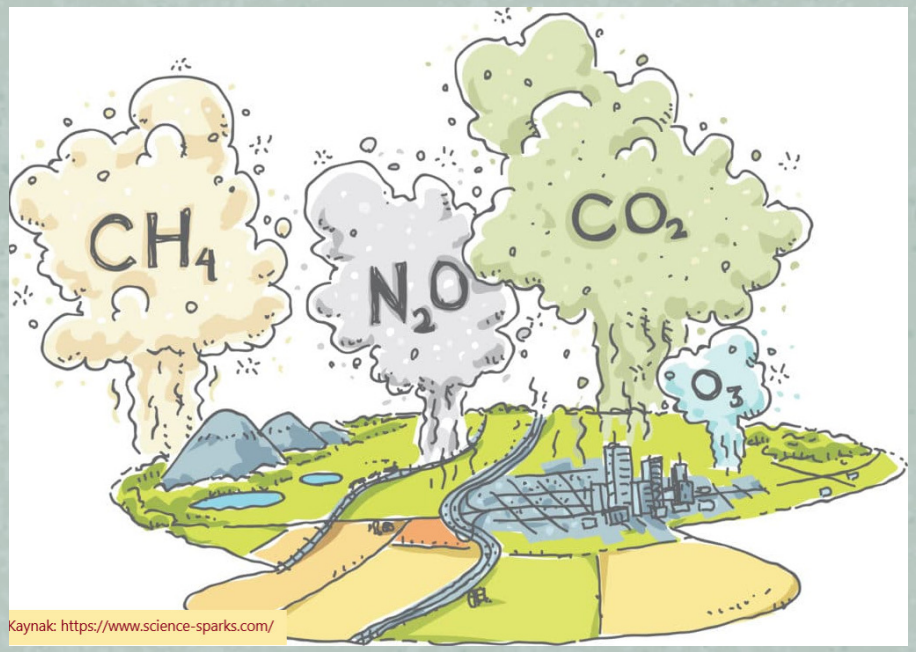
Çalışma süresi boyunca Guangzhou şehrinde kentleşme %119 oranında artmış olup, karbon emisyonları, karbon yutak kapasitelerini önemli ölçüde aşmıştır. Toplam karbon yutağındaki azalış %30 olurken toplam karbon emisyonları artarak $13,73 \times 10^6$ tondan $39,67 \times 10^6$ tona ulaşmıştır.

Funded by the European Union

TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN SERA GAZI EMİSYONLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Funded by the European Union

Dünya atmosferindeki sera gazı oranlarının artışı büyük ölçüde enerji sektöründeki faaliyetler nedeniyle gerçekleşse de tarım, ormancılık ve arazi kullanımıyla ilgili olarak da atmosfere önemli miktarda salınım olmaktadır.



Kaynak: https://www.science-sparks.com/

Yerleşik hayata geçilip tarım yapılmaya başlandıktan sonra tarım toprakları atmosferik sera gazlarının ana kaynaklarından birisi olmuştur. Sanayi devriminden bugüne kadar topraktan atmosfere doğru olan sera gazı emisyonunun 78 ± 12 Pg CO_2-C olduğu tahmin edilmektedir.

Funded by the European Union

Bununla birlikte karasal ekosistemler karbonun gerek biyokütlede gerekse doğrudan toprak içerisinde tutulabilmesinden dolayı karbon açısından bir havuz konumunda bulunmaktadırlar.

Topraklardan atmosfere gerçekleşen salınımlar ile karbonun toprakta ve biyokütlede tutulması bazı toprak özellikleri tarafından etkilenebilmektedir.

Funded by the European Union

Toprak Organik Karbon İçeriğine Bağlı Sera Gazı Emisyonları

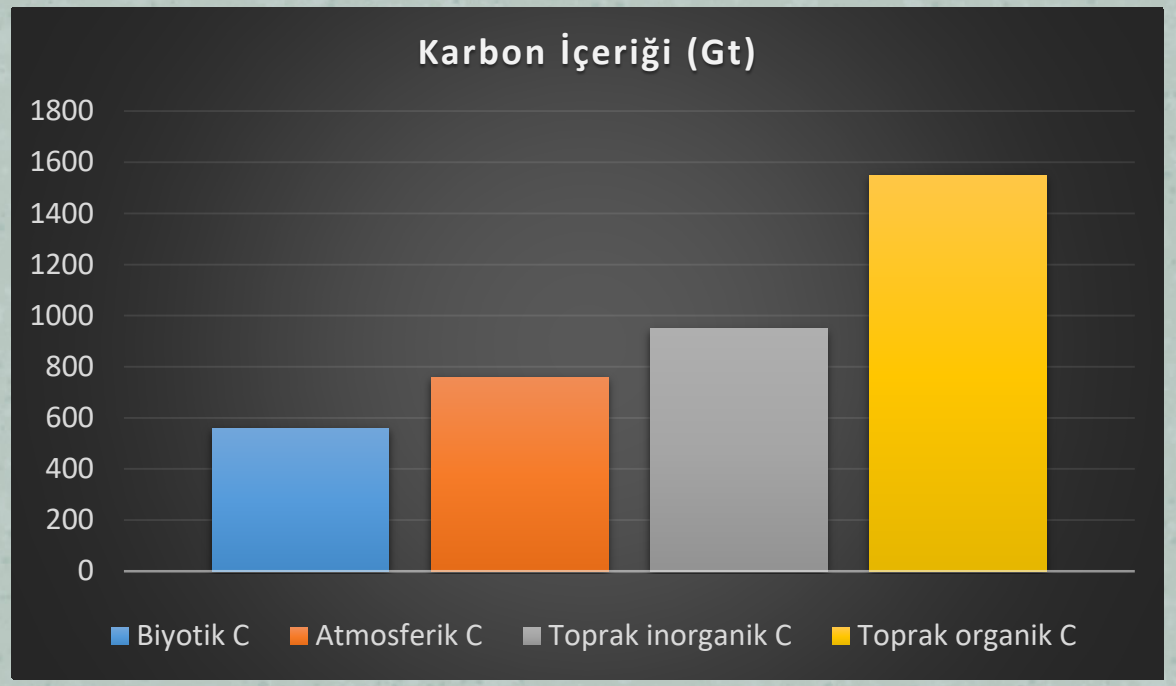
Toprağa çeşitli organik materyaller ekleyerek kaybetmiş olduğu karbonu tekrar kazandırmak toprak özelliklerini iyileştirmek ve hatta iklim değişikliğiyle mücadele için önerilen uygulamalardan birisidir. Bununla birlikte, toprağa bu materyallerin eklenmesi, CO_2'nin serbest bırakılmasını kolaylaştırabilir.



Bu nedenle toprağa ilave edilen organik materyalden beklenen etkinin ne olduğunun bilinmesi, toprağı karbon tutma kapasitesinin bilinmesi ve uygulama sonrasında kısa ve uzun dönem için oluşacak toprak karbon denge durumunun bilinmesi önemlidir. Bu yüzden hedef, çevre koşullarına uyumlu bir şekilde uzun dönemde biyolojik olarak stabilize edilmiş toprak organik maddesinin arttırılmasını sağlamak olmalıdır.

Funded by the European Union

Toprak organik karbonu küresel karbon döngüsünün önemli bir bileşeni olup topraklardaki varlığı gelecekte karşılıklı etkileşim içerisinde olduğu küresel iklim üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır.



Toprak, atmosfer ve biyotanın karbon içeriği (Lal, 2004'den uyarlanmıştır)

Funded by the European Union

Toprak organik karbonunun iklim üzerindeki etkisi karmaşık olup, toprak özelliklerine göre farklılıklar gösterebilmektedir.

Örneğin, yüksek sıcaklığa sahip topraklarda mikrobiyal aktivite daha yüksek olacağından organik maddenin ayrışması hızlanır ve bu durum atmosfere CO_2 ve CH_4 salınımında artışa neden olur.

Öte yandan artan karbon tutulumu daha fazla bitki vejetasyonunu teşvik edebilir.

Funded by the European Union

Atmosferdeki CO_2 oranını azaltabilmek adına yaygın olarak kullanılan iki temel yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi emisyonların azaltılması diğeri ise karbon tutulumudur.

Toprak her iki durumda da önemli bir rol üstlenir. Karbon tutulumu atmosferdeki CO_2'in fotosentez aracılığıyla bitkiler tarafından alınarak toprağa aktarılması anlamına gelir.

Bitkisel artıkların toprağa karıştırılmaları ile toprak organik madde içeriği artırılabilir. Toprakta karbon stoklarının artması, stabilize organik bileşikler oluşturan süreçlerin desteklenmesi anlamına gelir Küresel ısınmanın etkisi azaltılmak isteniyorsa en büyük karasal karbon havuzu olan topraklar tarafından karbon tutulumunu desteklemek şüphesiz önemli bir strateji olacaktır.

Funded by the European Union

Toprakların karbon depolama kapasiteleri sınırsız değildir ve toprak tipine göre farklılık gösterebilir. Mineral topraklarda, kil ve silt parçacıklarının varlığı, adsorbsiyon yoluyla toprak organik karbonunun stabilitesini artırmasına karşın miktarı sınırlıdır.

Funded by the European Union

Toprak Agregat Büyüklüğünün Sera Gazı Emisyonu Üzerine Etkileri

Topraklarda agregat büyüklüğüne bağlı olarak gaz taşınımlarında ve emisyonda farklılık görülebilmektedir.



Bu amaçla yapılan bir çalışmada toprak agregat büyüklüğünün sera gazı emisyonu üzerindeki etkisi kumlu tın ve killi tın bünyeli iki toprakta karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, gözenek büyüklükleri topraktan CO_2 ve CH_4 salınımı önemli düzeyde etkilerken N_2O salınımı üzerine herhangi bir etki göstermemiştir.

Funded by the European Union

En yüksek CO_2 emisyonu en küçük agregat büyüklüğüne sahip killi tın bünyeli toprakta gerçekleşmiştir.

Kumlu tın bünyeye sahip toprakta ise en yüksek CO_2 salınımı en büyük agregat büyüklüğüne sahip topraklarda gerçekleşmiştir. Çalışmada küçük boyutlu agregata sahip topraklarda artan CH_4 akışları olduğu bildirilmiştir.

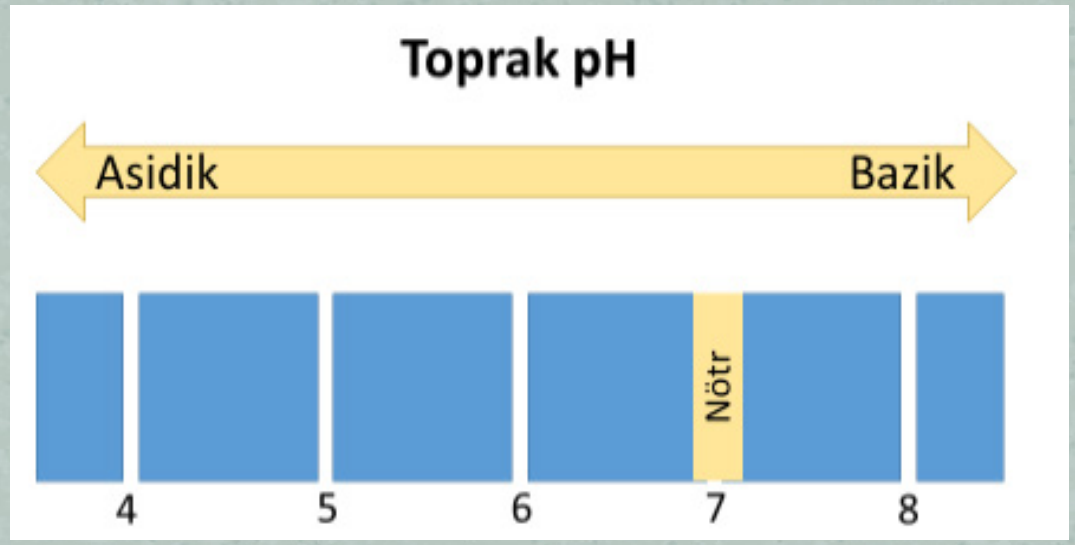
Araştırmacılar yaptıkları çalışma sonucunda topraklarda gözenek özelliklerini büyük ölçüde etkileyen toprak işleme uygulamalarının, sera gazı emisyonları üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabileceğini ifade etmişlerdir.

Funded by the European Union

Toprak pH'sının Sera Gazı Emisyonları Üzerine Etkileri

Toprak pH'ı, negatif yüklü bir katı faz ile dinamik bir dengede olan toprak çözeltisindeki H^+ iyonu miktarını temsil eden bir ifadedir.

Negatif yüklü katı yüzeylere güçlü bir şekilde çekilen H^+ iyonları buralarda bulunan diğer katyonların yerini alabilir.



Funded by the European Union

Toprak pH'sının sera gazı emisyonları üzerine etkileri hakkında farklı görüşler bulunmaktadır.

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli etkisi olan pH kaçınılmaz olarak toprakta karbon akışını da etkiler.

Alkali topraklar önemli ölçüde daha yüksek CO_2 içeriğine sahiptirler ve bu topraklardaki organik karbon mineralizasyona karşı kimyasal olarak çok kararlı değildir.

Toprağa kalsiyum ajanlarının eklenmesi çözünebilir organik karbon konsantrasyonlarını değiştirebilir ve sınırlı da olsa toprak organik karbon mineralizasyonunu uyarabilir.

Funded by the European Union

Toprak pH'ının uzun süreli CO_2 emisyonuna etkilerinin incelendiği bir çalışmada pH değerleri 3.65, 5.00, 6.90 ve 8.55 olan topraklarda emisyon ölçümleri yapılmıştır.

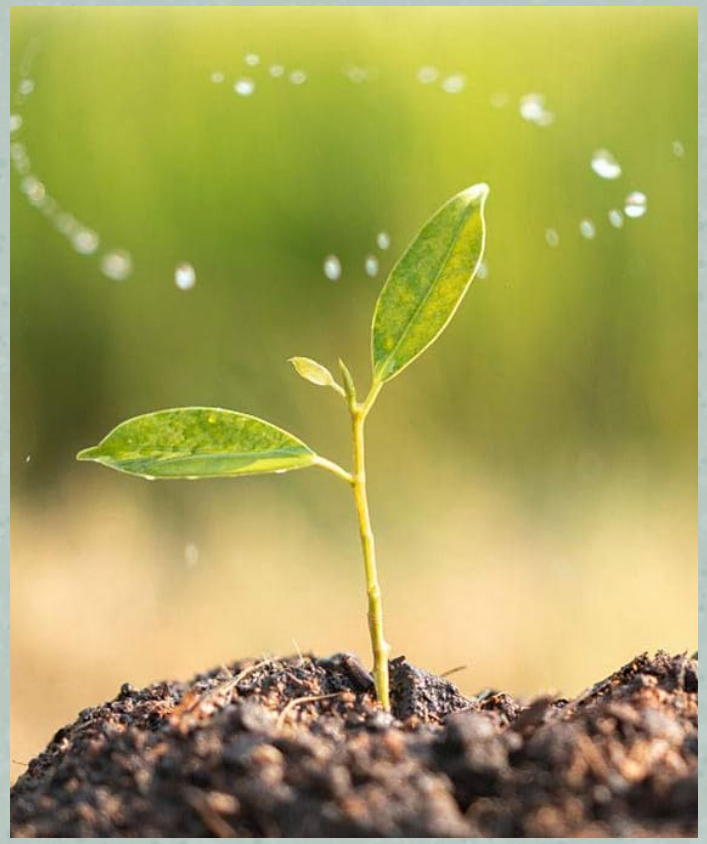
Elde edilen sonuçlara göre farklı toprak pH değerlerinde amonyum ve nitrat gübrelemesinin CO_2 emisyonlarını etkilemediği görülmüştür.

Araştırmacıların bildirdiğine göre pH artışı ve azot gübrelemesi CO_2 emisyonlarını önemli ölçüde artırmış ve toprakta heterotrofik mikrobiyal solunumun CO_2 emisyonlarında baskın bir rol oynadığı ifade edilmiştir.

Funded by the European Union

Toprak Nemi ve Topraktan Sera Gazı Salınımı

Sulanamayan alanlarda bitki gelişimi mevcut toprak nemi ile sınırlı iken, sulama ile birlikte bitkilerde toprak üstü kısımlar ve kök gelişiminde artış meydana gelir. Bu durum toprağa karbon girişini de artırır.



Ekilebilir alanlarda ve mera alanlarında gübreleme ve sulama yapılarak toprağa karbon girişi artırılmış olur. Toprak nemindeki artışla beraber mikrobiyal aktivetinin de artması sağlanır.

Gerek biyokütledeki artış ve buna bağlı olarak karbon girişinin artması, gerekse mikrobiyal aktivite artışı sonucunda organik karbonun parçalanma sürecinin hızlanması ile topraktan CO_2 salınımını da artış göstermektedir.

Funded by the European Union

Kısıtlı sulama uygulamalarının damla sulamada sera gazı emisyonlarına etkisinin incelendiği bir çalışmada yıllara göre en yüksek CO_2 emisyon değerleri en fazla sulamanın yapıldığı alanda elde edilmiş olup sulama sonrasında ölçülen emisyon değerlerinin sulama öncesinde ölçülen değerlere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Çalışmada ölçümü yapılan N_2O emisyon değerleri açısından da benzer sonuçlar alınmış olup en fazla sulama yapılan konuda en yüksek emisyon değerlerine ulaşılmıştır.

Araştırmacılar çalışma sonucunda özetle **sulama uygulamalarının sera gazı emisyonunu önemli ölçüde artırdığını** ifade etmişlerdir.

Bununla birlikte kısıntılı sulama uygulamalarında CO_2 emisyonunun daha düşük olmasının mikroorganizma faaliyetlerindeki yavaşlamadan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Funded by the European Union

Toprak Sıcaklığı ve Topraktan Sera Gazı Salınımı

Toprak sıcaklığı nem ile birlikte mikrobiyal aktivite üzerindeki etkileri nedeniyle sera gazlarının salınımında etkili olabilmektedir. Uygun toprak sıcaklığı koşullarında organik maddenin oksidasyonuna bağlı olarak CO_2 salınımı artış gösterir.

Toprak sıcaklığındaki artış, organik madde ayrışmasını hızlandırır, mikrobiyal aktivitenin ve kök gelişiminin artmasına neden olur ve bunun sonucunda karbon mineralizasyon sürecini hızlanarak CO_2 emisyonu artar.



Funded by the European Union

Toprak sıcaklığı ve neminin N_2O ve CO_2 konsantrasyonu üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada elde edilen sonuçlara göre 10-30 cm arası derinlikte toprak nemindeki artışa paralel olarak N_2O konsantrasyonu artış göstermiştir. Topraktaki CO_2 konsantrasyonu da toprak sıcaklığındaki artışla birlikte artış göstermiştir.

Yapılan başka bir çalışmada benzer şekilde toprak sıcaklığının artışı ile CO_2 salınımının artış gösterdiği ve artış oranının % 59'a ulaştığı kaydedilmiştir.

Bununla birlikte toprakta mikrobiyal etkinlik belli sıcaklık değerleri arasında aktif olabileceğinden toprak sıcaklığı ile CO_2 emisyonu arasında her zaman doğrusal bir ilişki elde edilemeyebilir.

Funded by the European Union

Toprak İşleme Uygulamalarına Bağlı Olarak Sera Gazı Emisyonlarında Değişimler

Toprak işleme uygulamaları sonucunda atmosfer ile toprak arasındaki sera gazı transferlerinde önemli değişimler olabilmektedir.



Toprak işlemeden kaynaklanan sera gazı salınımları, doğrudan kullanılan araçların tükettiği fosil yakıt kullanımından kaynaklanabileceği gibi toprak özellikleri üzerine yapmış olduğu etkiler nedeniyle de oluşabilmektedir.

Funded by the European Union

Toprak işleme, toprak yüzeyi ile atmosfer arasında yeni transfer kanalları açarak ya da bu kanalları kapatarak toprak karbon içeriğindeki dağılımı ve dönüşümü etkileyebilir.

Ayrıca, toprak işleme sonucunda agregat stabilitesi, su tutma kapasitesini ve sıcaklık gibi bir takım toprak özelliklerinde oluşan değişiklikler organik maddenin ayrışma dinamiğini değiştirebilir.

Funded by the European Union

Azaltılmış toprak işleme uygulamalarının topraklardan kaynaklanan CO_2 emisyonları üzerine olası etkilerinin saptanması hedeflenen bir çalışmada dört farklı uygulama karşılaştırılmıştır.

Bu uygulamalar, çizel ile 12 cm'lik toprak işleme, çizel ile 5 cm'lik toprak işleme, samanın yüzeyde malçlanması ve anız ile örtülü işlenmemiş topraktır.

Yaz döneminde 10-12 cm derinlikte toprak işleme yapılması CO_2 emisyonunu diğer uygulamalara göre yaklaşık 2 kat artırmıştır. Onu sırasıyla sığ toprak işleme, malçlama ve anıza bırakma izlemiştir.

Funded by the European Union

Geleneksel toprak işleme ile doğrudan ekim yapılmasının CO_2 salınımı üzerine etkilerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada çizel, diskaro ve kültivatör ile toprak işlenirken ayrıca doğrudan ekim yapılarak soya fasulyesi yetiştirilmiş ve 55 gün boyunca topraktan CO_2 emisyonu ölçülmüştür.

Çalışma sonucunda en düşük salınımın doğrudan ekim uygulamasında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Funded by the European Union

Malçlama karbon tutulumu üzerine etkili uygulamalardan birisi olup bu etki, toprak özelliklerine, malç materyaline uygulama süresine bağlı olarak değişebilir.

Malçlama yapmak, sera gazı emisyonlarını dengeleyerek ve toprakta organik karbon tutulumunu artırarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yardımcı olur.

Bununla birlikte uzun süreli kalıntı ilavesi, toprakları karbon doygunluk seviyesine getirerek topraklardan sera gazı emisyonunun karbon tutulumu miktarını aştığı bir durum ortaya çıkarabilir.

Funded by the European Union

GÜBRE KULLANIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARI

Funded by the European Union

Tarım kaynaklı sera gazı emisyonları büyük oranda, metan (CH_4) ve nitröz oksit (N_2O) gazından oluşmaktadır. Tarımsal faaliyetler arasında en yüksek sera gazı salınımı enterik fermantasyonla gerçekleşir ve oranı % 48'e yakındır.

Emisyon kaynağı	Salınım miktarı (Kiloton CO_2 eşdeğeri)	%
Enterik fermentasyon	2849716	47,60
Otlaklarda kalan hayvan gübresi	772541	12,91
Çeltik tarımı	686111	11,46
Sentetik gübreler	625107	10,44
Hayvan gübresi kullanımı ve yönetimi	399815	6,68
Yanan savanalar	211921	3,54
Ürün artıkları	191540	3,20
Toprağa uygulanan hayvan gübresi	165093	2,76
İşlenmiş organik topraklar	46996	0,79
Yanmış ürün artıkları	37387	0,62
TOPLAM	**5986227**	**100**

Funded by the European Union

Bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden birisi gübreler olup gübreler nedeniyle de atmosfere önemli sera gazı salınımı olmaktadır. Tarımsal faaliyetler kaynaklı olarak atmosfere salınan gazların % 10'luk kısmı 2020 yılında sentetik gübreler aracılığıyla gerçekleşmiştir.



Tarımda kullanılan kimyasal gübreler dışında hayvan gübreleri de emisyon kaynağı olarak önemli bir paya sahiptir.

Funded by the European Union

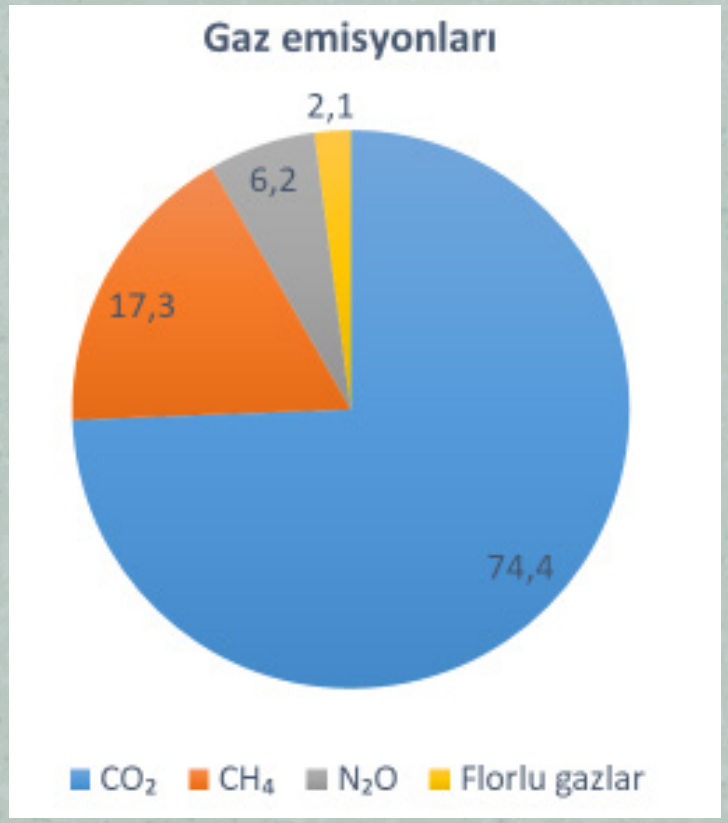
Yıllar içerisinde atmosfere doğru gerçekleşen sera gazı emisyonlarında genel olarak bir artış söz konusudur. Bu durum tarımsal üretim kaynaklı sera gazı emisyonları için de geçerli olup tarımdan kaynaklanan emisyonlarda, kimyasal gübre kullanımına bağlı olarak gerçekleşen artış, çok daha yüksek oranlara ulaşmıştır.

Emisyon Kaynağı	Salınım miktarı (Kiloton CO_2 eşdeğeri)							Değişim Oranı (%)*
	1961	1970	1980	1990	2000	2010	2020	
Enterik fermentasyon	1829661	2069925	2320767	2493671	2473802	2654500	2849716	56
Çeltik Tarımı	487941	560752	609831	620854	653281	682752	686111	41
Toprağa uygulanan hayvan gübresi	109013	122615	144580	156499	145270	156386	165093	51
Sentetik gübreler	63209	174069	334374	425288	446178	559822	625107	889

Funded by the European Union

Gübreler Aracılığıyla Atmosfere Sera Gazı Salınım Mekanizması

Tarımsal kaynaklı sera gazı emisyonları büyük oranda gübreleme nedeniyle ortaya çıkan nitroz oksit (N_2O) ile büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan metan (CH_4) gazından oluşur. N_2O ve CH_4 gazları CO_2 gazına oranla küresel ısınma potansiyelleri daha yüksek olan gazlardır. Küresel İklim Değişikliği Panelinde CH_4 ve N_2O gazlarının birim kütlelerinin CO_2 gazına oranla sırasıyla 25 ve 298 kez daha fazla küresel ısınma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

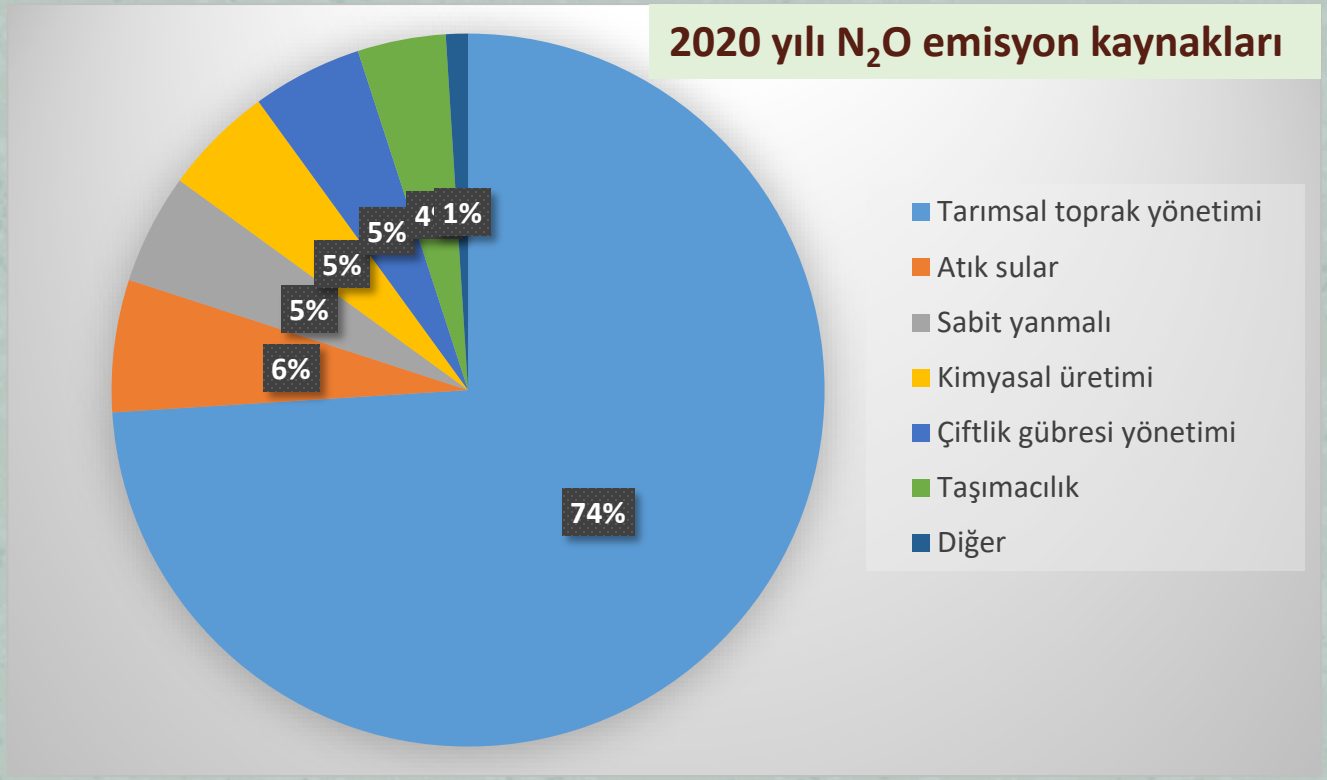


Önlem alınmazsa, 2030 yılına kadar atmosferdeki N_2O miktarının %35-60, CH_4 miktarının ise %60 oranında artacağı öngörülmektedir.

Funded by the European Union

Nitroz oksit molekülleri, atmosferde ortalama 114 yıl kalabilmektedir.

Küresel olarak, N_2O emisyonlarının büyük bir bölümü atmosfere doğal yollarla girmesine karşın yaklaşık %40'ı insan faaliyetlerinden kaynaklanır.



İnsan kaynaklı N_2O emisyonları büyük ölçüde tarımsal faaliyetler ile atmosfere salınım yapar. Tarımsal faaliyetler içerisinde azotlu gübre kullanımının N_2O salınımına etkisi çok büyüktür

Funded by the European Union

N_2O'nun tarım topraklarında üretilmesinin iki ana yolu nitrifikasyon ve denitrifikasyon olaylarıdır. Topraklarda bulunan bazı mikroorganizmalar tarafından amonyumun nitrat iyonlarına dönüştürülmesi olayı nitrifikasyon olarak tanımlanır.



Nitrifikasyon, oksijen varlığında gerçekleşir. Denitrifikasyon ise çeşitli süreçlerden sonra nitratın serbest azot gazına (N_2) indirgenmesi olayıdır. Bu süreç içerisinde nitratın N_2 gazına dönüşümü genelde tamamlanmasına karşın küçük ve değişken bir miktar azot formu ise N_2O gazı şeklinde atmosfere salınmaktadır

Funded by the European Union

Diğer azotlu gübrelerden farklı olarak üre gübresi toprağa uygulandığında, endüstriyel üretim sürecinde ilave edilmiş olan CO_2 salınır.

Üre (CH_4N_2O) su ve üreaz enzimlerinin varlığında amonyum (NH_4^+), hidroksil (OH^-) ve bikarbonat (HCO_3^-) iyonlarına dönüşür. Reaksiyon sonucunda oluşan HCO_3^-, kireç eklendikten sonra kendisini oluşturan CO_2 ve H_2O'ya ayrılır.

Bu şekilde topraklardan gerçekleşen CO_2 salınımı azotlu gübre uygulamalarıyla gerçekleşen N_2O salınımı ile karşılaştırılınca daha düşük düzeylerde gerçekleşmektedir



Funded by the European Union

Azotlu Sentetik Gübrelerden Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları

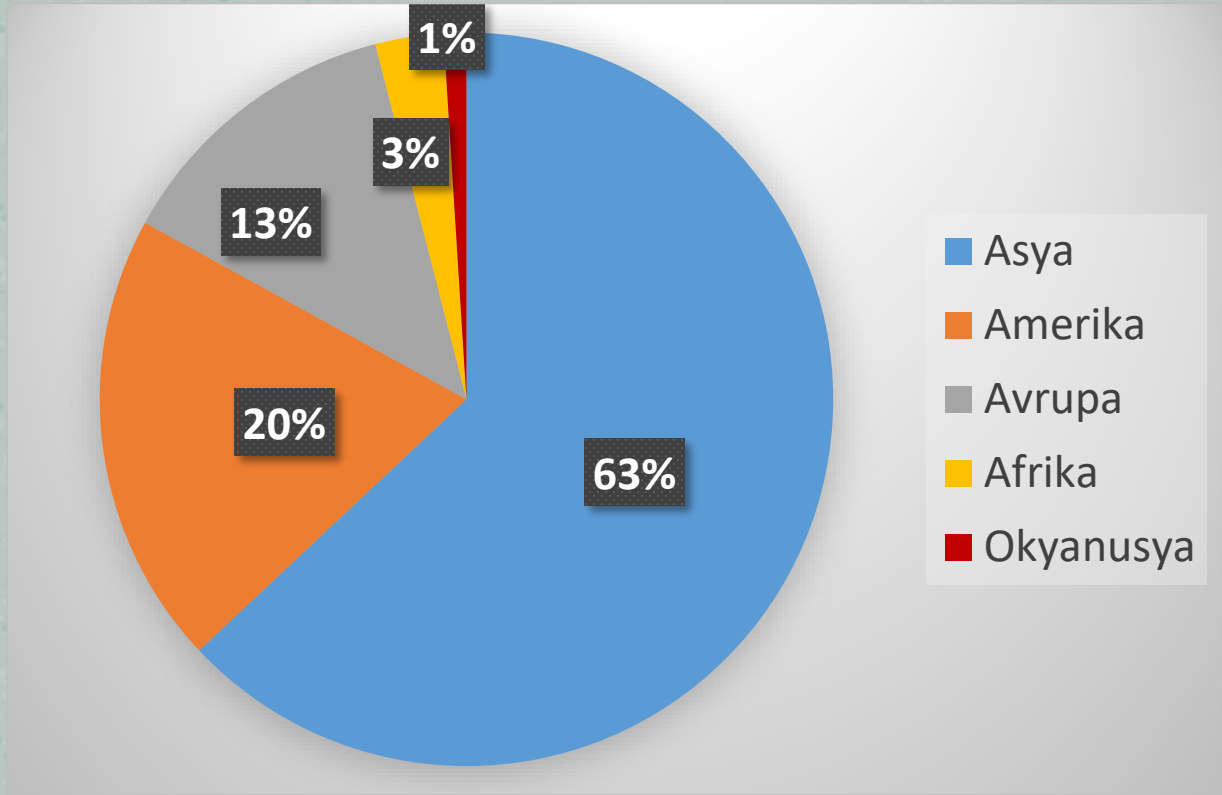
Bitkisel üretimde verimliliği arttırmak amacıyla ilk olarak başvurulan yöntem gübrelemedir. Dünyada en fazla kullanılan gübrelerin başında azotlu gübreler yer alır. Yıllık azotlu gübre üretiminin küresel ölçekte yaklaşık 100 Tg N olduğu tahmin edilmektedir.

Bununla birlikte azotlu gübreler dikkatli kullanılmazlarsa bazı önemli çevre sorunlarına yol açabilirler. Yeraltı sularında oluşan nitrat kirliliği bu sorunlardan birisidir. Bir diğer önemli sorun ise uygulandıktan sonra N_2O gazına dönüşerek atmosfere salınımıdır.

Çok az miktarda salınım olmasına karşın küresel ısınma potansiyelinin yüksek oluşu ve uzu süre atmosferde kalabiliyor olması nedeniyle etkisi çok güçlüdür. Küresel ısınma potansiyeli açısından değerlendirildiğinde topraklara uygulanan her 1 kg N girişi ortalama 4.65 kg CO_2 olarak kabul edilir.

Funded by the European Union

Küresel ölçekte verilerine ulaşabildiğimiz 1961 yılından günümüze, sentetik gübre kullanımına bağlı sera gazı emisyonları yaklaşık 10 kat artmış bulunmaktadır.



Kıtalara göre 2001-2011 döneminde sentetik gübrelerden N_2O oranları

Sentetik gübrelerden kaynaklanan sera gazı emisyonları, tarımdan kaynaklanan toplam emisyonların yaklaşık %11'ini oluşturur. Bu emisyonların önemli miktarı Asya kıtasından gerçekleşmektedir.

Funded by the European Union

Gübrelerden Sera Gazı Salınımını Etkileyen Bazı Çevresel Faktörler

Topraklarda nitroz oksit oluşumu çeşitli çevresel faktörler tarafından etkilenmektedir.

Oluşan N_2O miktarı, toprak boşluklarındaki oksijen miktarına, reaksiyon yönü ise sıcaklığa bağlıdır. Düşük sıcaklık koşullarında azot bileşenlerinin dönüşümü yavaşlarken sıcaklığın yükselmesiyle birlikte dönüşüm hızı artar.

Tarım topraklarından N_2O salınımını etkileyen bir diğer unsur ise nitrifikasyon için kullanılabilecek amonyum (NH_4^+) miktarı ve denitrifikasyonda kullanılacak olan nitrit (NO_2^-) konsantrasyonudur.

Ayrıca hafif bünyeli, nötr ya da hafif asit reaksiyonlu topraklarda, ortamda NO_3 N' unun varlığıyla birlikte N_2O salınımı artış gösterir.

Funded by the European Union

Verimliliği Artırılmış Gübrelerin Emisyon Azaltımına Etkileri

Gübrelerin etkinliğini artırarak hem toprakta olası kayıpları en aza indirmek hem de içermiş oldukları besin elementlerinden bitkilerin daha yüksek oranda yararlanmalarını sağlamak, son yıllarda fazlaca tercih edilmeye başlanan bir yöntem olmuştur. Verimliliği artırılmış gübreler şeklinde genel olarak isimlendirilen bu gübreler **"bitki alımını artıran ve besin elementi kaybını azaltan özelliklere sahip gübre ürünleri"** olarak tanımlanmaktadır.



Daha çok azotlu gübrelerde verimliliğin artırılmasını hedef alan bu tür ürünlerde **kaplama, kapsülleme, inhibitör ilavesi** gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu şekilde azot salınımının geniş bir döneme yayılması mümkün olabilmekte ve kayıplar en aza indirilmektedir.

Funded by the European Union

Yavaş ve kontrollü salınım yapan gübreler ile inhibitörlü gübreler daha yüksek azot kullanım etkinliğinine sahip olmalarının yanında gübrelemeden kaynaklanan N_2O emisyonlarını azaltma potansiyellerine sahiptirler.

Farklı zamanlarda sulu tarım koşullarında ve mısır bitkisi yetiştiriciliğinde yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre:

Kontrollü salınım yapan polimer kaplı bir üre toprak işlemesiz ve minimum toprak işlemeli ortamlarda N_2O emisyonlarını üreye oranla %42, üre amonyum nitrat gübresine (UAN) oranla %14 azaltmıştır.

İnhibitörlü üre gübresi uygulaması normal üreye göre N_2O emisyon değerini % 46, üre amonyum nitrata göre ise % 21 azaltmıştır.

Funded by the European Union

Gübre Üretimi Esnasında Gerçekleşen Sera Gazı Emisyonları

Haber-Bosch'un azot (N) ve hidrojenden (H) amonyak (NH_3) eldesine yönelik tekniği dünyada azotlu gübre üretiminin birincil yöntemidir ve bu yöntem yüksek sıcaklık ve yüksek enerji gerektirir.

Gübre üretimi esnasında dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık % 1.2'sinin tüketildiği ve aynı oranda da sera gazı emisyonu yapıldığı tahmin edilmektedir.



Funded by the European Union

Azotlu gübre üretimi esnasında ortaya çıkan başlıca sera gazları, amonyak sentezinde kullanılan doğalgazın yakılması sonucu ortaya çıkan CO_2 ve nitrik asit üretimi sırasında salınan N_2O'dur.

Amonyak üretimi esnasında 1 metrik ton susuz amonyak için 1250 m^3'e yaklaşan doğalgaza gereksinim duyulur.

2020 yılında küresel olarak gübre üretimi esnasında atmosfere salınan sera gazı miktarı 389142 Kiloton CO_2 eşdeğeri olarak bildirilmiştir.

Fosforlu gübrelerin üretimleri esnasında fosil yakıt kullanımına bağlı olarak salınan CO_2 ile hammaddelerin taşınması esnasında salınan CO_2 üretimdeki temel sera gazı olmuştur.

Funded by the European Union

Organik gübreler özellikle uzun dönem depolama esnasında yüksek miktarda emisyon yaparlar.

Sıvı organik atıkların veya gübrelerin depolanması esnasında CH_4 emisyonları azalırken N_2O emisyonlarında artışların olduğu ifade edilmiştir.

Sentetik gübrelerin depolanmasından kaynaklanan emisyonların yok denecek kadar az olduğu bildirilmektedir.

Funded by the European Union

Hayvan Gübreleri Aracılığıyla Gerçekleşen Sera Gazı Salınımları

Hayvan gübreleri tarımsal kaynaklı sera gazı emisyonları arasında önemli bir paya sahiptir. Hayvan gübresi yönetimi, otlaklarda kalan hayvan gübresi ve toprağa uygulanan hayvan gübreleri toplamda tarım kaynaklı sera gazı salınımlarının yaklaşık % 22'sine neden olmaktadır. Hayvancılık faaliyetleri sonucunda oluşan hayvan gübresi kaynaklı emisyonlar metan (CH_4) ve nitröz oksit (N_2O) gazlarıdır.



Funded by the European Union

Hayvan gübreleri aracılığıyla salınan sera gazları birçok faktöre göre büyük değişkenlik göstermektedir.

IPCC'nin "Ulusal Sera gazı Emisyon Envanteri Raporuna dayanarak ve farklı hayvanlar için ortalama yıllık sıcaklığın 20 C^{o} esas alındığı CH_4 gazı emisyon faktörleri yandaki Çizelge'de verilmiştir.

Çiftlik hayvanı	Emisyon Faktörü (kg CH_4 Hayvan Başı$^{-1}$ Yıl^{-1})
Süt sığırı	27
Diğer sığırlar	13
Domuz	5
Damızlık domuz	8
Manda	11
Koyun	0.28
Keçi	0.20
Deve	2.37
At	2.34
Eşek ve katır	1.10
Tavuk	0.02
Hindi	0.09
Ördek	0.03

Funded by the European Union

TARIM TOPRAKLARINDA KİREÇ UYGULAMALARININ SERA GAZI SALINIMI ÜZERİNE ETKİLERİ

Funded by the European Union

Asit reaksiyona sahip topraklarda tarımsal üretimde verimi artırmak için dünyada yaygın olarak toprağı ıslah edici materyaller kullanılmaktadır. Bu materyallerin kullanımında esas olarak toprak asitliğinin azaltılarak bitki besin elementlerinin yarayışlılığının artırılması hedeflenir.



Bu şekilde toprak verimliliği artırılmış ve bunun sonucunda ürün verimi ve kalitesi iyileştirilmiş olmaktadır. Dünya genelinde bu amaçla en fazla tercih edilen yöntem tarım topraklarının kireçlenmesidir.

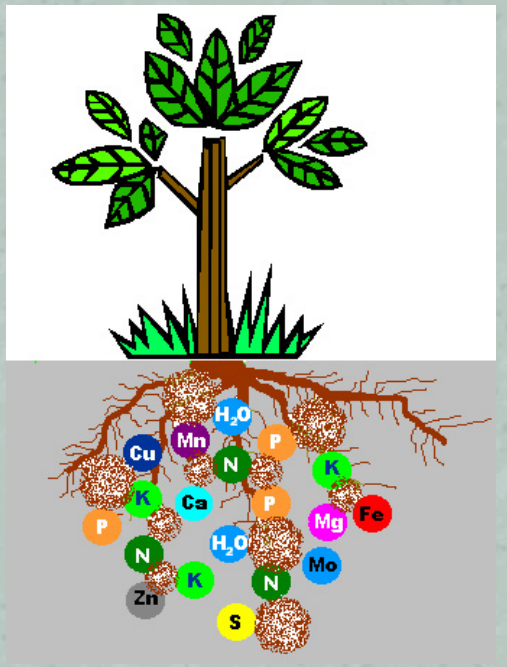
Funded by the European Union

Toprak Reaksiyonunun Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Toprakta bulunan bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınabilmesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler içerisinde toprak reaksiyonu en önemlilerden birisidir.

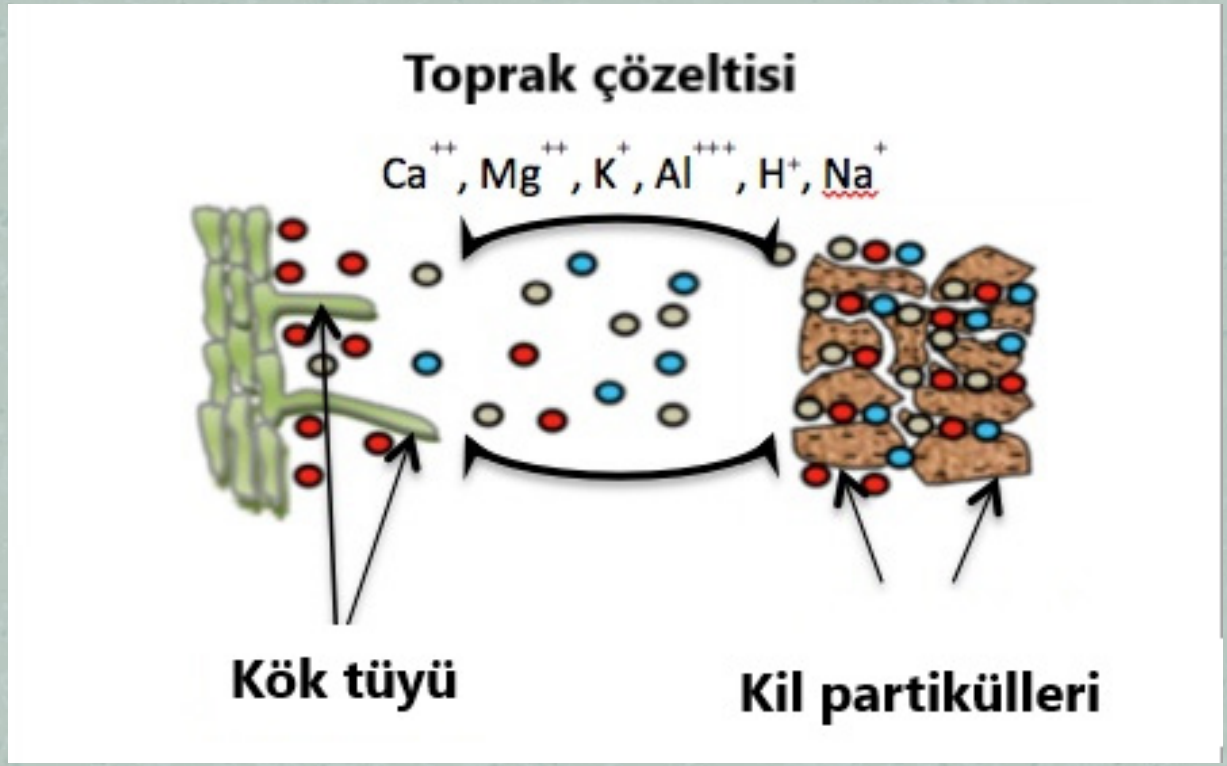
Bitkiler genel olarak toprak pH'sının nötr reaksiyona yakın olması halinde bitki besin elementlerinden optimum derecede yararlanabilirler.

Bununla birlikte toprak çözeltisinde pH'nın asit ya da alkali yönde artışlar göstermesi bazı bitki besin elementlerinin çözünürlüğünü önemli ölçüde azaltır.



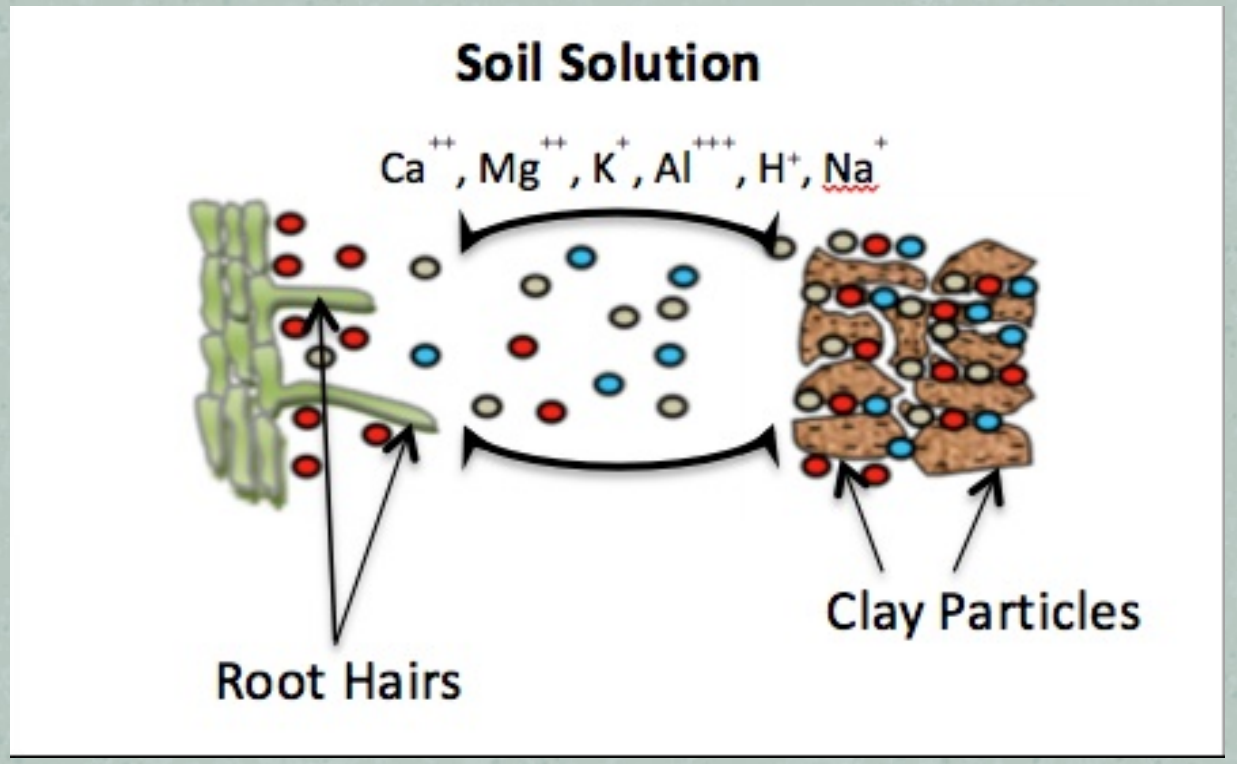
Funded by the European Union

Toprak asitliği, topraklardaki hidrojen (H) ve alüminyum (Al) iyonlarının miktarını ifade etmekte kullanılan bir terimdir. Hidrojen veya alüminyum iyonlarının miktarındaki artış, toprağın asitlenmesi anlamına gelir ve toprağın negatif yüklü katyon değişim kapasitesi (KDK) kısıtlanmış olur.



Kaynak:https://extension.uga.edu/

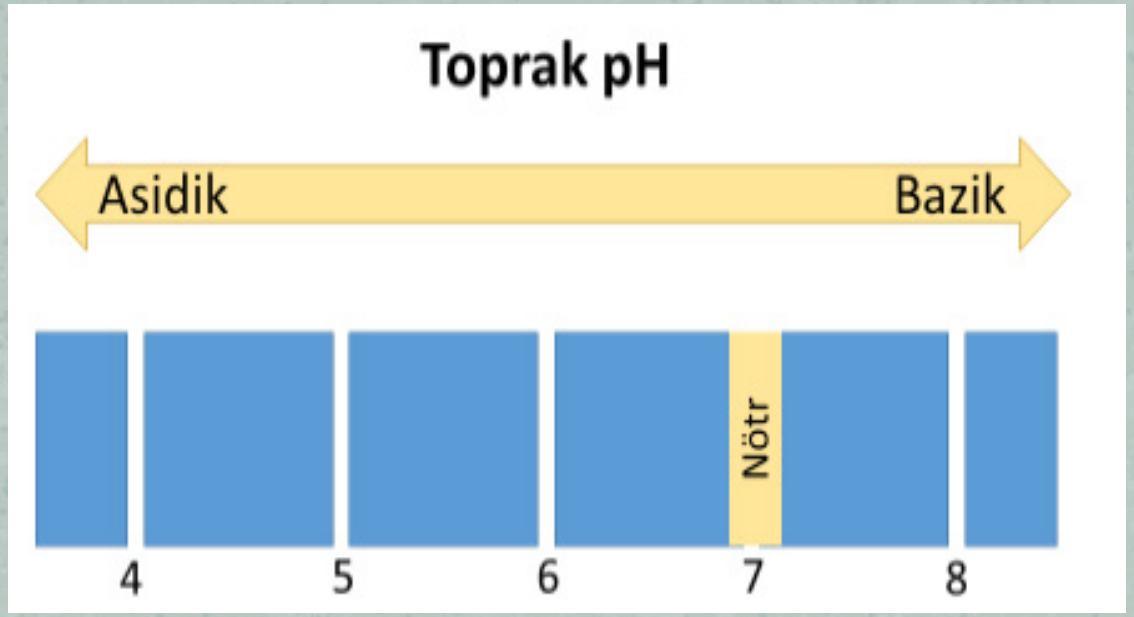
Bu durum bitkilerin kök büyümesi ve normal gelişimi için zarar verici bir durumdur.



Kaynak:https://extension.uga.edu/

Funded by the European Union

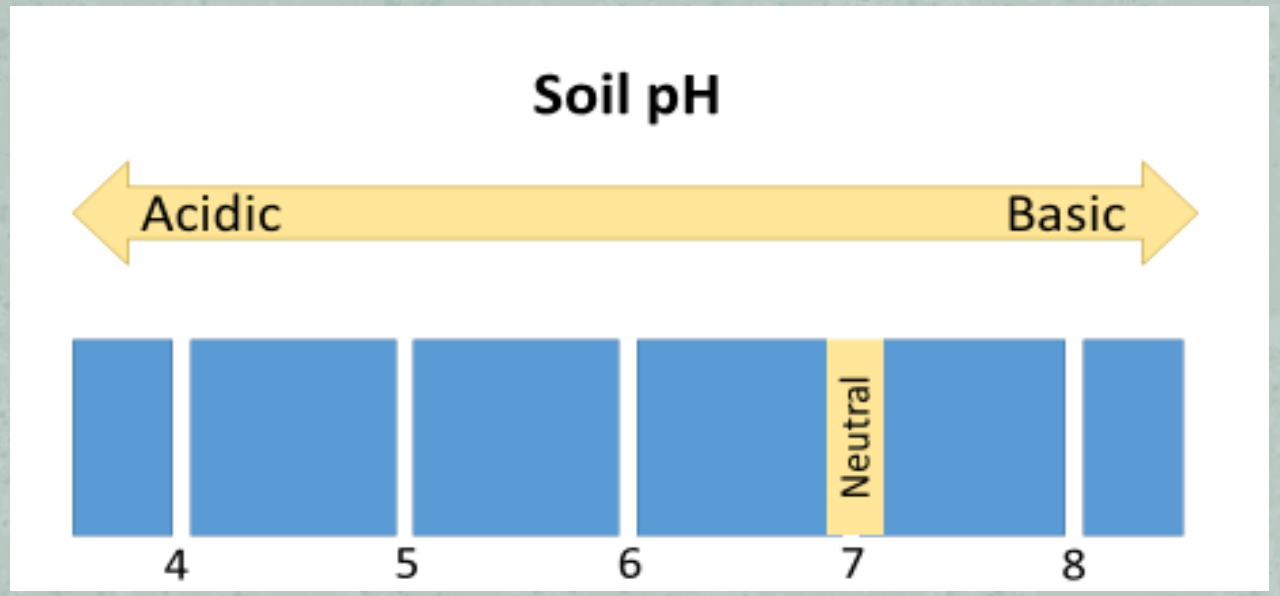
Toprak pH'ı "toprak asitliğinin" bir göstergesidir. pH değerinin 7.0 olması nötr olarak ifade edilirken bu değerin altı asidik, üstü ise bazik veya alkali olarak tanımlanır.



Genel olarak topraklarda pH sınıflandırması

Toprak için pH rakamlarındaki küçük değişimler toprak asitliğindeki büyük farklılıkları gösterir. Örneğin pH'ı 5 olan bir toprak, pH'ı 7 olan bir topraktan 100 kat daha asidiktir.

Funded by the European Union



Genel olarak topraklarda pH sınıflandırması

Toprak asitliği bitki gelişimi üzerine farklı şekillerde olumsuz etkiler gösterebilir.

Asitlikte görülen artışa bağlı olarak bazı bitki besin elementlerinin alımında görülen azalmalar ya da toksik iyon etkileri en önemli sorun olarak değerlendirilebilir.

Asit topraklarda **fosfor, molibden kalsiyum** gibi bazı besin elementlerinin çözünürlüklerindeki azalışa bağlı olarak eksiklikleri görülürken, **alüminyum, mangan ve hidrojen** gibi iyonlar ise toksite oluşturabilecek düzeylere çıkabilmektedir.

Asitlik, topraklarda ürün verimini sınırlayan önemli bir faktördür ve dünyada yaklaşık **dört milyar hektarlık** arazi asidiktir.

Funded by the European Union

Tarım Topraklarında Kireçleme Uygulamaları

Asit özellik gösteren topraklarda toprağı nötralize etmek amacıyla kireçleme uygulamaları en sık başvurulan yöntemdir. Asitliği gidermede yaygın olarak kullanılan kireçleme materyalleri kireç taşı, sönmüş ve sönmemiş kireç, dolomit gibi kalsiyum bileşikleridir.

Kalsiyum tek başına kullanıldığında toprak pH'sını arttıramazken kireçleme materyallerindeki bazik katyonlar asit topraklardaki hidrojen iyonları ile nötralize olabilmektedir



Funded by the European Union

Kireçleme, doğru yapıldığı takdirde bitkisel üretimde önemli yararlar sağlar, bu yararlardan bazıları şu şekildedir:

*Asit topraklarda kireçleme ile bitkiler daha az alüminyum toksitesine maruz kalacaklarından daha iyi bir kök gelişimi gösterirler.

*Kireçleme de kullanılan materyale göre toprağa kalsiyum ve magnezyum gibi bitki besin elementleri kazandırılmış olur.

*Uygulama ile toprak pH'sı artışına bağlı olarak besin elementlerinin çözünürlüğü de artış göstereceğinden bitki kökleri aracılığıyla besin alımı artar.

Funded by the European Union

*Kireçleme ile topraklarda katyon değişim kapasitesi (KDK) artış gösterir ve bu durum özellikle potasyum gibi temel katyonların yıkanarak kayba uğramalarına engel olur.

*Baklagillerde nodül oluşumu destekleneceği için biyolojik azot fiksasyonunda artış görülür.

*Optimal toprak pH'sında bazı herbisitlerin parçalanması daha kolay olacağından ürün rotasyonunda bitkilerin zarar görmesi engellenir. Bazı nematisitler kireçleme yapılan alanlarda daha etkili çalışırlar.

Funded by the European Union

Kireçleme yapılırken toprak özelliklerine ilaveten yetiştirilen bitkinin optimum pH isteği de bilinmelidir. Gereğinden fazla kireç uygulanması durumunda farklı beslenme problemlerinin görülmesi her zaman olasıdır.

Bazı bitkilerinin optimum pH istekleri yanda gösterilmiştir.

Bitki	Kireçleme için hedef pH
Mısır	6.0
Soya	6.0
Pamuk	6.2
Kuşkonmaz	6.5
Fasulye	6.0
Domates	6.5
Yonca	6.5
Elma	6.5
Çilek	6.0
Köknar	5.5
Yaban mersini	4.5

Funded by the European Union

Genel olarak kireçleme materyalleri 2 farklı tipte bulunurlar:

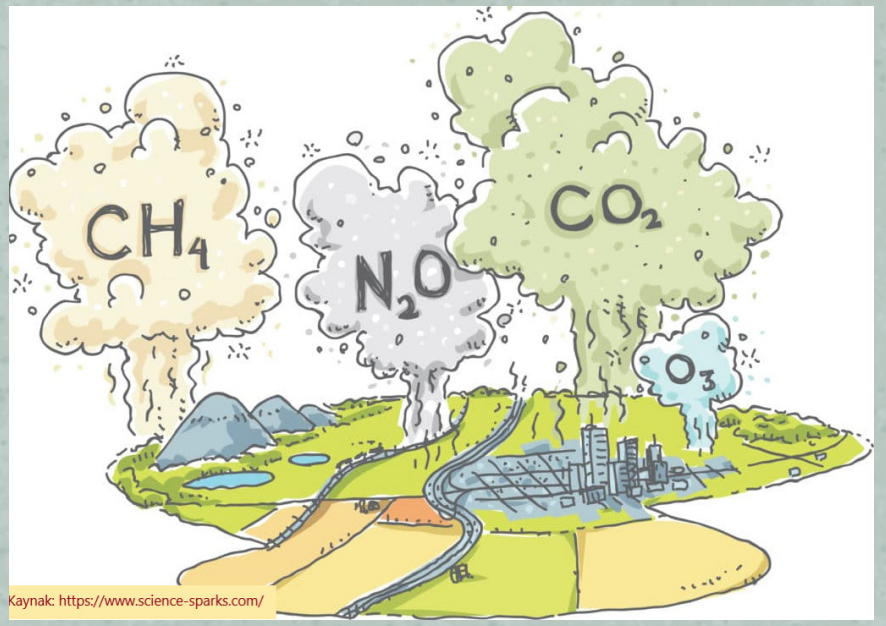
Kalsitik kireç taşı olarak adlandırılan birinci grup içerisinde kalsiyum karbonat **($CaCO_3$)**, kalsiyum hidroksit **[$Ca(OH)_2$]** veya kalsiyum oksit **(CaO)** yer alır.

Kalsiyumla birlikte önemli miktarda magnezyumda içeren dolomitik kireç taşı **[$CaMg(CO_3)_2$]** ise ikinci tip olarak sınıflandırılır.

Funded by the European Union

Topraklarda Kireç Uygulamalarının Sera gazı Salınımlarına Etkisi

Asit topraklarda nötralizasyonu sağlamak amacıyla kireçleme materyallerinin toprağa uygulanmasının bazı çevresel etkileri de olmaktadır. Bu etkiler birçok değişkene bağlı olarak farklılık gösterebilir. Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarından **CO_2 ve N_2O** gazları CH_4 gazına göre kireçleme uygulamalarından daha fazla etkilenir.



Kaynak: https://www.science-sparks.com/

Funded by the European Union

Topraklarda Karbondioksit Salınımı Üzerine Kireçlemenin Etkileri

Asit topraklara kireç uygulanmasına bağlı olarak atmosferik CO_2 miktarında artışlar görülebilmektedir. Bu durum altta gösterilen denklem ile açıklanmaya çalışılmıştır:

$$CaCO_3 + 2H^+ \longrightarrow Ca^{+2} + CO_2 + H_2O$$

Funded by the European Union

- Kireç, toprak neminde çözündükten sonra değişim kompleksindeki kalsiyum (Ca^{2+}) ve bikarbonat (HCO_3^-) iyon konsantrasyonları artar.

- Bunun sonucunda Al^{3+} iyonları Ca^{2+} iyonları ile yer değiştirir ve alüminyumun asit hidrolizindeki düşüşe bağlı olarak toprak pH'sında yükselme gerçekleşir.

- Bu esnada oluşan bikarbonat (HCO_3^-) iyonlarının toprakta mevcut H^+ iyonları ile reaksiyona girmesiyle karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O) açığa çıkmış olur.

- Bu işlemler sonucunda toprakta asitliğe neden olan H^+ konsantrasyonu azalırken, Al^{3+} iyonlarının neden olduğu toksite ve Ca^{2+} eksikliği gibi bitki gelişimini engelleyen durumlar kısmen ortadan kaldırılmış olur.

Funded by the European Union

ABD'de kalsit ve dolomit uygulamalarına bağlı olarak atmosfere salınan CO_2'in toplam tarımsal sera gazı emisyonlarının %1,7'sini ve toplam sera gazı emisyonlarının %0,13'ünü oluşturduğu ifade edilmektedir.

Brezilya'da tarım topraklarının kireçlenmesine bağlı olarak oluşan CO_2 salınımını hesaplayabilmek için yapılmış bir çalışmada 1990-2000 yılları arasındaki dönemde emisyon miktarının yılda ortalama 7.2 Tg olduğu bildirilmiştir.

Funded by the European Union

Asit Topraklarda Kireçlemenin Nitroz Oksit Salınımı Üzerine Etkileri

Kireçleme, pH'ının yükselmesini ve buna bağlı olarak topraklarda verimliliğin artmasını sağlar. Bunun yanında toprak karbon içeriği ve elementlerin döngüsüne bağlı olarak sera gazı emisyonlarını da etkiler.

Kireçleme ile atmosfere CO_2 salınımında artış görülmesinin aksine, yapılan birçok çalışma da azotlu gübrelemeye bağlı olarak oluşan N_2O emisyonlarında ki azalışa vurgu yapılmıştır.

Funded by the European Union

- Toprakların kireçlenmesi ile azot kayıplarının incelendiği bir çalışmada kireçleme ile yıkanarak azot kaybının ve atmosfere N_2O emisyonlarının azaldığı fakat kireçlemeye bağlı olarak oluşan doğrudan CO_2 emisyonlarının arttığı belirtilmiştir.. Çalışmada kireçlemeden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının, N_2O emisyonlarını azaltarak tasarruf edilen miktara oranla yaklaşık dört kat daha fazla olduğu ifade edilmiştir.

- Kireçlemenin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada pH'sı 5.35 olan bir toprakta dört farklı kireçleme materyalinin N_2O salınımı üzerine olası etkileri incelenmiştir. Çalışmada kireçleme materyalleri olarak dolomit-$CaMg(CO_3)_2$, kalsit-$CaCO_3$, kalsiyum hidroksit-$Ca(OH)_2$ ve kalsiyum oksit-CaO kullanılmış olup tüm uygulamalar sonucunda topraktan N_2O salınımında düşüş görülmüştür. Diğer uygulamalara göre N_2O salınımındaki en yüksek azalma $Ca(OH)_2$ uygulamasında elde edilmiştir ve bu durum pH'yı daha fazla artırması ile ilişkilendirilmiştir.

Funded by the European Union

- Toprak işlemesiz tarım yapılan ve kireç uygulanan alanlarda sera gazı salınımlarının etkilerini ortaya koymak üzere yapılmış olan bir çalışmada yetersiz drenaja sahip asidik bir topraktan N_2O ve CH_4 emisyonları gözlenmiştir.

- Çalışma sonuçlarına göre konvansiyonel tarım uygulamaları yapılan alanlarda kireçleme ile N_2O salınımları %61 oranında azalırken toprak işlemesiz tarım yapılan alanlarda herhangi bir etki görülmemiştir.

- Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre toprak işlemesiz tarımın toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmek ve aynı zamanda N_2O ve CH_4 emisyonlarını azaltmak için önemli bir araç olduğunu vurgulamışlardır.

Funded by the European Union

Biyoçar Uygulamalarının Sera Gazı Emisyonları Üzerine Etkileri

Biyokütlenin yüksek sıcaklık altında, oksijensiz veya sınırlı oksijen koşullarında termo-kimyasal dönüşüm ile elde edilmiş olan karbonca zengin, ayrışmaya dayanıklı ve gözenekli yapıya sahip olan organik bileşikler **biyokömür** olarak tanımlanmaktadır.



Üretilen biyokömürlerin büyük oranda **alkali karakterde olması,** bugüne kadar yapılan çalışmaların büyük bir kısmının asit karakterli topraklarda olmasına neden olmuştur. Kireçlemede olduğu gibi uygulandığında toprağın pH'sının yükselterek besin elementlerinin yarayışlılığının artmasına neden olduğu için birçok araştırmanın konusu olmuştur.

Funded by the European Union

Biyokömür uygulamalarının toprak sera gazı akışları üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür.

Bu amaçla yapılan bir incelemede CO_2, CH_4 ve N_2O akışları üzerine biyokömür uygulamalarının etkileri değerlendirmeye çalışılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre biyokömür uygulamalarına bağlı olarak toprak **CO_2 akışları %22 oranında artış** gösterirken **N_2O akışlarında ise %31'lik azalma** olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte biyokömür uygulamaları toprakta CH_4 akışı üzerine herhangi bir etki göstermemiştir.

Funded by the European Union

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ AÇISINDAN GÜBRELEMEYİ DAHA SÜRDÜRÜLEBİLİR HALE GETİRMEK

Funded by the European Union

Bugün dünya üzerinde bitkisel üretim yapanların temel amacı, alabilecekleri en yüksek miktar ve kalitede ürün elde edebilmektir. Bu amaca ulaşabilmek adına tarımda kullanılan en önemli girdilerin başında gübreler yer almaktadır. Dünya genelinde tarımsal üretimde son yıllarda kullanılan temel gübre miktarları ton olarak yanda gösterilmiştir.

Yıllar	Azotlu gübre (N)	Fosforlu gübre (P_2O_5)	Potasyumlu gübre (K_2O)
2018	108.795.192	44.456.769	38.961.263
2019	105.111.079	44.119.119	36.995.315
2020	110.541.659	48.364.923	39.024.540
2021	108.688.168	46.269.708	40.128.174

Bitkisel üretimde kimyasal gübrelerin yanı sıra organik gübre uygulamaları da önemli boyutlardadır. Dünya genelinde 2020 yılı verilerine göre **28 milyar tona** yakın hayvan gübresi kullanımı gerçekleşmiştir

Funded by the European Union

- Gübrelemenin hızla artmasına karşın gübrelerin etkin kullanımıyla ilgili çok önemli sorunlar vardır.

- Bugün dünya genelinde yapılan birçok çalışmada gübre kullanım etkinliğinin çok düşük oranlarda kaldığı bilinen bir gerçektir.

- Başarılı bir gübreleme, bitkilerin gelişme dönemleri boyunca gerekli besin ihtiyaçlarını sağlamanın yanı sıra bunu çevreye en az düzeyde zarar verecek şekilde yapabilmek ile ölçülmelidir.

- Nitekim bugün dünya üzerinde özellikle yanlış ve aşırı gübre kullanımına bağlı olarak ciddi çevre sorunları ile karşı karşıyayız.

Funded by the European Union

- Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının önemli bir bölümü tarımsal faaliyetler sonucunda atmosfere salınmaktadır.

- Tarım kaynaklı sera gazı emisyonları büyük oranda, **metan (CH_4)** ve **nitröz oksit (N_2O)** gazından oluşmaktadır.

- Tarımsal faaliyetler sonucunda atmosfere salınan gazların 2020 yılı verilerine göre % 13'lük kısmı toprağa uygulanan sentetik gübreler ve hayvan gübrelerine bağlı olarak gerçekleşmiştir.

Funded by the European Union

Altta verilen Çizelgede sentetik gübre kaynaklı sera gazı emisyonlarının yıllar içerisindeki değişimi gösterilmiştir.

Geçen 60 yıllık süreçte sentetik gübrelere bağlı oluşan emisyon miktarındaki artış oranı 10 kata yaklaşmıştır.

Yıllar İçerisinde Gübre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarında Görülen Değişimler

Emisyon Kaynağı	Salınım miktarı (Kiloton CO_2 eşdeğeri)							Değişim Oranı (%)
	1961	1970	1980	1990	2000	2010	2020	
Sentetik gübreler	63209	174069	334374	425288	446178	559822	625107	889

Funded by the European Union

Gübre Kullanımının Çevresel Etkileri

Gübrelerin çevreye olan olumsuz etkileri sera gazı salınımına sağlamış oldukları katkı ile sınırlı değildir. Özellikle aşırı kullanıma bağlı olarak daha farklı çevresel sorunlara da neden olabilirler. Burada önemli olanlarından bazılarına değinilecektir.

Funded by the European Union

Yeraltı sularında oluşan nitrat kirliliği

Dünyanın birçok bölgesinde yeraltı suları içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. İçme sularında insan sağlığını tehdit eden en önemli faktörler mikrobiyolojik kirlilik ve nitrat kirliliğidir.

Günümüzde yer altı sularında görülen nitrat kirliliğine neden olan faktörlerin başında gübreler gelmektedir. Toprağa uygulanan ve bitkiler tarafından kullanılmayan azot özellikle nitrata dönüştükten sonra toprak tarafından tutulmaz ve suyla birlikte hareket eder. Bu durum yeraltı sularının nitratla bulaşmasında temel etkendir.



Toprağa uygulanan azotlu gübrenin % 2-10 arasındaki kısmının yüzey suları ya da yeraltı sularına karıştığı ifade edilmektedir.

Funded by the European Union

Bitkilerde nitrat birikimi

Nitrat yüzey ve yeraltı sularında sorun olduğu gibi bazen de bitkilerin bünyesinde belirli bir düzeyin üzerine çıkarak sorun yaratabilmektedir. Bitkiler tarafında topraktan en fazla kaldırılan elementlerin başında azot gelir ve doğal olarak bünyelerinde fazla miktarda azot içerirler.

Bazen aşırı azotlu gübre tüketimine bağlı olarak bitkilerin absorbe ettiği azot düzeyi yükselir ve bitkilerde nitrat birikimi görülebilir. Bu durum özellikle yaprağı yenen sebze türlerinde sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.



İçme suları ve gıdalar aracılığıyla alınan nitrat, canlıların bünyesinde önce nitrite dönüşür ve daha sonra nitrozamin bileşikler oluşturur. Bu bileşikler de toksik, mutajenik ve kanserojenik olarak kabul edilen bileşiklerdir.

Funded by the European Union

Topraklarda tuzluluk oluşumu

Toprak tuzluluğu, suda çözünebilir tuzların çeşitli şekillerde toprakta birikmesi olayıdır. Doğal yollarla ve yapay şekillerde meydana gelebilir.

Yapay yollarla topraklarda oluşan tuzluluk çoğunlukla sulama ve gübrelemeden kaynaklanmaktadır. Özellikle yetiştiriciliğin yoğun olarak yapıldığı alanlarda yüksek miktarlarda gübre kullanımına bağlı olarak uzun yıllar içerisinde toprakta tuzluluk miktarı artar.



Funded by the European Union

Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, bazı bitki besin elementlerinin artışıyla sularda sucul yaşamın artması, buna bağlı olarak su kalitesindeki düşüş ve sudaki yaşam ortamlarında meydana gelen bozulmalar olarak tanımlanabilir.

Tarımsal üretimde kullanılan ve özellikle azot ve fosfor içeren gübreler, ötrofikasyona neden olan en önemli kirleticiler durumundadır.



Ötrofikasyon çoğunlukla göl, gölet, gibi alanlarda görülmesine karşın bazen nehir ve denizlerde de görülebilmektedir.

Funded by the European Union

Gübre Kullanım Etkinliğinin Artırılması ve Gereksiz Gübre Kullanımının Önüne Geçilmesi

Tarımın en önemli girdilerinden olan gübrelerin çoğunlukla yanlış kullanıma bağlı olarak etkinlikleri sınırlı miktarlarda olmaktadır.

Gübre kullanım etkinliği, bitkilerin sağlıklı bir gelişim için gereksinim duyduğu besin elementlerini optimum düzeyde kullanabilmesi ya da maksimum seviyede bitki aksamlarını oluşturabilme yeteneği olarak tanımlanabilir.

Başarılı bir gübrelemenin en önemli koşulu bitkinin gelişme dönemi boyunca besin gereksinimini karşılarken bunu ekosisteme minimum düzeyde zararla gerçekleştirebilmektir.

Funded by the European Union

Azot kullanım etkinliği, yapılan uygulamalara ve çevresel etkenlere bağlı olarak değişmekle birlikte dünya genelinde yaklaşık % 25-40 arasında olmaktadır.

Gübre kullanım etkinliğini azaltan bazı etkenler ve bunların azaltma oranları Çizelgede gösterilmiştir.

Gübre kullanım etkinliğini azaltan bazı etkenler

Etkenler	Azaltma oranı (%)
Uygun olmayan tohum yatağı	10-20
Uygunsuz bitki çeşidi	20-40
Geç ekim dikim	20-40
Yetersiz sulama	10-25
Hastalıklar	15-20
Zararlılar	5-50
Bilinçsiz gübre uygulaması	20-50

Funded by the European Union

Doğru gübreleme programları uygulayabilmek

Doğru gübreleme için yetiştirilecek bitkinin besin maddesi gereksiniminin bilinmesi büyük önem taşır. Bununla birlikte bitkilere beslenme programları oluşturulurken toprak özelliklerinin de mutlaka bilinmesi gerekir.

Bitki gereksiniminin altında gübre uygulanmasına bağlı olarak verim kayıpları yaşanır. Bunun yanında gübrenin aşırı miktarda uygulanması ise verim ve kalitenin bozulmasının yanı sıra çevreye de zarar verir.

Kullanılacak gübrenin miktarını ve çeşidini doğru belirleyebilmenin tek yolu yapılacak toprak ve yaprak analizlerinden yararlanmaktır.



Funded by the European Union

Azot gübrelemesi yapılırken, bitkinin gelişme dönemleri dikkate alınarak gübre dozlara bölünmeli ve gübreleme planları, uygun sulama yönetimi ile desteklenmelidir.

Uygulanan azotlu gübrenin toprak yüzeyinde kalması ya da sulama sonucunda derine infiltrasyonu gübrenin kullanım etkinliğini azaltırken önemli çevresel sorunlara neden olur.

Funded by the European Union

Toprak organik madde içeriğinin artırılması

Tarım alanlarında doğru bir bitki besleme yönetimi, toprak organik karbonu tutulumu ile birlikte düşünülmelidir. Genel olarak, organik gübre ve kompost kullanımı toprak organik karbon havuzunu, inorganik gübrelerin kullanımına oranla daha fazla geliştirecektir.



Topraklarda organik madde miktarının az olduğu durumlarda toprak sağlığı bundan olumsuz etkilenir ve verimlilik düşer. Öte yandan, toprakta organik karbon miktarını artırmak, aynı zamanda tarımsal ekosistemlerin atmosferik CO_2' i absorbe etme ve toprakta depolama kapasitesini arttırdığından, karbon tutulumunu artırmanın bir yoludur.

Funded by the European Union

Hasat sonrasında ürün artıklarının yakılması ve aşırı kimyasal gübre kullanımı, biyolojik kaynakların azalmasına neden olur ki bu durum tarımsal ekosistemin bir karbon yutağı olarak potansiyel kapasitesini zayıflatır ayrıca gübreleme ile oluşan emisyonun artmasına neden olabilir.

Funded by the European Union

Toprak organik madde içeriğinin artırılması

Verimliliği artırılmış gübreler, “bitki alımını artıran ve besin elementi kaybını azaltan özelliklere sahip gübre ürünleri" olarak tanımlanmaktadır.



Bu ürünlerde kaplama, kapsülleme, inhibitör ilavesi gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır.

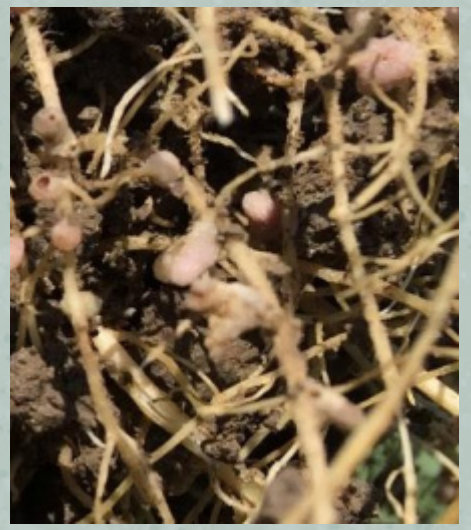
Yavaş ve kontrollü salınım yapan gübreler ile inhibitörlü gübreler daha yüksek azot kullanım etkinliğinine sahip olmalarının yanında gübrelemeden kaynaklanan N_2O emisyonlarını azaltma potansiyellerine sahiptirler.

Bu tür gübrelerin bitkilerin beslenme programlarına dahil edilmeleri sera gazı emisyonlarını azaltmak için önemlidir.

Funded by the European Union

Mikrobiyal gübrelerin kullanılması

Tohum veya toprağa uygulandığında atmosfer azotunu fiske den, bitki besin elementlerinin alınabilirliğini artırarak veya sekonder metabolit üretimiyle bitkisel gelişmeyi teşvik eden; rizosferde kolonize olabilen veya bitki dokularına girebilen, canlı mikroorganizmalardan meydana gelen materyale biyolojik gübre adı verilir



Çoğunlukla **atmosfer azotunu fikse eden** bakterilerden oluşan bu grup gübreler içerisinde **fosfat çözücü** ve **hormon üretici** bakteriler de bulunmaktadır.

Biyolojik gübre olarak kullanılan bakteriler genel olarak Bitki Gelişimini Teşvik edici Rizobakter (PGPR) olarak isimlendirilirler.

Funded by the European Union

Bugüne kadar yürütülmüş olan çalışmalarda özellikle *Azotobacter, Azospirillum, Burkholderia, Pseudomonas, Bacillus* ve *Paenibacillus* cinslerine ait türlerin PGPR olarak öne çıktığı görülmüştür.

Çoğunlukla tek başlarına yeterli olmasalar da mikrobiyal gübrelerin kullanımı ile yoğun sentetik gübre kullanımını azaltmak mümkün olabilecektir.

Genellikle topraktan izole edilen bakteriler arasından aktif olanları etkinlikleri ve uygulandıkları ortama uyum gösterme özellikleri dikkate alınarak başarılı bir şekilde uygulanabilirler.

Funded by the European Union

Gübrelemede hassas tarım teknolojilerinden yararlanma

Son yıllarda tarımda giderek artan şekilde yer bulan uygulamalardan bir tanesi de hassas tarım teknikleridir. Teknolojide kaydedilen yeniliklerin tarımla entegrasyonu sonucu ortaya çıkan hassas tarım, yetiştiricilik yapılan alanda tüm alana aynı uygulamayı yapmak yerine farklı özelliklerdeki alanlara değişken düzeyli uygulamaları esas alan bir yöntem benimser.



Kaynak:https://kayseri.tarimorman.gov.tr/

Funded by the European Union

Değişken oranlı gübre uygulamaları hassas tarımdaki uygulamalardan birisi olup son yıllarda özellikle azotlu gübrenin uygulanmasında sıkça tercih edilen bir yöntem olmuştur. Değişken oranlı gübre uygulamaların gerçekleştirilmesinde temel olarak kullanılan iki yöntem bulunur:

- Bunlardan biri **harita tabanlı değişken oranlı uygulama** olup, arazide ölçümü yapılan parametrelerden elde olunmuş haritaları kullanır.

- Diğer yöntem **sensör tabanlı değişken oranlı uygulamadır**. Sensör tabanlı uygulamada haritalama olmayıp, toprak ya da bitki karakteristiklerine göre gerçek zamanlı sensörler aracılığıyla hareket halindeyken ölçümler alınır.

Her iki yöntemde de temel amaç tüm sahaya sabit ve eşit miktarda gübre vermek yerine toprak ya da bitkilerdeki belirlenen değişkenliklere göre gübreleme miktarını ayarlamaktır.

Funded by the European Union

ORMANSIZLAŞMA, ÇÖLLEŞME VE EROZYONA KARŞI MÜCADELE

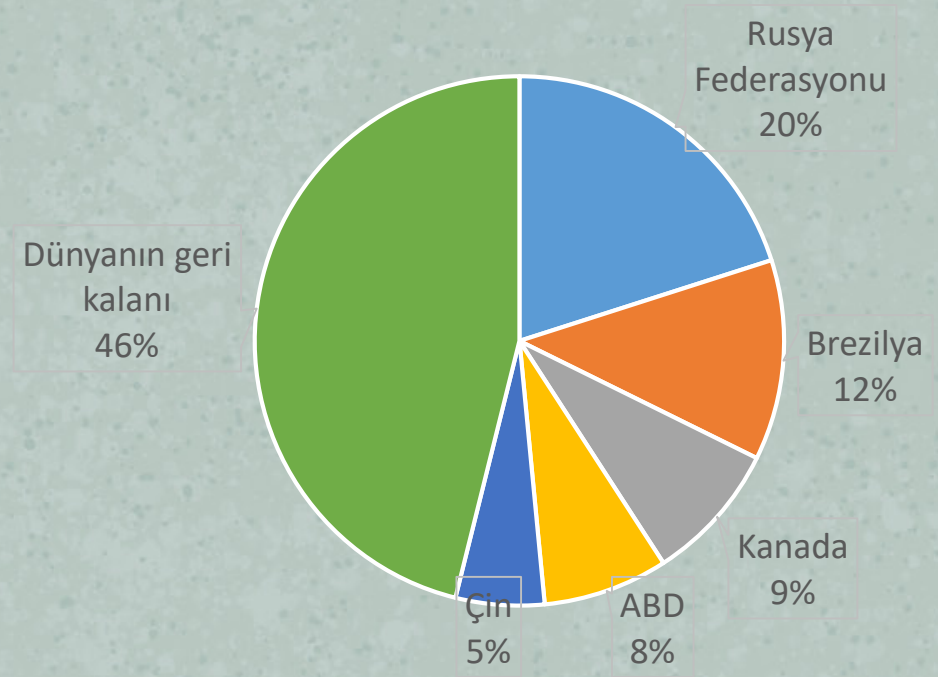


Ormansızlaşma, çölleşme ve erozyon bugün karşı karşıya kaldığımız en önemli çevre sorunları arasında yer alır. Bunlar iklim değişikliği ile etkileşim içerisinde olan ve birbirlerini tetikleyen niteliklere sahiptirler. İklim değişikliklerinin etkilerine bağlı olarak bu sorunların boyutları artış gösterse de iklim değişikliğini önlemek adına ormansızlaşma, çölleşme ve erozyonun önüne geçilmesi hayati derecede önem arz eder.

Funded by the European Union

Ormansızlaşma

FAO tarafından 2020 yılında hazırlanarak yayınlanan rapora göre tüm dünyada bulunan ormanlık alanların toplamı **4,06 milyar hektardır.** Bu toplam karasal alanın üçte birine denk gelir. Dünya ormanlarının % 20'si Rusya Federasyonu'nda bulunurken onu sırasıyla Brezilya, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin takip eder.

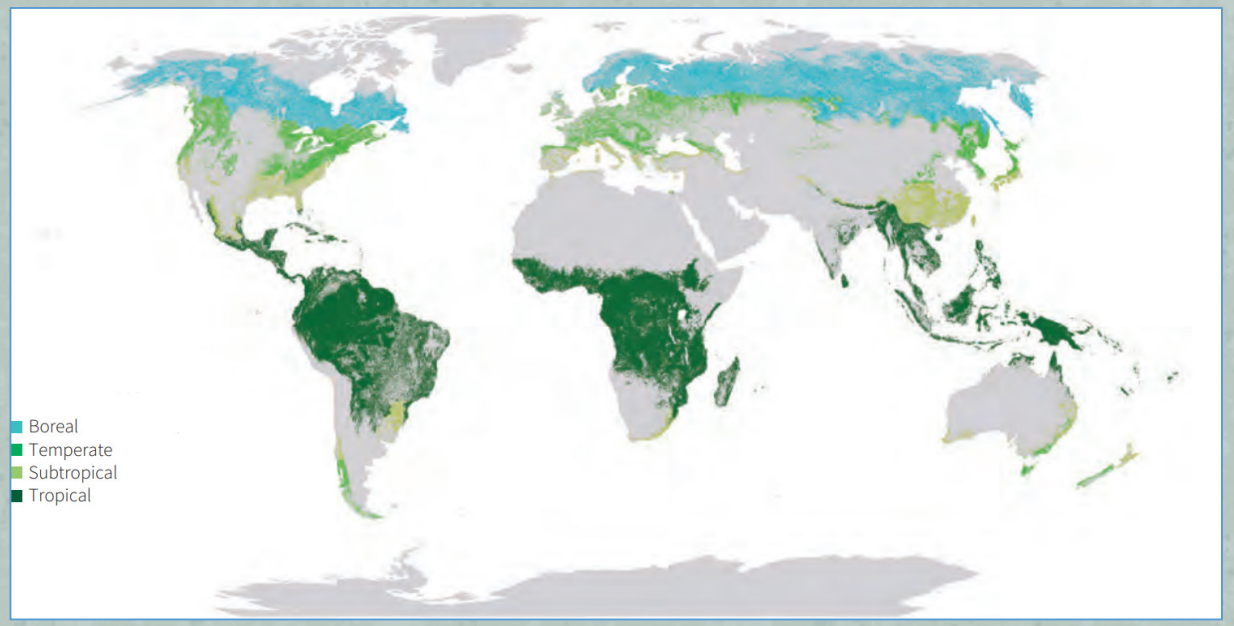


Ülkelere göre orman alanları

Funded by the European Union

Dünyada kişi başına düşen ormanlık alan 0.52 ha olsa da ormanlar dünya üzerinde eşit bir şekilde dağılmamıştır.

En büyük pay % 45'lik oran ile tropik bölgelerde yer alan ormanlardan oluşur.



Ormanların iklim bölgelerine göre dağılımı (FAO'dan uyarlanmıştır)

Bunu sırasıyla % 27'lik oran ile boreal ormanları, % 17 ile ılıman bölgelerde yer alan ormanlar ve % 11 ile subtropik ormanlar izler.

Funded by the European Union

İnsanların yerleşik düzene geçmeleri sonrasında dünya üzerinde ormanlık alanlarda sürekli bir azalma olmuştur. Bundan 10 bin yıl önce dünya genelinde 6 milyar ha orman alanı olduğu tahmin edilmektedir.

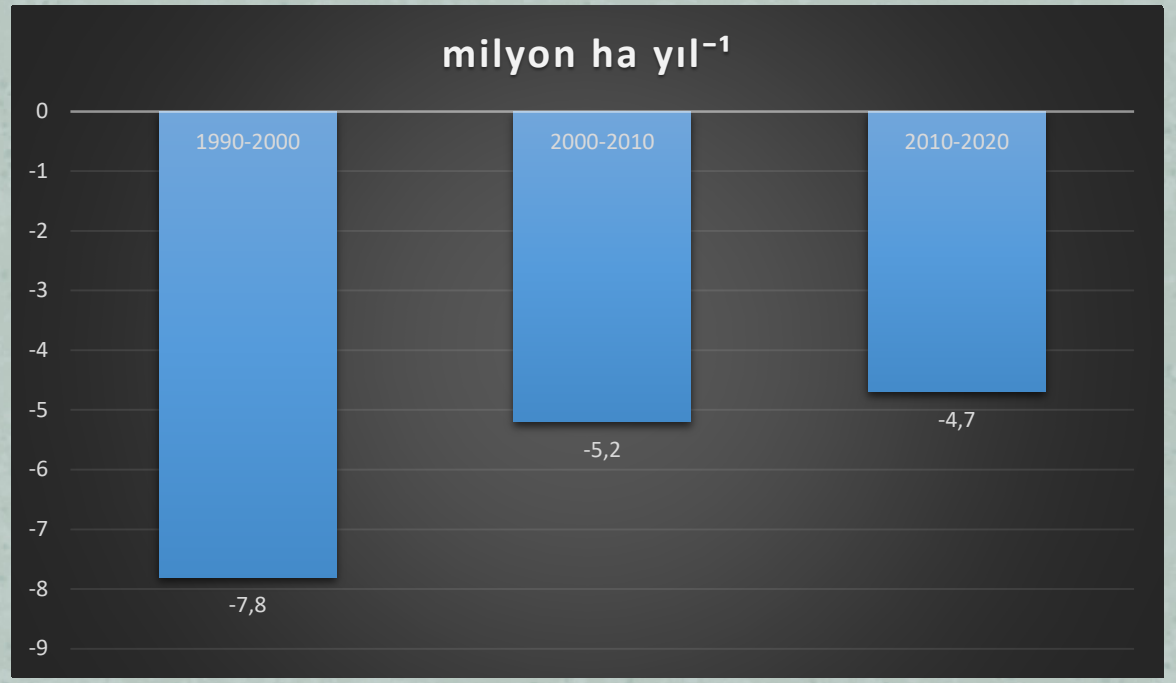
Yakın geçmişte ormanlarda gerçekleşen azalış miktarı daha yüksek boyutlardadır. Bu durum günümüzde ormansızlaşma denilen kavramın ortaya çıkmasına neden olmuştur.

FAO'ya göre **ormansızlaşma**, ormanın diğer arazi kullanımlarına (tarım alanı, mera, yerleşim vb.) dönüştürülmesi olarak kabul edilmektedir.

Funded by the European Union

Dünya genelinde son otuz yıllık dönemde kaybedilen net orman miktarı 178 milyon hektar olarak gerçekleşmiştir.

Bu kayıp oranı 1990–2000 yılları arasında senelik 7,8 milyon hektar olarak gerçekleşirken diğer on yıllık dönemlerde sırasıyla 5,2 milyon ve 4,7 milyon hektara düşmüştür.

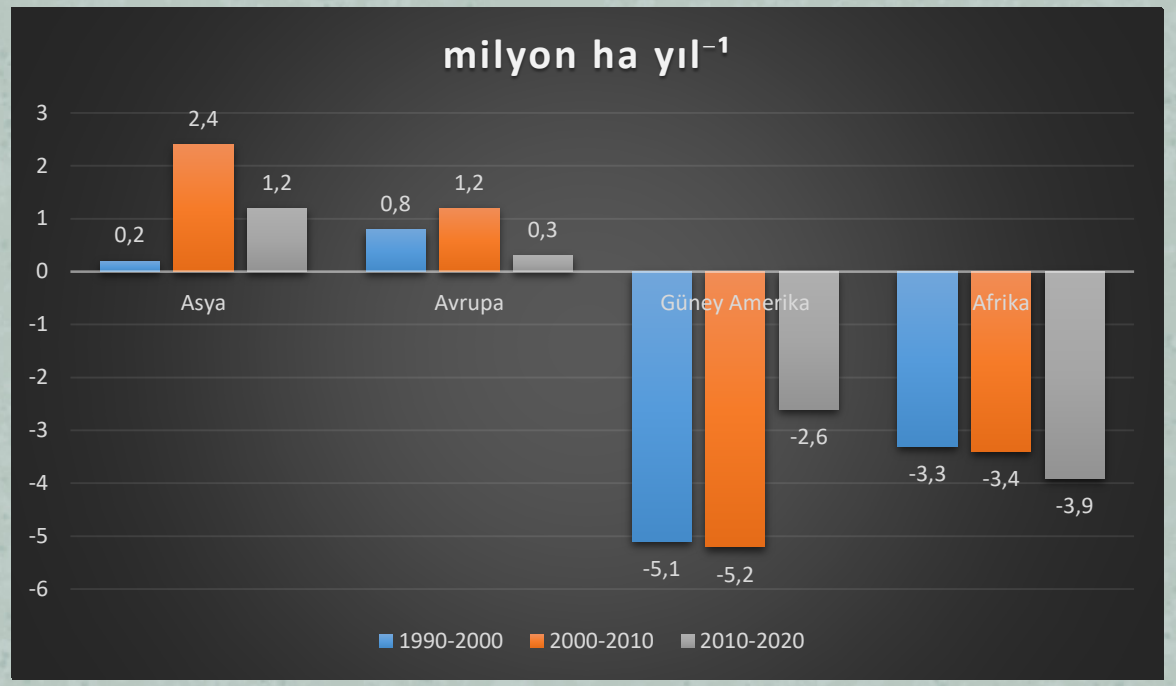


1990-2020 yılları arasında on yıllık süreçlerde ormanlık alanlarda görülen yıllık ortalama net değişim

Funded by the European Union

Orman alanlarında görülen net değişimler kimi bölgelerde azalış olarak görülse de ağaçlandırma ve koruma önlemleri ile artış görülen alanlarda vardır.

Afrika ve Güney Amerika'da azalış şeklinde kendini gösteren değişim Asya ve Avrupa kıtalarında artış olarak görülmüştür



Bölgelere ve dönemlere göre ormanlık alanlarda görülen yıllık ortalama net değişim

Funded by the European Union

Karasal ekosistemdeki en önemli karbon havuzlarından biri konumunda olan ormanlar, atmosferdeki karbondioksiti alarak bu havuzlarda tutmak suretiyle önemli bir görev üstlenirler.

Kıtalar itibariyle orman karbon stokları

ÜLKELER	Orman karbon stoğu (milyon ton)			
	1990	2000	2010	2020
Afrika	94274	90137	85913	80886
Asya	77093	78564	81938	84733
Avrupa	158744	162457	168069	172442
Amerika	304949	299048	293489	290964
Okyanusya	33338	33111	33077	33063
TOPLAM	668399	663316	662485	662088

Küresel ölçekte toplam orman karbon stoğunun 662 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir.

Funded by the European Union

Atmosferdeki sera gazlarının artışına bağlı olarak oluşan iklim değişikliğinin dünyayı bekleyen en büyük tehlikelerden biri olduğu ortadadır.

Orman ekosistemleri hem toprakta hem de biyokütlede yüksek karbon depolama potansiyelleri ile atmosferde bulunan CO_2'nin azaltılması açısından en önemli araçlardan biri konumundadır.

Funded by the European Union

Atmosfere sera gazı salınımlarının azaltılması kadar mevcut sera gazlarının yakalanmasını sağlamakta iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak adına önemli bir yaklaşımdır. Bu nedenle;

- Küresel ölçekte orman varlığının korunmasına yönelik tedbirler almak,
- Bozuk orman alanlarını verimli hale getirmek,
- Tıraşlama kesimlerine engel olmak,
- Orman arazilerinde yapılaşmaya ve tarım alanı açılmasına engel olmak,
- Kaçak kesimler ve otlatma ile zarar görmesinin önüne geçmek,
- Uygun olan alanlarda ağaçlandırma çalışmaları yapmak gibi önlemler

daha yaşanabilir bir dünya için hayati önem taşımaktadır.

Funded by the European Union

Çölleşme

Kuraklık ve çölleşme, günümüzde iklim değişikliği beraberinde karşılaşmış olduğumuz en önemli çevre sorunları arasında yer alır.

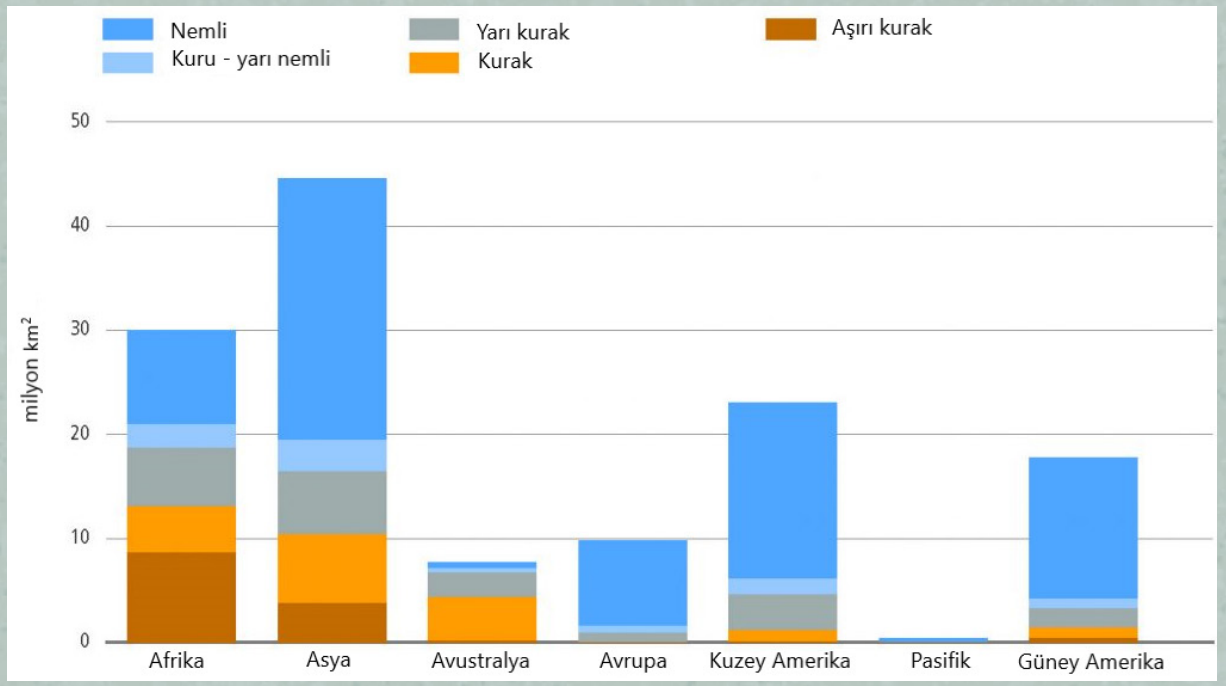
Çölleşme, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesinde şiddetli kuraklık ve / veya çölleşmeden etkilenen ülkelerdeki, iklimsel değişimleri ve insan etkinliklerini de içeren, fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik etmenler arasındaki karmaşık etkileşimlerin, kurak, yarı kurak ve kuru-yarı nemli alanlarda oluşturduğu **arazi degradasyonu** olarak tanımlanmıştır.

Buna göre, her yerde görülebilen arazi degradasyonu, **kurak, yarı kurak ve kuru-yarı nemli** arazilerde oluşması durumunda çölleşme olarak kabul edilir.

Funded by the European Union

Yapılan tahminlere göre küresel ölçekte kurak alanların oranının yaklaşık % 46 civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Bugün dünya üzerinde çok sayıda ülke çölleşme tehlikesiyle yüz yüzedir.



Coğrafi bölgelere göre kurak alan kategorileri (1980-2015)

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), çölleşmenin küresel maliyetini senelik 42 milyar dolar olarak tahmin etmektedir. Dünya genelindeki kurak alanların %70 kadarı Afrika ve Asya kıtalarında yer alır

Funded by the European Union

İklim değişikliği ile arazi bozulması ve yağış arasındaki karşılıklı etkileşimler ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olmaya devam etmektedir.

İklime bağlı olarak dünyada su kaynaklarının değişime uğramaktadır. Su varlığının, yüksek enlemlerde ve bazı nemli tropik bölgelerde %10-40 oranında artacağı bunun yanında orta enlemlerde ve kuru tropik bölgelerde %10-30 oranında azalacağı tahmin edilmektedir.

Sıcaklık, yağış ve rüzgar gibi meteorolojik olaylarda görülen değişimler çölleşmeyi şiddetlendirebilir.

Funded by the European Union

Çok sayıda olumsuz etkiye sahip olan kuraklık ve çölleşmenin en önemli çevresel ve sosyolojik etkileri şu şekilde sıralanabilir:

- Ekosistemlerde biyolojik üretkenliğinin kaybolması ve tarımsal üretimin azalması;
- Doğal bitki örtüsünün zayıflayarak yok olması;
- Biyoçeşitliliğin azalması;
- Yabancı ve istilacı bitki türlerinin yayılmalarına uygun koşulların oluşması;

Funded by the European Union

- Rüzgar erozyonunun kuvvetlenmesi;
- Su kıtlığının olması, yeraltı su düzeylerinin alçalması;
- Etkilenen bölge insanlarında fakirlik ve açlık;
- İklim ya da çölleşme göçerlerinin artışı:
- Etkilenen bölgelerde yaşam niteliğinde doğrudan veya dolaylı olarak oluşan bozulmalar.

Funded by the European Union

Bulunduğu coğrafyaya göre büyük farklılıklar göstermekle birlikte çölleşmenin doğrudan ve dolaylı önemli bazı nedenleri şu şekildedir:

- Orman yangınları ve ormansızlaşma,
- Aşırı otlatma, sürekli toprak işleme, yoğun ilaç ve gübre kullanımı gibi tarımsal faaliyetler,
- Her türlü kıt kaynakta yapılan aşırı tüketim,
- Su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı ve sulama yönetiminde yapılan yanlışlar,

Funded by the European Union

- Büyük barajların ve yapılarının inşası, nehir kanal ve yataklarının akış yönlerinin değiştirilmesi ve bozulması, yeraltı sularının aşırı tüketimi, sulak alanların drenajı,
- Kuraklık, taşkın ve sellere neden olan iklimsel değişiklikler ve değişkenlikler,
- Küreselleşmenin ve pazar ekonomisi kurallarının yaygınlaşmasına bağlı olarak etkili olan şiddetli rekabet ve yaygın uluslararası ticaret rejiminin yarattığı sorunlar, vb.

Funded by the European Union

Erozyon

Erozyon, su başta olmak üzere rüzgar ve kütle hareketleri gibi farklı kuvvetler tarafından toprağın taşınması sonucunda yitip gitmesi olarak tanımlanabilir.

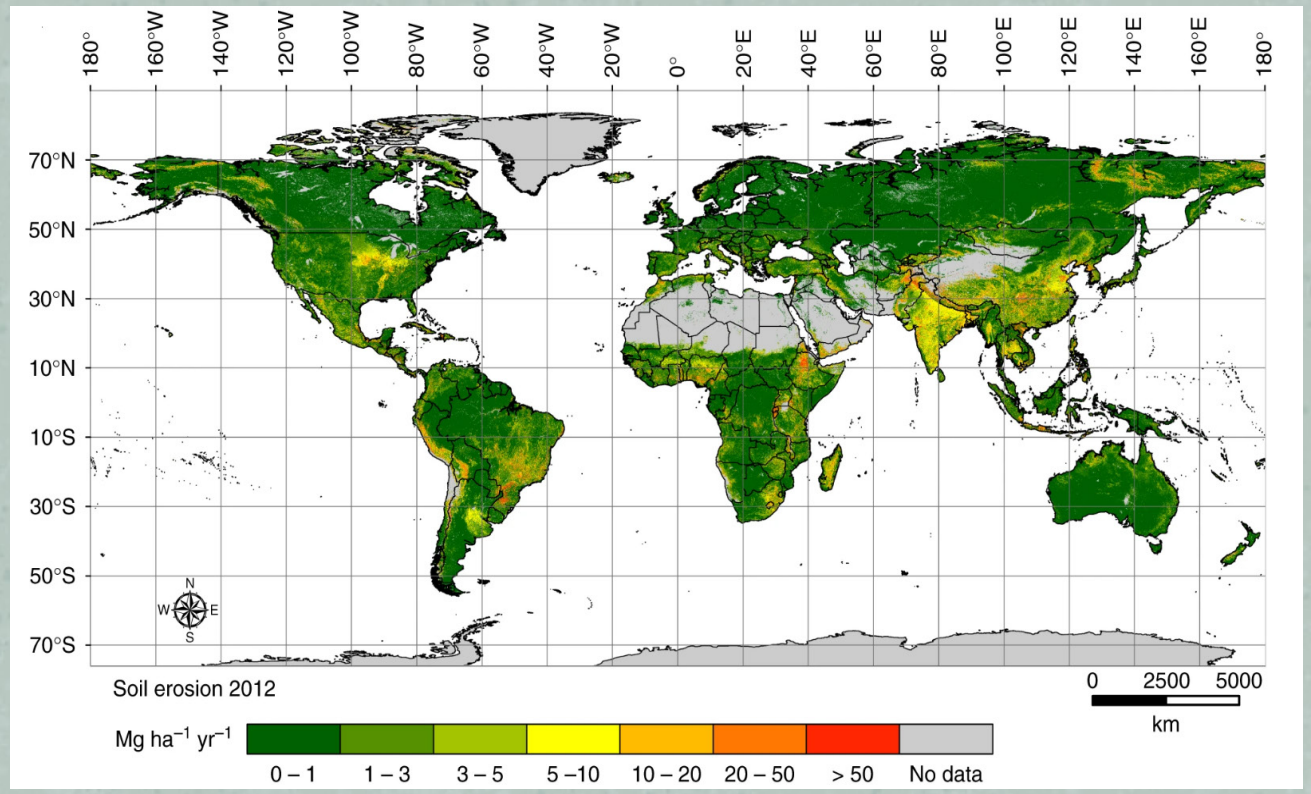
Toprak erozyonunu etkileyen ana etmenler, *yağış miktarı ve yoğunluğu, rüzgarın hızı, yönü ve kuvveti, arazi kullanımında görülen değişiklikler, topoğrafya ve toprağın özellikleridir*.

İklim değişikliğine bağlı olarak oluşturulan çeşitli iklim modelleri, genel olarak artan yağış yoğunluğunun ve kuvvetli rüzgar olaylarındaki artışların, özellikle artan kuraklık olayları ile birlikte toprak erozyonunda bir artışa neden olabileceğini göstermektedir.

Funded by the European Union

Dünya üzerinde toprakların erozyondan etkilenme dereceleri farklılıklar gösterebilir.

Hızlandırılmış erozyon tüm dünyada toprak için büyük bir tehdit oluşturmaktadır.



Su erozyonuna bağlı olarak toprağın yer değiştirme oranları, 2012

Küresel çapta ekilebilir tarım alanlarından her yıl 75 milyar ton (Pg) toprağın erozyon aracılığıyla aşındığını ifade edilmektedir.

Funded by the European Union

Toprak, oluşumunda çok uzun yıllara ihtiyaç duyan dünyanın en önemli doğal varlıklarından birisidir. Dünya üzerinde hayatın var olmaya devam etmesi onun varlığına bağlıdır.

Toprak varlığının korunarak üretimde kullanımının devam etmesi, insan-toprak ilişkilerinde çevreyi esas alan yaklaşımların zaman kaybetmeden hayata geçirilmeleri ile mümkün olabilecektir.

Funded by the European Union

Erozyon konusunda alınabilecek bazı önlemlere aşağıda değinilmiştir:

- Toprak ve su varlığını korumaya yönelik yasal düzenlemelerin yapılması ve mevcut düzenlemelerdeki eksiklik ve sorunların revize edilerek yeniden uygulamaya aktarılması gerekir.

- Topraklar özelliklerine göre sınıflandırılmalı ve arazi kullanım planlamaları yapılarak toprakların yeteneklerine göre kullanımı sağlanmalıdır.

- Tarımsal üretimde özellikle erozyona açık alanlarda koruyucu tedbirler alınmalıdır. Bu amaçla toprak işlemesiz ya da azaltılmış toprak işleme uygulamalarına yer verilmeli, anıza ekim ya da örtü bitkisi kullanımı gibi tedbirlerle olası toprak kayıpların azaltılması sağlanmalıdır.

Funded by the European Union

- Eğimin fazla olduğu alanlarda yüzey akışları ile toprak kayıpları fazla olacağından bu gibi yerlerde şeritler, konturlar vb uygulamalar yapıldıktan sonra tarımsal üretim gerçekleştirilmelidir.

- Erozyon sorunu olan yerlerde, yetiştirilecek ürünlerin seçimine özen gösterilmeli, çapa bitkileri yerine daha az toprak işlemeye ihtiyaç duyan ve toprağı daha sıkı kavrayan bitkilerle üretim yapılmalıdır.

- Sorunlu alanlarda toprakta suyun birikimini önleyecek şekilde drenaj düzenlemeleri yapmak.